



# PROFINET

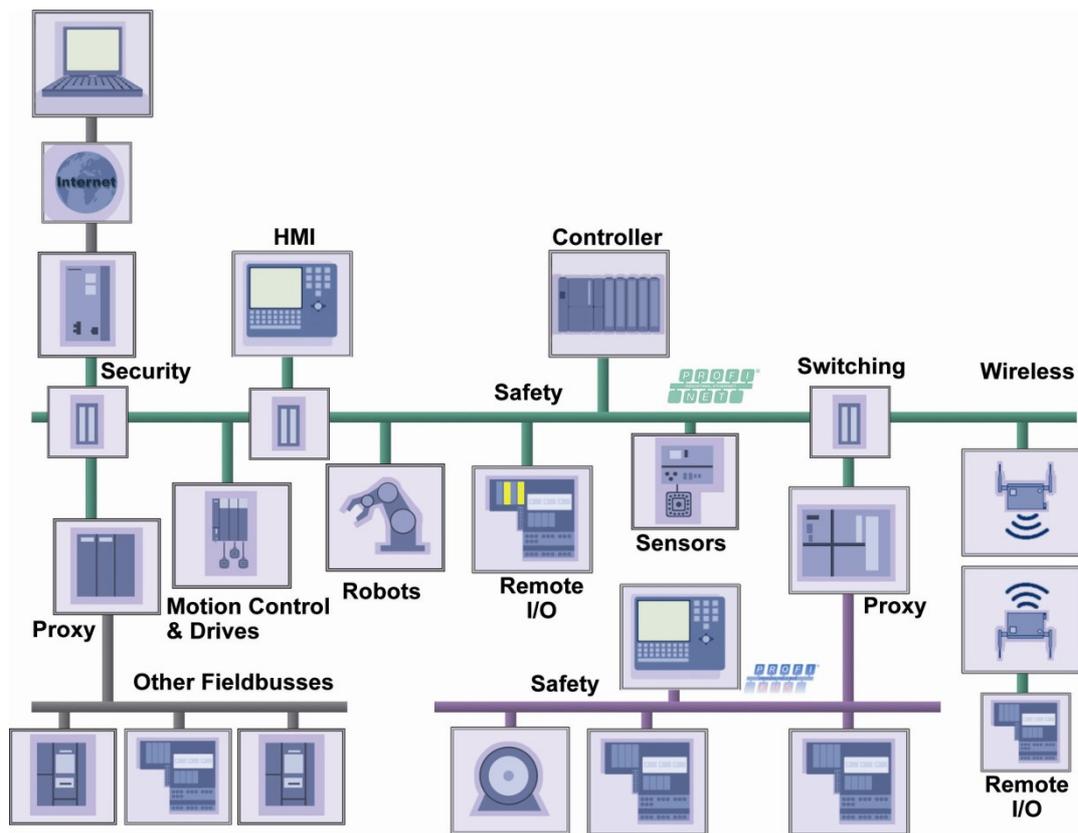
Описание Системы



Technology and Application

Открытые Решения для Мира Автоматики





## Ведение

Короткие, как никогда ранее, периоды освоения новых продуктов превращают непрерывную эволюцию технологий автоматизации в необходимость. Использование технологии полевой шины стало значительным новшеством последних нескольких лет. Эта технология сделала возможной миграцию от централизованных автоматизированных систем к распределенным. PROFIBUS, будучи лидером мирового рынка, устанавливает стандарты качества в этой области на протяжении уже 20 лет.

На сегодняшний день технологии автоматизации, Ethernet и информационные технологии (ИТ) с такими стандартами, как TCP/IP и XML, играют все большую и большую роль. Интеграция информационных технологий и автоматизации открывает большие возможности для значительно развившихся коммуникаций между автоматизированными системами, средствами удаленной конфигурации и диагностики (far-ranging configurations and diagnostics) и общесетевыми сервисными функциями. Эти функции были неотъемлемыми компонентами PROFINET с момента его основания..

**PROFINET это передовой открытый стандарт для промышленных сетей Ethernet. PROFINET удовлетворяет всем требованиям технологий автоматизации. PROFINET позволяет разрабатывать решения для автоматизации предприятий и технологических процессов, приложений безопасности и для целого ряда приложений технологии приводной техники, включая управление изохронными перемещениями.**

Помимо возможности работы в реальном времени и использования ИТ, в PROFINET важную роль играет защита инвестиций. PROFINET позволяет интегрировать безо всякого изменения существующие полевые системы, такие как PROFIBUS DP, PROFIBUS PA, AS-Interface, INTERBUS, DeviceNet и существующие полевые устройства. Это означает, что вложения владельцев производства, производителей промышленного оборудования, а также производителей полевых устройств полностью защищены.

Использование открытых стандартов, простота использования и интеграция с существующими компонентами систем – вот что всегда определяло направление развития PROFINET. PROFINET определен в стандартах IEC 61158 и IEC 61784.

Постоянное развитие PROFINET предлагает пользователям долгосрочное видение их проектов автоматизации.

Для производителей промышленных объектов использование PROFINET сводит к минимуму стоимость проектирования, разработки и внедрения. Владельцам производства PROFINET дает легкость в масштабировании систем и высокий уровень их работоспособности, достигаемый за счет автономной работы узлов и низких требований к техническому обслуживанию.

Обязательная сертификация устройств PROFINET гарантирует высокое качество.

<b>1. Обзор PROFINET</b>	<b>5</b>	5.1 Прикладные и коммуникационные отношения	16
1.1 PROFINET IO	5	5.2 Определение окружения	16
1.2 Стандартизация	6	5.3 Выявление топологии	17
1.3 Обзор применений PROFINET	6	5.4 Пример приложения для LLDP	17
1.4 Составные части PROFINET	6	5.5 Обмен данными во время установления соединения и параметризации	18
1.5 Компонентная модель (PROFINET CBA)	7	5.6 Оптимизированное установление соединения	19
1.6 Распределенные системы ввода/вывода (PROFINET IO)	7	<b>6. IRT коммуникации в PROFINET IO</b>	<b>20</b>
1.7 PROFINET и реальный масштаб времени	7	6.1 Определение IRT домена	21
1.8 PROFINET и изохронный режим	7	6.2 Синхронизация тактовой частоты для IRT коммуникаций	21
1.9 Классы устройств в PROFINET IO	7	6.3 Гибкость коммуникаций класса RT_CLASS_2	22
1.10 Адресация в PROFINET IO	8	6.4 Коммуникации класса RT_CLASS_3	22
<b>2. Основные понятия PROFINET IO</b>	<b>9</b>	6.5 Загрузка системы с IRT	23
2.1 Модель устройств	9	6.6 Советы по коммуникациям	23
2.2 Идентификатор прикладного процесса (API) IO	10	6.7 Смешанная работа синхронных и асинхронных задач	24
2.3 Коммуникации в PROFINET IO	10	<b>7. IO-Контроллер PROFINET</b>	<b>25</b>
2.4 Принципы обмена данными в реальном времени в PROFINET IO	10	7.1 Сервер параметров	25
2.5 Классы коммуникаций реального времени в PROFINET IO	11	<b>8. Описание устройства (GSD файл)</b>	<b>28</b>
2.6 Циклический поток данных	12	<b>9. Функции идентификации и сопровождения</b>	<b>28</b>
2.7 Ациклический поток данных	12	<b>10. Резервирование</b>	<b>29</b>
2.8 Отношение групповой передачи (MCR)	12	10.1 Протокол MRP	29
2.9 Событийно-ориентированный поток данных	12	10.2 Протокол MRRT	30
<b>3. Диагностика в PROFINET IO</b>	<b>13</b>	10.3 Резервирование средств связи класса RT_CLASS_3 (MRPD)	30
3.1 Обзор структуры сигнального сообщения	13	<b>11. Классы соответствия</b>	<b>31</b>
3.2 Диагностические средства PROFINET	13	<b>12. Прикладные профили для PROFINET IO</b>	<b>33</b>
3.3 Функции мониторинга в IO-контроллере и IO-устройстве	13	<b>13. PROFINET для АСУТП</b>	<b>34</b>
<b>4. Режимы работы PROFINET IO</b>	<b>15</b>	<b>14. TCI</b>	<b>35</b>
<b>5. Загрузка системы</b>	<b>16</b>	<b>15. PROFINET CBA</b>	<b>37</b>

15.1	Технологические модули	37	18.3	Идентификация	46
15.2	Технологический модуль и компонент PROFINET	38	<b>19. Монтаж сети</b>		<b>47</b>
15.3	PROFINET инженерия в компонентной модели	38	19.1	Компонентный подход PROFINET	47
15.4	Загрузка на полевое устройство	39	19.2	Сетевые топологии	47
15.5	Коммуникации реального времени в компонентной модели	39	19.3	Классы окружения	48
15.6	Описание устройства для компонентной модели (PCD)	40	19.4	Разводка кабеля PROFINET	48
15.7	Стек ПО для компонентной модели	40	19.5	Коннекторы для линии данных	48
15.8	PROFINET CBA и PROFINET IO	40	19.6	Кабели для линии данных	49
<b>16. Интеграция с полевой системой</b>		<b>42</b>	19.7	Коннекторы	49
16.1	Интеграция через прокси	42	19.8	Сетевые компоненты	49
16.2	PROFIBUS и другие полевые системы	42	19.9	Установка PROFINET	49
<b>17. Web интеграция</b>		<b>43</b>	19.10	Промышленная радиосвязь	49
17.1	Безопасность	43	<b>20. Технология и сертификация PROFINET IO</b>		<b>51</b>
17.2	Сегментация	44	20.1	Поддержка технологии	51
17.3	Управление сетью	44	20.2	Сертификационное тестирование	51
17.4	IP управление	44	<b>21. PI – Организация</b>		<b>53</b>
17.5	Управление диагностикой	44	21.1	Обязательства	53
<b>18. PROFINET и MES</b>		<b>46</b>	21.2	Членство	53
18.1	Операции в MES	46	21.3	Организация развития технологии	53
18.2	Техобслуживание по состоянию	46	21.4	Техническая поддержка	54
			21.5	Документация	54
			21.6	Сайт	54
			<b>Глоссарий</b>		<b>55</b>

## 1. Обзор PROFINET

PROFINET это стандарт автоматизации от PROFIBUS&PROFINET International (PI). PROFINET на 100% совместим с Ethernet, определенными стандартами IEEE. Для работы с PROFINET устанавливаются следующие минимальные требования к каналам связи:

1. Скорость передачи данных 100 Mbps по оптоволоконному каналу или витой паре (100 Base TX и 100 Base FX)
2. Передача данных в дуплексном режиме
3. Switched Ethernet
4. Автонастройка (настройка параметров передачи)
5. Автокроссовер
6. Беспроводная передача (WLAN и Bluetooth)

PROFINET использует UDP/IP в качестве протокола верхнего уровня для обмена данными по требованию. UDP (User Datagram Protocol) предоставляет небезопасную, широкоэмительную передачу по протоколу IP без установления соединения. Наряду с UDP/IP коммуникациями, в PROFINET используется циклический обмен данными, основанный на концепции масштабируемого реального времени (scalable real-time concept).

### 1.1 PROFINET IO

Ключевые черты PROFINET:

1. Производительность: автоматизация в реальном времени
2. Безопасность: безопасные коммуникации с использованием PROFI-safe
3. Диагностика: высокая работоспособность оборудования, достигаемая за счет быстрого введения в эксплуатацию и эффективного поиска и устранения неполадок
4. Защита инвестиций: плавная интеграция с полевыми системами

Кроме того, PROFINET предлагает ряд специальных функций.

#### Замена устройств без использования системы разработки (ES tool)

Сбой в работе устройства PROFINET определяется и сигнализируется автоматически. Не требуется никаких специальных знаний, чтобы заменить устройство. Получение адреса и загрузка необходимых параметров происходит автоматически. Устройства, имеющие ошибки конфигурации, определяются автоматически во время загрузки системы

#### Управление

С поддержкой Интерфейса Вызова Инструмента (Tool Calling Interface, TCI), любой производитель полевых устройств может взаимодействовать с любой TCI-совместимой технической системой и связываться с «его» полевыми устройствами (Device Tool) из этой системы с целью назначения параметров и проведения диагностики.

#### Сохранение индивидуальных параметров (iPar сервер)

Параметры, определенные на основе специфики конкретного оборудования, сохраняются и загружаются автономно. Сервер параметров iPar поддерживает независимую от производителя загрузку индивидуально назначенных параметров (например, через TCI), оптимизированных под специфическое оборудование, а также автоматическое сохранение их в архиве на сервере. Выгрузка таких параметров также происходит автоматически во время замены устройства.

#### Топология промышленного объекта

В PROFINET встроена визуализация топологии промышленного объекта вместе с информативными средствами диагностики.

#### Диагностика оборудования

PROFINET обеспечивает удобную диагностику оборудования посредством комбинации базовых сервисов, доступных в качестве стандартной возможности, в контроллере верхнего уровня.

#### Изохронная передача данных

С PROFINET детерминированная и изохронная передача данных критичных во времени процессов возможна в течение нескольких сотен микросекунд. PROFINET использует такие детерминированные коммуникации, например, для контроля замкнутости кольца.

#### Концепция резервирования

PROFINET предлагает концепцию масштабируемого резервирования (scalable redundancy concept), которая гарантирует беспрепятственный переход от одного

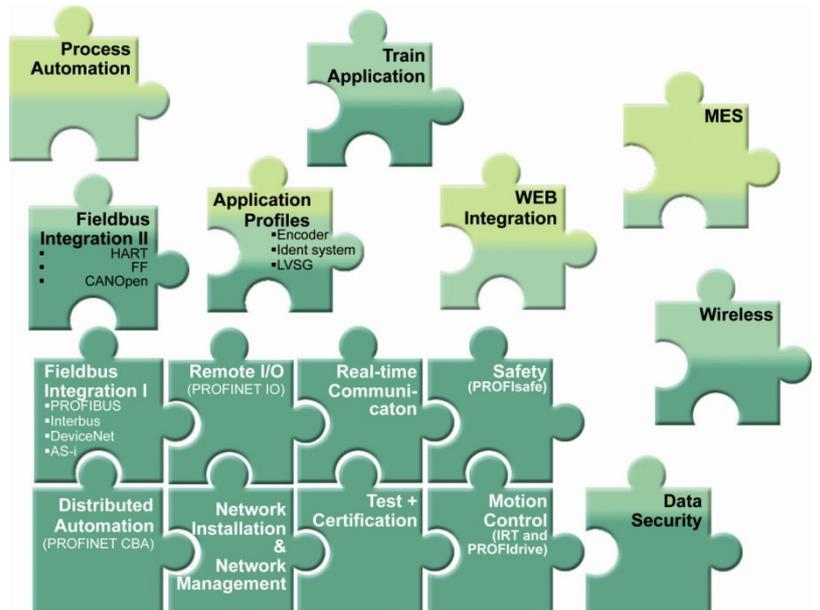


Рисунок 1.1: Функциональность PROFINET масштабируема.

канала связи к другому в случае обрыва связи. Концепция резервирования, определенная в PROFINET, значительно повышает работоспособность промышленного объекта.

### Простота замены устройства

Встроенная функция определения окружения позволяет полевым устройствам PROFINET находить соседние станции в сети. Эта информация может быть использована, чтобы отобразить топологию объекта в очень простом для понимания графическом виде. В случае возникновения проблем, полевые устройства могут быть заменены без использования дополнительных инструментов или предварительного обучения.

