

# SIEMENS

	Оглавление	
Сети	От контактора до открытого стандарта	<b>1</b>
	Ethernet - основные сведения и протоколы	<b>2</b>
	Коммуникации реального времени	<b>3</b>
SIMATIC NET	Profinet IO – система распределённых входов/выходов (Distributed I/O)	<b>4</b>
	Profinet CBA - распределенная автоматизированная система	<b>5</b>
PROFIBUS-DP	Profinet – интерфейсы пользовательской программы в Simatic S7	<b>6</b>
	Profinet-устройства и организация сетей	<b>7</b>
	Безопасность в системе Profinet	<b>8</b>
Руководство	Дополнительная информация	
	Приложение	

## Указания по технике безопасности

Данное руководство содержит указания, которые вы должны соблюдать для обеспечения собственной безопасности, а также защиты от повреждений продукта и связанного с ним оборудования. Эти замечания выделены предупреждающим треугольником и представлены, в соответствии с уровнем опасности следующим образом:



### Опасность

указывает, что если не будут приняты надлежащие меры предосторожности, то это **приведет** к гибели людей, тяжким телесным повреждениям или существенному имущественному ущербу.



### Предупреждение

указывает, что при отсутствии надлежащих мер предосторожности это **может привести** к гибели людей, тяжким телесным повреждениям или к существенному имущественному ущербу.



### Осторожно

указывает, что возможны легкие телесные повреждения и нанесение небольшого имущественного ущерба при непринятии надлежащих мер предосторожности.

### Осторожно

указывает, что возможно повреждение имущества, если не будут приняты надлежащие меры безопасности.

### Замечание

привлекает ваше внимание к особо важной информации о продукте, обращении с ним или к соответствующей части документации.

## Квалифицированный персонал

К монтажу и работе на этом оборудовании должен допускаться только **квалифицированный персонал**. Квалифицированный персонал – это люди, которые имеют право вводить в действие, заземлять и маркировать электрические цепи, оборудование и системы в соответствии со стандартами техники безопасности.

## Надлежащее использование

Примите во внимание следующее:



### Предупреждение

Это устройство и его компоненты могут использоваться только для целей, описанных в каталоге или технической документации, и в соединении только с теми устройствами или компонентами других производителей, которые были одобрены или рекомендованы фирмой Siemens.

Этот продукт может правильно и надежно функционировать только в том случае, если он правильно транспортируется, хранится, устанавливается и монтируется, а также эксплуатируется и обслуживается в соответствии с рекомендациями.

## Товарные знаки

SIMATIC®, SIMATIC HMI® и SIMATIC NET® - это зарегистрированные товарные знаки SIEMENS AG.

Некоторые другие обозначения, использованные в этих документах, также являются зарегистрированными товарными знаками; права собственности могут быть нарушены, если они используются третьей стороной для своих собственных целей.

**Copyright © Siemens AG 2001 Все права защищены**  
Воспроизведение, передача или использование этого документа или его содержания не разрешаются без специального письменного разрешения. Нарушители будут нести ответственность за нанесенный ущерб. Все права, включая права, вытекающие из патента или регистрации практической модели или конструкции, сохраняются.

Siemens AG  
Департамент автоматизации и приводов  
Промышленные системы автоматизации  
Пя 4848, D- 90327, Нюрнберг

Siemens Aktiengesellschaft

### Отказ от ответственности

Мы проверили содержание этого руководства на соответствие с описанным аппаратным и программным обеспечением. Так как отклонения не могут быть полностью исключены, то мы не можем гарантировать полного соответствия. Однако данные, приведенные в этом руководстве, регулярно пересматриваются, и все необходимые исправления вносятся в последующие издания. Мы будем благодарны за предложения по улучшению содержания.

©Siemens AG 2001  
Technical data subject to change.



# СОДЕРЖАНИЕ

<b>1</b>	<b>От контактора до открытого стандарта</b>	<b>1-1</b>
1.1	История Simatic	1-1
1.1.1	Изменение структуры системы управления путем децентрализации	1-4
1.2	Путь к Industrial Ethernet	1-5
1.2.1	Industrial Ethernet	1-6
1.3	Profinet	1-8
1.3.1	Profinet IO	1-9
1.3.2	Profinet CBA	1-10
1.3.3	Система коммуникаций реального времени (Real-Time Communication)	1-10
1.3.4	Интеграция полевой шины	1-11
1.3.5	Безопасность	1-11
1.3.6	Управление движением с помощью Profinet	1-12
1.3.7	Безопасность в Profinet	1-12
<b>2</b>	<b>Ethernet - основные сведения и протоколы</b>	<b>2-1</b>
2.1	Основная структура Ethernet	2-1
2.2	Стандартный фрейм Ethernet	2-2
2.3	Ethernet- или MAC-адрес	2-4
2.3.1	Определение MAC-адреса Ethernet-устройства	2-4
2.4	Функции для Ethernet-устройств	2-5
2.4.1	Автосогласование	2-5
2.4.2	Автоопределение - автоматическое распознавание скорости обмена	2-5
2.4.3	Автокроссоверная функция интерфейса MDI/MDI-X	2-6
2.5	Протоколы Profinet на базе Ethernet	2-7
2.5.1	TCP/IP	2-7
2.5.2	UDP/IP	2-15
2.5.3	Другие протоколы сетевого уровня	2-16

---

<b>3</b>	<b>Коммуникации реального времени</b>	<b>3-1</b>
3.1	Требования к Ethernet с поддержкой коммуникаций реального времени	3-3
3.2	Real-time @Profinet	3-4
3.3	Коммуникации реального времени	3-9
3.3.1	Управление коммуникационным соединением реального времени	3-11
3.3.2	Синхронизация	3-12
3.3.3	Элементы протокола фреймов синхронизации	3-18
3.3.4	Элементы RT-протокола (Real-time Protocol)	3-22
3.4	Изохронные коммуникации реального времени	3-26
3.4.1	Техника изохронных коммуникаций реального времени	3-27
3.4.2	Элементы IRT-протокола	3-28
3.4.3	Конфигурация IRT-приложений	3-30
3.5	Profinet ASIC	3-31
3.5.1	Применение	3-33
3.5.2	Разработка устройств ввода/вывода для Profinet-системы	3-34
3.6	Анализатор протокола для Profinet	3-36
<b>4</b>	<b>Profinet IO - система распределенных входов/выходов (Distributed I/O)</b>	<b>4-1</b>
4.1	Концепция Profinet IO	4-3
4.1.1	Классы IO-устройств в Profinet	4-3
4.1.2	Поток данных в Profinet IO	4-4
4.1.3	Модель устройства IO-Device	4-6
4.1.4	Объекты данных	4-8
4.1.5	Контекстное управление (CM)	4-8
4.1.6	Связи приложений (AR)	4-9
4.1.7	Коммуникационные связи (CR)	4-10
4.1.8	Сервисы и протоколы	4-17
4.1.9	От конфигурации к работающей системе	4-30
4.1.10	Функции Proху в Profinet IO	4-32
4.1.11	Интеграция Profibus-устройств	4-33
4.2	От этапа планирования до эксплуатации установки	4-35
4.2.1	Проектирование Profinet IO в среде Simatic STEP 7	4-35
4.2.2	Планирование установки	4-36
4.2.3	Конфигурирование установки с Simatic STEP 7	4-37
4.2.4	Обслуживание установки	4-64
4.3	Диагностические функции в Profinet IO	4-67
4.3.1	Функции диагностики для Profinet IO в STEP 7 и NCM	4-69



4.3.2	Функции диагностики в пользовательской программе для IO-контроллера в Profinet IO	4-81
4.3.3	Диагностика с использованием SNMP	4-83
4.3.4	Диагностика с использованием элементов индикации Profinet IO-устройств	4-84
<b>5</b>	<b>Profinet CBA - распределенная автоматизированная система</b>	<b>5-1</b>
5.1	Путь к распределенным автоматизированным системам	5-3
5.1.1	Распределенные автоматизированные системы на базе IEC 61499-1	5-4
5.2	Profinet CBA	5-9
5.2.1	Концепция Profinet CBA	5-9
5.2.2	Объектная модель Profinet CBA (Object Model)	5-11
5.2.3	Интеграция полевых шин	5-17
5.2.4	Profinet - и Profibus - устройства	5-19
5.2.5	Продукты для Simatic S7 и Simatic Net Profinet CBA	5-20
5.3	Разработка систем на базе Profinet CBA	5-22
5.3.1	Создание Profinet-компонентов	5-24
5.3.2	Взаимное соединение Profinet-компонентов с помощью средств проектирования Profinet CBA Engineering Tool	5-24
5.4	Profinet-компоненты	5-25
5.4.1	Технологический модуль	5-25
5.4.2	Технологический интерфейс	5-28
5.4.3	Программируемые и фиксированные функции	5-28
5.4.4	Типы Profinet-компонентов	5-29
5.4.5	Одноэлементные компоненты	5-30
5.4.6	Конфигурации устройств с назначаемыми компонентами	5-31
5.4.7	Описание Profinet-компонента (PCD)	5-36
5.5	Создание Profinet-компонентов в STEP 7	5-37
5.5.1	Создание базового STEP 7 - проекта	5-37
5.5.2	Нагрузка коммуникаций на цикл сканирования программы	5-38
5.5.3	Создание Profinet-интерфейса	5-40
5.5.4	Создание Profinet-компонентов	5-48
5.6	Коммуникации в системе Profinet CBA	5-57
5.6.1	Взаимные соединения	5-57
5.7	От планирования к эксплуатации установки	5-64
5.7.1	Планирование установки	5-64
5.7.2	Создание Profinet-компонентов	5-65
5.7.3	Конфигурирование установки с использованием Simatic iMap	5-67
5.7.4	Наладка и тестирование установки	5-82

---

5.7.5	Мониторинг и управление установкой	5-87
5.8	Диагностика в системе Profinet CBA	5-88
5.8.1	Автономная (Offline) диагностика в Simatic iMap	5-88
5.8.2	Интерактивная (Online) диагностика в Simatic iMap	5-92
5.8.3	Диагностика с использованием элементов отображения устройств Profinet CBA	5-108
<b>6</b>	<b>Profinet-интерфейсы пользовательской программы в Simatic S7</b>	<b>6-1</b>
6.1	Основы	6-2
6.1.1	Организационные блоки	6-3
6.1.2	Функциональные блоки	6-7
6.1.3	Функции	6-7
6.1.4	Блоки данных	6-7
6.1.5	SFC и SFB	6-8
6.1.6	Записи (Records)	6-13
6.2	Программные интерфейсы для Profinet IO	6-16
6.2.1	Организационные блоки в Profinet IO	6-16
6.2.2	Системные функции и системные функциональные блоки для Profinet IO	6-27
6.2.3	Списки системных состояний (SSL) для Profinet IO	6-50
6.3	Интерфейсы пользовательской программы в Profinet IO	6-55
6.3.1	Системные и стандартные функции для Profinet IO	6-55
6.4	Интерфейсы пользовательской программы в Profinet CBA	6-63
6.4.1	Организационные блоки для Profinet CBA	6-63
6.4.2	Системные и стандартные функции для Profinet CBA	6-64
<b>7</b>	<b>Profinet-устройства и организация сетей</b>	<b>7-1</b>
7.1	Пассивные сетевые компоненты	7-4
7.2	Среда передачи на базе сетей из электрических линий	7-4
7.2.1	Передача электрического сигнала в Profinet в режиме 100Base-TX	7-5
7.2.2	1000Base-TX	7-7
7.2.3	Техническое исполнение - FastConnect	7-7
7.2.4	Шинные кабели Fast Assembly - IE FC -кабели	7-9
7.2.5	Вилки разъемов IE FC RJ45	7-11
7.2.6	Гибридный разъем (вилка)	7-13
7.2.7	Разъем M12 (вилка)	7-14
7.2.8	IE FC - розетки	7-15
7.2.9	Инструмент для подготовки кабеля FastConnect Stripping Tool	7-17

---

7.2.10	Соединительные кабели (патч-корды) IE TP Cord	7-17
7.2.11	Конфигурации системы на базе электрических соединительных кабелей с розетками	7-18
7.3	Передача сигналов посредством оптических линий	7-21
7.3.1	100Base-FX	7-22
7.3.2	1000Base-SX и 1000Base-LX	7-23
7.3.3	Оптоволоконные кабели - разработаны для промышленности	7-24
7.3.4	FO-коннекторы для разъемных и постоянных соединений	7-25
7.4	Беспроводные сети для Profinet	7-27
7.4.1	SCALANCE W	7-28
7.4.2	Компоненты SCALANCE W	7-30
7.4.3	SCALANCE W788-1PRO	7-31
7.4.4	SCALANCEW788-2PRO	7-36
7.4.5	SCALANCE W744-1PRO	7-37
7.4.6	iPCF с SCALANCE W	7-38
7.4.7	CP7515	7-40
7.4.8	IWLAN/PB Link PN IO	7-42
7.4.9	Принадлежности для WLAN -устройств	7-45
7.4.10	Конфигурирование и настройка устройств SCALANCE W	7-48
7.5	Активные сетевые компоненты	7-50
7.5.1	Сетевые интерфейсные карты для программаторов и ПК	7-51
7.5.2	Коммуникационные процессоры (CP) для PLC в среде S7	7-55
7.5.3	Другие продукты для Profinet	7-60
7.5.4	Общая информация по концентраторам и коммутаторам	7-66
7.5.5	Коммутаторы для использования в производственных условиях: серия SCALANCE X	7-69
7.5.6	Маршрутизаторы	7-79
7.6	Топологии сетей Profinet	7-81
7.6.1	Топология сети типа "звезда" ("star")	7-82
7.6.2	Древовидная топология сети ("tree")	7-83
7.6.3	Линейная топология сети ("line")	7-85
7.6.4	Топология сети типа "кольцо" ("ring")	7-86
7.7	Рекомендации по оптимальной организации сетей Profinet	7-89
7.7.1	Электромагнитная совместимость	7-89
7.7.2	Рекомендации по установке электрических и оптических линий передачи данных	7-91
7.7.3	Общие правила для организации сетей Profinet	7-94
7.7.4	Краткий перечень основных стандартов и директив для организации сетей Profinet	7-95

<b>8</b>	<b>Безопасность в системе Profinet</b>	<b>8-1</b>
8.1	Модули безопасности SCALANCE S	8-3
8.2	Функции защиты модулей безопасности (Security Modules)	8-7
8.2.1	VPN	8-7
8.2.2	Файрвол, обеспечивающий фильтрацию пакетов данных (Packet Filter Firewall)	8-9
8.3	Simatic Net SCALANCE S612 и S613	8-11
8.4	ПО Simatic Net SOFTNET Security Client	8-13
8.5	Пример процедуры конфигурирования	8-15
8.5.1	Конфигурирование модулей SCALANCE S в качестве файрволов	8-15
8.5.2	Организация VPN-туннеля с помощью SCALANCE S	8-23

## **Дополнительная информация**

### **Глоссарий**

### **Литература и другие источники**

### **Предметный указатель**

# Предисловие

История успеха Industrial Ethernet началась в 1985 г., когда Siemens представил протокол SINEC HI, основанный на стандарте IEEE 802.3. Благодаря своей особой способности обеспечивать передачу данных большого объема, Industrial Ethernet был предназначен для использования в системах управления производственными процессами. Три года спустя для коммуникаций на полевого уровне стала использоваться специальная шинная система PROFIBUS. Эта шина обеспечивает быструю и надежную передачу данных между контроллерами и распределенными входами/выходами.

Интенсивное совершенствование полевых приборов вызвало увеличение объемов данных, передаваемых по сети, что привело к тому, что современные полевые системы достигли предела своей пропускной способности. С помощью нового стандарта PROFINET, технология Industrial Ethernet преодолела эти ограничения. Технология PROFINET открыла возможность непрерывной коммуникационной связи от полевого уровня до уровня управления компанией.

Через пять лет после первой презентации организацией PROFIBUS International в августе 2000 г. PROFINET вновь "открыл" стандарт Industrial Ethernet, удовлетворяющий всем требованиям для промышленного применения. Это стандарт отвечает жестким требованиям к временным характеристикам коммуникаций для динамичных систем управления и поддерживает современные достижения техники коммуникационной связи уровня офисов.

PROFINET IO обеспечивает решения задач автоматизации, которые были раньше зарезервированы исключительно за шинами полевого уровня. PROFINET CBA разделяет приложения комплексной системы автоматизации на автономные технологические модули приемлемого для управления размера. В обоих случаях присутствуют полевые шины, которые могут быть интегрированы в последующие структуры с использованием прокси.

Концепция представляет собой полное решение от кабелей и разъемов, предназначенных для жестких условий производства, до высокоскоростных коммутаторов. Концепция безопасности, специально разработанная для систем автоматизации, обеспечивает контроль доступа в систему, шифрование данных, идентификацию и протоколирование, и учитывает жесткие требования к безопасности сети. С помощью профиля PROFISAFE стандартные коммуникации и безопасные функции связи могут осуществляться с использованием одного и того же кабеля Ethernet.

С помощью PROFINET была вновь "открыта" технология Industrial Ethernet, и повествование об истории ее успешного развития будет продолжено в следующем разделе.

Мы надеемся, что с помощью данной книги читатели быстрее познакомятся с PROFINET. Основной упор будет сделан на таких темах, как "Распределенные входы/выходы" ("Distributed I/O") и "Распределенные средства автоматизации" ("Distributed automation").

Выпуск данной книги был бы невозможен без поддержки со стороны фирмы SIEMENS и всех тех специалистов, кто читал и корректировал текст в свое свободное время, и сделал вклад в ее завершение в виде большого количества конструктивных предложений. Наша искренняя благодарность им всем!

Раймонд Пиган (Raimond Pigan)  
Эрланген, февраль 2006

Марк Меттер (Mark Metter)

# 1 От контактора до открытого стандарта

Предшественниками современных программируемых логических контроллеров (PLC - programmable logic controller) были системы управления на основе коммутационных элементов, в качестве которых применялись обычные контакторы. В то время системы управления определялись схемотехникой. Задачи управления решались с помощью коммутаторной аппаратуры и простых логических схем. Коммутаторная аппаратура требовала много пространства для размещения, при этом такая технология отличалась чрезвычайной негибкостью: каждое изменение требовало значительных трудовых затрат.

В 1968 г. группа инженеров из General Motors разработала первый программируемый логический контроллер (PLC), а первые функциональные контроллеры появились в начале семидесятых. Первые приборы были разработаны как силовое оборудование; они могли подключаться к исполнительным устройствам с помощью таких же кабелей и приспособлений, как и для контакторного оборудования. Наиболее значительный выигрыш в новой системе был в том, что все изменения в управлении могли быть выполнены независимо от оборудования. PLC с внутренней микропрограммой и с возможностью использования нескольких программ (мультипрограммные PLC) появились на рынке в начале 1980-х. Они позволяли решать задачи управления уже на привычном для нас программном уровне.

## 1.1 История Simatic

В 1958 г. Siemens AG представила Simatic G, первый, но пока еще не программируемый, концептуальный модуль, в котором в качестве полупроводника использовался германий, с резистор-транзисторной логикой (RTL) (см. рис. 1.1).

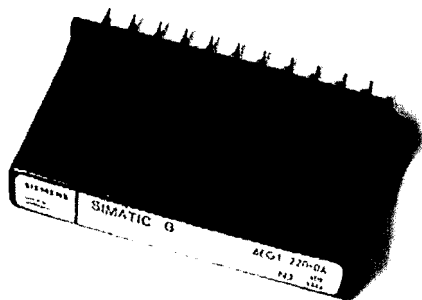


Рис. 1.1 Модуль Simatic G

Системы Simatic N и H на основе кремния и диодно-транзисторной логики (DTL) впервые появились в 1964. Следующим шагом были модули Simatic C1 и C2 с интегральными схемами высокоуровневой логики (HLL) с высокой помехоустойчивостью. Они были выпущены на рынок в начале 1971г., также как и Simatic C3 с транзистор-транзисторной логикой (TTL). Одно объединяло все эти непрерывно совершенствовавшиеся системы: ни одна из них не была свободно программируемой.

Свободно программируемый контроллер Simatic S3 был разработан в 1973 г. Этот PLC является прадедушкой современных PLC. Выпустив систему Simatic S5 в 1979 г., Siemens обеспечил себе прорыв на рынок товаров массового производства и стал глобальным лидером (рис. 1.2).

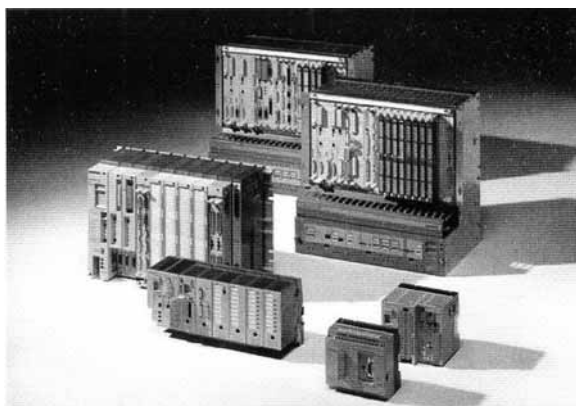


Рис. 1.2 Изделия семейства Simatic S5



Система Simatic S5 позволяла программирование с использованием различных специальных языков. Первоначально для этого использовались языки STL ("statement list" - "список операторов"), FBD ("function block diagram" - "функциональный план") и LAD ("ladder diagram" - "контактный план") вместе с программным пакетом Step 5.

Семейство Simatic S7 появилось в 1995 г. Системы Simatic S7 предназначены для комплексной автоматизации (TIA - Totally Integrated Automation). TIA - платформа унифицированных решений от Siemens для любых отраслей промышленности, состоящая из полного набора взаимно совместимых изделий, программных продуктов и решений для задач автоматизации.

При дальнейшем развитии семейство Simatic S7 было расширено рядом контроллеров различной производительности и различных конфигураций с соответствующими преобразователями для различных входных и выходных напряжений и выходных токов. При этом семейство Simatic S7 охватывает диапазон от малых PLC для выполнения простых бинарных операций до сложных устройств - для решения комплексных задач, которые прежде могли быть решены только с помощью компьютеров, включенных в процесс (см. рис. 1.3).

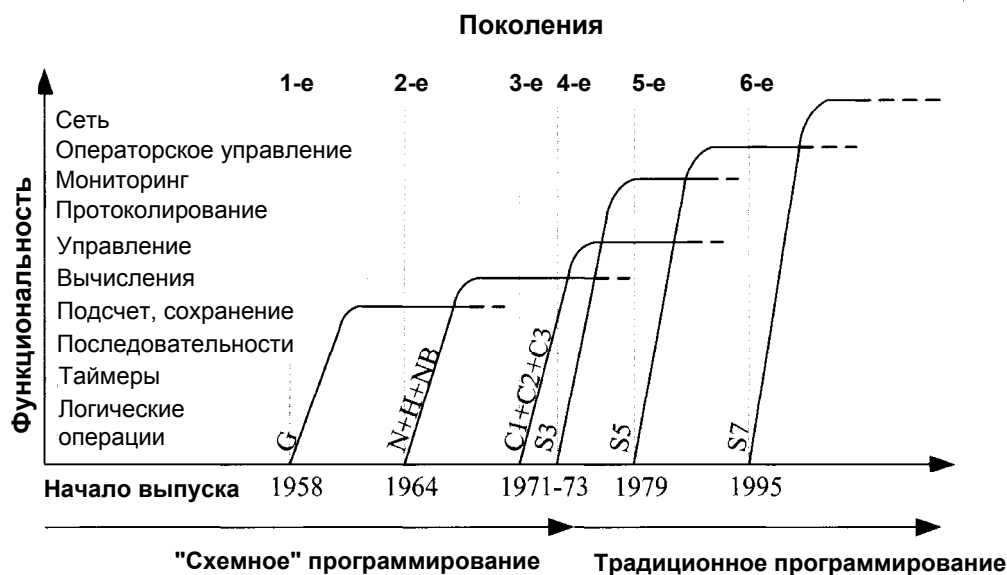


Рис. 1.3 Поколения и рост функциональности изделий Simatic на временной шкале

Одним из наиболее важных факторов в развитии контроллеров является простота управления системой. Контроллеры теперь имеют прочную конструкцию и охлаждение без использования вентиляторов; внешние кабели могут быть непосредственно подключены с помощью винтовых контактов и штекеров.

Одновременно с контроллерами развивается также и программное обеспечение. Кроме создания программ программируемые устройства позволяют их корректировку и документирование, наладку установки и поиск неисправностей.

Для обеспечения контроля и документирования функциональных последовательностей вскоре появилась возможность подключения к PLC стандартных устройств ввода/вывода, таких как принтеры и дисплейные терминалы. Программирование пользовательских графических интерфейсов на базе Windows стало доступным, начиная с 1985 г. Затем стало возможным программирование с комментариями для строк и структурирование PLC-программ.

### **1.1.1 Изменение структуры системы управления путем децентрализации**

Следующий новый шаг в истории PLC был вызван изменением структуры системы управления в направлении децентрализации устройств ввода и вывода сигналов. Решающим фактором для этого было требование уменьшить затраты на прокладку кабелей. Теперь устройства ввода и вывода сигналов (I/O) располагались ближе к месту получения и вывода сигналов и соединялись с центральным контроллером с помощью тонких двух- или четырехпроводных кабелей (полевые шины). Программируемые миниконтроллеры решали небольшие локальные задачи непосредственно на местах, тем самым, разгружая центральные контроллеры. Команды управления от центральных контроллеров поступали к распределенным по сетям полевой шины устройствам. Первые I/O-устройства со степенью защиты IP 65/67 не требовали дополнительных распределительных коробок.

Стало очевидно, что необходимо разрабатывать перспективные полевые приборы, такие как приводы и клапаны, для совместного использования с распределенными входами/выходами. В начале 1990-х началась стандартизация полевых шин с целью определения перспективных, ориентированных на будущее стандартов для всех производителей. В наши дни различные коммуникационные интерфейсы обеспечивают подключение к любым шинным системам, среди которых в Европе наиболее широко используются Industrial Ethernet, Profibus и AS-Interface.

## 1.2 Путь к Industrial Ethernet

Роберт Меткаф (Robert Metcalf) представил свою идею шины "Ethernet" (рис. 1.4) на национальной конференции, посвященной компьютерной технике в 1976 году. Термин "Ethernet" должен был напоминать о старой идее об "эфире" ("light ether"), который якобы окружает Землю, и который, в соответствии с прежними представлениями, является средой распространения электромагнитной энергии. Аналогично "эфиру" коаксиальный кабель должен был быть пассивной средой для передачи сообщений между подключенными к сети устройствами.

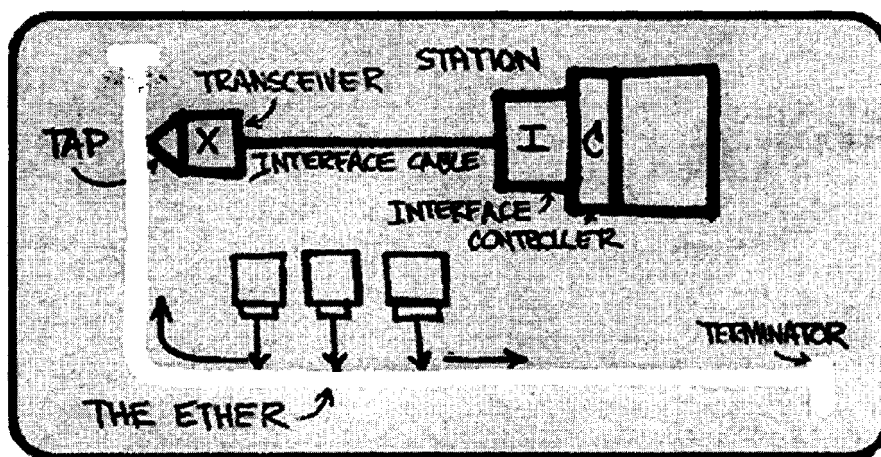


Рис. 1.4 Презентация "Ethernet" на национальной конференции, посвященной компьютерной технике (National Computer Conference)

В 1980 году группа компаний DEC, Intel и Xerox опубликовали так называемый стандарт DIX. Этот стандарт вывел Ethernet из стадии экспериментов и полностью специфицировал как открытую 10-мегабитную (10 Мбит/с) систему. Стандартизация была проведена в 1985 году организацией IEEE, и стандарт получил номер 802.3 как стандарт для локальных сетей (LAN). Тем самым был открыт путь для становления его как промышленного стандарта.

С течением времени было внедрено множество расширений стандарта Ethernet, особенно в плане скорости обмена данными и конструкций кабелей. Сети в соответствии с исходным стандартом Ethernet 10BASE5 были известны как "Thicknet" ("толстые сети" - сети с использованием кабеля большого диаметра). Вслед за Thicknet появились сети стандарта 10BASE2 "Thinnet" ("тонкие" сети), называвшиеся также Thinwire ("тонкопроводные сети") или Cheapernet ("дешевые" сети). Для сети стандарта 10BASE2 использовался значительно более тонкий и, следовательно, более дешевый коаксиальный провод, поэтому такие сети стали очень популярны.

Кабель 10BASE2 до сих пор попадает в домашних сетях или в старых офисах. Триумф "витой пары" начался в 1990 году. Со стандарта 10BASE-T со скоростью передачи 10 Мбит/с Ethernet окончательно закрепился как технология для промышленного использования.

История Fast Ethernet началась в июне 1993 года. Более 50 производителей объединились в союз Fast Ethernet Alliance с общей целью спецификации "100-мегабитного" (100 Мбит/с) стандарта Ethernet. Эта цель была достигнута в июне 1995 года принятием стандарта Fast Ethernet IEEE 802.3u (100BaseT) для передачи данных со скоростью 100 Мбит/с по кабелю типа "витая пара". В 1999 году был выполнен следующий шаг - стандартизация "гигабитного" стандарта Ethernet (Gigabit Ethernet), вслед за которым в 2001 году появился стандарт IEEE 802.3ae для "10-гигабитного" Ethernet (10-Gigabit Ethernet). Тем временем стандарт Ethernet занимает первое место в локальных сетях, его доля постоянно растет, составляя на момент написания книги уже более 80% во всем мире.

### 1.2.1 Industrial Ethernet

В 1985 году, когда был принят стандарт IEEE 802.3, Siemens AG предложил Ethernet для промышленного применения под именем "SINEC HI". Фактически это было рождением Industrial Ethernet, необходимость которого было определена тем, что условия применения Ethernet в промышленной среде фундаментально отличаются от условий в офисе и имеют следующие особенности:

- прокладка кабеля должна вестись в соответствии с особенностями каждой установки, каждого механизма, с линейной или резервированной структурой сети;
- необходимы прочные и предназначенные для применения в условиях производства компоненты сети с устройствами ввода для сигналов, кабели и разъемы, отвечающие требованиям по ЭМС (по электромагнитной совместимости);
- должны учитываться тяжелые условия окружающей среды по температуре, вибрациям, влажности и загрязнению (масло, смазки, хладагенты, чистящие средства).

В отличие от стандартных сетей Ethernet сеть SINEC HI имеет значительно более высокую устойчивость к шумам, соединения посредством затяжных винтов и концепцию заземления по всей установке. Это был первый пример представления базовой идеи Industrial Ethernet, когда существующие стандарты использовались для изготовления необходимых и полезных деталей для промышленных коммуникационных соединений. При этом отклонение от стандарта присутствует только там, где описание стандарта не рассматривают требования производства и условий процесса. Таким образом, бесперебойное взаимодействие между Industrial Ethernet и стандартными компонентами Ethernet всегда гарантировано.

Основные вехи истории развития сетей Industrial Ethernet:

- 1985: Шинный кабель SINEC HI: стандартный желтый кабель с дополнительным алюминиевым экраном; концепция заземления для всей установки.
- 1989: Структура шины с резервированием: возросшие возможности сети, благодаря двухшинной структуре; управление доступом с использованием специального ПО в системе автоматического управления.
- 1992: Оптоволоконные сети: модульные звездообразные концентраторы и усиленные оптоволоконные кабели для использования в условиях производства.
- 1994: Оптические кольца с резервированием: высокая надежность, благодаря оптическим кольцам со звездообразными концентраторами; кольцевая структура снижает затраты на резервирование сети.
- 1995: Сети на базе "витой пары для использования в условиях производства" (Industrial twisted pair): витые двухпроводные кабели с усиленным экранированием; соединения с использованием разъемов типа Sub-D.
- 1996: Оптимизированная концепция оптических компонентов и стандартных сигналов: оптический соединительный модуль (OLM) и звездообразный концентратор для монтажа на стандартной шине DIN дают выигрыш в затратах и обеспечивают возможность резервирования. Поддержка модулем OLM подключения дискретных сигналов и звездообразный концентратор, с помощью которого состояния сети могут быть выведены на человеко-машинный интерфейс (HMI) (например, WIN CC), обеспечивают удешевление управления сетями.
- 1998: Переключение и скорость обмена 100 Мбит/с: проверенные концепции Industrial Ethernet теперь доступны для Fast Ethernet. Информационные технологии входят в промышленную коммуникационную связь (Simatic Net-CP 443-1 IT для Simatic S7-400).
- 1999: Simatic S7 интегрируется с IT - коммуникационный процессор CP 443-1 IT связывает Simatic с Интернетом.
- 2001: Начало внедрения мобильных информационных систем в промышленности: мобильные приложения выполняются с использованием беспроводных сетей LAN с помощью мобильного устройства MOBIC Internet pad.
- 2003: Profinet: две шинные системы наращиваются с помощью модулей связи для Profibus и Ethernet. Становится возможной автоматизация с добавлением компонентов.
- 2004: Profinet: Industrial Ethernet получает функции "реального времени" (real-time).
- 2005: Profinet получает развитие для полевых условий - множество автомобильных компаний принимают Profinet как стандарт для будущего применения.

### 1.3 Profinet

Через четыре года после первого анонсирования на пресс-конференции Profibus International в августе 2000 года стандарт Profinet (PROcess Field NET) стал доступен, включая техническое оснащение, средства коммуникаций реального времени, управления сетями и функции для Web-интеграции (рис. 1.5).

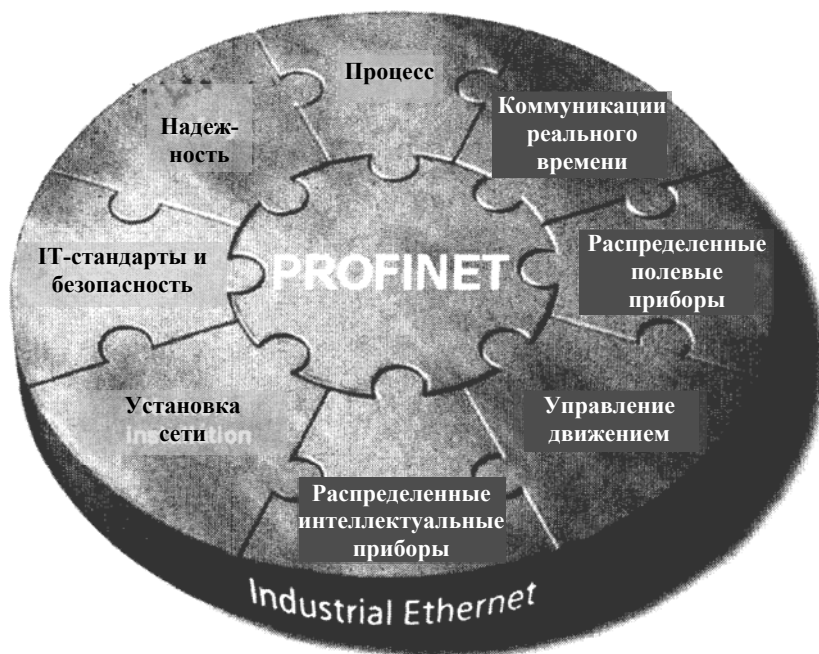


Рис. 1.5 Модульная концепция Profinet

Для обеспечения оптимальной поддержки приложений различных типов Profinet предлагает два варианта: Profinet IO (для интеграции распределенных I/O) и Profinet CBA (для создания модульных установок с распределенной структурой системы автоматике). Благодаря концепции прокси Profinet позволяет "гладкую" интеграцию систем полевой шины. Важной функцией является возможность простого расширения установки.

Тем не менее, Profinet является не просто оптимальной коммуникационной системой для автоматизации, основанной на Industrial Ethernet (рис. 1.6). Profinet - это стандарт, который отвечает всем требованиям по использованию Ethernet в промышленной автоматике, и обеспечивает коммуникации на уровне контроллера, стандартных средств автоматизации с I/O системами, вплоть до мощных приложений для управлением движением. Поэтому Profinet подходит практически для всех приложений автоматизации.

Profinet продолжает развиваться и в настоящее время. Работы проводятся в направлении безопасности и сохранности данных, а так же в направлении совместимости Profidrive-профиля с Profinet для обеспечения управления движением. Так же началась разработка темы операций обслуживания как начальный шаг развития интерфейсов для уровня автоматизированной системы управления производственными процессами (MES).

По отношению к системе автоматизации процесса требования к использованию Profinet уточняются. С созданием рабочей группы "Train Applications" начались работы над первым (чистым) Profinet-профилем.

Раннее введение сертификации продукции было так же очень важным для Profinet. Благодаря одновременному развитию технологии и мероприятиям по сертификации в соответствии с жесткими требованиями стандартов для Profinet-продуктов высокое их качество гарантировано с самого начала.

### 1.3.1 Profinet IO

Стандарт Profinet IO обеспечивает возможность прямого подключения распределенных полевых приборов к Ethernet. Следовательно, для всех устройств, включенных в однородные сетевые структуры, повсеместно в производственной установке обеспечивается унифицированная коммуникационная связь. Пользовательский экран (user view) для Profibus DP в основном используется для конфигурирования, программирования и диагностики.

Profinet IO определяет процедуру обмена данными между IO-контролерами и IO-устройствами, а так же их параметризацию и диагностику. Этот протокол разработан для скоростного обмена данными с циклом в несколько миллисекунд и базируется на модели "провайдер/абонент". Полевые приборы в подчиненном сегменте Profibus могут быть интегрированы в систему Profinet IO с использованием прокси.

Слой	Задача	ISO/OSI-модель	
7в	Обработка	Службы Profinet IO (IEC 61784) Протокол Profinet IO (IEC 61158)	Profinet CBA (IEC 61158 Type 10)
7а		RPC без соединения	DCOM, RPC с соединением
6	Отображение	пусто	пусто
5	Связь	пусто	пусто
4	Транспорт	UDP (RFC 768)	TCP (RFC 793)
3	Переключение	IP (RFC 791)	
2	Безопасность	полный дуплекс (IEEE 802.3), тегирование с приоритетом (IEEE 802.1Q), расширение для реального времени (IEC 61784-2 - в перспективе)	
1	Передача битов	100Base-TX, 100Base-FX (IEEE 802.a3)	

Рис. 1.6 7-уровневая модель ISO/OSI в Profinet

### 1.3.2 Profinet CBA

Стандарт Profinet CBA (CBA: Component Based Automation - "автоматизация на основе компонентов") определяет вид системы автоматического управления установки. CBA-автоматизация основана на том, что вся система во многих случаях может быть разбита на несколько автономных единиц - так называемых технологических модулей. При этом конструкции и функции некоторых модулей могут совпадать полностью или частично - с незначительными отклонениями.

Обычно такие модули управляются определенным количеством входных сигналов. Они обладают функциями, определенной программой управления, написанной пользователем, и формируют выходные сигналы для другого контроллера.

Компоненты Profinet представляют такие модули с их входами/выходами в системе проектирования. Они не зависят от поставщика, и коммуницируют в такой системе "на базе компонентов" конфигурируются. Система Profinet CBA поддерживает циклические коммуникации с циклом передачи до 10 мс, что очень подходит для коммуникаций между контроллерами.

### 1.3.3 Система коммуникаций реального времени (Real-Time Communication)

Коммуникационные функции Profinet могут быть разбиты на три иерархические ступени. Стандарт Profinet CBA использует протокол TCP/IP и коммуникационные функции реального времени (RT), и допускает передачу с временным циклом в пределах от 100 мс (TCP/IP) до 10 мс (RT). Profinet CBA предпочтительно использовать для коммуникационной связи между контроллерами PLC.

Стандарт Profinet IO использует исключительно коммуникационные функции реального времени (RT) для обмена данными процесса. Поддерживая временной цикл передачи, который может быть в пределах 10 мс, Profinet IO очень подходит для использования в системе распределенных входов/выходов (I/O) (автоматизация производства).

Изохронные коммуникации реального времени (IRT - Isochronous Real-Time communication) обеспечивают временной цикл порядка 1 мс, и поэтому такие коммуникационные функции очень подходят для использования в системах управления движением.

Profinet CBA в основном использует коммуникации в системе "на базе компонентов" с протоколом TCP/IP- и RT-коммуникации - для связи с компонентами. Profinet IO использует RT- и IRT-коммуникации с распределенными I/O.



### 1.3.4 Интеграция полевой шины

Шина Profibus - это основа для установленных на сегодняшний день более чем 10 миллионов узлов. Мировое лидерство этой шины по распространенности связано с обеспечением простой и "гладкой" стратегии совместимости и перехода от существующих систем Profibus к Profinet. Для "гладкой" совместимости Profinet поддерживает концепцию прокси, которая делает возможной интеграцию любых установленных на шине устройств в систему Profinet без их изменения.

В основном прокси состоит из двух главных компонентов - из Ethernet-блока и блока полевой шины, например, ведущего устройства Profibus DP (master). Это гарантирует возможность обмена I/O-сигналами и диагностическими данными с подключенными ведомыми устройствами (slaves). Затем результат обработки данных помещается ведущим устройством Profibus DP в общую память. Profinet CBA, например, Profinet-блок прокси считывает данные из памяти и передает их соответствующим потребителям посредством сконфигурированных связей. Если потребитель присутствует в Profibus-блоке, то ведущее Profibus DP-устройство (master) передает эти данные соответствующему ведомому DP-устройству (slave) в следующем цикле обмена по шине Profibus.

### 1.3.5 Безопасность

С некоторого времени в секторе автоматизации наблюдается следующая тенденция: сравнительно изолированные ячейки или островки решений заменяются сетевыми и все в большей степени однородными структурами систем автоматизации. Сегодня в большинстве случаев имеется возможность установить коммуникационную связь с PLC из любой точки.

Отсюда следует, что возрастают возможности для ошибок во время работы, а также при адресации устройств. Кроме того, возрастают возможности для шпионажа и подрывной деятельности. Происходит расширение применения Ethernet в секторе автоматизации, реализуется удаленное обслуживание с использованием Интернета, сети установки соединяются с офисными сетями или создаются собственные корпоративные сети компаний.

Так как концепции безопасности для сектора офисов мало пригодны для обеспечения выполнения требований к безопасности в секторе автоматизации, то, очевидно, необходимо разрабатывать новые концепции для систем автоматизации. Эти концепции должны быть простыми в использовании и должны отвечать специальным требованиям, протоколам, сетевым топологиям, так как даже кратковременные простои в работе сети могут привести к остановке производства, вызвать значительные повреждения оборудования или причинить огромный вред здоровью людей.

Концепция безопасности Profinet принимает в расчет высокие требования к сетевой безопасности для основанных на Ethernet систем автоматического управления. Данная концепция охватывает управление доступом, шифрование данных, распознавание и протоколирование существенных для безопасности событий.

Ядром концепции безопасности является сегментирование сети автоматизированной системы в контексте безопасности. Затем создаются защищенные "фрагменты" системы. Сетевые узлы внутри таких фрагментов защищаются специальными компонентами сетевой безопасности, такими как переключатели или другие средства системы безопасности.

Эти сетевые компоненты управляют обменом данными между фрагментами системы и разрешают передачу данных, только если выполнена авторизация участников обмена.

Специальное клиентское программное обеспечение системы безопасности может использоваться для защиты PLC от несанкционированного доступа с использованием клиентских ПК. Для терминалов сбора / ввода данных не требуются собственные функции безопасности. Передача данных между защищенными фрагментами или между клиентом и узлами фрагмента может производиться с шифрованием, и, тем самым, будет надежно защищена от шпионажа и манипуляций. Шифрование данных имеет особую важность при использовании сетей общего пользования (небезопасных), как, например, в случае удаленного доступа через Интернет для обеспечения обслуживания.

### **1.3.6 Управление движением с помощью Profinet**

Потенциал Profinet обеспечивает использование управления движением с большим числом степеней свободы, большими объемами данных и коротким временем цикла. Соответствующие действия для использования в этих целях Profinet были начаты рабочей группой Profidrive Working Group организации Profibus International летом 2004 года. Целью этих действий было картирование профиля Profidrive для Profibus в Profinet для обеспечения возможности простого преобразования сигналов в движение.

Функциональность и интерфейс модели обеспечили консистентность данных. Profidrive ©Profinet обеспечивает известные сценарии использования и неизменный пользовательский интерфейс (вид), что означает для пользователей сохранение пользовательской программы в неизменном виде при конвертировании. Profidrive@Profinet поддерживает коммуникационные RT- и IRT- функции.

### **1.3.7 Безопасность в Profinet**

Система безопасности является центральным компонентом во многих коммуникационных системах. Тогда как в прошлом вопрос решался с использованием классической релейной технологии, в наше время имеются тенденции интеграции современных открытых стандартизированных

коммуникационных систем. Специальные шины используются все реже и реже. Например, автомобилестроение требует скорейшего внедрения более безопасных коммуникационных систем Profinet.

Поэтому организация Profibus International в середине 2004 года инициировала действия по реализации дружественной к пользователю и безопасной системы обмена данными Profinet IO. Предварительная спецификация была завершена к ганноверской ярмарке 2005 года для представления членам организации. В это время уже была начата координация стандарта с такими организациями как TÜV и Федеральный кооперативный институт профессиональной безопасности (BIA - Bundesgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz).

Таким образом, был предложен протокол Profisafe, основанный на протоколе Profinet IO, что дает возможность использования принципа "черного канала" ("black channel"). Появилась возможность реализации решений для обеспечения безопасности вплоть до категории безопасности Category 4 или уровня эксплуатационной безопасности SIL 3.



## 2 Ethernet - основные сведения и протоколы

Profinet базируется на технологии Ethernet и использует протокол TCP/IP. Для лучшего понимания Profinet важно знать теоретические основы, которые будут представлены ниже. Подробное изложение материала по Ethernet со всеми необходимыми протоколами выходит за рамки данной книги. Тем не менее, здесь мы хотим предложить Вам наиболее важную информацию по Ethernet и основным протоколам, чтобы Вы могли понять и усвоить необходимые базовые сведения.

### 2.1 Основная структура Ethernet

В "классическом" Ethernet все станции имеют одинаковый приоритет; при этом каждая станция может обмениваться данными с любой другой станцией в любом объеме и в любое время. Так как "классический" стандарт Ethernet разрабатывался как последовательная шинная система, то все станции имеют доступ к данным станции-отправителя данных. При этом каждая Ethernet-станция отфильтровывает те пакеты данных, которые предназначены ей, и игнорирует все остальные. Все станции, которые общаются используют среду передачи данных, объединяются в так называемый "коллизийный домен". Доступом к сети управляет процедура CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - "множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов"). Если станция намеревается послать данные, то она сначала "прослушивает" сеть, т.е. проверяет, не передает ли данные другая станция. Если сеть свободна, то станция может начать передачу. В то же время продолжается "прослушивание" сети для определения, не начала ли одновременно передачу какая-либо другая станция (детектирование коллизий). Если в это же время начала передачу другая станция, то возникает коллизия (столкновение) данных. В этом случае все станции прекращают передачу данных и ожидают в течение некоторого периода времени, длительность которого определяется как случайная величина. По истечении такого периода молчания возобновляется попытка передачи данных под контролем процедуры CSMA/CD. Время передачи пакетов данных в большой степени зависит от загруженности сети и не может быть определено заранее. Вся сеть становится "медленнее" с ростом числа коллизий. Поэтому Shared Ethernet (Ethernet-сеть с общим доступом) с коллизиями подходит для автоматизации промышленности только при определенных ограничениях.

Для разрешения указанной выше проблемы в промышленных условиях используются следующие решения: сегментирование сетей (разбиение коллизионных доменов), использование коммутационной техники, а также использование более скоростных сетей, таких как Fast Ethernet и Gigabit Ethernet. Поэтому Ethernet остается интересным и полезным для применения в промышленной автоматике.

В общем случае Profinet Ethernet - это сеть, состоящая из станций, которые соединены друг с другом через определенные сетевые компоненты с помощью кабелей по схеме "точка к точке" ("point-to-point" - PtP). Станции с их сетевыми интерфейсными картами (NIC - Network Interface Card) или коммуникационными процессорами (CP) являются конечными точками сети в системе автоматического управления. Компоненты сети, такие как концентраторы, коммутаторы и маршрутизаторы, необходимы для того, чтобы обеспечивать распределение данных между конечными точками сети. Витые медные проводники с максимальной скоростью передачи 100 Мбит/с (Fast Ethernet) наиболее часто используются для прокладки сетей между компонентами и станциями. Станции, использующие специализированные линии для передачи и для приема, способны посылать и принимать данные одновременно и без коллизий. Такой тип коммуникаций известен как "полный дуплекс" (full duplex или FDX - технология, обеспечивающая одновременную посылку и прием данных). Полный дуплекс всегда подразумевает топологию сети типа "звезда", в которой два компонента всегда связаны друг с другом соединением по схеме "точка к точке" (PtP). Такая сеть состоит из множества PtP-соединений. Фактическое управление доступом в такой сети сводится к соединению между двумя станциями посредством PtP соединения.

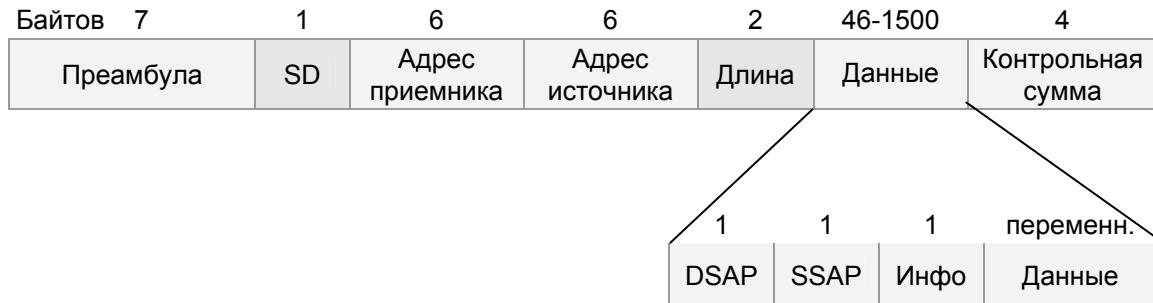
В такой сети кабели к коммуникационным партнерам переключаются с помощью специальных сетевых компонентов, называемых коммутаторами. Такой принцип известен как "коммутируемая среда" ("Switched media"). Технология Profinet всегда базируется на Ethernet со скоростями передачи 100 Мбит/с и Fast Ethernet - соединениями в режиме полного дуплекса в коммутируемой сети.

## 2.2 Стандартный фрейм Ethernet

Ethernet - это сеть для обмена данными с разделением данных на пакеты. Это означает, что данные, которые должны быть переданы, разделяются на мелкие блоки, называемые пакетами или фреймами (см. рис. 2.1). Каждый из таких пакетов содержит всю необходимую информацию, например адреса передающей и принимающей станций, собственно данные, а также информацию для выявления ошибок. Пакет посылается как блок; он может содержать от 64 до 1526 байт. В исходной спецификации Ethernet существуют два формата фреймов:

- Оригинальный стандарт DIX-группы (также называемый Ethernet II, DIX или BlueBook)
- Стандарт, соответствующий IEEE 802.3

Различие между этими двумя форматами пакетов заключается в формировании заголовочных блоков: в той позиции, в которой в формате фрейма DIX Ethernet указывается тип блока, в формате IEEE 802.3 указывается длина блока. Ниже рассматривается только стандарт IEEE 802.3, так как он более распространен.



Препамбула	7 байтов для синхронизации станций (101010...101010)
SD (Start Delimiter)	разделитель перед стартом (1 байт для обеспечения реакции перехода (10101011))
Адрес назначения (адрес приемника)	6 байтов для идентификации станции назначения (MAC-адрес)
Адрес источника	6 байтов для идентификации исходных данных станции назначения (MAC-адрес)
Длина	2 байта - длина блока
Блок данных	46-1500 байтов - пользовательские данные. Данный блок содержит данные и заголовок, которые должны передаваться с более высоких уровней. Он содержит: DSAP (Destination service access point): (1 байт) - точка доступа к службе в станции назначения SSAP (Source service access point) (1 байт) - точка доступа к службе в источнике Инфо: блок управления (control block) (1 байт) Data (данные): пользовательские данные (переменная длина)
Контрольная сумма (Checksum)	4-байта. Контрольная сумма генерируется для контроля корректности переданных данных.

Рис. 2.1 Пакет данных в сети Ethernet, IEEE 802.3

## 2.3 Ethernet- или MAC-адрес

Каждая станция должна иметь свой собственный адрес, посредством которого к ней может быть организован доступ. Каждый Ethernet-интерфейс имеет назначенный производителем адрес, который является фиксированным и уникальным во всем мире. Этот адрес называется аппаратным адресом или MAC-адресом (MAC - Media Access Control - управление доступом к среде). Его также называют Ethernet-адресом, адресом станции, физическим адресом или адресом сетевой карты. Адрес сохраняется в сетевой карте, и этот адрес используется для идентификации ее в локальной сети. Благодаря кооперации между производителями гарантируется уникальность адреса во всем мире. MAC-адрес имеет фиксированную длину, равную 48 бит (6 байт). Первые три байта используются для идентификации производителя устройства, остальные биты используются по усмотрению производителя. Чтобы гарантировать уникальность адресов сети, Ethernet-адреса обычно кодируются ("прошиваются") в аппаратуре производителями, и эти адреса не могут быть изменены.

### 2.3.1 Определение MAC-адреса Ethernet-устройства

Простейшим способом определения MAC-адреса для Simatic Ethernet-устройств является рассмотрение штампа / метки на сетевой карте или на корпусе коммуникационного процессора. Лист красного цвета с гарантированно уникальным Ethernet-адресом, назначенным фирмой Siemens для данного устройства, может также быть приложен к устройству при поставке. Этот адрес затем должен быть назначен для Ethernet-станции с помощью утилиты HW-Config в ПО STEP 7.

Такой штамп/метка обычно отсутствует на сетевых картах для ПК. В зависимости от используемой операционной системы существуют различные возможности для определения и отображения на экране монитора аппаратного адреса. Для этого в системах Windows Вы можете запустить ниже указанную команду в DOS-режиме:

сначала активация командной строки: *Start (Пуск) -> Run (Выполнить) -> cmd*  
затем - собственно ввод команды: *ipconfig /all*.



## 2.4 Функции для Ethernet-устройств

Ниже представлены функции, которые должны выполняться в каждом Profinet-устройстве. Они будут кратко объяснены далее для лучшего понимания.

### 2.4.1 Автосогласование

Автосогласование применяется для автоматического распознавания функций интерфейса на стороне партнера. Репитеры или терминалы данных могут использовать эту процедуру для определения функциональности, чтобы обеспечить автоматическое конфигурирование различных устройств. Автосогласование обеспечивает обмен параметрами между двумя компонентами, включенными в сегмент сети, и применение этих параметров для настройки соответствующим образом коммуникационных данных. Для обеспечения точной конфигурации имеется также возможность деактивации процедуры автосогласования.

Огромная польза процедуры автосогласования заключается в том, что она обеспечивает бесперебойное взаимодействие всех Ethernet-компонентов. Классические Ethernet-компоненты, которые не поддерживают функцию автосогласования, тем не менее, могут совместно работать с новыми компонентами для стандарта Fast Ethernet, поддерживающими автосогласование. Устройства с автосогласованием должны уметь, по крайней мере, переключаться между фиксированными значениями скорости передачи - 100 Мбит/с (полудуплекс) и 10 Мбит/с (полудуплекс).

### 2.4.2 Автоопределение - автоматическое распознавание скорости обмена

Автоопределение дает возможность определения свойств сетевых узлов (терминалов данных и сетевых компонентов) для автоматического определения скорости передачи данных (10 Мбит/с или 100 Мбит/с) и установки возможного значения для этих устройств. При этом обычно в таких устройствах также поддерживается функция автосогласования.

Все новые Simatic Net Profinet - устройства обладают указанными функциями автосогласования и автоопределения.

### **2.4.3 Автокроссоверная функция интерфейса MDI/MDI-X**

Данная функция обеспечивает возможность простого и легкого подключения внешних кабелей в сети Ethernet. Функция автокроссовера предотвращает ошибки неправильного подключения кабелей, когда кабели для передачи данных подключаются вместо кабелей для приема данных и наоборот. Тем самым для пользователя упрощается выполнение соединений.

## 2.5 Протоколы Profinet на базе Ethernet

Ethernet-протокол и TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol - протокол управления передачей / Интернет-протокол, стек Интернет-протоколов) представляют собой стандарты для сетей, что повышает их востребованность для промышленных приложений. Каждая Profinet-станция должна поддерживать различные протоколы. Среди них, по крайней мере, должны быть TCP/IP и UDP/IP (User Datagram Protocol/Internet Protocol - протокол передачи дейтаграмм пользователя / Интернет-протокол). Это достаточно веская причина для того, чтобы познакомиться с теоретическими основами этих протоколов.

### 2.5.1 TCP/IP

Протокол TCP/IP может рассматриваться как полный набор протоколов, состоящий из двух частей. TCP - это протокол управления передачей (Transmission Control Protocol). Как следует из названия, данная часть обеспечивает управление передачей данных. Вторая часть комплекта протоколов, IP (Internet Protocol - Интернет-протокол), необходима для обеспечения доставки данных по определенному адресу в сети.

#### **Интернет-протокол IP**

Интернет-протокол (IP - Internet protocol) в текущей версии IPv4 обеспечивает адресацию и маршрутизацию пакетов данных от передатчика к приемнику через несколько сетей. IP - это адресный компонент комплекта TCP/IP. Каждая станция, которой необходимо установить коммуникационную связь с другой станцией, идентифицируется уникальным IP-адресом. Этот адрес можно сравнить с почтовым адресом на конверте: с помощью этого адреса распознается целевое устройство, к которому затем может быть послан пакет данных, причем независимо от пути прохождения этого пакета (Ethernet, Token ring, ISDN).

Пакеты данных с использованием IP-протокола называются дейтаграммами. Протокол "Internet protocol" - это служба без прямого соединения, причем на IP-уровне ни корректность данных, ни последовательность, ни полнота, ни однозначность дейтаграмм не проверяются ("Unreliable Datagram Service"). IP-протокол не предусматривает механизмов квитирования. Надежная, ориентированная на коммуникационное соединение технология поддерживается на уровне протоколов TCP.

IP-дейтаграмма состоит из заголовка пакета, за которым следует блок данных, имеющий формат, например, Ethernet-фрейма. Для выполнения своих функций IP определяет собственный формат пакета, минимальная длина которого должна быть равной 20 байт.



Длина пакета: Общая длина дейтаграммы, включая заголовок, (составляет 576 - 65535 байтов).

Адреса: Передатчики и приемники в TCP/IP-сетях идентифицируются 32-битным адресом, который уникален глобально (в мировом масштабе) - это так называемый IP-адрес. В Германии за назначение IP-адресов отвечает полномочная лицензированная организация DENIC.

Исходный (Source) IP-адрес: адрес станции-источника

Целевой (Destination) IP-адрес: адрес станции назначения

Данные пользователя: блок данных переменной длины

Рис. 2.2 Структура IP-пакета

Важнейшие блоки IP-пакета показаны на рисунке 2.2. Информацию по другим блокам Вы можете найти в соответствующей литературе.

## Формат IP-адреса

IP-адресация определяет логические сетевые адреса для комплекта протоколов TCP/IP. IP-адрес - это фиксированный компонент интернет-протокола (IP); он является независимым от используемого оборудования, от производителя или от физической среды сети. IP-адрес используется как "IP-адрес приемника" (адрес принимающей станции) и "IP-адрес источника" (адрес передающей станции) в каждом пакете данных, передаваемом с использованием IP протокола. Для обеспечения однозначно определенного приемника пакета данных каждой станции требуется свой уникальный адрес.

Каждая Profinet-станция, подключенная к Ethernet-сети, должна обладать определенным IP-адресом. Как протокол уровня 3 сетевой модели ISO/OSI IP-протокол является аппаратно независимым и позволяет гибко настраивать адреса. По сравнению с коммуникациями на уровне 2 сетевой модели, где приборам назначаются фиксированные MAC-адреса, в Ethernet-сети необходимо точно назначать адреса устройств.

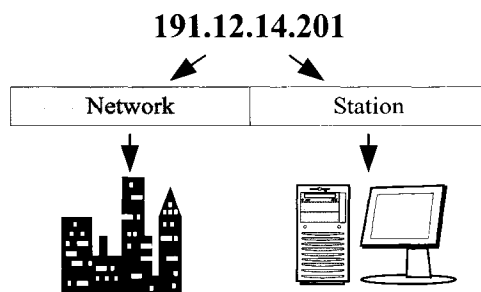


Рис. 2.3 Разбиение IP-адреса на компонент адреса сети и компонент адреса станции

Таблица 2.1 Общая информация по классам сетей

Класс сети	Диапазон IP-адресов	ID сети	ID хоста	Маска подсети
<b>A</b>	0.0.0.0 - 127.255.255.255	1 байт	3 байта	255.0.0.0
<b>B</b>	128.0.0.0 - 191.255.255.255	2 байта	2 байта	255.255.0.0
<b>C</b>	192.0.0.0 - 223.255.255.255	3 байта	1 байт	255.255.255.0

IP-адрес состоит из 4 байтов. Каждый байт записывается в десятичном виде и отделяется от других байтов точкой. Это дает следующую структуру - XXX.XXX.XXX.XXX, в которой вместо XXX должны быть записаны числа от 0 до 255, например, 192.168.147.112

IP-адрес всегда состоит из двух (скрытых) частей: идентификационный номер сети (network ID) и идентификационный номер хост-станции (host ID), которые вместе дают фактически IP-адрес. Идентификатор ID сети используется для адресации сети, а ID станции используются для адресации станции внутри сети (см. рис. 2.3). Это дает преимущество в том, что множества компьютеров могут быть объединены в группы, что облегчает поиск определенного компьютера. Телефонные номера имеют похожую структуру. Это также сравнимо с кодом области и с индивидуальным номером абонента.

Маска подсети была введена для обеспечения разделения IP-адреса на сетевой компонент и компонент соответствующей станции. Маска подсети имеет такую же структуру, как IP-адрес, но она определяет только часть IP-адреса, соответствующую номеру сети (компонент сети). Стандартные маски подсети, показанные в таблице 2.1, относятся к сетям классов А, В и С в строках с отдельным указанием адресов сети и станции.

Необходимо отметить, что все устройства, подключенные посредством коммутаторов, находятся в одной и той же подсети. Подсеть организуется посредством разделения всех возможных IP-адресов на парциальные сети. Логическое разделение сети на подсети обычно соответствует физическому разделению сети на локальные парциальные сети. Разделение класса сети на дополнительные подсети с использованием масок сети называется "subnetting". Все устройства в подсети могут иметь непосредственную коммуникационную связь друг с другом. Маска подсети идентична для всех устройств в одной подсети. Размер подсети физически ограничен маршрутизатором.

### **Классы IP-адресов**

Чтобы обеспечить возможность использования большого количества адресов с определенным порядком и структурой, все адреса подразделяются на так называемые сетевые классы. IP-адреса разделяются на пять сетевых классов обозначаемых от А до Е. Это дает возможность более эффективного использования IP-адресов при определении станций, адресуемых в каждом классе. Маска подсети определяет, компонент IP-адреса, представляющий идентификатор сети (ID сети), и компонент IP-адреса, представляющий идентификатор хоста (ID хоста): биты IP-адреса, принадлежащие идентификатору сети, определяются маской подсети со значениями 1 (в двоичной форме), тогда как биты IP-адреса, принадлежащие идентификатору хоста, определяются маской подсети со значениями 0 (в двоичной форме). Адреса класса D назначаются для групп с большим числом адресов. Этому классу соответствует диапазон адресов: 224...239.x.x.x. Адреса класса Е предназначены для использования в будущем и в настоящее время не используются. Этому классу соответствует диапазон адресов: 240...255.x.x.x.

Перед тем, как Вы начнете конфигурирование адресов, Вы должны определить адресное поле, которое Вы будете использовать для Profinet-устройств в вашей сети, а так же то, как Вы будете назначать эти адреса. Последующее изменение адресов с целью их исправления будет очень сложным и дорогим. При выборе класса адреса и адреса сети Вы должны задать следующие вопросы:

- Планируется ли подключение Вашей сети к общедоступным TCP/IP-сетям для передачи данных?
- Насколько велика может быть Ваша TCP/IP-сеть с учетом ее развития?

В общем случае можно сказать, что почти любой адрес из всех классов адресов - это правомерный IP-адрес, который в принципе может быть использован для конфигурирования TCP/IP-станции. Однако определенные адреса в каждом сетевом классе резервируются для специальных служб и не могут быть использованы для других целей.

**Адрес сети:** Если адрес станции состоит только из нулей (например, 192.12.31.0 в сетевом классе C), то этот адрес указывает на собственную сеть и, следовательно, также относится к данной сети. При использовании этого адреса IP-протокол обращается к данной сети по адресу со знакозаменителями ("wildcard address"). Это означает, что запрашиваются все станции с адресами класса C со структурой 192.12.31.xxx, и эти станции должны выдать отклик. Это приводит к перегрузке ("flooded") сети требованиями ответов от несуществующих компьютеров. Поэтому для таких адресов маршрутизация не выполняется.

**Адрес маршрутизатора по умолчанию:** Каждая подсеть, которая связана с другими сетями, содержит, по крайней мере, один маршрутизатор. В соответствии с договоренностью маршрутизатору всегда назначается первый адрес, следующий за адресом сети. В сетях класса C это адрес x.x.x.1. Это не фиксированное и необязательное правило, и поэтому этот адрес может быть изменен по усмотрению пользователя. Однако при этом необходимо учитывать соглашения для назначения IP-адресов.

**Локальный адрес обратной связи:** Сетевой адрес 127.0.0.1 определяет соответствующий локальный компьютер (адрес обратной связи или LOCALHOST). Пакеты с адресом 127.0.0.1 немедленно возвращаются назад на передающий компьютер без выхода в сеть. Посылка пакетов по этому адресу используется для тестирования сети, при этом сообщение приходит обратно на станцию. Маска подсети в этом случае равна 255.255.0.0. Поэтому сеть никогда не может иметь адреса 127.x.x.x.

**Broadcast-адрес - широковещательный адрес (в локальных сетях):** Адрес станции, в котором все биты установлены в "1", например, 192.168.12.255 в сетевом классе C, используется для рассылки сообщений в подсети. При использовании этого адреса данные могут быть переданы всем станциям локальной сети (подсети) или всем станциям непосредственно доступных сетей.

**IP-адреса в TCP/IP-сетях общего доступа:** Если планируется подключение Вашей сети к TCP/IP-сетям общего доступа, то Вы не сможете при этом свободно выбирать IP-адреса. Интернет - это пример наиболее крупной TCP/IP-сети. В данном случае все адреса обязательно должны быть уникальными во всем мире, чтобы гарантировать правильное функционирование сетей обмена данными. Назначение IP-адресов регулируется множеством центральных органов. Каждый, кому необходимо подключить компьютер к Интернету, должен использовать один из этих IP-адресов с учетом планируемого размера сети. Организация, которая отвечает за назначение IP-адресов в Интернете - это Агентство по выделению имен и уникальных параметров протоколов (IANA - Internet Assigned Numbers Authority) в США. Соответствующий национальный орган в Германии - это DENIC (Domain Verwaltungs- und Betriebsgesellschaft). Каждая компания или организация может зарегистрировать здесь сетевой IP-адрес в соответствии с планируемым размером сети.

**IP-адреса в отдельной сети компании:** Если необходимо создать сеть в компании без подключения к Интернету, то теоретически Вы можете выбрать любой класс сети с любым подходящим адресом.

Чтобы организовать локальные TCP/IP-сети без подключения к Интернету, без задания IP-адресов и чтобы проверить коммуникационные связи отдельного компьютера существует диапазон адресов в каждом классе (А, В, С), служащих для "личного" пользования. Эти адреса не пропускаются маршрутизаторами.

Организация IANA определила следующие IP-адреса для этих целей:

- Сети класса А: 10.0.0.0 - 10.255.255.255
- Сети класса В: 172.16.0.0 - 172.31.255.255
- Сети класса С: 192.168.0.0 - 192.168.255.255

*Пример:* Для сети приватного класса С, объединяющей небольшое количество станций, предназначен диапазон IP-адресов от 192.168.0.0 до 192.168.255.255. Это означает, что значения для идентификатора сети зафиксированы как 192 и 168. Вы можете выбрать любое число между 0 и 255 для третьей позиции в сетевом номере. Значение 101 было выбрано в данном примере. Следовательно, адрес сети класса С выглядит так: 192.168.101.xxx.

Для четвертой позиции IP-адреса для обозначения реальных станций в сети (компьютеры, Simatic CP и т.д.) остаются только значения от 1 до 254, так как адрес сети (x.x.x.0) и адрес для рассылки (x.x.x.255) не могут быть использованы. Следовательно, все компьютеры в Вашей сети имеют соответствующие IP-адреса в следующем диапазоне (кроме крайних значений):

IP-адреса компьютеров: 192.168.101.1 до 192.168.101.254

Адрес сети: 192.168.147.0

Адрес для рассылки: 192.168.147.255



Вы можете использовать эти значения адресов в Вашей собственной сети. Важно, чтобы каждая станция имела индивидуальный IP-адрес, несовпадающий с крайними значениями (от 1 до 254). Если Вы будете использовать отличный от разрешенных значений адрес сети, то станции не смогут иметь нормальную коммуникационную связь друг с другом.

**Протокол динамической конфигурации хоста (DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol):** большинство проблем, связанных с адресами, происходит в IP сетях при добавлении, удалении или модификации станции. Для уменьшения проблем, связанных с переконфигурацией применяется протокол DHCP. DHCP назначает динамические IP-адреса из пула свободных (незанятых) адресов для логических станций на определенное фиксированное время. Таким образом, DHCP позволяет переводить станции из одной подсети в другую без необходимости ручной перенастройки. Более того, при этом используются только действительно необходимые IP-адреса. Свободные IP-адреса возвращаются в пул незанятых адресов. В сети должен быть установлен так называемый DHCP-сервер для обеспечения функционирования DHCP-службы. В каждой сети требуется, по крайней мере, один DHCP-сервер для администрирования данных конфигурации и определения диапазона IP-адресов. Таким образом, подключенным к сети станциям известен только один фиксированный IP-адрес - адрес DHCP-сервера. Отдельные терминалы данных, поддерживающие DHCP, регистрируются DHCP-сервером во время загрузки, при этом назначаются их IP-адреса с соответствующими параметрами (например, маска подсети). Simatic Ethernet - компоненты последних выпусков могут работать с DHCP.

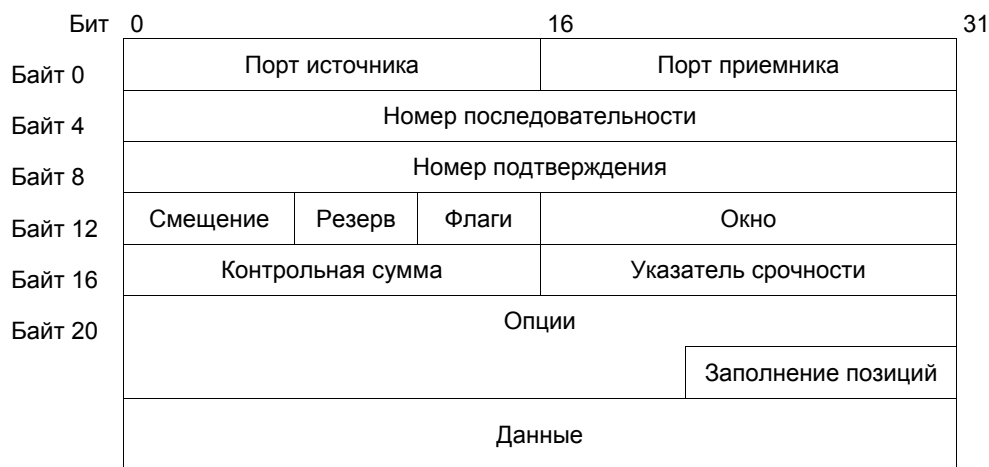
### **TCP (Transmission Control Protocol - Протокол управления передачей)**

Передача данных через Ethernet-сеть с использованием IP-протокола - это очень ненадежный метод передачи. Пакеты данных могут быть потеряны в результате отказов в линиях передачи или из-за перегрузки сети. Например, пакеты данных могут придти более одного раза или принятая последовательность данных может отличаться от исходной (переданной) последовательности.

Только расположение уровня транспортировки над уровнем Интернета (Internet layer) гарантирует надежность и консистентность данных при передаче между передатчиком и приемником в нужной последовательности. Протокол TCP был специфицирован стандартом RFC 793 в 1981. Он является транспортным протоколом. При обмене данными между станциями с использованием протокола TCP получение данных принимающей станцией квитируется (подтверждаются) для передающей станции. Для этой цели в такой системе используются механизмы контроля ошибок, управления потоками и подтверждения передачи/приема. TCP устанавливает соединение между коммуникационным каналом и пользовательской программой хоста в подключенных к сети компьютерах посредством так называемых портов. Эти порты могут так же рассматриваться как распределители с использованием TCP для высших уровней. В зависимости от того, какой порт определен в TCP-протоколе, TCP-пакет выпускается протоколом или пользовательской

программой через соответствующий порт. Станция с TCP-коммуникациями адресуется с использованием комбинации IP-адреса и номера порта (например: 192.157.169.10: 80). Комбинация IP-адреса и номера порта так же назначается для socket-интерфейса. Диапазон номеров портов имеет фиксированное значение, то есть номера назначаются определенным приложением (Порт 20/21 FTP, 23 TelNet, 25 SMTP (e-mail), 80 HTTP), и являются так называемыми "хорошо известными портами" (Well Known Ports). Каждый TCP-пакет содержит номер порта передатчика и номер порта приемника.

TCP-заголовок имеет длину 20 байтов и располагается непосредственно на IP-заголовке. TCP-пакет имеет структуру, показанную на рис. 2.4.



Порт источника: Определяет номер порта для программы пользователя, посылающей данные.

Порт назначения: Определяет номер порта для программы пользователя, принимающей данные.

Номер последовательности: TCP рассматривает данные, которые должны быть переданы в виде потока нумерованных байтов. Данный поток байтов при передаче разбивается на блоки (TCP-сегменты). Номер последовательности - это номер первого байта данных в соответствующем сегменте. Благодаря этому может быть восстановлена правильная последовательность сегментов на принимающей стороне.

Рис. 2.4 TCP-пакет данных

Для получения информации по всем полям пакета обратитесь к соответствующей литературе.

## 2.5.2 UDP/IP

Конечно, не все службы транспортного уровня требуют безопасного соединения между двумя коммуникационными партнерами как при использовании протокола TCP. Например, если собственно сеть является достаточно безопасной, что имеет место в локальных сетях (LAN), то транспортный протокол может иметь более простую конфигурацию. Протокол UDP (User Datagram Protocol - протокол дейтаграмм пользователя) является минимизированным транспортным протоколом для локальных сетей, который обеспечивает только самые основные функции, необходимые для транспортировки данных. Этот протокол был специфицирован стандартом RFC 768 в 1980 году. Протокол UDP обеспечивает простую службу без контроля соединения, которая по сравнению с IP-протоколом, поддерживает передачу только номеров портов и контрольной суммы. Поэтому UDP-протокол может рассматриваться как упрощенный по сравнению с TCP (рис. 2.5).



- Порт источника: Определяет номер порта для программы пользователя, посылающей данные.
- Порт назначения: Определяет номер порта для программы пользователя, принимающей данные.
- Длина: Параметр, определяющий размер UDP-пакета в байтах, включая заголовок пакета.
- Контрольная сумма: Позволяет проверить консистентность данных.

Рис. 2.5 UDP-пакет данных

Протокол UDP, благодаря своему конструктивному минимализму, не работает с постоянными соединениями на обоих концах. В нем не предусмотрены установление, и разрыв соединения, а так же квитирование принятых пакетов.

Этим протоколом обеспечивается только передача контрольной суммы для проверки принятых данных, и даже эта возможность опциональна. Все другие механизмы обработки ошибок, такие как в TCP, в данном протоколе отсутствуют. Поэтому при использовании протокола UDP при передаче возможны потери, дублирование или ошибки в последовательности данных. Все эти возможные ошибки должны быть обработаны на прикладном уровне.

Поэтому производительность сети в большой степени зависит от программирования приложений. Несмотря на такие недостатки, протокол UDP имеет преимущество в скорости передачи. В сравнении с TCP протокол UDP обеспечивает приблизительно в три раза большую скорость передачи. Благодаря такой скорости протокол UDP используется в Profinet для обмена данными, где это необходимо, а также при запуске системы.

**Socket:** в начале 80-х гг. для коммуникаций между процессами, как BSD в UNIX-системах, был введен так называемый socket-интерфейс. "Socket" это имя для логических конечных точек соединения с TCP или UDP протоколами. Socket состоит из номера сети, номера компьютера и номера порта. Приложения, распределенные в сети, могут программироваться с использованием такого socket-интерфейса. Socket-интерфейс сопровождается библиотекой функций. Набор важных примитивов socket-интерфейса или системных вызовов включает:

- Генерацию socket: `socket()` - для открытия коммуникационной связи, ориентированной на соединение, в Интернете
- Установление соединения: `bind()` - для подключения socket к локальному адресу конечной точки
- Коммуникации: передача = `send()` и прием = `receive()` - для записи в виртуальный канал или считывания из виртуального канала
- Разрыв соединения: `close()`

Profinet так же обеспечивает socket-интерфейс, так что пользовательские программы могут открывать TCP-соединения для передачи и приема данных.

### 2.5.3 Другие протоколы сетевого уровня

ARP (Address Resolution Protocol - протокол разрешения адресов) и ICMP (Control Message Protocol - протокол управляющих сообщений в сети Интернет) - это особые компоненты стека протоколов TCP/IP. Эти протоколы описаны ниже.

#### **ARP (Address Resolution Protocol - протокол разрешения адресов)**

ARP - это интернет-протокол, который связывает IP-адрес с физическим адресом (обычно - с Ethernet MAC-адресом). Этот протокол важен для передачи IP-пакета в соответствующей локальной сети (LAN) на базе Ethernet, так как на данном уровне станции адресуются с использованием MAC-адресов. ARP-протокол работает полностью автоматически, и обычно нет необходимости использовать его в прямой форме, так как система управляет этой функцией самостоятельно. Каждая станция с IP-адресом в сети управляет таблицей разрешения адресов. Однозначно назначенные

пары IP- и MAC- адресов хранятся в данной таблице - в так называемом ARP-кэше. Данная таблица адресов не создается и не администрируется вручную. ARP-протокол самостоятельно, без вмешательства пользователя, выполняет обновления и требуемые добавления в ARP-таблицу.

Как происходит поиск соответствия MAC-адреса определенному IP-адресу? Станция, которая не знает аппаратного адреса станции назначения, посылает ARP-запрос в виде широковещательной дейтаграммы (то есть запрос всем станциям данной сети). Эта дейтаграмма содержит интернет-адрес и аппаратный адрес передающей станции, а так же IP-адрес станции назначения. После этого все станции данной сети проверяют, являются ли они станциями назначения для данного запроса. И только станция назначения отвечает пакетом с ARP-подтверждением, который направляется непосредственно в адрес станции, организовавшей запрос. Данный пакет с ARP-подтверждением содержит аппаратный адрес, который станция, организовавшая запрос, может использовать для передачи пользовательских данных. После этого данный аппаратный адрес вводится в ARP-таблицу. Данная процедура остается незаметной для пользователя. Для обеспечения возможности динамического реагирования на изменения ситуации, таких, например, как замена сетевой карты и соответствующего MAC-адреса, удалением данных из ARP таблицы управляет специальный таймер.

**RARP (Reverse Address Resolution Protocol - сетевой протокол, обеспечивающий динамическое определение высокоуровневого адреса конкретного ведущего узла по аппаратному адресу нижнего уровня)**

Так же бывает необходимость определения неизвестного IP-адреса (обратный ARP-протоколу случай), по известному MAC-адресу. Такая необходимость имеется в так называемых "тонких" клиентах - компьютерах без жесткого диска, которые не могут запоминать свой собственный IP-адрес. Эти компьютеры должны устанавливать контакт с компьютером, который администрирует их IP-адреса. Посредством широковещательного запроса RARP-протокол определяет сервер, который распознает передающую станцию по принятому MAC-адресу и возвращает пакет-отклик с IP-адресом.

**ICMP (Internet Control Message Protocol - протокол управляющих сообщений в сети Интернет)**

ICMP-протокол используется для передачи сообщений об ошибках и информации о состояниях (статус) между IP-узлами сети. ICMP-протокол обеспечивает обслуживающий персонал и инженеров-наладчиков двумя важнейшими диагностическими инструментами:

- **Ping - команда-запрос "отклика"**

Одним из наиболее важных типов ICMP-пакетов является "Echo Request" ("запрос отклика"). Станция, принявшая данный пакет, должна отправить его обратно, в виде отклика (Echo Reply). Данный механизм позволяет проверять работоспособность определенных адресов. Команда *ping* для пользователей является простым средством диагностики. В зависимости от того получен или не получен отклик, можно определить физическую доступность станции, а так же определить время доступа.

- **Traceroute - команда на выполнение трассировки**

Команда Traceroute используется в системах с Windows для трассировки пути прохождения пакета. IP-заголовок содержит TTL-блок (Time To Live - предписанное время жизни пересылаемого пакета), который декрементируется на единицу с каждой промежуточной станцией на пути пакета через сеть. Пакет отбрасывается, когда значение TTL в процессе декрементирования достигает нуля, при этом передающая станция информируется ICMP-пакетом "Time Exceeded" ("время превышено"). Такая функция используется механизмом трассировщика: станция, на которой запускается функция выполнения трассировки пути пакета до станции назначения, посылает пакеты данных в адрес целевого хоста. Первоначально TTL имеет значение единицы. Данный пакет отбрасывается первой промежуточной станцией, при этом возвращается ICMP-пакет "Time Exceeded" ("время превышено") и отображается IP-адрес данной промежуточной станции. После этого посылается пакет с TTL со значением два. Данный пакет отбрасывается второй промежуточной станцией и так далее. Блок TTL может содержать достаточно большое значение, когда пакет, наконец, достигает станции назначения. После этого завершается выполнение команды Traceroute. В результате на экран выводится список всех промежуточных станций между станцией-отправителем и станцией-получателем пакета. Необходимо отметить, что маршрутизаторы также возвращают IP-адрес интерфейса, через который проходит ICMP-пакет до станции назначения.

### 3 Коммуникации реального времени

При использовании технологии Ethernet в системах автоматике на полевом уровне должны поддерживаться следующие функции и характеристики:

- эффективный и скоростной обмен очень малыми количествами данных,
- коммуникации реального времени,
- синхронизация действий различных станций и
- поддержка полевой шины соответствующей структуры (например, линейной).

Более того, современные системы полевых шин должны отвечать повышенным требованиям к характеристикам, соответствующим возможностям 100-мегабитных Ethernet-сетей, в частности, к их пропускной способности и эффективной дальности (Рис. 3.1).

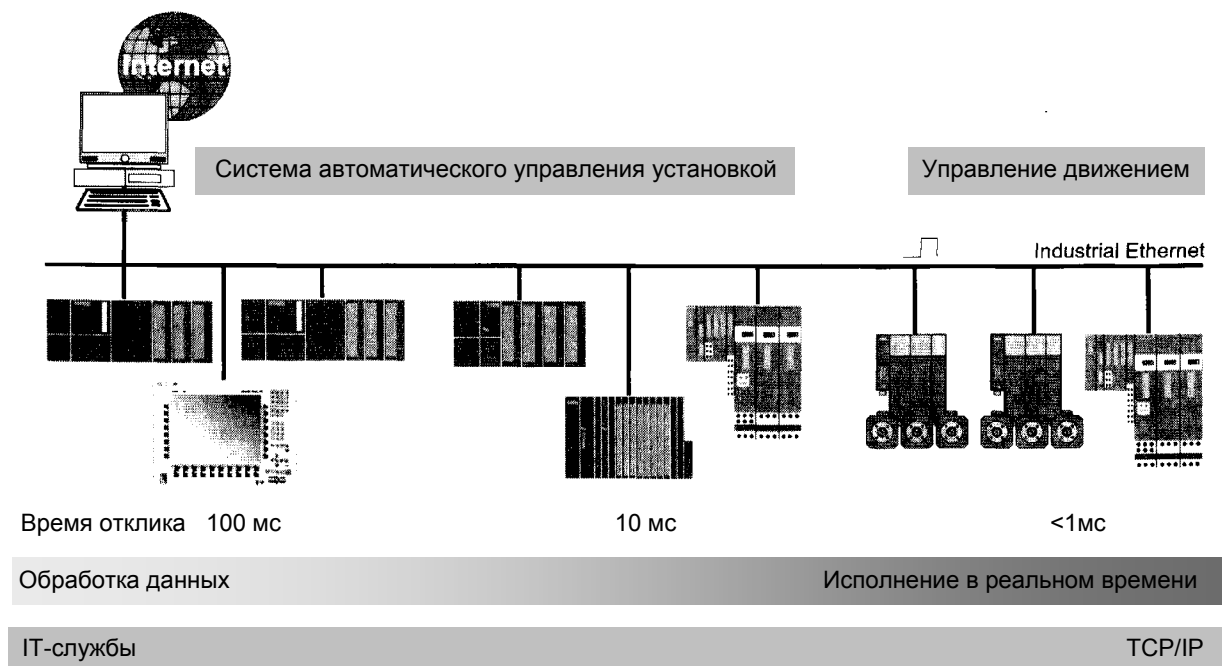


Рис. 3.1 Концепция реального времени (real-time) для Profinet-коммуникаций

Хотя пропускная способность 100-мегабитных Ethernet-сетей на порядок выше, чем в Profibus-системах, тем не менее, фактическое использование этих возможностей в большой степени зависит от следующих факторов:

- тип и реализация терминальных станций для работы с данными на местах
- топология сети (линейная, звездообразная и т.п.)
- характеристики используемых компонентов сети, например, процедура переключения (коммутация без буферизации пакетов или коммутация с промежуточным хранением) или расстановка приоритетов для протоколов.

Для поддержания нормального рабочего состояния аппаратуры Ethernet-коммуникаций и соответствующего ПО необходимо также обеспечивать, чтобы:

- возможности используемого в настоящий момент Ethernet-стандарта были переносимы в Ethernet-систему с поддержкой коммуникаций реального времени,
- по-прежнему обеспечивалась поддержка таких стандартных компонентов, как переключатели (switch), Ethernet-контроллеры, стеки протоколов, а также
- поддерживалась возможность достижения более высокой надежности передачи данных посредством расширения функций сетевых компонентов.



### 3.1 Требования к Ethernet с поддержкой коммуникаций реального времени

Система может рассматриваться как поддерживающая коммуникации реального времени в условиях текущего применения, если она отвечает всем требованиям к временным характеристикам, предъявляемым данными условиями применения. Временные характеристики систем, поддерживающих коммуникации реального времени, должны обеспечивать четко определенный во времени отклик, гарантируемый при всех условиях работы. В данном контексте система должна отвечать следующим критериям и требованиям:

- Режим Runtime (режим выполнения), время цикла (cycle time), время отклика (response time): для этих параметров никогда не должны быть превышены заданные верхние значения.
- Отклонения (отклонения значений времени цикла): чем выше требования, предъявляемые к скорости и точности передачи данных, тем меньше должны быть отклонения временных характеристик и отклонения от заданных значений.
- Синхронизация: синхронизация обеспечивает одновременность выполнения действий. Здесь также требуется максимально возможная точность.
- Производительность: обеспечение заданной производительности гарантирует передачу требуемого количества данных в единицу времени.

При переходе к системе Ethernet с поддержкой коммуникаций реального времени должно обеспечиваться выполнение следующих требований:

- Сегментирование/разделение: использование специальных сетевых компонентов, например, маршрутизаторов, гарантирует отсутствие взаимных помех потоков данных в сетях, поддерживающих коммуникации реального времени, так как ситуации перегрузки сети свойственны системам без поддержки детерминированной связи.
- Выполнение определенных функций в течение заданного временного интервала (Time slot procedure): системы с поддержкой функций реального времени (real-time capability) обычно характеризуются наличием последовательности процедур, циклически выполняемых в строго определенные промежутки времени. При этом обеспечивается, например, передача данных, выполняемая в определенные промежутки времени. Такой подход всегда гарантирует передачу требуемых данных в заданное время.
- Синхронизация времени: многие процедуры должны запускаться на выполнение одновременно для обеспечения синхронности. Это означает, что все локальные часы должны синхронизироваться с заданной точностью.

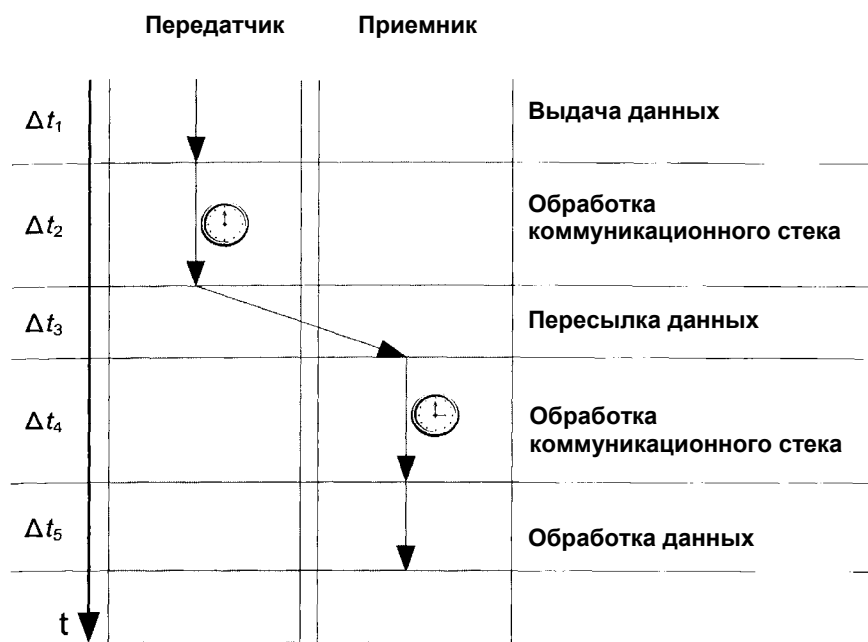
## 3.2 Real-time @Profinet

Считается, что система работает в режиме реального времени (Real-time), если эта система способна обрабатывать внешние события в течение достаточно малых промежутков времени. Система обладает свойством детерминированности (deterministic), если реакции этой системы предсказуемы.

Основные требования для системы, обеспечивающей коммуникации реального времени (RT-коммуникации), следующие:

- Система обладает свойством детерминированности (deterministic).
- Время отклика системы не превышает 5 мс для стандартных применений.

Коммуникации реального времени посредством Ethernet характеризуются малой загрузкой процессора, основной задачей которого является выполнение пользовательской программы, а не обмен данными с коммуникационным партнером. В то же время цикл передачи (send cycle), то есть длительность передачи данных от приложения в устройстве А приложению в устройстве В, должен быть как можно короче. На рис. 3.2 показаны факторы, влияющие на длительность цикла передачи.



- $\Delta t_1$ : Подготовка переменных в приложении передающего устройства  
 $\Delta t_2$ : Обработка коммуникационного стека и посылка переменных  
 $\Delta t_3$ : Пересылка данных (с учетом задержек в сетевых компонентах)  
 $\Delta t_4$ : Прием переменных и обработка коммуникационного стека  
 $\Delta t_5$ : Подготовка переменных в приложении приемного устройства

Рис. 3.2 Структура цикла передачи

Возможная реализация коммуникационной системы реального времени заключается в использовании стандартных коммуникационных протоколов, таких как TCP/IP или UDP/IP. Тем не менее, их применение связано с определенными недостатками: перегрузка фрейма увеличивает длину фрейма и, следовательно, приводит к возрастанию длительности передачи в линии связи (Рис. 3.3).

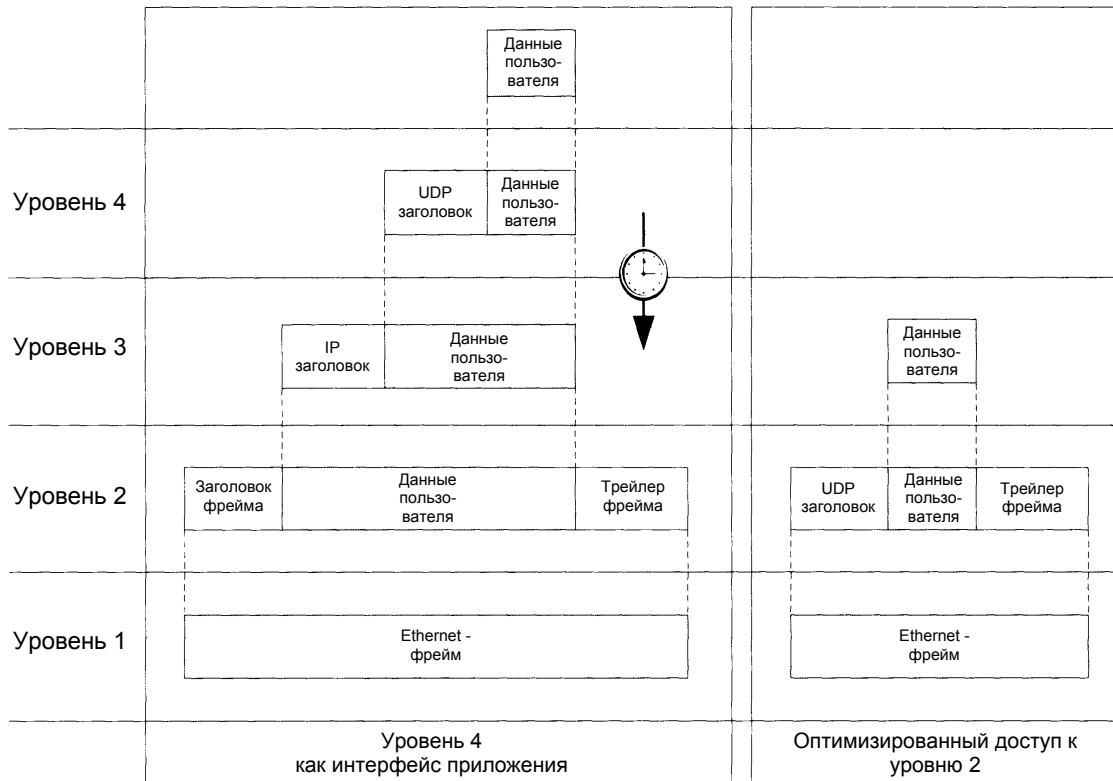


Рис. 3.3 Формирование служебных сигналов при "упаковке" данных процесса

Более того, соответствующие коммуникационные стеки требуют относительно большого времени обработки в процессоре и, следовательно, это ведет к увеличению длительности цикла передачи.

Значительное увеличение скорости обновления вместе с соответствующим уменьшением уровня загрузки процессора может быть достигнуто с помощью оптимизации коммуникационных стеков на передающей стороне (передатчик) и на приемной стороне (приемник). Однако оптимизация времени обработки (runtime) коммуникационного стека означает также, что в результате коммуникационный стек TCP/IP больше не является стандартным. Изложенное выше справедливо и для случаев, когда используется протокол UDP/IP.

Поскольку протоколы уровней 3 и 4 лишь частично пригодны для циклического обмена данными, то для этих целей рекомендуется использовать оптимизированный протокол уровня 2, отвечающий требованиям IEEE 802.3. Единственное ограничение, возникающее при этом, заключается в следующем: так как не используется протокол уровня 3, то становится невозможной маршрутизация пользовательских данных.

Profinet использует оптимизированные коммуникационные каналы для обеспечения коммуникаций реального времени, и таким образом гарантирует, что между станциями передача данных, критичных ко времени, производится в заданный промежуток времени.

Канал реального времени (Real-time channel) может быть организован с использованием стандартных Ethernet-контроллеров и соответствующих программных решений, а также может быть реализован на базе специального оборудования. Этот канал основывается на уровне 2 базовой модели ISO/OSI (см. таблицу 3.1). Адресация пакетов данных выполняется с использованием MAC-адресов (а не IP-адресов) устройств, принимающих данные. Коммуникации реального времени обеспечивают определенность (или детерминированность - возможность предсказания) времени передачи, и гарантируют возможность одновременного использования других стандартных коммуникационных протоколов, таких, как TCP/IP, и при этом не возникает никаких проблем.

Таблица 3.1 Коммуникационные протоколы Profinet в базовой ISO/OSI-модели

Уровень	Задача	Стандартные средства	RT-средства
7	Обработка	DCOM/RPC	-
6	Представление	-	-
5	Связь	Интерфейс разъема	-
4	Транспортировка	Протокол управления передачей TCP / Протокол управления передачей дейтаграмм пользователя UDP	-
3	Сеть	Протокол сетевого уровня - Интернет-протокол IP	-
2	Канал	Сеть Ethernet	RT-протокол (протокол реального времени) IRT-протокол (изохронный протокол реального времени)
1	Передача битов	Сетевой адаптер Ethernet	Сетевой адаптер Ethernet

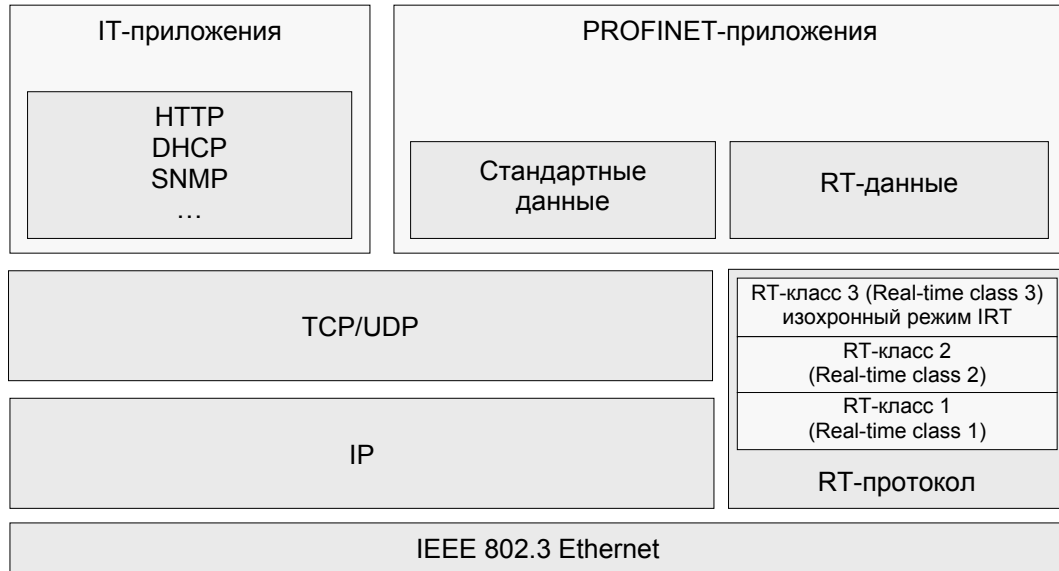


Рис. 3.4 Коммуникационные протоколы Profinet

Протокол для коммуникаций реального времени (real-time protocol) позволяет высокоскоростную циклическую передачу данных и сигналов, которые генерируются событиями. Он разделяется на 3 класса (RTC - real-time classes - классы реального времени) (см. рис. 3.4):

- Класс Real-time class 1: может использоваться для циклической передачи данных. Нет дополнительных требований к используемым переключателям.
- Класс Real-time class 2: может использоваться для циклической передачи данных и прерываний. При этом должны использоваться специальные переключатели. Тем не менее, для этого класса нет необходимости конфигурировать коммуникации.
- Класс Real-time class 3 (IRT): может использоваться для циклической передачи данных для приложений управления движением. При этом также должны использоваться специальные переключатели с RTC 3, и перед использованием необходимо четко спланировать работу коммуникационной системы.

Данные, для передачи которых не требуются свойства реального времени, так называемые NRT-данные (Non-RealTime), передаются с использованием стандартного канала (см. табл. 3.2).

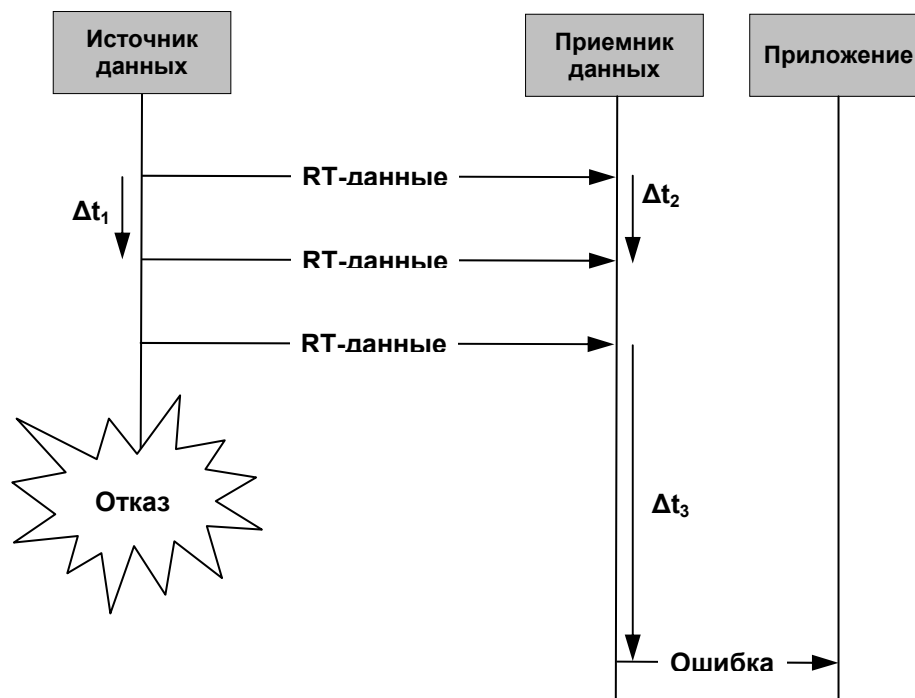
Таблица 3.2 Каналы для обмена данными в Profinet

Стандартный канал	<p>Стандартные данные:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Параметризация устройств</li> <li>Считывание диагностических данных</li> <li>Загрузка межсоединений</li> <li>Ациклический обмен данными</li> <li>Согласование коммуникационного канала для передачи пользовательских данных</li> </ul>
Канал реального времени	<p>Данные реального времени (RT):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Классы Real-time class 1 и 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>Высокоскоростная передача пользовательских данных</li> <li>Циклический обмен данными</li> <li>Обмен данными, управляемый событиями</li> </ul> </li> <li>- Класс Real-time class 3 (IRT): <ul style="list-style-type: none"> <li>Высокоскоростная передача данных</li> <li>Изохронные данные</li> <li>Погрешность синхронизации &lt; 1 мкс</li> </ul> </li> </ul>

### 3.3 Коммуникации реального времени

Передача данных в режиме реального времени выполняется посредством технологии Profinet real time в соответствии с моделью получатель/поставщик (consumer/provider). Приемное устройство - приемник (consumer или receiver) является потребителем данных. Оно работает совместно с передающим устройством - передатчиком (provider или transmitter), который является источником данных. Циклические передаваемые данные, например, данные процесса, передаются в фиксированные интервалы времени от источника к приемнику незащищенными и без подтверждения.

Profinet-устройства могут работать одновременно как источники и как приемники данных в соответствии с принципами циклического обмена пользовательскими данными (Рис. 3.5).



$\Delta t_1$  : интервал обновления данных (Profinet CBA: качество службы)

$\Delta t_2$  : интервал считывания данных от источника

$\Delta t_3$  : интервал мониторинга

Рис. 3.5 Принцип циклического обмена пользовательскими данными

При осуществлении коммуникаций между приемником и передатчиком характерно следующее:

- Циклический обмен данными выполняется с ориентацией на соединение. Установление и разрыв соединения выполняется с использованием протокола высокого уровня.
- Источник данных не получает явного подтверждения о том, что пакет данных доставлен получателю. В частности он не получает соответствующих сообщений в случае возникновения ошибок (сбоев связи). Это означает, что необходимо дополнительное другое соединение с функциями канала обратной связи.
- Приемное устройство контролирует принимаемые данные через так называемый интервал мониторинга (monitoring interval)  $\Delta t_3$ . Обычно принимается следующее соотношение  $\Delta t_3 = n \cdot \Delta t_2$ .
- Только те пакеты данных, длина которых вместе со всеми заголовками протоколов не превышает общей длины Ethernet-пакета, могут передаваться через пользовательский интерфейс между передающим и приемным устройствами. Протокол реального времени (real-time protocol) не поддерживает сегментирования и последующего восстановления (реассемблирования) пакета данных.
- Пользовательские интерфейсы для передачи данных от источника к потребителю данных функционируют в режиме буферирования. Если скорость обновления данных приложения в источнике данных выше, чем интервал обновления  $\Delta t_1$ , то не все значения (состояния), записываемые в буфер передатчика, отсылаются потребителю данных процесса. Если скорость обновления данных приложения в источнике данных ниже, чем интервал обновления, то значения перезаписываются каждый раз, когда принимается RT-пакет (RT-фрейм).
- Интервал обновления  $\Delta t_1$  определяется для каждого устройства-источника данных. Этот интервал не должен быть короче, а может быть больше определенного значения.
- Интервал считывания данных от источника  $\Delta t_2$  определяется для каждого приемного устройства (потребителя данных). Этот интервал, например, может соответствовать интервалу обновления  $\Delta t_1$ . Устройство-потребитель данных выполняет мониторинг передающего устройства на предмет очередной передачи ранее определенных данных.
- Интервал обновления  $\Delta t_1$  и интервал считывания данных от источника  $\Delta t_2$  определяются при конфигурировании и определении свойств этих устройств.



### 3.3.1 Управление коммуникационным соединением реального времени (Real-time Connection Management)

Во время циклической передачи данных управление соединением обеспечивается с использованием протокола высокого уровня, например, TCP/IP. Инициатор соединения, т.е. Profinet-контроллер получает информацию, касающуюся соединений, которые должны быть установлены с использованием системы проектирования (ES) или в соответствии с сохраненными данными конфигурации после "теплого" ("warm") перезапуска. Используя эти данные, инициатор соединения в автоматическом режиме пытается установить соединение с партнером. После того как соединение успешно установлено провайдер начинает передачу данных процесса заказчику. В противном случае инициатор запускает процесс разъединения соединения. Это может быть в случае, когда, например, соединение было удалено с использованием системы проектирования. Инициатор соединения может быть объединен с провайдером и заказчиком данных в одном устройстве.

Мониторинг соединений выполняется с помощью свойств службы безопасности данных (data security properties) протокола реального времени (RT) и используемых протоколов высокого уровня, а также посредством специальных механизмов мониторинга в устройстве-провайдере и устройстве заказчике данных.

На рис. 3.6 показана последовательность процедур, выполняемых в процессе установления, использования для обмена данными и разрыва соединения в Profinet CBA.

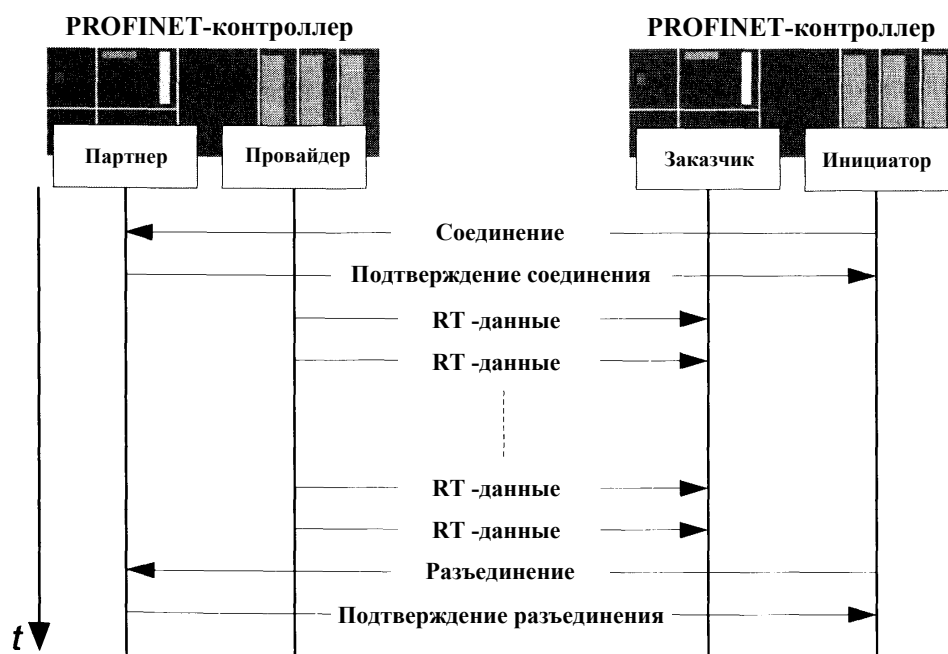


Рис. 3.6 Установление и разрыв соединения в Profinet CBA

### 3.3.2 Синхронизация

При любых обстоятельствах необходима синхронизация сетей, например, в IRT-системах Profinet использует автоматическую функцию, которая с высокой точностью записывает все временные параметры соединения РТСР (Precision Transparent Clock Protocol - Протокол обеспечения точности и "прозрачности" часов). Обеспечение синхронизации отсчета времени в сети - это одно из базовых особенностей специализированных интегральных схем Profinet (ASIC).

РТСР позиционируется в уровне 2 базовой OSI-модели и, следовательно, не поддерживает маршрутизацию. Этот протокол служит для синхронизации времени в микросекундном и субмикросекундном диапазоне между ведущим РТСР-устройством (master) и ведомыми РТСР-устройствами (slave) в одном РТСР-субдомене. В этом РТСР-субдомене все коммуникационные партнеры, для которых должна выполняться синхронизация, сравниваются с часами в подсети. РТСР обеспечивает наилучшую эталонную модель с возможностью поддержки 32 различных часов.

Наиболее важные свойства РТСР:

- Синхронизация в микросекундном и субмикросекундном диапазонах
- Низкие требования к ресурсам
- Не выдвигается дополнительных требований к объему памяти и к производительности CPU сетевых компонентов
- Минимальная нагрузка на сеть
- Низкие административные требования.

#### Процедура синхронизации времени

Базовая функция заключается в том, что сетевой узел с наиболее точными часами, принимаемыми в данном случае в качестве ведущих часов (master clock), синхронизирует локальные часы других сетевых узлов (вторичные часы - slave clock). Эта процедура выполняется циклически с использованием обмена последовательностями фреймов синхронизации между двумя сетевыми узлами (Рис. 3.7).

Все фреймы в последовательности имеют одинаковый номер последовательности. Этот номер инкрементируется с каждой новой последовательностью. Процедура синхронизации имеет две фазы.

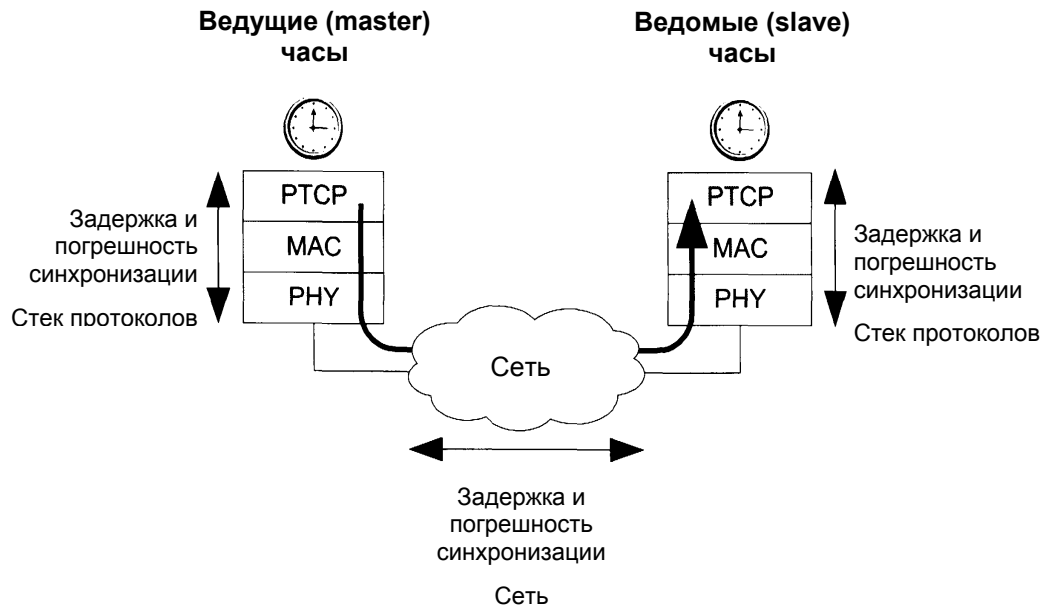


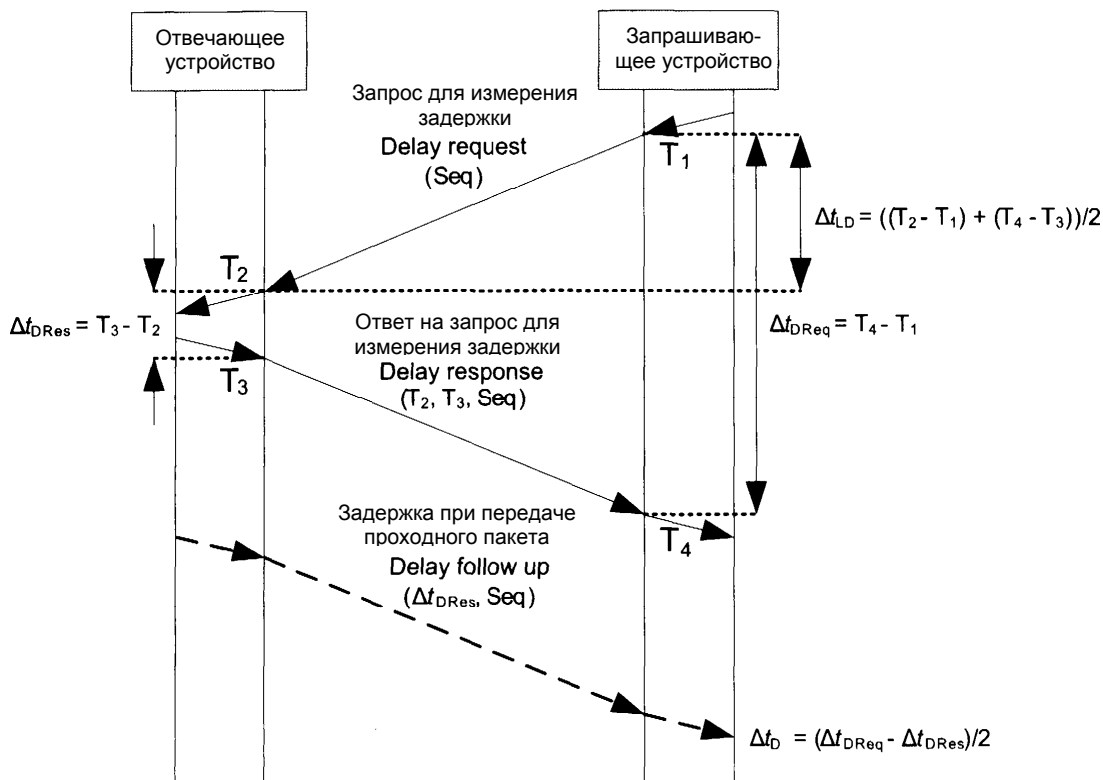
Рис. 3.7 RTCP-синхронизация в системе с ведущими (первичными) и ведомыми (вторичными) часами

#### Измерение задержки

Первая фаза процедуры синхронизации является фаза измерения задержки между двумя коммуникационными партнерами: узла, инициирующего запрос для измерения длительности задержки (delay requester), и соответствующего отвечающего узла (delay responder).

Задержка состоит из трех временных периодов: периода локальных задержек в запрашивающем узле, периода локальных задержек в отвечающем узле и задержки фрейма в линиях связи.

Для определения задержки необходимы четыре отметки времени.



- Seq: Номер последовательности ( $Seq_{Req(new)} = Seq_{Req(old)} + 1$ )
- $\Delta t_{Dreq}$ : Время передачи с учетом задержки запроса и ответа
- $\Delta t_{Dres}$ : Локальная задержка в отвечающем устройстве
- $\Delta t_{LD}$ : Задержка в кабеле между запрашивающим и отвечающим устройствами (задержка в линии связи)
- $\Delta t_D$ : Задержка коммуникационного соединения в целом

Рис. 3.8 Пример: измерение задержки

Измерение задержки (см. рис. 3.8) начинается с передачи пакета для измерения задержки (delay frame) от запрашивающего устройства к отвечающему устройству (запрос для измерения задержки - delay request). Точное время передачи фрейма определяется и записывается запрашивающим устройством. В свою очередь, отвечающее устройство (delay responder) генерирует отметку времени в таблице пакета и возвращает время приема запрашивающему устройству (delay requester) в ответном фрейме (delay response). В проходящем фрейме отвечающее устройство пересылает значение длительности своей локальной задержки (local delay time) запрашивающему устройству.

Симметричная задержка в линии передачи является решающим фактором для точного измерения длительности задержки.

### Синхронизация внутри субдомена

Синхронизация внутри РТСР - субдомена обеспечивается тем, что ведущее РТСР-устройство (РТСР master) посылает пакет (фрейм) синхронизации времени (synchronization frame) и, при необходимости, проходной фрейм (FU frame = follow up frame). При этом передаются следующие значения:

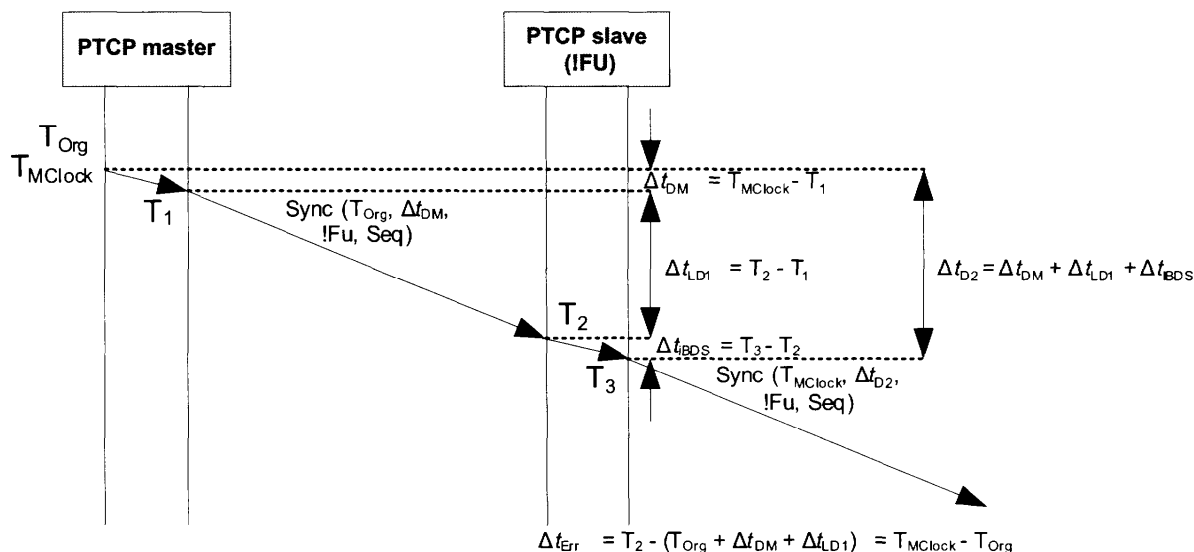
- значение времени ведущих (master) РТСР - часов и
- длительность задержки для соединения (delay time) между передатчиком и приемником.

Приняв переданную информацию для синхронизации и проходные фреймы, ведомые РТСР-устройства (РТСР slave) синхронизируют свои внутренние часы (РТСР slave clock). С точки зрения синхронизации внутренних часов сетевые узлы, через которые передаются пакеты для синхронизации и проходные фреймы, называются "прозрачными часами" ("transparent clocks"). "Прозрачные часы" должны выполнять коррекцию следующих параметров:

- значение длительности внутренней задержки (internal delay), которая требуется для прохождения через них пакетов с информацией для синхронизации и проходных фреймов (internal bridging delay) и
- значение длительности задержки в линии (delay of the line) между собой и передатчиком пакетов с информацией для синхронизации и проходных фреймов.

!FU - узлы или non-FU - узлы (non-FU nodes - непроходные узлы) могут изменять значения длительности задержки, переданные в пакете синхронизации перед пропуском последнего (Рис. 3.9). Они добавляют их собственные локальные значения задержки (local delay time / internal bridging delays), а также длительность задержки коммуникационного соединения приемного устройства (receiver link) к значениям длительности задержки, переданным в пакете синхронизации.

FU - узлы (проходные узлы) в основном выполняют те же функции, но добавляют соответствующие значения длительности задержки к значениям задержки, переданным в проходных пакетах (follow up frame).



- $\Delta t_{LD1}$ : длительность задержки в кабеле (line delay) между ведущим PTCP-устройством (PTCP master) и ведомым PTCP-устройством (PTCP slave)
- $\Delta t_{DM}$ : длительность локальной задержки (local delay time) ведущего PTCP-устройства
- $\Delta t_{BDS}$ : длительность локальной задержки (local delay time) ведомого PTCP-устройства (PTCP slave) (internal bridging delay - задержка во внутренних соединениях)
- $\Delta t_{D2}$ : длительность задержки в предшествующем коммуникационном соединении (Delay time of previous transmission link)
- $\Delta t_{Err}$ : разница в отсчете времени (разница между показаниями времени) ведущих PTCP-часов и текущим временем начала передачи пакета синхронизации

Рис. 3.9 Пример синхронизации без проходных пакетов (follow up)

Если процедура синхронизации времени была выполнена полностью, то новое измерение разницы показаний времени позволит определить возможное отклонение между ведущими и ведомыми часами. Это отклонение возникает

- в результате ошибок в передающем оборудовании при вводе меток времени передатчика или приемника (jitter - неустойчивая синхронизация)
- в результате различия кварцованных частот в ведущих и ведомых часах.

Простая коррекция времени позволяет подстраивать ведомые часы. Однако при этом необходимо избегать обратных скачков в показаниях времени ведомых часов, так как эти скачки могут привести к повторному запуску локальных операций. Здесь очень пригодятся специальные алгоритмы управления, позволяющие эффективно устранять ошибки расчетов.

*Накапливание временных задержек в коммуникационном соединении*

Предпосылкой для точной синхронизации времени является определение точных значений задержек. Эти задержки определяются как задержки при передаче данных как в линиях передачи, так и в устройствах (см. табл. 3.3).

PTSP-узел отвечает за прохождение только таких пакетов синхронизации, в которых значения всех предыдущих задержек времени были записаны. Аккумуляция всех временных задержек выполняется в два приема (также см. рис. 3.10):

- сложение значений всех задержек времени в линиях передачи при приеме до предшествующего устройства
- вычисление разницы в показаниях часов передатчика и приемника перед прохождением пакета

Таблица 3.3 Типичные значения задержек времени в коммуникационном соединении

Компонент	Задержка
Кабель	5 наносекунд на 1 метр линии
Передатчик / приемник	100-300 наносекунд
Переключатель	10 микросекунд

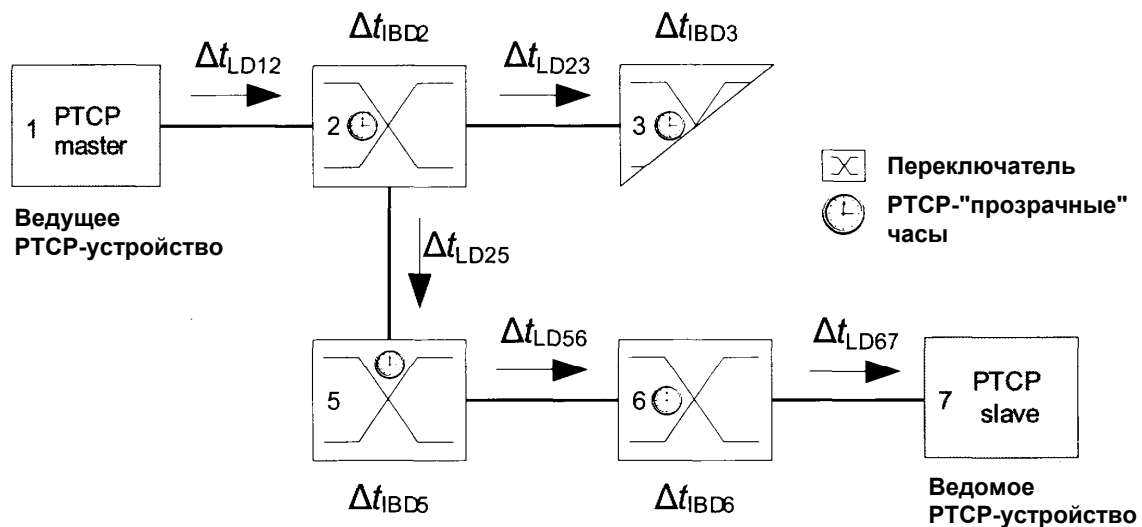


Рис. 3.10 Задержка сигналов в коммуникационном соединении

### 3.3.3 Элементы протокола фреймов синхронизации

Ведущее РТСП-устройство запускает процесс синхронизации времени путем передачи фрейма группового (широковещательного) назначения. Устройства, принявшие данный пакет, подстраивают свои внутренние часы в соответствии с принятой информацией для синхронизации (см. рис. 3.11 и табл. 3.4). Подстройка времени должна выполняться без влияния на запись локального времени соответствующих устройств.

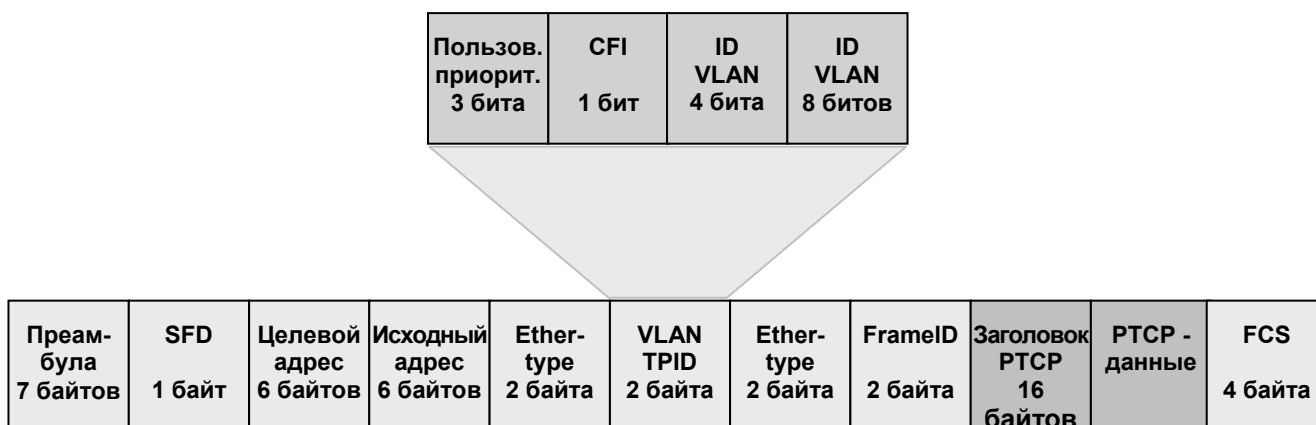


Рис. 3.11 Структура РТСП-фрейма

Таблица 3.4 Элементы протокола РТСП-фрейма

Элемент протокола	Значение
Preamble Преамбула	Вступительная часть пакета данных. Семь байтов, содержащие последовательности "1" и "0" для синхронизации приемника.
SFD	Знак начала фрейма (разделитель) - следующий набор битов: 10101011 Две единицы в конце этого байта-разделителя идентифицируют начало адреса назначения данного пакета данных.



Элемент протокола	Значение
Адрес назначения (целевой адрес)	Адрес назначения (целевой адрес) пакета данных DelayReq: 01.80.C2.00.00.0E (FrameID: 0xFF40) DelayRes: 01.80.C2.00.00.0E (FrameID: 0xFF41) FollowUpRes: 01.80.C2.00.00.0E (FrameID: 0xFF42) Acyclic RT (RTA) (ациклический RT-пакет): Sync: 01.0E.CF.00.04.00 (FrameID: 0x0000) - 01.0E.CF.00.04.1F (FrameID: 0x001F) FollowUp: 01.0E.CF.00.04.20 (FrameID: 0xFF20) - 01.0E.CF.00.04.3F (FrameID: 0xFF3F) Cyclic RT (RTC) (циклический RT-пакет): Sync: 01.0E.CF.00.01.02 (FrameID: 0x0080) Резерв: 01.0E.CF.00.00.00 - 01.0E.CF.00.01.01 01.0E.CF.00.01.03 - 01.0E.CF.00.03.FF 01.0E.CF.00.04.40 - 01.0E.CF.FF.FF.FF
Адрес источника (исходный адрес)	Адрес источника (исходный адрес) пакета данных Sync, FollowUp: Адрес источника или передатчика - ведущего (master) PCTP-устройства DelReq, DelRes: Адрес источника или передатчика
Ethertype Тип сети	Длина блока или идентификатор типа пакета данных Значение < 0x0600: длина блока соответствует IEEE802.3 Значение 0x0600: тип блока Ethernet II Значение 0x8100: пакет данных содержит VLAN TPID
VLAN TPID	Идентификатор тэгов протокола виртуальной локальной сети VLAN
	Приоритет пользователя
	Приоритет пакета данных 0x00-0x05: Резерв 0x06: RT-пакет циклической синхронизации (Cyclic RT Sync frame) 0x07: RT-пакет ациклической синхронизации (Acyclic RT Sync frame) Ациклический проходной RT-пакет (Acyclic RT FollowUp frame) Ациклический RT-пакет запроса длительности задержки (Acyclic RT DelayReq frame) Ациклический RT-пакет ответа длительности задержки (Acyclic RT DelayRes frame) Ациклический проходной RT-пакет запроса длительности задержки (Acyclic RT DelayFollowUpRes frame)

Элемент протокола		Значение
CFI Индикатор канонического формата		Индикатор канонического формата в строке с управлением
		0: Ethernet 1: Token Ring
VLAN ID Идентификатор сети		Идентификатор VLAN
		0x000: Передача данных с приоритетом
		0x001: Стандартные настройки
		0x002-0xFFE: Для свободного использования 0xFFFF: Резерв
Ethertype Тип сети		Идентификация типа сетевого протокола в компоненте данных 0x8892: Profinet
ID frame Идентификатор фрейма		Идентификация типа RT-пакета
		RTCP-синхронизация
		0x0000-0x001F: RT-пакет ациклической синхронизации (Acyclic RT Sync frame)
		0x0080: RT-пакет циклической синхронизации (Cyclic RT Sync frame)
		0xFF00: Цикл RT-пакета ациклической синхронизации (Acyclic RT Sync frame)
		0xFF0 1: Время RT-пакета ациклической синхронизации (Acyclic RT Sync frame)
		0xFF20: Цикл проходного ациклического RT-пакета (Acyclic RT FollowUp frame)
		0xFF21: Время проходного ациклического RT-пакета (Acyclic Acyclic RT FollowUp frame)
		0xFF22-0xFF3F: Ациклический проходной RT-пакет (Acyclic RT FollowUp frame)
		0xFF40: Ациклический RT-пакет запроса длительности задержки (Acyclic RT DelayReq frame)
		0xFF41: Ациклический RT-пакет ответа длительности задержки (Acyclic RT DelayRes frame)
		0xFF42: Ациклический проходной RT-пакет запроса длительности задержки (Acyclic RT FollowUpRes frame)
		0x0020-0x007F: Резерв
		0x0081-0xFEFF: Резерв 0xFF02-0xFF1F: Резерв 0xFF43-0xFFFF: Резерв
PTCP header		Заголовок PTCP
	Резерв 1	Значение без знака (Unsigned32)
	Резерв 2	Значение без знака (Unsigned32)

Элемент протокола	Значение
Delay 10ns	Пакеты синхронизации (Sync) Пакеты проходные (FollowUp) Пакеты проходные запроса задержки (DelayFollowUpRes): (дискретность измерения длительности задержки 10 наносекунд) Пакеты запроса задержки (DelayReq) Пакеты ответа задержки (DelayRes): 0x00000000
SequenceID	Идентификатор последовательности 0x0000-0xFFFF: номер последовательности
Delay 1ns Длительность задержки в 1 наносекунду	Пакеты синхронизации (Sync) Пакеты проходные (FollowUp) Пакеты проходные запроса задержки (DelayFollowUpRes): (дискретность измерения длительности задержки 1 наносекунда (1..9)) Пакеты запроса задержки (DelayReq) Пакеты ответа задержки (DelayRes): 0x00
Gap Пробел	0x00
PTCP data PTCP-данные	Структура PTCP-данных зависит от типа соответствующего PTCP-фрейма  Модуль данных протокола Sync PDU (ациклический или циклический) Модуль данных протокола FollowUp PDU Модуль данных протокола DelayReq PDU Модуль данных протокола DelayRes PDU Модуль данных протокола DelayFollowUpRes PDU
FCS	Frame check sequence - контрольная последовательность пакета: 32-битная контрольная сумма; CRC - циклическая проверка консистентности данных Ethernet-пакета.

### 3.3.4 Элементы RT-протокола (Real-time Protocol)

RT-протокол использует протокол Ethernet II, который практически применяется в настоящее время исключительно для передачи данных.

Чтобы обеспечить максимально низкую нестабильность синхронизации - "jitter" (максимальное отклонение от значения длительности цикла) для RT-пакета циклической синхронизации в переключателях, фреймам назначаются приоритеты в формате VLAN-фрейма (VLAN tagging - тэгирование виртуальной сети). Используя элементы протокола "User priority" ("Пользовательский приоритет"), переключатели управляют потоками данных между устройствами в реальном времени. Элемент протокола "User priority" ("Пользовательский приоритет") может иметь значения от 0 (наинизший приоритет) до 7 (наивысший приоритет). RT-пакеты Profinet передаются с приоритетами 6 или 7.

Тэгирование виртуальной сети (VLAN tagging) в соответствии с IEEE 802.1Q расширяет Ethernet-пакет на 2 x два байта. Элемент протокола Ethertype 0x8100 определяет последующий идентификатор тэгов протокола VLAN. Они оба располагаются между адресом источника (source address) и блоком Ethertype стандартного Ethernet-пакета. Формат VLAN-пакета определен в IEEE 802.ID.

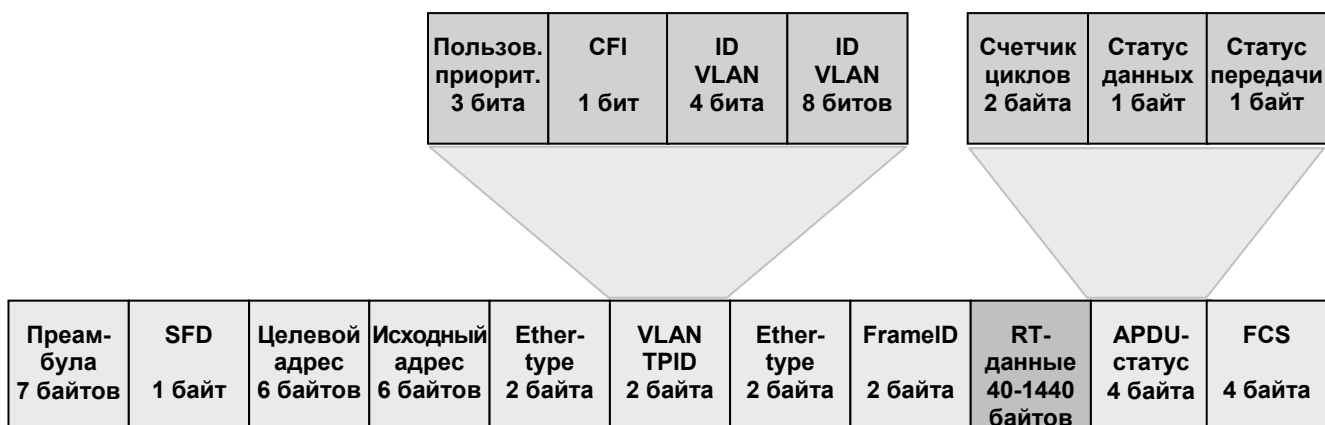


Рис. 3.12 Структура RT-фрейма

RT-фреймы Profinet идентифицируются элементом Ethertype 0x8892, назначенным IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), и имеют определенные отличия от других протоколов. Элемент FrameID (ID фрейма) используется для адресации определенного канала связи между двумя устройствами. Элементы Ethertype и FrameID вместе обеспечивают быстрое распознавание RT-фреймов (Рис. 3.12).

Таблица 3.5 Элементы протокола пакета для связи реального времени (RT-фрейма)

Элемент протокола	Значение
Preamble Преамбула	Вступительная часть пакета данных. Семь байтов, содержащие последовательности "1" и "0" для синхронизации приемника.
SFD	Знак начала фрейма (разделитель) - следующий набор битов: 10101011 Две единицы в конце этого байта-разделителя идентифицируют начало адреса назначения данного пакета данных.
Адрес назначения (целевой адрес)	Адрес назначения (целевой адрес) пакета данных Первые три из шести байтов обычно используются для идентификации поставщика, остальные байты назначаются самим поставщиком в соответствии с его требованиями. Например, для Siemens: "08.00.06..."
Адрес источника (исходный адрес)	Адрес источника (исходный адрес) пакета данных
Ethertype Тип сети	Длина блока или идентификатор типа пакета данных Значение < 0x0600: длина блока соответствует IEEE802.3 Значение 0x0600: тип блока Ethernet II Значение 0x8100: пакет данных содержит VLAN TPID
VLAN TPID	Идентификатор тэгов протокола виртуальной локальной сети VLAN
Приоритет пользователя	Приоритет пакета данных 0x00: IP (RPC) 0x01-х04: Резерв 0x05: Младший байт: ациклический RT-пакет данных (Acyclic RT data low) Младший байт: ациклический UDP RT-пакет (Acyclic RT UDP frame low) 0x06: Циклический RT-пакет данных (Cyclic RT data) Старший байт: ациклический RT-пакет данных (Acyclic RT data high) Циклический UDP RT-пакет данных (Cyclic RT UDP frame) Старший байт: ациклический UDP RT-пакет (Acyclic RT UDP frame high) 0x07: Резерв
CFI Индикатор канонического формата	Индикатор канонического формата в строке с управлением 0: Ethernet 1: Token Ring

Элемент протокола	Значение
VLAN ID Идентификатор сети	Идентификатор VLAN 0x000:            Передача данных с приоритетом 0x001:            Стандартные настройки 0x002-0xFFE:    Для свободного использования 0xFFFF:           Резерв
Ethertype Тип сети	Идентификация типа сетевого протокола в компоненте данных 0x8892:            Profinet
ID frame Идентификатор фрейма	Идентификация типа RT-пакета 0x0000-0x00FF: Резерв 0x0100-0x7FFF: Резерв 0x8000-0xBEFF: RT-класс 2: однонаправленная передача (RT) (RT class 2 unicast (RT)) 0xBF00-0xBFFF: RT-класс 2: ширококестельная передача (RT) (RT class 2 multicast (RT)) 0xC000-0xFAFF: RT-класс 1: однонаправленная передача (RT & RTOVerUDP) (RT class 1 unicast (RT & RTOVerUDP)) 0xFB00-0xFBFF: RT-класс 1: ширококестельная передача (RT & RTOVerUDP) (RT class 1 multicast (RT & RTOVerUDP)) 0xFC00:            Резерв 0xFC01:            Предупреждение (старший) (RT & RTOVerUDP) (Alarm high (RT & RTOVerUDP)) 0xFC02-0xFE00: Резерв 0xFE01:            Предупреждение (младший) (RT & RTOVerUDP) (Alarm low (RT & RTOVerUDP)) 0xFE02-0xFFFF: Резерв
RT - данные	Данные в режиме реального времени: Использование и структура данных, передаваемых в таком пакете, не регламентированы. Следующее касается использования в системе PROFINET: PROFINET CBA:    данные взаимного соединения с тем же QoS представляются потоком байтов PROFINET I/O:    данные устройств ввода/вывода (I/O) Данные в режиме реального времени расширяются минимум до 40 байтов, если общая длина пакета составляет размер менее 64 байтов.
APDU status Состояние APDU	Application protocol data unit status - состояние блока данных протокола приложения: состояние данных RT-пакета

Элемент протокола	Значение
Cycle cnt. Счетчик циклов	Счетчик циклов (Cycle counter). Счетчик циклов инкрементируется провайдером с каждым новым циклом передачи. Пользователь может контролировать процесс по значению счетчика; одна единица приращения соответствует приращению времени 31,25 микросекунд с форматом записи в обратном порядке.
Data status Состояние данных	<p>Бит 0: State (Состояние) 0: Secondary (дополнительный, вторичный). Идентификация дополнительного канала в режиме резервирования. 1: Primary (основной, первичный). Идентификация основного канала в режиме резервирования.</p> <p>Бит 1: 0</p> <p>Бит 2: Data valid (Валидность данных) 0: Данные консистентны 1: Данные неконсистентны. Допускается только в фазе запуска.</p> <p>Бит 3: Не используется</p> <p>Бит 4: ProcessState (Состояние процесса) 0: Процесс, обеспечивающий данные, неактивен 1: Процесс, обеспечивающий данные, активен.</p> <p>Бит 5: ProblemIndicator (Наличие проблем) 0: Проблемы обнаружены (сигналы системы диагностики) 1: Проблем не обнаружено.</p> <p>Бит 6: 0</p> <p>Бит 7: 0</p>
Transf. status Состояние передачи	Состояние передачи Биты 0-7: 0
FCS	Frame check sequence - контрольная последовательность пакета 32-битная контрольная сумма: CRC - циклическая проверка консистентности данных Ethernet-пакета.

Первоначально на стороне приемного устройства Ethernet-контроллер проверяет 6-байтовый адрес назначения (destination address). Назначение пакета коммуникационному каналу последовательно выполняется в соответствии стеку протоколов Profinet с использованием компонентов EtherType и FrameID (см. табл. 3.5).

### 3.4 Изохронные коммуникации реального времени (IRT - Isochronous Real-time Communication)

Для обеспечения высокоточного управления движением объектов в системе Profinet используются коммуникации реального времени с постоянным тактовым интервалом - изохронные RT-коммуникации (isochronous real-time (IRT)) - наиболее подходящее решение, удовлетворяющее всем требованиям к RT-коммуникациям.

Современная техника серво-приводов обеспечивает возможность замены механического соединения приводов трансмиссии через промежуточный вал на приводы с электронным управлением. Работа приводов с электронным управлением обеспечивается использованием системы коммуникационной связи. Кроме гарантированного позиционирования объектов такие системы должны удовлетворять следующим требованиям, характерным для систем управления движущимися объектами:

- изохронный режим работы системы коммуникаций;
- длительности циклов, соответствующие циклам контроллеров приводов;
- прямой обмен данными между контроллерами приводов для синхронно связанных валов.

В технике приводов изохронные коммуникации являются основой для синхронизации приводов. Важно, чтобы пакеты данных передавались в сети через равные промежутки времени, но еще более важно обеспечить, чтобы алгоритм управления приводом был синхронизирован с основным контроллером движения.

В большинстве случаев при использовании приводов величина отклонения от цикла синхронизации не должна превышать 1 микросекунды. Такие требования обеспечивают высокую синхронность работы контуров управления и регистрации управляемых параметров, что гарантирует высокое качество управления.

Из-за высоких скоростей электронные контроллеры приводов синхронно связанных валов должны поддерживать прямой обмен значениями параметров вращения без участия основного контроллера. Типичное применение: синхронизация скоростей вращения нескольких приводов.

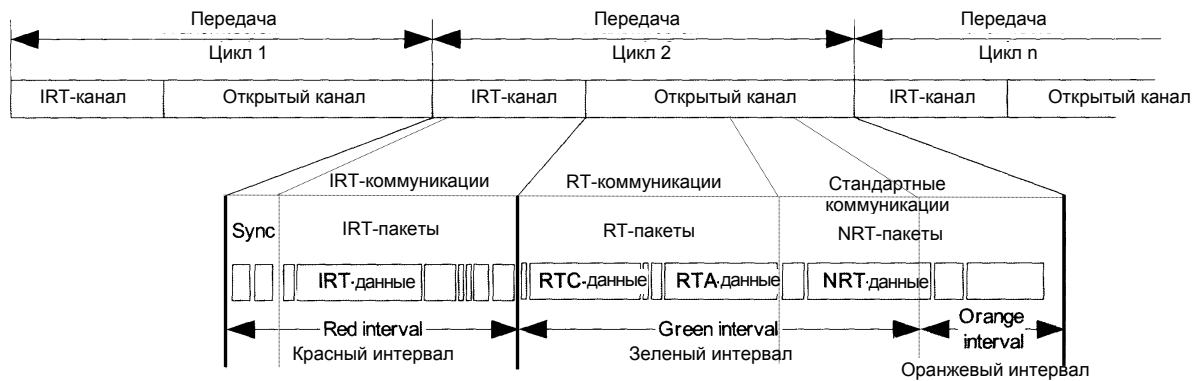
Передача значений параметров вращения синхронизируется с тактовым генератором контроллера управления скоростью привода. Поэтому величина цикла тактового генератора контроллера управления скоростью привода должна быть в общем случае много меньше, чем величина цикла в коммуникационной системе для обмена I/O-данными.



### 3.4.1 Техника изохронных коммуникаций реального времени

Использование IRT-технологии обеспечивается аппаратной поддержкой в виде специальных интегральных схем ASIC для решения коммуникационных задач. IRT-технология обеспечивает коммуникации реального времени при всех условиях, например:

- при любых условиях нагрузки или перегрузки системы коммуникаций, отличающихся от TCP/IP, и
- при любых топологиях сети, в том числе при нескольких переключателях, соединенных последовательно (линейная топология).



Красный интервал	Интервал при передаче IRT-пакетов (RT-фреймы класса 3). Размер этого интервала зависит от числа станций и количества данных для обмена. Пакеты, некритичные к времени передачи, буферизуются в ASIC и хранятся до наступления зеленого интервала времени.
Зеленый интервал	Интервал при передаче RT-пакетов (RT-фреймы классов 1 и 2) и не RT-пакетов (NRT-пакетов) с приоритетом, назначенным в соответствии с IEEE 802.3Q. Период передачи NRT-пакетов не должен перекрываться с оранжевым интервалом времени. RTC: циклические RT-коммуникации RTA: ациклические RT-коммуникации
Оранжевый интервал	Интервал для передачи только тех NRT-пакетов, передача которых была фактически прервана из-за завершения цикла передачи. Данный интервал должен быть достаточно большим, чтобы, по крайней мере, один Ethernet-пакет максимальной длины мог быть полностью передан.

Рис. 3.13 Разбиение цикла передачи на IRT-канал и открытый канал

Данная технология обеспечивается применением процедуры мультиплексирования с разделением пакетов по времени. Цикл передачи разбивается на интервалы, начало которых отслеживается ASIC-чипами. Данные распределяются между IRT-каналом и открытым каналом внутри этих интервалов (рис. 3.13).

Тогда как IRT-канал зарезервирован для передачи изохронных циклических пакетов реального времени (IRT), передача ациклических данных реального времени и других (NRT) данных выполняется в открытом канале.

Например, в открытом канале может иметь место передача данных с использованием протоколов TCP/IP (FTP, HTTP и т.п.).

### 3.4.2 Элементы IRT-протокола

С помощью системы коммуникаций с разделением по времени изохронные циклические пакеты реального времени (Рис. 3.14) передаются в определенные моменты времени. Положение IRT-пакета однозначно и четко определено внутри цикла передачи, тип и класс IRT-пакета определяются элементами FrameID и Ether-type 0x8892. По сравнению с пакетами реального времени в IRT-протоколе нет необходимости задавать тегирование виртуальной сети (VLAN tag) для назначения приоритетов (см. таблицу 3.6).

<b>Преамбула</b> 7 байтов	<b>SFD</b> 1 байт	<b>Целевой адрес</b> 6 байтов	<b>Исходный адрес</b> 6 байтов	<b>Ether-type</b> 2 байта	<b>Frame ID</b> 2 байта	<b>IRT-данные</b> 36-1490 байтов	<b>FCS</b> 4 байта
------------------------------	----------------------	----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------	----------------------------	-------------------------------------	-----------------------

Рис. 3.14 Структура IRT-фрейма

Таблица 3.6 Элементы протокола пакета для изохронных коммуникаций реального времени (IRT-фрейма)

Элемент протокола	Значение
Preamble Преамбула	Вступительная часть пакета данных. Семь байтов, содержащие последовательности "1" и "0" для синхронизации приемника.
SFD	Знак начала фрейма (разделитель) - следующий набор битов: 10101011 Две единицы в конце этого байта-разделителя идентифицируют начало адреса назначения данного пакета данных.
Адрес назначения (целевой адрес)	Адрес назначения (целевой адрес) пакета данных Первые три из шести байтов обычно используются для идентификации поставщика, остальные байты назначаются самим поставщиком в соответствии с его требованиями. Например, для Siemens: "08.00.06..."
Адрес источника (исходный адрес)	Адрес источника (исходный адрес) пакета данных
Ethertype Тип сети	Идентификация типа сетевого протокола в компоненте данных 0x8892: Profinet
FrameID Идентификатор фрейма	Идентификация типа IRT-пакета 0x0100-0x7FFF: Пакет для изохронных коммуникаций реального времени класса 2 (RT class 3 frame, cyclic)
IRT - данные	Данные в режиме реального времени в режиме циклической передачи: Вообще говоря, использование и структура передаваемых данных внутри пакета не регламентируется. Длина блока данных: от 36 до 1490 байтов.
FCS	Frame check sequence - контрольная последовательность пакета 32-битная контрольная сумма: CRC - циклическая проверка консистентности данных Ethernet-пакета.

### 3.4.3 Конфигурация IRT-приложений

IRT-технология, как концепция для системы обмена данными, требует четкого планирования коммуникаций. Планирование IRT-коммуникаций - есть не что иное, как задача оптимизации, основанная на алгоритмах планирования.

Для использования таких алгоритмов планирования требуется определить следующие основные входные параметры:

- Топология сети
- Рабочие характеристики коммуникационных узлов, участвующих в обмене данными (использующихся в канале передачи)
- Узлы, являющиеся источниками данных (Source nodes), и узлы, являющиеся приемниками данных (destination nodes)
- Объем данных, которые необходимо передавать
- Конфигурационные свойства коммуникационного канала связи (конфигурация и свойства соединения), в том числе параметры резервирования каналов связи ("redundant transmission") и т.п.

В результате соответствующих расчетов должны быть получены следующие выходные данные в каждом канале и для каждого переключателя:

- Расположение и/или определение одного или нескольких портов передатчика
- Определение точных моментов времени для передачи данных
- Назначение необходимых фаз в коммуникационном цикле передачи данных при использовании циклов передачи, разбитых на временные каналы.

В результате соответствующих расчетов в системе проектирования (ES) определенные данные параметризации распределяются между соответствующими коммуникационными станциями.

### 3.5 Profinet ASIC

После обеспечения программной поддержки в промышленной автоматике стало возможным использование коммуникаций реального времени (RT) в системе Profinet; следующим шагом стала разработка фирмой Siemens AG аппаратной поддержки в виде контроллера ASIC ERTEC 400 (Enhanced Real Time Ethernet Controller - Ethernet-контроллер поддержки RT-коммуникаций), а затем - контроллера ERTEC 200 - для обеспечения высокоскоростного с заданным временным циклом обмена данными в системах управления движением (таблица 3.7).

Таблица 3.7 Свойства контроллеров ERTEC 200 и ERTEC 400

Характеристика	ERTEC 200	ERTEC 400
Область применения	Отдельные приводы Совместимые полевые приборы (I/O-устройства)	Исключительно функции переключения 10/100 Мбит Ethernet Интерфейс для управления высокоточными приводами Распределенные I/O с поддержкой RT-связи Системы управления с собственным основным
ASIC технология	Технология 0,15 мкм	
Корпус	Fine Ball Grid Array (FBGA) (шаровые контакты), 304 контактов, шаг 0,8 мм; размер корпуса 19 X 19 мм	
Процессор	ARM 946E-S 50/100/150 МГц	
Условия работы	Температурный режим: Напряжение ядра: Напряжение I/O: Потребляемая мощность:	-40°C ... +85°C 1.5 В +/- 10% 3.3 В +/- 10% 0.4 Вт (1.5 В), 0.5 Вт (3.3 В)
Функциональность	IRT-коммуникации RT-коммуникации NRT-коммуникации	PCI-интерфейс вер.2.2, 32-разр., 66 МГц IRT-коммуникации RT-коммуникации NRT-коммуникации

Характеристика	ERTEC 200	ERTEC 400
Переключатель	2-хпортовый переключатель 10/100 Мбит/с half/full duplex Autonegotiation (Автоопределение) Broadcast filter (Фильтр рассылки) IEEE802.1Q VLAN tagging and identification (VLAN-тегирование и идентификация) IEEE802.1D bridge (Соединения в соответствии с IEEE802.1D) Cut through (IRT-врезка) Store and forward (Буферирование)	4-хпортовый переключатель 10/100 Мбит/с half/full duplex Autonegotiation (Автоопределение) Broadcast filter (Фильтр рассылки) IEEE802.1Q VLAN tagging and identification (VLAN-тегирование и идентификация) IEEE802.1D bridge (Соединения в соответствии с IEEE802.1D) Cut through (IRT-врезка) Store and forward (Буферирование)
Возможность поставки (серийной)	Середина 2006 г.	Начиная с середины 2005 г.

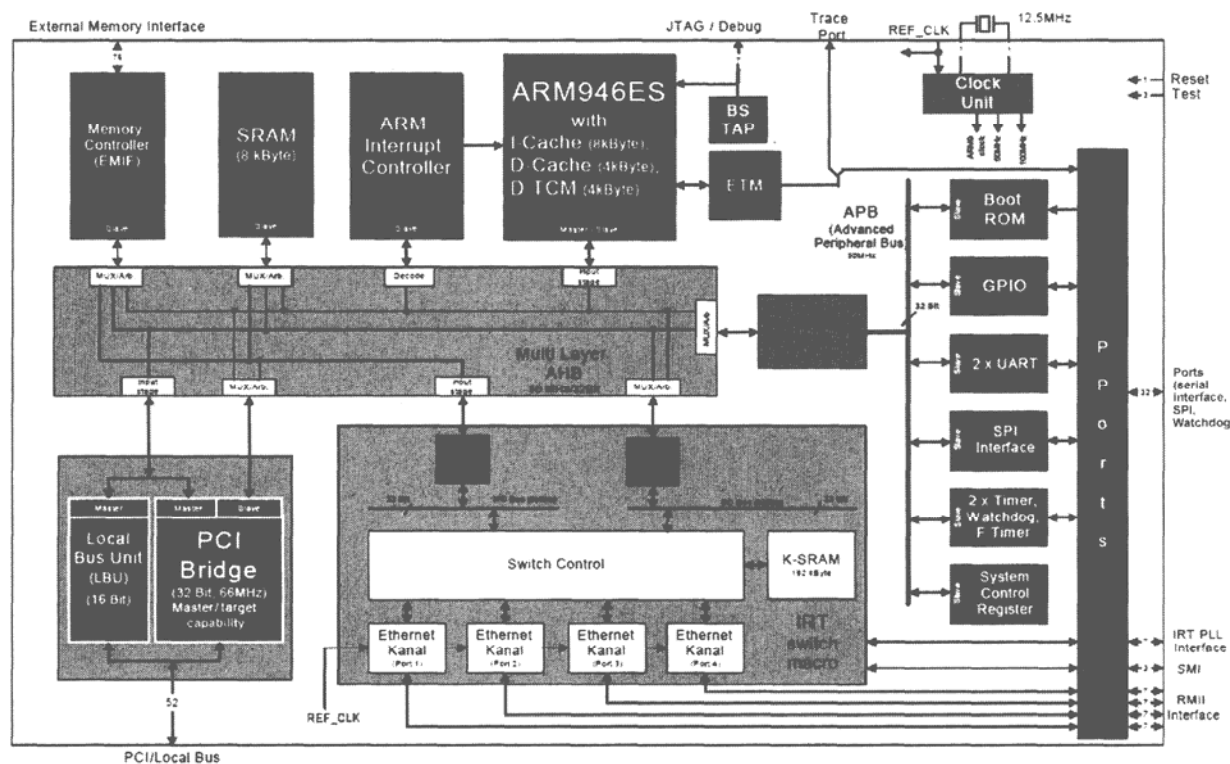


Рис. 3.15 Блок-схема контроллера ERTEC 400

Благодаря использованию интегрального процессора ARM946, 4-портового Ethernet-переключателя и различных функциональных возможностей для подключения внешних систем с хост-процессором к выбранной шинной системе (PCI или LBU), контроллер ERTEC 400 поддерживает тенденции развития открытых коммуникаций со всеми компонентами автоматике (Рис. 3.15). ASIC-контроллеры могут также использоваться в более сложных системах при создании технических решений для "гладкого" переключения на резервные устройства.

### 3.5.1 Применение

Основанные на процедуре передачи данных в соответствии со стандартом IEEE 802 оба ASIC-контроллера обеспечивают поддержку коммуникаций реального времени, используя при этом два механизма "Cut through" (IRT-врезка) и "Store and forward" (принципы буферирования). Благодаря этому стандартные решения с их использованием по автоматизации установок и отдельных механизмов обеспечивают совместимость со стандартом Ethernet.

Оба ASIC-контроллера предназначены для работы в системах на базе программируемых логических контроллеров PLC, которые при использовании в коммутируемых скоростных сетях Fast Ethernet обеспечивают повышение производительности систем автоматике и одновременно дают возможность подключения к IT-среде. ERTEC 400 предназначен для работы как в системах с одним контроллером, так и в многопроцессорных станциях, тогда как сферой применения ERTEC 200 являются отдельные приводы или полевые приборы.

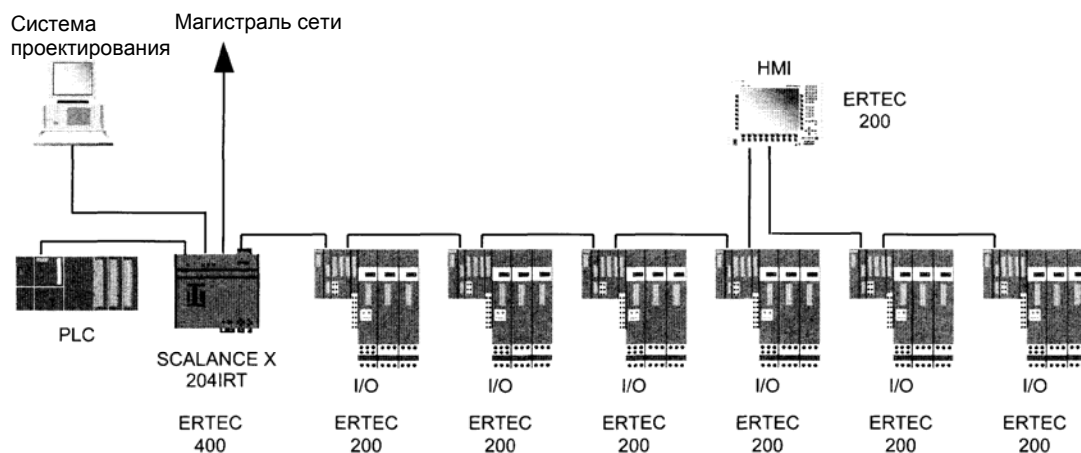


Рис. 3.16 Пример: применение ERTEC 200/400 в устройствах ввода/вывода в системе Profinet

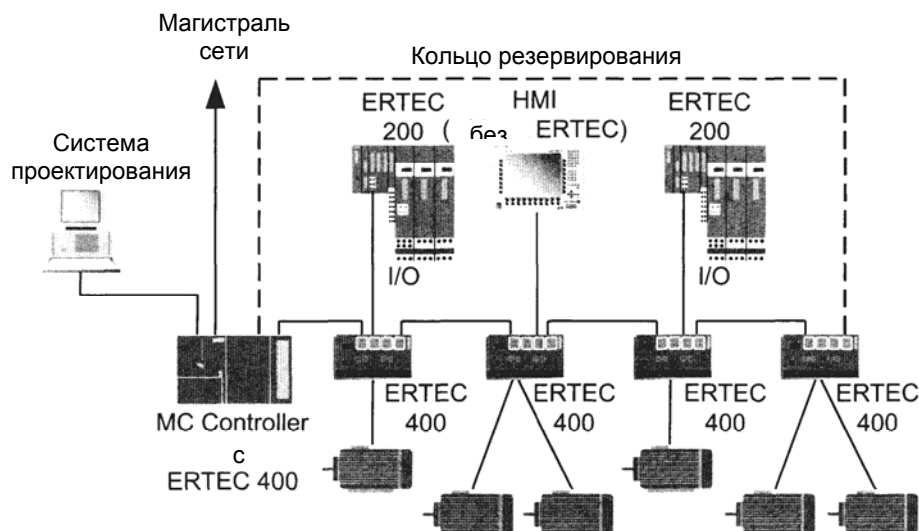


Рис. 3.17 Пример: комбинированное применение ERTEC 200 и ERTEC 400 с изохронными приводами и изохронными системами ввода/вывода (I/O)

Siemens предлагает простой в освоении комплект для использования со средствами разработки (development kit). Данный комплект включает в себя необходимое оборудование, приводы, программное обеспечение для конфигурирования системы, демонстрационные программы и документацию. Предлагаемые платы расширения для ПК и соответствующие принадлежности позволяют быстро создать конкретную конфигурацию, состоящую из двух коммуникационных партнеров и обеспечивающую определенные функции системы автоматического управления с помощью демонстрационного программного обеспечения. Поставляемое программное обеспечение демонстрирует возможности простой интеграции в систему автоматизации Siemens.

### 3.5.2 Разработка устройств ввода/вывода для Profinet-системы

Предлагая комплект средств разработки DK-ERTEC 400 PNIO Development Kit, Siemens обеспечивает инженеров платформой для разработки и тестирования оборудования и возможностей программного обеспечения устройств ввода/вывода. Данный комплект средств разработки Development Kit включает в себе необходимое оборудование, приводы, программное обеспечение для конфигурирования системы, демонстрационные программы и документацию.



Комплект ПО, включенный в комплект средств разработки Development Kit, обеспечивает поддержку пользователя при создании полного набора программного обеспечения коммуникаций и дает возможность с минимальными затратами создавать IO-устройства. При этом поддерживаются следующие функциональные возможности:

- циклический обмен данными с IO-контроллером (IO-Controller);
- передача и квитирование прерываний системы диагностики процесса, прерываний вставки и отключения оборудования;
- назначение IP-адресов имен устройств посредством в Ethernet.

Предлагаемые платы расширения для ПК и соответствующие принадлежности позволяют быстро создать конкретную конфигурацию, состоящую из двух коммуникационных партнеров и обеспечивающую определенные функции системы автоматического управления с помощью демонстрационного программного обеспечения. Поставляемое программное обеспечение демонстрирует возможности простой интеграции в систему автоматизации Siemens (Рис. 3.18). Поставляемое программное обеспечение демонстрирует возможности простой интеграции в систему автоматизации Siemens.

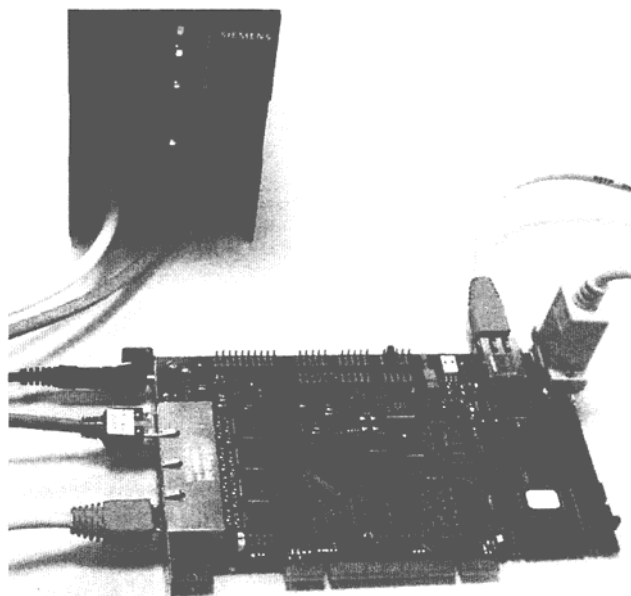


Рис. 3.18 IO-прибор с платой опроса данных на базе ERTEC 400 в минимальной конфигурации.

### 3.6 Анализатор протокола для Profinet

Ethereal - это программа для анализа сетевых протоколов. Она разработана как открытое ПО командой, возглавляемой Геральдом Комбс (Gerald Combs), под эгидой GNU General Public License (GPL). При протоколировании трафика данных эта утилита представляет данные в форме отдельных пакетов. Шестнадцатеричные данные декодируются и анализируются способом, который совершенно понятен пользователю. Протоколы могут обозначаться различными цветами для облегчения восприятия (Рис. 3.19).

Ethereal непрерывно развивается под управлением комитета Ethereal Community и в настоящий момент обеспечивает анализ более чем 700 различных протоколов, включая Profinet RT, Profinet DCP и Profinet CBA. Утилита Ethereal совместима с различными операционными системами и языками. Она может быть бесплатно загружена с адреса в Интернете: [www.ethereal.com](http://www.ethereal.com). Вводную информацию по использованию утилиты Ethereal можно найти по адресу: [www.profinet.felser.ch](http://www.profinet.felser.ch).

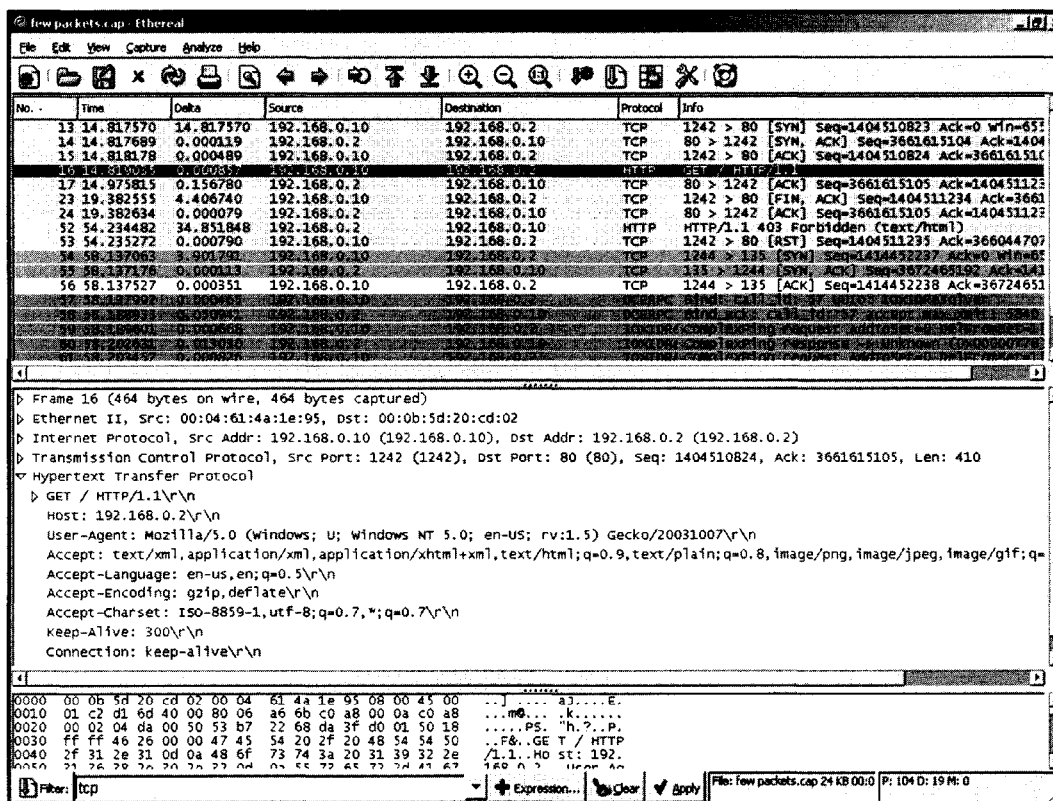


Рис. 3.19 Пример распечатки протокола посредством Ethereal

## 4 Profinet IO - система распределенных входов/выходов (Distributed I/O)

В контексте Profinet-технологии Profinet IO - это концепция коммуникационной системы для реализации модульных распределенных систем в сетях Industrial Ethernet. Устройства распределенного ввода/вывода и полевые приборы интегрируются в систему Ethernet-коммуникаций посредством Profinet IO.

С точки зрения известного принципа "look and feel" при проектировании системы Profinet IO впечатление и ощущение такие же, как и при работе с Profibus DP. Программирование пользовательских программ для IO-контроллера (IO-Controller) эквивалентно процедуре программирования для Profibus DP. Кроме того, новые блоки и списки состояний системы (SSL) также доступны и при работе с Profinet IO.

Так как здесь меняется только интерфейс со средой передачи данных, то ранее установленные Profibus I/O могут использоваться также и с Profinet IO. Вид "I/O view", известный из Profibus DP, остается в новой концепции. Данные пользователя от полевых приборов передаются циклически в канале реального времени в область отображения процесса системы автоматического управления.

Таблица 4.1 Сравнение основных характеристик технологий Profinet IO и Profibus DP

Характеристика	Profinet IO	Profibus DP
Системы передачи на базе кабелей	Сети Industrial Ethernet на базе кабелей типа "витая пара" и волоконно-оптических кабелей (FOC).	Сети Profibus на базе медных кабелей и волоконно-оптических кабелей (FOC).
Системы на основе беспроводной связи	Локальные сети с использованием радиоканала - Industrial Wireless LAN (WLAN).	Передача данных с использованием ИК-передатчиков и ИК-приемников (IR)
Топологии сети	Стандартные: типов "звезда" и "древовидная" Опциональные: типов "линейная" и "кольцо"	Стандартные: типа "линейная" Опциональные: типов "древовидная" и "кольцо"

Характеристика	Profinet IO	Profibus DP
Реализация топологии типа "звезда" (star)	Максимально по одной станции подключается к каждому порту переключателя.	--
Реализация топологии типа "древовидная" (tree)	Переключатели могут взаимно соединяться.	Сеть Profibus DP может быть закольцована посредством последовательного соединения отдельных станций - одна станция к следующей станции.
Реализация топологии типа "линейная" (line)	Profinet-устройства могут быть взаимно соединены посредством интегрированных переключателей.	
Реализация топологии типа "кольцо" (ring)	Соединение двух концов линейной сети в кольцо через RM-устройство - менеджер резервирования.	
Назначение адресов	Назначение IP-адреса IO-контроллеру с помощью средств проектирования Profinet IO	Установка Profibus-адреса DIP-переключателем или с помощью средств проектирования Profinet DP
	Назначение IP-адресов IO-устройствам IO-контроллером. Назначение имен IO-устройствам с помощью средств проектирования Profinet IO. Назначение IP-адресов переключателям и CP посредством средств первичной установки (PST). Конфигурирование IP-адресов с использованием Web-сайтов - опционально.	
Импортирование данных устройства	GSD-файл в формате XML	GSD-файл в формате ASCII
Ведущее устройство (Хост-устройство)	IO-Controller (IO-контроллер)	DP master class 1 (Ведущее DP-устройство класса 1)
	IO-Supervisor (IO-супервизор)	DP master class 2 (Ведущее DP-устройство класса 2)
Подчиненное устройство	IO-Device (IO-устройство)	DP slave (Ведомое DP-устройство)
Адрес сети	IP-адрес	PROFIBUS-адрес

## 4.1 Концепция Profinet IO

Распределенные полевые устройства, так называемые Profinet IO-Devices, при конфигурировании системы назначаются программируемому контроллеру Profinet IO-Controller. Если Profinet IO-контроллер имеет также Profibus-интерфейс, то он может одновременно быть ведущим (master) DP-устройством в подчиненном Profibus-домене. Если, кроме того, он обладает функциональностью Profinet CBA, то он может использоваться для реализации технологических модулей в распределенной системе автоматического управления.

Известный в Profibus DP принцип "master/slave" ("ведущий/ведомый") в Profibus IO преобразуется в модель "provider/consumer" ("провайдер/потребитель (абонент)"). С точки зрения коммуникационной связи все Profinet-устройства имеют одинаковые привилегии в Ethernet. Тем не менее, при конфигурировании каждому устройству назначается тип, который определяет тип и способ коммуникационной связи в соответствии с моделью "provider/consumer" ("провайдер/потребитель").

### 4.1.1 Классы IO-устройств в Profinet

В Profinet IO различаются 4 класса устройств (см. рис. 4.1 и таблицу 4.2):

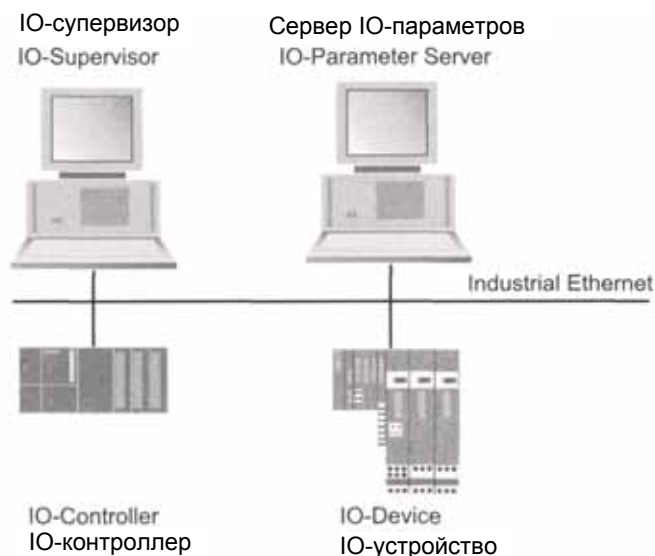


Рис. 4.1 Классы устройств Profinet IO

Таблица 4.2 Описание классов устройств Profinet IO

Класс устройства	Функции
IO-супервизор (IO-Supervisor)	<p>IO-супервизор - это устройство с человеко-машинным интерфейсом (HMI), предназначенное для проектирования. Обычно это ПК или программатор (PG), используемые также для обслуживания и диагностики IO-контроллеров и IO-устройств. IO-супервизор может быть подключен к системе в режиме выполнения (runtime), причем обычно на короткий период времени - только на время отладки системы и поиска неисправностей.</p> <p>Набор функций IO-супервизора соответствует набору функций ведущего (master) Profibus-устройства класса 2.</p>
IO-контроллер (IO-Controller)	<p>IO-контроллер - это программируемый контроллер, обычно PLC, в котором выполняется программа, реализующая функции автоматического управления.</p> <p>Конфигурация системы Profinet IO содержит по крайней мере один IO-контроллер.</p> <p>Набор функций IO-контроллера соответствует набору функций ведущего (master) Profibus-устройства класса 1.</p>
IO-устройство (IO-Device)	<p>IO-устройство - это распределенный полевой прибор, который обменивается данными с одним или большим числом IO-контроллеров, используя механизмы Profinet IO.</p> <p>Конфигурация системы Profinet IO содержит, по крайней мере, одно IO-устройство.</p> <p>Набор функций IO-устройства соответствует набору функций ведомого (slave) Profibus-устройства.</p>
Сервер IO-параметров (IO-Parameter Server)	<p>Сервер IO-параметров - это серверная станция, обычно ПК, для загрузки и хранения данных конфигурации (записей) для IO-устройств.</p> <p>По своей функциональности сервер IO-параметров не имеет аналогов в системе Profibus.</p>

#### 4.1.2 Поток данных в Profinet IO

Обмен данными между коммуникационными станциями Profinet IO выполняется с использованием стандартного канала связи, основанного на протоколах UDP/IP, и канала реального времени (real-time channel). Внутри этих каналов данные передаются в свою очередь с использованием различных протоколов (см. рис. 4.2 и таблицу 4.3).

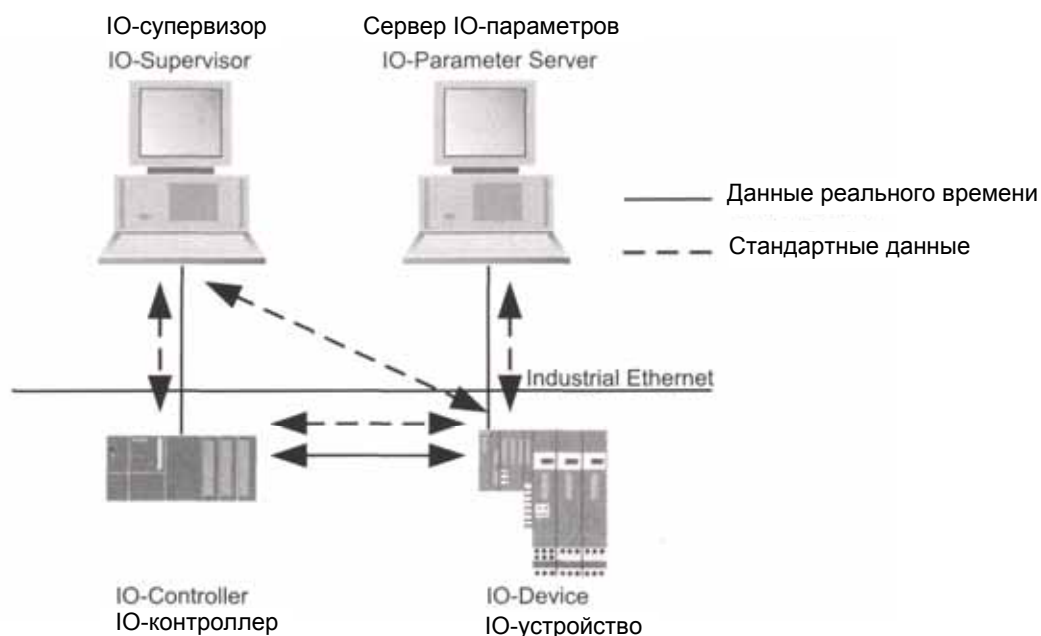


Рис. 4.2 Обмен данными между устройствами Profinet IO

Таблица 4.3 Каналы для обмена данными в системе Profinet IO

Канал	Протокол	Функции
Стандартные данные	UDP	Назначение параметров для устройств. Считывание диагностических данных. Загрузка схемы соединений. Ациклическое считывание и запись данных.
	IP	Передача данных в подключенных сетях.
	DHCP	Централизованное и автоматическое назначение IP-адресов внутри сети.
	DNS	Администрирование логических имен в сетях на основе IP-адресации.
	DCP	Назначение адресов и имен для Profinet IO - устройств (Profinet IO device).
	SNMP	Администрирование сетевых узлов (серверы, маршрутизаторы, переключатели и т.д.). Сюда входит считывание состояний и статистическая информация, а также определение коммуникационных ошибок.
	ARP	Картирование IP-адресов в соответствии с MAC-адресами ("Ethernet"-адреса).
	ICMP	Передача информации об ошибках.

Канал	Протокол	Функции
RT-данные (данные реального времени)	RT - протокол	Циклическая передача данных. Ациклическая передача прерываний. Синхронизация времени. Общие административные функции.
	LLDP	Распознавание соседних узлов. Обмен собственными MAC-адресами, именами устройств и номерами портов с непосредственными соседними узлами.
	PTCP	Синхронизация времени.
	Протоколы для администрирования системы резервных линий связи в сетевых компонентах	

### 4.1.3 Модель устройства IO-Device

Стандартная модель устройства описывает структуру IO-устройства (IO-Device) и позволяет моделировать модульные и компактные полевые приборы (см. рис. 4.3 и таблицу 4.4). Такой модуль (module) создается в соответствии с главными характеристиками Profibus DP. Определение субмодулей (submodule) является новым подходом, который позволяет учитывать гибкость современных полевых устройств (приборов).

Рассматриваемые здесь модули располагаются в слотах (slot), а субмодули - в субслотах (subslot). Возможна "горячая" замена как модулей, так и субмодулей. Различие между "модульной" и "компактной" конструкцией приборов заключается просто в том, что слоты (slots) / субслоты (subslots) с соответствующими им модулями (modules) / субмодулями (submodules) имеют закрепленное за их совокупностью описание как "компактный прибор" (compact device) (виртуальные модули / субмодули). Адресные уровни прибор (device) / слот (slot) / субслот (subslot) могут быть применены к любой физической реализации устройств.

И/О-данные определяются в слотах/субслотах. Данные могут конкурировать при определении Profinet-профиля IO-прибора. В таком случае будущий адресный уровень, экземпляр приложения процесса (API - application process instance), позволяет выбрать соответствующую версию субмодуля.

Каналы могут использоваться двумя способами:

- все каналы могут рассматриваться, как объект и могут быть назначены одному IO-контроллеру;
- отдельные каналы могут работать независимо друг от друга и могут быть назначены с побитным назначением различным IO-контроллерам.



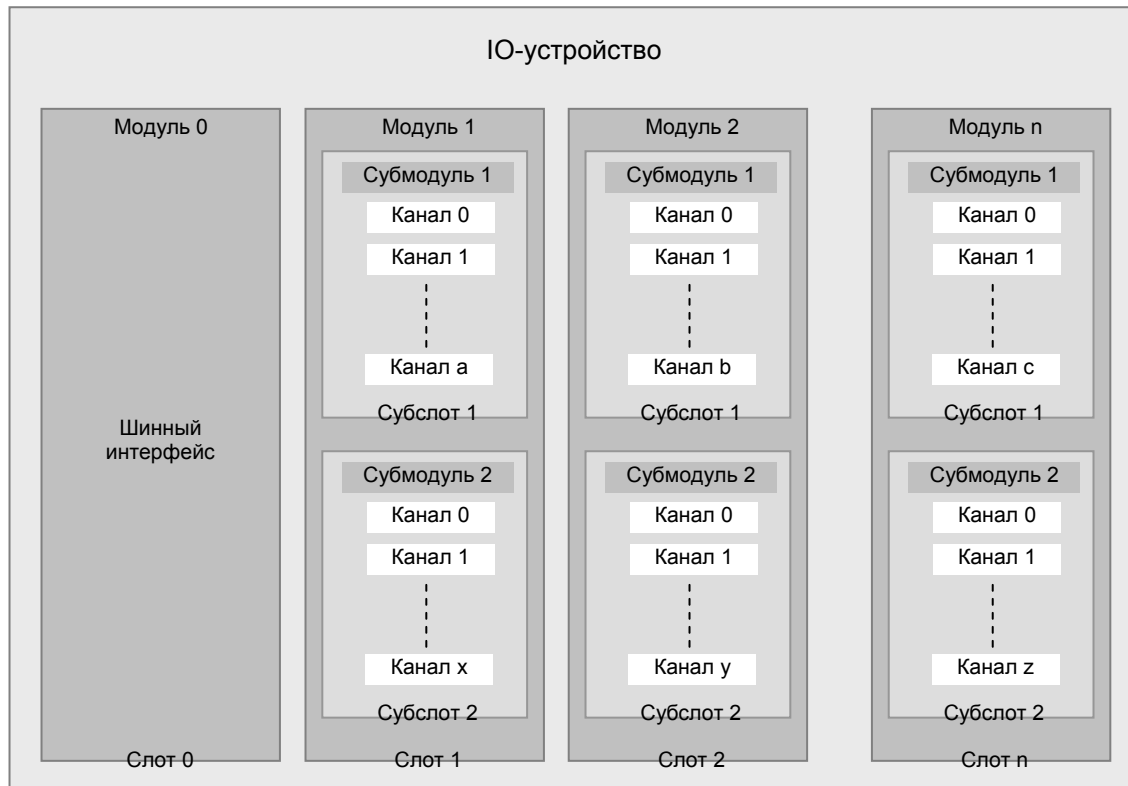


Рис. 4.3 Модель IO-устройства (IO-Device)

Таблица 4.4 Элементы модели IO-устройства

Элемент	Функции
Слот (Slot)	Слот описывает структуру компонентов или функций, например, модулей аппаратуры или логических блоков внутри IO-устройства. Слоты нумеруются от 1 до 32767, при этом допускаются пропуски. Слот может включать в себя несколько субслотов (subslot).
Субслот (Subslot)	Субслот описывает структуру компонентов или функций, например, модулей аппаратуры или логических блоков внутри слота. Субслоты нумеруются от 1 до 32767. Субслот номер 0 имеет адрес собственно слота. Кроме того, субслоты диапазона 32768...36863 также возможны для адресации специальных приложений. Каждый субслот может иметь несколько каналов.
Канал (Channel)	Каналы представляют собой фактическую структуру входных и выходных данных.

#### 4.1.4 Объекты данных

Объекты IO-данных (IO-Data Objects) используются для обеспечения циклического обмена входными/выходными данными. Элемент IO-данных (IO data element) определяется соответствующими устройством, слотом и субслотом.

Объекты записей данных (Record Data Objects) аperiodически передаются IO-устройству и содержат информацию о параметризации, конфигурации, о состоянии (о статусе) и диагностическую информацию.

Передача данных, которая инициируется определенными событиями, выполняется с использованием сигналов объектов данных (Alarm Data Objects). К упомянутым событиям относятся системные события, такие, например, как "горячая" замена модулей, и события, определенные пользователем, такие, например, как диагностические сигналы (diagnostics alarms) или сигналы процесса (process alarms), которые были распознаны системой управления.

#### 4.1.5 Контекстное управление (CM)

IO-устройство выдает данные из автоматизированного процесса (входные данные) в IO-контроллер и получает данные для управления процессом (выходные данные).

IO-супервизор также может одновременно поддерживать коммуникационную связь с IO-устройством. В общем случае для обеспечения обмена данными необходимо наличие приложений и линий для коммуникационной связи. Задача контекстного управления (CM - Context Management) - это управление приложениями и коммуникационной связью, которое заключается:

- в инициализации связей приложений,
- в инициализации коммуникационных связей,
- в установке соответствующих коммуникационных параметров для коммуникационных связей, например, задание времени ожидания (timeout) и рабочих режимов (mode),
- в обеспечении однозначной идентификации данных в процессе обмена,
- в распределении параметров, представленных в GSD-файлах.

## 4.1.6 Связи приложений (AR)

Связи (соединения) приложений (AR - Application Relations) - это логический виртуальный элемент, который обеспечивает обмен данными между двумя устройствами посредством коммуникационных каналов. Передача текущих данных имеет место внутри этих каналов с помощью одного или нескольких коммуникационных соединений (см. рис. 4.4).

IO-контроллеры / IO-супервизоры могут выполнять следующие действия, используя соединения приложений:

считывать входные значения из IO-устройств,

записывать выходные значения в IO-устройства,

принимать события (прерывания) из IO-устройств,

считывать и записывать ациклически передаваемые данные (ациклические данные) из/в IO-устройства.

IO-устройства обладают пассивной реакцией, то есть установка коммуникационной связи с использованием Profinet IO всегда инициируется IO-контроллером или IO-супервизором.

### Установка связей приложений

Установка связей приложений выполняется по умолчанию во время запуска системы при первом установлении коммуникационной связи между IO-контроллером / IO-супервизором и IO-устройством. При этом в IO-устройства передаются следующие данные:

- главные параметры коммуникаций связей приложений AR,
- параметры моделей устройств,
- коммуникационные связи IO-данных (IO-Data CR), которые должны устанавливаться, включая их параметры,
- коммуникационных связи сигналов (Alarm CR), которые должны устанавливаться, включая их параметры.

Принятые данные проверяются IO-устройством и инициализируются запрошенные коммуникационные связи (CR). Сигналы о возникших ошибках направляются в IO-контроллер / IO-супервизор.

### Разрыв связей приложений

Разрыв связей приложений по умолчанию связан с закрытием всех коммуникационных каналов, присутствующих внутри связей приложений (AR) и соответствующих коммуникационных связей.

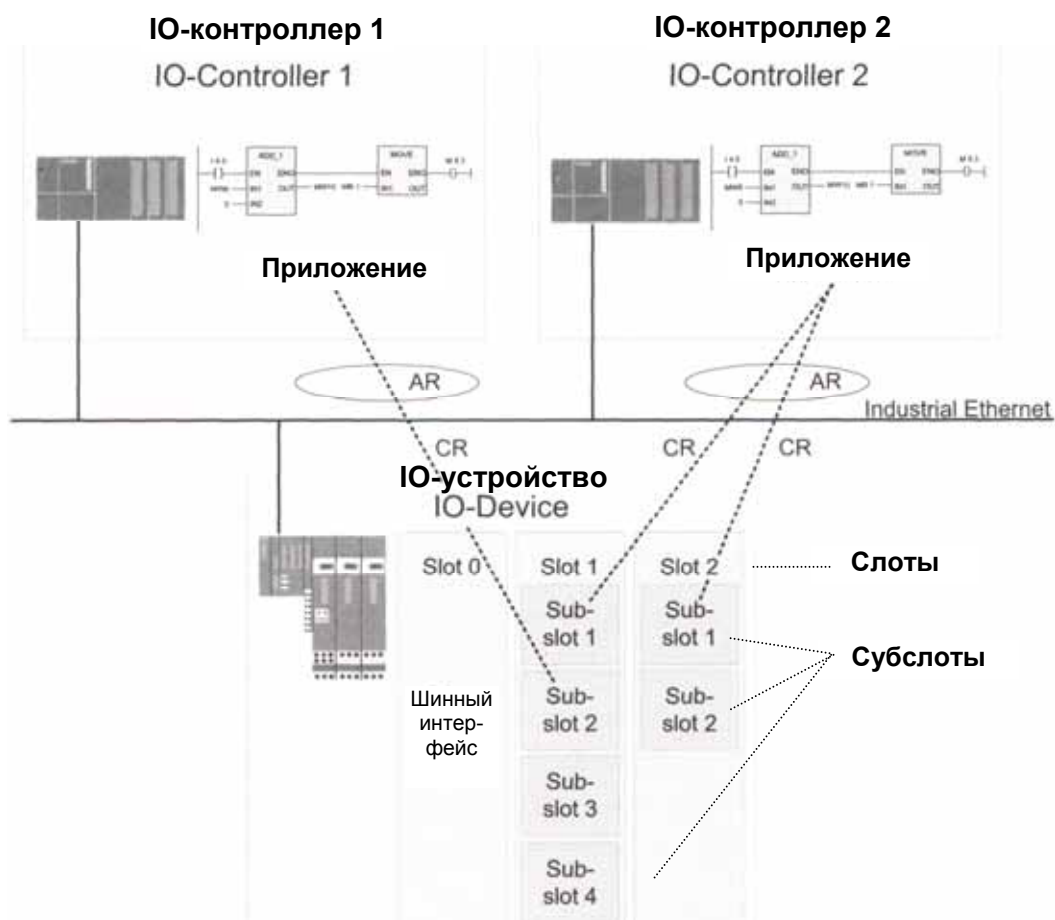


Рис. 4.4 Связи приложений (AR) и соединения между IO-контроллером и IO-устройством

#### 4.1.7 Коммуникационные связи (CR)

Несколько коммуникационных связей (CR - Communication Relations) могут быть установлены внутри связи приложения AR. Существуют следующие типы коммуникационных соединений CR (см. рис. 4.5):

- Коммуникационные связи записей данных (Record Data CR) для ациклической передачи записей, например, стартовой параметризации, диагностики и т.д.
- Коммуникационные связи IO-данных (IO-Data CR) для циклической передачи I/O-данных.
- Коммуникационные связи сигналов (Alarm CR) для ациклической передачи событий.

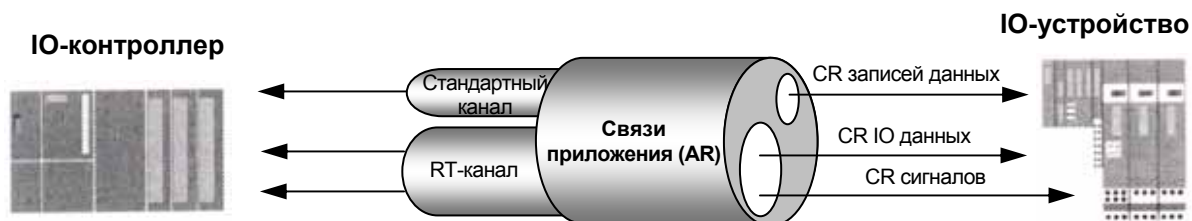


Рис. 4.5 Передача данных с помощью связей приложений и коммуникаций

Во время установления коммуникационных связей CR система контекстного управления использует модель устройства Profinet IO для адресации объектов IO-данных (IO-Data Objects).

### Коммуникационные связи записей данных

Коммуникационные связи записей данных (Record Data CR) устанавливаются из клиента записей данных (Record Data client) (обычно это IO-контроллер) в направлении сервера записей данных (Record Data server) (обычно это IO-устройство). Такие коммуникационные связи используются, например, для передачи следующей информации (Таблица 4.5):

- записей
- данных устройства
- конфигурации и идентификации данных
- диагностических данных
- I/O -данных (апериодических)
- записей лог-журналов IO-устройств.

Таблица 4.5 Данные и объекты, передаваемые через коммуникационные связи записей данных (Record Data CR)

Элемент	Функции	Режим
Объекты записей данных	Записи	Чтение/Запись (R/W)
Объекты диагностических данных	Диагностические данные	Чтение/Запись (R/W)
Объекты IO-данных	IO-данные	Чтение (R)
Подстановочные значения IO-данных	Подстановочные значения	Чтение/Запись (R/W)
Объекты данных идентификации	Данные идентификации	Чтение/Запись (R/W)

Элемент	Функции	Режим
Данные связей приложений (AR-Data)	Данные, характерные для приложения	Чтение/Запись (R/W)
Лог-данные	Лог-данные	Чтение/Запись (R/W)
Данные физического устройства	Данные устройства	Чтение/Запись (R/W)
Данные конфигурации	Данные конфигурации	Чтение/Запись (R/W)
Данные об ожидаемых и фактически вставленных модулях	Информация об отличиях между корректной конфигурацией и фактической конфигурацией	Чтение/Запись (R/W)

### Коммуникационные связи IO-данных

Задача коммуникационных связей IO-данных (IO-Data CR) заключается в передаче I/O-данных. Обмен данными происходит в соответствии с моделью "провайдер / потребитель" ("provider / consumer") как в системе Profinet CBA. При установлении коммуникационных связей IO-данных (IO-Data CR) потребителем "consumer" передаются следующие параметры:

- список объектов IO-данных, которые должны передаваться, а также их структура;
- параметры интервала посылки: длительность передачи (send clock time), понижение частоты (scaling), фаза (phase) и последовательность (sequence);
- частота передачи (transfer frequency).

Число коммуникационных связей IO-данных (IO-Data CR), которые должны быть установлены, определяется в параметрах конфигурации устройства. Всегда устанавливаются два коммуникационных соединения IO-данных (IO-Data CR), направленных навстречу друг другу ("opposite" - "противоположные") - так обеспечивается двунаправленный обмен данными между IO-контроллером (IO-супервизором) и IO-устройством.

Данные циклически посылаются от провайдера потребителю (consumer) по линии связи в соответствии со сконфигурированной в параметрах частотой передачи (transfer frequency). Определенное квитирование передачи данных не выполняется. Тем не менее, данные квитуются неявным способом с помощью одновременно устанавливаемой встречной ("opposite") коммуникационной связи IO-данных (IOCS). I/O-данные передаются без формата и содержат информацию, разбитую по submodule. Состояние коммуникаций контролируется потребителем (consumer) также посредством проверки счетчика цикла - элемента RT-пакета.

Передаваемое значение объекта I/O-данных имеет консистентную длину. Консистентность значений одновременно для нескольких объектов I/O-данных не поддерживается. Максимально возможная консистентная длина значения I/O-данных составляет 240 байтов.

#### Длительность передачи (send clock time) и квота использования канала (bandwidth)

Длительность передачи (send clock time) - это временной интервал, во время которого с заданным циклом данные передаются посредством коммуникационной связи IO-данных (IO-Data CR). Длительность передачи зависит от IO-прибора и определяется как интегральная сумма базовых единиц времени (имеет величину 31.25 микросекунд (мкс)). Длительность передачи обычно задается пользователем при конфигурировании.

*Длительность передачи = Коэффициент длительности • 31.25 мкс*

Коэффициент длительности (send clock factor) имеет значение от 1 до 128. Значению 32 коэффициента длительности соответствует длительность передачи, равная 1 миллисекунде (мс).



RT Cyclic real-time data - циклически передаваемые данные реального времени

RTA Acyclic real-time data - ациклически передаваемые данные реального времени

NRT Non-real-time data - данные, не привязанные ко времени

Basic time unit (базовая единица времени): 31.25 мкс

Send clock time (длительность передачи):  $t_{\text{sendclock}} = n \cdot \text{базовая единица времени}$ ;  
n = коэффициент длительности

Send clock factor (коэффициент длительности): здесь обозначен как "n"

Bandwidth (квота использования канала):  $\text{Bandwidth}_{\text{RT}} = (t_{\text{RT}} + t_{\text{RTA}}) / t_{\text{sendclock}}$

$\text{Bandwidth}_{\text{NRT}} = t_{\text{NRT}} / t_{\text{sendclock}}$

Рис. 4.6 Длительность передачи и квота использования канала

Время длительности передачи (send clock time) разбивается на интервалы для передачи данных реального времени и данных, несвязанных со временем, (например, по протоколам TCP/IP). Соотношение этих периодов дает соответствующие значения относительного времени (квоты) использования канала в процентах в соответствующих режимах (см. рис. 4.6).

#### *Коэффициент замедления (Reduction ratio)*

Так как обычно высокоскоростная передача требуется не для всех данных, то сконфигурированные частоты передачи для IO-устройств могут отличаться. Тем не менее, иногда при высокоскоростной передаче данных "самые медленные" коммуникационные станции не могут обработать все принимаемые данные. По этой причине данные, не требующие использования высокоскоростной передачи, передаются с пониженной частотой (scaling) относительно длительности передачи (send clock time):

*Интервал передачи (Send interval) = send clock time • 2<sup>n</sup>*

2<sup>n</sup>: коэффициент понижения частоты (scaling),

n: степень понижения частоты (scaling ratio)

#### *Фаза (Phase)*

Интервал "длительность передачи" (send clock time) может быть разбит на так называемые фазы (phase). В процессе конфигурирования параметров в системе проектирования в зависимости от понижения частоты передачи отдельных циклически передаваемых данных соответствующие циклические данные распределяются по отдельным фазам внутри коммуникационных связей IO-данных (IO-Data CR). Такое распределение данных обеспечивает оптимальное распределение квот использования канала при обмене данными с IO-контроллером.

#### *Цикл передачи (Send cycle)*

Данным с наиболее низкой частотой передачи (scaling) в IO-контроллер соответствует временной период, называемый циклом передачи (send cycle). В течение данного цикла все IO-устройства должны принять новые данные из IO-контроллера, в свою очередь все IO-устройства должны успеть передать свои последние данные в IO-контроллер.

#### *Смещение пакета внутри интервала "длительность передачи" (Frame send offset)*

Для дополнительной оптимизации передачи данных возможно предварительное распределение пакетов (фреймов) по фазам. Смещение пакета внутри интервала "длительность передачи" (Frame send offset) - это параметр, определяющий смещение пакета с шагом 250 наносекунд относительно начала интервала "длительность передачи", в котором данный пакет передается (см. рис. 4.7).



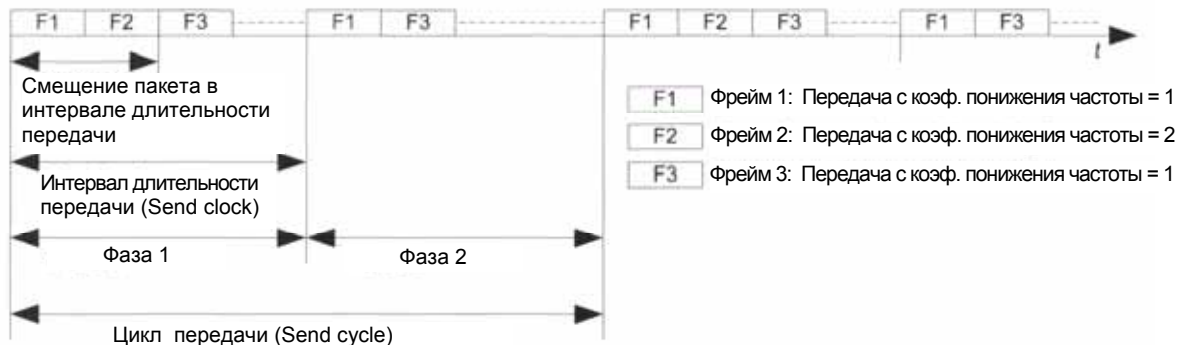


Рис. 4.7 Передача пакетов (фреймов) в Profinet IO

### Коммуникационные связи сигналов (Alarm CR)

IO-устройство передает сигналы в IO-контроллер с помощью коммуникационной связи для сигналов Alarm CR. Сигналы относятся к ациклически передаваемым данным, которые должны квитироваться в течение определенного времени на уровне протокола и на уровне пользователя. Пользователь имеет возможность задать количество сигналов, которые могут быть посланы до того, как явным образом будет выполнено квитирование сигнала. Так как "ациклические службы" не поддерживают сегментирование, то все сигналы должны передаваться внутри одного фрейма.

При конфигурировании коммуникационных связей сигналов Alarm CR определяются конечные источники или конечные приемники сигналов. Оба - и IO-контроллер, и IO-устройство могут выступать в качестве конечного источника и конечного приемника сигналов.

IO-контроллер определяет приоритет, с которым должен передаваться сигнал. Так, один сигнал с низким приоритетом и один сигнал с высоким приоритетом могут передаваться посредством одной и той же коммуникационной связи для сигналов Alarm CR (см. таблицу 4.6). При этом сигналы с высоким приоритетом всегда должны обрабатываться с настолько большой скоростью, насколько это возможно. Сигналы с низким приоритетом не должны вызывать сколько-нибудь значительную задержку в обработке сигналов с высоким приоритетом.

Таблица 4.6 Сигналы Profinet IO и их размещение программе пользователя Simatic S7

Приоритет сигнала (Alarm priority)	Сигнал (Alarm)	Тип аппаратного прерывания Simatic S7	Организационный блок
High (Высокий)	Process (Процесс)		
Low (Низкий)	Diagnosis (Диагностика) приходящее / уходящее событие	Diagnostics interrupt (UP/DOWN) Диагностическое прерывание (вверх/вниз)	OB 82
	Pull (Удаление)	Remove module interrupt (Прерывание удаления модуля)	OB 83
	Plug (Вставка)	Insert module interrupt (Прерывание вставки модуля)	
	Plug_wrong (Вставка - ошибка)	Insert module interrupt (Прерывание вставки модуля)	
	Return of submodule (Возврат модуля)	Insert module interrupt (Прерывание вставки модуля)	
	Controlled (Есть управление)	Control interrupt (Прерывание управления)	
	Released (Нет управления)	Release interrupt (Прерывание отключения)	
	-	Station failure interrupt (Прерывание ошибки станции)	
	-	Station return interrupt (Прерывание восстановления работы станции)	
	Status (Состояние)	Status interrupt (Прерывание состояния)	OB 55
	Update (Обновление)	Update interrupt (Прерывание обновления)	OB 56
	Manufacturer-specific (Определено производителем)	Manufacturer-specific interrupt (Прерывание, определенное производителем)	OB 57
	Profile specific (Определено профилем)	Manufacturer-specific interrupt (Прерывание, определенное производителем)	
Redundancy (Резервирование)	I/O redundancy error (Прерывание ошибки резервирования I/O)	OB 70	

## 4.1.8 Сервисы и протоколы

Ниже представлены различные сервисы, используемые в Profinet IO. Мы не будем здесь подробно рассматривать структуру протокола. Для получения подробных сведений по данному вопросу рекомендуется ознакомиться с книгой авторов Попп (Pop) и Вебер (Weber) [44].

### Циклические I/O-данные

После запуска системы начинается циклический обмен I/O-данными между IO-контроллером и IO-устройством. Каждая порция I/O-данных содержит два атрибута: IOPS (IO Provider Status - состояние IO-провайдера) и IOCS (IO Consumer Status - состояние IO-потребителя), которые дают разрешение IO-контроллеру и IO-устройству на проверку соответствия переданных данных (см. рис. 4.8).

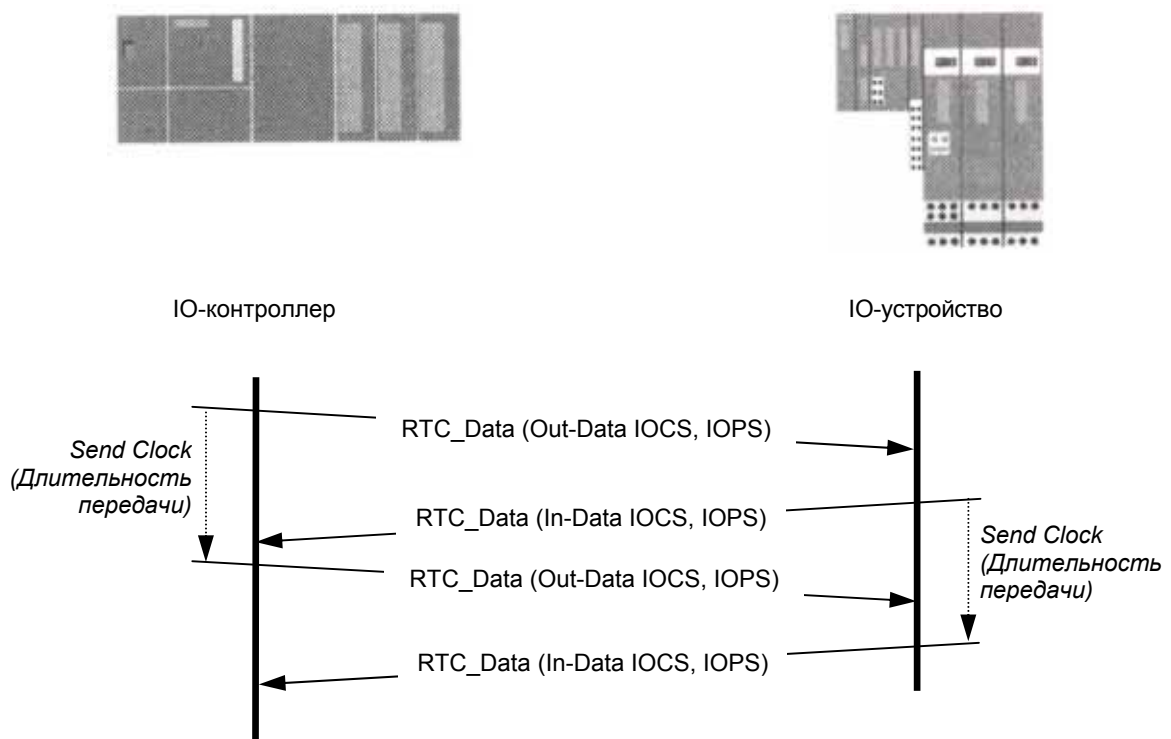


Рис. 4.8 Последовательность процедуры передачи циклических данных с RT-протоколом в Profinet IO

Таблица 4.7 Значения атрибутов IOPS и IOCS для IO-контроллера и IO-устройства

Данные	IOPS	IOCS
Входные (Input)	<p>Атрибут IOPS описывает состояние провайдера входных данных, и его значение передается IO-устройством вместе с текущими данными в IO-контроллер.</p> <p>Атрибут IOPS упрощает идентификацию некорректных входных значений для экземпляров в канале передачи, например, submodule, модуля, IO-устройства или собственно IO-контроллера.</p> <p>Приложение управления IO-контроллера может обрабатывать данные только при IOPS=GOOD (нет ошибок). Значения, для которых IOPS=BAD (есть ошибки), должны быть заменены соответствующими значениями, принятыми по умолчанию, а соответствующий submodule должен быть обозначен, как отказавший.</p>	<p>Атрибут IOCS описывает состояние потребителя (consumer) входных данных, и его значение передается от IO-контроллера в IO-устройство.</p> <p>Атрибут IOCS помогает IO-устройству распознать проблемы в коммуникациях, и обеспечивает информацией о том, обрабатывает IO-контроллер текущие входные данные или нет (например, если IO-контроллер находится в режиме STOP).</p> <p>Реакция IO-устройства на состояние атрибута IOCS=BAD (есть ошибки) определяется поставщиком.</p>
Выходные (Output)	<p>Атрибут IOPS описывает состояние провайдера выходных данных, и его значение передается IO-контроллером вместе с текущими данными в IO-устройство.</p> <p>Атрибут IOPS помогает распознать проблемы в коммуникациях, и обеспечивает IO-устройство информацией о том, может ли IO-контроллер установить выходные значения или нет (например, если IO-контроллер находится в режиме STOP).</p> <p>IO-устройство может обрабатывать данные только при IOPS=GOOD (нет ошибок). Значения, для которых IOPS=BAD (есть ошибки), должны быть заменены соответствующими значениями, принятыми по умолчанию.</p>	<p>Атрибут IOCS описывает состояние потребителя входных данных, и его значение передается от IO-устройства в IO-контроллер.</p> <p>Атрибут IOCS помогает IO-контроллеру распознать проблемы в коммуникациях, и обеспечивает информацией о том, может ли IO-устройство пропустить выходные значения в процесс (например, если модуль был удален из модульного IO-устройства).</p> <p>Атрибут IOCS может быть установлен любыми участниками канала передачи, submodule, модулем, IO-устройством или самим IO-контроллером.</p> <p>Реакция IO-контроллера на состояние атрибута IOCS=BAD (есть ошибки) определяется поставщиком. В Simatic S7 CPU submodule должен быть обозначен, как отказавший.</p>

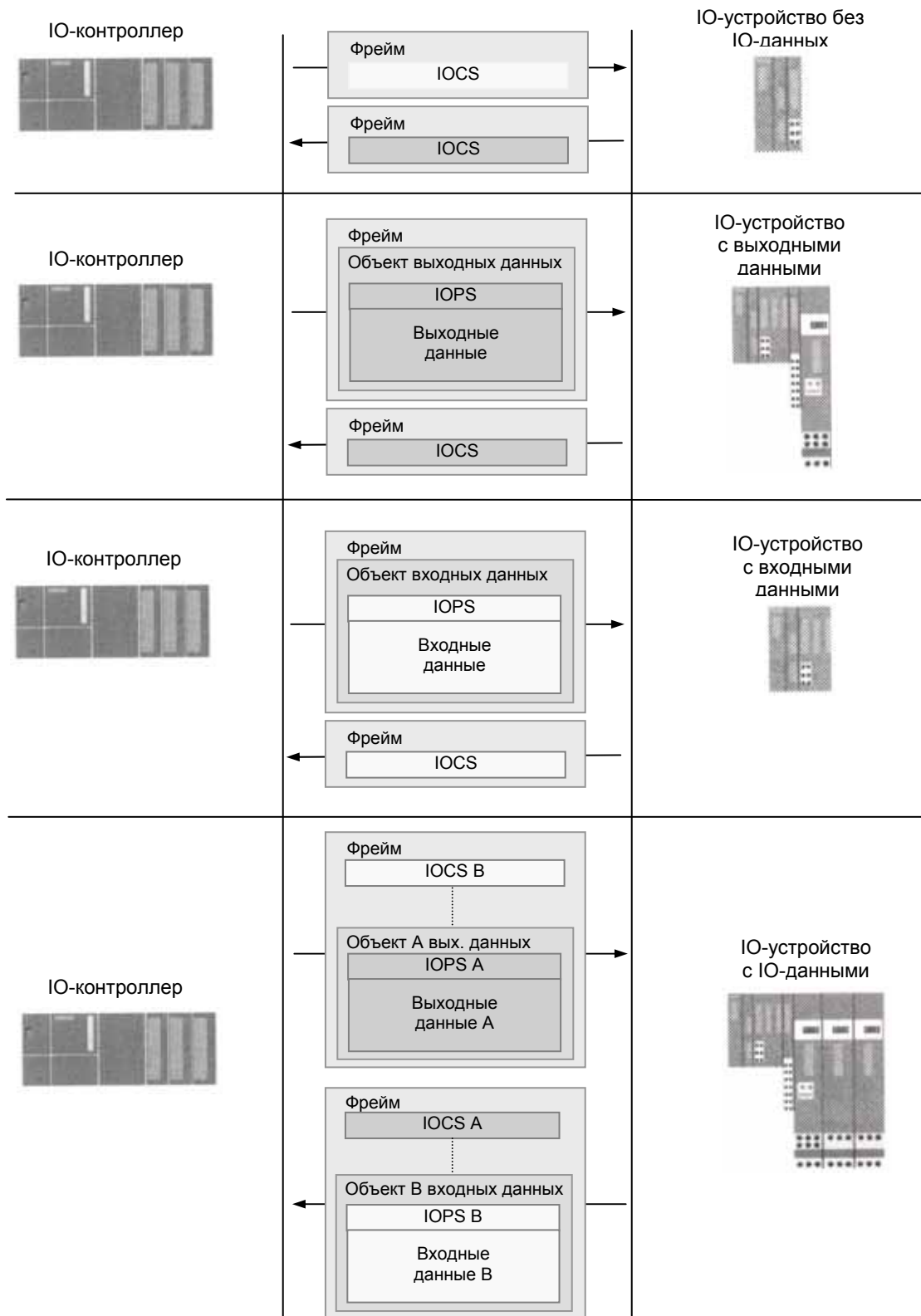


Рис. 4.9 Атрибуты IOPS и IOCS для IO-контроллера и IO-устройства

Атрибут IOPS передается провайдером одновременно с данными и, следовательно, является валидным (консистентным) относительно этих данных. С другой стороны, атрибут IOCS может быть возвращен провайдеру от потребителя (consumer) только после получения данных. Следовательно, атрибут IOCS и значения данных не являются консистентными (см. таблицу 4.7 и рис. 4.9).

Атрибуты IOCS и IOPS могут иметь значения GOOD и BAD, при этом значение BAD может соответствовать различным ошибкам (отказам) (BAD\_BY\_CONTROLLER, BAD\_BY\_DEVICE, ...).

## Сигналы (Alarms)

Для любых событий, возникающих в процессе с конфигурацией Profinet IO, должны генерироваться соответствующие сигналы (см. таблицы 4.8, 4.9 и рис. 4.10). Передача таких сигналов выполняется с помощью протокола ациклических сигналов реального времени (real time acyclic protocol - RTA-протокола). IO-устройство передает сигналы с приоритетом как сообщения реального времени. Оба сигнала UP и DOWN должны быть квитированы IO-контроллером.

Таблица 4.8 Типы сигналов

Тип сигнала	Событие, вызывающее соответствующий сигнал
Process alarm (Сигнал процесса)	Сигнал от приборов процесса предупреждает о случившемся событии в процессе, например, о нарушении температурного режима.
Diagnosis appears/ disappears alarm (Диагностический сигнал: приходящее / уходящее событие)	Сигнал от системы диагностики предупреждает о приходе/уходе диагностического события в IO-устройстве, связанного с подключенными компонентами, например, разрыв цепи.
Pull alarm (Удаление устройства)	Для модульных IO-устройств: сигнал предупреждает об удалении модуля/субмодуля.
Plug alarm (Вставка устройства)	Для модульных IO-устройств: сигнал предупреждает о вставке модуля/субмодуля. После вставки модуля/субмодуля вновь загружаются их параметры.
Plug wrong alarm (Вставка устройства - ошибка)	Сигнал предупреждает о вставке несоответствующего модуля/субмодуля.
Status alarm (Сигнал состояния)	Сигнал предупреждает об изменении состояния модуля/субмодуля.
Update alarm (Обновление)	Сигнал предупреждает об изменении в параметрах модуля/субмодуля.
Redundancy alarm (Резервирование)	Сигнал предупреждает резервный IO-контроллер об отказе основного IO-контроллера.

Тип сигнала	Событие, вызывающее соответствующий сигнал
Controlled by supervisor alarm (Есть управление от супервизора)	Сигнал предупреждает о том, что IO-супервизор принял на себя управление модулем/субмодулем.
Released by supervisor alarm (Нет управления от супервизора)	Сигнал предупреждает о том, что управление модулем/субмодулем отключено от IO-супервизора, IO-контроллера или потерян локальный доступ к IO-устройству. За этим следует процедура протокола, как при сигнале, вызванном вставкой устройства.
Return alarm (Сигнал восстановления)	Сигнал предупреждает о том, что: - IO-устройство вновь выдало валидные данные для отдельного входного элемента без повторной параметризации или - выходной элемент вновь может обрабатывать принятые данные.
Return of submodule alarm (Сигнал восстановления субмодуля)	Сигнал предупреждает об изменениях входных или выходных данных провайдера или субмодуля потребителя (consumer) с состояния BAD (с ошибками) на GOOD (без ошибок).
Profile specific alarm (Определено профилем)	Сигнал предупреждает о согласии IO-устройства с особыми профилями в соответствии с PNO profile guidelines.
Multicast provider communication, stopped alarm (Прекращение рассылки по превышению времени)	Сигнал предупреждает о превышении времени во время рассылки (широковещательной передаче) I/O-данных провайдером.
Multicast provider communication, running alarm (Восстановление рассылки провайдером)	Сигнал предупреждает о восстановлении рассылки (широковещательной передаче) I/O-данных провайдером.
Port data changed notification alarm (Изменились данные порта)	Сигнал предупреждает об изменении данных порта.
Sync data changed notification alarm (Изменились данные синхронизации)	Сигнал предупреждает об изменении синхронизации времени.
Isochronous mode problem alarm (Проблемы в изохронном режиме)	Сигнал предупреждает о проблемах, возникших в работе приложений в изохронном режиме.

Тип сигнала	Событие, вызывающее соответствующий сигнал
Manufacturer-specific alarm (Сигнал, определенный производителем)	Сигнал, в соответствии с типом, определенным производителем.

Таблица 4.9 Сервисы для передачи сигналов

Сервис	Функция
RTA_DATA Request (alarm)	Запись сигнала от IO-устройства в IO-контроллер. Передаются следующие данные: - Идентификатор сигнала (диагностики, процесса и т.д.) - Информация адресации (слот, субслот, ID модуля) - Основные параметры - Для диагностики каналов: № канала, тип канала, тип отказа
RTA_DATA Request (Alarm_Ack)	Квитирование сигнала IO-контроллера на уровне приложения: С точки зрения IO-устройства сигнал просто гарантированно сохраняется с последующим приемом сигнала квитирования.
RTA_ACK	Квитирование пакета RTA_DATA на уровне протокола: Пакет RTA_DATA принят, и ресурсы доступны для приема следующего пакета. Повторная передача пакета не требуется.

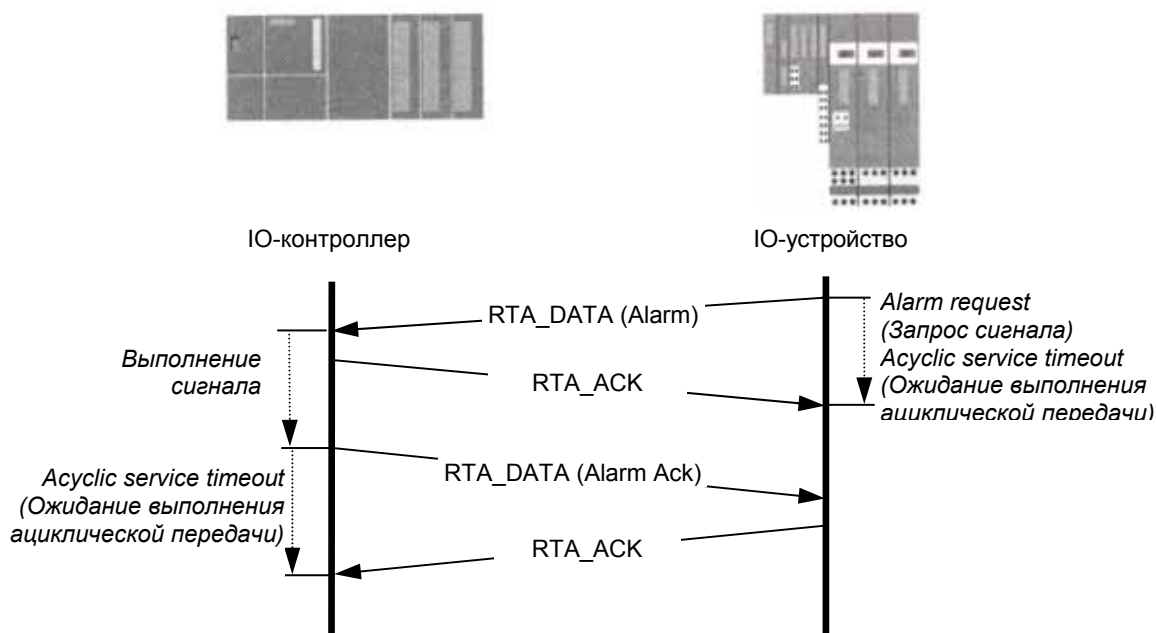


Рис. 4.10 Последовательность сервисов обработки сигналов в Profinet IO



## Ациклическая передача данных

Ациклическая передача данных используется для обмена данными, которые не являются критичными ко времени. При этом используются сервисы для чтения и записи. Обмен ациклическими данными происходит внутри коммуникационного канала (в NRT-части; NRT = non-real-time - не в реальном времени) с использованием удаленного вызова процедуры (RPC) на базе UDP/IP.

Процедуры чтения/записи (read/write) всегда включают запрос и последующую реакцию на запрос (см. рис. 4.11 и таблицу 4.10). Запросы на запись разрешены только для установленного коммуникационного соединения IO-Data CR, запросы на чтение могут выполняться также и без явно установленного коммуникационного соединения IO-Data CR.

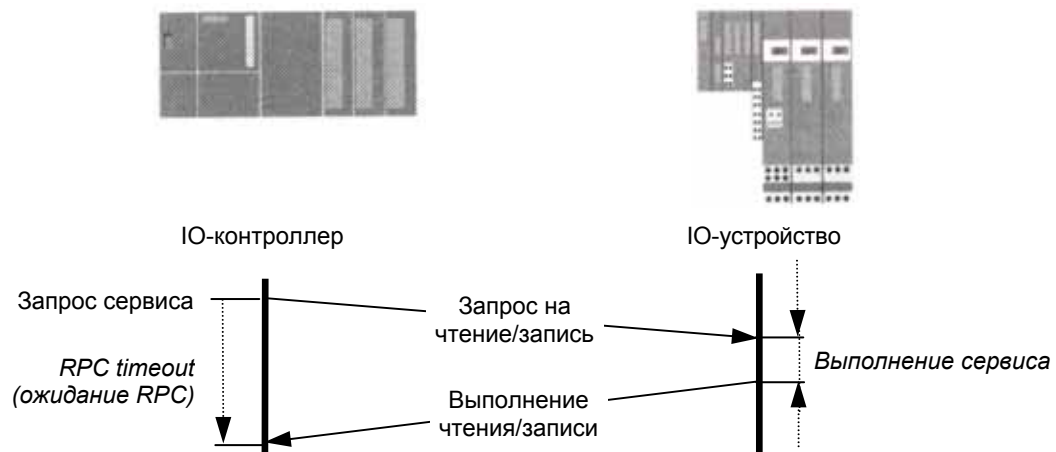


Рис. 4.11 Последовательность сервисов чтения/записи в Profinet IO

Таблица 4.10 Сервисы чтения/записи

Сервис	Функция
Read Request (Запрос на чтение)	Запрос данных из IO-контроллера для IO-устройства
Read Response (Реакция на запрос на чтение)	Передача запрошенных данных в IO-контроллер
Write Request (Запрос на запись)	Передача данных из IO-контроллера в IO-устройство
Write Response (Реакция на запрос на запись)	Квитирование передачи данных IO-устройством

## Назначение имени IO-устройству

Перед установлением фактического соединения IO-устройствам назначаются имена. Имена устройств назначаются с использованием IO-супервизора и запоминаются в режиме сохранения в IO-устройстве (см. рис. 4.12). Имя предназначено для точной идентификации IO-устройства и может быть выбрано пользователем, при этом оно должно отвечать соглашениям DNS. В первой версии Profinet IO имена устройств назначаются с помощью DCP-протокола (**D**iscovery and **B**asic **C**onfiguration **P**rotocol - протокол обнаружения и создания базовой конфигурации) (см. табл. 4.11).

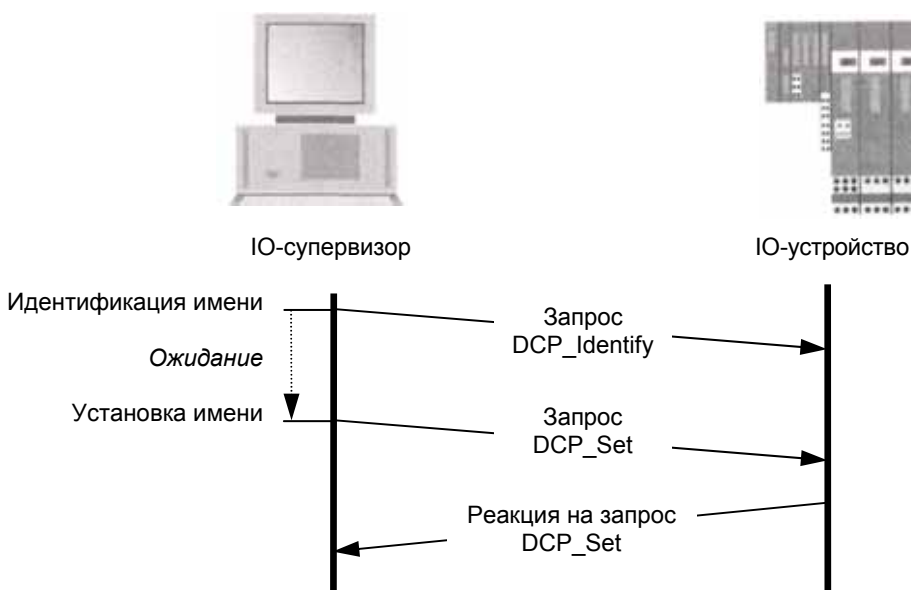


Рис. 4.12 Последовательность сервисов назначения имени IO-устройству

Таблица 4.11 Сервисы назначения имен для IO-устройств

Сервис	Функция
Identify Request (Запрос на идентификацию)	Запрос IO-устройств на поиск по определенному критерию (в данном случае - по имени устройства (device name)) IO-супервизором или IO-контроллером.
Set Request (Запрос на установку)	Запись параметра (в данном случае - имени устройства) в IO-устройство: Имена устройств должны отвечать соглашениям DNS: - не должны превышать 240 символов (букв, цифр и тире); - не должны содержать специальных символов.
Set Response (Реакция на запрос на установку)	Квитирование запроса на установку.

## Назначение IP-адреса IO-устройству

### Назначение адреса с использованием DCP

Во время запуска системы IO-контроллер назначает для IO-устройства IP-адрес, который является действительным во время режима выполнения (runtime). В дополнение к сервису ARP (ARP = **A**ddress **R**esolution **P**rotocol - протокол разрешения адресов), известному из области IT-технологий, в первой версии Profinet IO также используются сервисы DCP (см. рис. 4.13 и таблицу 4.12).

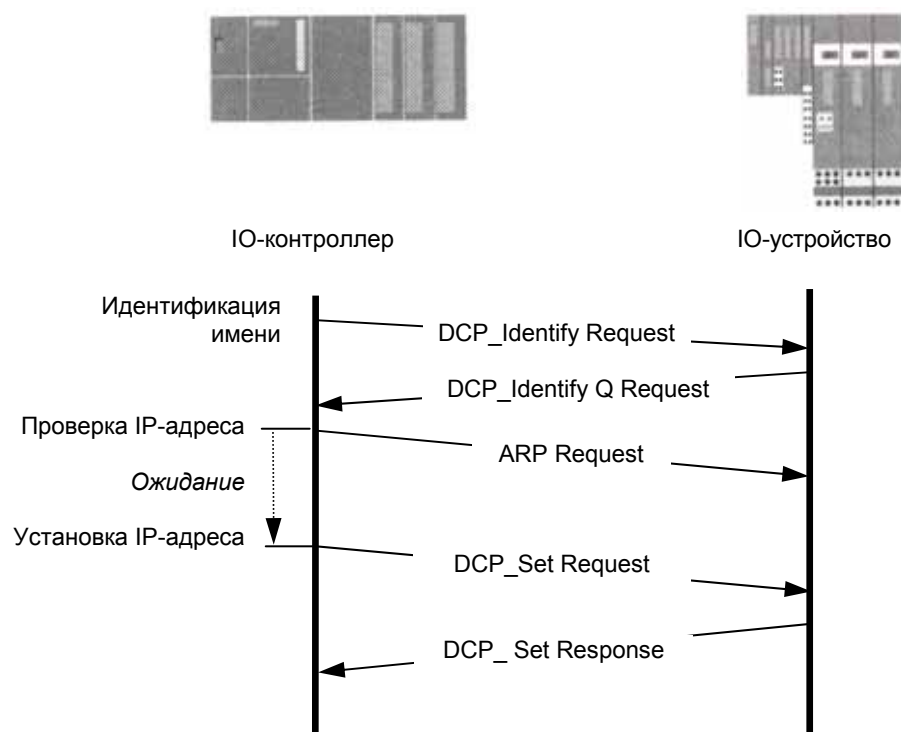


Рис. 4.13 Последовательность сервисов назначения IP-адреса IO-устройству с использованием DCP

Таблица 4.12 Сервисы назначения IP-адреса IO-устройству с использованием DCP

Сервис	Функция
Identify Request (Запрос на идентификацию)	Запрос IO-устройств на поиск по заданному критерию (в данном случае - по имени устройства) IO-супервизором или IO-контроллером.
Identify Q Request (Отклик на запрос на идентификацию)	Отклик на запрос IO-устройств: Объект по заданному критерию найден.

Сервис	Функция
ARP Request (ARP-запрос)	<p>Определение MAC-адреса (Ethernet-адреса), соответствующего IP-адресу:</p> <p>ARP - это протокол, применяемый в IT-технологиях. Он является типичным компонентом набора протоколов TCP(UDP)/IP. ARP-запрос посылается всем устройствам в Ethernet-подсети и используется Profinet IO для поиска IP-адресов. Если не получено откликов на ARP-запрос, это означает, что не существует или нет активного устройства с запрошенным IP-адресом в соответствующей Ethernet-подсети.</p>
Set Request (Запрос установки)	Запись параметра (IP-адреса в данном случае) в IO-устройство.
Set Response (Отклик на запрос установки)	Квитирование запроса на установку.

#### Назначение адреса с использованием DHCP

Profinet IO опционально поддерживает назначение IP-адресов IO-устройствам с использованием DHCP (DHCP = **D**ynamic **H**ost **C**onfiguration **P**rotocol - протокол динамической конфигурации хоста) (см. рис. 4.14 и таблицу 4.13). При использовании DHCP отдельный DHCP-сервер управляет назначением IP-адресов в сети. В таком случае IO-устройство активно запрашивает IP-адрес от сервера.

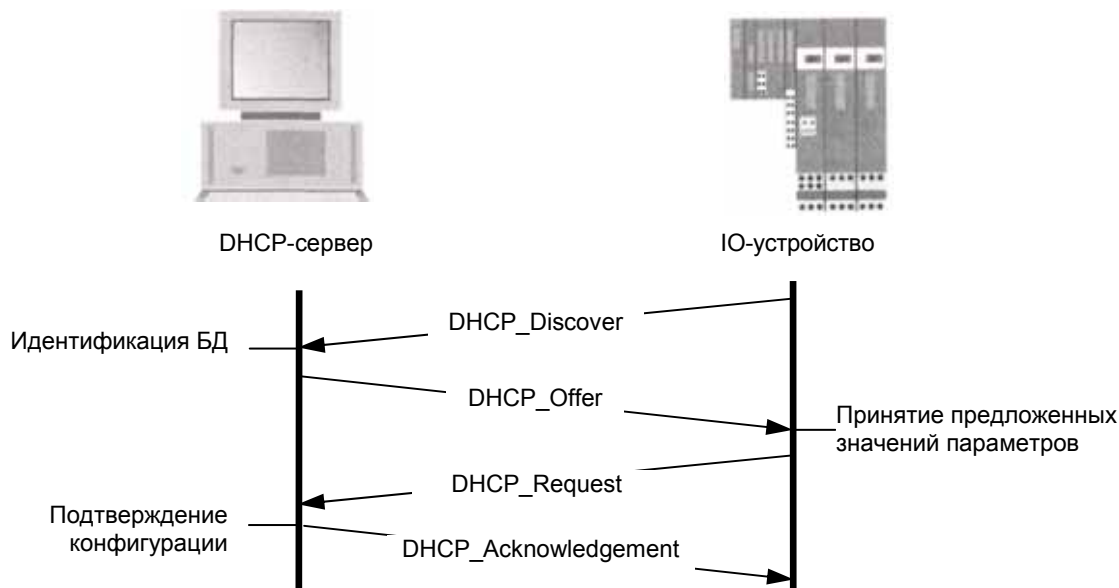


Рис. 4.14 Последовательность сервисов назначения IP-адреса IO-устройству с использованием DHCP

Таблица 4.13 Сервисы назначения IP-адреса IO-устройству с использованием DHCP

Сервис	Функция
Discover (Обнаружение)	Запрос устройства ко всем DHCP-серверам в Ethernet-подсети для назначения IP-адреса.
Offer (Предложение)	Передача IP-адреса от DHCP-сервера запрашивающему устройству: Кроме соответствующего IP-адреса пакет содержит другие параметры IP-адреса, например, маску подсети.
Request (Запрос)	Обратная связь устройства с DHCP-сервером: Что касается этого пакета, устройство подтверждает параметры IP-адреса. IP-адрес фиксируется DHCP-сервером как назначенный.
Acknowledgement (Квитирование)	Подтверждение IP-адреса и параметров, выбранных устройством с помощью DHCP-сервера: теперь к устройству возможен доступ по его IP-адресу.

### Установка соединения

Коммуникационное соединение IO-Data CR устанавливается в процессе выполнения последовательности сервисов по установлению связи между IO-контроллером и IO-устройством. Последующий запрос на запись (Write Request) инициирует его параметризацию, который в свою очередь завершается последующим запросом DControl Request. После положительного отклика на запрос CControl Request, посланный IO-устройством, установка коммуникационного соединения IO-Data CR завершена.

На рис. 4.15 показаны основные процедуры для установления соединения между IO-контроллером и IO-устройством. В таблице 4.14 объясняются соответствующие процедуры.

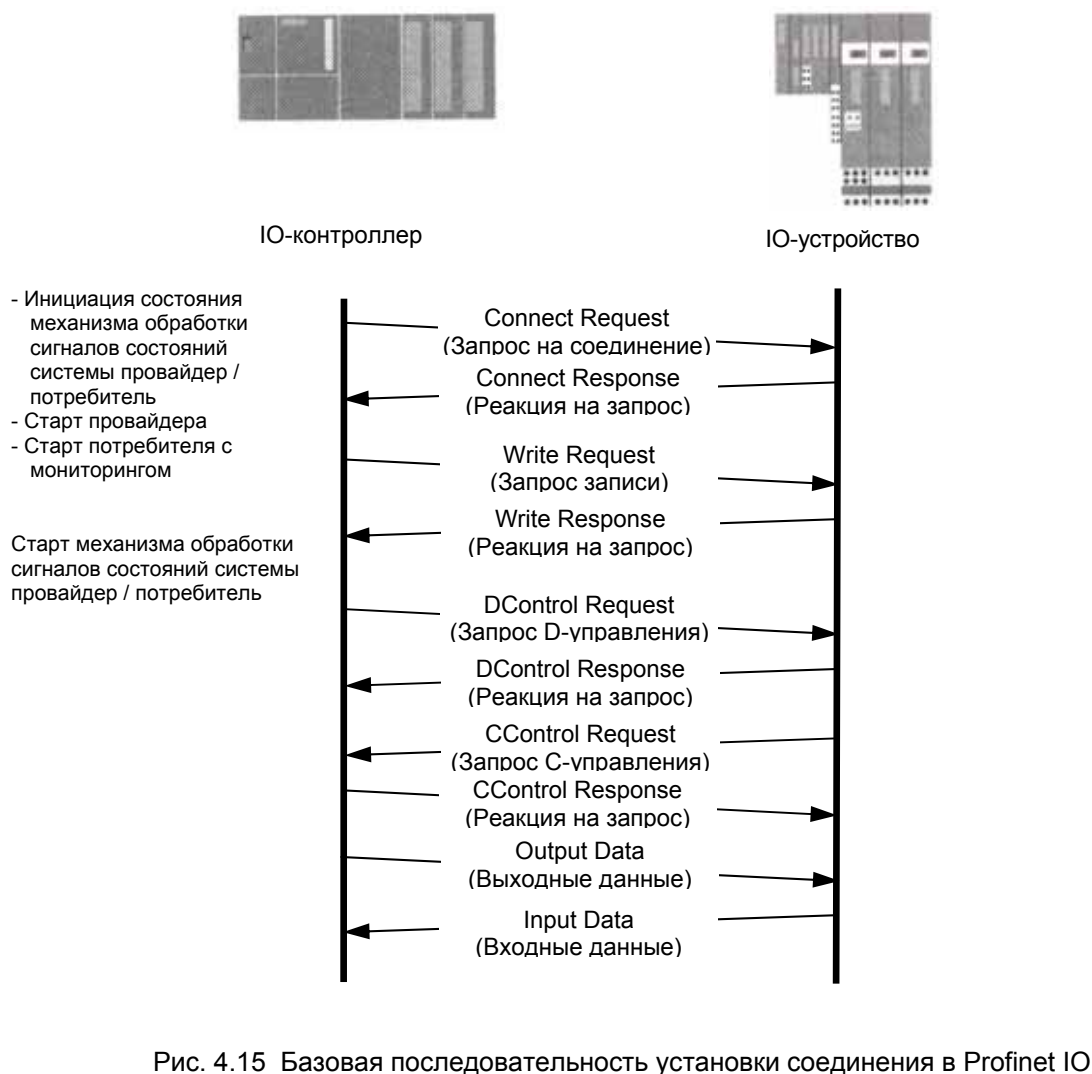


Рис. 4.15 Базовая последовательность установки соединения в Profinet IO

Таблица 4.14 Сервисы для установки соединения между IO-контроллером и IO-устройством

Сервис	Функция
Connect Request (Запрос на соединение)	Инициация установления соединения: Установка всех необходимых AR-соединений и CR-соединений. Установление соединений необходимо всегда, кроме случаев, когда используются сервисы исключительно для чтения данных.
Connect Response (Реакция на запрос на соединение)	Ответ IO-устройства на запрос на установление соединения: Ответный сигнал отправляется только тогда, когда соединение гарантированно может быть установлено.

Сервис	Функция
Write Request (Запрос записи)	Передача данных из IO-контроллера в IO-устройство: Передача данных параметров для отдельных submodule в IO-устройстве. Отдельные записи определены для каждого модуля / submodule и передаются в собственных запросах Write Request.
Write Response (Реакция на запрос записи)	Квитирование передачи данных IO-устройством: Вслед за откликом на запрос Write Response могут быть передаваться другие данные.
DControl Request (Запрос D-управления)	Сигнал об окончании передачи параметров IO-контроллером.
DControl Response (Реакция на запрос D-управления)	Квитирование IO-устройством запроса DControl Request. Установление соединения завершено после обработки данного пакета.
CControl Request (Запрос C-управления)	Подтверждение установления соединения IO-устройством.
CControl Response (Реакция на запрос C-управления)	Квитирование IO-контроллером запроса CControl Request.
Input / Output Data (Входные / Выходные данные)	Обмен пользовательскими данными: Обмен циклическими IO-данными с использованием RT-протокола (real-time protocol).

#### Идентификация Profinet IO-устройства

Profinet IO-устройство однозначно идентифицируется идентификатором устройства (device ID) (см. таблицу 4.15). При запуске системы IO-устройство проверяет идентификацию себя IO-контроллером по собственному фиксированному параметру ID.

Таблица 4.15 Структура идентификации устройства

Идентификация устройства	Vendor_ID (16 битов)	Device_ID (2 байта)
Значение	Идентификация, назначенная PNO как однозначная ссылка на производителя. Например, идентификатор Vendor_ID для Siemens имеет значение 42.	Данный идентификатор, определенный производителем, служит для более детальной идентификации IO-устройства.

### 4.1.9 От конфигурации к работающей системе

IO-устройство не получает имени при поставке. IO-контроллер может получить доступ к IO-устройству только при условии, что данному устройству будет назначено соответствующее имя (device name) IO-супервизором. На рис. 4.16 и в таблице 4.16 показаны шаги, которые необходимы при использовании Simatic совместно с STEP 7.

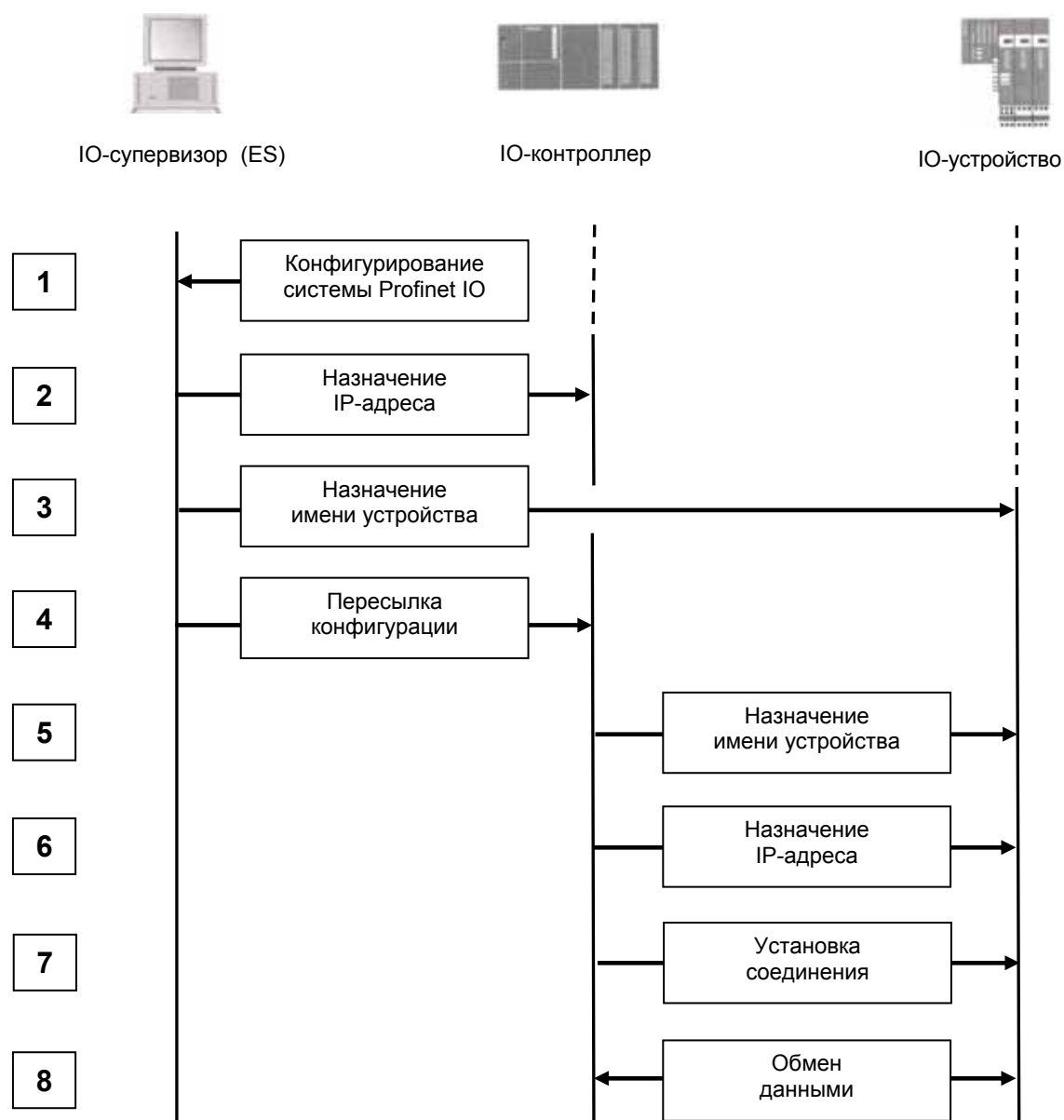


Рис. 4.16 Шаги от конфигурирования до запуска системы



Таблица 4.16 Шаги от конфигурирования до запуска системы

Шаг	Функция
1	Конфигурирование Profinet IO-System посредством утилиты HW-Config.
2	Назначение IP-адреса IO-контроллеру.
3	Назначение имен сконфигурированным IO-устройствам.
4	Передача Profinet IO -конфигурации в IO-контроллер
5	Проверка имен сконфигурированных IO-устройств
6	Назначение сконфигурированных IP-адресов для сконфигурированных IO-устройств
7	Инициация установления соединения между IO-контроллером и сконфигурированными IO-устройствами
8	Циклический обмен IO-данными между IO-контроллером и сконфигурированными IO-устройствами

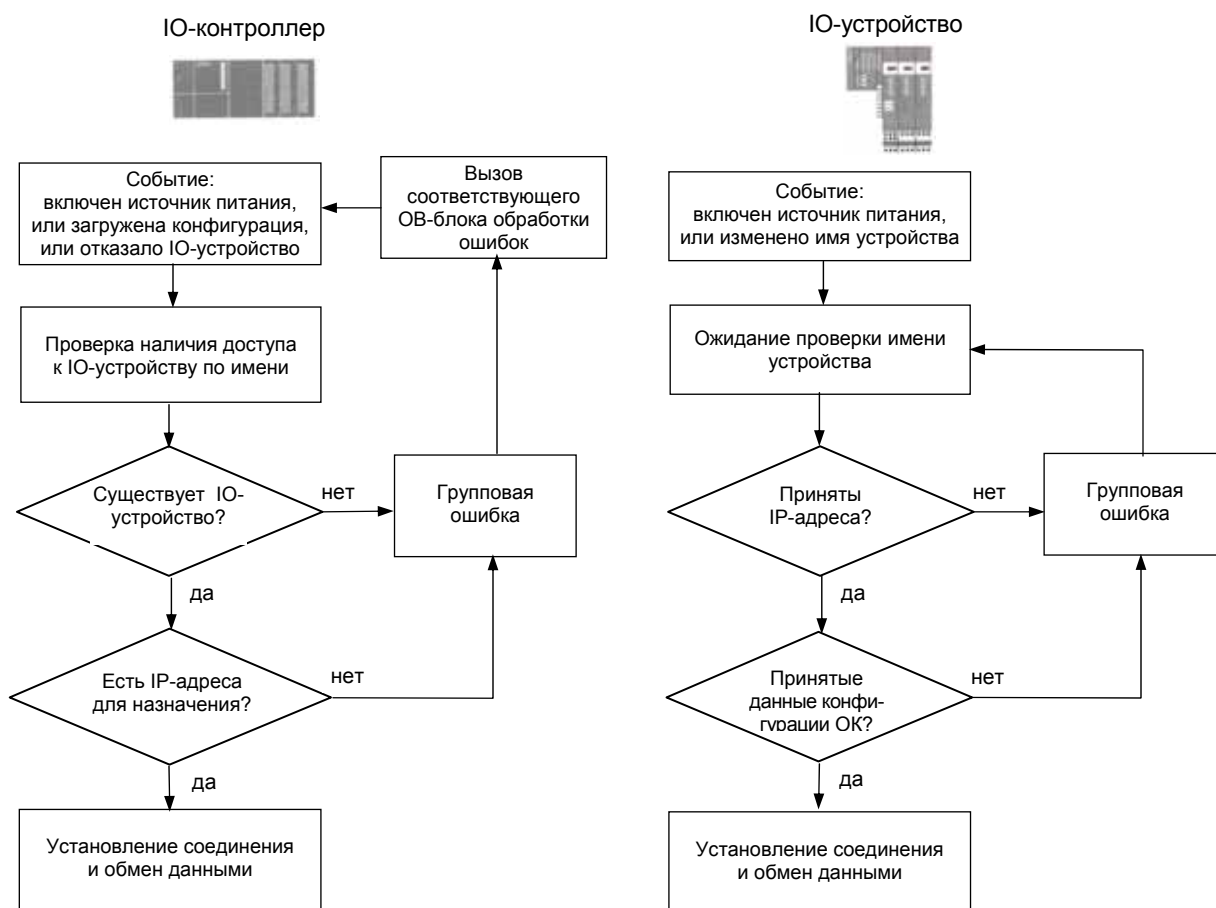


Рис. 4.17 Поведение устройств Simatic Profinet IO при запуске

#### 4.1.10 Функции Proxy в Profinet IO

Аналогичным образом как в системе Profinet CBA полевые приборы могут быть интегрированы в коммуникационную систему Profinet IO для циклического обмена данными с использованием так называемой технологии проху в Ethernet. С точки зрения коммуникаций технология проху позволяет представить полевые приборы как IO-устройства и соответствует использованию шлюза между сетью Ethernet и полевой шиной с точки зрения данных процесса.

Обмен данными с полевым прибором с помощью проху происходит таким образом, что данные передаются с помощью протокола для соответствующей полевой шины в полевой прибор или считываются из него. Функции проху с точки зрения Profinet IO - это свойство Profinet IO-контроллера с дополнительными функциями для полевой шины, например, с функциями ведущего Profibus DP-устройства (Profibus DP master).

Проху в Profinet CBA и Profinet IO в основном выполняют одинаковую задачу, обеспечивая интеграцию полевых устройств, но при этом не совместимы, так как используют различные коммуникационные сервисы в Ethernet (см. рис. 4.18).

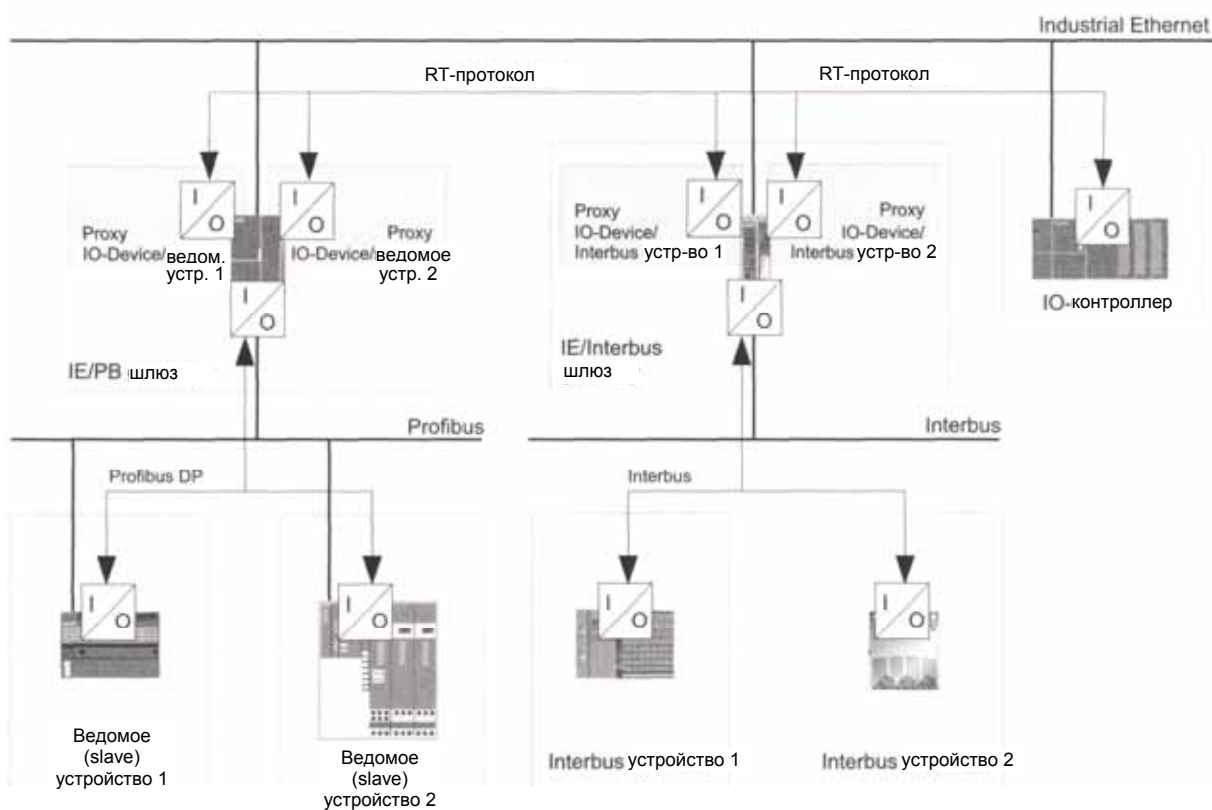


Рис. 4.18 Принцип использования прокси-функций в Profinet IO

#### 4.1.11 Интеграция Profibus-устройств

IO-контроллеры с функциями ведущего DP-устройства (DP master) поддерживают одновременную работу систем Profibus и Profinet IO. С другой стороны существует возможность интеграции ведомых Profibus DP-устройств (Profibus DP slave) как IO-устройств посредством Profinet IO с функциональностью проху. На рис. 4.19 и в таблице 4.17 показаны поддерживаемые конфигурации.

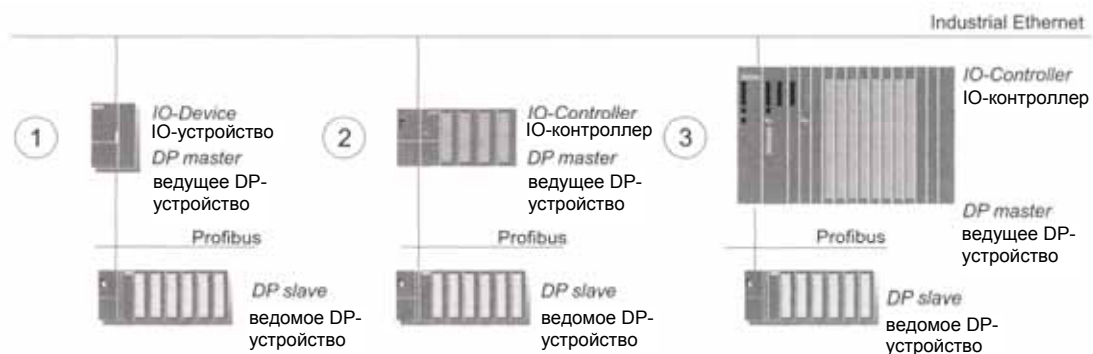


Рис. 4.19 Интеграция Profibus и Profinet IO

Таблица 4.17 Конфигурации с интеграцией Profibus в Profinet IO

Profinet IO - устройство	Конфигурация
1	Profinet IO Link Simatic Net IE/PB-Link PN10 в качестве проху для Profibus
2	Simatic S7 CPU 31x-2PN/DP в качестве IO-контроллера с одновременным использованием подсети Profibus.
3	Simatic S7 CPU 41x с Simatic Net-CP 443-1 Advanced в качестве IO-контроллера с одновременным использованием подсети Profibus

## 4.2 От этапа планирования до эксплуатации установки

Процесс от планирования до эксплуатации автоматизированного решения на базе Profinet IO с Simatic STEP 7 может быть разбит на следующие шаги:

- Планирование установки.
- Конфигурирование установки с Simatic STEP 7. Сюда относится импорт GSD-файлов, необходимых для описания Profinet IO - устройств, вставка Profinet IO - устройств в проект, задание для них параметров и размещение в сети, программирование пользовательских программ, загрузка конфигурации и данных программы в контроллеры PLC, и, наконец, отладка и тестирование установки.
- Эксплуатация установки.

### 4.2.1 Проектирование Profinet IO в среде Simatic STEP 7

Проектирование систем Profinet IO производится аналогично проектированию систем Profibus DP. Profinet IO - устройства конфигурируются с использованием средств проектирования Simatic STEP 7 (см. табл. 4.18). Profinet IO - устройства выбираются в HW-Config из централизованной системы управления данными (data management) в каталоге модулей (module). Устройства, которых нет в базе, могут быть добавлены путем импорта соответствующих GSD-файлов. Соединения в системе Profinet IO и назначение параметров IP-адресации выполняются с использованием пользовательского графического интерфейса утилит HW-Config или Netpro.

STEP 7 автоматически проверяет все ли условия определены для аппаратной части в проекте; также проверяются консистентность конфигурации и отсутствие ошибок. После загрузки данных конфигурации в контроллеры PLC становится возможным доступ к данным процесса в любое время с помощью таблиц переменных, HMI-приложений, таких как Simatic ProTool/ProRT и Simatic WinCC flexible или других клиентских программ на базе OPC. Во время отладки и эксплуатации возможно выполнение сравнения автономной (offline) и онлайнной (online) конфигураций Profinet IO - устройств, может быть отображено текущее состояние устройств, а также могут сканироваться интерактивные (online) данные для обеспечения тестирования и диагностики. Переключатели Simatic Net интегрированы в концепцию диагностики Profinet IO; они могут быть сконфигурированы и продиагностированы как IO-устройства. На последнем этапе система STEP 7 обеспечивает автоматическое выполнение документирования полностью сконфигурированной установки, включая все ее устройства и соединения.

Таблица 4.18 Сравнение Profibus и Profinet IO в STEP 7

Характеристика	Profinet IO	Profibus
Имя подсети	Ethernet	Profibus
Имя подсистемы	Profinet IO system (Система Profinet IO)	DP master system (Система ведущего DP-устройства)
Каталог оборудования	Profinet IO	Profibus DP
Назначение номера (соответствует номеру станции)	Device number (Номер устройства)	Profibus address (Profibus-адрес)
Рабочие параметры и диагностический адрес	Могут быть назначены и считаны с использованием окна свойств объекта (object properties) интерфейса модуля в слоте 0.	Могут быть назначены и считаны с использованием окна свойств объекта (object properties) станции

## 4.2.2 Планирование установки

Перед началом проектирования разработчик установки должен решить два основных вопроса:

- Какие функции должны выполняться?
- Какие PLC и полевые приборы должны быть использованы? (см. рис. 4.20 и табл. 4.19)

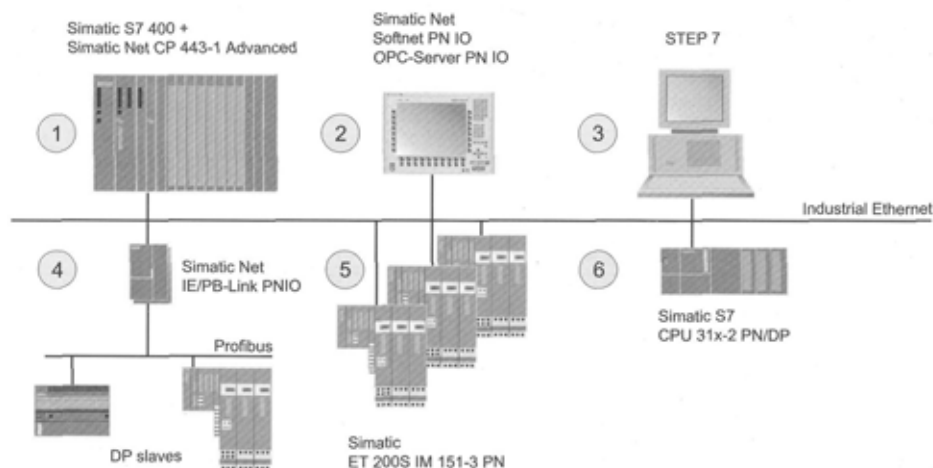


Рис. 4.20 Типичная конфигурация установки с Simatic-устройствами для Profinet IO

Таблица 4.19 Описание устройств

Компонент Profinet	Тип	Конфигурация
1	IO-Controller (IO-контроллер)	Simatic Net-CP 443-1 Advanced работает как IO-контроллер и имеет коммуникационную связь с различными IO-устройствами.
2	IO-Controller (IO-контроллер)	Simatic Net CP, например, Ethernet CP 1616 для ПК работает как Profinet IO-контроллер и имеет коммуникационную связь с различными IO-устройствами.
3	IO-Supervisor (IO-супервизор)	ПК работает с средствами разработки Simatic STEP 7 как IO-супервизор.
4	IO-Device (IO-устройство)	Simatic Net IE/PB-Link PN IO работает как прокси для подключенных ведомых Profibus DP-устройств (Profibus DP slaves). С точки зрения IO-контроллера каждое ведомое Profibus-устройство рассматривается как IO-устройство (IO-Device).
5	IO-Device (IO-устройство)	Станции Simatic ET 200S IM 151-3 PN работают как IO-устройства и назначаются (различным) IO-контроллерам.
6	IO-Controller (IO-контроллер)	Simatic S7 31X-2 PN/DP CPU работает как IO-контроллер и имеет коммуникационную связь с различными IO-устройствами.

### 4.2.3 Конфигурирование установки с Simatic STEP 7

Задачей разработчика установки является создание полной конфигурации установки в STEP 7. Начинается процедура конфигурирования с создания проекта (project), а заканчивается отладкой установки, последующим документированием и архивацией данных проекта (см. табл. 4.20).

Табл. 4.20 Базовая процедура конфигурирования установки с Simatic STEP 7

Шаг	Действие
1	Создание нового или открытие существующего проекта (project)
2	Опционально: импортирование новых Profinet IO-устройств с использованием GSD-файла
3	Конфигурирование IO-контроллера

Шаг	Действие
4	Конфигурирование Profinet IO-системы
5	Вставка и конфигурирование IO-устройств
6	Назначение Profinet IO-устройств (имена/проверка имен устройств)
7	Создание пользовательской программы
8	Загрузка данных конфигурации и пользовательской программы
9	Документирование и архивирование проекта

### Создание нового или открытие существующего проекта

Станция Simatic 300 вставляется в Simatic Manager как новый объект. С другой стороны такая станция может быть расширена Profinet IO-системой (см. рис. 4.21).

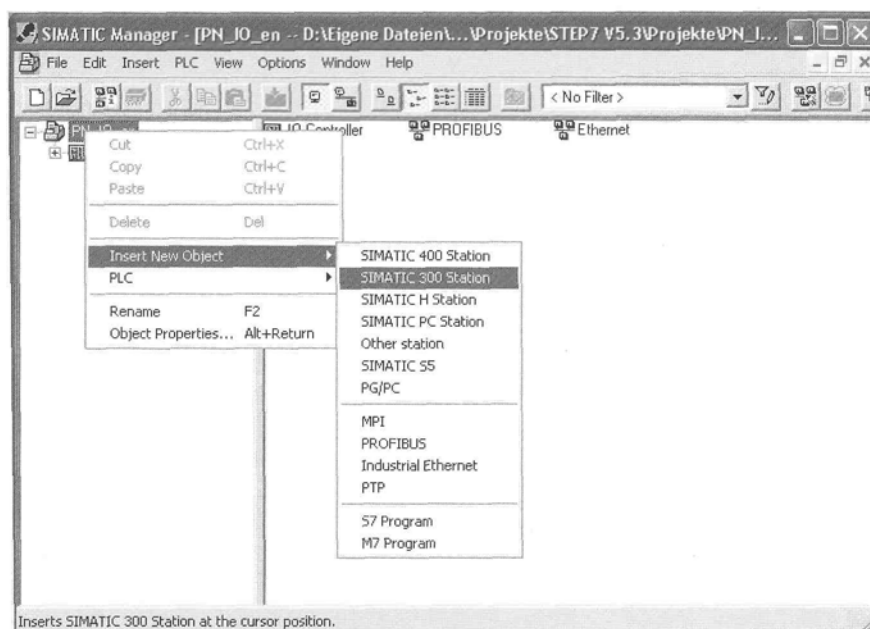


Рис. 4.21 Создание нового проекта

### Импортирование Profinet IO-устройств

Так же как в Profibus в системе Profinet IO-устройства могут импортироваться с использованием файлов описания основных данных устройства (GSD-файлов) в каталог модулей STEP 7 (см. рис. 4.22). Если для Profinet IO-устройства имеется несколько GSD-файлов, то во внимание берется его последняя по времени версия. GSD-файл содержит всю информацию для конфигурирования устройства.



### GSD-файл

Каждый поставщик Profinet IO-устройств должен обеспечить соответствующий данному устройству GSD-файл. Данный файл описывает свойства для системы Profinet IO-устройств так же как для Profibus DP. В отличие от него, тем не менее, такой файл имеет XML-формат вместо формы с ключевыми словами. В связи с этим для Profinet IO используется язык разметки GSDML (Generic Station Description Markup Language).

XML - это метаязык, узаконенный консорциумом W3C (World Wide Web Consortium), и обеспечивающий определение языков разметки. Структура GSD соответствует стандарту ISO 15745 проект "Open Systems Application Integration Framework", и основывается на профилях устройств, здесь определенных.

Структура и правила для GSD-файла для системы Profinet IO описываются GSDML-схемой. Данная схема описывает правила, которые, например, позволяют выполнить проверку синтаксиса GSD-файла. Следовательно, производитель GSD-файла должен обладать информацией о том, какие данные и в каком формате должны в нем содержаться. GSDML-схемы контролируются организацией Profibus International. Проверка может осуществляться с помощью программы синтаксического анализа XML. Файлы с GSDML-схемами должны иметь расширение ".xsd". Спецификации для создания XML-схем можно найти по адресу: "[http:// www.w3 .org/XML/Scheme](http://www.w3.org/XML/Scheme)".

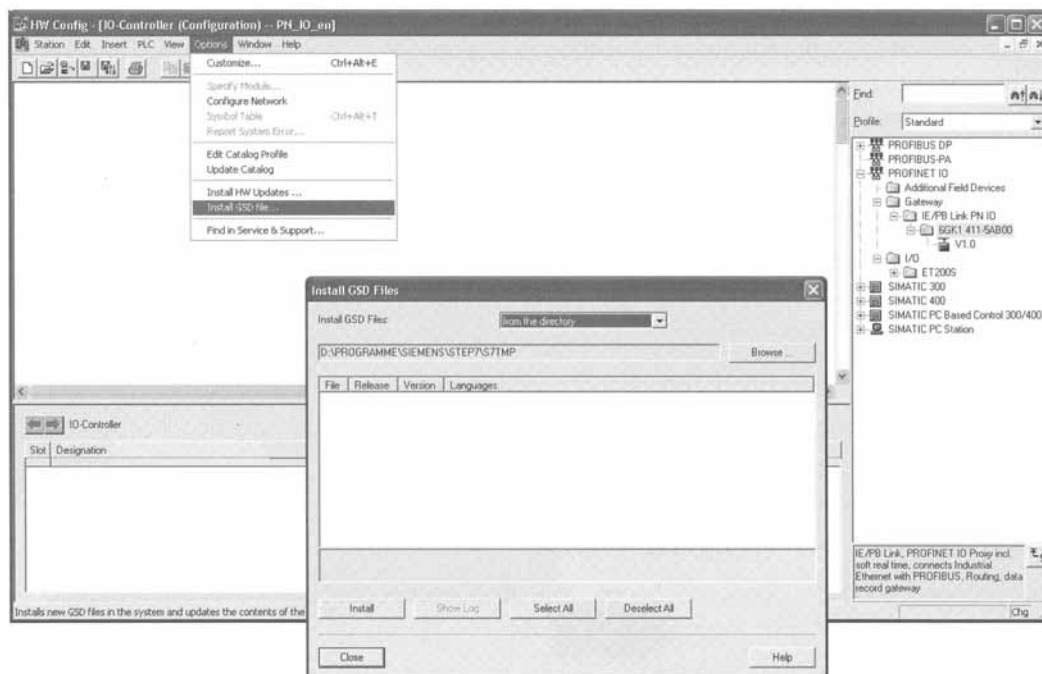


Рис. 4.22 Установка Profinet IO-устройств с помощью GSD-файла

Функциональные изменения в среде Profinet IO всегда влияют на спецификации GSDML и соответствующие схемы, и вызывают необходимость обновления версий описаний и схем (см. рис. 4.23).

Обозначение версии GSD-файла состоит из двух компонентов данных:

- Версия используемой GSDML-схемы: она определяет предметную область языка GSD-файла.
- Дата последней версии: дата обновляется, если, например, была устранена ошибка или расширены функциональные возможности.

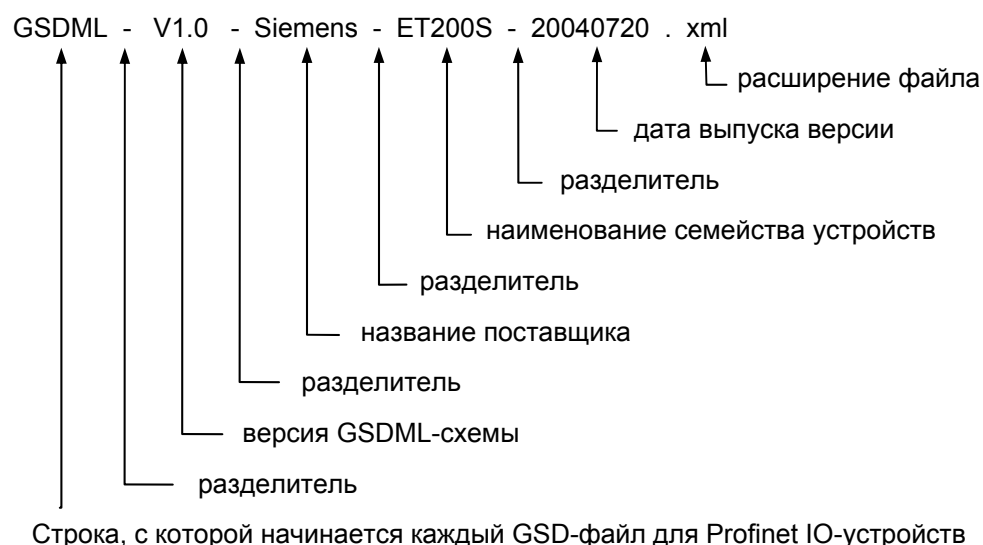


Рис. 4.23 Имя схемы GSD-файла, рассматриваемого в качестве примера: GSDML-V1.0-Siemens-ET200S-20040720.xml

## Конфигурирование IO-контроллера

В качестве IO-контроллера могут использоваться следующие модули:

- Simatic S7 CPU с интегрированным или встроенным интерфейсом Profinet (пример с интегрированным интерфейсом Profinet: CPU 317-2PN/DP),
- Simatic Net CP (CP 443-1 Advanced) совместно с подходящим Simatic S7 CPU,
- PC-станция (например, с CP 1612).

IO-контроллер выбирается из каталога оборудования и устанавливается в подходящий ряд субстойки (subrack) с использованием метода drag&drop.

### Конфигурация PN IO - интерфейса IO-контроллера

Profinet IO-система подключается к PN IO - интерфейсу IO-контроллера аналогично конфигурации Profibus. Конфигурирование PN IO-интерфейса выполняется в первую очередь (см. рис. 4.24 - 4.27 и табл. 4.21 - 4.23).

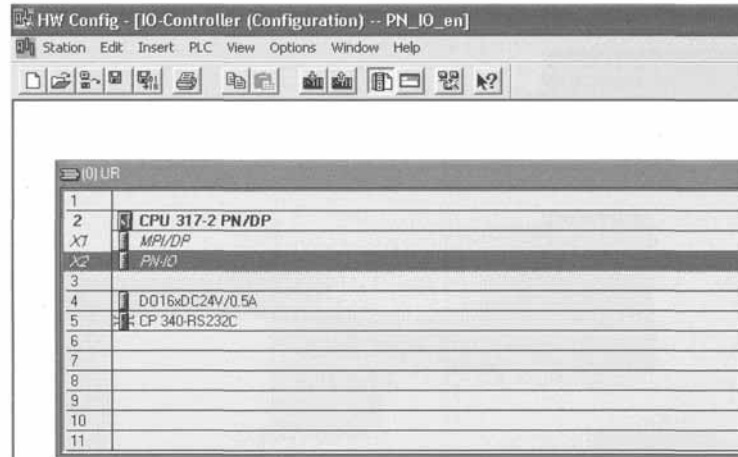


Рис. 4.24 PN IO - интерфейс с Simatic S7 317-2PN/DP

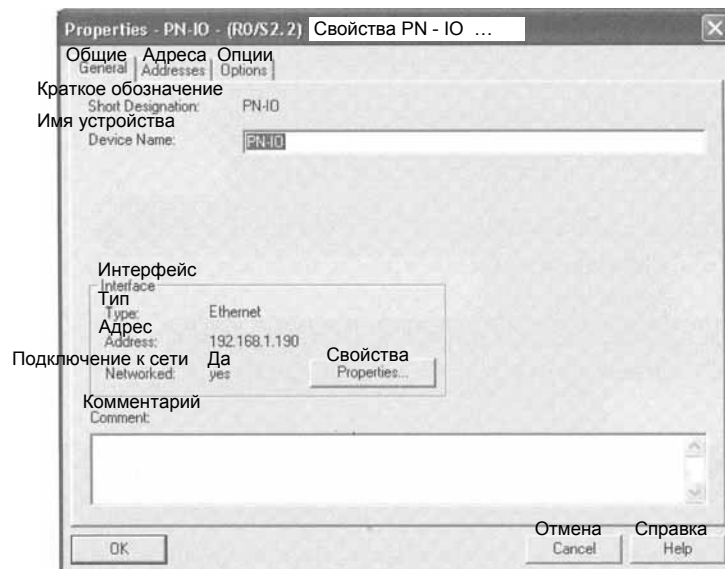


Рис. 4.25 Основные настройки PN IO - интерфейса (вкладка "General")

Таблица 4.21 Параметры на вкладке "General" ("Общие")

Параметр	Значение
Short Designation (Краткое обозначение)	Обозначение IO-контроллера. В случае интегрированного Profinet-интерфейса всегда используется аббревиатура "PN-IO".
Device Name (Имя устройства)	Однозначное имя устройства в подсети Ethernet, удовлетворяющее соглашениям по DNS. В случае встроенного Profinet-интерфейса в имени устройства учитывается аббревиатура.
Interface (Интерфейс)	В поле "Interface" ("Интерфейс") содержатся данные по типу (type) и адресу (address) интерфейса в данной подсети. В подсети Ethernet - это IP-адрес. Пункт "Networked" ("Подключение к сети") показывает, был ли модуль подключен к сконфигурированной подсети (варианты: yes [да] / no [нет]). Кнопка "Properties" ("Свойства") может быть использована для изменения свойств подсети, для создания новой подсети или для выбора различных подсистем.
Comment (Комментарий)	Комментарий для интерфейса Profinet IO

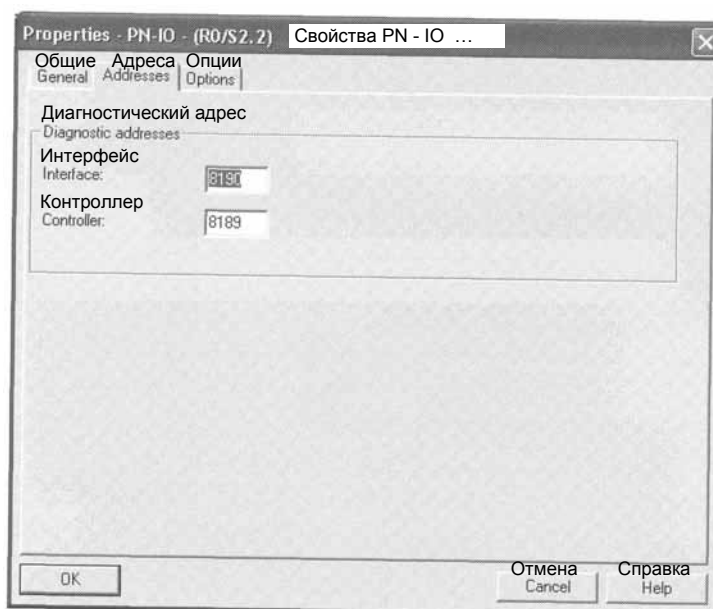


Рис. 4.26 Задание адресов для PN IO - интерфейса

Таблица 4.22 Параметры на вкладке "Addresses" ("Адреса")

Параметр	Значение
Diagnostic addresses (Диагностические адреса)	<p>"Interface" ("Интерфейс"): С помощью диагностического адреса, заданного в окне "Interface" ("Интерфейс"), операционная система сигнализирует CPU о событиях, связанных с данным интерфейсом, например, об отказе. В то же время данный адрес может использоваться для считывания информации о состоянии (status) из списка системных состояний (SSL - system status list). Необходимым для этого условием является, чтобы интерфейс был сконфигурирован независимо от возможного приложения.</p> <p>"Controller" ("Контроллер"): С помощью диагностического адреса, заданного в окне "Controller" ("Контроллер") операционная система сигнализирует CPU о событиях, связанных с функционированием IO-контроллера.</p>

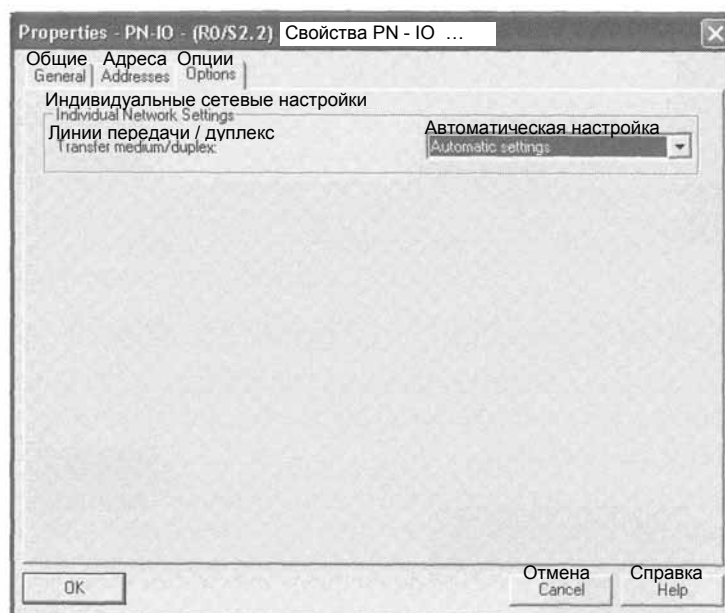


Рис. 4.27 Задание опций для PN IO - интерфейса на вкладке "Options" ("Опции")

Таблица 4.23 Параметры на вкладке "Options" ("Опции")

Параметр	Значение
Individual network settings (Индивидуальные сетевые настройки)	<p>Transfer medium/duplex (Линии передачи / дуплекс): (TP = кабели типа "витая пара", ITP = предварительно подготовленные кабели типа "промышленная витая пара")</p> <p>Если это необходимо, то могут быть выполнены фиксированные сетевые настройки. По умолчанию установлено: "Automatic settings" ("Автоматическая настройка"), при этом гарантируется бесперебойное поддержание коммуникаций в стандартных конфигурациях.</p> <p>Если возникают проблемы в коммуникациях (не устанавливаются соединения, часто происходят сетевые ошибки), то это может быть вызвано неправильным выбором сетевых настроек.</p>

### Конфигурирование Profinet IO-системы

Обозначение Profinet IO-систем имеет похожую структуру, аналогичную обозначению систем ведущих (master) DP-устройств. Первая часть имени идентифицирует подсеть Ethernet и заканчивается двоеточием. Вторая часть имени содержит обозначение "IO-System", за которой в скобках следует номер IO-системы. Тогда как номера систем ведущих (master) DP-устройств начинаются с "1", STEP 7 для Profinet IO-систем назначает номера, начинающиеся с "100" (см. рис. 4.28...4.30 и табл. 4.24, 4.25).

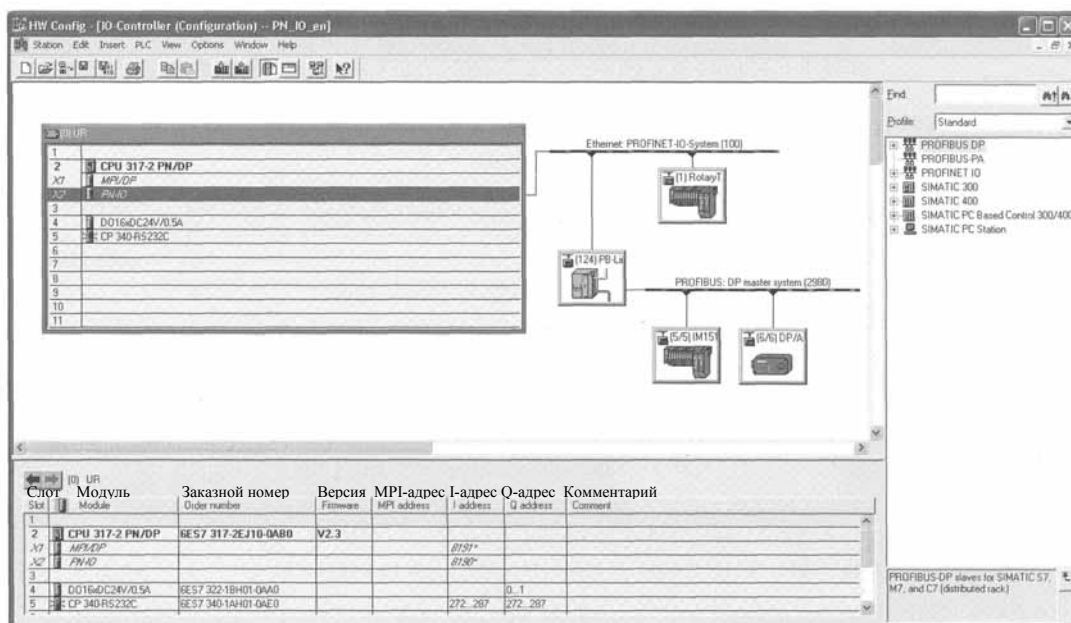


Рис. 4.28 PROFINET IO-система в окне утилиты HW Config

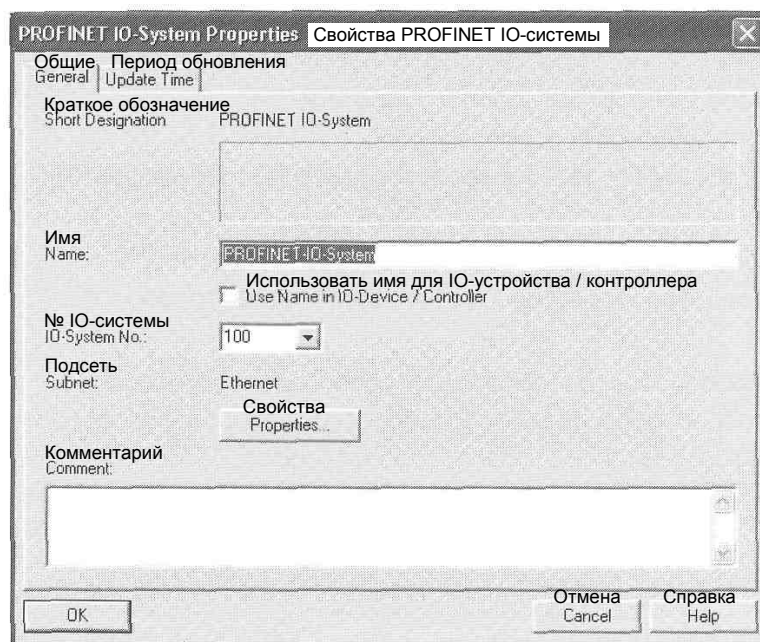


Рис. 4.29 Основные настройки PROFINET IO-системы (вкладка "General" ("Общие"))

Таблица 4.24 Параметры на вкладке "General" ("Общие")

Параметр	Значение
Short Designation (Краткое обозначение)	Заданное краткое обозначение PROFINET IO-системы.
Name (Имя)	Конфигурируемое имя PROFINET IO-системы.
Use Name in IO Device / Controller (Использовать имя для IO-устройства / контроллера)	При использовании систем разработки автоматизированных систем обеспечивается возможность задания имени PROFINET IO системы как компонента имени устройства. Имя для IO-контроллера как устройства, например, может иметь следующий формат: [краткое обозначение].[Имя IO-системы]
IO-System No. (№ IO-системы)	Номер Profinet IO-системы. Допустимые номера начинаются с 100, так как более мелкие номера используются для идентификации диапазона, например для SFC 71 "LOG_GEO"

Параметр	Значение
Subnet (Подсеть)	Имя подсети, к которой относится Profinet IO-система. Кнопка "Properties" ("Свойства") может быть использована для изменения свойств подсети, для создания новой подсети или для выбора другой подсети.
Comment (Комментарий)	Комментарий для PROFINET IO-системы

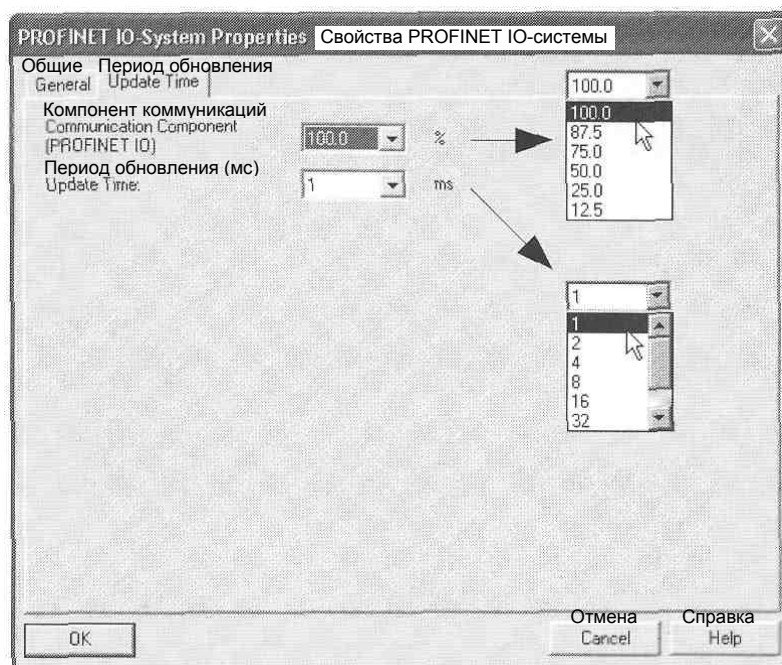


Рис. 4.30 Настройка периода обновления для PROFINET IO-системы на вкладке "Update Time" ("Период обновления ")



Таблица 4.25 Параметры на вкладке "Update Time" ("Период обновления ")

Параметр	Значение
Communication Component (Profinet IO) (Использование подсети системой Profinet IO в общей коммуникационной системе)	<p>В случае обмена циклическими данными посредством Profinet IO и Profinet CBA в одной и той же подсети Ethernet должен быть определен процент использования подсети системой Profinet IO в общей коммуникационной системе (Profinet IO + Profinet CBA).</p> <p>Параметр "Communication Component (Profinet IO)" относится только к обмену циклическими данными. Изменение этого параметра может сказаться на значении периода обновления.</p> <p>При задании для данного параметра значения 100% вся пропускная способность канала связи отдается системе обмена данными Profinet IO.</p> <p>Компонент коммуникаций для обмена ациклическими данными (например, операции доступа с использованием программатора PG) здесь не рассматривается, так как для него в системе зарезервировано достаточное количество ресурсов.</p>
Update time (Период обновления)	<p>Система STEP 7 автоматически рассчитывает значение для периода обновления (update time) с учетом существующей конфигурации аппаратной части и фактического периода генерации циклических данных, с учетом свойств модулей и выделенного ресурса канала связи для Profinet IO.</p> <p>Данное рассчитанное значение для периода обновления может быть увеличено вручную, но не может быть уменьшено.</p> <p>Все IO-устройства в Profinet IO-системе должны снабжаться IO-контроллером новыми данными (выходными) в течение заданного периода обновления, а также все IO-устройства должны передавать свои последние сигналы (входные) в IO-контроллер. Последовательность операций при обмене циклическими данными (момент времени передачи данных, распределение данных, и т.д.) автоматически определяется системой STEP 7 и загружается в IO-контроллер вместе с другими данными конфигурации.</p> <p>Значения для периода обновления (Update time) могут быть заданы только с определенным шагом по времени, и обязательны для всех устройств Profinet IO-системы. Эти возможные значения определяются системой STEP 7 с учетом свойств (записанных в GSD-файлах) используемых Profinet IO-устройств.</p>

## Вставка IO-устройств

Выбор и встраивание в систему IO-устройств с использованием утилиты HW-Config выполняется так же как в системе Profibus DP. Перед вставкой Profinet IO-система должна существовать и быть открытой в окне станции.

IO-устройства представлены в разделе "Profinet IO" в каталоге оборудования (hardware catalog) (см. рис. 4.31). Они связываются с IO-системой с использованием метода drag&drop или двойным щелчком левой кнопки манипулятора "мышь". Если подключается модульное IO-устройство, то необходимые модули должны быть последовательно сконфигурированы в IO-устройстве.

Символьное представление IO-устройств в окне станции аналогично представлению ведомых DP-устройств (DP slaves) в системе Profibus. При этом отображаются номера и имена устройств (возможно, в сокращенном виде).

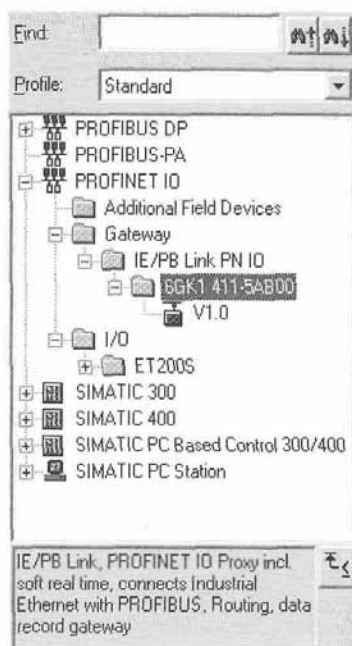


Рис. 4.31 PROFINET IO-устройства в каталоге оборудования

## Конфигурирование IO-устройств

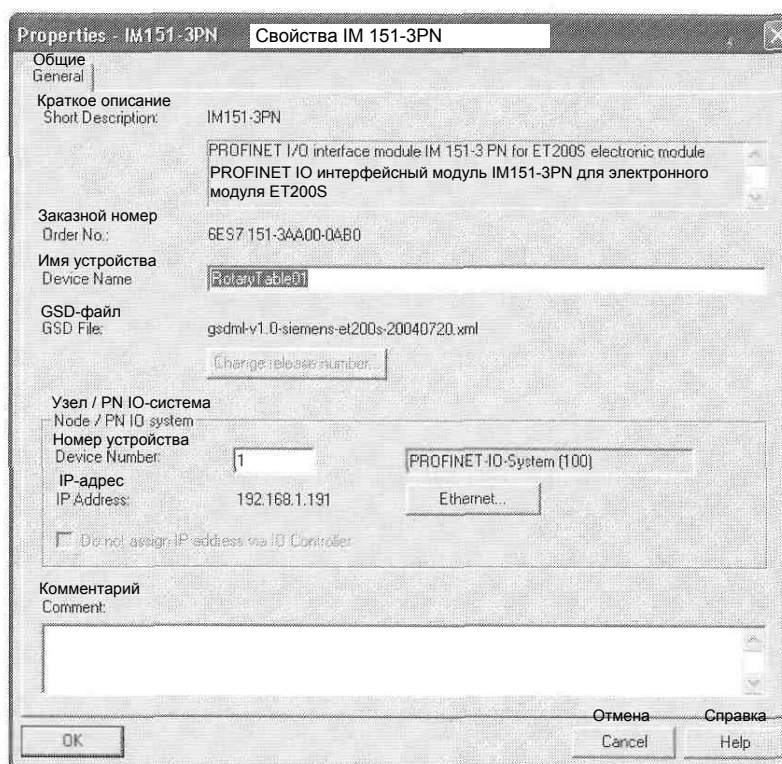


Рис. 4.32 Основные настройки IO-устройства (вкладка "General" ("Общие"))

Таблица 4.26 Параметры на вкладке "General" ("Общие")

Параметр	Значение
Short Description (Краткое описание)	DNS-совместимое наименование PROFINET IO-устройства из GSD-файла. Если оно сохранено в GSD-файле, то краткое описание доступно для прочтения под кратким наименованием (см. рис. 4.32).
Order No. (Заказной номер)	Заказной номер устройства.
Device Name (Имя устройства)	Однозначно определенное имя устройства в Ethernet-сети совместимое с соглашениями по DNS. Имена назначаются Profinet IO-устройствам на этапе отладки. По умолчанию назначаются имена из GSD-файла (см. параметр "Short designation" ("Краткое обозначение")). Для интегрированных Profinet-интерфейсов имена назначаются с учетом краткого обозначения.

Параметр	Значение
	<p>Если несколько устройств встраиваются в одну и ту же Profinet IO-систему, то система STEP 7 автоматически назначает для них имена из GSD-файла с последовательно нарастающим номером. Второе устройство получает дополнительный номер "-1", третье устройство получает дополнительный номер "-2" и т.д.</p> <p>Если имя устройства было назначено произвольно, то оно должно учитывать расположение Profinet IO-устройства, например, "RotaryTableOI".</p>
GSD File (GSD-файл)	<p>Имя GSD-файла используется STEP 7 для представления IO-устройства и его свойств.</p> <p>Если несколько GSD-файлов для различных версий и релизов присутствуют в системе управления данными STEP 7, то в каталог оборудования всегда встраивается устройство со GSDML-схемой последней версии или последнего выпуска. Используя кнопку "Change release number" ("Изменение номера выпуска") возможно получить доступ к другим версиям или выпускам GSD-файлов, что обеспечивает возможность конфигурирования устройств более ранних выпусков.</p>
Node / Profinet IO system (Узел / Profinet IO-система)	<p>"Device Number" ("Номер устройства"): Однозначно определенный номер Profinet IO-устройства, который в отличие от имени устройства, отображается в пользовательской программе. Он может использоваться в программе пользователя (например, для SFC 71 "LOG_GEO") для идентификации прибора. Кроме номера устройства отображается соответствующая IO-система. Имя и номер Profinet IO-системы могут быть изменены с использованием диалогового окна свойств Profinet IO-системы.</p> <p>"IP-адрес" ("IP address"): IP-адрес для IO-устройств обычно автоматически назначается системой STEP 7 с учетом IP-адреса IO-контроллера. Этот четко определенный IP-адрес загружается в IO-контроллер вместе с конфигурацией оборудования. IO-контроллер назначает данный IP-адрес IO-устройству при запуске.</p> <p>"Do not assign IP-address via IO-Controller" ("Не назначать IP-адрес с использованием контроллера"): Если элемент "чекбокс" активирован, то IO-устройство должно получать IP-адрес от другого устройства (не от IO-контроллера), а например, от DHCP-сервера. При этом IO-контроллер и IO-устройство должны поддерживать такой механизм.</p> <p>Если элемент "чекбокс" не активирован, то IO-устройство должно получать IP-адрес от IO-контроллера при запуске.</p>
Comment (Комментарий)	Комментарий для PROFINET IO-устройства

## Конфигурирование шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO

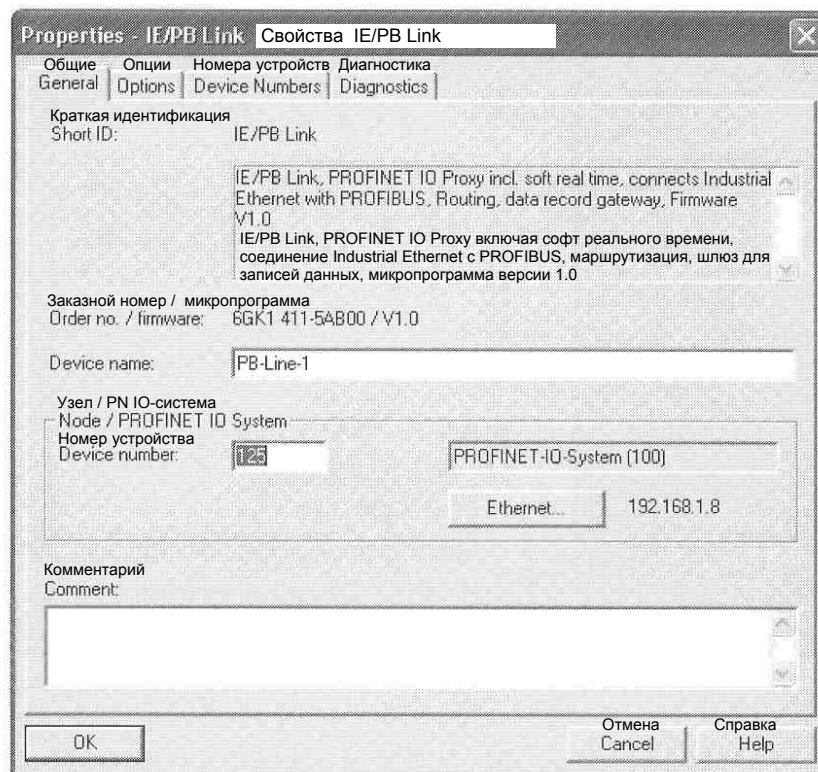


Рис. 4.33 Основные настройки для шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO (вкладка "General" ("Общие"))

Таблица 4.27 Параметры шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO на вкладке "General" ("Общие")

Параметр	Значение
Short Description (Краткое описание)	В соответствии с конфигурацией для IO-устройств.
Order No. / Firmware (Заказной номер / Микропрограмма)	Заказной номер и версия микропрограммы для устройства.
Device Name (Имя устройства)	В соответствии с конфигурацией для IO-устройств.

Параметр	Значение
GSD File (GSD-файл)	В соответствии с конфигурацией для IO-устройств.
Node / Profinet IO system (Узел / Profinet IO-система)	В соответствии с конфигурацией для IO-устройств. Номера для ведомых (slave) DP-устройств, подключенных к системе ведущего (master) DP-устройства, должны быть уникальными во всей Profinet IO-системе.
Comment (Комментарий)	В соответствии с конфигурацией для IO-устройств.

Ведомые (slaves) DP-устройства адресуются IO-контроллером как IO-устройства с использованием номера Profinet IO-устройства. Номера устройств, первоначально назначаемые автоматически, могут быть изменены на вкладке "Device Numbers" ("Номера устройств").

При размещении ведомых DP-устройств (DP slaves) в системе ведущего DP-устройства (DP master system) STEP 7 пытается назначать одинаковые численные значения номерам устройств и Profibus-адресам. Если аналогичное назначение номера невозможно, то в качестве номера устройства берется вакантное значение. Такая ситуация может быть в случае, если номера устройств были заняты другими IO-устройствами, подключенными к PN IO-системе.

Все назначенные номера устройств должны быть уникальными во всей Profinet IO-системе. Повторно используемые номера устройств могут возникнуть в случае, когда, например, производится переназначение Profibus-адреса и при этом активируется автоматическое распределение номеров устройств. Однозначное назначение номеров может быть обеспечено при проверке консистентности с помощью утилиты HW-Config.

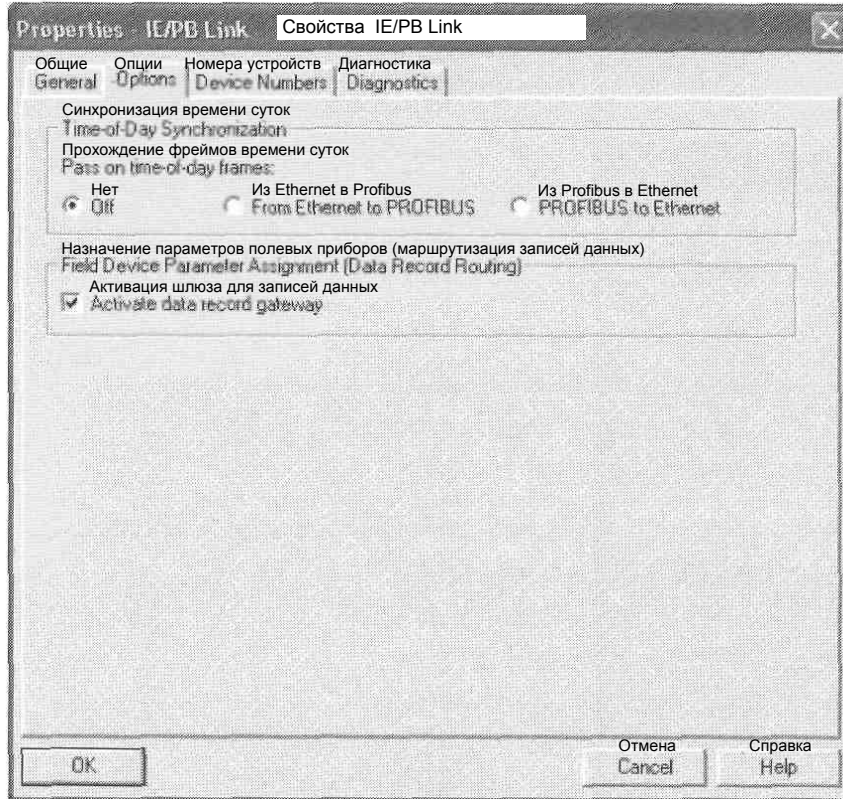


Рис. 4.34 Настройка опций для шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO (вкладка "Options" ("Опции"))

Таблица 4.28 Параметры на вкладке "Options" ("Опции")

Параметр	Значение
Time-of-Day Synchronization (Синхронизация времени суток)	<p>Возможность установки: будет ли шлюз IE/PB-Link пропускать фреймы синхронизации времени суток (time-of-day frames) от устройства, передающего точное время, или нет.</p> <p>Возможные направления:</p> <p>"Off" ("Выключено"): фреймы синхронизации времени суток не пропускаются</p> <p>"From Ethernet to Profibus" ("из Ethernet в Profibus"): пропуск фреймов синхронизации времени суток из сети Ethernet в сеть Profibus.</p> <p>"Profibus to Ethernet" ("из Profibus в Ethernet"): пропуск фреймов синхронизации времени суток из сети Profibus в Ethernet.</p> <p>Если эта опция включена, то IE/PB-Link также принимает данные от устройства, передающего точное время, для отметок времени записей в диагностический буфер. В другом случае используются показания внутренних системных часов.</p>
Field Device Parameter Assignment (Data Record Routing) Назначение параметров полевых устройств (Маршрутизация записей данных)	<p>Шлюз IE/PB-Link может использоваться как маршрутизатор для записей, направляемых приборам полевого уровня. Это означает, что инструментальные средства или устройства, которые напрямую не подключены к Profibus, могут, тем не менее, передавать данные полевым приборам Profibus. Simatic PDM (Process Device Manager - менеджер приборов процесса) - это пример инструментария, который генерирует подобные записи для параметризации полевых приборов.</p> <p>По умолчанию данная функция активирована, но при этом требуются дополнительные ресурсы памяти. Функция может быть отключена, если ресурсы шлюза IE/PB-Link уже перегружены в соответствии с текущей конфигурацией (подключения и т.д.) или если маршрутизация записей данных не требуется.</p>



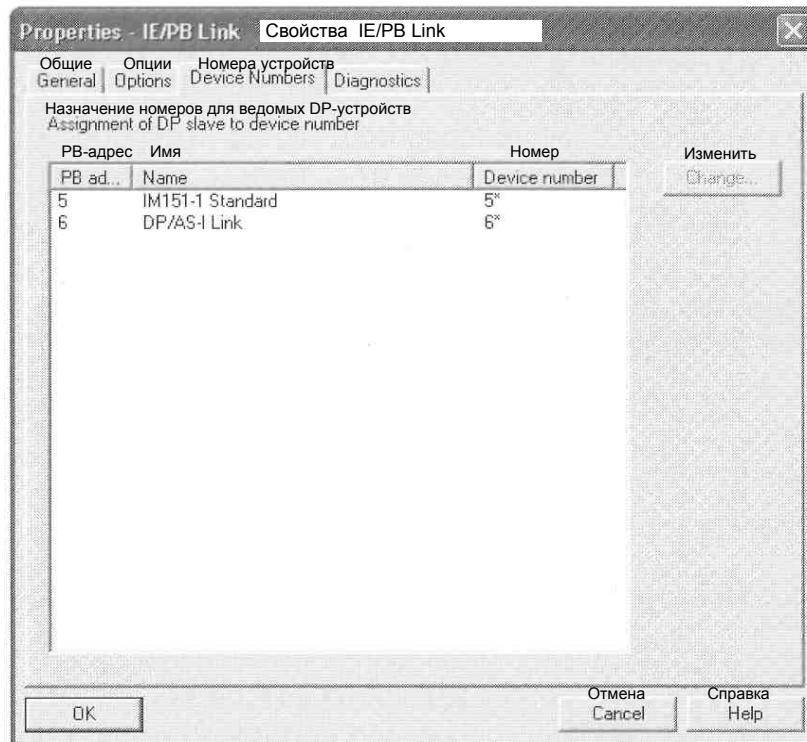


Рис. 4.35 Задание номера устройства для шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO

Таблица 4.29 Параметры на вкладке "Device Numbers" ("Номера устройств")

Параметр	Значение
Assignment of DP slave to device number (Назначение номеров для ведомых DP-устройств)	<p>"PBadr.": Profibus-адрес, который был определен в диалоговом окне свойств (properties) для ведомого DP-устройства (DP slave).</p> <p>"Name" ("Имя"): Имя устройства, которое было задано в диалоговом окне свойств (properties) для ведомого DP-устройства (DP slave). Имена для ведомых DP-устройств не имеет иного значения, кроме идентификации их как Profinet IO-устройств. Решающее значение имеет номер устройства.</p> <p>"Device number" ("Номер устройства"): Номер устройства для Profinet IO-устройств - в данном случае для ведомого DP-устройства (DP slave) как Profinet IO-устройства. Значок "*" означает, что для соответствующего ведомого DP-устройства задание номера устройства должно производиться, исходя из его Profibus-адреса. Изменение Profibus-адреса ведомого DP-устройства при автоматическом распределении номеров устройств приведет к изменению номера устройства в соответствии с новым Profibus-адресом.</p>

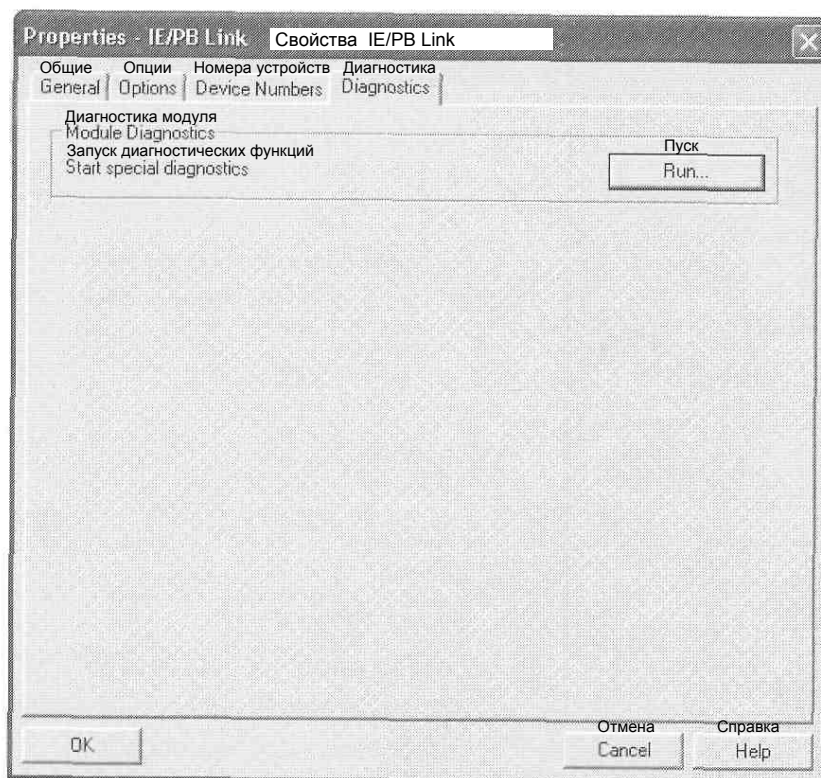


Рис. 4.36 Настройка специальных диагностических функций для шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO

Таблица 4.30 Параметры на вкладке "Diagnostics" ("Диагностика")

Параметр	Значение
Module Diagnostics (Диагностика модуля)	"Starting of diagnostics" (Запуск диагностических функций): Диагностические функции NCM-S7 для шлюза Simatic Net IE/PB-Link вызывается щелчком на кнопке "Run" ("Пуск"). Диагностические функции NCM S7 обеспечивает динамическую информацию о состоянии коммуникационных функций модулей, подключенных в режиме онлайн (online). Чтобы осуществлять диагностику, необходимо, чтобы шлюз Simatic Net IE/PB-Link PN IO был доступен для ПК станции проектирования/техобслуживания по сети.

## Назначение IP-адреса для IO-контроллера

Перед первой загрузкой в общем случае IO-контроллер не имеет IP-адреса. Прежде всего, для обеспечения доступа к нему по сети для него необходимо задать уникальный IP-адрес и другие IP-параметры (рис. 4.37).

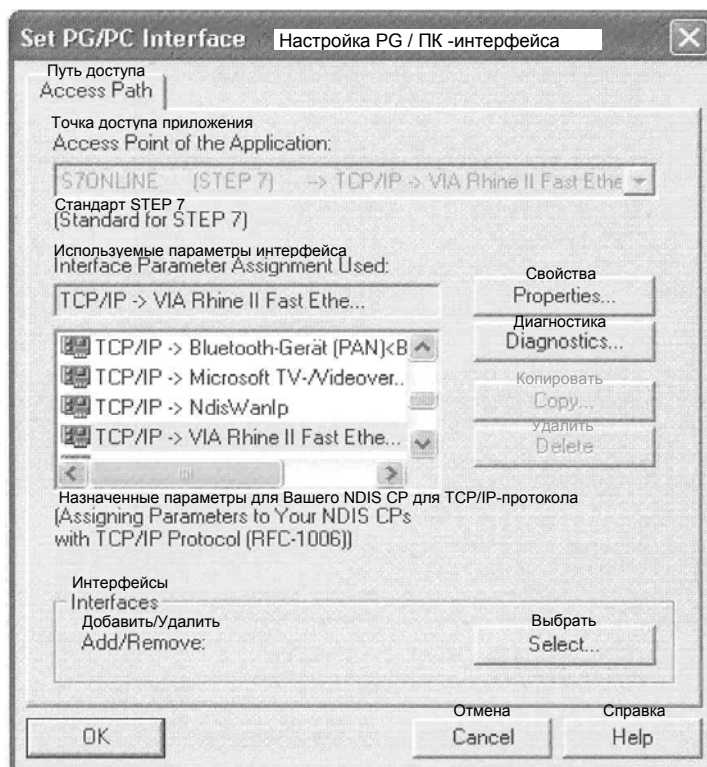


Рис. 4.37 Назначение параметров для интерфейса ПК/PG

Для назначения параметров IO-контроллер должен быть доступен в интерактивном режиме, то есть:

- Ethernet-интерфейс компьютера станции проектирования/техобслуживания STEP 7 должен быть доступен для STEP 7 / NCM PC. Для этого точка доступа для IE-модуля должна быть установлена в S7ONLINE в окне "Assign PG/PC interface" ("Назначение параметров для интерфейса ПК/PG").
- И IO-контроллер, и компьютер станции проектирования/техобслуживания STEP 7 должны быть подключены к Ethernet.
- И IO-контроллер, и компьютер станции проектирования/техобслуживания STEP 7 должны быть подключены к одной Ethernet-подсети.

Назначение IP-адреса может быть выполнено с использованием HW-Config с помощью команды "Assign Ethernet address" ("Назначить Ethernet-адрес").

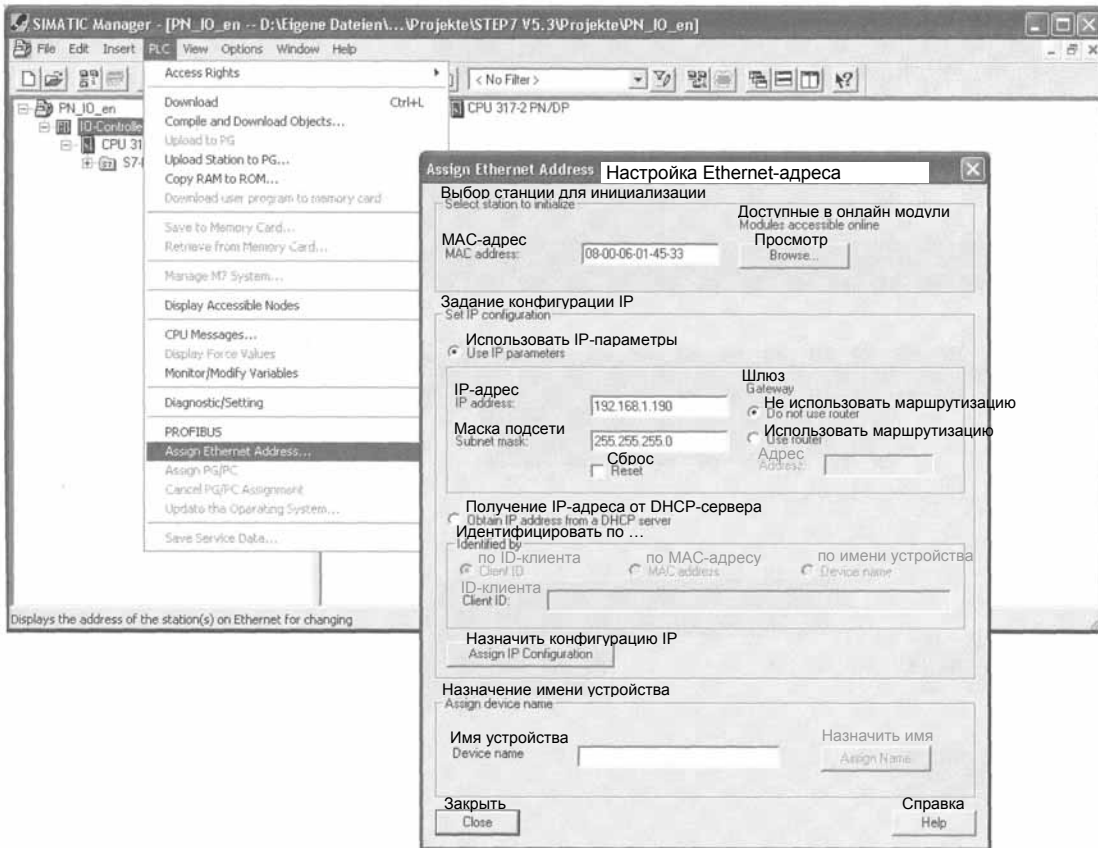


Рис. 4.38 Назначение Ethernet-адреса в Simatic Manager

Таблица 4.31 Параметры в диалоговом окне "Assign Ethernet address" ("Назначение Ethernet-адреса")

Параметр	Значение
Select station to initialize (Выбор станции для инициализации)	"MAC address:" ("MAC-адрес"): Ethernet-адрес устройства должен быть введен в формате: aa-bb-cc-dd-ee-ff. "Modules accessible online" ("Доступные в онлайн модули"): Если Ethernet-адрес неизвестен, то станции, к которым необходим доступ в подсети Ethernet, к которой подключен компьютер с системой проектирования/техподдержки, могут быть выбраны с помощью щелчка на кнопке "Browse" ("Просмотр").

Параметр	Значение
Set IP configuration (Задание IP-конфигурации)	<p>"Use IP parameters" ("Использовать IP-параметры"):</p> <p>Если для выбранного модуля было выбран данный контекстный диалог, то ранее назначенный IP-адрес может быть активирован. Кроме того, IP-адрес и маска подсети могут быть заданы в окнах данного поля.</p> <p>Группа "Gateway" ("Шлюз"):</p> <p>Опция "Do not use router" ("Не использовать маршрутизацию"): выбирайте данную настройку, если устройство должно поддерживать коммуникации только в собственной IP-подсети.</p> <p>Опция "Use router" ("Использовать маршрутизацию"): выбирайте данную настройку, если устройство должно поддерживать коммуникации с устройствами (в том числе с ES-станциями) не только в собственной IP-подсети, но и в других подсетях.</p> <p>В поле "Address" ("Адрес") в данном случае вводится IP-адрес сетевой карты маршрутизатора, находящегося в той же IP-подсети что и данное устройство.</p> <p>"Reset" ("Сброс"):</p> <p>При выборе данной опции параметры устройства сбрасываются в стандартные значения (принятые по умолчанию). При этом IP-адрес и данные конфигурации стираются. Дополнительная информация по выполнению сброса настроек может быть найдена в руководстве для устройства.</p> <p>"Obtain IP-адрес from a DHCP server" ("Получить IP-адрес от DHCP-сервера"):</p> <p>При выборе данной опции IP-адрес устройства получается от DHCP-сервера. В зависимости от выбранного варианта в данной группе управления DHCP-сервер получает или MAC-адрес ("MAC address") устройства CP, или имя устройства ("device name"), или клиентский идентификатор ("client ID"). Клиентский идентификатор (client ID) представляет собой строку символов с максимальной длиной в 63 символов.</p> <p>Если IP-адрес должен назначаться DHCP-сервером с использованием имени устройства ("device name"), то это имя должно быть предварительно и соответствующим образом задано.</p>
Assign device name (Назначение имени устройства)	Касается только IO-устройств.

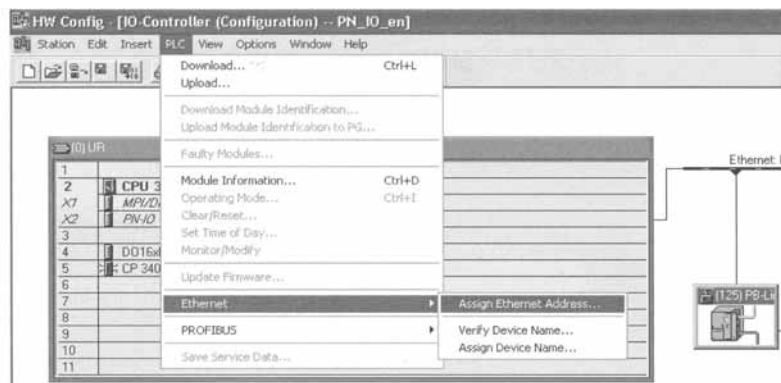


Рис. 4.39 Назначение Ethernet-адреса с помощью утилиты HW-Config

### Назначение имен для Profinet IO - устройств

Для того чтобы IO-контроллер мог назначать параметры для IO-устройств во время запуска системы, эти устройства должны иметь уникальные имена. Такие имена назначаются при конфигурировании IO-устройств с использованием утилиты HW-Config и затем передаются в IO-устройства. На рис. 4.40 и в табл. 4.32 разъясняется последовательность действий при назначении имен устройствам.

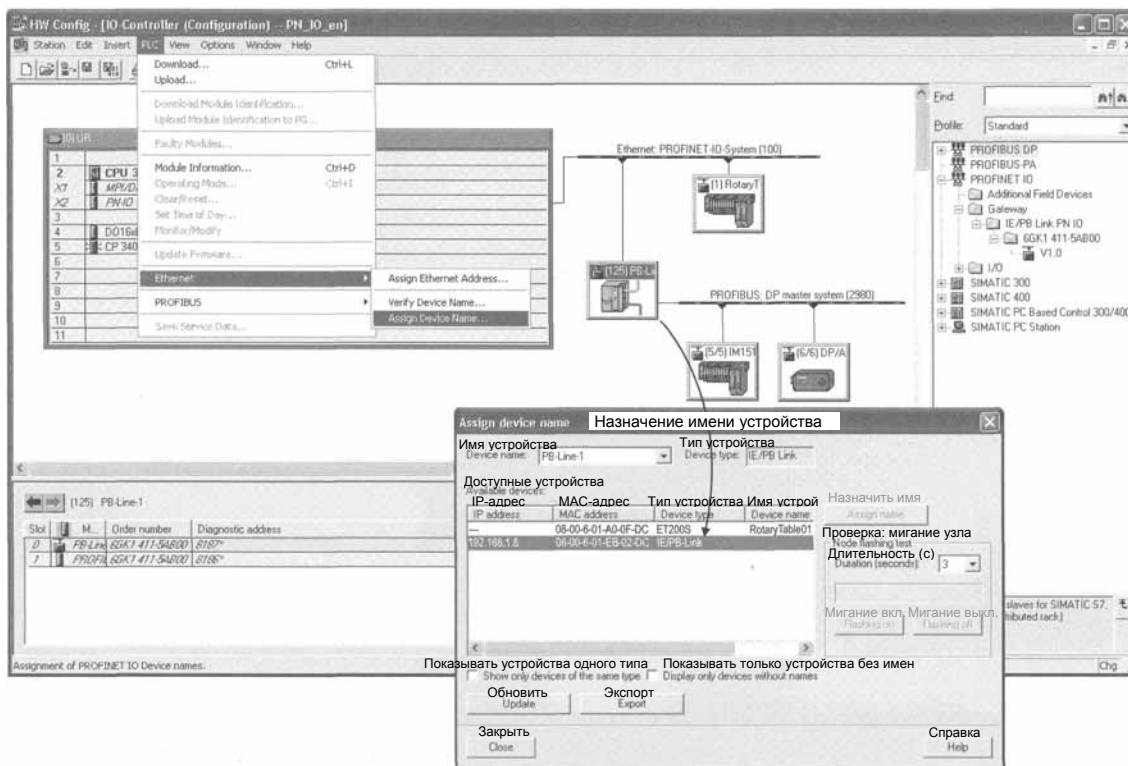


Рис. 4.40 Назначение имени устройства с использованием утилиты HW-Config

Таблица 4.32 Параметры в диалоговом окне "Assign Device Name" ("Назначение имени устройства")

Параметр	Значение
Device name (Имя устройства)	Имя, которое должно быть назначено для выделенного устройства.
Device type (Тип устройства)	Тип IO-устройства
Available devices (Доступные устройства)	"IP address" ("IP-адрес"): IP-адрес устройства (если уже назначен). "MAC address" ("MAC-адрес"): MAC-адрес устройства. Он обычно назначается производителем. "Device type" ("Тип устройства"): Тип устройства, например, IE/PB-Link. "Device name" ("Имя устройства"): Имя устройства (если уже назначено).
Display only devices of the same type (Отображать только устройства одного типа)	Фильтр для подавления отображения устройств других типов.
Display only devices without names (Отображать только устройства без имени)	Фильтр для подавления отображения устройств, уже имеющих имена.
Node flashing test (Проверка: мигание индикаторов узла)	Проверка с использованием мигания узла позволяет идентифицировать доступное устройство, если устройство поддерживает данную функцию. Соответствующее устройство может быть распознано с помощью мигания индикаторов (светодиодов). "Duration (seconds)" (Длительность в секундах): длительность (от 3 до 60 секунд с шагом через 3 с). "Flashing on" ("Мигание вкл") / "Flashing off" ("Мигание выкл"): Функция активируется с помощью кнопки "Flashing on" ("Мигание вкл"). После этого индикатор узла начинает мигать. Выключить индикатор можно с помощью кнопки "Flashing off" ("Мигание выкл").
Assign name (Назначить имя)	При щелчке на кнопке "Assign name" ("Назначить имя") имя для выбранного устройства пересылается в IO-устройство.
Update (Обновить)	При щелчке на кнопке "Update" ("Обновить") в подсети Ethernet вновь идет поиск, обновляется список доступных устройств.
Export (Экспорт)	Сохранение списка доступных устройств в виде CSV-файла (CSV: comma separated values - значения, разделенные запятой).

### Верификация имен Profinet IO-устройств

Если для IO-устройств были назначены имена, корректность назначения имен может быть проверена с использованием функции "Verify Device Name" ("Верификация имен устройств") (см. рис. 4.41).