## 1.2 Стандартизация

PROFINET IO определен в IEC 61158. IEC 61784 описывает подмножество сервисов, заданных в IEC 61158, которые должны применяться в PROFINET.

Концепция PROFINET была разработана в тесном сотрудничестве с конечными пользователями. Добавления к стандартному протоколу Ethernet, определенному в IEEE 802, были допущены PI только в тех случаях, когда существующий стандарт не мог в полной мере соответствовать требованиям.

## 1.3 Обзор применений PROFINET

PROFINET удовлетворяет всем требованиям технологий автоматизации. В PROFINET совмещены многолетний опыт использования PROFIBUS и широкое распространение промышленного Ethernet.

Использование стандартов ИТ, простота в

обслуживании и интеграция с существующими системными компонентами – вот что определяло развитие PROFINET с момента его основания. На рисунке 1.2 представлена функциональность, предоставляемая PROFINET на сегодняшний день.

Постоянное развитие PROFINET предлагает пользователям долгосрочное видение реализации их задач автоматизации.

Для производителей промышленных объектов использование PROFINET сводит к минимуму стоимость проектирования, разработки и внедрения.

Владельцам производств PROFINET дает легкость в масштабировании систем и высокий уровень их работоспособности, достигаемый за счет автономной работы узлов и низких требований к техническому обслуживанию.

Обязательная сертификация продуктов PROFINET гарантирует высокий уровень качества.

Применение пользовательских профилей, разработанных на сегодняшний день, дает возможность использовать PROFINET практически в любом секторе автоматизации. Постоянно разрабатываются новые профили.

## 1.4 Составные части PROFINET

PROFINET имеет модульную структуру, что дает возможность пользователю выбирать необходимую ему функциональность.

Функциональность различается в терминах различных типов обмена данными. Это различие необходимо, чтобы удовлетворить самым строгим требованиям по скорости передачи данных, устанавливаемым некоторыми приложениями. Рисунок 1.2 показывает взаимосвязи PROFINET CBA и PROFINET IO. Оба канала связи могут использоваться параллельно.

**PROFINET CBA** (Component Based Automation – компонентно ориентированная автоматизация) подходит для компонентно ориентированных межмашинных коммуникаций по протоколу TCP/IP и для коммуникаций в режиме реального времени. PROFINET CBA дает возможность легко проектировать модульное оборудование и производственные линии, основанные на распределении логических функций, используя графическую конфигурацию коммуникаций между функциональными модулями.

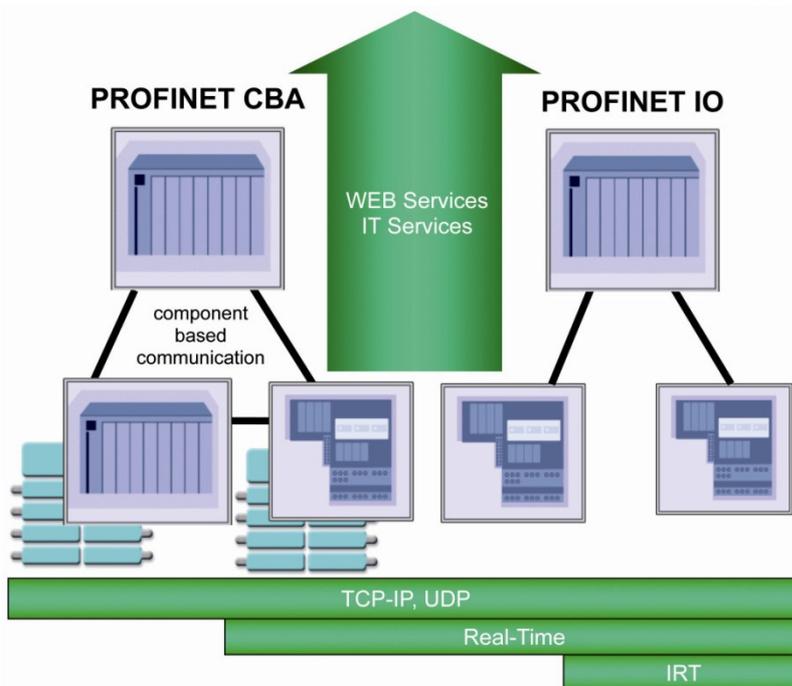


Рисунок 1.2: Составные части PROFINET.

**PROFINET IO** описывает представление входных/выходных потоков данных в распределенных системах ввода/вывода. PROFINET IO поддерживает коммуникации реального времени (real-time, RT) и изохронные коммуникации реального времени (isochronous real-time, IRT) с распределенной системой ввода/вывода. Обозначения RT и IRT используются исключительно в описании коммуникационных свойств, касающихся работы в реальном времени.

PROFINET CBA и PROFINET IO могут быть использованы по отдельности или в сочетании, таким образом, что модуль PROFINET IO на диаграмме топологии промышленного объекта выступает в роли модуля PROFINET CBA.

### 1.5 Компонентная модель (PROFINET CBA)

Компонентная модель предназначена для организации взаимодействия между программируемыми логическими контроллерами (Programmable Logic Controller, PLC). Основная идея CBA заключается в том, что автоматизированные системы могут быть разбиты на независимые и потому очевидным образом классифицируемые функциональные блоки. Эти так называемые компоненты PROFINET обычно управляются однозначно определенным набором входных сигналов. Внутри компонента, управляющая программа, написанная пользователем, реализует требуемую функциональность компонента и посылает соответствующие выходные сигналы другому компоненту. Такая разработка является независимой от производителя оборудования. Коммуникации в компонентно ориентированной системе скорее конфигурируются, нежели программируются. Коммуникации с использованием PROFINET CBA (без режима реального времени) подходят для шин с длительностью цикла обмена приблизительно от 50 до 100 мс. Циклы обмена порядка миллисекунд возможны по параллельному RT каналу – так же, как в PROFINET IO.

### 1.6 Распределенные системы ввода/вывода (PROFINET IO)

PROFINET IO используется для быстрого обмена данными в распределенных системах ввода/вывода.

PROFINET IO полностью описывает обмен данными между контроллерами (выполняющими роль ведущего устройства по стандарту PROFIBUS) и подчиненными устройствами, а также опции параметризации и диагностики. Разработчик устройства может реализовать PROFINET IO на любом доступном ему контроллере Ethernet. Длительность цикла обмена данными по шине колеблется в пределах миллисекунд. По наглядности и удобству восприятия конфигурирование системы PROFINET IO не уступает

конфигурированию системы PROFIBUS. Концепция реального времени полностью включена в PROFINET IO.

### 1.7 PROFINET и реальный масштаб времени

В PROFINET IO данные процессов и сигналы тревоги передаются в реальном времени. Организация обмена данными в режиме реального времени (RT) в PROFINET основывается на стандартах IEEE и IEC. RT коммуникации составляют основу обмена данными в PROFINET IO.

Данные реального времени обрабатываются с более высоким приоритетом по сравнению с данными TCP(UDP)/IP каналов. Такой метод позволяет достигать длительности цикла обмена данными порядка нескольких сотен миллисекунд.

### 1.8 PROFINET и изохронный режим

Изохронный обмен данными в PROFINET определен в концепции Isochronous-Real-Time (IRT). Длительность циклов обмена данными колеблется в пределах от нескольких сотен микросекунд до 1 мс. Изохронные коммуникации в реальном времени отличаются от коммуникаций реального времени, главным образом, своим изохронным поведением - шинные циклы обмена начинаются с максимальной точностью.

Максимальное отклонение начала шинного цикла обмена составляет 1 мкс. Режим IRT требуется в задачах управления перемещениями (motion control applications).

### 1.9 Классы устройств в PROFINET IO

PROFINET следует модели Поставщик/Потребитель в обмене данными. Поставщик (обычно подчиненное полевое устройство) предоставляет данные потребителю (обычно программируемому логическому контроллеру (PLC)). Любое устройство PROFINET IO может быть как поставщиком, так и потребителем. На рисунке 1.3 представлены классы устройств (IO-Контроллер, IO-Supervisor, IO-Устройство) и коммуникационные сервисы.

С целью упрощения структуризации полевых устройств PROFINET IO, определены следующие классы устройств:

#### IO-Контроллер

Обычный программируемый логический контроллер (соответствует ведущему устройству класса 1 в PROFIBUS).

#### IO-Supervisor

Инженерная станция - в этой роли может выступать программирующее устройство (PG), персональный компьютер (PC) или устройство человеко-машинного

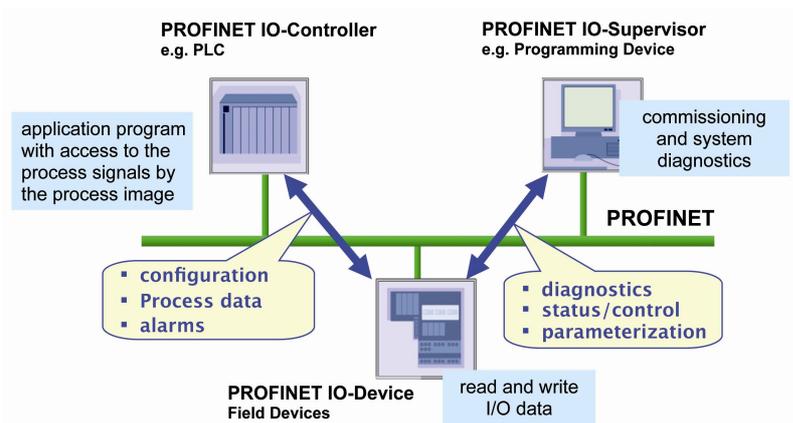


Рисунок 1.3: Хорошая структуризация каналов связи в PROFINET IO

интерфейса (HMI), предназначенное для пусконаладочных и диагностических работ.

### IO-Устройство

Распределенное полевое устройство ввода/вывода использующее протокол PROFINET IO (соответствует подчиненному устройству в PROFIBUS).

Сеть содержит как минимум один IO-контроллер и одно или более IO-устройств. IO-устройство может обмениваться данными с несколькими IO-контроллерами. IO-Supervisor обычно подключают временно для проведения пусконаладочных работ или поиска и устранения неполадок.

## 1.10 Адресация в PROFINET IO

Для адресации полевых устройств PROFINET IO используются их MAC и IP адреса. На рисунке 1.4 показана сеть с двумя подсетями, представленными разными значениями network\_ID (масками подсети).

Идентификация адреса происходит с использованием символического имени устройства, к которому привязан уникальный MAC адрес.

Как только система сконфигурирована, инструментальное средство проектирования загружает всю необходимую для обмена данными информацию в IO-контроллер, включая IP адреса подключенных IO-устройств. На основе имени устройства (и ассоциированного с ним MAC адреса) контроллер может распознать сконфигурированное полевое устройство и назначить ему определенный IP адрес, используя протокол DCP (Discovery and Configuration Protocol – протокол обнаружения и конфигурации), интегрированный в PROFINET IO. В качестве альтернативы, для адресации устройств может использоваться DHCP сервер.

По завершению назначения адресов, система загружается, и IO-устройствам передаются параметры. С этого момента система готова к обмену данными в рабочем режиме.

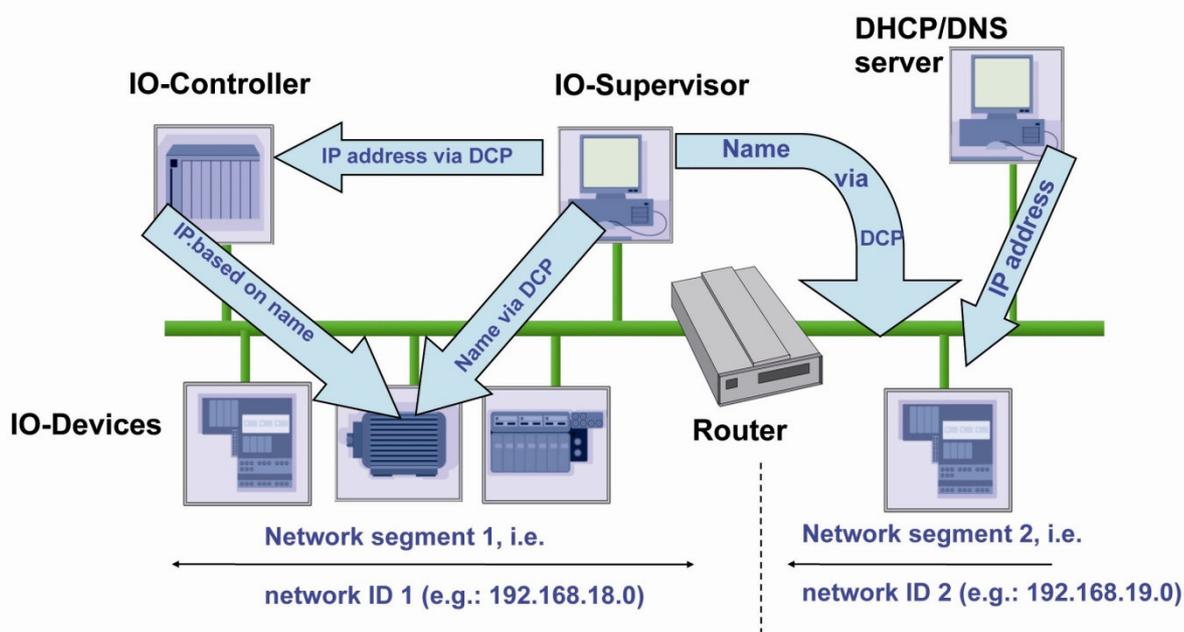


Рисунок 1.4: Сеть PROFINET IO может содержать несколько подсетей.

## 2. Основные понятия PROFINET IO

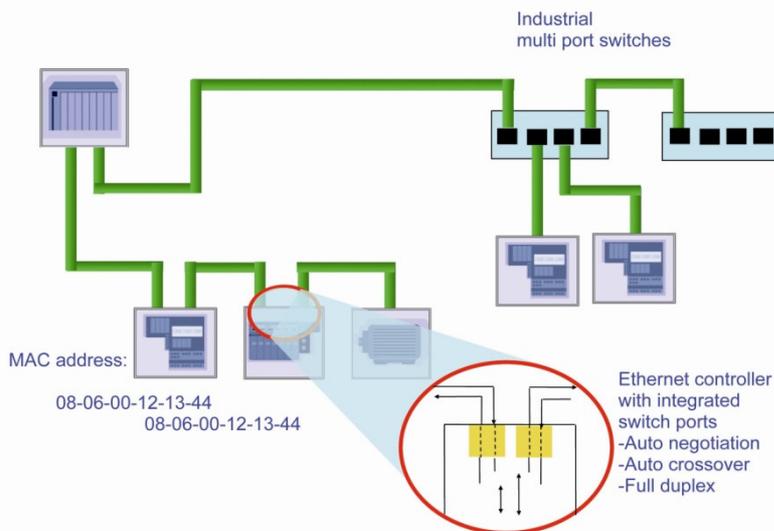


Рисунок 2.1: Полевые устройства PROFINET IO всегда соединяются через коммутаторы.

Полевые устройства PROFINET IO всегда соединяются через коммутаторы. Таким образом, применяется топология «звезда» с отдельными многопортовыми коммутаторами или линейная топология с коммутаторами, встроенными в полевые устройства.

Внутри сети полевое устройство PROFINET IO адресуется по его MAC адресу.