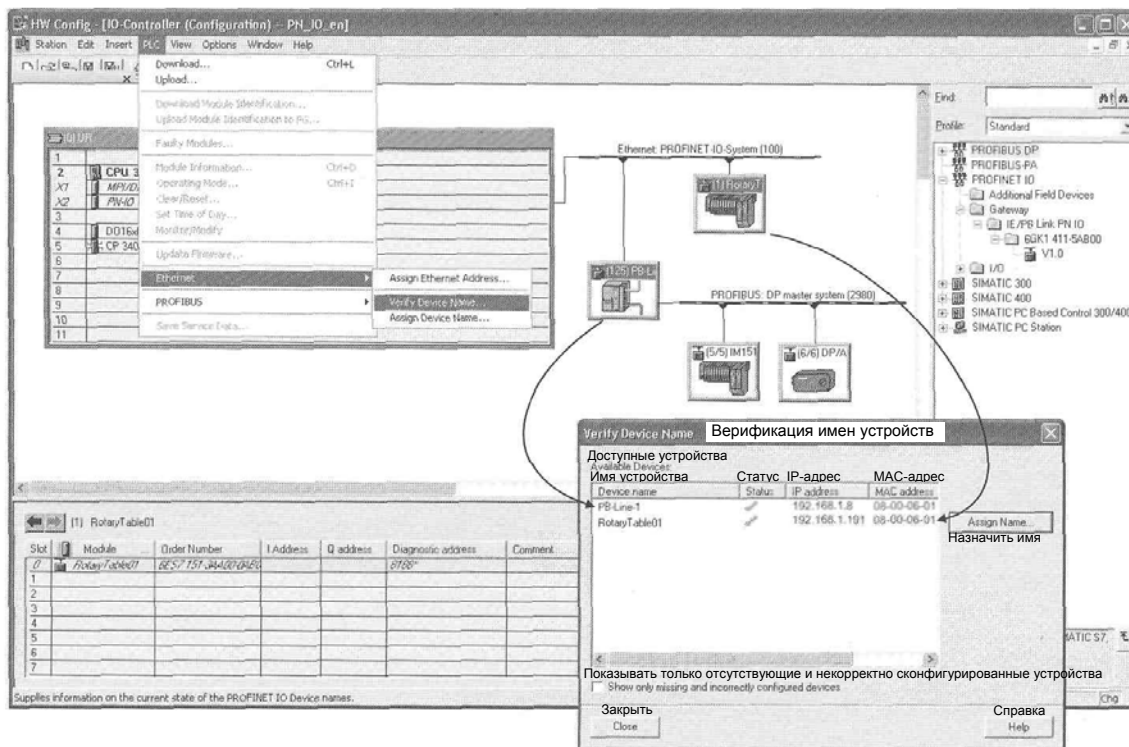


Рис. 4.41 Верификация имен устройств с использованием утилиты HW-Config



Таблица 4.33 Параметры в диалоговом окне "Verify Device Name" ("Верификация имен устройств")

Параметр	Значение
Available Devices (Доступные устройства)	Имена устройств отображаются вместе с дополнительной информацией для всех IO-устройств, которые были ранее выбраны в HW-Config. "Device name" ("Имя устройства"): Имя устройства (если уже назначено). "Status" ("Состояние"): Значок в виде зеленой галочки означает, что устройство с заданным именем существует и тип соответствует сконфигурированному IO-устройству. Значок в виде красного креста означает, что устройство с заданным именем существует, но тип не соответствует сконфигурированному IO-устройству. В этом случае определенный тип также отображается. Если устройство с заданным именем не найдено, то только состояние (X) отображается для данного имени устройства. "IP address" ("IP-адрес"): IP-адрес устройства (если уже назначен). "MAC address" ("MAC-адрес"): MAC-адрес устройства.
Show only missing or incorrectly configured devices (Показывать только отсутствующие или неправильно сконфигурированные устройства)	Фильтр для подавления отображения корректно сконфигурированных устройств.
Assign Name (Назначить имя)	Щелчок на данной кнопке открывает диалоговое окно "Assign device name" ("Назначить имя устройства").

### Создание пользовательской программы

Системой распределенных входов/выходов (I/O), подключенной к системе Simatic S7, управляют как централизованными I/O, с точки зрения программы пользователя. Profinet IO в этом отношении не отличается от Profibus DP, и пользовательская программа создается как для Profinet DP.

Дополнительную информацию по созданию пользовательской программы, а также по новым особенностям и расширенным возможностям при использовании Profinet IO Вы можете найти в главе 6.

## **Загрузка (Download) конфигурации и пользовательской программы**

Данные конфигурации должны быть загружены в контроллер перед загрузкой пользовательской программы. Данные конфигурации загружаются в IO-контроллер с помощью утилиты HW-Config. При этом конфигурация должна быть консистентной, а IO-контроллер должен быть доступен в подсети Ethernet.

В процессе запуска системы IO-контроллер распределяет IP-адреса и данные параметризации по соответствующим IO-устройствам, устанавливает все необходимые соединения с IO-устройствами. После этого начинается обмен циклическими данными по сети.

После успешного завершения тестирования установки выполняется архивация всех данных конфигурации проекта. На этом завершается фаза конфигурирования проекта.

### **4.2.4 Обслуживание установки**

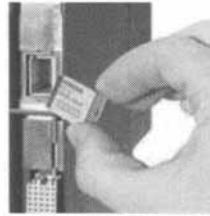
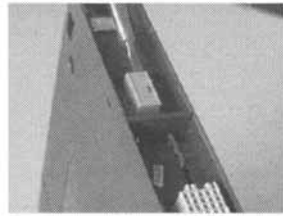
#### **Замена компонентов устройств Simatic Net Profinet**

Во многих устройствах Simatic Net Profinet используется сменный модуль - носитель данных конфигурации ("replaceable configuration plug", именуемый для краткости C-Plug). Модуль C-Plug располагается на передней (F) или задней (R) панелях устройств.

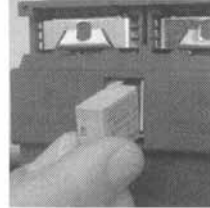
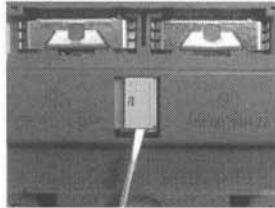
Примеры устройств, в которых используется модуль C-Plug:

- Simatic Net Profinet CP 343-1 (только IO-контроллер) (R)
- Simatic Net Profinet CP 443-1 Advanced (R)
- Simatic Net router IE/PB Link PN10 (R)
- Simatic Net router IWLAN/PB Link PN 10 (F)
- Simatic Net Scalance S-612 и S-613 (модуль безопасности) (R)
- Simatic Net Scalance X Switches (коммутаторы) серий X-200 ... X-400 (R)

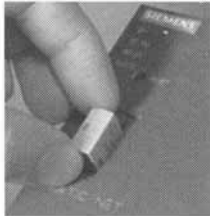
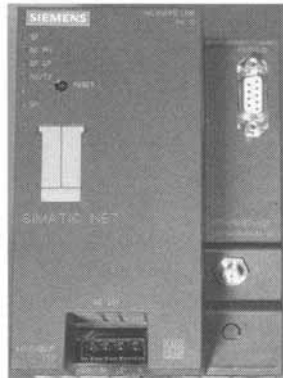
C-Plug обеспечивает сохранение данных конфигурации и программы при отключении питания. В "чистом" модуле C-Plug (состояние при поставке) все необходимые данные конфигурации автоматически сохраняются при запуске системы. Если конфигурация изменяется во время работы (runtime), то данные в C-Plug автоматически обновляются без участия оператора. При необходимости замены устройства Simatic Net Profinet простым переносом модуля C-Plug обеспечивается перенос данных конфигурации в запасное устройство без применения средств проектирования / отладки (рис. 4.42).



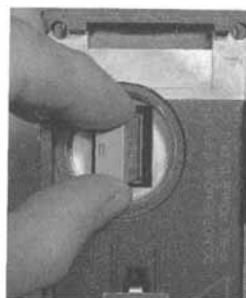
Замена модуля C-Plug в SIMATIC Net CP 443-1 Advanced



Замена модуля C-Plug в SIMATIC Net IE/PB Link PN IO и CP 343-1 (IO контроллер)



Замена модуля C-Plug в SIMATIC Net IWLAN/PB Link PN IO



Замена модуля C-Plug в SIMATIC Net Scalance S Security Module и в переключателе Scalance X-200

Рис. 4.42 Замена модуля C-Plug в устройствах Simatic Net Profinet

### Замена компонентов Simatic S7 IO-контроллера и IO-устройств

Компонент MMC (Multi Media Card - мультимедийная карта) Simatic IO-устройства содержит в себе запись имени устройства (device name), а в Simatic S7 IO-контроллере, кроме того, содержит IP-адрес и пользовательскую программу. При замене устройства соответствующие данные автоматически становятся доступными после вставки MMC в замененное устройство. MMC обычно располагается на передней или задней панели и закрывается защитной створкой (Рис. 4.43).

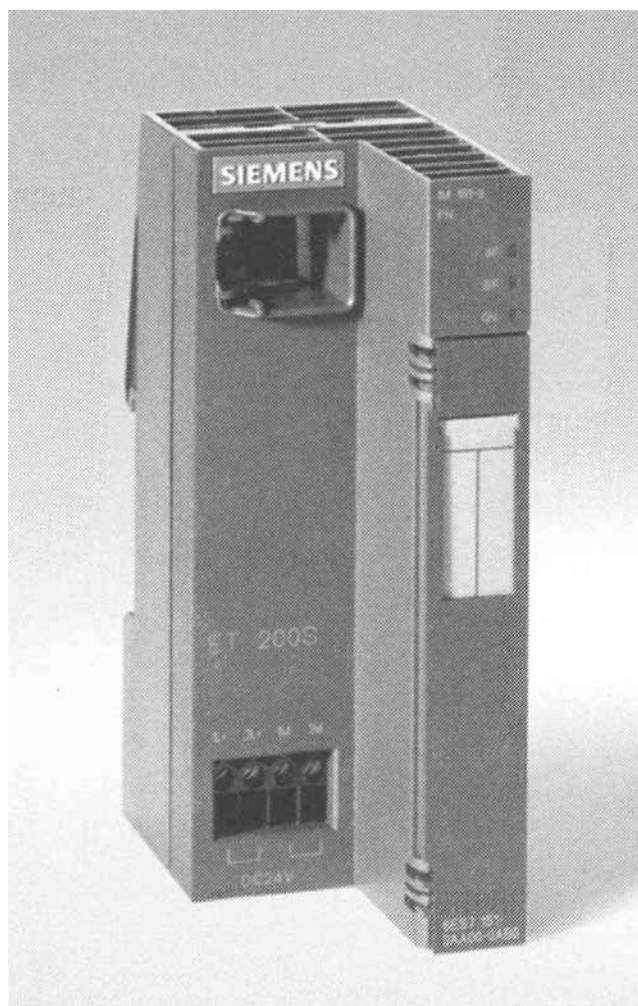


Рис. 4.43 Модуль распределенных I/O Simatic ET 200S IM 151-3 PN

## 4.3 Диагностические функции в Profinet IO

Концепция диагностики в системе Profinet IO совместима с концепцией диагностики в Profibus DP. Все возможные функции диагностики, которые доступны в STEP 7 для компонентов Profibus DP, также могут быть использованы в системе Profinet IO. Соответствующие диагностические процедуры аналогичны (см. табл. 4.34).

Таблица 4.34 Возможности диагностики в системе Profinet IO

Функции диагностики	Функции диагностики с использованием следующих возможностей	Область применения
Для STEP7 или для NCM-PC	Диагностика в режиме online с использованием ПК, программатора PG или устройств с человеко-машинным интерфейсом	Оценка текущего состояния устройства
В программе пользователя в IO-контроллере	Считывание системных состояний (SSL)	Определение местоположения отказа
	Считывание диагностических записей	Определение дополнительной информации по типу и источнику отказа
Для компонентов сети	Функции управления сетью (SNMP)	Диагностика инфраструктуры сети
Для Profinet-устройств	Светодиодные индикаторы	Контроль отказов в системе коммуникаций и при передаче данных

Для Profinet IO-устройств диагностика осуществляется совместно для Simatic S7-станций и для ведомых (slave) Profibus DP-устройств с помощью утилиты HW-Config. При этом доступна диагностическая информация на четырех уровнях, как показано на рис. 4.44 и в таблице 4.35.

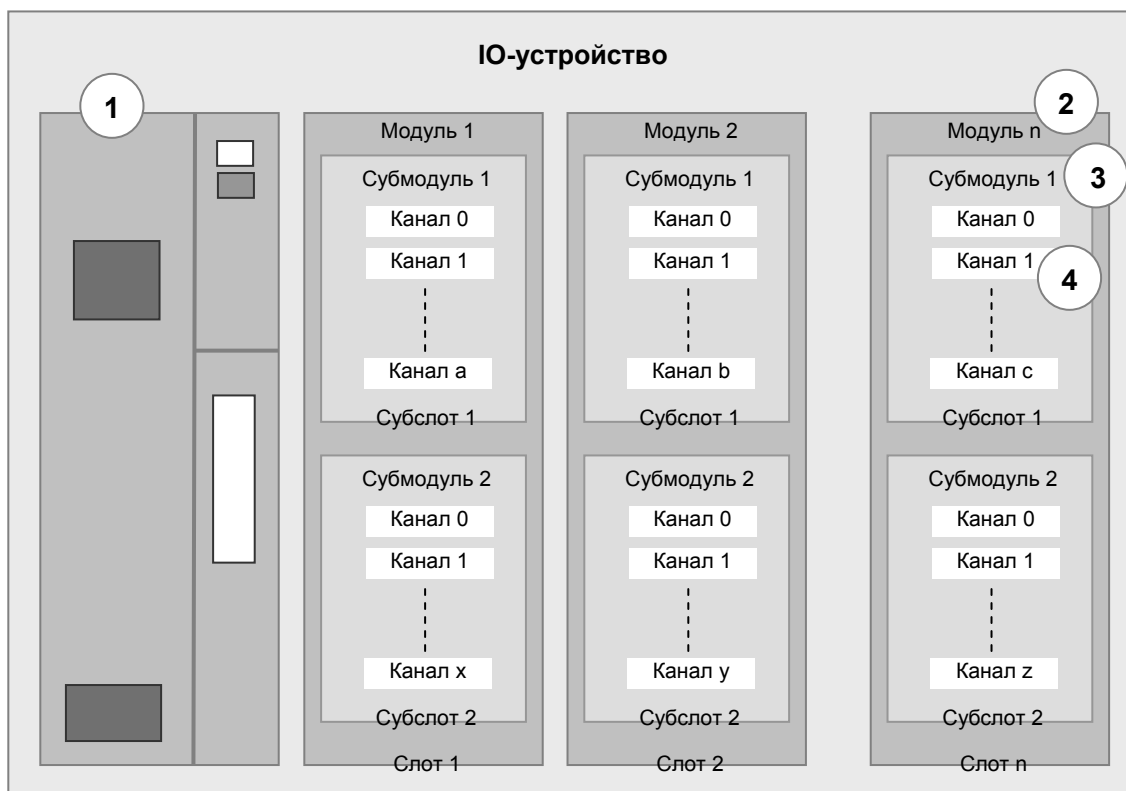


Рис. 4.44 Уровни системы, доступные для диагностики в Profinet IO

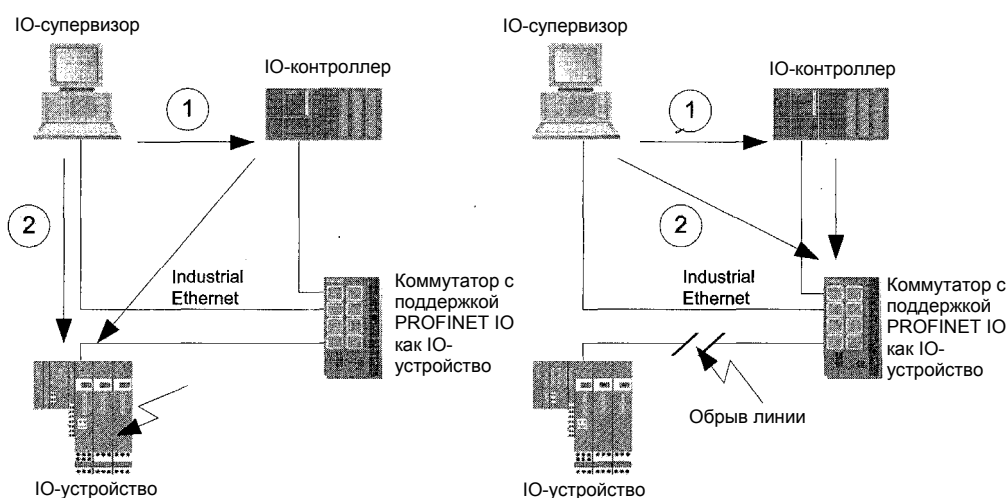
Табл. 4.35 Примеры диагностики в Profinet IO в разных уровнях системы

Уровень	Значение
1	Отказ в устройстве, например, узел вентиля 2
2	Отказ в модуле, например, в модуле аналоговых входных сигналов n
3	Отказ в субмодуле
4	Отказ в канале, например, обрыв в цепях канала 1

### 4.3.1 Функции диагностики для Profinet IO в STEP 7 и NCM

Сигналы об отдельных или групповых отказах передаются от IO-устройства к IO-контроллеру. С другой стороны, полную информацию о состоянии IO-устройства, включая все еще не устраненные ошибки/отказы, могут быть непосредственно считаны из IO-устройства.

Коммутаторы, поддерживающие Profinet IO (например, Simatic Net SCALANCE X200/400) конфигурируются с использованием утилиты HW-Config как IO-устройства и, соответственно, для них может быть выполнена диагностика (рис. 4.45).



- 1: IO-супервизор (PG или HMI) запрашивает состояние станции IO-устройств. После активации IO-супервизором IO-контроллер автоматически считывает всю информацию о состоянии станции из IO-устройства / коммутатора в асинхронном режиме и сохраняет считанную диагностическую информацию в списке системных состояний (SSL) в IO-контроллере. IO-супервизор имеет доступ к списку состояний SSL.
- 2: IO-супервизор (PG или HMI) обеспечивает возможность считывания информации о состоянии станции из IO-устройства / коммутатора независимо от IO-контроллера. Таким путем диагностическая информация может быть считана во время фазы отладки или в процессе обслуживания, даже если IO-контроллер не в рабочем режиме.

Рис. 4.45 Диагностика в системе Profinet IO с использованием устройств STEP 7 или HMI

В таблице 4.36 представлен обзор функций диагностики, доступных в STEP 7.

Таблица 4.36 Возможности диагностики в STEP 7

Функция	Информация
Simatic Manager (online view) (просмотр в режиме online)	Обзор текущего состояния системы (включая информацию по конфигурации): Вызов в Simatic Manager осуществляется командами меню: <i>View (Вид) -&gt; Online (Интерактивный режим)</i>
HW-Config (online view) (просмотр в режиме online)	Обзор текущего состояния системы (включая информацию по конфигурации): Вызов в HW-Config осуществляется командами меню: <i>Station (Станция) -&gt; Open online (Открыть в интерактивном режиме)</i>
Available Nodes (Доступные узлы)	Список Profinet - устройств, доступных в подсети Ethernet.
Diagnosics view и quick view (Вид диагностики и вид для быстрого просмотра)	Отображение списка отказавших модулей: Quick view (Быстрый просмотр): Отображение IO-контроллера и отказавших модулей. Diagnosics view (Вид диагностики): Отображение всех модулей. Выбор вида диагностики и вида для быстрого просмотра командами: <i>Target system (Целевая система) -&gt; Diagnostics/settings (Диагностика/настройки) -&gt; Hardware diagnostics (Диагностика оборудования).</i>
Module information (Информация по модулю)	Device status (Состояние устройства): OK / faulty (сбой) / failed (отказ) Device name (Имя устройства): например, RotaryTableOI Device type (Тип устройства): например, ET200S Plant and location identifier (Идентификатор установки и расположения): например, Press Hall 1 Control cabinet 4.1.A (кузнечный цех 1, шкаф управления 4.1.A) Fault position (Местоположение ошибки): модуль/субмодуль Type of channel fault (Тип ошибки канала): например, open-circuit (обрыв цепи) Optional (Опционально): возможности для поиска неисправностей
STEP 7-NCM	Программное обеспечение NCM встроено в STEP 7 для диагностики модулей Simatic Net. Функции диагностики NCM вызываются с помощью диалога для Simatic Net или из Windows командами меню: <i>Start (Пуск) -&gt; Simatic -&gt; STEP 7 -&gt; NCM S7 -&gt; Diagnostics (Диагностика).</i>

Для отображения различных состояний устройств и диагностических сигналов используются различные символы. Символы диагностики отображаются в окне "online" проекта, а также в окне конфигурации аппаратуры в виде Online View в таблицах конфигурации.



Символы диагностики облегчают поиск неисправностей и оперативно показывают, доступны ли функции диагностики или нет (см. табл. 4.37).

Таблица 4.37 Символы для отображения различных состояний устройств и диагностических сигналов

Символ	Информация
	Диагностика: различие между ожидаемым и фактическим значениями в конфигурации: сконфигурированный модуль не существует или вставленный модуль относится к другому, некорректному в данной ситуации, типу.
	Диагностика: модуль выдает ошибку. Возможны следующие случаи: обнаружение диагностического прерывания, ошибка доступа к I/O или индикация ошибки светодиодом (Error).
	Диагностика: выполнение диагностики невозможно, так как отсутствует интерактивное соединение или CPU не выдает никакой диагностической информации в модуль (например, источник питания, submodule).
	Рабочее состояние STARTUP (Запуск)
	Рабочее состояние STOP (Стоп)
	Рабочее состояние STOP (Стоп), вызванное рабочим состоянием STOP (Стоп) другого CPU, при использовании многопроцессорного режима.
	Рабочее состояние RUN (Выполнение)
	Рабочее состояние HOLD (Задержка)
	Рабочее состояние FORCE (Форсирование): "Форсирование переменных" выполняется в данном модуле, то есть переменным для модуля в данной пользовательской программе назначаются фиксированные значения, определенные по умолчанию, которые не могут быть изменены программой. Отображение режима форсирования переменных возможно одновременно с показом других символов, например, с символом "Рабочее состояние RUN" (Выполнение).

Обзор текущего состояния системы с Simatic Manager в режиме Online View  
(Интерактивный вид)

Получить полный обзор текущего состояния системы, включая информацию о конфигурации возможно с использованием интерактивного вида (online view) в программе Simatic Manager. Этот вид вызывается в окне Simatic Manager с использованием следующих команд меню:

View (Вид) -> Online (Интерактивный вид)

(см. рис. 4.46).

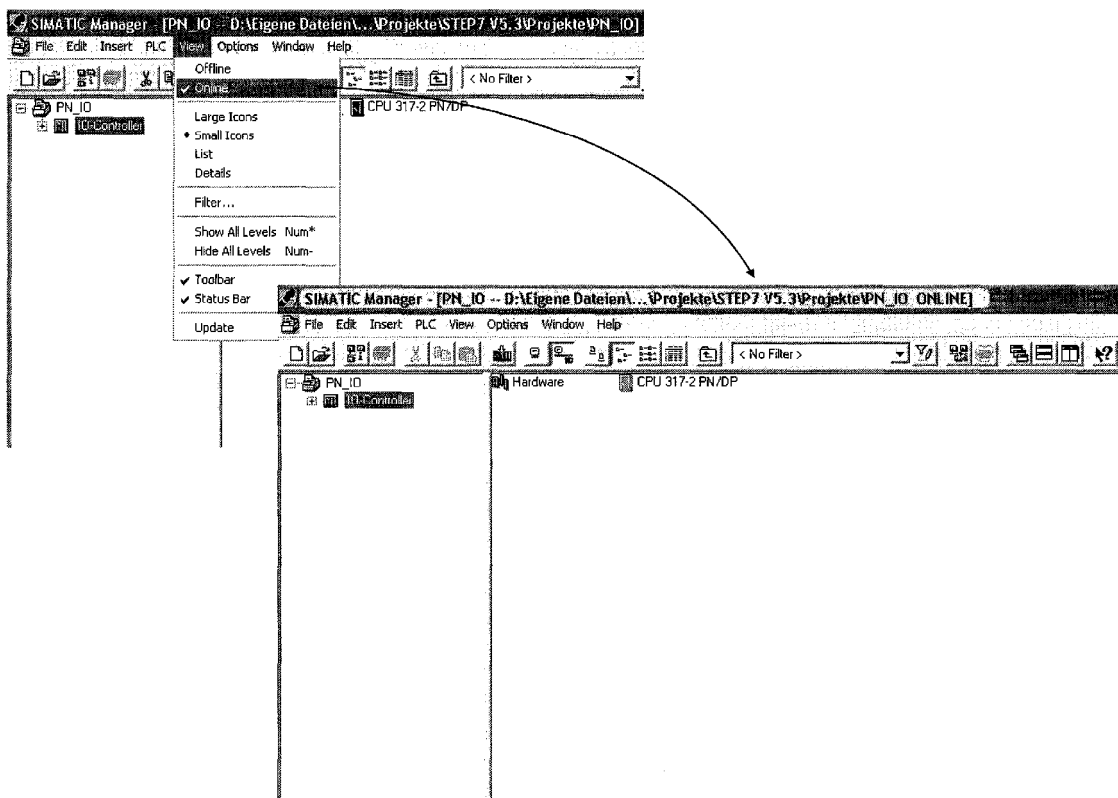


Рис. 4.46 Полный обзор текущего состояния системы с Simatic Manager в режиме Online View (Интерактивный вид)

Обзор текущего состояния системы с HW-Config в режиме Online View  
(Интерактивный вид)

Второй способ получения полного обзора текущего состояния системы обеспечивается при использовании интерактивного вида (online view) в программе HW-Config. Этот вид вызывается в окне HW-Config с использованием следующих команд меню:

Station (Станция) -> Online (Интерактивный вид)

(см. рис. 4.47).

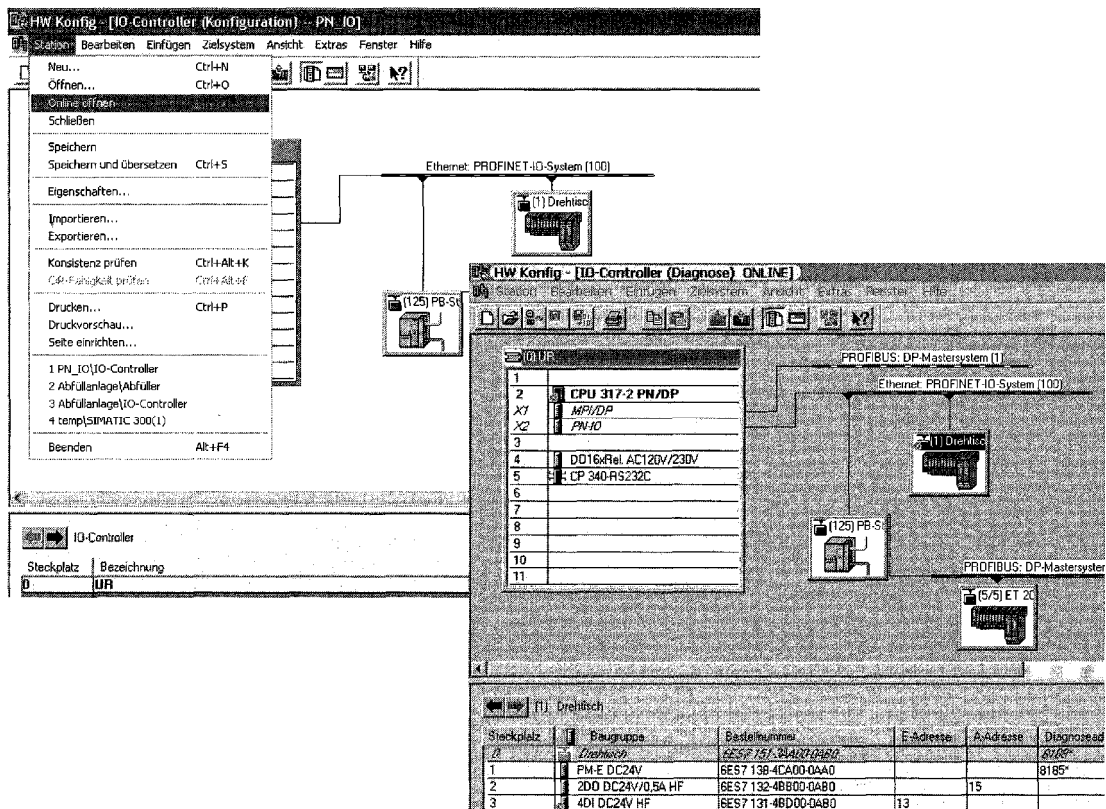


Рис. 4.47 Полный обзор текущего состояния системы с HW-Config в режиме Online View (Интерактивный вид)

## Узлы, доступные в Simatic Manager

Предпосылкой для использования раздела "Accessible Nodes" ("Доступные узлы") является корректная настройка PG/ПК-интерфейса сетевой карты в PG или в ПК для использования TCP/IP-протоколов в сети Ethernet. Так как протокол, используемый для реализации данной функции, не маршрутизируется, то PG / ПК и станции, к которым необходим доступ, должны присутствовать в одной физической Ethernet-сети. Никакие коммутаторы или маршрутизаторы при этом не допускаются в линиях коммуникационной связи между ними (см. рис. 4.48).

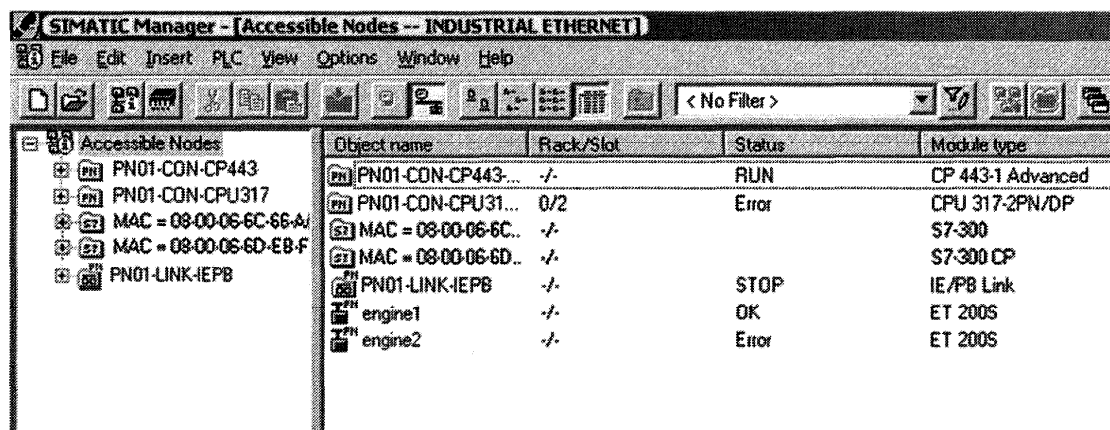


Рис. 4.48 Пример: доступные узлы

В этом окне могут отображаться:

- коммуникационные процессоры Simatic Net,
- CPU Simatic S7,
- Simatic ПК-станции,
- сетевые компоненты Simatic Net (Profinet-устройства),
- Profinet-устройства,
- шлюз Simatic Net-IE/PB-Link с подчиненными ведомыми (slaves) DP-устройствами,
- все устройства, управляемые DCP-протоколом.

Таблица 4.38 Типы модулей, отображаемые функцией

Доступные станции, типы модулей	Имя объекта	Информация
Profinet IO - устройство с назначенным именем	Имя устройства (Device name)	IP- и MAC- адреса могут быть определены с использованием диалога свойств (properties). Тип устройства отображается в виде "Details" ("Подробно").
Profinet IO - устройство без назначенного имени	IP-адрес (если назначен), в противном случае - MAC-адрес	
Шлюз Simatic Net-IE/PB-Link	Как для Profinet IO - устройства	Как для Profinet IO -устройств Особые параметры: если в списке доступных станций выбран шлюз Simatic Net-IE/PB-Link, то в виде "Details" ("Подробно") отображаются подключенные ведомые (slaves) DP-устройства со своими Profibus-адресами и с другими параметрами.
Коммуникационный процессор Simatic Net	Имя станции (Station name), если назначено, в противном случае - MAC-адрес	Рабочее состояние и тип модуля также отображаются в виде "Details" ("Подробно").
Процессоры Simatic S7 CPU, Simatic ПК-станции	Имя станции (Station name)	Рабочее состояние, тип модуля и, если имеется, информация по соответствующему STEP 7 - проекту (имя станции, имя CPU, идентификатор установки), также отображаются в виде "Details" ("Подробно").
Станции без поддержки DCP-протокола	-	-

Информационные функции "Diagnostics view" ("Вид диагностики") и "Quick view" ("Быстрый просмотр")

Информационная функция "Quick view" ("Быстрый просмотр") дает общий обзор отказавших модулей. Здесь содержится следующая информация (см. рис. 4.49):

- Данные по интерактивному (online) соединению с CPU
- Диагностический символ для CPU
- Диагностические символы для модулей, в которых зарегистрированы отказы (например, диагностические прерывания, ошибки доступа к I/O)
- Тип модуля
- Адрес отказавшего модуля (стойка [rack], слот [slot], система ведущего DP-устройства [DP master system] с номером станции [station number], Profinet IO-система).

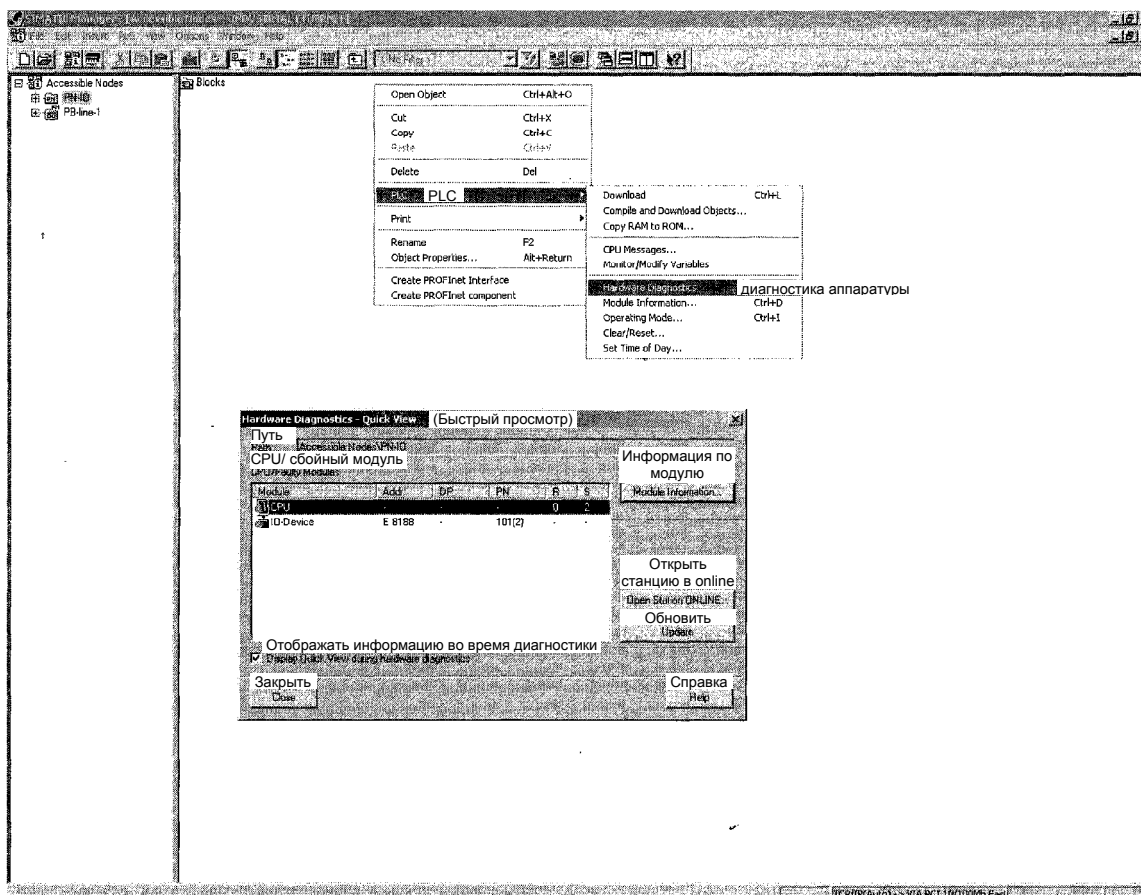


Рис. 4.49 Информационная функция "Quick view" ("Быстрый просмотр")

При вызове информационной функции "Diagnostics view" ("Вид диагностики") отображается полная конфигурация станции:

- Конфигурация стоек
- Диагностические символы для всех сконфигурированных модулей
- Статус соответствующего модуля
- Рабочее состояние модулей CPU
- Тип модуля
- Заказной номер
- Адреса
- Комментарии по конфигурации.

Информационная функция "Module Information" ("Информация по модулю")

Данная информационная функция позволяет вывести данные по состоянию модуля. Отображаются только вкладки, касающиеся выделенного модуля (см. рис. 4.50 и 4.51, таблицу 4.39).

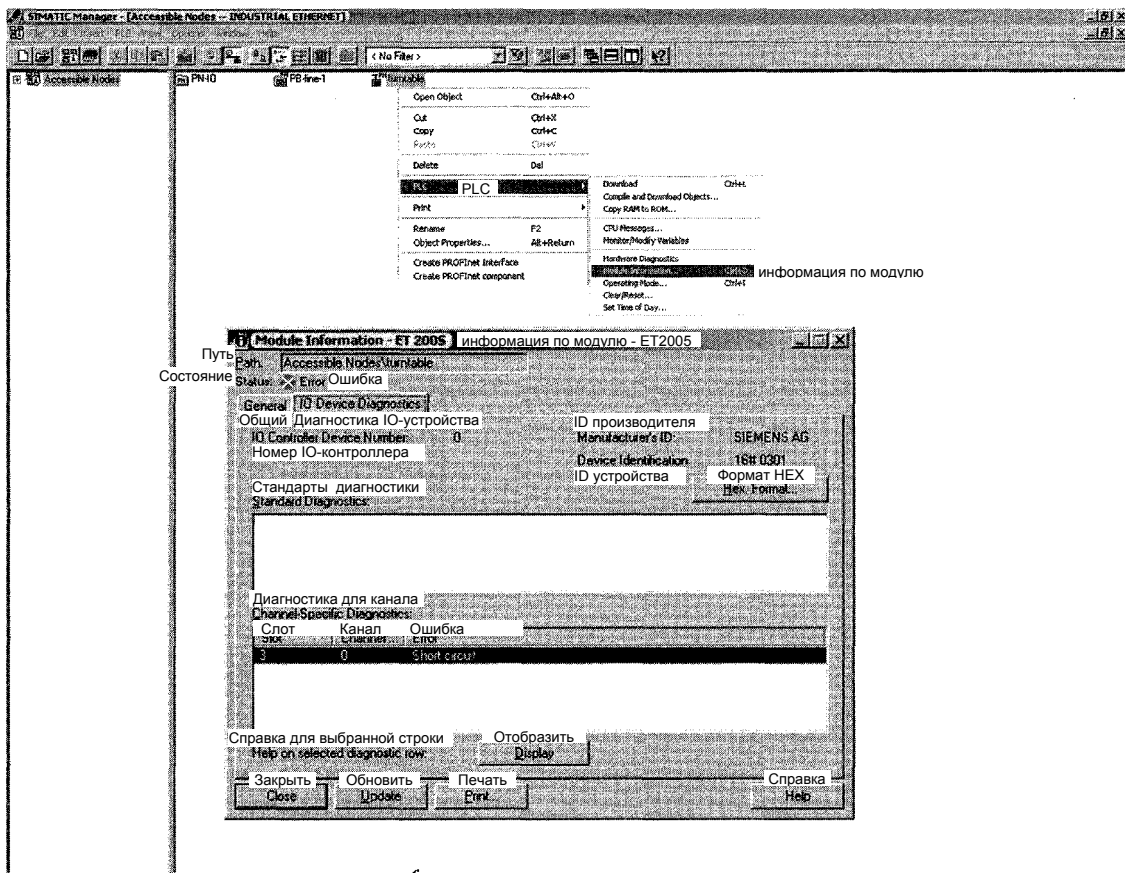


Рис. 4.50 Пример: Информационная функция "Module Information" ("Информация по модулю") в виде Online View (Интерактивный вид) в Simatic Manager

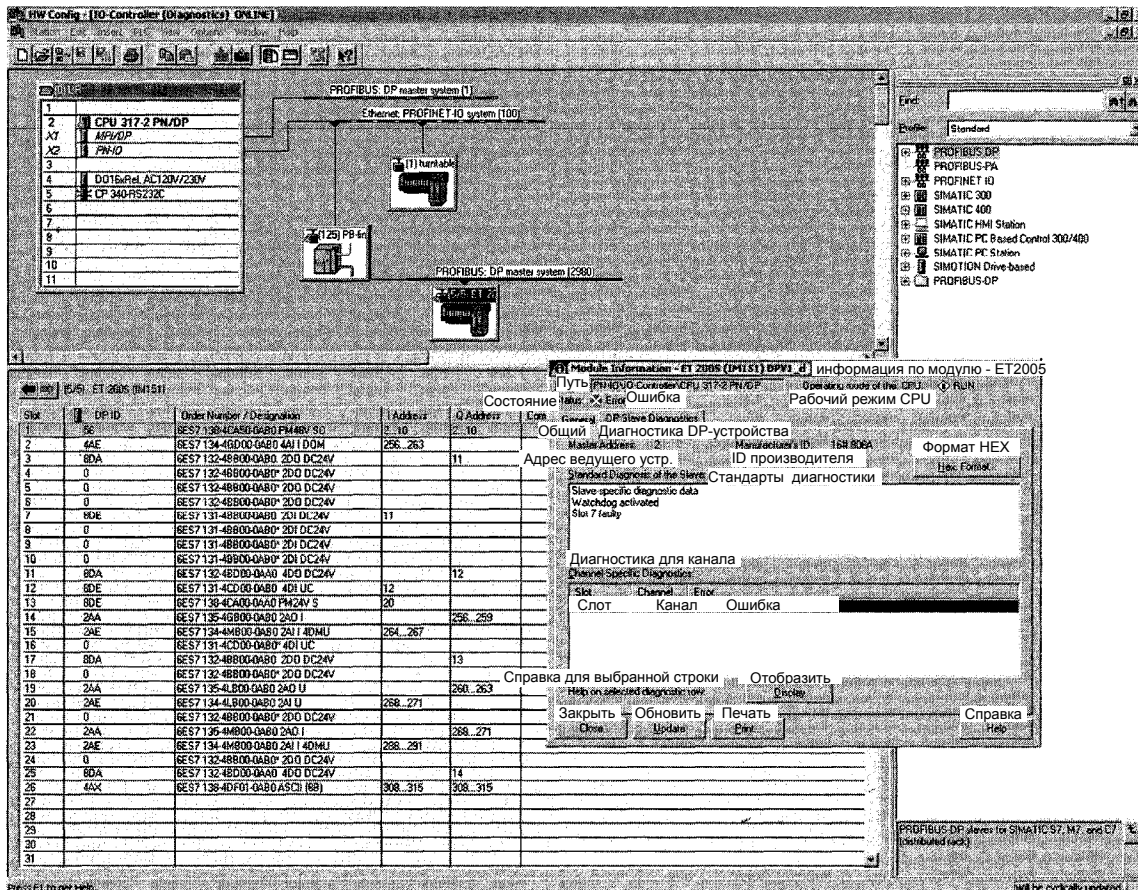


Рис. 4.51 Пример: Информационная функция "Module Information" ("Информация по модулю") в виде Online View (Интерактивный вид) в HW Config

Таблица 4.39 Тэги информационной функции "Module Information" ("Информация по модулю")

Регистр	Информация	Область применения
General (Общие)	Идентификационные данные для выбранного модуля, например, тип (type), порядковый номер (Order No.), версия выпуска (release version), статус (status), слот в стойке (slot).	Полученная в интерактивном режиме (online) информация для вставленного модуля может сравниваться с данными сконфигурированного модуля.



Регистр	Информация	Область применения
Diagnosics buffer (Диагностический буфер)	Обзор событий в диагностическом буфере, а также подробная информация по выбранному событию.	Для распознавания случаев перехода CPU в режим STOP, а также для проверки состояния ранее свершившихся событий для выбранного модуля. Диагностический буфер обеспечивает доступность информации о системных ошибках в течение более длительного периода времени на предмет случаев перехода CPU в режим STOP, а также для отслеживания и определения происхождения отдельных диагностических событий.
Diagnosics interrupt (Диагностическое прерывание)	Данные диагностики для выбранного модуля.	Для распознавания случаев отказа модуля.
DP slave diagnostics (Диагностика ведомого DP-устройства)	Данные диагностики для выбранного ведомого DP-устройства (в соответствии с EN 50170).	Для распознавания случаев отказа ведомого DP-устройства.
IO-Device diagnostics (Диагностика IO-устройства)	Данные диагностики для выбранного ведомого IO-устройства (IO- Device).	Для распознавания случаев отказа ведомого IO-устройства.
Memory (Память)	Конфигурация памяти, текущая загрузка RAM-памяти, загрузочной памяти (load memory) и ретентивной памяти (retentive memory), данные для выбранного CPU или M7-FM.	Для проверки того, достаточен ли размер доступной загрузочной памяти (load memory) в CPU/FM перед передачей нового или дополнительного блоков в CPU, и, в связи с этим, надо ли выполнить сжатие содержимого данной памяти.
Cycle time (Время цикла)	Длительность самого продолжительного, самого короткого и самого последнего из циклов для выбранного CPU или M7-FM.	Для определения параметризованного минимального временного цикла, а также самого короткого и самого последнего из циклов.
Time system (Системное время)	Текущее время (current time), часы работы (operating hours) и информация по синхронизации времени (интервал времени для синхронизации).	Для отображения времени и даты для модуля, и для проверки данных по синхронизации.

Регистр	Информация	Область применения
Performance data (Данные производительности)	Рабочие диапазоны для операндов и доступные блоки для выбранного модуля (CPU/FM).	Используется до и в процессе генерации пользовательской программы для проверки того, будет ли CPU обеспечивать требования для выполнения этой программы, например, по размеру области отображения I/O процесса.
Blocks (Блоки)	Отображение всех типов блоков, доступных в функциональном диапазоне для выбранного модуля. Список блоков OB, SFB и функций SFC, которые могут использоваться в данном модуле.	Для определения стандартных блоков, которые могут содержаться и вызываться в пользовательской программе для Вашего CPU.
Communication (Коммуникации)	Скорость передачи, обзор всех соединений, нагрузка на соединения и максимальный размер фрейма на коммуникационной шине для выбранного модуля.	Для определения количества и собственно коммуникационных соединений (возможных и установленных) с CPU или M7-FM.
Stacks (Стеки)	Стеки регистров (Register stacks): могут быть открыты для считывания только в режимах STOP (СТОП) или HOLD (ЗАДЕРЖКА). Отображение В-стека выбранного модуля. Кроме этого могут быть считаны I-стек, L-стек и вложенные стеки. Также может быть выполнен переход к месту возникновения ошибки в блоке, обработка которого была прервана.	Для распознавания случаев перехода в режим STOP и для корректировки блока.

### 4.3.2 Функции диагностики в пользовательской программе для IO-контроллера в Profinet IO

Проверка диагностической информации с использованием системных функциональных блоков (SFB) и системных функций (SFC) в пользовательской программе аналогична проверке в системе Profibus DP. Profinet IO определяет структуру записей с диагностической информацией различных производителей. Данная информация генерируется только для отказавших каналов. В общем случае существуют два различных пути для приема диагностической информации.

#### Диагностика на основе контроля состояний (Status-based diagnostics)

Вся информация обо всех ошибках собирается в записи в главном модуле. Полный обзор состояния Profinet IO-системы обеспечивается, например, с помощью списка системных состояний SSL 0x0A91. Данный список SSL дает полный обзор существующих IO-подсистем. Список SSL с SSL-ID W#16#0694 дает возможность локализации отказавших станций в IO-подсистеме. Место возникновения отказа может быть определено в дальнейшем для модуля или submodule с использованием SSL-IDs W#16#xD91 и W#16#0696. Списки SSL считываются с использованием системной функции SFC 51 "RDSYSST".

Системный функциональный блок SFB 52 "RDREC" считывает диагностические записи непосредственно из отказавшего модуля. В результате выдается подробное описание текущего состояния модуля (рис. 4.52).

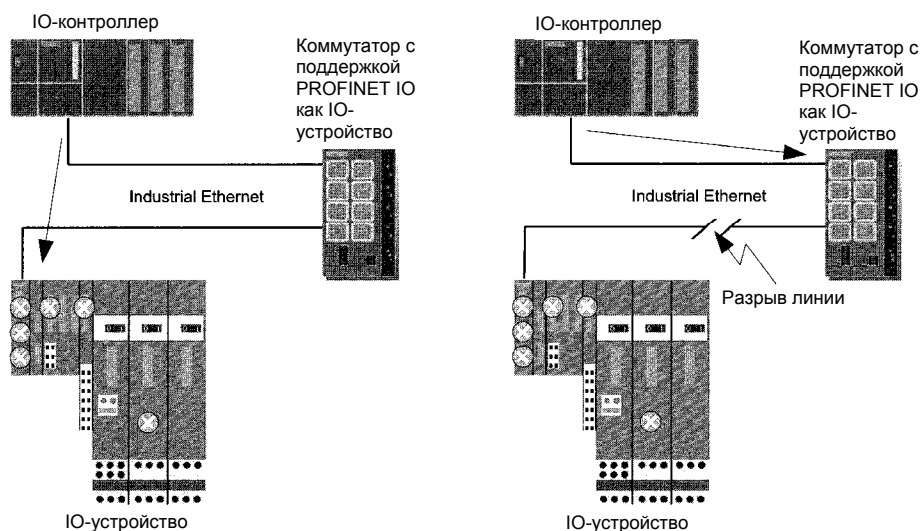


Рис. 4.52 Контроль состояния устройств в целях диагностики

Существуют два разных типа диагностических записей:

- Диагностические записи для канала,
- "Вендор-зависимые" диагностические записи (vendor - поставщик, производитель).

Диагностические записи для канала отображаются, если обнаружена ошибка или запущено прерывание. Если ошибки нет, то возвращаемая диагностическая запись имеет нулевую длину (0). Одновременно может быть отображено до 400 ошибок в канале.

Структура и размер "вендор-зависимых" диагностических записей определяется производителем. Соответствующая информация может быть найдена в GSD-файле для соответствующего устройства.

### Диагностика на основе контроля событий (Event-based diagnostics)

Информация о каждой отдельной ошибке приходит в IO-контроллер в виде прерывания.

Данные о состоянии модуля в IO-контроллере обновляются автоматически. Организационный OB-блок для обработки ошибок запускается в IO-контроллере в пользовательской программе. По номеру OB-блока и стартовой информации OB можно судить о месте и виде ошибки / сбоя.

Системный функциональный блок SFB 54 "RALRM", вызываемый в OB, синхронно считывает прерывание из IO-контроллера без обращения к IO-устройству. Детальная проверка прерывания возможна следующим путем (см. рис. 4.53).

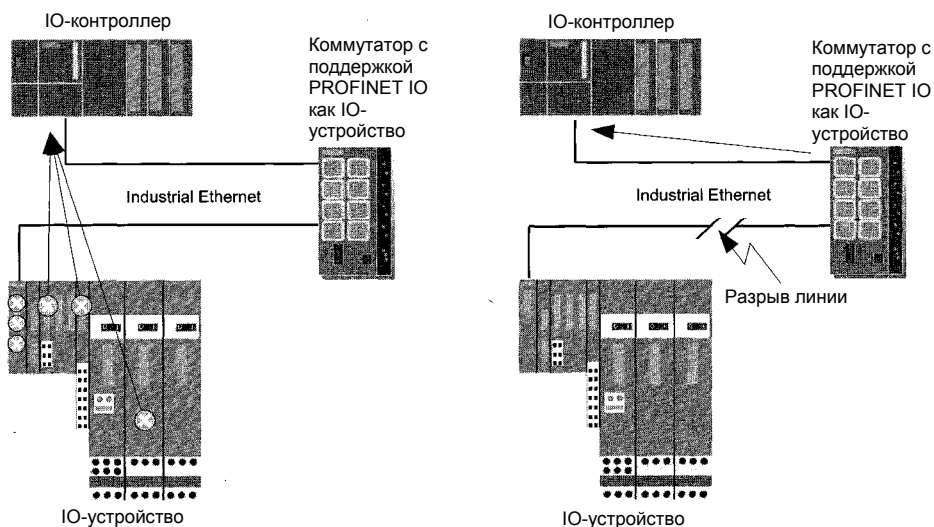


Рис. 4.53 Контроль прерываний в целях диагностики

### 4.3.3 Диагностика с использованием SNMP

Протокол SNMP (**S**imple **N**etwork **M**anagement **P**rotocol - простой протокол сетевого управления) - это стандартный протокол на базе UDP для мониторинга и управления сетевыми компонентами, главным образом, из сектора локальных сетей. Главным назначением SNMP является упрощение функций управления и прозрачный обмен информацией и данными между различными сетевыми компонентами. SNMP поддерживается приложениями для офиса и системой проектирования автоматизированных систем на базе сетевых Ethernet-компонентов от различных производителей.

SNMP работает с моделью клиент/сервер. Так называемый агент SNMP (SNMP agent) работает на администрируемом устройстве. Он обеспечивает управление информацией прибора. SNMP-клиент, установленный, например, на Simatic Net-SNMP-OPC-сервере, собирает данные и делает их доступными в соответствующей форме.

SNMP-клиенты и агенты посылают запросы и выдают ответы, используя сетевые адреса. Каждый SNMP-запрос от какого-либо SNMP-клиента инициирует отклик от каждого SNMP-агента, принявшего этот запрос. SNMP запрашивает данные управления из SNMP-агента, используя SNMP-запрос, или принимает системные прерывания (см. рис. 4.54).

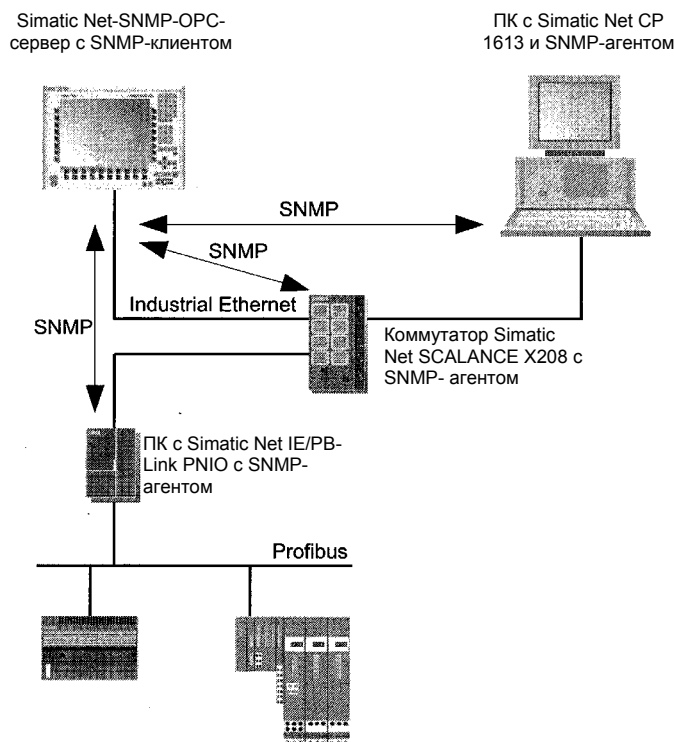


Рис. 4.54 Пример: конфигурация установки с SNMP-управлением

Компоненты устройства, доступ к которому может осуществляться посредством SNMP-агента, адресуются как SNMP-объекты. Совокупность всех SNMP-объектов устройства сохраняется в базе данных управления - в MIB (**M**anagement **I**nformation **B**ase - база управляющей информации). Следовательно, к данным объектам часто выполняется обращение как к MIB-объектам. Размеры и набор MIB-объектов зависит от устройства. Например, коммутатор имеет больше SNMP-объектов, чем Simatic Net-GP 1616.

Информация по свойствам устройств Simatic Net, поддерживающих SNMP, сохраняется в так называемых MIB-файлах. Более подробную информацию по использованию MIB-файлов Вы можете получить в документации для соответствующих SNMP-клиентов.

#### 4.3.4 Диагностика с использованием элементов индикации Profinet IO-устройств

Состояние устройств и их коммуникационных интерфейсов может диагностироваться по элементам индикации - светодиодам на лицевых панелях устройств Simatic S7 или Simatic Net Profinet IO. Светодиоды обеспечивают первичную диагностику при возникновении ошибок (табл. 4.40).

В общем случае применимо использование светодиодов RX/TX, показывающих активность, во время передачи данных по сети Ethernet. Если существуют Ethernet-подключения, светодиоды мигают с различной скоростью в зависимости от нагрузки на линию связи. Если светодиод не светится вообще, то это означает, что соответствующее Ethernet-соединение разорвано.

Таблица 4.40 Общие советы по локализации отказов с использованием индикаторов BUSF/BF2 LED в Simatic S7 Profinet IO устройствах

BUSF/BF2	Возможный отказ	Рекомендация
1	General (Общие): Отказ Ethernet-коммуникаций. Если CPU находится в режиме выполнения (RUN), то вызывается организационный блок OB 86 в системе с Simatic S7-CPU Profinet IO-Controller. Если OB 86 не вызывается, то CPU переходит в STOP-режим.	
	Отказ на шине (нет физического подключения к подсети / коммутатору)	Проверить кабель шины на КЗ и обрыв

BUSF/BF2	Возможный отказ	Рекомендация
	Неправильная скорость передачи	Проверьте, к какому устройству подключен модуль - к концентратору или к коммутатору
	Не активирован режим передачи полный дуплекс (Full-duplex)	Проверьте режимы передачи: скорость 100 Мбит/с и полный дуплекс
0/1	IO-Controller (IO-контроллер): Отказ Ethernet-коммуникаций. Если CPU в режиме выполнения (RUN), то вызывается OB 86 в системе с Simatic S7-CPU Profinet IO-Controller. Если OB 86 не вызывается, то CPU переходит в STOP-режим.	
	Отказ (ошибка) подключения IO-устройства	Проверить, подключен ли кабель к IO-устройству, а также установлено ли соединение с данным IO-устройством.
	По крайней мере, одно из IO-устройств высокого уровня не обеспечивает доступа	Дождитесь запуска CPU. Если светодиод продолжает мигать, то проверьте подключение IO-устройства и выполните диагностику для этого IO-устройства.
	Некорректная конфигурация	Проверьте соответствие сконфигурированных имен устройств фактически назначенным их именам.
0/1	IO-Device (IO-устройство):	
	Превышено время ожидания отклика	Проверьте модуль
	Разрыв коммуникационной связи по шине Profinet	Проверьте, подключен ли IO-контроллер
	Неправильный IP-адрес, некорректная конфигурация или некорректная параметризация	Проверьте конфигурацию и параметры
	Отсутствует или выключен IO-контроллер, но Ethernet-связь существует	Включите IO-контроллер или проверьте, подключен ли IO-контроллер.
	Некорректное или ошибочное имя устройства	Проверьте, соответствие фактической и ожидаемой конфигурации, а также проверьте соответствие сконфигурированных имен устройств фактически назначенным их именам.

Светодиод:

0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние

## Элементы индикации Simatic S7 CPU 31x-2 PN/DP

Элементы индикации Simatic S7 Profinet IO - устройств разделяются на две группы (таблицы 4.41 и 4.42):

- индикаторы общего состояния и отказов (General status and fault)
- индикаторы состояния для коммуникационных интерфейсов.

Таблица 4.41 Индикаторы общего состояния и отказов CPU 31x-2 PN/DP

SF красный	DC5V зеленый	FRCE желтый	RUN зеленый	STOP желтый	Значение
1	X	X	X	X	Отказ оборудования или ПО. Диагностический буфер CPU должен быть доступен для чтения для локализации отказа. Возможные причины: - Отказ оборудования - Ошибка микропрограммы - Ошибка параметризации - Ошибка программирования - Ошибка арифметическая - Ошибка счетчика - Ошибка таймера - Коммуникационная ошибка - Сбой карты памяти - Ошибка ввода/вывода (I/O)
X	1	X	X	X	Источник 5 В для CPU и шина S7-300 в норме.
X	X	1	X	X	Активизация режима форсирования.
X	X	0/1	X	X	Активна функция "Station flashing test" ("Тестирование станции посредством мигающей индикации") (для CPU с FW, начиная с версии 2.2.0 )
X	X	X	1	X	CPU находится в режиме выполнения RUN.
X	X	X	0/1	X	2 Гц: CPU в режиме запуска STARTUP. 0,5 Гц: CPU в режиме задержки HOLD.
X	X	X	X	1	CPU в реж. STOP, HOLD или STARTUP.
X	X	X	X	0/1	2 Гц: активирован полный сброс. 0,5 Гц: запрос полного сброса.

Светодиод:

0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние



Таблица 4.42 Индикаторы состояния для коммуникационных интерфейсов CPU 31х-2 PN/DP

BF1 красный	BF2 красный	LINK зеленый	RX/TX желтый	Значение
0	X	X	X	Все сконфигурированные ведомые DP-устройства (DP slaves) обмениваются данными.
1	X	X	X	Отказ на шине по коммуникационному интерфейсу X1.
X	0	X	X	Все сконфигурированные IO-устройства обмениваются данными.
X	1	X	X	Отказ на шине по коммуникационному интерфейсу X2. Возможные состояния: - Разорвано Ethernet - соединение. - Вилка Ethernet - кабеля не вставлена в соответствующий разъем. - Такой IP-адрес уже используется в подсети. - Не задан IP-адрес. - Режим передачи не соответствует режиму: 100 Мбит/с / полный дуплекс (full-duplex).
X	0/1	X	X	По крайней мере, одно сконфигурированное IO-устройство не обменивается данными.
X	X	0	X	Нет подключения к сети Ethernet. Возможные состояния: - Нет соединения с коммутатором. - Процесс автосогласования режимов передачи (autonegotiation) не был успешным.
X	X	1	X	Подключение к сети Ethernet имеется, процесс автосогласования режимов передачи был успешным и требуемый режим для Profinet IO - коммуникаций был принят.
X	X	X	0	Порт X2 не передает или не принимает никаких данных через сеть Ethernet.
X	X	X	0/1	Порт X2 передает или принимает данные через сеть Ethernet.

Светодиод:

0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние

**Элементы индикации интерфейсного модуля Simatic S7 IM151-3 PN**

Таблица 4.43 Индикаторы общего состояния и индикаторы отказов IM151-3 PN

SF красный	BF красный	ON зеленый	Значение
0	0	0	Нет электропитания в IM151-3 PN или сбой работы ПО.
X	X	1	Напряжение питания подано на модуль.
X	0/1	1	Некорректный (или отсутствует) фрейм установки соединения в адрес IO-контроллера и стартовая информация, переданные в IM151-3 PN. Нет обмена данными между IO-контроллером и IM151-3PN. Возможные состояния: - Было назначено некорректное имя устройства. - Ошибка конфигурации. - Ошибка параметризации.
X	1	1	IO-контроллер отсутствует на шине. Возможные состояния: - Разорвано Ethernet-соединение. - Вилка Ethernet - кабеля не вставлена в разъем. - Данный IP-адрес уже используется в подсети. - Не задан IP-адрес. - Не назначено имя устройства.
1	X	1	Фактическая структура IM151-3 PN не соответствует сконфигурированной. IM151-3 PN обменивается данными. Возможные состояния: - Отсутствует, по крайней мере, один сконфигурированный модуль/субмодуль. - Вставлен, по крайней мере, один некорректный модуль/субмодуль. - Удален, по крайней мере, один модуль/субмодуль. - Отказ, по крайней мере, одного модуля/субмодуля. - Ошибка в параметрах, по крайней мере, одного модуля/субмодуля.
0	0	1	Идет обмен данными между IO-контроллером и IM151-3 PN. Конфигурация IM151-3 PN соответствует ожидаемой.
1	1	0	Микропрограмма загружена.
0	0/1	0	0.5 Гц: Микропрограмма выполняется нормально.
1	0/1	0	0.5 Гц: Внешняя ошибка при загрузке микропрограммы. Возможные состояния: Попытка загрузки некорректной микропрограммы. 2 Гц: Внутренняя ошибка при загрузке микропрограммы. Возможные состояния: Ошибка чтения/записи при загрузке микропрограммы.
0/1	0/1	0/1	Ошибка модуля или системы. Необходимо выключить и вновь включить IM151-3 PN.

Светодиод: 0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние

Таблица 4.44 Индикаторы состояния коммуникационного интерфейса IM151-3 PN

LINK зеленый	RX/TX желтый	Значение
0	X	Нет подключения к Ethernet-сети. Возможные состояния: - Процесс автосогласования режимов передачи (autonegotiation) не был успешным. - Нет соединения с коммутатором или IO-контроллером.
1	X	IO-контроллер доступен в сети. Имеется подключение к Ethernet. Процесс автосогласования режимов передачи был успешным и требуемый режим для Profinet IO -коммуникаций был принят.
X	0	Порт не передает или не принимает никаких данных через сеть Ethernet.
X	0/1	Порт передает или принимает данные через сеть Ethernet.

### Элементы индикации Simatic Net-CP 443-1 Advanced

Simatic Net-CP 443-1 Advanced поддерживает функции Profinet IO и Profinet CBA (см. таблицы 4.45 и 4.46).

Таблица 4.45 Индикаторы общего состояния и отказов CP 443-1 Advanced

INTF красный	EXTF красный	BUSF красный	RUN зеленый	STOP желтый	Значение
0	0	0	0/1	1	CP в состоянии STARTUP (ЗАПУСК).
0	0	0	1	0	CP в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ).
0	0	0	1	0/1	CP в состоянии HOLD (ЗАДЕРЖКА).
0	0	0	0	1	CP в состоянии STOP (СТОП).
0	0	0	0	0/1	CP готов к загрузке микропрограммы. Данный режим активен в течение 10 секунд после подачи питания при положении переключателя в положении STOP (СТОП).
0	0	0	0/1	0/1	CP ожидает обновления микропрограммы. CP содержит неполную или некорректную версию микропрограммы. Индикаторы мигают попеременно.
0	1	0/1	1	0	CP в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Обнаружена внешняя ошибка. Нет доступа, по крайней мере, к одному IO-устройству.

INTF красный	EXTF красный	BUSF красный	RUN зеленый	STOP желтый	Значение
0	- 1	0	1	0	СР в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Обнаружена внешняя ошибка. Имеются диагностические сообщения, по крайней мере, от одного из IO- устройств.
1	0	0	0	1	СР в состоянии STOP (СТОП). Обнаружена внутренняя ошибка. Возможные состояния: Данный IP-адрес уже используется в подсети.
0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	Ошибка модуля или системы. Необходимо выключить СР и затем вновь включить.

Светодиод:

0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние

Элементы индикации состояния коммуникационных Ethernet-соединений находятся на фронтальной панели и на гнездах сетевых разъемов RJ-45 портов Industrial Ethernet в модуле СР.

Таблица 4.46 Индикаторы состояния для коммуникационных интерфейсов СР 443-1 Advanced

TXD зеленый	RXD зеленый	LINK зеленый	RX/TX желтый	Значение
0	X	X	X	СР не посылает данных по сети Ethernet.
1	X	X	X	СР передает данные по сети Ethernet.
X	0	X	X	СР не принимает данных по сети Ethernet.
X	1	X	X	СР принимает данные по сети Ethernet.
X	X	1	X	Порт работает со скоростью 100 Мбит/с.
X	X	0/1	X	0.5 Гц: порт работает со скоростью 10 Мбит/с. 2 Гц: активна функция "Station flashing test" ("Тестирование станции посредством мигающей индикации").
X	X	X	0/1	Порт передает / принимает данные по сети Ethernet.

Светодиод:

0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние

**Элементы индикации Simatic Net-CP 343-1**

Таблица 4.47 Индикаторы состояния и отказов CP 343-1

<b>SF</b> красный	<b>BF</b> красный	<b>RUN</b> зеленый	<b>STOP</b> желтый	<b>Значение</b>
0	0	0/1	1	CP находится в состоянии STARTUP (ЗАПУСК).
0	0	1	0	CP находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ).
0	0	1	0/1	CP находится в состоянии HOLD (ЗАДЕРЖКА).
0	0	0	1	CP находится в состоянии STOP (СТОП).
0	0	0	0/1	CP готов к загрузке микропрограммы. Данный режим активен в течение 10 секунд после подачи питания при положении переключателя в положении STOP (СТОП).
1	0	0	0/1	CP ожидает обновления микропрограммы. CP содержит неполную или некорректную версию микропрограммы. Индикаторы мигают попеременно.
1	0/1	1	0	CP в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Обнаружена внешняя ошибка. Нет доступа, по крайней мере, к одному IO-устройству.
1	0	0	1	CP в состоянии STOP (СТОП). Обнаружена внутренняя ошибка. При этом CPU или интеллектуальные модули в стойке могут поддерживать доступ при использовании функций программатора PG.
0/1	0/1	0/1	0/1	Ошибка модуля или системы. Необходимо выключить CP и затем вновь включить.

Светодиод:

0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние

Элементы индикации состояния коммуникационных Ethernet-соединений находятся под фронтальными клапанами CP.

Таблица 4.48 Светодиодные индикаторы состояния коммуникационного интерфейса CP 343-1

FD зеленый	FAST зеленый	LINK зеленый	RX/TX зеленый	Значение
0	X	X	X	Установлено соединение с режимом передачи полудуплекс (half duplex).
1	X	X	X	Установлено соединение с режимом передачи полный дуплекс (full duplex).
X	0	X	X	Порт работает со скоростью 10 Мбит/с.
X	1	X	X	Порт работает со скоростью 100 Мбит/с.
X	X	0	X	CP не принимает данных по сети Ethernet.
X	X	1	X	CP принимает данные по сети Ethernet.
X	X	X	0/1	Порт передает / принимает данные по сети Ethernet.

Светодиод:

0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние

### Элементы индикации шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO

Светодиодные индикаторы рабочих состояний находятся на фронтальной панели шлюза IE/PB-Link PN IO (см. таблицу 4.49).

Таблица 4.49 Индикаторы общего состояния и отказов IE/PB-Link PN IO

SF красный	BF PN красный	BF DP красный	RX/TX зеленый	RUN зеленый	STOP желтый	Значение
1	1	1	X	1	1	Тест после включения.
1	0	0	0/1	0	1	Распределение конфигурации.
0	0	0	X	0/1	1	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии STARTUP (ЗАПУСК).
0	0	0	X	1	0	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ).
X	X	X	X	1	0/1	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии HOLD (ЗАДЕРЖКА).
0	0	0	X	0	1	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии STOP (СТОП).

SF красный	BF PN красный	BF DP красный	RX/TX зеленый	RUN зеленый	STOP желтый	Значение
1	0	0	X	1	0	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Обнаружена ошибка, по крайней мере, в одном из ведомых DP-устройств (DP slaves).
1	0	0/1	X	1	0	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Обнаружена ошибка в Profibus, которая не касается Profinet IO.
1	0/1	0/1	X	1	0	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Обнаружена ошибка в Profibus, которая также касается Profinet IO (например, IO-устройств), или ошибка Profinet IO, которая также касается Profibus (например, не запущен гроху).
1	0/1	0	X	1	0	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Отсутствует логическая или физическая связь с IO-контроллером.
1	1	X	X	1	0	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Не назначено имя Profinet IO - устройства name для IE/PB Link PN IO. Возможная причина: Разорвано Ethernet -соединение.
1	X	1	X	1	0	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Ошибка в Profibus или некорректная конфигурация Profibus.
0	0	0	X	0	0/1	IE/PB-Link PN IO готов к загрузке микропрограммы. Данный режим активен в течение 10 секунд после включения питания при положении переключателя режимов в позиции STOP (СТОП).
0	0	0	X	0/1	0/1	Микропрограмма IE/PB-Link PN IO удалена.

SF красный	BF PN красный	BF DP красный	RX/TX зеленый	RUN зеленый	STOP желтый	Значение
1	0	0	X	0	0/1	IE/PB-Link PN IO ожидает обновления программы. IE/PB-Link PN IO содержит неполную микропрограмму или микропрограмму с ошибками.
X	X	X	X	0	0/1	Микропрограмма загружена в IE/PB-Link PN IO Светодиодные индикаторы мигают попеременно.
1	0	0	X	0	1	IE/PB-Link PN IO находится в состоянии STOP (СТОП). Обнаружена внутренняя ошибка.
0/1	0/1	0/1	X	0/1	0/1	Ошибка модуля или системы. Необходимо выключить IE/PB-Link PN IO и затем вновь включить.

Светодиод: 0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние

Элементы индикации состояния коммуникаций находятся на фронтальной панели и на сетевых разъемах RJ-45 портов Industrial Ethernet шлюза IE/PB-Link PN IO (Таблица 4.50).

Таблица 4.50 Светодиодные индикаторы состояния коммуникационных интерфейсов IE/PB-Link PN IO

FDX зеленый	FAST зеленый	LINK зеленый	RX/TX зеленый	Значение
0	X	X	X	Установлено соединение с режимом передачи полудуплекс (half duplex).
1	X	X	X	Установлено соединение с режимом передачи полный дуплекс (full duplex).
X	0	X	X	Порт работает со скоростью 10 Мбит/с.
X	1	X	X	Порт работает со скоростью 100 Мбит/с.
X	X	0	X	Установлено соединение с Ethernet.
X	X	1	X	Соединение с Ethernet не установлено.
X	X	0/1	X	Активна функция "Station flashing test" ("Тестирование станции посредством мигающей индикации").
X	X	X	0/1	Порт передает / принимает данные по сети Ethernet.

Светодиод: 0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние



**Элементы индикации шлюза Simatic Net IWLAN/PB Link PN IO**

Таблица 4.51 Индикаторы общего состояния и отказов IWLAN/PB Link PN IO

<b>SF</b> красный	<b>BF PN</b> красный	<b>BF DP</b> красный	<b>RX/TX</b> зеленый / желтый	<b>ON</b> зеленый	<b>Значение</b>
1	1	1	X	1	Тест после включения.
1	0	0	0/1	X	Распределение конфигурации.
0	0	0	X	1	IWLAN/PB-Link PNIO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ).
1	0	0	X	1	IWLAN/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Отказ одного или нескольких ведомых DP-устройств (DP slaves) или отказ сменного модуля C-PLUG.
1	0	0/1	X	1	IWLAN/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Обнаружена ошибка в Profibus, которая не касается Profinet IO.
1	0/1	0/1	X	1	IWLAN/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Обнаружена ошибка в Profibus, которая также касается Profinet IO (например, IO-устройств), или ошибка Profinet IO, которая также касается Profibus (например, не запущен проху).
1	0/1	0	X	1	IWLAN/PB-Link PN IO находится в состоянии RUN (ВЫПОЛНЕНИЕ). Отсутствует логическая или физическая связь с IO-контроллером.
X	X	X	0/1 (зеленый)	X	Разорвано соединение WLAN с точкой доступа. Возможная причина: Некорректная параметризация WLAN.
0/1	0	0	0	0	Устройство готово к загрузке микропрограммы с использованием загрузчика. Устройство или остановлено при загрузке, или содержит сбойную микропрограмму.
X	X	X	1 (зеленый)	X	Установлено соединение с точкой доступа. Данные не передаются.
X	X	X	0/1 (желтый)	X	Установлено соединение с точкой доступа. Данные передаются.

SF красный	BF PN красный	BF DP красный	RX/TX зеленый / желтый	ON зеленый	Значение
0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	Обнаружен модуль с предустановками (PRESET plug). Устройство готово к работе с функцией Preset (активация предустановок).
1	1	1	1	1	Функция Preset (активация предустановок) успешно отработала. Устройство может быть выключено и модуль с предустановками (PRESET plug) может быть удален.
X	X	X	X	0/1	1 Гц: IWLAN/PB-Link PN IO находится в состоянии STOP (СТОП). 5 Гц: Активна функция "Station flashing test" ("Тестирование станции посредством мигающей индикации")..

Светодиод:

0 : выключен; 1 : включен; 0/1 : мигает; x : неопределенное состояние

## 5 Profinet CBA - распределенная автоматизированная система

Модульный подход подразумевает разбиение исходной задачи на подзадачи. В идеальном случае модули для решения определенных отдельных подзадач создаются таким образом, чтобы они могли быть также использованы для решения других задач, аналогичных исходным. Модульный подход успешно применяется в машиностроении и при конструировании промышленных установок благодаря тому, что он обеспечивает следующие два преимущества:

- Время на конфигурирование и отладку модулей требуется меньше, чем в случае централизованных решений.
- Полученные модули установки могут быть использованы в системе повторно.

При использовании модульной концепции при проектировании автоматизированной системы обмен данными между контроллерами отдельных модулей установки имеет решающее значение. Современные системы управления предполагают в своем составе наличие центрального PLC с системой централизованных или распределенных входов/выходов (I/O). Система коммуникаций также обычно предусматривается как составная часть аппаратуры и программного обеспечения в любом проекте автоматизации. Использование модульной концепции при классическом способе проектирования автоматизированной системы означает, что такие мероприятия как отладка и тестирование контроллера модуля необходимо выполнять всякий раз при каждом последующем повторном использовании модуля установки. Это также касается последующего масштабирования (расширения) установки, особенно, если необходимо в одной установке обеспечить коммуникации между контроллерами различных производителей.

Технология Profinet CBA решает эту проблему, обеспечивая возможность создания технологических модулей, которые затем могут использоваться многократно как стандартные компоненты автоматизированной системы в крупных установках (рис. 5.1).

Profinet-компоненты - это технологические модули в форме программного обеспечения. Они создаются с использованием таких средств проектирования, предоставляемых производителем, как, например, система STEP 7, и при этом управляются и конфигурируются с использованием средств разработки Profinet, таких как Simatic iMap.

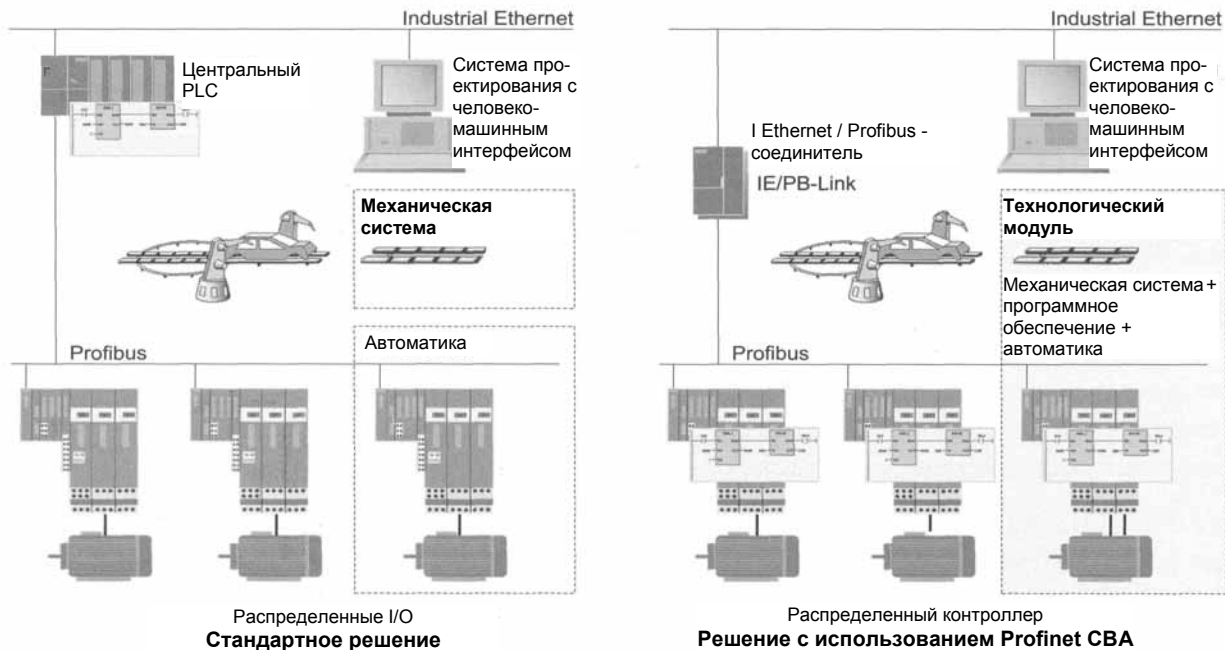


Рис. 5.1 Концепции модульного подхода при автоматизации: стандартный подход и решение с использованием Profinet CBA

Распределенный контроллер и технологический модуль работают автономно. Для управляющей программы не требуется внутренняя информация коммуникационных партнеров. Коммуникационный обмен с другими модулями выполняется посредством соответствующих коммуникационных интерфейсов в управляющем ПО. Эти интерфейсы используются средствами разработки Profinet CBA для обеспечения данными модулей установки. В результате поставщик OEM (**O**riginal **E**quipment **M**anufacturer - изготовитель комплектного оборудования) может производить комплексное тестирование модуля установки перед поставкой потребителю.

В процессе окончательной полной сборки установки коммуникационные связи между модулями установки конфигурируются с использованием их графических отображений в среде проектирования. При этом не требуется никакого дополнительного вмешательства в управляющие программы модулей установки.

Ниже показаны преимущества такого подхода к созданию проектов автоматизации:

- Значительное снижение накладных расходов на этапе планирования
- Значительное снижение объема мероприятий по настройке благодаря четкой организации коммуникационных интерфейсов

- Высокая степень автономности на этапе тестирования, и, как следствие, при тестировании отсутствие необходимости участия установки в целом
- Упрощение поиска неисправностей
- Простота и возможность использования предварительной настройки.

Концепция распределенных интеллектуальных систем управления гарантирует высокую степень повторяемости модулей установок в автоматизированных системах и значительное уменьшение времени на отладку таких установок. Эти факторы определяют такие тенденции, как рост использования принципов модульности в машиностроении и в производстве промышленных установок, а также расширение децентрализации в соответствующих областях.

## 5.1 Путь к распределенным автоматизированным системам

Profinet - это открытый стандарт автоматизации на базе Industrial Ethernet. Как составная часть этого стандарта Profinet CBA, в соответствии с IEC 61499-1, описывает технологию реализации модульных распределенных решений в области автоматизации на базе заранее определенных компонентов.

В начале 1990-х международный электротехнический комитет (IEC - International Electrotechnical Committee) принимает стандарт для программируемых контроллеров IEC 61131 "Programmable controllers" с общим описанием архитектуры программируемого контроллера (PLC - Programmable Logic Controller). Данный стандарт объединил существующие стандарты, при этом он был первым стандартом, получившим международную поддержку производителей в основных отраслях промышленности для области промышленных контроллеров.

Часть третья этого стандарта, касающаяся языков программирования, "Programming languages" - была одобрена в 1993 году. В ней, в частности, рассматриваются и определяются модульные и функционально-ориентированные программные модели для отдельных программируемых контроллеров PLC для централизованного применения.

Также в 1990-х годах была создана специальная рабочая группа комитета IEC - IEC 65 WG 6 - для того, чтобы создать общую модель распределенных автоматизированных систем (IPMCS - Industrial Process Measurement and Control Systems - контроль производственных процессов и системы управления). Это привело к появлению стандарта IEC PAS 61499 "Function blocks for industrial process measurement and control systems" ("Функциональные блоки для управления производственными процессами и

систем управления"), в котором в части 1 "Architecture" ("Архитектура") описывается расширенная концепция функциональных блоков, определенных стандартом IEC 61131-3, для распределенных систем. В конце 2000 года был выпущен стандарт IEC 61499-1 как повсеместно одобренный "предварительный стандарт" или получившие повсеместное одобрение спецификации PAS (**P**ublicly **A**vailable **S**pecification). С тех пор применение данного стандарта могло быть проверено в решениях автоматизации для промышленности перед окончательной публикацией стандарта, которая планировалась до окончания 2005 года. Опыт применения стандарта на фазе тестирования мог быть затем учтен в его финальном релизе. По окончании тестирования немецкий институт стандартов DIN принимает такой стандарт, получивший обозначение DIN IEC 61499.

Программная модель стандарта IEC 61499 основывается на функциональных блоках и позволяет графическое ("visual" - визуальное) программирование с многократным использованием готовых компонентов. Для программ и систем программирования был разработан стандарт, аналогичный IEC 61131, но не для двоичного формата или специальных системных интерфейсов.

Организацией Profibus International были выпущены описания и спецификации архитектуры для Profibus - "Profibus Architecture Description and Specification" для обеспечения возможности реализации моделей систем проектирования, автоматизированных систем и коммуникационных систем для различных изготовителей на базе стандарта IEC PAS 61499-1. Предметом описания данных спецификаций была технология реализации распределенных автоматизированных систем с использованием стандартных коммуникаций через Ethernet-сеть и с полевой шиной с приложениями, поддерживающими открытые стандарты.

### **5.1.1 Распределенные автоматизированные системы на базе IEC 61499-1**

В соответствии со стандартом IEC 61499-1 распределенные автоматизированные системы разрабатываются с использованием "Систем поддержки разработки" ("Engineering Support Systems"). Эти системы имеют иерархическую структуру, которая основывается на стандартных компонентах. Основными терминами в этих системах являются такие как "System" ("Система"), "Device" ("Устройство"), "Resource" ("Ресурс"), "Application" ("Приложение") и "Function block" ("Функциональный блок") (см. таблицу 5.1). Описание Profinet CBA в основном базируется на модели, представленной в стандарте IEC 61499-1.

Таблица 5.1 Основные термины IEC 61499-1 и Profinet CBA

IEC 61499-1	Profinet CBA
System (Система)	System (Система)
Device (Устройство)	Physical device (Физическое устройство)
Resource (Ресурс)	Logical device (Логическое устройство)
Function block (Функциональный блок)	Automatic object / function (Объект автоматизации / функция)
Application (Приложение)	Application (Приложение)
Connection (Соединение)	Connection (Соединение)

### Модель системы

Распределенная автоматизированная система в своей законченной полноте описывается как "система" ("system"). Такая система имеет наивысший уровень в иерархической структуре архитектуры (рис. 5.2). Она состоит из физических устройств, которые связаны друг с другом с помощью коммуникационных сетей. Управление общим процессом обеспечивается приложением (application), которое имеет иерархическую структуру (application program A - программа-приложение "А"), и в свою очередь состоит из нескольких локальных приложений. Локальные приложения распределены между устройствами.

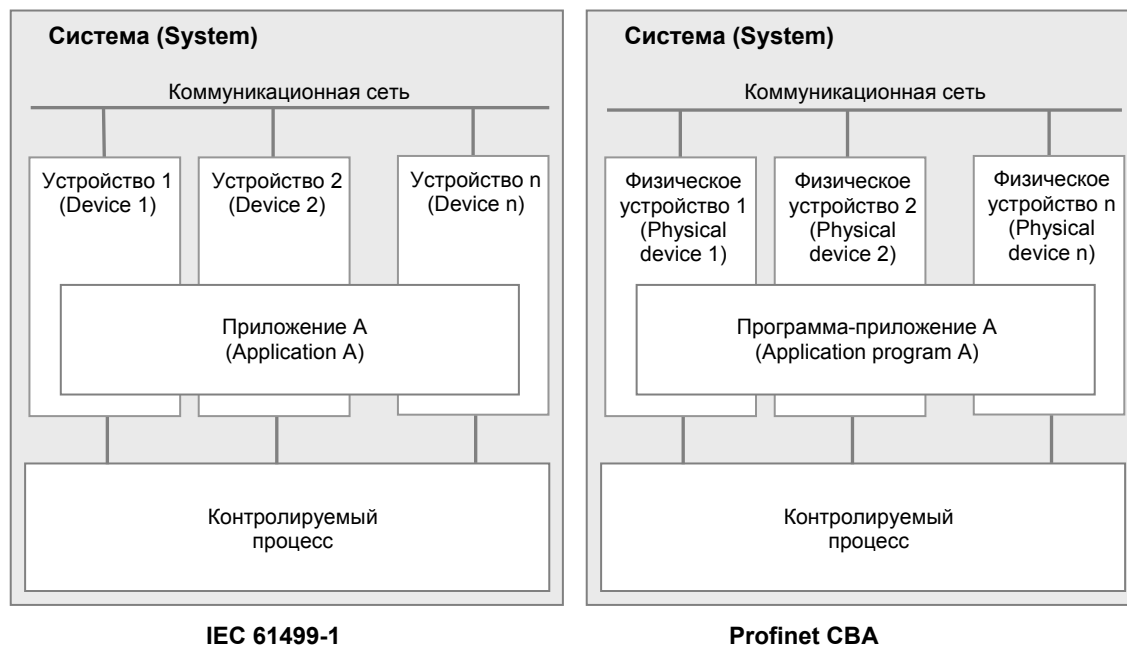


Рис. 5.2 Модели систем для IEC 61499-1 и Profinet CBA

## Устройства (devices)

Отдельное устройство (device) определяет отдельную функцию в общем решении цельной задачи автоматизации. Это определяющий термин для различных устройств, включающих в себя PLC, от ПК до жестко запрограммированных контроллеров, так называемых встроенных контроллеров или программируемых (интеллектуальных) полевых приборов со специальными микропрограммами (см. рис. 5.3). Все они обладают интерфейсом для подключения к процессу (process interface) и коммуникационным интерфейсом. Устройства (device) содержат один или несколько ресурсов (resource).

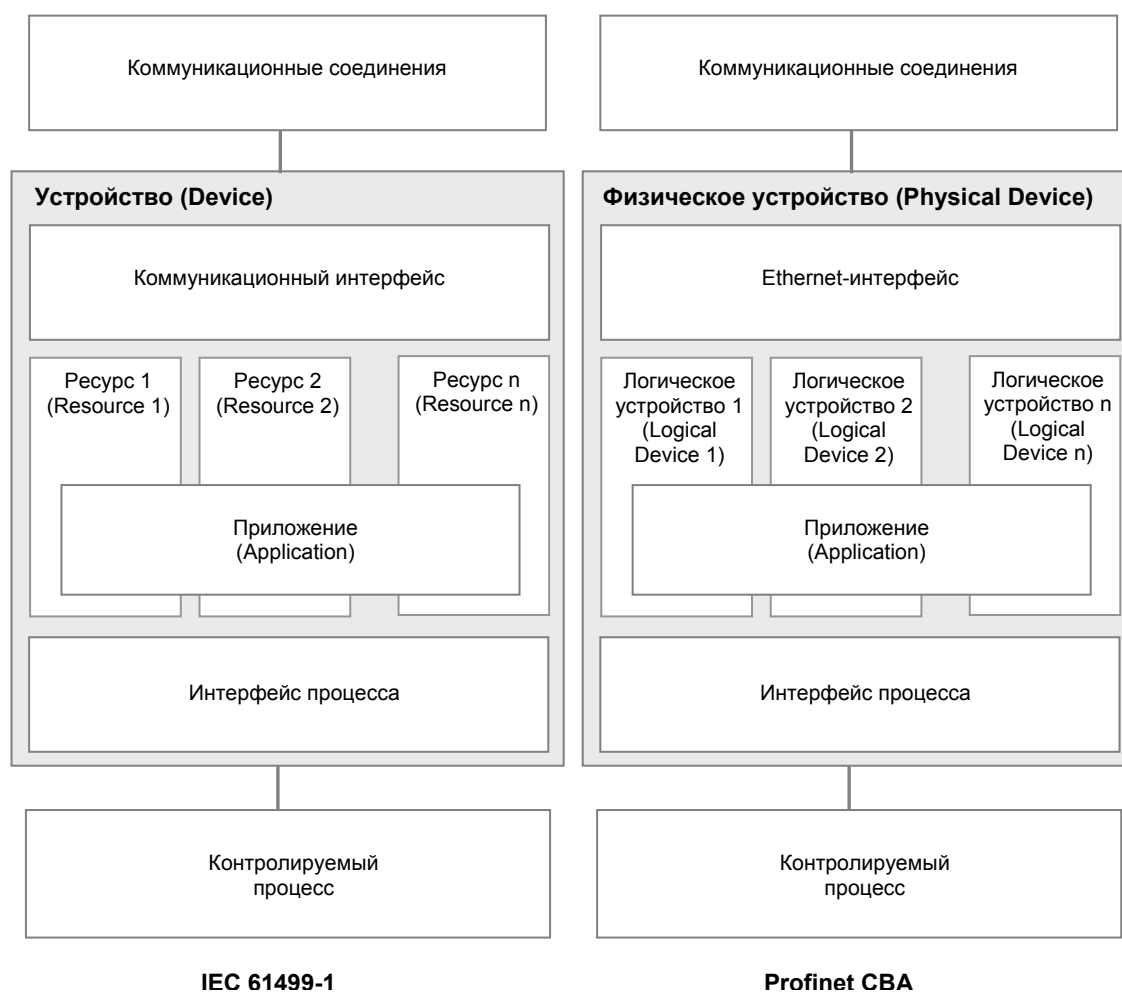


Рис. 5.3 Модели устройств для IEC 61499-1 и Profinet CBA



## Ресурсы (Resources)

Ресурс (resource) - это среда для выполнения локальных приложений (программ), называемых также функциональными блоками. В таких блоках обособляется программное обеспечение, необходимое для работы устройства (device). Сюда входят и соответствующие микропрограммы (firmware), и управляющие программы, которые могут быть созданы, в том числе, и пользователями. Функциональные блоки могут обмениваться данными с другими функциональными блоками посредством установленных связей (соединений). При этом такие коммуникационные партнеры могут быть внутри одного и того же устройства (device), а также могут быть расположены в других устройствах, связь с которыми поддерживается с использованием коммуникационных сетей (см. рис. 5.4).

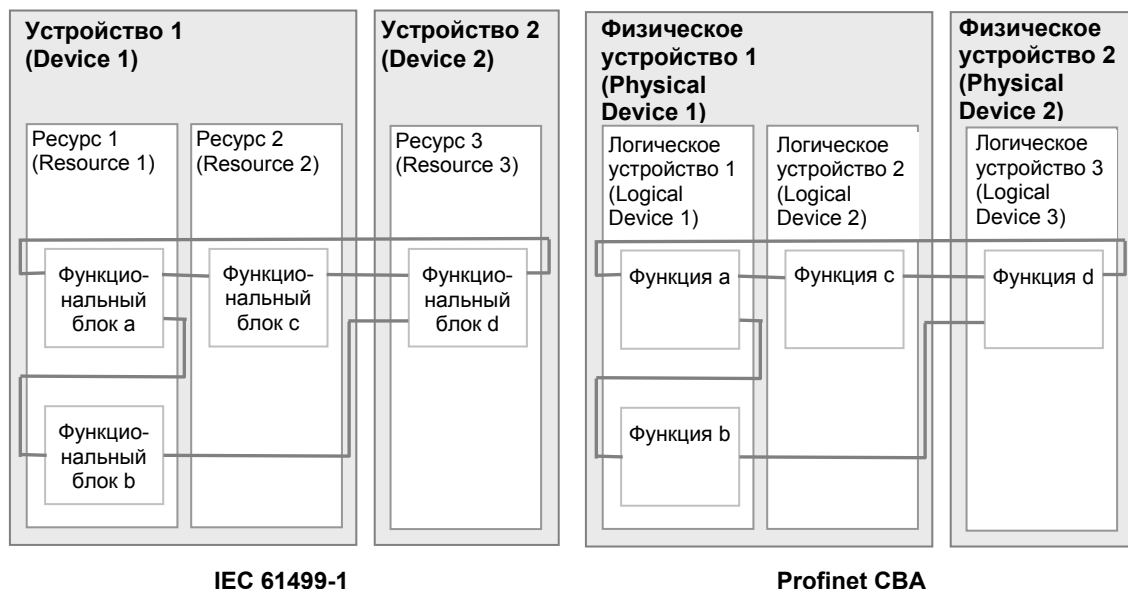


Рис. 5.4 Модели ресурсов для IEC 61499-1 и Profinet CBA

## Функциональные блоки

Функциональные блоки (function blocks) - это основные элементы модели архитектуры IEC 61499-1. Они имеют интерфейсы для приема и передачи данных, и кроме того имеют свои собственные внутренние данные (internal data) и соответствующие алгоритмы обработки данных, которые не видны извне.

Технологические функции (technological functions) технологии Profinet CBA базируются на функциональных блоках прикладного назначения (SFIB - service interface function blocks) описанных в IEC 61499-1.

Функциональные блоки (function blocks) бывают неизменными или свободно программируемыми. Следовательно, устройства (device) обладают:

- или неизменной функциональностью, как например, полевые приборы, приводы и датчики,
- или программируемыми (загружаемыми) функциями, как например, PLC или ПК.

В первом случае функции устройств определяются их микропрограммой, тогда как во втором случае перед использованием устройств их необходимо запрограммировать и сконфигурировать. Хотя оба типа функций обладают очень разными внутренними структурами с точки зрения архитектуры и программирования, их внешние коммуникационные свойства одинаковы. Это возможно благодаря использованию стандартных типов связи. Profinet CBA версий V1 и V2 используют технологию COM/DCOM. Перспективные технологии, например, .NET от Microsoft, также могут быть основой для системы коммуникаций. Однако базовая концепция коммуникаций в распределенной системе от этого не изменится.

## COM/DCOM

С помощью технологий связывания и внедрения объектов - OLE 1 (**O**bject **L**inking and **E**mbedding), начиная с Microsoft Windows 3.1, была обеспечена возможность объединения различных, в основном автономных, приложений. Эти технологии стали значительным шагом в направлении развития модульного подхода в разработке пользовательского ПО. С помощью OLE 2 Microsoft не только обеспечила дальнейшее развитие технологии OLE, но и сделала возможным появление новых более сложных архитектур с полностью новыми принципами разработки ПО под управлением ОС Windows.

Технология COM (**C**omponent **O**bject **M**odel - объектная модель компонентов) от Microsoft является основой всех OLE-механизмов. Она определяет стандарты, которые позволяют описывать объекты как логические модули в Windows и обеспечивает к ним доступ за пределами процесса. COM в основном определяет стандарт, описывающий взаимодействие между объектами с двоичными состояниями. Данный стандарт касается не исходного кода, а исполняемых программ. Это означает, что на такой основе могут совместно работать объекты, разработанные независимо различными поставщиками и с использованием различных языков программирования. При этом сложные приложения могут разделяться между несколькими объектами, а отдельные компоненты могут легко заменяться на более современные. Также отдельные объекты могут использоваться различными приложениями.

COM-интерфейс в Windows NT v.4 впервые стал обеспечивать возможность доступа к объектам за пределами устройств. При этом объекты, используемые приложением, могут быть распределены по сети. Такая расширенная технология COM известна как DCOM (**D**istributed COM). Она доступна для всех приложений, работающих под управлением Windows 98, NT, 2000 и Windows XP. DCOM Wire - это протокол, позволяющий передачу обращений к объектам с использованием сети.

## 5.2 Profinet CBA

Стандарт Profinet CBA определяет технологию создания Profinet - компонентов, унифицированную архитектуру коммуникаций между устройствами при реализации автоматизированной системы, механизмы миграции для существующей шинной системы, например, Profibus, и интеграцию с человеко-машинными интерфейсами (HMI) посредством OPC. Данный стандарт определяет механизмы коммуникаций с использованием Ethernet, описывает модель коммуникаций между автономными технологическими блоками в автоматизированной установке. Каждый из таких блоков представляет отдельный технологический модуль, который может повторяться в системе необходимое количество раз. С технической точки зрения технологический модуль представляется программным компонентом, Profinet-компонентом. При создании в целом установки Profinet-компоненты создаются с использованием создаваемых производителем ("вендор-зависимых") средств разработки совместно со средствами разработки Profinet CBA. Profinet CBA (Profinet **C**omponent **B**ased **A**utomation - автоматизация с использованием Profinet на базе компонентов) - первый стандартный продукт, поддерживающий данную технологию и содержащий следующие компоненты:

- STEP 7 - как средство проектирования для создания Profinet-компонентов для Simatic PLC
- Simatic iMap - как средство проектирования в Profinet CBA для конфигурирования установок с распределенной структурой
- контроллеры Simatic S7 и Simatic Net Profinet
- соответствующий набор устройств ввода/вывода Profibus I/O, поддерживающих возможность перестановки (миграции), а также устройств ввода/вывода Profinet I/O, поддерживающих возможность встраивания (объединения).

### 5.2.1 Концепция Profinet CBA

Основная идея Profinet CBA заключается в разделении процессов создания и встраивания в систему компонентов.

Внутренняя работа компонента определяется в процессе его создания. Компонент конфигурируется и программируется (в случае, если речь идет о программируемом контроллере). Производитель такого специфического компонента должен заранее обеспечить его потребителей средствами конфигурирования и программирования.

Подобные средства конфигурирования и программирования также используются для настройки соответствующих технологических интерфейсов компонентов. В установке с распределенной структурой с помощью таких технологических интерфейсов другие компоненты могут использовать соответствующие функции определенного компонента в режиме выполнения (RT-режим).

При создании компонента генерируется технологический компонент - компонент режима проектирования (engineering component), Profinet-компонент на базе полностью сконфигурированного и запрограммированного устройства. Данный компонент может использоваться средствами проектирования Profinet CBA при создании проектов автоматизированных систем с распределенной структурой. В среде проектирования Profinet CBA выполняется конфигурирование конкретного проекта установки и окончательная загрузка конфигурации коммуникационной системы в отдельные устройства (приборы) данной установки.

Стандарт Profinet CBA определяет открытую и объектно-ориентированную концепцию режима выполнения (runtime) (см. рис. 5.5). Данная концепция основывается на принципе выделения объектов. При этом создаются отдельные модули, функции которых могут быть доступны извне посредством соответствующих интерфейсов объектов.

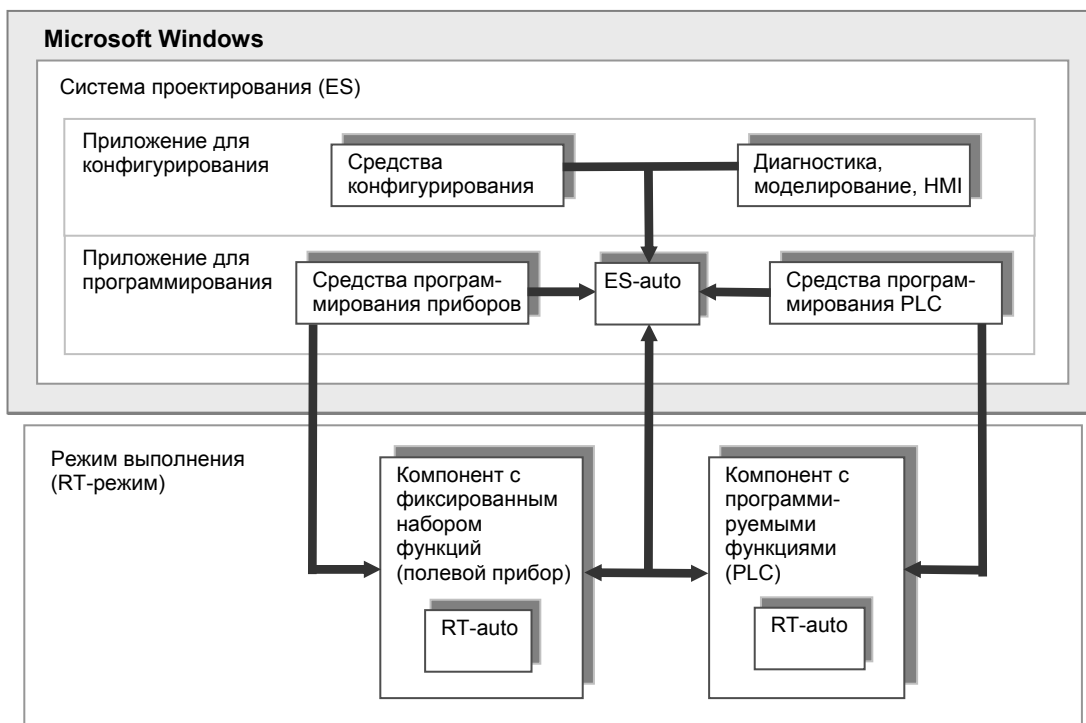


Рис. 5.5 Концепция Profinet CBA

## 5.2.2 Объектная модель Profinet CBA (Object Model)

Стандарт Profinet CBA определяет объектную модель режима выполнения (runtime object model) и объектную модель режима проектирования (engineering object model). Объектная модель режима выполнения представляет объекты, существующие в Profinet-контроллере в режиме выполнения, а также представляет их связи друг с другом. Данная модель описывает программируемый контроллер, состоящий из физических устройств (оборудование) и логических устройств (программное обеспечение). Объектная модель компонента (component object model) базируется на таком объектно-ориентированном подходе. Объектная модель RT-режима реализуется в каждом Profinet-контроллере (см. рис. 5.6).

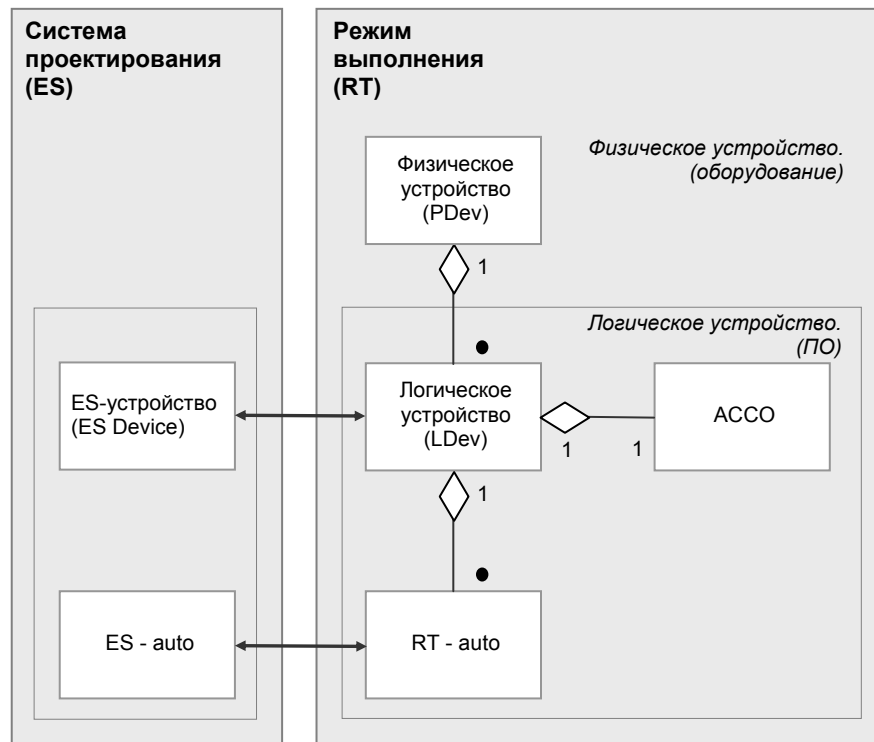


Рис. 5.6 Объектная модель Profinet CBA

Соответствующие технологические объекты - объекты режима проектирования (ES objects) присутствуют в системе проектирования Profinet CBA. Они имеют одинаковую базовую структуру с Profinet - объектами режима выполнения (runtime objects), т.е. Profinet RT-объекты имеются в модели режима проектирования (engineering model) в такой же форме.

Profinet RT-объекты имеют обязательные и опционные интерфейсы. В то время как разработчик обеспечивает необходимый стандартный набор функций Profinet CBA, опционные интерфейсы производителей аппаратуры и ПО обеспечивают возможность реализации специфических функций в качестве дополнения. Это в частности касается обеспечения доступа к переменным процесса с помощью объектов автоматике режима выполнения RT-auto. Специальные интерфейсы позволяют реализовывать визуализацию диагностических сигналов и выполнять параметризацию.

### **Объект физического устройства**

Объект физического устройства (PDev - physical device object) представляет собой объект оборудования. Для Profinet-контроллера существует точно один объект PDev во время режима выполнения (runtime). Доступ к объекту PDev может быть обеспечен посредством IP-адреса, назначенного для устройства, и функций, как начальной стартовой точки (initial starting point) для других приложений при навигации через данное устройство.

### **Объект логического устройства**

Объект логического устройства (LDev - logical device object) представляет собой объект программного обеспечения для устройства. Во время режима выполнения (runtime) отдельному устройству могут соответствовать несколько логических устройств LDev. При использовании Profinet-контроллеров, например с функцией проху, отдельное логическое устройство LDev существует для каждого Profinet-устройства, интегрированного с помощью проху, а также собственно для Profinet - контроллера.

### **Объект автоматике режима выполнения**

Объект автоматике режима выполнения (RT-Auto - runtime automation object) - это выполняемая программа с соответствующей областью данных, обеспечивающая соответствующие физические технологические функции Profinet-контроллера.

Объекты автоматике режима выполнения RT-Auto связаны с распределенным приложением с использованием ACCO (см. далее). Объекты RT-Auto моделируются специально для соответствующих задач автоматического управления. При этом они имеют структуру, определяемую соответствующим приложением.

Объекты RT-Auto имеют интерфейсы, определенные производителем, которые обеспечивают фактическое соединение Profinet-контроллера с процессом. Они обеспечивают доступ к подключаемым технологическим функциям и представляют соответствующий технологический интерфейс. Для этого RT-Auto обеспечивают двунаправленное преобразование данных процесса для управляющих приложений на соответствующих технологических интерфейсах (см. Рис. 5.7).

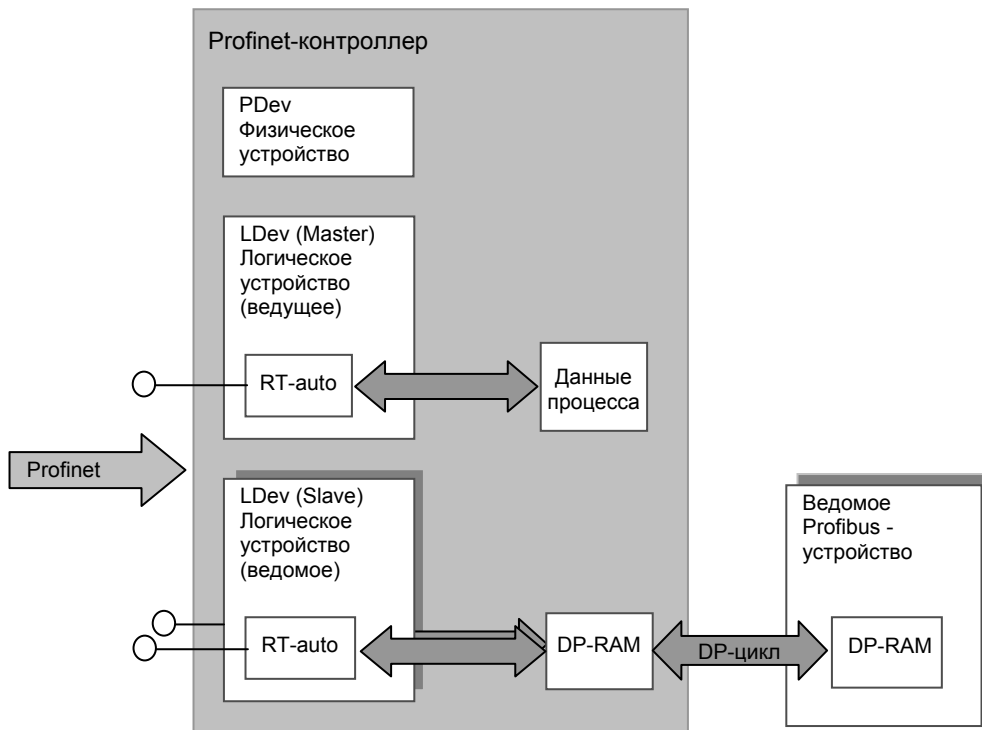


Рис. 5.7 Схема движения данных процесса и прокси-функции

### Proxy - функции в Profinet CBA

Ведомые Profibus DP-устройства могут участвовать в коммуникационном обмене данными в Profinet CBA с использованием проху. Проху-функциями в Profinet CBA обладают Profinet-контроллеры, которые могут выполнять функции ведущих DP - устройств (DP master). В Profinet модели режима выполнения для ведомых полевых приборов на шине Profibus (Profibus slave) Profinet-контроллер является проху - устройством.

Основная идея функциональности проху заключается в преобразовании входных/выходных данных полевых приборов в данные обмена, которые могут использоваться в Profinet CBA. С точки зрения данных процесса проху-устройство соответствует шлюзу "Ethernet / полевая шина", при этом оно обеспечивает интеграцию полевого прибора в систему как компонента Profinet CBA с точки зрения Profinet CBA.

С помощью ведущего Profibus-устройства (Profibus master) I/O-данные в DP-RAM ведомого Profibus-устройства (DP slave) передаются в объект автоматки режима выполнения RT-Auto ведомого устройства LDev, а затем оттуда - на входы/выходы его технологического интерфейса. К полевому прибору, интегрированному с помощью проху, доступ со стороны Profinet CBA обеспечивается только с помощью проху. В частности, это означает, что такой полевой прибор не должен иметь своего собственного IP-адреса.

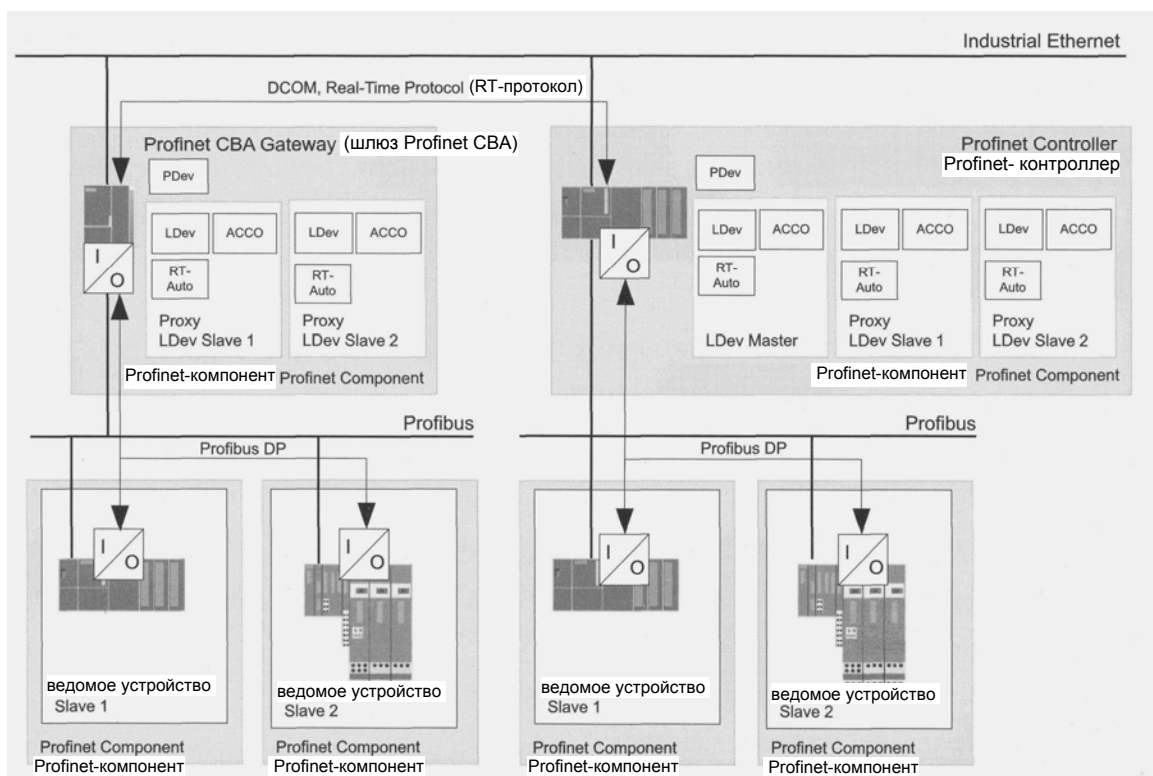


Рис. 5.8 Принцип функционирования проху в Profinet CBA

Интеграция Profibus-устройств с помощью проху не создает для Profibus дополнительной нагрузки, и пропускная способность шины сохраняется. Напротив, что касается классического применения Profibus, то нарушается доступ из пользовательской программы ведущего DP-устройства (DP master) ко входным/выходным данным ведомого DP-устройства (DP slave) во время его работы через проху. Ведомое DP-устройство обменивается входными/выходными данными только с объектом RT-Auto логического устройства Ldev ведомого устройства. При этом ведомое DP-устройство может обмениваться данными с любыми коммуникационными партнерами Profinet CBA. Однако работа ведомого DP-устройства через проху означает, что нет прямого доступа из пользовательской программы ведущего DP-устройства ко входным/выходным данным ведомого DP-устройства.

Проху-устройства Profinet CBA и проху-устройства Profinet IO в основном выполняют одинаковую работу по интеграции Profibus-устройств, но обладают несовместимыми свойствами, так как используют различные коммуникационные службы в сети Ethernet.



## Объект АССО

АССО (**A**ctive **C**ontrol **C**onnection **O**bject - объект активного управления соединениями) - это центральный пункт администрирования и управления коммуникационными соединениями. Каждый объект Ldev имеет только один объект АССО, который отвечает за обмен данными между объектами RT-Auto. Объект АССО имеет доступ к данным собственного RT-Auto посредством внутреннего интерфейса и может передавать их объекту АССО коммуникационного партнера. Развязка (decoupling) коммуникаций Profinet CBA (АССО) и интерфейс с процессом (RT-Auto) обеспечивают независимую от языка реализацию объектов RT-Auto и снабжение данными процесса в любом формате. Конфигурация взаимных соединений, загружаемая в процессе проектирования в АССО, обрабатывается на месте. Установление соединений выполняется последовательно.

## Исполняемые программы для обеспечения рабочего режима (RT) Profinet Runtime Source

Спецификации Profinet и программное обеспечение для функционирования Profinet CBA - устройств могут быть получены от PNO по следующему адресу в Интернете: [www.profibus.com](http://www.profibus.com). Спецификации определяют полный стандарт Profinet, включая:

- объекты Profinet CBA и модели компонентов
- коммуникационные механизмы Profinet CBA
- принципы проху для Profinet CBA
- принципы проектирования для Profinet CBA.

Были приняты версии Profinet V1 и Profinet V2. По сравнению с версией V1 версия Profinet V2 расширена включением в нее:

- определения RT-протокола для циклической передачи данных процесса в реальном времени (cyclic transmission in real-time);
- новых типов данных для передачи данных процесса;
- улучшенными средствами диагностики для режима отладки;
- улучшенными средствами диагностики приборов и системы в целом.

В исполняемых программах для обеспечения рабочего режима (Profinet Runtime Source) заложена модель режима выполнения Profinet (Profinet runtime model), независимая от операционной системы. ПО доступно в виде исходных кодов и обеспечивает весь спектр RT-коммуникаций для Profinet.

Исполняемые программы для обеспечения рабочего режима содержат неизменное ядро и дополнительные модули, определяющие целевую направленность системы. Спецификации Profinet и исходные программы дают возможность просто и эффективно интегрировать Profinet Runtime в обширный перечень приборов и устройств (см. рис. 5.9).

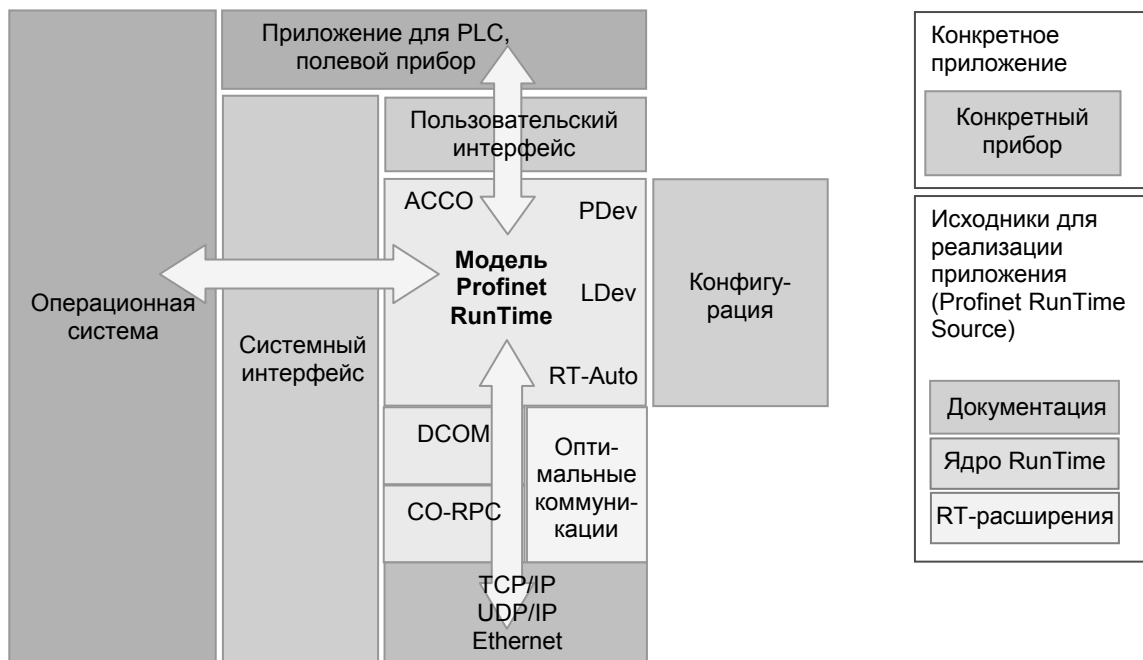


Рис. 5.9 Встраивание Profinet Runtime в автоматизированную систему

Вместе с исходными данными (программное обеспечение и документация), необходимыми для системы Profinet Runtime (Profinet Runtime Source), в качестве технической поддержки пользователю предлагается руководство по ее дальнейшему развитию и расширению.

Организация Profibus International поддерживает производителей полевых приборов и систем для автоматизации процессов:

- выпуском спецификаций для Profinet,
- выпуском программного обеспечения и документации (Profinet Runtime Source),
- выпуском инструкций для интеграции программного обеспечения и документации (Profinet Runtime Source) для различных операционных систем, например, для Linux,
- сертификацией Profinet - продуктов для обеспечения их совместимости,
- обеспечением поддержки при создании Profinet-устройств с помощью консультационного центра по вопросам внедрения технологии Profinet - Profinet Competence Center ComDeC.

### 5.2.3 Интеграция полевых шин

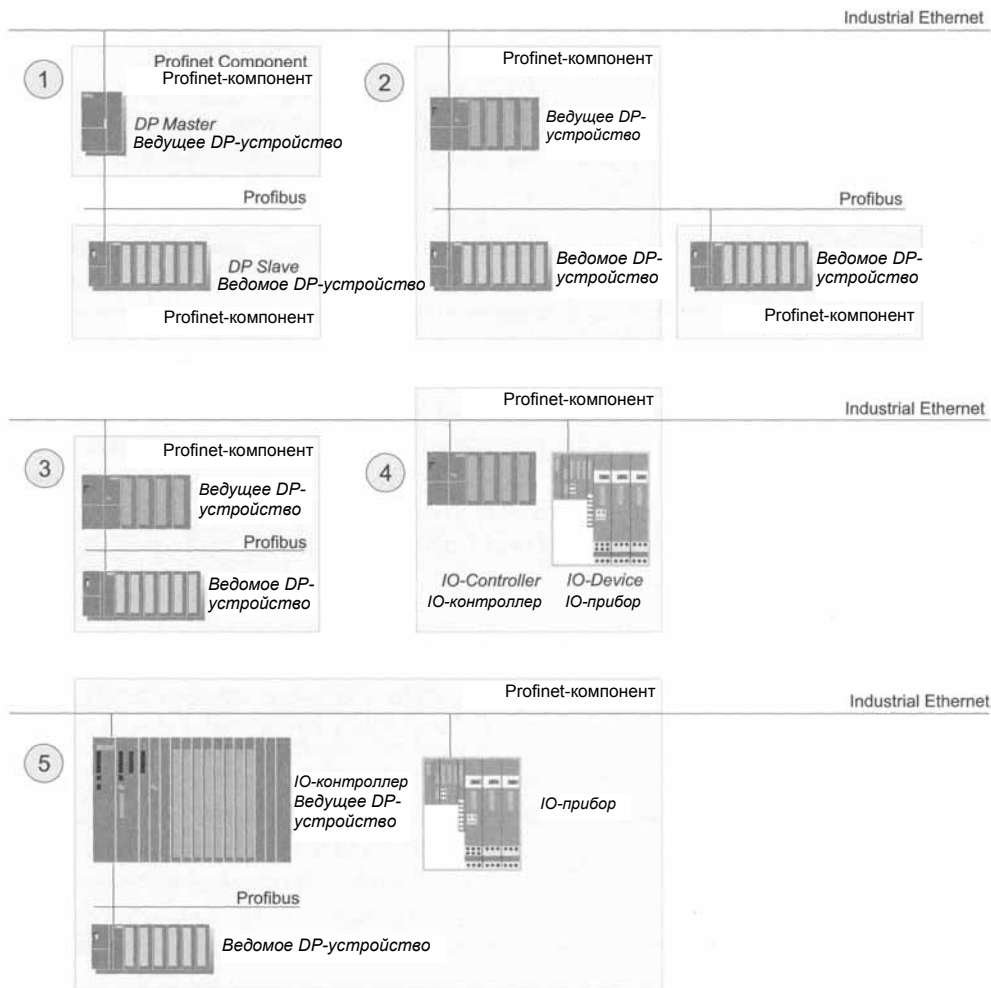
При расширении уже существующей установки с Profinet CBA имеющиеся системы полевой шины, такие как Profibus, AS-I, и т.д., должны быть интегрированы в систему коммуникаций Profinet CBA. Эта задача решается двумя путями:

- Система полевой шины полностью интегрируется в Profinet-компонент. Для этого ведущее устройство полевой шины (fieldbus master) должно поддерживать Profinet CBA. Поддержка Profinet CBA может быть достигнута расширением ведущего устройства полевой шины (fieldbus master) добавлением интерфейсного Ethernet-модуля, совместимого с Profinet CBA, или заменой ведущего устройства полевой шины Profinet-контроллером с соответствующими функциями (совместимого с Profinet CBA).
- Profinet-компоненты создаются на базе отдельных полевых приборов, которые участвуют в Profinet CBA - коммуникациях в режиме выполнения (runtime) с помощью Profinet-контроллер с функциями проху.

Выше перечисленные особенности означают, что возможно устанавливать любые смешанные конфигурации с подсистемами на базе полевой шины и подсистемами на базе сетей Ethernet, которые, следовательно, могут обеспечить последующий переход к использованию технологии Profinet CBA.

При этом поддерживаются следующие полевые приборы:

- Profibus DP - устройства с собственными CPU,
- стандартные ведомые Profibus DP - устройства (Profibus DP slaves) с GSD-файлами
- Profibus IO - устройства (Profinet IO - Devices).



- 1 Profinet CBA - маршрутизатор в качестве Profinet-контроллера с функциями проху; интеграция ведомого Profibus-устройства (Profibus slave) посредством проху.
- 2 Profinet-контроллер с функциями проху; интеграция ведомого Profibus-устройства (Profibus slave) посредством проху и подключение ведомых Profibus-устройств, интегрированных в локальной Profibus - системе.
- 3 Profinet-контроллер; подключение ведомых Profibus-устройств, интегрированных в локальной Profibus - системе.
- 4 Profinet-контроллер; подключение Profinet IO - устройств, интегрированных в Profinet IO - системе.
- 5 Profinet-контроллер; подключение Profinet IO - устройств, интегрированных в Profinet IO - системе; подключение ведомых Profibus-устройств, интегрированных в локальной Profibus - системе.

Рис. 5.10 Интеграция полевой шины в Profinet CBA

## 5.2.4 Profinet - и Profibus - устройства

Устройство или прибор (device) является частью Profinet - компонента с соответствующими аппаратными данными Profinet - компонента. С учетом требований Profinet CBA устройство (device) является представлением физического устройства (physical device), для которого был создан Profinet - компонент. Термин "Device" (т.е. "устройство" или "прибор") является синонимом:

- систем автоматического управления;
- полевых устройств, таких как PLC, ПК, гидравлических устройств, пневматических устройств;
- активных сетевых компонентов, например, устройств распределенного ввода/вывода (I/O), вентильных терминалов или приводов.

Важнейшей характеристикой устройства является его способность интеграции в систему Profinet-коммуникаций с использованием сетей Ethernet или Profibus. В соответствии с используемой шиной различают (см. рис. 5.11):

- Profinet-устройства: в контексте Profinet CBA эти устройства называются также Profinet-контроллеры. Такое устройство всегда имеет по крайней мере одно соединение с Industrial Ethernet. Если это устройство ведущее (master) и с функциями проху, то оно имеет по крайней мере одно соединение с шиной Profibus и является ведущим DP-устройством.
- Profibus-устройства: Profibus-устройства не связаны с Industrial Ethernet, но имеют по крайней мере одно соединение с шиной Profibus. Поэтому Profibus-устройства поддерживают коммуникации Profinet CBA не непосредственно, а только через Profinet-контроллер с функциями проху.

### Примеры устройств

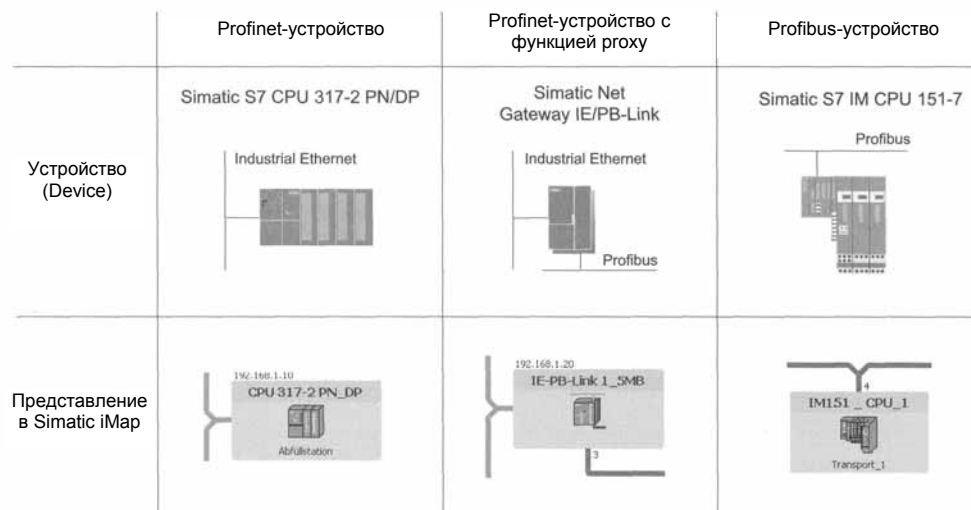


Рис. 5.11 Profinet- и Profibus- устройства

## 5.2.5 Продукты для Simatic S7 и Simatic Net Profinet CBA

Автоматизация на базе компонентов (CBA - **C**omponent **B**ased **A**utomation) – это реализация технологии Profinet CBA для систем автоматического управления от Simatic S7 до Simatic Net. В зависимости от конфигурации для автоматизации используются следующие (см. также рис. 5.12) продукты:

- Simatic STEP 7 используется как средство разработки для конфигурирования и программирования систем автоматического управления с Simatic S7 и Simatic Net, а также для создания Profinet - компонентов.
- Simatic iMap используется как средство разработки для конфигурирования установок с распределенной структурой и для интеграции средств аппаратно-зависимого программирования, конфигурирования и диагностики в единую среду разработки Profinet CBA - систем.
- Simatic Net OPC Server PN используется для доступа к процессу и данным визуализации (HMI) посредством OPC-интерфейса.
- Simatic WinLC PN и Simatic WinAC PN-Option используются в качестве Profinet-контроллеров с функциями проху. WinLC PN и WinAC PN-Option работают как Windows-совместимые программные PLC под ОС Windows 2000 и Windows XP
- Центральные процессоры Simatic S7 CPU 31x-2 PN/DP используются в качестве Profinet-контроллеров с функциями проху. CPU, имеющие микропрограмму, начиная с версии V2.3, поддерживают также Profinet IO.
- Simatic Net IE/PB-Link используется в качестве шлюза Profinet CBA / Profibus. IE/PB-Link обладает функциями проху и служит для введения Profibus-устройств в систему коммуникаций Profinet CBA.
- Коммуникационные процессоры Simatic Net-CP 343-1 PN используются для обеспечения включения имеющихся CPU Simatic S7-300 в систему коммуникаций Profinet CBA. Кроме Profinet CBA данные коммуникационные процессоры также поддерживают стандартные коммуникационные службы давно используемых коммуникационных систем Simatic Net Ethernet.
- Коммуникационные процессоры Simatic Net-CP 443-1 Advanced используются для обеспечения включения имеющихся CPU Simatic S7-400 в систему коммуникаций Profinet CBA. Данные коммуникационные процессоры имеют интегрированный 4-х портовый коммутатор (switch) и интегрированный Web-сервер. Кроме Profinet CBA эти коммуникационные процессоры также поддерживают Profinet IO и стандартные коммуникационные службы давно используемых коммуникационных систем Simatic Net Ethernet.

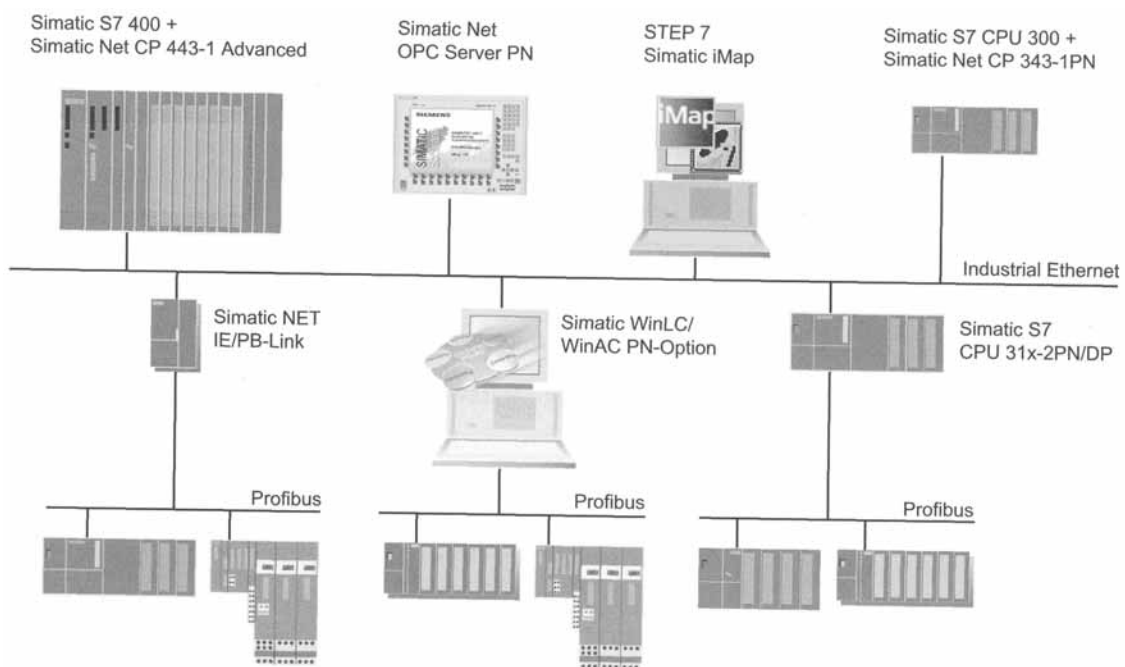


Рис. 5.12 Выпускаемые продукты для автоматизации на базе компонентов (Component Based Automation)

### 5.3 Разработка систем на базе Profinet CBA

Profinet CBA определяет стандартную и смешанную, построенную на базе продуктов различных производителей, модели проектирования для простой интеграции устройств и компонентов различных производителей в распределенную автоматизированную систему. Simatic iMap – это независимый от производителей инструмент для конфигурирования приложений с Profinet CBA, основанный на базе этих моделей. Приложения распределенной автоматики формируются в графическом режиме с отображением установки в целом.

Все необходимые Profinet-компоненты доступны в стандартной форме в соответствующих библиотеках. Коммуникационные связи (соединения) между технологическими функциями устройств не программируются, а конфигурируются в графическом режиме в виде соединительных линий. Соответствующие данные загружаются в виде программ, данных конфигурации и данных соединений для Profinet-компонентов в устройства установки. В процессе отладки и эксплуатации данные процесса и технологические данные для устройств можно изменять для проведения тестирования.

Simatic iMap позволяет сгенерировать символьный OPC-файл для работы человеко-машинного интерфейса (HMI-система) с использованием OPC, а также и автоматически создавать полную документацию для системы с распределенной структурой. Кроме этого Simatic iMap содержит программное обеспечение для поддержки средств конфигурирования и программирования, определенных производителем:

- расширения для STEP 7, которые позволяют создавать Profinet – компоненты в среде Simatic Manager,
- средства для интеграции инструментов для проектирования, определенных производителем, для поддержки проприетарных конфигураций и средств диагностики.



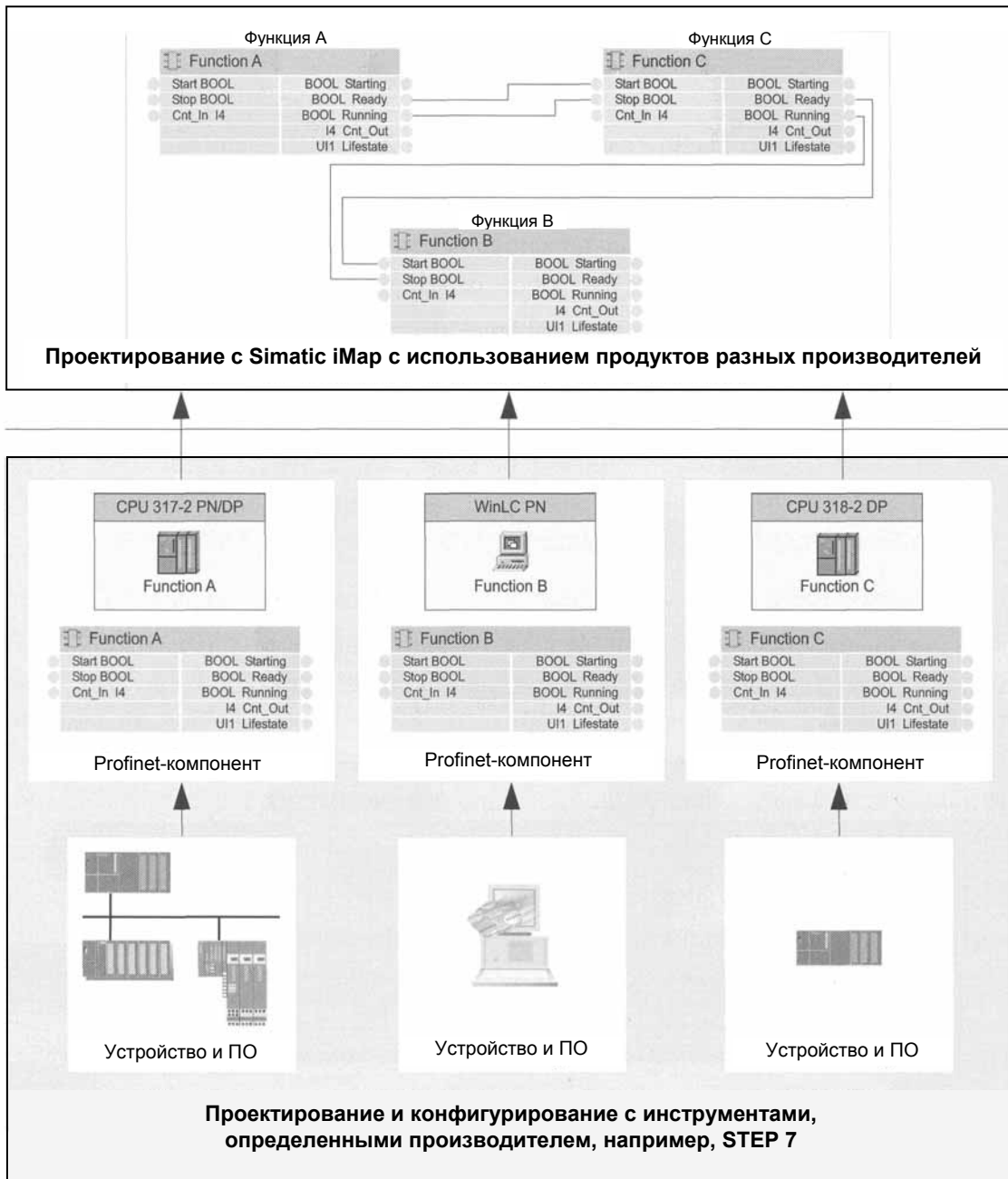


Рис. 5.13 Simatic iMap: концепция проектирования

### 5.3.1 Создание Profinet-компонентов

Profinet-компоненты создаются проектировщиками механизмов и установок. При создании Profinet-компонентов соответствующие средства проектирования генерируют так называемый универсальный уникальный идентификатор (UUID - **U**niversal **U**nique **I**dentifier). UUID-идентификатор обеспечивает глобальную идентификацию Profinet-компонентов. Только Profinet-компоненты с одинаковыми UUID могут иметь одинаковую функциональность.

Программирование и конфигурирование Profinet-компонентов выполняется с использованием инструментов, определенных производителем как раньше. Далее для создания приложений могут использоваться ныне существующие технологии. Проектировщик компонентов пишет программы пользователя для программируемых Profinet-устройств, участвующих в коммуникационном обмене данными. Области данных (интерфейсный DB при использовании Simatic S7) могут последовательно создаваться для обмена данными. Входные и выходные данные соответствующего Profinet-компонента сохраняются в этих областях во время режима выполнения (runtime).

На следующем шаге Profinet-компонент генерируется в форме так называемого "описания Profinet-компонента" (PCD – **P**rofinet **C**omponent **D**escription), которое импортируется в библиотеку в редакторе взаимных соединений (interconnection editor).

### 5.3.2 Взаимное соединение Profinet-компонентов с помощью средств проектирования Profinet CBA Engineering Tool

Редактор взаимных соединений - это центральный компонент инструментария Profinet CBA. Он обеспечивает установку связей Profinet-компонентов. PCD-описания в библиотеке отображаются значками. Оттуда они могут быть вставлены в проект установки и связаны между собой способом drag&drop. Корректность соединений в контексте совпадения форматов данных и частоты передачи проверяется с помощью редактора соединений. Редакторы соединений обычно предоставляют пользователю два вида:

- "вид установки" ("plant view"), представляющий технологическую структуру и логические связи в установке;
- "вид сети" ("network view"), представляющий топологическую схему.

ПО Simatic iMap для разработки Profinet CBA обеспечивает еще один вид:

- "вид проекта" ("project view"), представляющий связи между библиотечными Profinet-компонентами, вставленными экземплярами (instance), функциями и устройствами (devices).

## 5.4 Profinet-компоненты

### 5.4.1 Технологический модуль

В установке с автоматическим управлением или в производственном процессе отдельная технологическая функция определяется взаимодействием механических, электрических и электронных компонентов. При наличии в этом комплексе соответствующей управляющей программы он является готовым автономным технологическим модулем (см. пример на рис. 5.14).

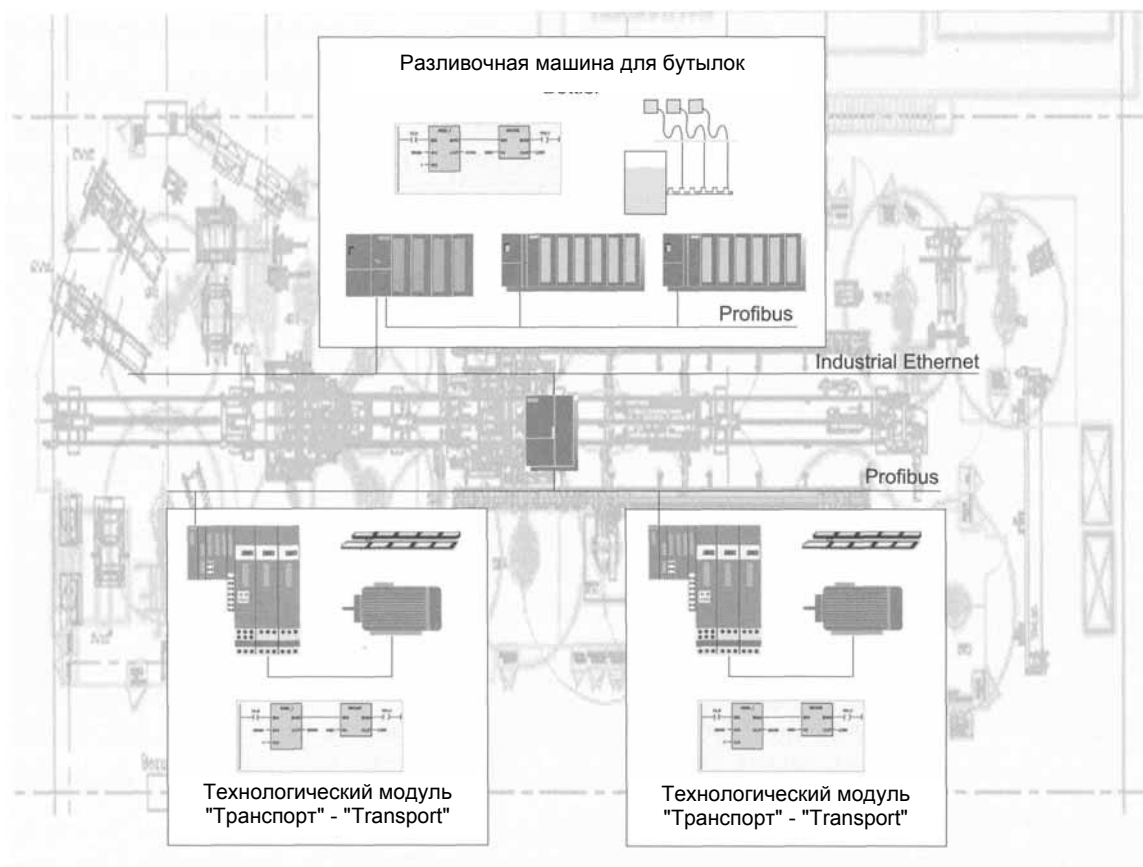


Рис. 5.14 Пример фрагмента установки с тремя технологическими модулями

## Profinet-компоненты

При проектировании установок с распределенной структурой технологический модуль представляется Profinet-компонентом (см. рис. 5.15). Он включает в себя все данные конфигурации аппаратной части, параметры модуля и, опционально, программу пользователя.

Фактические функции устройства со специальной программой-приложением заключены в Profinet-компоненте. С точки зрения Profinet доступными остаются только те технологические интерфейсы устройства, которые необходимы для взаимодействия в механизме или установке для обеспечения диагностики, визуализации и вертикальной интеграции.

Любой Profinet-компонент состоит из следующих двух информативных частей:

- технологической функции (technological function) и
- соответствующего устройства (device), в котором эта функция реализована и выполняется в рабочем режиме (runtime)

На рис. 5.15 показаны схемы технологического модуля и соответствующего Profinet-компонента

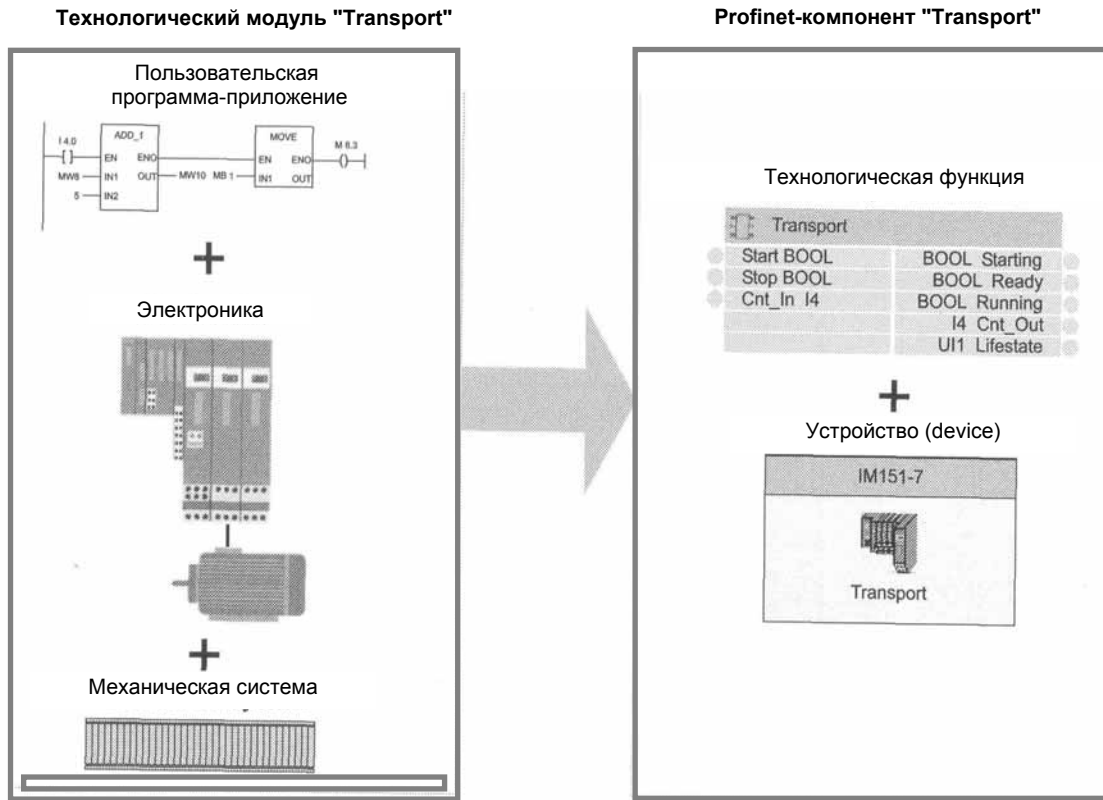


Рис. 5.15 Схема технологического модуля и соответствующего Profinet-компонента

### Устройство (Device)

Устройство (device) является частью Profinet-компонента, включающей в себя все данные, касающиеся аппаратной части Profinet-компонента. В Simatic iMap устройство имеет программное (software) представление физического устройства, для которого был создан данный Profinet-компонент. На "виде сети" ("network view") в Simatic iMap устройство представляется как объект с одним или несколькими шинными коннекторами.

### Технологическая функция (Technological function)

Технологическая функция (technological function) представляется в виде пользовательской программы-приложения и соответствующего технологического интерфейса для коммуникационного соединения с другими Profinet-компонентами. Технологическая функция должна пониматься как законченная функция устройства или группы устройств. На "виде установки" ("plant view") в Simatic iMap технологическая функция представляется как блок, имеющий входы и выходы.

## 5.4.2 Технологический интерфейс

Технологический интерфейс (technological interface) определяют соединительные контакты (connections), то есть входы и выходы Profinet-компонента. Контакты обеспечивают внешние коммуникационные интерфейсы для подключения к Ethernet- и Profibus-сетям. Каждый соединительный контакт характеризуется свойствами, которые определяются при создании Profinet-компонента:

- Направлением (Direction): каждый соединительный контакт является входом (input) или выходом (output).
- Соединением в Simatic iMap (Linking): контакты (connections), которые отображаются в Simatic iMap, могут быть соединены. Контакты, которые не могут быть соединены, не отображаются графически в Simatic iMap. Доступ к ним обеспечивается с помощью других коммуникационных механизмов, например, OPC (OLE for Process Control - OLE для управления процессом), и обычно используется для управления и мониторинга.
- Именем (Name): имя для контакта может быть свободно выбрано с учетом соответствующих правил (так, оно может иметь длину до 24 символов).
- Типом данных (Data type): тип данных определяется для каждого контакта, например, BOOL, I1 или STRUCT.
- Значением (Value): текущее значение для контакта может отображаться в интерактивном режиме в Simatic iMap в режиме выполнения (runtime). Кроме того online-значения несвязанных входов могут быть изменены.

## 5.4.3 Программируемые и фиксированные функции

Функции, зависящие от применения, определяются в программируемых устройствах соответствующими пользовательскими программами. Более простые устройства, например, приводы или полевые приборы не имеют своих пользовательских программ. Фиксированные функции таких приборов записаны в их микропрограммах. Соответственно Profinet-компоненты имеют программируемые функции, если они управляются собственными пользовательскими программами, загружаемыми из Simatic iMap, или содержат фиксированные функции, и, следовательно, не имеют собственных пользовательских программ.

#### 5.4.4 Типы Profinet-компонентов

Profinet-компоненты могут создаваться с заданными изготовителем данными для устройства или без таковых (см. рис. 5.16). Profinet-компоненты без данных для устройства, заданных изготовителем, называются одноэлементными компонентами или "синглтон-компонентами" ("singleton component").

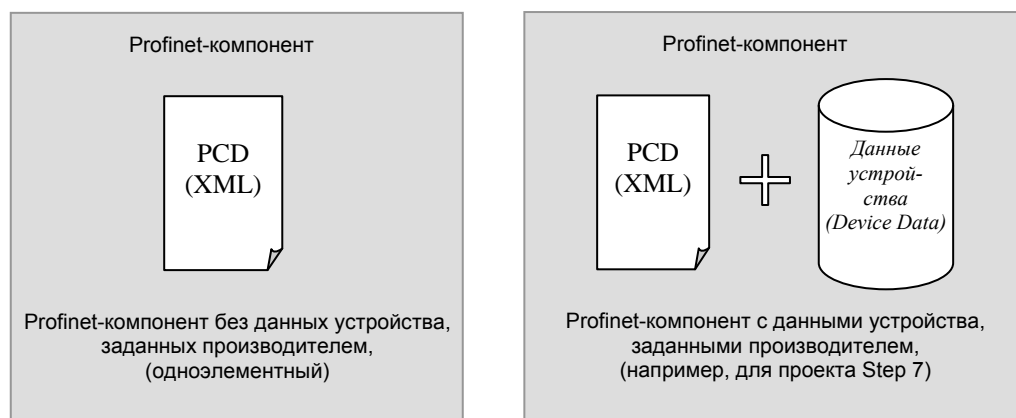


Рис. 5.16 Типы Profinet-компонентов

### 5.4.5 Одноэлементные компоненты

Одноэлементные компоненты (Singleton component) - это Profinet-компоненты без данных для устройства, заданных производителем. Тем не менее, такие компоненты должны содержать данные для устройства, при этом не являющиеся частью Profinet-компонента. Но эти данные должны присутствовать в соответствующей устройству форме, при этом они обычно требуют специального управления. Это в частности означает, что этими данными нельзя управлять из Simatic iMap при конфигурировании установки с распределенной структурой. Необходимость отдельного хранения данных конфигурации устройства и данных для программы дает следующие преимущества:

- Исключение отдельных функций, таких, как генерация или загрузка программы в Simatic iMap; что уменьшает время на создание проекта в целом.
- Возможность предварительной инициализации адресов и имен. Поэтому нет необходимости конфигурировать эти параметры для экземпляров (instances) одноэлементных компонентов в Simatic iMap.

Если, например, новый STEP 7 - проект (из проекта-прототипа), описывающий всю установку, создается на базе данных Simatic-устройств всех Profinet-компонентов в Simatic iMap, то данные для устройства одноэлементного компонента имеются в их базовых STEP 7 - проектах для создания компонента. Во время отладочных работ загрузка данных устройства для одноэлементных компонентов выполняется с помощью фирменного программного обеспечения, предназначенного для разработчиков. Для Simatic-устройств таким ПО является программа Simatic Manager.

Концепция одноэлементных компонентов позволяет осуществлять внедрение ранее неподдерживаемых аппаратных конфигураций для Simatic-устройств как отдельных частей Profinet-компонентов в систему коммуникаций Profinet СВА. К ним относятся, например:

- Системы автоматического управления Simatic S7-400
- Отказобезопасные системы, такие как Simatic S7-300F
- Micromaster-приводы, такие как ведомые (slave) Profibus DP-устройства
- Диагностические приложения для процесса
- Функциональные модули (FM), такие как компоненты интеллектуальных (программируемых) ведомых (slave) Profibus DP-устройств
- Конфигурации с Profinet IO-устройствами.

Всегда если одноэлементный компонент генерируется для Profinet-устройства, то проху-функция (если такая имеется) не может использоваться в данном Profinet-устройстве.



## 5.4.6 Конфигурации устройств с назначаемыми компонентами

Profinet-компоненты могут создаваться:

- для Profinet-контроллеров с локальной (ведомой) Profibus-системой ведущего DP-устройства (Profibus DP master system) или без таковой, с MPI шинной системой или с подсистемой Profinet IO,
- для программируемых ведомых (slave) Profibus DP-устройств с локальной Profibus-системой ведущего DP-устройства (Profibus DP master system) или без таковой или с MPI шинной системой,
- для стандартных ведомых (slave) Profibus DP-устройств с GSD-файлом.

### Profinet-компоненты для Profinet - контроллеров

Profinet-компоненты могут быть созданы на базе следующих Profinet-контроллеров (см. рис. 5.17):

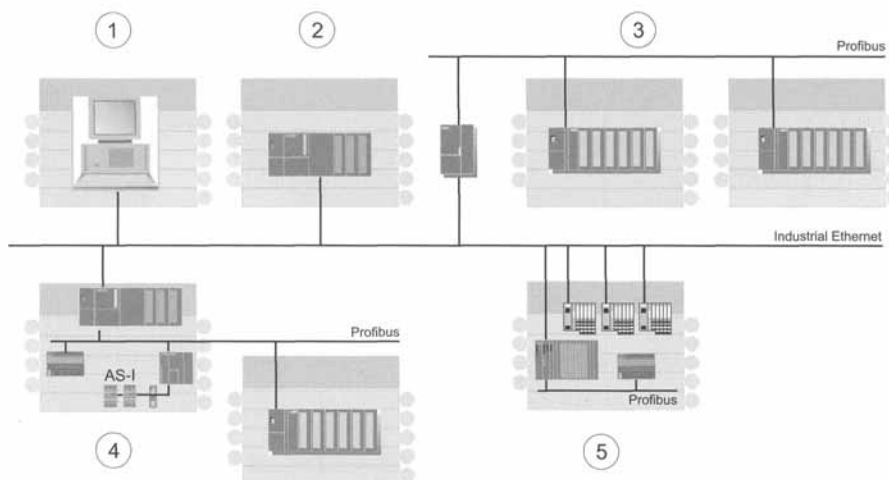


Рис. 5.17 Profinet-компоненты на базе Profinet-контроллеров

На рис 5.17 показаны следующие варианты на базе Profinet-контроллеров:

- 1 Windows Logic Controller WinLC PN and WinAC PN-Option V4.1:  
WinLC PN - это программный Profinet-контроллер с функциональностью проху. С помощью этого ПО к Profibus-подсети могут быть подключены локальные ведомые (slave) DP - устройства и / или локальные HMI-устройства.
- 2 Системы с процессорами S7-300 CPU и Simatic Net-CP 343-1 PN:  
Данная аппаратная конфигурация не обладает проху-функциональностью, однако может использоваться как ведущее (master) DP-устройство в локальной сети Profibus или на локальной шине MPI.

3 Simatic Net IE/PB-Link в качестве шлюза:

Устройство IE/PB-Link - это Profinet-контроллер с функциональностью проху. Он не содержит собственной пользовательской программы. К IE/PB-Link не могут подключаться ведомые (slave) DP - устройства. Profinet-компонент для устройства IE/PB-Link должен поддерживать различные скорости обмена в сети Profibus с системой STEP 7.

4 Simatic S7 CPU 31x-2 PN/DP:

Процессоры S7 CPU 31x-2 PN/DP - это процессоры с интегрированным Profinet-интерфейсом. Simatic S7 CPU 31x-2PN/DP - это Profinet-модули с функциональностью проху. В локальной сети Profibus к Simatic S7 CPU 31x-2PN/DP могут быть подключены локальные ведомые (slave) DP - устройства и / или локальные HMI-устройства.

5 Системы с процессорами S7-400 CPU и с Simatic Net-CP 443-1 Advanced:

Данная аппаратная конфигурация поддерживает только одноэлементные компоненты (singleton components), которые могут быть созданы на ее основе. Она не обладает проху-функциональностью, однако может использоваться как ведущее (master) DP-устройство в локальной сети Profibus или на локальной шине MPI.

Одноэлементные компоненты (Singleton component) для любых допустимых аппаратных конфигураций могут быть созданы в соответствии с конфигурациями, показанными в пунктах 1 и 2 на рис. 5.17.

Profinet - контроллеры с Profibus-интерфейсом одновременно могут быть ведущими (master) DP-устройствами для соответствующих ведомых локальных DP-систем ведущего DP-устройства (local DP master system). В свою очередь, имеющиеся интеллектуальные ведомые Profibus DP-устройства в таких ведомых локальных системах ведущего DP-устройства также могут использоваться как ведущие (master) DP-устройства со своими собственными ведомыми локальными DP-системами (local DP master system).

Ведомые (slaves) DP-устройства в локальных DP-системах ведущего DP-устройства, которые являются частью Profinet-компонента совместно с Profinet-контроллером никогда не отображаются в Simatic iMap и не включаются в коммуникационную систему Profinet CBA. Тем не менее, Profibus-адреса ведомых (slave) локальных DP-устройств распознаются системой Simatic iMap как уже используемые.

При загрузке данных программы для программируемых (интеллектуальных) ведомых (slaves) DP-устройств в локальных DP-системах ведущего DP-устройства загружаются автоматически. Тем не менее загрузка программ в HMI-устройства на локальной MPI-шине может выполняться только с использованием HMI-систем проектирования, например, ProTool или Pro CS.

На рис. 5.18 показана возможная конфигурация Profinet-компонента, состоящая из Profinet-контроллера с локальной Profibus - и MPI - шиной.

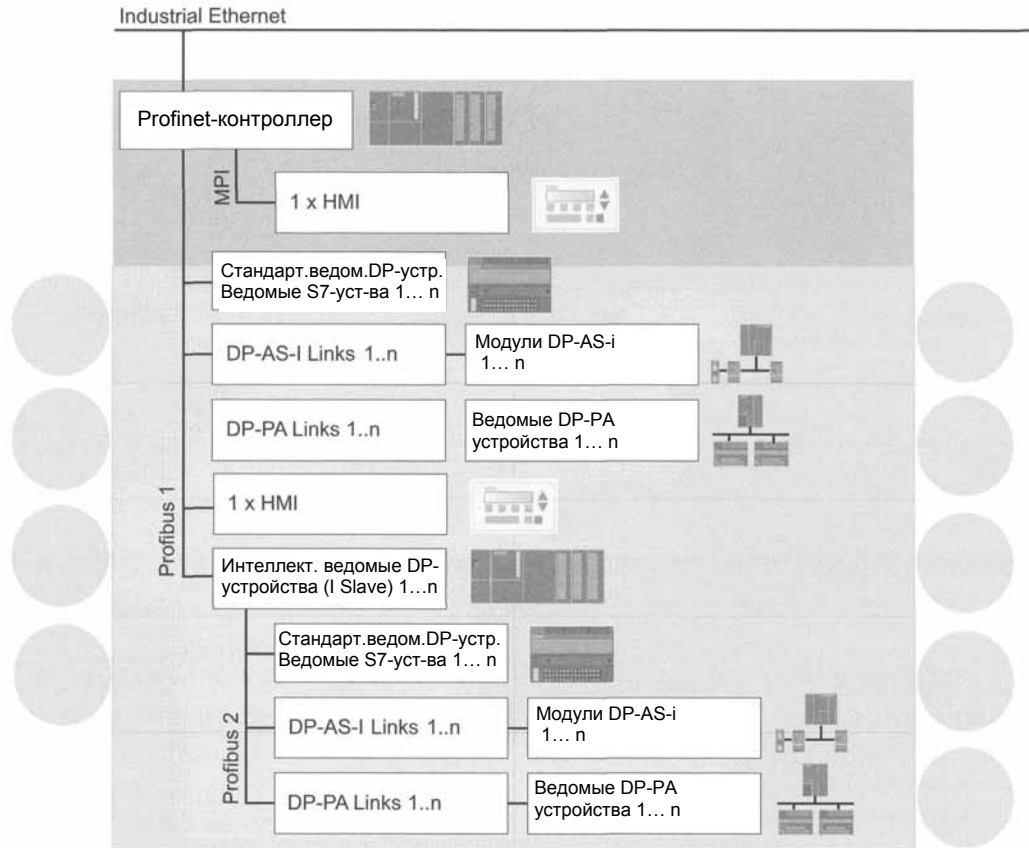


Рис. 5.18 Максимально насыщенная конфигурация Profinet-контроллера с локальной Profibus - и с локальной MPI - шиной

## Profinet-компоненты для Profibus - устройств

Profinet-компоненты также могут быть созданы на базе программируемых Profibus-устройств, таких как Simatic S7 CPU 31x-2DP или Simatic S7 CPU IM 151-7.