PROFINET передает заголовки некоторых сообщений (например, для синхронизации, определения окружения) с MAC адресом соответствующего порта, а не MAC адресом устройства. По этой причине, каждый коммутационный порт в полевом устройстве должен иметь отдельный MAC адрес. Таким образом, двухпортовое полевое устройство имеет 3 MAC адреса. Тем не менее, MAC адреса портов не видны пользователям. Поскольку полевые устройства соединяются через коммутаторы, PROFINET работает только с соединениями «точка-точка» (так же как Ethernet). То есть, если соединение между двумя полевыми устройствами в линии прервано, устройства, расположенные за обрывом, не будут доступны. Если требуется повышенная надежность, то во время проектирования системы следует предусмотреть избыточные каналы связи и использовать такие полевые устройства (или коммутаторы), которые поддерживают концепцию резервирования PROFINET.

PROFINET-совместимые коммутаторы должны поддерживать «Автонастройку» (настройку параметров передачи) и «Автокроссовер» (перекрещивание линий приема и передачи внутри коммутатора).

### 2.1 Модель устройств

Для облегчения понимания адресации данных технологического процесса в полевом устройстве PROFINET IO, полезным окажется обзор модели устройств и, соответственно, адресации входных/выходных данных в автоматизированной системе.

Полевые устройства делятся на:

- Компактные полевые устройства (не могут быть расширены).
- Модульные полевые устройства.

Доступные технические и функциональные свойств полевых устройств описываются в GSD файле (General Station Description – общее описание станции), создаваемом разработчиком устройства.

Файл содержит определение модели устройства, Точки Доступа Устройства (Device Access Point, DAP) и модулей. DAP это интерфейс шины для Ethernet интерфейса и прикладной программы.

DAP описана в GSD файле вместе со всеми своими свойствами и доступными опциями. Чтобы управлять реальным трафиком данных, ей может быть назначено множество модулей ввода/вывода.

Испытанная на практике модель устройств PROFIBUS была широко применена в PROFINET IO и адаптирована к требованиям конечных

#### MAC адрес и OUI

Адресация каждого устройства PROFINET основывается на его MAC адресе. Этот адрес глобально уникален. Код производителя (биты с 47 по 24) может быть бесплатно получен в Отделе Стандартов IEEE. Эта часть адреса называется OUI (organizationally unique identifier - уникальный идентификатор организации).

PI предоставляет MAC адреса производителям устройств, которые не хотят использовать их собственные OUI, другими словами, некий OUI и определенную для производителя часть (биты с 23 по 0). Эта услуга позволяет компонентам запрашивать MAC адреса в Центре Поддержки PI (PI Support Center). Назначение совершается в пределах 4 К.

Уникальный идентификатор организации PI 00-0E-CF, он имеет структуру, представленную в таблице. OUI может быть использован для 16 777 214 устройств.

Биты 47 ... 24						Биты 23 ... 0					
0	0	0	E	C	F	X	X	X	X	X	X
Код организации → OUI						Последовательный номер					

пользователей. Это привело к увеличению глубины вложенности (слоты и подслоты).

#### В стандарт внесены следующие опции адресации:

**Слотом** называется физический слот модуля ввода/вывода в модульном полевом устройстве, в котором располагается модуль, описанный в GSD файле. Сконфигурированные модули, содержащие один или более подслотов (текущие данные ввода/вывода) для обмена данными, адресуются разными слотам.

Внутри слота **подслоты** формируют действительный интерфейс процесса (входы/выходы). Степень разбиения подслота (побитное, побайтное или пословное разделение данных) определяется производителем. Содержание данных подслота всегда сопровождается статусной информацией, на основе которой подтверждается достоверность данных.

**Индекс** точно определяет данные внутри слота/подслота, которые могут быть записаны или прочитаны ациклически посредством сервисов чтения/записи. Например, с использованием индекса можно записать в модуль параметры или прочесть определенные производителем данные модуля.

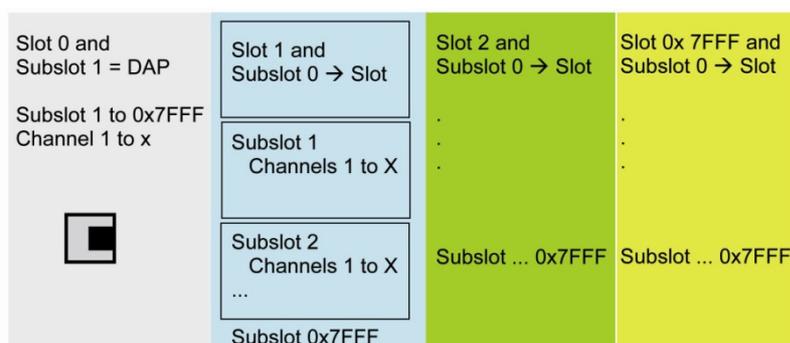


Рисунок 2.2: Данные ввода/вывода в PROFINET адресуются с помощью слотов и подслотов.

На рисунке 2.2 показана модель IO-устройства для модульной конфигурации (интерфейс шины и 3 модуля ввода/вывода).

В GSD файле производитель определяет число слотов/подслотов IO-устройства.

Циклические данные адресуются комбинацией слотов/подслотов, которая свободно определяется производителем.

Прикладной процесс может точно указать необходимые данные, адресуемые с использованием слота, подслота, даже при ациклическом обмене посредством сервисов чтения/записи. При обмене данными по требованию, добавляется третий уровень адресации - индекс. Индекс опеределяет функцию, инициируемую комбинацией слотов/подслотов (например, чтение входных данных подслота, чтение I&M функций (идентификации и сопровождения), чтение текущей/рекомендуемой конфигурации, и т.д.).

## 2.2 Идентификатор прикладного процесса (API)

Чтобы избежать возможной конкуренции при доступе к данным, следует определить не только слоты и подслоты, но и еще один дополнительный уровень адресации, а именно идентификатор/экземпляр прикладного процесса (Application Process Identifier/Instance, API). Этот дополнительный уровень позволяет обрабатывать разные приложения без риска перекрытия зон данных (слотов и подслотов).

## 2.3 Коммуникации в PROFINET IO

PROFINET IO дает определения следующих сервисов:

- Разрешение адресов полевых устройств.
- Циклическая передача данных ввода/вывода (RT и IRT).
- Ациклическая передача сигналов тревоги с подтверждениями.
- Ациклическая передача данных (параметры, детальные результаты диагностики, I&M данные, информационные функции и т.д.) по мере необходимости.

- Режим дублирования для фреймов реального времени.

Комбинация этих коммуникационных сервисов в контроллере верхнего уровня делает возможной, среди прочего, реализацию удобной системы диагностики, определения топологии и замены устройств.

Многие коммуникационные сервисы в PROFINET работают в реальном времени, поэтому далее будет предоставлено более детальное описание коммуникаций в реальном времени.

## 2.4 Принципы обмена данными в реальном времени в PROFINET IO

Стандартная передача данных по протоколу TCP(UDP)/IP вполне подходит для коммуникаций в некоторых задачах. Однако в промышленной автоматизации существуют требования, касающиеся изохронных операций и жестко ограничивающие систему во времени, и использование UDP/IP канала этим требованиям не удовлетворяет.

Для этого и существует концепция масштабируемого реального времени. Эта концепция может быть реализована стандартными сетевыми компонентами – коммутаторами и Ethernet контроллерами. RT связь осуществляется без использования протокола TCP/IP.

Передача данных в реальном времени основана на циклическом обмене данными с использованием модели поставщик/потребитель. Для нее достаточно коммуникационных механизмов второго уровня (по классификации сетевой модели ISO/OSI). Для оптимальной обработки RT фреймов IO-устройствами,

тэг VLAN (приоретизация фреймов) по стандарту IEEE 802.1Q был дополнен специальным значением типа используемого протокола (EtherType), что позволяет осуществлять быстрое туннелирование PROFINET фреймов программным обеспечением верхнего уровня в полевых устройствах.

Значения EtherType централизованно распределяются IEEE и поэтому являются непротиворечивым критерием различения Ethernet протоколов. За PROFINET закреплено значение 0x8892.

## 2.5 Классы коммуникаций реального времени в PROFINET IO

Чтобы улучшить масштабирование коммуникационных опций и, следовательно, детерминизма в PROFINET, для обмена данными были определены классы коммуникаций реального времени. С точки зрения пользователя, эти классы включают в себя синхронные и асинхронные коммуникации. Полевые устройства обрабатывают прочие детали самостоятельно.

Фреймам реального времени в PROFINET автоматически выставляется более высокий приоритет, по сравнению с фреймами UDP/IP. Это делается для того, чтобы предотвратить задержку в коммутаторах фреймов реального времени фреймами UDP/IP. Существует несколько классов RT коммуникаций. Они отличаются показателями не только производительности, но и детерминизма. PROFINET IO различает следующие классы RT коммуникаций:

**RT\_CLASS\_1:** Асинхронные RT сообщение **внутри подсети**. Для этого типа связи не требуется дополнительной адресующей информации. Адрес узла назначения идентифицируется только полем «Dest. Addr.». Асинхронные RT коммуникации в пределах подсети являются обычным методом передачи информации в PROFINET IO. Самый простой вариант, когда трафик данных реального времени ограничен одной подсетью (с одним и тем же идентификатором сети ID). Этот канал связи стандартизирован как параллельный UDP/IP каналу и

реализуется в каждом полевом устройстве PROFINET IO.

Чтобы отделить управляющую информацию, проходящую по протоколам UDP/IP и RPC, от данных, принятые фреймы реального времени (EtherType 0x8892) перенаправляется в RT канал для немедленной обработки.

Для этого класса коммуникаций могут использоваться стандартные промышленные коммутаторы.

**RT\_CLASS\_2:** фреймы могут передаваться синхронно и асинхронно. Асинхронная связь в этом случае может быть представлена точно так же, как и связь класса RT\_CLASS\_1.

При синхронной передаче, начало цикла обмена по шине задано для всех узлов. Здесь точно определена начальная точка для передачи данных полевыми устройствами. Для всех полевых устройств, участвующих в обмене сообщениями класса RT\_CLASS\_2, она всегда означает начало цикла обмена. PROFINET-совместимые коммутаторы должны поддерживать такую синхронизацию для этого типа коммуникаций. Этот тип передачи данных, разработанный для повышения производительности, вносит специфические требования к оборудованию (Ethernet контроллеры и коммутаторы должны поддерживать изохронные операции).

**RT\_CLASS\_3:** Синхронная передача данных внутри подсети. Во время передачи данных RT\_CLASS\_3 класса, данные технологического процесса передаются с максимальной точностью в том порядке, который был установлен во время проектирования системы (максимальное допустимое отклонение начала цикла составляет 1 мкс) с целью оптимизировать передачу данных под топологию конкретной сети и для обеспечения изохронной функциональности в реальном времени (IRT). В коммуникациях 3го класса отсутствуют периоды ожидания. Для обеспечения максимальной производительности при передаче данных, существуют специальные требования к оборудованию (Ethernet контроллеры с поддержкой изохронных операций).

**RT\_CLASS\_UDP:** Асинхронные коммуникации между разными подсетями требуют дополнительной адресующей информации в подсети назначения (IP адрес).

Для этого типа связи могут использоваться стандартные коммутаторы.

Для фреймов реального времени достаточно цикла длительностью 5 мс при передаче на скорости 100 Mbps в дуплексном режиме с тэгом виртуальной сети VLAN. Этот тип передачи данных реального времени может быть реализован стандартными сетевыми компонентами.

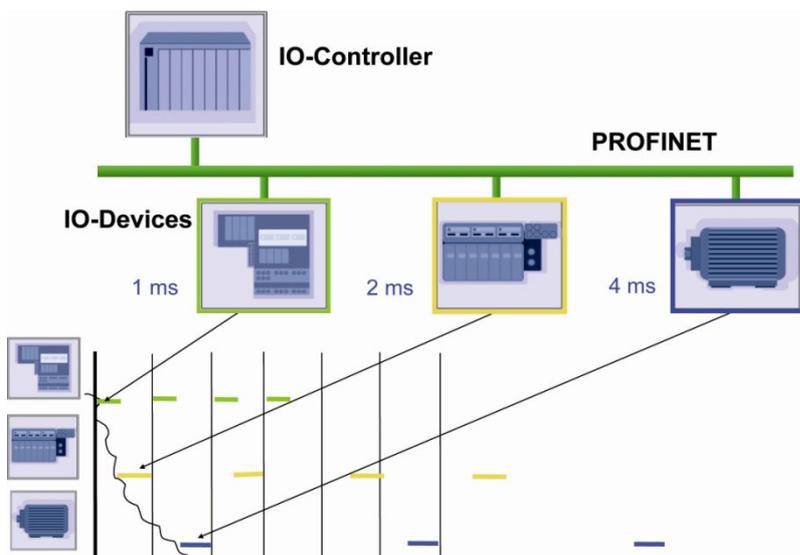


Рисунок 2.3: При асинхронной передаче реального времени начало цикла обмена по шине не синхронизируется.

## 2.6 Циклический поток данных

Циклические данные ввода/вывода передаются без оповещения как данные реального времени между поставщиком и потребителем с параметризуемым разрешением. Они организуются в индивидуальные элементы ввода/вывода (подслоты). Соединение контролируется сторожевым таймером. Во время передачи, в фрейме за данными следует статус поставщика. Статусная информация оценивается соответствующим потребителем. Он может использовать эту информацию, исключительно чтобы оценить достоверность данных циклического обмена. Кроме того, в обратном направлении передаются статусы потребителей.

В каждом фрейме за блоком данных следует сопроводительная информация, относящаяся к достоверности данных, резервированию, а также диагностическая оценка статуса (статуса данных, статуса передачи). Также указывается циклическая информация (циклический счетчик) поставщика, таким образом можно легко определить его частоту обновления. Успешная доставка данных контролируется соответствующим потребителем. Если в течение установленного времени ожидания данные не приходят, получатель отправляет приложению сообщение об ошибке.

## 2.7 Ациклический поток данных

Ациклический обмен данными используется, чтобы параметризовать или конфигурировать IO-устройства, или чтобы считать статусную информацию. Он совершается фреймами чтения/записи посредством стандартных ИТ сервисов с использованием протокола UDP/IP.

Кроме записей данных, доступных к использованию производителями устройств, определены также следующие системные записи данных:

- **Диагностическая информация** может быть считана пользователем с любого устройства в любое время.
- **Записи журнала ошибок** (сигналы тревоги и сообщения об ошибках) могут быть использованы для определения детализированной информации о времени возникновения тех или иных событий внутри IO-устройства.

- **Идентификационная информация**, определенная в Руководстве PNO «I&M Functions».
- **Информационные функции** относительно реального и логического структурирования модуля.
- **Эхосчитывание данных ввода/вывода**.

Чтобы указать, какая функция выполнится сервисами чтения/записи, используется индекс.

## 2.8 Отношение групповой передачи (MCR)

Для обмена данными между многими узлами было определено отношение групповой передачи (Multicast Communication Relation, MCR). Оно позволяет направлять трафик данных от отправителя к нескольким узлам (вплоть до всех узлов). Данные групповой передачи внутри сегмента передаются фреймами реального времени. Данные межсегментных групповых передач передаются классом RT\_CLASS\_UDP. Данные групповой передачи являются субъектом в модели IO-устройства и назначаются подслоту. IO-устройство может публиковать входные данные как назначенному IO-контроллеру посредством входного коммуникационного отношения, так и посредством отношения групповой передачи. Для обоих отношений могут быть использованы разные методы передачи (RT и IRT).

## 2.9 Событийно-ориентированный поток данных

В PROFINET IO передача событий реализуется как часть концепции сигнального оповещения. Здесь подразумеваются как системные события (такие как удаление и подключение модулей), так и определяемые пользователем события - обнаруживаемые в системах управления (например, неверное напряжение нагрузки) или появляющиеся в контролируемом процессе (например, слишком высокая температура). Для предотвращения возможной потери данных и обеспечения быстрой доставки сообщения оповещения, в IO-устройстве на момент возникновения какого-либо события должно быть доступно достаточное количество памяти для передачи данных.

### 3. Диагностика в PROFINET IO

PROFINET IO передает события в фреймах с высоким приоритетом, в основном, в качестве сигналов оповещения. Это касается как системных событий (таких как удаление и подключение модулей), так и определяемых пользователем событий (например, неверного напряжения нагрузки), обнаруживаемых в системах управления или появляющихся в контролируемом процессе (например, слишком высокое давление в бойлере).

Диагностические сообщения и сообщения состояния так же представляют собой способ управления передачей информации, касающейся неправильного поведения системы.

Чтобы явно обозначить их, PROFINET проводит различие между сигналами технологического процесса и диагностическими сигналами.

**Сигналы технологического процесса** должны использоваться, если сообщение идет от прикладного процесса, например, если была достигнута предельная температура. В этом случае устройство ввода/вывода может все еще быть работоспособно. Соответствующие данные не сохраняются локально в подмодуле.

**Диагностические сигналы** должны использоваться в случае возникновения ошибки или какого-либо события внутри IO-устройства (или внутри устройства и подключенных к нему компонентов, например, обрыв провода). Диагностическим и технологическим сигналам могут быть назначены разные приоритеты. В отличие от сигналов технологического процесса, диагностические сигналы различаются на входящие и исходящие.

#### 3.1 Обзор структуры сигнального сообщения

Для лучшего понимания обработки сигналов в PROFINET далее будут представлены принципы оповещения. На схеме выше показана общая структура сигнального сообщения или диагностической записи, используемой для оповещения о событии.

Любая критическая ошибка генерирует сигнал тревоги. Любой сигнал инициирует запись в диагностический буфер.

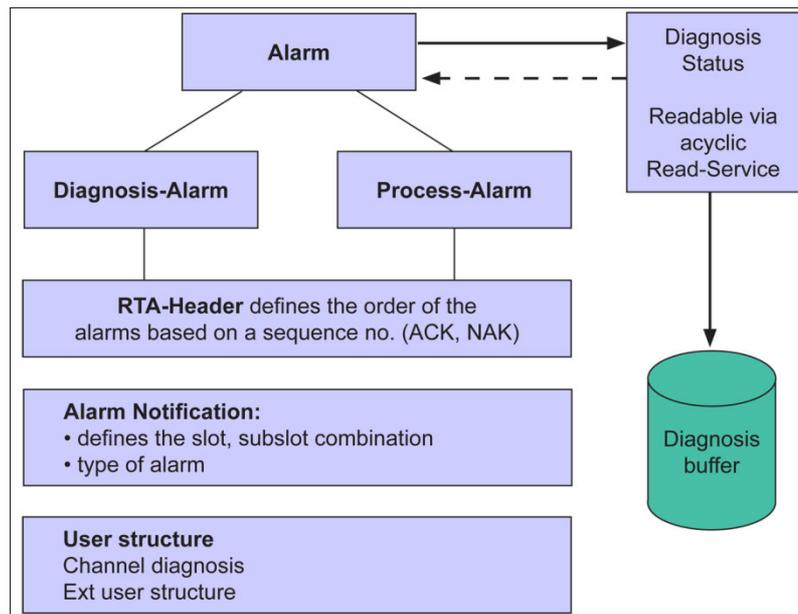


Рисунок 3.1: Структуризация сигнальных и диагностических сообщений разрешает множество опций.

#### 3.2 Диагностические средства PROFINET

Сетевая диагностика как часть диагностической системы значительно повышает надежность сетевых операций. С целью обеспечить управление и контроль устройств и приложений в сети, был разработан международный стандарт SNMP (Simple Network Management Protocol - протокол простого управления сетями). SNMP предоставляет доступ к сетевым компонентам на чтение и запись, обеспечивает считывание статистической информации по сети в целом, а также данных с отдельных портов и информации относительно определения окружения. Интеграция функций мониторинга напрямую в сетевые компоненты, такие как коммутаторы, представляет собой еще одно сетевое диагностическое средство. IEEE-совместимые коммутаторы лишь перенаправляют диагностические сообщения подсоединенных полевых устройств IO-контроллеру. Дополнительные функции мониторинга обычно не интегрируются. Коммутаторы, спроектированные как IO-устройства, включают в себя встроенную логику более высокого уровня.

#### 3.3 Функции мониторинга в IO-контроллере и IO-устройстве

Во время загрузки системы IO-контроллер передает фрейм, содержащий поле «CMInactivityTimeout-Factor», используемый для мониторинга загрузки системы. После первого успешного обмена данными между IO-контроллером и IO-устройством

завершается этап мониторинга, после чего он заменяется функциями сторожевого таймера.

В коммуникациях PROFINET IO функции сторожевого таймера защищают циклический поток данных между поставщиком и потребителем. Циклические данные,

включающие статусную информацию, передаются между IO-контроллером и IO-устройством. Обрыв связи обнаруживается потребителем на основании превышения интервала ожидания. Реакция должна быть определена пользователем.

## 4. Режимы работы PROFINET IO

### GSD файлы и проектирование системы

Для проектирования системы необходимы GSD файлы (General Station Description) полевых устройств, подлежащих конфигурации. Во время проектирования системы инженер-наладчик объединяет модули/подмодули, описанные в GSD файле, чтобы отобразить их на реальные системные компоненты и назначить их слотам/подслотам. Инженер-наладчик конфигурирует реальную систему в инструментальном средстве проектирования с помощью графических средств.

### Идентификация устройств через назначение имен

Каждому полевому устройству назначено логическое имя. Оно должно ссылаться на функцию или место установки устройства на промышленном объекте и позволять определить IP адрес при разрешении сетевых адресов. Имя может быть назначено протоколом DCP (Discovery and Configuration Protocol), интегрированным по умолчанию в каждое полевое устройство PROFINET IO. Поскольку DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol - протокол динамической конфигурации хоста) получил широкое распространение по всему миру, а также по причине того, что установка адреса по протоколу DCP требует дополнительных усилий в среде MS Windows, PROFINET предоставляет опцию установки адреса по протоколу DHCP или другими определенными производителем механизмами. Опции адресации полевого устройства PROFINET IO описаны в GSD файле соответствующего устройства.

Любой производитель IO-контроллеров так же предоставляет инструментальные средства проектирования для конфигурирования промышленного объекта.

Рисунок 4.1 показывает взаимосвязи между определениями GSD, конфигурацией и представлением реального объекта.

### Загрузка информации о промышленном объекте

По завершении проектирования системы, инженер-наладчик загружает данные о промышленном объекте на контроллер, который также содержит прикладную программу. В результате, контроллер имеет всю необходимую информацию для адресации устройств и обмена данными.

### Разрешение адресов

Контроллер не может начать обмен данными с устройством до тех пор, пока не назначит ему IP адрес на основании имени устройства. Это может происходить и до загрузки системы. IP адрес внутри одной и той же подсети назначается протоколом DCP, поддерживаемым по умолчанию каждым IO-устройством PROFINET.

### Загрузка системы

Контроллер всегда инициирует загрузку системы после запуска/перезапуска на основании конфигурационных данных безо всякого вмешательства пользователя. Во время загрузки системы, контроллер устанавливает явно указанные коммуникационные (communication relation, CR) и прикладные отношения (application relation, AR) с устройствами.

### Обмен данными

После успешного завершения загрузки системы контроллер и устройство обмениваются данными технологического процесса, сигналами оповещения и ациклическими данными.

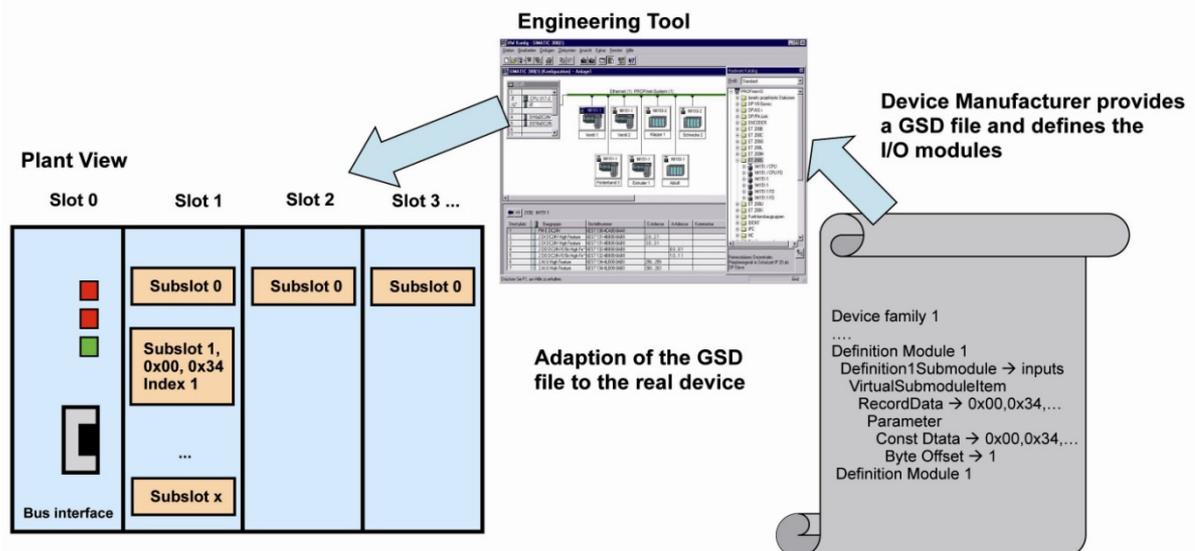


Рисунок 4.1: Определения из GSD файла назначаются IO-устройствам во время конфигурации промышленного объекта.

## 5. Загрузка системы

После включения, полевыми IO-устройствами выполняются следующие шаги:

- Инициализация физических интерфейсов устройства для принятия потоков данных.
- Согласование параметров передачи.
- Определение степени расширения полевого устройства и передача информации менеджеру контекста.
- Начало обмена информацией об окружении.
- Разрешение адресов на стороне IO-контроллера.
- Установление соединения между контроллером и устройством.
- Применение параметров к подмодулям устройства.
- Сохранение информации портов в энергонезависимой памяти физического устройства (PDev).
- Проверка параметров, начало обмена данными.

### 5.1 Прикладные и коммуникационные отношения

Прежде чем установить связь между контроллером верхнего уровня и IO-устройством, нужно создать каналы связи. Они устанавливаются IO-контроллером во время запуска системы на основании конфигурационных данных системы проектирования. Они явным образом определяют обмен данными.

Любой обмен данными имеет встроенное «прикладное отношение» (Application Relation, AR). Оно определяет соединение между контроллером верхнего уровня (IO-контроллер или IO-Supervisor) и IO-устройством. В рамках прикладного отношения, «коммуникационное отношение» (Communication Relations, CR) явным образом определяет сами данные. Одно и то же IO-устройство может иметь разные прикладные отношения, установленные разными IO-контроллерами.

#### Установление прикладного отношения

Контроллер инициирует установление прикладного отношения во время загрузки системы. В результате, вся необходимая информация, включая общие параметры связи, загружаются на IO-устройство.

В то же время, устанавливаются каналы связи для циклического/ациклического обмена данными (данными ввода/вывода коммуникационного отношения, записями

данных коммуникационного отношения), сигналами оповещения (сигналами коммуникационного отношения), так же устанавливаются отношения групповой передачи (multicast communication relations, MCR).

#### Установление коммуникационного отношения (CR)

«Коммуникационные отношения» (Communication Relations, CR) для обмена данными должны устанавливаться в рамках прикладного отношения (AR). Они задают явный коммуникационный канал между потребителем и поставщиком.

Рисунок 5.2 показывает пример возможной конфигурации IO-устройства и возможные прикладные отношения с несколькими контроллерами.

### 5.2 Определение окружения

Определение окружения с использованием протокола LLDP (Link Layer Discovery Protocol – протокол обнаружения канального уровня), в соответствии с IEEE 802.1 AB и PNO-специфичными дополнениями, является частью общей концепции «Замена устройств без применения инструментальных средств проектирования». Оно требует возможности

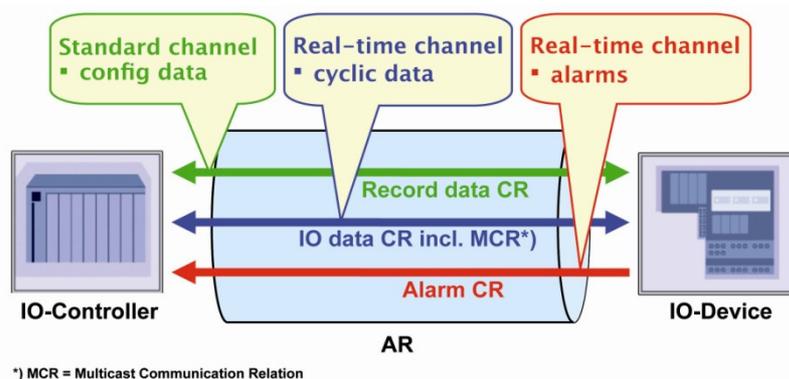


Рисунок 5.2: Обмен данными в PROFINET IO инкапсулирован в Прикладных и Коммуникационных Отношениях.

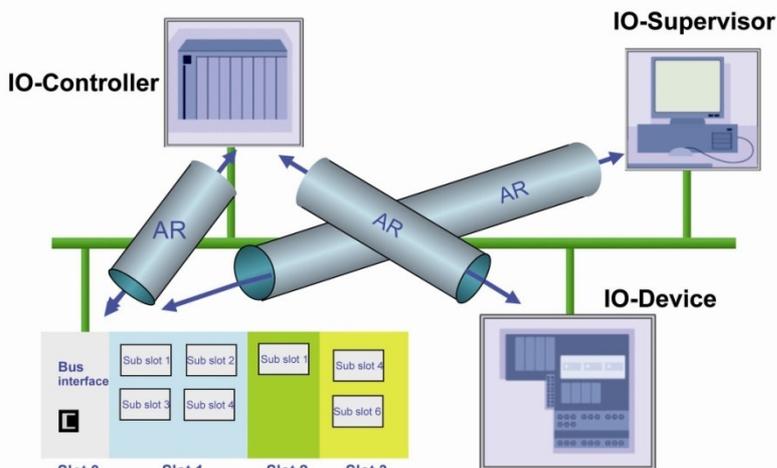


Рисунок 5.1: В PROFINET IO несколько контроллеров могут иметь доступ к одному и тому же устройству.