Если упомянутые устройства обладают вторым Profibus- / MPI- интерфейсом, то они одновременно могут быть ведущими (master) DP-устройствами для соответствующих локальных систем ведущего DP-устройства (local DP master system) или для локальных систем с MPI-шиной (рис. 5.19 и 5.20). Устройства, подключенные к таким системам, остаются невидимыми для Simatic iMap.

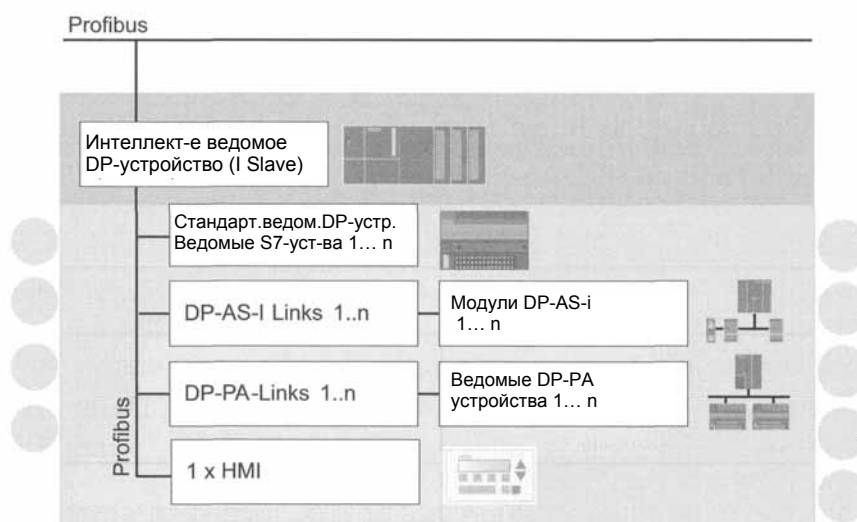


Рис. 5.19 Максимально насыщенная конфигурация программируемого Profibus-устройства с локальной Profibus - шиной

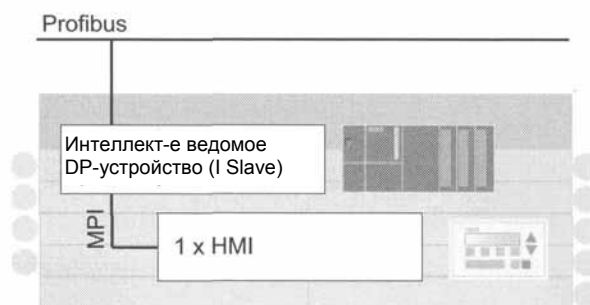


Рис. 5.20 Максимально насыщенная конфигурация программируемого Profibus-устройства и с локальной MPI - шиной

Profibus-устройства с фиксированным набором функций, например, станции Simatic ET 200S IM 153-х, не могут быть запрограммированы пользователем. В этом случае программа пользователя запускается на ведущем (master) DP-устройстве. На рис. 5.21 показаны возможные конфигурации Profinet-компонентов для таких Profibus-устройств.

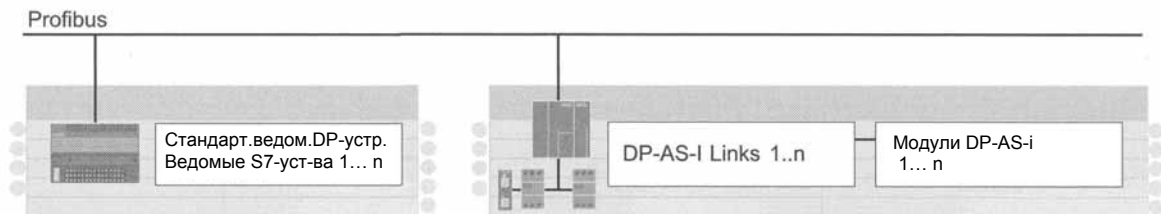


Рис. 5.21 Конфигурация Profibus-устройства с фиксированным набором функций

### Компоненты Profinet-контроллеров с Profinet IO - устройствами

Если Profinet-контроллер дополнительно поддерживает функции Profinet IO, то в его подсистеме входов/выходов могут быть задействованы все типы IO-устройств для Profinet. При этом необходимым условием является то, что Profinet-компонент должен создаваться как одноэлементный компонент (singleton component).

### Недопустимые конфигурации

Ниже перечислены недопустимые конфигурации для Profinet-компонентов:

- Подключение программируемых ведомых (slave) DP-устройств к локальной подсистеме ведущего DP-устройства, которым является ведомое (slave) DP-устройство.
- Подключение программируемых ведомых (slave) DP-устройств с помощью Simatic Net Profibus CP к локальной подсистеме ведущего DP-устройства, которым является Profinet-контроллер.
- Объединение нескольких станций или ведомых (slave) DP-устройств без подсистем ведущего DP-устройства (DP master system) в один Profinet-компонент.
- Подключение более чем одной подсистемы ведущего DP-устройства к станции.
- Соединение Simatic C7 с интегрированным HMI-устройством по MPI-шине Profinet-контроллера.
- Подключение более чем одного HMI-устройства.

### 5.4.7 Описание Profinet-компонента (PCD)

Опционально для Profinet-компонентов могут поставляться данные для конфигурации и программы, заданные производителем. Для Profinet-компонентов создаются так называемые описания Profinet-компонента (PCD - **Profinet Component Description**).

Описания Profinet-компонента PCD обычно создаются разработчиками установок или машин; при этом используются соответствующие фирменные (от производителя) средства разработки (например, STEP 7). Необходимым условием для этого является то, что "генератор компонентов" должен быть интегрирован в такое средство разработки.

Описание Profinet-компонента PCD содержит следующую информацию о функциях и объектах Profinet-компонента:

- Описание Profinet-компонента как библиотечного элемента: идентификатор (ID) и наименование (name).
- Описание аппаратных характеристик Profinet-компонента (hardware): IP-адрес, описание системы доступа к диагностическим данным, описание системы загрузки данных внутренних соединений.
- Описание программных характеристик Profinet-компонента (software): соответствующее программное обеспечение для аппаратуры, технологический интерфейс, свойства переменных.
- Место хранения проекта компонента (component project).

Все средства разработки Profinet CBA способны интерпретировать описания Profinet-компонента PCD. Описания PCD сохраняются в формате XML-файла.

Расширяемый язык разметки для создания страниц www - XML (XML - **Extensible Markup Language**) - это метаязык, одобренный www-консорциумом (World Wide Web Consortium или W3C), для представления информации в независимом от используемой платформы и от изготовителя формате.

Структура описания Profinet-компонента PCD должна соответствовать стандарту ISO 15745 "Open Systems Application Integration Framework" ("Интегрированные структуры для открытых систем") и должна соответствовать определенному профилю устройства.

Подробное описание структуры PCD Вы можете найти в "Profinet Architecture Description" ("Описание архитектуры Profinet").

В зависимости от типа устройств возможны ограничения на используемый набор типов данных, а также на диапазон изменения значений определенных типов данных.

- В Simatic тип данных UDT поддерживается Simatic iMap, начиная с версии 2.0.1 и выше.

## Типы данных (Data type)

Для каждого контакта Profinet-интерфейса должен быть определен формат, соответствующий типу данных переменных в интерфейсном DB-блоке (interface DB), и, таким образом, соответствующий формату данных Simatic S7. Profinet CBA поддерживает типы данных в соответствии с Microsoft OLE V2.0. В таблице 5.4 сравниваются типы данных для Profinet CBA и Simatic S7.

Таблица 5.4 Типы данных для Profinet CBA и Simatic S7.

Тип данных Profinet CBA	Тип данных Simatic S7	Связь с данными (байтов)	Диапазон значений в Simatic S7
BOOL	BOOL	2	TRUE (ИСТИНА) / FALSE (ЛОЖЬ)
UI1	BYTE	1	0 ... 255
UI2	WORD	2	0 ... 65 535
UI4	DWORD	4	0 ... 4 294 967 295
I1	CHAR	1	-128 ... +127
I2	INT	2	-32 768 ... +32 767
I4	DINT	4	-2 147 483 648 ... +2 147 483 647
R4	REAL	4	±3.4E+/-38
DATE	DATE_AND_TIME	8	01.01.1990 00:00:00 ... 31.12.2089 23:59:59
BSTR_n	STRING[n]	4 + 2 • n	строка 0 ... 255
ARRAY	ARRAY[1..n] m	n • длина типа данных	n: тип данных элемента массива.
STRUCT	STRUCT, UDT	общая длина всех типов данных	Массивы и структуры могут содержать только простые типы данных. К простым типам данных относятся все типы, кроме ARRAY и STRUCT. Диапазон значений соответствует диапазонам соответствующих элементов массива (array) или структуры (structure).

## 5.5.1 Создание Profinet-компонентов

Создание Profinet-компонента для Sematic PLC выполняется с помощью утилиты Sematic Manager системы STEP 7 (см. рис. 5.28).

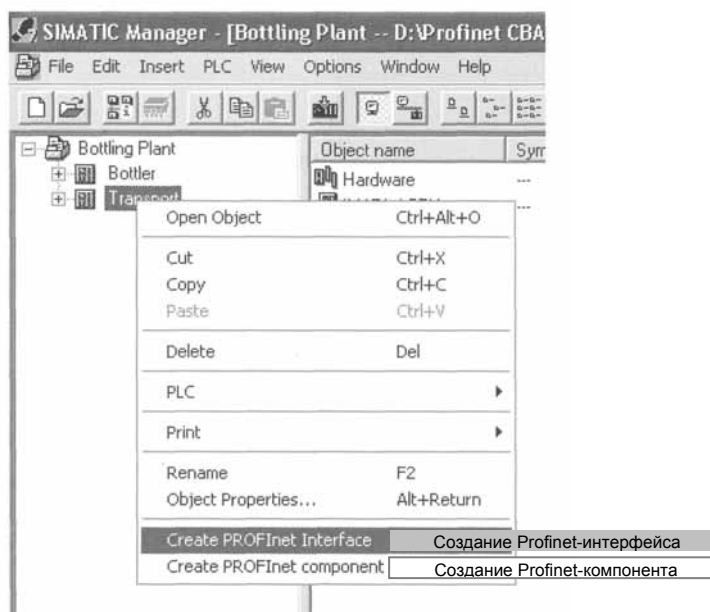


Рис. 5.28 Создание Profinet-компонента

Необходимым условием для этого является наличие полного базового STEP 7 - проекта (STEP 7 basic project), а именно:

- Создана и протестирована S7-программа-приложение, включая интерфейсный DB-блок (interface DB).
- Выполнено конфигурирование аппаратной части, а также выполнена параметризация модулей.
- Имеются файлы со значками для представления Profinet-компонентов и их элементов, технологических функций и устройств. Эти значки используются для графического представления элементов в Sematic iMap. Если для определенных компонентов нет специальных файлов со значками, то могут использоваться файлы, поставленные с Sematic iMap.
- Закончена документация будущего Profinet-компонента (опционально).



## 5.5.1 Создание Profinet-компонентов

Создание Profinet-компонента для Simatic PLC выполняется с помощью утилиты Simatic Manager системы STEP 7 (см. рис. 5.28).

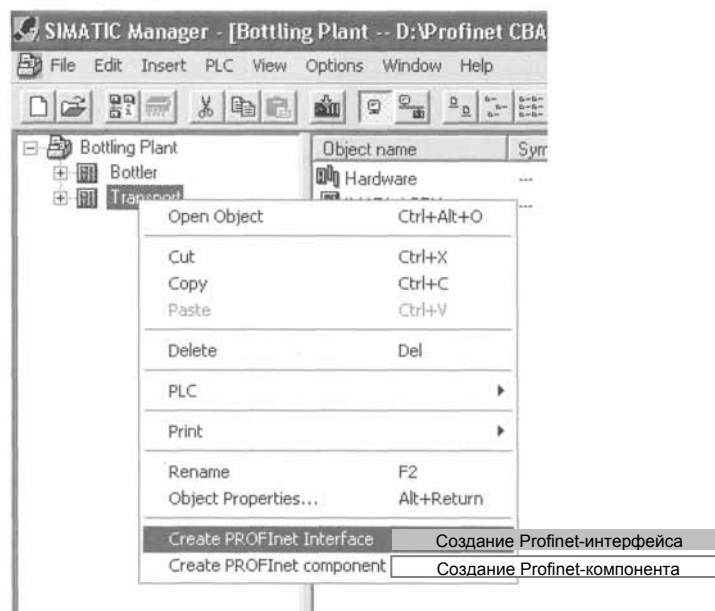


Рис. 5.28 Создание Profinet-компонента

Необходимым условием для этого является наличие полного базового STEP 7 - проекта (STEP 7 basic project), а именно:

- Создана и протестирована S7-программа-приложение, включая интерфейсный DB-блок (interface DB).
- Выполнено конфигурирование аппаратной части, а также выполнена параметризация модулей.
- Имеются файлы со значками для представления Profinet-компонентов и их элементов, технологических функций и устройств. Эти значки используются для графического представления элементов в Simatic iMap. Если для определенных компонентов нет специальных файлов со значками, то могут использоваться файлы, поставленные с Simatic iMap.
- Закончена документация будущего Profinet-компонента (опционально).

При выполнении назначений для компонентов происходят следующие процессы:

- Описание Profinet-компонента (PCD) генерируется на основе интерфейсного DB-блока (interface DB) и данных конфигурации PLC.
- Если для Profinet-компонентов имеются данные устройств (device data), то соответствующие данные станции PLC с созданными компонентами извлекаются из базового проекта STEP 7 и сохраняются в отдельном проекте STEP 7 для компонента или непосредственно в библиотеке.
- В случае одноэлементных компонентов (singleton component) соответствующие данные станции PLC с созданными компонентами добавляются в базовый STEP 7 - проект с информацией, относящейся к Profinet CBA -коммуникациям.

### Параметры конфигурации при создании Profinet-компонентов

Перед тем как начать процесс создания компонента необходимо задать параметры, соответствующие данному компоненту. Эта процедура выполняется с использованием диалогового окна "Create Profinet component" ("Создание Profinet-компонента") (см. рис. 5.29 ... 5.32 и таблицы 5.5 ... 5.8).

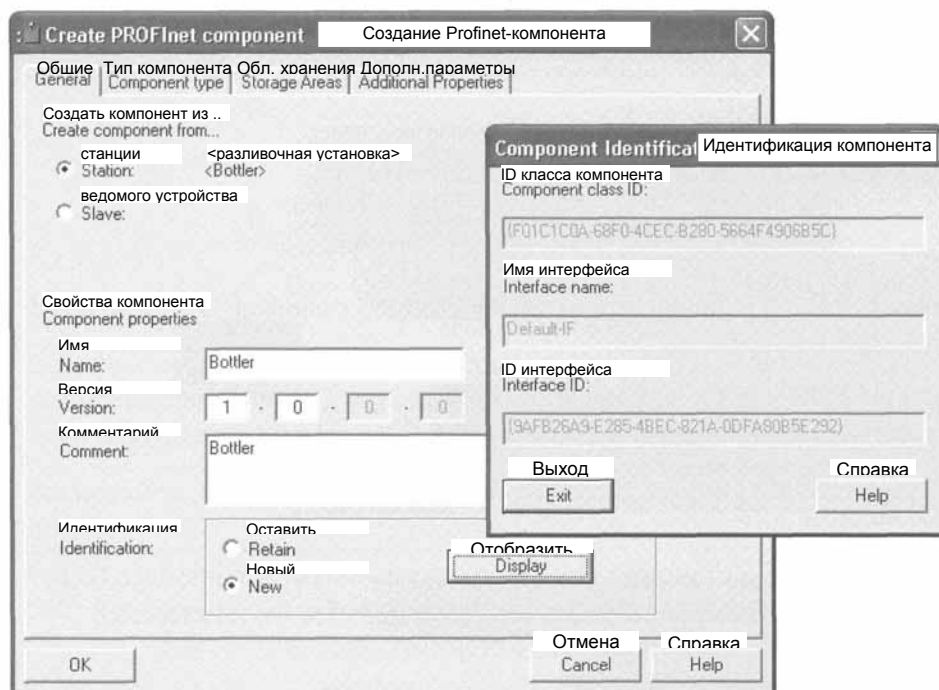


Рис. 5.29 Параметры на вкладке "General" ("Общие") для создаваемого компонента

Таблица 5.5 Параметры на вкладке "General" ("Общие")

Параметр	Значение
Create component from ... (Создать компонент из ..)	... Station: Profinet-компонент на основе станции. (...станции) ... Slave: Profinet-компонент на основе ведомого (slave) (...ведом.устр-ва) DP-устройства станции.
Name (Имя)	Имя Profinet-компонента.
Version (Версия)	Версия Profinet-компонента. Каждый Profinet-компонент имеет определенный номер версии, который вместе с идентификатором обеспечивает однозначное его определение. Это защищает от ошибочной перезаписи ранее созданного Profinet-компонента новой версией. Первые три позиции номера версии назначаются пользователем (максимально - до 3 разрядов), например, 01.04. Последние две позиции номера версии не могут быть изменены пользователем: они изменяются автоматически. Важно помнить: - Последняя цифра (версия минимальных изменений) увеличивается на единицу при каждом успешном создании Profinet-компонента. - Старшая позиция (версия основных изменений) увеличивается на единицу при каждом изменении интерфейсного DB-блока (interface DB). При этом в последнюю позицию автоматически вписывается 0.
Comment	Комментарий для Profinet-компонента.
Identification (Идентификация)	Идентификатор Profinet-компонента обеспечивает однозначность и соответствует стандарту Microsoft COM. Он состоит из идентификатора класса "class ID", имени интерфейса и идентификатора интерфейса "interface ID". Simatic iMap идентифицирует Profinet-компоненты по ID класса и номеру версии. "New" ("Новая") Новая идентификация создается: - при первом создании Profinet-компонента - если изменяется имя Profinet-компонента. "Retain" ("Оставить"): Старая идентификация сохраняется, при этом Profinet-компонент получает только новый номер версии.
Component class ID (ID класса)	Вместе с новой версии ID класса обеспечивает однозначность идентификации Profinet-компонента в Simatic iMap. Class ID меняется, если на вкладке "General" ("Общие") выбрана опция "New" ("Новая").
Interface name (Имя интерфейса)	Внутреннее имя технологического интерфейса.
Interface ID (ID интерфейса)	Идентификатор технологического интерфейса (interface DB). Идентификатор интерфейса автоматически изменяется, если выполнялись изменения в интерфейсном DB-блоке (interface DB).

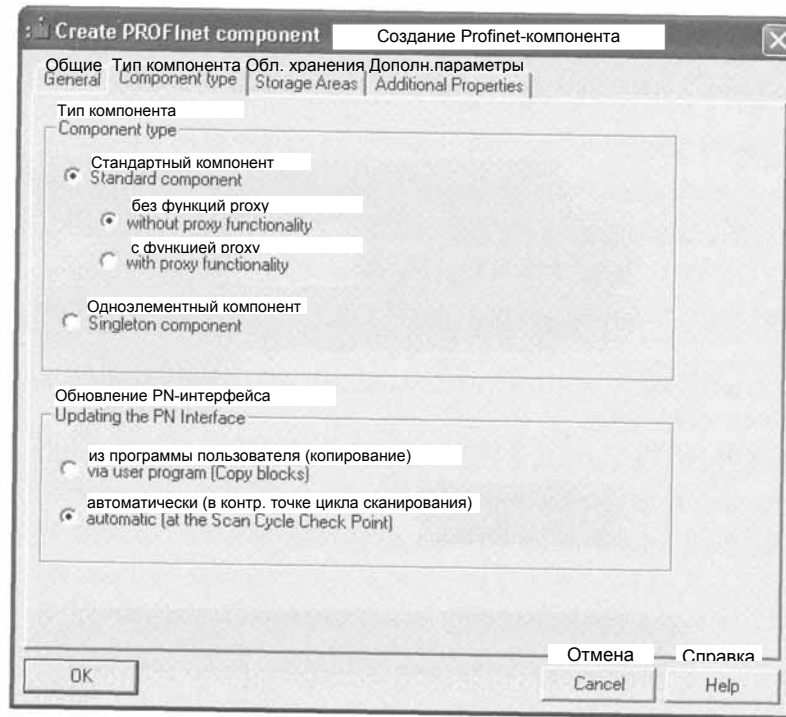


Рис. 5.30 Определение типа компонента на вкладке "Component type" в диалоговом окне "Создание Profinet-компонента"

Таблица 5.6 Параметры на вкладке "Component type" ("Тип компонента")

Параметр	Значение
Component type (Тип компонента)	<p>"Standard component" ("Стандартный компонент"): Стандартный компонент создается при наличии данных устройства.</p> <p>"With proxy functionality" ("С функциями проху"): В станции имеется Profinet-совместимое устройство с "проху", система ведущего (master) DP-устройства конфигурируется для станции.</p> <p>"Without proxy functionality" ("Без функций проху"):  <ul style="list-style-type: none"> <li>- В станции имеется Profinet-совместимое устройство с "проху" или без "проху".</li> <li>- В станции имеется CPU, сконфигурированный как ведомое (slave) DP-устройство, и имеются необходимые блоки S7-программы.</li> <li>- В станции имеется ведомое (slave) DP-устройство с неизменным набором функций, для которого создается компонент.</li> </ul> </p> <p>"Singleton component" ("Одноэлементный компонент"): Компонент создается без данных. Такой тип компонента может быть создан для любой конфигурации аппаратуры в Ethernet-сети.</p>

Параметр	Значение
Updating the PN (Обновление Profinet-интерфейса )	<p>Profinet-интерфейс Profinet-контроллера может обновляться двумя способами во время режима выполнения (runtime):</p> <p>"Via user program (Copy blocks)" ("С помощью программы пользователя"):</p> <p>Системные функции SFC 112 "PN_IN", SFC 113 "PN_OUT" и SFC 114 "PN_DP" должны быть скопированы из системной библиотеки Profinet в папку блоков базового проекта STEP 7 и вызываться в пользовательской S7-программе.</p> <p>"Automatic (at the Scan Cycle Check Point)" ("Автоматически (в контрольной точке цикла сканирования)"): Profinet-интерфейс автоматически обновляется операционной системой Profinet-контроллера в контрольной точке цикла сканирования.</p>

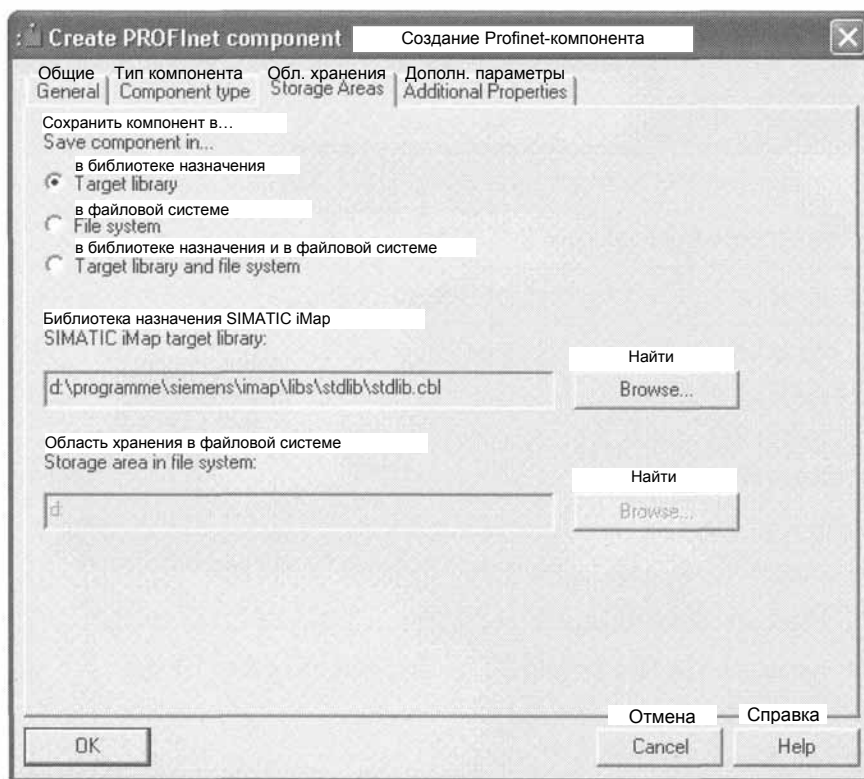


Рис. 5.31 Определение области хранения на вкладке "Storage Areas" ("Область хранения") в диалоговом окне "Создание Profinet-компонента"

Таблица 5.7 Параметры на вкладке "Storage Areas" ("Область хранения")

Параметр	Значение
"Save component in ..." ("Сохранить компонент в ...")	Возможная область хранения Profinet-компонента.
"Simatic iMap target library" ("Библиотека Simatic iMap")	Библиотека, в которую импортируется Profinet-компонент. Библиотеки создаются в Simatic iMap.
"File system" ("Файловая система")	Путь в файловой системе, согласно которому сохраняется Profinet-компонент.

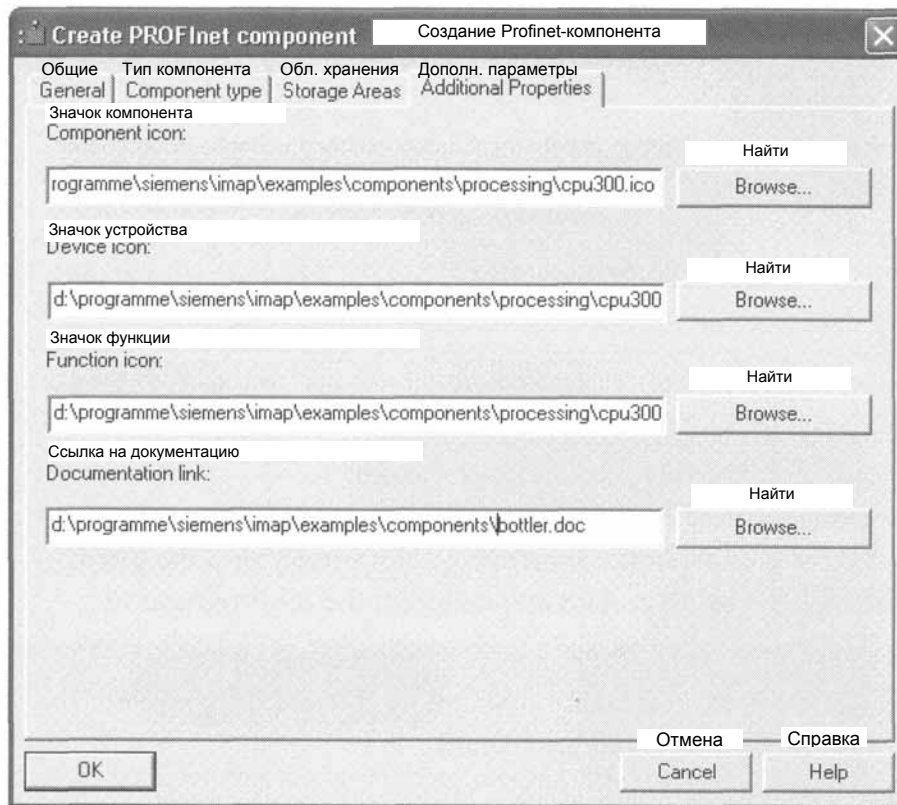


Рис. 5.32 Определение области хранения на вкладке "Additional Properties" ("Дополнительные параметры") в диалоговом окне "Создание Profinet-компонента"

Таблица 5.8 Параметры на вкладке "Additional Properties" ("Дополнительные параметры")

Параметр	Значение
Component icon (Значок компонента)	Путь к файлу со значками Profinet-компонента в Simatic iMap.
Device icon (Значок устройства)	Путь к файлу со значками Profinet-устройства в Simatic iMap.
Function icon (Значок функции)	Путь к файлу со значками функции в Simatic iMap.
Documentation link (Ссылка на документацию)	<p>Путь к файлу с документацией или адрес документа в Интернете (URL-адрес). Путь к данным указывается в соответствии с соглашениями по стандартам назначения имен (UNC - <b>U</b>niversal <b>N</b>aming <b>C</b>onvention), например, недопустим такой вариант: \\Server\Release\Document.doc.</p> <p>Путь к файлу с документацией импортируется в свойствах созданного Profinet-компонента и доступен в Simatic iMap.</p> <p>Возможные ссылки на документацию:</p> <p>Путь в файловой системе. Документация является частью данных компонента.</p> <p>Адрес документа в Интернете (URL), например, <a href="http://www.my_site.com/component-document.htm">http://www.my_site.com/component-document.htm</a>.</p> <p>В таком случае в данных компонента указывается только ссылка, а не сам документ.</p>

### Profinet-компоненты с IO-устройствами

Если в системе присутствует циклический обмен данными как по каналу Profinet IO, так и по каналу Profinet CBA с использованием одной подсети Ethernet, то квота для коммуникаций по каналу Profinet IO должна быть определена при конфигурировании Profinet-контроллера. Такая настройка выполняется с использованием параметра "Communication component" ("Коммуникации компонента") в диалоговом окне системы Profinet IO (рис. 5.33).

Квота времени, указанная здесь, касается только коммуникаций циклического обмена данными (cyclic data exchange). Достаточная доля времени резервируется в системе для ациклического обмена (acyclic data) (например, для доступа к системе посредством программатора PG). Если задать здесь значение 100%, то все коммуникационные ресурсы будут зарезервированы исключительно для обмена данными по каналу Profinet IO. Изменения в установках для Profinet IO становятся действующими через определенное время обновления (update time).

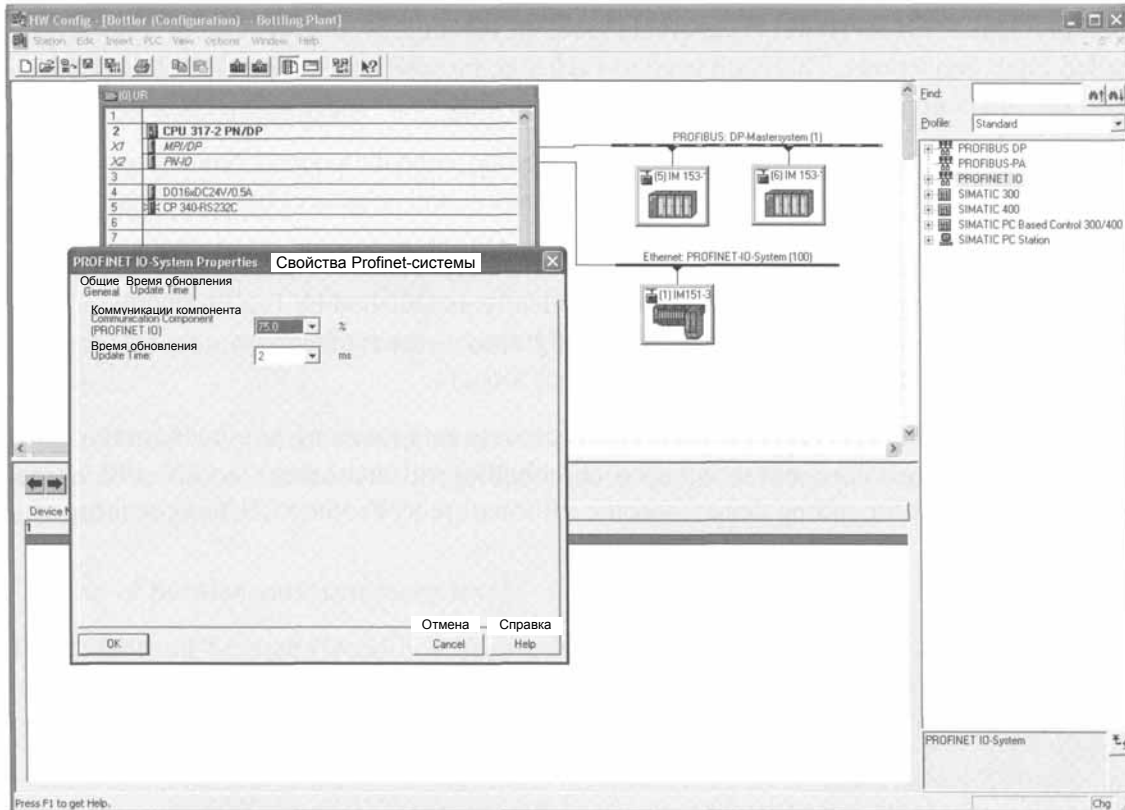


Рис. 5.33 Задание квоты для коммуникаций по каналу Profinet IO в общем цикле передачи данных

#### *Update time (Время обновления, цикл передачи данных)*

STEP 7 автоматически рассчитывает время обновления (update time), исходя из имеющейся аппаратной конфигурации. Данный параметр учитывает время для циклического обмена данными, свойства модуля и сконфигурированную квоту времени для коммуникаций по каналу Profinet IO. Расчетное время обновления может быть вручную увеличено, но никак не уменьшено.

За период обновления все Profinet IO-устройства Profinet IO-системы должны быть обеспечены текущими выходными данными, а также должны успеть передать свои выходные данные в IO-контроллер.

Период циклического обмена данными, например, время для передачи данных, рассылки данных и т.п., автоматически определяется системой STEP 7 и выдается в IO-контроллер вместе с остальными данными конфигурации. Время обновления должно быть привязано к определенным интервалам и должно учитываться для всех устройств Profinet IO-системы. Возможные его значения определяются системой STEP 7, исходя из данных GSD-файлов всех используемых Profinet-устройств.



### **Profinet-компонент с HMI-элементом**

Profinet-компоненты могут содержать HMI-элемент. Необходимые расширения описания Profinet-компонента PCD выполняются как отдельные операции слияния. Это обеспечивает интеграцию Profinet-компонентов в заранее определенной конструкции в HMI-систему. С помощью Simatic WinCC Flexible можно создавать лицевые панели (faceplate) на этапе проектирования HMI. Лицевые панели (faceplate) определяют переменные Profinet-компонентов для визуализации, а также конструктивы для последующего отображения в HMI-системе

## 5.5 Коммуникации в системе Profinet CBA

Коммуникации в системе Profinet CBA основаны на использовании Ethernet. Simatic/Profinet-контроллеры работают с сетями 100BASE-TX, отвечающими стандарту IEEE 802.3u. Этот стандарт обеспечивает скорость обмена 100 Мбит/с. Меньшие скорости обмена в основном возможны в соединениях между станцией проектирования/обслуживания (engineering system) и Profinet-контроллером, например, при использовании WLAN-соединений. Тем не менее, скорость передачи данных 100 Мбит/с - это обязательное условие для обеспечения высокоскоростного обмена данными процесса между Profinet-контроллерами.

### 5.5.1 Взаимные соединения

Коммуникационные соединения между контактами технологических интерфейсов устройств называются взаимными соединениями (interconnections). Такие соединения используются для обмена данными процесса между Profinet-контроллерами. Они конфигурируются в Simatic iMap. Для взаимных соединений существуют следующие правила:

- Взаимные соединения могут быть установлены между контактами, если для них сконфигурированы одинаковые типы данных. Соединения между контактами со сложными типами данных могут быть установлены также при идентичности типов данных (имеются в виду массивы (array) и структуры (structure)).
- К каждому выходу допускается подключить несколько входов, но каждый вход может быть подключен только к одному выходу.

Взаимные соединения автоматически и немедленно устанавливаются Profinet-контроллером после загрузки данных конфигурации соединений. Управление взаимными соединениями (Interconnection management) и обменом данными основаны на модели "provider / consumer" ("провайдер / потребитель").

Кроме взаимных соединений для обмена данными процесса существуют неконфигурируемые HMI-соединения для мониторинга и управления технологическими интерфейсами OPC и специальными соединениями состояния (status connections) для вызова системой проектирования Profinet CBA информации, специфической для устройств.

## Потребитель и провайдер

Для обмена данными процесса Profinet CBA использует модель "provider / consumer" ("провайдер / потребитель") (рис. 5.34). Потребитель (приемник - receiver) технологической функции соответствует входу (input). Он также является приемником данных конфигурации взаимных соединений (interconnection configuration), и сразу после приема этих данных автоматически начинает устанавливать соответствующие соединения с коммуникационным партнером. Его партнером является провайдер (передатчик - transmitter). Он соответствует выходу (output) и, следовательно, источнику данных соединения.

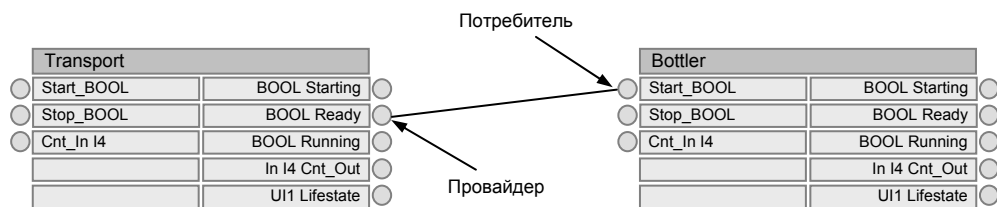


Рис. 5.34 Потребитель и провайдер, показанные в примере двух функций в Simatic iMap

## Типы взаимных соединений

Могут быть сконфигурированы три различных типа соединений:

- Соединение с постоянным значением (Constants): при этом на сконфигурированный вход постоянно подается неизменный сигнал. Такой случай используется, например, при тестировании технологических функций.
- Соединение для ациклического обмена данными (Acyclic interconnection - "ациклическое" соединение): такой тип соединения используется для обеспечения обмена данными процесса, когда нет жестких требований к временным характеристикам. Выходное значение определяется провайдером со сконфигурированной частотой считывания данных и передается при изменении значения. Передача данных выполняется с использованием протоколов DCOM wire и TCP/IP.
- Соединение для циклического обмена данными (Cyclic interconnection - "циклическое" соединение): такой тип соединения используется для обеспечения в реальном времени обмена данными процесса, критичными ко времени. Выходное значение определяется провайдером со сконфигурированной частотой и передается независимо от того, изменилось или не изменилось это значение. Передача данных выполняется с использованием RT-протокола Profinet.

## Локальные и удаленные взаимные соединения

Если коммуникационный путь взаимного соединения проходит через Ethernet-сеть, тогда это - удаленное соединение (remote interconnection), в другом случае это - локальное соединение (local interconnection).

К локальным соединениям относятся:

- Взаимные соединения между Profibus-устройствами на Profibus-шине Profinet-контроллера, имеющего проху-функции.
- Взаимные соединения между Profinet-контроллером и его Profibus-устройствами, подключенными с помощью проху.
- Взаимные соединения между контактами интерфейсов одного и того же Profinet-контроллера или его Profibus-устройств.

Обмен данными с помощью локальных соединений имеет место исключительно внутри операционной системы Profinet-контроллера. Неправильно, если такое соединение конфигурируется как соединение для ациклического или циклического обмена данными.

## Качественная характеристика QoS и частотные уровни

Качество службы (QoS - **Q**uality **o**f **S**ervice) - это показатель качества соединения, измеряемый в миллисекундах. Он определяется следующими двумя параметрами в зависимости от типа соединения:

- Частотой сканирования (Scanning frequency): этот параметр определяет максимальный промежуток времени, который проходит между событиями передачи измененного значения сигнала от провайдера к потребителю. Частота сканирования - это параметр, характеризующий соединения для ациклического обмена данными.
- Частотой передачи (Transfer frequency): этот параметр определяет период времени, через который осуществляется циклическая передача значения сигнала от провайдера к потребителю. Частота передачи - это параметр, характеризующий соединения для циклического обмена данными.

Параметр QoS устанавливается в Simatic iMap, исходя из того, к какой частотной группе (по уровню частоты - frequency level): Fast (Высокая) / Medium (Средняя) / Slow (Низкая), относится рассматриваемое соединение. Для каждой частотной группы соответствуют те или иные значения параметра QoS (см. таблицы 5.9 и 5.10). Минимально возможное значение QoS для соединения определяется параметрами производительности данного соединения с соответствующим коммуникационным партнером в Profinet-системе.

Таблица 5.9 Рекомендуемые значения при определении QoS при различных частотах передачи для соединений для циклического обмена данными.

Частотный уровень	Высокая (Fast)				Средняя (Medium)			Низкая (Slow)		
	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
QoS [мс]										

Таблица 5.10 Рекомендуемые значения при определении QoS при различных частотах сканирования для соединений для ациклического обмена данными

Частотный уровень	Высокая (Fast)							Средняя (Medium)	Низкая (Slow)	
	1	2	5	10	20	50	100		200	500
QoS [мс]										

### Заменяющие значения (Substitute values)

Если потребитель распознает, что принятое от провайдера значение сигнала некорректно, или соответствует отказу, например, из-за помех во время передачи данных, то он использует заменяющее значение (substitute value) вместо принятого входного значения. Для случая создания соединений между Profinet-контроллерами задание заменяющих значений может выполняться как часть процедуры конфигурирования свойств взаимных соединений (interconnection properties).

Никакие заменяющие значения (substitute values) не могут быть сконфигурированы для взаимных соединений с Profibus-устройствами. Для этих устройств в случае отказа входной сигнал всегда устанавливается в безопасное нулевое (0) значение. Это обеспечивает стандартную реакцию входов в случае отказов в коммуникационных системах Ethernet и Profibus.

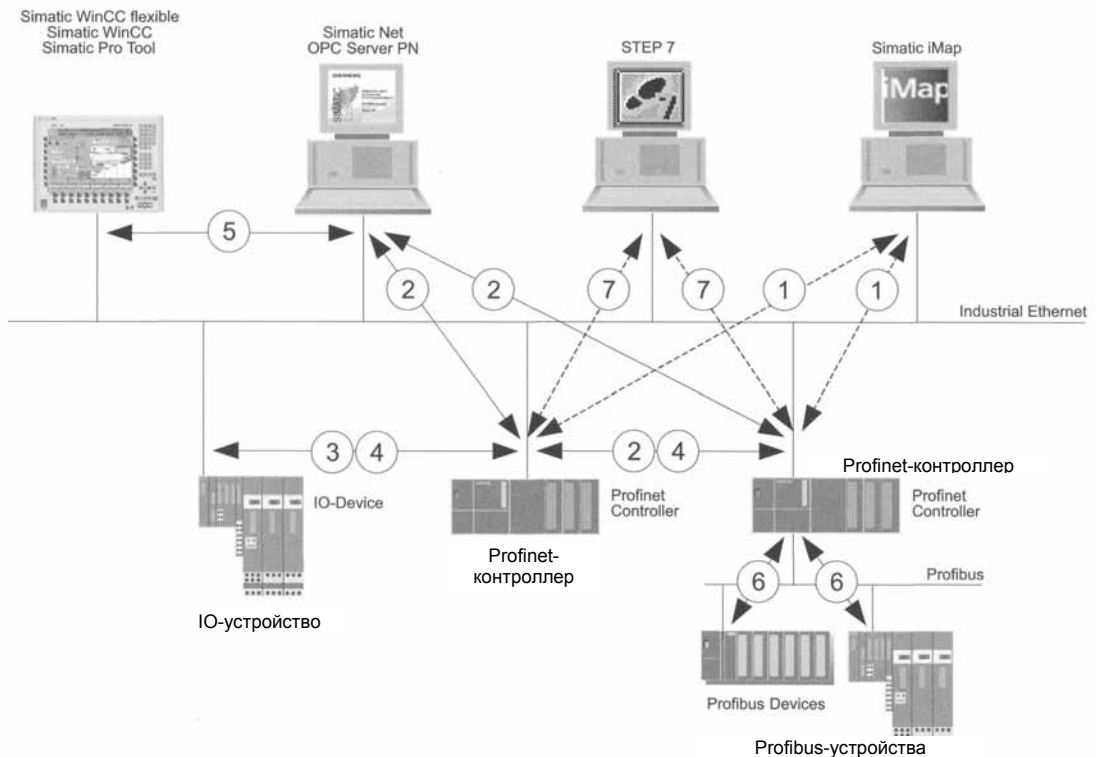
### Протоколы

Основой Profinet CBA - коммуникаций является использование открытых стандартов. Основой коммуникаций между Profinet-устройствами служит Ethernet в соответствии со стандартом IEEE 802.3. Ациклические коммуникации между Profinet-контроллерами поддерживаются с использованием стека протоколов TCP/IP, который также является коммуникационным протоколом между HMI / ES и Profinet-контроллерами. В обоих случаях доступ к данным проекта и процесса в Profinet-контроллере обеспечивается с помощью протокола DCOM wire. Для циклических коммуникаций вновь используется Profinet RT-протокол Class 1 (см. рис. 5.35).

Полевые шины, такие как Profibus, интегрируются в системы Profinet с Profinet-контроллерами посредством использования проху-функций.

Протокол DCOM wire

Протокол DCOM wire используется на верхнем уровне 7-уровневой модели коммуникаций ISO/OSI. Протокол DCOM базируется на протоколе RPC (RPC - Remote Procedure Calls - "удаленный вызов процедуры") и использует поля последнего для "своих" целей. Поэтому нельзя сказать, что он полностью независим от RPC. Чтобы акцентировать близкую связь между этими двумя протоколами DCOM часто называют Object RPC (ORPC). Функциональность DCOM во многом соответствует протоколу вызова удаленной процедуры DCE - DCE RPC - протоколу, одобренному консорциумом OSF (OSF - Open Software Foundation - независимая некоммерческая научно-исследовательская организация, занимающаяся разработкой стандартов для открытых систем).



№	Протокол	Область использования
1	TCP/IP, DCOM	Profinet CBA Engineering (проектирование)
2	TCP/IP, DCOM	Profinet CBA Runtime (выполнение в RT-режиме)
3	UDP/IP, RPC	Profinet IO Runtime (выполнение в RT-режиме)
4	Real-time protocol	Profinet CBA / IO Runtime (выполнение в RT-режиме)
5	TCP/IP, OPC	HMI
6	Profibus DP	Profibus
7	TCP/IP, S7 communication	конфигурирование, программирование

Рис. 5.35 Коммуникационные протоколы в системе Profinet CBA

Собственно существуют две версии протокола RPC:

- CLRPC (ConnectionLess RPC - без соединения) с UDP как транспортным протоколом
- CORPC (ConnectionOriented RPC - с ориентацией на соединение) с TCP как транспортным протоколом.

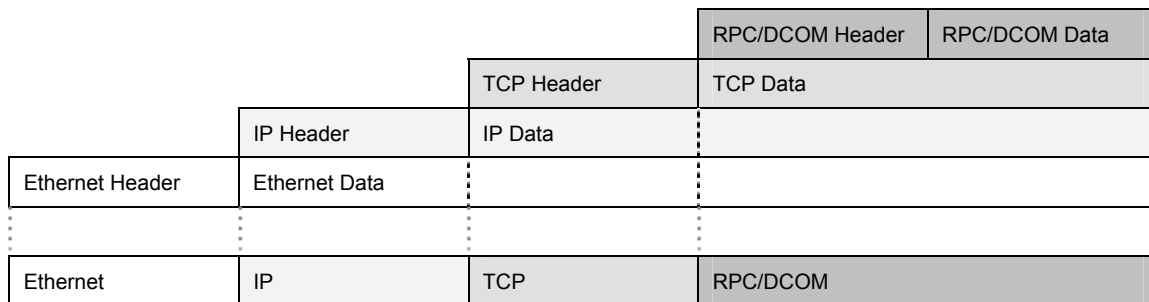


Рис. 5.36 Структура пакета данных протокола DCOM wire (Header - заголовок, Data - данные)

### Протокол Profinet real-time

Протокол Profinet real-time для передачи данных использует протокол Ethernet-II. Для фреймов назначаются приоритеты с использованием формата фрейма VLAN (VLAN tagging) в соответствии с IEEE 802.1q и IEEE 802.3as. Так как протокол Profinet real-time является протоколом второго уровня модели OSI, то маршрутизация невозможна. При практическом использовании в Profinet CBA данное свойство протокола Profinet real-time может означать, что несмотря на то что может быть сконфигурировано соединение для циклического обмена данными, тем не менее его невозможно использовать для обмена. Поэтому не допускается использовать маршрутизаторы в коммуникациях для циклического обмена.

### Процесс установки соединения

Profinet-контроллер получает информацию, касающуюся взаимных соединений, которые должны быть установлены с использованием системы проектирования Profinet CBA, например, Simatic iMap, или из сохраненной конфигурации соединений при теплом перезапуске (warm restart). Эта информация интерпретируется, и соединения начинают устанавливаться автоматически на стороне потребителя (consumer). Если взаимные соединения успешно инициализированы, то провайдер ("output" - "выход") передает производственные данные потребителю ("input" - "вход") в соответствии с установленным показателем QoS.

В обратном направлении потребитель инициирует установку исходного состояния соединения, если соединения были разорваны системой проектирования Profinet CBA. Установка соединения и перевод в исходное состояние соединения выполняются как процедура с квитированием между потребителем и провайдером. При этом потребитель всегда играет активную роль. Мониторинг состояния соединения выполняется с использованием специальных внутренних особенностей контроля консистентности данных в протоколах, а также с помощью механизмов мониторинга на стороне провайдера и на стороне потребителя.



## 5.6 От планирования к эксплуатации установки

Прохождение от планирования до эксплуатации установки с распределенной системой автоматизированного управления выполняется в несколько этапов. На определенных этапах требуется участие различных групп персонала:

Проектировщик установки:	Планирование установки.
Конструктор:	Создание Profinet-компонентов.
Системный инженер:	Конфигурирование установки с использованием Simatic iMap.
Инженер-наладчик:	Пуск и наладка установки.
Оператор установки:	Эксплуатация установки.

### 5.6.1 Планирование установки

Перед началом собственно разработки установки сначала проектировщик установки должен определить основные концепции архитектуры установки. При этом должны быть определены следующие вопросы:

- Какие требуются технологические функции?
- Какие автоматические и полевые приборы должны использоваться?
- Какие технологические функции могут быть объединены в многократно используемые технологические модули?
- Какие технологические интерфейсы должны быть в технологических модулях?
- Как Profinet-компоненты должны функционировать совместно?
- Какие переменные требуются для диагностики и визуализации?

## 5.6.2 Создание Profinet-компонентов

На данном этапе выбирается один или несколько подходящих по условиям использования PLC-модулей для обеспечения выполнения технологической задачи, определение технологического интерфейса, и - для программируемых устройств - создание программ управления. Далее необходимо провести тестирование. После этого создается Profinet-компонент на основе имеющейся конфигурации и программы для используемого PLC (таблица 5.11).

Таблица 5.11 Процедуры при создании Profinet-компонентов

Шаг	Действия
1	Выбор PLC.
2	Конфигурация аппаратного обеспечения.
3	Генерация технологического интерфейса (Profinet-интерфейса) с использованием редактора Profinet Interface Editor.
4	Создание программ управления для программируемых устройств.
5	Тестирование технологического модуля.
6	Создание Profinet-компонента.
7	Добавление (опционально) HMI-элемента в Profinet-компонент.

Создание Profinet-компонентов - это задача конструкторов установок и машин. Для создания Profinet-компонентов должны использоваться специальные "фирменные" средства для разработки конфигурации и инструменты для программирования, такие, например, как STEP 7, (см. рис. 5.37).

Если во время создания Profinet-компонента при конфигурировании станции для параметра "Scan cycle load due to communication" ("Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования") было задано слишком малое значение, то на экране разработчик увидит следующее диалоговое окно (рис. 5.38). В этом случае создание компонента должно быть прервано и значение параметра должно быть увеличено в окне свойств CPU до 50%.

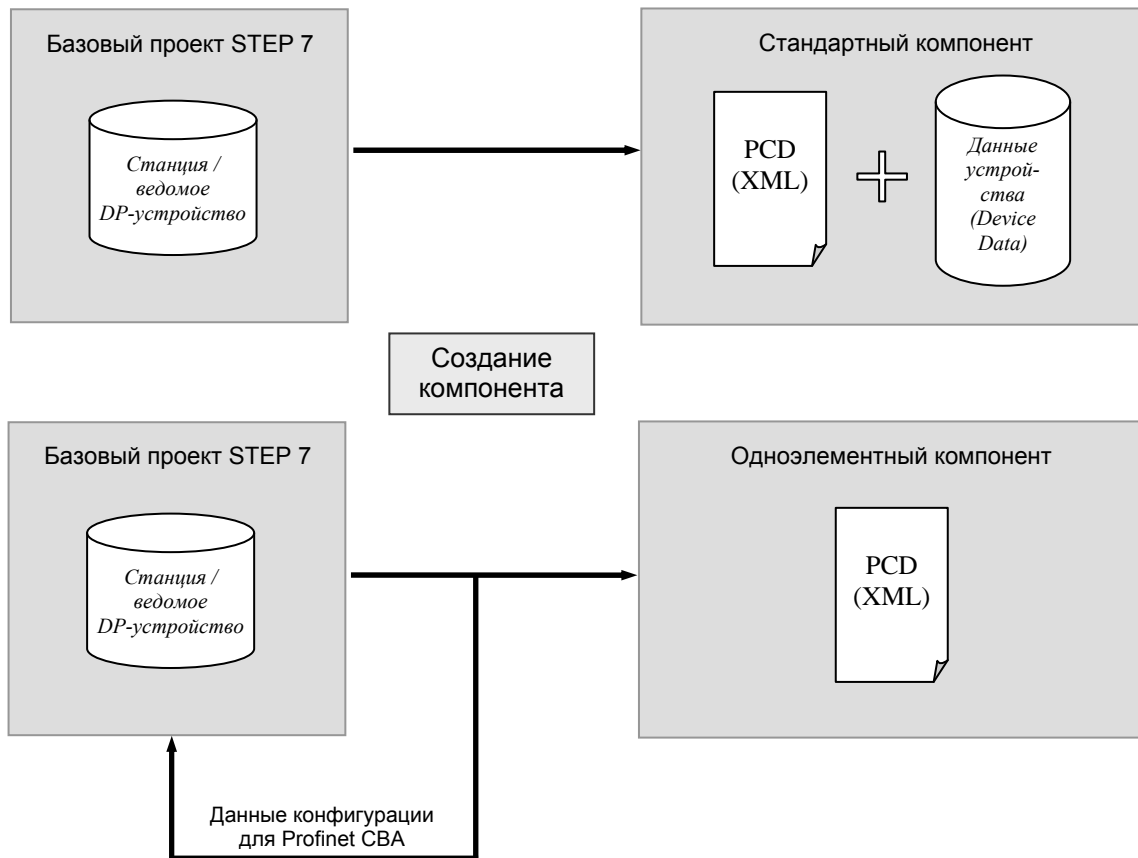


Рис. 5.37 Принципы создания компонентов для Simatic PLC

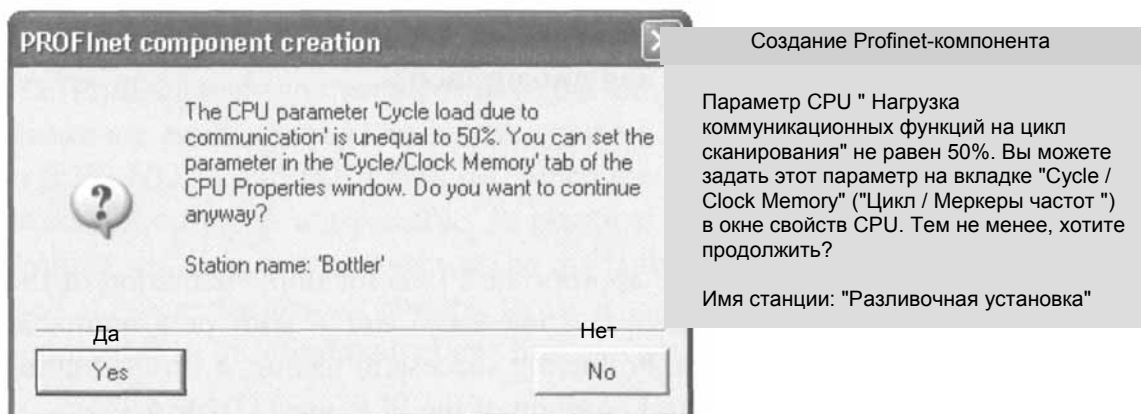


Рис. 5.38 Проверка квоты для коммуникаций по каналу Profinet IO в общем цикле передачи данных

## 5.5 Создание Profinet-компонентов в STEP 7

В общем случае всегда имеется два возможных пути создания Profinet-компонента:

- на базе STEP 7 - проекта всей станции в целом или
- на основе одного из ведомых (slave) DP-устройств с неизменным набором функций в одной станции.

Создание Profinet-компонентов с помощью Simatic Manager выполняется с использованием следующей последовательности шагов:

- Создание базового STEP 7 - проекта (STEP 7 basic project). Соответствующий Profinet-компонент в дальнейшем создается на базе проекта станции.
- Конфигурирование аппаратной части и программирование модулей с использованием утилиты HW-Config.
- Определение Profinet-интерфейса программируемого контроллера с использованием редактора интерфейса Interface Editor.
- Копирование блоков из системы в соответствующие папки блоков S7-программы и создание программы для станции.
- Создание Profinet-компонентов.

### 5.5.1 Создание базового STEP 7 - проекта

Simatic CPU (имеются в виду и Profinet-контроллеры, и программируемые ведомые (slave) DP-устройства) конфигурируются как независимые станции в STEP 7 - проекте. Такой проект по сути является базовым STEP 7 - проектом (STEP 7 basic project).

Конфигурирование Profibus - устройств с неизменным набором функций, таких как станция Simatic ET 200S IM 153-1, выполняется также как конфигурирование ведомых (slave) Profibus - устройств в составе ведущей (master) Profibus DP - станции.

Программирование выполняется как обычно, с использованием одного из известных языков программирования - LAD, FBD или STL, а конфигурирование - с использованием утилиты HW-Config.

## 5.5.2 Нагрузка коммуникаций на цикл сканирования программы

Обработка функций коммуникационной связи всегда оказывает влияние на длительность цикла сканирования пользовательской программы (ОВ 1) до определенного предела. Длительностью коммуникационных процессов, например, передачи данных в другой CPU, можно управлять в определенной степени с помощью параметра "Scan Cycle Load due to communication" ("Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования") (рис. 5.22).

Операционная система Simatic S7 CPU ведет непрерывную обработку коммуникационных функций в пределах заданной для них квоты времени (в системе с разделением времени). Если временной ресурс CPU не требуется для коммуникаций, он может использоваться для обработки других процедур.

Функции тестирования с использованием программатора PG мало зависят от этого параметра, так как время цикла (Cycle Time) может быть значительно увеличено для целей тестирования в зависимости от CPU.

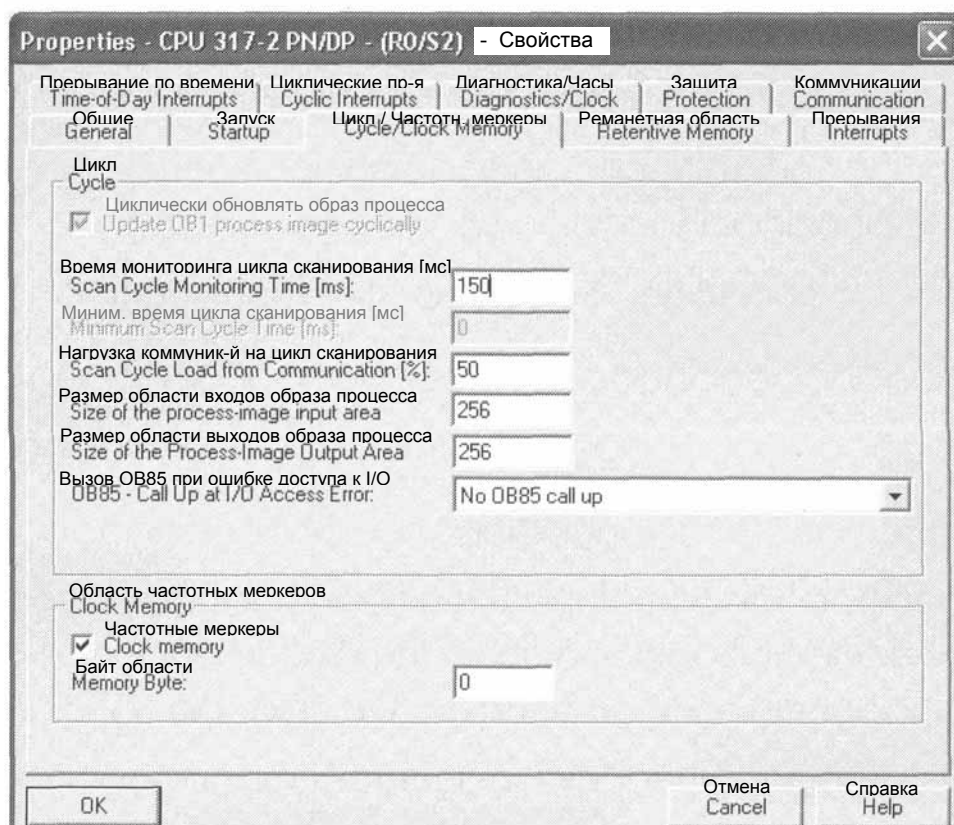


Рис. 5.22 Диалоговое окно для задания свойств CPU: вкладка "Scan Cycle Load due to communication" ("Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования")

### Влияние на фактическую длительность цикла сканирования (cycle time)

Без учета дополнительных асинхронных событий время цикла сканирования (cycle time) расширяется в соответствии со специальным коэффициентом, который может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\text{Cycle time (Время цикла)} = \frac{100}{100 - \text{"Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования [\%]"}}$$

*Пример 1: Время цикла без учета дополнительных асинхронных событий*

При установке для параметра "Scan cycle load due to communication" ("Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования") значения 50% время цикла ОВ 1 может быть удвоено.

*Пример 2: Время цикла ОВ 1 с учетом дополнительных асинхронных событий*

На время цикла ОВ 1 кроме коммуникационных процедур могут оказывать влияние асинхронные события, например, прерывания процесса или сигналы блокировок. Время цикла ОВ 1 увеличивается в зависимости от числа и длительности асинхронных событий, происходящих во время сканирования программы.

При "чистом" времени обработки ОВ 1 за 500 мс коммуникационная нагрузка в 50% может увеличить фактическую длительность цикла до 1000 мс. Если параллельно выполняются прерывания от блокировок (watchdog alarm) с временем обработки в 20 мс за каждые 100 мс, то это приводит к увеличению цикла всего на  $5 \cdot 20 \text{ мс} = 100 \text{ мс}$ . Фактическое время цикла (без коммуникационной нагрузки) в этом случае составит 600 мс. Так как прерывания от блокировок прерывают также и коммуникационные процедуры, то с учетом коммуникационной нагрузки в 50% время на обработку прерываний от блокировок составит  $10 \cdot 20 \text{ мс}$  на цикл, т.е. в этом случае фактическое время цикла будет не 1000 мс, а 1200 мс.

Изменение значения параметра "Scan cycle load due to communication" ("Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования") всегда влияет на работу установки. Коммуникационная нагрузка должна учитываться при задании минимального времени цикла (minimum cycle time), иначе возникнут ошибки времени обработки программы. Необходимо учитывать следующее:

- Если это возможно, то должно использоваться значение по-умолчанию.
- Значение по умолчанию можно увеличить, только если CPU используется в основном для коммуникаций, и если пользовательская программа не критична ко времени выполнения.
- В остальных случаях это значение должно только уменьшаться.
- При конфигурировании Profinet-компонентов параметр "Scan cycle load due to communication" по меньшей мере должен быть равным 50%.

### 5.5.3 Создание Profinet-интерфейса

Profinet-интерфейс устройства соответствует его технологическому интерфейсу. Он представляется блоком данных - интерфейсным DB-блоком (interface DB). В DB-блоке объявляются внешние входы и выходы Profinet-компонента. Для создания интерфейсного DB-блока должен использоваться шаблон блока из комплекта STEP 7 - системы, который должен быть сконфигурирован соответствующим образом (рис. 5.23).

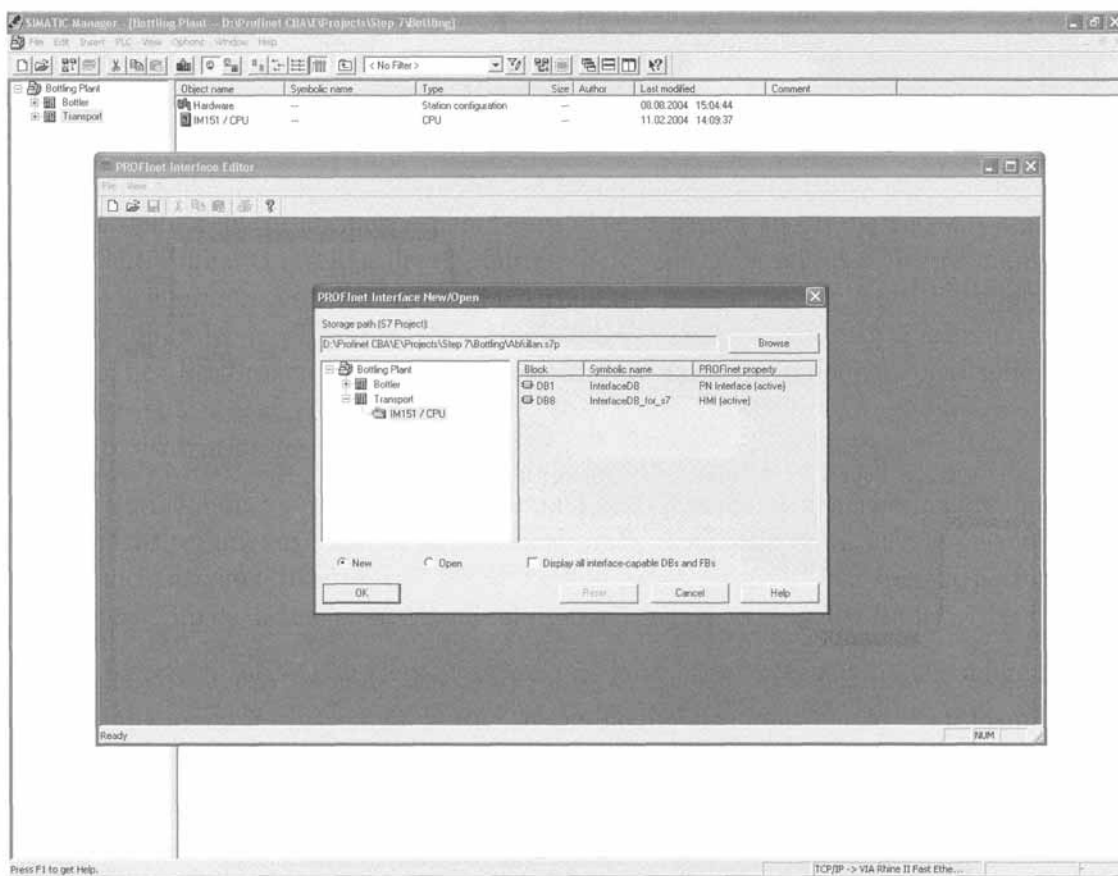


Рис. 5.23 Создание интерфейсного DB-блока

## Интерфейсный DB-блок

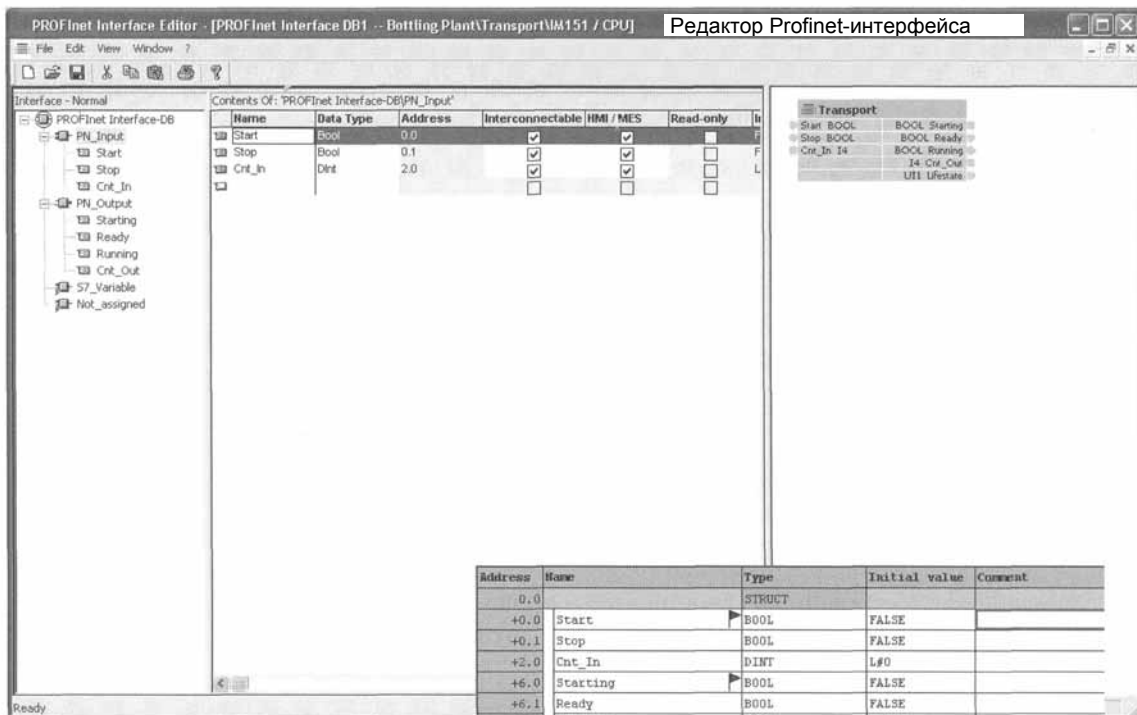
Интерфейсный DB-блок (interface DB) содержит определение интерфейса Profinet-компонента. Он создается с использованием специального редактора Profinet-интерфейса - Profinet Interface Editor, интегрированного в систему проектирования STEP 7, который вызывается из контекстного меню в окне соответствующей станции.

После создания интерфейсный DB-блок присутствует в папке блоков станции или в папке блоков соответствующей ведущей (master) Profibus DP - станции при использовании Profibus - устройств с неизменным набором функций. В нем содержатся данные обо всех входах и выходах технологического интерфейса устройства, которые обновляются в процессе выполнения (режим runtime) операционной системой или с помощью специальных программных блоков в зависимости от устройства и его конфигурации.

Profibus - устройства с неизменным набором функций не имеют своей собственной пользовательской программы. Интерфейсные DB-блоки (interface DB) таких устройств сохраняются в папках блоков временной ведущей DP - станции (temporary DP master station), которой назначаются Profibus - устройства.

Если ведущая (master) Profibus DP - станция содержит несколько ведомых (slave) DP-устройств, то соответственно больше интерфейсных DB-блоков должно быть создано в папке блоков - по одному интерфейсному DB-блоку на каждое ведомое (slave) DP-устройство, для которого должен быть создан Profinet-компонент. Интерфейсные DB-блоки для Profibus - устройств с неизменным набором функций требуются только на время - для создания Profinet-интерфейса, при этом в дальнейшем на последующих стадиях разработки они не используются (рис. 5.24).





DB-интерфейс в окне редактора Profinet-интерфейса Profinet Interface Editor

DB-интерфейс в окне редактора LAD/STL/FDB Editor

Рис. 5.24 DB-интерфейс в окне редактора Profinet-интерфейса Profinet Interface Editor и в окне редактора LAD/STL/FDB Editor

В интерфейсном DB-блоке имеются четыре области (см. таблицу 5.2) для определения Profinet-интерфейса.

Таблица 5.2 Четыре области в интерфейсном DB-блоке

Область	Значение
PN_Input	Область входов Profinet-интерфейса для Profinet-компонента
PN_Output	Область выходов Profinet-интерфейса для Profinet-компонента
S7_Variable	К назначенным здесь переменным доступ обеспечивается посредством HMI-компонентов в процессе выполнения (runtime) с использованием S7-коммуникационных механизмов. Ни одна такая переменная не видна в Simatic iMap. Такая область имеется только в устройствах с программируемыми функциями
Not_assigned	Переменные, которые не назначены (пока) областям Profinet-интерфейса.

При просмотре интерфейсного DB-блока в окне редактора LAD/STL/FBD в Simatic Manager отображаются строки объявления переменных, строки определения контактов или специальных компонентов, таких как разделители или фиктивные элементы. Строки описания входов определяют раздел входов (PN\_Input), строки описания выходов определяют раздел выходов (PN\_Output) интерфейсного DB-блока (interface DB). Строки описания входов идут перед строками описания выходов.

Значения различных атрибутов представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 Атрибуты переменных

Атрибут	Значение
Name (Имя)	Имя контакта.
Data Type (Тип данных)	Тип данных (например, BOOL, WORD, STRING).
Address (Адрес)	Адрес переменной в интерфейсном DB-блоке (interface DB); формат: байт.бит
Interconnectable (Подключаемый контакт)	При выборе данной опции контакт становится видимым на "виде установки" ("plant view") Simatic iMap, и при этом он может быть подключен. Контакты Profinet-интерфейса отображаются в правом окне редактора. В интерфейсном DB-блоке (interface DB) должен быть по крайней мере один подключаемый контакт.
HMI/MES	При выборе данной опции доступ к соответствующей переменной обеспечивается посредством OPC с использованием HMI- или MES-систем.
Read-only (Только режим чтения)	При выборе данной опции переменная доступна только в режиме считывания.
Initial value (Начальное значение)	Значение на контакте, которое устанавливается при первом сохранении объекта.
Comment (Комментарий)	Комментарий для контакта.

#### *HMI-интерфейсные DB-блоки*

Для того чтобы достигнуть четкого разделения между переменными Profinet-интерфейса и HMI-данными в больших интерфейсных DB-блоках можно экспортировать HMI-данные в отдельные блоки данных, так называемые HMI-интерфейсные DB-блоки (HMI interface DB). Эти данные не отображаются в Profinet-интерфейсе и не могут быть подключены. HMI-интерфейсные DB-блоки также создаются с использованием редактора интерфейса Interface Editor (рис. 5.25). При сохранении им назначается атрибут "CBA\_intern\_db".

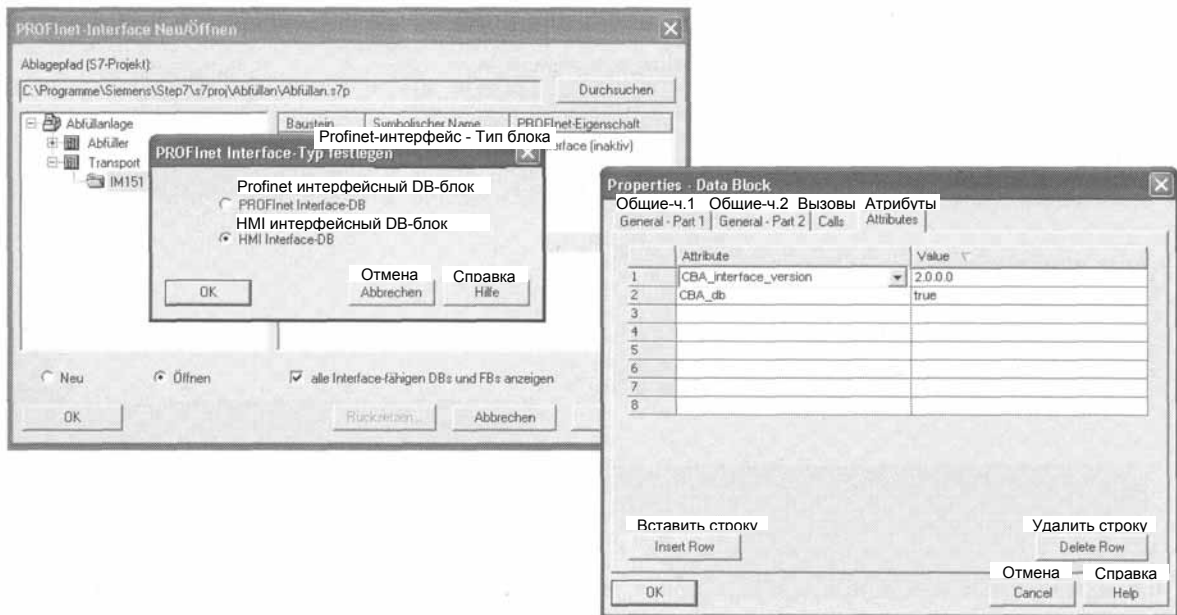


Рис. 5.25 Создание HMI-интерфейсного DB-блока

### Интерфейсный DB-блок для Profibus-устройств с неизменным набором функций

Для интерфейсного DB-блока для Profibus-устройств с неизменным набором функций разделы "PN\_Input" и "PN\_Output" разделяются дополнительно на слоты (slots) (рис. 5.26).

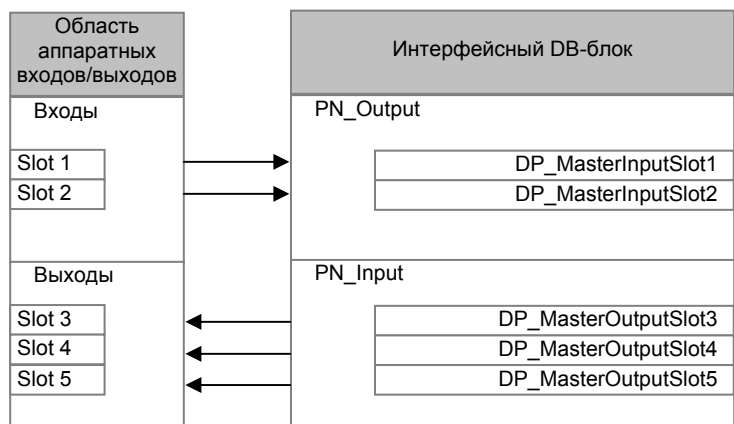


Рис. 5.26 Структура интерфейсного DB-блока для Profibus-устройств с неизменным набором функций

Структура слотов соответствует слотам входных и выходных модулей ведомого (slave) DP-устройства.

- Выходы DP-интерфейса ведущего (master) DP-устройства размещаются в слотах раздела "PN\_Input". В данном разделе определяются входы технологической функции.
- Входы DP-интерфейса ведущего (master) DP-устройства размещаются в слотах раздела "PN\_Output". В данном разделе определяются выходы технологической функции.
- Коммуникационные контакты не могут объявляться за пределами слотов.

Максимально допустимая длина данных на контактах в точности соответствует консистентной длине (consistency length) слота. Консистентная длина (consistency length) обычно составляет:

- 1 байт (8 битов) для дискретных входов или выходов
- 1 слово (16 битов) для аналоговых входов или выходов.

В зависимости от типа модуля консистентная длина (consistency length) может быть сконфигурирована с помощью утилиты HW-Config.

В слоте могут быть объявлены несколько контактов. Тем не менее размер данных для контакта не должен быть больше, чем размер данных для слота, в котором он определен. Неиспользуемые области слотов должны быть заняты заглушками - фиктивными элементами соответствующей длины (BOOL, BYTE, WORD, и т.п.).

## **Структура интерфейсного DB-блока (interface DB)**

Корректная структура интерфейсного DB-блока (interface DB) обеспечивается контролем в редакторе Profinet-интерфейса. Тем не менее, необходимо проверять следующие моменты в проекте:

- Максимальный размер Profinet-интерфейса для программируемых Profibus-устройств (I Slaves) зависит собственно от устройства и обычно варьируется между 32 байтами и максимальным значением, равным 244 байтов.
- Максимальный размер области соединений Profinet-интерфейса для стандартных Profibus-устройств ограничивается 32 байтами. Это ограничение диктуется максимально возможным размером данных, которые могут быть переданы между ведомыми и ведущими DP-устройствами. Кроме того, это в частности означает, что для строковых переменных (тип STRING) длина не может превышать 30 символов.
- Максимальный размер области соединений Profinet-интерфейса для Profibus-контроллеров в общем случае не ограничивается. Тем не менее, он может зависеть от ограничений, накладываемых используемыми устройствами.
- Максимальный размер области соединений с комбинированными типами данных, а также длина строковых переменных (тип STRING), зависят от ограничений, накладываемых используемыми устройствами.
- В зависимости от типа устройств возможны ограничения на используемый набор типов данных, а также на диапазон изменения значений определенных типов данных.

- В Simatic тип данных UDT поддерживается Simatic iMap, начиная с версии 2.0.1 и выше.

### Типы данных (Data type)

Для каждого контакта Profinet-интерфейса должен быть определен формат, соответствующий типу данных переменных в интерфейсном DB-блоке (interface DB), и, таким образом, соответствующий формату данных Simatic S7. Profinet CBA поддерживает типы данных в соответствии с Microsoft OLE V2.0. В таблице 5.4 сравниваются типы данных для Profinet CBA и Simatic S7.

Таблица 5.4 Типы данных для Profinet CBA и Simatic S7.

Тип данных Profinet CBA	Тип данных Simatic S7	Связь с данными (байтов)	Диапазон значений в Simatic S7
BOOL	BOOL	2	TRUE (ИСТИНА) / FALSE (ЛОЖЬ)
UI1	BYTE	1	0 ... 255
UI2	WORD	2	0 ... 65 535
UI4	DWORD	4	0 ... 4 294 967 295
I1	CHAR	1	-128 ... +127
I2	INT	2	-32 768 ... +32 767
I4	DINT	4	-2 147 483 648 ... +2 147 483 647
R4	REAL	4	±3.4E+/-38
DATE	DATE_AND_TIME	8	01.01.1990 00:00:00 ... 31.12.2089 23:59:59
BSTR_n	STRING[n]	4 + 2 • n	строка 0 ... 255
ARRAY	ARRAY[1..n] m	n • длина типа данных	n: тип данных элемента массива.
STRUCT	STRUCT, UDT	общая длина всех типов данных	Массивы и структуры могут содержать только простые типы данных. К простым типам данных относятся все типы, кроме ARRAY и STRUCT. Диапазон значений соответствует диапазонам соответствующих элементов массива (array) или структуры (structure).

В зависимости от типа устройств возможны ограничения на используемый набор типов данных, а также на диапазон изменения значений определенных типов данных.

- В Simatic тип данных UDT поддерживается Simatic iMap, начиная с версии 2.0.1 и выше.

## Типы данных (Data type)

Для каждого контакта Profinet-интерфейса должен быть определен формат, соответствующий типу данных переменных в интерфейсном DB-блоке (interface DB), и, таким образом, соответствующий формату данных Simatic S7. Profinet CBA поддерживает типы данных в соответствии с Microsoft OLE V2.0. В таблице 5.4 сравниваются типы данных для Profinet CBA и Simatic S7.

Таблица 5.4 Типы данных для Profinet CBA и Simatic S7.

Тип данных Profinet CBA	Тип данных Simatic S7	Связь с данными (байтов)	Диапазон значений в Simatic S7
BOOL	BOOL	2	TRUE (ИСТИНА) / FALSE (ЛОЖЬ)
UI1	BYTE	1	0 ... 255
UI2	WORD	2	0 ... 65 535
UI4	DWORD	4	0 ... 4 294 967 295
I1	CHAR	1	-128 ... +127
I2	INT	2	-32 768 ... +32 767
I4	DINT	4	-2 147 483 648 ... +2 147 483 647
R4	REAL	4	±3.4E+/-38
DATE	DATE_AND_TIME	8	01.01.1990 00:00:00 ... 31.12.2089 23:59:59
BSTR_n	STRING[n]	4 + 2 • n	строка 0 ... 255
ARRAY	ARRAY[1..n] m	n • длина типа данных	n: тип данных элемента массива.
STRUCT	STRUCT, UDT	общая длина всех типов данных	Массивы и структуры могут содержать только простые типы данных. К простым типам данных относятся все типы, кроме ARRAY и STRUCT. Диапазон значений соответствует диапазонам соответствующих элементов массива (array) или структуры (structure).

В зависимости от типа устройств возможны ограничения на используемый набор типов данных, а также на диапазон изменения значений определенных типов данных.

- В Simatic тип данных UDT поддерживается Simatic iMap, начиная с версии 2.0.1 и выше.

## Типы данных (Data type)

Для каждого контакта Profinet-интерфейса должен быть определен формат, соответствующий типу данных переменных в интерфейсном DB-блоке (interface DB), и, таким образом, соответствующий формату данных Simatic S7. Profinet CBA поддерживает типы данных в соответствии с Microsoft OLE V2.0. В таблице 5.4 сравниваются типы данных для Profinet CBA и Simatic S7.

Таблица 5.4 Типы данных для Profinet CBA и Simatic S7.

Тип данных Profinet CBA	Тип данных Simatic S7	Связь с данными (байтов)	Диапазон значений в Simatic S7
BOOL	BOOL	2	TRUE (ИСТИНА) / FALSE (ЛОЖЬ)
UI1	BYTE	1	0 ... 255
UI2	WORD	2	0 ... 65 535
UI4	DWORD	4	0 ... 4 294 967 295
I1	CHAR	1	-128 ... +127
I2	INT	2	-32 768 ... +32 767
I4	DINT	4	-2 147 483 648 ... +2 147 483 647
R4	REAL	4	±3.4E±/-38
DATE	DATE_AND_TIME	8	01.01.1990 00:00:00 ... 31.12.2089 23:59:59
BSTR_n	STRING[n]	4 + 2 • n	строка 0 ... 255
ARRAY	ARRAY[1..n] m	n • длина типа данных	n: тип данных элемента массива.
STRUCT	STRUCT, UDT	общая длина всех типов данных	Массивы и структуры могут содержать только простые типы данных. К простым типам данных относятся все типы, кроме ARRAY и STRUCT. Диапазон значений соответствует диапазонам соответствующих элементов массива (array) или структуры (structure).

### 5.7.3 Конфигурирование установки с использованием Simatic iMap

Конфигурирование установки включает в себя импортирование Profinet-компонентов в библиотеки Simatic iMap, одиночная или многократная вставка Profinet-компонентов в проект, подключение технологических функций, конфигурирование устройств, технологических функций и взаимных соединений и генерация Simatic iMap - проекта.

Задачей системного инженера является выполнение полного конфигурирования установки в Simatic iMap. Эта работа начинается с создания библиотек и заканчивается загрузкой данных программ и данных соединений в соответствующие устройства. После этого проект документируется и сохраняется (см. таблицу 5.12).

Таблица 5.12 Процедуры конфигурирования установки с помощью Simatic iMap

Шаг	Действия
1	Импортирование Profinet-компонентов в библиотеки
2	Создание экземпляров Profinet-компонентов
3	Подключение устройств к сети
4	Взаимное соединение технологических функций
5	Настройка свойств экземпляров и взаимных соединений
6	Генерация Simatic iMap - проекта
7	Проверка, документирование и сохранение Simatic iMap - проекта

#### Импортирование Profinet-компонентов в библиотеки

Чтобы использовать Profinet-компоненты в Simatic iMap, они должны присутствовать в библиотеках. Следовательно, компоненты, созданные в Simatic iMap, должны быть сохранены в библиотеках (рис. 5.40). Организация библиотек базируется на критериях технологии. Библиотеки могут содержать стандартные и одноэлементные (singleton) компоненты.

#### Создание экземпляров Profinet-компонентов

Вставка Profinet-компонента из библиотеки в Simatic iMap - проект приводит к созданию экземпляра (instance) Profinet-компонента, то есть реализации компонента. Экземпляр Profinet-компонента генерируется, с использованием информации, содержащейся в описании Profinet-компонента PCD (рис. 5.41).



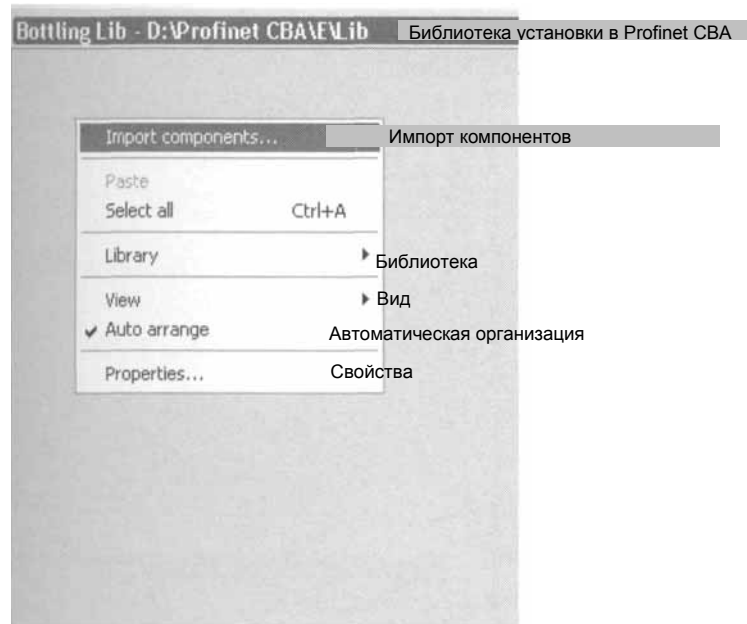


Рис. 5.39 Импорт Profinet-компонентов в Simatic iMap

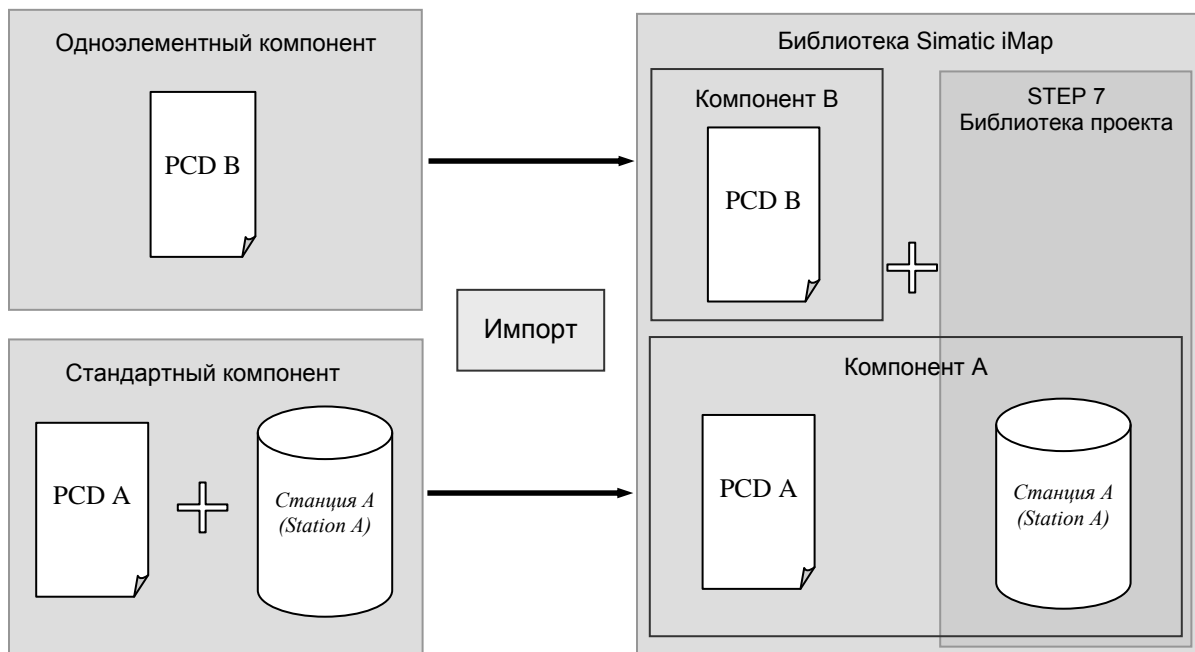


Рис. 5.40 Принцип импортирования Profinet-компонентов для Simatic S7-устройств в Simatic iMap

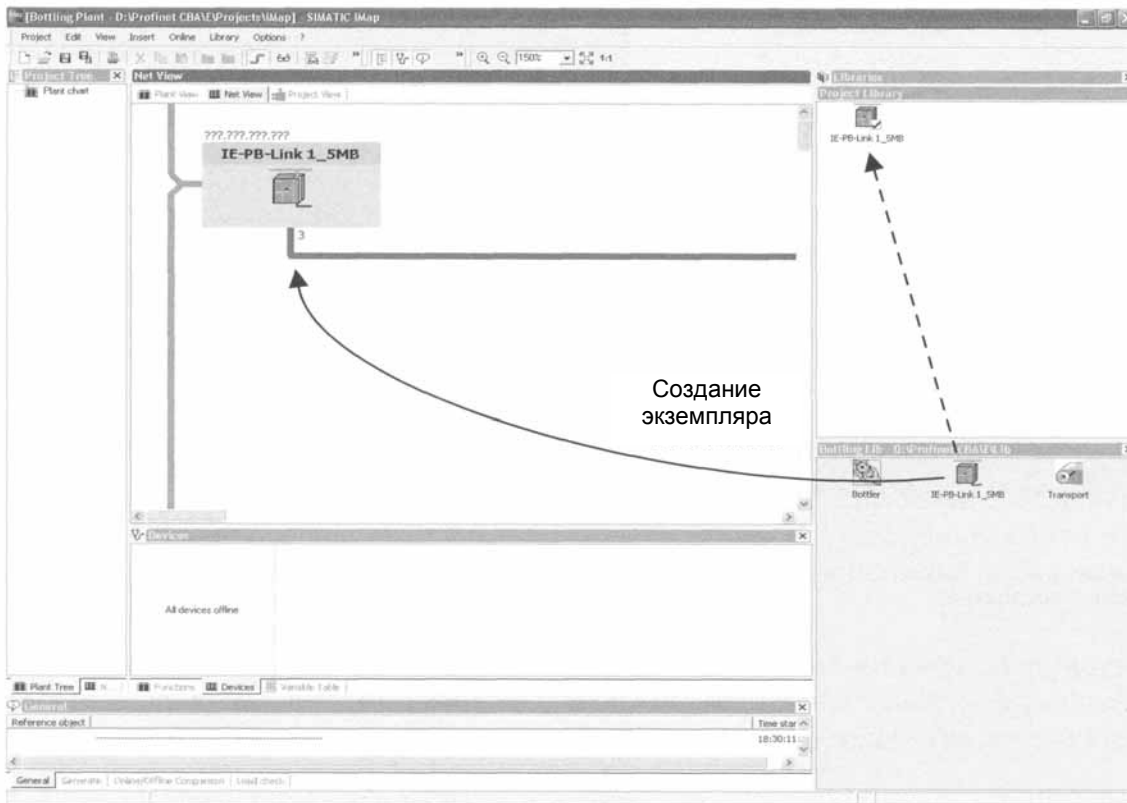


Рис. 5.41 Создание экземпляра Profinet-компонента в Simatic iMap на "виде сети" ("Network View")

Для Profinet-компонентов могут повторно создаваться экземпляры. ID и номер версии экземпляра (instance) служат для определения их соответствия Profinet-компоненту. Экземпляры Profinet-компонента содержат устройство (device) и технологическую функцию, как и сам Profinet-компонент.

Profinet-компоненты могут быть вставлены в Simatic iMap на "виде сети", "виде установки" и "виде проекта".

- На "виде установки" ("plant view") экземпляры вставленных Profinet-компонентов отображаются как технологические функции. Соединения, то есть взаимные логические связи данных между двумя или более технологическими функциями отображаются линиями.
- На "виде сети" ("network view") экземпляры вставленных Profinet-компонентов отображаются как устройства (device) с одним или более подключением к сети.
- На "виде проекта" ("project view") отображаются связи между Profinet-компонентами библиотеки проекта и вставленными экземплярами (instance), функциями и устройствами (devices) (рис. 5.42).

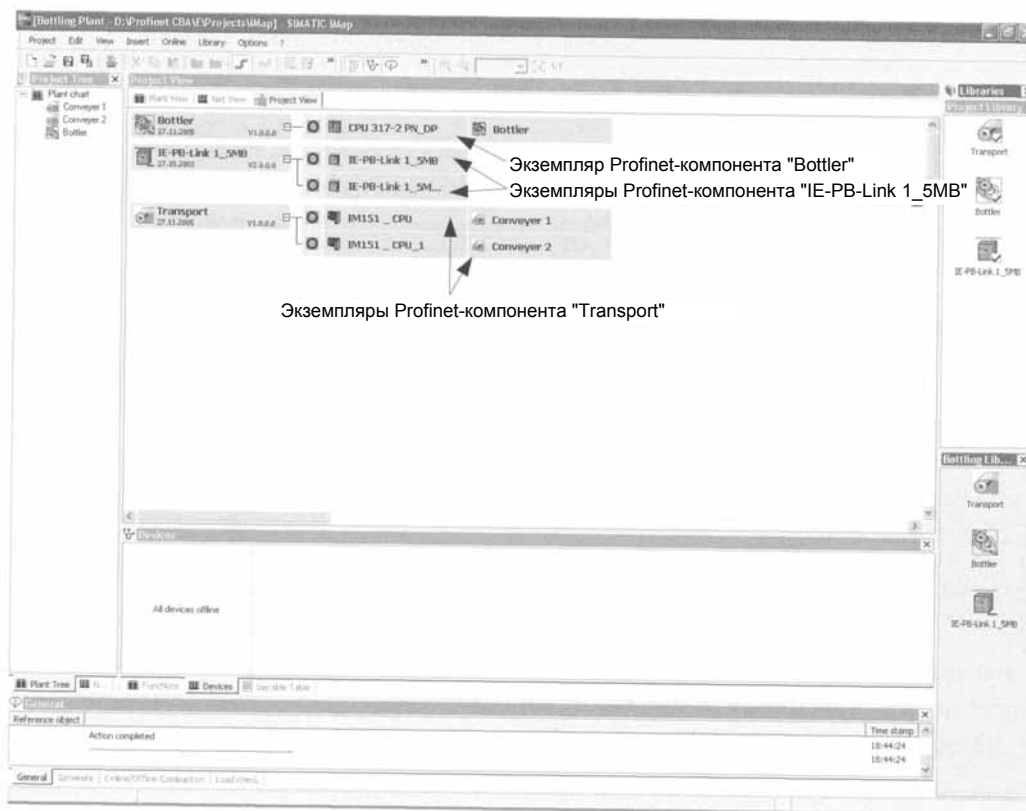


Рис. 5.42 Экземпляры Profinet-компонентов на "виде проекта" ("Project View") в Simatic iMap

При первой организации экземпляра Simatic iMap создает копию типа компонента в библиотеке проекта. Эта библиотека является частью Simatic iMap - проекта и служит базой данных при последующей генерации проекта (рис. 5.43).

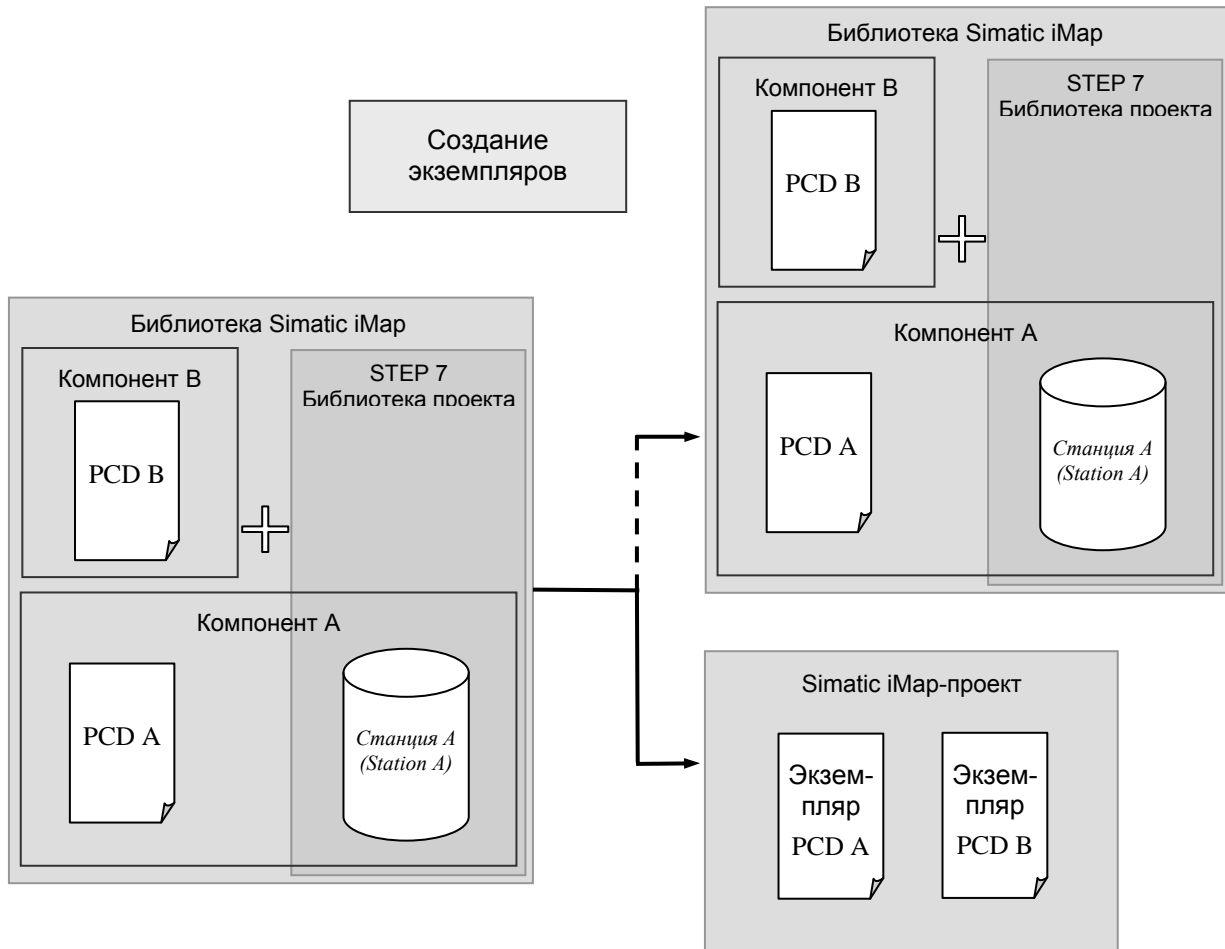


Рис. 5.43 Принцип организации экземпляров Profinet-компонентов на базе Simatic S7 -устройств

### Вторичные схемы

Использование вторичных схем (subordinate chart) в Simatic iMap дает возможность построения установки с древовидной структурой, аналогичной древовидной системе папок и файлов. Такие схемы отображаются следующим образом:

- В виде папки в дереве проекта: в такой папке могут содержаться технологические функции, а также другие подчиненные схемы.
- В виде технологической функции "на виде установки" ("plant view"): такие функции имеют свой собственный интерфейс (chart interface) для установления соединений. В интерфейсе схемы имеются входы и выходы технологической функции, включенной в схему, для установления соответствующих соединений.

Вторичные схемы не отображаются на "виде сети" и "виде проекта".

### *Библиотека проекта (Project library)*

В первых версиях системы Simatic iMap сам Simatic iMap-проект и Simatic iMap-библиотеки, связанные с ним, имели различные места для хранения. Начиная с версии 2.0, была определена специальная библиотека - так называемая библиотека проекта (project library), для работы с данными и обеспечения консистентности последних. Если Profinet-компоненты из технологической библиотеки используются в Simatic iMap - проекте, то копия компонента автоматически сохраняется в библиотеке проекта и помечается как "used" ("используемая").

В случае переработки компонента библиотека проекта обеспечивает возможность прямого перехода к соответствующему проекту компонента, где собственно и могут быть выполнены все исправления. После завершения исправления и новой генерации компонента используемые экземпляры (instance) обновляются быстро и легко.

### *Свойства экземпляра (instance)*

Экземпляры (instances) имеют параметры, которые однозначно их характеризуют (рис. 5.44 и 5.45). Важнейшими параметрами являются имя (name) и IP -адрес (IP address) устройства или имя технологической функции (name). Это обеспечивает однозначность адресации соответствующего устройства (device) во время режима выполнения (runtime) и соответствующей технологической функции, выполняемой в нем.

## 5.5.1 Создание Profinet-компонентов

Создание Profinet-компонента для Sematic PLC выполняется с помощью утилиты Sematic Manager системы STEP 7 (см. рис. 5.28).

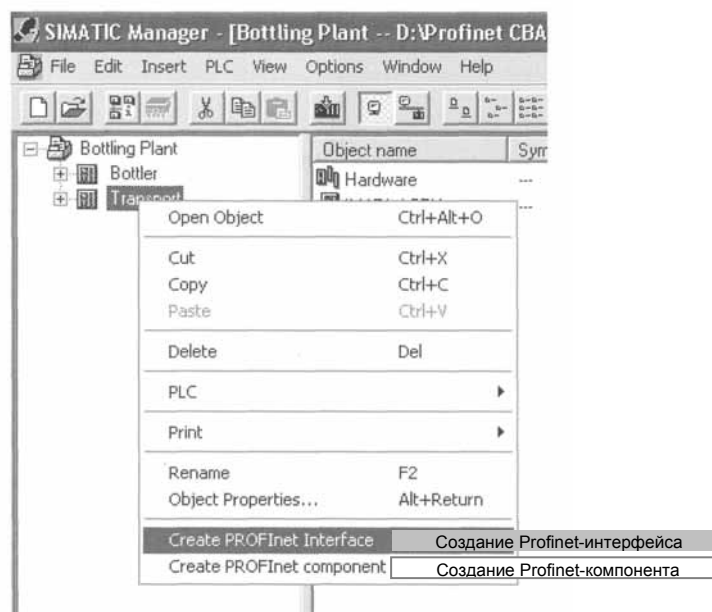


Рис. 5.28 Создание Profinet-компонента

Необходимым условием для этого является наличие полного базового STEP 7 - проекта (STEP 7 basic project), а именно:

- Создана и протестирована S7-программа-приложение, включая интерфейсный DB-блок (interface DB).
- Выполнено конфигурирование аппаратной части, а также выполнена параметризация модулей.
- Имеются файлы со значками для представления Profinet-компонентов и их элементов, технологических функций и устройств. Эти значки используются для графического представления элементов в Sematic iMap. Если для определенных компонентов нет специальных файлов со значками, то могут использоваться файлы, поставленные с Sematic iMap.
- Закончена документация будущего Profinet-компонента (опционально).



<p>Generation status (Состояние процесса генерации)</p>	<p>"Function and device" ("Функция и устройство"): Текущее состояние STEP 7 -проекта - прототипа для данного экземпляра (instance). STEP 7 -проект - прототип генерируется на основе данных устройства (device data) стандартных Profinet - компонентов во время генерации Simatic iMap -проекта: "Not generated" ("Не сгенерирован"): STEP 7 -проект - прототип пока еще не сгенерирован, или соответствующий Profinet-компонент пока еще не создан в STEP 7 -проекте - прототипе. "Generated" ("Сгенерирован"): STEP 7 -проект - прототип уже сгенерирован, соответствующий Profinet-компонент уже создан в STEP 7 -проекте - прототипе, и свойства Profinet-компонента полностью консистентны данным STEP 7 -проекта - прототипа. "Inconsistent/changed" ("Отсутствие консистентности" / "Свойства изменены"): Свойства Profinet-компонента были изменены и больше не являются консистентными данным STEP 7 -проекта - прототипа. "Generation not possible" ("Генерация не возможна"): В свойствах Profinet-компонента присутствуют недопустимые значения, что делает генерацию проекта невозможной (например, один и тот же адрес назначен дважды). "HMI components" ("HMI-компоненты"): "Generation status" ("Состояние процесса генерации") HMI-компонентов данного экземпляра (instance).</p>
<p>Comment (Комментарий)</p>	<p>Комментарий для данного экземпляра (instance).</p>



## 5.5 Создание Profinet-компонентов в STEP 7

В общем случае всегда имеется два возможных пути создания Profinet-компонента:

- на базе STEP 7 - проекта всей станции в целом или
- на основе одного из ведомых (slave) DP-устройств с неизменным набором функций в одной станции.

Создание Profinet-компонентов с помощью Simatic Manager выполняется с использованием следующей последовательности шагов:

- Создание базового STEP 7 - проекта (STEP 7 basic project). Соответствующий Profinet-компонент в дальнейшем создается на базе проекта станции.
- Конфигурирование аппаратной части и программирование модулей с использованием утилиты HW-Config.
- Определение Profinet-интерфейса программируемого контроллера с использованием редактора интерфейса Interface Editor.
- Копирование блоков из системы в соответствующие папки блоков S7-программы и создание программы для станции.
- Создание Profinet-компонентов.

### 5.5.1 Создание базового STEP 7 - проекта

Simatic CPU (имеются в виду и Profinet-контроллеры, и программируемые ведомые (slave) DP-устройства) конфигурируются как независимые станции в STEP 7 - проекте. Такой проект по сути является базовым STEP 7 - проектом (STEP 7 basic project).

Конфигурирование Profibus - устройств с неизменным набором функций, таких как станция Simatic ET 200S IM 153-1, выполняется также как конфигурирование ведомых (slave) Profibus - устройств в составе ведущей (master) Profibus DP - станции.

Программирование выполняется как обычно, с использованием одного из известных языков программирования - LAD, FBD или STL, а конфигурирование - с использованием утилиты HW-Config.

## 5.5.2 Нагрузка коммуникаций на цикл сканирования программы

Обработка функций коммуникационной связи всегда оказывает влияние на длительность цикла сканирования пользовательской программы (OB 1) до определенного предела. Длительностью коммуникационных процессов, например, передачи данных в другой CPU, можно управлять в определенной степени с помощью параметра "Scan Cycle Load due to communication" ("Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования") (рис. 5.22).

Операционная система Simatic S7 CPU ведет непрерывную обработку коммуникационных функций в пределах заданной для них квоты времени (в системе с разделением времени). Если временной ресурс CPU не требуется для коммуникаций, он может использоваться для обработки других процедур.

Функции тестирования с использованием программатора PG мало зависят от этого параметра, так как время цикла (Cycle Time) может быть значительно увеличено для целей тестирования в зависимости от CPU.

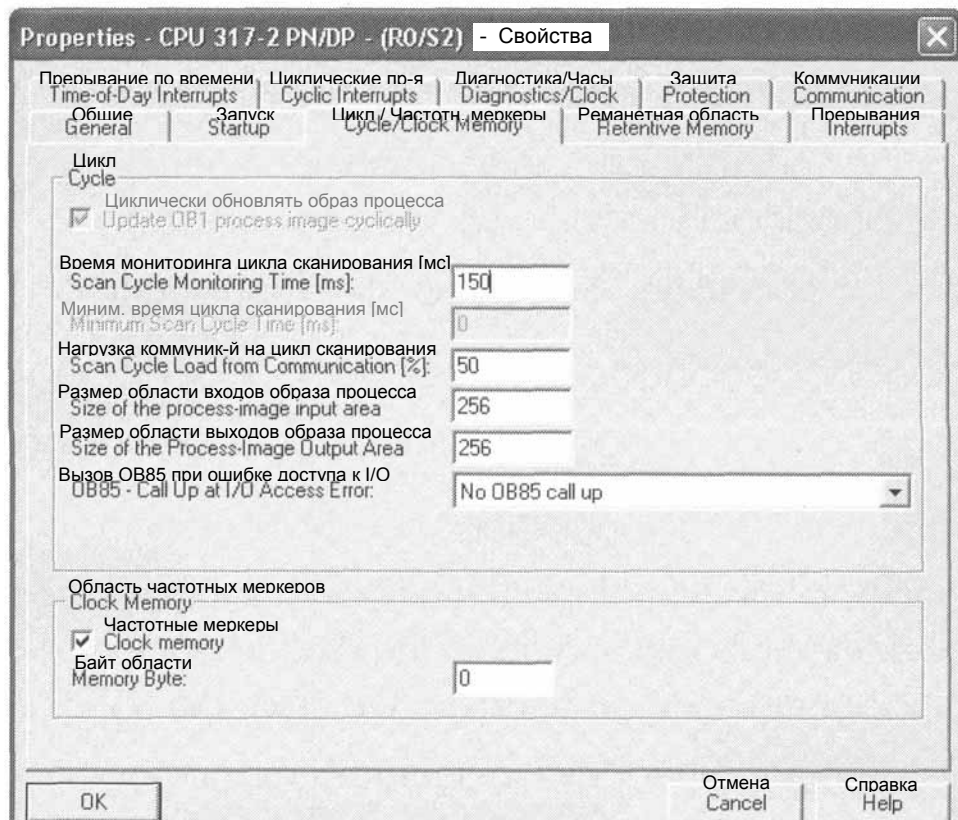


Рис. 5.22 Диалоговое окно для задания свойств CPU: вкладка "Scan Cycle Load due to communication" ("Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования")

## Влияние на фактическую длительность цикла сканирования (cycle time)

Без учета дополнительных асинхронных событий время цикла сканирования (cycle time) расширяется в соответствии со специальным коэффициентом, который может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\text{Cycle time (Время цикла)} = \frac{100}{100 - \text{"Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования [\%]"}}$$

### *Пример 1: Время цикла без учета дополнительных асинхронных событий*

При установке для параметра "Scan cycle load due to communication" ("Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования") значения 50% время цикла ОВ 1 может быть удвоено.

### *Пример 2: Время цикла ОВ 1 с учетом дополнительных асинхронных событий*

На время цикла ОВ 1 кроме коммуникационных процедур могут оказывать влияние асинхронные события, например, прерывания процесса или сигналы блокировок. Время цикла ОВ 1 увеличивается в зависимости от числа и длительности асинхронных событий, происходящих во время сканирования программы.

При "чистом" времени обработки ОВ 1 за 500 мс коммуникационная нагрузка в 50% может увеличить фактическую длительность цикла до 1000 мс. Если параллельно выполняются прерывания от блокировок (watchdog alarm) с временем обработки в 20 мс за каждые 100 мс, то это приводит к увеличению цикла всего на  $5 \cdot 20 \text{ мс} = 100 \text{ мс}$ . Фактическое время цикла (без коммуникационной нагрузки) в этом случае составит 600 мс. Так как прерывания от блокировок прерывают также и коммуникационные процедуры, то с учетом коммуникационной нагрузки в 50% время на обработку прерываний от блокировок составит  $10 \cdot 20 \text{ мс}$  на цикл, т.е. в этом случае фактическое время цикла будет не 1000 мс, а 1200 мс.

Изменение значения параметра "Scan cycle load due to communication" ("Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования") всегда влияет на работу установки. Коммуникационная нагрузка должна учитываться при задании минимального времени цикла (minimum cycle time), иначе возникнут ошибки времени обработки программы. Необходимо учитывать следующее:

- Если это возможно, то должно использоваться значение по-умолчанию.
- Значение по умолчанию можно увеличить, только если CPU используется в основном для коммуникаций, и если пользовательская программа не критична ко времени выполнения.
- В остальных случаях это значение должно только уменьшаться.
- При конфигурировании Profinet-компонентов параметр "Scan cycle load due to communication" по меньшей мере должен быть равным 50%.

### 5.5.3 Создание Profinet-интерфейса

Profinet-интерфейс устройства соответствует его технологическому интерфейсу. Он представляется блоком данных - интерфейсным DB-блоком (interface DB). В DB-блоке объявляются внешние входы и выходы Profinet-компонента. Для создания интерфейсного DB-блока должен использоваться шаблон блока из комплекта STEP 7 - системы, который должен быть сконфигурирован соответствующим образом (рис. 5.23).

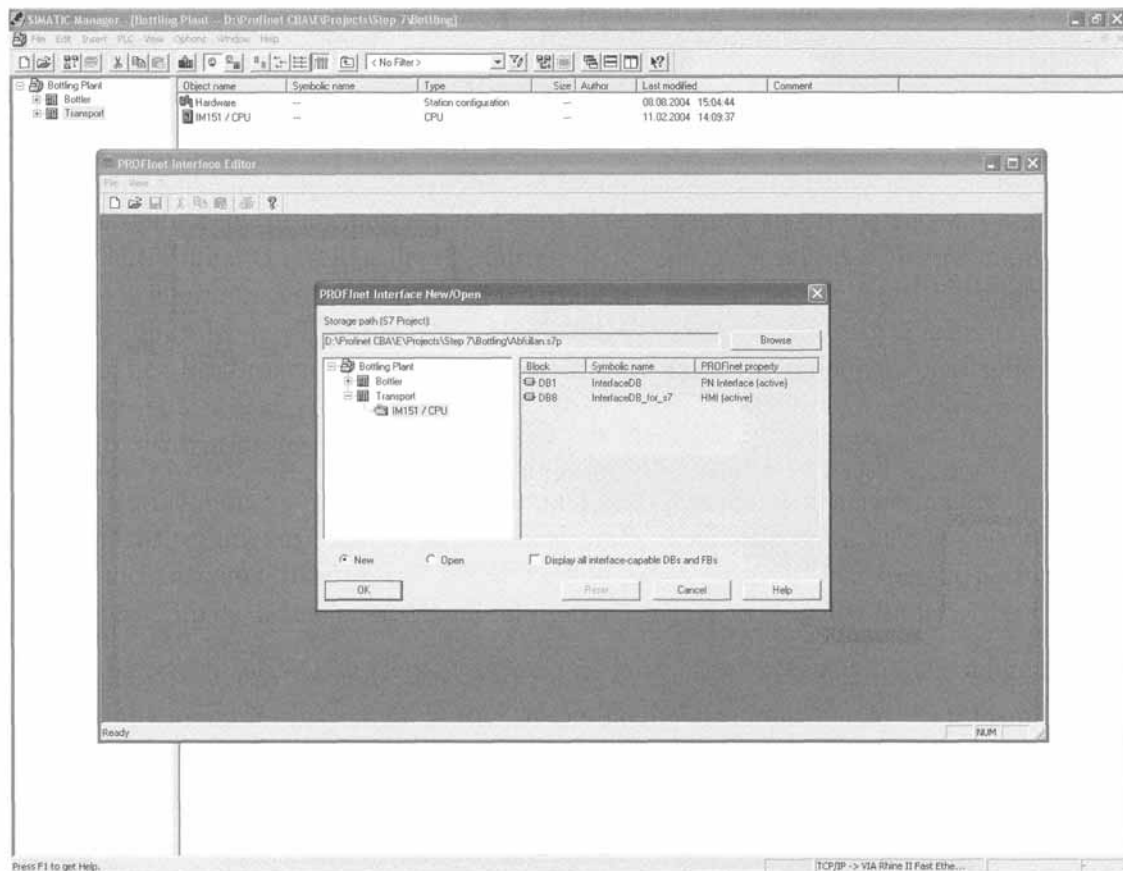


Рис. 5.23 Создание интерфейсного DB-блока

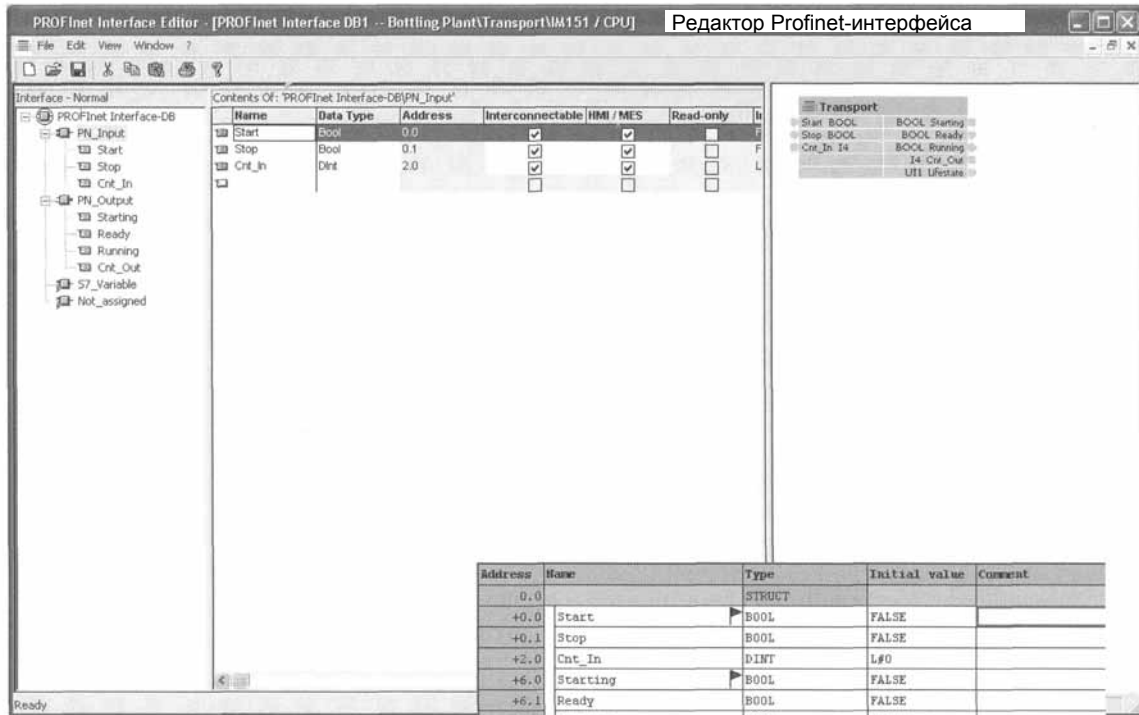
## Интерфейсный DB-блок

Интерфейсный DB-блок (interface DB) содержит определение интерфейса Profinet-компонента. Он создается с использованием специального редактора Profinet-интерфейса - Profinet Interface Editor, интегрированного в систему проектирования STEP 7, который вызывается из контекстного меню в окне соответствующей станции.

После создания интерфейсный DB-блок присутствует в папке блоков станции или в папке блоков соответствующей ведущей (master) Profibus DP - станции при использовании Profibus - устройств с неизменным набором функций. В нем содержатся данные обо всех входах и выходах технологического интерфейса устройства, которые обновляются в процессе выполнения (режим runtime) операционной системой или с помощью специальных программных блоков в зависимости от устройства и его конфигурации.

Profibus - устройства с неизменным набором функций не имеют своей собственной пользовательской программы. Интерфейсные DB-блоки (interface DB) таких устройств сохраняются в папках блоков временной ведущей DP - станции (temporary DP master station), которой назначаются Profibus - устройства.

Если ведущая (master) Profibus DP - станция содержит несколько ведомых (slave) DP-устройств, то соответственно больше интерфейсных DB-блоков должно быть создано в папке блоков - по одному интерфейсному DB-блоку на каждое ведомое (slave) DP-устройство, для которого должен быть создан Profinet-компонент. Интерфейсные DB-блоки для Profibus - устройств с неизменным набором функций требуются только на время - для создания Profinet-интерфейса, при этом в дальнейшем на последующих стадиях разработки они не используются (рис. 5.24).



DB-интерфейс в окне редактора Profinet-интерфейса Profinet Interface Editor

Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	Start	BOOL	FALSE	
+0.1	Stop	BOOL	FALSE	
+2.0	Cnt_In	DINT	L#0	
+6.0	Starting	BOOL	FALSE	
+6.1	Ready	BOOL	FALSE	
+6.2	Running	BOOL	FALSE	
+8.0	Cnt_Out	DINT	L#0	
+12.0		END_STRUCT		

DB-интерфейс в окне редактора LAD/STL/FDB Editor

Рис. 5.24 DB-интерфейс в окне редактора Profinet-интерфейса Profinet Interface Editor и в окне редактора LAD/STL/FDB Editor

В интерфейсном DB-блоке имеются четыре области (см. таблицу 5.2) для определения Profinet-интерфейса.

Таблица 5.2 Четыре области в интерфейсном DB-блоке

Область	Значение
PN_Input	Область входов Profinet-интерфейса для Profinet-компонента
PN_Output	Область выходов Profinet-интерфейса для Profinet-компонента
S7_Variable	К назначенным здесь переменным доступ обеспечивается посредством HMI-компонентов в процессе выполнения (runtime) с использованием S7-коммуникационных механизмов. Ни одна такая переменная не видна в Simatic iMap. Такая область имеется только в устройствах с программируемыми функциями
Not_assigned	Переменные, которые не назначены (пока) областям Profinet-интерфейса.

При просмотре интерфейсного DB-блока в окне редактора LAD/STL/FBD в Simatic Manager отображаются строки объявления переменных, строки определения контактов или специальных компонентов, таких как разделители или фиктивные элементы. Строки описания входов определяют раздел входов (PN\_Input), строки описания выходов определяют раздел выходов (PN\_Output) интерфейсного DB-блока (interface DB). Строки описания входов идут перед строками описания выходов.

Значения различных атрибутов представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 Атрибуты переменных

Атрибут	Значение
Name (Имя)	Имя контакта.
Data Type (Тип данных)	Тип данных (например, BOOL, WORD, STRING).
Address (Адрес)	Адрес переменной в интерфейсном DB-блоке (interface DB); формат: байт.бит
Interconnectable (Подключаемый контакт)	При выборе данной опции контакт становится видимым на "виде установки" ("plant view") Simatic iMap, и при этом он может быть подключен. Контакты Profinet-интерфейса отображаются в правом окне редактора. В интерфейсном DB-блоке (interface DB) должен быть по крайней мере один подключаемый контакт.
HMI/MES	При выборе данной опции доступ к соответствующей переменной обеспечивается посредством OPC с использованием HMI- или MES-систем.
Read-only (Только режим чтения)	При выборе данной опции переменная доступна только в режиме считывания.
Initial value (Начальное значение)	Значение на контакте, которое устанавливается при первом сохранении объекта.
Comment (Комментарий)	Комментарий для контакта.

#### *HMI-интерфейсные DB-блоки*

Для того чтобы достигнуть четкого разделения между переменными Profinet-интерфейса и HMI-данными в больших интерфейсных DB-блоках можно экспортировать HMI-данные в отдельные блоки данных, так называемые HMI-интерфейсные DB-блоки (HMI interface DB). Эти данные не отображаются в Profinet-интерфейсе и не могут быть подключены. HMI-интерфейсные DB-блоки также создаются с использованием редактора интерфейса Interface Editor (рис. 5.25). При сохранении им назначается атрибут "CBA\_intern\_db".

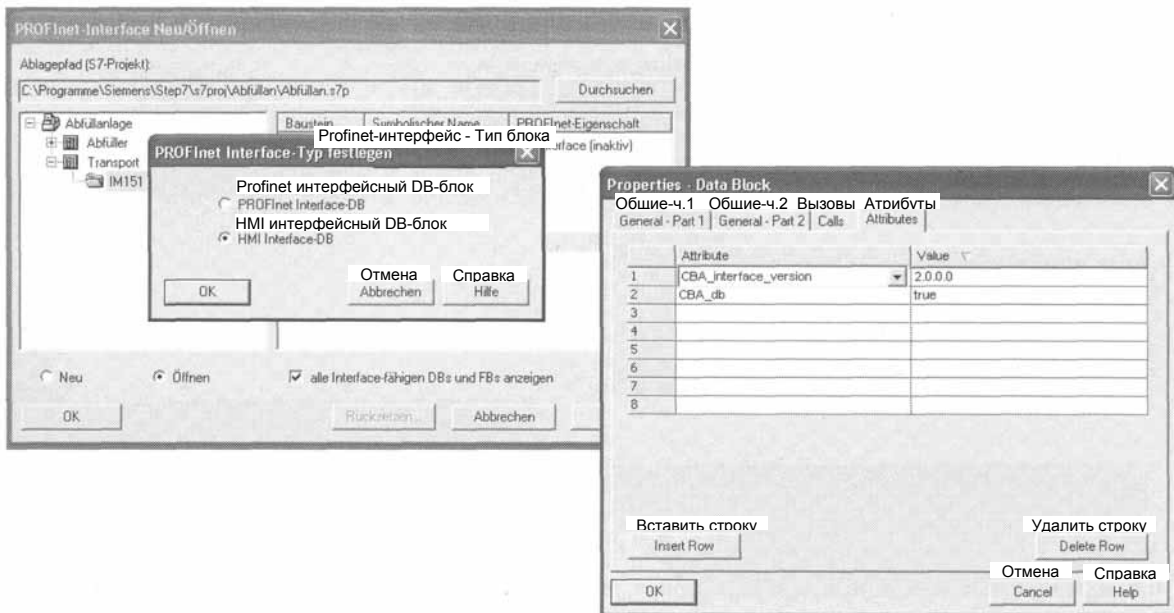


Рис. 5.25 Создание HMI-интерфейсного DB-блока

### Интерфейсный DB-блок для Profibus-устройств с неизменным набором функций

Для интерфейсного DB-блока для Profibus-устройств с неизменным набором функций разделы "PN\_Input" и "PN\_Output" разделяются дополнительно на слоты (slots) (рис. 5.26).

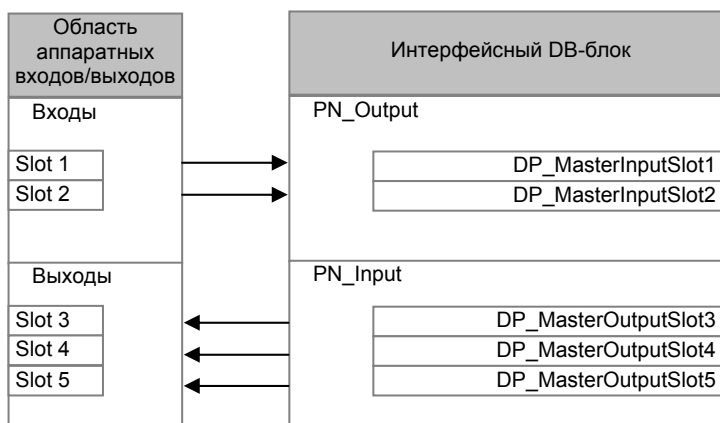


Рис. 5.26 Структура интерфейсного DB-блока для Profibus-устройств с неизменным набором функций



Структура слотов соответствует слотам входных и выходных модулей ведомого (slave) DP-устройства.

- Выходы DP-интерфейса ведущего (master) DP-устройства размещаются в слотах раздела "PN\_Input". В данном разделе определяются входы технологической функции.
- Входы DP-интерфейса ведущего (master) DP-устройства размещаются в слотах раздела "PN\_Output". В данном разделе определяются выходы технологической функции.
- Коммуникационные контакты не могут объявляться за пределами слотов.

Максимально допустимая длина данных на контактах в точности соответствует консистентной длине (consistency length) слота. Консистентная длина (consistency length) обычно составляет:

- 1 байт (8 битов) для дискретных входов или выходов
- 1 слово (16 битов) для аналоговых входов или выходов.

В зависимости от типа модуля консистентная длина (consistency length) может быть сконфигурирована с помощью утилиты HW-Config.

В слоте могут быть объявлены несколько контактов. Тем не менее размер данных для контакта не должен быть больше, чем размер данных для слота, в котором он определен. Неиспользуемые области слотов должны быть заняты заглушками - фиктивными элементами соответствующей длины (BOOL, BYTE, WORD, и т.п.).

### **Структура интерфейсного DB-блока (interface DB)**

Корректная структура интерфейсного DB-блока (interface DB) обеспечивается контролем в редакторе Profinet-интерфейса. Тем не менее, необходимо проверять следующие моменты в проекте:

- Максимальный размер Profinet-интерфейса для программируемых Profibus-устройств (I Slaves) зависит собственно от устройства и обычно варьируется между 32 байтами и максимальным значением, равным 244 байтов.
- Максимальный размер области соединений Profinet-интерфейса для стандартных Profibus-устройств ограничивается 32 байтами. Это ограничение диктуется максимально возможным размером данных, которые могут быть переданы между ведомыми и ведущими DP-устройствами. Кроме того, это в частности означает, что для строковых переменных (тип STRING) длина не может превышать 30 символов.
- Максимальный размер области соединений Profinet-интерфейса для Profibus-контроллеров в общем случае не ограничивается. Тем не менее, он может зависеть от ограничений, накладываемых используемыми устройствами.
- Максимальный размер области соединений с комбинированными типами данных, а также длина строковых переменных (тип STRING), зависят от ограничений, накладываемых используемыми устройствами.

- В зависимости от типа устройств возможны ограничения на используемый набор типов данных, а также на диапазон изменения значений определенных типов данных.
- В Simatic тип данных UDT поддерживается Simatic iMap, начиная с версии 2.0.1 и выше.

### Типы данных (Data type)

Для каждого контакта Profinet-интерфейса должен быть определен формат, соответствующий типу данных переменных в интерфейсном DB-блоке (interface DB), и, таким образом, соответствующий формату данных Simatic S7. Profinet CBA поддерживает типы данных в соответствии с Microsoft OLE V2.0. В таблице 5.4 сравниваются типы данных для Profinet CBA и Simatic S7.

Таблица 5.4 Типы данных для Profinet CBA и Simatic S7.

Тип данных Profinet CBA	Тип данных Simatic S7	Связь с данными (байтов)	Диапазон значений в Simatic S7
BOOL	BOOL	2	TRUE (ИСТИНА) / FALSE (ЛОЖЬ)
UI1	BYTE	1	0 ... 255
UI2	WORD	2	0 ... 65 535
UI4	DWORD	4	0 ... 4 294 967 295
I1	CHAR	1	-128 ... +127
I2	INT	2	-32 768 ... +32 767
I4	DINT	4	-2 147 483 648 ... +2 147 483 647
R4	REAL	4	±3.4E+/-38
DATE	DATE_AND_TIME	8	01.01.1990 00:00:00 ... 31.12.2089 23:59:59
BSTR_n	STRING[n]	4 + 2 • n	строка 0 ... 255
ARRAY	ARRAY[1..n] m	n • длина типа данных	n: тип данных элемента массива.
STRUCT	STRUCT, UDT	общая длина всех типов данных	Массивы и структуры могут содержать только простые типы данных. К простым типам данных относятся все типы, кроме ARRAY и STRUCT. Диапазон значений соответствует диапазонам соответствующих элементов массива (array) или структуры (structure).

## Обмен данными между Profinet-контроллером и Profibus - устройствами

Для того чтобы Profinet-данные поступали в пользовательскую программу программируемого ведомого (slave) DP-устройства, подключенного посредством проху, эти данные должны быть синхронизированы с его интерфейсным DB-блоком (interface DB) и адресами областей входов/выходов в процессе выполнения (режим runtime). Эта задача выполняется с помощью функций FC 10 "PN\_IN" и FC 11 "PN\_OUT". Эти функции предоставляются STEP 7 в системной библиотеке Profinet. Никакие специальные (системные) функции не требуются при использовании Profibus-устройств с фиксированным набором функций (рис. 5.27).

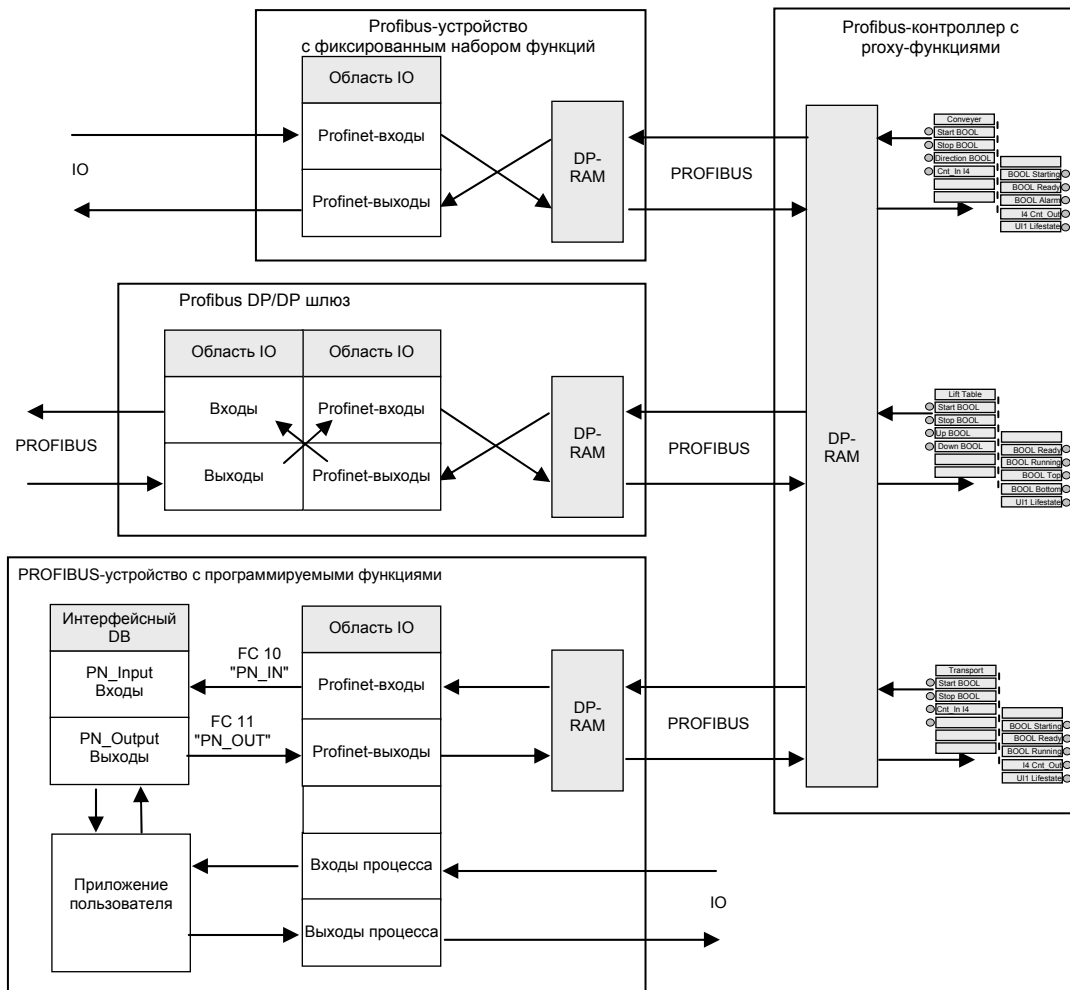


Рис. 5.27 Обмен Profinet-данными с участием Profibus-устройств

## 5.5.4 Создание Profinet-компонентов

Создание Profinet-компонента для Simatic PLC выполняется с помощью утилиты Simatic Manager системы STEP 7 (см. рис. 5.28).

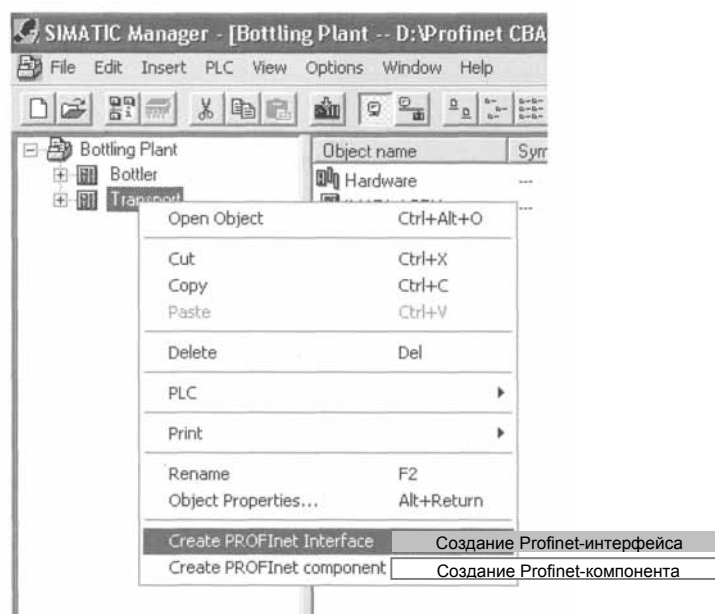


Рис. 5.28 Создание Profinet-компонента

Необходимым условием для этого является наличие полного базового STEP 7 - проекта (STEP 7 basic project), а именно:

- Создана и протестирована S7-программа-приложение, включая интерфейсный DB-блок (interface DB).
- Выполнено конфигурирование аппаратной части, а также выполнена параметризация модулей.
- Имеются файлы со значками для представления Profinet-компонентов и их элементов, технологических функций и устройств. Эти значки используются для графического представления элементов в Simatic iMap. Если для определенных компонентов нет специальных файлов со значками, то могут использоваться файлы, поставленные с Simatic iMap.
- Закончена документация будущего Profinet-компонента (опционально).

При выполнении назначений для компонентов происходят следующие процессы:

- Описание Profinet-компонента (PCD) генерируется на основе интерфейсного DB-блока (interface DB) и данных конфигурации PLC.
- Если для Profinet-компонентов имеются данные устройств (device data), то соответствующие данные станции PLC с созданными компонентами извлекаются из базового проекта STEP 7 и сохраняются в отдельном проекте STEP 7 для компонента или непосредственно в библиотеке.
- В случае одноэлементных компонентов (singleton component) соответствующие данные станции PLC с созданными компонентами добавляются в базовый STEP 7 - проект с информацией, относящейся к Profinet CBA -коммуникациям.

### Параметры конфигурации при создании Profinet-компонентов

Перед тем как начать процесс создания компонента необходимо задать параметры, соответствующие данному компоненту. Эта процедура выполняется с использованием диалогового окна "Create Profinet component" ("Создание Profinet-компонента") (см. рис. 5.29 ... 5.32 и таблицы 5.5 ... 5.8).

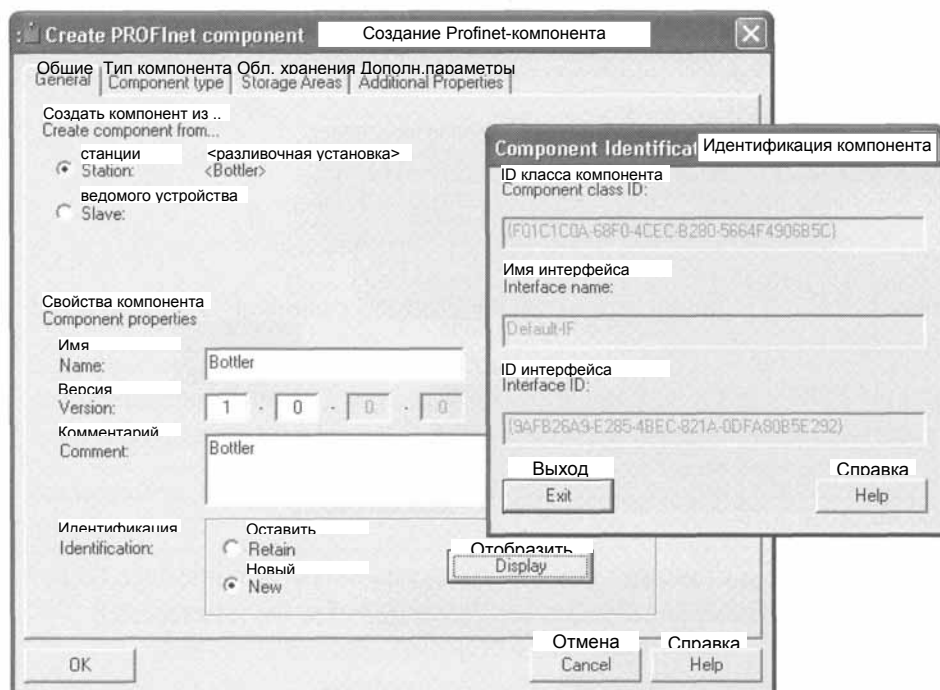


Рис. 5.29 Параметры на вкладке "General" ("Общие") для создаваемого компонента

Таблица 5.5 Параметры на вкладке "General" ("Общие")

Параметр	Значение
Create component from ... (Создать компонент из ..)	... Station: Profinet-компонент на основе станции. (...станции) ... Slave: Profinet-компонент на основе ведомого (slave) (...ведом.устр-ва) DP-устройства станции.
Name (Имя)	Имя Profinet-компонента.
Version (Версия)	Версия Profinet-компонента. Каждый Profinet-компонент имеет определенный номер версии, который вместе с идентификатором обеспечивает однозначное его определение. Это защищает от ошибочной перезаписи ранее созданного Profinet-компонента новой версией. Первые три позиции номера версии назначаются пользователем (максимально - до 3 разрядов), например, 01.04. Последние две позиции номера версии не могут быть изменены пользователем: они изменяются автоматически. Важно помнить: - Последняя цифра (версия минимальных изменений) увеличивается на единицу при каждом успешном создании Profinet-компонента. - Старшая позиция (версия основных изменений) увеличивается на единицу при каждом изменении интерфейсного DB-блока (interface DB). При этом в последнюю позицию автоматически вписывается 0.
Comment	Комментарий для Profinet-компонента.
Identification (Идентификация)	Идентификатор Profinet-компонента обеспечивает однозначность и соответствует стандарту Microsoft COM. Он состоит из идентификатора класса "class ID", имени интерфейса и идентификатора интерфейса "interface ID". Simatic iMap идентифицирует Profinet-компоненты по ID класса и номеру версии. "New" ("Новая") Новая идентификация создается: - при первом создании Profinet-компонента - если изменяется имя Profinet-компонента. "Retain" ("Оставить"): Старая идентификация сохраняется, при этом Profinet-компонент получает только новый номер версии.
Component class ID (ID класса)	Вместе с новой версии ID класса обеспечивает однозначность идентификации Profinet-компонента в Simatic iMap. Class ID меняется, если на вкладке "General" ("Общие") выбрана опция "New" ("Новая").
Interface name (Имя интерфейса)	Внутреннее имя технологического интерфейса.
Interface ID (ID интерфейса)	Идентификатор технологического интерфейса (interface DB). Идентификатор интерфейса автоматически изменяется, если выполнялись изменения в интерфейсном DB-блоке (interface DB).

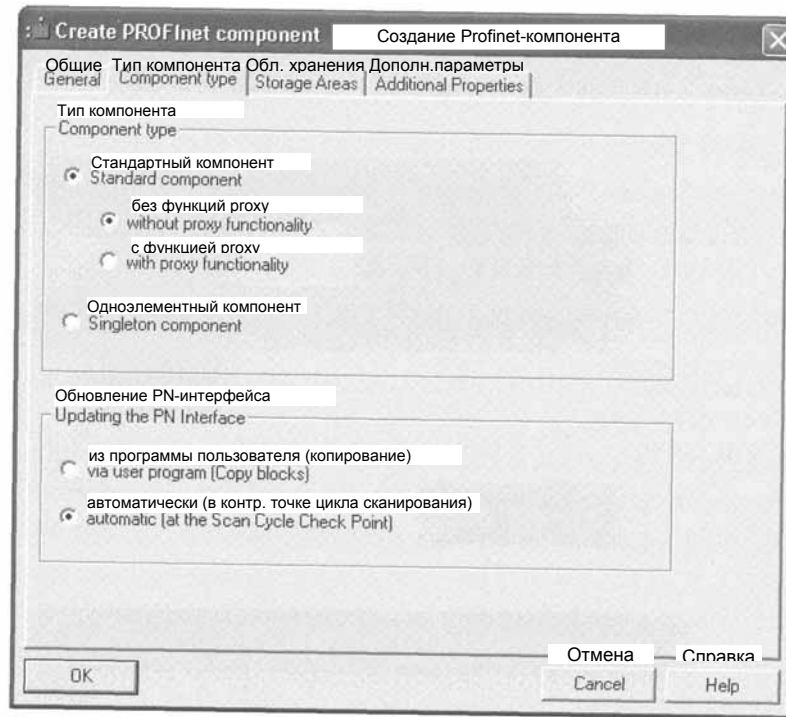


Рис. 5.30 Определение типа компонента на вкладке "Component type" в диалоговом окне "Создание Profinet-компонента"

Таблица 5.6 Параметры на вкладке "Component type" ("Тип компонента")

Параметр	Значение
Component type (Тип компонента)	<p>"Standard component" ("Стандартный компонент"): Стандартный компонент создается при наличии данных устройства.</p> <p>"With proxy functionality" ("С функциями проху"): В станции имеется Profinet-совместимое устройство с "проху", система ведущего (master) DP-устройства конфигурируется для станции.</p> <p>"Without proxy functionality" ("Без функций проху"):  <ul style="list-style-type: none"> <li>- В станции имеется Profinet-совместимое устройство с "проху" или без "проху".</li> <li>- В станции имеется CPU, сконфигурированный как ведомое (slave) DP-устройство, и имеются необходимые блоки S7-программы.</li> <li>- В станции имеется ведомое (slave) DP-устройство с неизменным набором функций, для которого создается компонент.</li> </ul> </p> <p>"Singleton component" ("Одноэлементный компонент"): Компонент создается без данных. Такой тип компонента может быть создан для любой конфигурации аппаратуры в Ethernet-сети.</p>

Параметр	Значение
Updating the PN (Обновление Profinet-интерфейса )	<p>Profinet-интерфейс Profinet-контроллера может обновляться двумя способами во время режима выполнения (runtime):</p> <p>"Via user program (Copy blocks)" ("С помощью программы пользователя"):</p> <p>Системные функции SFC 112 "PN_IN", SFC 113 "PN_OUT" и SFC 114 "PN_DP" должны быть скопированы из системной библиотеки Profinet в папку блоков базового проекта STEP 7 и вызываться в пользовательской S7-программе.</p> <p>"Automatic (at the Scan Cycle Check Point)" ("Автоматически (в контрольной точке цикла сканирования)"): Profinet-интерфейс автоматически обновляется операционной системой Profinet-контроллера в контрольной точке цикла сканирования.</p>

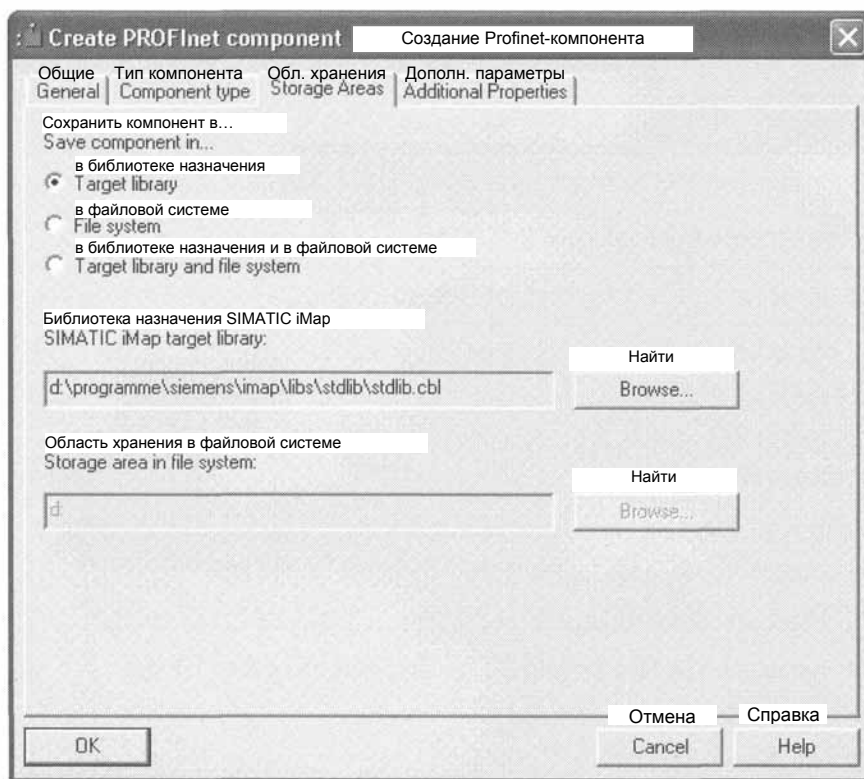


Рис. 5.31 Определение области хранения на вкладке "Storage Areas" ("Область хранения") в диалоговом окне "Создание Profinet-компонента"



Таблица 5.7 Параметры на вкладке "Storage Areas" ("Область хранения")

Параметр	Значение
"Save component in ..." ("Сохранить компонент в ...")	Возможная область хранения Profinet-компонента.
"Simatic iMap target library" ("Библиотека Simatic iMap")	Библиотека, в которую импортируется Profinet-компонент. Библиотеки создаются в Simatic iMap.
"File system" ("Файловая система")	Путь в файловой системе, согласно которому сохраняется Profinet-компонент.

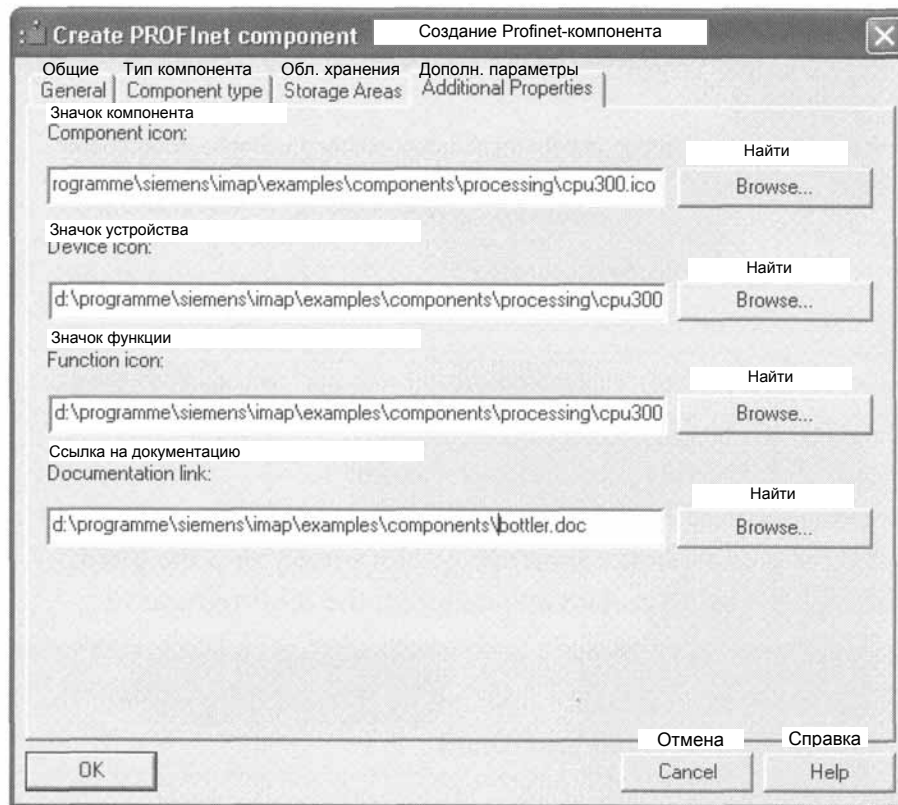


Рис. 5.32 Определение области хранения на вкладке "Additional Properties" ("Дополнительные параметры") в диалоговом окне "Создание Profinet-компонента"

Таблица 5.8 Параметры на вкладке "Additional Properties" ("Дополнительные параметры")

Параметр	Значение
Component icon (Значок компонента)	Путь к файлу со значками Profinet-компонента в Simatic iMap.
Device icon (Значок устройства)	Путь к файлу со значками Profinet-устройства в Simatic iMap.
Function icon (Значок функции)	Путь к файлу со значками функции в Simatic iMap.
Documentation link (Ссылка на документацию)	<p>Путь к файлу с документацией или адрес документа в Интернете (URL-адрес). Путь к данным указывается в соответствии с соглашениями по стандартам назначения имен (UNC - <b>U</b>niversal <b>N</b>aming <b>C</b>onvention), например, недопустим такой вариант: \\Server\Release\Document.doc.</p> <p>Путь к файлу с документацией импортируется в свойствах созданного Profinet-компонента и доступен в Simatic iMap.</p> <p>Возможные ссылки на документацию:</p> <p>Путь в файловой системе. Документация является частью данных компонента.</p> <p>Адрес документа в Интернете (URL), например, <a href="http://www.my_site.com/component-document.htm">http://www.my_site.com/component-document.htm</a>.</p> <p>В таком случае в данных компонента указывается только ссылка, а не сам документ.</p>

### Profinet-компоненты с IO-устройствами

Если в системе присутствует циклический обмен данными как по каналу Profinet IO, так и по каналу Profinet CBA с использованием одной подсети Ethernet, то квота для коммуникаций по каналу Profinet IO должна быть определена при конфигурировании Profinet-контроллера. Такая настройка выполняется с использованием параметра "Communication component" ("Коммуникации компонента") в диалоговом окне системы Profinet IO (рис. 5.33).

Квота времени, указанная здесь, касается только коммуникаций циклического обмена данными (cyclic data exchange). Достаточная доля времени резервируется в системе для ациклического обмена (acyclic data) (например, для доступа к системе посредством программатора PG). Если задать здесь значение 100%, то все коммуникационные ресурсы будут зарезервированы исключительно для обмена данными по каналу Profinet IO. Изменения в установках для Profinet IO становятся действующими через определенное время обновления (update time).

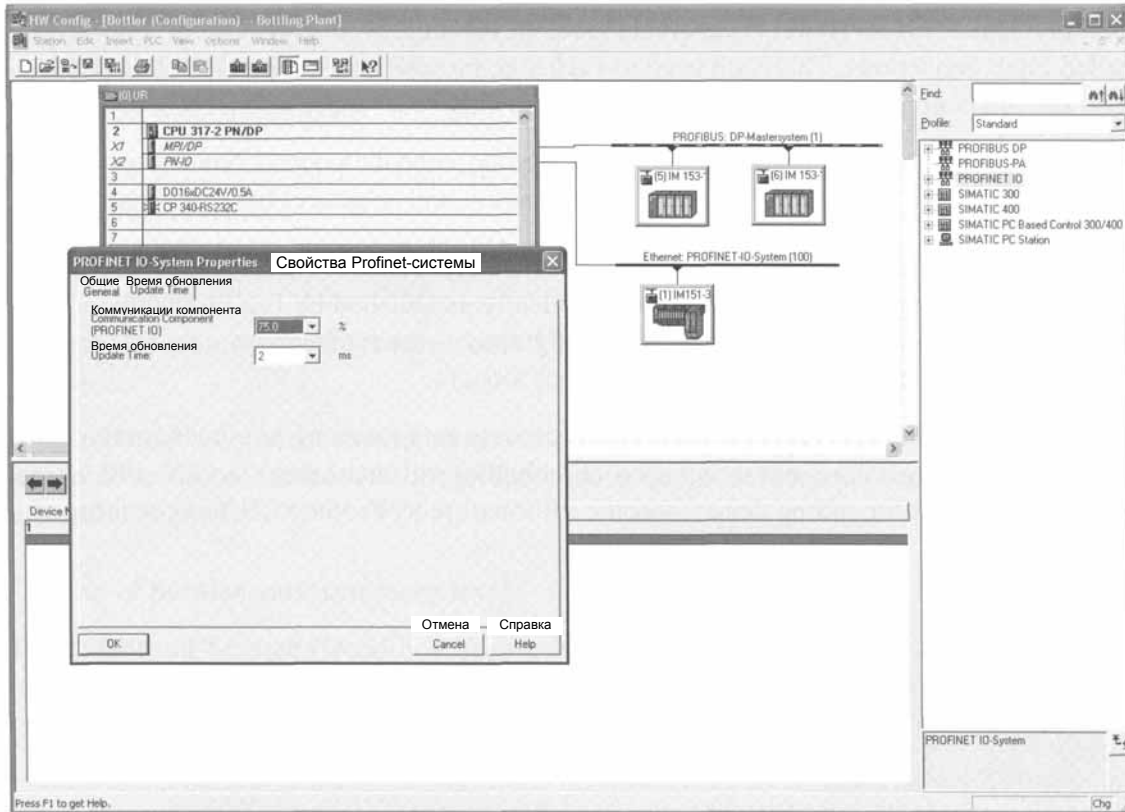


Рис. 5.33 Задание квоты для коммуникаций по каналу Profinet IO в общем цикле передачи данных

#### *Update time (Время обновления, цикл передачи данных)*

STEP 7 автоматически рассчитывает время обновления (update time), исходя из имеющейся аппаратной конфигурации. Данный параметр учитывает время для циклического обмена данными, свойства модуля и сконфигурированную квоту времени для коммуникаций по каналу Profinet IO. Расчетное время обновления может быть вручную увеличено, но никак не уменьшено.

За период обновления все Profinet IO-устройства Profinet IO-системы должны быть обеспечены текущими выходными данными, а также должны успеть передать свои выходные данные в IO-контроллер.

Период циклического обмена данными, например, время для передачи данных, рассылки данных и т.п., автоматически определяется системой STEP 7 и выдается в IO-контроллер вместе с остальными данными конфигурации. Время обновления должно быть привязано к определенным интервалам и должно учитываться для всех устройств Profinet IO-системы. Возможные его значения определяются системой STEP 7, исходя из данных GSD-файлов всех используемых Profinet-устройств.

### **Profinet-компонент с HMI-элементом**

Profinet-компоненты могут содержать HMI-элемент. Необходимые расширения описания Profinet-компонента PCD выполняются как отдельные операции слияния. Это обеспечивает интеграцию Profinet-компонентов в заранее определенной конструкции в HMI-систему. С помощью Simatic WinCC Flexible можно создавать лицевые панели (faceplate) на этапе проектирования HMI. Лицевые панели (faceplate) определяют переменные Profinet-компонентов для визуализации, а также конструктивы для последующего отображения в HMI-системе

## 5.6 Коммуникации в системе Profinet CBA

Коммуникации в системе Profinet CBA основаны на использовании Ethernet. Simatic/Profinet-контроллеры работают с сетями 100BASE-TX, отвечающими стандарту IEEE 802.3u. Этот стандарт обеспечивает скорость обмена 100 Мбит/с. Меньшие скорости обмена в основном возможны в соединениях между станцией проектирования/обслуживания (engineering system) и Profinet-контроллером, например, при использовании WLAN-соединений. Тем не менее, скорость передачи данных 100 Мбит/с - это обязательное условие для обеспечения высокоскоростного обмена данными процесса между Profinet-контроллерами.

### 5.6.1 Взаимные соединения

Коммуникационные соединения между контактами технологических интерфейсов устройств называются взаимными соединениями (interconnections). Такие соединения используются для обмена данными процесса между Profinet-контроллерами. Они конфигурируются в Simatic iMap. Для взаимных соединений существуют следующие правила:

- Взаимные соединения могут быть установлены между контактами, если для них сконфигурированы одинаковые типы данных. Соединения между контактами со сложными типами данных могут быть установлены также при идентичности типов данных (имеются в виду массивы (array) и структуры (structure)).
- К каждому выходу допускается подключить несколько входов, но каждый вход может быть подключен только к одному выходу.

Взаимные соединения автоматически и немедленно устанавливаются Profinet-контроллером после загрузки данных конфигурации соединений. Управление взаимными соединениями (Interconnection management) и обменом данными основаны на модели "provider / consumer" ("провайдер / потребитель").

Кроме взаимных соединений для обмена данными процесса существуют неконфигурируемые HMI-соединения для мониторинга и управления технологическими интерфейсами OPC и специальными соединениями состояния (status connections) для вызова системой проектирования Profinet CBA информации, специфической для устройств.

## Потребитель и провайдер

Для обмена данными процесса Profinet CBA использует модель "provider / consumer" ("провайдер / потребитель") (рис. 5.34). Потребитель (приемник - receiver) технологической функции соответствует входу (input). Он также является приемником данных конфигурации взаимных соединений (interconnection configuration), и сразу после приема этих данных автоматически начинает устанавливать соответствующие соединения с коммуникационным партнером. Его партнером является провайдер (передатчик - transmitter). Он соответствует выходу (output) и, следовательно, источнику данных соединения.

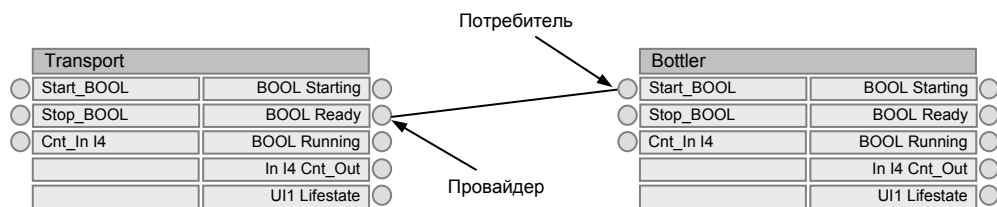


Рис. 5.34 Потребитель и провайдер, показанные в примере двух функций в Simatic iMap

## Типы взаимных соединений

Могут быть сконфигурированы три различных типа соединений:

- Соединение с постоянным значением (Constants): при этом на сконфигурированный вход постоянно подается неизменный сигнал. Такой случай используется, например, при тестировании технологических функций.
- Соединение для ациклического обмена данными (Acyclic interconnection - "ациклическое" соединение): такой тип соединения используется для обеспечения обмена данными процесса, когда нет жестких требований к временным характеристикам. Выходное значение определяется провайдером со сконфигурированной частотой считывания данных и передается при изменении значения. Передача данных выполняется с использованием протоколов DCOM wire и TCP/IP.
- Соединение для циклического обмена данными (Cyclic interconnection - "циклическое" соединение): такой тип соединения используется для обеспечения в реальном времени обмена данными процесса, критичными ко времени. Выходное значение определяется провайдером со сконфигурированной частотой и передается независимо от того, изменилось или не изменилось это значение. Передача данных выполняется с использованием RT-протокола Profinet.

## Локальные и удаленные взаимные соединения

Если коммуникационный путь взаимного соединения проходит через Ethernet-сеть, тогда это - удаленное соединение (remote interconnection), в другом случае это - локальное соединение (local interconnection).

К локальным соединениям относятся:

- Взаимные соединения между Profibus-устройствами на Profibus-шине Profinet-контроллера, имеющего проху-функции.
- Взаимные соединения между Profinet-контроллером и его Profibus-устройствами, подключенными с помощью проху.
- Взаимные соединения между контактами интерфейсов одного и того же Profinet-контроллера или его Profibus-устройств.

Обмен данными с помощью локальных соединений имеет место исключительно внутри операционной системы Profinet-контроллера. Неправильно, если такое соединение конфигурируется как соединение для ациклического или циклического обмена данными.

## Качественная характеристика QoS и частотные уровни

Качество службы (QoS - **Q**uality of **S**ervice) - это показатель качества соединения, измеряемый в миллисекундах. Он определяется следующими двумя параметрами в зависимости от типа соединения:

- Частотой сканирования (Scanning frequency): этот параметр определяет максимальный промежуток времени, который проходит между событиями передачи измененного значения сигнала от провайдера к потребителю. Частота сканирования - это параметр, характеризующий соединения для ациклического обмена данными.
- Частотой передачи (Transfer frequency): этот параметр определяет период времени, через который осуществляется циклическая передача значения сигнала от провайдера к потребителю. Частота передачи - это параметр, характеризующий соединения для циклического обмена данными.

Параметр QoS устанавливается в Simatic iMap, исходя из того, к какой частотной группе (по уровню частоты - frequency level): Fast (Высокая) / Medium (Средняя) / Slow (Низкая), относится рассматриваемое соединение. Для каждой частотной группы соответствуют те или иные значения параметра QoS (см. таблицы 5.9 и 5.10). Минимально возможное значение QoS для соединения определяется параметрами производительности данного соединения с соответствующим коммуникационным партнером в Profinet-системе.

Таблица 5.9 Рекомендуемые значения при определении QoS при различных частотах передачи для соединений для циклического обмена данными.

Частотный уровень	Высокая (Fast)				Средняя (Medium)			Низкая (Slow)		
	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
QoS [мс]										

Таблица 5.10 Рекомендуемые значения при определении QoS при различных частотах сканирования для соединений для ациклического обмена данными

Частотный уровень	Высокая (Fast)							Средняя (Medium)	Низкая (Slow)	
	1	2	5	10	20	50	100		200	500
QoS [мс]										

### Заменяющие значения (Substitute values)

Если потребитель распознает, что принятое от провайдера значение сигнала некорректно, или соответствует отказу, например, из-за помех во время передачи данных, то он использует заменяющее значение (substitute value) вместо принятого входного значения. Для случая создания соединений между Profinet-контроллерами задание заменяющих значений может выполняться как часть процедуры конфигурирования свойств взаимных соединений (interconnection properties).

Никакие заменяющие значения (substitute values) не могут быть сконфигурированы для взаимных соединений с Profibus-устройствами. Для этих устройств в случае отказа входной сигнал всегда устанавливается в безопасное нулевое (0) значение. Это обеспечивает стандартную реакцию входов в случае отказов в коммуникационных системах Ethernet и Profibus.

### Протоколы

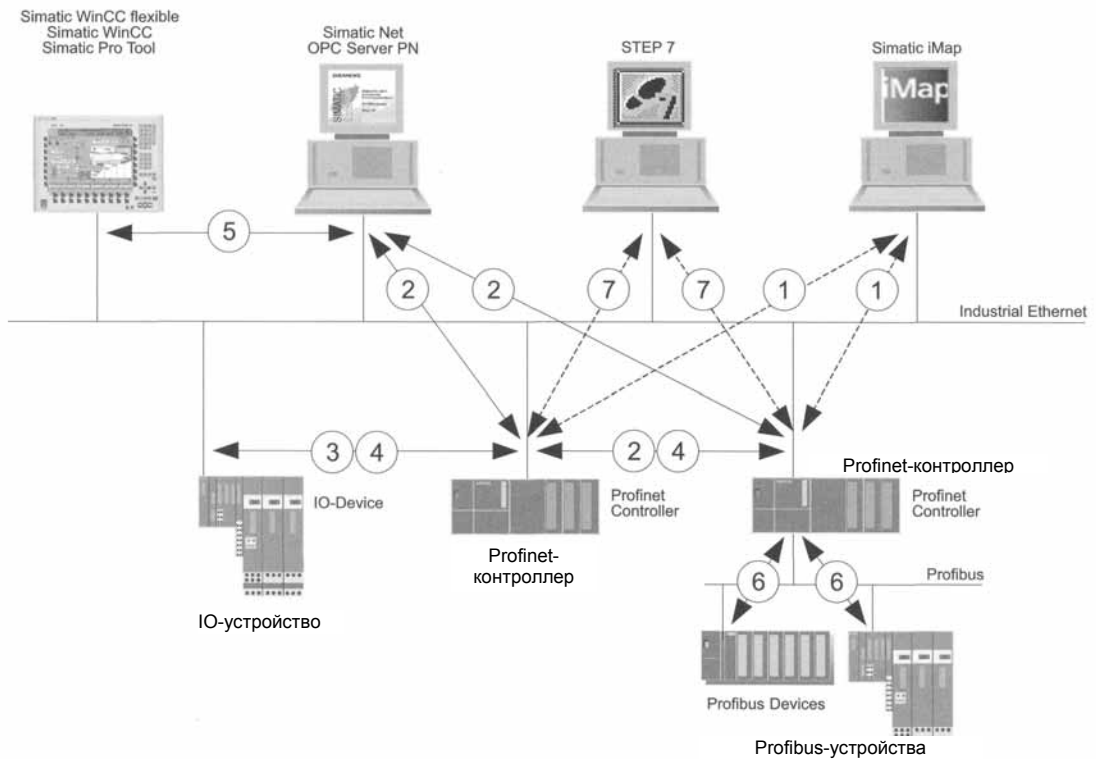
Основой Profinet CBA - коммуникаций является использование открытых стандартов. Основой коммуникаций между Profinet-устройствами служит Ethernet в соответствии со стандартом IEEE 802.3. Ациклические коммуникации между Profinet-контроллерами поддерживаются с использованием стека протоколов TCP/IP, который также является коммуникационным протоколом между HMI / ES и Profinet-контроллерами. В обоих случаях доступ к данным проекта и процесса в Profinet-контроллере обеспечивается с помощью протокола DCOM wire. Для циклических коммуникаций вновь используется Profinet RT-протокол Class 1 (см. рис. 5.35).

Полевые шины, такие как Profibus, интегрируются в системы Profinet с Profinet-контроллерами посредством использования проху-функций.



Протокол DCOM wire

Протокол DCOM wire используется на верхнем уровне 7-уровневой модели коммуникаций ISO/OSI. Протокол DCOM базируется на протоколе RPC (RPC - **R**emote **P**rocedure **C**alls - "удаленный вызов процедуры") и использует поля последнего для "своих" целей. Поэтому нельзя сказать, что он полностью независим от RPC. Чтобы акцентировать близкую связь между этими двумя протоколами DCOM часто называют Object RPC (ORPC). Функциональность DCOM во многом соответствует протоколу вызова удаленной процедуры DCE - DCE RPC - протоколу, одобренному консорциумом OSF (OSF - **O**pen **S**oftware **F**oundation - независимая некоммерческая научно-исследовательская организация, занимающаяся разработкой стандартов для открытых систем).



№	Протокол	Область использования
1	TCP/IP, DCOM	Profinet CBA Engineering (проектирование)
2	TCP/IP, DCOM	Profinet CBA Runtime (выполнение в RT-режиме)
3	UDP/IP, RPC	Profinet IO Runtime (выполнение в RT-режиме)
4	Real-time protocol	Profinet CBA / IO Runtime (выполнение в RT-режиме)
5	TCP/IP, OPC	HMI
6	Profibus DP	Profibus
7	TCP/IP, S7 communication	конфигурирование, программирование

Рис. 5.35 Коммуникационные протоколы в системе Profinet CBA

Собственно существуют две версии протокола RPC:

- CLRPC (ConnectionLess RPC - без соединения) с UDP как транспортным протоколом
- CORPC (ConnectionOriented RPC - с ориентацией на соединение) с TCP как транспортным протоколом.

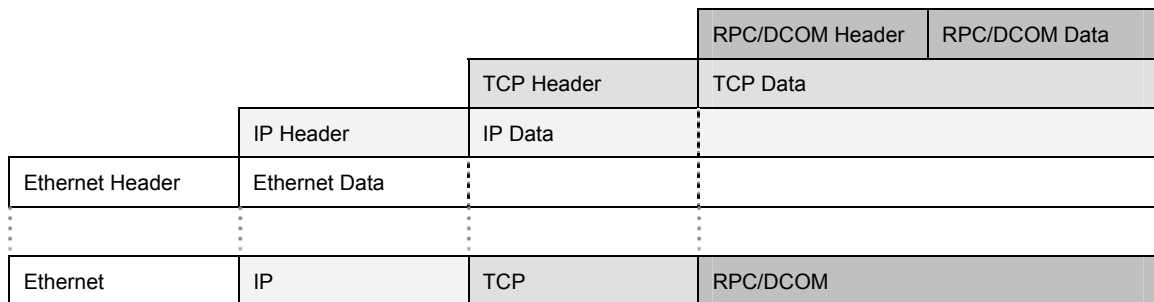


Рис. 5.36 Структура пакета данных протокола DCOM wire (Header - заголовок, Data - данные)

### Протокол Profinet real-time

Протокол Profinet real-time для передачи данных использует протокол Ethernet-II. Для фреймов назначаются приоритеты с использованием формата фрейма VLAN (VLAN tagging) в соответствии с IEEE 802.1q и IEEE 802.3as. Так как протокол Profinet real-time является протоколом второго уровня модели OSI, то маршрутизация невозможна. При практическом использовании в Profinet CBA данное свойство протокола Profinet real-time может означать, что несмотря на то что может быть сконфигурировано соединение для циклического обмена данными, тем не менее его невозможно использовать для обмена. Поэтому не допускается использовать маршрутизаторы в коммуникациях для циклического обмена.

### Процесс установки соединения

Profinet-контроллер получает информацию, касающуюся взаимных соединений, которые должны быть установлены с использованием системы проектирования Profinet CBA, например, Simatic iMap, или из сохраненной конфигурации соединений при теплом перезапуске (warm restart). Эта информация интерпретируется, и соединения начинают устанавливаться автоматически на стороне потребителя (consumer). Если взаимные соединения успешно инициализированы, то провайдер ("output" - "выход") передает производственные данные потребителю ("input" - "вход") в соответствии с установленным показателем QoS.

В обратном направлении потребитель инициирует установку исходного состояния соединения, если соединения были разорваны системой проектирования Profinet CBA. Установка соединения и перевод в исходное состояние соединения выполняются как процедура с квитированием между потребителем и провайдером. При этом потребитель всегда играет активную роль. Мониторинг состояния соединения выполняется с использованием специальных внутренних особенностей контроля консистентности данных в протоколах, а также с помощью механизмов мониторинга на стороне провайдера и на стороне потребителя.

## 5.7 От планирования к эксплуатации установки

Прохождение от планирования до эксплуатации установки с распределенной системой автоматизированного управления выполняется в несколько этапов. На определенных этапах требуется участие различных групп персонала:

Проектировщик установки:	Планирование установки.
Конструктор:	Создание Profinet-компонентов.
Системный инженер:	Конфигурирование установки с использованием Simatic iMap.
Инженер-наладчик:	Пуск и наладка установки.
Оператор установки:	Эксплуатация установки.

### 5.7.1 Планирование установки

Перед началом собственно разработки установки сначала проектировщик установки должен определить основные концепции архитектуры установки. При этом должны быть определены следующие вопросы:

- Какие требуются технологические функции?
- Какие автоматические и полевые приборы должны использоваться?
- Какие технологические функции могут быть объединены в многократно используемые технологические модули?
- Какие технологические интерфейсы должны быть в технологических модулях?
- Как Profinet-компоненты должны функционировать совместно?
- Какие переменные требуются для диагностики и визуализации?

## 5.7.2 Создание Profinet-компонентов

На данном этапе выбирается один или несколько подходящих по условиям использования PLC-модулей для обеспечения выполнения технологической задачи, определение технологического интерфейса, и - для программируемых устройств - создание программ управления. Далее необходимо провести тестирование. После этого создается Profinet-компонент на основе имеющейся конфигурации и программы для используемого PLC (таблица 5.11).

Таблица 5.11 Процедуры при создании Profinet-компонентов

Шаг	Действия
1	Выбор PLC.
2	Конфигурация аппаратного обеспечения.
3	Генерация технологического интерфейса (Profinet-интерфейса) с использованием редактора Profinet Interface Editor.
4	Создание программ управления для программируемых устройств.
5	Тестирование технологического модуля.
6	Создание Profinet-компонента.
7	Добавление (опционально) HMI-элемента в Profinet-компонент.

Создание Profinet-компонентов - это задача конструкторов установок и машин. Для создания Profinet-компонентов должны использоваться специальные "фирменные" средства для разработки конфигурации и инструменты для программирования, такие, например, как STEP 7, (см. рис. 5.37).

Если во время создания Profinet-компонента при конфигурировании станции для параметра "Scan cycle load due to communication" ("Нагрузка коммуникационных функций на цикл сканирования") было задано слишком малое значение, то на экране разработчик увидит следующее диалоговое окно (рис. 5.38). В этом случае создание компонента должно быть прервано и значение параметра должно быть увеличено в окне свойств CPU до 50%.

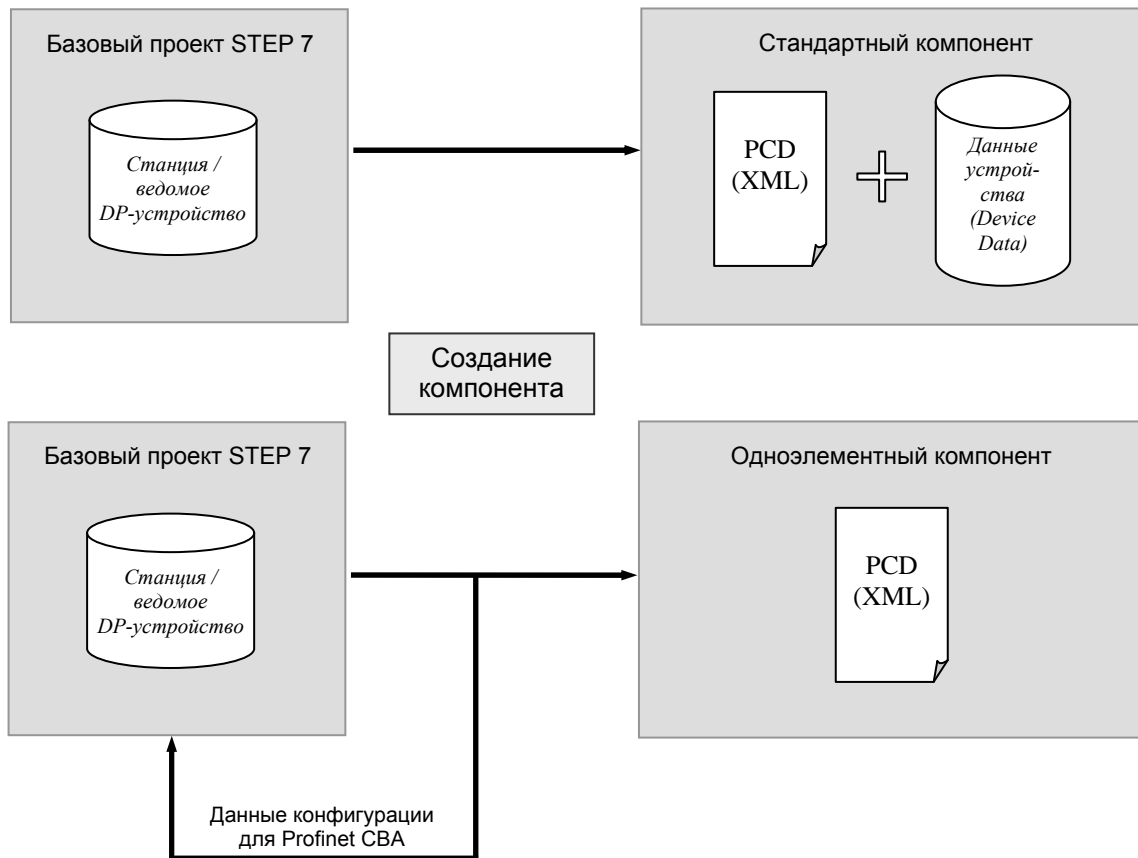


Рис. 5.37 Принципы создания компонентов для Simatic PLC

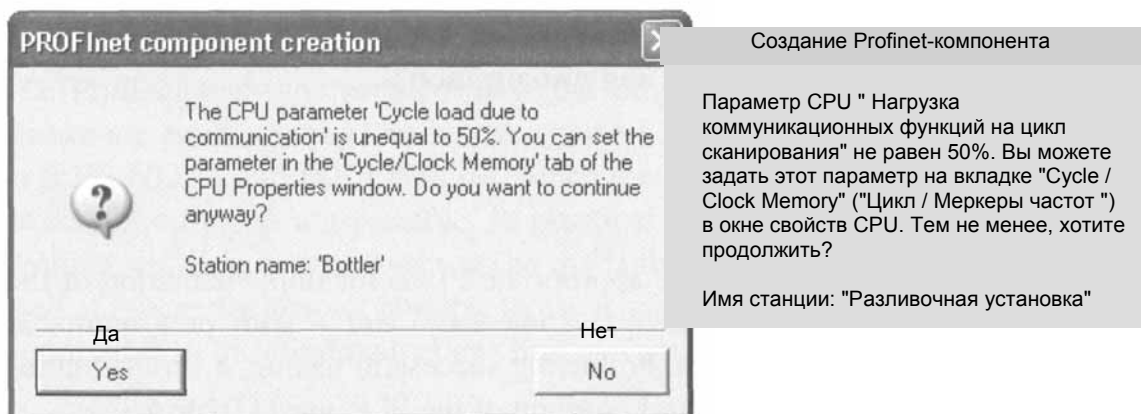


Рис. 5.38 Проверка квоты для коммуникаций по каналу Profinet IO в общем цикле передачи данных

### 5.7.3 Конфигурирование установки с использованием Simatic iMap

Конфигурирование установки включает в себя импортирование Profinet-компонентов в библиотеки Simatic iMap, одиночная или многократная вставка Profinet-компонентов в проект, подключение технологических функций, конфигурирование устройств, технологических функций и взаимных соединений и генерация Simatic iMap - проекта.

Задачей системного инженера является выполнение полного конфигурирования установки в Simatic iMap. Эта работа начинается с создания библиотек и заканчивается загрузкой данных программ и данных соединений в соответствующие устройства. После этого проект документируется и сохраняется (см. таблицу 5.12).

Таблица 5.12 Процедуры конфигурирования установки с помощью Simatic iMap

Шаг	Действия
1	Импортирование Profinet-компонентов в библиотеки
2	Создание экземпляров Profinet-компонентов
3	Подключение устройств к сети
4	Взаимное соединение технологических функций
5	Настройка свойств экземпляров и взаимных соединений
6	Генерация Simatic iMap - проекта
7	Проверка, документирование и сохранение Simatic iMap - проекта

#### Импортирование Profinet-компонентов в библиотеки

Чтобы использовать Profinet-компоненты в Simatic iMap, они должны присутствовать в библиотеках. Следовательно, компоненты, созданные в Simatic iMap, должны быть сохранены в библиотеках (рис. 5.40). Организация библиотек базируется на критериях технологии. Библиотеки могут содержать стандартные и одноэлементные (singleton) компоненты.

#### Создание экземпляров Profinet-компонентов

Вставка Profinet-компонента из библиотеки в Simatic iMap - проект приводит к созданию экземпляра (instance) Profinet-компонента, то есть реализации компонента. Экземпляр Profinet-компонента генерируется, с использованием информации, содержащейся в описании Profinet-компонента PCD (рис. 5.41).

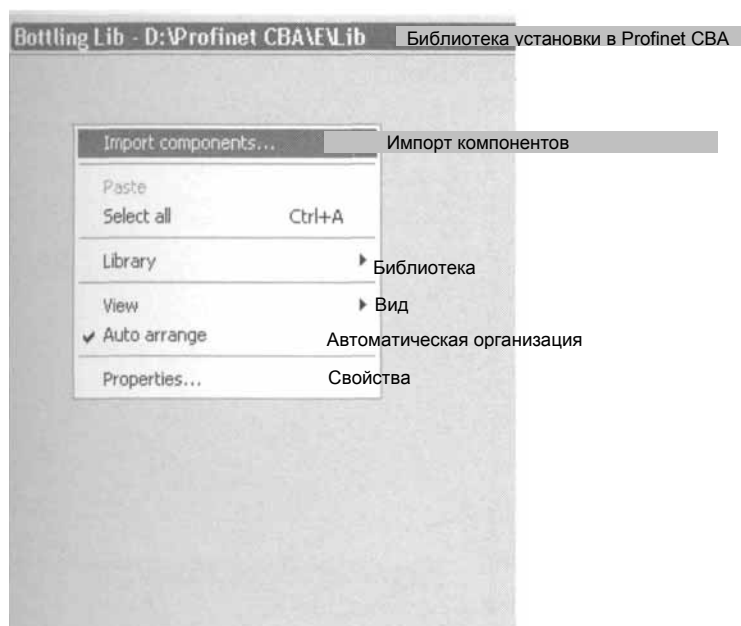


Рис. 5.39 Импорт Profinet-компонентов в Simatic iMap

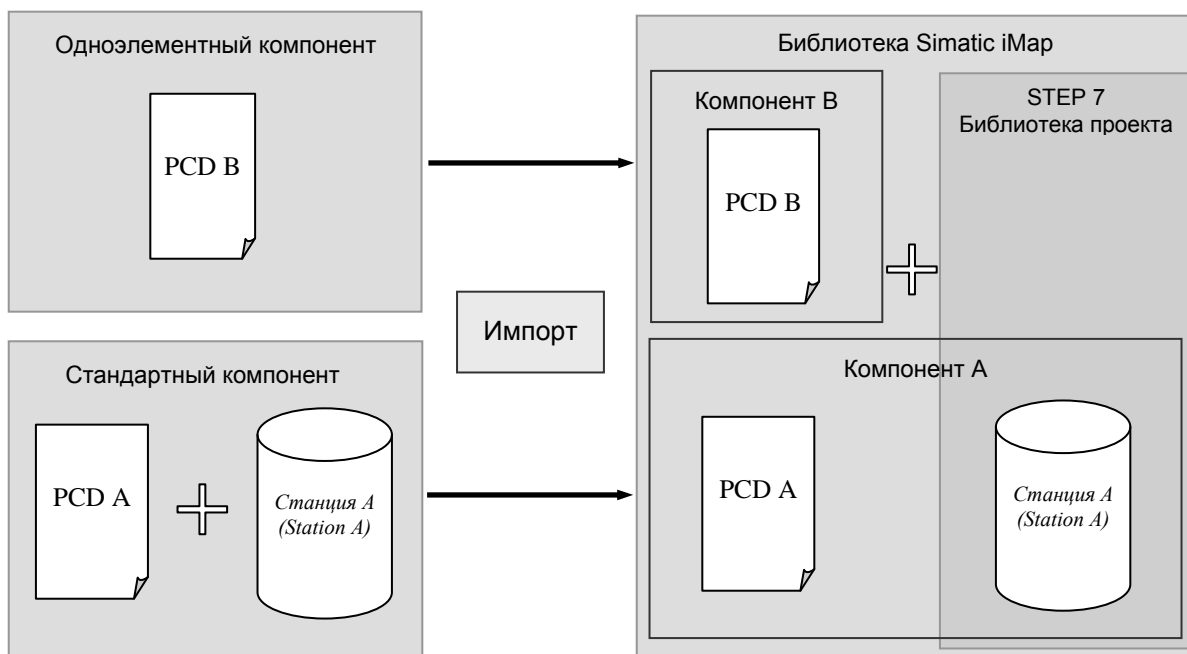


Рис. 5.40 Принцип импортирования Profinet-компонентов для Simatic S7-устройств в Simatic iMap



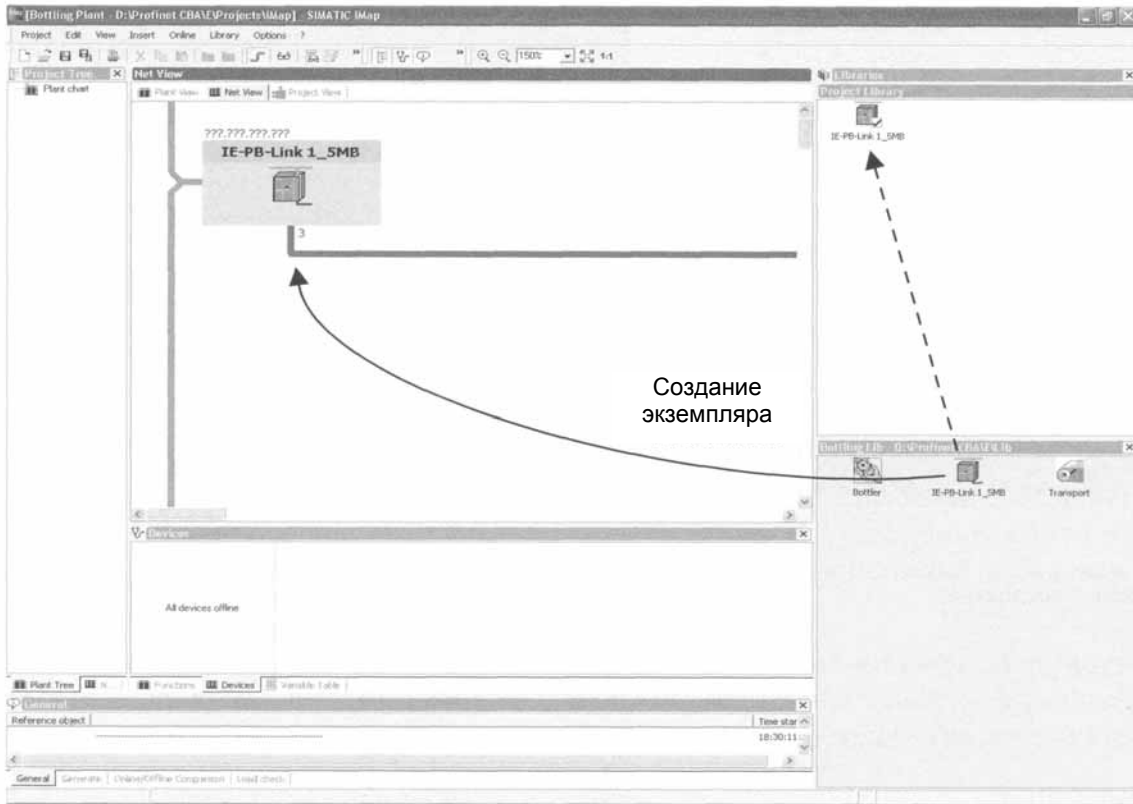


Рис. 5.41 Создание экземпляра Profinet-компонента в Simatic iMap на "виде сети" ("Network View")

Для Profinet-компонентов могут повторно создаваться экземпляры. ID и номер версии экземпляра (instance) служат для определения их соответствия Profinet-компоненту. Экземпляры Profinet-компонента содержат устройство (device) и технологическую функцию, как и сам Profinet-компонент.

Profinet-компоненты могут быть вставлены в Simatic iMap на "виде сети", "виде установки" и "виде проекта".

- На "виде установки" ("plant view") экземпляры вставленных Profinet-компонентов отображаются как технологические функции. Соединения, то есть взаимные логические связи данных между двумя или более технологическими функциями отображаются линиями.
- На "виде сети" ("network view") экземпляры вставленных Profinet-компонентов отображаются как устройства (device) с одним или более подключением к сети.
- На "виде проекта" ("project view") отображаются связи между Profinet-компонентами библиотеки проекта и вставленными экземплярами (instance), функциями и устройствами (devices) (рис. 5.42).

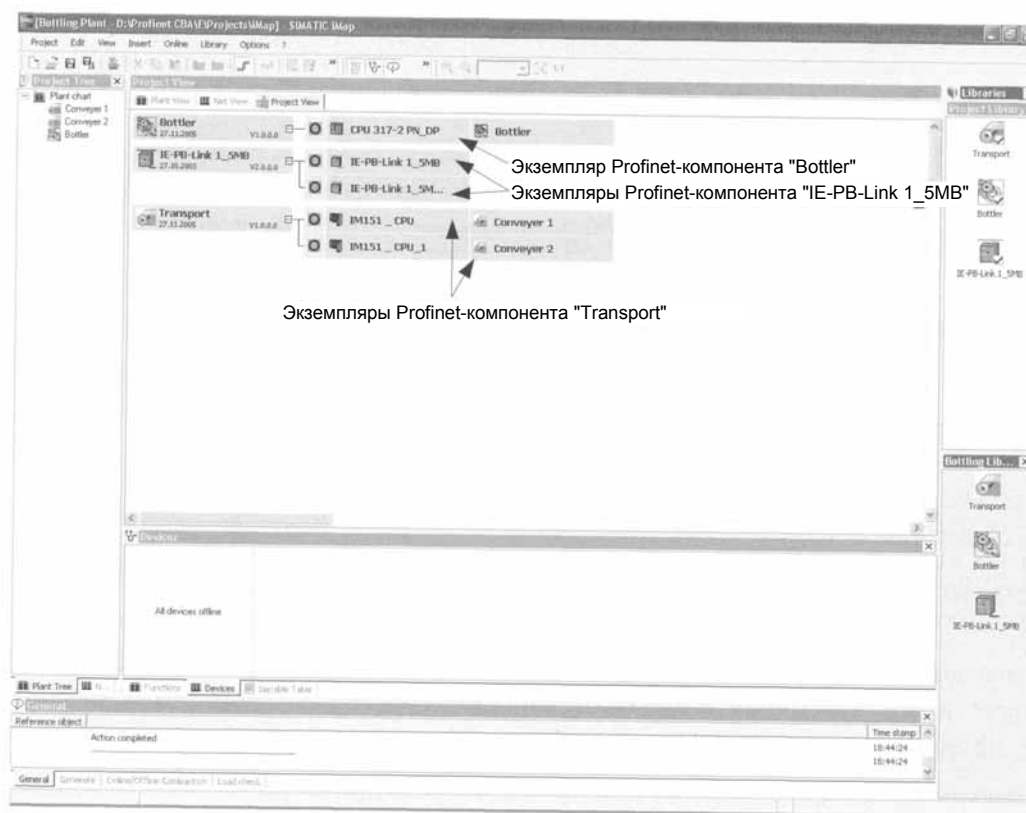


Рис. 5.42 Экземпляры Profinet-компонентов на "виде проекта" ("Project View") в Simatic iMap

При первой организации экземпляра Simatic iMap создает копию типа компонента в библиотеке проекта. Эта библиотека является частью Simatic iMap - проекта и служит базой данных при последующей генерации проекта (рис. 5.43).

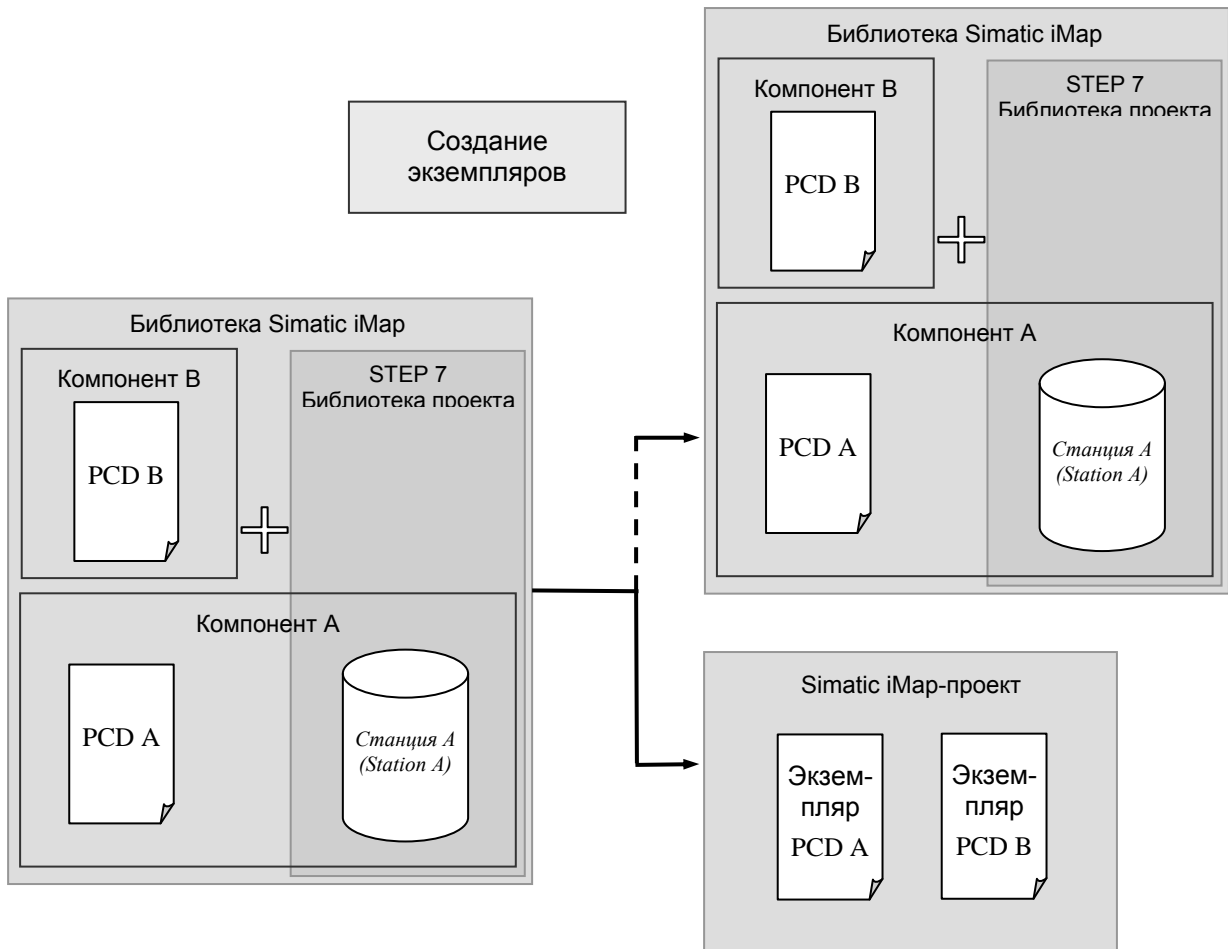


Рис. 5.43 Принцип организации экземпляров Profinet-компонентов на базе Simatic S7 -устройств

### Вторичные схемы

Использование вторичных схем (subordinate chart) в Simatic iMap дает возможность построения установки с древовидной структурой, аналогичной древовидной системе папок и файлов. Такие схемы отображаются следующим образом:

- В виде папки в дереве проекта: в такой папке могут содержаться технологические функции, а также другие подчиненные схемы.
- В виде технологической функции "на виде установки" ("plant view"): такие функции имеют свой собственный интерфейс (chart interface) для установления соединений. В интерфейсе схемы имеются входы и выходы технологической функции, включенной в схему, для установления соответствующих соединений.

Вторичные схемы не отображаются на "виде сети" и "виде проекта".

### *Библиотека проекта (Project library)*

В первых версиях системы Simatic iMap сам Simatic iMap-проект и Simatic iMap-библиотеки, связанные с ним, имели различные места для хранения. Начиная с версии 2.0, была определена специальная библиотека - так называемая библиотека проекта (project library), для работы с данными и обеспечения консистентности последних. Если Profinet-компоненты из технологической библиотеки используются в Simatic iMap - проекте, то копия компонента автоматически сохраняется в библиотеке проекта и помечается как "used" ("используемая").

В случае переработки компонента библиотека проекта обеспечивает возможность прямого перехода к соответствующему проекту компонента, где собственно и могут быть выполнены все исправления. После завершения исправления и новой генерации компонента используемые экземпляры (instance) обновляются быстро и легко.

### *Свойства экземпляра (instance)*

Экземпляры (instances) имеют параметры, которые однозначно их характеризуют (рис. 5.44 и 5.45). Важнейшими параметрами являются имя (name) и IP -адрес (IP address) устройства или имя технологической функции (name). Это обеспечивает однозначность адресации соответствующего устройства (device) во время режима выполнения (runtime) и соответствующей технологической функции, выполняемой в нем.



Рис 5.44 Параметры на вкладке "Instance" ("Экземпляр")

Таблица 5.13 Параметры на вкладке "Instance" ("Экземпляр")

Параметр	Значение
Components (Компоненты)	<p>"Function name" ("Имя функции"): Текущее имя технологической функции. Значок - символическое представление технологической функции.</p> <p>"Device name" ("Имя устройства"): Текущее имя устройства (device). Значок - символическое представление устройства (device).</p> <p>"HMI display modules" ("HMI-модули отображения"): Имена всех интегрированных HMI-модулей отображения.</p>

<p>Generation status (Состояние процесса генерации)</p>	<p>"Function and device" ("Функция и устройство"): Текущее состояние STEP 7 -проекта - прототипа для данного экземпляра (instance). STEP 7 -проект - прототип генерируется на основе данных устройства (device data) стандартных Profinet -компонентов во время генерации Simatic iMap -проекта:</p> <p>"Not generated" ("Не сгенерирован"): STEP 7 -проект - прототип пока еще не сгенерирован, или соответствующий Profinet-компонент пока еще не создан в STEP 7 -проекте - прототипе.</p> <p>"Generated" ("Сгенерирован"): STEP 7 -проект - прототип уже сгенерирован, соответствующий Profinet-компонент уже создан в STEP 7 -проекте - прототипе, и свойства Profinet-компонента полностью консистентны данным STEP 7 -проекта - прототипа.</p> <p>"Inconsistent/changed" ("Отсутствие консистентности" / "Свойства изменены"): Свойства Profinet-компонента были изменены и больше не являются консистентными данным STEP 7 -проекта - прототипа.</p> <p>"Generation not possible" ("Генерация не возможна"): В свойствах Profinet-компонента присутствуют недопустимые значения, что делает генерацию проекта невозможной (например, один и тот же адрес назначен дважды).</p> <p>"HMI components" ("HMI-компоненты"): "Generation status" ("Состояние процесса генерации") HMI-компонентов данного экземпляра (instance).</p>
<p>Comment (Комментарий)</p>	<p>Комментарий для данного экземпляра (instance).</p>

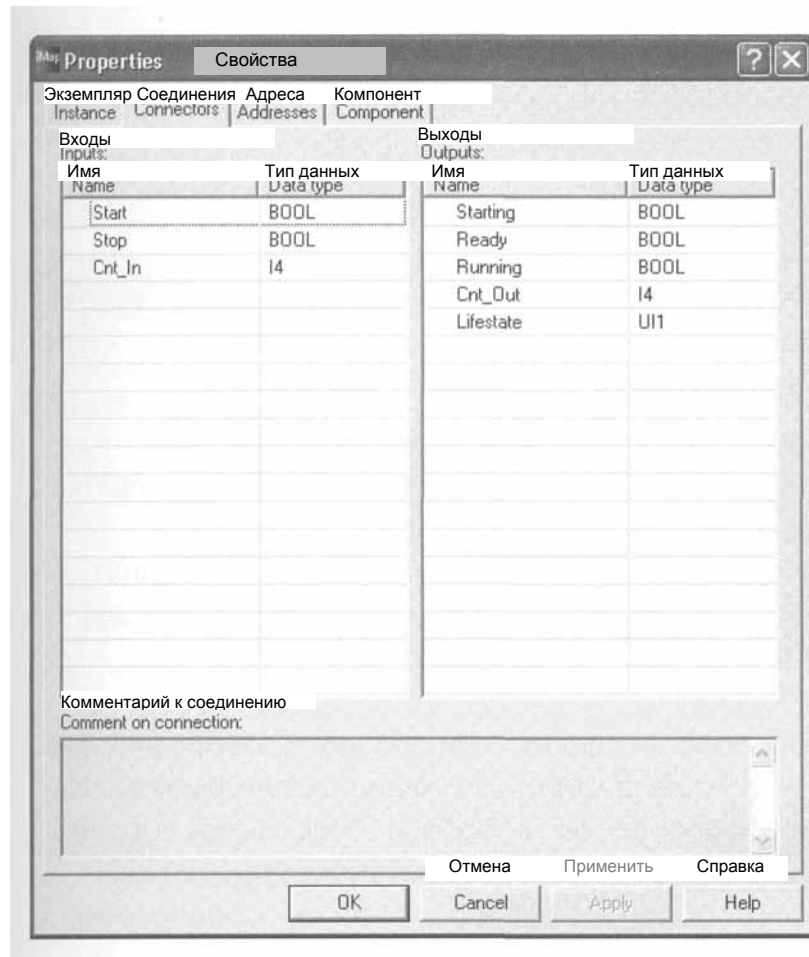


Рис 5.45 Параметры на вкладке "Connections" ("Соединительные контакты")

Таблица 5.14 Параметры на вкладке "Connections" ("Соединительные контакты")

Параметр	Значение
Inputs (Входы )	Таблица имен и типов данных для всех входов экземпляра (instance)
Outputs (Выходы )	Таблица имен и типов данных для всех выходов экземпляра (instance)
Comment on connection (Комментарии к соединению)	Комментарии для выбранного входа или выхода. Комментарии должны быть определены перед созданием Profinet-компонента.

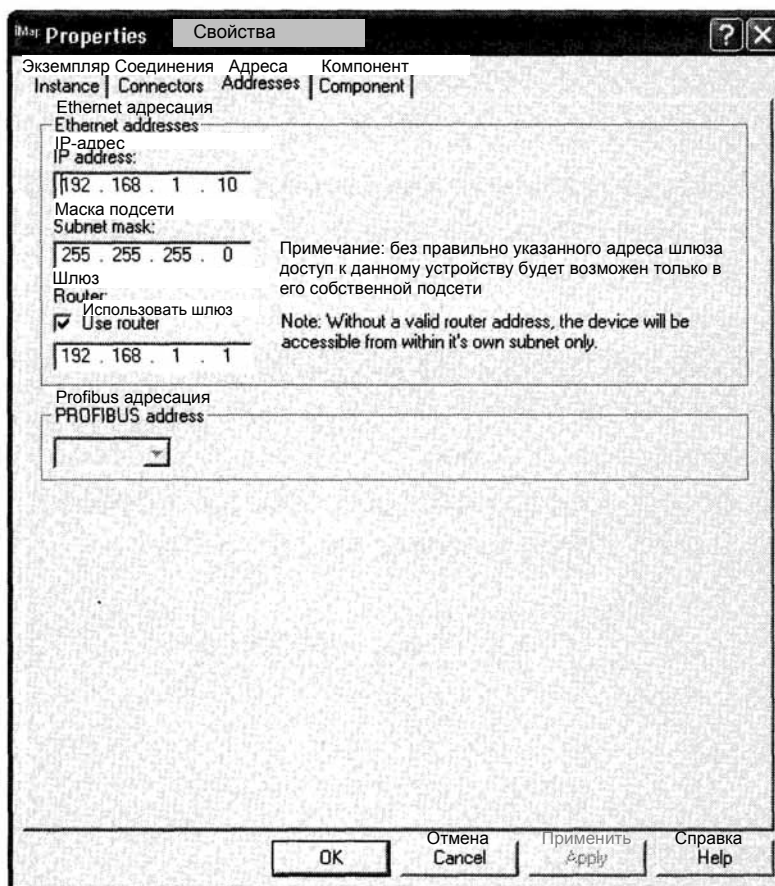


Рис 5.46 Параметры на вкладке "Addresses" ("Адресация")

Таблица 5.15 Параметры на вкладке "Addresses" ("Адресация")

Параметр	Значение
Ethernet addresses (Ethernet-адресация)	<p>"IP address" ("IP-адрес") (только для устройств, подключенных к Ethernet-сети): IP-адрес Profinet-устройства (device).</p> <p>"Subnet mask" ("Маска подсети") (только для устройств, подключенных к Ethernet-сети): Маска подсети состоит из 4 десятичных чисел от 0 до 255, разделенных точкой, например, 255.255.0.0. Двоичное представление этих чисел дает последовательность единиц "1" без разрывов слева, и последовательность нулей "0" без разрывов справа.</p> <p>"Router" ("Шлюз"): Если шлюз включен в маршрут соединения устройства (device) со станцией проектирования / системой с человеко-машинным интерфейсом или с одним из его коммуникационных партнеров, то необходимо указать IP-адрес шлюза. Этот адрес задает сетевой</p>



Параметр	Значение
	<p>администратор или компания, обслуживающая установку. IP -адрес устройства (device) и шлюза должны принадлежать одной и той же подсети.</p> <p>"Use router" ("Использовать шлюз"): Если активирован данный параметр, то IP-адрес шлюза должен быть определен в этом же диалоговом окне в окне "Router" ("Шлюз").</p>
Profibus address (Profibus-адресация)	<p>Только для устройств, подключенных к Profibus-сети, и имеющих функции проху.</p> <p>"Profibus address" ("Profibus-адрес").</p> <p>Если устройством является Profinet-контроллер с функцией проху для локальной Profibus-сети, то используемые в ней Profibus-адреса распознаются как уже назначенные, и не могут быть повторно использованы для Profibus-устройств (devices).</p>

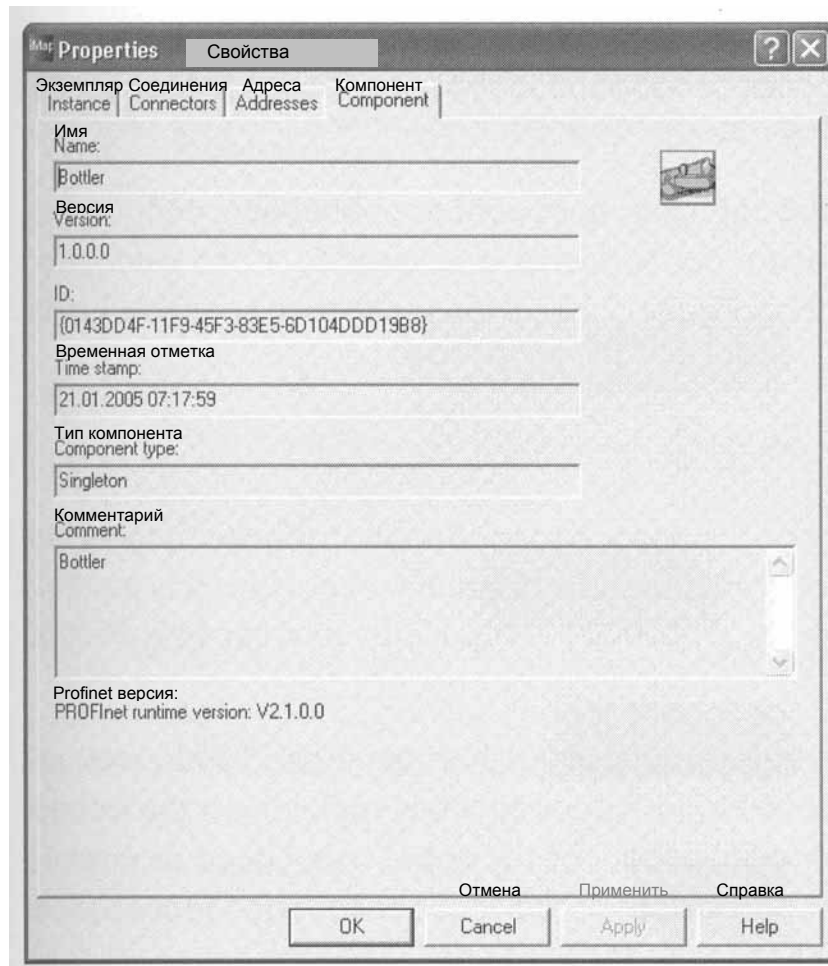


Рис 5.47 Параметры на вкладке "Component" ("Компонент")

Таблица 5.16 Параметры на вкладке "Component" ("Компонент")

Параметр	Значение
Name (Имя)	Имя Profinet-компонента, на основе которого был создан экземпляр (instance).
Version (Версия)	Номер версии Profinet-компонента, на основе которого был создан экземпляр (instance).
ID	Идентификатор класса Profinet-компонента, на основе которого был создан экземпляр (instance). Однозначная идентификация Profinet-компонента, на основе которого был создан данный экземпляр (instance) возможна только одновременном указании номера версии и идентификатора ID.
Time stamp (Временная отметка)	Дата и время создания Profinet-компонента, на основе которого был создан экземпляр (instance).
Component type (Тип компонента)	Тип Profinet-компонента, на основе которого был создан экземпляр (instance). "Standard" ("Стандартный"): Profinet-компонент с данными устройства (device data). "Singleton" ("Одноэлементный"): Profinet-компонент без данных устройства.
Comment (Комментарий)	Комментарий для Profinet-компонента, на основе которого был создан экземпляр (instance).
Profinet runtime version (Runtime- версия Profinet)	Runtime-версия Profinet идентифицирует реализацию Profinet-функций в микропрограмме Profinet-контроллера. Runtime-версия Profinet Profinet-устройства (device) с проху особенно важна для подключенных Profibus-устройств. Подключенные Profibus устройства могут использовать определенные функции, только если само проху-устройство поддерживает данные функции, например, поддержка соединений со сложными типами данных, как, например, STRUCT.

Система Simatic iMap автоматически генерирует имена в процессе создания экземпляров (instances). Эти имена создаются с учетом имен Profinet-компонентов, для которых создаются экземпляры. При этом они могут быть изменены пользователем в процессе конфигурирования (см. рис. 5.46 и 5.47, а также таблицы 5.13 и 5.16).

Информация об адресах входов позволяет из системы проектирования загружать данные конфигурации в определенные устройства (device) (см. рис. 5.46). Для обеспечения доступа к определенному устройству по определенному адресу данный адрес должен быть назначен этому устройству (см. таблицу 5.15). Такая процедура называется инициализацией.

### Замена экземпляров

Simatic iMap обеспечивает одновременную замену с сохранением консистентности данных экземпляров (instances) для разных Profinet-компонентов. Заменяемый экземпляр должен быть сгенерирован из того же исходного компонента. Таким же образом имеется возможность внесения изменений в Profinet-компоненты в существующих Simatic iMap - проектах.

Заданные параметры экземпляров, которые необходимо заменить, такие как имена и адреса, переносятся в новый экземпляр. Взаимные соединения, импортируемые при замене технологической функции для целевого экземпляра, должны соответствовать тем же типам соединительных контактов (входы и выходы), иметь те же имена и тот же тип данных (data type). При этом также импортируются сконфигурированные заменяющие значения (substitute values) и свойства передачи для взаимных соединений.

### Взаимные соединения между технологическими функциями

На "виде установки" ("plant view") в Simatic iMap отражается технологическая схема установки. Соединения между входами и выходами технологических функций отображаются линиями. Эти линии определяют коммуникационные связи между технологическими модулями, и, тем самым, общую функциональность установки (рис. 5.48).

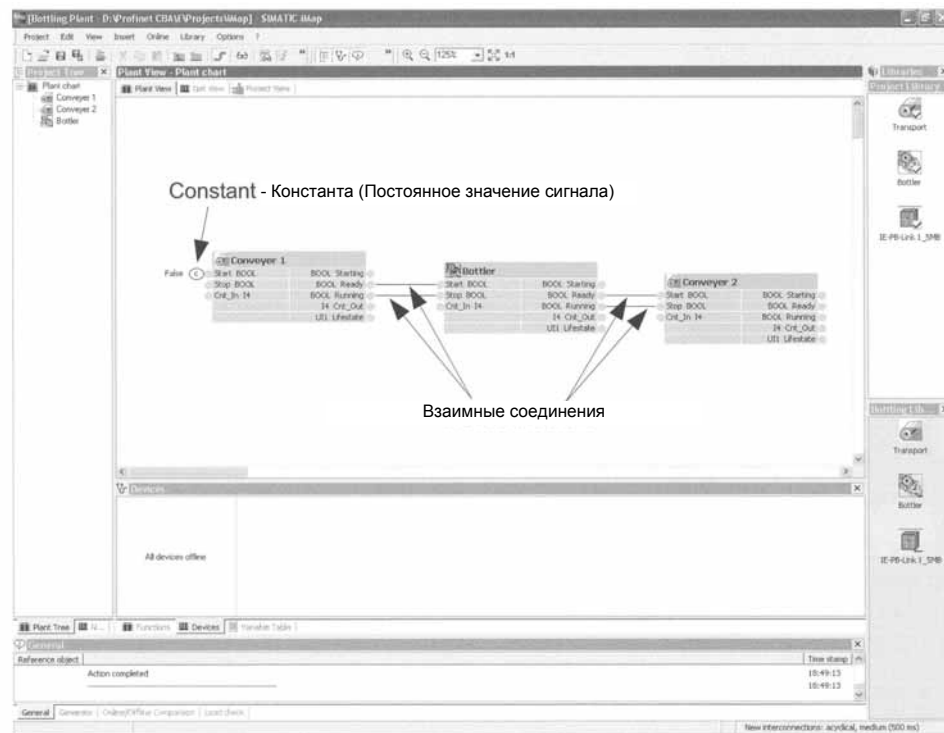


Рис 5.48 Взаимные соединения экземпляров (instances) в Simatic iMap

### Внешние соединения

Если Simatic iMap -проект содержит более 100 компонентов, имеет смысл разбить его на несколько меньших по объему проектов. Начиная с версии 2.0, система Simatic iMap поддерживает возможность конфигурирования "внешних соединений" ("external interconnections"). Такие соединения обеспечивают подключение к контактам технологических функций, размещенных в других Simatic iMap -проектах. Для этих целей соединяемые объекты адресуются с помощью IP-адреса, имени устройства (device name), имени функции (function name) и имени контакта (connection name). Конфигурирование внешних соединений возможно только на верхнем уровне иерархии схем (chart).

### Генерация Simatic iMap - проекта

При генерации Simatic iMap -проекта конфигурация устройств, необходимая для операции, генерируется для всех экземпляров (instances) Profinet-компонентов с данными устройств (device data) (рис. 5.49). Загрузка программ в устройства возможна только после завершения генерации проекта.

Данные конфигурации, определенные производителем, и данные программы для Simatic PLC после завершения процесса генерации присутствуют как проект, определенный производителем (vendor-specific), или как STEP 7 - проект (STEP 7 -проект - прототип) - в случае Simatic S7 -устройств. Экземпляры одноэлементных (singleton) компонентов не берутся в расчет при генерации, так как их данные конфигурации уже присутствуют в базовом STEP 7 -проекте. HMI-компоненты экземпляра генерируются отдельно.

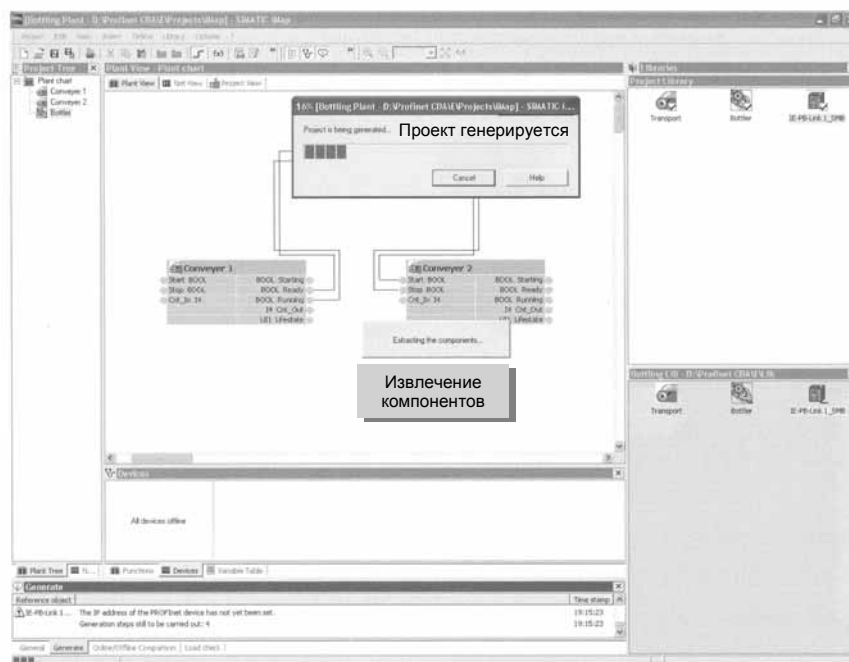


Рис. 5.49 Генерация Simatic iMap - проекта

Для выполнения генерации Simatic iMap -проекта необходим "фирменный" (от производителя) инструмент для конфигурирования и программирования устройств, используемых в проекте, например, STEP 7 - для Simatic PLC. Каждое интегрированное фирменное средство для конфигурирования и программирования устройств требует отдельного процесса генерации (рис. 5.50).

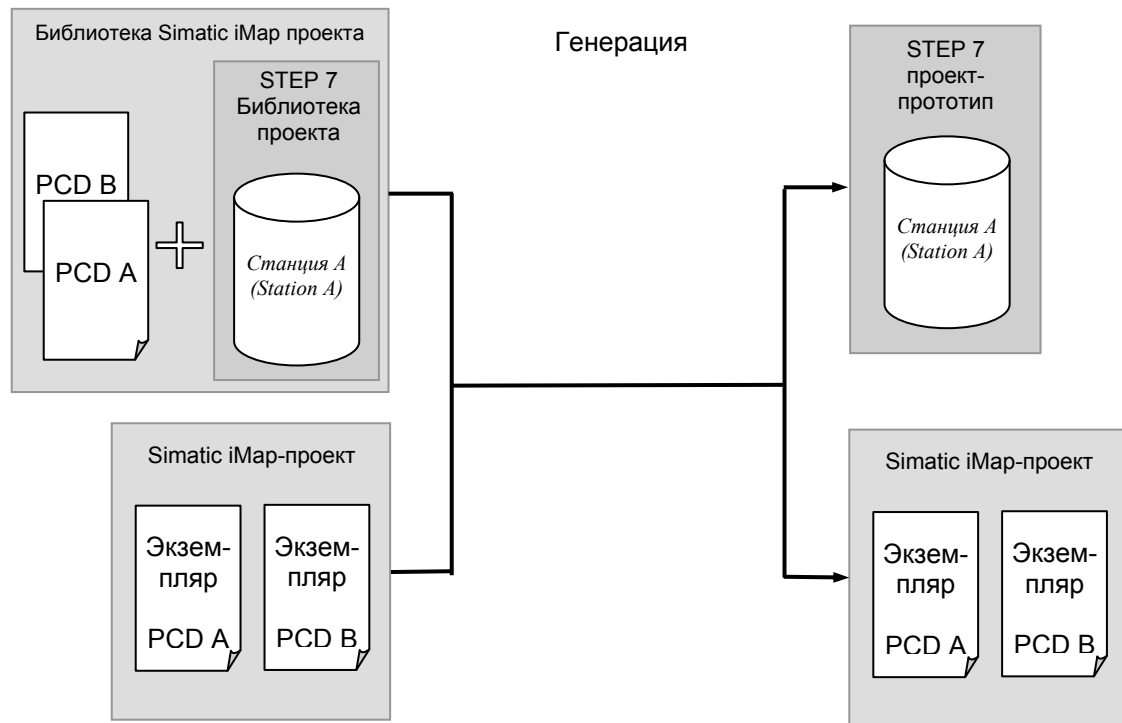


Рис. 5.50 Принцип генерации Simatic iMap - проекта с Simatic S7 - устройствами

При генерации Simatic iMap-проекта для Simatic S7 -устройств (devices) генерируется новый STEP 7-проект - прототип (STEP 7 shadow project), при этом ранее созданный проект (если он существует) сохраняется первым. Регенерация необходима, например, в процессе самой первой процедуры генерации Simatic iMap - проекта или если была нарушена консистентность между данными существующего Simatic iMap - проекта, определенного производителем (vendor-specific), и данными текущего проекта.

Если были сделаны изменения в существующем Simatic iMap - проекте, то обычно достаточно выполнить повторную генерацию для этих изменений. В этом случае существующий Simatic iMap - проект, определенный производителем (vendor-specific), обновляется только в части этих изменений.

## 5.7.4 Наладка и тестирование установки

Работа инженера-наладчика начинается после завершения фазы конфигурирования. Устройства установки запускаются в работу, и в них загружаются данные конфигурации.

Загрузка данных (download) - это передача данных из системы Simatic iMap в PLC или в полевые приборы. Загружаемые данные включают в себя данные программ и данные взаимных соединений.

Фаза наладки завершается после тестирования установки и последующей генерации файла символов (symbol file) для организации доступа к данным процессом посредством OPC.

Сначала выполняются следующие шаги:

1. Инициализация узлов; назначение адресов
2. Отладка устройств
3. Загрузка программ
4. Загрузка данных соединений
5. Обзор (опционально) Profinet-компонентов
6. Тестирование установки
7. Генерация OPC - файла символов для.

### Назначение IP-адресов для устройств (инициализация)

Устройства, подключенные к подсети, обычно не имеют IP-адресов до первоначальной загрузки данных. Чтобы обеспечить доступ к устройству в сети, его необходимо сначала инициализировать, то есть назначить для него уникальный IP-адрес и остальные параметры IP-адресации (см. рис. 5.51)

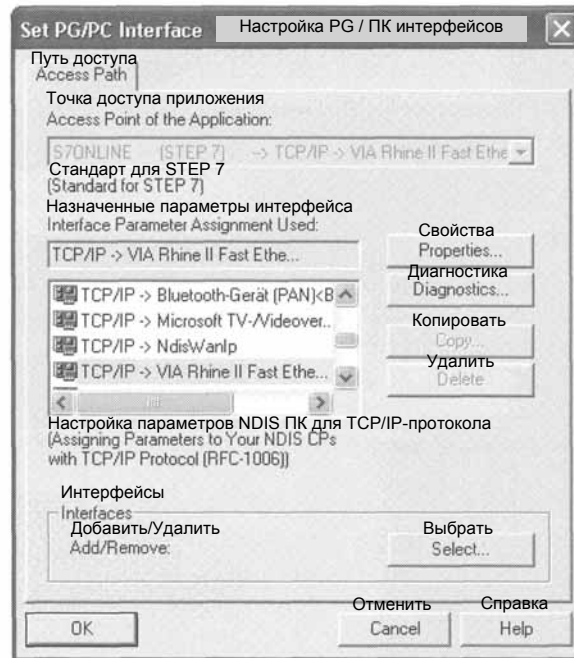


Рис. 5.51 Настройка PG / ПК-интерфейсов

Для того чтобы можно было инициализировать станцию, она должна быть в сети в режиме online:

- Ethernet-интерфейс ПК со станцией проектирования STEP 7 должен быть доступен ПК STEP 7 / NCM. Для этого точка доступа для IE-модуля должна быть установлена в S7ONLINE в окне "Set PG/PC interface" ("Настройка интерфейса ПК / PG") (см. рис. 5.52 и таблицу 5.17).
- Соответствующее устройство и ПК со станцией проектирования STEP 7 должны быть подключены к сети Ethernet.
- Соответствующее устройство должно быть включено в ту же самую Ethernet-подсеть, что и ПК со станцией проектирования STEP 7.

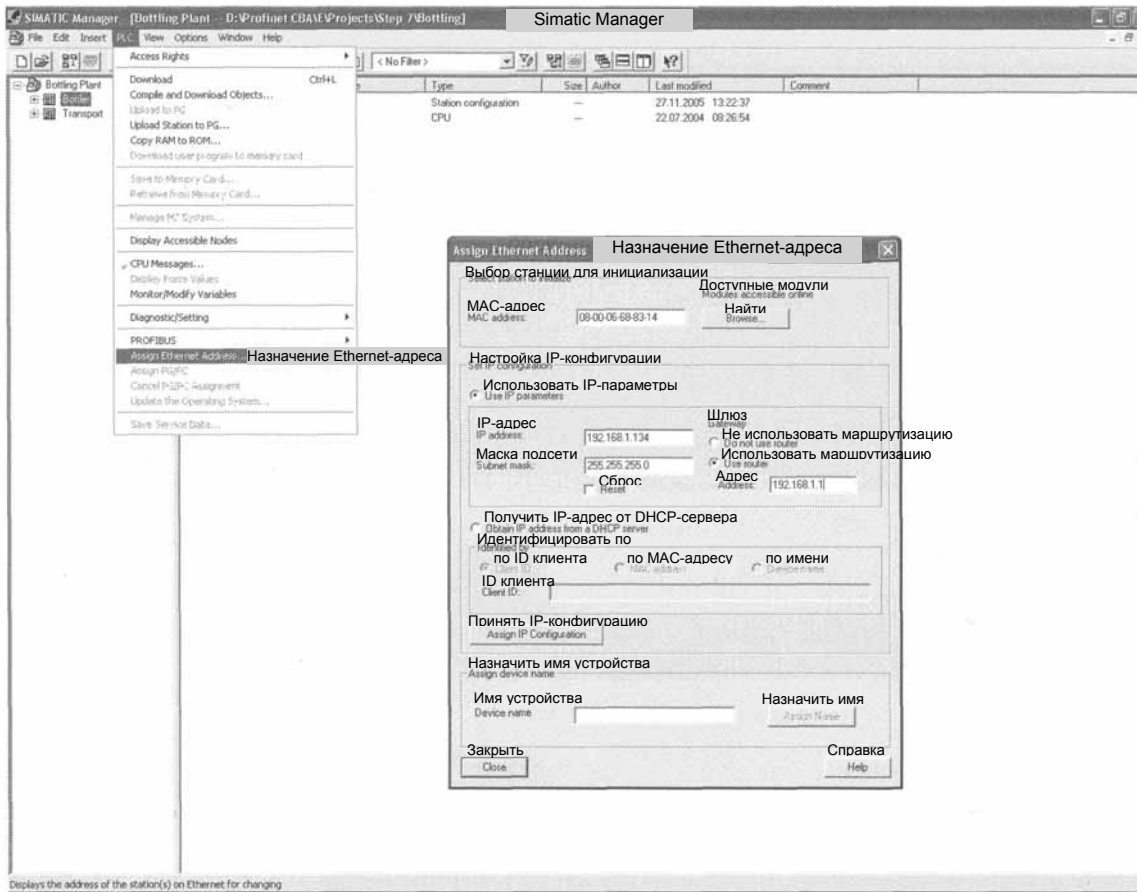


Рис. 5.52 Назначение IP-адреса в Simatic Manager

Таблица 5.17 Параметры в окне "Назначение Ethernet-адреса"

Параметр	Значение
Select station to initialize (Выбрать станцию для инициализации)	"MAC address" ("MAC-адрес"): Ethernet-адрес устройства, которое необходимо инициализировать, здесь вводится в формате: aa-bb-cc-dd-ee-ff. "Modules accessible online" ("Доступные модули"): Если Ethernet-адрес не известен, то подсеть Ethernet, подключенная к ПК со станцией проектирования SE, может быть просканирована на предмет наличия узлов после активации кнопки "Browse" ("Найти").



Параметр	Значение
Set IP configuration (Задать IP-конфигурацию)	<p>"Use IP parameters" ("Использовать IP-параметры"): Если открыто окно для определенного модуля, то для него может быть отображен используемый IP-адрес. Если IP-адрес не определен, то он может быть задан здесь, как и маска подсети - "Subnet mask".</p> <p>"Gateway" ("Шлюз"): "Do not use router" ("Не использовать маршрутизацию"): Данная опция выбирается, если рассматриваемое устройство используется только в своей собственной подсети.</p> <p>"Use router" ("Использовать маршрутизацию"): Данная опция выбирается, если рассматриваемое устройство имеет коммуникационные соединения с устройствами (в том числе и со станцией проектирования) в различных IP-подсетях. В таком случае IP-адрес сетевой карты маршрутизатора, находящегося в одной IP-подсети, должен быть указан в окне "Address" ("Адрес").</p> <p>"Reset" ("Сброс"): Если выбирается данная опция, то в устройстве сбрасываются настройки, принятые по умолчанию. IP-адрес и данные конфигурации при этом удаляются. Дополнительная информация по операции сброса может быть найдена в руководстве для устройства.</p> <p>"Obtain IP address from DHCP server" ("Получить IP-адрес от DHCP-сервера"): Если выбирается данная опция, то IP-адрес устройства получается от DHCP-сервера. Для этого для DHCP назначается MAC-адрес ("MAC Address") коммуникационного процессора CP, имя устройства ("device name") или идентификатор клиента ("client ID") (выбирается соответствующая опция переключателя в текущем поле). Идентификатор клиента ("client ID") - это символьная строка, имеющая длину до 63 символов. Если IP-адрес DHCP-сервера должен быть определен по имени устройства ("device name"), то имя для этого устройства должно быть уже назначено.</p>
Assign device name (Назначить имя устройства)	Касается только Profinet IO-устройств.

## **Загрузка программ**

При загрузке программ производится загрузка данных программы пользователя (user program), включая все данные, относящиеся к устройствам, такие как аппаратная и сетевая конфигурации. Simatic iMap применяет коммуникационные механизмы соответствующего производителя устройства для загрузки программ. Необходимым является применение фирменного инструментария для конфигурирования и программирования, например, системы STEP 7.

Данные конфигурации Profinet-контроллеров с функцией проху также содержат информацию о конфигурации подключаемых Profibus-устройств. Поэтому необходимо сначала загрузить программы для Profinet-контроллеров и лишь затем программы для подключаемых Profibus-устройств.

## **Загрузка данных конфигурации взаимных соединений**

Загрузка данных конфигурации взаимных соединений заключается в передаче информации о соединениях в Profinet-контроллер установки. При этом при загрузке этих данных с помощью Simatic iMap не требуются никакие "фирменные" инструменты для конфигурирования.

Во время загрузки конфигурации взаимных соединений вся информация, требуемая для установления взаимных соединений передается в Profinet-контроллер. Обмен данными начинается немедленно по окончании процедуры загрузки конфигурации соединений. Установление взаимных соединений всегда начинается "потребителем данных" (consumer), то есть устройством, для технологической функции которого требуется получение данных. Значения на соединительных контактах (входах/выходах технологических функций) и состояние взаимных соединений могут диагностироваться в интерактивном режиме (online) в системе Simatic iMap немедленно по окончании процедуры загрузки данных конфигурации соединений.

## **Изменение Profinet-компонентов и тестирование установки**

Во время отладки установки может потребоваться окончательная корректировка для устройств и технологических функций. Фирменная система проектирования и HMI-системы, используемые при создании Profinet-компонентов должны обеспечивать доступ в систему Simatic iMap для выполнения изменений.

Profinet-компоненты с данными устройств (device data) могут быть изменены в Simatic iMap прямо в системной библиотеке. Для выполнения такой процедуры Simatic iMap создает копию библиотечных Profinet-компонентов в проекте, созданном с помощью фирменной системы проектирования. Данный проект может быть модифицирован для Simatic-устройств с использованием STEP 7, после чего может служить новым базовым проектом (basic project) для модифицированного Profinet-компонента (Рис. 5.53).

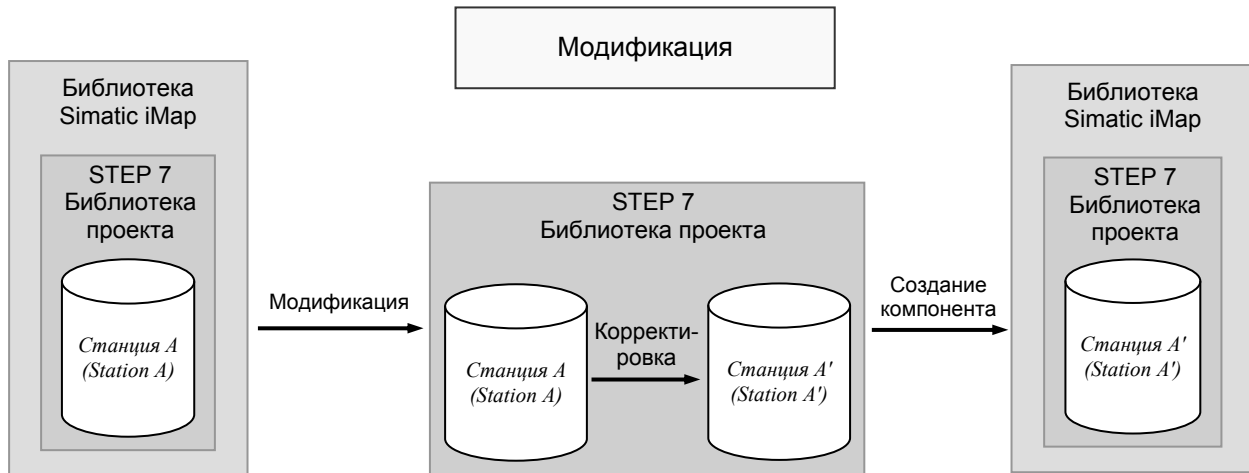


Рис. 5.53 Принцип модификации Profinet-компонентов для Simatic S7 - устройств в Simatic iMap

### Создание OPC - файла символов (OPC symbol file)

Для Simatic iMap -проекта могут быть созданы OPC - файлы символов. Для каждого сконфигурированного устройства такой файл содержит информацию об адресе переменных, доступных посредством OPC.

OPC - файл символов не создается автоматически в Simatic iMap во время процедуры генерации, чтобы не снижать производительность системы; процесс создания файла символов специально запускается после завершения указанной процедуры. Это процесс является последним шагом перед запуском установки в работу.

## 5.7.5 Мониторинг и управление установкой

После успешного завершения отладочных работ все задачи, связанные с установкой, находятся в сфере ответственности компании, эксплуатирующей установку. К этим задачам относятся:

- Выполнение техобслуживания и эксплуатация
- Интерактивный мониторинг и модификация данных процесса
- Диагностика в процессе нормальной работы и при отказах
- Мониторинг и управление установкой.

## 5.8 Диагностика в системе Profinet CBA

Кроме стандартных средств диагностики STEP 7 новые диагностические возможности системы Simatic iMap специально предназначены для использования с Profinet CBA -установками. Средства диагностики Profinet CBA могут быть подразделены на автономные (offline) и интерактивные (online) средства. Автономные (offline) средства диагностики обеспечивают проверку конфигурации решений для распределенных автоматизированных систем, созданных с помощью Simatic iMap, еще до загрузки данных конфигурации и программ в устройства. Интерактивные (online) средства диагностики обеспечивают определение местонахождения и устранение причин отказов в полностью сконфигурированной установке в процессе ее работы (режим runtime).

### 5.8.1 Автономная (Offline) диагностика в Simatic iMap

Коммуникационные свойства Profinet-контроллеров с микропрограммами версий 2.x или более поздних версий определяются параметрами производительности. Это обеспечивает проверку Profinet-контроллера на эффективность использования его производительности (capacity utilization) в автономном режиме уже на этапе разработки, тем самым предотвращая зависимость качества работы системы управления от загрузки контроллера в процессе эксплуатации установки. Параметры производительности определяются как собственно параметрами Profinet-контроллера, так и возможностями всех Profibus-устройств, подключенных к нему с помощью функции rgoхu. Параметры производительности являются составной частью описания Profinet-компонента.

#### Проверка эффективности использования производительности

Параметры эффективности использования производственной мощности разделяются на параметры устройства (device parameters), общие параметры, независимые от взаимных соединений (general interconnection-independent parameters) и параметры устройства, учитывающие удаленные соединения с ведущим и ведомыми устройствами (parameters for remote interconnection of master and slaves). Во время проверки эффективности использования производительности Simatic iMap сравнивает заложенные в устройство параметры производительности с его фактической нагрузкой в текущей конфигурации.

Кроме того, проверка эффективности использования производительности выполняется (см. табл. 5.18), когда необходимо проверить:

- не были ли превышены определенные параметры производительности устройства в рассматриваемой конфигурации,
- обеспечиваются ли устройством сконфигурированные параметры производительности взаимных соединений (например, для циклической передачи данных),
- обеспечивается ли совместимость Profibus-устройства и соответствующего Profinet-контроллера с функцией проху с точки зрения версии Profinet.

Таблица 5.18 Параметры производительности, рассматриваемые при проверке эффективности использования производительности

Параметр	Значение
Device-specific parameters (Собственные параметры устройства)	
Number of coupled Profibus devices (Число подключенных Profibus-устройств)	Максимальное число локальных Profibus-устройств, подключенных посредством функции проху в Profinet-контроллере.
Total of all master and slave connections (Общее количество контактов для взаимных соединений в ведущем и ведомых устройствах)	Максимальное число соединительных контактов в технологических интерфейсах Profinet-контроллера и Profibus-устройств, подключенных к нему посредством функции проху.
Maximum data length for arrays and structures with master and slaves (Максимальная длина данных для массивов и структур данных для ведущего и ведомых устройств)	Максимальный размер элементов массивов и структур (в байтах) в данных для Profinet-контроллера и Profibus-устройств, подключенных к нему посредством функции проху.
Total data length of all inputs of master and slaves (Общая длина данных для всех входов для ведущего и ведомых устройств)	Максимальный размер данных (в байтах) для всех входов в технологических интерфейсах Profinet-контроллера и Profibus-устройств, подключенных к нему посредством функции проху.

Параметр	Значение
Total data length of all outputs of master and slaves (Общая длина данных для всех выходов для ведущего и ведомых устройств)	Максимальный размер данных (в байтах) для всех выходов в технологических интерфейсах Profinet-контроллера и Profibus-устройств, подключенных к нему посредством функции проху.
Memory requirements for type descriptions of all connections (Требования к памяти для описания типов данных для всех контактов)	Максимальный размер памяти (в байтах), зарезервированной для описания типов данных на всех соединительных контактах в технологических интерфейсах Profinet-контроллера и Profibus-устройств, подключенных к нему посредством функции проху. Данная память требуется в дополнение к памяти, требуемой для пользовательских данных (user data) (максимальный размер данных для всех входов и выходов ведущего и ведомых устройств).
General interconnection-independent parameters (Общие параметры, независимые от взаимных соединений)	
Number of device-internal and Profibus interconnections of master and slaves (Число внутренних взаимных соединений устройств и Profibus-соединений ведущего и ведомых устройств)	Максимальное число локальных взаимных соединений.
Total data length of all device-internal and Profibus interconnections of master and slaves (Общая длина данных всех внутренних взаимных соединений для устройств и Profibus-соединений ведущего и ведомых устройств)	Максимальный размер данных (в байтах) для всех локальных взаимных соединений.
Number of interconnections with constants of master and slaves (Число взаимных соединений с постоянным сигналом для ведущего и ведомых устройств)	Максимальное число взаимных соединений с постоянным сигналом.

Параметр	Значение
<p>Total data length of all interconnections with constants of master and slaves (Максимальный размер данных для всех взаимных соединений с постоянным сигналом для ведущего и ведомых устройств)</p>	<p>Максимальный размер данных (в байтах) для всех взаимных соединений с постоянным сигналом.</p>
<p>Number of remote interconnection partners of master and slaves (Число взаимных соединений с удаленными коммуникационными партнерами ведущего и ведомых устройств)</p>	<p>Максимальное число удаленных взаимных соединений с удаленными коммуникационными партнерами ведущего и ведомых устройств в сети Industrial Ethernet</p>
<p>Capacity utilization by number of device relations between master and slaves and to remote interconnection partners (Эффективность использования производительности всех коммуникационных связей между ведущим и ведомыми устройствами и с удаленными коммуникационными партнерами)</p>	<p>Данный параметр показывает эффективность использования производительности (в процентах); он выводится, исходя из объема так называемых направленных коммуникационных связей (см. ниже) между логическим устройством (logical device) и его коммуникационными партнерами как удаленными, так и в локальной проху-системе.</p> <p>Направленная коммуникационная связь (directed communications relation) включает в себе одно или несколько взаимных соединений в одном направлении между двумя логическими устройствами (logical device).</p> <p>Пример: Все взаимные соединения выходов логического устройства (logic device) А со входами логического устройства В рассматриваются как направленная коммуникационная связь (directed communications relation). Все взаимные соединения выходов логического устройства (logic device) В со входами логического устройства А рассматриваются как другая направленная коммуникационная связь.</p>
<p>Parameters for remote interconnection of master and slaves (Параметры для удаленного соединения с ведущим и ведомыми устройствами)</p>	
<p>Minimum interval for transmission / sampling frequency (Минимальный интервал частот передачи / частот считывания данных)</p>	<p>Минимальное значение параметра QoS (quality-of-service - качество и класс предоставляемых услуг передачи данных) (частота передачи / частота считывания данных "Fast") для всех взаимных соединений.</p>

Параметр	Значение
Quantity (Количество)	Соответствующее максимальное число взаимных "ациклических"/"циклических" (acyclic/cyclic) соединений с технологическими интерфейсами Profinet-контроллера и подключенных к нему посредством функции проху Profibus-устройств для определенных входов и выходов.
Total data length (Общая длина данных)	Соответствующий максимальный размер данных (в байтах) на всех входах/выходах технологических интерфейсов Profinet-контроллера и подключенных к нему посредством функции проху Profibus-устройств с отходящими и приходящими удаленными взаимными соединениями.
Distribution of frequencies (Распределение частотных параметров связи)	<p>Информация, заключающая в себе данные о распределении всех отходящих и входящих удаленных взаимных соединений по частотным группам Fast/Medium/Slow, для.</p> <p>В зависимости от режима передачи - ациклический (acyclic) или циклический (cyclic) - уровень частоты должен соответствовать уровню параметра QoS для передачи или приема данных (Fast/Medium/Slow).</p> <p>Для каждого уровня частоты задается:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Сконфигурированный временной интервал для соответствующей группы частот Fast/Medium/Slow [мс]</li> <li>- Максимальное число отходящих и приходящих удаленных взаимных соединений для соответствующей группы частот Fast/ Medium/Slow.</li> <li>- Максимальный размер данных (в байтах) на всех входах/выходах для соответствующей группы частот Fast/Medium/Slow</li> </ul>

### 5.8.2 Интерактивная (Online) диагностика в Simatic iMap

Интерактивная (online) диагностика коммуникационного партнера в системе СВА, используемая в установках с распределенной автоматизированной системой управления, выполняется в "интерактивном виде" ("online view") в системе Simatic iMap. При этом проверяются все сконфигурированные устройства на предмет их доступности, консистентности данных в интерактивном, автономном режимах, а также при эксплуатации. Результаты диагностики отображаются в графической форме (см. рис. 5.54 и таблицу 5.19).



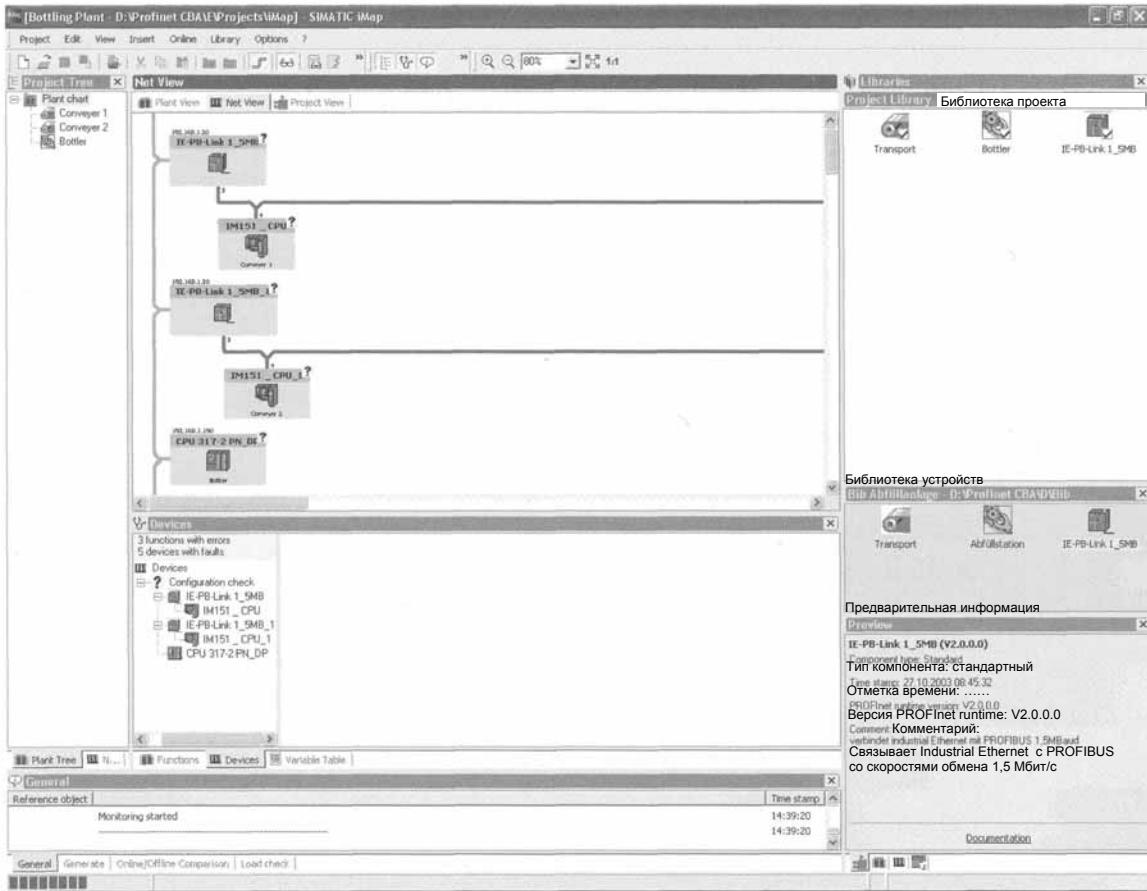








Рис. 5.54 Пример интерактивной диагностики в Simatic iMap

Таблица 5.19 Символы, используемые в системе диагностики в Simatic iMap, и их значения

Символ	Значение
	<p>Проверка конфигурации</p> <p>Отсутствие доступа к устройству: соединение между Simatic iMap и устройством не установлено, или не существует технологическая функция устройства. Возможные случаи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- кабель не подключен или поврежден;</li> <li>- устройство выключено, не запущено, не инициализировано или не поддерживает Profinet;</li> <li>- загружены недопустимое устройство или технологическая функция;</li> <li>- отказ или некорректность аппаратной конфигурации;</li> <li>- не загружена технологическая функция;</li> <li>- в целевой системе найдена другая технологическая функция или не найдена вовсе.</li> </ul>

Символ	Значение
	<p>Диагностика устройства / отказ</p> <p>Для Simatic S7 CPU: система сигнализирует о групповой ошибке (SF).</p> <p>Возможные случаи:</p> <p>"Вид сети" ("Network view"):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Представлена диагностика устройства.</li> <li>- Устройство не находится в состоянии STOP из-за отказа технологической функции.</li> <li>- В устройстве произошел отказ.</li> </ul> <p>"Вид установки" ("Plant view"):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отказ одной или нескольких технологических функций в схеме.</li> </ul>
	<p>Нет подключения</p> <p>Возможные случаи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отказ Profibus-кабеля, подведенного к устройству.</li> <li>- Profibus-устройство не подключено к Profinet-контроллеру.</li> <li>- Profibus-устройство не включено.</li> <li>- Profibus-устройство в состоянии STOP.</li> <li>- Profibus-устройство неправильно сконфигурировано, или данные конфигурации не загружены.</li> </ul>
	<p>Информация недоступна.</p> <p>Есть доступ к устройству, но его состояние не определено.</p> <p>Возможные случаи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отказ Profinet-контроллера.</li> <li>- Profinet-контроллер в состоянии STOP, и Profibus-устройства, подключенные посредством функции проху, не доступны.</li> <li>- Технологическая функция Profibus -устройства не загружена</li> </ul>
	<p>Необходимо выполнить загрузку.</p> <p>Необходимо выполнить загрузку данных взаимных соединений.</p> <p>Возможные случаи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Данные взаимных соединений в Simatic iMap отличаются от данных в устройстве.</li> </ul>
	<p>Отказ взаимных соединений.</p> <p>Отказ по крайней мере одного соединения со входом технологической функции устройства.</p> <p>Возможные случаи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Отказ коммуникационного партнера устройства.</li> <li>- Нет доступа к коммуникационному партнеру устройства.</li> <li>- Для взаимных соединений для циклического обмена: коммуникационный партнер устройства находится в другой подсети.</li> <li>- По крайней мере для одного соединения сконфигурированы несовместимые параметры передачи или один из параметров не поддерживается данным устройством (режим передачи или частота передачи / частота приема данных).</li> </ul>

Диагностические сообщения всегда создаются Profinet-контроллером. Это касается сообщений от Profibus-устройств, подключенных к Profinet-контроллеру посредством функции проху. Если в Profinet-контроллере произошел отказ или к нему нет доступа, это в частности означает, что нет возможности получить никакой диагностической информации о Profibus-устройствах, подключенных к Profinet-контроллеру посредством функции проху.

### **Основные действия при выполнении диагностики**

Диагностика коммуникационных партнеров по Profinet-сети в Simatic iMap заключается в выполнении следующих трех шагов:

1. Открыть интерактивный вид (online view).
2. Открыть вкладку "Devices" ("Устройства") в окне диагностики. В случае отказа выбрать соответствующее устройство в отображенном списке и устранить отказ, используя соответствующую подробную информацию ("detailed information") и необходимые функции.
3. Открыть вкладку "Functions" ("Функции") в окне диагностики. В случае отказа выбрать отказавшую технологическую функцию в отображенном списке и устранить отказ, используя соответствующую подробную информацию ("detailed information") и необходимые функции.

В общем случае, если отказ возник в нескольких устройствах или технологических функциях, то необходимо сначала устранить отказы в устройствах или технологических функциях на уровне конфигурации, так как Profinet CBA -диагностика не возможна без выполнения проверки конфигурации. Для этого выбирается пункт "Configuration check" ("Проверка конфигурации"). Затем может выполняться поиск и устранение оставшихся отказов других категорий в любой последовательности.

Если для устранения отказа необходима корректировка аппаратной конфигурации или изменение в программе Profinet-компонента, то для этого выполняется модификация Profinet-компонента (см. раздел 5.7.4 *Наладка и тестирование установки*). Исключение: для одноэлементных компонентов (singleton component) отказ устраняется непосредственно в его базовом STEP 7 - проекте.

### **Состояние станций в Profinet - коммуникациях**

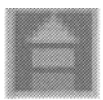





На "виде сети" ("network view") в Simatic iMap отображается состояние Profinet станций.

При этом отображается:

- рабочее состояние пользовательских программ Simatic CPU Profinet-контроллеров,
- состояние DP-интерфейса ведущего (master) DP-устройства (Clear (Свободен) / Operate (Работает)) шлюза Simatic Net router IE/PB-Link и
- состояние доступа к Profibus устройствам (devices).

О состоянии устройств также сообщается посредством вывода "Lifestate" ("Функциональное состояние") технологической функции (см. табл. 5.20). Такой вывод существует в каждой технологической функции, созданной с помощью STEP 7, и обеспечивает мониторинг устройства с помощью HMI/MES -системы или пользовательской программы коммуникационного партнера в сети Profinet.

Таблица 5.20 Символы в системе диагностики Simatic iMap, сигнал "Lifestate" ("Функциональное состояние") и их значения

Символ	"Lifestate"	Значение
	0x01	Profinet-контроллер: Запуск (Startup) / Инициализация Simatic IE/PB-Link: -
	0x03	Profinet-контроллер: RUN / RUN-P (Выполнение) Simatic Net IE/PB-Link: DP master - "Operate" ("Работает")
	0x02	Profinet-контроллер: HOLD / STOP (Пауза / Стоп) Simatic Net IE/PB-Link: DP master - "Clear" ("Свободен")
	0x04	Profinet-контроллер: Отказ Simatic Net IE/PB-Link: Отказ
	0x03	Profibus устройство: Доступно и ведет обмен данными "Data exchange" ("Обмен данными")
	0x02	Profibus устройство: Не доступно или отказ станции

## Проверка доступности устройств (checking device accessibility)

Данная функция обеспечивает возможность быстрой проверки наличия доступа к устройствам (device) в установке с автоматизированным управлением (если "интерактивный вид" ("online view") отключен), что позволяет полностью исключить коммуникационные отказы. Если "интерактивный вид" ("online view") активирован, то Simatic iMap автоматически проверяет доступность всех сконфигурированных устройств и технологических функций и отображает все доступные устройства и технологические функции голубым цветом, а недоступные - серым. Соответствующие сообщения представлены в таблице 5.21.

Таблица 5.21 Сообщения функции проверки доступности устройств

Сообщения	Значение
Device <Device name> is accessible (Устройство <Имя устройства> доступно)	Устройство доступно в сети
No station accessible at IP address <IP_address> (Нет доступных станций с таким IP_адресом <IP_адрес>)	Физическое соединение с устройством: - отказ устройства или устройство не существует - устройство не включено. Для Profibus устройств: Profinet-контроллер, к которому Profibus-устройство подключено посредством функции проху, не может быть доступно или находится в состоянии STOP (СТОП). В этом случае Profibus-устройства, подключенные к Profinet-контроллеру посредством проху не могут быть доступны.
Profinet link on the device <IP_address> is not accessible (Profinet-соединение с устройством <IP_адрес> недоступно)	Устройство физически подключено, но не готово (not ready), например, находится в состоянии STOP (СТОП)
Logical device <Device name> (proxy at <IP_address>) is accessible, but not the physical device (Логическое устройство <Имя устройства> IP прокси: <IP_address> доступно, но не есть физическое устройство)	Только для Profibus-устройств: Profinet-данные конфигурации не загружены, или Profinet-данные конфигурации Profibus-устройства имеются в соответствующем Profinet-контроллере с функциями проху, но соединение между ведущим (master) DP-устройством и ведомым (slave) DP-устройством находятся в состоянии отказа.

## Сравнение "интерактивных" (online) и "автономных" (offline) данных

Simatic iMap обеспечивает возможность сравнения "интерактивных" (online) данных устройств и технологических функций установки с "автономными" (offline) данными сгенерированного Simatic iMap -проекта, и произвести диагностику любых различий в этих данных. Такое сравнение не производится автоматически, так как оно достаточно ресурсоемкое, но рекомендуется для выполнения для предотвращения любых отказов во время режима выполнения (runtime).

При этом выполняется следующая проверка на соответствие данных по взаимным соединениям и по соединительным контактам:

- корректное / фактическое число взаимных соединений;
- корректное / фактическое соответствие параметров передачи по взаимным соединениям;
- корректное / фактическое число контактов технологических функций;
- корректное / фактическое соответствие типов данных на контактах;
- корректное / фактическое соответствие сконфигурированных подстановочных значений сигналов.

Для программ сравниваются следующие данные:

- корректное / фактическое соответствие блоков всех пользовательских программ;
- корректное / фактическое соответствие всех собственных данных устройств, например, аппаратной конфигурации и сетевой конфигурации.

Выполнение данной проверки невозможно для одноэлементных компонентов (singleton component) и устройств, не относящихся к ряду Simatic S7.

## Диагностика состояния взаимных соединений

Взаимные соединения в Simatic iMap отображаются разным цветом в зависимости от состояния соединения (см. табл. 5.22).

Таблица 5.22 Цветовое представление состояния взаимных соединений в Simatic iMap

Цвет	Значение
Черный	Взаимное соединение имеется и его состояние - в норме.
Красный	Отказ соединения, напр., отказ на выходе технологической функции или логический (напр., маршрутизатором для "циклической связи") или физический разрыв связи.
Серый	Информация по соединению не доступна. Устройство не доступно, или данные соединения не загружены.
Зеленый	Взаимное соединение выбрано в Simatic iMap.

### Диагностика состояния данных на соединительных контактах

Состояния данных на соединительных контактах взаимных соединений в Simatic iMap отображаются разным цветом в зависимости от их корректности, они выводятся, исходя из кода качества переданных данных (см. табл. 5.23).

Таблица 5.23 Цветовое представление состояния данных на контактах взаимных соединений в Simatic iMap

Представление значения	Значение
Черный цвет	Корректное значение сигнала.
Серый цвет	Корректность значения сигнала не может быть проверена.
Серый цвет и курсив	Заменяющее значение.
Красный цвет	Значение сигнала некорректно, имеется отказ взаимного соединения, или значение пока не квитировано целевой системой в соответствии с установками Simatic iMap.
Красный цвет и восклицательный знак	Значение сигнала некорректно, в устройстве нет свободных ресурсов.
Красный цвет и вопросительный знак	Значение сигнала некорректно, значение пока не квитировано, или целевая система пока не доступна.

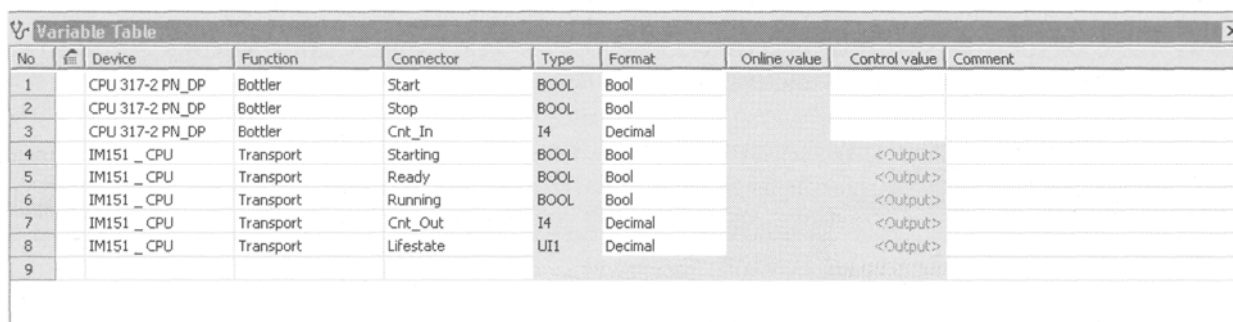
Код качества (quality code) позволяет выполнить качественную оценку данных. Он передается вместе с данными от провайдера (выход = output) к потребителю (вход = input), или устанавливается потребителем самостоятельно в случае коммуникационного отказа. Коды качества, используемые в Profinet CBA соответствуют стандарту PNO в "Profibus PA, Profile for Process Control Devices, General Requirements, V3.0, October 1999" ("Profibus PA, Профиль для устройств управления процессами, Общие требования, версия 3.0, октябрь 1999 г.").

### Обработка интерактивных (online) значений переменных Profinet в таблице переменных

Таблица переменных позволяет осуществлять мониторинг и управление данными на соединительных контактах входов (input) любых технологических функций в Simatic iMap -проекте в целях тестирования и диагностики. Контакты вставляются в таблицу переменных с использованием метода drag&drop (см. табл. 5.24 и рис. 5.55).

Таблица 5.24 Структура таблицы переменных в Simatic iMap

Столбец в таблице переменных	Значение
No (№)	Номер строки
Symbol (Символ)	Символьное отображение того, производится ли интерактивный мониторинг, отключен ли или недоступен.
Device (Устройство)	Имя устройства
Function (Функция)	Имя технологической функции
Connector (Контакт)	Имя контакта
Type (Тип)	Тип данных контакта
Format (Формат)	Представление формата интерактивного значения
Online value (Интерактивное значение)	Интерактивное значение переменной на контакте
Control value (Управляющее значение)	Управляющее значение для установки входа
Comment (Комментарий)	Строка комментария



No	Device	Function	Connector	Type	Format	Online value	Control value	Comment
1	CPU 317-2 PN_DP	Bottler	Start	BOOL	Bool			
2	CPU 317-2 PN_DP	Bottler	Stop	BOOL	Bool			
3	CPU 317-2 PN_DP	Bottler	Cnt_In	I4	Decimal			
4	IM151 _CPU	Transport	Starting	BOOL	Bool		<Output>	
5	IM151 _CPU	Transport	Ready	BOOL	Bool		<Output>	
6	IM151 _CPU	Transport	Running	BOOL	Bool		<Output>	
7	IM151 _CPU	Transport	Cnt_Out	I4	Decimal		<Output>	
8	IM151 _CPU	Transport	Lifestate	UI1	Decimal		<Output>	
9								

Рис. 5.55 Пример таблицы переменных в Simatic iMap



## **Интерактивный анализ устройства**

Наиболее полная интерактивная информация о Profinet-контроллере обеспечивается при интерактивном анализе устройства (online device analysis). Для контроллера, который необходимо проанализировать, указывается его IP-адрес; при этом могут быть считаны и сохранены в виде HTML-файла следующие данные:

- параметры производительности (текущее значение и максимальное значение);
- данные конфигурации устройства и технологической функции;
- данные конфигурации устройств с функцией проху, а также технологической функции подключенных Profibus-устройств;
- диагностическая информация, например, статистика отказов и простоев.

## **Доступ к переменным посредством OPC**

Для обеспечения доступа к переменным процесса посредством механизма OPC в Simatic iMap необходимо создать OPC - файл символов. Такой файл служит для конфигурирования Simatic Net OPC -сервера. OPC-сервер обеспечивает для клиентских OPC-приложений доступ к переменным в устройствах установки с использованием соответствующих символов. Для Profibus-устройств, интегрированных в установку с помощью функций проху, значения переменных передаются между OPC-сервером и ведомыми (slave) Profibus-устройствами с использованием механизмов маршрутизации в ведущем (master) Profibus-устройстве.

Так как соответствующее число OPC - файлов символов получается при подразделении всей установки на несколько Simatic iMap -проектов, то маршрут доступа к переменным может быть однозначно определен даже за пределами проектов с использованием соответствующего OPC-префикса (см. рис. 5.56).

Приложения OPC-клиента и OPC-сервера могут выполняться как на одном и том же устройстве, так и на разных устройствах.

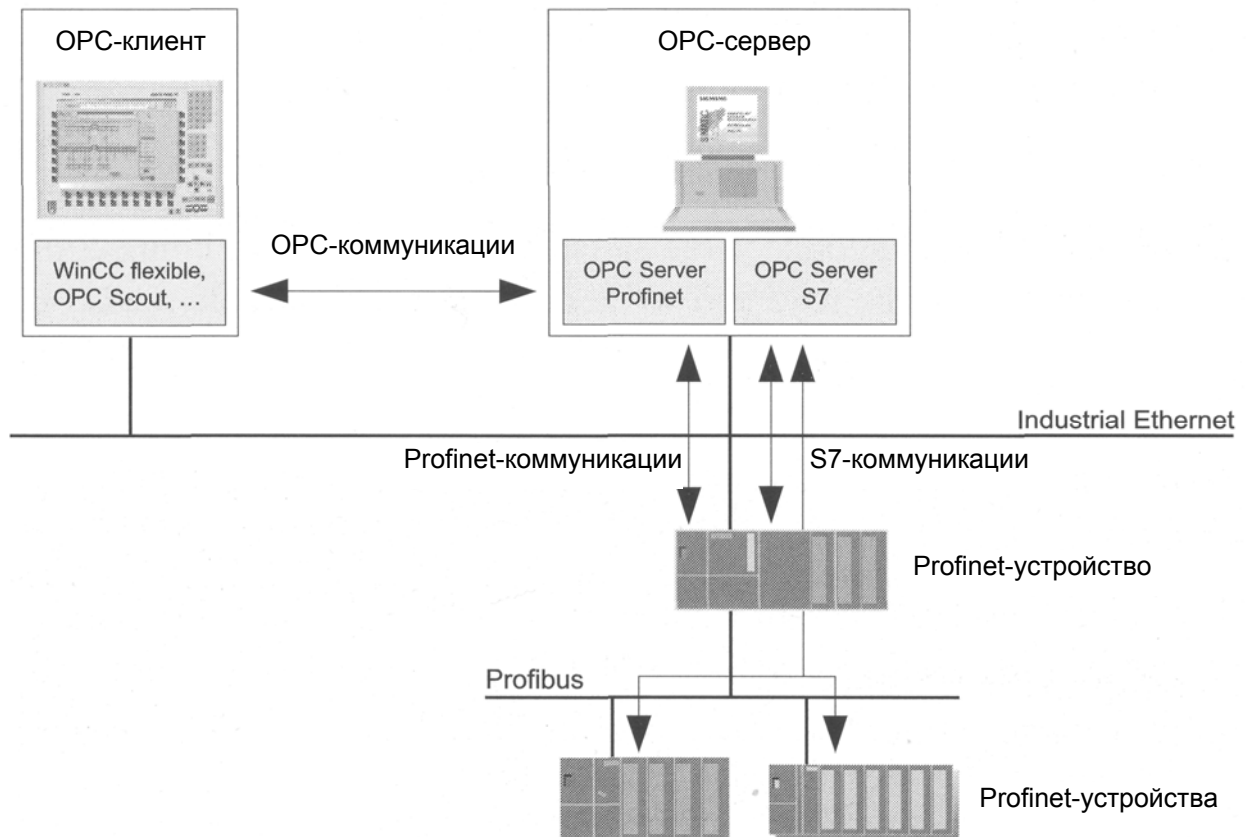


Рис. 5.56 Доступ к переменным посредством OPC

### Информационные переменные (Information variables)

OPC - файл символов содержит информацию об адресах информационных переменных, доступных с помощью OPC, для всех устройств, сконфигурированных с использованием Simatic iMap. К информационным переменным относятся все переменные устройства, которые могут быть считаны или записаны посредством OPC.

Информационные переменные - это:

- переменные процесса (process variables), включая все переменные, передаваемые и непердаваемые через взаимные соединения
- системные переменные (system variables)
- собственные информационные переменные устройства (S7-переменные).

Посредством собственных OPC-идентификаторов информационных переменных обеспечивается их однозначная идентификация в режиме выполнения (режим runtime) (см. табл. 5.25).

Таблица 5.25 Структура имен информационных переменных

Элемент	Значение
Protocol ID (Идентификатор протокола)	Коммуникационный протокол для доступа к переменным (PN - для Profinet; S7 - для S7-коммуникаций)
Connection name (Имя контакта)	Имя контакта или устройства, посредством которого обеспечивается доступ к переменной
Variable name (Имя переменной)	Символьное имя переменной

Посредством соответствующего ID определяется уникальный коммуникационный маршрут доступа к информационной переменной. Для RT-имени (runtime name) переменной должен соблюдаться следующий синтаксис:

<Protocol ID>:[<Connection name>]<Variable name>  
<ID протокола>:[<Имя контакта>]<Имя переменной>

Специальный браузер, например, конфигуратор символьных файлов Simatic Net (Simatic Net symbol file configurator) загружает OPC - файл символов и представляет информационные переменные в иерархической системе в виде древовидной структуры.

Доступ к этим переменным обеспечивается с использованием символьного имени следующей структуры (см. табл. 5.26):

[<Project\_prefix>] [<Chart 1>...<Chartn>] <Function> <Variable>  
 ([<Префикс\_проекта>] [<Схема 1>...<Схема n>] <Функция> <Переменная>)

Таблица 5.26 Структура символьных имен информационных переменных в окне конфигуратора символьных файлов Simatic Net (Simatic Net symbol file configurator)

Элемент	Значение
<Project_prefix> (<Префикс_проекта>)	Опционально: определенный пользователем идентификатор, который уникален для всего проекта; назначается при генерации OPC - файла символов.
<Chart 1 > ... <Chart n> (<Схема 1>..<Схема n>)	Опционально: имя схемного элемента, в котором имеется данная переменная в Simatic iMap - проекте. Может быть составным (схема в схеме).
<Function> (<Функция>)	Имя технологической функции, в которой имеется данная переменная, в Simatic iMap - проекте.
<Variable> (<Переменная>)	Символьное имя контакта.

Переменные процесса назначаются для подключаемых и неподключаемых контактов технологических функций. Входные переменные (на входах) могут считываться или записываться (Read / Write), тогда как выходные данные (на выходах) могут только считываться (Read Only) (Рис. 5.57)

Отображение	Символ переменной	RT-имя (Текущее имя)	Доступ
Visible	Variable Symbol	Runtime Name	Access
1	On	PN:[157.163.7.38 BM 147 Conveyor]	Read / Write
2	ReleaseIn	PN:[157.163.7.38 BM 147 Conveyor]	Read / Write
3	AnnounceIn	PN:[157.163.7.38 BM 147 Conveyor]	Read / Write
4	Reset	S7:[BM 147 CBA_COM_VFD CP_PN_	Read / Write
5	Assigned	PN:[157.163.7.38 BM 147 Conveyor]	Read Only
6	ReleaseOut	PN:[157.163.7.38 BM 147 Conveyor]	Read Only
7	AnnounceOut	PN:[157.163.7.38 BM 147 Conveyor]	Read Only
8	Faulty	S7:[BM 147 CBA_COM_VFD CP_PN_	Read Only
9	Lifestate	PN:[157.163.7.38 BM 147 Conveyor]	Read Only

Рис. 5.57 Переменные процесса в окне конфигуратора символьных файлов Simatic Net (Simatic Net symbol file configurator)

Текущие имена (runtime-имена или RT-имена) переменных процесса имеют следующую структуру (см. табл. 5.27):

PN:[aaa.bbb.ccc.ddd|<devicename>|<funcname>|<variable>

PN:[aaa.bbb.ccc.ddd|<имя устройства>|<имя функции>|<переменная>

Таблица 5.27 Структура символьных имен переменных процесса в окне конфигуратора символьных файлов Simatic Net (Simatic Net symbol file configurator)

Элемент	Значение
aaa.bbb.ccc.ddd	Для Profinet-контроллера: IP - адрес Для Profibus-устройства: IP - адрес Profinet-контроллера с функциями проху, к которому подключено Profibus-устройство.
devicename (имя устройства)	Имя устройства (Device).
funcname (имя функции)	Имя технологической функции.
variable (переменная)	Символьное имя контакта.

Системные переменные (System variables) действительны во всей установке и имеют доступ только в режиме чтения (only read) (Рис. 5.58).

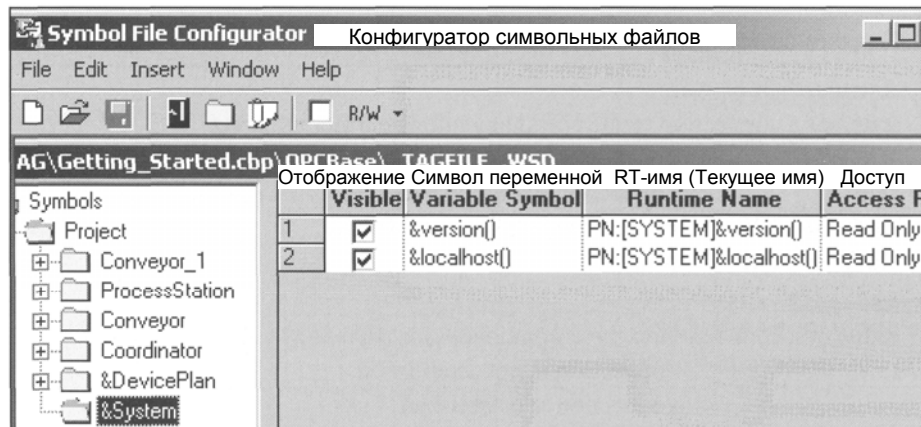


Рис. 5.58 Системные переменные в окне конфигуратора символьных файлов Simatic Net (Simatic Net symbol file configurator)

Текущие имена (runtime-имена или RT-имена) системных переменных имеют следующую структуру (см. табл. 5.28):

PN:[SYSTEM]<devicename><variable>  
 PN:[SYSTEM]<имя устройства><переменная>

Таблица 5.28 Структура runtime-имен системных переменных в окне конфигуратора символьных файлов Simatic Net (Simatic Net symbol file configurator)

Элемент	Значение
SYSTEM	Имя системной переменной.
devicename (имя устройства)	Имя устройства (Device).
variable (переменная)	&localhost(): имя хоста. &version(): версия ядра Profinet-сервера.

Собственные информационные переменные устройства содержат информацию, которая назначается для соответствующих устройств. Их имена имеют следующую структуру (см. рис. 5.59 и табл. 5.29):

PN:[aaa.bbb.ccc.ddd]<devicename><variable>

PN:[aaa.bbb.ccc.ddd]<имя устройства><переменная>

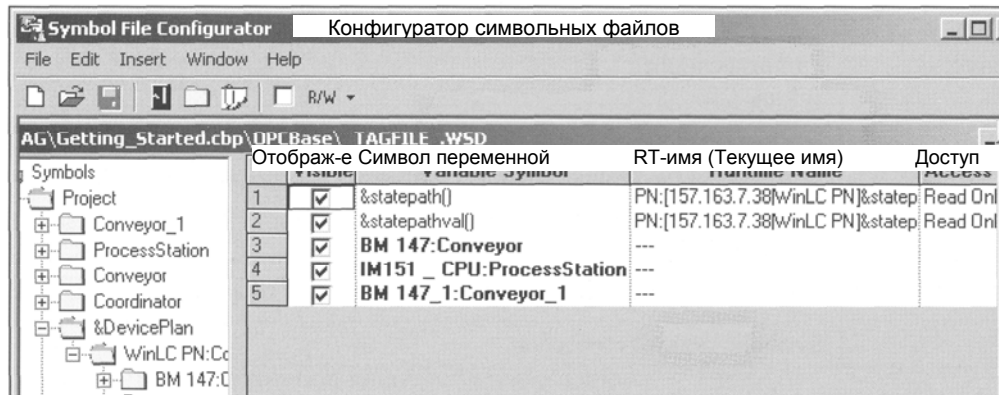


Рис. 5.59 Собственные информационные переменные устройств

Таблица 5.29 Структура собственных имен переменных устройств

Элемент	Значение
aaa.bbb.ccc.ddd	Для Profinet-контроллера: IP - адрес  Для Profibus-устройства: IP - адрес Profinet-контроллера с функциями проху, к которому подключено Profibus-устройство.
devicename (имя устройства)	Имя устройства (Device).
variable (переменная)	&statepath(): состояние соединения с коммуникационным партнером (строка): "DOWN":           соединение не установлено "UP":               соединение установлено "ESTABLISH":      соединение устанавливается "RECOVERY":       резерв &statepathval(): состояние соединения с коммуникационным партнером (значение): 1:                   соединение не установлено 2:                   соединение установлено 3:                   соединение устанавливается 4:                   резерв

### 5.8.3 Диагностика с использованием элементов отображения устройств Profinet CBA

Состояние Simatic S7, Simatic Net или Profinet-контроллеров и их коммуникационных интерфейсов может быть определено с использованием светодиодных индикаторов на их передней панели. Светодиодные индикаторы обеспечивают первичную диагностику отказов. Функции светодиодных индикаторов Profibus-устройств не изменяются в случае их использования в установке, построенной на принципах Profinet CBA.

В данном разделе рассматриваются только индикаторы Profinet-контроллеров. Описание индикаторов для Profinet-контроллеров, которые одновременно поддерживают функции Profinet IO, рассмотрены в главе 4.3.

#### Индикаторы для Simatic S7-CPU 31x-2PN/DP

См. раздел 4.3 "Диагностические функции для Profinet IO".

#### Индикаторы программных Simatic PLC

Simatic PLC на программной основе - CPU WinLC PN (Windows Logic Controller - логический контроллер для работы под управлением Windows) является частью ПО Simatic WinAC (Windows Automation Center - центр автоматизированного управления для работы под управлением Windows) и существуют в двух версиях:

- Simatic WinLC PN VI.1 как самостоятельный отдельный продукт
- Simatic WinAC PN-Option V4.1 как опционный пакет для ПО Simatic WinAC PLC V4.1.

Индикация состояний и отказов основана на использовании индикаторов Simatic S7-CPU 31x и отображается на панели управления на экранах мониторов PG / ПК (см. таблицы 5.30 и 5.31).

Индикатор включения ON (ВКЛ.) находится всегда в положении "включено", а индикатор отказа батареи BATF всегда выключен.



Таблица 5.30 Индикация состояний и отказов WinLC PN V1.1 и WinAC PN-Option V4.1

INTF красный	EXTF красный	FRCE желтый	RUN зеленый	STOP желтый	Значение
1	x	x	x	x	Внутренний отказ. Диагностический буфер CPU должен быть считан для точной локализации отказа. Возможны случаи: - ошибка в микропрограмме - ошибка программирования - арифметическая ошибка - ошибка счетчика (counter) - ошибка таймера (time) Только для WinAC PN-Option V4.1: Если программа управления обрабатывает ошибку с блоками OB 80, OB 121 или OB 122, то индикатор INTF выключается через 3 с (если нет других ошибок)
x	1	x	x	x	Внутренний отказ. Диагностический буфер CPU должен быть считан для точной локализации отказа. Возможны случаи: - отказ аппаратуры - ошибка параметризации - отказ карты памяти - I/O -ошибка - коммуникационная ошибка
x	x	0	x	x	Выполняется задание форсирования (force). WinLC PN V1.1: всегда выключено WinAC PN-Option V4.1: отсутствует
x	x	x	1	0	CPU в рабочем режиме (RUN)
x	x	x	0/1	x	0.5 Гц: CPU в реж. паузы HOLD 2 Гц: CPU в реж. запуска STARTUP
x	x	x	x	1	CPU в реж. STOP (Стоп), HOLD (Пауза) или STARTUP (Запуск).
0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	Отказ модуля или системный отказ: контроллер должен быть остановлен, перезапущен и затем выполнен сброс. Если WinLC используется как служба, он должен быть остановлен в панели управления Windows, а затем перезапущен.

0: выкл.; 1: вкл.; 0/1: мигает; x: любое состояние

Таблица 5.31 Индикация состояния коммуникационного интерфейса WinLC PN V1.1 и WinAC PN-Option V4.1

BUSF1 красный	BUSF2 красный	BUSF3 красный	BUSF4 красный	Значение
0/1	x	x	x	Отказ станции, или, по крайней мере, к одному ведомому DP-устройству нет доступа
x	0	x	x	Не поддерживается
x	x	0	x	WinLC PN V1.1: отсутствует WinAC PN-Option V4.1: нет поддержки
x	x	x	0	WinLC PN V1.1: отсутствует WinAC PN-Option V4.1: нет поддержки

0: выкл.; 1: вкл.; 0/1: мигает; x: любое состояние

### Индикаторы для Simatic Net CP 343-1 PN

Таблица 5.32 Индикация состояний и отказов CP 343-1 PN

SF красный	RUN зеленый	STOP желтый	Значение
0	0/1	1	CP в реж. STARTUP (Запуск)
0	1	0	CP в реж. RUN (Выполнение)
0	1	0/1	CP в реж. HOLD (Пауза)
0	0	1	CP в реж. STOP (Стоп)
1	0	1	CP в реж. STOP (Стоп). Произошел внутренний отказ. Возможно: в сети имеется два одинаковых IP-адреса.
1	0	0/1	CP ожидает обновления микропрограммы. Шлюз в CP содержит неполную или некорректную микропрограмму.
0	0	0/1	CP готов начать загрузку микропрограммы. Данный режим активен в течение 10 с после включения питания при переключателе в положении STOP.
0/1	0/1	0/1	Отказ модуля или системный отказ. CP должен быть выключен и затем вновь включен.

0: выкл.; 1: вкл.; 0/1: мигает; x: любое состояние

Индикаторы для отображения состояния Ethernet-коммуникаций имеются на передней панели CP и на гнезде RJ45 порта для Industrial Ethernet (см. табл. 5.33).

Таблица 5.33 Индикация состояний коммуникационного интерфейса CP 343-1 PN

<b>FD</b> зеленый	<b>FAST</b> зеленый	<b>LINK</b> зеленый	<b>RX/TX</b> зеленый	<b>Значение</b>
0	x	x	x	Режим полудуплекс (half-duplex)
1	x	x	x	Режим полный дуплекс (full-duplex)
x	0	x	x	Режим порта 10 Мбит/с
x	1	x	x	Режим порта 100 Мбит/с
x	x	0	x	Нет связи с Ethernet-сетью
x	x	1	x	Есть связь с Ethernet-сетью
x	x	x	0/1	Порт передает/принимает данные по сети Ethernet

0: выкл.; 1: вкл.; 0/1: мигает; x: любое состояние

### Индикаторы для маршрутизатора Simatic Net router IE/PB-Link

Светодиодные индикаторы для отображения состояний и отказов имеются на передней панели маршрутизатора IE/ PB-Link (см. таблицы 5.34 и 5.35).

Таблица 5.34 Индикация состояний и отказов маршрутизатора IE/PB-Link

<b>SF</b> красный	<b>BUSF</b> красный	<b>RUN</b> зеленый	<b>STOP</b> желтый	<b>Значение</b>
0	0	0/1	1	IE/PB-Link в реж. STARTUP (Запуск)
0	0	1	0	IE/PB-Link в реж. RUN (Выполнение)
0	0	1	0/1	IE/PB-Link в реж. HOLD (Пауза)
0	0	0	1	IE/PB-Link в реж. STOP (Стоп)
0	1	1	0	IE/PB-Link в реж. RUN (Выполнение). Произошел отказ в Profibus или некорректна Profibus-конфигурация.
0	0/1	1	0	IE/PB-Link в реж. RUN (Выполнение). Отказ, по крайней мере, одного ведомого DP-устройства.
1	0	0	1	IE/PB-Link в реж. STOP (Стоп). Произошел отказ.

<b>SF</b> красный	<b>BUSF</b> красный	<b>RUN</b> зеленый	<b>STOP</b> желтый	<b>Значение</b>
1	1	0	0/1	IE/PB-Link ожидает обновления микропрограммы. Шлюз в IE/PB-Link содержит неполную или некорректную микропрограмму.
0/1	0	0	0	IE/PB-Link готов начать загрузку микропрограммы. Данный режим активен в течение 10 с после включения питания при переключателе в положении STOP.
0	0	0/1	0	Микропрограмма загружается в IE/PB-Link.
0/1	0/1	0/1	0/1	Отказ модуля или системный отказ. IE/PB-Link должен быть выключен и затем вновь включен.

0: выкл; 1: вкл.; 0/1: мигает; x: любое состояние

Индикаторы для отображения состояния Ethernet-коммуникаций имеются на передней панели IE/PB-Link и на гнезде RJ45 порта для Industrial Ethernet.

Таблица 5.35 Индикация состояний коммуникационного интерфейса IE/PB-Link

<b>FD</b> зеленый	<b>FAST</b> зеленый	<b>LINK</b> зеленый	<b>RX/TX</b> зеленый	<b>Значение</b>
0	x	x	x	Режим полудуплекс (half-duplex)
1	x	x	x	Режим полный дуплекс (full-duplex)
x	0	x	x	Режим порта 10 Мбит/с
x	1	x	x	Режим порта 100 Мбит/с
x	x	0	x	Нет связи с Ethernet-сетью
x	x	1	x	Есть связь с Ethernet-сетью
x	x	x	0/1	Порт передает/принимает данные по сети Ethernet

0: выкл; 1: вкл.; 0/1: мигает; x: любое состояние

## **6 Profinet-интерфейсы пользовательской программы в Simatic S7**

Программное обеспечение для программирования в STEP 7 предоставляет различные возможности для создания структуры пользовательской программы для системы автоматизированного управления Simatic S7 и разбиения ее на отдельные программы для отдельных компонентов. Это дает следующие преимущества:

- Обеспечивается более простое и удобное программирование сложных программ.
- Отдельные программные компоненты могут быть легко стандартизированы.
- Упрощается организация программы в целом.
- Упрощается процесс выполнения изменений в программе.
- Упрощается поиск ошибок в программе, благодаря тому, что отладка может быть выполнена по частям.
- Упрощается отладка программы в целом.

Языки программирования Simatic, интегрированные в STEP 7, отвечают стандарту DIN EN 61131-3. Технологии Profinet CBA и Profinet IO поддерживаются системой STEP 7 версии V5.3 и более поздними версиями. Основной пакет программного обеспечения обеспечивает работу под управлением операционных систем Microsoft Windows 2000, Professional и XP Professional.

## 6.1 ОСНОВЫ

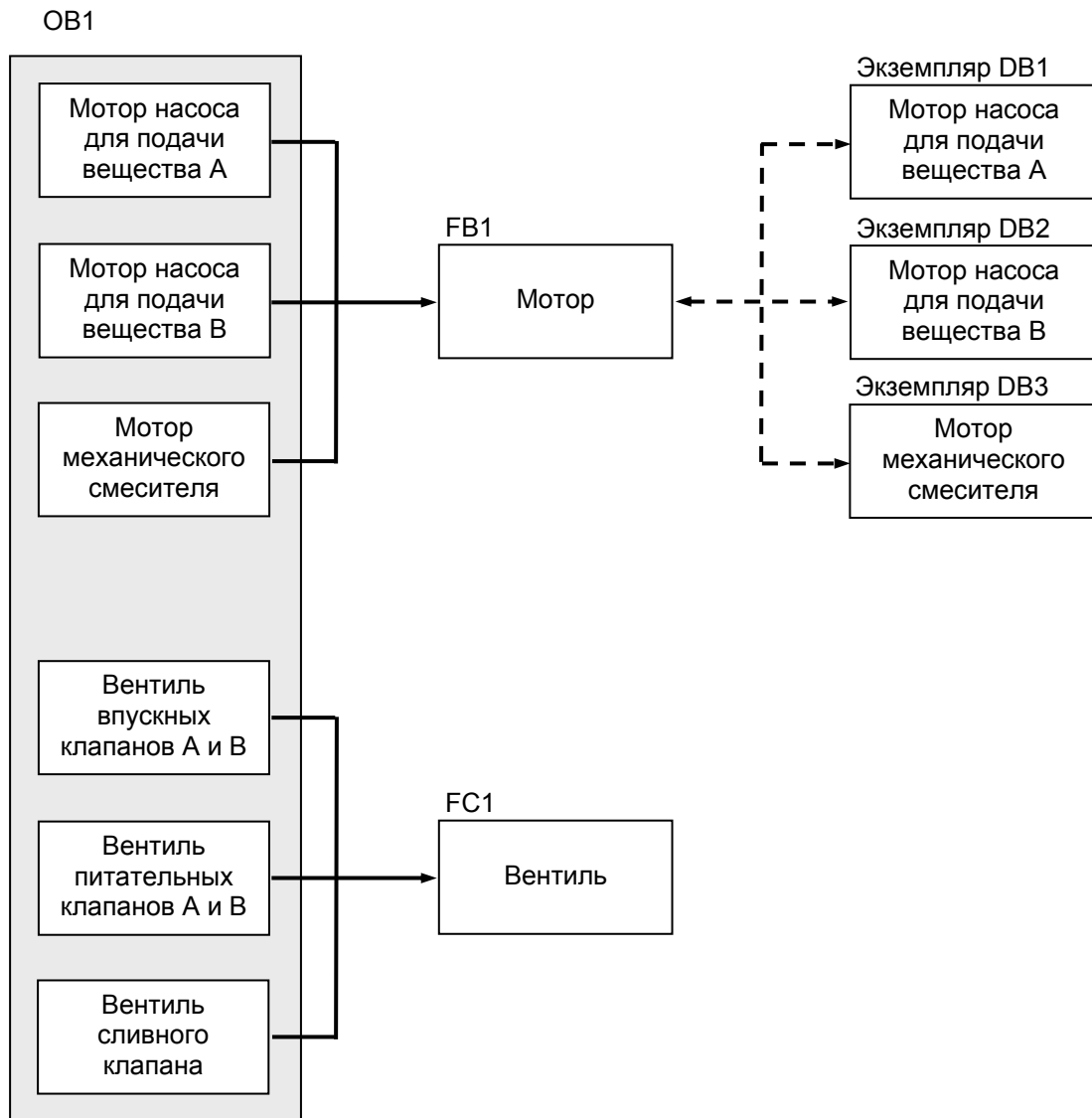
Программные части структурированной пользовательской программы называются блоками. Типы блоков, представленные в таблице 6.1, могут использоваться для создания структуры пользовательской S7-программы.

Таблица 6.1 Типы блоков в Simatic S7

Блок	Сокращение	Функция
Организационный блок	OB	Определяет структуру пользовательской программы
Системный функциональный блок	SFB	Блоки, интегрированные в Simatic S7 CPU и обеспечивающие доступ к важнейшим системным функциям
Системная функция	SFC	Блоки, интегрированные в Simatic S7 CPU и обеспечивающие доступ к важнейшим системным функциям
Функциональный блок	FB	Блоки, программируемые пользователем, и обладающие "памятью"
Функция	FC	Блоки, содержащие подпрограммы, используемые для частого вызова определенных функций
Экземплярный блок данных	Instance DB	Блоки данных, которые автоматически назначаются функциональным блокам FB или SFC при вызове
Блок данных	DB	Блоки данных, области данных, которые назначаются для хранения пользовательских данных

OB, FB, SFB, FC и SFC содержат программные компоненты и, следовательно, называются также программными блоками (блоками, содержащими код). Максимальное число блоков каждого вида и максимальный размер блоков зависит от типа процессора Simatic CPU, на котором должна выполняться пользовательская программа.

Структура программы определяется тем, как пользователь распределяет код между различными программными блоками и иерархией вызовов программных блоков (Рис. 6.1).



ОВ1:	ОВ 1 - это основная программа и интерфейс с ОС CPU. Блоки FB 1 и FC 1 вызываются в ОВ 1, при этом для управления процессом передаются необходимые параметры.
FB1:	Моторами подающих насосов для вещества А, вещества В и смесителя можно управлять с помощью одного FB-блока, так как требования для управления моторами одинаковы (включение, выключение, счетчик операций, и т.д.).
Instance DB:	Текущие параметры и статические данные для управления моторами подающих насосов для вещества А, вещества В и смесителя различны, и поэтому они соответственно должны храниться в трех DB, назначенных FB 1.
FC1:	Для вентилей впускных и питательных клапанов для веществ А и В и сливного клапана используют общий программный блок, так как для функций для открывания и закрывания клапанов достаточно одной функции FC.
ОВ1:	ОВ 1 - это основная программа и интерфейс с ОС CPU. Блоки FB 1 и FC 1 вызываются в ОВ 1, при этом для управления процессом передаются необходимые параметры.

Рис. 6.1 Пример иерархии вызовов блоков

## 6.1.1 Организационные блоки

Имеется ряд организационных блоков (ОВ), предназначенных для использования в пользовательских программах для Simatic S7 CPU. ОВ-блоки являются "интерфейсом" между пользовательской программой и операционной системой CPU. Они поддерживают управляемые событиями обработку программных компонентов пользовательской программы. Стартовые события, которые инициируют вызов определенного ОВ-блока, называются также сообщениями (alarm). Например, прием диагностических сообщений, выдаваемых полевым устройством, или инициированных отказом этого устройства, приводит к вызову соответствующего организационного блока ОВ, зарезервированного для такого события.

Так как инициированный событием вызов ОВ-блока часто означает, что обрабатываемый в текущий момент ОВ-блок будет прерван, то для организации порядка обработки ОВ-блоков применяются так называемые приоритетные классы. Приоритеты могут принимать значения от 0 до 29, при этом приоритету 0 соответствует самый низкий приоритет, а приоритету 28 - наивысший приоритет. Приоритетный класс 29 соответствует приоритетному классу 0. Приоритетные классы 27 и 28 имеют значение только во время запуска (выполнение блоков ОВ 100-102).

ОВ-блоки с одинаковым приоритетом выполняются последовательно, в соответствии с порядком их вызова. Приоритетные классы задаются в соответствии с используемым CPU и в зависимости от применяемых ОВ-блоков (см. табл. 6.2).

Таблица 6.2 Приоритетные классы для ОВ-блоков

ОВ	Стартовое событие	Приоритетный класс	Примечание
1	Окончание запуска (startup) или окончание обработки ОВ 1	1	Свободный цикл
10-17	Прерывания по времени суток Time-of-day interrupts 0 - 7	2	Время по умолчанию не задано
20-23	Прерывания с временной задержкой Time delay interrupts 0 - 3	3-6	Время по умолчанию не задано
30	Прерывание от датчика Watchdog interrupt 0	7	По умолчанию: 5-ти секундный цикл
31	Прерывание от датчика Watchdog interrupt 1	8	По умолчанию: 2-х секундный цикл
32	Прерывание от датчика Watchdog interrupt 2	9	По умолчанию: 1-секундный цикл



ОВ	Стартовое событие	Приоритетный класс	Примечание
33	Прерывание от датчика Watchdog interrupt 3	10	По умолчанию: 500-миллисекундный цикл
34	Прерывание от датчика Watchdog interrupt 4	11	По умолчанию: 200-миллисекундный цикл
35	Прерывание от датчика Watchdog interrupt 5	12	По умолчанию: 100-миллисекундный цикл
36	Прерывание от датчика Watchdog interrupt 6	13	По умолчанию: 50-миллисекундный цикл
37	Прерывание от датчика Watchdog interrupt 7	14	По умолчанию: 20-миллисекундный цикл
38	Прерывание от датчика Watchdog interrupt 8	15	По умолчанию: 10-миллисекундный цикл
40-47	Аппаратное прерывание Hardware interrupt 0-7	16-23	
55	Прерывание состояния Status interrupt	2	DPV1 - сообщения
56	Прерывание обновления Update interrupt		
57	Прерывание изготовителя Manufacturer interrupt		
60	Прерывание мультипроцессорной обработки Multicomputing interrupt	25	Вызов SFC 35 "MP_ALM"
61-64	Синхронные циклические прерывания Synchronous cycle interrupts 1-4	25	
65	Прерывание технологической синхронизации Technology synchronization interrupt	25	
70	Прерывание обработки ошибки резервирования I/O I/O redundancy error	25	Только в Н-системах
72	Прерывание обработки ошибки резервирования CPU CPU redundancy error	28	
73	Прерывание обработки ошибки резервирования коммуникаций Communication redundancy error	25	
80	Временная ошибка Time error	26/28	Асинхронные ошибки

ОВ	Стартовое событие	Приоритетный класс	Примечание
81	Отказ источника питания Power supply fault	26/28 для S7-300	Асинхронные ошибки
82	Диагностическое прерывание Diagnostic interrupt	25/28 для S7-400	
83	Прерывание вставки/удаления модуля Insert/remove module interrupt	25/28 для CPU 318	
84	Отказ аппаратуры CPU CPU hardware fault		
85	Программная ошибка Program error		
86	Отказ модуля расширения, ведущей DP-системы или станции в системе распределенных I/O		
87	Коммуникационная ошибка Communication error		
88	Прерывание обработки Processing interrupt	28	
90	Теплый (warm) рестарт или холодный (cold) рестарт или удаление блока, обрабатываемого в ОВ 90 или загрузка ОВ 90 в CPU или конец ОВ 90	29	Цикл фоновой обработки
100	Теплый (warm) рестарт	27	Запуск (Startup)
101	Горячий (hot) рестарт		
102	Холодный (cold) рестарт		
121	Ошибка программирования Programming error	Приоритетный класс ОВ, в котором возникла ошибка	Синхронные ошибки
122	Ошибка доступа к входам/выходам I/O access error		

## 6.1.2 Функциональные блоки

Функциональные блоки (FB) программируются пользователем. FB-блок - это блок "с памятью", в качестве которой FB-блоку назначается так называемый экземплярный блок данных (instance DB). Параметры, передаваемые в FB, а также статические переменные, сохраняются в экземплярном DB. Временные переменные сохраняются в L-стеке (стеке локальных данных), т.е. во внутренней памяти CPU для хранения временных данных.

После обработки FB-блока данные из экземплярного DB-блока не теряются в отличие от данных из L-стека, которые не сохраняются.

FB-блок содержит программу, которая всегда выполняется после вызова данного FB-блока из другого программного блока. FB-блоки облегчают программирование часто повторяющихся сложных функций.

## 6.1.3 Функции

Функции (FC) - это также блоки, программируемые пользователем, но при этом "не имеющие памяти". Параметры, которые передаются в функцию, временно хранятся в L-стеке и не сохраняются после обработки FC. Для хранения данных могут использоваться глобальные блоки данных (global data block).

Функции FC содержат программы, которые выполняются при вызове этой функции из другого программного блока. FC используются:

- для возвращения значения функции в вызывающий блок (пример: математические функции)
- для выполнения технологических функций.

## 6.1.4 Блоки данных

В отличие от программных блоков блоки данных (DB-блоки) не содержат выражений STEP 7. DB-блоки используются для хранения данных пользователя, т.е. значений переменных, которые обрабатываются в пользовательской программе.

Глобальные блоки данных служат для обеспечения всех других блоков данными пользователя.

Интерфейсные DB-блоки назначаются для FB-блоков для передачи параметров. Текущие параметры и статические данные FB-блока сохраняются в экземплярном DB. Переменные, объявленные в FB-блоке, определяют структуру экземплярного DB. Термин "экземпляр" ("Instance") означает вызов функционального блока. Например, если функциональный блок вызывается 5 раз в S7-программе, то для него имеется 5 экземпляров.

Блоки данных могут иметь различный размер. При этом максимальный размер блока данных определяется параметрами CPU.

### 6.1.5 SFC и SFB

Системные функции (SFC) и системные функциональные блоки (SFB) являются функциями, интегрированными в операционную систему процессоров Simatic S7 CPU. Кроме того SFC-функции часто неявным образом вызываются в SFB-блоках. И SFC-функции, и SFB-блоки могут вызываться в пользовательской программе как обычные функции и функциональные блоки. SFC-функции и SFB-блоки используются для выполнения множества важных системных функций для Profinet IO и Profibus DP.

#### Основное назначение некоторых параметров SFC и SFB

Назначение и функции некоторых параметров SFC одинаковы для всех вызовов SFC-функций, описанные ниже. Это в частности касается параметров REQ, BUSY, LADDR и RET\_VAL.

##### *Параметр REQ*

Входной параметр REQ (от REQuest [запрос]) используется исключительно для запуска определенной системной функции. Запрос инициируется, если выполняется условие: REQ = 1.

Асинхронные SFC-функции могут потребовать нескольких циклов CPU для обработки. В таком случае параметр BUSY ("Занят") должен приниматься в расчет при организации вызовов (см. табл. 6.3). Во время обработки запроса значение параметра REQ считывается асинхронной функцией.

Таблица 6.3 Различные случаи при вызове асинхронной функции

№ п/п	Вызовов	REQ	BUSY	RET_VAL	Примечание
1	1	1	1	W#16#7001	При наличии свободных системных ресурсов и корректной инициализации входных параметров
			0	Код ошибки (Error code)	При временной занятости системных ресурсов или при наличии ошибок во входных параметрах
2	2-n	0 или 1	1	W#16#7002	Запрос все еще обрабатывается
3	n	0 или 1	0	=0	Обработка запроса закончена без ошибок
			0	<0	Код ошибки (Error code)
			0	>0	SFC 13 "DPNRM_DG", SFC 67 "X_GET", SFC 72 "I_GET": Количество выданных данных в байтах.  SFC 59 "RD_REC": Длина фактически переданной записи, если целевая область больше, чем длина переданной записи.

**Параметр BUSY**

Параметр BUSY в асинхронных функциях показывает состояние обработки запроса, т.е. продолжает ли выполняться обработка запроса, или эта обработка уже завершена.

**Параметр LADDR**

Параметр LADDR всегда содержит логический адрес. Это может быть, например, стартовый адрес входного/выходного модуля или диагностический адрес распределенного полевого прибора. Логические адреса для входов/выходов в LADDR - всегда в шестнадцатеричном формате, а логические адреса в HW-Config всегда представлены в десятичном формате.

**Параметр (BIE bit)**

Параметр BIE-бит (Binary result bit) - это восьмой бит в слове состояния Simatic S7 CPU. Для SFC-функции значение "0" в параметре BIE показывает, что произошла ошибка при ее обработке. И если значение "0" содержится в параметре BIE, то соответствующие выходные параметры SFC-функции не могут быть считаны.

### Параметр RET\_VAL

Некоторые SFC-функции имеют выходной параметр RET\_VAL (от **Return Value** - возвращаемое значение). Этот параметр устанавливается системной функцией и тем самым обеспечивает информацию о том, успешно ли выполнена функция или нет (см. табл. 6.4). В случае ошибки возвращаемое значение содержит:

- общий код ошибки, который может относиться к любой системной функции (см. рис. 6.2) или
- специальный код ошибки для этой SFC-функции, который относится только к соответствующей системной функции (см. рис. 6.3).

Бит	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	№ параметра, вызвавшего ошибку (параметр 1 ... параметр 111)								№ события (0 ... 127)							

Рис. 6.2 Кодировка параметра RET\_VAL при кодировании общей ошибки

Бит	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	1	0							1	Класс ошибки (0 ... 7)			Отдельная ошибка (0 ... 15)			

Рис. 6.3 Кодировка параметра RET\_VAL при кодировании специального кода ошибки

Таблица 6.4 Общие коды ошибок, возвращаемые для параметра RET\_VAL

Код ошибки (W#16#...)	Значение
8x7F	Внутренняя ошибка: Данный код ошибки сообщает о внутренней ошибке в параметре x. Данная ошибка не вызывается пользователем; она также не может быть устранена пользователем.
8x01	Индицируется некорректный синтаксис в параметре ANY

Код ошибки (W#16#...)	Значение
8x22	Ошибка размера при считывании параметра.
8x23	Ошибка размера при записи параметра. Данный код ошибки показывает, что параметр x полностью или частично вышел за допустимые границы рабочего диапазона, или что размер битового массива для параметра ANY не кратна 8.
8x24	Ошибка размера при считывании параметра.
8x25	Ошибка размера при записи параметра. Данный код ошибки показывает, что параметр x находится в диапазоне, который не допустим для системной функции. В описании данной функции должны быть определены области, недопустимые для нее.
8x26	Данный параметр содержит число, которое слишком велико для временной области. Данный код ошибки показывает, что временная область, указанная в параметре x не существует.
8x27	Данный параметр содержит число, которое слишком велико для временной области (ошибка значения счетчика). Данный код ошибки показывает, что временная область, указанная в параметре x не существует.
8x28	Ошибка выравнивания (Alignment error), при считывании параметра.
8x29	Ошибка выравнивания (Alignment error), при записи параметра. Данный код ошибки показывает, что ссылка на параметр x является операндом, битовый адрес которого не равен 0.
8x30	Данный параметр находится в защищенном от записи глобальном DB.
8x31	Данный параметр находится в защищенном от записи экземплярном DB (instance DB). Данный код ошибки показывает, что параметр x находится в защищенном от записи блоке данных. Если блок данных открыт собственно системной функцией, то эта системная функция всегда возвращает значение W#16#8x30.
8x32	Данный параметр содержит некорректный (слишком большой) номер DB-блока (ошибка номера DB-блока).
8x34	Данный параметр содержит некорректный (слишком большой) номер FC-функции (ошибка номера FC-функции).
8x35	Данный параметр содержит некорректный (слишком большой) номер FB-блока (ошибка номера FB-блока). Данный код ошибки показывает, что параметр x содержит номер, который больше, чем максимально допустимый номер блока.
8x3A	Данный параметр содержит номер DB-блока, который не был загружен.
8x3C	Данный параметр содержит номер FC-функции, которая не была загружена.
8x3E	Данный параметр содержит номер FB-блока, который не был загружен.

Код ошибки (W#16#...)	Значение
8x42	При попытке системы считать параметр из таблицы входов I/O-области произошла ошибка доступа.
8x43	При попытке системы записать параметр в таблицу выходов I/O-области произошла ошибка доступа.
8x44	Произошла очередная ошибка при n-ой (n > 1) попытке считывания после первого проявления ошибки.
8x45	Произошла очередная ошибка при n-ой (n > 1) попытке записи после первого проявления ошибки. Данный код ошибки показывает, что отказано в доступе к требуемому параметру.

### Области памяти, используемые при вызове SFC/SFB -блоков

Специальные идентификаторы ID используются для описания вызовов SFC/SFB для областей памяти, используемой в Simatic S7 CPU (табл. 6.5).

Таблица 6.5 Области памяти для параметров SFC/SFB

Тип	Область памяти	Размерность	
I	Process input image (Область отображения входов процесса)	Bit:	Input бит
		IB:	Input byte байт
		IW:	Input word слово
		ID:	Input doubleword двойное слово
Q	Process output image (Область отображения выходов процесса)	Bit:	Output бит
		QB:	Output byte байт
		QW:	Output word слово
		QD:	Output doubleword двойное слово
F	Bit memory (Область меркеров)	Bit:	Bit memory бит
		MB:	Memory byte байт
		MW:	Memory word слово
		MD:	Memory doubleword двойное слово
D	Data block (Блок данных)	Bit:	Data bit бит
		DBB:	Data byte байт
		DBW:	Data word слово
		DBD:	Data doubleword двойное слово
L	Local data (Локальные данные)	Bit:	Local data bit бит
		LB:	Local data byte байт
		LW:	Local data word слово
		LD:	Local data doubleword двойное слово



## 6.1.6 Записи (Records)

Системные данные и параметры сохраняются в модулях Simatic S7 в виде записей (record). Записи нумеруются от 0 до максимального номера 240, при этом не каждый модуль может иметь весь объем записей. В зависимости от типа модуля имеются системные области, которые могут быть адресованы из пользовательской программы только в операциях чтения данных или только в операциях записи данных.

Чтобы достичь стандартной функциональности для одновременного использования приложений для Profnet IO и Profibus DP, в дальнейшем не допускается использовать все SFC-функции для Profibus DP прежним способом. Тем не менее, эти SFC-функции могут быть заменены или эмулированы другими SFC-функциями и SFB-блоками, некоторые из которых в систему введены впервые. Выше изложенное представлено в таблицах 6.6 и 6.7.

Таблица 6.6 Записи, которые могут быть записаны для Simatic S7 - модулей

№ записи	Содержит	Размер	Запись с помощью	Примечание
0	Параметры	S7-300: 2-14 байтов	SFB 53 "WRREC" SFB 81 "RD_DPAR"	S7-400
1	Параметры	S7-300: 2-14 байтов	SFB 53 "WRREC" SFB 81 "RD_DPAR"	DS0 + DS1 = 16 байтов
2-127	Пользовательские данные	не более 240 байтов	SFB 53 "WRREC" SFB 81 "RD_DPAR"	-
128-240	Параметры	не более 240 байтов	SFB 53 "WRREC" SFB 81 "RD_DPAR"	-

Таблица 6.7 Записи, которые могут быть считаны для Simatic S7 - модулей

№ записи	Содержит	Размер	Запись с помощью	Примечание
0	Собственная диагностика модуля	4 байта	SFC 51 "RDSYSST" _ID: 00B1h SFB 52 "RDREC"	
1	Собственная диагностика канала	S7-300: 16 байтов S7-400: 4-220 байтов	SFC 51 "RDSYSST" _ID: 00B2h 00B3h SFB 52 "RDREC"	Включая DS0

№ записи	Содержит	Размер	Запись с помощью	Примечание
2-127	Пользовательские данные	не более 240 байтов	SFB 52 "RDREC"	
128-240	Диагностические данные	не более 240 байтов	SFB 52 "RDREC"	

В Profmet IO рамки записей расширяются дополнительными двумя типами диагностических записей (см. также табл. 6.8).

Таблица 6.8 Важнейшие диагностические записи для Profmet IO

№ записи	Содержание	Размер
800Ah	Диагностика канала для слота submodule	16-65535
800Bh	Диагностика производителя канала для слота submodule (UP)	
800Ch	Диагностика производителя канала для слота submodule (UP и DOWN)	
C00Ah	Диагностика канала для слота	
C00Bh	Диагностика производителя канала для слота (UP)	
C00Ch	Диагностика производителя канала для слота (UP и DOWN)	
E002h	Имеется разница между ожидаемой и фактической конфигурациями IO-прибора, назначенного IO-контроллеру	32-65535
E00Ah	Диагностика для каналов IO-прибора, назначенного IO-контроллеру	22-65535
E00Bh	Диагностика производителя канала для каналов IO-прибора, назначенного IO-контроллеру (UP)	16-65535
E00Ch	Диагностика производителя канала для каналов IO-прибора, назначенного IO-контроллеру (UP и DOWN)	
F00Ah	Диагностика каналов для IO-прибора	22-65535
F00Bh	Диагностика производителя канала для IO-прибора (UP)	16-65535
F00Ch	Диагностика производителя канала для IO-прибора (UP и DOWN)	
BFF0h - BFF h	Производитель, заказной №, выпуск продукта, версия и т.п.	6-65535

Диагностические записи для каналов (channel diagnostics record) отображаются, если канал показывает ошибку и/или выдает сообщение. Если ошибки нет, то возвращается диагностическая запись, имеющая нулевую длину. Одновременно могут быть показаны до 400 ошибок каналов.

Структура и размеры диагностических записей от производителей зависит от конкретного производителя. Информация, содержащаяся в этих записях, может быть найдена в GSDML -файле соответствующего прибора.

Каждый запущенный процесс передачи записи занимает память Simatic S7 CPU для асинхронной обработки запросов. Если одновременно имеется несколько активных запросов, то поддерживается режим, при котором эти запросы не оказывают никакого влияния друг на друга, притом, что все запросы должны обрабатываться корректно. Тем не менее, максимальное число одновременно обрабатываемых запросов для разных CPU отличается, в зависимости от типа последних. Эта информация может быть получена из справочных данных по техническим характеристикам соответствующих CPU. Если число одновременно обрабатываемых запросов достигает максимального значения для Вашего CPU, тогда в возвращаемом значении функции, для параметра RET\_VAL, выдается соответствующий код ошибки. В таком случае последний запрос должен быть инициирован снова.

Параметры, представленные в записях, могут быть статическими (static) или динамическими (dynamic). Статические параметры, например, задержка входного сигнала (input delay) модуля ввода дискретных сигналов, могут быть запрограммированы с использованием STEP 7. В отличие от этого динамические параметры, такие как предел (limit) для модуля ввода аналоговых сигналов могут быть модифицированы в процессе работы с использованием вызовов соответствующей SFC-функции.

## 6.2 Программные интерфейсы для Profinet IO

С точки зрения пользовательской программы управление распределенными входами/выходами (I/O), подключенными к системе Simatic S7, аналогично управлению централизованными I/O. Это справедливо как для Profibus DP, так и для Profinet IO. Обмен данными производится посредством областей отображения входов (input image) и выходов (output image) Simatic S7 CPU или с помощью использования команд для прямого доступа к входам / выходам из пользовательской программы. Исключение: коммуникации посредством некоторых коммуникационных процессоров Simatic Net CP как IO-контроллеров требуют использования специальных функций.

Для считывания сигналов процесса, диагностических сигналов, а также управления имеются соответствующие интерфейсы и функции. Более того, Simatic S7 CPU обеспечивает репараметризацию распределенных I/O из пользовательской программы.

Обмен данными с распределенной периферией, использующий более сложные функции и структуры данных, не возможен с применением простых операций доступа к I/O по причине необходимости сохранения консистентности данных. В системе Simatic S7 имеются специальные системные функции.

В данной главе рассматриваются функции и интерфейсы пользовательских программ для Simatic S7 CPU, которые предназначены для использования с Profinet IO. В данной главе подробно описываются программные блоки пользователя системы Simatic S7; тем не менее, здесь описываются в сравнении с Profibus DP только новые их параметры, имеющие важное значение при использовании Profinet IO.

### 6.2.1 Организационные блоки в Profinet IO

При использовании Profinet IO в общем случае все организационные блоки могут использоваться как прежде. Новые особенности имеются только в блоке OB 83 Insert/Remove module interrupt (прерывание вставки/удаления модуля) и блоке OB 86 Rack failure (отказ стойки) с точки зрения обработки прерывания (см. табл. 6.9). Теперь можно использовать OB 83 с процессором Simatic S7 CPU 31x-2PN/DP для обработки прерываний "вставки/удаления модуля" при использовании Profinet IO; кроме того, и в OB 83, и OB 86 обновлена информация об ошибках.

Таблица 6.9 OB 83 и OB 86 для Profinet IO и Profibus DP

OB	Функция	Profinet IO	Profibus DP
83	Обработка прерывания вставки / удаления модуля	Возможно для S7-300 Обновлена информация об ошибках	Не возможно для S7-300
86	Обработка отказа стойки	Обновлена информация об ошибках	Без изменений

### Прерывание вставки / удаления модуля (OB 83)

Операционная система CPU вызывает OB 83 в случаях:

- если сконфигурированный модуль был вставлен или удален, или
- если в процессе работы были изменены параметры модуля, при загрузке в CPU в режиме RUN (CiR - **C**onfiguration in **R**UN - конфигурирование в режиме выполнения).

Вызов OB 83 запрещен (disable) и вновь разрешен (enable) путем вызова SFC 39 "DIS\_IRT" (**DIS**able InterRupT), SFC 40 "EN\_IRT" (**EN**able InterRupT), SFC 41 "DIS\_AIRT" (**DIS**able **A**larm InterRupT) и SFC 42 "EN\_AIRT" (**EN**able **A**larm InterRupT).

При каждой операции удаления или вставки в режимах RUN (Выполнение), STOP (Стоп) и STARTUP (Запуск) инициируется прерывание удаления/вставки модуля (insert/remove module). "Горячая" замена модулей источников питания, CPU, преобразователей и интерфейсных модулей (IM) не допускается.

Прерывание удаления/ вставки модуля приводит к записи в диагностический буфер и в список состояний системы (SSL - **s**ystem **s**tatus **l**ist) соответствующего CPU. В режиме выполнения RUN, кроме того, запускается блок OB 83. Если этот OB-блок не запрограммирован, то CPU переходит в состояние STOP (Стоп).

В дублированной системе с CPU серии Simatic S7-400 и Simatic S7 CPU 318 отслеживается "горячая" замена модулей. Для того чтобы CPU могли распознать событие "горячей" замены, допускается минимальный период между удалением и вставкой модуля S7-400, равный 2 секунды. Для других CPU этот минимальный период может быть несколько больше.

При вставке модуля в сконфигурированный слот в режиме выполнения RUN операционная система проверяет, согласуется ли тип вставленного модуля с конфигурацией. После этого запускается блок OB 83. Далее, если тип вставленного модуля согласуется со сконфигурированным типом, выполняется параметризация.

"Горячая" замена централизованных I/O-модулей для S7-300 CPU не допускается. Исключением являются следующие модули:

- Simatic S7 CPU 31x PN/DP поддерживают прерывания удаления/вставки модулей (insert/remove module interrupt) только для Profinet IO - компонентов.
- Simatic S7 CPU IM151-7 поддерживают прерывания удаления/вставки модулей (insert/remove module interrupt) только для централизованных I/O-модулей.

Локальные данные блока OB 83 представлены в таблице 6.10.

Таблица 6.10 Локальные данные блока OB 83

Переменная	Тип данных	Описание
OB83_EV_CLASS	BYTE	Класс и ID события: V#16#32: Окончание репараметризации модуля V#16#33: Старт репараметризации модуля V#16#38: Модуль вставлен V#16#39: Модуль удален или не обеспечивает доступа, или окончание репараметризации
OB83_FLT_ID	BYTE	Код ошибки; возможные значения: V#16#51, V#16#54, V#16#55, V#16#56, V#16#58, V#16#61, V#16#63, V#16#64, V#16#65, V#16#66, V#16#67, V#16#68, V#16#84
OB83_PRIORITY	BYTE	Приоритетный класс, может быть переназначен с помощью STEP 7
OB83_OB_NUMBR	BYTE	83
OB83_RESERVED_1	BYTE	ID для модуля или submodule / интерфейсного модуля
OB83_MDL_ID	BYTE	Области V#16#54: I/O - область для входов (PII) V#16#55: I/O - область для выходов (PIQ)
OB83_MDL_ADDR	WORD	Центральная стойка и Profibus DP: Логический базовый адрес связанного модуля или наименьший логический адрес модуля при использовании гибридного модуля. Если логические входные и выходные адреса гибридного модуля одинаковы, то в качестве логического базового адреса назначается адрес входа.  Profinet IO: Логический базовый адрес модуля/submodule.

Переменная	Тип данных	Описание
OB83_RACK_NUM	WORD	<p>OB83_RESERVED_I =B#16#A0:            Номер submodule или номер интерфейсного модуля (младший байт)            OB83_RESERVED_I=B#16#A0:            Центральная стойка:            Номер стойки (Number of rack)            Распределенные устройства:            ProfibusDP:            Номер DP-станции (Number of DP station) (младший байт) и ID системы ведущего (master) DP-устройства (старший байт)            ProfinetIO:            Физический адрес (Physical address)            Бит 15: ID-бит: 1 (Profinet IO)            Биты 11-14: ID IO-системы            Биты 0-10: Номер станции (Station number)</p>
OB83_MDL_TYPE	WORD	<p>Центральная стойка и Profibus DP:            Тип связанного модуля (X: не имеет значения для пользователя):            W#16#X5XX: Аналоговый модуль (Analog module)            W#16#X8XX: Функциональный модуль (Function module)            W#16#XCXX: CP            W#16#XFXX: Дискретный модуль (Digital module)            ProfinetIO:            W#1 6#8101: Тип вставленного модуля соответствует типу удаленного модуля.            W#1 6#8102: Тип вставленного модуля не соответствует типу удаленного модуля.</p>
OB83_DATE_TIME	DT	Дата и время запроса OB 83

При вызове блока OB 83 переменные OB83\_EV\_CLASS и OB83\_FTL\_ID содержат значения, перечисленные в таблице 6.11.

Таблица 6.11 Значения переменных OB83\_EV\_CLASS и OB83\_FTL\_ID и события, соответствующие этим значениям

OB83_EV_CLASS	OB83_FTL_ID	Событие
V#16#39	V#16#51	Profinet IO -модуль удален
V#16#39	V#16#54	Profinet IO -субмодуль удален
V#16#38	V#16#54	Profinet IO -субмодуль вставлен и соответствует параметризованному субмодулю
V#16#38	V#16#55	Profinet IO -субмодуль вставлен, но не соответствует параметризованному субмодулю
V#16#38	V#16#56	Profinet IO -субмодуль вставлен, но содержит ошибку в параметрах
V#16#38	V#16#58	Устранена ошибка доступа к Profinet IO - субмодулю
V#16#39	V#16#61	Модуль удален или не может быть адресован OB83_MDL_TYPE: Текущий тип модуля
V#16#38	V#16#61	Модуль вставлен и его тип соответствует ожидаемому. OB83_MDL_TYPE: Текущий тип модуля
V#16#38	V#16#63	Модуль вставлен, но его тип не соответствует ожидаемому. OB83_MDL_TYPE: Текущий тип модуля
V#16#38	V#16#64	Модуль вставлен, но неисправен (ID модуля не может быть считан) OB83_MDL_TYPE: Корректный тип модуля
V#16#38	V#16#65	Модуль вставлен, но содержит ошибку в параметрах. OB83_MDL_TYPE: Текущий тип модуля
V#16#39	V#16#66	Модуль не может быть адресован, сбой напряжения питания
V#16#38	V#16#66	Модуль вновь может быть адресован, сбой напряжения питания устранен
V#16#33	V#16#67	Запуск репараметризации модуля
V#16#32	V#16#67	Окончание репараметризации модуля



OB83_EV_CLASS	OB83_FLT_ID	Событие
V#16#39	V#16#68	Репараметризация модуля завершена с ошибкой
V#16#38	V#16#84	Интерфейсный модуль вставлен
V#16#39	V#16#84	Интерфейсный модуль удален

### Отказ стойки (OB 86)

Отказ или устранение отказа центральных устройств расширения Simatic S7-400, системы ведущего (master) DP-устройства или станций с распределенными входами/выходами детектируется операционной системой Simatic S7 CPU, и при этом вызывается блок OB 86. Если блок OB 86 не запрограммирован, то при обнаружении указанных событий CPU переходит в режим STOP. Локальные данные блока OB 86 представлены в таблице 6.12.