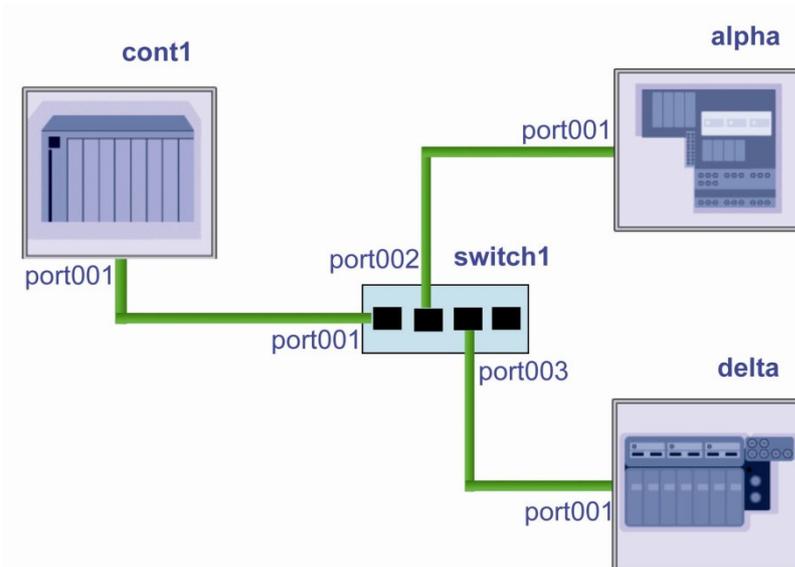


Рисунок 5.3: Полевые устройства PROFINET знают своих соседей.

определять данные по каждому порту соседних устройств и предоставлять эти данные контроллеру верхнего уровня. Это делает возможным моделирование топологии промышленного объекта и удобное диагностирование оборудования, а так же замену устройств без использования инструментальных средств проектирования.

Для реализации обнаружения окружения в PROFINET IO, был использован протокол LLDP (Link Layer Discovery Protocol – протокол обнаружения канального уровня).

Полевые устройства PROFINET обмениваются информацией об адресах с подключенными соседними устройствами по каждому порту коммутатора. Таким образом, соседние устройства непротиворечиво идентифицируются, и определяется

их физическое местоположение. (Пример на рисунке 5.3: устройство delta подключено к порту 003 коммутатора 1 через порт 001).

Протокол LLDP реализован на уровне ПО и не требует специальной поддержки на аппаратном уровне. LLDP не зависит от структуры сети (линейная, «звезда» и т.п.).

### 5.3 Выявление топологии

Автоматизированные системы могут использовать линейную топологию, топологию типа «звезда» или «дерево». По этой причине, важно знать, какие именно полевые устройства к каким портам коммутатора подключены, и идентифицировать соседей по соответствующему порту.

Контроллер верхнего уровня затем может воспроизвести топологию промышленного объекта. Кроме того, если происходит отказ полевого устройства, можно проверить, в нужной ли позиции было подключено заменяющее устройство. Диспетчером технологического процесса может выдвигаться требование замены устройства без дополнительных инструментальных средств проектирования. И это условие легко может быть выполнено с использованием полевых устройств PROFINET.

### 5.4 Пример приложения для LLDP

Как было сказано в предыдущих разделах, оператор процесса может воспользоваться стандартной функциональностью PROFINET для представления

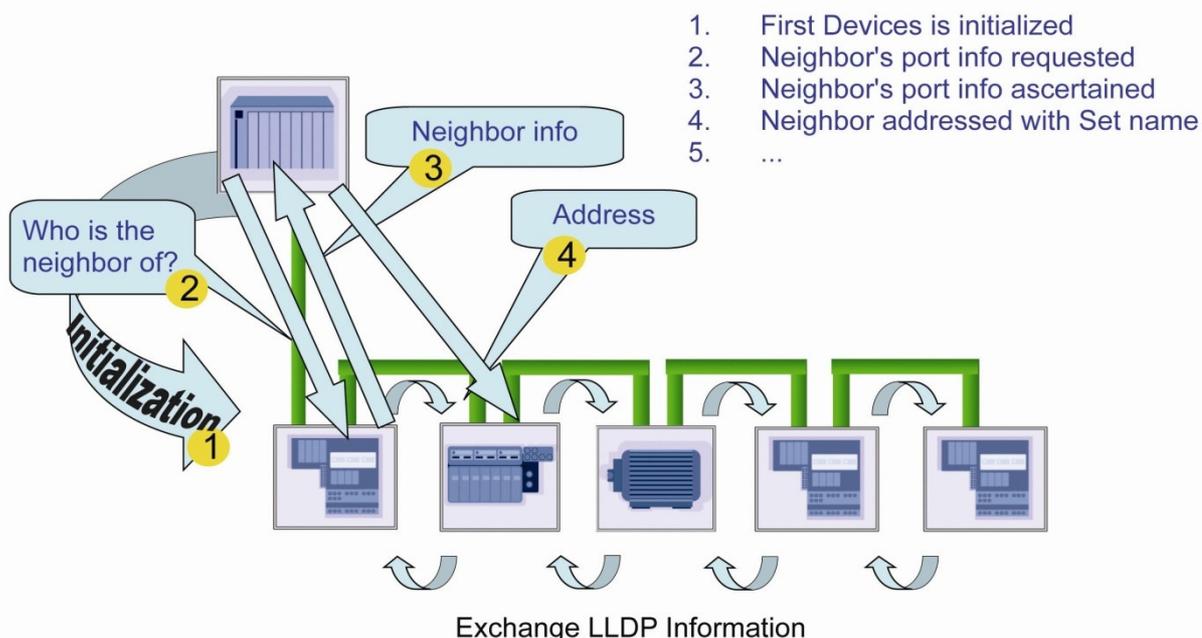


Рисунок 5.4: PROFINET предоставляет удобную замену устройств и визуализацию топологии промышленного объекта.

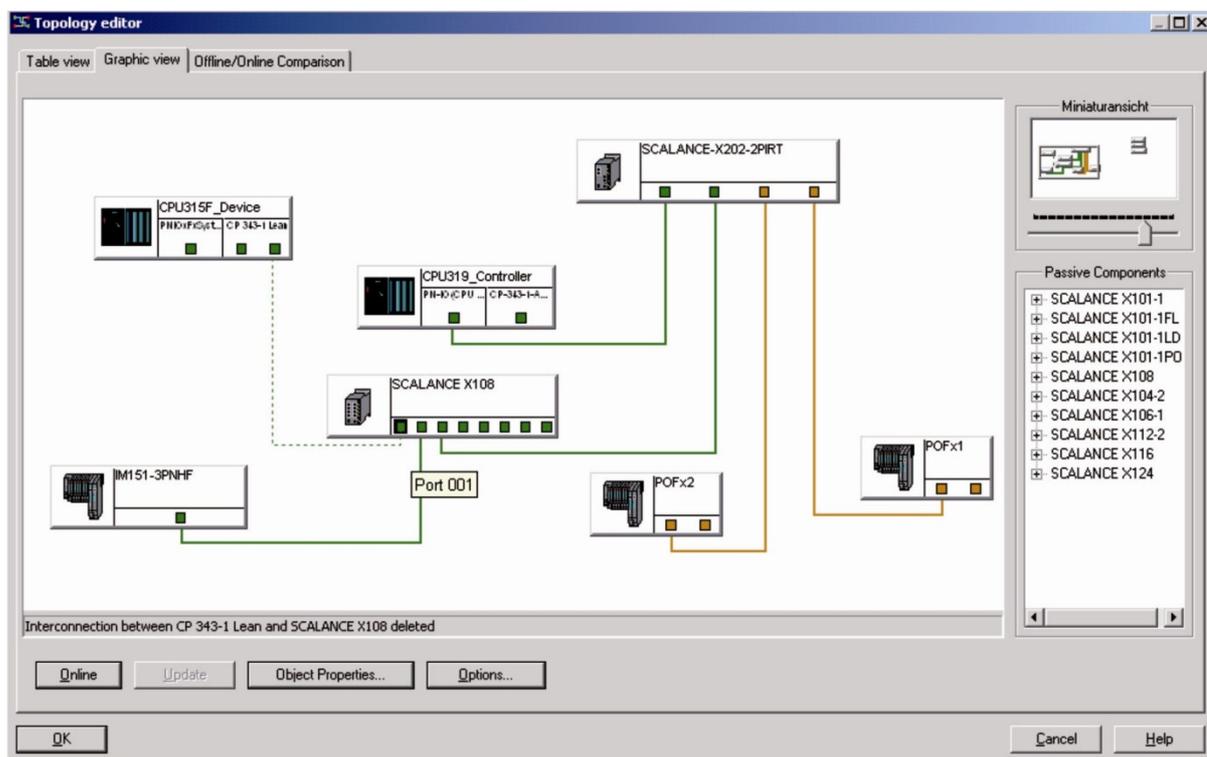


Рисунок 5.5: Визуализация топологии промышленного объекта дает возможность быстрого осмотра структуры и состояния оборудования

топологии пром.объекта и диагностических данных каждого порта в графическом виде. Это дает возможность оператору быстро составить общее представление о состоянии оборудования. Для примера, представление топологии объекта в ШАГЕ 7, см. рисунок 5.5

## 5.5 Обмен данными во время установления соединения и параметризации

Загрузка системы с PROFINET IO инициируется IO-контроллером. Представленные ниже кадры всегда передаются по каналу UDP/IP в соответствии со следующей схемой:

1. **Фрейм соединения (Connect frame):** Установление прикладного отношения AR и сконфигурированных коммуникационных отношений CR.
2. **Фрейм записи (Write frame):** Применение параметров всех сконфигурированных подмодулей.
3. **Фрейм DControl:** Отметка завершения параметризации IO-контроллера (так же называется «EndOfParameterization»).
4. **Фрейм CControl:** Отметка завершения параметризации IO-устройства (так же называется «Application Ready»).

Рисунок 5.6 показывает последовательность загрузки IO-устройства.

Во время загрузки системы определяются: циклические данные ввода/вывода, сигналы оповещения, обмен ациклическими сервисами чтения/записи, будущие модули/подмодули и прочие необходимые соединения между IO-устройствами.

IO-Контроллер или IO-Supervisor использует «Фрейм соединения», чтобы начать установление соединения и передать все данные, нужные для установления AR и необходимых CR. Он содержит важные данные параметризации, а также порядок, поток данных тех.процесса и время мониторинга для загрузки системы. Частота передачи циклических данных ввода/вывода определяется во время проектирования объекта.

IO-Контроллер использует последующий «Фрейм записи» для передачи параметров сконфигурированным модулям, которые служат интерфейсом данных для тех.процесса.

Когда на IO-устройство загружены все параметры, контроллер отмечает завершение параметризации фреймом «DControl.req» («EndOfParameterization»). Пользовательское ПО затем создает соответствующие структуры данных и обновляет состояния подмодулей.

Когда на IO-устройстве созданы все структуры данных и сделаны все необходимые проверки, оно отправляет фрейм «CControl.req» («Application Ready») контроллеру, чтобы оповестить его о своей готовности к обмену данными в рабочем режиме. С точки зрения устройства, на данный момент соединение установлено. Когда же контроллер

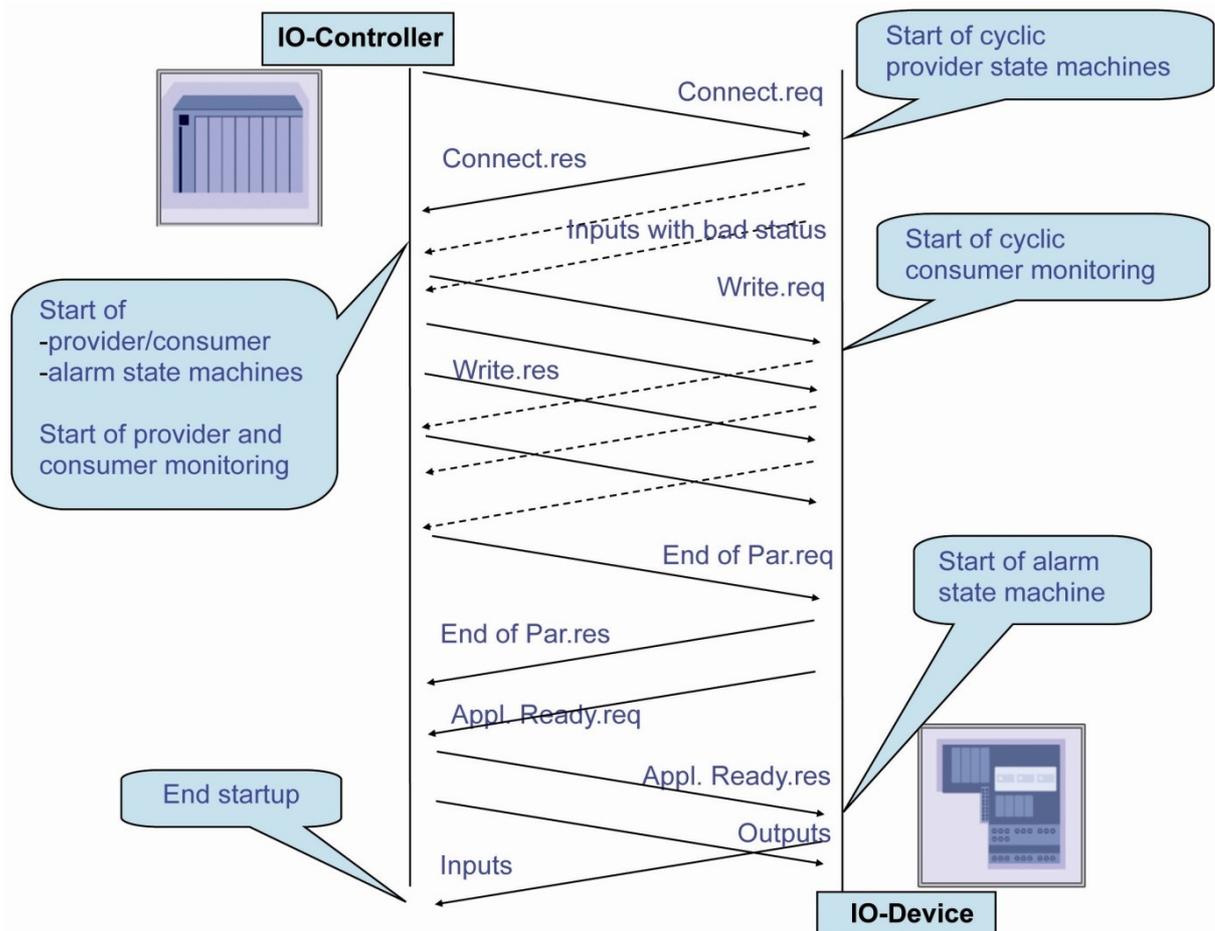


Рисунок 5.6: Во время загрузки системы все конфигурационные данные проверяются и передаются подмодулям.

получает сигнал «Application Ready», соединение считается установленным и с позиции контроллера. Если устройство во время параметризации обнаружило какие-либо ошибки, оно оповещает об этих ошибках контроллер. Первый успешный обмен данными ввода/вывода означает конец загрузки системы.

При успешном завершении загрузки системы, может происходить обмен следующими данными:

- Циклическими данными технологического процесса
- Сигналами оповещения
- Потоками ациклических данных

## 5.6 Оптимизированное установление соединения

В процесс старта системы с PROFINET IO вовлекается множество функций и сервисов. Этот процесс может длиться вплоть до нескольких секунд, пока полевые устройства не будут готовы к работе. Такое время старта не всегда приемлемо, поскольку связанное с ним время ожидания сильно влияет на

производительность системы в целом. По этой причине операторами процессов выдвигается требование достичь длительности загрузки значительно меньше 1 секунды. Поэтому PROFINET включает в себя некоторые методы оптимизации времени загрузки.