Таблица 6.12 Локальные данные блока OB 86

Переменная	Тип данных	Описание
OB86_EV_CLASS	BYTE	Класс и ID события: V#16#38: Уход события (DOWN) V#16#39: Наступление события (UP)
OB86_FLT_ID	BYTE	Код ошибки; возможные значения: V#16#C1, V#16#C2, V#16#C3, V#16#C3, V#16#C5, V#16#C6, V#16#C7, V#16#C8, V#16#CA, V#16#CB, V#16#CC, V#16#CD, V#16#CE
OB86_PRIORITY	BYTE	Приоритетный класс, может быть переназначен с помощью STEP 7 25: приоритет по умолчанию 28: если сигнал приходит в процессе выполнения блоков OB 100-102
OB86_OB_NUMBR	BYTE	86
OB86_RESERVED_1	BYTE	Резерв
OB86_RESERVED_2	BYTE	Резерв
OB86_MDL_ADDR	WORD	Зависит от кода ошибки
OB86_RACK_FLTD	ARRAY [0..31] OF BOOL	Зависит от кода ошибки
OB86_DATE_TIME	DT	Дата и время запроса OB 86

При вызове блока OB 86 переменные OB86\_EV\_CLASS и OB86\_FTL\_ID содержат значения, перечисленные в таблице 6.13.

Таблица 6.13 Значения переменных OB86\_EV\_CLASS и OB86\_FTL\_ID и события, соответствующие этим значениям

OB86_EV_CLASS	OB86_FTL_ID	Событие
V#16#39	V#16#C1	<p>Отказ блока расширения. Если в блоке расширения происходит отказ, то вызывается блок OB 86. Отказы блоков расширения (EU), произошедшие ранее, в дальнейшем не отображаются.</p> <p>OB86_MDL_ADDR: Логический базовый номер интерфейсного модуля (IM)</p> <p>OB86_Z23: Бит 0: 0 Биты 1-21: блок расширения 1-21 (EU 1-21) Биты 22-29: 0 Бит 30: отказ как минимум одного блока расширения серии Simatic S5 Бит 31: 0</p>
V#16#38	V#16#C1	<p>Блок расширения возвращается в систему. Если какой-либо блок расширения возвращается в систему, то об этом событии поступает сообщение. При этом устанавливается бит с соответствующим номером из ряда битов EU 1-21.</p> <p>OB86_MDL_ADDR: Логический базовый номер интерфейсного модуля (IM)</p> <p>OB86_Z23: Бит 0: 0 Биты 1-21: блок расширения 1-21 (EU 1-21) Биты 22-29: 0 Бит 30: отказ как минимум одного блока расширения серии Simatic S5 Бит 31: 0</p>

OB86_EV_CLASS	OB86_FLT_ID	Событие
V#16#38	V#16#C2	<p>Блок расширения возвращается в систему, но при этом возникает рассогласование между ожидаемой и фактической конфигурациями. Если какой-либо блок расширения возвращается в систему, то об этом событии поступает сообщение, устанавливается бит с соответствующим номером из ряда битов EU 1-21. При этом в блоке расширения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- имеются модули с некорректным ID,</li> <li>- отсутствуют сконфигурированные модули,</li> <li>- имеется отказ, по крайней мере, одного модуля</li> </ul> <p>OB86_MDL_ADDR: Логический базовый номер интерфейсного модуля (IM)</p> <p>OB86_Z23: Бит 0: 0 Биты 1-21: блок расширения 1-21 (EU 1-21) Биты 22-29: 0 Бит 30: отказ как минимум одного блока расширения серии Simatic S5 Бит 31: 0</p>
V#16#39	V#16#C3	<p>ProfibusDP: отказ системы ведущего (master) DP-устройства (только входящее событие (UP)).</p> <p>OB86_MDL_ADDR: Логический базовый номер ведущего (master) DP-устройства</p> <p>OB86_Z23: Биты 0-7: Резерв Биты 8-15: ID системы ведущего (master) DP-устройства Биты 16-31: Резерв</p>

OB86_EV_CLASS	OB86_FLT_ID	Событие
B#16#39 B#16#38	B#16#C4	Отказ или возвращение в систему DP-станции OB86_MDL_ADDR: Логический базовый номер ведущего (master) DP-устройства OB86_Z23: Биты 0-7: № DP-станции Биты 8-15: ID системы ведущего (master) DP-устройства Биты 16-30: Логический базовый адрес ведомого (slave) S7-устройства или диагностический адрес для стандартного ведомого (slave) DP- устройства Бит 31: идентификатор I/O
B#16#39 B#16#38	B#16#C5	Отказ или возвращение в систему DP-станции OB86_MDL_ADDR: Логический базовый номер ведущего (master) DP-устройства OB86_Z23: Биты 0-7: № DP-станции Биты 8-15: ID системы ведущего (master) DP-устройства Биты 16-30: Логический базовый адрес ведомого (slave) S7-устройства или диагностический адрес для стандартного ведомого (slave) DP- устройства Бит 31: идентификатор I/O
B#16#38	B#16#C6	Блок расширения возвращается в систему, но при этом имеются ошибки в параметрах модуля. При этом в блоке расширения: - имеются модули с некорректным ID, - имеются ошибки или отсутствуют параметры OB86_MDL_ADDR: Логический базовый номер IM OB86_Z23: Бит 0: 0 Биты 1-21: блок расширения 1-21 (EU 1-21) Биты 22-29: 0 Бит 30: отказ как минимум одного блока расширения серии Simatic S5 Бит 31: 0

OB86_EV_CLASS	OB86_FLT_ID	Событие
V#16#38	V#16#C7	<p>Возвращение в систему DP-станции, но при этом имеются ошибки в параметрах модуля</p> <p>OB86_MDL_ADDR: Логический базовый номер ведущего (master) DP-устройства</p> <p>OB86_Z23: Биты 0-7: № DP-станции Биты 8-15: ID системы ведущего (master) DP-устройства Биты 16-30: Логический базовый адрес ведомого (slave) DP-устройства Бит 31: идентификатор I/O</p>
V#16#38	V#16#C8	<p>Возвращение в систему DP-станции, но при этом имеется рассогласование между ожидаемой и фактической конфигурациями.</p> <p>OB86_MDL_ADDR: Логический базовый номер ведущего (master) DP-устройства</p> <p>OB86_Z23: Биты 0-7: № DP-станции Биты 8-15: ID системы ведущего (master) DP-устройства Биты 16-30: Логический базовый адрес ведомого (slave) DP-устройства Бит 31: идентификатор I/O</p>
V#16#39	V#16#CA	<p>Отказ Profinet IO -системы</p> <p>OB86_MDL_ADDR: Логический базовый адрес IO -контроллера</p> <p>OB86_Z23: Биты 0-10: 0 Биты 11-14: ID IO -системы Бит 15: 1 Биты 16-31: 0</p>

OB86_EV_CLASS	OB86_FLT_ID	Событие
B#16#39 B#16#38	B#16#CB	Отказ или возвращение в систему Profinet IO-станции  OB86_RESERVED_1: B#16#C4: нет других отказавших станций B#16#CF: имеются другие отказавшие станции  OB86_MDL_ADDR: Логический базовый адрес IO -контроллера  OB86_Z23: Биты 0-10: № станции Биты 11-14: ID IO -системы Бит 15: 1 Биты 16-30: логический базовый адрес станции Бит 31: ID I/O
B#16#39 B#16#38	B#16#CC	Отказ Profinet IO-станции или устранение отказа Profinet IO-станции  OB86_RESERVED_1: B#16#C4: нет других отказавших станций B#16#CF: имеются другие отказавшие станции  OB86_MDL_ADDR: Логический базовый адрес IO -контроллера  OB86_Z23: Биты 0-10: № станции Биты 11-14: ID IO -системы Бит 15: 1 Биты 16-30: логический базовый адрес станции Бит 31: ID I/O
B#16#39	B#16#CD	Возвращение в систему Profinet IO-станции, но при этом имеется рассогласование между ожидаемой и фактической конфигурациями.  OB86_MDL_ADDR: Логический базовый адрес IO -контроллера  OB86_Z23: Биты 0-10: № станции Биты 11-14: ID IO -системы Бит 15: 1 Биты 16-30: логический базовый адрес станции Бит 31: ID I/O

OB86_EV_CLASS	OB86_FLT_ID	Событие
B#16#39	B#16#CE	<p>Возвращение в систему Profinet IO-станции, но при этом имеются ошибки в параметрах</p> <p>OB86_MDL_ADDR: Логический базовый адрес IO -контроллера</p> <p>OB86_Z23: Биты 0-10: № станции Биты 11-14: ID IO -системы Бит 15: 1 Биты 16-30: логический базовый адрес станции Бит 31: ID I/O</p>

## 6.2.2 Системные функции и системные функциональные блоки для Profinet IO

Некоторые блоки имеют частично новую реализацию для системы Profinet IO. Так, одна из их особенностей заключается в большем по сравнению с Profibus количестве возможных структур. Эти новые блоки также могут использоваться в системе Profibus.

Далее в таблицах 6.14 - 6.18 для Simatic S7 CPU с интегрированным интерфейсом Profinet представлен обзор:

- новых и существующих системных функций, а также стандартных функций, которые могут использоваться как в Profinet IO, так и в Profibus DP;
- существующих системных функций и стандартных функций, которые должны быть заменены другими функциями при переходе от Profibus DP к Profinet IO;
- системных функций и стандартных функций, которые могут быть эмулированы другими функциями при переходе от Profibus DP к Profinet IO и
- системных функций и стандартных функций, которые могут использоваться в Profibus DP, но не в Profinet IO.

Таблица 6.14 Новые SFC и SFB, которые могут использоваться как в Profinet IO, так и в Profibus DP

Системная функция / функциональный блок	Функция
SFC 70 "GEO_LOG"	Определение стартового адреса модуля
SFC 71 "LOG_GEO"	Определение слота по логическому адресу
SFB 81 "RD_DPAR"	Считывание predetermined параметров

Таблица 6.15 Имеющиеся в настоящее время SFB, которые могут использоваться как в Profinet IO, так и в Profibus DP

Системная функция	Функция
SFB 52 "RDREC"	Считывание записи
SFB 53 "WRREC"	Запись записи
SFB 54 "RALRM"	Считывание сообщения (alarm)

Таблица 6.16 SFC, которые не могут использоваться в Profinet IO, но могут быть заменены аналогичными функциями для Profinet IO

Системная функция	Функция	Может быть заменена функцией
SFC 5 "GADR_LGC"	Определение стартового адреса модуля	SFC 70 "GEO_LOG"
SFC 13 "DPNRM_DG"	Считывание диагностических данных для ведомого (slave) DP-устройства	SFB 54 "RALRM" (на базе события) и SFB 52 "RDREC" (на базе состояния)
SFC 49 "LGC_GADR"	Определение слота по логическому адресу	SFC 71 "LOG_GEO"
SFC 58 "WR_REC"	Запись записи в I/O	SFB 53 "WRREC"
SFC 59 "RD_REC"	Считывание записи в I/O	SFB 52 "RDREC"
SFC 102 "RD_DPARA"	Считывание predetermined параметров	SFB 81 "RD_DPAR"



Таблица 6.17 SFC, которые не могут использоваться в Profinet IO, но могут быть эмулированы соответствующими системными функциональными блоками

Системная функция	Функция	Может эмулироваться функцией
SFC 55 "WR_PARM"	Запись динамических параметров	SFB 53 "WRREC"
SFC 56 "WR_DPARM"	Запись predetermined параметров	SFB 81 "RD_DPAR" и SFB 53 "WRREC"
SFC 57 "PARM_MOD"	Параметризация модуля	SFB 81 "RD_DPAR" и SFB 53 "WRREC"

Таблица 6.18 SFC и SFB, которые не могут использоваться в Profinet IO

Системная функция / функциональный блок	Функция
SFC 7 "DP_PRAL"	Запуск сигнала процесса (process alarm) для ведущего (master) DP -устройства
SFC 11 "DPSYC_FR"	Синхронизация групп ведомых (slaves) DP -устройств
SFC 12 "D_ACT_DP"	Деактивация / активация ведомых (slaves) DP -устройств
SFC 72 "I_GET"	Считывание данных из коммуникационного партнера в своей S7 - станции
SFC 54 "RD_DPARM"	Считывание predetermined параметров
SFC 73 "I_PUT"	Запись данных в коммуникационного партнера в своей S7 - станции
SFC 74 "I_ABORT"	Разъединение имеющегося соединения с коммуникационным партнером в своей S7 - станции
SFB 75 "SALRM"	Посылка сигнала (alarm) в адрес ведущего (master) DP -устройства

### Определение начального адреса модуля с использованием системной функции SFC 70 "GEO\_LOG"

Если слот определенного модуля известен в канале сигнального модуля то системная функция SFC 70 "GEO\_LOG" (преобразование "географического" [GEOgraphical] в "логический" [LOGical] адрес) может использоваться для определения логического начального адреса I/O модуля, то есть самого младшего адреса входа или выхода на основе географического адреса.

Функция SFC 70 "GEO\_LOG" может заменить функцию SFC 5 "GADR\_LGC" и расширить функциональные возможности последней в плане использования в системе Profinet IO (см. таблицы 6.19 и 6.20).

Таблица 6.19 Параметры SFC 70 "GEO\_LOG"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
MASTER	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Идентификатор области (Area ID): 0: Стойки 0-3 (центральный контроллер) 1-31: логический базовый адрес станции 100-115: ID IO-системы
STATION	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Идентификатор области Area ID = 0: Номер стойки Area ID > 0: Номер станции для полевого прибора
SLOT	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Номер слота
SUBSLOT	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Номер слота submodule: 0: нет submodule > 0: номер submodule (только Profinet IO)
RET_VAL	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Возвращаемое значение SFC
LADDR	OUTPUT (выходной)	WORD	I, Q, F, D, L	Логический адрес модуля: Бит 15: 0: адрес входа 1: адрес выхода

Таблица 6.20 Отдельные возвращаемые значения функции SFC 70 "GEO\_LOG"

Код ошибки (W#16#...)	Значение
0000	Нет ошибок
8094	Нет подсетей со сконфигурированным идентификатором SUBNETID
8095	Недопустимое значение в параметре STATION
8096	Недопустимое значение в параметре SLOT
8097	Недопустимое значение в параметре SUBSLOT
8099	Слот не сконфигурирован
809A	Адрес субмодуля для выбранного слота не сконфигурирован
8хху	Информация об общей ошибке, соответствующая коду общей ошибки для параметра RET_VAL

### Определение адреса слота по логическому адресу с помощью системной функции SFC 71 "LOG\_GEO"

Системная функция SFC 71 "LOG\_GEO" (преобразование логического [LOGical] в [GEOgraphical] адрес) преобразует логический адрес I/O в "географический" адрес, и определяет слот, связанный с логическим адресом, а также смещение (offset) для адресного пространства пользовательских данных модуля.

Функция SFC 71 "LOG\_GEO" может заменить функцию SFC 49 "LGC\_GADR" и расширить функциональные возможности последней в плане использования в системе Profinet IO (см. таблицы 6.21 и 6.22).

Таблица 6.21 Параметры SFC 71 "LOG\_GEO"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
LADDR	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	Логический адрес модуля: Бит 15: 0: адрес входа 1: адрес выхода
RET_VAL	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Возвращаемое значение SFC

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
AREA	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Идентификатор области (Area ID): 0: S7-400 1: S7-300 2: Profibus DP, Profinet IO 3: S5 I/O -область 4: S5 I/O -расширенная область 5: S5 IM3 -область 6: S5 IM4-область
MASTER	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Идентификатор области (Area ID): 0-1, 3-6: 0 2: 1-31 / 100-115 1-31: ID системы ведущего (master) DP-системы 100-115: ID Profinet IO -системы
STATION	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Идентификатор области (Area ID): 0-1, 3-6: Номер стойки 2: Номер станции
SLOT	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Идентификатор области (Area ID): 0-1: Номер слота 2: Номер слота в станции 3-6: Номер слота в корпусе адаптера
SUBSLOT	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Номер слота submodule: 0-1, 3-6: 0 3-6: Номер submodule (только Profinet IO)
OFFSET	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Идентификатор области (Area ID): 0-1: Разница между логическим адресом и логическим базовым адресом 2: Смещение для адресного пространства пользовательских данных модуля 3-6: Адрес в S5-х -области

Таблица 6.22 Отдельные возвращаемые значения функции SFC 71 "LOG\_GEO"

Код ошибки (W#16#...)	Значение
0000	Нет ошибок
8090	Заданный логический адрес некорректен
8ххх	Информация об общей ошибке, соответствующая коду общей ошибки для параметра RET_VAL

### Считывание записи с помощью системного функционального блока SFB 52 "RDREC"

Запись с номером INDEX считывается компонентом (модулем), адресованным с помощью идентификатора ID для ведомого (slave) Profibus DP-устройства или Profinet IO-устройства с использованием асинхронного системного функционального блока SFB 52 "RDREC" (**ReaD RECo**rd - считывание записи). В параметре MLEN задается размер записи (в байтах), которую необходимо считать.

Блок SFB 52 "RDREC" обрабатывается асинхронно, то есть обработка может выполняться в нескольких циклах пользовательской программы. Состояние обработки запроса отображается в выходном параметре BUSY и в байтах 2 и 3 выходного параметра STATUS. Байты 2 и 3 параметра STATUS соответствуют выходному параметру RET\_VAL асинхронных SFC-функций.

Интерфейс блока SFB 52 "RDREC" идентичен интерфейсу блока FB "RDREC", определенному стандартом "Profibus Guideline Profibus Communication and Proxy Function Blocks according to IEC 61131-3" ["Нормы для Profibus - функциональных блоков, обеспечивающих Profibus - коммуникации и функции Proxy в соответствии со стандартом IEC 61131-3"]. Данные параметры представлены в таблице 6.23.

Блок SFB 52 "RDREC" не должен использоваться для считывания записей I/O-модулей ведомых (slave) Profibus DPV1 - устройств, сконфигурированных с использованием GSD-файла (GSD версии 3 и выше), если для DP-интерфейса ведущего (master) DP-устройства задан режим "S7-compatible" ("S7-совместимость"). В таком случае ведущее (master) Profibus DP - устройство будет выполнять обращение к требуемому слоту с ошибкой (номер сконфигурированного слота + 3). Поэтому рекомендуется выбирать для интерфейса ведущего (master) DP-устройства режим совместимости с DPV1, а именно - опцию "DPV1".

Таблица 6.23 Параметры системного функционального блока SFB 52 "RDREC"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
REQ	INPUT (входной)	BOOL	I, Q, F, D, L, константы	1: Запуск запроса на считывание записи
ID	INPUT (входной)	DWORD	I, Q, F, D, L, константы	Логический адрес ведомого (slave) Profibus DP-устройства / Profinet IO-устройства (модуль): Бит 15: 0: входной/гибридный модуль 1: выходной модуль Для гибридного модуля должен быть определен наименьший из двух адресов
INDEX	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Номер записи. Profinet IO: Интерпретируется как беззнаковое целое (WORD)
MLEN	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Максимальная длина записи (в байтах), которая должна быть считана. Profinet IO: Интерпретируется как беззнаковое целое (WORD)
VALID	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	Запись считана, консистентность данных не нарушена
BUSY	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Считывание завершено 1: Считывание продолжается
ERROR	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Ошибок не обнаружено 1: При считывании имеются ошибки
STATUS	OUTPUT (выходной)	DWORD	I, Q, F, D, L	Идентификатор вызова (ID) (байты 2 и 3) или код ошибки
LEN	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Длина информации записи (в байтах) Profinet IO: Интерпретируется как беззнаковое целое (WORD)
RECORD	IN_OUT (проходной)	ANY	I, Q, F, D, L	Целевая область для считанной записи

Возвращаемые значения блока SFB 52 "RDREC" соответствуют возвращаемым значениям блока SFB 54 "RALM".

### Внесение записей с помощью системной функции SFB 53 "WRREC"

Запись с номером INDEX передается компонентом (модулем), адресованным с помощью идентификатора ID для ведомого (slave) Profibus DP-устройства или Profinet IO-устройства с использованием асинхронного системного функционального блока SFB 53 "WRREC" (**WR**ite **REC**ord - внесение записи). В параметре LEN задается размер записи (в байтах), которую необходимо передать.

Блок SFB 53 "WRREC" обрабатывается асинхронно, то есть обработка может выполняться в нескольких циклах пользовательской программы. Состояние обработки запроса отображается в выходном параметре BUSY и в байтах 2 и 3 выходного параметра STATUS. Байты 2 и 3 параметра STATUS соответствуют выходному параметру RET\_VAL асинхронных SFC-функций.

Интерфейс блока SFB 53 "WRREC" идентичен интерфейсу блока FB "WR\_REC", определенному стандартом "Profibus Guideline Profibus Communication and Proxy Function Blocks according to IEC 61131-3" ["Нормы для Profibus - функциональных блоков, обеспечивающих Profibus - коммуникации и функции Proxy в соответствии со стандартом IEC 61131-3"]. Данные параметры представлены в таблице 6.24.

Блок SFB 53 "WRREC" не должен использоваться для внесения записей в I/O-модули ведомых (slave) Profibus DPV1 - устройств, сконфигурированных с использованием GSD-файла (GSD версии 3 и выше), если для DP-интерфейса ведущего (master) DP-устройства задан режим "S7-compatible" ("S7-совместимость"). В таком случае ведущее (master) Profibus DP - устройство будет выполнять обращение к требуемому слоту с ошибкой (номер сконфигурированного слота + 3). Поэтому рекомендуется выбирать для интерфейса ведущего (master) DP-устройства режим совместимости с DPV1, а именно - опцию "DPV1".

Отдельные возвращаемые значения блока SFB 53 "WRREC" соответствуют возвращаемым значениям блока SFB 54 "RALM"

Таблица 6.24 Параметры системного функционального блока SFB 53 "WRREC"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
REQ	INPUT (входной)	BOOL	I, Q, F, D, L, константы	1: Запуск запроса на внесение записи

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
ID	INPUT (входной)	DWORD	I, Q, F, D, L, константы	Логический адрес ведомого (slave) Profibus DP-устройства / Profinet IO-устройства (модуль): Бит 15: 0: входной/гибридный модуль 1: выходной модуль Для гибридного модуля должен быть определен наименьший из двух адресов
INDEX	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Номер записи. Profinet IO: Интерпретируется как беззнаковое целое (WORD)
LEN	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Максимальная длина записи (в байтах), которая должна быть передана. Profinet IO: Интерпретируется как беззнаковое целое (WORD)
DONE	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	Запись передана
BUSY	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Внесение записи завершено 1: Внесение записи продолжается
ERROR	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Ошибок не обнаружено 1: При передаче записи имеются ошибки
STATUS	OUTPUT (выходной)	DWORD	I, Q, F, D, L	Идентификатор вызова (ID) (байты 2 и 3) или код ошибки
RECORD	IN_OUT (проходной)	ANY	I, Q, F, D, L	Исходная область записи, которую необходимо передать

### Прием сообщений с помощью SFB 54 "RALRM"

С помощью системного функционального блока SFB "RALRM" могут быть приняты сообщения (alarm), в том числе соответствующая информация от центрального I/O-модуля, или компонента (модуля) ведомого (slave) Profibus DP-устройства или Profinet IO-устройства, при этом данная информация становится доступной в выходных параметрах самого SFB-блока.



Интерфейс SFB 54 "RALRM" идентичен интерфейсу FB "RALRM", определенному стандартом "Profibus Guideline Profibus Communication and Proxy Function Blocks according to IEC 61131-3" ["Нормы для Profibus - функциональных блоков, обеспечивающих Profibus - коммуникации и функции Proxy в соответствии со стандартом IEC 61131-3"].

Блок SFB 54 "RALRM" должен вызываться только из сигнального организационного OB-блока (alarm OB - OB для обработки сообщений), который операционная система CPU запускает при поступлении сообщений от опрашиваемых входов/выходов. Выходные параметры содержат стартовую информацию вызываемого OB, а также информацию от источника сообщения.

Если SFB 54 "RALRM" вызывается в OB, стартовое событие в котором не является таким событием, как поступление сигнала от I/O, то SFB выдает соответственно меньше информации на своих выходах.

При вызове SFB 54 "RALRM" в различных OB должны использоваться различные экземплярные блоки DB. Если считывание данных с использованием вызова блока SFB 54 выполняется не в соответствующем сигнальном OB, то рекомендуется использовать отдельный экземплярный DB для каждого стартового события OB. Если целевая область, определяемая в параметрах TINFO или AINFO, слишком мала, то SFB 54 не может ввести всю информацию в эту область.

Вызов SFB 54 "RALRM" может выполняться в трех различных режимах (см. табл. 6.25).

Таблица 6.25 Режимы системного функционального блока SFB 54 "RALRM"

Режим	Описание
0	Индикация в выходном параметре ID компонента, инициировавшего сигнал. Установка выходного параметра NEW (Новый) в состояние "1".
1	Запись всех выходных параметров, независимых от компонента, инициировавшего сигнал
2	Проверка: действительно ли компонент, определенный в параметре F_ID, инициировал сообщение. Если нет: NEW=0; Если да: NEW=1 и производится запись всех других выходных параметров

Соответствующий режим работы функции SFB 54 "RALRM" определяется параметром MODE (см. табл. 6.26).

Таблица 6.26 Параметры системного функционального блока SFB 54 "RALRM"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
MODE	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Режим
F_ID	INPUT (входной)	DWORD	I, Q, F, D, L, константы	Логический начальный адрес компонента (модуля), начиная с которого должны приниматься сигналы: Бит 15: 0: входной/гибридный модуль 1: выходной модуль Для гибридного модуля должен быть определен наименьший из двух адресов
MLEN	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Максимальная длина информации в сигнале (в байтах), которая должна быть считана.
NEW	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	1: Было принято новое сообщение
STATUS	OUTPUT (выходной)	DWORD	I, Q, F, D, L	Код ошибки SFB, ведущего (master) DP-устройства или Profinet-контроллера
ID	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	Логический адрес ведомого (slave) Profibus DP-устройства или Profinet IO-устройства: Бит 15: 0: входной адрес 1: выходной адрес
LEN	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Длина информации в сообщении (в байтах)
TINFO	IN_OUT (проходной)	ANY	I, Q, F, D, L	Информация о задании (Task) Целевая область для запуска ОВ и административной информации
AINFO	IN_OUT (проходной)	ANY	I, Q, F, D, L	Информационное сообщение (Alarm) Целевая область для заголовка и дополнительной информации в сообщении

В зависимости от того, в каком ОВ-блоке вызывается функциональный блок SFB 54 "RALRM", содержание параметров TINFO и AINFO частично различается. Отдельные случаи рассмотрены в таблице 6.27.

Таблица 6.27 Содержание выходного параметров TINFO и AINFO при вызове блока SFB 54 "RALRM" в различных ОВ

ОВ	TINFO		AINFO	
	Стартовая информация ОВ	Административная информация	Информация заголовка	Дополнительная информация сообщения
ОВ 4x (аппаратное прерывание)	да	да	да	Центральная стойка: нет Распределенная стойка: определяется ведомым Profibus DP-устройством или Profinet IO-устройством
ОВ 55 (Прерывание состояния)	да	да	да	да
ОВ 56 (Прерывание обновления)	да	да	да	да
ОВ 57 (Прерывание определением изготовителем)	да	да	да	да
ОВ 70 (Прерывание потери резервирования)	да	да	нет	нет
ОВ 82 (Диагностическое прерывание)	да	да	да	Центральная стойка: запись 1 Распределенная стойка: определяется ведомым Profibus DP-устройством или Profinet IO-устройством
ОВ 83 (Прерывание вставки / удаления модуля)	да	да	да	Центральная стойка: нет Распределенная стойка: определяется ведомым Profibus DP-устройством или Profinet IO-устройством
под управлением (IO- супервизора)	да	да	да	Только Profinet IO

ОВ	TINFO		AINFO	
	Стартовая информация ОВ	Административная информация	Информация заголовка	Дополнительная информация сообщения
разрешено (enabled) (IO- супервизором)	да	да	да	Только Profinet IO
Сконфигурированный модуль не вставлен	да	да	да	Только Profinet IO
ОВ 88 (Прерывание стойки / станции)	да	да	нет	нет
Другие ОВ	да	нет	нет	нет

#### Структура выходного параметра TINFO

Выходной параметр TINFO (Task **INFO**rmation - информация о задании) содержит стартовую (start) и административную (administration) информацию организационного блока ОВ, в котором вызывается функциональный блок SFB 54 "RALRM". Структура параметра рассмотрена в таблицах 6.27 и 6.28 и на рисунках 6.4 - 6.6.

Таблица 6.28 Структура выходного параметра TINFO для блока SFB 54 "RALRM"

Байт	Описание
0-19	Стартовая информация ОВ, в котором вызывается функциональный блок SFB 54 "RALRM".
20-21	Адрес компонента, инициировавшего сообщение (alarm)
22-31	Административная (administration) информация организационного блока ОВ

Для того чтобы получить корректное значение идентификатора IO-системы (IO-System ID), к значению идентификатора IO-системы должно быть добавлено значение 100 (десятичный формат).

		Байт 20								Байт 21							
Бит		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
	0									№ стойки (0...31)							

Рис. 6.4 Структура адреса (байты 20-21) в параметре TINFO для централизованной структуры

		Байт 20								Байт 21							
Бит		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	ID системы ведущего DP-устройства (1-31)								№ станции (0...127)							

Рис. 6.5 Структура адреса (байты 20-21) в параметре TINFO для распределенной структуры с Profibus DP

		Байт 20								Байт 21							
Бит		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
	1	ID IO-системы (0-15)								№ устройства (device) (0...2047)							

Рис. 6.6 Структура адреса (байты 20-21) в параметре TINFO для распределенной структуры с Profinet IO

Таблица 6.29 Структура выходного параметра TINFO

Байт	Тип данных	Описание
20	BYTE	Центральная стойка: 0 Распределенная стойка: Profibus DP: Биты 0-6: 1-31: ID системы ведущего (master) DP-устройства Бит 7: 0: Profinet IO: Биты 0-2: 0: часть номера устройства Биты 3-6: 0-15: ID IO-системы + 100 Бит 7: 1

Байт	Тип данных	Описание
21	BYTE	Центральная стойка: 0-31: номер стойки Распределенная стойка: Profibus DP: 0-127: номер станции Profinet IO: 0-255: часть номера устройства
22	BYTE	Центральная стойка: 0 Распределенная стойка: Бит 0-3: 0: ведомое Profibus DP-устройство 1: ведомое Profibus DPS7-устройство 2: ведомое Profibus DPS7-устройство V1 3: ведомое Profibus DPV1-устройство 4-127: резерв 128: Profinet IO >128: резерв Бит 4-7: Тип профиля (резерв)
23	BYTE	Центральная стойка: 0 Распределенная стойка: Бит 0-3: тип информационного сообщения 0: прозрачно. Сообщение от сконфигурированного распределенного модуля (всегда для Profinet IO) 1: проху. Сообщение от ведомого устройства (не DPV1) / не IO-устройства / не сконфигурированного слота 2: сообщение сгенерировано в CPU >2: резерв Бит 4-7: Версия структуры 0: начало (initial) >0: (резерв)
24	BYTE	Центральная стойка: 0 Распределенная стойка: Флаги интерфейса ведущего (master) Profibus DP -устройства / IO -контроллера: Бит 0: 0: сообщение от встроенного интерфейсного модуля 1: сообщение от внешнего интерфейсного модуля Бит 1-7: Резерв

Байт	Тип данных	Описание
25	BYTE	Центральная стойка: 0 Распределенная стойка: Флаги интерфейса ведущего (master) Profibus DP -устройства / IO -контроллера Бит 0: Profibus DP: EXT_DIAG_FLAG диагностического фрейма или 0, если данный бит отсутствует в сообщении. 0: бит не установлен в сообщении 1: отказ ведомого (slave) DP -устройства Profinet IO: состояние AR диагностики или 0, если нет информации в сообщении 0: бит не установлен для сообщения 1: отказ IO-устройства (device) Бит 1-7: Резерв
26-27	WORD	Центральная стойка: 0 Распределенная стойка: номер ID Profibus DP или Profinet IO для однозначно идентификации ведомого (slave) Profibus DP-устройства / IO -устройства
28-29	WORD	Центральная стойка: Profibus DP: отсутствует Profinet IO: номера производителя (Vendor_ID)
30-31	WORD	Центральная стойка: Profibus DP: отсутствует Profinet IO: идентификатор экземпляра (instance ID)

#### Структура выходного параметра AINFO

Выходной параметр AINFO (**A**larm **I**NFOrmation - информационное сообщение) содержит описание сообщения, состоящее из заголовка и дополнительной информации. Структура параметра рассмотрена в таблицах 6.30 и 6.31.

Дополнительная информация сообщения (supplementary alarm information) не является обязательной, поэтому она присутствует не в каждом сигнале. Ее объем не должен превышать 1405 байтов с подробной и стандартной диагностической информацией в соответствующем сообщении (см. табл. 6.31).

Таблица 6.30 Структура заголовка выходного параметра AINFO для сообщений от Profinet IO

Байт	Тип данных	Описание
0,1	WORD	Биты 0-7: Тип блока Бит 8-15: Резерв
2,3	WORD	Размер блока (Block length)
4,5	WORD	Версия: Биты 0-7: младший байт Бит 8-15: старший байт
6,7	WORD	ID типа прерывания: 1: Диагностическое прерывание (появление) 2: Аппаратное прерывание 3: Прерывание удаления (модуля) 4: Прерывание вставки (модуля) 5: Прерывание состояния (статус) 6: Прерывание обновления 7: Прерывание потери резервирования 8: Прерывание, управляемое супервизором 9: Прерывание, отменено супервизором 10: Сконфигурированный модуль не вставлен 11: Возврат в систему интерфейсного модуля 12: Диагностическое прерывание (уход) 13-31: Резерв 32-127: Прерывание, определенное >128: Резерв
8-11	DWORD	Идентификатор приложения процесса (API)
12,13	WORD	Номер слота компонента, вызвавшего сообщение (0-65535)
14,15	WORD	Номер слота submodule компонента, вызвавшего сообщение (0-65535)
16-19	DWORD	Идентификатор модуля
20-23	DWORD	Идентификатор submodule



Байт	Тип данных	Описание
24,25	WORD	<p>Спецификация сообщения:</p> <p>Биты 0-10: 0-2047: порядковый номер</p> <p>Бит 11: Общая диагностика 0: диагностика канала отсутствует 1: диагностика канала имеется</p> <p>Бит 12: Состояние диагностики, определенной производителем 0: диагностика канала, определенной производителем, отсутствует 1: диагностика канала, определенной производителем, имеется</p> <p>Бит 13: Диагностика субмодуля 0: диагностика субмодуля отсутствует, все ошибки устранены 1: по крайней мере, одно сообщение по каналу и/или состоянию имеется</p> <p>Бит 14: Резерв</p> <p>Бит 15: Диагностическое состояние приложения 0: нет сконфигурированных модулей для диагностики AR-сигналов 1: по крайней мере, один из модулей для диагностики AR-сигналов выдает диагностическое сообщение</p>

Таблица 6.31 Структура дополнительной информации сообщения в выходном параметре AINFO для сообщений от Profinet IO

Байт	Тип данных	Описание
0,1	WORD	<p>Идентификатор формата (ID): ID формата показывает то, как дополнительная информация сообщения структурирована, и задается IO-устройством в зависимости от типа диагностической информации.</p> <p>W#16#0000-W#16#7FFF: Диагностика от производителя</p> <p>W#16#8000: Диагностика канала</p> <p>W#16#8001: Диагностика канала и / или диагностика производителя</p> <p>W#16#8002-W#16#FFFF: Резерв</p>
<p>Для ID формата W#16#8000: диагностика канала Диагностика канала в случае отказа канала выводится блоками по 6 байтов</p>		

Байт	Тип данных	Описание
2,3	WORD	Номер канала компонента, инициировавшего сообщение. Возможные значения: W#16#0000-W#16#FFFF W#16#0000-W#16#7FFF: Номер канала субмодуля / модуля W#16#8001: Прогу для субмодуля W#16#8001-W#16#FFFF: Резерв
4	BYTE	Биты 0-2: Резерв Биты 3-4: Тип ошибки 0: Резерв 1: Входящее сообщение об ошибке (UP) 2: Уходящее сообщение об ошибке (DOWN) 3: Уходящее сообщение об ошибке (DOWN) (имеются еще и другие ошибки) Биты 5-7: Тип канала 0: Резерв 1: Входной канал (input) 2: Выходной канал (output) 3: Входной / выходной канал (input / output)
5	BYTE	Формат данных: 0: Опциональный формат данных 1: Бит 2: 2 бита 3: 4 бита 4: Байт 5: Слово 6: Двойное слово 7: Два двойных слова 8-255: Резерв
6,7	WORD	Тип ошибки: (не все каналы поддерживают инф-ю о всех ошибках - соответствующ. инфо имеется в диагностических данных устройств) W#16#0000: Резерв W#16#0001: Короткое замыкание W#16#0002: Пониженное напряжение W#16#0003: Превышение напряжения W#16#0004: Перегрузка W#16#0005: Превышение температуры W#16#0006: Разрыв цепи W#16#0007: Выход за верхний предел W#16#0008: Выход за нижний предел W#16#0009: Ошибка W#16#000A-W#16#000F: Резерв W#16#0010-W#16#001F: Определено производителем W#16#0020-W#16#00FF: Резерв W#16#0100-W#16#7FFF: Определено производителем W#16#8000: Имеется диагностика устройства W#16#8001-W#16#8FFF: Резерв

Байт	Тип данных	Описание
Для ID формата W#16#8001: диагностика канала / диагностика от производителя		
2,3	WORD	Тип блока
4,5	WORD	Размер блока
6	BYTE	Версия: старший байт
7	BYTE	Версия: младший байт
8,9	WORD	Номер слота
10,11	WORD	Номер субслота
12,13	WORD	Номер канала
14,15	WORD	Свойства канала
16,17	WORD	Идентификатор формата (ID): W#16#0000-W#16#7FFF: Диагностика от производителя W#16#8000: Диагностика канала W#16#8001-W#16#FFFF: Резерв
18-n	BYTE	Зависит от ID формата
Для ID формата W#16#7FFF: диагностика от производителя		
2-n	BYTE	Соответствует информации от производителя

### Считывание predetermined параметров с помощью SFB 81 "RD\_DPAR"

Системный функциональный блок SFB 81 "RD\_DPAR" заменяет блок SFC 102 "RD\_DPARA" и расширяет функциональность последнего для работы с Profinet IO. При вызове системного функционального блока SFB 81 "RD\_DPAR" (**ReaD Device PARameter**) запись с номером INDEX считывается из центрального или распределенного модуля, указанного в параметре LADDR.

Выходной параметр VALID=1 показывает, что запись была успешно передана в целевую область RECORD. В этом случае в параметре LEN содержится длина считанных данных в байтах. Если выходной параметр ERROR=1, то в процессе считывания произошла ошибка. В таком случае выходной параметр STATUS содержит информацию об ошибке (см. таблицы 6.32 и 6.33).

Таблица 6.32 Параметры системного функционального блока SFB 81 "RD\_DPAR"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
REQ	INPUT (входной)	BOOL	I, Q, F, D, L	1: Запуск запроса на чтение
LADDR	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	Логический адрес модуля: Бит 15: 0: входной адрес 1: выходной адрес
INDEX	INPUT (входной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Номер записи.
VALID	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	Новая запись найдена и является корректной
BUSY	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Чтение завершено 1: Чтение продолжается
ERROR	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Ошибок не обнаружено 1: При выполнении операции чтения имеются ошибки
STATUS	OUTPUT (выходной)	DWORD	I, Q, F, D, L	Идентификатор вызова (ID) (байты 2 и 3) или код ошибки
LEN	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L, константы	Размер считанной записи (в байтах)
RECORD	IN_OUT (проходной)	ANY	I, Q, F, D, L	Целевая область для считанной записи

Таблица 6.33 Отдельные возвращаемые значения функции SFB 81 "RD\_DPAR"

Код ошибки (W#16#...)	Значение
0000	Нет ошибок
7000	Первый вызов с REQ=0: нет активной передачи данных; BUSY=0.
7001	Первый вызов с REQ=1: передача данных активизирована; BUSY=1
7002	Промежуточный вызов (REQ не имеет значения): передача данных уже активизирована; BUSY=1
8090	Заданный логический базовый адрес некорректен: нет соответствующих назначений в SDB1 / SDB2x, или нет такого базового адреса

Код ошибки (W#16#...)	Значение
8092	Только для S7-400: Спецификация типа, отличная от BYTE, была определена в ANY
8093	Вызов SFB недопустим для модуля, определенного в LADDR
80A1	Отрицательное квитирование при посылке записи в модуль (модуль удален или отказал при передаче)
80A2	Ошибка DP-протокола 2 уровня, возможно аппаратная ошибка / ошибка интерфейса в ведомом (slave) DP-устройстве
80A3	Ошибка DP-протокола ошибка пользовательского интерфейса / ошибка пользователя
80A4	Коммуникационная ошибка на коммуникационной шине
80B0	SFB не возможен для данного типа модуля, или модуль не распознает запись
80B1	Размер записи, которая должна быть передана, некорректен (размер целевой области, заданный в RECORD, слишком мал)
80B2	Сконфигурированный слот не занят
80B3	Фактический тип модуля не соответствует ожидаемому типу в SDB1
80C1	Данные предыдущего запроса на выполнение записи в модуле еще не обработаны модулем для данной записи
80C2	Данный модуль в настоящее время обрабатывает максимально возможное число запросов для CPU
80C3	Требуемые ресурсы (память и т.д.) в настоящий момент заняты
80C4	Временная внутренняя ошибка. Запрос не может быть обработан. Повторите запрос. При частом повторении данной ошибки рекомендуется проверить электронный интерфейс.
80C5	Распределенные I/O недоступны или деактивированы
80C6	Передача записи была отменена из-за игнорирования приоритетного класса (перезапуск (restart) или фоновая обработка (background))
80D0	Нет данных для данного модуля в соответствующем SDB
80D1	Такой номер записи не сконфигурирован в соответствующем SDB для данного модуля (номера записей, большие 240, отбрасываются системой STEP 7)
80D2	С таким идентификатором модуля (module ID) модуль не может быть параметризован
80D3	Нет доступа к SDB-блоку, так как он не существует
80D4	Только для S7-300: Ошибка структуры SDB: указатель внутри SDB указывает на область вне SDB

Код ошибки (W#16#...)	Значение
80D5	Данная запись статическая (static)
8хху	Информация об общей ошибке, соответствующая коду общей ошибки для параметра RET_VAL

### 6.2.3 Списки системных состояний (SSL) для Profinet IO

Список системных состояний (SSL - system state list) описывает текущее состояние системы автоматизированного управления. Подсписок SSL - это виртуальный список, построенный на базе SSL, который компилируется по запросу. К данным подсписка SSL обеспечивается доступ только в режиме чтения. Данная операция выполняется либо с использованием команды меню STEP 7, либо с помощью вызова системной функции SFC 51 "RDSYSST" (**ReaD SYStem Status**) в пользовательской программе. SSL-списки содержат следующую информацию:

- Системные данные, то есть фиксированные данные и заданные при параметризации данные CPU. К ним относятся данные конфигурации CPU, а также приоритетные классы и состояние коммуникаций.
- Диагностические данные состояния (status data) в CPU, то есть описание текущего состояния для всех компонентов, для которых производится мониторинг с использованием системных средств диагностики.
- Диагностические данные модулей, то есть диагностические данные для всех модулей со встроенными диагностическими функциями, которые известны в CPU. Эти данные сохраняются в соответствующих модулях.
- Данные диагностического буфера, в котором сохраняются все диагностические события в хронологической последовательности их появления.

Система нумерации данных подсписка SSL была вновь реализована для Profinet IO (см. табл. 6.34 - 6.36). Вызов подсписка SSL, который не поддерживается в Profinet IO выдает идентификатор ошибки 0x8083 в возвращаемом значении системной функции SFC 51 "RDSYSST" (некорректный или недопустимый индекс (index)).

Таблица 6.34 Новые SSL ID, которые могут быть считаны в Profinet IO и Profibus DP

SSL ID (W#16#...)	Подпись
0696	Информация о состоянии всех submodule модуля с заданным логическим адресом. Невозможно для submodule 0 (т.е. модуля)
0C96	Информация о состоянии одного submodule с заданным логическим адресом.
0x94	Информация о состоянии стойки / станции

Таблица 6.35 Обычные SSL ID, которые могут быть считаны в Profinet IO и Profibus DP

SSL ID (W#16#...)	Подпись
0591	Информация о состоянии интерфейсов модуля
0A91	Информация о состоянии всех подсистем и систем ведущего (master) устройства (только для S7-300, кроме CPU 318-2 DP).
0C91	Информация о состоянии модуля в центральной конфигурации или встроенного интерфейса Profibus DP, или интерфейсного модуля Profinet с заданным логическим адресом модуля.
4C91	Кроме S7-300: Информация о состоянии внешнего интерфейсного модуля Profibus DP, или интерфейсного модуля Profinet по начальному адресу.
0D91	Информация о состоянии всех модулей в определенной стойке / станции; параметр adr1 отличается по сравнению с Profibus DP.

Таблица 6.36 SSL ID, которые не могут быть считаны в Profinet IO, но могут быть заменены

SSL ID (W#16#...)	Подпись	Может быть заменен
xy92	Информация о состоянии стойки / станции	W#16#0x94

### Чтение подписка SSL или фрагмента подписка SSL с помощью SFC 51 "RDSYSST"

Системная функция SFC 51 "RDSYSST" может использоваться для считывания подписка SSL или фрагмента подписка SSL. Параметры SSL\_ID и INDEX определяют, какой подписка SSL или фрагмент подписка SSL должен быть считан.

Функция SFC 51 "RDSYSST" обрабатывается асинхронно, то есть обработка может производиться в нескольких циклах пользовательской программы. Системная функция может быть вызвана несколько раз в течение цикла обработки программы пользователя. Максимальное число одновременно обрабатываемых вызовов зависит от CPU. Запрос на чтение запускается, когда функция вызывается с помощью установки входного параметра REQ=1. Запрос завершается, как только выходной параметр BUSY возвращает значение 0 (см. табл. 6.37).

Таблица 6.37 Параметры системного функционального блока SFB 51 "RDSYSST"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
REQ	INPUT (входной)	BOOL	I, Q, F, D, L, константы	1: Запуск запроса на чтение
SSL_ID	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	SSL_ID подписка или фрагмента подписка
INDEX	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	Тип или номер объекта в подписке.
RET_VAL	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Возвращаемое значение SFC
BUSY	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Чтение завершено 1: Чтение продолжается
SSL_ HEADER	OUTPUT (выходной)	STRUCT	D, L	STRUCT LENTHDR: WORD N_DR: WORD END_STRUCT LENTHDR: Размер считанных записей в байтах. N_DR: Число записей в блоке считанных записей.
DR	OUTPUT (выходной)	ANY	I, Q, F, D, L	Блок считанных записей

Если в течение малого временного промежутка времени запускается несколько запросов на чтение (запросы для SSL\_ID W#16#00B4, W#16#4C91, W#16#4092, W#16#4292 W#16#4692 или, возможно, W#16#00B1 и W#16#00B3), тогда операционная система обеспечивает процесс обработки так, чтобы отдельные запросы не мешали друг другу и обрабатывались правильно.



Если обработка группы запросов на чтение ограничена системными ресурсами, то это отражается на значении выходного параметра RET\_VAL. Данная временная ошибка может быть устранена повторением запроса.

Каждый подзаписок SSL в SSL имеет свой собственный номер. С использованием SSL ID подзаписок может быть считан либо полностью, либо фрагментарно (см. рис. 6.7).

Бит	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	Класс модуля				№ фрагмента подзаписки				№ подзаписки							

Рис. 6.7 Структура SSL ID

Возможные фрагменты подзаписок имеют фиксированное определение и также идентифицируются по номеру. Номер фрагмента подзаписки и его значение зависит от запрошенного подзаписки (см. табл. 6.38 - 6.39).

Старшие четыре бита идентификатора SSL ID соответствуют классу модуля. Тип модуля определяется из того, какой подзаписок или фрагмент подзаписки должен быть считан.

Таблица 6.38 Назначение класса и типа модуля

Класс модуля (SSL ID, биты 15-12)	Тип модуля
0000	CPU
110	CP
0100	IM
0101	Аналоговый модуль
1111	Дискретный модуль

Таблица 6.39 Отдельные возвращаемые значения функции SFC 51 "RDSYSST"

Код ошибки (W#16#...)	Значение
0000	Нет ошибок
0081	Длина получившегося блока слишком мала. (Тем не менее, столько записей, сколько возможно, получены. В параметре SSL_HEADER отображается это число)
7000	Первый вызов с REQ=0: нет активной передачи данных; BUSY=0.

Код ошибки (W#16#...)	Значение
7001	Первый вызов с REQ=1: передача данных активизирована; BUSY=1
7002	Промежуточный вызов (REQ не имеет значения): передача данных уже активизирована; BUSY=1
8081	Длина получившегося блока слишком мала. (Нет места даже для одной записи)
8082	SSL_ID некорректен или неизвестен в CPU или в SFC
8083	Некорректный или недопустимый индекс (index)
8085	В настоящий момент данная информация недоступна из-за сложившейся ситуации в системе, например, недостаточно ресурсов.
8086	Запись не может быть считана из-за системной ошибки (на шине, в модулях, в операционной системе)
8087	Запись не может быть считана, так как модуль не существует или неизвестен
8088	Запись не может быть считана, так как ID имеющегося модуля отличается от ожидаемого
8089	Запись не может быть считана, так как модуль не поддерживает функции диагностики
80A2	Ошибка DP-протокола 2 уровня (временная ошибка)
80A3	Ошибка DP-протокола ошибка пользовательского интерфейса / ошибка пользователя (временная ошибка)
80A4	Коммуникационная ошибка на коммуникационной шине (ошибка произошла между CPU и внешним интерфейсным модулем DP; временная ошибка)
80C5	Распределенные I/O недоступны или деактивированы
80C6	Передача записи была отменена из-за игнорирования приоритетного класса (перезапуск (restart) или фоновая обработка (background))
80D2	С таким идентификатором модуля (module ID) модуль не может быть параметризован
8хуу	Информация об общей ошибке, соответствующая коду общей ошибки для параметра RET_VAL

## 6.3 Интерфейсы пользовательской программы в Profinet IO

В данной главе рассматриваются функции и интерфейсы пользовательских программ для Simatic S7 CPU, которые предназначены для использования с Profinet IO. В общем случае имеется в виду, что цикл пользовательской программы для CPU и цикл обмена I/O-данными между IO-контроллером и IO-устройствами не зависят один от другого.

### 6.3.1 Системные и стандартные функции для Profinet IO

Несколько блоков имеют новую реализацию для использования в системе Profinet IO. Данные блоки используются в соответствующих устройствах для обновления данных процесса в случае, когда процессор Simatic Net-CP 343-1 PN работает в качестве IO-контроллера. В таблице 6.40 представлен обзор новых стандартных функций.

Таблица 6.40 Новые стандартные функции для использования в системе Profinet IO

Функция	Описание
FC 11 "PNIO_SEND"	Выходные данные процесса
FC 12 "PNIO_RECV"	Прием данных процесса

#### Обновление выходных данных с помощью функции FC 11 "PNIO\_SEND"

Данная функция должна вызываться в пользовательской программе для Simatic S7 CPU. Как IO-контроллер Simatic Net-CP 343-1 PN пересылает выходные данные CPU в адрес IO-устройств и возвращает значения параметра состояния IOCS (**IO consumer status** - состояние IO потребителя), показывающие состояние выходов IO-устройств, в адрес CPU. Значения IOCS передаются одновременно с каждыми выходными данными в режиме выполнения (runtime) и дают информацию о качестве данных. Что касается Simatic Net-CP 343-1 PN, необходимо отметить, что сигнал IOCS выдается не синхронно с поступлением данных, а с задержкой на один цикл пользовательской программы. Поэтому пользовательские данные и сигналы IOCS взаимно неконсистентны.

Цикл пользовательской программы для CPU и цикл обмена I/O-данными между IO-контроллером и IO-устройствами взаимно независимы. Передача данных процесса из CPU, CP и выходных данных процесса из IO-устройств выполняется следующим образом:

- Обработка данных из области выходов (output data area) (область данных или область меркеров (bit memory area)) определяется в параметре SEND.
- Консистентная пересылка данных из области выходных данных (output data area), имеющей размер LEN, начиная с адреса 0 этой области, из CPU в коммуникационный процессор CP путем вызова функции FC 11 "PNIO\_SEND". В зависимости от размера области выходных данных, из которой осуществляется пересылка, может потребоваться время для обработки блока, на протяжении нескольких циклов пользовательской программы.
- Пересылка выходных данных из IO-контроллера в IO-устройства и возвращение сигналов IOCS из IO-устройств.
- Считывание параметра CHECK\_IOCS, а также параметра IOCS, если это предусмотрено в пользовательской программе для CPU.

Независимо от сохранения консистентности данных при пересылке между CPU и CP консистентность данных в IO-системе гарантируется только для соответствующего I/O-слота.

#### Заменяющие значения (Substitute values)

Заменяющие значения используются при запуске системы и в случае возникновения ошибок.

Во время запуска, когда CPU переходит из состояния STOP (Стоп) в состояние RUN (Выполнение), заменяющие значения для выходов могут быть инициализированы, например, если в организационном блоке запуска OB 10x установлен меркер "startup" ("запуск"). Этот меркер проверяется в цикле (OB 1), и если он установлен, то запускается функция FC 11 "PNIO\_SEND" с инициализированными значениями для выходов (см. табл. 6.41 - 6.42).

В случае возникновения отказа (например, при ошибке вставки/удаления модуля или отказе/возвращении в систему станции) отказ модуля может быть определен путем проверки значений IOCS и IOPS. При этом соответствующие заменяющие значения для входных значений CPU могут быть переданы в область входов процесса в CPU.

Таблица 6.41 Параметры функции FC 11 "PNIO\_SEND"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
CPLADDR	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	Стартовый адрес модуля из данных конфигурации Profinet CP в HW-Config. Этот адрес не должен изменяться до завершения обработки запроса (DONE=1 или ERROR=1)

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
SEND	IN_OUT (проходной)	ANY  VARTYPE: BYTE	M, D	Адрес и размер области выходных данных:  Этот размер должен соответствовать общему размеру области для распределенных I/O, сконфигурированных в HW-Config, при этом пробелы в данных также передаются.  Передаваемые данные передаются, начиная с адреса 0, в области выходных данных.
LEN	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	Длина логических адресов выходных данных, которые должны быть переданы (в байтах).  Передача выходных адресов всегда начинается с выходного адреса 0, независимо от конфигурации. Данные передаются последовательно в соответствии с логическими адресами, включая Profibus DP. Максимальный логический адрес в конфигурации, а также максимальное значение для LEN равняется 2160 байтов.  Функция FC 11 "PNIO_SEND" не проверяет соответствие между длиной в параметре LEN и конфигурацией IO-устройств (IO-Devices).
DONE	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Запрос обрабатывается, или его обработка завершена с ошибкой; 1: Обработка запроса завершена без ошибок.
ERROR	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Запрос обрабатывается, или его обработка завершена без ошибок; 1: Обработка запроса завершена с ошибкой.
STATUS	OUTPUT (выходной)	WORD	I, Q, F, D, L	Подробная информация по состоянию запроса

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
CHECK_ IOCS	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	Дополнительная информация в IOCS: 0: все биты в параметре IOCS имеют состояние GOOD (OK) 1: по крайней мере, один бит в параметре IOCS имеет состояние BAD (not OK) Параметр IOCS в этом случае должен быть считан для анализа.
IOCS	OUTPUT (выходной)	ANY  VARTYPE: BYTE	M, D	В выходных данных на каждый байт передается один бит состояния: 0: IOCS = GOOD 1: IOCS = BAD Длина значения зависит от значения в параметре LEN. В случае наличия пробелов в адресах параметр IOCS также устанавливается в состояние GOOD. Область всегда начинается с бита IOCS с начальным адресом 0. Минимальная длина указателя ANY (в байтах) равна (LEN/8)+1. Область допустимых значений: 1-270 (в байтах).

Таблица 6.42 Отдельные возвращаемые значения функции FC 11 "PN\_SEND"

DONE	ERROR	STATUS W#16#...	Описание
False (Ложь)	False (Ложь)	8180	Запуск передачи данных
True (Истина)	False (Ложь)	0000	Передача новых данных прошла без ошибок
False (Ложь)	True (Истина)	8183	Конфигурация Profinet IO отсутствует или некорректен параметр CPLADDR, или CP находится в режиме STOP.
False (Ложь)	True (Истина)	8184	Системная ошибка или недопустимый тип параметра

<b>DONE</b>	<b>ERROR</b>	<b>STATUS W#16#...</b>	<b>Описание</b>
False (Ложь)	True (Истина)	8F22	Ошибка размера области при считывании параметра (например, DB-блок слишком мал)
False (Ложь)	True (Истина)	8F23	Ошибка размера области при записи параметра (например, DB-блок слишком мал)
False (Ложь)	True (Истина)	8F24	Ошибка определения области при считывании параметра
False (Ложь)	True (Истина)	8F25	Ошибка определения области при записи параметра
False (Ложь)	True (Истина)	8F28	Ошибка смещения при считывании параметра
False (Ложь)	True (Истина)	8F29	Ошибка смещения при записи параметра
False (Ложь)	True (Истина)	8F30	Параметр находится в защищенном от записи 1-м блоке данных
False (Ложь)	True (Истина)	8F31	Параметр находится в защищенном от записи 2-м блоке данных
False (Ложь)	True (Истина)	8F32	Номер DB в параметре слишком большой
False (Ложь)	True (Истина)	8F33	Ошибка номера DB
False (Ложь)	True (Истина)	8F3A	Целевая область (DB) не загружена
False (Ложь)	True (Истина)	8F42	Задержка квитирования при считывании параметра из области I/O
False (Ложь)	True (Истина)	8F43	Задержка квитирования при записи параметра в область I/O
False (Ложь)	True (Истина)	8F44	Нет доступа к параметру, который необходимо считать, при обработке блока
False (Ложь)	True (Истина)	8F45	Нет доступа к параметру, который необходимо записать, при обработке блока
False (Ложь)	True (Истина)	8F7F	Внутренняя ошибка, например, недопустимая ссылка ANY
False (Ложь)	True (Истина)	8090	Модуль с таким адресом не существует
False (Ложь)	True (Истина)	8091	Логический базовый адрес не выравнивается по двухсловной сетке
False (Ложь)	True (Истина)	8FA0	Отрицательное квитирование при считывании из модуля
False (Ложь)	True (Истина)	8FA1	Отрицательное квитирование при записи в модуль
False (Ложь)	True (Истина)	8FB0	Модуль не распознает запись

DONE	ERROR	STATUS W#16#...	Описание
False (Ложь)	True (Истина)	8FB1	Заданная длина записи некорректна
False (Ложь)	True (Истина)	8FC0	Запись не может быть считана
False (Ложь)	True (Истина)	8FC1	Заданная запись в настоящий момент обрабатывается
False (Ложь)	True (Истина)	8FC2	Перегрузка из-за избыточного количества запросов
False (Ложь)	True (Истина)	8FC3	Ресурсы (память) в настоящий момент времени заняты
False (Ложь)	True (Истина)	8FC4	Коммуникационная ошибка (временная ошибка; требуется повтор запроса)
False (Ложь)	True (Истина)	8FD2	Логический базовый адрес некорректен

### Обновление входных данных с помощью функции FC 12 "PNIO\_RECV"

Данная функция должна вызываться в пользовательской программе для Simatic S7 CPU. Как IO-контроллер Simatic Net-CP 343-1 PN пересылает входные данные из IO-устройств и возвращает параметр состояния IOPS входов IO-устройств (**IO provider status** - состояние IO провайдера) в адрес CPU. Значения IOPS передаются одновременно с каждым входными данными в режиме выполнения (runtime) и дают информацию о качестве данных.

Пересылка данных между входами процесса IO-устройств, CP и CPU производится следующим образом (см. табл. 6.43):

- Пересылка входных данных из IO-устройств в IO-контроллер.
- Консистентная передача с использованием функции FC 12 "PNIO\_RECV" входных данных из IO-устройств в область входных данных с размером LEN, определенных в параметре RECV, начиная с нулевого адреса, а также передача параметра IOPS из CP в CPU. В зависимости от размера области входных данных, в которую осуществляется пересылка, может потребоваться время для обработки блока, на протяжении нескольких циклов пользовательской программы.
- Считывание параметра CHECK\_IOPS, а также параметра IOPS, если это предусмотрено в пользовательской программе для CPU.
- Обработка принятых без ошибок (IOPS=GOOD) входных данных в пользовательской программе в CPU, и необходимые действия в качестве реакции на ошибки при передаче (в случае IOPS=BAD), если это предусмотрено в пользовательской программе для CPU.



Независимо от сохранения консистентности данных при пересылке между CPU и CP консистентность данных в IO-системе гарантируется только для соответствующего I/O-слота.

Таблица 6.43 Параметры функции FC 12 "PN\_RECV "

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
CPLADDR	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	Стартовый адрес модуля из данных конфигурации Profinet CP в HW-Config. Этот адрес не должен изменяться до завершения обработки запроса (DONE=1 или ERROR=1)
RECV	IN_OUT (проходной)	ANY  VARTYPE: BYTE	M, D	Адрес и размер области входных данных:  Этот размер должен соответствовать общему размеру области для распределенных I/O, сконфигурированных в HW-Config, при этом пробелы в данных также передаются.  Передаваемые данные передаются, начиная с адреса 0, в области входных данных.
LEN	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	Длина логических адресов выходных данных, которые должны быть переданы (в байтах).  Передача выходных адресов всегда начинается с выходного адреса 0, независимо от конфигурации. Данные передаются последовательно в соответствии с логическими адресами, включая Profibus DP. Максимальный логический адрес в конфигурации, а также максимальное значение для LEN равняется 2160 байтов.  Функция FC 12 "PNIO_RESV" не проверяет соответствие между длиной в параметре LEN и конфигурацией IO-устройств (IO-Devices).

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
NDR	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	New Data Received (Новые данные приняты) 0: Запрос обрабатывается, или его обработка завершена с ошибкой; 1: Обработка запроса завершена без ошибок.
ERROR	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Запрос обрабатывается, или его обработка завершена без ошибок; 1: Обработка запроса завершена с ошибкой.
STATUS	OUTPUT (выходной)	WORD	I, Q, F, D, L	Подробная информация по состоянию запроса
CHECK_IOPS	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	Дополнительная информация в IOPS: 0: все биты в параметре IOPS имеют состояние GOOD (OK) 1: по крайней мере, один бит в параметре IOPS имеет состояние BAD (not OK) Параметр IOPS в этом случае должен быть считан для анализа.
IOPS	OUTPUT (выходной)	ANY  VARTYPE: BYTE	F, D	Во входных данных на каждый байт передается один бит состояния: 0: IOPS = GOOD 1: IOPS = BAD Длина значения зависит от значения в параметре RECV. В случае наличия пробелов в адресах параметр IOPS также устанавливается в состояние GOOD. Область всегда начинается с бита IOPS с начальным адресом 0. Минимальная длина указателя ANY (в байтах) равна (LEN/8)+1. Область допустимых значений: 1-270 (в байтах).

## 6.4 Интерфейсы пользовательской программы в Profinet CBA

Операционная система CPU Profinet CBA предоставляет новые системные функции для использования Simatic S7 в среде Profinet CBA. Кроме того, системная библиотека Profinet содержит новые функции для простой интеграции программируемых Simatic S7 Profibus-устройств в конфигурации Profinet CBA.

В данной главе рассматриваются функции и интерфейсы пользовательских программ для Simatic S7 CPU, которые предназначены для использования с Profinet CBA.

### 6.4.1 Организационные блоки для Profinet CBA

В общем, все организационные блоки могут быть использованы в Profinet CBA как раньше. Даже необходимо, чтобы определенные ОВ-блоки были представлены в пользовательской программе. Тем не менее, нет необходимости, чтобы эти ОВ-блоки обязательно содержали полный программный код. Достаточно, чтобы в организационном блоке присутствовала команда конца блока BE. Если эти организационные блоки отсутствуют в программе (см. табл. 6.44), то соответствующие устройства в случае возникновения отказа или ошибки переходят в состояние STOP (СТОП).

Таблица 6.44 Организационные блоки, необходимые в CPU в Simatic S7 Profinet CBA и Profibus

ОВ	Функция	Где используется
82	Диагностические сообщения	Profinet-контроллеры, Profibus-устройства
85	Ошибка выполнения программы	Profinet-контроллеры как ведущие (master) DP-устройства
86	Отказ стойки	Profinet-контроллеры, Profibus-устройства

Структура локальных данных указанных выше ОВ-блоков не меняется при использовании в Profinet CBA.

## 6.4.2 Системные и стандартные функции для Profinet CBA

Несколько блоков имеют новую реализацию для использования в системе Profinet CBA. Данные блоки используются в соответствующих устройствах для обновления данных интерфейсных DB (interface DB).

Для Simatic S7 CPU с интегрированным Profinet-интерфейсом в таблицах 6.45 и 6.46 представлены следующие функции:

- новые системные и стандартные функции для использования в системе Profinet CBA и
- системные и стандартные функции, которые не могут использоваться в Profinet CBA.

Таблица 6.45 Новые системные и стандартные функции, используемые в Profinet CBA

Системная функция / функциональный блок	Описание
FB 88 "PN_InOut"	Обмен данными между интерфейсным DB и значениями на контактах технологических функций Simatic S7 CPU с Simatic Net Profinet CP.
SFC 112 "PN_IN"	Обновление всех входных значений из интерфейсного DB Profinet-контроллера входными значениями его технологической функции. Для использования SFC при определении компонентов для параметра "Updating the PN Interface" ("Обновление PN-интерфейса") должна быть выбрана опция "via user program (Copy blocks)" ("Посредством пользовательской программы (Копирование блоков)").
SFC 113 "PN_OUT"	Обновление всех выходов технологической функции Profinet-контроллера входными значениями в его интерфейсном DB. Для использования SFC при определении компонентов для параметра "Updating the PN Interface" ("Обновление PN-интерфейса") должна быть выбрана опция "via user program (Copy blocks)" ("Посредством пользовательской программы (Копирование блоков)").
SFC 114 "PN_DP"	Обновление всех локальных взаимных соединений и соединений с удаленными ведомыми Profibus-устройствами, подключенными к Profinet CBA-контроллеру посредством проху. В Simatic S7 WinLC PN функции SFC 114 "PN_DP" обеспечиваются приложением. SFC 114 "PN_DP" там не поддерживаются. Для использования SFC при определении компонентов для параметра "Updating the PN Interface" ("Обновление PN-интерфейса") должна быть выбрана опция "via user program (Copy blocks)" ("Посредством пользовательской программы (Копирование блоков)").

Таблица 6.46 Системные функции и системные функциональные блоки, которые не могут использоваться в системе Profinet CBA

Системная функция	Описание
SFC 7 "PRAL"	Запуск прерывания процесса в ведущем (master) DP-устройстве
SFB 75 "SALRM"	Передача сообщения в ведущее (master) DP-устройство

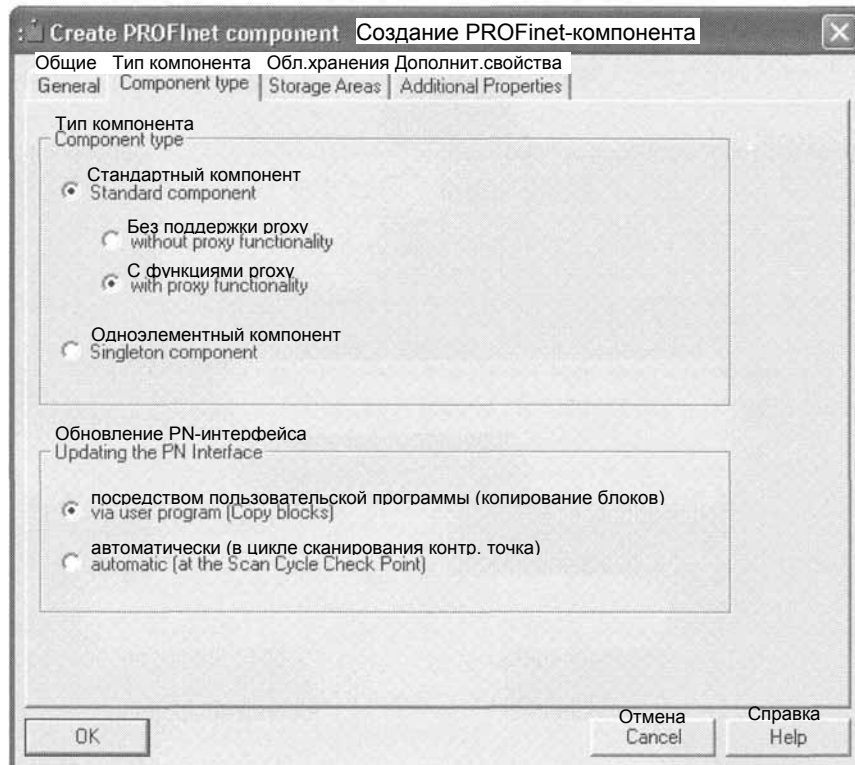


Рис. 6.8 Настройки для обновления Profinet-данных с помощью SFC112/113/114 при создании компонентов

Тогда как пользовательская программа имеет прямой доступ к переменным интерфейсного DB, операционная система Profinet-контроллера обновляет так называемый Profinet-интерфейс, область отображения интерфейсного DB. Синхронизация Profinet-интерфейса и интерфейсного DB выполняется посредством вызова системных функций SFC 112, SFC 113 или SFC 114 (рис. 6.8 и таблица 6.47).

Похожие механизмы применяются для обмена данными между Simatic S7 CPU и Simatic Net Profinet CPU при использовании FB 88.

Использование новых системных функций SFC 112/113/114 для Simatic S7 Profinet-контроллера опционально. Обновление интерфейсного DB-блока может выполняться автоматически операционной системой в контрольной точке в цикле сканирования программы пользователя.

Для Simatic S7 CPU, работающих в качестве ведомых (slaves) Profibus-устройств с Profinet CBA проху, имеются две новые функции. В блоке данных DB2 "PN\_IO\_DB" содержатся настройки параметров для этих функций (см. табл. 6.47). Все три блока находятся в системной библиотеке Profinet.

Таблица 6.47 Новые функции для ведомых (slaves) Profibus-устройств, использующихся с Profinet CBA проху

Блок	Описание
FC 10 "PN_IN"	Обновление всех входных значений интерфейсного DB-блока Profibus-устройства входными значениями его технологической функции.
FC 11 "PN_OUT"	Обновление всех выходных значений технологической функции Profibus-устройства выходными значениями в его интерфейсном DB-блоке.
DB2 "PN_IO_DB"	В данном блоке данных содержатся основные настройки параметров для копирования данных между интерфейсным DB-блоком и технологическим интерфейсом соответствующего ведомого (slave) Profibus-устройства.

Функции FC 10 и FC 11 служат для обмена данными между интерфейсным DB и областью для передачи I/O-данных ведомого (slave) Profibus-устройства (рис. 6.9).

Консистентность данных для всех входов и выходов интерфейсного DB всегда гарантируется, независимо от типа доступа к интерфейсному блоку данных.

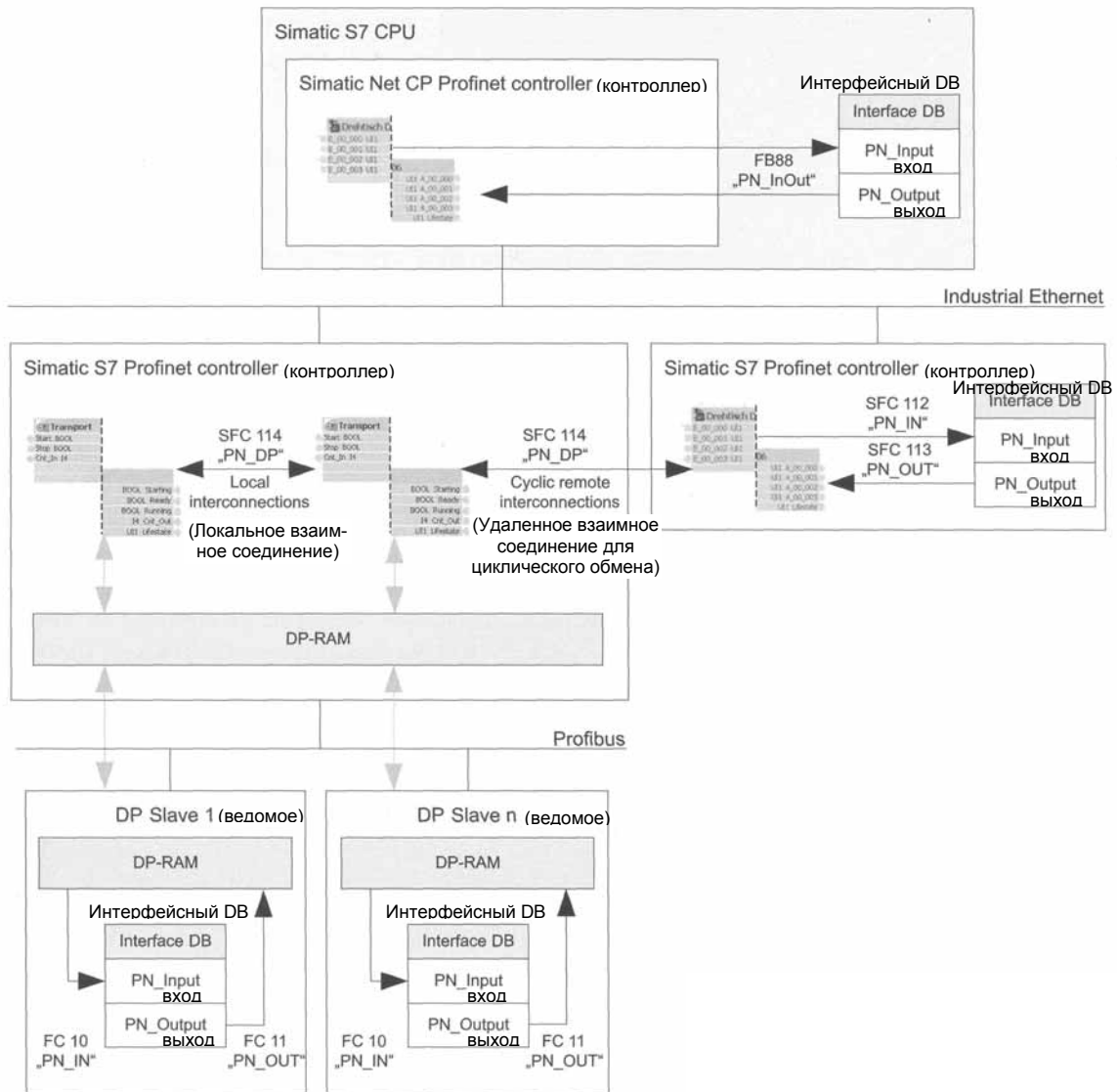


Рис. 6.9 Настройки для обновления Profinet-данных с помощью SFC112/113/114 при создании компонентов

### Обновление входов интерфейсного DB-блока с использованием системной функции SFC 112 "PN\_IN"

Данная системная функция должна вызываться в пользовательской программе для Profinet-контроллера, если отключена опция "Automatic" ("Автоматическое") в группе настроек "Updating the Pn interface" ("Обновление PN-интерфейса") в окне определения свойств Profinet-контроллера.

Системная функция SFC 112 "PN\_IN" обеспечивает копирование входных данных, принятых с использованием Profinet-коммуникаций от Profinet-интерфейса Profinet-контроллера, в область входов интерфейсного DB-блока. После завершения выполнения данной SFC-функции текущие входные данные будут доступны в пользовательской программе (см. табл. 6.48 - 6.49).

Таблица 6.48 Параметры функции SFC 112 "PN\_IN"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
DBNO	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	Номер интерфейсного DB-блока
RET_VAL	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Возвращаемое значение SFC-функции

Таблица 6.49 Отдельные возвращаемые значения функции SFC 112 "PN\_IN"

Код ошибки (W#16#...)	Значение
0000	Нет ошибок
8001	Нет данных конфигурации или некорректная конфигурация Profinet CBA
8002	Номер интерфейсного DB-блока не соответствует конфигурации
8004	Номер интерфейсного DB-блока соответствует конфигурации, но этот интерфейсный DB-блок не загружен
8006	Интерфейсный DB-блок имеет защиту от записи в CPU.
80B1	Ошибка размера при считывании или записи. Загруженный интерфейсный DB-блок не соответствует конфигурации.
8хуу	Информация об общей ошибке, соответствующая коду общей ошибки для параметра RET_VAL

### **Запись выходных значений интерфейсного DB в Profinet-интерфейс с использованием системной функции SFC 113 "PN\_OUT"**

Данная системная функция должна вызываться в пользовательской программе для Profinet-контроллера, если отключена опция "Automatic" ("Автоматическое") в группе настроек "Updating the Pn interface" ("Обновление PN-интерфейса") в окне определения свойств Profinet-контроллера.



Системная функция SFC 113 "PN\_OUT" обеспечивает копирование выходных данных, сгенерированных в пользовательской программе, из интерфейсного DB-блока в Profinet-интерфейс Profinet-контроллера (см. табл. 6.50). После завершения выполнения данной SFC-функции текущие выходные данные будут доступны на выходах технологической функции соответствующего устройства (см. табл. 6.51).

Таблица 6.50 Параметры функции SFC 113 "PN\_OUT"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
DBNO	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	Номер интерфейсного DB-блока
RET_VAL	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Возвращаемое значение SFC-функции

Таблица 6.51 Отдельные возвращаемые значения функции SFC 113 "PN\_OUT"

Код ошибки (W#16#...)	Значение
0000	Нет ошибок
8001	Нет данных конфигурации или некорректная конфигурация Profinet CBA
8002	Номер интерфейсного DB-блока не соответствует конфигурации
8004	Номер интерфейсного DB-блока соответствует конфигурации, но этот интерфейсный DB-блок не загружен
8006	Интерфейсный DB-блок имеет защиту от записи в CPU.
80B1	Ошибка размера при считывании или записи. Загруженный интерфейсный DB-блок не соответствует конфигурации.
8хху	Информация об общей ошибке, соответствующая коду общей ошибки для параметра RET_VAL

### Обновление взаимных соединений Profibus с использованием системной функции SFC 114 "PN\_DP"

Кроме Simatic WinLC PN данная системная функция должна вызываться в пользовательской программе для Profinet-контроллера, если для Profibus-устройств должна использоваться проху-функция контроллера и если отключена опция "Automatic" ("Автоматическое") в группе настроек "Updating the Pn interface" ("Обновление PN-интерфейса") в окне определения свойств Profinet-контроллера.

Системная функция SFC 114 "PN\_DP" обновляет:

- все локальные взаимные соединения между входами и выходами технологических функций Profibus-устройств в Profibus-сегменте Profinet-контроллера и
- все удаленные взаимные соединения для циклического обмена данными между входами и выходами технологических функций Profibus-устройств в Profibus-сегменте Profinet-контроллера.

Данная системная функция обрабатывается асинхронно, обрабатывается асинхронно, то есть обработка может производиться в нескольких циклах пользовательской программы. Процесс обновления взаимных соединений запускается при REQ=1. Выходные параметры RET\_VAL и BUSY показывают состояние запроса (см. табл. 6.52). Запрос считается завершенным, когда все взаимные соединения будут обновлены (см. табл. 6.53).

Таблица 6.52 Параметры функции SFC 114 "PN\_DP"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
REQ	INPUT (входной)	BOOL	I, Q, F, D, L, константы	1: Запуск запроса на обновление
RET_VAL	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Возвращаемое значение SFC-функции
BUSY	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L, константы	0: Обновление завершено 1: Обновление продолжается

Таблица 6.53 Отдельные возвращаемые значения функции SFC 114 "PN\_DP"

Код ошибки (W#16#...)	Значение
0000	Нет ошибок
7000	Первый вызов с REQ=0. Обновление не запущено. BUSY=0.
7001	Первый вызов с REQ=1. BUSY=1.
7002	Промежуточный вызов с REQ=0 / 1. Обновление не закончено. BUSY=1.
8001	Нет данных конфигурации или некорректная конфигурация Profinet CBA
8095	Запущено другое обновление в более высоком приоритетном классе. Однако все еще продолжается обновление с низким приоритетом.
8хху	Информация об общей ошибке, соответствующая коду общей ошибки для параметра RET_VAL

### Обновление Profinet-интерфейса с использованием блока FB 88 "PN\_InOut"

Функциональный блок предназначен для передачи между Profinet-интерфейсом в Simatic Net Profinet CP и интерфейсным DB в Simatic S7 CPU. Этот блок может вызываться более чем один раз в цикле обработки пользовательской программы.

Функциональный блок FB 88 "PN\_InOut" может выполняться асинхронно, то есть обработка может производиться в нескольких циклах пользовательской программы. Запрос на передачу запускается при вызове блока, и заканчивается, если параметр DONE=1, или параметр ERROR=1 (см. табл. 6.54 - 6.55). Для обеспечения консистентности данных допускается изменять или считывать значения на входах/выходах в интерфейсном DB только по завершении обработки запроса (при DONE=1).

Таблица 6.54 Параметры функции FB 88 "PN\_InOut"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
LADDR	INPUT (входной)	WORD	I, Q, F, D, L, константы	Стартовый адрес модуля из данных конфигурации Profinet CP в HW-Config. Этот адрес не должен изменяться до завершения обработки запроса (DONE=1 или ERROR=1)
DONE	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Запрос обрабатывается, или его обработка завершена с ошибкой; 1: Обработка запроса завершена без ошибок.
ERROR	OUTPUT (выходной)	BOOL	I, Q, F, D, L	0: Запрос обрабатывается, или его обработка завершена без ошибок; 1: Обработка запроса завершена с ошибкой.
STATUS	OUTPUT (выходной)	WORD	I, Q, F, D, L	Подробная информация по состоянию запроса

Таблица 6.55 Отдельные возвращаемые значения функции FB 88 "PN\_InOut"

DONE	ERROR	STATUS W#16#...	Описание
True (Истина)	False (Ложь)	0000	Обработка запроса завершена с ошибкой
False (Ложь)	False (Ложь)	0000	Никакой запрос не обрабатывается

DONE	ERROR	STATUS W#16#...	Описание
False (Ложь)	False (Ложь)	8181	Запрос обрабатывается или производится рестарт / "горячий" рестарт, например, после переключения установки.
False (Ложь)	True (Истина)	8183	Запрос пока на активирован: прием данных пока невозможен.
False (Ложь)	True (Истина)	8184	Ошибка экземплярного DB (instance DB): обычно возникает при некорректной ссылке в пользовательской программе
False (Ложь)	True (Истина)	80B0	Ошибка блока: номер записи некорректен. Это состояние возникает также при рестарте / "горячем" рестарте после переключения установки.
False (Ложь)	True (Истина)	80B1	Ошибка блока: заданные параметры (длина записи или смещение) некорректны.
False (Ложь)	True (Истина)	80B3	Ошибка в параметре: недопустимый адрес CP.
False (Ложь)	True (Истина)	80C1	Временная ошибка: заданная запись в настоящий момент обрабатывается
False (Ложь)	True (Истина)	80C2	Временная ошибка: перегрузка из-за избыточного количества запросов; запись пока не может быть считана.
False (Ложь)	True (Истина)	80C3	Временная ошибка: Ресурсы (память) в настоящий момент времени заняты
False (Ложь)	True (Истина)	80C4	Коммуникационная ошибка: временная ошибка; требуется повтор запроса или ошибка конфигурации: установленный модуль не соответствует сконфигурированному; функциональность Profinet не поддерживается.
False (Ложь)	True (Истина)	80D1	Ошибка конфигурации: превышен максимальный номер для блоков входных/выходных данных
False (Ложь)	True (Истина)	80D2	Ошибка конфигурации: установленный модуль не соответствует сконфигурированному; функциональность Profinet не поддерживается.

Данный функциональный блок использует другие системные функции в RT-режиме, сообщения о ошибках которых также имеются в параметре STATUS. Эти SFC могут быть считаны в окне свойств FB на вкладке "Calls" ("Вызовы").

## Обновление интерфейсного DB Profibus-устройства путем использования в программе функций FC 10 "PN\_IN" и FC 11 "PN\_OUT"

Функция FC 10 "PN\_IN" копирует данные, поступающие от Profinet-контроллера, из области в CPU для передачи I/O-данных на входы (inputs) (PN\_INPUT) интерфейсного блока данных (interface DB).

Функция FC 11 "PN\_OUT" выходные данные (outputs) (PN\_OUTPUT) из интерфейсного блока данных (interface DB) в область в CPU для передачи I/O-данных.

Данные функции должны вызываться в пользовательской программе в OB 1 для Profibus-устройства: FC 10 "PN\_IN" - для первого вызова в начале, и FC 11 "PN\_OUT" - для последнего вызова в конце программы в блоке OB 1 (см. табл. 6.56 - 6.57).

Обе функции включаются в системную библиотеку Profinet в STEP 7.

Таблица 6.56 Параметры функций FC 10 "PN\_IN" и FC 11 "PN\_OUT"

Параметр	Тип параметра	Тип данных	Область памяти	Описание
DB_NO	INPUT (входной)	BLOCK_ DB	DB	Номер блока данных, содержащего информацию для копирования (PN_IO_DB)
RET_VAL	OUTPUT (выходной)	INT	I, Q, F, D, L	Возвращаемое значение FC-функции

Таблица 6.57 Отдельные возвращаемые значения FC 10 "PN\_IN" и FC 11 "PN\_OUT"

Код ошибки (W#16#...)	Значение
0000	Нет ошибок
8001	Отсутствует PN_IO_DB или некорректная конфигурация в PN_IO_DB (не создан или некорректно создан компонент)
8002	Некорректная конфигурация в PN_IO_DB
8003	Номер, заданный на входе DB_NO, слишком большой для PN_IO_DB.
8004	PN_IO_DB или интерфейсный DB не загружены, некорректные (неконсистентные) данные или параметры в PN_IO_DB. Компонент должен быть создан или загружен заново.
8005	Номер интерфейсного DB слишком большой. Выберите меньший номер и создайте компонент заново. Некорректны параметры в PN_IO_DB.
8006	Интерфейсный DB-блок имеет защиту от записи в CPU.

Код ошибки (W#16#...)	Значение
8007 8008	Неконсистентные данные компонента. Компонент должен быть создан заново.
8009	Ошибка при считывании состояния системы.
8010	Ведущее (master) устройство недоступно или в режиме STOP.
8022	Ошибка размера области при считывании параметра: неконсистентный PN_IO_DB. Компонент должен быть создан заново.
8023	Ошибка размера области при записи параметра: неконсистентный PN_IO_DB. Компонент должен быть создан заново.
8030	Интерфейсный DB-блок имеет защиту от записи в CPU.
807F	Внутренняя ошибка: неконсистентный PN_IO_DB. Компонент должен быть создан заново.
808x	Системная ошибка во внешнем интерфейсном DP-модуле
8090	Не сконфигурирован модуль для заданного базового логического адреса или не определено ограничение размера для консистентных данных, или начальный адрес в параметре LADDR не в шестнадцатеричном формате
8092	В ссылке ANY определен тип, не являющийся BYTE
8093	Не существует DP-модуль, с которого должны быть считаны данные, логический адрес которого указан в LADDR.
80A0 80A1	Ошибка доступа при обращении к I/O. Ведущее (master) устройство не доступно.
80B0	Отказ ведомого (slave) устройства во внешнем интерфейсном DP-модуле.
80B1	Размер заданной целевой области не равен размеру данных пользователя, сконфигурированному в STEP 7.
80B2 80B3	Системная ошибка во внешнем интерфейсном DP-модуле
80C0	Данные пока не считаны модулем
80C1	Модуль еще не обработал данные для предыдущего запроса на запись.
80C2 80Fх 85ху 87ху	Системная ошибка во внешнем интерфейсном DP-модуле

## 7 Profinet-устройства и организация сетей

Производительность системы Profinet не зависит исключительно от оборудования для системы автоматического управления, но в очень большой степени зависит от среды, в которой это оборудование используется. К среде, прежде всего, относятся средства коммуникационных сетей. Требования, предъявляемые к коммуникационным сетям, значительно отличаются, если сравнивать условия их применения, например, в офисных помещениях или на производственной площадке. Требования для разных вариантов использования различаются при рассмотрении почти всех аспектов, например, при использовании активных и пассивных сетевых компонентов, терминалов для ввода данных, при использовании той или иной концепции сети, ее топологии, возможности доступа к сети, производительности, соответствия по условиям применения и т.п.

В таблице 7.1 представлены наиболее важные параметры сетей, зависящие от условий применения.

Таблица 7.1 Требования, предъявляемые к офисным и производственным приложениям

	<b>Использование в условиях офиса</b>	<b>Использование в условиях производства и в полевых условиях</b>
Условия организации сети	Стандартная разводка для условий здания	Разводка, определяемая промышленной установкой
	Прокладка кабеля под фальшполом	Прокладка кабеля, определяемая промышленной установкой
	Подключение различных устройств к рабочей станции	Редко меняемые точки подключения
	Готовые патч-корды для подключения устройств	Подключение устройств в полевых условиях и средства для этого
	Главным образом, стандартные рабочие станции (настольные ПК, ...)	Каждый механизм / установка могут иметь различные условия подключения к сети
	Древовидная топология сети	Часто: линейные сети и кольцевые топологии (для резервирования)

	<b>Использование в условиях офиса</b>	<b>Использование в условиях производства и в полевых условиях</b>
Производительность при обмене данными	Большие пакеты данных (изображения и т.п.)	Малые пакеты данных (измеренные значения параметров)
	Средние возможности доступа к сети (network availability)	Очень высокие показатели возможности доступа к сети (network availability)
	Временные показатели обмена данных по сети: секундный диапазон	Временные показатели обмена данных по сети: микросекундный диапазон
	Периодичность: В основном ациклический обмен данными	Периодичность: В большой степени циклический обмен данными
	Не изохронный режим обмена данными	Изохронный режим обмена данными
Условия окружающей среды	Нормальные условия по температуре окружающей среды	Экстремальные условия по температуре окружающей среды
	Низкая пылевая нагрузка	Высокая пылевая нагрузка
	Низкая влажность	Высокая влажность
	Низкий уровень вибраций	Высокий уровень вибраций
	Низкий уровень электромагнитных помех	Высокий уровень электромагнитных помех
	Низкий уровень опасности механических воздействий	Высокий уровень опасности механических воздействий
	Низкий уровень ультрафиолетового облучения	Высокий уровень ультрафиолетового облучения
	Низкий уровень химической нагрузки	Высокий уровень загрязнения GSM и вызывающими коррозию материалами



Из таблицы 7.1 видно, что прокладка кабеля в промышленном секторе должна отвечать значительно более высоким требованиям, чем в условиях офиса. Инструкции по установке систем Profinet учитывают международный стандарт ISO/IEC 11801 и его европейский аналог EN 50173. Эти стандарты определяют независимые от конкретики IT-решения для промплощадок, которые могут включать одно или несколько зданий на одном участке. Оба стандарта допускают, что здания имеют условия, сходные условиям в офисе. Особые требования для цехового пола или промышленной установки не рассматриваются. Следовательно, стандарт Profinet базируется на международных стандартах для инсталляции сетей и не рассматривает экстремальные варианты применения. Соответствующие стандарты для определенных секторов, в которых обычно используется Profinet, рассматриваются в главе 7.7.4.

Прокладка кабелей для систем Profinet производится в соответствии с международным стандартом ISO/IEC 11801 и европейским стандартом EN 50173. Тем не менее, условия эксплуатации сетей в промышленности делают необходимым использование соответствующих компонентов, которые отвечают специальным требованиям, характерным для производственных участков по температуре, влажности, ударным и вибрационным нагрузкам, электромагнитной совместимости, запыленности, а также по обслуживанию. Директива PNO "Installation Guideline Profinet" ("Руководство по установке системы Profinet") описывает технологию организации сетей в условиях промышленности с использованием Fast Ethernet на базе определений основополагающего стандарта IEC 11801. В директиве представлена подробная информация и описания требований для применения Profinet в промышленном секторе как для производителей устройств и компонентов, так и для инженеров по монтажу таких систем.

Profinet-сети в основном состоят из активных и пассивных сетевых компонентов. Эти компоненты являются аппаратными средствами, которыми оборудуются сети. В следующей главе рассматривается общая основная информация по структуре коммуникационных Profinet-сетей.

## 7.1 Пассивные сетевые компоненты

Компоненты, связанные с коммутационной системой (кабели, вилки, розетки и шкафы), называются пассивными компонентами. Они используются для передачи сигналов без активного воздействия на сам сигнал. Все другие компоненты относятся к активным компонентам. Последние активно влияют на сигнал. В частности, к таким компонентам относятся концентраторы или хабы (hub), повторители или репитеры (repeater), мосты (bridge), коммутаторы или переключатели (switch) и маршрутизаторы или роутеры (router).

## 7.2 Среда передачи на базе сетей из электрических линий

Техника, обеспечивающая прием/передачу данных в Profinet, в основном соответствует стандартам для Fast Ethernet с режимом передачи полный дуплекс (full duplex) и со скоростью обмена 100 Мбит/с в коммутируемых линиях. Технологии передачи с более низкими скоростями обмена (10 Мбит/с) не удовлетворяют требованиям к производительности для коммуникационных систем. В системах с более низкими скоростями обмена не могут обеспечиваться необходимые RT-режимы передачи данных, а также не гарантируется работа без возникновения коллизий в устройствах приема/передачи. В Profinet-сетях на линиях передачи используются симметричные медные или оптоволоконные кабели. Для передачи электрических сигналов в Profinet используются следующие типы кабелей:

- 100Base-TX: электрические системы передачи данных со скоростью 100 Мбит/с (Fast Ethernet) с двумя парами проводников.
- 1000Base-TX: электрические системы передачи данных со скоростью 1000 Мбит/с (Gigabit Ethernet) с четырьмя парами проводников.

Для передачи оптических сигналов в Profinet используются следующие типы кабелей:

- 100Base-FX: оптические системы передачи данных со скоростью 100 Мбит/с (Fast Ethernet) на двух мультимодовых или одномодовых оптоволоконных линиях с длиной волны 1310 нм.
- 1000Base-SX: оптические системы передачи данных со скоростью 1000 Мбит/с (Gigabit Ethernet) на двух мультимодовых оптоволоконных линиях с длиной волны 850 нм.
- 1000Base-LX: оптические системы передачи данных со скоростью 1000 Мбит/с (Gigabit Ethernet) на двух одномодовых оптоволоконных линиях с длиной волны 1310 нм.

В качестве элементов сетей должны использоваться исключительно экранированные кабели и коммутационные элементы. Различают фиксированные и разъемные соединения. Для разъемных соединений используются вилки-коннекторы типов RJ45 или M12. В устройствах соединительный элемент всегда выполняется в виде гнезда. Кабели для подключения устройств (известные еще как патч-кабели или патч-корды) всегда выполняются с вилками на обоих концах.

## **Передача электрического сигнала в Profinet в режиме 100Base-TX**

Медные кабели типа "витая пара" (100Base-TX) используются для передачи электрических сигналов со скоростью обмена 100 Мбит/с (Fast Ethernet) в режиме полного дуплекса (full duplex mode). Процедура передачи для 100BaseTX определена в стандартах IEEE 802.3i / IEEE 802.3u. Средой передачи должна быть линия - симметричная и экранированная "витая пара" или медный кабель со скруткой типа "четвёрка звёздной скрутки" (star-quad) с характеристическим сопротивлением 100 Ом. Проводники кабеля имеют цветовую кодировку: пара проводников (желтый и оранжевый) используется для передачи, другая пара проводников (белый и голубой) используется для приема данных. Соединения с использованием кабеля типа "витая пара" - это всегда соединение типа "точка к точке" между передающим блоком и приемным блоком. Передающие характеристики такого кабеля должны отвечать требованиям категории 5 (CAT 5). Стандарт ISO/IEC 11801 классифицирует кабели типа "витая пара" по категориям. Ethernet-кабели характеризуются двумя основными параметрами: категорией кабеля и классом канала. Различные категории определяют ряд характеристик ТР-кабелей, такие как сопротивление, полоса пропускания, затухание, перекрёстная наводка на конце линии. Стандарт описывает 5 категорий (1, 2, 3, 4 и 5). Качество передачи возрастает с повышением категории линии связи. Характеристическое сопротивление равняется 100 Ом. Максимальная длина соединения между терминалом для ввода данных и компьютером в сети или между двумя сетевыми компонентами (например, портами коммутаторов) не должна превышать 100 м. Для обеспечения свойств передачи соединительный кабель должен быть цельным (должен состоять из одной единой секции). В особых случаях (например, при использовании шкафов с двумя входами) соединительный кабель может быть составным, и при этом может содержать до трех отрезков.

Соединения обычно выполняются с использованием разъемов типа RJ45 с защитным бортиком (см. главу 7.2.5). Этот защитный бортик совместно с корпусом вилки кабеля обеспечивают плотную фиксацию вилки IEC RJ45 Plug 180 в гнезде RJ45, что отвечает требованиям Profinet, и дает возможность надежного подключения станций к сети в производственных условиях. Это 8-контактный разъем, структура которого совместима с ISO/IEC 8877:1992. На одно соединение допускается использовать максимально до 6 пар вилка-гнездо. Например, 2 пары вилка-гнездо требуется для организации соединения через шкаф управления. Назначения контактов для разъема RJ45 совместимы со стандартом Ethernet, то есть, совместимы со стандартом ISO/IEC 8802-3. При этом необходимо обеспечить, чтобы устройства для использования в шкафу управления были оборудованы коннекторами типа RJ45. В противном случае может использоваться коннектор (вилка) M12 для обеспечения класса защиты IP65/67 (см. главу 7.2.7). Данный 4-контактный коннектор (вилка) M12 имеет D-кодирование. Назначения контактов на терминале данных и цветная кодировка кабеля представлены в табл. 7.2, а наиболее важные параметры Profinet для электрических линий - в табл. 7.3.

Таблица 7.2 Спецификации контактов и проводников

Сигнал	Функция	Цвет провода	Назначение контакта в разъеме RJ45	Назначение контакта в разъеме M12
TD +	Передача данных +	Желтый	1	1
TD -	Передача данных -	Оранжевый	2	3
RD +	Прием данных +	Белый	3	2
RD -	Прием данных -	Голубой	6	4

Таблица 7.3 Стандарт Profinet для электрических линий передачи

Свойство	Значение
Стандарт	IEC 61158
Вид кабеля	2 пары, медный симметричный экранированный
Тип кабеля	100Base-TX, CAT 5
Характеристическое сопротивление	100 Ом
Скорость обмена данными	100 Мбит/с
Максимальная длина сегмента	100 м
Максимальное число секций	3
Тип соединения	RJ45 (вилка), M12 (вилка)
Максимальное число соединений	6 пар вилка-гнездо на одно соединение

## 1000Base-TX

Стандарт 1000Base-TX (Gigabit Ethernet) доступен для будущих приложений Profinet. Данный стандарт характеризуется следующими параметрами:

- **Скорость передачи** для электрических портов: 1 Гбит/с.
- **Процедура передачи** в режиме 1000Base-TX определяется стандартом IEEE 802.3ab. Автоопределение опционально для 1 Гбит/с. При этом возможны две коммуникационные процедуры: режим полудуплекса (half duplex) и режим полного дуплекса (full duplex).
- **Линии передачи:** передача данных осуществляется по восьмипроводному кабелю типа "витая пара". Для передачи данных со скоростью 1 Гбит/с требуется кабель типа "витая пара" категории 6 (Cat 6) (4x2). Для кабеля типа "витая пара" категории 5 (Cat 5) (2x2) возможна только скорость передачи 100 Мбит/с. При одновременном использовании двух портов Gigabit с использованием кабеля типа "витая пара" категории 5 (Cat 5) (2x2) оба порта должны быть переключены в режим передачи 100 Мбит/с с полным дуплексом (full duplex). Кроме этого по концевым разъемам TP-патч-корд должен иметь разводку типа "кросс-овер" (cross-over).
- **Максимальная длина сегмента** составляет 100 м.
- **Коммуникационный разъем** - 8-контактный разъем типа RJ45.

## Техническое исполнение - FastConnect

Для технического исполнения в соответствии со стандартом Profinet должны использоваться сертифицированные кабели и системы, отвечающие данному стандарту. Как вариант может использоваться система FastConnect (FC - "быстрое коммутирование") для Industrial Ethernet -сетей Simatic Net, которая была адаптирована в дальнейшем для Profinet. Данная система обеспечивает сетевую структуру офисного сектора в промышленности и пригодна для установки на цеховых производственных площадках. FC - кабели обеспечивают простую и быструю сборку на рабочих местах. Система Industrial Ethernet FC поддерживает коммуникационные соединения на базе коннекторов типа RJ45 для надежной установки устройств в производственных условиях. Система IE FC имеет преимущество в том, что она обеспечивает значительную экономию времени и финансовых затрат, благодаря сведению к минимуму возможности возникновения ошибок при инсталляции системы.

Ниже перечислены сетевые компоненты стандарта Industrial Ethernet FC:

- IE FC Cable 2x2 Cat5 Plus: сертифицированные FC-кабели с медными проводниками (IE FC Standard Cable (стандартный кабель), IE FC Trailing Cable (гибкий кабель), IE FC Marine Cable (морской кабель)).
- IE FC RJ45 Plug: компактная и прочная вилка разъема типа RJ45, пригодная для подключения устройств как в офисе, так и на производстве.
- IE FC RJ45 Modular Outlet: модульная розетка разъема типа RJ45 для производственных условий с усиленной изоляцией контактов.
- IE FC Stripping Tool: инструмент для снятия изоляции.
- IE TP Cords: готовые патч-корды (соединительные кабели) с вилками RJ45 на обоих концах.

Эти взаимно совместимые компоненты позволяют при использовании стандартных соединительных кабелей выполнить подключение к сети за несколько минут. Терминалы для сбора данных или сетевые компоненты могут быть подключены к розеткам FC Outlet RJ45 в аппаратных или в шкафах управления с использованием заранее подготовленных патч-кордов, оборудованных вилками RJ45. В полевых условиях для прокладки линий между розетками и станциями используются стандартные кабели типа IE FC Standard Cable (см. рис. 7.1).



Рис. 7.1 FC-система, состоящая из терминала данных SCALANCE X и ПК, подключенных патч-кордами к модульным розеткам сети. Между розетками - фрагмент сети с использованием кабеля стандарта IE FC.

Возможные конфигурации FC-системы представлены в главе 7.2.11.

## Шинные кабели Fast Assembly - IE FC -кабели

Кабели Industrial Ethernet FastConnect 2x2 имеют радиально симметричную конструкцию и характеристическое сопротивление 100 Ом. Они используются для прокладки сетей в условиях производственных цехов и имеют специальную конструкцию, обеспечивающую быструю организацию сетей. Эти кабели могут быть подготовлены для установки сетевых компонентов с использованием специального инструмента FastConnect Stripping Tool, с помощью которого за одну операцию может быть снята внешняя оболочка и экранирующая оплетка кабеля, что позволяет просто и быстро подключить к нему розетку IE FC Outlet RJ45 или вилку разъема IE FC RJ45. Благодаря двойному экранированию эти кабели особенно хорошо подходят для организации сетей в производственных условиях при наличии электромагнитных помех. Подключение к контактам с дополнительной изоляцией за счет их взаимного смещения в вилке разъема FC RJ45 Plug выполняется непосредственно и без применения дополнительных инструментов. Однородность заземления может быть обеспечена с помощью внешнего экрана шинного кабеля и заземления в конструкции розетки IE FC Outlet RJ45. Сетевой кабель стандартного исполнения FC TP Standard Cable имеет в конструкции жесткие проводники, сетевой кабель гибкого исполнения FC TP Trailing Cable и сетевой кабель морского исполнения FC TP Marine Cable имеют в конструкции скрученные проводники. Все эти кабели имеют улучшенную категорию исполнения 5 (Cat 5e), отвечающую международным стандартам ISO/IEC 11801 и EN 50173 для кабелей, и поэтому полностью совместимы с Profinet (см. рис. 7.2).

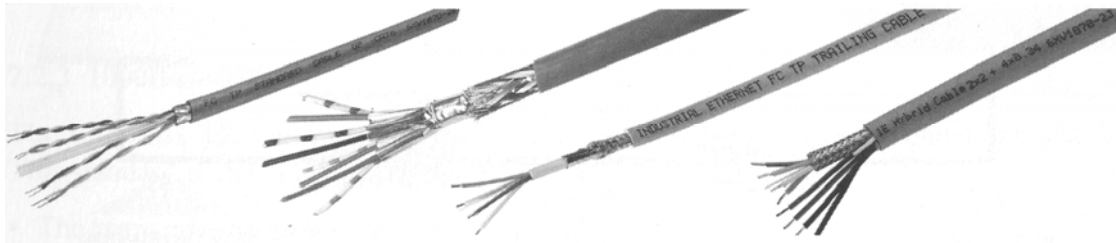


Рис. 7.2 FC кабели: стандартный IE FC 2 x 2 Standard Cable, стандартный IE FC 4 x 2 Standard Cable, гибкий IE FC 2 x 2 Trailing Cable, гибридный IE FC Hybrid Cable

Экранированные 4-хпроводные TP-кабели с подключенными розетками Industrial Ethernet FC Outlet RJ45 и вилками FC RJ45 Plug могут использоваться для создания Industrial Ethernet -сетей (4-хпроводных). Эти кабели подходят для Profinet и отвечают UL. Кабели IE FC Cable 4 x 2 могут использоваться для создания 8-проводных сетей с "двойным" соединением для Industrial Ethernet -сетей с режимом Fast Ethernet со скоростью обмена 100 Мбит/с по одному кабелю. В то же время такой кабель может использоваться для гигабитных сетей (Gigabit) со скоростью 100 или 1000 Мбит/с по Ethernet, для которых требуется 8-проводный кабель. Для определенных режимов может быть выбран соответствующий сетевой кабель:

- Стандартные кабели IE FC Standard Cable GP 2x2 (тип A): стандартный шинный кабель с жесткими проводниками и специальной конструкцией для быстрой сборки; четыре жестких проводника со "звездной" скруткой.
- Стандартные и гибкие кабели IE FC Standard & Flexible Cable GP 4 x 2 для создания 8-проводных кабельных систем с поддержкой гигабитной производительности (Gigabit). В настоящее время 8-проводные кабельные системы могут использоваться в соответствии с технологией двойных Industrial Ethernet-соединений по одному кабелю, а в дальнейшем после переоснащения компонентов эти кабели будут поддерживать Gigabit Ethernet -соединения.
- Гибкие кабели IE FC Flexible Cable GP 2 x 2 (тип B): гибкий шинный кабель для специального применения со случайным движением связанных данным кабелем компонентов; четыре витых проводника закручены в свою очередь в "звездную" скрутку.
- Гибкие кабели IE FC Trailing Cable GP 2 x 2 (тип C): чрезвычайно гибкий шинный кабель для специального применения с постоянным движением связанных данным кабелем компонентов, например, некоторого механизма; четыре витых проводника закручены, в свою очередь, в "звездную" скрутку.
- Гибкие кабели IE FC Torsion Cable GP 2 x 2 (тип C); IE FC Torsion Cable 2x2: чрезвычайно гибкий шинный кабель для специального применения с постоянным движением связанных данным кабелем компонентов, например, кабель, подведенный к роботу; скрученные проводники.
- Морские кабели IE FC Marine Cable 2x2: шинный кабель для специального применения на судах; четыре витых проводника закручены в "звездную" скрутку, изготовлены без применения галогенов, сертифицированы для использования в оборудовании для судов.
- Гибридные кабели IE FC Hybrid Cable: гибкий кабель для подключения станций к коммуникационным линиям (2x2) и к источнику питания (2x2) для электропитания аппаратуры и одновременного обеспечения обмена данными по одному кабелю. Линии электропитания выполнены отдельно от сигнальных проводников. Их мощность зависит от поперечного сечения и длины кабеля.



## Вилки разъемов IE FC RJ45

Конструкции вилок Industrial Ethernet FC RJ45 Plugs обеспечивают простую и быструю сборку Industrial Ethernet FastConnect - кабелей (2x2) (4-хпроводные кабели типа "витая пара"), предназначенных для использования как в условиях офисных помещений, так и на производственных площадках. Они обеспечивают подключение кабелей Industrial Ethernet FC к терминалам для сбора данных, а также к сетевым компонентам. Эти вилки имеют прочные металлические корпуса, которые оптимально защищают от помех.

С использованием вилок типа IE FC RJ45 Plugs прямые соединения типа "точка к точке" (100 Мбит/с) могут устанавливаться в Industrial Ethernet-сетях с помощью отдельной секции кабеля длиной до 100 м между двумя терминалами данных или сетевыми компонентами без использования патч-кордов. Вилки типа Industrial Ethernet FC RJ45 Plug могут иметь два варианта конструкции (см. рис. 7.3):

- С поворотом на 180° (прямой кабельный выход)
- С поворотом на 90° (угловой кабельный выход) (для станций ET 200S).

Все рассмотренные вилки отвечают стандартам EN 50173 (RJ45) / ISO IEC 11801. Благодаря компактной конструкции эти коннекторы (типа IE FC Plug 180°) могут использоваться как с устройствами, имеющими одиночные розетки, так и с устройствами с блоками из нескольких гнезд. "Кроссоверные" кабели ("crossover") могут быть получены путем перекрестного подключения на вилке проводников, предназначенных для передачи (send) и приема (receive) данных.

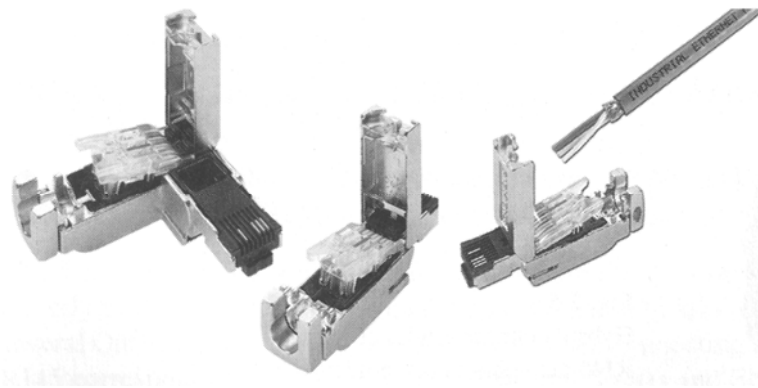


Рис. 7.3 Вилки IE FC Plugs: вариант с поворотом на 90° (угловой кабельный выход) и вариант с поворотом на 180° (прямой кабельный выход)

Благодаря четырем изолированным контактам соединение с помощью FC-разъема отличается простотой и надежностью. Разделанный конец кабеля вставляется в открытые цилиндрические контакты, а затем последние зажимаются и обеспечивают надежное проводящее соединение. При открытом корпусе цветовая маркировка контактов облегчает расположение проводников на контактах разъема. Также пользователь может проверить правильность разводки контактов в разъеме через прозрачную крышку.

Терминалы данных с дополнительными защитными бортиками на корпусе блока обеспечивают дополнительную защиту разъемных соединений. Защитный бортик гнезда совместно с корпусом вилки кабеля IE FC RJ45 Plug 180 обеспечивают плотную фиксацию вилки в гнезде за счет специальной формы и упругих элементов разъема (см. рис. 7.4).

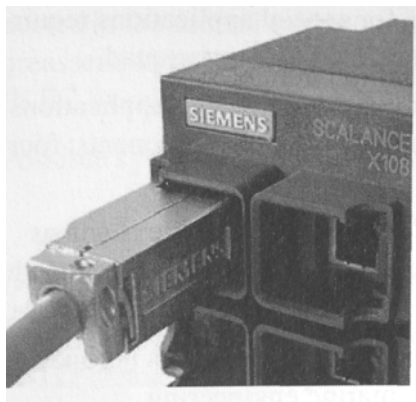


Рис. 7.4 Защитный бортик гнезда совместно с корпусом вилки кабеля обеспечивают плотную фиксацию вилки в гнезде разъема.

## Гибридный разъем (вилка)

Полевые приборы распределенных систем со степенью защиты IP 67 часто требуют подключения сигнального кабеля и питающего кабеля от 24-вольтового источника питания. Специальный гибридный разъем RJ Industrial Hybrid Connector для использования в Ethernet-сетях обеспечивает подведение к таким полевым приборам сигнальных Ethernet-линий и фидерных проводников по одному кабелю. Тем не менее, сигнальные линии и силовые линии отделены друг от друга за счет специальной геометрии разъема. Такое решение с использованием гибридных сетевых кабелей и соответствующих коннекторов дает значительный выигрыш при прокладке сетей и установке соответствующих промышленных полевых приборов.

В вилке гибридного разъема присутствуют элементы разъема стандарта RJ45 с FastConnect для коммутации сигнальных проводов, а также четыре контакта фидерных проводов от источника электропитания 24 В, также отвечающие концепции FastConnect. Такая конструкция обеспечивает подключение экранированного Ethernet-кабеля в сочетании с четырьмя проводами для обеспечения электропитания прибора с поперечным сечением 1,5 мм<sup>2</sup>.

Гибридный разъем с вилкой RJ45 сигнального кабеля и 4-контактной вилкой для электропитания позволяет выполнить подключение полевого прибора без использования специальных инструментов (см. рис. 7.5). Такие гибридные разъемы используются для подключения к сигнальной сети и к сети питания, например, модулей SCALANCE W (глава 7.4).

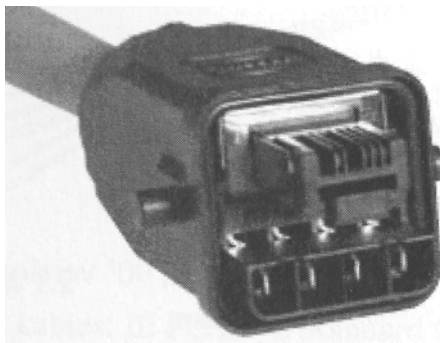


Рис. 7.5 Гибридный разъем с вилкой RJ45 сигнального кабеля и 4-контактной вилкой для электропитания

## Разъем M12 (вилка)

Разъем типа RJ45 часто применяется для подключения к Ethernet-сетям в условиях офиса. Разъем M12 со степенью защиты IP67, отвечающий требованиям PNO, предназначен для использования в жестких условиях промышленного производства. Разъем M12 предназначен для передачи данных. Он широко применяется в промышленности и при этом уже доказал свою надежность при использовании для подключения датчиков / приводов. Данный разъем отвечает стандарту IEC 61076-2-101. Четырехконтактный разъем M12 со степенью защиты IP65 имеет D-кодировку. Вилка разъема M12 имеет цилиндрическую форму диаметром 12 мм.

Соответствующие данному разъему розетки (гнезда) должны устанавливаться на приборах, а соединительные кабели должны быть оснащены вилками M12. Преимуществом круглой конструкции разъема является простота выполнения уплотнения разъема для обеспечения степени защиты IP67 (см. рис. 7.6). Однако недостатком такой конструкции в сравнении с решением стандарта RJ45 является более сложная обработка конца кабеля при установке разъема и требование большего пространства для подключения кабеля к прибору.



Рис. 7.6 Разъем M12 (вилка)

## 7.2.8 IE FC - розетки

IE FC - розетки используются для соединения 4-проводных или 8-проводных кабелей соответственно типов Industrial Ethernet FC Cable 2x2 или Industrial Ethernet FC Cable 4x2 с соединительными кабелями (патч-кордами) посредством разъемов типа RJ45. Патч-корд с вилкой RJ45 подключается к соответствующему гнезду розетки типа RJ45, а с другой стороны к этой розетке подключается IE FC -кабель при прокладке сети на производственном участке. Когда корпус розетки открыт, цветовая маркировка контактов облегчает подключение к ним отдельных проводников IE FC -кабеля. Для подготовки кабеля при установке разъемов используется инструмент FC Stripping Tool.

Могут применяться розетки двух видов:

- Розетка IE FC Outlet RJ45: для подключения 4-проводного кабеля Industrial Ethernet FC Cable 2x2 для Fast Ethernet -соединений со скоростью обмена 100 Мбит/с.
- Модульная розетка IE FC RJ45 Modular Outlet: для подключения 8-проводного кабеля Industrial Ethernet FC Cable 4x2 для двух Fast Ethernet -соединений со скоростью обмена 100 Мбит/с или одного "гигабитного" (Gigabit) соединения со скоростью обмена 1000 Мбит/с.

Розетки FC Outlet RJ45 соответствуют категории 5 (Cat 5) согласно стандартам для кабелей ISO/IEC 11801 и EN 50173. Розетки FC Outlet RJ45 с прочным металлическим корпусом могут крепиться на монтажной рейке DIN или непосредственно на площадке. Цветовая маркировка контактов в розетках предотвращает ошибки монтажа кабелей. Розетки крепятся непосредственно к FC TP -кабелю. Различные заранее изготовленные соединительные кабели - патч-корды с вилками типа RJ45 используются для подключения сетевых компонентов или терминалов данных к розеткам FC Outlet RJ45. Для организации нескольких подключений в одном месте группа розеток может быть объединена в блок, в так называемые патч-блоки (patch block). Такие блоки выполняют функцию терминальных (terminal block).

Розетки IE FC RJ45 Modular Outlet предназначены для соединения 8-проводных кабелей Industrial Ethernet FC Cable 4x2 сети с патч-кордами посредством разъемов типа RJ45. Патч-корд с вилкой RJ45 подключается к соответствующему гнезду розетки типа RJ45, а с другой стороны к этой розетке подключается IE FC-кабель при прокладке сети на производственном участке. Система из 8-проводных кабелей с розетками IE FC RJ45 Modular Outlet обеспечивают скорости передачи данных - 10, 100 и 1000 Мбит/с в Ethernet-сетях. Благодаря наличию 8 проводников в кабеле возможна реализация двух Industrial Ethernet -соединений для обеспечения режима Fast Ethernet. Кроме того, в будущем с 8-проводными кабелями можно будет использовать возможности Gigabit Ethernet-соединений после выполнения соответствующего переоборудования системы.

Таким образом, переход от 4-проводных кабельных систем Industrial Ethernet FC TP к 8-проводным кабелям обеспечит возможность использования более высокопроизводительной технологии Gigabit. Заменой вставок Modular Outlet Insert в розетках обеспечивается переход от сетевых структур, работающих со скоростью передачи данных 100 Мбит/с, к новой структуре со скоростью передачи данных 1000 Мбит/с. Базовый модуль модульной розетки FC RJ45 Modular Outlet может быть снабжен вставками трех различных видов (см. рис. 7.7):

- вставка Insert 2FE с двумя гнездами RJ45 (2 x RJ45) для систем со скоростью передачи данных 100 Мбит/с;
- вставка Insert 1GE с одним гнездом RJ45 (1 x RJ45) для систем со скоростью передачи данных 1000 Мбит/с;
- вставка Power Insert с гнездом коннектора для электропитания (1 x 24В) и гнездом RJ45 (1 x RJ45) для SCALANCE W промышленных и IWLAN систем.

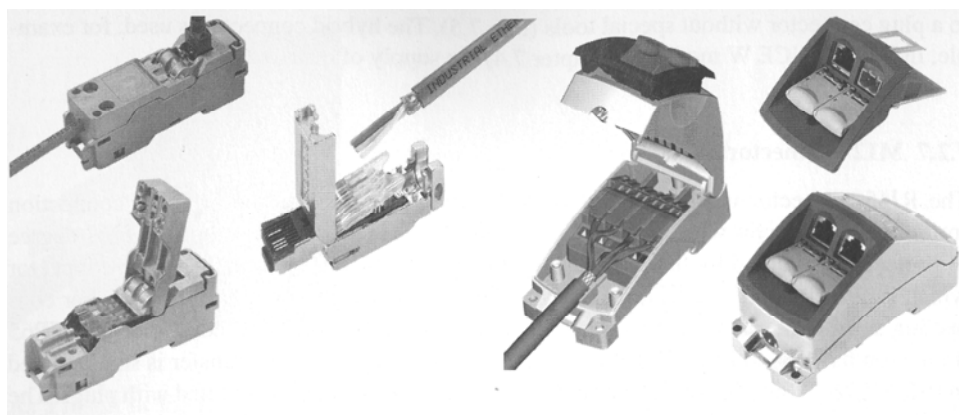


Рис. 7.7 Розетки IE FC Outlet RJ45 (слева) и IE FC RJ45 Modular Outlet (с открытой крышкой) (в центре); вставка Power Insert - для электропитания (1 x 24В) и гнездом RJ45 (1 x RJ45) (вверху справа); розетка IE FC RJ45 Modular Outlet с вставкой Insert 2FE с двумя гнездами RJ45 (2 x RJ45) (внизу справа).

### 7.2.9 Инструмент для подготовки кабеля FastConnect Stripping Tool

Устройство Industrial Ethernet FastConnect Stripping Tool (IE FCS) - инструмент для подготовки IE FC -кабелей. Этот инструмент предназначен для снятия необходимого участка внешней оболочки и экранирующей оплетки FC-кабеля за одну операцию в соответствии с предварительной настройкой режущих ножей на определенную глубину реза и заданную ширину участка оболочки кабеля. Этот инструмент позволяет предотвратить ошибки, возникающие из-за неточной обработки конца кабеля для монтажа вилки или розетки разъема. Инструмент Stripping Tool предназначен для быстрой и точной обработки кабеля Industrial Ethernet FC Cable для монтажа розеток IE Outlet RJ45 и разъемных вилок IE FC RJ45 Plug, совместимых с Profinet (см. рис. 7.8).



Рис. 7.8 Инструмент Industrial Ethernet FastConnect Stripping Tool (IE FCS): кабель вставляется в рабочий паз; затем в пазу поворотом кабеля вокруг его оси делается надрез оболочки на нужную глубину; затем вытягиванием кабеля надрезанная полоса оболочки удаляется.

### 7.2.10 Соединительные кабели (патч-корды) IE TP Cord

Соединительные кабели или патч-корды IE TP Cord используются для подключения терминалов данных с помощью разъемов типа RJ45 к кабельной системе Industrial Ethernet FC. Патч-корды изготавливаются заранее и проходят заводское тестирование. Они представляют собой четырехпроводные (2x2) (для скоростей обмена данными 10 или 100 Мбит/с) или восьмипроводные (4x2) (для скоростей обмена 10, 100 и 1000-Мбит/с) отрезки кабелей с коннекторными вилками типа RJ45 на обоих концах.

Эти соединительные кабели предназначены для использования в условиях низких электромагнитных помех, например, в условиях офисов или для выполнения соединений внутри шкафов управления. Гибкость соединительных кабелей обеспечивает легкость их сборки в жгуты. Эти кабели имеют категорию 5 (Cat 5e) (для формата 2x2) и категорию 6 (Cat 6) (для формата 4x2) в соответствии со стандартами ISO/IEC 11801 и EN 50173 для кабелей.

Максимальная длина патч-корда на основе кабеля типа "витая пара" (TP Cord) для выполнения соединения между двумя устройствами может составлять 10 м. При выполнении соединения между двумя устройствами посредством нескольких патч-кордов их общая длина также не должна превышать 10 м.

Цветовая маркировка коннекторов RJ45 патч-кордов служит для обозначения разных типов (разных по разводке разъемов) - "кроссоверного" ("crossed" - для него вилки RJ45 на обоих концах маркируются красным цветом) и "прямого" ("non-crossed" - для него вилки RJ45 на обоих концах маркируются зеленым цветом).

Патч-корды имеют различное обозначение, в зависимости от типа по разводке разъемов:

- IE TP Cord RJ45/RJ45 - "прямой" с двумя вилками 2 x RJ45
- IE TP XP Cord RJ45/RJ45 - "кроссоверный" с двумя вилками 2 x RJ45 (проводники для приема и передачи сигналов взаимно перекрещены).

## 7.2.11 Конфигурации системы на базе электрических соединительных кабелей с розетками

В следующем примере рассматривается ряд возможных вариантов конфигурирования Profinet-сети с использованием указанных ниже компонентов (см. рис. 7.9).

Коммутатор SCALANCE X400 Switch используется как распределитель данных. Возможны следующие варианты соединений:

- Коммутатор *SCALANCE X400 Switch* -> патч-корд *IE TP Cord* -> трехгнездовой блок розеток *three-fold IE FC Outlets RJ 45* -> стандартный соединительный кабель *1 x 100-Мбум/с IE FC Standard Cable 2 x 2* -> розетка *IE FC Outlet RJ 45* -> патч-корд *IE TP Cord* -> *S7-400*
- Коммутатор *SCALANCE X400 Switch* -> патч-корд *IE TP Cord* -> трехгнездовой блок розеток *three-fold IE FC Outlets RJ 45* -> стандартный соединительный кабель *1 x 100-Мбум/с IE FC Standard Cable 2 x 2* -> розетка *IE FC Outlet RJ 45* -> патч-корд *IE TP Cord* -> *OP Panel*



- Коммутатор *SCALANCE X400 Switch* -> патч-корд *IE TP Cord* -> трехгнездовой блок розеток *three-fold IE FC Outlets RJ 45* -> стандартный соединительный кабель *1 x 100-Мбум/c IE FC Standard Cable 2 x 2* -> розетка *IE FC Outlet RJ 45* -> патч-корд *IE TP Cord* -> *S7-300*
- Коммутатор *SCALANCE X400 Switch* -> патч-корд и фидер электропитания *IE TP Cord + 24 V DC* -> модульная розетка с коннектором электропитания *IE FC RJ 45 Modular Outlet with Power Insert* -> гибридный соединительный кабель с сигнальной и с фидерной линией для электропитания *1 x 100-Мбум/c and power connection with IE FC Hybrid Cable* -> модульная розетка с коннектором электропитания *IE FC RJ 45 Modular Outlet with Power Insert* -> гибридный соединительный кабель с сигнальной и с фидерной линией для электропитания *IE TP Hybrid Cable* -> *SCALANCE W788-1 PRO*
- Коммутатор *SCALANCE X400 Switch* -> патч-корд *IE TP Cord* -> модульная розетка *IE FC RJ 45 Modular Outlet with 1 GE (Gigabit Ethernet)* -> стандартный соединительный кабель *1 x 1000-Мбум/c IE FC Standard 4x2 Cable* -> модульная розетка для Gigabit Ethernet *IE FC RJ 45 Modular Outlet with 1 GE* -> патч-корд *IE TP Cord* -> ПК
- Коммутатор *SCALANCE X400 Switch* -> патч-корд *2 x IE TP Cord* -> модульная розетка *IE FC RJ 45 Modular Outlet with 2 FC (2 x Fast Ethernet)* -> стандартный соединительный кабель *2 x 100 Мбум/c IE FC Standard 4x2 Cable* -> модульная розетка *IE FC RJ 45 Modular Outlet with 2FC (2 x Fast Ethernet)* -> патч-корд *2 x IE TP Cord* -> *2 x S7-300*

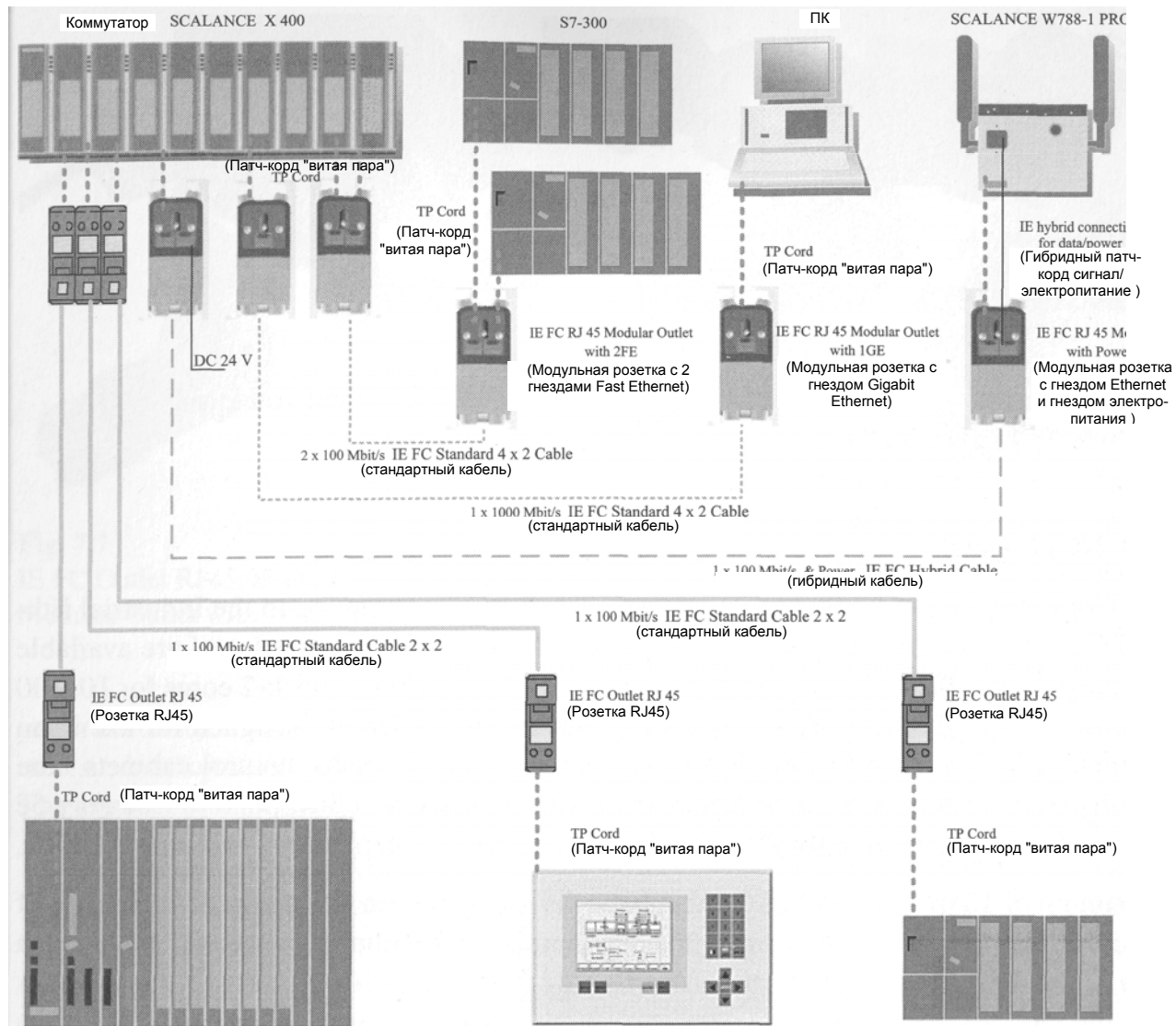


Рис. 7.9 Возможные варианты конфигурирования Profinet-сети с использованием различных сетевых компонентов

## 7.3 Передача сигналов посредством оптических линий

Обычно для высокоскоростных соединений со скоростями обмена 100 Мбит/с и 1000 Мбит/с на больших расстояниях применяются стекловолоконные (оптоволоконные) кабели (ФО-кабели). По этим кабелям сигналы (данные) передаются в виде световых импульсов. На промышленных предприятиях и, в частности, в непосредственной близости от больших электрических машин оптоволоконные кабели являются наиболее подходящими (и часто единственно возможными) средствами передачи данных, позволяющими организовать надежно работающие Profinet-сети, так как световые сигналы в оптоволоконных кабелях абсолютно нечувствительны к любым электромагнитным помехам. Стекловолокно, как носитель информации, также нечувствительно к перепадам электрических потенциалов, которые могут возникать, например, между разными участками зданий, так как этот материал не содержит проводящих компонентов, на которых может наводиться электрический потенциал, тем самым оказывая негативное влияние на полезный сигнал. Более того, компоненты для соединения оптоволоконных кабелей имеют значительное преимущество по сравнению с традиционными медными системами, так как в них полностью отсутствуют "традиционные" проблемы, связанные с окислением материала контактов и с изменением их переходных сопротивлений.

Вдобавок, оптоволоконные кабели обеспечивают передачу сигналов на большее расстояние, благодаря значительно меньшему затуханию сигнала в них, по сравнению с медными. По этой причине оптоволоконные кабели имеют меньшие ограничения на длину секции кабеля.

Дополнительные преимущества оптоволоконных систем:

- Устойчивость к электромагнитным помехам. Внешние электрические или магнитные поля абсолютно не влияют на передачу сигнала, даже если оптоволоконный кабель проложен параллельно силовому кабелю. Поэтому оптоволоконные кабели особенно подходят для использования в цехах с сильными электромагнитными помехами, например, в машинных залах. При использовании оптоволоконных кабелей отдельные станции в сети остаются электрически изолированными. Кроме того, визуально незаметное повреждение оптического кабеля практически невозможно.
- Пропускная способность оптических кабелей значительно выше, чем у медных. Скорость передачи данных может увеличиваться без ограничений при использовании нескольких несущих волн разной длины.
- Для оптоволоконных кабелей нет необходимости в средствах молниезащиты.
- Оптоволоконные кабели имеют меньший вес по сравнению с медными.
- Высокая защищенность данных: прослушивание данных в оптическом кабеле посторонними требует использования сложного оборудования.

### 7.3.1 100Base-FX

Передача данных по оптоволоконному кабелю осуществляется путем передачи световых импульсов по световодному каналу кабеля. Для Profinet-систем используются оптоволоконные многомодовые кабели 50/125 мкм или 62,5/125 мкм (здесь в числителе - диаметры световода, а в знаменателе - наружные диаметры кабеля) в соответствии с 100Base-FX (стандарт ISO/IEC 8802-3u). Фактически среда передачи световых сигналов представляет собой кабель, содержащий два концентрических слоя оптоволоконна с разными оптическими свойствами. В качестве материала оптоволоконна используется стекло или пластмасса. Для этого режима всегда используется длина волны, равная 1310 нм. FO-кабели бывают одномодовыми или многомодовыми:

- Многомодовые кабели (Multimode FOC): диаметр центрального световода равен 50 мкм, источником света является светодиод. Для передачи данных используется несколько мод (световых лучей). Разные моды имеют различное время распространения световых импульсов (дисперсия), что определяет ограничения на расстояние передачи.
- Одномодовые кабели (Singlemode FOC): диаметр центрального световода равен 9 или 10 мкм, источником света является лазерный диод. Для передачи данных используется только одна мода, что значительно уменьшает дисперсию. Поэтому максимальное расстояние передачи для одномодового оптокабеля больше, чем для многомодового. Внешний диаметр оптокабеля равен 125 мкм и не зависит от его типа.

Таблица 7.4 Сводные данные по стандарту Profinet для оптических линий передачи

Параметр	Значение
Тип оптоволоконна	Многомодовое стекловолокно
Вид кабеля	2-волоконный кабель (2-fiber cable)
Тип кабеля	100Base-FX, CAT 5
Варианты	50/125 мкм и 62,5/125 мкм
Максимально допустимые потери (для длины волны 1310 нм)	11 дБм для 50/125 мкм 6 дБм для 62,5/125 мкм
Скорость передачи данных	100 Мбит/с
Минимальная полоса частот на одну моду	500 МГц-км
Максимальная длина сегмента	Многомодовый кабель: 3000 м Одномодовый кабель: 26 км
Разъем	SC-D BFOC/2.5 в соответствии с IEC 60874-10
Максимальное число разъемов	Всегда соединение "точка к точке"

В данном режиме скорость передачи по оптоволоконному кабелю составляет 100 Мбит/с. При использовании такой технологии с оптоволоконными кабелями может быть установлено соединение только вида "точка к точке", то есть, когда имеется один передающий и один приемный участник обмена данными. Поэтому для установления двусторонней связи между двумя станциями необходимо использовать два оптических кабеля (по одному кабелю на каждое коммуникационное направление).

Максимальная длина линии связи между терминалом данных и сетевыми компонентами или между сетевыми компонентами (например, между портами переключателей) зависит от выбранного типа оптического кабеля. Максимальная длина оптического кабеля Simatic для 100Base-FX и многомодового оптического кабеля составляет 3 км, а для 100Base-FX-LD и одномодового FOC составляет 26 км. Соединение выполняется посредством коннекторов типа BFOC/2.5, соответствующих стандарту IEC 60874-10, или типа SC, соответствующих стандарту IEC 874-19.

### 7.3.2 1000Base-SX и 1000Base-LX

Как и для электрических, для оптических линий связи стандарт Profinet в перспективе предусматривает использование технологии "гигабитных" (Gigabit) соединений - 1000Base-SX (с длиной волны 850 нм) и 1000Base-LX (с длиной волны 1310 нм). Этот стандарт описывает следующие параметры:

- **Скорость передачи** оптических Gigabit-портов 1000Base-SX и 1000Base-LX составляет 1 Гбит/с.
- **Процедура передачи** для 1000Base-FX и 1000Base-LX (стандарт IEEE 802.3z) со скоростью 1000 Мбит/с и с режимом полный дуплекс (режим полный дуплекс (full duplex)).
- **Среда передачи:** Для 1000Base-SX передача данных выполняется в многомодовом режиме. Длина волны равна 850 нм. Диаметр центрального световода кабеля равна 50 мкм, источник - светодиод. Для 1000Base-LX передача данных выполняется в одномодовом режиме. Длина волны равна 1310 нм. Диаметр центрального световода кабеля равна 9 или 10 мкм, источник - лазерный светодиод. Для передачи данных используется только одна мода, что значительно уменьшает дисперсию. Поэтому максимальное расстояние передачи для одномодового оптокабеля больше, чем для многомодового.
- **Расстояние передачи:** максимальное расстояние передачи данных при использовании многомодового кабеля Simatic Net с дуплексными коннекторами SC составляет 750 м для 1000Base-SX, или при использовании одномодового кабеля составляет 10 км для 1000Base-FX.
- **Коннекторы:** соединение выполняется с использованием дуплексных SC-коннекторов.

### 7.3.3 Оптоволоконные кабели - разработаны для промышленности

Среди продукции Simatic Net имеется целый ряд оптоволоконных кабелей (FOC) для промышленности (см. рис. 7.10):

- Оптоволоконный стандартный кабель (Fiber-optic standard cable): Универсальный оптоволоконный кабель для применения внутри и вне помещений. Он состоит из двух слоев оптоволокна с градиентными показателями преломления с размерами 62,5/125 мкм. Этот кабель можно заказывать секциями длиной от одного до 4000 м; кроме того, он может быть в заводских условиях нарезан секциями до 1000 м, подготовлен и оснащен четырьмя BFOC-коннекторами.
- Оптоволоконный кабель для внутренних помещений (Indoor fiber-optic cable): Производится без применения галогенов, защищен от механических повреждений, негорюч, специально предназначен для прокладки внутри зданий. Кабель состоит из двух слоев оптоволокна с градиентными показателями преломления с размерами 62,5/125 мкм. Этот кабель может быть в заводских условиях нарезан секциями до 100 м (с шагом 0,5 м) и оснащен четырьмя BFOC-коннекторами.
- Гибкий оптоволоконный кабель для использования в шлейфах (Flexible fiber-optic trailing cable): Этот оптоволоконный кабель был разработан специально для условий непрерывного перемещения, например, для соединения постояннодвигающихся компонентов машин. Данный кабель пригоден для применения как внутри, так и вне помещений. Кабель состоит из двух слоев оптоволокна с градиентными показателями преломления с размерами 62,5/125 мкм. Встроенные элементы гарантируют поддержание круглого сечения кабеля.
- Дуплексный морского применения оптоволоконный кабель (SIENOPYR marine duplex fiber-optic cable): Этот гибридный оптоволоконный кабель с двумя дополнительными медными проводниками предназначен для прокладки на судах в помещениях и внешних установках и на открытых палубах. Кабель состоит из двух слоев оптоволокна с градиентными показателями преломления с размерами 62,5/125 мкм. Кроме того, этот кабель содержит два витых с прочной изоляцией проводника с поперечным сечением 1 мм<sup>2</sup>. Медные проводники могут использоваться, например, для подключения к источнику питания. Круглое сечение кабеля облегчает обеспечение необходимого уплотнения в разъемном соединении.



Рис. 7.10 Различные оптоволоконные кабели для промышленного применения: стандартный оптокабель, гибкий оптокабель для использования в шлейфах и дуплексный морского применения оптокабель

### 7.3.4 FO-коннекторы для разъемных и постоянных соединений

Оптические интерфейсы Profinet-устройств должны соответствовать стандарту ISO/IEC 9314-3 (для многомодовых световодов) и стандарту ISO/IEC 9314-4 (для одномодовых световодов). Оптические кабели могут подключаться с помощью разъемного или постоянного соединения. Различные коннекторы разработаны для выполнения разъемных соединений, тогда как неразъемные соединения всегда выполняются путем "соединения встык" двух световодов. Соединение "встык" в основном используется при наращивании длины световодов или при ремонте поврежденных оптических кабелей. Профессионально выполненное стыковое соединение световодов должно иметь низкое затухание (низкие оптические потери) и быть стабильным во времени. Коннекторы на оптокабели должны устанавливать опытные специалисты. Правильно собранный коннектор должен обеспечивать низкие потери и сохранять свойства перехода в разьеме после нескольких циклов стыковки-расстыковки.

## Разъем ST

ST-коннекторы, называемые также BFOC-коннекторами, используются в Ethernet оптоволоконных сетях (см. рис. 7.11). Данный тип FO-коннектора, специфицированный AT&T (BFOC/2.5 в соответствии IEC 874-10), подходит для применения с многомодовыми и одномодовыми кабелями. ST-разъемы имеют преимущество в конструкции, как "байонетные" разъемы. Такой тип разъема обеспечивает быстрое соединение, и вместе с тем обладает устойчивостью к ударам и вибрациям. Быстро выполняемое соединение имеет большое преимущество, например, при использовании оптоволоконных патч-кордов для выполнения переключения блоков на распределительном щите.

## Разъем SC

SC-коннекторы в соответствии со стандартом IEC 874-19 используются в более новых кабельных системах. SC-коннектор - это поляризованный коннектор-вилка с малыми размерами и высокой плотностью упаковки (при групповом размещении). Данный оптоволоконный коннектор подходит для применения с многомодовыми и одномодовыми кабелями. Он может использоваться в простых, дуплексных и групповых соединениях. SC-коннектор характеризуется компактным размером и высокой повторяемостью параметров соединения в разъеме. Конструкция коннектора обеспечивает защиту от перекрутки кабеля, а также автоматическую фиксацию в разъеме.

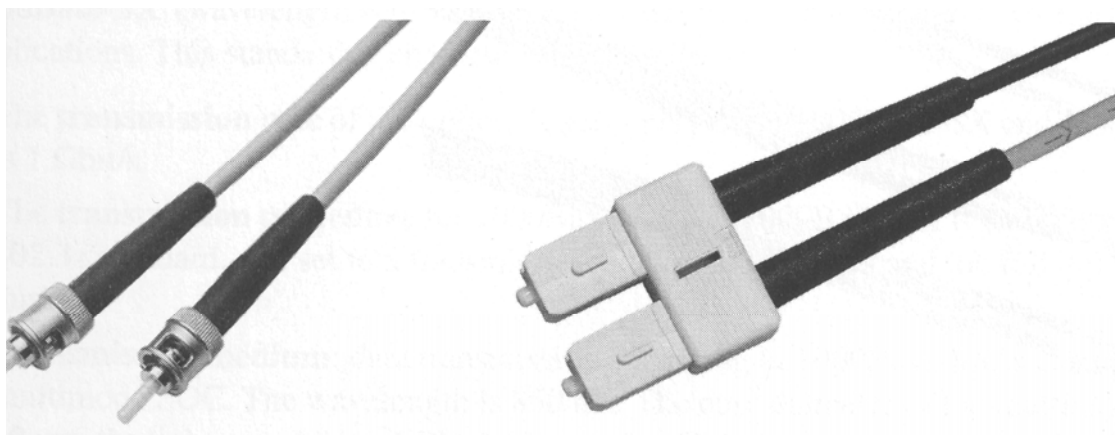


Рис. 7.11 Коннекторы типов ST (BFOC/2.5) и SC для оптоволоконных кабелей



## 7.4 Беспроводные сети для Profinet

Для системы Profinet Вы можете организовать также беспроводные сети или WLAN-сети (WLAN - **W**ireless **L**ocal **A**rea **N**etwork - беспроводная локальная сеть, т.е. сеть, в которой для связи используется радиоканал), отвечающие требованиям, предъявляемым к промышленным WLAN-сетям или IWLAN-сетям (IWLAN - **I**ndustrial **W**LAN - промышленная беспроводная локальная сеть). Для IWLAN - сетей допускаются скорости обмена данными 1 Мбит/с или 54 Мбит/с без режима полного дуплекса (режим полный дуплекс (full duplex)).

В отличие от проводных сетей, построенных на базе медных или оптоволоконных линий, WLAN-сеть - использует открытое пространство ("эфир") как среду для передачи данных вместе с электромагнитными волнами.

Радиосети должны применяться в таких условиях, когда ценятся, прежде всего, мобильность и гибкость системы. С использованием беспроводной сети сложные установки могут быть налажены значительно быстрее, так как в этом случае резко уменьшаются затраты времени на установку и наладку сети. Более того, беспроводные сети - это идеальное решение, когда мобильные станции трудно встроить в локальную сеть с использованием стандартных кабелей. В качестве такого примера можно взять мобильную запись производственных данных и логистических приложений, передачу служебных данных посредством мобильных терминалов или наладку сложных установок с использованием мобильных программаторов. Так, инженер-наладчик, подключивший мобильный программатор к беспроводной точке доступа, может разместиться в оптимальном для наблюдения за процессом (установкой) месте, и выполнять манипуляции, необходимые для настройки и управления, непосредственно на месте наблюдая за поведением процесса (установки).

Более того, беспроводные сети - это экономически эффективная и надежная альтернатива сложным механистическим решениям, таким как шлейфы кабелей, перемещающиеся по полу цеха вслед за мобильными устройствами (станциями), в механизмах с возвратно-поступательным движением компонентов, в конвейерных системах и т.п. Абсолютно понятно, что при использовании беспроводной связи между мобильными компонентами машин или установок исчезают такие проявления как механический износ, вызванный трением скольжения или вращения, соответствующих узлов и деталей в механических связях.

Также очень эффективно использование беспроводной связи для коммуникаций между взаимно удаленными сегментами сети, когда отдельные из них трудно достижимы или находятся в условиях изоляции из-за агрессивности окружающей среды, когда прокладка проводных или оптических линий связи чрезвычайно дорога (например, в условиях улицы, при прокладке через железнодорожные пути и т.п.). При этом эффект от

применения беспроводной связи обеспечивается и при наладке, и при эксплуатации таких систем.

### 7.4.1 SCALANCE W

Ряд изделий SCALANCE W был разработан специально для использования в IWLAN-сетях. IWLAN особенно подходит для сложных производственных условий, при которых наиболее подходящим способом связи является радиосвязь. В случае производственных потерь из-за простоев машин или процессов, для которых организован недостаточный объем мониторинга, SCALANCE-устройства обеспечивают надежную радиосвязь с различными резервными механизмами. Радиосвязь может использоваться в производственных системах и в системах автоматизированного управления производственными процессами. Оригинальные механизмы защиты доступа к данным и надежные системы передачи данных, а также различные антенные системы призваны обеспечивать стабильную радиосвязь.

IWLAN-радиосети могут обеспечить передачу данных для безопасного управления процессом (например, путем резервирования информации о скорости передачи данных), также возможно их использование и в "некритических" условиях производства (IEEE 802.11). Соответствующие механизмы безопасности поддерживают защиту от шпионажа, "прослушивания" и фальсификации данных. Инфраструктура радиосети может быть обеспечена на обширных площадях предприятия (на внешних открытых площадях), если требуется высокая надежность.

Кроме того, IWLAN-сети дополнительно имеют следующие возможности:

- Резервирование информации о скорости передачи данных (расширение стандартов IEEE 802.11b/g и IEEE 802.11a) для отдельных станций для прогнозирования (детерминированного) доступа к радиоканалу и для определения максимального времени передачи (transmission times), то есть, IWLAN-сеть предоставляет определенные данные по трафику на базе радиоканала общего пользования во WLAN-сети.
- Циклический мониторинг радиосвязи между точкой доступа и станцией для быстрого определения состояний отказов (ошибок) и для оперативного вмешательства для устранения отказов, в случае, если соединение разорвано или потеряна связь с сетью.
- Механизмы резервирования для обеспечения надежной инфраструктуры.
- Автоматическое переключение на режимы с малыми скоростями передачи данных в случае, если снижается качество связи. Устойчивость модуляции к ошибкам рассматривается в стандарте 802.11 b,g,a. Скорость передачи данных уменьшается ступенчато с определенным шагом, чтобы восстанавливать радиосвязь в нестабильных условиях, при больших

расстояниях между коммуникационными объектами или, если присутствуют отражения от металлических поверхностей.

- Набор антенн для качественного приема в сложной радиообстановке.
- Опциональное использование выносных антенн, поставляемых по запросу заказчика.
- Автоматический роуминг (автоматическое подключение к локальной коммуникационной сети), если разрывается связь с сетью Industrial Ethernet ("rapid roaming" - "быстрый роуминг").
- Циклический мониторинг связи ("linkcheck" - "проверка связи").
- Мониторинг IP-соединений ("IP alive" - "проверка, находится ли в рабочем состоянии устройство с данным IP-адресом").
- Экономия средств, благодаря тому, что одна единственная беспроводная сеть обеспечивает надежную работу по управлению процессом (IWLAN) и одновременно обеспечивает работу системы контроля за критическими параметрами процесса (например, системы сигнализации (alarms)), а также работу коммуникационной локальной сети в не критических для процесса целях (например, для служб обслуживания и диагностики).
- Высокая защита инвестиций, благодаря тому, что все используемые компоненты IWLAN-сети совместимы с широко используемым промышленным стандартом IEEE 802.11 и могут использоваться для связи на частотах 2,4 ГГц и 5 ГГц.
- Встроенные диагностические функции: инструменты управления на базе Web (HTTP - сервер) для конфигурирования и диагностики с использованием стандартных браузеров, светодиодов для индикации рабочего состояния и отказов, сигнализации отказов для инструмента управления сетью с использованием прерывания SNMP или e-mail.
- Промышленная поддержка UL, FM, EMC, взрывозащищенность Zone 2

Для использования в наружных шкафах, в шкафах управления и непосредственно в установке предназначены компоненты, имеющие прочные корпуса без вентиляторов охлаждения со степенью защиты IP65, обеспечивающие работу в температурном диапазоне от -20 до +60 градусов Цельсия. Типичное расстояние между двумя радиокомпонентами составляет 30 м внутри помещений и 100 м вне зданий в зависимости от имеющихся источников помех и отражающих металлических поверхностей.

Высокая защищенность данных достигается с помощью современных механизмов защиты доступа Wi-Fi Protected Access (WPA). Используя WPA, пользователи могут выполнять авторизацию и идентификацию с помощью так называемого секретного ключа (secret key), который автоматически изменяется через равные промежутки времени. Для того чтобы изменить временной ключ через каждые 10000 пакетов (единица измерения количества переданных данных) WPA использует TKIP-протокол (Temporal Key Integrity Protocol - протокол целостности временного ключа). Это обеспечивает

большую безопасность, чем стандарт WEP, согласно которому секретный ключ изменяется вручную.

Защита проникновения в сеть извне обеспечивается системой аутентификации. Сервер проверяет идентичность клиента, и только при "узнавании" клиента разрешает доступ в сеть. Чтобы использовать функции безопасности WPA все зарегистрированные клиенты (включая операционную систему) должны поддерживать эти функции.

Стандарт AES (AES - **A**dvanced **E**ncryption **S**tandard - расширенный стандарт шифрования) используется для шифрования данных. Все механизмы шифрования данных уже встроены в рассматриваемые изделия. Если требуется использование концепции, например, VPN-сети (VPN - **V**irtual **P**riate **N**etworks - виртуальная частная сеть), то эти изделия могут быть интегрированы в такую сеть без проблем. SCALANCE W можно трансформировать для соответствия стандарту IEEE 802.11h.

## 7.4.2 Компоненты SCALANCE W

IWLAN-сеть (Промышленная беспроводная локальная сеть) - это радиосеть, предлагаемая Simatic Net, которая обеспечивает использование станций на основе стандартов 802.11b, 802.11g и 802.11a, но которая также поддерживает станции с более жесткими требованиями, такие, например, как PLC. IWLAN-сети могут быть составлены из таких компонентов, как (см. рис. 7.12):

- SCALANCE W788-1PRO (точка доступа)
- SCALANCE W788-2PRO (двойная точка доступа)
- SCALANCE W788-1RR (точка доступа iPCF)
- SCALANCE W788-2RR (двойная точка доступа iPCF)
- SCALANCE W744-1PRO (модуль Ethernet-клиента)
- SCALANCE W746-1PRO (модуль Ethernet-клиента)
- SCALANCE W747-1RR (модуль Ethernet-клиента iPCF)
- CP 7515 PC-плата для полевых программаторов PG или ноутбуков
- IWLAN/PB Link PN10 (шлюз)
- Дополнительные комплектующие: источники питания, коаксиальный кабель IWLAN RCoax Cable и выносная антенна

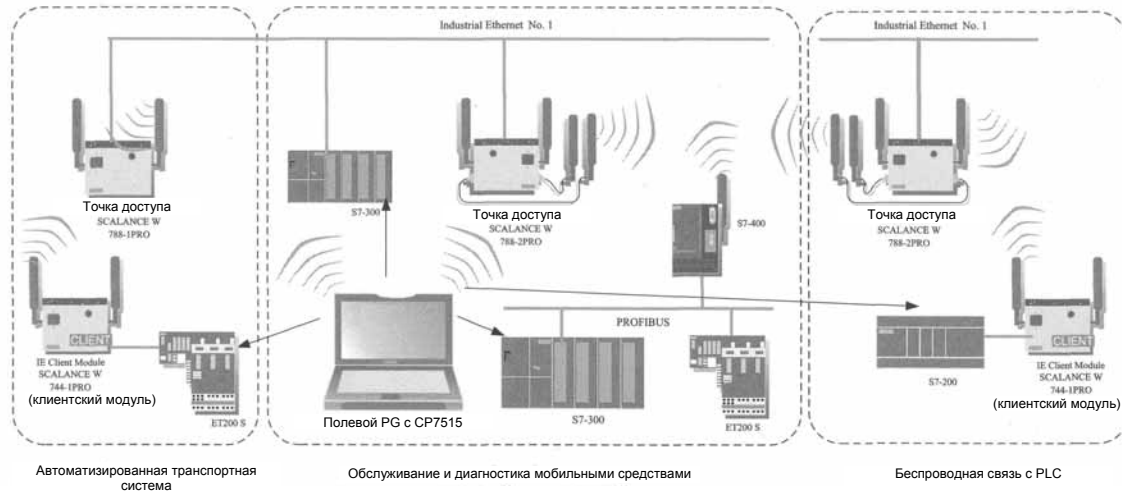


Рис. 7.12 Используемые компоненты линейки продуктов SCALANCE W: полевой программатор PG с CP 7515 в центральном сегменте коммуникационной сети на базе IWLAN со станцией ET200S для автоматизированной транспортной системы (с точкой доступа SCALANCE W788-1 PRO и клиентским модулем SCALANCE W744-1PRO), SCALANCE W788-2 PRO со станцией S7-300, шлюз IWLAN/ PB-Link PN IO с Profibus-сетью со станциями ET200S и S7-300, а также подключенные по радиоканалу S7-200 PLC с двумя SCALANCE W788-2 PRO

### 7.4.3 SCALANCE W788-1PRO

Точка доступа SCALANCE W788 снабжена Ethernet-интерфейсом и беспроводным LAN-интерфейсом. Следовательно, это устройство подходит для следующих вариантов применения:

- для передачи данных от одной станции другой станции без использования проводной Ethernet-сети;
- для передачи данных из сети на базе проводных линий в беспроводную сеть;
- для обеспечения беспроводного моста между двумя сетями;
- для обеспечения беспроводного моста между подсетями, использующими различные частоты;
- при использовании SCALANCE W788-2PRO: благодаря второму WLAN-интерфейсу, может быть использован резервный радиоканал между двумя SCALANCE W788-2PRO.

Точки доступа SCALANCE W788 имеют следующие особенности (см. рис. 7.13):

- Ethernet-интерфейс поддерживает скорости обмена данными 10 Мбит/с и 100 Мбит/с в режимах полный дуплекс (full duplex) и полудуплекс (half duplex), а также функцию автоматического установления режима разводки кабельного подключения - автокроссовера (autocrossover) и функцию установления необходимой полярности сигнала (autopolarity).
- Интерфейс беспроводной связи соответствует стандартам IEEE 802.11a, IEEE 802.11b и IEEE 802.11g. Для режимов 802.1a и 802.1g максимальная скорость передачи составляет 54 Мбит/с. В "turbo-режиме" максимальная скорость передачи составляет 108 Мбит/с (допускается не во всех странах и рабочих режимах). Устройства, отвечающие повышенным требованиям к надежности (IWLAN), могут работать в той же беспроводной сети, что и стандартные WLAN-изделия (IEEE 802.11). Связь по радиоканалу осуществляется на частотах 2,4 ГГц и 5 ГГц.
- Поддержка стандартов аутентификации WPA, WPA-PSK и IEEE 802.1x, а также процедур шифрования WEP, AES и TKIP.
- Применяется для включения RADIUS-сервера для аутентификации.
- Аппаратный и программный мониторинг радиосвязи.
- Совместная работа устройств SCALANCE W788 с Wi-Fi -устройствами других производителей протестирована в деталях.
- Такие точки доступа обеспечивают резервирование информации о скорости передачи данных (расширение стандартов IEEE 802.11b/g и IEEE 802.11a) для отдельных станций для прогнозирования (детерминированного) доступа к радиоканалу и для определения максимального времени передачи (transmission times). Автоматическое переключение на режимы с малыми скоростями передачи данных в случае, если снижается качество связи. Кроме того, используется мониторинг радиосвязи между точкой доступа и станцией для быстрого определения состояния отказа. Имеется набор различных антенн для качественного приема в сложной радиообстановке.

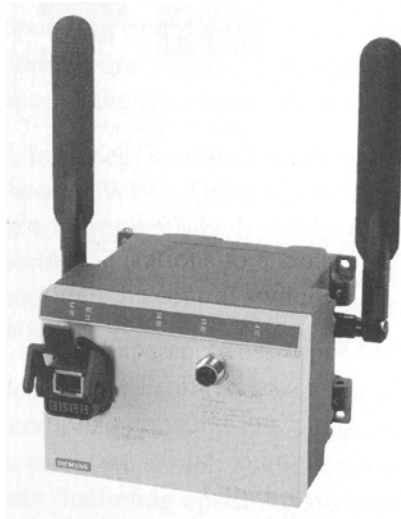


Рис. 7.13 SCALANCE W788: две съемных антенны, гибридный коннектор для подключения Ethernet-сети и линий питания, резервный источник питания

Специальная плата радиосвязи (отвечающая стандартам IEEE 802.11b/g и IEEE 802.11a) встроена в устройство, имеющее прочный металлический корпус, оптимально сконструированный для обеспечения устойчивости к ударным и вибрационным нагрузкам и обеспечения высоких механических параметров. Две всенаправленные антенны ANT795-4MR подключаются к специальным выводам на корпусе с помощью резьбовых соединений (R-SMA). Эти две антенны могут заменяться антеннами серии SCALANCE W700. Специальный гибридный PoE-кабель (PoE - **P**ower **o**ver **E**thernet - питание по кабелю Ethernet-сети) служит для обмена данными с Ethernet-сетью и для подачи электропитания на точку доступа. Напряжение питания составляет 24В постоянного тока (резервное питание). Также имеется вариант кабеля для электропитания напряжением 220 В. Соединение с сетью Industrial Ethernet может обеспечиваться посредством стандартного кабеля IE FC Standard Cable 4x2 и модульной розетки IE FC Modular Outlet со вставкой Power Insert для подключения фидера электропитания. С использованием инструмента для управления на базе Web, может выполняться конфигурирование и диагностика с применением стандартных браузеров для всего набора изделий SCALANCE W (см. рис. 7.14).

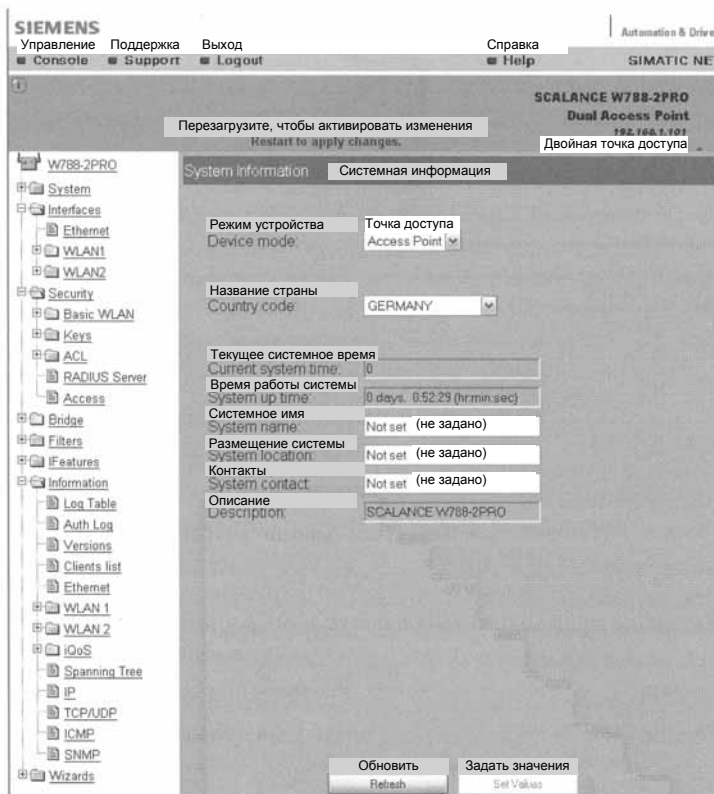


Рис. 7.14 Web-интерфейс SCALANCE W

Точка доступа обеспечивает два рабочих режима:

- Режим инфраструктуры (Infrastructure mode):** Радиосеть может уже существовать с единственной или с любым количеством точек доступа, например, радиосеть охватывает здание. Внутри здания (внутри данной сети) станции могут перемещаться от одной точки доступа к другой, автоматически и без прерывания поддерживая коммуникационную связь (режим роуминга). Этот режим остается незаметен для работающего приложения. Наша точка доступа обеспечивает интерфейс для связи с Industrial Ethernet -сетью, построенной на проводных линиях. Станции, например, такие как мобильные PLC, MOBIC Internet Pad или полевые программаторы PG, могут свободно перемещаться внутри "радио-сегментов" и обмениваться данными с другими станциями (см. рис. 7.15). Wi-Fi-совместимость обеспечивает поддержку совместной работы с изделиями других производителей.