### Оптимизация времени загрузки

Fast Start Up (FSU) это оптимизированный канал связи, предназначенный для значительного уменьшения времени загрузки во второй и последующие разы (например, после смены параметров). Подход основывается на том факте, что большинство параметров уже сохранено в полевом устройстве. Этот опциональный канал может быть использован параллельно со стандартным способом загрузки (который все равно используется после того, как подается питание и во время первой загрузки/перезагрузки). Это означает, что коммуникационные параметры должны сохраняться в энергонезависимой памяти.

Конфигурация порта позволяет пользователю самому решать, какой патч-корд использовать – прямой или кроссовый.

## 6. IRT коммуникации в PROFINET IO

PROFINET IO предоставляет расширяемые классы для работы в реальном времени (RT) для циклических передач данных технологических процессов. Кроме совместимости с режимом RT, некоторым процессам необходима изохронная передача данных ввода/вывода с максимальной производительностью. Изохронность означает, что старт цикла обмена точно синхронизирован, то есть имеет максимально определенное допустимое отклонение и постоянную синхронизацию. Только так можно быть уверенным, что интервалы передачи выдержаны с высокой точностью.

По этой причине в PROFINET введены синхронные коммуникации, так же называемые IRT коммуникациями (Isochronous Real-Time – изохронные в реальном времени).

IRT позволяет достичь длительности цикла обмена значительно меньше 1 миллисекунды с максимальным отклонением от тактовой частоты системной шины в 1 микросекунду. Для изохронного обмена данными, PROFINET предлагает масштабируемый принцип, который, с одной стороны, предоставляет очень гибкий метод коммуникации (RT\_CLASS\_2), с другой стороны, - максимальную производительность, что требует точного заблаговременного планирования каналов связи. В этом случае доступная ширина канала используется оптимально, поскольку периоды ожиданий не возникают во время передачи данных. (RT\_CLASS\_3).

Тем не менее, в обоих вариантах достигается одинаковая степень детерминизма. Они отличаются только в пропускной способности. IRT коммуникации, разработанные для максимальной производительности, требуют аппаратной поддержки используемыми коммутаторами. Кроме того, цикл обмена разделен на зарезервированный и открытый интервалы. Только срочные данные ввода/вывода передаются в течение зарезервированного интервала, в то время как все остальные данные передаются в течение открытой фазы. Для этого не требуется дополнительных протоколов нижнего уровня. Синхронизация узлов выполняется заданным «Сервером синхронизации», который обычно встроен

в IO-контроллер.

### Требования для IRT режима

Все полевые устройства, участвующие в IRT коммуникациях, синхронизируются одним и тем же мастером синхронизации. IRT коммуникации основаны на следующих условиях:

**A.)** Вследствие работы в реальном времени, коммуникации могут происходить только в пределах одной подсети, поскольку не используются никакие опции адресации протокола TCP/IP. Существующий механизм адресации был упрощен (и для несинхронных коммуникаций тоже) так, что для адресации полевых устройств внутри подсети достаточно MAC адресов.

**B.)** Цикл обмена разделен на фазу IRT и открытую фазу, которые определены следующим образом:

- В течение «зарезервированного интервала» (IRT фазы) может обрабатываться только IRT трафик.
- В течение «открытого интервала» трафик обрабатывается в соответствии с правилами стандарта IEEE 802 (на основе приоритетов).

**C.)** Строгие требования по точности означают, что все полевые устройства внутри IRT домена должны поддерживать изохронные операции, даже если процесс не требует синхронных операций. Точность синхронизации времени достигает 1 микросекунды.

Из-за строгих требований к точности используемой аппаратуры, так же должны поддерживаться соответствующие функции мониторинга.

Разделение на фазы может быть разным. Переходу от «зеленого интервала» к «зарезервированному интервалу» предшествует «желтый интервал», в течение которого IRT-совместимый коммутатор принимает только те фреймы, которые могут быть полностью переданы до начала следующего «зарезервированного интервала». Если нет уверенности в том, что перенаправление этих фреймов завершится к началу следующего зарезервированного интервала, то они временно

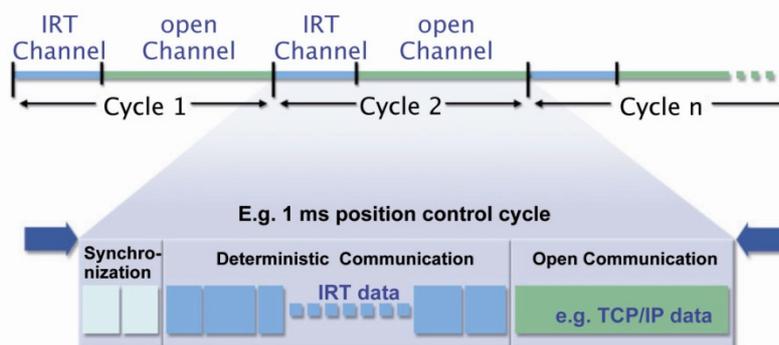


Рисунок 6.1: Цикл обмена разделен на части: IRT коммуникаций и открытых коммуникаций.

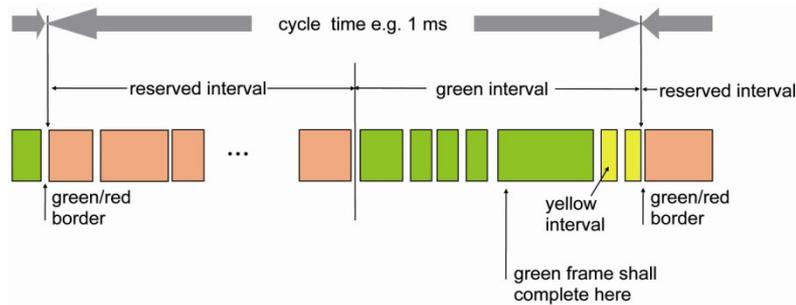


Рисунок 6.2: IRT связь делит цикл обмена на резервную фазу и открытую фазу.

сохраняются и отправляются в следующий зеленый интервал. Максимальная длина фрейма в протоколах Ethernet/PROFINET дает в результате минимальную длительность зеленого интервала в 125 микросекунд ( $4 * 31.25$  мкс).

В PROFINET определены следующие интервалы и их свойства:

#### Красный интервал

В этом интервале коммутаторы могут перенаправлять только фреймы, принадлежащие классу RT\_CLASS\_3. Правила пересылки, определенные в IEEE 802.1D, здесь не применяются. Вместо них используются правила пересылки по стандарту IEC 61158. Время начала красного интервала жестко синхронизировано. Хронологическая последовательность всех фреймов класса RT\_CLASS\_3 определяется во время проектирования. Если в течение красного интервала прибывают или генерируются фреймы UDP/IP (вследствие того, что не все узлы являются IRT-совместимыми), то они временно сохраняются в памяти IRT-совместимого коммутатора и пересылаются только по завершении зарезервированного интервала. Идентификаторы фреймов, используемые для различения типов фреймов, указываются во время конфигурации системы в инструментальном средстве проектирования. Прием циклических данных точно синхронизирован, так что синхронное приложение может стартовать без задержек.

#### Оранжевый интервал

В этом интервале коммутаторы могут перенаправлять только фреймы, принадлежащие классу RT\_CLASS\_2. Используются правила пересылки, определенные в IEEE 802.1D. Оранжевый интервал начинается (если он присутствует) сразу по сигналу «Send clock» или после красного интервала. Фреймы класса RT\_CLASS\_2 не требуют заблаговременного планирования. Как результат, доступная ширина полосы используется неоптимально. Прием циклических данных не синхронизирован с большой точностью, поэтому должен быть обеспечен запас по времени.

#### Зеленый интервал

Пересылка коммутаторами фреймов данных, применяются правила IEEE 802.1D. Может использоваться приоритизация на основании IEEE 802.1Q (VLAN тэг).

Если во время зеленого интервала прибывают IRT фреймы, они уничтожаются, и генерируется сообщение с оповещением. На момент окончания интервала не должно быть ни одного не переданного фрейма, чтобы красный интервал мог начаться беспрепятственно. Зеленый интервал может не присутствовать в цикле.

#### Желтый интервал

Правила IEEE 802.1D могут игнорироваться с целью обеспечения начала следующего красного интервала. Приоритизация может вестись на основании IEEE 802.1Q (VLAN тэг).

### 6.1 Определение IRT домена

Главная цель IRT состоит во временной согласованности коммуникаций, что требует точной синхронизации цикла обмена. Поскольку IRT коммуникации выставляют максимальные требования для изохронных операций, необходимо синхронизировать все IRT устройства общим системным генератором тактовой частоты. Синхронизация выполняется мастером синхронизации.

### 6.2 Синхронизация тактовой частоты для IRT коммуникаций

Все узлы, имеющие порт, сконфигурированный для IRT, должны синхронизироваться с максимально возможной точностью.

Для синхронизации узлов общим тактовым генератором, определяется задержка линии между соседствующими узлами и мастером синхронизации.

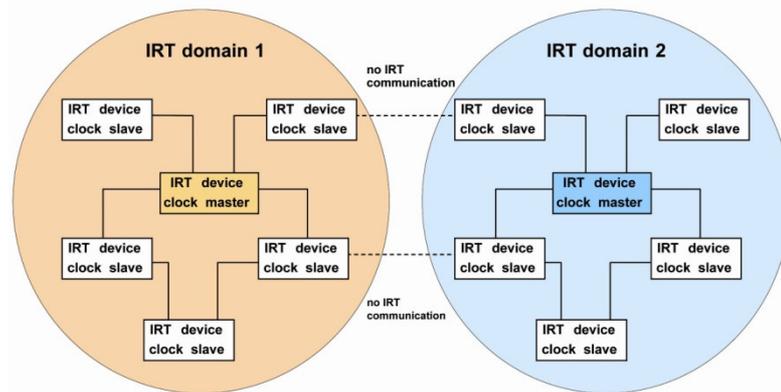


Рисунок 6.3: Каждый IRT домен использует свой собственный генератор тактов для синхронизации узлов.

### 6.3 Гибкость коммуникаций класса RT\_CLASS\_2

Для осуществления обмена данными в течение оранжевого интервала в коммутируемых сетях Ethernet, конфигурации конечных узлов вполне достаточно. В течение фазы включения питания все сетевые компоненты (коммутаторы) настраивают таблицы адресов, которые могут использоваться для пересылки полученных фреймов к пунктам их назначения. При пересылке используются правила IEEE 802.1D.

В оранжевом интервале данные должны пересылаться синхронно (синхронный RT\_CLASS\_2). Фреймы передаются после сигнала SendClock в оранжевом интервале, передача данных в этом интервале не требует планирования. Должно быть гарантировано только то, что все IRT фреймы могут быть отправлены в оранжевом интервале. Синхронный «Send Cycle» заставляет все узлы, принимающие участие в IRT коммуникациях, начать передачу данных ввода/вывода, как только начнется оранжевый интервал. В результате, все возможные периоды ожидания сводятся к минимуму, точно так же, как и в несинхронных коммуникациях.

Фреймы данных передаются конечному узлу через соответствующий порт назначения исключительно на основании его MAC адреса (и соответствующего Frame\_ID). Такой подход допускает очень гибкие методы коммуникации, не являющиеся предметом каких-либо специальных правил. Изменения в топологии оборудования здесь не оказывают никакого влияния. Тем не менее, увеличение гибкости и, как результат, легкость в адаптации системы достигается ценой неполной оптимизации использования ширины полосы пропускания, т.к. в оранжевом интервале резервируется временной запас. Так гарантируется, что все фреймы будут отправлены. Фреймы в оранжевом интервале могут пересылаться как с установленным VLAN тэгом, так и без него.

### 6.4 Коммуникации класса RT\_CLASS\_3

Эти коммуникации можно сравнить с сетью подземки в городе. Для достижения станции прибытия из станции отправления есть много маршрутов. На пути есть одна или несколько промежуточных станций. Если самый предпочтительный путь выбран заранее, можно быть уверенным, что пункт назначения будет достигнут так быстро, как только возможно. Так же происходит и с IRT коммуникациями в сети. Поэтому каналы связи планируются во время проектирования.

Коммуникации в красном интервале основываются на расписании, составленном заранее, то есть дополнительно к информации касательно конечных узлов, сетевым компонентам, расположенным между начальной и конечной точками, требуется информация, задающая пересылку фреймов. Фреймы перенаправляются исключительно на основании алгоритма планирования, определенного в IEC 61158. В результате планирования, Ethernet контроллер (или встроенный коммутатор в Ethernet контроллере) точно знает, какой фрейм в какой порт прибывает, и когда и куда он должен быть переправлен.

Если системе требуются коммуникации класса RT\_CLASS\_3, цикл обмена должен быть разделен во время проектирования на красный интервал и интервал для UDP/IP (зеленый интервал). Здесь, согласование во времени и длина каждого фрейма, подлежащего отправке, задаются для каждого порт в отдельности. Топология объекта, длина соответствующего фрейма и длина кабеля между отдельными узлами являются критическими факторами для временного согласования, нацеленного на оптимальное использование ширины канала. Поэтому если система меняется, процедура планирования должна быть выполнена повторно. Передача данных в IRT всегда идет по расписанию. Расписание управляется только последовательностью прибывающих фреймов, которые определяются по их Frame\_ID и длине фрейма. Регулируемая во времени обработка задач в красном интервале нацелена на устранение конечных источников неточностей.

Поскольку коммуникации RT\_CLASS\_3 ориентированы только на согласование времени, длительности цикла обработки фрейма коммутатором значительно ниже. Точно так же, производительность в разветвленных сетях может быть увеличена использованием оптимального планирования канала связи.

Информация о топологии отправляется соответствующему IO-контроллеру во время включения питания. Он впоследствии может проверить реальную конфигурацию автоматизированной системы. Каждое IO-устройство знает своих соседей. Знание сетевой топологии формирует основу для составления расписания передачи фреймов. IRT узел сопоставляет эту информацию с информацией о соседних узлах, которую он сам получает (посредством протокола LLDP), в течение каждого цикла обмена.

Это позволяет весьма оптимально использовать доступную ширину канала, и периоды ожидания фреймов никогда не возникают. Фреймы RT\_CLASS\_3 всегда посылаются без тэга VLAN, так как хронологическая позиция всегда является определяющим фактором для передачи данных.

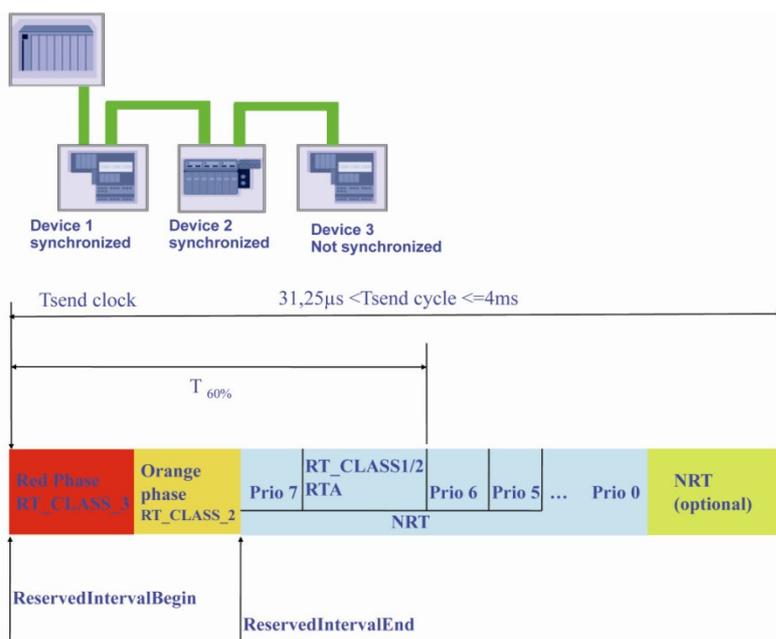


Рисунок 6.4: PROFINET IO контролирует точный порядок следования данных внутри цикла отправки.