- Режим "точка к точке" (Point-to-point mode):** В таком режиме два Ethernet-сегмента связаны между собой по радиоканалу в условиях, когда кабельное соединение трудно выполнимо (например, Ethernet-сегменты разделяет улица). SCALANCE W788-1PRO может обеспечить работу до восьми соединений "точка к точке". Резервные радиосети с высокой надежностью могут обеспечиваться с использованием функции "связующего дерева сети". Данная функция в частности не поддерживает резервные участки (кольца) в локальной сети с переключением. Сети должны иметь только один путь к любой возможной точке связи. Это предотвращает дублирование пакетов данных в один адрес, что может приводить к ошибкам управления и снижает производительность сети. С другой стороны, резервные участки сети желательны на случай отказов. Алгоритм "связующего дерева сети" справляется с этими требованиями. Замена двух антенн опциональными направленными антеннами увеличивает дальность связи до нескольких сот метров на внешних площадках (см. рис. 7.16).

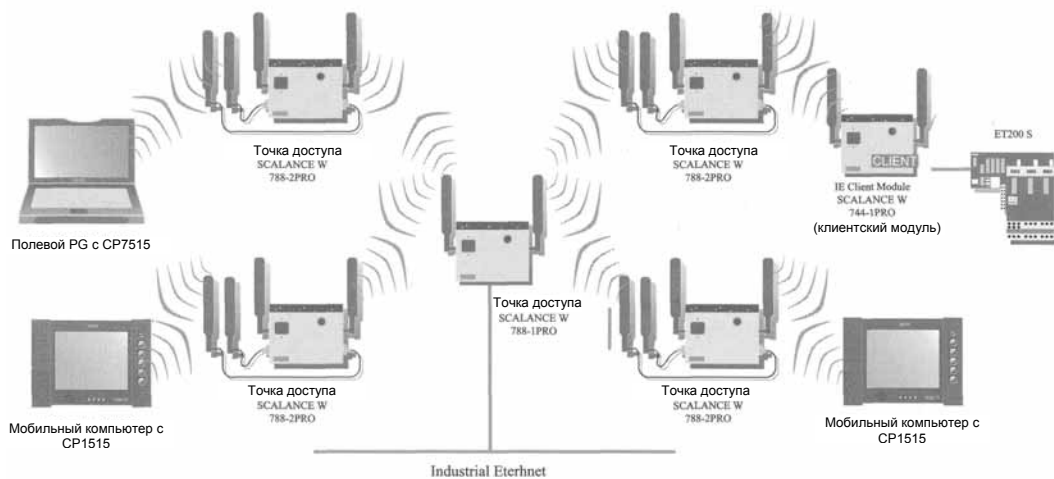


Рис. 7.15 Режим инфраструктуры (Infrastructure mode)



Рис. 7.16 Режим "точка к точке" (Point-to-point mode) с использованием точки доступа SCALANCE W788-1PRO

## 7.4.4 SCALANCEW788-2PRO

Двойная точка доступа SCALANCE W788-2PRO имеет два IWLAN-интерфейса. Это дает возможность на базе этого устройства обеспечить реализацию многих приложений: например, резервирование соединений типа "точка к точке" (point-to-point) или организацию беспроводной магистрали сети с одной радиоплатой и установление инфраструктуры на базе другой радиоплаты в месте расположения двойной точки доступа. Двойная точка доступа SCALANCE W788-2PRO аналогична устройству точки доступа SCALANCE W788-1PRO, но дополнительно имеет следующие особенности:

- Вторая радио плата WLAN 802.11b,g и 802.11a.
- 2xR-SMA контакты для подключения выносных антенн.
- Возможность режима резервирования для соединения "точка к точке" (point-to-point) с повышенной надежностью на основе двух отдельных радиоплат.
- Режим соединения "точка к точке" (Point-to-point mode): Для данного режима используются два радиоинтерфейса каждой двойной точки доступа SCALANCE W788-2PRO, что обеспечивает резервирование радиосети (реализация резервных сегментов с связующим деревом сети) (см. рис. 7.17). При отказе соединения радиосеть автоматически находит резервный сегмент. Такая организация сети обеспечивает повышенную надежность работы.

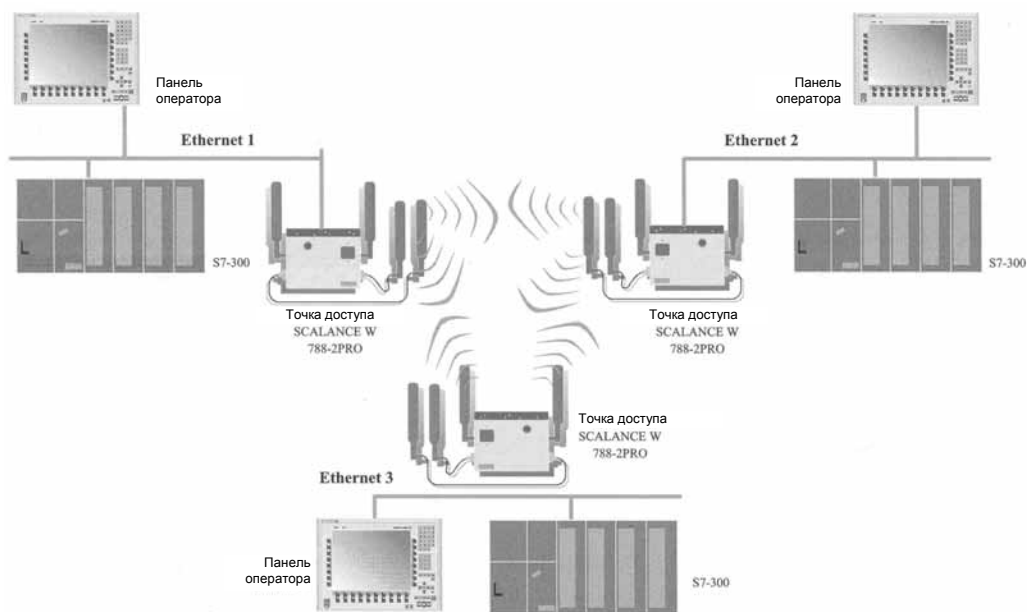


Рис. 7.17 Режим соединения "точка к точке" (Point-to-point mode) с использованием двойной точки доступа SCALANCE W788-2PRO

- Режим резервирования "Redundancy mode": При данном режиме два сетевых сегмента Industrial Ethernet связаны посредством двух двойных точек доступа SCALANCE W788-2PRO; при этом поток данных передается по параллельным радиоканалам, обеспечиваемым двумя радиоплатами с каждой стороны (см. рис. 7.18). Если для одной радиоплаты выбрана несущая частота 2,4 ГГц, а для другой радиоплаты - 5 ГГц, то при этом обеспечивается максимальная надежность радиосвязи между сетевыми сегментами.

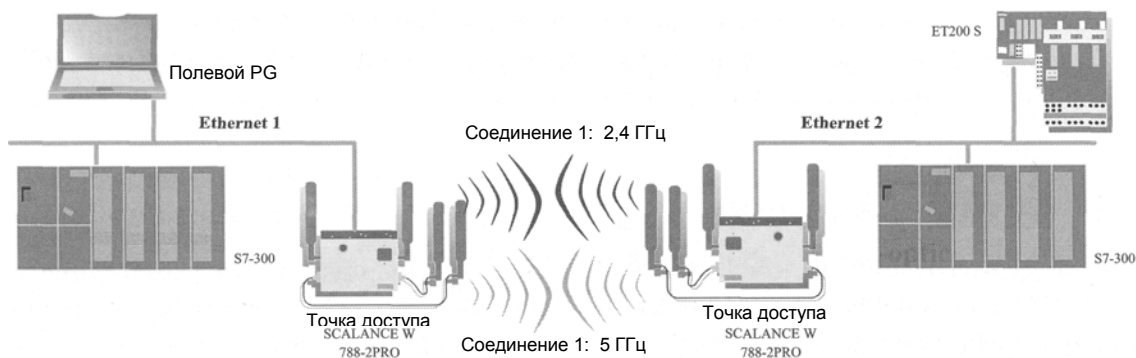


Рис. 7.18 Режим резервирования (Redundancy mode)

## 7.4.5 SCALANCE W744-1PRO

Ethernet-клиентский модуль SCALANCE W744-1PRO предназначен для установления радиосвязи одного мобильного устройства, имеющего Ethernet-интерфейс, с беспроводной сетью. Данное устройство обычно используется для встраивания Ethernet-устройств, предназначенных для проводной сети (например, Simatic S7 PLC), в беспроводную сеть.

Модули SCALANCE W744-1PRO и SCALANCE W788-1PRO имеют одинаковую конструкцию и систему подключения, но отличаются своими функциями: SCALANCE W788-1PRO обеспечивают структуру беспроводной сети, в которой могут свободно двигаться мобильные SCALANCE W744-1PRO. Клиентский модуль Ethernet автоматически передается от одной точки доступа к другой совершенно незаметно для работающего приложения (роуминг) (см. рис. 7.19).

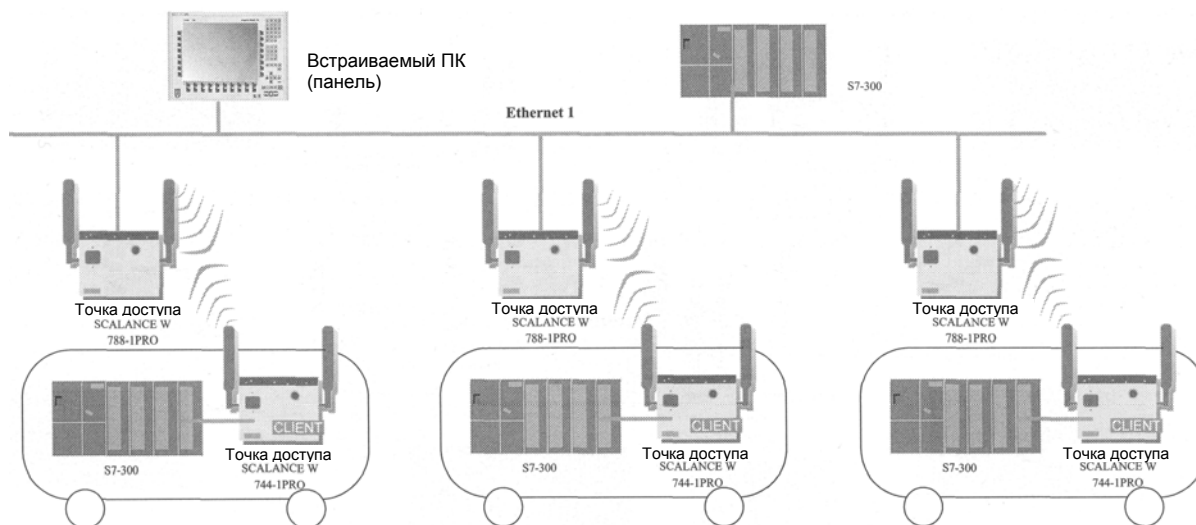


Рис. 7.19 SCALANCE W744-1PRO в автоматизированной транспортной системе

Модуль SCALANCE W744 снабжен Ethernet-интерфейсом и интерфейсом для беспроводного соединения. Поэтому данное устройство имеет следующие функциональные возможности:

- Подключение устройства с Ethernet-интерфейсом (например, Simatic PLC с коммуникационным процессором для сетей Industrial Ethernet) к беспроводной сети.
- Передача данных из проводной сети в беспроводную сеть. При этом поддерживается одна станция в проводной сети.

Возможен также такой простой режим использования, как радиосвязь между двумя мобильными устройствами. Один модуль SCALANCE W744-1PRO может поддерживать связь с другим модулем SCALANCE W744-1PRO или с радиоплатой (например, CP 7515).

#### 7.4.6 IPCF с SCALANCE W

Вдобавок к рассмотренным функциональным возможностям точек доступа SCALANCE W788-xPRO точки доступа SCALANCE W788-1RR/2RR обладают возможностями так называемой функции "быстрого роуминга" ("rapid roaming"), которая позволяет поддерживать особенно скоростную передачу

информации. Функция "быстрого роуминга" ("rapid roaming") - это расширение стандарта Industrial Wireless LAN. Она обеспечивает коммуникации в радиосегменте (radio cell) в реальном времени, даже если станции перемещаются за пределами действия точек доступа, и если необходимо время обновления данных, составляющее до 20 мс. Функция "быстрого роуминга" базируется на iPCF-процедуре и является собственной разработкой фирмы Siemens AG. Такая функция работает только вместе со станциями, поддерживающими iPCF (Industrial Point Coordination Function).

При использовании WLAN-техники, отвечающей стандарту IEEE 802.11, и большом количестве станций максимальная производительность радиосети не может быть достигнута из-за возникающих коллизий. Дополнительные ограничения, связанные с длительностью окна времени между переключениями канала связи в соответствии со стандартом 802.11. Для большого количества WLAN-изделий размер окна времени достигает нескольких сот миллисекунд. Существуют промышленные приложения, которые требуют определенного (deterministic - детерминированного) отклика от большого количества станций с большим потоком данных по радиоканалу. Кроме того, детерминированный отклик требуется при переключении на другую точку доступа с временем переключения менее 100 миллисекунд. Расширение iPCF стандарта Industrial Wireless LAN было разработано, чтобы удовлетворить этим требованиям. Процедура iPCF поддерживается следующими изделиями:

- SCALANCE W788-1RR и SCALANCE W788-2RR
- SCALANCE W747-1RR
- IWLAN/PBLink

Процедура iPCF обеспечивает регулярное выполнение обмена данными в определенном радиосегменте (radio cell), управляемое соответствующей точкой доступа. Поток данных может быть оптимизирован даже при большом количестве станций путем снижения числа коллизий. Кроме того, iPCF обеспечивает более скоростной обмен данными в этом радиосегменте (radio cell).

Использование iPCF особенно рекомендуется, если требуется обеспечить обмен большими объемами данных при большом количестве станций, или если необходимо поддерживать очень короткие окна времени между переключениями. Для обеспечения обработки PNIO-трафика (Profinet IO) процедура iPCF была дополнительно оптимизирована, путем установления для PNIO-трафика высокого приоритета.

Основной принцип iPCF заключается в том, что точка доступа циклически опрашивает (сканирует) все станции в радиосегменте. Сканирование включает в себя установление связи со станцией. При этом станция подтверждает прием данных. Затем точка доступа сканирует новую станцию, по крайней мере, каждые 5 миллисекунд. Это сканирование могут видеть все станции в радиосегменте. Таким образом, каждый клиент может определить качество связи с определенной точкой доступа, даже если он сам не связывается с ней в этот момент. Если клиент не принимает пакет данных от

точки доступа в течение определенного времени, он начинает поиск новой точки доступа. При использовании процедуры iPCF время отклика при поиске новой точки доступа, а также время для регистрации в этой точке доступа оптимизировано. Окна времени между переключениями меньше, чем 50 миллисекунд.

Тем не менее, можно одновременно использовать и устройства с поддержкой iPCF, и стандартные WLAN-устройства для точки доступа с двумя WLAN-интерфейсами. iPCF-технология оптимизирована для использования Rsoax-кабелей в точке доступа, и достигает своей оптимальной производительности в такой конфигурации.

#### 7.4.7 CP7515

Коммуникационный процессор CP 7515 - это плата расширения для персонального компьютера (32-разрядная шина) для работы в беспроводной IWLAN-сети для обеспечения надежной связи (см. рис. 7.20). Коммуникационный процессор CP 7515 может использоваться в стандартной WLAN-сети в соответствии со стандартами IEEE 802.11b/g и IEEE 802.11 а с несущими частотами 2,4 ГГц и 5 ГГц. Процессор CP 7515 используется для подключения программаторов PG или ноутбуков в условиях промышленного производства к радиосети. Кроме того, он может обеспечивать доступ к Industrial Ethernet, например, к системам Simatic S5/S7, с использованием пакетов SOFTNET для сетей Industrial Ethernet. Данный коммуникационный процессор может использоваться в производственных условиях (IWLAN), а также в условиях офиса. Для этого коммуникационный процессор CP вставляется в 32-разрядный сокет CardBus мобильного устройства (например, устройства Internet pad, PG или ноутбука).

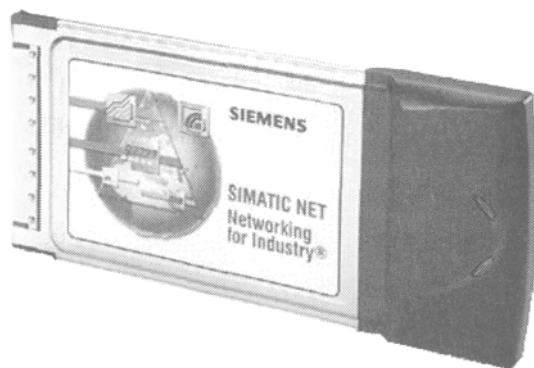


Рис. 7.20 CP7515

В радиосетях IWLAN с точками доступа серии SCALANCE в дополнение к стандартному обмену данными коммуникационный процессор CP 7515 обеспечивает возможность резервирования данных о скоростях обмена, тем самым, обеспечивая возможность детерминированного обмена данными (deterministic data traffic). Кроме того, для обеспечения надежности радиосвязи и качества передачи выполняется мониторинг соединения, и в случае возникновения ошибки выдается соответствующее сообщение. Коммуникационный процессор CP 7515 обеспечивает следующие характеристики:

- Надежность, благодаря функциям сохранения данных о скоростях обмена и циклического мониторинга соединения (IWLAN).
- Усиленная безопасность данных, благодаря механизму защиты доступа WPA и стандарту AES для шифрования данных.
- Поддержка стандартов IEEE 802.11a и IEEE 802.11g для обмена данными со скоростью до 54 Мбит/с с динамической настройкой скорости обмена с градацией: 16, 9, 12, 18, 24, 36, 48 и 54 Мбит/с.
- Поддержка стандартов IEEE 802.11b для обмена данными в Ethernet-сетях со скоростью до 11 Мбит/с с динамической настройкой скорости обмена с градацией: 1, 2, 5,5 и 11 Мбит/с.
- Работа в двух разных частотных диапазонах (2,4-2,5 ГГц и 5,15 -5,85 ГГц).
- Гарантирует высокую безопасную данных благодаря их шифрованию с ключом 64/128/152 битов.
- Поддержка "режима инфраструктуры" ("infrastructure mode") для соединения через точку доступа или непосредственное соединение с другим ПК (соединение равноправных узлов ЛВС - "peer-to-peer") для коммуникационной связи.
- Две встроенные в плату антенны (имеется набор антенн) для надежного приема в сложной радиообстановке.
- Коммуникационные службы, использующие ISO или транспортный протокол TCP/IP: связь для программатора PG, S7-коммуникации, S5-совместимые коммуникации (SEND/RECEIVE). Протоколы для S7 - коммуникаций и S5-совместимых коммуникаций могут быть сконфигурированы в STEP 7 версии 5.2 SP1 и выше, или NCM PC версии 5.2 SP1 и выше. Конфигурационный инструмент NCM PC включен в комплект поставки программных пакетов SOFTNET-S7 и SOFTNET-PG для Industrial Ethernet.
- Интеграция в существующую концепцию безопасности с процедурой аутентификации в соответствии с IEEE 802.1x и сервер RADIUS или VPN-сеть (VPN - **V**irtual **P**rivate **N**etwork - виртуальная частная сеть).
- Установка и параметризация с использованием инструментальных средств управления Windows: клиент-менеджер для настройки параметров и для диагностики результатов параметризации и мощности передачи.
- Интеграция в STEP 7/NCM PC.

## 7.4.8 IWLAN/PB Link PN IO

Шлюз IWLAN/PB Link PN IO (см. рис. 7.21) представляет собой компактный маршрутизатор для соединения сетей IWLAN и Profibus. Связь осуществляется или с использованием интерфейса ведущего (master) Profibus-устройства, или с использованием функции проху Profinet I/O.

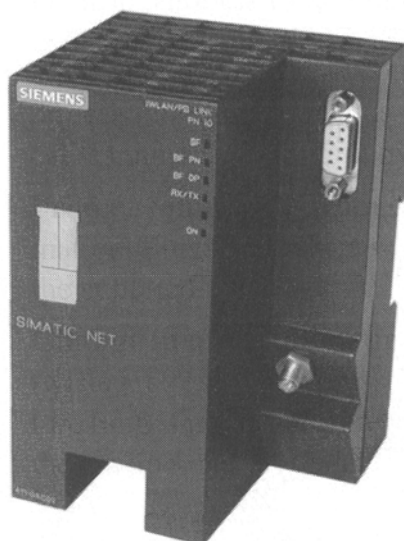


Рис. 7.21 IWLAN/PB Link PN IO

Как маршрутизатор, шлюз IWLAN/PB Link PN IO выполняет функции Profinet I/O проху. В этом случае он обеспечивает соединения между Profinet IO-контроллерами в сети Industrial Ethernet и Profinet IO-устройствами (ведомыми (slave) DP-устройствами в Profibus-сети). С точки зрения Profinet IO-контроллера в сети Industrial Ethernet нет разницы между доступом к Profinet IO-устройствам, подключенным к Industrial Ethernet -сети посредством Industrial Wireless LAN и IWLAN/PB Link PN IO, и доступом к ведомым (slave) DP-устройствам, подключенным к Profibus DP. В этом случае IWLAN/PB Link PN IO играет роль проху для ведомых (slave) DP-устройств, подключенных к Profibus DP. При этом поддерживаются ведомые (slave) DP-устройства стандарта Profibus DP-V0, ведомые (slave) DP-устройства стандарта Profibus DP-V1, а также ведомые (slave) Siemens DP-устройства с микропрограммой V1.1.0 и выше.

В качестве интерфейса ведущего (master) Profibus-устройства он обеспечивает дополнительные возможности интеграции систем полевого уровня в инфраструктуру беспроводных IWLAN-сетей, соответствующих стандартам IEEE 802.11b/g и IEEE 802.11a со скоростями обмена данными до



54 Мбит/с на частотах 2,4 ГГц или 5 ГГц, например, с применением точек доступа SCALANCE W.

В стандартном режиме IWLAN/PB Link PN IO обеспечивает следующие функции:

- PG/OP-коммуникации: эти коммуникации используются для загрузки программ и данных конфигурации для обеспечения функций тестирования и диагностики, а также для обслуживания и мониторинга установки (HMI - системы).
- Параметризация полевых приборов (маршрутизирование записей): Вы можете использовать IWLAN/PB Link PNIO в качестве маршрутизатора записей для полевых приборов (ведомых (slaves) DP-устройств). Устройства, которые не подключены непосредственно к Profibus и, следовательно, не имеющие возможности напрямую обращаться к полевым приборам (DP slaves), могут передавать записи в полевые приборы посредством IWLAN/PB Link PN IO. Пример инструментального средства, которое генерирует такие записи для параметризации полевых приборов, является Simatic PDM (**P**rocess **D**evice **M**anager - менеджер приборов процесса).
- Маршрутизатор для системы ведущего (master) DP-устройства с эквидистантным расположением ведомых устройств: шлюз IWLAN/PB Link PN IO используется как маршрутизатор между IWLAN-сетью и полевыми приборами системы ведущего (master) DP-устройства. Шлюз IWLAN/PB Link PN IO в этом случае работает как активная станция с ведущим (master) DP-устройством для Profibus-системы, параметризованной эквидистантно.
- Поддержка S7-соединений через всю сеть для обеспечения HMI-режима: шлюз IWLAN/PB Link PN IO обеспечивает коммуникации посредством S7-соединений. Такая функция используется, например, для обеспечения HMI-приложений (ПК-станции).

Дополнительные свойства и функции:

- Совместимость со стандартами IEEE 802.11a и IEEE 802.11g для передачи данных со скоростями обмена до 54 Мбит/с с динамическим регулированием скорости передачи данных с градациями: 1, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 и 54 Мбит/с.
- Передача пакетов со служебной информацией - данные о времени (time-of-day frames) (настраиваемая опция): шлюз IWLAN/PB Link PN IO поддерживает передачу пакетов с данными о времени (time-of-day frames), принятыми от передатчика реального времени (real-time transmitter).

- Поддержка модуля памяти C-Plug, как сменного носителя информации, с данными конфигурации: шлюз IWLAN/PB Link PN IO обеспечивает сохранение данных конфигурации в сменном носителе информации C-Plug. Сменный модуль памяти C-Plug упрощает замену отказавшего модуля, так как позволяет перенести все данные настройки конфигурации с отказавшего модуля на новый путем простой перестановки модуля C-Plug.
- Использование заданных по умолчанию параметров посредством модуля PRESET-PLUG: модуль PRESET-PLUG используется для назначения простым способом параметров, заданных по умолчанию, для IWLAN/PB Link PN IO и для устройств серии SCALANCE W.
- Функции безопасности WLAN-сети: шлюз IWLAN/PB Link PN IO поддерживает современные механизмы защиты доступа посредством аутентификации WPA, WPA-PSK и IEEE 802.1x, а также процедуры шифрования данных WEP, AES и TKIP.
- Шлюз IWLAN/PB Link PN IO поддерживает iPCF-режим для оптимизации трафика обмена данными в IWLAN-сети: использование iPCF особенно рекомендуется, если требуется обеспечить обмен большими объемами данных при большом количестве станций, или если необходимо поддерживать очень короткие окна времени между переключениями. Для обеспечения обработки PNIO-трафика (Profinet IO) процедура iPCF была дополнительно оптимизирована, путем установления для PNIO-трафика высокого приоритета.
- Параметры, необходимые для шлюза IWLAN/PB Link PN IO, например, параметры адресации, назначаются с использованием средств системы STEP 7, а все необходимые данные по маршрутизации генерируются автоматически.

Шлюз IWLAN/PB Link PN IO поддерживает использование технологии IWLAN со специальной антенной RCoax и WLAN-антеннами для беспроводной или бесконтактной передачи данных. Применение WLAN-антенны или других подходящих антенн, например, специального кабеля "RCoax cable" в качестве антенны вытекающей волны ("leaky wave conductor"), обеспечивает коммуникации в автоматизированной системе с мобильными приложениями (см. рис. 7.25 и раздел 7.4.8). Это означает, что известные решения на базе рельсовой системы со скользящими контактами для коммуникаций в Profibus с мобильными устройствами может быть заменена на бесконтактную систему передачи данных на базе технологии IWLAN.

## 7.4.9 Принадлежности для WLAN -устройств

### Источник питания PS791-1PRO

Источник питания PS791-1PRO - это блок питания для изделий SCALANCE W700 и SCALANCE X208PRO, преобразующий напряжение сети переменного тока в напряжение питания постоянного тока (см. рис. 7.22). Он может быть легко встроен в различные системы, так как обладает высоким КПД и, следовательно, малым тепловыделением, а также обладает высокой надежностью. Данный источник питания может быть использован в широком диапазоне входных напряжений в сетях переменного тока, стандартных в различных странах мира.



Рис. 7.22 Источник питания PS791-1PRO

### Антенны и принадлежности:

Выносные антенны ANT793-8DR, ANT795-4MR и ANT795-6MR предназначены для обеспечения надежной радиосвязи для изделий SCALANCE W700 (см. рис. 7.23). Они оптимизированы для использования с изделиями SCALANCE W788-1PRO, SCALANCE W788-2PRO и SCALANCE W744-1PRO. Процесс подключения антенн очень прост, так как антенны снабжены кабелем и разъемом R-SMA. Все антенны Simatic Net обеспечивают степень защиты IP65. Среди них имеются направленные антенны (с диаграммой направленности: 20° - в вертикальной плоскости и 20° - в горизонтальной плоскости) или ненаправленные антенны (с диаграммой направленности: 30° - в вертикальной плоскости и 360° - в горизонтальной плоскости).



Рис. 7.23 Различные антенны для SCALANCE-систем

**Элемент молниезащиты LP798-1PRO (lightning protection element):**

Элемент молниезащиты LP798-1PRO расширяет возможности применения изделий SCALANCE W700 с выносными антеннами, особенно с наружным их размещением.

**Согласующий резистор антенны TI795-1R (antenna terminating resistor):**

Если по какой-то причине не используется одна из двух антенн в изделии SCALANCE W700, то к свободному антенному разъему R-SMA должен быть подключен резистор согласованной нагрузки TI795-1R.

**Кабель-антенна вытекающей волны IWLAN RCoax cable:**

При использовании коммуникаций с помощью беспроводной связи обмен данными производится посредством радиоволн, распространяемых между антеннами партнеров по связи. Однако бывают условия, когда производственные площади могут недостаточно перекрываться (или совсем не перекрываться) с зонами радиоприема/радиопередачи при использовании обычных антенн. К таким зонам неуверенной радиосвязи могут быть отнесены, например, туннели, каналы и некоторые здания. В таких условиях надежная радиосвязь может быть обеспечена с использованием так называемых кабелей-антенн вытекающей волны (рис. 7.24).

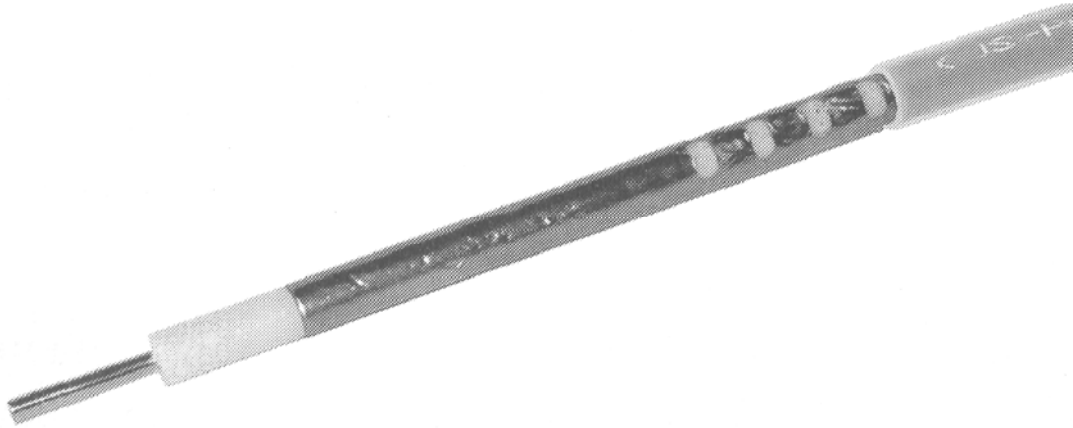


Рис. 7.24 Кабель IWLAN RCoax Cable - антенна вытекающей волны

Кабель IWLAN RCoax - это коаксиальный кабель с точно выверенным расположением щелей во внешнем проводнике. Кабель с такой конструкцией экранирующей оболочки излучает электромагнитные волны и, следовательно, может выполнять функции антенны. Таким образом, радиоволны могут излучаться и приниматься посредством такого кабеля. Такие кабели - антенны вытекающей волны используются в качестве антенн точек доступа SCALANCE W. Эти антенны обеспечивают надежную радиосвязь на определенной площади, благодаря распространению сигнала вдоль всей длины кабеля RCoax Cable и излучению в поперечном направлении. При этом можно управлять распространением радиосигнала, путем регулировки мощности сигнала и расположения кабеля IWLAN RCoax - антенны в условиях производственного цеха, в котором используется беспроводная связь. Такая техника особенно предпочтительна по сравнению с проводными системами при использовании в условиях туннелей, каналов, опасных зон и конвейерных систем любого типа, так как ее применение исключает возможность искрообразования в подвижных контактах в системе коммуникаций Profibus с мобильными устройствами. Расстояние между мобильным устройством и кабелем RCoax Cable может быть от нескольких сантиметров (например, в надземных конвейерах) до 10 м (например, в туннелях и каналах).

Примеры применения:

- В хранилищах с поисковыми системами (Storage и retrieval systems) преимущество использования SCALANCE W с кабелем RCoax Cable обеспечивается за счет беспроводной и маршрутизированной системы обмена данными, что повышает эффективность системы автоматического управления установкой. В хранилищах с поисковыми системами фотоэлементы, требующие сложного обслуживания, могут быть заменены на IWLAN-технику.

- В надземных конвейерах в качестве замены скользящих контактов для передачи данных и сигналов управления может применяться шлюз IWLAN/PB Link PN IO вместе с кабелем RCoax Cable, что обеспечивает беспроводный обмен данными по всей производственной площадке. С точки зрения управления мобильными объектами в надземных конвейерах это наиболее экономичное решение (см. рис. 7.25).

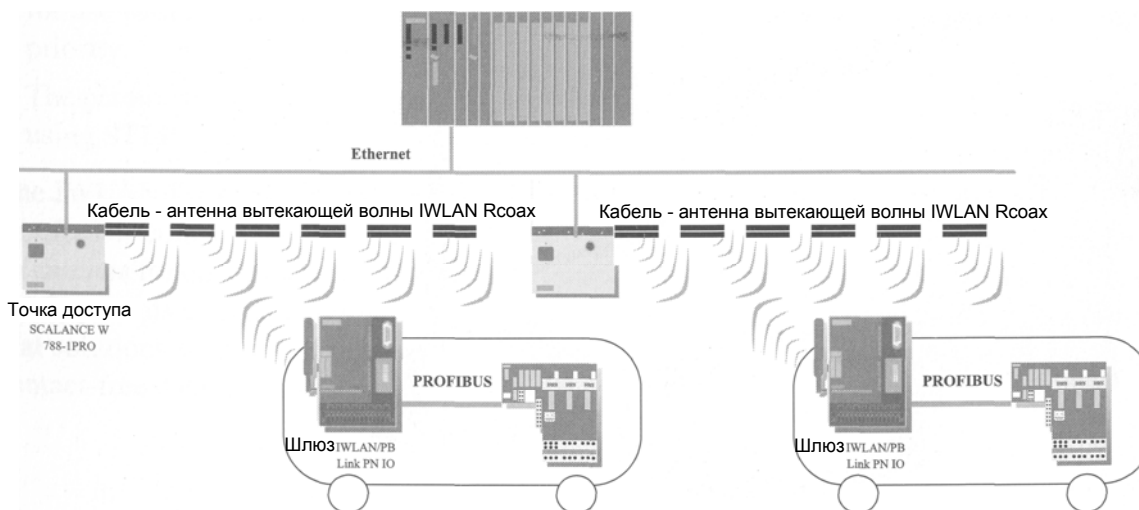


Рис. 7.25 Применение кабеля IWLAN RCoax Cable для обеспечения бесконтактного обмена данными с мобильными объектами в надземных конвейерах

#### 7.4.10 Конфигурирование и настройка устройств SCALANCE W

Первичное назначение IP-адреса устройства выполняется с использованием DHCP или с использованием инструмента для первичного конфигурирования (primary setup tool). Этот инструмент для настройки позволяет назначить IP-адрес для неконфигурированного устройства. Единственное требование заключается в том, что это устройство должно быть доступно в Ethernet-сети. Интеграция в систему STEP 7 в настоящее время не доступна.

Этот инструмент для конфигурирования (primary setup tool) использует DLC-протокол для связи с модулями. Этот протокол не входит в состав Windows XP и должен устанавливаться в операционной системе. Файлы инструмента для первичной настройки "primary setup tool" и DLC-протокола поставляются с программным обеспечением для устройства (см. руководство для устройства).

Точки доступа SCALANCE W имеют встроенный HTTP-сервер для управления через Web. Если SCALANCE W указывается в адресной строке в Internet-браузере, то открываются HTML-страницы соответствующего клиентского компьютера (в зависимости от адреса). Пользователи вносят свои настройки в HTML-страницы, посланные модулем SCALANCE W. После этого модуль SCALANCE W считывает эти данные и создает страницы динамического отклика. Преимущество такого подхода в том, что клиенту не нужно специального программного обеспечения, кроме Internet-браузера. После назначения IP-адреса с помощью инструмента первичной настройки можно продолжить конфигурирование по сети (Web-based management - управление посредством Web - см. руководство для устройства).

Примечание: при создании Profinet-сети с использованием техники IWLAN нужно изменить параметр времени обновления (send cycle - цикл передачи). Этот параметр находится в STEP 7 / HW-Config в окне "свойства объекта" ("object properties") для системы ведущего I/O устройства (I/O master system). Рекомендуется задавать здесь 32 мс. Изменение времени обновления касается всех IO-устройств соответствующей системы ведущего (master) I/O - устройства.

## 7.5 Активные сетевые компоненты

В зависимости от размера, протяженности и сложности создаваемой сети может потребоваться определенное количество различных активных компонентов, которые оказывают влияние на сигналы, несущие данные от устройств, и сигналы управления коммуникационной системы. Функциональность, качество передачи и производительность сети зависит в большой степени от используемых активных компонентов.

Profibus-сети - это линейные сети. Коммуникационные станции подключаются к шине посредством пассивного проводника. В отличие от этого Industrial Ethernet представляет собой соединение типа "точка к точке" ("point-to-point"), при этом одна станция подключается только к одной станции. Если станция должна быть подключена к нескольким другим станциям, то ее подключают к порту активного компонента, например, к коммутатору (переключателю - switch). Другие коммуникационные станции (а также коммутаторы) также могут быть подключены к другим портам данного коммутатора. Соединения между станциями и коммутатором также являются соединениями типа "точка к точке" ("point-to-point").

Устройства (devices) идентифицируются как сетевые компоненты, размещаемые в линиях связи между терминалами данных, в функцию которых входит регенерация (восстановление) принятых сигналов и передача их по назначению. Сетевые компоненты для Profinet-сетей - это коммутаторы (switch) и маршрутизаторы (router). Они используются для реализации определенной топологии сети (например, типа "звезда" ("star"), "линейная" ("linear"), "древовидная" ("tree") или "кольцо" ("ring")) и обеспечения обмена данными между отдельными сегментами сети. Компоненты сети, пригодные для Profinet-сетей, должны поддерживать обмен данными в режиме Fast Ethernet (100 Мбит/с) и режим полный дуплекс (full duplex). В режиме полный дуплекс (full duplex) сетевые компоненты могут одновременно посылать и принимать данные через один и тот же порт. При этом не происходит коллизий и, благодаря этому, нет снижения пропускной способности сети. Конфигурация сети сильно упрощается, благодаря отсутствию необходимости проверки длины маршрутов внутри коллизийного домена. Для обеспечения совместимости со старыми установками, со старыми терминалами данных или концентраторами (хабами), соответствующие интерфейсы должны поддерживать обмен данными в режиме 10BASE-TX (10 Мбит/с, CSMA/CD - режим так называемого множественного доступа с контролем несущей и обнаружением конфликтов, (метод доступа к среде передачи, т.е., кабелю, при котором станция, намеревающаяся осуществить передачу, "прослушивает" сеть и, если ни одна из станций не передает данных, начинает передачу данных; при возникновении конфликта, передача прекращается и может быть возобновлена по истечении случайного промежутка времени). Кроме того, Profinet-устройства должны также поддерживать функцию автокроссовера (autocrossover), то есть, функцию автоматического переключения вводов интерфейса в соответствии с их назначением (для приема или передачи данных) и в соответствии с



выполненным кабельным подключением, а также функцию автосогласования (autonegotiation), то есть, функцию автоматической настройки скорости обмена данными. Поддержка функции автокроссовера (autocrossover) упрощает выполнение соединений, так как при этом могут использоваться кабели с так называемой "прямой" разводкой разъемов на обоих концах, то есть, с одинаковым назначением контактов на обоих концах кабеля.

### 7.5.1 Сетевые интерфейсные карты для программаторов и ПК

Сетевые интерфейсные карты NIC (**N**etwork **I**nterface **C**ard) - это сетевые адаптеры, которые обеспечивают подключение станций к среде обмена данными сети. Это специальная плата расширения в компьютере, которая обеспечивает доступ к сети, к которой должен быть подключен компьютер. Она преобразует данные, полученные от компьютера, в соответствии со средой обмена данными в сети, а также выполняет обратное преобразование данных. Фирма Simatic Net производит различные коммуникационные процессоры для ПК и портативных устройств. Главным образом они отличаются производительностью и конструкцией. ПК-карты - это ключевые компоненты в автоматизированных производствах для подключения к Profinet-сетям.

#### CP 1512

Simatic Net-CP 1512 - это Ethernet-карта для подключения программаторов PG или ноутбуков с ПК-картой (32-разрядный интерфейс CardBus) к Industrial Ethernet -сети со скоростями 10/100 Мбит/с в PG/ПК (рис. 7.26). Подключение к Industrial Ethernet -сети выполняется с использованием внешнего RJ45-адаптера. Вместе с пакетом ПО SOFTNET для Industrial Ethernet CP 1512 может использоваться, например, в ноутбуке для дистанционного программирования (PG-коммуникации).

CP 1512 обладает следующими функциями:

- имеет интерфейс для подключения к компьютерным сетям в условиях производства;
- вместе с пакетом ПО SOFTNET обеспечивает доступ к Industrial Ethernet (Simatic S5/S7);
- поддержка протоколов для Industrial Ethernet, поддерживаемых операционной системой;
- поддержка коммуникационных служб, использующих ISO или TCP/IP: Profinet, PG-коммуникации, S7-коммуникации, S5-совместимые коммуникации (SEND/RECEIVE).

## CP 1612

Simatic Net-CP 1612 - это Ethernet-карта, которая может использоваться в любом программируемом логическом контроллере (ПЛК) или ПК со свободным слотом PCI (см. рис. 7.26). Она была разработана для использования в условиях производства в сетях Industrial Ethernet со скоростью обмена данными 10/100 Мбит/с (разъем RJ45; кабель типа "витая пара"). CP 1612 имеет такие же функции как и карта CP 1512 в отношении ПО SOFTNET и поддерживаемых коммуникационных служб.

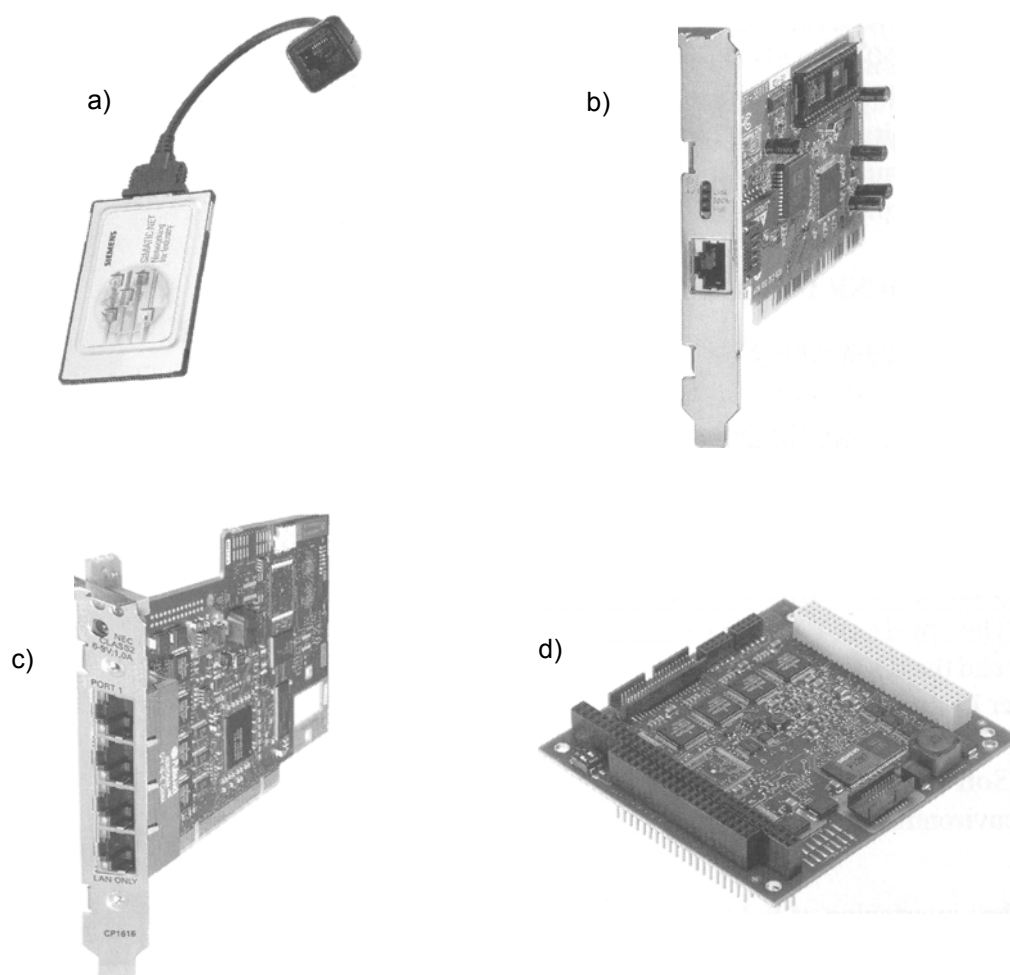


Рис. 7.26 CP 1512 (a), CP 1612 (b), CP 1616 (c), CP 1604 (d)

## CP 1616

Сетевая карта Simatic Net-CP 1616 (см. рис. 7.26) обеспечивает подключение программаторов Simatic PG, Simatic ПК, а также персональных компьютеров с PCI-слотом с любой операционной системой к Industrial Ethernet -сетям или Profinet-сетям со скоростями обмена 10/100 Мбит/с в качестве PN IO-контроллера и/или PN IO-устройства (RT и IRT). При этом используются специальные средства настройки CP (development kit). Сетевая карта CP 1616 обеспечивает высокоскоростной обмен данными в задачах управления с использованием ПК (управление с использованием ПК, управление системами с ЧПУ, управление роботизированными комплексами). CP 1616 особенно подходит для применения в системах с IRT-приложениями (IRT - Isochronous Real-Time - изохронный обмен данными в реальном времени) с уклоном в сектор управления мобильными объектами со строго IRT-режимом управления. Встроенный 4-портовый коммутатор реального времени (real-time switch) ERTEC 400 обеспечивает экономически эффективные системные решения и различные топологии при создании локальных сетей. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к устройствам для промышленных условий применения, данный 4-портовый коммутатор обеспечивает реализацию линейной топологии сети с ответвлениями и поддерживает внешние коммутирующие элементы. Благодаря возможности применения независимого внешнего источника питания, данный коммутатор может функционировать при выключенном компьютере-хосте.

Сетевая карта CP 1616 обладает следующими функциями:

- Profinet-контроллер;
- поддержка управления мобильными объектами с IRT-режимом;
- всесторонняя диагностика обеспечивается посредством системы STEP 7 или SNMP, включая функции общей диагностики и сбора статистических данных, диагностику соединений, диагностику подключенных полевых Profinet-приборов;
- поддержка интеграции в систему управления сетями посредством SNMP v1 MIB-II;
- всесторонняя диагностика при инсталляции, отладке и эксплуатации модуля.

## CP 1604

Сетевая карта Simatic NET CP 1604 имеет тот же набор функций, что и сетевая карта CP 1616, но конструктивно она выполнена в формате модуля PC104/PLUS. Она поддерживает обработку данных в Profinet-сетях в режимах RT и IRT. Поддержка IRT-режима особенно ценна для приложений с преимущественно изохронными замкнутыми системами управления мобильными объектами. Посредством ERTEC 400 ASIC аппаратная поддержка RT-коммуникаций значительно повышает производительность системы.

Сетевая карта CP 1604 может использоваться как I/O-контроллер и как Profinet I/O-устройство в Profinet-приложениях. С помощью CP 1604 Вы можете легко обеспечить обмен между Profibus-модулями CP 5613 / CP 5614 с DP-интерфейсом и Profinet-сетью, используя I/O-интерфейс. Благодаря возможности применения независимого внешнего источника питания, коммутатор ERTEC 400 ASIC может функционировать при выключенном компьютере-хосте. Данная возможность особенно важна при реализации линейных топологий для предотвращения отказов/ошибок всего сегмента сети в целом.

## **Программное обеспечение и средства настройки Development Kit DK-16xx PN IO**

Предлагаются следующие пакеты программного обеспечения:

- DK-16xx PN IO

Программные инструменты для настройки DK-16xx PN IO Development Kit позволяют упростить интеграцию сетевых карт CP 1616 и CP 1604, как PROFINET-модулей, в любую операционную систему со стандартным PCI-слотом или интерфейсом PC/104-Plus. Так как все функции Profinet IO реализованы на уровне микропрограммы модулей CP16xx, то для встраивания в операционную систему требуются только драйвер модуля и программное обеспечение для IO-системы (IO-Base). Программные средства для настройки DK-16xx PN IO Development Kit, которые Вы можете заказать, включают в себя драйвер модуля и программное обеспечение для IO-системы (IO-Base) для CP 1616 как Profinet IO-контроллера и IO-устройства под ОС Linux, включая детальное описание процесса конфигурирования. С помощью сетевых карт CP 1616 и CP 1604 можно реализовать различные высокопроизводительные функции управления (программное управление, управление системами с ЧПУ, управление роботизированными комплексами, управление мобильными объектами) под управлением любой операционной системы.

- Программное обеспечение для IO-системы (IO-Base software)
  - Profinet-контроллер: интерфейс для полевых Profinet - приборов с сетью Industrial Ethernet.
  - Обеспечение изохронного доступа к данным реального времени в Profinet с использованием IRT-технологии (данная возможность будет доступна пользователям в скором времени); обеспечение чрезвычайно коротких значений времени цикла (cycle times) с очень точным делением цикла для различных процедур; точная синхронизация цикла, поддержка изохронного режима и поддержка параметров цикла, обеспечивающих высокоскоростное управление мобильными объектами.
  - Прямой доступ к памяти, к данным процесса (process data). Данные процесса от соответствующих IO-устройств всегда консистентны. Интерфейс программирования I/O обеспечивает программиста функциями вызова для реализации процедур обмена данными.

- Конструкция интерфейса обеспечивает легкую переносимость данных в среду под управлением других операционных систем (например, VxWorks, QNX, RMOS, RTX).
- Интерфейс IO-Base модулей CP 16xx является совместимым с интерфейсом SOFTNET PNIO.
- OPC-интерфейс: OPC-сервер, включенный в соответствующий программный пакет, может быть использован как стандартный программный интерфейс для Profinet, S7 -коммуникаций и S5-совместимых коммуникаций, для того чтобы связывать приложения сектора автоматизированного процесса с приложениями Windows, поддерживающими OPC (программы пакета MS Office, HMI -приложения и т.д.).
- Программный интерфейс посредством библиотек среды программирования на языке C (C library): Интерфейс для I/O (IO-Base interface) может быть использован для приложений, для которых желательно использовать набор функций Profinet-контроллера непосредственно с помощью C/C++. Структура этого интерфейса соответствует DP-интерфейсу модулей Profibus CP 5613 и CP 5614 (DP-Base). Поэтому легко обеспечивается переносимость существующих приложений для ведущего (master) DP-устройства в приложения для Profinet IO-контроллера.

## 7.5.2 Коммуникационные процессоры (CP) для PLC в среде S7

В автоматизированных системах серии Simatic (Simatic S7-300 и S7-400) так называемые коммуникационные процессоры (CP) обеспечивают выполнение функций сетевых карт (NIC). Для различных терминалов данных имеются соответствующие коммуникационные процессоры. Они позволяют разгрузить центральный процессор (модуль CPU), благодаря тому, что имеют собственный процессор, а также выполняют дополнительные коммуникационные функции. Коммуникационные процессоры, описанные ниже, могут приобретаться пользователями для обеспечения Profinet-интерфейса для программируемого контроллера Simatic. В настоящее время идет разработка и других устройств аналогичного назначения.

## CP 343-1 PN

Устройство Simatic Net-CP 343-1 PN (см. рис. 7.27) - это коммуникационный процессор для Industrial Ethernet -сетей, служащий для подключения Simatic S7-300 к Industrial Ethernet -сети и для интеграции станции в СВА-приложения (СВА - **C**omponent **B**ased **A**utomation - автоматизированная система на базе компонентов). Коммуникационный процессор CP 343-1 PN автономно управляет трафиком данных через сеть Industrial Ethernet. Этот модуль имеет в своем составе свой собственный процессор, что снижает нагрузку на S7 PLC. Обеспечиваются функции для уровней 1...4 ISO/OSI-модели для стека TCP/IP-протоколов. Поддерживаются мультипротокольный режим (Multiprotocol mode) TCP/IP, UDP и Profinet-протоколы.

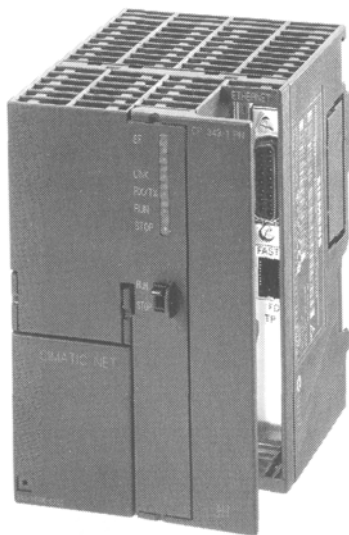


Рис. 7.27 CP 343-1 PN

В дополнение к PG/OP-коммуникациям, S7-коммуникациям и S5-совместимым коммуникациям, модуль CP 343-1 PN также поддерживает стандарт Profinet-коммуникаций. Profinet-коммуникации используются в СВА-приложениях. Стандарт для Profinet-коммуникаций, разработанный на базе Ethernet-коммуникаций, описывает техническую модель решения для распределенных систем автоматизированного управления и реализацию унифицированной системы коммуникаций для Profibus и Industrial Ethernet. Коммуникационный процессор CP 343-1 PN обеспечивает коммуникационные службы Profinet в соответствии со стандартом Profinet версии V1.0 для установок с СВА.

Процессор CP 343-PN поддерживает работу в мультипротокольном режиме (Multiprotocol mode) указанных коммуникационных служб. Данный модуль имеет для параметров заданные по умолчанию установки, Ethernet-адрес. Модуль может активизироваться также непосредственно по сети.

Коммуникационный процессор CP 343-1 PN поддерживает следующие коммуникационные службы:

- **Службы Profinet-коммуникаций (Profinet communications services):** в соответствии со стандартом Profinet версии V1.0 для установок с CBA (Component Based Automation - автоматизация на базе компонентов). Для конфигурирования Profinet-коммуникаций по стандарту Profinet требуется отдельный инструмент для конфигурирования Simatic iMap® Engineering Tool. ПО Simatic iMap® Engineering Tool доступно как опционный пакет в составе STEP 7. Это ПО может быть использовано для всей установки; оно является независимым от производителей компонентов, предоставляет пользователю простые, графические интерфейсы для настройки. При этом его применение заменяет сложные процедуры программирования коммуникационных соединений с интеллектуальными приборами.
- **PG/OP - коммуникации (PG/OP communication):** с помощью PG/OP-коммуникаций все S7-станции, подключенные к сети, могут программироваться дистанционно.
- **S7- маршрутизация (S7 routing):** PG-коммуникации обеспечивают доступ к устройствам всей сети с использованием S7-маршрутизации.
- **S7 - коммуникации (S7 communication):** S7-коммуникации используются для соединения автоматизированных систем Simatic S7 (S7-300 с CP 343-1 PN, только для сервера) и HMI-устройствами и персональными компьютерами (CP 1613 с S7-1613 и SOFTNET S7).
- **S5-совместимые коммуникации (S5-compatible communication):** совместимые с S5-системами коммуникации используются, как видно из названия, для обеспечения соединений с системами Simatic S5, Simatic S7-400/300, а также компьютерами. Необходимые функциональные блоки являются частью NCM S7 для Industrial Ethernet и требуют подключения в пользовательской S7-программе. Прямой доступ к данным CPU (как в Simatic S5) возможен с использованием S5-совместимых коммуникаций с помощью функций FETCH/WRITE. При использовании в качестве транспортного UDP-протокола для совместимых с S5-системами коммуникаций может применяться функция широкой рассылки (multicast) для обеспечения одновременной передачи и приема данных в сконфигурированных сетях рассылки (мультикастовых сетях - multicast circuits).
- **Диагностические функции (Diagnostics):** функции всеохватывающей диагностики обеспечиваются NCM S7; при этом диагностируется рабочий режим коммуникационного процессора (CP), выполняются функции общей диагностики, функции сбора статистики, диагностика соединений, поддерживаются контроль статистики для сети (LAN controller statistics) и диагностический буфер.

### CP 443-1 Advanced

Коммуникационный контроллер Simatic Net-CP 443-1 Advanced (см. рис. 7.28) может использоваться для встраивания любых PLC из серии Simatic 57-400 в Profinet -, Profinet IO - и Profinet CBA -приложения. Благодаря собственному мощному процессору модуль Net-CP 443-1 Advanced обеспечивает разгрузку центрального процессора (CPU), принимая на себя выполнение коммуникационных задач, и обеспечивает дополнительные коммуникационные функции. Модуль Net-CP 443-1 Advanced может непосредственно запускаться через сеть с заранее заданными настройками для параметров. Он имеет уникальный Ethernet-адрес (MAC-адрес). Для организации небольших локальных сетей или для подключения нескольких Ethernet-устройств в модуль интегрирован 4-портовый коммутатор, поддерживающий функции автокроссовера и автоопределения.

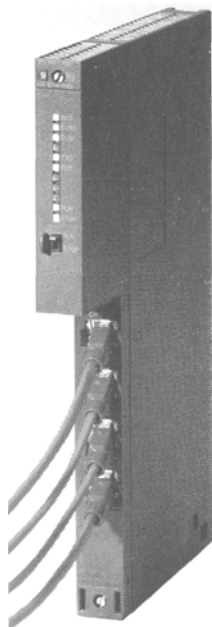


Рис. 7.28 Simatic Net-CP 443-1 Advanced

Коммуникационный контроллер CP 443-1 Advanced может обеспечить для систем Simatic S7-400 коммуникации со следующими сетевыми устройствами:

- PG/ПК
- Хост-компьютер
- HMI-устройства
- Simatic S5/S7/C7 - системы
- Profinet CBA - компоненты



- Profinet IO - устройства (Devices)

CP 443-1 Advanced поддерживает следующие коммуникационные службы и имеет следующие особенности:

- Profinet IO-контроллер: поддержка прямого доступа к IO-устройствам через Industrial Ethernet -сеть.
- Profinet CBA: использование в системе Simatic S7-400 для обеспечения CBA (**C**omponent **B**ased **A**utomation - автоматизация на базе компонентов).
- S7-коммуникации: PG -функции, HMI -функции, обеспечение обмена данными посредством S7-соединений.
- S5-совместимые коммуникации: интерфейс SEND/RECEIVE (передача / прием) с использованием транспортных ISO-соединений (ISO transport connections) или TCP-соединений, ISO-on-TCP и UDP-соединений; мультикастовые соединения с UDP-протоколом, функции FETCH/WRITE (выборка данных / запись) (т.е., службы сервера (server services) в соответствии с S5-протоколом) с использованием транспортного протокола ISO, протокола TCP, ISO-on-TCP; опции LOCK/UNLOCK (блокировка / включение) для функций FETCH/WRITE (выборка данных / запись).
- IT -функции: посылка электронных писем на e-mail, данных мониторинга (monitor device) и данных процесса (HTML -управление процессом - HTML process control), FTP -функции (**F**ile **T**ransfer **P**rotocol - протокол передачи файлов) для управления файлами и доступ к блокам данных в CPU (функции клиент/сервер).
- Синхронизация времени через сеть Industrial Ethernet в соответствии со следующими сконфигурированными процедурами:  
 Simatic-процедура (Simatic procedure): модуль CP принимает MMS-сообщения системы контроля времени (MMS time messages), и синхронизирует свое локальное время.  
 NTP-процедура (NTP procedure (**N**etwork **T**ime **P**rotocol - протокол передачи пакетов времени по сети)): модуль CP через регулярные интервалы посылает запросы в адрес NTP-сервера для получения точного времени, и по отклику синхронизирует свое локальное время.
- Возможность адресации с использованием установленного производителем MAC-адреса: к модулю CP обращение может быть выполнено с использованием заранее установленного MAC-адреса для получения и назначения IP-адреса; модуль CP поддерживает PST-функцию (**P**rimary **S**etup **T**ool - инструмент первичной настройки).
- Возможность установки SNMP-агента: модуль CP поддерживает сканирование данных с использованием SNMP (**S**imple **N**etwork **M**anagement **P**rotocol - простой протокол сетевого управления, протокол сетевого администрирования) версии V1 в соответствии со стандартом MIB II.

- Защита доступа по IP-адресу (IP-ACL - **A**ccess **C**ontrol **L**ist - список контроля доступа): защита доступа по IP-адресу позволяет ограничить коммуникации через коммуникационный процессор CP локальной S7-станции ограниченным списком IP-адресов.
- Возможность конфигурирования IP-параметров: возможность задания пути или процедуры, с помощью которой для коммуникационного процессора может быть назначен IP-адрес, маска подсети и адрес шлюза.
- Сканирование фрагмента диагностического буфера: модуль CP поддерживает возможность сканирования фрагмента диагностического буфера - последних 10 диагностических событий CPU и CP, которые имеются в той же стойке, что и CP, с использованием Web-браузера.
- Поддержка режима адресации S5/S7: модуль CP поддерживает конфигурирование режима адресации (addressing mode) для доступа с функциями FETCH/WRITE (выборка данных / запись) как для режима адресации в системе S7 или S5.
- Поддержка распознавания ситуации, когда в сети имеются два одинаковых IP-адреса: чтобы избежать ошибки при адресации модуль CP распознает наличие двух одинаковых IP-адресов в сети.
- Наличие встроенного 4-портового коммутатора: для организации небольших локальных сетей или для подключения нескольких Ethernet-устройств в новый модуль CP 443-1 Advanced интегрирован 4-портовый коммутатор.

### 7.5.3 Другие продукты для Profinet

#### SOFTNET PN IO

Данное программное обеспечение используется для подключения программаторов PG / ПК и ноутбуков к Profinet IO-устройствам в Industrial Ethernet-сети. С помощью SOFTNET PN IO Вы можете расширить возможности сетевой карты соответствующими Simatic-функциями. В отличие от процедуры для коммуникационного процессора SOFTNET поддерживает полный стек протоколов в компьютере. При этом производительность системы зависит от конструкции и загрузки используемого ПК. Конфигурирование выполняется с использованием STEP II NCM PC, V5.3 SP1 или последующих версий. ПО SOFTNET PN IO может использоваться со следующими интерфейсами:

- CP 1612 (PCI)
- CP 1512 (PC-Card)
- встроенные интерфейсы Simatic PG / ПК

Если позволяет аппаратное обеспечение, то SOFTNET PN IO обеспечивает следующие функции:

- **Profinet IO-контроллер (Profinet IO-Controller):** Обеспечение интерфейса для полевых Profinet - приборов с сетью Industrial Ethernet.
- **OPC-интерфейс:** Имеющийся OPC-сервер может использоваться как стандартный программный интерфейс для Profinet IO-контроллеров, чтобы соединить приложения сектора автоматизации производства с OPC-совместимыми приложениями под управлением Windows (программы пакета MS Office, HMI -системы и т.д.).
- **Программный интерфейс посредством библиотек среды программирования на языке С (C library):** Интерфейс для I/O (IO-Base interface) может быть использован для приложений, для которых желательно использовать набор функций Profinet-контроллера непосредственно с помощью C/C++. Структура этого интерфейса соответствует DP-интерфейсу модулей Profibus CP 5613 и CP 5614 (DP-Base). Поэтому легко обеспечивается переносимость существующих приложений для ведущего (master) DP-устройства в приложения для Profinet IO-контроллера.

Совместно с SOFTNET PN IO могут использоваться следующие компиляторы: Microsoft Visual C/ C++ V6.0, Microsoft Visual Basic V6.0, Microsoft Visual Basic V7.0.

### Сервер PN-CBA-OPC Server

Сервер PN-CBA-OPC Server (сервер Profinet OPC Server) - это интерфейс для приложений в ПК, обеспечивающий коммуникации с компонентами Profinet CBA через сети Industrial Ethernet. Клиентские приложения OPC Client поддерживают связь с сервером PN-CBA-OPC Server, используя стандартный, открытый и, следовательно, независимый от производителя интерфейс. Сервер PN-CBA-OPC Server имеет следующие особенности:

- Стандартный доступ к OPC-совместимым приложениям и приложениям под управлением Windows (например, Microsoft Office) для синхронных и асинхронных операций чтения и записи переменных с использованием интерфейса компонентов системы Profinet CBA.
- Простой и стандартный интерфейс пользователя.
- Высокоскоростной доступ к данным посредством "специализированного интерфейса" ("custom interface": C++, .NET).
- Легкость использования "интерфейса автоматизации" ("automation interface": VB, .NET) и OX-управления данными для непосредственного внедрения под управлением Windows с поддержкой COM/DCOM.
- Интернет-коммуникации (Internet communications) с использованием OPC XML-DA - интерфейса, что обеспечивает возможность прямого доступа к S7 CPU через Интернет.

Сервер PN-CBA-OPC Server поддерживает связь с Profinet CBA - компонентами через Industrial Ethernet -сеть с использованием DCOM - протокола. Открытый стандарт адресации обеспечивается с использованием логических имен объектов компонентов автоматизированной системы и/или самой системы.

### Шлюз IE/PB-Link PN IO

Шлюз IE/PB-Link PN IO как автономный компонент обеспечивает гладкий переход между Industrial Ethernet- и Profibus- сетями (см. рис. 7.29). При применении шлюза IE/PB-Link PN IO в качестве проху в Profinet-приложении могут использоваться (встраиваться) имеющиеся также Profibus - устройства.

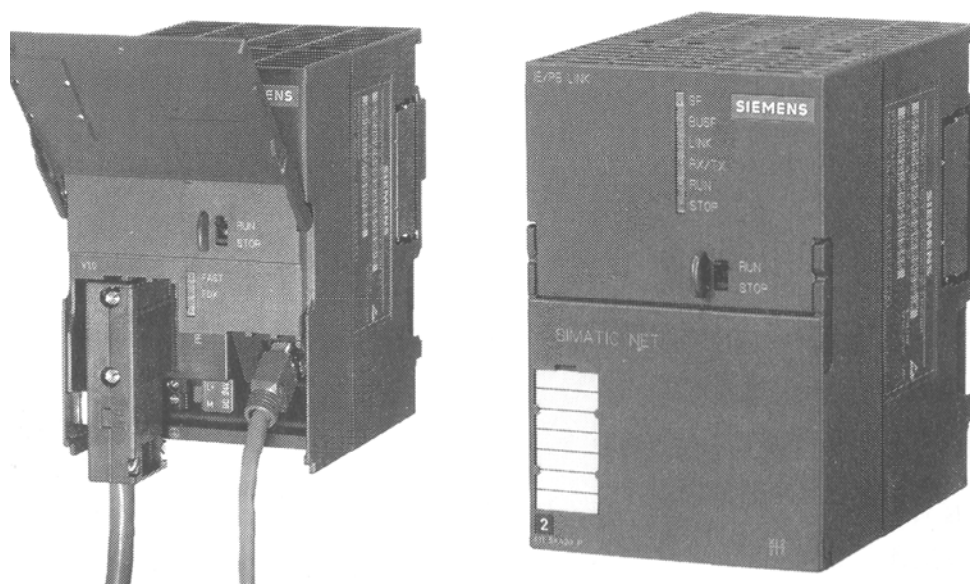


Рис. 7.29 Шлюз IE/PB-Link PN IO

Шлюз IE/PB-Link PN IO функционирует как компактный маршрутизатор между сетями Industrial Ethernet и Profibus. При этом поддерживаются следующие режимы:

- Со стороны подключения к сети Industrial Ethernet: скорость обмена - 10/100 Мбит/с, режим - полный дуплекс (full duplex) или полудуплекс (half duplex) с функцией автоопределения для автоматического переключения.
- Со стороны подключения к сети Profibus: скорость обмена - от 9,6 кбит/с до 12 Мбит/с (а также 45,45 кбит/с для Profibus PA).

Шлюз IE/PB-Link PN IO также может работать в качестве Profinet IO -проху для обеспечения интерфейса между ведомыми (slaves) Profibus DP-устройствами и Profinet IO-контроллерами с использованием RT-коммуникаций в соответствии со стандартом Profinet: с точки зрения IO-контроллера (IO-Controller) всеми ведомыми (slaves) DP-устройствами можно управлять как IO-устройствами (IO-Devices) с Ethernet -интерфейсом, то есть, шлюз IE/PB-Link PN IO для них является проху-устройством.

Шлюз IE/PB-Link PN IO также поддерживает следующие функции:

- Сетевые коммуникации для PG/OP (PG/OP communication) посредством S7 -маршрутизации, то есть, все S7-станции могут дистанционно программироваться с использованием программатора PG в сети Industrial Ethernet или Profibus. Доступ через сеть к данным S7-станций обеспечивается с помощью S7 OPC-серверов и S7-маршрутизации. Возможен доступ из HMI-станций в сети Industrial Ethernet для визуализации данных S7-станций в сети Profibus.
- Маршрутизация записей данных (Data record routing) (Profibus DP): С помощью этой опции шлюз IE/PB-Link PN10 может использоваться как маршрутизатор записей, предназначенных для полевых приборов (DP slaves - ведомых DP-устройств). Одним из инструментов, предназначенных для генерации таких записей для параметризации и диагностики полевых приборов, является Simatic PDM (Process Device Manager - менеджер полевых приборов). Установленные на ПК утилиты Simatic PDM позволяют, например, выполнять параметризацию и диагностирование полевых приборов Profibus PA в сети Industrial Ethernet с использованием шлюза IE/PB-Link PN 10 и шлюза DP/PA Coupler.
- С помощью шлюза IE/PB-Link PN 10 все данные S7-станций в Profibus -сети могут быть доступны из ПК, включенного в сеть Industrial Ethernet, (например, для работы HMI-приложений с интерфейсом OPC-клиента) при установке на этих станциях S7 OPC -сервера.
- Устройства могут заменяться без необходимости использования программатора PG, но благодаря использованию сменного модуля памяти C-Plug для хранения данных конфигурации.
- Функции диагностики: соответствующие диагностические функции доступны при использовании STEP 7 или SNMP, включая диагностику назначенных полевых Profinet-приборов; подключенные ведомые (slaves) DP-устройства могут быть продиагностированы как Profinet IO-устройства (также из пользовательской программы для Profinet IO-контроллера) с использованием шлюза IE/PB-Link PN IO в качестве проху-устройства.  
Имеются следующие возможности: общая диагностика и сбор статистических данных, диагностика соединений, доступ к статистическим данным локальной сети, диагностическому буферу, поддержка интеграции в систему управления сетями посредством SNMP v1 MIB-II.

## Станция ET 200S с интерфейсным модулем IM 151-3PN

ET 200S - это станция распределенных входов / выходов со степенью защиты IP20, в состав которой входят:

- интерфейсный модуль (Interface module) с Profinet - интерфейсом
- модули для входных / выходных сигналов дискретных и аналоговых датчиков и приводов
- технологические модули
- частотные преобразователи и пускатели электродвигателей переменного тока (AC)

Полный набор модулей и поддержка управления для всей системы в вопросах конфигурирования, сборки и программирования определяют станцию ET 200S как универсальную систему для обработки входных / выходных сигналов.

Посредством Profinet центральный программируемый логический контроллер PLC имеет такой же доступ к I/O-модулям в станции ET 200S как и к центральным I/O модулям. Интерфейсный модуль IM 151-3PN обеспечивает подключение станции ET 200S к Profinet и управляет коммуникациями между модулями и Profinet IO-контроллером высшего уровня в автономном режиме.

## CPU 31x-2 PN/DP

Модуль CPU 31x-2 PN/DP - это центральный процессор с большим объемом памяти (512 Кбайт) для программ (program memory). Такие CPU используются в установках, имеющих распределенные структуры автоматического управления в дополнение к централизованным системам I/O. Так, например, CPU 31x-2 PN/DP используется как центральный PLC в производственной линии или как контроллер системы с повышенными требованиями к скорости обработки данных.

Модуль CPU 31x-2 PN/DP имеет комбинированный MPI/DP-интерфейс, а также Ethernet-интерфейс. Profinet-интерфейс базируется на Ethernet-TCP/IP и поддерживает следующие функции:

- S7-коммуникации для обмена данными между контроллерами Simatic PLC;
- PG/OP-коммуникации для программирования, конфигурирования, отладки и диагностики в STEP 7-системе;
- PG/OP-коммуникации для обеспечения интерфейса с HMI-системами и SCADA;
- Открытые TCP/IP -коммуникации через Profinet и Simatic Net OPC Server для поддержки коммуникаций с другими контроллерами и I/O устройствами, обладающими собственным центральным процессором (CPU).

Модуль CPU 31х-2 PN/DP обеспечивает следующие встроенные коммуникационные функции: PG/OP-коммуникации, коммуникации посредством глобальных данных (global data communication), базовые S7 - коммуникации (S7 basic communication), S7-коммуникации (S7 communication), и открытые коммуникации с протоколом TCP/IP. Подробные сведения Вы можете найти в руководстве по устройству.

### Системы управления на базе ПК для Profinet

Программные PLC на базе WinAC особенно пригодны для задач, при решении которых требуется высокая гибкость и эффективность при встраивании в сложные системы. К таким системам относятся закрытые комплексы с обработкой данных или логистические системы, а также системы, связанные с технологическими задачами, например, системы управления подвижными объектами или системы визуализации. WinLC (**Windows Logic Controller** - логический контроллер для работы под управлением ОС Windows) позволяет решать реальные задачи управления и обеспечивает выполнение программ. Он обеспечивает координацию необходимого набора входов и выходов для переменных процесса с использованием ведомой системы Profibus-приборов, а также обеспечивает значения переменных процесса для решения задачи обработки данных и для системы визуализации.

Для оптимального управления процессами могут быть организованы несколько уровней обработки данных, такие, например, как циклическое выполнение программы, обработка прерываний и обработка данных, синхронизированная по времени или дате.

При использовании опционного обеспечения WinAC-PN WinAC Basis может применяться как компонент системы автоматического управления на базе Profinet CBA. При этом обеспечивается поддержка обмена данными по сети Industrial Ethernet с другими устройствами, совместимыми с системой Profinet CBA. Это обеспечивает следующие дополнительные возможности использования WinAC Basis:

- Коммуникационная связь и координация отдельных механизмов и отдельных частей установки, которые должны быть включены в комплекс установки.
- Управление отдельными механизмами и отдельными частями установки, которые должны быть включены в комплекс установки.
- PN Проху -функции для Profibus-устройств, включенных в Profibus-сегмент.

## 7.5.4 Общая информация по концентраторам и коммутаторам

### Концентратор

Концентратор (хаб) всегда копирует принятые по одной из линий сигналы (данные) и усиливает их до нормального для данной линии выходного уровня. Такая технология используется почти во всех активных компонентах, которые поддерживают сетевую топологию типа "звезда". Концентратор всегда принимает информацию на один порт, и направляет ее на все нагруженные выходные порты (см. рис. 7.30). Поэтому в концентраторе занятыми являются все порты в случае поступления данных.

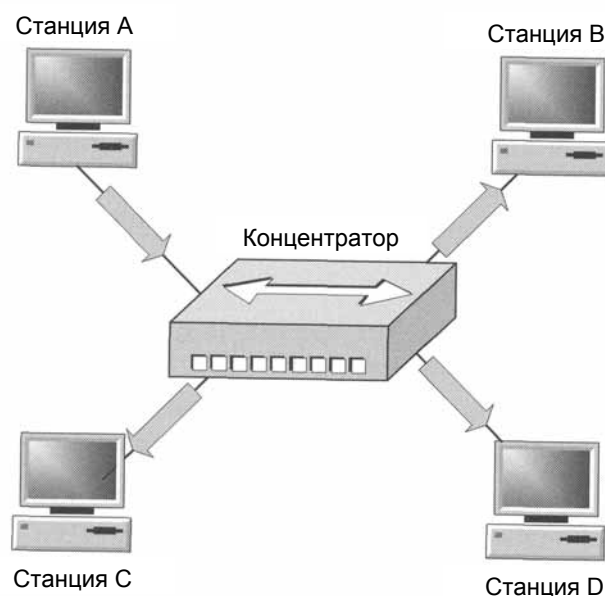


Рис. 7.30 Передача пакета данных от станции A в адрес всех подключенных станций B, C и D.

Сегмент сети, который создается при включении в нее концентратора, называется совместно используемым (общим) сегментом ("shared segment"), так как все станции совместно используют данный сегмент локальной сети. Современные концентраторы имеют, по крайней мере, один дополнительный порт для подключения других сетевых сегментов, с помощью, например, еще одного концентратора.

Никогда не используйте концентраторы для Profinet - сетей, вместо них всегда используйте коммутаторы (или переключатели - switches). В отличие от переключателя, концентратор переключается на скорость, соответствующую самой низкой скорости из всех подключений к портам



концентратора, и передает с этой скоростью данные всем подключенным устройствам. Кроме того, концентратор не может назначать приоритеты сигналам. Это приводит к очень высокой коммуникационной нагрузке на сеть Industrial Ethernet.

## Коммутатор

Profibus - это сеть с линейной топологией. Станции сети подключаются с помощью пассивных линий, шины. В отличие от этого, сети Industrial Ethernet состоят из соединений типа "точка к точке" ("point-to-point"): каждая станция сети напрямую подключается только к одной станции в этой сети. Если какая-то станция должна быть подключена одновременно к нескольким другим станциям в этой сети, то она должна быть подключена к одному порту активного сетевого компонента, т.е. к порту коммутатора (переключателя). К другим портам этого коммутатора могут быть подключены другие станции этой сети (а также, при необходимости, другие коммутаторы). Соединение между коммутатором и станцией в сети сохраняет свой тип "точка к точке" ("point-to-point"). Коммутатор обеспечивает передачу принятых данных только в адрес целевой станции. При этом к каждому порту коммутатора допускается подключение только одного Profinet-устройства или еще одного коммутатора.

Коммутаторы обладают следующими основными функциями:

- Подключение коллизионных доменов или подсетей: Так как репитеры (повторители) или концентраторы - "звездные соединители" (star couplers) работают на "физическом уровне", их применение ограничивается расширением коллизионного домена. Коммутаторы соединяют коллизионные домены. Следовательно, их использование не ограничивается максимальным расширением сети повторителя (repeater). Напротив, с помощью коммутаторов могут создаваться очень большие сети - с сегментами до 150 км, и даже до 1300 км, при использовании LD-модулей. Использование коммутаторов позволяет предотвратить коллизии пакетов данных.
- Снижение загруженности сети: Путем фильтрации трафика данных с использованием Ethernet - (MAC -) адресации обеспечивается то, что трафик локальных данных остается в локальной сети (см. рис. 7.31). По сравнению с репитерами или концентраторами, которые распространяют данные по всем портам / станциям сети (без фильтрации), коммутаторы работают в режиме направленного переключения. Из входного порта на соответствующий выходной порт переключателя передаются данные для станции в другой подсети. Для этого коммутатор генерирует таблицу назначения Ethernet- (MAC-) адресов выходным портам в режиме самообучения. Следовательно, коммутаторы используют Ethernet-адреса для определения, куда подключены отдельные устройства (device), и используют эти сведения в последующем времени для перенаправления входящих пакетов данных.
- Ограничение распространения ошибок по сети: путем проверки целостности пакетов данных с помощью контрольных сумм, представленных в каждом пакете, коммутатор гарантирует прекращение

распространения некорректных пакетов данных по сети. Кроме того, коллизии в одном сетевом сегменте не распространяются на другие сегменты сети.

- Согласование различных скоростей передачи данных в отдельных соединениях: Терминалы данных, поддерживающие режим 10-Mbit Ethernet, и терминалы данных, поддерживающие режим 100-Mbit Fast Ethernet, могут поддерживать коммуникационную связь друг с другом в одной локальной сети. В то время как при использовании концентратора к последнему могут быть подключены только устройства, поддерживающие одинаковую скорость обмена данными. Коммутатор имеет определенное число портов.

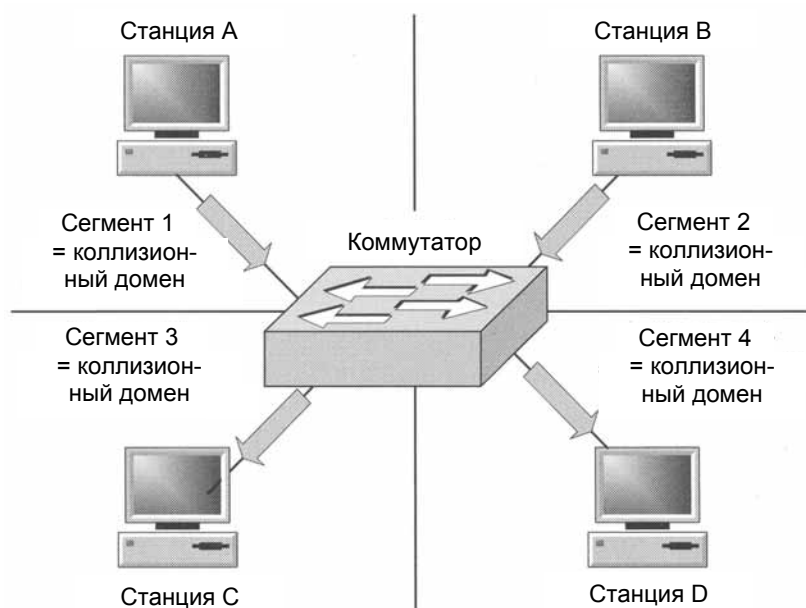


Рис. 7.31 Пакет данных от станции А передается только в адрес станции D. Одновременно станции В и С производят обмен данными между собой.

В качестве распределителей данных стандарт Profinet предполагает использование только тех устройств, которые обладают функциями коммутаторов. Для использования в Profinet-сетях коммутатор должен отвечать следующим требованиям:

- поддержка Ethernet по стандарту ISO/IEC 8802-3 (10/100 Мбит/с)
- поддержка Ethernet по стандарту IEEE 802.1D и IEEE 802.1Q
- поддержка стандартных диагностических путей
- поддержка режима полный дуплекс (Full duplex)
- поддержка функции автокроссовера (autocrossover).

## 7.5.5 Коммутаторы для использования в производственных условиях: серия SCALANCE X

SCALANCE X - это новая серия промышленных коммутаторов фирмы Simatic Net для сетей Industrial Ethernet. Коммутаторы - это активные сетевые компоненты, которые особым образом распределяют данные по соответствующим адресам.

К коммутаторам, используемым в сетях на производстве, предъявляются высокие требования. Стандартные коммутаторы, которые обычно применяются в условиях офисов, не могут обеспечить все необходимые на производстве требования. Например, высокоскоростные промышленные приложения требуют очень надежного и быстрого механизма резервирования на случай отказа сетевого компонента. Резервирование сетей повышает общую безопасность и минимизирует простои установки. Серия SCALANCE X обеспечивает высокоскоростное резервирование для активации процесса резервного замещения соединений за отрезок времени меньше, чем за 0,3 секунды. Это дает значительный вклад в отказобезопасность сети. Промышленные коммутаторы обеспечивают возможность реализации крупных сетей, с большим числом станций, повышают производительность сети при обмене данными, а также обеспечивают простоту расширения сети.

В дополнение к скоростному переключению на резервные соединения, системы управления и диагностики сети также имеют важнейшее значение. Серия SCALANCE X обеспечивает простоту механизма постоянного мониторинга сетевых компонентов с использованием сигнальных выводов (контактов) Profinet-диагностики или системы управления сетью (network management). Любые возникающие проблемы могут быть оперативно обнаружены и устранены сетевым администратором и системой автоматического управления. Создание и эксплуатация сетей упрощаются, благодаря интеграции в существующую систему проектирования Simatic. Для операторов обеспечивается интерактивный режим, при котором подробно отображается важная информация, позволяющая выполнять профилактическое обслуживание сетей.

Чтобы управлять большими количествами информации, от сетевых устройств требуется поддержка высокоскоростной обработки данных. Производительность сетей Industrial Ethernet может отвечать повышенным требованиям. Благодаря тому, что устройства являются стандартными, что гарантирует сохранность инвестиций при применении новых технологий, а также благодаря масштабируемости производства, эти устройства всегда обеспечивают адекватную производительность и позволяют реализовывать соответствующие конфигурации для решения многих задач.

Промышленные коммутаторы серии Simatic Net SCALANCE X в настоящее время могут быть сгруппированы в три семейства по общим признакам (например, по области применения, способу управления и т.п.), которые специально приспособлены для решения различных задач (см. рис. 7.32).

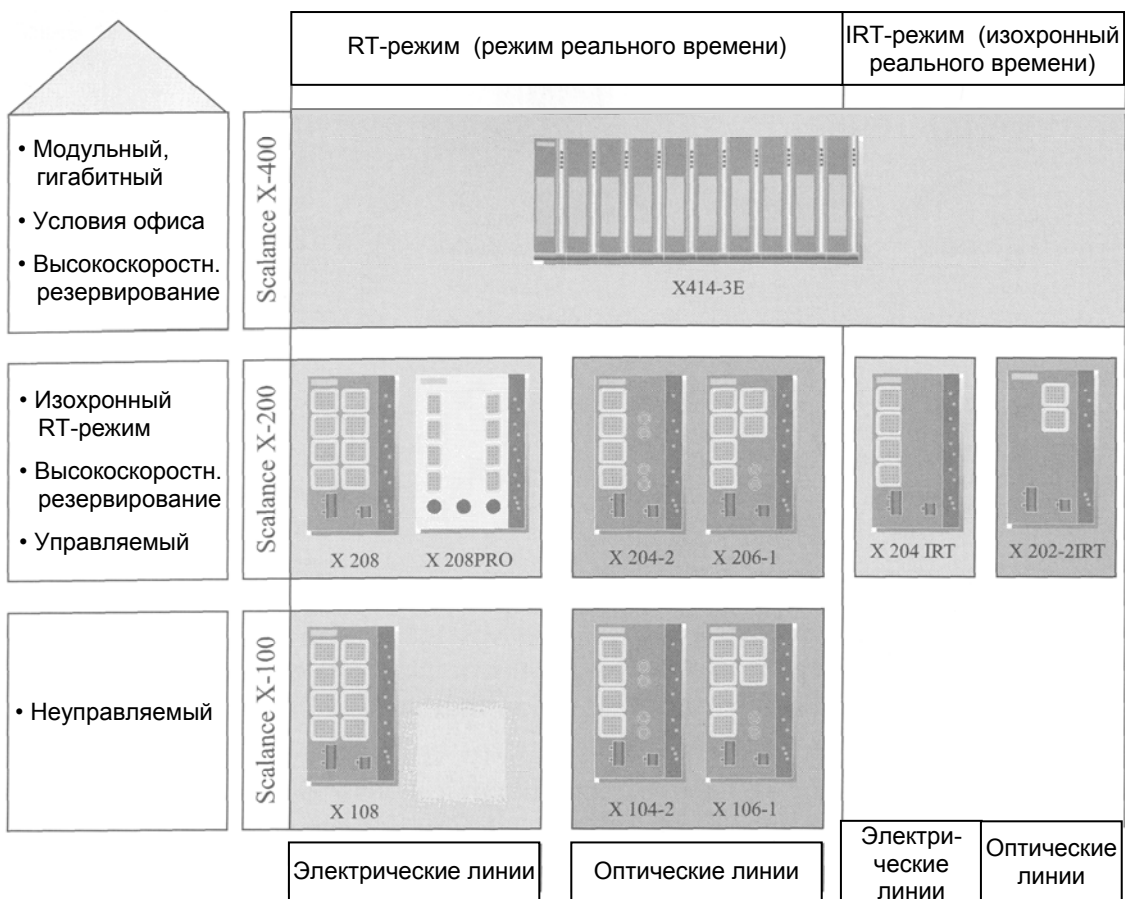


Рис. 7.32 с могут быть разбиты на подсемейства в соответствии с типом используемого интерфейса, классом производительности, поддержкой функций RT или IRT и т.п.

## SCALANCE X100

Коммутаторы SCALANCE X100 обеспечивает экономичность решений для уровня механизмов и машин. Эти коммутаторы специально разработаны для использования в жестких производственных условиях. Они имеют до 8 портов и функцию локальной диагностики. Компактная конструкция, возможность установки на стандартной монтажной шине S7-300 Rail обеспечивает простую и экономичную установку в шкафу управления. Гнезда разъемов в соответствии со стандартом Profinet имеют защитные бортики. Примеры возможных конфигураций SCALANCE X100 (см. рис. 7.33):

- Industrial Ethernet SCALANCE X108: коммутатор с 8 портами 10/100-Мбит/с RJ45 для создания топологии типа "звезда";
- Industrial Ethernet SCALANCE X104-2: коммутатор с 4 портами 10/100-Мбит/с RJ45 и двумя FO -портами для создания топологии типа "звезда";

- Industrial Ethernet SCALANCE X106-1: коммутатор с 6 портами 10/100-Мбит/с RJ45 и одним FO -портом для создания топологии типа "звезда".



Рис. 7.33 SCALANCE X104-2, X106-1, X108

SCALANCE X100 относится к устройствам типа "plug-and-play", которые не требуют настройки при пуске в эксплуатацию. Модули SCALANCE X100 и X200 поддерживают MDI/MDIX функции автокроссовера и автоопределения.

К коммутаторам SCALANCE X100 и X200 к TP-портам версии RJ45 могут быть подключены патч-кабели типа "витая пара" TP Cord или TP-XP Cord с максимальной длиной 10 м. При подключении к гнезду IE FC Outlet RJ45 общая длина линии допускается до 100 м. При использовании стандартного кабеля IE FC Standard Cable и штеккеров IE FC RJ45 Plug 180 общая длина линии между двумя устройствами может достигать 100 м.

Допустимые длины соединительных линий при использовании кабелей Industrial Ethernet FC-TP Cable:

- 0...100 м: кабель Industrial Ethernet FC-TP Standard Cable с штеккером IE FC RJ45 Plug 180 или составная линия: Industrial Ethernet FC Outlet RJ45 0...90 м Industrial Ethernet FC-TP Standard Cable + патч-корд 10 м TPCord.
- 0...85 м: кабель Industrial Ethernet FC-TP Marine/Trailing Cable с штеккером IE FC RJ45 Plug 180 или составная линия: 0...75 м кабель Industrial Ethernet FC-TP Marine/Trailing Cable + патч-корд 10 м TP Cord.

Количество коммутаторов SCALANCE X, включенных в линию Industrial Ethernet, влияет на время прохождения пакета данных. При прохождении пакета через SCALANCE X100 и/или SCALANCE X200 происходит задержка приблизительно на 10 мкс при длине пакета 64 байтов (при скорости 100 Мбит/с), и приблизительно на 130 мкс при длине пакета 1500 байтов (при 100 Мбит/с). Это означает, что время прохождения пакета возрастает пропорционально количеству включенных в линию коммутаторов SCALANCE X100 и/или SCALANCE X200.

## SCALANCE X200

Модули серии SCALANCE X200 (см. рис. 7.34) пригодны для использования в установке на уровне механизмов и машин, а также в подсетях отдельных блоков установки. Монтаж модулей производится на монтажной шине S7-300. Устройства имеют высокую степень защиты и допускают размещение вне шкафа управления. Защитные бортики гнезд разъемов отвечают концепции Profinet и защищают разъемы от механических воздействий. SCALANCE X200 имеют версии с электрическими и оптическими портами. Интеграция средств конфигурирования и функций дистанционной диагностики в инструментальные средства Simatic STEP 7 дает значительные преимущества на всех этапах от планирования до эксплуатации.

В эти модули встроены стандартные функции для дистанционной диагностики, такие как SNMP и Web Server. Модули серии SCALANCE X200 отвечают жестким требованиям RT-режима и имеют высокие рабочие характеристики. Отдельные из устройств серии SCALANCE X200 могут конфигурироваться, диагностироваться и адресоваться как Profinet IO-устройства, если эти коммутаторы включены в STEP 7 с помощью GSD-файла. Для назначения им IP-адреса может использоваться "инструмент первичной настройки" (PST) как альтернатива средствам STEP 7. Модули имеют встроенную Profinet-диагностику.



Рис. 7.34 SCALANCE X204-2, X206-1, X208, X208PRO

Примеры возможных конфигураций изделий серии SCALANCE X200:

- Industrial Ethernet SCALANCE X208: коммутатор с восемью портами 10/100-Мбит/с RJ45 для создания сетей с топологией типа "звезда" со встроенными функциями SNMP-доступа, Web-диагностики, функцией диагностики медного кабеля и функцией Profinet-диагностики;
- Industrial Ethernet SCALANCE X206-1: коммутатор с шестью портами 10/100-Мбит/с RJ45 и одним оптическим портом для создания сетей с топологией типа "звезда" со встроенными функциями SNMP-доступа, Web-диагностики, функцией диагностики медного кабеля и функцией Profinet-диагностики;
- Industrial Ethernet SCALANCE X204-2: коммутатор с четырьмя портами 10/100-Мбит/с RJ45 и двумя оптическими портами для создания сетей с топологией типа "звезда" со встроенными функциями SNMP-доступа, Web-диагностики, функцией диагностики медного кабеля и функцией Profinet-диагностики;
- Industrial Ethernet SCALANCE X208PRO: коммутатор с восемью портами 10/100-Мбит/с RJ45 для создания сетей с топологией типа "звезда" со встроенными функциями SNMP-доступа, Web-диагностики, функцией диагностики медного кабеля и функцией Profinet-диагностики.

Для хранения данных конфигурации и программ в перечисленных коммутаторах используется сменный модуль памяти C-Plug. При замене отказавшего коммутатора его модуль C-Plug со всей информацией может быть перенесен в новый коммутатор, установленный на замену отказавшего. Если в коммутатор SCALANCE X200 установлен "чистый", незаписанный модуль C-Plug (состояние при поставке от производителя), то все данные конфигурации устройства автоматически сохраняются при первом запуске коммутатора. Кроме того, изменения в конфигурации, сделанные во время RT-режима, также сохраняются в модуле C-Plug, причем без всякого вмешательства со стороны оператора. Устройство, в которое вставлен модуль C-Plug, во время запуска системы автоматически использует данные конфигурации из C-Plug. Необходимым условием для этого является то, что данные конфигурации должны быть записаны в сменный модуль в то время, когда он был вставлен в совместимое устройство. Такое решение обеспечивает простую и быструю замену базового устройства в случае его отказа. Когда возникает необходимость замены базового устройства, модуль C-Plug просто вынимается из отказавшего устройства и вставляется в устройство, устанавливаемое на замену отказавшего. При последующем первоначальном запуске установленное на замену устройство использует те же данные конфигурации, что и отказавшее, кроме MAC-адреса, который был задан производителем.

В случае использования устройств с оптическими портами скорость обмена данными составляет 100 Мбит/с. Так как режим полного дуплекса (full duplex) и скорость обмена данными не могут быть изменены в случае использования оптических компонентов сети, то функция автоопределения (autonegotiation) не может быть использована. Передача данных осуществляется по

многомодовым оптоволоконным кабелям. Длина волны равна 1310 нм. Многомодовые оптоволоконные кабели имеют диаметр световода 50 или 62,5 мкм. При данном режиме источником света является светодиод. Многомодовый режим передачи означает, что для передачи сигналов используется много мод (лучей света). Наружный диаметр оптоволоконного кабеля составляет 125 мкм. Максимальная дальность передачи (длина сегмента) при данном режиме составляет 3 км. Для таких линий связи используются разъемы BFOC.

С помощью Web-управления (Web-based management) коммутаторы серии SCALANCE X200 для Industrial Ethernet обеспечивают использование различных диагностических функций, которые доступны с использованием Internet-браузера (например, Microsoft Internet Explorer или Netscape). Управление осуществляется с помощью Java-скриптов, которые сохраняются в коммутаторах серии SCALANCE X200 для Industrial Ethernet и загружаются посредством браузера.

Profinet IO - диагностика: Функции Profinet IO -диагностики используются для диагностики, параметризации и генерации прерываний для подключенных SCALANCE X200 устройств в системе Profinet IO. Чтобы интегрировать отдельные коммутаторы серии SCALANCE X200 как PN IO-устройства (PN IO-Devices), необходимо их присутствие в каталоге модулей (module catalog) системы Profinet IO. При первом использовании SCALANCE X200 необходимо установить GSD-файлы в соответствии с руководством по изделиям серии SCALANCE. После этого Вы можете выполнить все необходимые установки и диагностику устройств в STEP 7.

## SCALANCE X200 IRT

Эти устройства пригодны для использования в сети в отдельных секциях установки с жесткими требованиями для обеспечения RT-режима (изохронного RT-режима) и высоких рабочих параметров. В той же сети может иметь место передача данных вне RT-режима, что делает ненужной организацию второй сети. На базе Profinet коммутаторы SCALANCE X200 IRT обеспечивают коммуникации, отвечающие жестким требованиям для RT-режима от полевого уровня до высокопроизводительных приложений для управления движущимися объектами, например:

- Связь Profinet IO-устройств с Profinet IO-контроллером посредством высокоскоростной детерминированной системы передачи данных.
- Изохронные RT-коммуникации на основе передачи согласно IEEE 802, с использованием комбинации механизмов переключения "Cut through" ("прорубание") и "Store and forward" ("запоминание и продвижение"). Profinet с IRT - это наиболее мощная в мире система с детерминированным и изохронным обменом для управления движущимися объектами. С временем цикла (cycle) 1 мс и с рассинхронизацией менее 1 мкс, например, можно управлять 150 осями в изохронном режиме, тогда как 50% пропускной способности сети все еще останется для IT-коммуникаций безо всяких ограничений.



- Совместимость жестких требований RT-режима и открытости IT-коммуникаций: повышенная надежность, благодаря резервированию системы обмена данными с "гладким" переключением каналов для RT-данных.

Устройства серии SCALANCE X200 IRT отвечают специальным требованиям для автоматизированных систем, касающимся линейной топологии сетей, RT-режима и IT-открытости в одной технологии на базе стандарта Profinet. В настоящее время доступны следующие изделия серии SCALANCE X200 IRT:

- SCALANCE X204 IRT (см. рис. 7.35): для использования в сетях Industrial Ethernet на базе медных проводов с топологиями типа "линейная", "звезда" ("star") или "кольцо" ("ring") с четырьмя электрическими портами. Максимальная длина TP-линии между двумя коммутаторами 100 м с кабелем IE FC и штеккерами IE FC RJ45-Plug 180 или 10 м при использовании кабеля TP Cord;
- SCALANCE X202 2IRT: для использования в оптических сетях Industrial Ethernet с топологиями типа "линейная", "звезда" ("star") или "кольцо" ("ring") с двумя оптическими портами и двумя электрическими портами. Максимальная длина оптических линий составляет 3000 м с использованием оптоволоконного кабеля (материал волокна: стекло) Industrial Ethernet FOC.

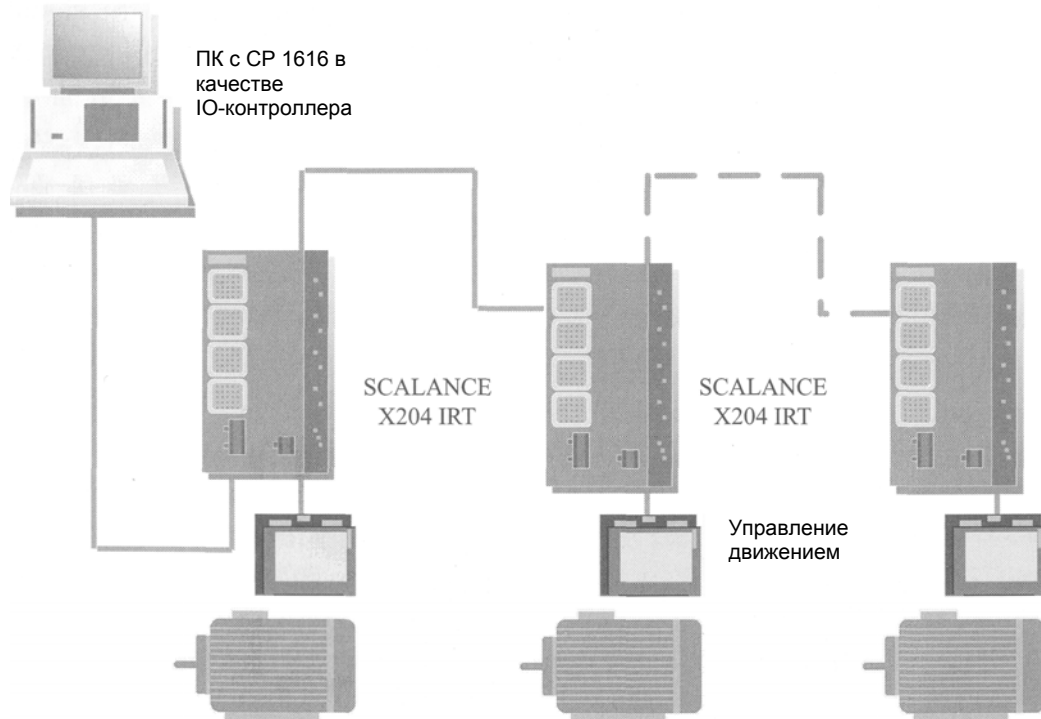


Рис. 7.35 Пример конфигурации сети с SCALANCE X204 IRT

## **SCALANCE X400 - модульные высокопроизводительные коммутаторы**

Устройства серии SCALANCE X400 предназначены для использования в высокоскоростных сетях (в том числе Gigabit Ethernet), которые уже сегодня могут использоваться в высокопроизводительных приложениях. Благодаря модульной конструкции, коммутаторы серии SCALANCE X400 удобны в использовании во многих приложениях. Базовое устройство состоит из рамы, источника питания, дискретных входов и CPU коммутатора. Серия устройств SCALANCE X400 включает в себя модульные коммутаторы для Industrial Ethernet, медиа-модули (media module - интерфейсный модуль) и модули расширения (extender). Система имеет модульную конструкцию, что позволяет изменять конфигурацию портов. Такая модульная конструкция портов облегчает организацию и последующее расширение сетей со сложной топологией с учетом специфических требований. 100-мегабитные и 1000-мегабитные технологии поддерживают различные варианты линий передачи (кабели типа "витая пара", оптоволоконные кабели) и повышенные требования к портам. Коммутаторы SCALANCE X400 поддерживают электрические порты для использования в гигабитных (Gigabit) сетях и порты для сетей с кольцевой топологией (ring ports). Расширение посредством медиа-модулей (media modules) обеспечивает организацию оптических портов. Монтируются устройства SCALANCE X400 на стандартной монтажной шине и шине S7-300. Поддержка стандартов для условий офиса обеспечивает "гладкую" интеграцию сетей автоматизированной системы и офисных сетей. Устройства SCALANCE X400 также поддерживают Profinet-диагностику.

## **Industrial Ethernet SCALANCE X414-3E**

Устройство SCALANCE X414-3E (см. рис. 7.36) - это модульный промышленный коммутатор для сетей Industrial Ethernet с интегрированными 2 x Gigabit и 12 x 100 Мбит TP-портами (для подключения кабелей типа "витая пара") при создании электрических и/или оптических сетей Industrial Ethernet, обладающий также одним гигабитным и двумя 100-мегабитными слотами для медиа-модулей (media module) и одним интерфейсом для модуля расширения. Коммутатор поддерживает возможность управления посредством SNMP- и Web-сервера. Станции подключаются к коммутатору посредством 12 встроенных портов Fast Ethernet (10 Мбит/с или 100 Мбит/с). Встроенное управление резервированием обеспечивает быстрое переключение между резервированными линиями передачи даже в больших сетях Gigabit Ethernet и Fast Ethernet.

Для создания оптических гигабитных сетей (Gigabit) оба встроенных Gigabit Ethernet - порта могут быть использованы для интеграции оптических Gigabit-портов с помощью двухпортового модуля Gigabit Ethernet. Имеются варианты модулей для многомодового режима (дальность передачи до 750 м) и для одномодового режима (дальность передачи до 10 км).

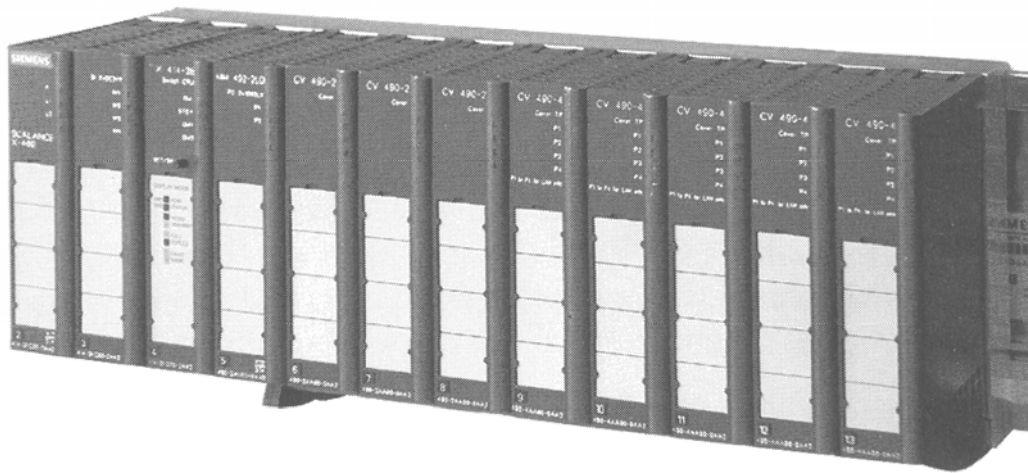


Рис.7.36 SCALANCE X414-3E

Доступные интерфейсные модули и модули расширения для коммутатора SCALANCE X414-3E:

- Медиа-модуль (media module) MM492-2: с 2 портами 1000BaseSX, 1 Гбит/с, многомодовый оптоволоконный кабель, дальность передачи до 550 м, тип коннектора - SC;
- Медиа-модуль MM492-2LD: с 2 портами 1000BaseLX, 1 Гбит/с, многомодовый оптоволоконный кабель, дальность передачи до 10 км, тип коннектора - SC;
- Медиа-модуль MM491-2: с 2 портами 100BaseFX, 100 Мбит/с, многомодовый оптоволоконный кабель, дальность передачи до 3 км, тип коннектора - BFOC;
- Модуль расширения EM495-8: для коммутатора SCALANCE X414-3E с восемью TP-портами для подключения кабелей типа "витая пара" сети Fast Ethernet;
- Модуль расширения EM496-4: для коммутатора SCALANCE X414-3E с 4 слотами для установки медиа-модулей Fast Ethernet MM.

Функции и идентификация коммутаторов серии SCALANCE X400:

- Базовое устройство состоит из рамы, источника питания, дискретных входов и CPU коммутатора.
- SCALANCE X400 имеет модульную конструкцию портов, что позволяет изменять их конфигурацию. Это облегчает организацию и последующее расширение сетей со сложной топологией и с учетом особых требований, предъявляемых к сетям.
- **Gigabit-технология:** базовое устройство обеспечивает подключение линий передачи со скоростью обмена данными 1 Гбит/с для электрических кабелей ("витая пара") или с использованием гигабитного медиа-модуля для оптических кабелей (FO).
- **Сплиттер (Splitting):** кольцевая сеть с SCALANCE X400 может резервироваться при подключении ее концов к двум портам различных слотов: при отказе медиа-модуля сеть сохранится и будет при этом физически линейной.
- **"Горячая" замена модулей:** Поддержка "горячей" замены ("hot swapping") отказавшего модуля (т.е. поддерживается возможность замены отказавшего модуля в интерактивном режиме).
- **Диагностические функции:** Функции удаленной диагностики с использованием Web-управления, TELNET или SNMP. Базовое устройство поддерживает сигнальный вывод (контакт) и локальные операции. Ethernet-интерфейс поддерживает функции управления и диагностические функции.
- **Модуль памяти C-Plug:** Простой импорт данных конфигурации возможен путем перестановки модуля C-Plug во вновь установленное на замену отказавшего базовое устройство.
- **Поддержка VLAN:** Устройства на уровне портов поддерживают виртуальные сети (VLAN). Физическая сеть может быть разбита на несколько виртуальных сетей. Это снижает нагрузку на сеть в сравнении с другими определенными виртуальными сетями.
- **Поддержка STP / RSTP:** коммутатор SCALANCE X400 поддерживает протоколы STP (STP - **S**panning **T**ree **P**rotocol - "протокол связующего дерева") (IEEE 802.1D) и (RSTP - **R**apid **S**panning **T**ree **P**rotocol - "быстрый STP") (IEEE 802.1w). STP-протокол был создан для решения глобальной проблемы образования петель в сети. Это позволяет предотвратить бесконечное циркулирование пакетов данных в образовавшемся сетевом кольце, а также быстро перекоммутировать маршрут прохождения пакетов на альтернативный в случае отказа сетевого компонента. Время переконфигурации "связующего дерева сети" (STP) составляет 20 ... 30 секунд, тогда как время переконфигурации "быстрого связующего дерева сети" (RSTP) составляет одну секунду.

## 7.5.6 Маршрутизаторы

Большие сети состоят из подсетей, т.е. сетей меньшего размера, связанных между собой. Различные сети связываются друг с другом с помощью специальных устройств, называемых маршрутизаторами или роутерами (router). Эти устройства отвечают за прохождение данных между компьютерами через различные сети по наиболее выгодным маршрутам. Критерием выбора оптимального пути может быть, например, его длина или наименьшее время прохождения пакета данных.

Перед тем как маршрутизатор передает пакет в подключенную локальную или глобальную сеть, он проверяет адрес, указанный в пакете данных, например, IP-адрес, и передает данные в соответствии с внутренней таблицей маршрутизации. Таблица маршрутизации, включающая абсолютно все доступные станции в глобальной сети, едва ли может быть сформирована. Следовательно, таблица маршрутизации не содержит все полные пути к компьютеру с заданным IP-адресом, но содержит маршрут к следующей промежуточной станции на пути к целевому адресу. Таким образом, пакет данных передается от маршрутизатора к маршрутизатору по пути к устройству с заданным адресом.

Реальная сила маршрутизаторов заключается в их способности выбрать такой маршрут из таблицы маршрутизации, который обычно является наилучшим из всех для прохождения пакета данных в соответствии с алгоритмом приложения (например, алгоритмом балансирования нагрузки). Другими характеристиками маршрутизаторов являются возможность управления по сети (network management) и функция фильтрации (filter). Используя соответствующие установки маршрутизатора, можно улучшить пропускную способность сети в соответствии с предъявляемыми требованиями. В большинстве случаев маршрутизаторы обеспечивают более высокую изоляцию сети, так как они, например, обычно не поддерживают режим рассылки. Кроме того, маршрутизаторы могут функционировать как файрволлы, так например, они могут блокировать доступ с определенных IP-адресов в определенные участки сети.

Маршрутизатор работает, перенаправляя данные. Дополнительно он может быть настроен на поддержку коммуникаций с определенными станциями и на блокировку связи с другими. Коммуникационные станции, находящиеся по разные стороны маршрутизатора, могут связываться друг с другом только при условии, что коммуникации между ними разрешены маршрутизатором. Высокая коммуникационная нагрузка офисной сети Ethernet может снижать коммуникации в сети Industrial Ethernet, если между ними нет маршрутизатора. Если, например, необходим прямой доступ к производственным данным от SAP (SAP - **S**ervice **A**ccess **P**oint - точка доступа к службе), то необходимо подключить Industrial Ethernet - сеть промышленной установки к офисной Ethernet-сети через маршрутизатор. Тем самым маршрутизатор разделяет офисную и производственную сети.

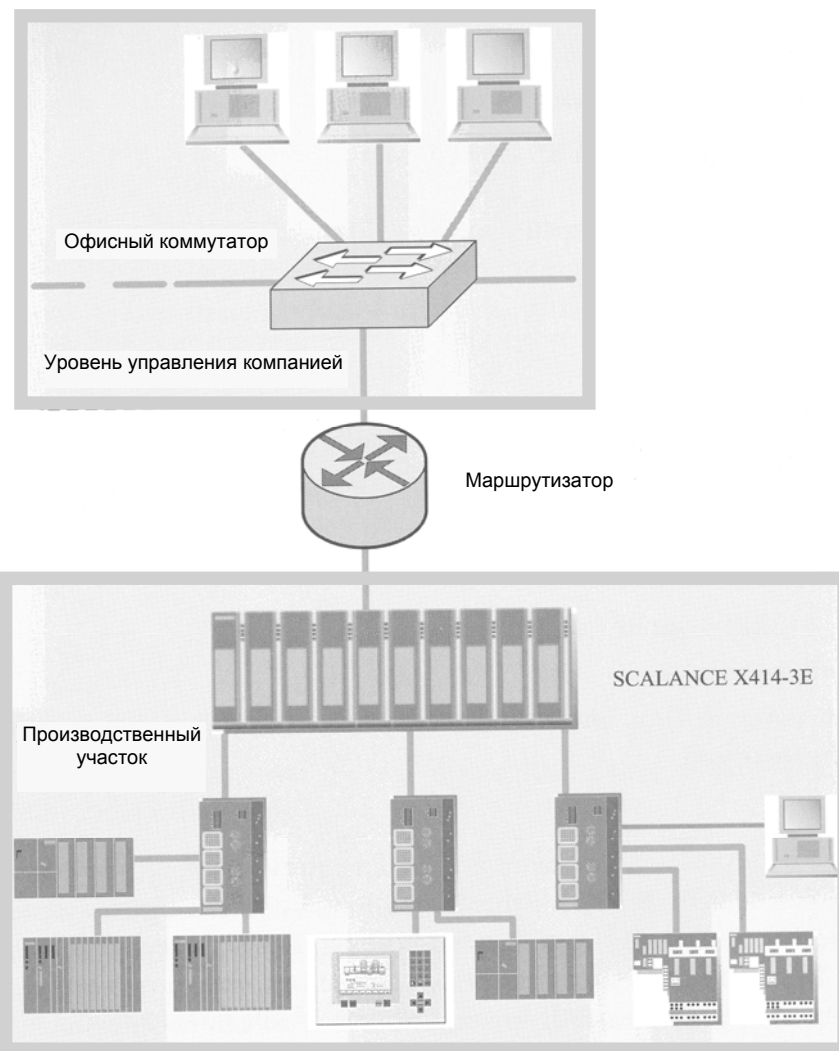


Рис. 7.37 Разделение офисной и производственной сетей с помощью маршрутизатора

Примечание: RT-коммуникации для Profinet-сети невозможны за пределами сети. RT-коммуникации работают только внутри сети. Следовательно, маршрутизаторы не могут использоваться в системах с RT-коммуникациями для Profinet. В Profinet-сетях маршрутизаторы могут использоваться только для интерфейса с глобальными сетями (WAN).

## 7.6 Топологии сетей Profinet

Топология сети понимается как пространственная структура среды для передачи данных. От топологии сети зависят ее возможности. Все сетевые проекты базируются на трех основных топологиях: "линейная" ("linear"), "звезда" ("star") и "кольцо" ("ring"). На практике обычно сетевая система состоит из комбинации этих топологий.

Сетевые топологии должны проектироваться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к компонентам оборудования, которые должны быть включены в сеть. В офисном секторе широко применяются топологии типов "звезда" ("star") и "дерево" ("tree"), определенные стандартом IEC 11801. Условия для построения сетей в среде автоматизированного производства сильно отличаются от условий офисного сектора. Различия в требованиях при создании сетей касаются:

- числа терминалов данных в сети,
- концентрации терминалов данных или распределения терминалов данных,
- расстояния между терминалами данных,
- организации терминалов данных (например, линейная организация на конвейерном производственном участке в отличие от кластерной организации в офисном секторе),
- требований по надежности.

Формирование Ethernet-сети в секторе автоматизированного производства влечет за собой необходимость оптимизации инфраструктуры сети, при которой учитываются выше указанные условия. В последующих подразделах рассматриваются структуры коммуникационных сетей, которые встречаются в промышленности. Для прояснения принципов построения структур типа "звезда" ("star"), "линейная" ("linear"), "дерево" ("tree") и "кольцо" ("ring") эти топологии рассматриваются в "чистом" виде. Все представленные топологии могут выполняться на симметричных медных и оптоволоконных кабелях. Выбранная топология зависит от типа и возможностей оборудования (типы кабелей, организация станций), перспективы развития сети и типа сетевого управления (network management) (сетевая операционная система - network operating system).

Рекомендуется оставлять несколько вакантных переключаемых портов в распределительных устройствах на случай последующего расширения сети или для временного подключения оборудования для обслуживания и диагностики.

Обобщенная информация по различным возможностям при проектировании Profinet -сетей представлена ниже.

### 7.6.1 Топология сети типа "звезда" ("star")

Топология сети типа "звезда" ("star") имеет звездообразную организацию отдельных соединений центрального распределительного устройства (коммутатора) с отдельными станциями с применением кабеля типа "витая пара" (TP) или оптоволоконным кабелем (FOC). В такой сети обмен данными всегда происходит через центральный коммутатор (Рис. 7.38).

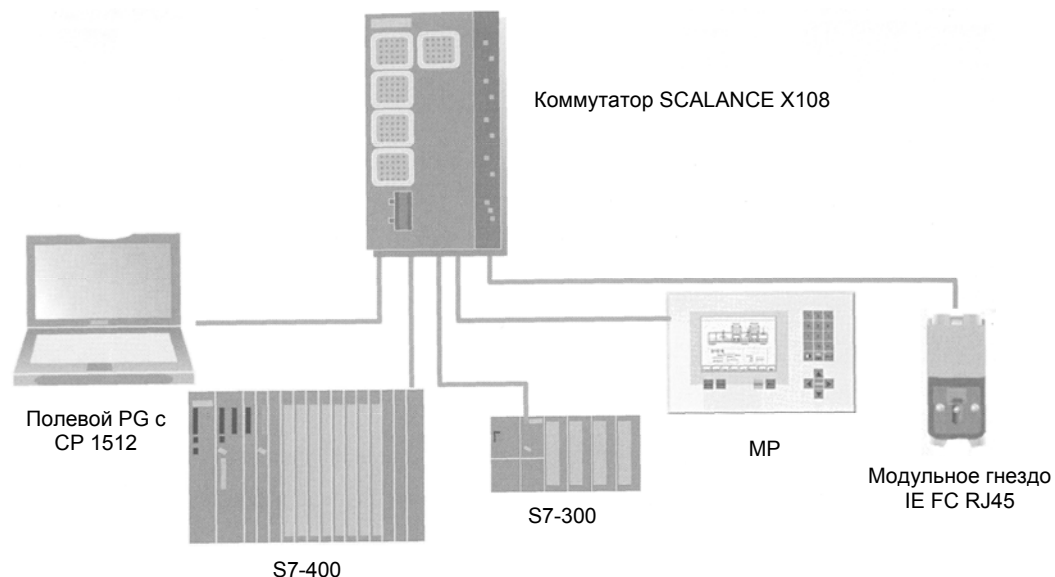


Рис. 7.38 Топология сети типа "звезда" ("star") (на медных кабелях)

Топология сети типа "звезда" ("star") получается при подключении станций к коммутатору. Если в каком-либо Profinet-устройстве, подключенном к коммутатору, происходит отказ, то это не приводит к отказу всей структуры в целом, в отличие от других типов сетей. Только отказ коммутатора приводит к отказу части коммуникационной сети. Глубина каскадирования и общее расширение сети такой структуры ограничивается только требованиями к времени распространения сигнала в коммуникационных соединениях.

Примерами использования сети с топологией типа "звезда" ("star") могут быть организации с высокой плотностью размещения устройств на небольших площадях:

- Мелкие производства
- Отдельные промышленные установки
- Диспетчерские больших предприятий.



Преимущества топологии типа "звезда" ("star") для пользователя:

- малый объем удельных затрат на сетевое оборудование, приходящихся на один порт (одно соединение), благодаря высокой плотности расположения портов;
- гибкость при добавлении / удалении станций;
- простота администрирования, мониторинга и диагностирования сети;
- активные сетевые компоненты концентрируются в одном месте: таким образом проще организовать защиту от агрессивных условий окружающей среды (температура, загрязнения и т.д.).

При этом должны учитываться следующие аспекты:

- высокая стоимость и сложность прокладки сети в случае большой площади установки;
- сниженная надежность из-за централизации узлов.

## 7.6.2 Древоподобная топология сети ("tree")

Топология древоподобной сети или сети типа "дерево" ("tree") образуется при последовательном объединении нескольких сетей с топологией типа "звезда" в единую сеть. В такой сети могут одновременно использоваться соединения, выполненные на симметричных медных кабелях и на оптоволоконных кабелях (Рис. 7.39).

Отдельные части установки (процесса) со связанными функциями являются точками формирования подсетей со структурой "звезда" ("star"). Полученные подсети объединяются вместе посредством соединения их коммутаторов с коммутатором более высокого уровня иерархической системы сети. Функция распределения сигналов работает с некоторой начальной точки. Так как коммутатор передает сообщение с учетом целевого адреса, то сообщение передается в адрес только того коммутатора, который находится по пути к целевой станции. При этом вышестоящие структуры такой сети не используются (и, следовательно, не перегружаются) при выполнении пересылки локальных данных внутри отдельной подсети.

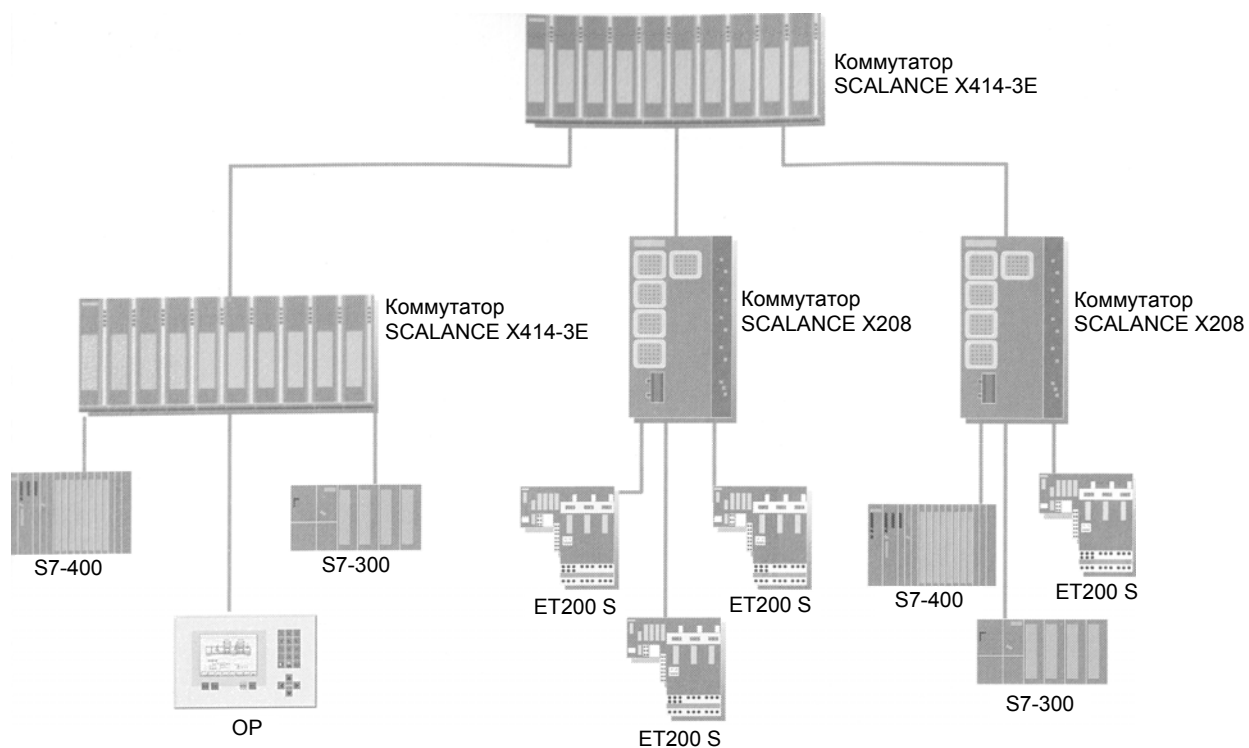


Рис. 7.39 Древоподобная топология сети ("tree"), состоящая из подсетей типа "звезда" ("star") (на медных кабелях)

Древоподобная топология сети ("tree") используется для разделения сложных сетей установки на автономные участки.

Сети с древоподобной топологией обеспечивают следующие преимущества:

- высокая логичность сети при эксплуатации и обслуживании, благодаря тому, что структура коммуникационной сети соответствует структуре установки;
- высокая пропускная способность сети в целом, благодаря тому, что обмен локальными данными не выходит за пределы соответствующих локальных подсетей и тем самым не нагружает сеть в целом;
- высокая безопасность данных, благодаря тому, что обмен локальными данными не выходит за пределы соответствующих локальных подсетей;
- повышенная надежность, независимо от участка установки;
- соединительные кабели в звездообразных подсетях при необходимости могут быть заменены на другие, например, для достижения более удаленных участков.

### 7.6.3 Линейная топология сети ("line")

Очень многие Profibus-приложения в помещениях и в цехах (в полевых условиях) в настоящее время реализуются с использованием "линейной" ("line") топологии. Такие сетевые топологии также работают в Profinet-системах. При этом все коммуникационные станции организуются в линейную структуру. Линейная топология в Profinet выполняется с использованием коммутаторов, которые уже встроены в Profinet-устройства (Рис. 7.40). Следовательно, линейная топология для Profinet - это просто особая форма древовидной топологии ("tree") или топологии типа "звезда" ("star"). Требования к глубине каскадирования в структуре сети и к общему ее расширению ограничиваются только допустимым значением для задержки сигнала (времени прохождения сигнала) в соединениях.

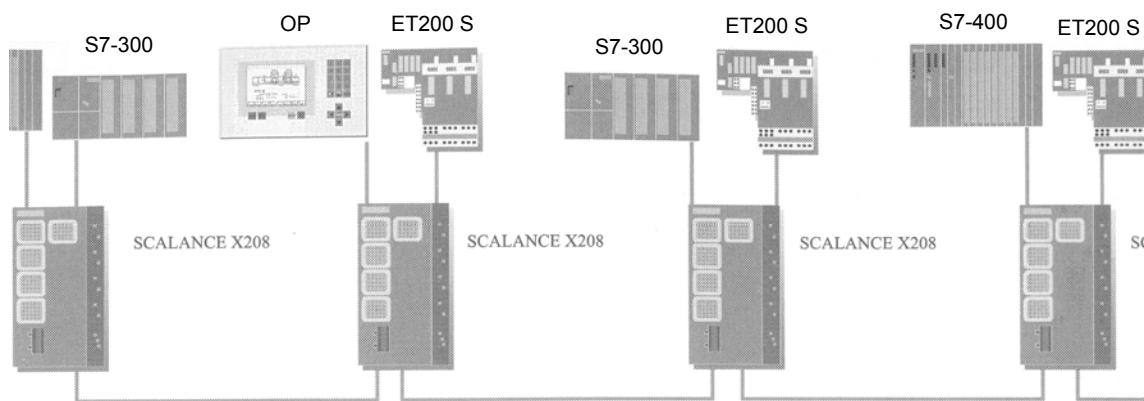


Рис. 7.40 Линейная топология сети, построенной на коммутаторах SCALANCE, со станциями Simatic S7-300/400 и панелью оператора в качестве терминалов данных

Линейная топология сети преимущественно используется:

- в установках с экстенсивной структурой, например, в конвейерных системах, сборочных линиях и т.п.,
- для соединения подсетей производственных помещений (участков).

Линейная топология сети обеспечивает следующие преимущества для пользователя:

- Экономически оптимальная организация сети в экстенсивных установках (процессах).
- Структура сети соответствует структуре полевой шины.
- Активные сетевые компоненты и электронное оборудование размещаются в одних и тех же шкафах управления; это упрощает энергопитание и решение вопросов защиты от вредных условий окружающей среды.
- Процесс организации сети выгоден с точки зрения затрат средств и времени.
- Упрощается процесс замены устройств для обслуживания или ремонта.

При этом необходимо учитывать следующие аспекты:

- В сети с линейной структурой необходимо использовать только компоненты, обладающие минимальными (насколько это возможно) значениями задержки. Задержка времени накапливается при последовательном прохождении пакетом данных сетевых коммутаторов, выстроенных в цепочку.
- Разрыв сети с линейной структурой приводит к образованию двух сегментов сети, функционирующих изолированно друг от друга.
- Линейная ("linear") топология сети может быть организована простым способом - посредством коммутаторов, интегрированных в полевые приборы (например, CP 443-1 Advanced с 4-портовым коммутатором).

#### **7.6.4 Топология сети типа "кольцо" ("ring")**

Если требуется повышенная надежность, то рекомендуется использовать кольцевую ("ring") топологию. В такой структуре все станции соединены друг с другом в кольцо, так что для каждой станции в цепи можно указать предыдущую и последующую. Передаваемая информация пересылается от узла к узлу в фиксированном направлении, при этом сигналы тестируются и усиливаются перед тем, как быть переданными по цепи далее. Кольцевая структура получается путем соединения концов линейной сети (см. рис. 7.41). При этом необходим особый механизм по крайней мере в одном компоненте, для обеспечения в сети с кольцевой топологией (когда физически имеется кольцевая сеть) логики работы линейной сети.

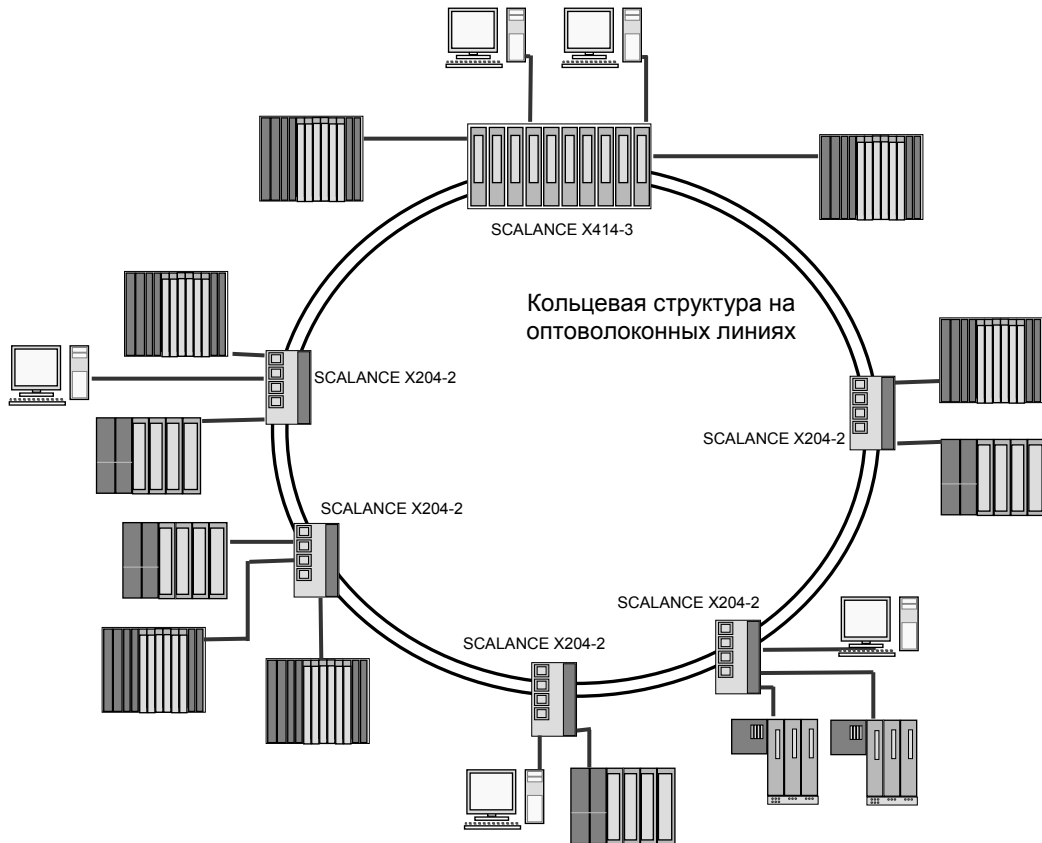


Рис. 7.41 Кольцевая топология сети, построенной на коммутаторах SCALANCE и оптоволоконных кабелях, с менеджером резервирования

Упомянутый механизм работает под управлением менеджера резервирования (RM - **R**edundancy **M**anager) (см. рис. 7.42). В определенном компоненте логическое размыкание кольцевой сети может быть устранено (замкнуто), если в результате аварии (отказа) возникает разрыв сети в другом месте. Так, при разрыве сети менеджеру резервирования требуется до 300 миллисекунд, для того чтобы переконфигурировать сеть для перенаправления передаваемых данных. При этом в данный период IO-контроллер не имеет доступа к IO-устройствам. Сеть с топологией "кольцо" ("ring") используется на производстве при повышенных требованиях к надежности сети.

Преимущества кольцевой топологии для пользователя:

- повышенная надежность сети, благодаря механизму защиты от последствий разрыва сети и отказа отдельных компонентов.

При этом необходимо учитывать следующие аспекты:

- необходимо запрограммировать устранение логического размыкания "кольца" в специальной программе возврата в рабочее состояние в случае аварийного разрыва сети;
- сетевые компоненты должны поддерживать функцию, обеспечивающую в кольцевой сети логику работы линейной сети (логическое размыкание кольцевой сети).

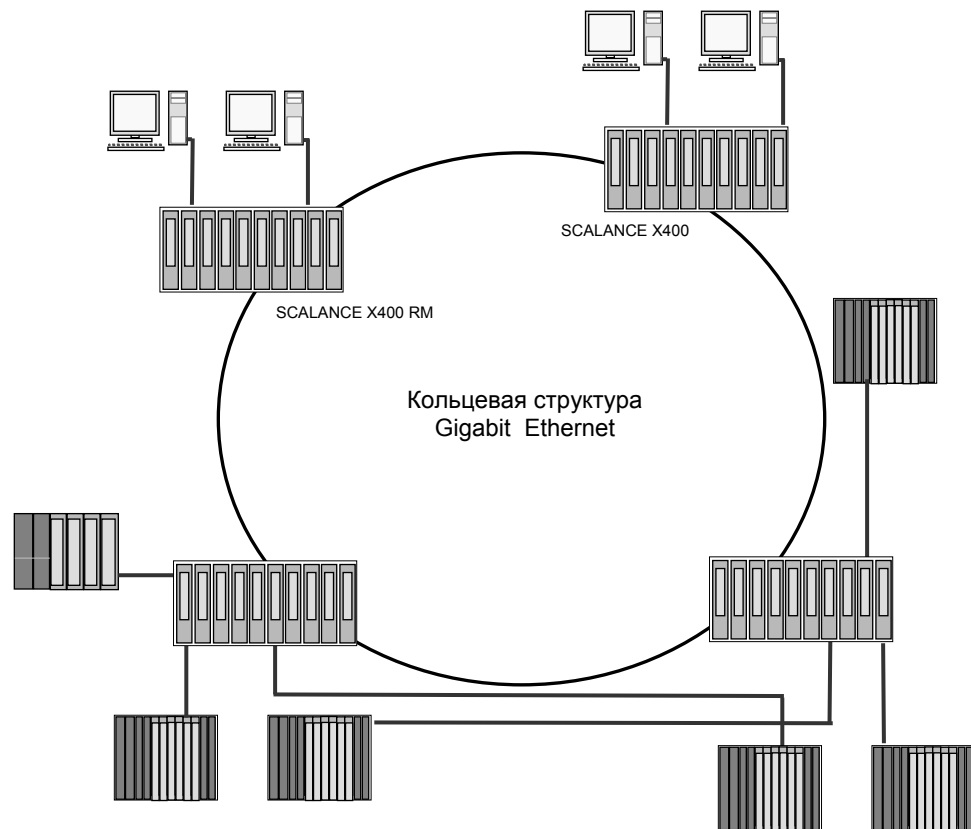


Рис. 7.42 Гигабитная кольцевая сеть на коммутаторах SCALANCE с менеджером резервирования RM

## 7.7 Рекомендации по оптимальной организации сетей Profinet

Ниже рассмотрены рекомендации по установке Profinet-сети. Более подробную информацию Вы можете найти в руководстве по организации сетей для Simatic-систем "Twisted-pair и fiber-optic networks" ["Сети на кабелях типа "витая пара" и оптоволоконных кабелях"]. Также Вы можете обратиться к документу "Profinet installation guidelines from Profibus International" ["Рекомендации Profibus International по установке Profinet-сети"]. Кроме того самую общую информацию Вы можете найти в "Communication with Simatic" ["Коммуникации для Simatic-систем"].

Кроме того при организации сетей необходимо учитывать рекомендации изготовителей по установке соответствующих сетевых устройств и систем, а также руководства по обеспечению безопасности в сетях. Итак, представленные здесь рекомендации по установке Profinet-сети не могут претендовать на абсолютную полноту.

### 7.7.1 Электромагнитная совместимость

Электромагнитная совместимость (EMC - **E**lectromagnetic **C**ompatibility) - это способность электронного оборудования эффективно функционировать в среде с электромагнитными помехами, на которую данное оборудование также оказывает воздействие определенным количеством излучения (стандарт DIN VDE 0870). Взаимное влияние устройств может вызывать соответствующие электрические, магнитные или электромагнитные эффекты. Наводки могут распространяться в виде наведенных токов в проводниках (например, по линиям питания) или в виде электромагнитного излучения. Для того чтобы избежать помех в электрическом оборудовании, паразитные эффекты должны быть ограничены определенными предельными значениями. Ограничительные меры прежде всего включают выполнение требований по компоновке блоков и монтажу проводников установки. Кроме требований по прокладке сетей электропитания, по прокладке сигнальных кабелей и кабелей для транспортировки данных должны быть выполнены требования, касающиеся всех проводящих структур (трубопроводов, металлических балок и т.п.). Если электромагнитной совместимости уделено достаточно внимания на стадии планирования автоматизированной установки, включая подготовку помещений (зданий), то обычно затраты на обеспечение электромагнитной совместимости минимальны. Напротив, мероприятия, вызванные необходимостью модернизации установки обычно очень затратны.

На стадии планирования автоматизированной установки должны учитываться следующие моменты:

- В установках должны быть предусмотрены эквипотенциальные металлические шины, связывающие неактивные металлические компоненты установки и здания, кожухи электрических установок и экраны кабелей для транспортировки данных. При использовании высоких рабочих частот рекомендуется заземлять экраны кабелей на обоих концах. Необходимо отслеживать токи, протекающие по экранам. Если эти токи недопустимо велики, то эквипотенциальные шины должны прокладываться параллельно кабелям для транспортировки данных или же необходимо переходить к использованию оптоволоконных линий передач.
- Благодаря принципам, используемым в оптоволоконных линиях передач, оптоволоконные кабели абсолютно нечувствительны к электромагнитным помехам. Использовать оптоволоконные линии передач рекомендуется для прокладки шин при критических с точки зрения электромагнитных помех условиях на производственной площадке, а также для прокладки линий между зданиями и/или установками (оборудованием), расположенными на внешних площадках!
- Установки и здания должны обеспечиваться электропитанием от распределительных систем "с занулением" заземляющего проводника (например, как в TN-S -системах).
- Шинная система Profinet должна содержать только компоненты и кабели для передачи данных, которые поддерживают концепцию экранирования без разрывов экранирующих проводников.
- Наведенные шумы будут сведены к минимуму при должном взаимном пространственном размещении устройств и кабелей.
- Всегда необходимо учитывать рекомендации производителей по установке используемых компонентов. Все предельные значения, гарантируемые производителями, для электромагнитного излучения и эмиссии будут выдерживаться только при строгом соблюдении правил установки компонентов.
- При наличии источников электромагнитных помех с чрезвычайно высокими уровнями помехи требуется выполнить специальные меры для их подавления.
- При наличии взаимно исключаящих требований при проведении мероприятий по выполнению требований по электробезопасности и по электромагнитной совместимости (ЭМС [EMC]), необходимо иметь в виду, что требования директив по электробезопасности имеют приоритет над правилами по обеспечению электромагнитной совместимости.



## 7.7.2 Рекомендации по установке электрических и оптических линий передачи данных

При прокладке линий передачи необходимо помнить, что линии передачи могут выдержать ограниченную механическую нагрузку. В частности кабели могут быть повреждены или разорваны при чрезмерном натяжении, сдавливании, перекручивании или изгибании. Кабели, которые были подвергнуты чрезмерным (одному или нескольким из выше перечисленных) механическим воздействиям обязательно должны быть заменены.

При прокладке кабелей для того, чтобы избежать их повреждения, необходимо помнить следующее:

- **Прокладывайте отдельно кабели для транспортировки данных:** вместе с выполнением мер по улучшению электромагнитной совместимости рекомендуется проводить кабели для транспортировки данных в отдельном кабельном канале. Если для прокладки доступен только один канал, то кабели должны быть сгруппированы в отдельные жгуты. Такой способ прокладки кабелей обеспечивает следующие преимущества:
  - улучшение электромагнитной совместимости;
  - повышение защищенности от непосредственных механических повреждений, например, при последующем протягивании силовых кабелей через этот же канал;
  - упрощение поиска повреждений.
- **Защищайте кабели для транспортировки данных от механических повреждений:** На выступающих частях зданий и машин и вблизи транспортных путей и оград рекомендуется прокладывать кабели в полностью закрытых алюминиевых или стальных кабельных туннелях.
- **Используйте отдельные маршруты для прокладки резервных кабелей для транспортировки данных:** Резервные кабели для транспортировки данных всегда должны быть проложены по отдельным от основных кабелей маршрутам, чтобы исключить одновременное повреждение основных и запасных коммуникационных линий.
- **Меры предосторожности при транспортировке и хранении:** Во время хранения, транспортировки и прокладки несобранные кабели должны храниться с плотно закрытыми концами для предотвращения окисления их проводников и накопления влаги внутри кабеля.
- **Температура окружающей среды:** При транспортировке, прокладке и эксплуатации кабелей не должны нарушаться максимальный и минимальный температурные режимы. Иначе возможно изменение электрических и механических свойств кабеля. Данные по допустимому диапазону температур для кабеля может быть найден в технической спецификации, выпущенной для него производителем.

- **Устойчивость к растяжению:** Силы растяжения, действующие на кабель, не должны превышать максимально допустимого значения при прокладке (например, при вытяжке из барабана). Данные по допустимому усилию растяжения для кабеля могут быть найдены в технической спецификации, выпущенной для него производителем.
- **Обеспечение рельефа деформации:** Закрепление кабеля для обеспечения рельефа деформации приблизительно в 1 м от точки подключения. Подключение экрана недостаточно для обеспечения рельефа деформации!
- **Нагрузка давления:** Избегайте избыточного сдавливания кабеля, например, из-за неправильно выбранной длины.
- **Скручивание:** Силы скручивания, действующие на кабель, могут привести к сдвигу отдельных подключений. Кабели не должны быть перекручены, если это не предусмотрено конструкцией (например, в роботах).
- **Радиус изгиба:** Минимальный радиус изгиба кабеля никогда не должен нарушаться. Иначе может произойти снижение передаточных свойств кабеля или его механических свойств. Необходимо заметить, что допустимый радиус изгиба кабеля под механической нагрузкой больше, чем допустимый радиус изгиба в стационарных условиях, и что для плоских кабелей этот радиус отсчитывается по нормали к плоскости, в которой лежат проводники! Допустимый радиус изгиба в плоскости проводников плоского кабеля значительно больше! Данные по допустимому радиусу изгиба кабеля могут быть найдены в технической спецификации, выпущенной для него производителем.
- **Не допускайте возникновения петель:** Не раскручивайте кабель тангенциально из барабана или используйте специальные вращающиеся столы, чтобы избежать образования петель, заломов или скручивания кабеля. При прокладке кабели не должны иметь неоднородностей.
- **Последующая установка:** При планировании прокладки кабелей для транспортировки данных необходимо предусмотреть, чтобы кабели не подвергались чрезмерному растяжению или сжатию, например, в общем кабельном канале или в стойке при прокладке рядом с другими, ранее проложенными кабелями (при этом необходимо учитывать требования электробезопасности), а также при последующей прокладке новых дополнительных кабелей для расширения сети или новых кабелей с целью ремонта соединений.

При прокладке оптоволоконных кабелей необходимо учитывать следующие рекомендации:

- **Опасности при использовании оптоволоконных кабелей:** Отходы, образовавшиеся при разделке оптоволоконных кабелей, должны быть аккуратно собраны в соответствующие контейнеры (обрезки нельзя собирать руками) и утилизированы с помощью специального оборудования. Необходимо беречь кожу и глаза от разделанных концов

оптоволоконных кабелей. Если Вы не уверены, что питание источников сигналов отключено в соответствии с требованиями стандарта EN 60825, не смотрите прямо в открытые концы световодов. Шкафы, содержащие точки подключения для оптоволоконных кабелей, должны быть маркированы соответствующими предупреждающими знаками или табличками с текстом предупреждения.

- **Защита коннекторов от загрязнения:** Оптоволоконные коннекторы чувствительны к загрязнению. Неподключенные вилки и розетки разъемов всегда должны быть закрыты защитными крышками (колпачками).
- **Изменение затухания под нагрузкой:** При прокладке оптоволоконные кабели не должны перекручиваться, растягиваться или сдавливаться. На все внешние воздействия существуют допуски - на усилие растяжения, радиус изгиба, рабочий диапазон температур, которые должны учитываться при прокладке и эксплуатации кабеля. Значения затухания для сигнала в кабеле могут незначительно изменяться во время прокладки кабеля, но эти отклонения обратимы после снятия нагрузки, если нагрузка не превышала допустимых уровней.
- **Обеспечение рельефа деформации:** Даже если кабели защищены от изгибания и образования петель, рекомендуется защитить кабель от механического сдавливания с использованием дополнительного рельефа изгиба как можно ближе к подключаемому устройству.
- **Планирование запаса по затуханию:** При прокладке кабелей на большие расстояния рекомендуется предусмотреть одно или несколько соединений для резервирования.
- **Электромагнитная совместимость:** Оптические кабели нечувствительны к электромагнитным помехам. Следовательно, оптоволоконные кабели могут прокладываться вместе с другими кабелями (например, с фидерными линиями на 230 В / 400 В) в одном кабельном канале. Тем не менее, при прокладке в одном кабельном канале кабелей коммуникационной сети и кабелей питания необходимо обеспечить, чтобы физические нагрузки на оптоволоконные кабели не превышали допустимых значений.
- **Коннекторы-вилки для оптоволоконных кабелей:** коннекторы-вилки для стеклянных оптоволоконных кабелей должны монтироваться на кабелях специально обученным персоналом с использованием специальных инструментов. Правильная сборка соединительных оптоволоконных кабелей обеспечивает очень малые переходные потери (переходное затухание) в разьеме, а также высокую степень повторяемости значения переходного затухания даже после нескольких циклов подключения / отключения соединительного оптоволоконного кабеля.

### 7.7.3 Общие правила для организации сетей Profinet

Сети Profinet поддерживают скоростные и стандартные коммуникации. Пропускная способность сети может быть гарантирована и даже увеличена при соблюдении следующих ниже рекомендаций.

1. Подключите маршрутизатор или коммутатор SCALANCE S между офисной сетью и сетевой системой Profinet. С помощью маршрутизатора Вы можете точно определить, кто имеет доступ к Вашей сети Profinet.
2. Никогда не используйте концентраторы (хабы) или мосты в Profinet. Применяйте только коммутаторы, которые полностью поддерживают стандарт Profinet.
3. Используйте только кабели типа "витая пара" (100Base-TX) для обеспечения скорости передачи 100 Мбит/с (Fast Ethernet). Передаточные характеристики данного кабеля в соответствии со стандартом ISO/IEC 11801 должны отвечать требованиям категории 5 (CAT 5) при скорости передачи 100 Мбит/с.
4. При необходимости организуйте для Вашей Profinet-системы топологию типа "звезда" ("star") (например, в шкафу управления).
5. Применяйте минимально возможную глубину каскадного включения коммутаторов. Это дополнительно увеличит прозрачность Вашей Profinet-системы.
6. Подключайте программатор (PG) к сети как можно ближе к коммуникационному партнеру (например, подключите PG к тому коммутатору, к которому подключен его коммуникационный партнер).
7. Используйте в качестве компонентов установки только те изделия, которые сертифицированы организацией PNO. Сертификат PNO подтверждает, что рабочие параметры изделия в Вашей установке будут соответствовать стандартам. В том числе такой сертификат подтверждает соответствие требованиям по электромагнитной совместимости.
8. Будьте очень аккуратны в процессе конфигурирования, планирования и отладки установки! Оптимизация конфигурации может быть выполнена на ранних стадиях проектирования, что обеспечит снижение затрат и сократит вероятность ошибок.
9. Обучайте персонал и повышайте его квалификацию: инженеры-проектировщики, инженеры-наладчики и сервисные инженеры должны всегда быть в курсе последних технологий и достижений в технике Profinet.
10. Всегда учитывайте рабочие инструкции и руководства по установке устройств от производителя. Кроме того, всегда выполняйте необходимые мероприятия в соответствии с требованиями техники безопасности.

### 7.7.4 Краткий перечень основных стандартов и директив для организации сетей Profinet

Система передачи данных Profinet базируется на следующих международных стандартах:

- ISO/IEC 8802-3:2000: Information technology - Telecommunications and Information Exchange between systems - Local и metropolitan area networks - Specific requirements - Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method и physical layer specifications.

[Информационные технологии. Телекоммуникации и информационный обмен между системами. Локальные и центральные сети. Специальные требования. Часть 3: Метод множественного доступа с контролем несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD) и спецификации физического уровня]

- ISO/IEC 9314-3:1990: Information processing systems - Fiber Distributed Data Interface (FDDI) - Part 3: Physical Layer Medium Dependent (PMD).

[Системы обработки информации. Распределенный интерфейс передачи данных по волоконно-оптическим каналам (FDDI). Часть 3: Подуровень физического уровня, зависящий от среды передачи данных (PMD)].

- ISO/IEC 9314-4:1999: Information technology - Fiber distributed data interface (FDDI) - Part 4: Single-mode fibre physical layer medium dependent (SMF-PMD).

[Информационные технологии. Распределенный интерфейс передачи данных по волоконно-оптическому кабелю. Часть 4. Одномодовый волоконно-оптический кабель - зависящий от среды физический уровень].

Кабельные структуры Profinet базируются на следующих стандартах: ISO/IEC 11801: Edition 2.0, Information technology - Cabling systems for customer premises. [ISO/IEC 11801: выпуск 2.0, Информационные технологии. Структурированная кабельная система для помещений заказчиков]

Компоненты для симметричных медных кабелей основаны на следующих стандартах:

- IEC 61156-2 Edition 2.0: Multicore и symmetrical pair/quad cables for digital communications - Part 2: Horizontal floor wiring - Sectional specification.

[IEC 61156-2 Выпуск 2.0: Кабели многожильные и симметричные парной/четверной скрутки для цифровой передачи. Часть 2: Прокладка горизонтальных подсистем кабельной сети. Групповые технические условия]

- IEC 61156-3 Edition 2.0: Multicore и symmetrical pair/quad cables for digital communications - Part 3: Work area wiring; Sectional specification.

[IEC 61156-3 Выпуск 2.0: Кабели многожильные и симметричные парной/четверной скрутки для цифровой передачи. Часть 3: Подводка к терминальным устройствам. Групповые технические условия]

Компоненты для оптоволоконных кабелей основаны на следующих стандартах:

- IEC 60793: Optical fibres  
[IEC 60793: Волокна оптические]
- IEC 60794: Optical fibre cables  
[IEC 60793: Кабели волоконно-оптические]
- IEC 60874-14:1993, Connectors for optical fibres и cables - Part 14: Sectional specification for fibre optic connector - Type SC  
[IEC 60874-14:1993, Соединители для оптических волокон и кабелей. Часть 14: Групповые технические условия на волоконно-оптический соединитель. Тип SC.]
- IEC 60874-10:1992: Connectors for optical fibres и cables - Part 10: Sectional specification for fibre optic connector - Type BFOC/2,5  
[IEC 60874-10:1992: Соединители для оптических волокон и кабелей. Часть 10: Групповые технические условия. Волоконно-оптический соединитель. Тип BFOC/2, 5.]

Проектирование и установка кабельных систем Profinet в соответствии с европейскими стандартами EN 50174:

- EN 50174-1 Informationstechnik - Installation von Kommunikationsverkabelung Teil 1: Spezifikation und Qualitätssicherung  
[EN 50174-1 Информационные технологии - проводка кабелей. Часть 1. Технические условия и обеспечение качества]
- EN 50174-2 Informationstechnik - Installation von Kommunikationsverkabelung Teil 2: Installationsplanung und Installationspraktiken in Gebäuden  
[EN 50174-2 Информационные технологии - Кабельный монтаж. Часть 2. Планирование монтажа и практика внутри зданий]
- EN 50174-3 Informationstechnik - Installation von Kommunikationsverkabelung Teil 3: Installationsplanung und - praktiken im Freien  
[EN 50174-3 Информационные технологии - Монтаж кабельной системы. Часть 3: Проектирование и монтаж за пределами зданий]

При интеграции экранированных, симметричных, медных кабелей в кабельную систему Profinet с учетом общей концепции экранирования, выравнивания потенциалов и заземления в зданиях, необходимо учитывать требования следующих стандартов:

- EN 50310 Anwendung von Maßnahmen für Erdung und Potenzialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik  
[EN 50310 Уравнивание потенциалов и заземление в зданиях, оборудованных информационными технологиями]

При решении задач по защите от электромагнитного излучения и экранированию необходимо учитывать требования следующих международных стандартов:

- IEC 61000-6-2:1999 Elektromagnetische Vertraglichkeit (EMV) - Teil 6-2: Fachgrund-normen - Storfestigkeit fur Industriebereich  
[IEC 61000-6-2:1999 Электромагнитная совместимость. Часть 6-2. Общие стандарты. Невосприимчивость к промышленной окружающей среде]
- IEC 61000-6-4:1997 Elektromagnetische Vertraglichkeit (EMV) - Teil 6-4: Fachgrund-normen - Storaussendung fur Industriebereich  
[IEC 61000-6-4:1997 Электромагнитная совместимость. Часть 6. Общие стандарты. Раздел 4. Стандарт на излучение для окружающей среды промышленных предприятий.]
- IEC 61131-2 Speicherprogrammierbare Steuerungen - Teil 2: Betriebsmittelanforderungen und Priifungen  
[IEC 61131-2 Микроконтроллеры программируемые. Часть 2: Требования к оборудованию и испытания]





## 8 Безопасность в системе Profinet

Современная технология систем автоматизации развивается на основе коммуникационных систем и все более расширяющегося использования сетей на отдельных производственных участках. В настоящее время различные промышленные приложения управляются с помощью стандартных систем полевой шины, которые разрабатываются в соответствии со специальными требованиями. Тем не менее, тенденция развития направлена на еще большую интеграцию всех производственных компонентов со стандартными сетями офисного сектора или корпоративными сетями компании. Применение удаленного доступа в целях обслуживания компонентов системы и процесса с использованием таких IT-механизмов как Web-сервер, E-mail для PLC, а также использование беспроводных локальных сетей (wireless LAN) в области промышленных коммуникаций также развиваются с невероятной скоростью. Более низкие цены, более высокая пропускная способность и компоненты, разработанные в соответствии с требованиями производства, все больше и больше заставляют использовать Ethernet в качестве универсальной открытой системы для промышленного сектора.

Промышленные коммуникации становятся частью IT-мира, при этом они также начинают подвергаться тем же опасностям, какие давно известны в офисном секторе и в глобальных сетях, а именно атакам хакеров и внедрению вредоносного программного обеспечения, которое разрушает данные, выполняет шпионские функции или мешает коммуникационному обмену, перегружая сети. Кроме того, новые потенциальные опасности влечет за собой применение приложений, отвечающих стандартам открытости, что облегчает выполнение атак по причине открытости протоколов и простоты обнаружения слабых мест в системах.

Унификация при организации сетей дает много преимуществ, обеспечивая, например, доступ к данным и к устройствам с рабочих станций или из центральной диспетчерской. В то же время такой подход к построению сетей также увеличивает возможность возникновения ошибок, так как при этом устройства идентифицируются исключительно по их IP-адресу без какого-либо визуального контакта с ними. Поэтому, даже просто неаккуратное введение IP-адреса может привести к неприемлемым проблемам при отсутствии необходимых мер безопасности.

Возможные последствия наличия "слабых мест" в системах безопасности сетей автоматизированного производства оцениваются как значительно более серьезные, чем в сетях офисного сектора, так как даже очень короткие перерывы в нормальном функционировании такой сети могут привести к срывам производственного процесса или могут вызвать чрезвычайно серьезные аварии. Поэтому существенно необходимым условием нормального функционирования сети и системы управления в целом является обеспечение соответствующих мер безопасности требуемого уровня.

Тем не менее, существующие концепции безопасности были разработаны для применения в офисном секторе. Они не отвечают жестким требованиям для систем автоматизированного управления производством. Поэтому при переносе существующих концепций безопасности в среду промышленного производства могут возникнуть соответствующие проблемы, если не будут учитываться следующие необходимые условия:

- поддержка системы безопасности системы автоматизированного управления производством требует постоянного обновления и соответствующего уровня компетентности;
- при интеграции системы безопасности в существующие вычислительные и коммуникационные сети топологии сетей не должны изменяться, и станции не должны переконфигурироваться;
- структура специальных протоколов системы автоматизированного управления производством не рассматривается, в частности протоколов уровня 2.

Следовательно, требуется такая концепция безопасности, которая будет, с одной стороны, надежно защищать промышленные коммуникации, а с другой стороны, учитывать специальные требования системы автоматизированного управления производством.

## Модули безопасности SCALANCE S

Фирма Siemens разработала концепцию безопасности, которая требует использования специальных модулей безопасности. Данная концепция удовлетворяет выше перечисленным требованиям и в то же время учитывает все возрастающие требования к безопасности сетей. Модули безопасности серии SCALANCE S были специально разработаны для использования в автоматизированных системах, но, тем не менее, могут безо всяких проблем встраиваться в системы безопасности офисного сектора и IT-сети. Модули SCALANCE S обеспечивают решение вопросов безопасности и в то же время поддерживают выполнение всех требований, предъявляемых к автоматизированной системе, таких, например, как простота модернизации установки, простота инсталляции и минимальные потери времени на восстановление системы в случае ее отказа. Благодаря комбинации различных мер безопасности, таких как функция файрвола и поддержка VPN (VPN - **V**irtual **P**riate **N**etwork - виртуальная частная сеть) посредством IPsec-туннеля, модули SCALANCE S обеспечивают защиту отдельных устройств или даже целых автоматизированных участков против:

- утечки данных (шпионажа);
- несанкционированной манипуляции данными со стороны;
- несанкционированного доступа в систему;
- попыток автоматического проникновения в систему.

Модули SCALANCE S обеспечивают выше рассмотренные виды защиты, независимо от протокола (уровня 2 или выше в соответствии со стандартом IEEE 802.3) и без усложнения управления. Защита обеспечивается для любых существующих сетей без необходимости изменения топологии сетей и переконфигурирования станций. SCALANCE S разделяет сети на две области (см. рис. 8.1):

- Защищенная область с "внутренними узлами" ("internal nodes"): внутренние узлы - это те узлы, для которых выполняется защита модулем SCALANCE S.
- Незащищенная область с "внешними узлами" ("external nodes"): внешние узлы - это те узлы, которые находятся за пределами защищаемой области.

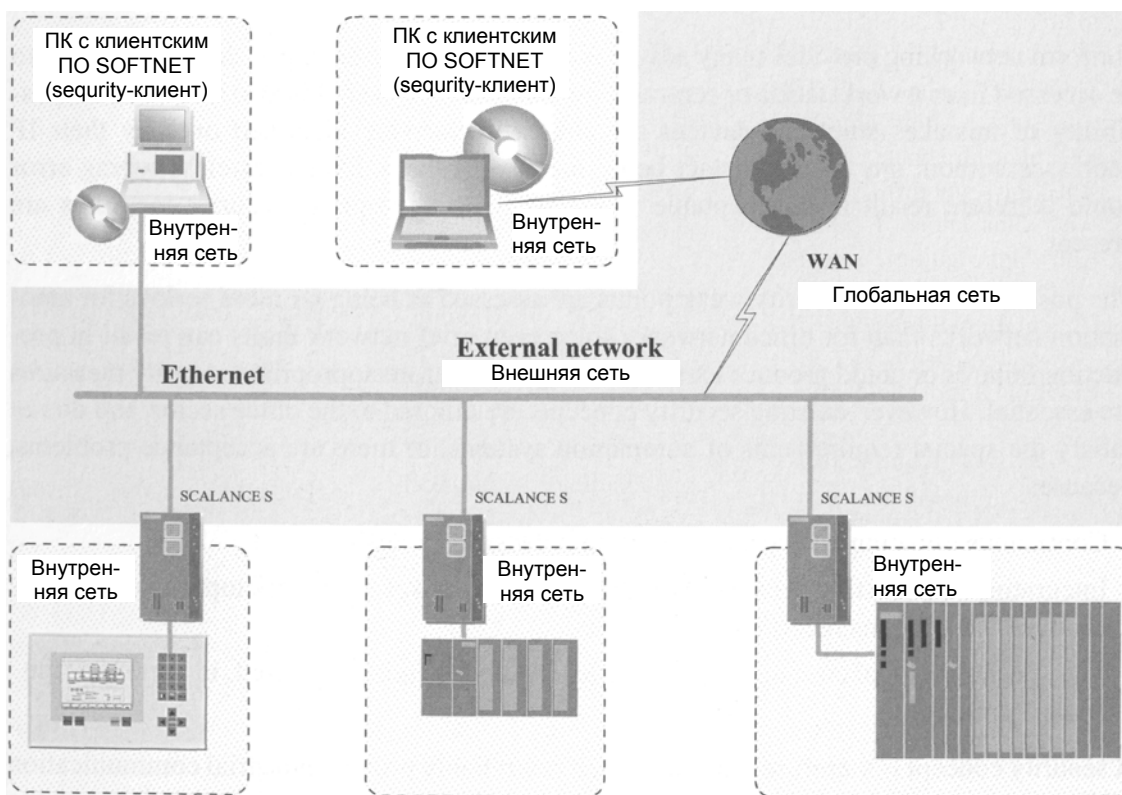


Рис. 8.1 SCALANCE S разделяет сети на две области: внутреннюю сеть (или сеть с "внутренними узлами") и внешнюю сеть (или сеть с "внешними узлами")

Внутренние сети рассматриваются как безопасные (заслуживающие доверия). Внутренние сети могут поддерживать коммуникационные связи друг с другом, как заслуживающие доверия. При этом подключение сегментов внутренних сетей к сегментам внешних сетей может выполняться только через модули SCALANCE S. Другие небезопасные связи между внутренними и внешними сетями не должны иметь место!

Модули безопасности SCALANCE S доступны как сетевые компоненты, имеющие прочную конструкцию, предназначенную для использования в условиях производства, и имеющие также соответствующее программное обеспечение. Данные модули могут подключаться последовательно, так как в отличие от маршрутизаторов они работают как "прозрачные" проху-устройства. Такая концепция имеет следующие преимущества:

- Поддерживается защита узлов, не имеющих собственных защитных функций. Такая поддержка имеет все возрастающее важное значение, так как многие устройства автоматизированной системы не оборудованы встроенными защитными функциями и не могут быть модернизированы с целью обеспечения встроенными защитными функциями (по техническим

или экономическим причинам). Поэтому существующая инфраструктура сети с помощью SCALANCE S может быть защищена без переделки.