## 6.5 Загрузка системы с IRT

Загрузка системы с IRT коммуникациями может рассматриваться так же, как и загрузка системы с коммуникациями в реальном времени. По этой причине, требуются одно прикладное отношение (AR) и два коммуникационных отношения ввода/вывода (IOCR). Кроме того, IO-контроллер так же занимается следующим:

1. Посылка данных синхронизации для красного и оранжевого интервалов.
2. Перенаправление информации красного интервала.
3. Если необходимо, загрузка информации для всех существующих изохронных приложений.

До того, как загрузка системы действительно начнется, все полевые устройства по отдельности определяют соответствующие «задержки линии» для всех портов. Отправляя хотя бы два фрейма «задержка линии» («Line delay») подряд, узлы могут определить отклонения от эталонной частоты и корректировать время, определенное в фрейме RTSync. В начале загрузки все подключенные полевые устройства находятся в зеленом интервале.

В течение последующих загрузок системы IOCR для вводов/выводов устанавливаются фреймом «Connect frame» в рамках устанавливаемого прикладного отношения. Входящие/исходящие данные затем передаются со статусом «bad» от отправителя, т.к. синхронность с соответствующим полевым устройством еще не достигнута.

После того, как установлены IOCR, IO-контроллер параметризует отдельные модули/подмодули (фреймы «Write frames») в IO-устройствах и передает данные для параметризации IRT функциональности в некоторые из устройств.

Далее следует передача данных синхронизации для устройств, включенных в IRT домен. Контроллер передает данные синхронизации внутри фрейма.

## 6.6 Советы по коммуникациям

Чтобы получить эффективные коммуникации с привлечением разных классов для работы в реальном времени, необходимо определить некоторые «правила зеркального копирования», чтобы быть уверенным, что согласование времени и изохронные операции соблюдаются в любой конфигурации. Главное правило: за миллисекунду можно отправить, по крайней мере, 2 TCP/IP фрейма максимальной длины. Это соответствует времени передачи около 250 микросекунд. Для цикла обмена менее 200 микросекунд правило сокращается до одного TCP/IP фрейма. Более того, передача циклических данных не должна превышать по времени 60% цикла обмена, чтобы для TCP/IP коммуникаций оставалось достаточно времени.

В синхронных коммуникациях могут участвовать только те полевые устройства, которые поддерживают методы синхронизации. Иначе невозможно выдержать согласование времени в различных фазах.

Рисунок 6.4 демонстрирует разделение цикла отправки на интервалы. Данные передаются в соответствии с заданными интервалами.

Преимущество использования детализированной до устройства спецификации всей системы заключается в том, что канал может одновременно использоваться быстрыми и медленными устройствами. В результате, среднее время обновления данных не зависит от общего числа узлов, и вместо этого может быть адаптировано для конкретного приложения (задачи).

## 6.7 Смешанная работа синхронных и асинхронных задач

При определенных условиях можно смешать изохронные и неизохронные задачи в полевых устройствах одной автоматизированной системы.

Рисунок 6.5 демонстрирует смешанную работу. В этом примере устройства с 1 по 3 имеют IRT-совместимые коммутаторы (например, ERTEC 200/400). Это позволяет определить «задержку линии» и точно отмерять время отдельных фаз. Остальные два устройства соединены через IRT-совместимый мультипортовый коммутатор.

Изохронные задачи не могут выполняться полевыми устройствами, если только в них не встроены IRT-совместимые коммутаторы. В противном случае, неизохронные задачи не мешают остальному изохронному потоку данных, т.к. мультипортовый коммутатор, к которому они подключены, ведет себя соответственно каждой фазе (зарезервированной, зеленой и т.д.). Кроме того, информация по пересылке данных и согласованию во времени загружается в этот коммутатор во время загрузки системы.

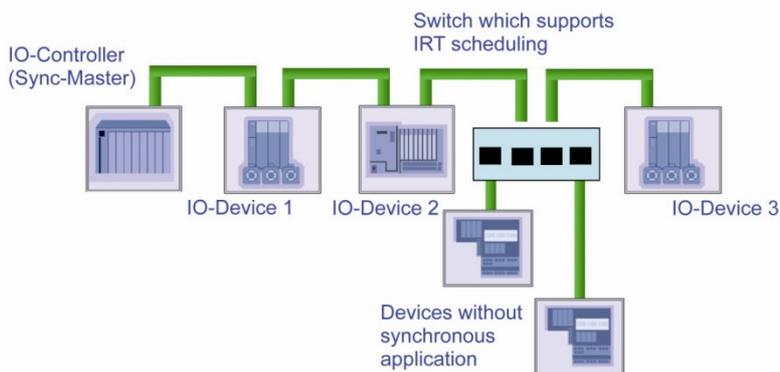


Рисунок 6.5: Смешанная работа синхронных и асинхронных задач.

## 7. IO-Контроллер PROFINET

Контроллер ввода/вывода PROFINET (PROFINET IO-Controller) это станция автоматизированной системы, на которой запущена управляющая программа. Он запрашивает данные по тех.процессу (входные данные от IO-устройств, сконфигурированных во время загрузки системы), выполняет свою программу, и передает эти данные обратно соответствующим устройствам на роль выходных данных. Чтобы произвести такой информационный обмен, контроллеру необходима вся системная конфигурационная информация, включая все данные по коммуникациям. Следующие данные задаются во время конфигурирования системы:

1. Степень расширения IO-устройства
2. Параметризации IO-устройства
3. Частота передачи данных
4. Степень расширения автоматизированной системы
5. Информация, касающаяся сигналов и диагностических сообщений

В PROFINET системе может присутствовать несколько IO-контроллеров. Если такие контроллеры должны иметь возможность доступа к одной и той же информации в устройствах, это обязательно надо указать во время конфигурирования системы (общие устройства, общие входы). Термин «общие устройства» описывает доступ несколькими контроллерами к одному устройству. «Общие входы» означает возможность доступа несколькими контроллерами к одному и тому же слоту устройства.

Контроллер получает конфигурационные данные и самостоятельно устанавливает прикладные (AR) и коммуникационные отношения (IOCR) с сконфигурированными устройствами. На рисунке 7.1 показана структурная конфигурация контроллера.

Контроллер может установить одно AR по отношению к нескольким устройствам. В рамках одного AR, для обмена данными могут использоваться несколько коммуникационных отношений и идентификаторов прикладного процесса (Application Process Identifier, API). Это может оказаться полезным, например, если в обмен данными вовлечено более одного профиля (PROFIdrive, Encoder и т.д.) и требуются разные подслоты. В рамках IOCR, заданные API используются для различения целей. Как следствие, взаимообмен данными между несколькими API

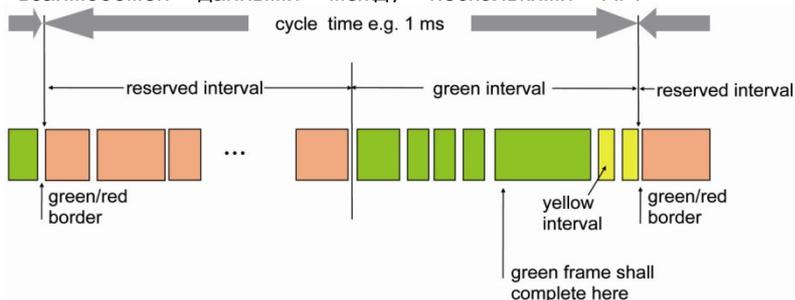


Рисунок 7.2: Контроллер ввода/вывода PROFINET осуществляет передачу данных тех.процесса устройствам ввода/вывода.

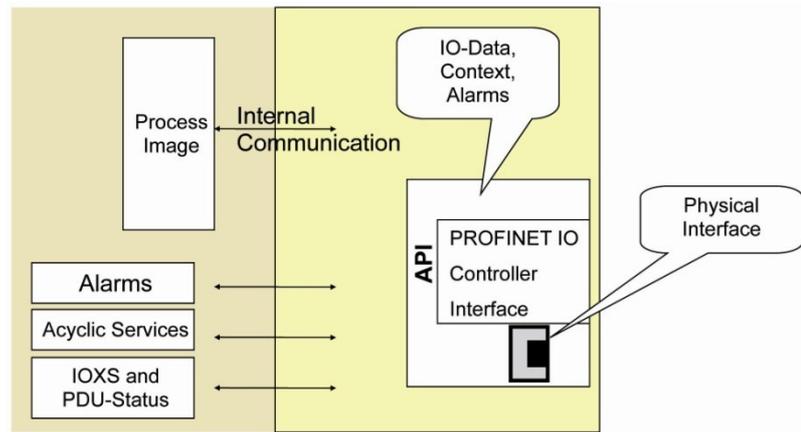


Рисунок 6.1: IO-устройство может иметь несколько AR, установленных с разными контроллерами.

3. Параметризация (передача данных загрузки, передача наборов команд и пользовательских параметров заданному устройству)
4. Диагностика сконфигурированных устройств.
5. Инициация установления контекста для устройства.
6. Задание адресов по DCP (включая автоопределение отказов устройств и принятие замененного полевого устройства во время режима пользовательских данных)
7. API (экземпляр прикладного процесса)

### 7.1 Сервер параметров

Функциональность сервера параметров доступна для резервирования копий и перезагрузки динамических параметров полевого устройства. Базовая параметризация полевого устройства происходит с использованием параметров, определенных в GSD файле полевого устройства. GSD файл, среди прочего, содержит параметры для модулей ввода/вывода. Они сохраняются как статические параметры и могут быть загружены контроллером на IO-устройство во время загрузки системы.

Для многих полевых устройств, в соответствии с пользовательским руководством или требованиями безопасности, не только невозможно, но и нецелесообразно инициализировать параметры, используя GSD подход. Такие данные для специальных устройств и технологий в дальнейшем именуется индивидуальными параметрами (iParametr). Зачастую они могут быть указаны только при вводе в эксплуатацию. Если такое устройство выходит из строя и заменяется, эти параметры должны перезагружаться автоматически на новое устройство. В прошлом, приходилось использовать различные проприетарные решения данной проблемы, т.к. не было никакого

стандартизированного подхода, таким образом, пользователь мог иметь ряд возможных решений, либо вообще не иметь никаких. Стало необходимым изменить эту ситуацию, чтобы предложить владельцам производств удобное и унифицированное решение.

### iPar сервер

Описанная проблема дала жизнь так называемому iPar серверу для сохранения и автоматической загрузки так называемых динамических параметров устройств. iPar сервер можно представить как дополнительную программную секцию на хосте/IO-контроллере. Он служит для того, чтобы гарантированно сохранить индивидуальные параметры полевых устройств без дополнительного вмешательства и передать их заменяющему устройству.

С целью улучшить классификацию функциональности iPar сервера в общем контексте PROFINET, режимы работы будут объяснены на примере простого приложения. Раскрыта тема взаимодействия между TCI приложением, устройством замены и iPar сервером.

Во время начального ввода в эксплуатацию возникает

обмен данными и подготовить его для ациклических коммуникаций.

3. Средствами параметризующего инструмента, индивидуальные параметры теперь могут быть заданы соответствующему полевому устройству через пользовательский диалог. На усмотрение производителя остается определение подхода, с помощью которого индивидуальные параметры попадут на устройство, т.е. через интерфейс, например, Tool Calling Interface (TCI), прямое соединение, как RS 232, инфракрасное соединение и т.п.

4. Самый удобный подход заключается в соединении инструмента параметризации с полевым устройством через специальный интерфейс, такой как TCI, с использованием коммуникационного сервера TCI (TCI Communication Server).

5. После задания индивидуальных параметров и, в случае необходимости их верификации, полевое устройство отвечает сигнальным уведомлением и запрашивает выгрузку индивидуальных параметров.

6. iPar сервер на хосте/IO-контроллере считывает индивидуальные параметры с полевого устройства

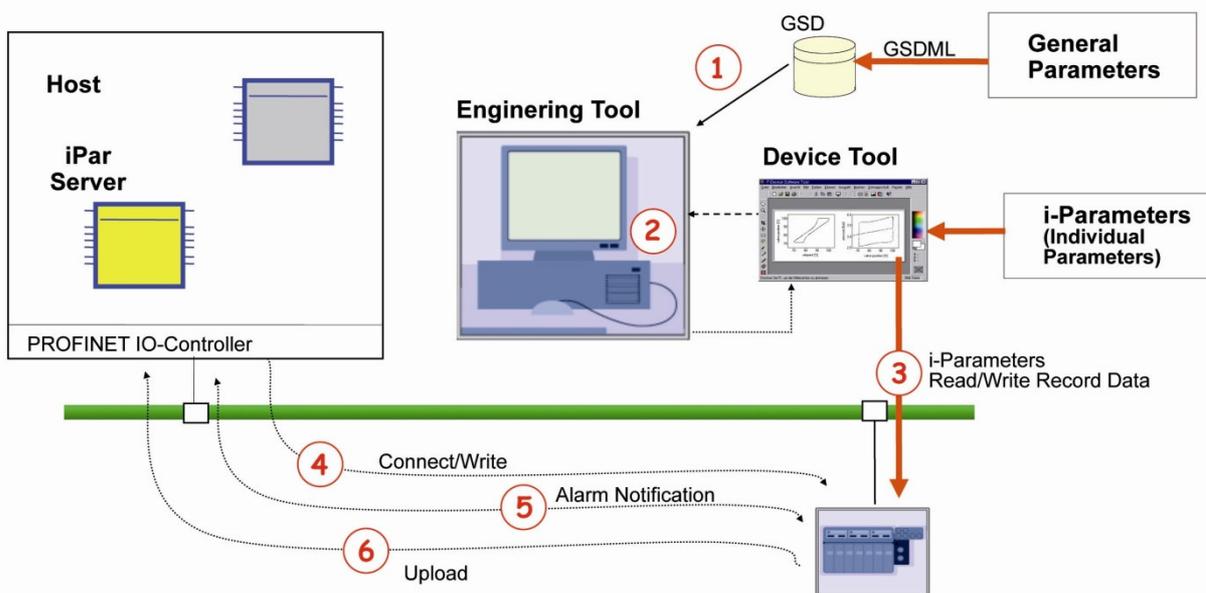


Рисунок 7.3: iPar сервер позволяет автоматически восстанавливать данные из резервной копии, когда устройство заменяется.

следующая последовательность:

1. Статические данные из GSD файла считываются конфигурирующей системой. Общая конфигурация производится, как и описано выше. Кроме того, теперь на основании специальных параметров GSD можно заявить требование функций iPar сервера и объем индивидуальных параметров.

2. Во время загрузки системы (сервисов установки соединения и записи) IO-контроллер инициализирует полевые устройства данными, сгенерированными на основе GSD, чтобы включить полевое устройство в

ациклически и сохраняет их, так что теперь они могут быть перезагружены по запросу (т.е. во время замены устройства).

### Что происходит во время замены устройства?

Следом за заменой устройства и последующей перезагрузкой, IO-контроллер загружает GSD данные, чтобы вновь включить замененное устройство в обмен данными. После базовой инициализации, замененное полевое устройство определяет, нужны ли ему индивидуальные параметры. В этом случае генерируется уведомление сигналом (сигнал Update &

Retrieval). Затем iPar сервер загружает сохраненные параметры предыдущего устройства на вновь установленное.