- Поддерживается защита против неправильного управления, против утечки данных (в целях шпионажа), против несанкционированного манипулирования данными, против перегрузки коммуникационной системы, против взаимных помех, против несанкционированного доступа, против попыток автоматического проникновения в систему и против ошибочной адресации в процессе мониторинга сети.
- Поддерживается дружественная по отношению к пользователю, простая и понятная техника конфигурирования и администрирования системы IT-безопасности, не требующая специальной подготовки. Модуль SCALANCE S настраивается с использованием специального инструмента конфигурирования системы безопасности (security configuration tool). Эта утилита обеспечивает простое управление с минимальным объемом конфигурирования без требования специальных знаний по IT-безопасности.

Следовательно, данная система защиты без обратной связи и не зависящая от используемого протокола, обеспечивается для любых существующих сетей без необходимости изменения их топологии и переконфигурирования станций и узлов и, кроме того, обладает достаточной гибкостью.

При разработке инструментов для конфигурирования модулей безопасности особое внимание было уделено тому, чтобы при отладке и обслуживании не требовалось знание механизмов безопасности.

При конфигурировании модули безопасности, имеющиеся в сети, назначаются в определенные группы. В результате только находящиеся в одной группе модули безопасности или устройства, защищаемые ими, могут обмениваться информацией друг с другом. Модули безопасности могут назначаться в разные группы. Затем создаются соответствующие файлы конфигурации, которые загружаются инженером-наладчиком в модули безопасности через закрытый канал (secure channel). В дополнение к этим минимальным средствам конфигурирования при необходимости также могут использоваться расширенные функции настройки, например, для фаервола. После этого можно дифференцировать права доступа и возможности, в том числе, для включения и отключения определенных служб. Так, например, можно разрешать доступ пользователям к Web-серверам посредством HTTP-протокола, но запретить передачу или удаление файлов с помощью FTP-протокола. Кроме того, с помощью фаервола можно контролировать передачу данных из внутренних сетей во внешние сети, и, при необходимости, ограничивать эту передачу.

В дополнение к этому, модули безопасности поддерживают так называемый режим обучения (learning process). Благодаря этому модули безопасности автоматически распознают каждую станцию во внутренней сети, что делает необязательным конфигурирование этих станций. Кроме того, модули безопасности автоматически распознают другие модули безопасности в сети,

что делает необязательным конфигурирование имеющихся модулей безопасности при расширении системы.

Различные функции безопасности могут использоваться одновременно, в зависимости от требований, предъявляемых к системе безопасности установки (процесса), чтобы защитить отдельные устройства, а также целые производственные участки:

- Файрвол (Firewall): IP-файрвол с контролем отправляемых пакетов, а также файрвол для Ethernet-пакетов "Non-IP" в соответствии со стандартом IEEE 802.3 (пакеты уровня 2). Все сетевые узлы, имеющиеся во внутреннем сегменте сети модуля безопасности SCALANCE S, защищены этим файрволом.
- Закрытые коммуникации посредством IPsec-туннеля (IPsec tunnel) (VPN - **Virtual Private Network** - виртуальная частная сеть): Модули SCALANCE S могут объединяться в группы при конфигурировании. IPsec-туннели (IPsec tunnel) устанавливаются между всеми модулями SCALANCE S группы. Все внутренние узлы для этих модулей SCALANCE S могут обмениваться данными друг с другом по закрытому каналу - туннелю. Возможность использования туннеля распространяется также на Ethernet-пакеты в соответствии со стандартом IEEE 802.3 (пакеты уровня 2). IP-пакеты и "не-IP"-пакеты могут передаваться по таким туннелям. Защита коммуникаций зависит от используемого протокола (Profinet, Ethernet/IP, MODBUS TCP и т.д.).
- Защита для устройств и сетевых сегментов: файрвол и VPN могут защищать работу отдельных устройств, групп устройств, а также целых сегментов сети.

Использование стандартных механизмов безопасности всегда связано с определенными потерями производительности сети, так как пакеты данных должны проверяться с использованием таблиц фильтра или процесса шифрования / дешифрования. Такая система несовместима с некоторыми приложениями реального времени. Тем не менее, путем разбиения сети на безопасные и стандартные (небезопасные) сегменты можно включать приложения реального времени во внутренние сети независимыми от модуля безопасности, когда на безопасность трафика внутренних данных это не влияет. Даже отказ внешней сети не сказывается на трафике данных во внутренней сети, например, на автоматизированном участке.

В дополнение к модулям безопасности имеется несколько вариантов программного обеспечения для системы безопасности. Один из вариантов - это клиентский программный модуль, обеспечивающий доступ к устройствам, защищенным посредством модулей безопасности (security module), для стационарных и мобильных ПК или мобильных программаторов. Другое ПО обеспечивает защиту промышленных ПК или серверов, обладая теми же функциями безопасности, что и модули безопасности. Таким образом, компьютеры системы автоматического управления, обеспечивающие связь между различными сетями, могут разделять сети с разным уровнем защиты.

## Функции защиты модулей безопасности (Security Modules)

Функции защиты модулей безопасности (security module) в основном основываются на двух механизмах:

- установку виртуальной частной сети (VPN) и
- установку файрвола, обеспечивающего фильтрацию пакетов данных (packet filter firewall).

Для лучшего понимания эти два механизма кратко рассмотрены в следующих ниже разделах.

### VPN

Если необходимо обеспечить коммуникационный обмен данными между двумя станциями без несанкционированного пассивного перехвата информации, то рекомендуется использовать виртуальную частную сеть VPN (VPN - **V**irtual **P**riate **N**etwork) с использованием специального протокола обеспечения безопасности IPSec (Internet protocol security). Виртуальная частная сеть VPN понимается как закрытая коммуникационная структура, установленная в общей IP-сети (например, Интернет) с использованием каналов с шифрованием данных. VPN-технология формирует виртуальную сеть над существующей сетью как дополнительный уровень.

Для этого VPN-технология предусматривает создание виртуального туннеля между станциями, которые обмениваются данными. Данная процедура означает, что используемые сетевые протоколы в отдельных точках нерелевантны. Чтобы гарантировать безопасность данных при передаче через Интернет, данные должны быть зашифрованы перед посылкой, и, соответственно, должны быть расшифрованы на принимающей стороне. На двух концах такого туннеля могут быть как отдельные станции, так и целые локальные сети. На концах туннеля должны быть установлены VPN-шлюзы (см. рис. 8.2). Такие VPN-шлюзы выполняют шифрование передаваемых данных на уровне протокола (protocol layer) с использованием так называемых протоколов туннелирования (tunneling protocols) для обеспечения защиты данных от несанкционированного доступа к ним с целью шпионажа или манипулирования. IPsec-туннель (IPsec tunnel) - это сетевая технология, которая все больше и больше применяется, благодаря ее высокой гибкости, а также использованию проверенных систем безопасности.

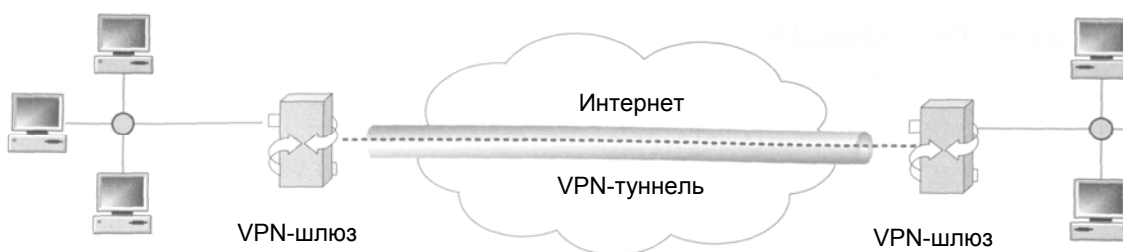


Рис. 8.2 Две точки Интернет-сети безопасно связаны между собой с использованием VPN-шлюзов. Для коммуникационной связи между ними используется шифрование данных.

Протокол IPsec включает в себя четыре важнейшие функции безопасности:

- Шифрование - для защиты от несанкционированного мониторинга данных.
- Аутентификация сообщений - для защиты от изменения пакетов данных (контроль целостности пакетов данных).
- Аутентификация источника данных - обеспечение точного установления источника / приемника данных (аутентификация пакетов данных).
- Распределение криптографических ключей (Key management).

Так как IP-адреса могут быть фальсифицированы (IP-спуфинг), простая проверка IP-адреса станции не является достаточной мерой. К тому же IP-адреса для станций могут изменяться. Это значит, что требуются VPN-механизмы для взаимной аутентификации в целях обеспечения безопасности. Общий метод аутентификации определяется внутри группы (VPN). Модуль SCALANCE поддерживает следующие методы аутентификации на базе шифрования или сертификации:

- Метод шифрования с заранее известным ключом (Preshared keys): данный метод основан на "симметричной" обработке ключа (symmetrical key procedure). Ключ должен быть известен обоим коммуникационным партнерам. Этот ключ автоматически генерируется при создании группы.
- Метод шифрования с сертификатом (Certificate): аутентификация, основанная на использовании сертификатов, - это опция включена по умолчанию (в том числе в стандартном режиме). При применении этого метода используется следующая процедура: во время создания группы автоматически генерируется групповой сертификат (CA certificate). Каждый модуль SCALANCE S в группе обеспечивается сертификатом, назначенным для данной группы. Все сертификаты основываются на стандарте ITU X.509v3 (ITU - International Telecommunications Union - Международный союз электросвязи, МСЭ). Данные сертификаты могут генерироваться центром сертификации, включенным в инструмент конфигурирования системы безопасности (security configuration tool).



В результате применения методов шифрования и аутентификации данных, которые передаются по коммуникационному туннелю между станциями, гарантируется безопасность. Обмен данными с использованием IPsec-туннеля в VPN-сети между устройствами имеет следующие особенности:

- Невозможность мониторинга данных, передаваемых по туннелю.
- Невозможность фальсификации данных, передаваемых по туннелю.
- "Старые" последовательности данных не могут быть переданы снова.
- Только станции, прошедшие аутентификацию и авторизацию, могут участвовать в обмене данными друг с другом.

Программные модули безопасности (software security module) также поддерживают VPN-технологии. В простейшем случае программный модуль безопасности используется только как VPN-клиент, обеспечивающий доступ к устройствам, защищенным сетевыми модулями безопасности (network security modules), с персонального компьютера или ноутбука. Как серверное приложение программный модуль безопасности может обеспечить защиту компьютеров, промышленных ПК или серверов данных или сервисов с помощью VPN.

## **Файрвол, обеспечивающий фильтрацию пакетов данных (Packet Filter Firewall)**

Функция файрвола модулей SCALANCE S заключается в защите внутренних сетей против влияния или помех со стороны внешних сетей. Это означает, что только отдельные, заранее определенные коммуникационные связи могут быть разрешены между узлами внутренней сети и узлами внешней сети.

Файрвол - это система, которая защищает отдельные станции и целые компьютерные сети от атак из внешней сети. Файрвол ограничивает коммуникации между внутренней сетью и внешней сетью.

Чтобы понять его функции, уместно представить файрвол в виде рва с водой вокруг крепости (в данном случае - сети, станции или PLC). Для того чтобы попасть в крепость, необходимо или пересечь ров с водой и стены, или воспользоваться подъемным мостом. В данном контексте файрвол имеет несколько функций:

- В крепость можно попасть только через бдительно контролируемый проход (мост с одним или двумя контрольными пунктами - снаружи перед рвом и внутри в воротах крепости).
- Атакующие не могут подойти слишком близко к защитным элементам (в данном случае - к стенам крепости).
- Файрвол также гарантирует наличие только одного выхода из крепости.

Файрволы или пакетные фильтры могут блокировать "лишние" связи путем фильтрации IP-пакетов в соответствии с правилами, установленными пользователем. Блокироваться могут как входящие, так и исходящие коммуникации (см. рис. 8.3).

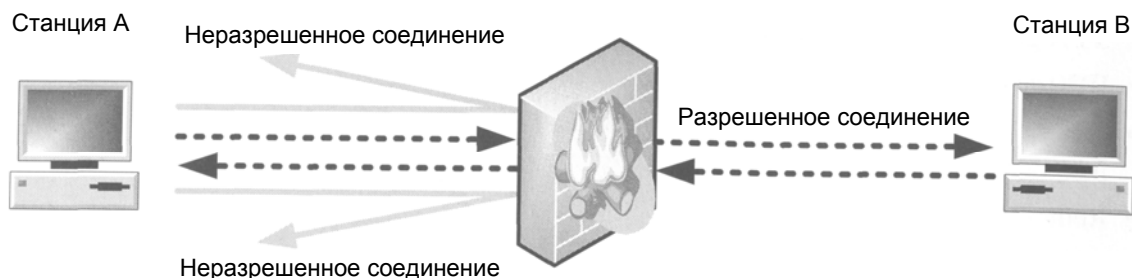


Рис. 8.3 Недопустимые потоки данных блокируются, а разрешенные потоки данных пропускаются файрволом

Критериями фильтрации могут быть IP-адреса (исходные и целевые), номера портов или отдельные протоколы. Файрвол сравнивает, например, IP-адрес компьютера, с которого принят пакет данных, со списком разрешенных внешних IP-адресов и пропускает его при наличии адреса в списке. Файрвол может использоваться для контроля трафика шифрованных (IPsec-туннель) и нешифрованных данных.

Функции VPN и файрвола могут вместе использоваться в модулях безопасности (security module). Кроме усиления безопасности такой подход дает возможность дифференцировать режимы доступа. Файрвол фильтрует пакеты данных и разрешает или запрещает коммуникационные соединения в соответствии со списком фильтра (packet filter firewall). Критериями фильтрации могут быть входящие и исходящие коммуникации, IP- и MAC-адреса, а также протоколы (порты). Пример: пользователь аутентифицируется с помощью VPN и получает доступ к сети, но файрвол дополнительно запрещает для него доступ к определенным службам (протоколам) или к терминалам данных.

Очень важно контролировать доступ, для определения того как, кем и когда подключение было осуществлено, а также обнаруживать попытки доступа, чтобы принять соответствующие меры. Информация по событиям файрвола должна сохраняться в файле протокола (log file).

### 8.3 Simatic Net SCALANCE S612 и S613

Сетевые аппаратные компоненты имеют два порта RJ45 и благодаря этому могут защитить отдельный блок или целый сегмент сети. Соответственно, защищаемые объекты могут быть подключены к одному из портов. При этом создается так называемая внутренняя защищенная сеть. Другой порт предназначен для подключения к внешней (незащищенной) сети (Рис. 8.4).



Рис. 8.4 Модуль SCALANCE S с двумя портами RJ45: нижнее гнездо RJ45 - для защищенной внутренней сети, верхнее гнездо RJ45 - для незащищенной внешней сети

В отличие от условий офисного сектора условия промышленного сектора определяют особые требования к оборудованию. Так, аппаратные модули безопасности для промышленности должны иметь характеристики:

- Диапазон рабочих температур:  $-20^{\circ}\text{C}$  ...  $+70^{\circ}\text{C}$ . В отличие от этого стандартные маршрутизаторы, коммутаторы или VPN-шлюзы для офисного сектора должны поддерживать предельное значение  $40^{\circ}\text{C}$ .
- Степень защиты IP30, гарантирующая защиту от пыли и грязи.
- Установка на стандартной монтажной шине или на шине Simatic или настенный монтаж, с любой ориентацией корпуса.
- Резервный источник питания (24 В постоянного тока).
- Светодиодные индикаторы системы диагностики.
- Сигнальный контакт для аварийной сигнализации об отказе модуля.

Когда модуль SCALANCE S находится в рабочем режиме, на панели модуля светится зеленый светодиод. Конфигурация модуля SCALANCE S позволяет защитить внутреннюю сеть с помощью файрвола, если задано правило "Allow outgoing IP traffic" ("Разрешить исходящий IP-трафик"), разрешающее передачу данных из внутренней сети во внешнюю.

Вся конфигурация может быть записана в сменный модуль памяти C-Plug, поэтому в случае отказа модуль безопасности может быть быстро заменен и автоматически сконфигурирован без необходимости использования программатора.

Для обеспечения возможности масштабирования системы имеются две версии модулей безопасности SCALANCE S. Стандартная версия SCALANCE S 612 обеспечивает защиту 32 станций во внутренней сети с установлением 64 VPN-каналов связи с другими модулями безопасности. Тогда как более мощная версия устройства - SCALANCE S 613 обеспечивает защиту до 64 узлов внутренней сети с установлением 128 VPN-каналов связи.

## 8.4 ПО Simatic Net SOFTNET Security Client

Программное обеспечение SOFTNET Security Client позволяет с использованием программаторов, ПК и ноутбуков получить доступ к сетевым станциям или к автоматизированным системам, которые защищены с помощью модулей безопасности SCALANCE S. При этом коммуникационная связь по IPsec-туннелю обеспечивается при успешной аутентификации партнеров.

Программное обеспечение для ПК SOFTNET Security Client обеспечивает доступ по IP-адресу из ПК или программатора к PLC, защищенному с помощью модуля SCALANCE S. С помощью этого программного обеспечения ПК или программатор автоматически конфигурируются так, что IPsec-туннели могут быть установлены с одним или несколькими модулями SCALANCE S. Коммуникации с использованием IPsec-туннеля между ПК / программатором и отдельными устройствами или внутренней сетью, защищенными модулем SCALANCE S, подразумевают возможность использования приложений для NCM-диагностики или ПО STEP 7 в безопасной части сети.

Программное обеспечение SOFTNET Security Client предназначено для работы под управлением Windows 2000 Professional и Windows XP и поддерживает работу со 128 модулями SCALANCE S с соответствующими внутренними узлами. Программное обеспечение для ПК имеет соответствующий графический интерфейс (GUI), который легко использовать для конфигурирования параметров безопасности Windows. После выполнения процедуры конфигурирования SOFTNET Security Client работает в фоновом режиме, что отражается значком в системном трее Вашего ПК.

С помощью инструмента конфигурирования системы безопасности (security configuration tool) создание и управление правилами безопасности (security rules) может выполняться без специальных знаний в области IT-безопасности. В простейшем случае необходимо только создать и сконфигурировать модули SCALANCE S или ПО SOFTNET Security Client, которые должны быть связаны друг с другом закрытым каналом. Коммуникации могут быть установлены как только клиент (security client) узнает, к каким PLC необходим доступ (см. рис. 8.5).

Как функционирует SOFTNET Security Client? Клиент считывает конфигурацию, созданную с помощью инструмента для настройки безопасности, и использует файл конфигурации для определения сертификатов, которые необходимо импортировать. Основной сертификат и секретные ключи импортируются и сохраняются в локальном ПК или PG. Далее настройки системы безопасности выполняются в Windows с использованием данных конфигурации; настройки могут быть импортированы в правила для системы безопасности Windows (IP Security). Если активирован режим обучения для определения внутренних станций или PLC, то сначала устанавливаются правила для системы безопасности модуля SCALANCE S (IP Security). После этого SOFTNET Security Client обращается к модулю SCALANCE S для определения IP-адресов соответствующих внутренних

станций. Клиент запоминает эти IP-адреса в таблице IP-фильтра правил для системы безопасности. После этого приложение, например, Step 7 может поддерживать связь с PLC через VPN-канал.

В случае отказа программатора или ПК программное обеспечение SOFTNET Security Client реагирует следующим образом:

- Сконфигурированные правила безопасности сохраняются после выключения и последующего включения программатора или ПК.
- Выводятся соответствующие сообщения в случае отказа конфигурации.

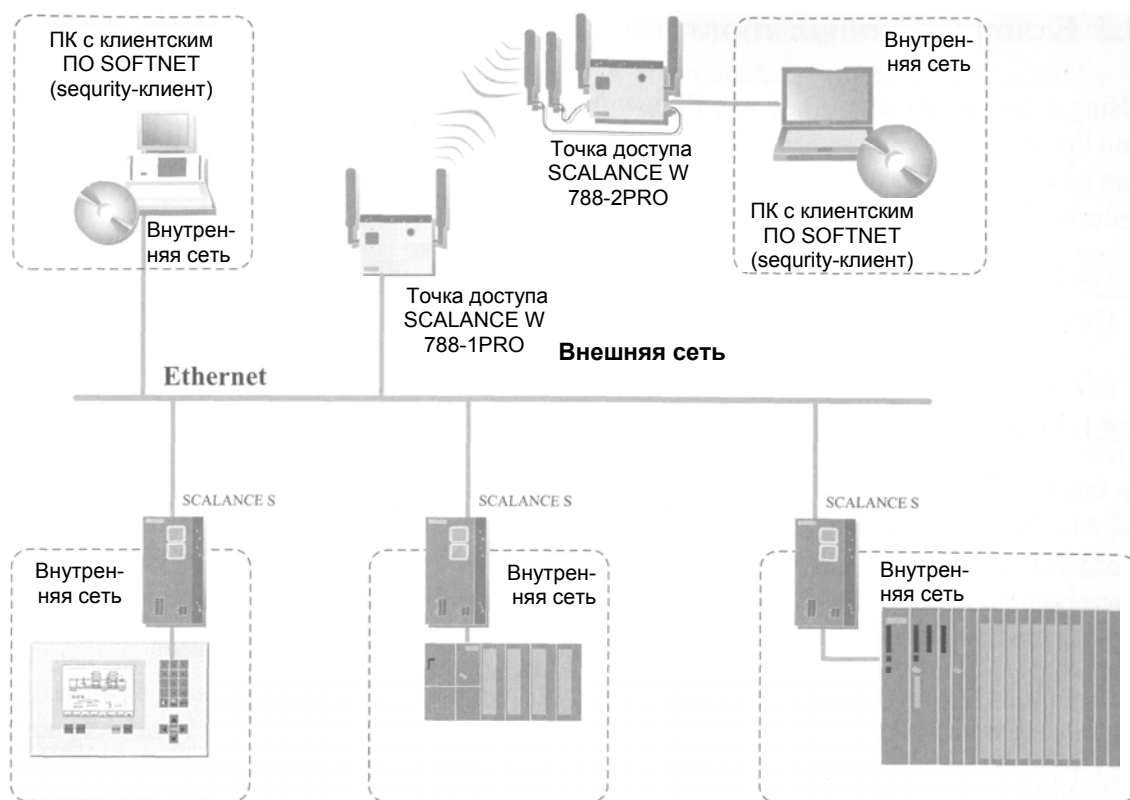


Рис. 8.5 Безопасные коммуникации (на базе кабельной и/или беспроводной сети) между программаторами (PG) и устройствами, защищенными модулями безопасности SCALANCE S

## 8.5 Пример процедуры конфигурирования

На базе простой сети, созданной в целях тестирования, Вы сможете получить навыки настройки модулей безопасности SCALANCE S и использования инструмента для настройки системы безопасности (security configuration tool). Вы сможете увидеть, как могут быть реализованы функции защиты модулей SCALANCE S в сети без необходимости выполнения большого объема работ по их конфигурированию. Будут реализованы два примера систем безопасности, использующих две базовых функции модулей SCALANCE S:

- Конфигурирование модулей SCALANCE S в качестве фаерволов
- Конфигурирование VPN-сети с модулями SCALANCE S для организации IPsec-туннеля (IPsec tunnel).

### 8.5.1 Конфигурирование модулей SCALANCE S в качестве фаерволов

В данном примере Вы будете конфигурировать фаервол в стандартном режиме (standard mode). Функции фаервола модуля SCALANCE S предназначены для защиты внутренней сети от влияния или отказов внешней сети. Это означает, что фаервол будет разрешать только отдельные, заранее определенные коммуникационные связи между узлами во внутренней сети и узлами внешней сети.

Используя правила фильтрации пакетов данных (packet filter rules), Вы можете разрешать или запрещать передачу данных. Фаервол может использоваться как для управления зашифрованными данными (передаваемыми по IPsec-туннелю), так и для управления незашифрованными данными. Заранее заданные (по умолчанию) настройки фаервола выбраны так, что передача IP-данных запрещена, и коммуникации допускаются только между узлами во внутренних сетях модулей SCALANCE S с помощью сконфигурированных IPsec-туннелей (IPsec tunnels).

Стандартный режим (standard mode) предусматривает использование предопределенных правил для фаервола в соответствии с таблицей 8.1, и Вы можете выбирать эти правила в группе "Configuration" ("Конфигурация").

В следующем примере объясняется процедура, с помощью которой Вы можете разрешить исходящий IP-трафик из внутренней сети. Из внешней сети допускается только отклик. Правило: "Allow outgoing IP traffic" ("Разрешить исходящий IP-трафик") из внутренней сети во внешнюю сеть.

Таблица 8.1 Возможные правила для файрвола модуля SCALANCE S

Rule / Option (правило / опция)	Функция
Only tunneled communication (Допускаются только коммуникации по IPsec-туннелю)	Стандартная настройка: разрешается передача только зашифрованных IPsec-данных; при этом могут выполнять обмен данными только узлы внутренних сетей модулей SCALANCE S. Данная опция может быть выбрана, если только модуль имеется в группе. Если опция отменена, то и коммуникации по туннелю, и другие выбранные режимы связи допускаются.
Permit IP traffic from internal network to external network (Допускается IP-трафик данных из внутренней сети во внешнюю)	Внутренние узлы могут инициировать связь с узлами внешней сети. Во внутреннюю сеть пропускаются только пакеты отклика из внешней сети. Узлы внешней сети не могут инициировать коммуникационную связь с узлами внутренней сети.
Permit IP traffic with S7 protocol from internal network to external network (Допускается IP-трафик по S7-протоколу во внешнюю сеть из внутренней сети)	Внутренние узлы могут инициировать S7-коммуникации (по S7-протоколу, TCP/порт 102) с узлами внешней сети. Во внутреннюю сеть пропускаются только пакеты отклика из внешней сети. Узлы внешней сети не могут инициировать коммуникационную связь с узлами внутренней сети.
Permit access to DHCP server from internal network (Допускается доступ к DHCP-серверу во внешней сети из внутренней сети)	Внутренние узлы могут инициировать связь с DHCP-сервером во внешней сети. Во внутреннюю сеть пропускаются только пакеты отклика DHCP-сервера. Узлы внешней сети не могут инициировать коммуникационную связь с узлами внутренней сети.
Permit access to NTP server from internal network to external network (Допускается доступ к NTP-серверу во внешней сети)	Внутренние узлы могут инициировать связь с NTP-сервером во внешней сети. Во внутреннюю сеть пропускаются только пакеты отклика NTP-сервера. Узлы внешней сети не могут инициировать коммуникационную связь с узлами внутренней сети.
Permit SiClock time-of-day frames from external network to internal network (Разрешены SiClock-пакеты из внешней сети)	Данная опция используется для разрешения пропуска пакетов синхронизации времени SiClock из внешней сети во внутреннюю сеть.
Permit access to DNS server from internal network to external network (Допускается доступ к DNS-серверу во внешней сети)	Внутренние узлы могут инициировать связь с DNS-сервером во внешней сети. Во внутреннюю сеть пропускаются только пакеты отклика DNS-сервера. Узлы внешней сети не могут инициировать коммуникационную связь с узлами внутренней сети.
Permit configuration of internal network nodes using DCP from external network to internal network (Допускается DCP-конфигурация извне)	DCP-протокол используется PST для установки IP-параметров для компонентов Simatic NET. Данная опция разрешает доступ узлов внешней сети к узлам внутренней сети по DCP-протоколу.



**Описание примера** (см. рис. 8.6):

- Internal network - порт 2 модуля SCALANCE S - для подключения внутренней сети: во внутренней сети сетевой узел, который представляет собой ПК, подключается к внутреннему ("internal") порту (порт 2, зеленая маркировка) модуля SCALANCE S.
  - ПК2: представляет собой внутреннюю сеть 1
  - Модуль SCALANCE S 1: модуль SCALANCE S для внутренней сети 1
- External network - порт 1 модуля SCALANCE S - для подключения внешней сети: незащищаемая сеть ("external network" - "внешняя сеть") подключается к внешнему ("external") порту (порт 1, красная маркировка) модуля SCALANCE S.
  - ПК1: ПК с установленным программным инструментом для настройки системы безопасности (security configuration tool)

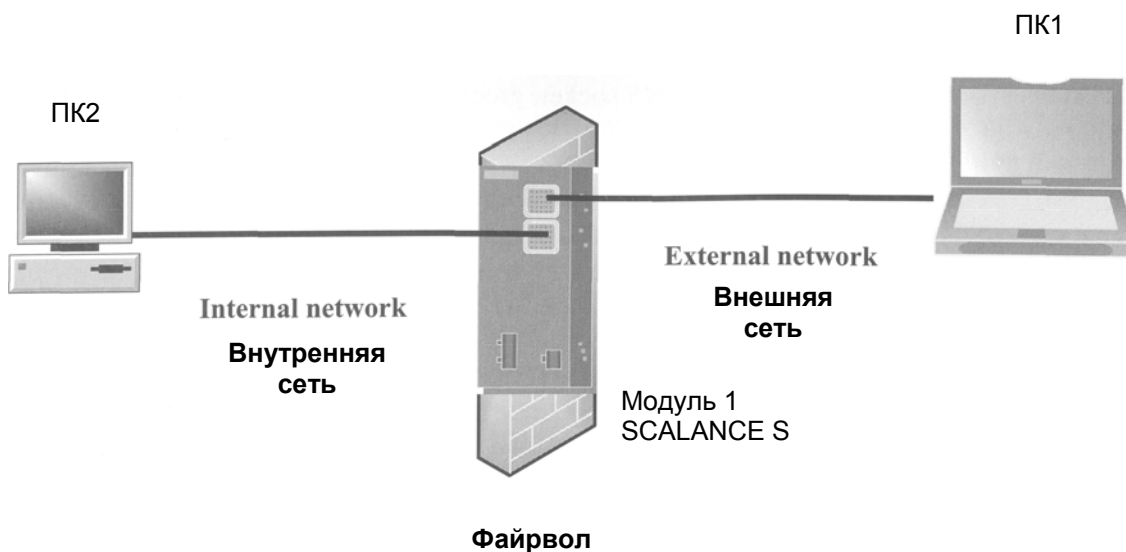


Рис. 8.6 Структура тестовой сети: ПК1 представляет собой внешнюю сеть (external network), ПК2 представляет собой внутреннюю сеть (internal network), Модуль 1 - модуль безопасности SCALANCE S используется в качестве файрвола

### Шаг 1: Конфигурирование модуля SCALANCE S и сети

Установление физического подключения к сети путем вставки штеккеров соединительных кабелей в соответствующие порты (гнезда RJ45) модуля безопасности. В нашем примере необходимо подключить ПК2 к порту 2 модуля 1, а порт 1 модуля 1 - подключить к ПК1. Внимание: Ethernet-соединения с портом 1 и портом 2 управляются модулем SCALANCE S по-разному, следовательно, при подключении сетей нельзя перепутать порты, иначе устройство потеряет свои защитные функции:

- Порт 1 - "external network" (для подключения внешней сети): верхнее гнездо RJ45, маркируется красным цветом, что соответствует незащищенному сегменту сети.
- Порт 2 - "internal network" (для подключения внутренней сети): нижнее гнездо RJ45, маркируется зеленым цветом, что соответствует защищенному сегменту сети.

### Шаг 2: Конфигурирование IP-параметров ПК

Для используемых в тестовой сети компьютеров необходимо задать следующие IP-параметры:

- ПК1: IP-address (IP-адрес) = 191.0.0.1; subnet mask (маска подсети) = 255.255.0.0
- ПК2: IP-address (IP-адрес) = 191.0.0.2; subnet mask (маска подсети) = 255.255.0.0

Для задания IP-параметров для ПК1 и ПК2 необходимо выполнить следующие действия:

1. В соответствующем ПК откройте панель управления с помощью следующих команд меню:  
*Start (Пуск) -> Customize (Настройки пользователя) -> Control panel (Панель управления) -> Network connections (Сетевые подключения).*
2. В диалоговом окне "LAN connection properties" ("Свойства подключения к локальной сети") активируйте опцию "Internet protocol (TCP/IP)" ("Интернет-протокол (TCP/IP)") и щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на кнопке "Properties" ("Свойства").
3. В диалоговом окне "Internet protocol properties (TCP/IP)" ("Свойства Интернет-протокола (TCP/IP)") выберите опцию "Use following IP-адрес" ("Использовать следующий IP-адрес") и задайте параметры для данного ПК в соответствующих полях. Закройте диалоговое окно, используя кнопку "OK", и закройте панель управления.

**Шаг 3: Создание проекта и модуля в программе для конфигурирования** (см. рис. 8.7)

Для создания проектов и модулей установите и запустите на выполнение программный инструмент для настройки системы безопасности (security configuration tool) на ПК1.

1. Создайте новый проект, используя следующие команды меню:  
*Project (Проект) -> New (Новый)*.
2. Щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на "All modules" ("Все модули") в окне структуры, затем выберите строку, содержащую "Module 1" ("Модуль 1"), в правом окне утилиты.
3. Щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на столбце "Type" ("Тип") и выберите тип используемого модуля.
4. Щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на столбце "MAC address" ("MAC-адрес"), затем задайте MAC-адрес в требуемом формате. Вы можете найти этот адрес на передней панели модуля SCALANCE S.
5. Затем щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на столбце "IP-address" ("IP-адрес") и задайте IP-адрес в требуемом формате: 191.0.0.200

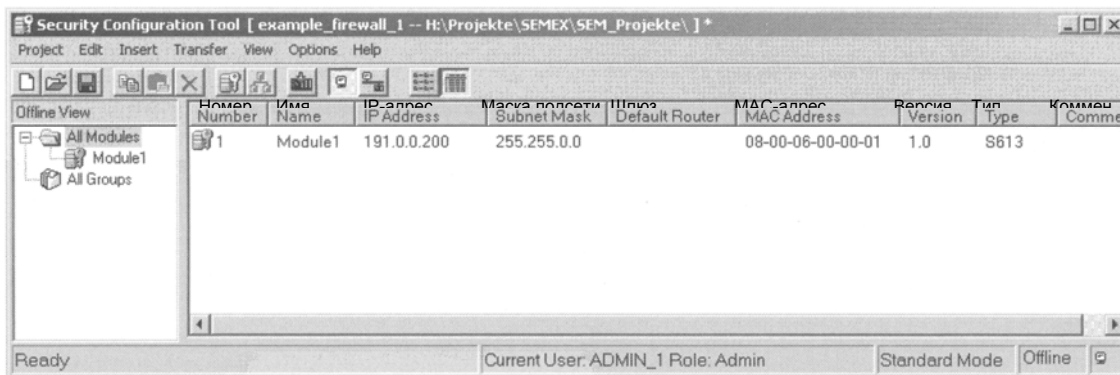


Рис. 8.7 Инструмент для настройки системы безопасности (security configuration tool) с отображенным в окне сконфигурированным модулем 1 "Module 1"

**Шаг 4: Настройка файрвола** (см. рис. 8.8)

Функционирование файрвола в стандартном режиме (standard mode) основано на заранее определенных функциях. При этом обеспечивается оперативная информационная поддержка. Данная функция активируется щелчком кнопки манипулятора "мышь".

1. Выберите "Module 1" ("Модуль 1") в правом окне утилиты.
2. Выберите следующие опции меню: *Edit (Правка) -> Properties (Свойства)*, а затем в открывшемся диалоговом окне - вкладку "Firewall" "Файрвол".  
Снимите выделение опции "Tunnel communication only" ("Коммуникации только через туннель") и выберите опцию "Allow outgoing IP traffic" ("Разрешить исходящий трафик"). Это означает, что только внутренние узлы смогут инициировать связь с узлами внешней сети, а во внутреннюю сеть будут пропускаться только пакеты отклика из внешней сети.
4. Дополнительно выберите опции для протоколирования трафика данных.
5. Закройте диалоговое окно, используя кнопку "ОК".
6. Теперь сохраните проект с подходящим именем, используя следующие команды меню: *Project (Проект) -> Save as... (Сохранить как...)*

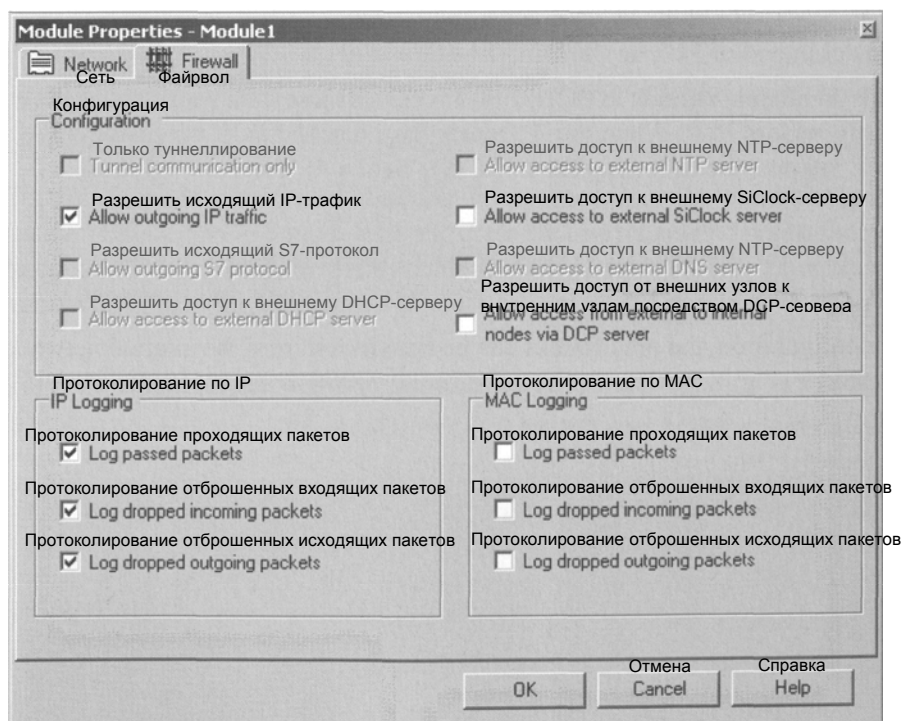


Рис. 8.8 Окно свойств модуля - настройка правил для файрвола

## Шаг 5: Загрузка данных конфигурации в модуль

Для того чтобы загрузить конфигурацию в модуль, выполните следующие действия с помощью инструмента для настройки системы безопасности (security configuration tool) в ПК1:

1. Выберите модуль в правом окне утилиты.
2. Выберите следующие опции меню:  
*Transfer (Переслать) -> To module (В модуль).*
3. Запустите процедуру загрузки с помощью кнопки "Start" ("Пуск").
4. Если процедура загрузки завершена без ошибок, то модуль SCALANCE S автоматически перезапускается, и новая конфигурация актуализируется. Модуль SCALANCE S теперь в рабочем режиме. Об этом состоянии свидетельствует горение зеленого светодиода на панели прибора.

Загрузка конфигурации завершается, и теперь модуль SCALANCE S защищает внутреннюю сеть (ПК 2) посредством сконфигурированного файрвола, работающего по правилу: "Allow outgoing IP traffic" ("Разрешить исходящий IP-трафик"), в соответствии с которым разрешается IP-трафик только из внутренней сети во внешнюю сеть.

## Проверка сконфигурированных функций

Лучше всего можно выполнить проверку работы файрвола с помощью команды "ping":

1. Выберите следующие опции меню на панели задач в ПК2:  
*Start (Пуск) -> Run (Выполнить).*
2. В открывшемся диалоговом окне "Run (Выполнить)" введите команду "cmd".
3. Выполните команду "ping" в ПК2 для ПК1 (с IP-адресом 191.0.0.1):  
*ping 191.0.0.1*
4. В результате компьютер ПК2 посылает маленькие пакеты данных в адрес компьютера ПК1. Если компьютер ПК1 принимает эти пакеты, он сразу же возвращает отклик компьютеру ПК2. Если IP-пакеты достигают ПК1, то на экране отображается статистика передачи "Ping statistics" в адрес 191.0.0.1:  
Sent = 4; Received = 4; Lost = 0 (0% loss), что означает:  
Послано = 4; Принято = 4; Потеряно = 0 (0% потерь).

При использовании операционной системы Windows XP SP2 файрвол может использоваться как стандартный (standard); при этом команды "ping" не проходят через файрвол. При необходимости Вы должны разрешить для ICMP-службы Request (Запрос) и Response (Отклик).

Результат конфигурирования файрвола проверяется с помощью команды "ping" (см. рис. 8.9).

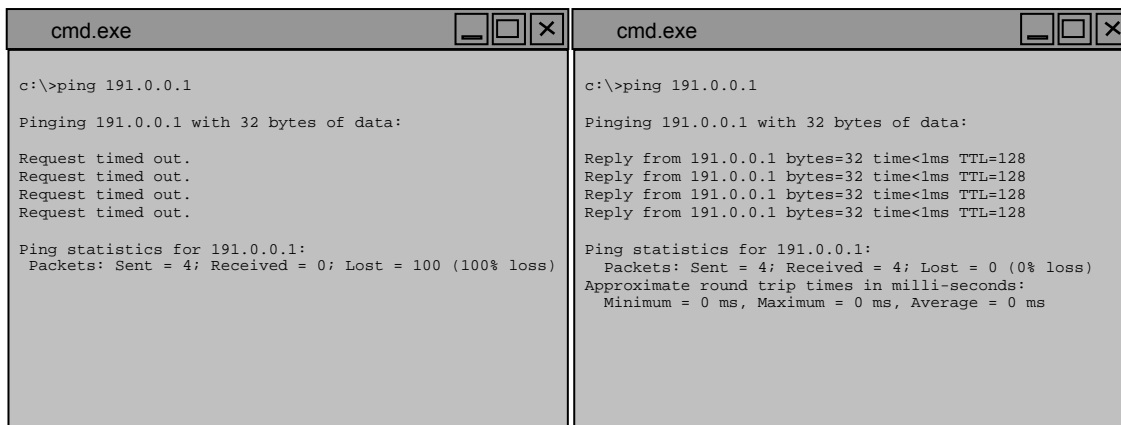


Рис. 8.9 Результат выполнения команды "ping" с ПК1 в адрес ПК2: слева: ping-пакеты не проходят через файрвол (стандартный режим), справа: ping-пакеты проходят

ПК во внешней сети должен отвечать на запросы в виде ping-пакетов. В результате работы функции проверки состояния "Stateful inspection" файрвола ответные пакеты, приходящие из внешней сети, автоматически передаются во внутреннюю сеть.

Теперь необходимо проверить работу файрвола для случая, когда исходящие IP-пакеты данных запрещены:

1. Переключитесь вновь в автономный режим (offline) в программном инструменте в ПК1 для настройки системы безопасности (security configuration tool), используя следующие команды меню:  
*View (Вид) -> Offline (Автономный).*
2. Вновь вызовите диалоговое окно свойств файрвола.
3. На вкладке "Firewall" ("Файрвол") отмените опцию "Allow outgoing IP traffic" ("Разрешить исходящий IP-трафик"). Закройте диалоговое окно, используя кнопку "OK".
4. Загрузите измененную конфигурацию в модуль SCALANCE S.

Если процедура загрузки завершена без ошибок, вновь проверьте работу файрвола, используя команду "ping" (ping 191.0.0.1) в командной строке в ПК2, как Вы уже делали раньше.

IP-пакеты данных из ПК2 не должны теперь достигать компьютера ПК1, так как файрвол должен блокировать прохождение пакетов данных из внутренней сети во внешнюю (см. рис. 8.9).

Результат отображается в строке со статистикой выполнения команды "ping":  
"Ping statistics for 191.0.0.1:"

Sent = 4; Received = 0; Lost = 100 (100% loss), что означает:

Послано = 4; Принято = 0; Потеряно = 100 (100% потерь).

## 8.5.2 Организация VPN-туннеля с помощью SCALANCE S

Узел внутренней сети, защищенной модулем безопасности SCALANCE S, может быть доступен для внешней сети с помощью IPsec-туннеля (IPsec tunnel) (см. рис. 8.10).

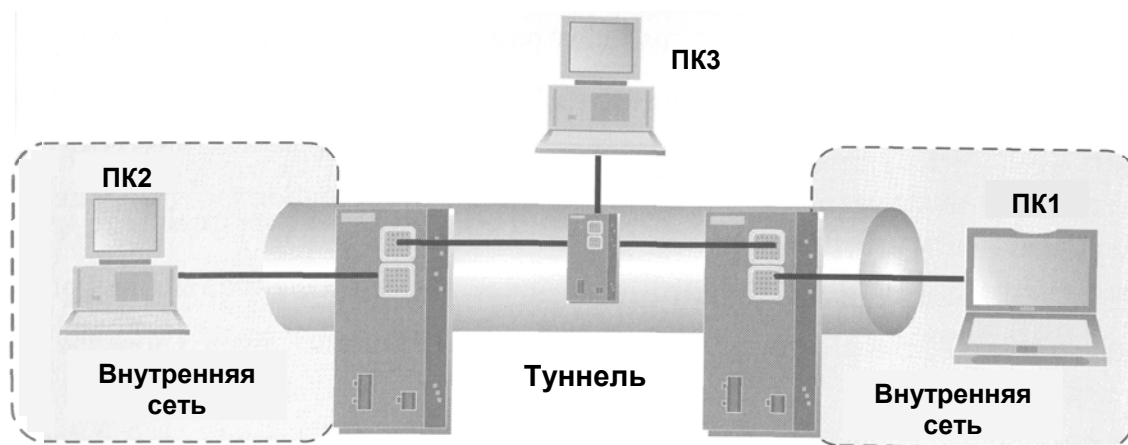


Рис. 8.10 Структура тестовой сети: ПК1 и ПК2 формируют внутреннюю сеть с помощью VPN-туннеля между двумя модулями безопасности SCALANCE S

Обмен данными между блоками по IPsec-туннелю (IPsec tunnel) в VPN-сети обладает следующими свойствами:

- Конфиденциальность обмена: обмен данными защищен от утечки.
- Целостность данных: обмен данными защищен от манипулирования.
- Аутентификация: закрытый туннель устанавливается между устройствами, допущенными в настройках системы безопасности.

SCALANCE S использует IPSec-протокол (режим IPSec-туннеля) для передачи данных с шифрованием.

В данном примере функция туннелирования конфигурируется на виде "Standard mode" ("Стандартный режим"). Модули SCALANCE S 1 и 2 - это концевые точки VPN-туннеля. В данной конфигурации IP-трафик возможен только с использованием сконфигурированного туннеля между авторизованными партнерами.

#### Описание примера:

- Internal network - порт 2 модуля SCALANCE S - для подключения внутренней сети: во внутренней сети сетевой узел, который представляет собой ПК, подключается к внутреннему ("internal") порту (порт 2, зеленая маркировка) модуля SCALANCE S.
  - ПК1: представляет собой внутреннюю сеть 1
  - ПК2: представляет собой внутреннюю сеть 2
  - Модуль SCALANCE S 1: для внутренней сети 1
  - Модуль SCALANCE S 2: для внутренней сети 2
- External network - порт 1 модуля SCALANCE S - для подключения внешней сети: незащищаемая сеть ("external network" - "внешняя сеть") подключается к внешнему ("external") порту (порт 1, красная маркировка) модуля SCALANCE S.
  - ПК3: ПК с установленным инструментом для настройки системы безопасности (security configuration tool)

#### Шаг 1: Конфигурирование модуля SCALANCE S и сети

Установите физические соединения (сетевые подключения) путем вставки коннекторов в соответствующие гнезда разъемов (гнезда RJ45). Подключите ПК1 к порту 2 модуля 1, а ПК2 - к порту 2 модуля 2. Подключите порт 1 модуля 1 и порт 1 модуля 2 к коммутатору, к которому подключите также ПК3.

#### Шаг 2: Конфигурирование IP-параметров ПК

Для используемых в тестовой сети компьютеров необходимо задать следующие IP-параметры:

- ПК1: IP-address (IP-адрес) = 191.0.0.1; subnet mask (маска подсети) = 255.255.0.0; standard gateway (стандартный шлюз) = 192.168.10.100
- ПК2: IP-address (IP-адрес) = 191.0.0.2; subnet mask (маска подсети) = 255.255.0.0; standard gateway (стандартный шлюз) = 192.168.10.101
- ПК3: IP-address (IP-адрес) = 191.0.0.3; subnet mask (маска подсети) = 255.255.0.0; standard gateway (стандартный шлюз) = 192.168.10.102



Для задания IP-параметров для ПК1, ПК2 и ПК3 необходимо выполнить следующие действия:

1. В соответствующем ПК, откройте панель управления с помощью следующих команд меню:  
*Start (Пуск) -> Customize (Настройки пользователя) -> Control panel (Панель управления) -> Network connections (Сетевые подключения).*
2. В диалоговом окне "LAN connection properties" ("Свойства подключения к локальной сети") активируйте опцию "Internet protocol (TCP/IP)" ("Интернет-протокол (TCP/IP)") и щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на кнопке "Properties" ("Свойства").
3. В диалоговом окне "Internet protocol properties (TCP/IP)" выберите опцию "Use following IP-адрес" ("Использовать следующий IP-адрес") и задайте параметры для данного ПК в соответствующих полях. Закройте диалоговое окно, используя кнопку "OK", и закройте панель управления.

### Шаг 3: Создание проекта и модуля посредством программы для конфигурирования (см. рис. 8.11)

Для создания проектов и модулей запустите программный инструмент для настройки системы безопасности (security configuration tool) на ПК1.

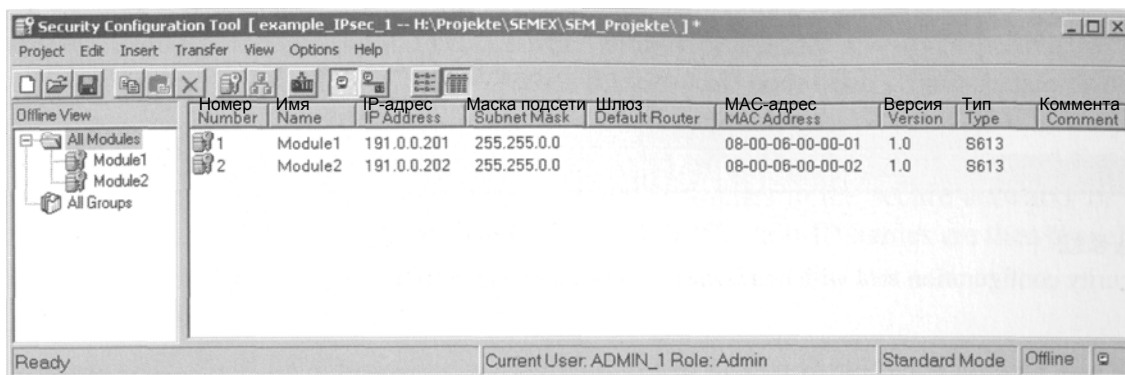


Рис. 8.11 Окно программы для настройки системы безопасности (security configuration tool) с показанными в окне сконфигурированными модулями 1 и 2

1. Создайте новый проект, используя следующие команды меню:  
*Project (Проект) -> New (Новый).*
2. Щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на "All modules" ("Все модули").

3. Создайте второй модуль, используя следующие команды меню:

*Insert (Вставка) -> Module (Модуль).*

Для данного модуля автоматически назначаются имя "SEM2", а также значения по умолчанию для его параметров. IP-адрес инкрементируется по сравнению с "Module 1" ("Модуль 1"), то есть он будет другим.

4. Щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на "All modules" ("Все модули") в окне структуры, затем выберите строку, содержащую "Module 1" ("Модуль 1") в правом окне утилиты.
5. Щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на столбце "Type" ("Тип"), и выберите тип используемого модуля.
6. Щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на столбце "MAC address" ("MAC-адрес"), затем задайте MAC-адрес в требуемом формате. Вы можете найти этот адрес на передней панели модуля SCALANCE S.
7. Затем щелкните левой кнопкой манипулятора "мышь" на столбце "IP-address" ("IP-адрес"), затем задайте IP-адрес в требуемом формате для модуля 1: 191.0.0.201.
8. Повторите шаги с 5 по 7 для второго модуля "Module 2" с IP-адресом 191.0.0.202.

#### **Шаг 4: Конфигурирование соединения через VPN - туннель (см. рис. 8.12)**

Для двух модулей SCALANCE S устанавливается соединение через IPsec-туннель (IPsec tunnel) для безопасных коммуникаций, если они назначаются в одну группу в одном проекте. Выполните следующие действия для конфигурирования соединения:

1. Создайте группу. Для этого выберите "Groups" ("Группы") в окне структуры, и создайте новую группу с помощью следующих команд меню:

*Insert (Вставка) -> Group (Группа).*

Для новой группы автоматически назначается имя "Group 1".

2. Выберите модуль 1 SCALANCE S в правом окне утилиты, и перетащите его методом "drag&drop" в новую группу "Group 1" в окне структуры. Теперь модуль назначен в эту группу, то есть является членом этой группы. Цвет ключа на значке модуля при этом изменяется с серого на желтый.
3. Выберите модуль 2 SCALANCE S в правом окне утилиты, и перетащите его в группу "Group 1". Теперь этот модуль также назначен в эту группу.

Конфигурирование соединения через VPN-туннель завершено.

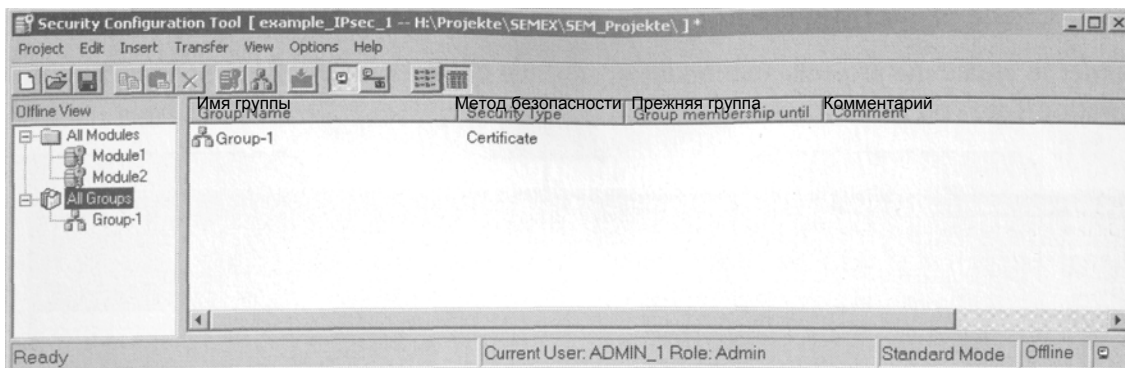


Рис. 8.12 Окно программы для настройки системы безопасности (security configuration tool) со сконфигурированным VPN-соединением между модулями 1 и 2

#### Шаг 5: Загрузка данных конфигурации в модуль SCALANCE S

Для того чтобы загрузить конфигурацию в модуль, выполните следующие действия с помощью инструмента для настройки системы безопасности (security configuration tool) (см. рис. 8.13).

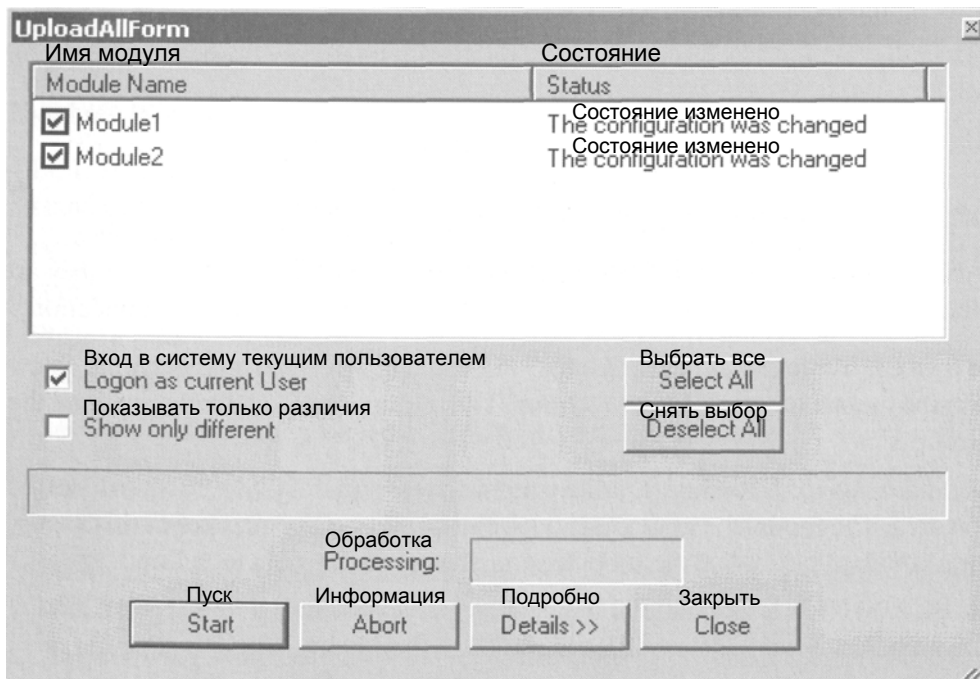


Рис. 8.13 Загрузка данных конфигурации во все модули

1. Выберите диалоговое окно "Upload all security modules" ("Загрузка во все модули безопасности"), используя следующие команды меню:  
*Transfer (Переслать) -> To all modules (Во все модули).*
2. Выберите оба модуля с помощью кнопки "Select All" ("Выбрать все").
3. Запустите процедуру загрузки с помощью кнопки "Start" ("Пуск").

Если процедуру загрузки завершена без ошибок, то модули SCALANCE S автоматически перезапускаются, и новая конфигурация актуализируется. Модули SCALANCE S теперь в рабочем режиме. Об этом состоянии свидетельствует горение зеленых светодиодов на панели прибора.

Загрузка конфигурации завершается, и оба модуля SCALANCE S могут установить закрытый туннель между собой, с помощью которого сетевые узлы двух внутренних сетей могут выполнять безопасный обмен данными.

Необходимо помнить: пакеты в уровне 2 будут проходить через данный туннель, если между модулями SCALANCE S не будет установлен маршрутизатор.

Кроме того: пакеты данных с использованием других протоколов (кроме IP) будут проходить через данный туннель, если устройства, передающие и принимающие эти пакеты, поддерживали коммуникационную связь между собой до использования модулей SCALANCE S. Могут ли сетевые узлы поддерживать коммуникационную связь до использования SCALANCE S - зависит, собственно, от самих IP-сетей. Если модули SCALANCE S находятся в одной IP-подсети, то допускается, что терминалы данных могут поддерживать связь с использованием других протоколов (кроме IP) в безопасных сетях модулей безопасности SCALANCE S даже до использования этих модулей. При этом условии сетевые узлы смогут поддерживать связь с использованием других протоколов (кроме IP) по IPsec-туннелю (IPsec tunnel).

### Проверка работы сконфигурированного туннеля

Лучше всего можно выполнить проверку работы туннеля между ПК2 и ПК3 с помощью команды "ping":

1. Выберите следующие опции меню на панели задач в ПК2:  
*Start (Пуск) -> Run (Выполнить).*

В открывшемся диалоговом окне "Run (Выполнить)" введите команду "cmd".

2. Выполните команду "ping" в ПК2 для ПК3 (IP-адрес 191.0.0.3):  
*ping 191.0.0.3*

3. В результате компьютер ПК2 посылает маленькие пакеты данных в адрес компьютера ПК3. Если компьютер ПК3 принимает эти пакеты, он сразу же возвращает отклик компьютеру ПК2. Если IP-пакеты достигают ПК3, то на экране отображается статистика передачи "Ping statistics" в адрес 191.0.0.3:

Sent = 4; Received = 4; Lost = 0 (0% loss), что означает:

Послано = 4; Принято = 4; Потеряно = 0 (0% потерь).

Так как другие коммуникационные связи запрещены, то ping-пакеты могут проходить только по VPN-туннелю.

Теперь повторите тест при выключенной связи через туннель:

1. Выберите строку "Module 1" ("Модуль 1") в правом окне утилиты для настройки системы безопасности (security configuration tool).
2. Выберите следующие опции меню:  
*Edit (Правка) -> Properties...(Свойства...)*
3. Выберите вкладку "Firewall" ("Файрвол") в открывшемся диалоговом окне. Снимите выделение опции "Only tunneled communication" ("Коммуникации только по туннелю").

Если процедура загрузки завершена без ошибок, вновь проверьте работу файрвола, используя команду "ping" (ping 191.0.0.3) в командной строке в ПК2, как Вы уже делали раньше.

IP-пакеты данных из ПК2 не должны теперь достигать компьютера ПК3, так как ни коммуникации по туннелю между этими устройствами, ни обычный IP-трафик данных не разрешены.

Результат отображается в строке со статистикой выполнения команды "ping":  
"Ping statistics for 191.0.0.3:"

Sent = 4; Received = 0; Lost = 100 (100% loss), что означает:

Послано = 4; Принято = 0; Потеряно = 100 (100% потерь).



## Дополнительная информация

Теперь мы хотим сделать несколько комментариев к данной книге. Profinet - это новая развивающаяся технология, которая обеспечивает использование в Ethernet-сетях RT-приложений на полевом уровне. Конечно, невозможно вместить информацию обо всех доступных изделиях, программном обеспечении, решениях и специальных разработках для Profinet в одну книгу. Постоянно появляются сообщения о новых изделиях с поддержкой Profinet, а имеющиеся продукты оснащаются новыми свойствами и функциями. Тем не менее, с помощью данной книги мы хотели ознакомить Вас с характерными функциями и возможностями продуктов SIMATIC, а также о наличии или отсутствии у них определенных свойств. Таким образом, Вы можете сами сформировать свое собственное мнение о возможностях отдельных продуктов и решений. Более того, описанные стандарты и директивы не должны трактоваться неизменно определяющими состояние рассматриваемых продуктов, так как с течением времени для них появляются вновь разработанные расширения и дополнения.

Тематический раздел Profinet с Profisafe-профилем был адаптирован для стандарта PR Profinet Standard. Использование Profinet с Profisafe-профилем обеспечивает возможность непосредственного подключения к Profinet отказобезопасных распределенных полевых приборов из семейства Simatic ET200. Существующие отказобезопасные приборы Profibus могут также быть интегрированы в систему Profinet. Profisafe использует Profinet-службы для отказобезопасных коммуникаций. Между отказобезопасным CPU (F-CPU) и отказобезопасным ведомым устройством (F-Slave) кроме обмена данными пользователя происходит обмен данными о состоянии и данными управления. Так как данный тематический раздел, как и полностью самостоятельная область применения достаточно сложны, то данная технология здесь намеренно опускается, как выходящая за рамки этой книги. Кроме того, информация по основам Ethernet также опускается, так как существует достаточно обширный список литературы, посвященной рассмотрению данного вопроса.

К этой книге прилагается компакт диск, на котором Вы можете найти примеры коммуникационных систем, построенных на компонентах SIMATIC. Среди прочей информации этот CD содержит:

Примеры программ для программаторов (PG) / ПК, Simatic S7, Simatic S5 и сетевых компонентов.

Примеры использования различных возможностей соединения с использованием Profinet, Industrial Ethernet и Profibus.

Варианты решений для коммуникационной системы (Вы можете выбрать решения для коммуникационной системы из ряда полностью готовых рабочих проектов и программ).

Profinet IO communication (Profinet IO-коммуникации), Profinet CBA.

Industrial Wireless LAN.

Security communication (безопасные коммуникации).

Пакет для быстрой наладки и пуска сети в работу Simatic Net Quick Start CD - для развития предложенных программных примеров вместе описанием для тестового использования различных функций.

Мы особо хотели обратить Ваше внимание на Web-сайт: **<http://www.profinet4automation.de>**. Это интерактивная платформа для данной книги в Интернете. С помощью этого сайта Вы можете найти ссылки по теме Profinet и вступить в контакт с авторами книги.

И, наконец, у Вас есть возможность проверить свои знания, почерпнутые из этой книги, с помощью интерактивного теста. С помощью Web-курса (Web Based Training) "Profinet", который находится по адресу: <http://e-learning.ic.siemens.de/EL0020DE/index.htm> Вы можете получить основы знаний по Profinet, узнать о преимуществах этой системы, ее рабочих характеристиках и применяемых сетевых топологиях. Отдельный финальный тест позволит Вам определить свои возможности и распечатать сертификат.



## Глоссарий

AES	Advanced Encryption Standard for WLAN Стандарт AES - улучшенный стандарт шифрования для беспроводных локальных сетей. Стандарт симметричного блочного шифрования (длина блока - 128 битов) AES поддерживает 128-разрядные ключи, но может поддерживать более длинные, 192- и 256-разрядные
ARP	Address Resolution Protocol, resolution of IP addresses Протокол переопределения [преобразования] адресов, сетевой протокол ARP динамически преобразует IP-адреса в физические адреса ЛВС. Обратное преобразование осуществляется с помощью протокола RARP.
CAT	Cable categories Категории сетевого кабеля
CBA	Component Based Automation Автоматизация на базе компонентов
CP	Communications Processor Коммуникационный процессор
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection - transmission procedure. Множественный доступ с контролем несущей и обнаружением столкновений (конфликтов, коллизий) метод управления доступом к среде передачи данных в ЛВС Ethernet, устанавливающий следующий порядок передачи: перед началом передачи блока данных станция должна проверить состояние канала и, если он свободен, начать передачу. В процессе передачи станция "прослушивает" сеть для обнаружения конфликтов. В случае конфликта (два узла сети одновременно пытаются занять канал) станция, обнаружившая его, выдаёт специальный сигнал (jam), по которому обе станции одновременно прекращают передачу. Принимающая станция уничтожает частично принятые пакеты. Все рабочие станции выжидают случайное время, прежде чем предпринять новую попытку передачи (сетевые адаптеры запрограммированы на разные временные промежутки). Если конфликт возникает во время повторной попытки передачи сообщения, то промежуток времени ожидания увеличивается. Каждая станция принимает все поступающие сообщения, но оставляет только те, которые адресованы ей.

DCP	Discovery и Configuration Protocol. Протокол DCP. Протокол для обнаружения и конфигурирования адресов и имен PROFINET IO -устройств.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol. Протокол DHCP. Протокол динамического конфигурирования узла [хост-машины], т.е. для динамического назначения IP-адресов узлам (рабочим станциям) локальной сети на время их сеанса работы в Интернете, чтобы смягчить проблему нехватки 32-разрядных IP-адресов. Так как присваивание адресов узлам производится из централизованного пула адресов, то гарантируется их уникальность и, как следствие, отсутствие конфликтующих адресов. Является расширением протокола BOOTP.
DNS	Domain Name Service. Служба доменных имён. Служба Интернет, представляющая собой распределённую базу данных для иерархической системы имён сетей и компьютеров, подключенных к Сети, а также способ преобразования строчных адресов серверов Интернета в числовые IP-адреса.
DP	Distributed I/O - Profibus Шина Profibus для распределенных устройств ввода/вывода
DTL	Diode Transistor Logic ДТЛ - диодно-транзисторная логика. Технология функциональной организации цифровых микросхем.
ENB	Monorail overhead conveyor Монорельсовый надземный конвейер
EMC	Electromagnetic Compatibility электромагнитная совместимость, ЭМС а) способность электронного оборудования нормально работать при наличии внешних непреднамеренных электромагнитных помех и полей от другого оборудования; б) ограничение собственного электромагнитного излучения устройств до уровня, не влияющего на работу других устройств.
ERTEC	Enhanced Real-Time Ethernet Controller Контроллер для сетей Ethernet с улучшенными характеристиками для использования в приложениях реального времени (RT).
FC	Fast Connect Технология коннекторных соединений. Технология прокалывания Fast Connect.
FDX	Full Duplex Полный дуплекс - полнодуплексный режим связи. Режим обмена данными, когда передача данных между двумя станциями идёт одновременно в обоих направлениях.

---

FO	Fiber Optic Волоконная оптика
FOC	Fiber-Optic Cable Оптоволоконный кабель, волоконно-оптический кабель
FTP	File Transfer Protocol Протокол FTP. Протокол передачи файлов. Клиент-серверный протокол из набора протоколов IP, обеспечивающий поиск и пересылку файлов между двумя, возможно, разнородными машинами по сети TCP/IP. Применяется в Интернет для работы с ftp-серверами.
FBD	Function Block Diagram. Язык программирования FBD - язык "схем функциональных блоков". Язык, основанный на использовании для программирования графического интерфейса.
GNU	Рекурсивное сокращение от "GNU is Not Unix" - проект по свободному распространению программного обеспечения.
GPL	General Public License: Общедоступная лицензия (право на получение и свободное распространение программного обеспечения и исходных файлов за право распространения на тех же условиях модификаций этого программного обеспечения - обычно в рамках проекта GNU ).
GSD	Device master data Основные данные устройства - данные для конфигурирования устройства.
HMI	Human Machine Interface Человеко-машинный интерфейс
HMI system	Система с HMI Система с человеко-машинным интерфейсом для мониторинга и управления процессом (установкой)
HTTP	Hyper Text Transmission Protocol Протокол HTTP. Протокол передачи гипертекста, протокол HTTP протокол "переговоров" о доставке Web-сервером документа Web-браузеру. Обычно использует порт 80. Основной протокол WWW, определённый в RFC 2068 и 2616, с помощью которого HTML-документы пересылаются по Интернету от узла к узлу.
HW	Hardware Аппаратное обеспечение

IANA	Интернет Assigned Numbers Authority Центр по присвоению номеров Интернет, организация IANA финансируемая правительством США организация, отвечающая за административное управление в Интернет доменами высшего уровня, такими как .com, .net, .org.. С сентября 1998 г. ее функции взяла на себя международная некоммерческая организация ICANN.
IE	Industrial Ethernet Технология Ethernet для промышленности
IEEE	Institute of Electrical и Electronics Engineers Институт инженеров по электротехнике и электронике (профессиональное объединение, выпускающие свои собственные стандарты; членами IEEE являются ANSI и ISO )
IP	Интернет Protocol Протокол Интернет. Протокол IP - протокол сетевого уровня (часть набора протоколов TCP/IP), отвечающий за передачу и маршрутизацию сообщений между узлами Интернет. Описан в RFC 791. Определяет правила, по которым данные разбиваются на пакеты, передающиеся между оконечными системами и маршрутизаторами. Текущая версия - 4.0, внедряемая - 6.0 (IPv6).
IP	International Protection (degree of protection) Международная защита (степень защиты)
ITU	International Telecommunications Union МСЭ, Международный союз электросвязи
IWLAN	Industrial Wireless Local Area Network Беспроводная локальная сеть для промышленных условий, беспроводная ЛВС для промышленных условий.
LAD	Ladder diagram Язык программирования LAD - язык "контактный план". Язык, основанный на использовании для программирования графического интерфейса.
LAN	Local Area Network Локальная [вычислительная] сеть. ЛВС - один из нескольких видов географически ограниченных коммуникационных сетей. ЛВС соединяет компьютеры, принтеры и другое электронное оборудование, позволяя с высокой скоростью обмениваться различного вида информацией и совместно использовать общие для сети ресурсы.
LLDP	Low Level Discovery Protocol Протокол LLDP - низкоуровневый протокол обнаружения соседних устройств

---

MAC	<p>Media Access Control</p> <p>Управление доступом к среде передачи [данных], УДС а) общий термин для описания метода доступа сетевых устройств к среде передачи. Чаще всего употребляется применительно к ЛВС б) нижний подуровень канального уровня в семиуровневой модели ISO/OSI. Специфицирует методы доступа к среде, формат кадров, адресацию. Поддерживает множественный доступ к каналу связи, осуществляет приём и передачу информационных и управляющих кадров, обнаруживает ошибки передачи</p>
NCM	<p>Программное обеспечение для конфигурирования и диагностики модулей Simatic.</p>
NIC	<p>Network Interface Card</p> <p>Сетевая интерфейсная карта (плата).</p>
NTP	<p>Network Time Protocol</p> <p>Протокол сетевого времени, протокол NTP протокол, с помощью которого в Интернет производится синхронизация системного времени компьютера пользователя с системным временем сервера. Даёт отсчет времени в секундах относительно нуля часов 1 января 1900 года. Формат временной метки NTP - 64-разрядное число без знака с фиксированной запятой с целой частью в первых 32 битах и дробной - в последних 32 битах. NTP использует TCP/IP порт 123.</p>
OLE	<p>Object Linking and Embedding</p> <p>Связывание и встраивание объектов стандарты 1.0 и 2.0, набор протоколов Microsoft для обмена данными между отдельными приложениями в Windows 3.1 и старше. Эти протоколы определяют, как одно приложение может использовать данные, подготовленные другим приложением. OLE поддерживает концепцию составного (compound) документа (включающего в себя текст, графику, фрагменты электронных таблиц, звуковые сообщения и т.д.), когда он размещен не в одном файле и изменение каждого компонента изменяет итоговый документ. Документ, в который производится вставка материала, называется клиент, а документ или приложение, поставившие этот материал, - сервер. OLE может действовать двумя способами. Встраиваемый объект (embedded object) становится частью того документа, в который он вставляется. Связываемый (linked object) живёт своей "самостоятельной" жизнью в отдельном файле. Версия OLE 2.0 содержит средства для управления связью между объектами, распределенными по сети</p>
OPC	<p>OLE for Process Control</p> <p>OLE для управления процессами (производством) спецификация комитета OPC Foundation (некоммерческая организация, насчитывающая более 220 членов) при поддержке Microsoft. Её первая версия появилась в 1996 г.</p>
PB	<p>PROFIBUS</p> <p>Технология PROFIBUS, шина PROFIBUS</p>

PC	Personal Computer Персональный компьютер
PG	Programming device Программатор, мобильный ПК для выполнения настройки, конфигурирования, тестирования и диагностики оборудования и ПО.
PLC	Programmable Logic Controller Программируемый логический контроллер (ПЛК)
PN	PROFINET Технология PROFINET, шина PROFINET
PNO	PROFIBUS International Международная организация для разработки, развития и продвижения технологии PROFIBUS.
PoE	Power over Ethernet Технология организации электропитания полевых приборов по комбинированному кабелю, включающему в себя линии для подключения к локальной сети (ЛВС) для обеспечения обмена данными и управления и фидерные линии для электропитания сетевых устройств.
RARP	Reverse Address Resolution Protocol Протокол RARP. Протокол из набора TCP/IP, служащий для определения IP-адреса узла ЛВС, присоединенного к Интернет, когда известен только физический адрес (MAC address), т.е. выполняющий функцию обратную протоколу ARP. Используется в основном на бездисковых узлах в момент их инициализации.
RM	Redundancy Manager Менеджер резервирования
RR	Rapid Roaming Технология "быстрый роуминг" для IWLAN сетей.
RT	Real-Time, Real-Time system Система реального времени - компьютерная система, реагирующая на события в приемлемое для управления порождающим их процессом время. Система для решения задач реального времени.
RTL	Resistor-Transistor Logic РТЛ - резистор-транзисторная логика. Технология функциональной организации цифровых микросхем.
SNMP	Simple Network Management Protocol Простой протокол управления сетью [сетевого управления]. Протокол SNMP один из протоколов для диагностирования работоспособности различных ЛВС. Позволяет администратору ЛВС контролировать работу удаленных узлов сети.

---

SSL	<p>Secure Socket Layer</p> <p>Уровень защищённых гнёзд, протокол безопасных соединений. Протокол SSL. SSL-спецификация протокола для передачи через Интернет зашифрованных, аутентифицированных сообщений (например, электронных транзакций), разработанная фирмой Netscape Communications. Версия SSL 2.0 принята в качестве стандарта IETF и широко применяется для проверки полномочий и шифрования данных на транспортном уровне при работе Web-браузера с Web-сервером. Для доступа к страницам, защищённом протоколом SSL, в URL вместо обычного префикса http, как правило, применяется префикс https (порт 443), указывающий на то, что будет использоваться SSL-соединение. Так как операции шифрования/дешифрования требуют много вычислительных ресурсов, чтобы снизить нагрузку на Web-серверы используют аппаратные SSL-ускорители. SSL 3.0 находится в процессе разработки и открыта для обсуждения.</p>
STL	<p>Statement list</p> <p>Язык программирования STL - язык "список операторов". Язык, основанный на использовании "стандартного" программирования - записи последовательности выражений с операторами программы.</p>
STP	<p>Spanning Tree Protocol</p> <p>Протокол STP. Протокол покрывающего [связывающего] дерева [сети] в телекоммуникации - позволяет избежать пересылки по независимым параллельным маршрутам дублирующих пакетов данных.</p>
SW	<p>Software</p> <p>Программное обеспечение</p>
TCP	<p>Transmission Control Protocol</p> <p>Протокол TCP. Протокол управления передачей широко используемый в Интернет сетевой протокол транспортного уровня из набора TCP/IP. Гарантирует доставку передаваемых пакетов данных в нужной последовательности, но трафик при этом очень неравномерен, так как пакеты испытывают всевозможные задержки.</p>
TIA	<p>Totally Integrated Automation</p> <p>Комплексная автоматизация</p>
TP	<p>Twisted Pair</p> <p>"Витая пара" - стандартный сетевой кабель для Ethernet-сетей</p>
TTL	<p>Transistor-Transistor Logic</p> <p>Транзистор-транзисторная логика. Технология функциональной организации цифровых микросхем.</p>

UDP	User Datagram Protocol Протокол UDP. Протокол дейтаграмм пользователя, протокол UDP сетевой протокол транспортного уровня из набора протоколов TCP/IP. Отдельные пакеты передаются используя IP без проверки на правильность передачи и гарантий доставки, но как можно быстрее. При этом часть пакетов теряется, но, например, при передаче речи звук не прерывается, что важно для обеспечения её разборчивости.
VPN	Virtual Private Network Виртуальная частная сеть. Подсеть корпоративной сети, обеспечивающая безопасное вхождение в неё удалённых пользователей. Подсети используются для безопасной пересылки через Интернет конфиденциальных данных за счёт инкапсуляции (туннелирования) IP -пакетов внутри других пакетов, которые затем маршрутизируются.
WLAN	Wireless Local Area Network Беспроводная локальная сеть, беспроводная ЛВС, БЛС
WPA	WiFi Protected Access Защищенный доступ с использованием соединений по радиоканалу WiFi



---

БЛС	Беспроводная локальная вычислительная сеть
ДТЛ	Диодно-транзисторная логика. Технология функциональной организации цифровых микросхем.
ЛВС	Локальная [вычислительная] сеть. ЛВС - один из нескольких видов географически ограниченных коммуникационных сетей. ЛВС соединяет компьютеры, принтеры и другое электронное оборудование, позволяя с высокой скоростью обмениваться различного вида информацией и совместно использовать общие для сети ресурсы.
МСЭ	Международный союз электросвязи (ITU)
ПЛК	Программируемый логический контроллер (PLC)
Полный дуплекс	Полнодуплексный режим связи. Режим обмена данными, когда передача данных между двумя станциями идёт одновременно в обоих направлениях.
Протокол DCP	Протокол для обнаружения и конфигурирования адресов и имен PROFINET IO -устройств.
Протокол DHCP	Протокол динамического конфигурирования узла [хост-машины], т.е. для динамического назначения IP-адресов узлам (рабочим станциям) локальной сети на время их сеанса работы в Интернете, чтобы смягчить проблему нехватки 32-разрядных IP-адресов. Так как присваивание адресов узлам производится из централизованного пула адресов, то гарантируется их уникальность и, как следствие, отсутствие конфликтующих адресов. Является расширением протокола BOOTP.
Протокол FTP	Протокол передачи файлов. Клиент-серверный протокол из набора протоколов IP, обеспечивающий поиск и пересылку файлов между двумя, возможно, разнородными машинами по сети TCP/IP. Применяется в Интернет для работы с ftp-серверами.
Протокол HTTP	Протокол передачи гипертекста. Протокол "переговоров" о доставке Web-сервером документа Web-браузеру. Обычно использует порт 80. Основной протокол WWW, определённый в RFC 2068 и 2616, с помощью которого HTML-документы пересылаются по Интернету от узла к узлу.
Протокол IP	Протокол сетевого уровня (часть набора протоколов TCP/IP), отвечающий за передачу и маршрутизацию сообщений между узлами Интернет. Описан в RFC 791. Определяет правила, по которым данные разбиваются на пакеты, передающиеся между оконечными системами и маршрутизаторами. Текущая версия - 4.0, внедряемая - 6.0 (IPv6).
Протокол LLDP	Низкоуровневый протокол обнаружения соседних устройств.

Протокол NTP	Протокол сетевого времени. Протокол, с помощью которого в Интернет производится синхронизация системного времени компьютера пользователя с системным временем сервера. Даёт отсчет времени в секундах относительно нуля часов 1 января 1900 года. Формат временной метки NTP - 64-разрядное число без знака с фиксированной запятой с целой частью в первых 32 битах и дробной - в последних 32 битах. NTP использует TCP/IP порт 123.
Протокол RARP	Протокол из набора TCP/IP, служащий для определения IP-адреса узла ЛВС, присоединенного к Интернет, когда известен только физический адрес (MAC address), т.е. выполняющий функцию обратную протоколу ARP. Используется в основном на бездисковых узлах в момент их инициализации.
Протокол SNMP	Простой протокол управления сетью [сетевого управления]. Один из протоколов для диагностирования работоспособности различных ЛВС. Позволяет администратору ЛВС контролировать работу удаленных узлов сети.
Протокол SSL	Уровень защищённых гнёзд. Протокол безопасных соединений. SSL-спецификация протокола для передачи через Интернет зашифрованных, аутентифицированных сообщений (например, электронных транзакций), разработанная фирмой Netscape Communications. Версия SSL 2.0 принята в качестве стандарта IETF и широко применяется для проверки полномочий и шифрования данных на транспортном уровне при работе Web-браузера с Web-сервером. Для доступа к страницам, защищённом протоколом SSL, в URL вместо обычного префикса http, как правило, применяется префикс https (порт 443), указывающий на то, что будет использоваться SSL-соединение. Так как операции шифрования/дешифрования требуют много вычислительных ресурсов, чтобы снизить нагрузку на Web-серверы используют аппаратные SSL-ускорители. SSL 3.0 находится в процессе разработки и открыта для обсуждения.
Протокол STP	Протокол покрывающего [связывающего] дерева [сети] в телекоммуникации - позволяет избежать пересылки по независимым параллельным маршрутам дублирующих пакетов данных.
Протокол TCP	Протокол управления передачей широко используемый в Интернет сетевой протокол транспортного уровня из набора TCP/IP. Гарантирует доставку передаваемых пакетов данных в нужной последовательности, но трафик при этом очень неравномерен, так как пакеты испытывают всевозможные задержки.
Протокол UDP	Протокол дейтаграмм пользователя. Протокол UDP - сетевой протокол транспортного уровня из набора протоколов TCP/IP. Отдельные пакеты передаются используя IP без проверки на правильность передачи и гарантий доставки, но как можно быстрее. При этом часть пакетов теряется, но, например, при передаче речи звук не прерывается, что важно для обеспечения её разборчивости.

---

РТЛ	Резистор-транзисторная логика. Технология функциональной организации цифровых микросхем.
ТТЛ	Транзистор-транзисторная логика. Технология функциональной организации цифровых микросхем.
ЭМС	Электромагнитная совместимость а) способность электронного оборудования нормально работать при наличии внешних непреднамеренных электромагнитных помех и полей от другого оборудования; б) ограничение собственного электромагнитного излучения устройств до уровня, не влияющего на работу других устройств.
Язык FBD	Язык программирования FBD ("Function Block Diagram" - "схемы функциональных блоков") - язык "функциональный план". Язык, основанный на использовании для программирования графического интерфейса.
Язык LAD	Язык программирования LAD ("Ladder diagram") - язык программирования "контактный план". Язык, основанный на использовании для программирования графического интерфейса.
Язык STL	Язык программирования STL - язык "список операторов". Язык, основанный на использовании "стандартного" программирования - посредством записи последовательности выражений с операторами программы.



## Литература и другие источники

Глава 1 "От контактора до открытого стандарта" [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]

Глава 2 "Ethernet - основные сведения и протоколы" [2], [9], [10], [11], [12], [13]

Глава 3 "Коммуникации реального времени": [4], [18], [19], [20], [21], [41], [45], [48], [49]

Глава 4 "Profinet IO - система распределенных входов/выходов (Distributed I/O)": [4], [8], [24], [25], [26], [27], [28], [31], [38], [39], [40], [41], [42]

Глава 5 "Profinet CBA - распределенная автоматизированная система": [8], [14], [15], [16], [17], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37]

Глава 6 "Profinet-интерфейсы пользовательской программы в Simatic S7": [8], [24], [29], [46], [47]

Глава 7 "Profinet-устройства и организация сетей": [5], [8], [11], [12], [13], [14], [26], [31], [32], [36], [37], [38], [46], [48], [50], [51], [52], [53], [54], [55], [56], [57], [58], [59], [60], [61], [62], [63], [64], [65], [66], [67], [69], [70], [71], [72], [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79], [80], [81], [82]

Глава 8 "Безопасность в системе Profinet": [13], [63], [68], [83]

"Глоссарий": [5], [8], [41], [44]

[1] Siemens Archiv: <http://w4.siemens.de/archiv/de/>

[2] SIMATIC NET - Industrial Ethernet; White Paper, Siemens AG, Automation и Drives (A&D), 1999

[3] Metcalf, Robert: Ethernet, 1976

[4] Popp, Manfred; Weber, Karl: Der Schnelleinstieg in PROFINET, PROFIBUS Nutzerorganisation e. V., 11/2004

[5] Siemens catalog IK PI 2005

[6] [www.siemens-industry.co.uk](http://www.siemens-industry.co.uk)

[7] [www.ethermanage.com](http://www.ethermanage.com)

[8] System manual SIMATIC, PROFINET Systembeschreibung, Siemens AG, A&D, 04/2005

[9] Manual SIMATIC NET - Kommunikation mit SIMATIC, Siemens AG, A&D, 1999

[10] Manual SIMATIC - Hardware konfigurieren und Verbindungen projektieren mit STEP 7 V5.2, Siemens AG, A&D, 2003

- [11] Manual SIMATIC NET - Twisted Pair- und Fiber Optic Netze, Siemens AG, A&D, 2001
- [12] Short Description SIMATIC NET - Netzlosungen fur Industrial Ethernet nach IEEE 802.3/802.3u, Siemens AG, A&D, 2001
- [13] Metter, Mark; Bucher, Rainer: IT in der Industrieautomatisierung, Publicis Corporate Publishing, Erlangen, Germany, 2003
- [14] PROFINet Architecture Description и Specification Version V2.01, PROFIBUS Nutzer Organisation e.V., 08/2003
- [15] Eddon, Guy и Henry: Understanding the DCOM Wire Protocol by Analyzing Network Data Packets, Microsoft System Journal, 03/1998
- [16] [www.net-lexikon.de](http://www.net-lexikon.de)
- [17] Dipl. Ing. Wurmus, Harald; Prof. Dr. Ing. Wagner, Bernardo: IEC 61499 konforme Beschreibung verteilter Steuerungen mit Petri-Netzen, 10/2000
- [18] Advance, 4/2004
- [19] Happacher, Meinrad: Computer&AUTOMATION 12/2003
- [20] Boiler, Antonius: Foliensatz PROFINET Industrial Ethernet Standard fur die Automatisierung, Siemens AG, A&D, 06/2004
- [21] Dr. Wenk, Matthias: Isochrones Realtime Ethernet fiir anspruchsvolle Motion-Control-Anwen-dungen,Vortrag SPS/IPC/Drives 2003
- [22] Dipl.-Ing. Mohl, Dirk S.; Dipl.-Ing. (FH) Gramann, Timo: Prazise Zeitsynchronisation als Basis von Echtzeitanwendungen - Der neue Standard IEEE 1588, lecture SPSfIPC/Drives 2003
- [23] Prof. Weibel, Hans: Uhren mit IEEE 1588 synchronisieren, Bullet in Electrosuisse Verband fur Elektro-, Energie- und Informationstechnik, SEV/AES 17/04
- [24] Weigmann, Josef; Kilian, Gerhard: Decentralization with PROFIBUS DP/DPV1, Publicis Corporate Publishing, Erlangen, Germany, 2nd edition 2003
- [25] Programming manual SIMATIC PROFINET IO, Von PROFIBUS DP nach PROFINET IO, Siemens AG, A&D, 07/2004
- [26] Manual SIMATIC NET, S7-CPs fur Industrial Ethernet, Netzübergang IE/PB Link PN IO, Siemens AG, A&D, 08/2004
- [27] System manual SIMATIC NET, Industrielle Kommunikation mit PG/PC Band 1 - Grundlagen, Siemens AG, A&D, 07/2004
- [28] Protocol Dictionary, <http://www.javvin.com>
- [29] STEP 7 V5.3 Onlinehilfe, Siemens AG, A&D
- [30] Device manual SIMATIC NET, Netzübergang IE/PB Link, Siemens AG, A&D, 05/2002
- [31] Device manual SIMATIC NET; S7-CP fur Industrial Ethernet, Siemens AG, A&D, 04/2002

- [32] Device manual SIMATIC; S7-300 CPU 31xC und CPU 31x, Technische Daten, Siemens AG, A&D, 08/2004
- [33] Manual SIMATIC, Component based Automation - Anlagen projektieren mit SIMATIC iMap, Siemens AG, A&D, 12/2003
- [34] Tutorial SIMATIC, Component based Automation - Systeme in Betrieb nehmen, Siemens AG, A&D, 12/2003
- [35] Manual SIMATIC, Component based Automation - PROFINet-Komponenten erstellen, Siemens AG, A&D, 11/2003
- [36] Users manual SIMATIC, Windows Automation Center - WinAC Basis V4.0, Siemens AG, A&D, 10/2004
- [37] Users manual SIMATIC, Windows Logic Controller (WinLC), Siemens AG, A&D, 04/2000
- [38] Manual SIMATIC, Dezentrales Peripheriesystem ET 200S, Siemens AG, A&D, 07/2004
- [39] SIMATIC Collection, PROFINET IO - Getting Started, Siemens AG, A&D, 08/2004
- [40] Product information SIMATIC, PROFINETIO - Struktur der Diagnosedatensätze, Siemens AG A&D, 08/2004
- [41] [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)
- [42] [www.jklein.de/technikerseite.htm](http://www.jklein.de/technikerseite.htm)
- [43] [www.ethereal.com](http://www.ethereal.com)
- [44] <http://www.computerbase.de>
- [45] PROFINET IO Application Layer Service Definition Application Layer Protocol Specification Version 2.0 April 2005
- [46] Manual SIMATIC NET, S7-CPs für Industrial Ethernet, Projektieren und in Betrieb nehmen, Siemens AG, A&D, 01/2005
- [47] Reference manual SIMATIC, Systemsoftware für S7-300/400 System- und Standardfunktionen Siemens AG, A&D, 07/2005
- [48] Manual Siemens, ERTEC 400 Enhanced Real-Time Ethernet Controller, Siemens AG, A&D, 05/2005
- [49] [www.profinet.felser.ch](http://www.profinet.felser.ch)
- [50] Manual SIMATIC NET - Industrial Ethernet Switches SCALANCE X-400, Siemens AG, A&D 01.2005
- [51] Project engineering manual SIMATIC NET - Industrial Ethernet Switches SCALANCE X-400. Siemens AG, A&D, 01.2005
- [52] Project engineering manual SIMATIC NET - SCALANCE Industrial Ethernet SCALANCE X-100 und SCALANCE X-200 Produktlinie, Siemens AG, A&D, 07.2005

- [53] Manual SIMATIC NET - SCALANCE W744-1PRO, SCALANCE W746-1PRO, SCALANCE W747-1RR, Siemens AG, A&D, 07.2005
- [54] Manual SIMATIC NET - SCALANCE W788-1PRO, SCALANCE W788-2PRO, SCALANCE W788-1RR, SCALANCE W788-2RR, Siemens AG, A&D, 07.2005
- [55] Manual SIMATIC NET - Systemhandbuch RCoax, Siemens AG, A&D, 03.2005
- [56] Manual SIMATIC NET - CP 7515, Siemens AG, A&D, 05.2004
- [57] Booklet SIMATIC NET - Industrial Wireless LAN- Grundlagen, Siemens AG, A&D, 2001
- [58] Manual SIMATIC NET - Industrial Ethernet OSM/ESM Netzwerkmanagement, Siemens AG, A&D, 2002
- [59] Short description SIMATIC NET - IT Losungen fur Industrielle Kommunikation, Siemens AG A&D, 2001
- [60] Booklet Switching-Technologie fur Industrial Ethernet fur alle Falle von SIMATIC NET, Siemens AG, A&D, 2003
- [61] Booklet SIMATIC NET - Mit Industrial Ethernet FastConnect in 2 Minuten anschlussfertig, Siemens AG, A&D, 2003
- [62] SIMATIC NET - Netzwerkmanagement- White Paper, Siemens AG, A&D, 1999
- [63] Manual SIMATIC NET- IO-Base Anwender-programmierschnittstelle, Siemens AG, A&D, 08.2005
- [64] PROFInet Installations guide, PROFIBUS Nutzer Organisation e.V., 2004
- [65] Manual SIMATIC NET - Twisted Pair- und Fiber Optic Netze, Siemens AG, A&D, 2001
- [66] Assembly instruction SIMATIC NET - Montageanleitung fur FastConnect RJ45 Plug 90, Siemens AG, A&D, 05.2004
- [67] Assembly instruction SIMATIC NET - Montageanleitung fur FC RJ45 Modular Outlet, Siemens AG, A&D, 12.2004
- [68] Assembly instruction SIMATIC NET - Montageanleitung fur FC RJ45 Modular Outlet Insert 2FE FC RJ45 Modular Outlet Insert 1GE, Siemens AG, A&D, 12.2004
- [69] Wikipedia -Die freie Enzyklopadie, [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)
- [70] Manual SIMATIC NET - S7-CPs fur Industrial Ethernet Projektieren und in Betrieb nehmen Teil A - Allgemeine Anwendung, Siemens AG, A&D, 07.2005
- [71] Device manual SIMATIC NET - S7-CPs / Teil BI Beschreibung CP 343-1/CP 343-1EX20, Siemens AG, A&D, 02.2003
- [72] Device manual SIMATIC NET - CP 343-1 fur Industrial Ethernet Teil B3S, Siemens AG, A&D, 02.2005
- [73] Device manual SIMATIC NET - S7-CPs / Teil B2 Beschreibung CP 343-1 PN, Siemens AG, A&D, 02.2003



- [74] Device manual SIMATIC NET - S7-CPs / Teil B4 Beschreibung CP 443-1, Siemens AG, A&D, 02.2003
- [75] Device manual SIMATIC NET - CP 443-1 Advanced fur Industrial Ethernet / Handbuch Teil B4A, Siemens AG, A&D, 07.2005
- [76] Device manual SIMATIC NET - CP 443-1 Advanced Teil B6, Siemens AG, A&D, 08.2004
- [77] Device manual SIMATIC NET - Installationsanleitung CP 1512, Siemens AG, A&D, 12.2004
- [78] Device manual SIMATIC NET - Installationsanleitung CP 1612, Siemens AG, A&D, 12.2004
- [79] Manual SIMATIC NET - Einfuhrung SOFTNET fur Industrial Ethernet, Siemens AG, A&D, 12.2004
- [80] Manual SIMATIC - Vision Sensor VS 130-2, Siemens AG, A&D
- [81] Device manual SIMATIC NET - Installationsanleitung CP 1616, Siemens AG, A&D, 04.2005
- [82] Device manual SIMATIC NET - Installationsanleitung CP 7515, Siemens AG, A&D, 04.2005
- [83] Manual SIMATIC NET - Dezentrales Peripheriesystem ET 200, Siemens AG, A&D, 04.2005
- [84] SIMATIC NET Manual, SCALANCE S und SOFTNET SECURITY Client, 07/2005
- [85] SIMATIC NET Manual, Industrial Ethernet und Twisted Pair - und Fiber Optic Netze, 2002



# Предметный указатель

- !FU - узлы 3-15
  - "IP alive" (мониторинг IP-соединений) 7-29
  - "linkcheck" (циклический мониторинг связи) 7-29
  - "rapid roaming" ("быстрый роуминг") 7-29
  - "redundancy mode" (режим резервирования) 7-37
  - "байонетный" разъем 7-26
  - "быстрый роуминг" (rapid roaming) 7-29
  - "витая пара" 7-4
  - "внешние узлы" ("external nodes") 8-3
  - "внутренние узлы" ("internal nodes") 8-3
  - "горячая" замена модулей 7-78
  - 1000Base-LX 7-4, 7-22
  - 1000Base-SX 7-4, 7-22
  - 1000Base-TX 7-4
  - 100Base-FX 1-9, 7-4, 7-22
  - 100BaseT 1-6
  - 100Base-TX 1-9, 7-4, 5-57
  - 10BASE5 1-5
  - 10BASE-T 1-6
  - 10-Gigabit Ethernet 1-6
  - 7-уровневая модель ISO/OSI в Profinet 1-9
- А**
- ACCO 5-12, 5-15
  - Active Control Connection Object 5-12, 5-15
  - Acyclic interconnection (ациклическое соединение) 5-58
  - AES (расширенный стандарт шифрования) 7-29
  - AINFO 6-43
  - ANT793-8DR 7-45
  - ANT795-4MR 7-45
  - ANT795-6MR 7-45
  - APDU status (состояние APDU) 3-24
  - ARP 2-15, 4-5
  - ASIC ERTEC 400 3-31
  - ASIC-чипы 3-28
  - AS-Interface 1-4
  - autocrossover (функция автокроссовера) 7-68

## **В**

BFOC-коннектор 7-23  
BIA 1-13  
BIE-бит 6-9  
Broadcast-адрес  
(широковещательный адрес) 2-10  
BSD 2-15  
BUSY 6-9

## **С**

C/C++ 7-55  
Category 4 (категория безопасности 4)  
1-13  
Certificate (метод шифрования с  
сертификатом) 8-8  
CFI 3-23  
Channel (канал) 4-7  
Checksum (контрольная сумма) 2-3  
COM/DCOM 5-8  
Communication Relations  
(коммуникационные связи) 4-10  
component object model (COM) 5-11  
COM-интерфейс 5-8  
connection (контакт) 5-28  
Connection name (Имя контакта) 5-103  
Context Management (контекстное  
управление) 4-8  
CP 2-2  
CP 1512 7-60  
CP 1612 7-60  
CP 443-1 IT 1-7  
CP 7515 (коммуникационный  
процессор) 7-30, 7-39

CPU 31x-2 PN/DP (центральный  
процессор) 7-64  
CSMA/CD 2-1  
Cycle Time (время цикла) 3-3, 5-38  
Cyclic interconnection ("циклическое"  
соединение) 5-58

## **D**

Data type (тип данных) 5-28, 5-46  
DB (блок данных) 6-2, 6-7  
DCOM 5-8  
DCOM wire 5-60  
DCOM/RPC 3-6  
DCP 4-5  
delay requester (задержка  
запрашивающего устройства) 3-13  
delay responder (задержка  
отвечающего устройства) 3-13  
DENIC 2-7  
deterministic (свойство  
детерминированности) 3-4  
Development Kit DK-16xx PN IO  
(программное обеспечение) 7-54  
device (устройство) 5-27  
DHCP 4-5  
DHCP-сервер 2-12  
DHCP-службы 2-12  
Diagnostics (диагностические функции)  
7-57  
DIN IEC 61499 5-4  
Direction (направление) 5-28  
DIX 1-5  
DK-16xx PN IO (программное  
обеспечение) 7-54

DK-ERTEC 400 PNIO Development Kit  
3-34

DNS 4-5

DOS-режим 2-4

drag&drop 5-24

DTL 1-2

## E

EN 50173 7-9

engineering object model 5-11

ERTEC 400 ASIC 7-53

ET 200S 7-64

Ethereal 3-36

Ethernet 10BASE2 1-5

Ethernet 10BASE5 1-5

Ethernet 10BASE-T 1-6

Ethernet-адрес 2-4

Ethernet-интерфейс 5-5

Ethernet-интерфейс 2-4

Ethernet-коммуникации посредством  
Profinet IO 4-1

Ethernet-компонент 2-5

Ethernet-протокол 2-6

Ethernet-фрейм 2-7

Event-based diagnostics (диагностика  
на основе контроля событий) 4-82

external interconnections (внешние  
соединения) 5-80

external nodes (внешние узлы) 8-3

Fast Ethernet 7-4

Fast Ethernet 2-2

Fast Ethernet 100BaseT 1-6

Fast Ethernet Alliance 1-6

Fast Ethernet IEEE 802.3u 1-6

FastConnect Stripping Tool  
(инструмент) 7-9

FB (функциональный блок) 6-2, 6-7

FB 88 "PN\_InOut" 6-71

FBD 1-3

FBD (язык программирования) 5-37

FC (функция) 6-2, 6-7

FC 10 "PN\_IN" 6-73

FC 11 "PN\_OUT" 6-73

FC 11 "PNIO\_SEND" 6-55

FC 12 "PNIO\_RECV" 6-60

FC Outlet RJ45 (гнездо) 7-8

Fiber-optic standard cable  
(оптоволоконный стандартный кабель)  
7-23

fieldbus master 5-17

Firewall (файрволл) 8-6, 8-9

Flexible fiber-optic trailing cable (гибкий  
оптоволоконный кабель для  
использования в шлейфах) 7-23

FOC-кабели для промышленности  
7-23

FO-кабель 7-21

FrameID 3-22

FTP 2-13

FU - узлы 3-15

function block diagram  
(функциональный план) 1-3

## F

faceplate (лицевая панель) 5-56

## G

Gigabit Ethernet 7-4  
Gigabit Ethernet 2-2  
Gigabit-технология 7-78  
GSD-файл 5-55  
GSD-файл 5-17  
GSD-файл 4-35  
GSD-файл 4-38  
GSD-файл 4-8

## H

HLL 1-2  
HMI 1-7  
HMI-интерфейсные DB-блоки 5-43  
HMI-система 5-56  
HMI-система 5-22  
HMI-соединения 5-57  
HMI-устройства 7-58  
HTTP 2-13  
HW-Config 2-4  
HW-Config (утилита) 5-45

## I

ICMP 2-15, 4-5  
IE FastConnect Stripping Tool  
(инструмент для подготовки IE FC -  
кабелей) 7-17  
IE FC - розетки 7-15  
IE FC Cable 2x2 Cat5 Plus (кабель  
категории 5) 7-8

IE FC Flexible Cable GP (кабель)  
7-10  
IE FC Flexible Cable GP 2 x 2 (кабель)  
7-10  
IE FC Hybrid Cable (кабель)  
7-9  
IE FC Marine Cable 2x2 (кабель)  
7-10  
IE FC RJ45 Modular Outlet (модульное  
гнездо) 7-8  
IE FC RJ45 Modular Outlet (розетка)  
7-15  
IE FC RJ45 Plug (вилка разъема) 7-11  
IE FC RJ45 Plug (вилка) 7-8  
IE FC Standard Cable (стандартный  
кабель) 7-8  
IE FC Stripping Tool (устройство для  
разделки кабеля) 7-8  
IE FC Torsion Cable GP 2 x 2 (кабель)  
7-10  
IE FC TP Standard Cable GP 2 x 2  
(кабель) 7-9  
IE FC TP Trailing Cable GP 2 x 2  
(кабель) 7-9  
IE FCS (инструмент для подготовки IE  
FC -кабелей) 7-17  
IE SCALANCE X104-2 7-70  
IE SCALANCE X106-1 7-70  
IE SCALANCE X108 7-70  
IE SCALANCE X202 2IRT 7-75  
IE SCALANCE X204 IRT 7-75  
IE SCALANCE X204-2 7-72  
IE SCALANCE X206-1 7-72  
IE SCALANCE X208 7-73  
IE SCALANCE X208PRO 7-73  
IE SCALANCE X414-3E 7-76

IE TP Cord (соединительный кабель, патч-корд) 7-8	Industrial Ethernet SCALANCE X104-2 7-70
IE TP Cord RJ45/RJ45 ("прямой" патч-корд) 7-18	Industrial Ethernet SCALANCE X106-1 7-70
IE TP XP Cord RJ45/RJ45 ("кроссоверный" патч-корд) 7-18	Industrial Ethernet SCALANCE X108 7-70
IE/PB-Link PN IO (шлюз) 7-62	Industrial Ethernet SCALANCE X202 2IRT 7-75
IEC 5-3	Industrial Ethernet SCALANCE X204 IRT 7-75
IEC 60874-10 7-22	Industrial Ethernet SCALANCE X204-2 7-72
IEC 61131 5-3	Industrial Ethernet SCALANCE X206-1 7-72
IEC 61131-3 5-4	Industrial Ethernet SCALANCE X208 7-73
IEC 61158 1-9	Industrial Ethernet SCALANCE X208PRO 7-73
IEC 61499-1 5-4	Industrial Ethernet SCALANCE X414-3E 7-76
IEC 61784 1-9	Industrial twisted pair (стандарт кабеля "витая пара" для промышленности) 1-7
IEC 61784-2 1-9	Information variables (информационные переменные) 5-103
IEC 874-10 7-26	Infrastructure mode (режим инфраструктуры) 7-35
IEC 874-19 7-26	Insert 2FE (вставка) 7-16
IEC PAS 61499 5-3	Instance DB (экземплярный блок данных) 6-2
IEEE 802.11a 7-28	Instances (экземпляры) 5-72
IEEE 802.11b/g 7-28	interconnection properties (свойства взаимных соединений) 5-60
IEEE 802.1Q 1-9	Interface DB (интерфейсный DB-блок) 5-41
IEEE 802.1Q 3-22	internal nodes (внутренние узлы) 8-3
IEEE 802.1x 7-32	IO-Controller 4-4
IEEE 802.3 8-3	IO-Data CR 4-23
IEEE 802.3 1-9	
IEEE 802.3ae 1-6	
IEEE 802.3ae 1-6	
IEEE 802.3u 1-6	
IEEE 802.a3 1-9	
Indoor fiber-optic cable (оптоволоконный кабель для внутренних помещений) 7-23	
Industrial Ethernet 1-4	
Industrial Ethernet 1-6	

- IO-Parameter Server 4-4
  - IO-Supervisor 4-4
  - IO-контроллер 4-4
  - IO-супервизор 4-4
  - IO-устройство 4-4
  - IP 1-9, 2-6, 4-5
  - IP address (IP-адрес) 5-76
  - IP alive (мониторинг IP-соединений) 7-29
  - IP-ACL 7-60
  - iPCF-процедура 7-39
  - IPMCS 5-3
  - IPsec tunnel (IPsec-туннель) 8-3, 8-6
  - IP-адрес 8-24
  - IP-адреса в TCP/IP-сетях общего доступа 2-11
  - IP-адреса в отдельной сети компании 2-11
  - IP-заголовок 2-13
  - IP-спуфинг 8-8
  - IRT- функции 1-12
  - IRT-коммуникации 1-10, 3-31
  - IRT-режим 7-53
  - ISO/IEC 11801 7-3
  - ISO/IEC 8802-3 7-68
  - ISO/IEC 9314-3 7-23
  - ISO/IEC 9314-4 7-23
  - ISO/OSI 1-9
  - ISO/OSI-модель 3-6
  - IT -функции 7-59
  - IT-механизмы 8-1
  - IWLAN RCoax Cable 7-30
  - IWLAN RCoax cable (кабель-антенна вытекающей волны) 7-46
  - IWLAN/PB Link PN IO (шлюз) 7-40
  - IWLAN/PBLink 7-39
  - IWLAN-сети 7-27
- J**
- jitter (нестабильность синхронизации) 3-22
- L**
- LAD 1-3
  - LAD (язык программирования) 5-37
  - LAD/STL/FDB Editor (редактор для работы с пользовательскими программами) 5-42
  - ladder diagram (контактный план) 1-3
  - LADDR 6-9
  - LAN 2-14
  - LDev 5-12
  - learning process (режим обучения) 8-5
  - line delay (длительность задержки в кабеле) 3-16
  - linkcheck (циклический мониторинг связи) 7-29
  - Linking (соединение) 5-28
  - LLDP 4-6
  - local delay time (длительность локальной задержки) 3-16
  - local interconnection (локальное соединение) 5-59
  - log file (файл протокола) 8-10
  - logical device object 5-12
  - LP798-1PRO (элемент молниезащиты) 7-46



**М**

M12 (тип коннекторов) 7-14  
 MAC-адрес 2-15  
 MAC-адрес 2-4  
 Management Information Base (база управляющей информации) 4-84  
 MDI/MDI-X 2-6  
 MES 1-8  
 MIB 4-84  
 minimum cycle time (минимальное время цикла) 5-39  
 MPI/DP-интерфейс 7-64  
 Multimode FOC (многомодовые кабели) 7-22

OLE 2 5-8  
 OLE for Process Control (OLE для управления процессом) 5-28  
 OLM 1-7  
 Online-диагностика коммуникационного партнера в системе СВА 5-92  
 OPC 5-28  
 OPC symbol file (OPC - файл символов) 5-87  
 OPC-интерфейс 7-55  
 OPC-сервер 7-55  
 OPC-файл 5-22  
 ORPC 5-61  
 OSF 5-61

**Н**

Name (имя) 5-28  
 network view ("вид сети") 5-24, 5-69  
 NIC 2-2  
 non-FU nodes 3-15  
 NRT-коммуникации 3-31  
 NTP 7-59  
 NTP-процедура 7-59

**О**

OB (организационный блок) 6-2, 6-4  
 object model 5-11  
 OEM 5-2  
 Offline-диагностика в Simatic iMap 5-88  
 OLE 1 5-8

**Р**

Packet Filter Firewall (файрволл, обеспечивающий фильтрацию пакетов) 8-9  
 PCD 5-48  
 PCD 5-24  
 PCD 5-36  
 PDev 5-12  
 PG/OP - коммуникации 7-57  
 PG/OP communication (PG/OP - коммуникации) 7-57  
 PG/OP-коммуникации 7-64  
 PG/ПК 7-58  
 phase (фаза) 4-14  
 physical device object 5-12  
 ping 2-15  
 ping-пакеты 8-22  
 plant view ("вид установки") 5-24, 5-69

- PLC 1-1
- PLC 5-3
- Plug alarm (сигнал "вставка устройства") 4-20
- Plug wrong alarm (сигнал "ошибка при вставке устройства") 4-20
- PN IO - интерфейс с Simatic S7 317-2PN/DP 4-41
- PN Proxu -функции 7-65
- PN-CBA-OPC Server 7-60
- point-to-point (формат соединения "точка-к-точке") 2-2
- Point-to-point mode (режим "точка к точке") 7-35
- Power Insert (вставка) 7-16
- Preshared keys (метод шифрования с заранее известным ключом) 8-8
- Process alarm (сигнал процесса) 4-20
- PROFIBUS 0-1
- Profibus 1-4
- Profibus 1-7
- Profibus DP 1-11
- Profibus DP 1-9
- Profibus DP - устройства 5-17
- Profibus DP slaves 5-17
- Profibus International 5-16
- PROFIBUS International 0-1
- Profibus International 1-13
- Profibus IO - устройства 5-17
- Profibus-сегмент 7-65
- Profibus-устройство с неизменным набором функций 5-44
- Profidrive ©Profinet 1-12
- Profidrive Working Group 1-12
- Profinet 1-11
- Profinet 1-8
- Profinet Architecture Description (описание архитектуры Profinet) 5-36
- Profinet CBA 5-9
- Profinet CBA 7-59
- PROFINET CBA 0-1
- Profinet CBA 1-10
- Profinet CBA 1-11
- Profinet CBA 1-8
- Profinet CBA 5-1
- Profinet CBA - компоненты 7-58
- Profinet communications services (службы Profinet-коммуникаций) 7-57
- Profinet Ethernet 2-2
- Profinet Interface Editor (редактор Profinet-интерфейса) 5-41
- Profinet IO 5-20
- PROFINET IO 0-1
- Profinet IO 1-9
- Profinet IO 4-1
- Profinet IO - Devices 5-17
- Profinet IO - устройства 7-59
- Profinet RT-протокол Class 1 5-60
- Profinet Runtime 5-16
- Profinet Runtime Source 5-16
- Profinet-компонент с HMI-элементом 5-56
- Profinet-компоненты 5-1
- Profinet-компоненты для Profibus - устройств 5-34
- Profinet-компоненты на базе Profinet-контроллеров 5-31
- Profinet-контроллер 5-57
- Profinet-контроллеры 5-13
- Profinet-станция 2-8

- Profinet-устройства и организация сетей 7-1
- Profinet ASIC 3-31
- Profinet-компоненты 5-25
- Project library (библиотека проекта) 5-72
- project view ("вид проекта") 5-24, 5-69
- Protocol ID (Идентификатор протокола) 5-103
- проху - устройство 5-13
- Проху - функции в Profinet CBA 5-13
- проху-функции 5-59
- проху-функции 5-60
- PTCP 3-12
- PTCP 4-6
- PTCP-синхронизация 3-13
- PTCP-субдомен 3-12
- PTCP-устройство 3-12
- PtP 2-2
- Pull alarm (сигнал "удаление устройства") 4-20
- Q**
- QoS 5-59
- R**
- rapid roaming ("быстрый роуминг") 7-29
- RARP 2-15
- RD 7-6
- real-time (реальное время) 1-7
- Real-time @Profinet 3-4
- Real-time class 1 (класс Real-time class 1) 3-7
- Real-time class 2 (класс Real-time class 2) 3-7
- Real-time class 3 (IRT) (класс Real-time class 3) 3-7
- Real-Time Communication (система коммуникаций реального времени) 1-10
- Real-time Connection Management (управление коммуникационным соединением реального времени) 3-11
- record (запись) 6-13
- Redundancy alarm (сигнал об отказе основного IO-контроллера) 4-20
- Redundancy mode (режим резервирования) 7-37
- remote interconnection (удаленное соединение) 5-59
- Remote Procedure Calls ("удаленный вызов процедуры" - протокол RPC) 5-61
- REQ 6-8
- response time (время отклика) 3-3
- RET\_VAL 6-10
- Return alarm (сигнал восстановления) 4-21
- RJ45 7-6
- RJ45 (тип коннекторов) 7-12
- Robert Metcalf 1-5
- Router (Шлюз) 5-76
- RPC 5-61
- RPC без соединения 1-9
- RT 1-10
- RT 4-6
- RT- функции 1-12

- RT-Auto 5-12
  - RTL 1-1
  - RT-коммуникации 3-31
  - RT-коммуникации 1-10
  - RT-коммуникации 3-4
  - RT-протокол Profinet 5-58
  - RT-режим 7-53
  - runtime automation object 5-12
  - runtime object model 5-11
- S**
- S5-compatible communication (S5-совместимые коммуникации) 7-57
  - S5-совместимые коммуникации 7-57
  - S5-совместимые коммуникации 7-59
  - S7 - коммуникации 7-57
  - S7 communication (S7 - коммуникации) 7-57
  - S7 routing (S7- маршрутизация) 7-57
  - S7- маршрутизация 7-57
  - S7-коммуникации 7-55
  - S7-коммуникации 7-59
  - SCADA 7-64
  - SCALANCE W 7-13
  - SCALANCE W700 7-45
  - SCALANCE W744-1PRO 7-37
  - SCALANCE W744-1PRO (модуль Ethernet-клиента) 7-30
  - SCALANCE W746-1PRO (модуль Ethernet-клиента) 7-30
  - SCALANCE W747-1RR (модуль Ethernet-клиента iPCF) 7-30
  - SCALANCE W788-1PRO (точка доступа) 7-30
  - SCALANCE W788-1RR (точка доступа iPCF) 7-30
  - SCALANCE W788-2PRO (двойная точка доступа) 7-30
  - SCALANCE W788-2RR (двойная точка доступа iPCF) 7-30
  - SCALANCE X 7-69
  - SCALANCE X204-2, X206-1, X208, X208PRO 7-72
  - SCALANCE X208PRO 7-45
  - SCALANCE X414-3E 7-76
  - Scan Cycle Load due to communication (нагрузка коммуникаций на цикл сканирования) 5-38
  - Scanning frequency (частота сканирования) 5-59
  - SC-коннекторы 7-26
  - SD 2-3
  - security configuration tool (инструмент конфигурирования системы безопасности) 8-13
  - security rules (правилами безопасности) 8-13
  - send cycle (цикл передачи) 3-4
  - SFB (системный функциональный блок) 6-2, 6-8
  - SFB 52 "RDREC" 6-33
  - SFB 53 "WRREC" 6-35
  - SFB 54 "RALRM" 6-36
  - SFB 81 "RD\_DPAR" 6-47
  - SFC (системная функция) 6-2, 6-8
  - SFC 112 "PN\_IN" 6-67
  - SFC 113 "PN\_OUT" 6-68
  - SFC 114 "PN\_DP" 6-69
  - SFC 51 "RDSYSST" 6-51
  - SFC 70 "GEO\_LOG" 6-30
  - SFC 71 "LOG\_GEO" 6-31

- SFD 3-29
- SFD 3-18
- SFD 3-23
- SFIB 5-7
- SIENOPYR marine duplex fiber-optic cable (дуплексный морского применения оптоволоконный кабель) 7-23
- SIL 3 1-13
- Simatic G 1-1
- Simatic H 1-2
- Simatic iMap 5-59
- Simatic iMap 5-20
- Simatic iMap 5-22
- Simatic iMap 5-24, 5-69
- Simatic iMap 5-30
- Simatic iMap 5-1
- Simatic iMap (инструмент конфигурирования в Profinet) 5-46
- Simatic iMap как средство проектирования 5-9
- Simatic Manager (утилита) 5-48
- Simatic N 1-2
- Simatic Net 1-7
- Simatic NET CP 1604 7-53
- Simatic Net Ethernet 5-20
- Simatic Net IE/PB-Link 5-20
- Simatic Net OPC Server PN 5-20
- Simatic Net Profinet 2-5
- Simatic Net symbol file configurator (конфигуратор символьных файлов) 5-103
- Simatic Net-CP 1616 7-53
- Simatic Net-CP 343-1 PN 5-20
- Simatic Net-CP 343-1 PN 7-56
- Simatic Net-CP 443-1 Advanced 5-20
- Simatic Net-CP 443-1 Advanced 7-58
- Simatic ProTool/ProRT 4-35
- Simatic S3 1-2
- Simatic S5 1-3
- Simatic S5/S7/C7 7-58
- Simatic S7 1-3
- Simatic S7 CPU 5-38
- Simatic S7 CPU 31x-2 PN/DP 5-20
- Simatic S7-300 7-55
- Simatic S7-300F 5-30
- Simatic S7-400 5-30
- Simatic S7-400 7-55
- Simatic S7-400 1-7
- Simatic STEP 7 5-20
- Simatic WinAC PN-Option 5-20
- Simatic WinCC flexible 4-35
- Simatic WinLC PN 5-20
- SINEC HI 1-6
- Singlemode FOC (одномодовые кабели) 7-22
- Singleton component (одноэлементный компонент) 5-30
- Singleton component (одноэлементный компонент) 5-51
- Slot 4-7
- SMTP 2-13
- SNMP 4-5
- SNMP 4-83
- SNMP 7-59
- SNMP v1 MIB-II 7-53
- SNMP-клиент 4-83
- socket-интерфейс 2-13
- socket-интерфейс 2-15

- SOFTNET PN IO (программное обеспечение) 7-60
- SOFTNET Security Client (программное обеспечение) 8-13
- SSL 6-50
- Start Delimiter (начальный разграничитель) 2-3
- statement list (список операторов) 1-3
- Status alarm (сигнал состояния) 4-20
- Status-based diagnostics (контроль состояния устройств в целях диагностики) 4-81
- STEP 7 - проект 5-30
- STEP 7 basic project (базовый STEP 7 - проект) 5-37
- STEP 7 basic project (базовый STEP 7 - проект) 5-48
- STEP 7 как средство проектирования 5-9
- STL 1-3
- STL (язык программирования) 5-37
- ST-коннекторы 7-26
- Subnet mask (Маска подсети) 5-76
- subordinate chart (вложенные схемы) 5-71
- Subslot 4-7
- substitute value (заменяющее значение) 5-60
- Switched media (коммутируемая среда) 2-2
- System variables (системные переменные) 5-106
- TCP/IP-коммуникации 1-10
- TCP-заголовок 2-13
- TCP-коммуникации 2-13
- TCP-пакет 2-12
- TCP-протокол 2-12
- TD 7-6
- technological function 5-27
- technological interface (технологический интерфейс) 5-28
- Thicknet 1-5
- Thinwire 1-5
- TI795-1R (резистор согласованной нагрузки) 7-46
- TIA 1-3
- Time slot procedure (процедура Time slot) 3-3
- TKIP (протокол) 7-29
- Token Ring (стандарт организации обмена данными) 3-23
- Totally Integrated Automation (комплексная автоматизация) 1-3
- TP-кабели 7-10
- TP-патч-корд 7-7
- Traceroute 2-16
- Train Applications 1-9
- Transfer frequency (частота передачи) 5-59
- TTL 1-2
- TTL-блок 2-16
- TÜV 1-13

## T

- TCP/IP 1-10, 2-6
- TCP/IP-коммуникации 7-64

## U

- UDP 1-9
- UDP 4-5

- UDP/IP 2-6, 2-14
- UDP-пакет 2-14
- Universal Unique Identifier (универсальный уникальный идентификатор) 5-24
- UNIX-система 2-15
- Update alarm (сигнал "обновление") 4-20
- update time 5-55
- User priority (пользовательский приоритет) 3-22
- UUID-идентификатор 5-24
- Wi-Fi Protected Access (технология защиты доступа) 7-29
- WinAC 7-65
- WinAC Basis 7-65
- WinAC PN-Option V4.1 (программный контроллер) 5-31
- Windows Logic Controller WinLC PN (программный контроллер) 5-31
- WinLC (логический контроллер для работы под Windows) 7-65
- WLAN-сети 7-27
- WPA (технология защиты доступа) 7-29, 7-32
- WPA-PSK 7-32

## V

- Value (значение) 5-28
- Variable name (Имя переменной) 5-103
- Virtual Private Network (виртуальная частная сеть) 8-3
- VLAN tagging (формат фрейма VLAN) 5-62
- VLAN TPID (идентификатор тэгов протокола виртуальной локальной сети VLAN) 3-23
- VPN (виртуальная частная сеть) 7-39, 8-3, 8-6
- VPN-сети 7-30
- VPN-технология 8-7

## X

- XML 4-39, 5-36

## W

- Web-интерфейс SCALANCE W 7-34
- Well Known Ports ("хорошо известные порты") 2-13

## А

автокроссоверная функция  
интерфейса MDI/MDI-X 2-6

автоматизация на базе компонентов  
5-20

автоматизированная система  
управления производственными  
процессами 1-9

автоматический роуминг 7-29

автоматическое переключение 7-27

автономная (Offline) диагностика в  
Simatic iMap 5-88

автоопределение 2-5

автосогласование 2-5

адрес источника 2-3, 3-23

адрес маршрутизатора 2-10

адрес назначения 2-3, 3-23

адрес станции 2-10

адрес шлюза 8-24

анализатор протокола Ethereal для  
Profinet 3-36

антенна ANT793-8DR 7-45

антенна ANT795-4MR 7-45

антенна ANT795-6MR 7-45

атрибут IOCS 4-18

атрибут IOPS 4-18

атрибуты переменных 5-43

аутентификация источника данных  
8-8

аутентификация сообщений 8-8

ациклическая передача данных 4-23

ациклический RT-пакет данных 3-23

ациклический UDP RT-пакет 3-23

ациклическое соединение 5-58

## Б

база управляющей информации MIB  
4-84

базовая последовательность  
установки соединения в Profinet IO  
4-28

базовая процедура конфигурирования  
установки с Simatic STEP 7 4-37

безопасность 1-11

безопасность в Profinet 1-12, 8-1

беспроводные сети 7-27

библиотека проекта (Project library)  
5-72

блок данных 2-3

блок данных (DB) 6-2, 6-7

блоки IP-пакета 2-7

блок-схема контроллера ERTEC 400  
3-32

быстрый роуминг (rapid roaming) 7-29

## В

ведомое DP-устройство (slave) 1-11

ведущее Profibus DP-устройство  
(master) 1-11

верификация имен Profinet IO-  
устройств 4-62

версии протокола RPC 5-62

версия используемой GSDML-схемы  
4-40

взаимное соединение Profinet-  
компонентов 5-24

взаимное соединение технологических  
функций 5-67

взаимные соединения 5-57



- взаимные соединения между технологическими функциями 5-79
- взаимные соединения экземпляров (instances) в Simatic iMap 5-79
- взрывозащищенность Zone 2 7-29
- вид кабеля 7-22
- вид проекта 5-24, 5-69
- вид сети 5-24, 5-69
- вид установки 5-24, 5-69
- визуализация 5-56
- вилка разъема IE FC RJ45 Plug 7-11
- виртуальная частная сеть VPN 7-39
- влияние на фактическую длительность цикла сканирования 5-38
- внесение записей с SFB 53 "WRREC" 6-35
- внешние соединения (external interconnections) 5-80
- внешние узлы ("external nodes") 8-3
- внутренние узлы ("internal nodes") 8-3
- возможности диагностики в STEP 7 4-70
- вопросы, решаемые инженер-наладчиком 5-64, 5-82
- вопросы, решаемые оператором 5-64
- вопросы, решаемые проектировщиком 5-64
- вопросы, решаемые системный инженером 5-64, 5-67
- время обновления 5-55
- время отклика 3-3
- время цикла 5-38
- время цикла 3-3
- время цикла OB 1 с учетом дополнительных асинхронных событий 5-39
- время цикла без учета дополнительных асинхронных событий 5-39
- вставка Insert 2FE 7-16
- вставка IO-устройств 4-48
- вставка Power Insert 7-16
- вставка и конфигурирование IO-устройств 4-38
- встраивание Profinet Runtime в автоматизированную систему 5-16
- вторичные схемы (вложенные схемы) 5-71
- входы DP-интерфейса 5-45
- высокая защищенность данных 7-21
- высокая защищенность данных 7-29
- выходы DP-интерфейса 5-45
- вычисление разницы в показаниях часов 3-17
- Г**
- генерация Simatic iMap - проекта 5-67
- генерация Simatic iMap - проекта 5-80
- генерация socket 2-15
- гибкий оптоволоконный кабель для использования в шлейфах 7-23
- гибридный разъем (вилка) 7-13
- Д**
- дейтаграмма 2-7
- диагностика в системе Profinet IO с использованием устройств STEP 7 или HMI 4-69
- диагностика на основе контроля событий 4-82

- диагностика на основе контроля состояний 4-81
  - диагностика с использованием SNMP 4-83
  - диагностика с использованием элементов индикации Profinet IO-устройств 4-84
  - диагностика состояния взаимных соединений 5-98
  - диагностика состояния данных на соединительных контактах 5-99
  - диагностика устройства / отказ 5-93
  - диагностические записи для Profnet IO 6-14
  - диагностические записи для канала 4-82
  - диагностические функции 7-57
  - диагностический сигнал 4-20
  - диапазон рабочих температур 8-11
  - длительность задержки в кабеле 3-16
  - длительность локальной задержки 3-16
  - длительность передачи 4-13
  - дополнительные параметры 5-54
  - доступ к переменным посредством OPC 5-100
  - другие протоколы сетевого уровня 2-15
  - дуплексный морского применения оптоволоконный кабель 7-23
- 3**
- загрузка данных конфигурации взаимных соединений 5-86
  - загрузка данных конфигурации во все модули 8-27
  - загрузка конфигурации в модуль 8-21
  - загрузка конфигурации и пользовательской программы 4-64
  - загрузка программ в устройства 5-80
  - задание адресов для PN IO-интерфейса 4-42
  - задание квоты для коммуникаций по каналу Profinet IO 5-55
  - задание номера устройства для шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO 4-55
  - задержка сигналов в коммуникационном соединении 3-17
  - закрытая коммуникационная структура 8-7
  - замена модуля C-Plug в различных устройствах 4-65
  - заменяющее значение (substitute value) 5-60
  - запись (record) 6-13
  - защита коннекторов от загрязнения 7-93
  - защитный бортик гнезда разъема стандарта RJ45 7-12
  - защищенная область 8-3
  - значение (Value) 5-28
  - значения атрибутов IOPS и IOCS для IO-контроллера 4-18
  - значения атрибутов IOPS и IOCS для IO-устройства 4-18
  - значения переменной OB83\_EV\_CLASS 6-20
  - значения переменной OB83\_FTL\_ID 6-20
  - значения переменной OB86\_EV\_CLASS 6-22
  - значения переменной OB86\_FTL\_ID 6-22

## И

- идентификатор протокола (Protocol ID) 5-103
- идентификатор тэгов протокола виртуальной локальной сети VLAN 3-23
- идентификация Profinet IO-устройства 4-29
- иерархия вызовов блоков 6-3
- изделия SCALANCE W 7-28
- изменение затухания под нагрузкой 7-93
- измерение задержки 3-13
- изохронные данные 3-8
- изохронные коммуникации реального времени 3-26
- изохронный режим работы системы коммуникаций 3-26
- импортирование Profinet IO-устройств 4-38
- импортирование Profinet-компонентов в библиотеки 5-67
- имя (Name) 5-28
- имя контакта (Connection name) 5-103
- имя переменной (Variable name) 5-103
- индикаторы общего состояния и отказов CP 343-1 4-91
- индикаторы общего состояния и отказов CP 443-1 Advanced 4-89
- индикаторы общего состояния и отказов CPU 31x-2 PN/DP 4-86
- индикаторы общего состояния и отказов IM151-3 PN 4-88
- индикаторы общего состояния и отказов шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO 4-92
- индикаторы программных Simatic PLC 5-108
- индикаторы состояния для коммуникационных интерфейсов CP 343-1 4-92
- индикаторы состояния для коммуникационных интерфейсов CP 443-1 Advanced 4-90
- индикаторы состояния для коммуникационных интерфейсов CPU 31x-2 PN/DP 4-86
- индикаторы состояния для коммуникационных интерфейсов IM151-3 PN 4-88
- индикаторы состояния для коммуникационных интерфейсов шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO 4-94
- индикация состояний и отказов 5-109
- инженер-наладчик 5-64
- инициализация узлов 5-82
- инструмент FastConnect Stripping Tool 7-9
- инструмент Industrial Ethernet FastConnect Stripping Tool 7-17
- инструмент конфигурирования системы безопасности (security configuration tool) 8-13
- интеграция Profibus и Profinet IO 4-33
- интеграция в STEP 7/NCM PC 7-39
- интеграция полевой шины 1-11
- интеграция полевой шины в Profinet CBA 5-18
- интеграция полевых шин 5-17
- интегрированный Web-сервер 5-20
- интерактивная (Online) диагностика коммуникационного партнера в системе CBA 5-92

интерактивный анализ устройства 5-100

интервал мониторинга 3-9

интервал обновления данных 3-9

интервал при передаче IRT-пакетов 3-27

интервал при передаче RT-пакетов 3-27

интервал считывания данных 3-9

интерфейс IO-Base 7-54

интерфейс процесса 5-5

интерфейсный DB 5-24

интерфейсный DB-блок (Interface DB) 5-41

интерфейсы пользовательской программы в Profinet IO 6-55

информационная функция "Diagnostics view" 4-76

информационная функция "Module Information" 4-77

информационная функция "Quick view" 4-76

информационная функция "Быстрый просмотр" 4-76

информационная функция "Вид диагностики" 4-76

информационная функция "Информация по модулю" 4-77

информационные переменные (Information variables) 5-103

информационные функции 4-76

информация недоступна 5-93

использование открытых стандартов 5-60

История Fast Ethernet 1-6

История Simatic 1-1

история развития Industrial Ethernet 0-1

история развития распределенных автоматизированных систем 5-3

источник питания PS791-1PRO 7-45

## К

кабель IE FC Flexible Cable GP 2 x 2 7-10

кабель IE FC Hybrid Cable 7-9

кабель IE FC Marine Cable 2x2 7-10

кабель IE FC Torsion Cable GP 2 x 2 7-10

кабель IE FC TP Standard Cable GP 2 x 2 7-9

кабель IE FC TP Trailing Cable GP 2 x 2 7-9

кабель-антенна вытекающей волны IWLAN RCoax cable 7-46

Канал 4-7

канал реального времени 3-8

каналы для обмена данными в Profinet 3-8

каналы для обмена данными в системе Profinet IO 4-5

категории безопасности 1-13

категория 5 (Cat 5e) 7-18

категория 6 (Cat 6) 7-18

качественная характеристика QoS 5-59

качество службы (QoS) 5-59

квота времени 5-38

квота использования канала 4-13

класс IO-Controller 4-4

класс IO-Device 4-4

класс IO-Parameter Server 4-4

класс IO-Supervisor 4-4

- класс Real-time class 1 3-7  
класс Real-time class 2 3-7  
класс Real-time class 3 (IRT) 3-7  
классы IP-адресов 2-9  
классы сетей 2-8  
классы устройств в Profinet IO 4-3  
кодировка параметра RET\_VAL 6-10  
количество циклов стыковки-  
расстыковки 7-25  
команда ping 2-15  
команда Traceroute 2-16  
комбинированный MPI/DP-интерфейс  
7-64  
коммуникации в системе Profinet CBA  
5-57  
коммуникации реального времени 3-1  
коммуникации реального времени 3-9  
коммуникационные механизмы Profinet  
CBA 5-15  
коммуникационные протоколы Profinet  
3-6  
коммуникационные протоколы Profinet  
3-7  
коммуникационные протоколы в  
системе Profinet CBA 5-61  
коммуникационные связи (CR) 4-10  
коммуникационные связи IO-данных  
4-10, 4-12  
коммуникационные связи записей  
данных 4-10, 4-11  
коммуникационные связи сигналов  
4-10, 4-15  
коммуникационный интерфейс 5-5  
коммуникационный контроллер CP  
443-1 Advanced 7-58  
коммуникационный процессор CP 343-  
1 PN 7-56  
коммуникационный процессор CP 7515  
7-39  
коммуникационный разъем 7-7  
коммутатор 7-67  
коммутатор IE SCALANCE X104-2  
7-70  
коммутатор IE SCALANCE X106-1  
7-70  
коммутатор IE SCALANCE X108 7-70  
коммутатор IE SCALANCE X202 2IRT  
7-75  
коммутатор IE SCALANCE X204 IRT  
7-75  
коммутатор IE SCALANCE X204-2  
7-72  
коммутатор IE SCALANCE X206-1  
7-72  
коммутатор IE SCALANCE X208 7-73  
коммутатор IE SCALANCE X208PRO  
7-73  
коммутатор SCALANCE X400 Switch  
7-18  
коммутатор SCALANCE X414-3E 7-76  
коммутаторы SCALANCE X100 7-70  
коммутаторы SCALANCE X200 7-71,  
7-72  
коммутаторы SCALANCE X200 IRT  
7-74  
коммутаторы SCALANCE X400 7-76  
коммутаторы с поддержкой Profinet IO  
4-69  
коммутируемая среда 2-2  
компоненты Profinet-контроллеров с  
Profinet IO - устройствами 5-35  
компоненты стандарта Industrial  
Ethernet FC 7-8  
коннекторы-вилки для оптоволоконных  
кабелей 7-93

- консорциум OSF 5-61
  - конструктор 5-64
  - контактный план 1-3
  - контакты (connections) 5-28
  - контекстное управление (CM) 4-8
  - контроллер ERTEC 200 3-31
  - контроллер ERTEC 400 3-31
  - контроль прерываний в целях диагностики 4-82
  - контроль состояния устройств в целях диагностики 4-81
  - контрольная сумма 2-3
  - контрольная сумма 2-13
  - контрольная сумма 2-14
  - конфигуратор символьных файлов Simatic Net 5-104
  - конфигурации с интеграцией Profibus в Profinet IO 4-33
  - конфигурация IRT-приложений 3-30
  - конфигурация Profibus-устройства с фиксированным набором функций 5-35
  - конфигурация Profinet-компонента 5-33
  - конфигурация установки с SNMP-управлением 4-83
  - конфигурирование IO-контроллера 4-37, 4-40
  - конфигурирование Profinet IO-системы 4-38, 4-44
  - конфигурирование внешних соединений 5-80
  - конфигурирование и настройка устройств SCALANCE W 7-48
  - конфигурирование модуля SCALANCE S 8-18
  - конфигурирование соединения через VPN - туннель 8-26
  - конфигурирование установки 4-35
  - конфигурирование установки с Simatic iMap 5-67
  - концентратор 7-66
  - концепции модульного подхода при автоматизации 5-2
  - концепция Profinet CBA 5-9, 5-10
  - концепция Profinet IO 4-3
  - концепция безопасности 8-3
  - концепция безопасности Profinet 1-12
  - концепция диагностики в системе Profinet IO 4-67
  - концепция коммуникационной системы 4-1
  - концепция одноэлементных компонентов 5-30
  - концепция проектирования с Simatic iMap 5-23
  - концепция реального времени (real-time) 3-1
  - коэффициент длительности 4-13
  - коэффициент замедления 4-14
  - коэффициент понижения частоты 4-14
- Л**
- линии передачи 7-7
  - лицевая панель (faceplate) 5-56
  - логическое устройство 5-5
  - локальное соединение (local inter-connection) 5-59
  - локальные данные блока OB 83 6-18
  - локальный адрес обратной связи 2-10

**М**

- максимальная длина патч-корда 7-18
- максимальная длина сегмента 7-22
- максимальная длина сегмента 7-7
- максимально допустимая длина данных 5-45
- максимально допустимые потери 7-22
- максимальное число разъемов 7-22
- максимальный размер Profinet-интерфейса 5-45
- максимальный размер области соединений Profinet-интерфейса 5-45
- маршрутизаторы 7-79
- маска подсети 8-24
- маска подсети 2-8
- маска подсети (Subnet mask) 5-76
- медиа-модуль EM496-4 7-77
- медиа-модуль MM491-2 7-77
- медиа-модуль MM492-2 7-77
- медиа-модуль MM492-2LD 7-77
- медиа-модуль EM495-8 7-77
- метод шифрования с заранее известным ключом 8-8
- метод шифрования с сертификатом 8-8
- методы аутентификации 8-8
- механизмы резервирования 7-27
- минимальная полоса частот на одну моду 7-22
- многомодовые кабели (Multimode FOC) 7-22
- модель "provider / consumer" 5-58
- модель "провайдер / потребитель" 5-58
- модель ISO/OSI 3-6
- модель системы для IEC 61499-1 5-5
- модель системы для Profinet CBA 5-5
- модули безопасности SCALANCE S 8-3
- модуль C-Plug модуль C-Plug 4-64
- модуль CPU 31x-2 PN/DP 7-64
- модуль PC104/PLUS 7-53
- модуль Profibus CP 5613 7-55
- модуль Profibus CP 5614 (DP-Base). 7-55
- модуль безопасности SCALANCE S 612 8-12
- модуль безопасности SCALANCE S 613 8-12
- модуль памяти C-Plug 7-78
- модульная концепция Profinet 1-8
- мониторинг IP-соединений 7-29
- мониторинг и управление установкой 5-87

**Н**

- набор антенн 7-28
- нагрузка давления 7-92
- нагрузка коммуникаций на цикл сканирования программы 5-38
- назначение Ethernet-адреса в Simatic Manager 4-58
- назначение Ethernet-адреса с помощью утилиты HW-Config 4-60
- назначение IP-адреса IO-устройству 4-25
- назначение IP-адреса для IO-контроллера 4-57
- назначение адреса с использованием DHCP 4-26

- назначение адресов 5-82
- назначение имени IO-устройству 4-24
- назначение параметров для интерфейса ПК/PG 4-57
- накапливание временных задержек в коммуникационном соединении 3-17
- направление (Direction) 5-28
- настройка PG / ПК-интерфейсов 5-83
- настройка диагностических функций для шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO 4-56
- настройка правил для файрвола 8-20
- настройка свойств экземпляров и взаимных соединений 5-67
- настройка файрвола 8-20
- настройки для обновления Profinet-данных 6-67
- незащищенная область 8-3
- некорректная конфигурация 4-85
- некорректное или ошибочное имя устройства 4-85
- необходимо выполнить загрузку 5-93
- неправильная скорость передачи 4-85
- непроходные узлы 3-15
- нестабильность синхронизации 3-22
- нет подключения 5-93
- низкие оптические потери 7-23
- новая серия промышленных коммутаторов 7-69
- новые SFB 6-28
- новые SFC 6-28
- обзор текущего состояния системы с HW-Config 4-73
- обзор текущего состояния системы с Simatic Manager 4-72
- области интерфейсного DB-блока 5-42
- области памяти, используемые при вызове SFC/SFB -блоков 6-12
- обмен Profinet-данными с участием Profibus-устройств 5-47
- обмен данными между устройствами Profinet IO 4-5
- обмен данными процесса 5-58
- обслуживание установки 4-64
- общая информация по классам сетей 2-8
- общая информация по концентраторам и коммутаторам 7-66
- общие правила для организации сетей Profinet 7-94
- общие советы по локализации отказов 4-84
- объект ACCO 5-15
- объект автоматизации 5-5
- объект автоматики режима выполнения RT-Auto 5-12
- объект активного управления соединениями (ACCO) 5-15
- объект логического устройства LDev 5-12
- объект физического устройства PDev 5-12
- объектная модель Profinet CBA 5-11
- объектная модель компонента 5-11
- объектная модель компонентов 5-8
- объектная модель режима выполнения 5-11
- О**
- обеспечение рельефа деформации 7-92



- объектная модель режима проектирования 5-11
- объекты IO-данных 4-8
- объекты записей данных 4-8
- одномодовые кабели (Singlemode FOC) 7-22
- одноэлементный компонент 5-51
- одноэлементный компонент (Singleton component) 5-30
- опасности при использовании оптоволоконных кабелей 7-93
- оператор установки 5-64
- описание Profinet-компонента 5-48
- описание Profinet-компонента 5-24
- описание аппаратных характеристик Profinet-компонента 5-36
- описание архитектуры Profinet 5-36
- описание классов устройств Profinet IO 4-4
- описание программных характеристик Profinet-компонента 5-36
- описания Profinet-компонента PCD 5-36
- определение адреса слота по логическому адресу с SFC 71 "LOG\_GEO" 6-31
- определение начального адреса модуля с SFC 70 "GEO\_LOG" 6-30
- определение области хранения 5-52
- определение типа компонента 5-51
- определения RT-протокола 5-15
- оптические интерфейсы Profinet-устройств 7-23
- оптические кольца с резервированием 1-7
- оптоволоконные кабели 7-21
- оптоволоконные кабели (FOC) для промышленности 7-23
- оптоволоконные сети 1-7
- оптоволоконный кабель для внутренних помещений 7-23
- оптоволоконный стандартный кабель 7-23
- организационные блоки в Profinet IO 6-16
- организационный блок (OB) 6-2, 6-4
- организация VPN-туннеля с помощью SCALANCE S 8-23
- основная структура Ethernet 2-1
- основные действия при выполнении диагностики 5-95
- основные настройки IO-устройства 4-49
- основные настройки PN IO-интерфейса 4-41
- основные настройки PROFINET IO-системы 4-45
- основные настройки для шлюза Simatic Net IE/PB-Link PN IO 4-51
- основные термины IEC 61499-1 5-5
- основные термины Profinet CBA 5-5
- от планирования до эксплуатации установки 5-64
- отказ Ethernet-коммуникаций 4-84
- отказ Ethernet-коммуникаций 4-85
- отказ взаимных соединений 5-94
- отказ доступа 4-85
- отказ на шине 4-84
- отказ подключения IO-устройства 4-85
- отказ стойки (OB 86) 6-21
- отклонения значений времени цикла 3-3
- отметки времени 3-13

отсутствует или выключен IO-контроллер 4-85

## П

пакет данных в сети Ethernet 2-3

параметр BIE-бит 6-9

параметр BUSY 6-9

параметр LADDR 6-9

параметр REQ 6-8

параметр RET\_VAL 6-10

параметры конфигурации при создании Profinet-компонентов 5-48

пассивные сетевые компоненты 7-4

патч-корды IE TP Cord 7-17

передача пакетов в Profinet IO 4-15

передача сигналов посредством оптических линий 7-21

перечень основных стандартов 7-95

период циклического обмена данными 5-55

планирование установки 4-35

ПО STEP 7 2-4

поведение устройств Simatic Profinet IO при запуске 4-30

повторитель 7-67

погрешность синхронизации 3-8

поддержка STP / RSTP 7-78

поддержка VLAN 7-78

поддержка VPN 8-3

подключение устройств к сети 5-67

полудуплекс 2-5

пользовательский приоритет 3-22

поляризованный коннектор-вилка 7-26

последовательность процедуры передачи циклических данных с RT-протоколом 4-17

последовательность сервисов назначения IP-адреса IO-устройству 4-25

последовательность сервисов назначения имени IO-устройству 4-24

последовательность сервисов обработки сигналов в Profinet IO 4-22

последовательность сервисов чтения/записи в Profinet IO 4-23

поток данных в Profinet IO 4-4

правилами безопасности (security rules) 8-13

преамбула 3-29

преамбула 2-3

преамбула 3-18

преамбула 3-23

превышено время ожидания отклика 4-85

прием сообщений с SFB 54 "RALRM" 6-36

приложение 5-5

применение ERTEC 200 и ERTEC 400 с изохронными приводами 3-34

применение ERTEC 200/400 в устройствах ввода/вывода 3-33

применение кабеля-антенны вытекающей волны IWLAN RCoax Cable 7-47

примеры диагностики в Profinet IO в разных уровнях системы 4-68

принцип "master/slave" ("ведущий/ведомый") в Profibus DP 4-3

принцип "provider/consumer" ("провайдер/потребитель") в Profinet IO 4-3

- принцип генерации Simatic iMap - проекта с Simatic S7 -устройствами 5-81
- принцип импортирования Profinet-компонентов для Simatic S7-устройств в Simatic iMap 5-68
- принцип использования проху-функций в Profinet IO 4-33
- принцип модификации Profinet-компонентов для Simatic S7 - устройств в Simatic iMap 5-87
- принцип организации экземпляров Profinet-компонентов на базе Simatic S7 -устройств 5-71
- принцип функционирования проху в Profinet CBA 5-14
- принцип циклического обмена пользовательскими данными 3-9
- принципы проектирования для Profinet CBA 5-15
- принципы создания компонентов для Simatic PLC 5-66
- приоритетные классы для ОБ-блоков 6-4
- проверка доступности устройств 5-97
- проверка квоты для коммуникаций по каналу Profinet IO 5-66
- проверка конфигурации 5-92
- проверка сконфигурированных функций 8-21
- проверка, документирование и сохранение Simatic iMap - проекта 5-67
- программа для анализа сетевых протоколов Ethereal 3-36
- программируемые функции 5-28
- программное обеспечение 8-13
- программные PLC 7-65
- программные интерфейсы для Profinet IO 6-16
- программные компоненты 6-2
- проектирование систем Profinet IO 4-35
- проектировщик установки 5-64
- проект-прототип 5-30
- производительность 3-3
- производительность при обмене данными 7-2
- пропускная способность сетей 3-2
- протокол ARP 2-15, 4-5
- протокол DCOM wire 5-60
- протокол DCP 4-5
- протокол DHCP 2-12, 4-5
- протокол DNS 4-5
- протокол ICMP 2-15, 4-5
- протокол IP 2-6, 4-5
- протокол LLDP 4-6
- протокол NTP 7-59
- протокол Profinet IO 1-9
- протокол PTCP 3-12, 4-6
- протокол RARP 2-15
- протокол RPC 5-61
- протокол RT 4-6
- протокол SNMP 4-5, 4-83, 7-59
- протокол TCP 2-12
- протокол TCP/IP 2-6
- протокол TKIP 7-29
- протокол UDP 2-14, 4-5
- протокол UDP/IP 2-6
- протокол разрешения адресов 2-15
- протокол управляющих сообщений в сети Интернет 2-15

протоколы Profinet на базе Ethernet 2-6  
профиля Profidrive для Profibus 1-12  
проходной фрейм 3-15  
проходные узлы 3-15  
процедура CSMA/CD 2-1  
процедура Time slot 3-3  
процедура передачи 7-7  
процедура синхронизации времени 3-12  
процедуры при создании Profinet-компонентов 5-65  
процесс установки соединения 5-62  
процесс установки соединения 5-62  
прямой кабельный выход 7-11  
прямой обмен данными 3-26  
путь к распределенным автоматизированным системам 5-3

## Р

рабочее состояние FORCE (Форсирование) 4-71  
рабочее состояние HOLD (Задержка) 4-71  
рабочее состояние RUN (Выполнение) 4-71  
рабочее состояние STARTUP (Запуск) 4-71  
рабочее состояние STOP (Стоп) 4-71  
рабочие характеристики коммуникационных узлов 3-30  
радиус изгиба 7-92  
разбиение IP-адреса 2-8  
разбиение цикла передачи на IRT-канал и открытый канал 3-27

разделение 3-3  
разработка систем на базе Profinet CBA 5-22  
разработка устройств ввода/вывода для Profinet-системы 3-34  
разрыв связей приложений 4-9  
разрыв соединения в Profinet CBA 3-11  
разъем RJ45 7-6  
разъем R-SMA 7-45  
распределение криптографических ключей 8-8  
распределенные автоматизированные системы на базе IEC 61499-1 5-4  
рассылка данных 5-55  
расширение для реального времени 1-9  
расширенный стандарт шифрования AES 7-29  
редактор Profinet-интерфейса 5-41  
редактор взаимных соединений 5-24  
режим "точка к точке" (Point-to-point mode) 7-35  
режим 1000Base-LX 7-22  
режим 1000Base-LX 7-4  
режим 1000Base-SX 7-22  
режим 1000Base-SX 7-4  
режим 1000Base-TX 7-4, 7-7  
режим 100Base-FX 7-22  
режим 100Base-FX 7-4  
режим 100Base-TX 7-4  
режим Online View (режим "Интерактивный вид") 4-72  
режим Runtime 3-3  
режим выполнения 3-3

- режим инфраструктуры (Infrastructure mode) 7-35
- режим обучения (learning process) 8-5
- режим резервирования "Redundancy mode" 7-37
- резервирование информации о скорости передачи 7-27
- резервный источник питания 8-11
- резистор согласованной нагрузки TI795-1R 7-46
- рекомендации по оптимальной организации сетей Profinet 7-89
- рекомендации по установке Profinet-сети 7-89
- рекомендации по установке электрических и оптических линий передачи данных 7-91
- рекомендуемые значения при определении QoS для ациклического обмена 5-60
- рекомендуемые значения при определении QoS для циклического обмена 5-60
- репитер 7-67
- репитер 2-5
- ресурс 5-5
- Роберт Меткаф 1-5
- розетка IE FC RJ45 Modular Outlet 7-15
- С**
- свойства взаимных соединений (interconnection properties) 5-60
- свойство детерминированности 3-4
- связи приложений (AR) 4-9
- сегментирование 3-3
- сегментирование сети 1-12
- сервер IO-параметров 4-4
- сервер PN-CBA-OPC 7-60
- сервисы ARP 4-25
- сервисы DCP 4-25
- сервисы для передачи сигналов 4-22
- сетевая карта Simatic NET CP 1604 7-53
- сетевая карта Simatic Net-CP 1616 7-53
- сетевые компоненты 1-12
- сети на базе "витой пары" 1-7
- сигнал "вставка устройства" 4-20
- сигнал "обновление" 4-20
- сигнал "ошибка при вставке устройства" 4-20
- сигнал "удаление устройства" 4-20
- сигнал восстановления 4-21
- сигнал об отказе основного IO-контроллера 4-20
- сигнал процесса 4-20
- сигнал состояния 4-20
- сигнальный контакт 8-11
- символы, используемые в системе диагностики в Simatic iMap, и их значения 5-92
- соединительные кабели IE TP Cord 7-17
- стандарт Profinet для электрических линий передачи 7-6
- символы различных состояний устройств и сигналов 4-71
- символьное имя переменной 5-103
- символьный OPC-файл 5-22
- синхронизация 3-12
- синхронизация 3-3

- синхронизация без проходных пакетов 3-16
- синхронизация внутри RTCP-субдомена 3-15
- синхронизация времени 3-3
- синхронизация времени через сеть Industrial Ethernet 7-59
- система 5-5
- система безопасности 1-12
- система коммуникаций реального времени 1-10
- системная функция (SFC) 6-2
- системные и стандартные функции для Profinet CBA 6-64
- системные и стандартные функции для Profinet IO 6-55
- системные переменные (System variables) 5-106
- системные функциональные блоки для Profinet IO 6-22
- системные функции для Profinet IO 6-27
- системный инженер 5-64
- системный функциональный блок (SFB) 6-2
- системы управления на базе ПК для Profinet 7-65
- скорость передачи 7-7
- скорость передачи данных 7-22
- скручивание 7-92
- слот 4-7
- службы Profinet 1-9
- службы Profinet-коммуникаций 7-57
- службы и протоколы 4-17
- смешанная модель проектирования 5-22
- собственные информационные переменные устройства 5-107
- соединение 5-5
- соединение в Simatic iMap (Linking) 5-28
- соединение для ациклического обмена данными (Acyclic interconnection) 5-58
- соединение для циклического обмена данными (Cyclic interconnection) 5-58
- соединение с постоянным значением (Constants) 5-58
- соединения приложений (AR) 4-9
- создание HMI-интерфейсного DB-блока 5-44
- создание OPC - файла символов (OPC symbol file) 5-87
- создание Profinet-компонента для Simatic PLC 5-48
- создание Profinet-компонентов 5-24
- создание Profinet-компонентов с Simatic Manager 5-37
- создание Profinet-компонентов в STEP 7 5-37
- создание базового STEP 7 - проекта 5-37
- создание интерфейсного DB-блока 5-40
- создание нового проекта 4-38
- создание пользовательской программы 4-63
- создание проекта и модуля 8-19
- создание экземпляров Profinet-компонентов 5-67
- сообщения функции проверки доступности устройств 5-97
- состояние APDU 3-24
- состояние данных 3-25

- списки системных состояний (SSL) для Profinet IO 6-50  
 список операторов 1-3  
 сплиттер 7-78  
 сравнение "интерактивных" (online) и "автономных" (offline) данных 5-98  
 сравнение Profibus и Profinet IO в STEP 7 4-35  
 среда передачи на базе сетей из электрических линий 7-4  
 средства молниезащиты 7-21  
 средства разработки Profinet-систем 5-1  
 стандарт 10-Gigabit Ethernet 1-6  
 стандарт BlueBook 2-2  
 стандарт DIN IEC 61499 5-4  
 стандарт DIX 1-5, 2-2  
 стандарт EN 50173 7-9  
 стандарт Ethernet 10BASE2 1-5  
 стандарт Ethernet 10BASE5 1-5  
 стандарт Ethernet 10BASE-T 1-6  
 стандарт Ethernet II 2-2  
 стандарт Fast Ethernet 100BaseT 1-6  
 стандарт Fast Ethernet IEEE 802.3u 1-6  
 стандарт IEC 60874-10 7-22  
 стандарт IEC 61131 5-3  
 стандарт IEC 61131-3 5-4  
 стандарт IEC 61499-1 5-4  
 стандарт IEC 874-10 7-26  
 стандарт IEC 874-19 7-26  
 стандарт IEC PAS 61499 5-3  
 стандарт IEEE 802.11a 7-28  
 стандарт IEEE 802.11b/g 7-28  
 стандарт IEEE 802.1Q 3-22  
 стандарт IEEE 802.1x 7-32  
 стандарт IEEE 802.3 2-2, 8-3  
 стандарт IEEE 802.3ae 1-6  
 стандарт IEEE 802.3u 5-57  
 стандарт IEEE 802.ID 3-22  
 стандарт ISO/IEC 11801 7-3  
 стандарт ISO/IEC 8802-3 7-68  
 стандарт ISO/IEC 9314-3 7-23  
 стандарт ISO/IEC 9314-4 7-23  
 стандарт Profinet CBA 1-10, 5-10  
 стандарт WPA 7-32  
 стандарт WPA-PSK 7-32  
 стандартная модель проектирования 5-22  
 стандартная модель устройства 4-6  
 стандартный канал 3-8  
 стандартный фрейм Ethernet 2-2  
 стекловолокно 7-21  
 степень защиты IP30 8-11  
 степень защиты IP65 7-45  
 степень защиты IP67 7-14  
 степень понижения частоты 4-14  
 структура IP-пакета 2-7  
 структура IRT-фрейма 3-28  
 структура RTCP-фрейма 3-18  
 структура RT-фрейма 3-22  
 структура SSL ID 6-53  
 структура TCP-пакета 2-13  
 структура выходного параметра AINFO 6-43  
 структура имен информационных переменных 5-103  
 структура интерфейсного DB-блока 5-45  
 структура интерфейсного DB-блока для Profibus-устройства 5-44

структура программы 6-2  
структура символьных имен  
информационных переменных 5-104  
структура системы идентификации  
устройства 4-29  
структура слотов 5-45  
структура тестовой сети 8-17  
структура цикла передачи 3-4  
структура шины с резервированием  
1-7  
Субслот 4-7  
схема движения данных процесса и  
прокси-функции 5-13  
счетчик циклов 3-25  
считывание записи с SFB 52 "RDREC"  
6-33

## Т

тегирование с приоритетом 1-9  
температура окружающей среды 7-92  
терминалы данных 2-5  
техника изохронных коммуникаций  
реального времени 3-27  
техническое исполнение - FastConnect  
7-7  
технологии COM/DCOM 5-8  
технологии Profinet IO и Profibus DP в  
сравнении 4-2  
технологическая функция  
(technological function) 5-27  
технологические функции 5-7  
технологический интерфейс  
(technological interface) 5-28  
технологический модуль 5-25  
технологической функции 5-26

технология COM 5-8  
технология DCOM 5-8  
технология FastConnect 7-7  
технология Industrial Ethernet FC 7-7  
технология OLE 1 5-8  
технология OLE 2 5-8  
технология Profibus DP 4-2  
технология Profinet CBA 5-1  
технология Profinet IO 4-2  
тип данных 5-46  
тип данных (Data type) 5-28  
тип кабеля 7-22  
тип коннекторов M12 7-14  
тип коннекторов RJ45 7-12  
тип оптоволокну 7-22  
типичная конфигурация установки  
4-36  
типы Profinet-компонентов 5-29  
типы блоков 6-2  
типы взаимных соединений 5-58  
типы данных для Profinet CBA 5-46  
типы данных для Simatic S7 5-46  
типы модулей 4-75  
типы сигналов 4-19  
топологии сети 7-81  
топология "линейная" 7-81  
топология звездообразная 3-2  
топология линейная 3-2  
топология сети 3-2  
топология типа "дерево" ("tree") 7-81  
топология типа "звезда" ("star") 7-81  
топология типа "кольцо" ("ring") 7-81  
требования к Ethernet в контексте RT  
3-3



тэгирование виртуальной сети 3-22

## у

угловой кабельный выход 7-11

удаленное соединение (remote inter-connection) 5-59

удаленный вызов процедуры (протокол RPC) 5-61

узлы, доступные в Simatic Manager 4-74

управление движением с помощью Profinet 1-12

управление коммуникационным соединением реального времени (Real-time Connection Management) 3-11

уровни системы, доступные для диагностики в Profinet IO 4-68

уровни эксплуатационной безопасности 1-13

условия окружающей среды 7-2

условия организации сети 7-1

установка Profinet IO-устройств с помощью GSD-файла 4-39

установка коммуникационного соединения 4-27

установка связей приложений 4-9

установление виртуальной частной сети (VPN) 8-7

установление соединения в Profinet CBA 3-11

установление файрволла 8-7

устойчивость к растяжению 7-92

устойчивость к электромагнитным помехам 7-21

устройство 5-5

устройство (device) 5-27

утилита HW-Config 5-45

утилита Simatic Manager 5-48

## Ф

фаза 4-14

файл протокола (log file) 8-10

файлы со значками 5-48

файрволл (Firewall) 8-6, 8-9

файрволл, обеспечивающий фильтрацию пакетов 8-9

физическое устройство 5-5

фиксированные функции 5-28

формат IP-адреса 2-8

формат VLAN-пакета 3-22

формат фрейма VLAN (VLAN tagging) 5-62

формирование служебных сигналов 3-5

функции Proxy в Profinet IO 4-32

функции диагностики 4-67

функции диагностики в пользовательской программе для IO-контроллера 4-81

функции диагностики для Profinet IO в STEP 7 и NCM 4-68

функции для Ethernet-устройств 2-5

функции защиты модулей безопасности 8-7

функции тестирования с использованием программатора PG 5-38

функциональный блок 5-5

функциональный блок (FB) 6-2, 6-7

функциональный план 1-3

функция (FC) 5-5, 6-2, 6-7

функция автокроссовера 7-68

## Х

хаб 7-66

хост-компьютер 7-58

## Ц

цветовая маркировка коннекторов  
RJ45 патч-кордов 7-18

центральный процессор 7-64

цикл контроллера привода 3-26

цикл передачи 3-4

циклические I/O-данные 4-17

циклический RT-пакет данных 3-23

циклический мониторинг радиосвязи  
7-28

циклический мониторинг связи 7-29

циклическое соединение 5-58

## Ч

частота передачи (Transfer frequency)  
5-59

частота сканирования (Scanning  
frequency) 5-59

## Ш

шаги от конфигурирования до запуска  
системы 4-30

шина Profibus 1-11

шинный кабель SINEC HI 1-7

широковещательный адрес 2-10

шифрование данных 1-12, 8-8

шлюз (Router) 5-76

шлюз IE/PB-Link PN IO 7-62

шлюз IWLAN/PB Link PN IO 7-40

## Э

экземплярный блок данных (Instance  
DB) 6-2

экземпляры (Instances) 5-72

электромагнитная совместимость 7-89

элемент Channel 4-7

элемент Slot 4-7

элемент Subslot 4-7

элемент молниезащиты LP798-1PRO  
7-46

элементы IRT-протокола 3-28

элементы RT-протокола 3-22

элементы индикации Simatic Net-CP  
343-1 4-91

элементы индикации Simatic Net-CP  
443-1 Advanced 4-89

элементы индикации Simatic S7 CPU  
31x-2 PN/DP 4-86

элементы индикации Simatic S7 IM151-  
3 PN 4-88

элементы индикации шлюза Simatic  
Net IE/PB-Link PN IO 4-92

элементы индикации шлюза Simatic  
Net IWLAN/PB Link PN IO 4-95

элементы модели IO-устройства 4-7

элементы протокола РТСР-фрейма 3-  
18

элементы протокола пакета для  
изохронных коммуникаций реального  
времени 3-29

элементы протокола фреймов  
синхронизации 3-18

ЭМС 1-6, 7-89

## **Я**

языки программирования Simatic 6-1