Детализированная хронологическая последовательность такова:

1. Дефектное полевое устройство заменяется, и новое устройство включается.
2. После автоматического разрешения сетевого адреса IO-контроллер устанавливает AR с полевым

устройством и загружает на него статические параметры из GSD.

3. Новое полевое устройство определяет, что ему нужны (динамические) индивидуальные параметры и сигнализирует об этом уведомлением («iPar request»).

4. iPar сервер загружает требуемые параметры на полевое устройство.

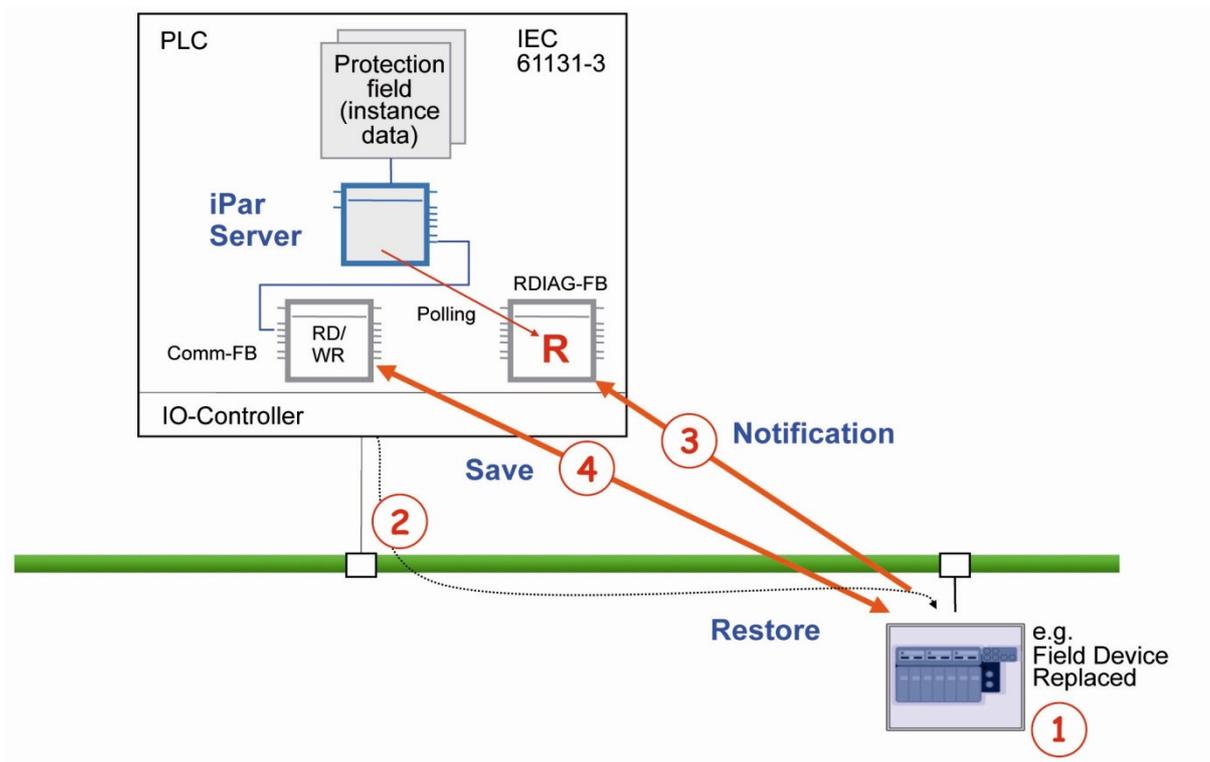


Рисунок 7.4: Во время замены устройства iPar сервер параметризует новое полевое устройство.

## 8. Описание устройства (GSD файл)

Функциональность IO-устройства PROFINET всегда описывается GSD файлом. Этот файл содержит все данные, которые относятся к настройке устройства, а также обмену данными с этим устройством.

PROFINET IO-устройства могут быть описаны с использованием XML. Язык разметки GSD файла (**Station Description Markup Language, GSDML**, Язык разметки общего описания станции) основан на международных стандартах. Как видно из названия, GSD файл это независимый от языка файл в формате **XML (eXtensible Markup Language – расширяемый язык разметки)**. Для интерпретации XML файлов на данный момент доступно большое количество XML парсеров.

Каждый производитель PROFINET IO-устройства должен поставлять связанный с ним GSD файл, соответствующий спецификации GSDML. Этот файл проходит тестирование в рамках сертификационного тестирования.

PI предоставляет XML схему для описания PROFINET IO-устройства каждому производителю. Это делает создание и тестирование GSD файла весьма легким. Нужда в многочисленных последующих входных проверках отпадает.

Кроме того, модель устройств PROFINET IO представляет собой дальнейший иерархический уровень адресации данных по сравнению с PROFIBUS. Так, например, адресация внутри полевого устройства (в PROFIBUS: слот и индекс) была расширена до включения идентификатора подслота. Этот тип адресации не мог быть описан GSD файлом для PROFIBUS.

## 9. Функции идентификации и сопровождения

Возможность считывания базовой информации с полевого устройства бывает очень полезной во многих случаях. Например, она позволяет сделать выводы о неподдерживаемой функциональности полевого устройства или некорректном поведении. Эти информационные функции определены в структурах данных с IM0 по IM4. I&M данные считываются посредством сервисов чтения. Поэтому, IO-устройство должно предоставить, по крайней мере, следующие данные:

1. Идентификатор
2. MAC адрес
3. Номер версии аппаратного обеспечения
4. Номер версии программного обеспечения
5. Тип устройства
6. Идентификатор производителя
7. Все IM0 данные

Эти данные необходимы для адресации полевого устройства, а также для чтения I&M функций.

I&M функции подразделяются на 5 разных блоков (с IM0 по IM4) и могут адресоваться по отдельному индексу. Любое IO-устройство должно поддерживать IM0 функцию.

Спецификация I&M, озаглавленная «Функции идентификации и сопровождения», может быть загружена с сервера PI по адресу [www.profinet.com](http://www.profinet.com), секция Downloads.

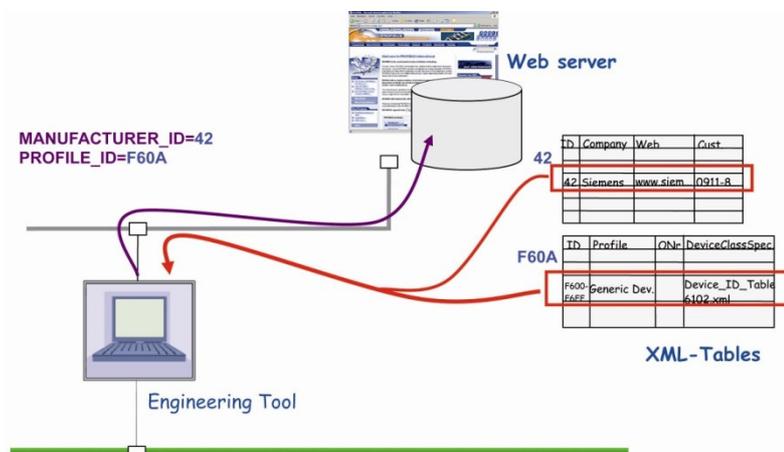


Рисунок 8.1: Принцип работы I&M функций.

## 10. Резервирование

Организация связи через многопортовые коммутаторы позволила эффективно комбинировать топологию «звезда», широко распространенную в сетях Ethernet, с линейной структурой. Такая комбинация хорошо подходит для соединений управляющих секций, то есть линейное соединение между управляющими секциями и соединение звездой полевых устройств уровня тех.процесса (см. рисунок ниже).

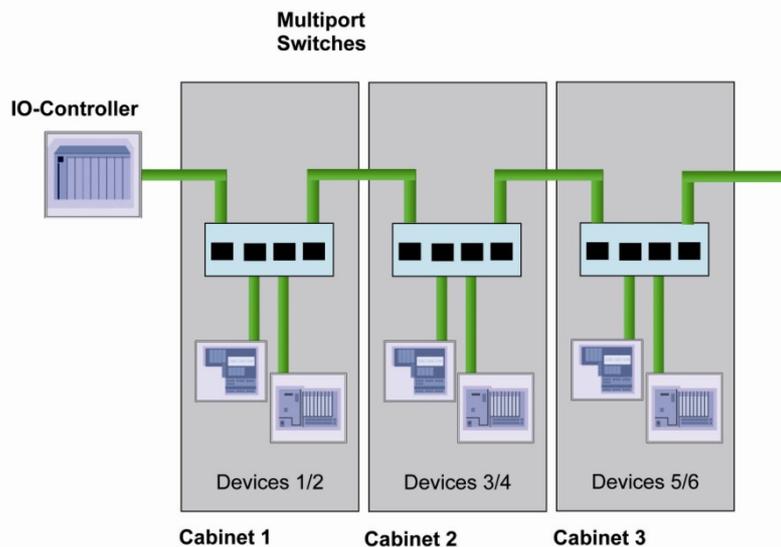


Рисунок 10.1: Звездная и линейная топологии могут комбинироваться в системах соединения Ethernet/PROFINET.

Резервные каналы связи необходимы в автоматизированной системе для того, чтобы значительно повысить ее работоспособность. На данный момент самой предпочтительной из структур автоматизированных систем является линейная.

Менеджер резервирования и клиенты обеспечивают надежность работы автоматизированной системы.

### 10.1 Протокол MRP

Протокол MRP (Media Redundancy Protocol - Протокол резервирования средств связи), соответствующий IEC 61158, описывает резервирование в PROFINET с типичным временем реконфигурации каналов связи с TCP/IP и RT фреймами после отказа менее 200 миллисекунд.

В принципе, используются те же механизмы передачи данных, что описаны раньше. В штатном режиме фреймы передаются только по основным каналам. IEC 61784 определяет метод использования MRP.

**Менеджер резервирования (redundancy manager, RM)**  
Задача менеджера резервирования в том, чтобы проверять функциональное соответствие сконфигурированной кольцевой структуры. Это делается путем циклической отправки тестовых фреймов. Пока он получает все отправленные тестовые фреймы, кольцевая структура не нарушена.

Эта процедура позволяет менеджеру резервирования предотвращать закливание фреймов и преобразовывать кольцевую структуру в линейную.

Менеджер должен сообщить об изменениях в кольце всем вовлеченным клиентам специальным фреймом «Change in topology».

#### Клиент резервирования

Клиент резервирования это коммутатор, который ведет себя только как передающий узел. У него должно быть два порта, чтобы соединяться с другими клиентами или менеджером в одно кольцо.

В PROFINET IO для реализации резервирования

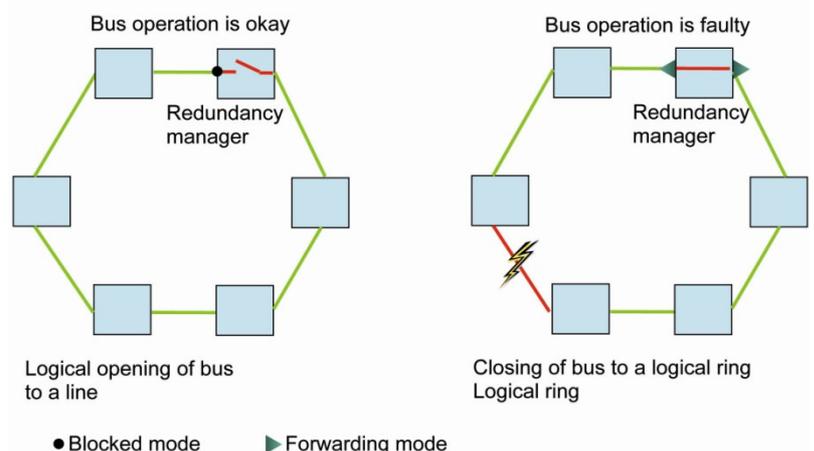


Рисунок 10.2: Логическое разделение магистрали предотвращает движение фреймов по кругу.

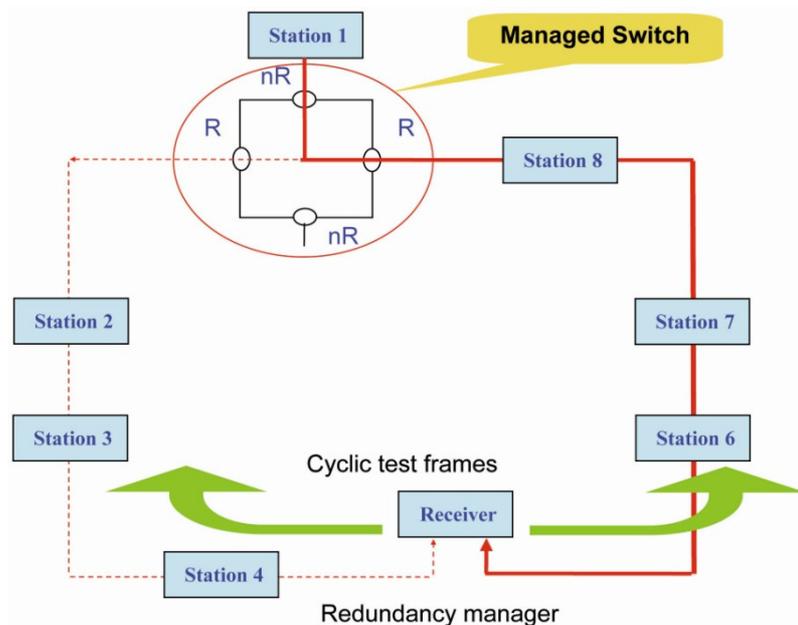


Рисунок 10.3: Резервирование средств связи с протоколом MRP повышает работоспособность промышленного объекта.

средств связи используются только управляемые коммутаторы, поддерживающие протокол MRP и конфигурируемые, например, через протокол SNMP или веб-службы.

## 10.2 Протокол MRRT

Протокол MRRT (Media Redundancy for Real-Time - резервирование средств связи для реального времени), определенный в IEC 61158, описывает обработку RT фреймов классов RT\_CLASS\_1 и RT\_CLASS\_2. Работа MRP всегда является предпосылкой к работе MRRT. Процедуру использования протокола MRRT описывает IEC 61784. При RT коммуникациях, MRRT производит безударную перекоммутацию в случае отказа канала связи. Это осуществляется избыточной передачей RT фреймов (т.е. по двум каналам), если порт назначения спроектирован как избыточный.

На принимающую сторону всегда прибывает по 2 RT фрейма, если во время дублированной передачи не возникло ошибок. Приложению пересылается только первый прибывший фрейм.

## 10.3 Резервирование средств связи класса RT\_CLASS\_3 (MRPD)

IEC 61158 описывает идею резервирования для фреймов RT\_CLASS\_3 как «Резервирование средств связи для планируемого дублирования» (Media Redundancy for planned duplication, MRPD). IEC 61784 описывает использование коммуникаций класса RT\_CLASS\_3 с

безударной перекоммутацией каналов связи в случае отказа. Во время загрузки системы, IO-контроллер загружает на отдельные узлы данные о каналах связи для обоих коммуникационных направлений в кольце. Таким образом, неважно, какой узел выходит из строя, т.к. полевым устройствам доступно загруженное «расписание» для обоих каналов связи, которые они отслеживают и которым следуют без исключения. Чтобы предотвратить движение фреймов по кругу, достаточно только загрузить «расписание», т.к. порт назначения задан явно.

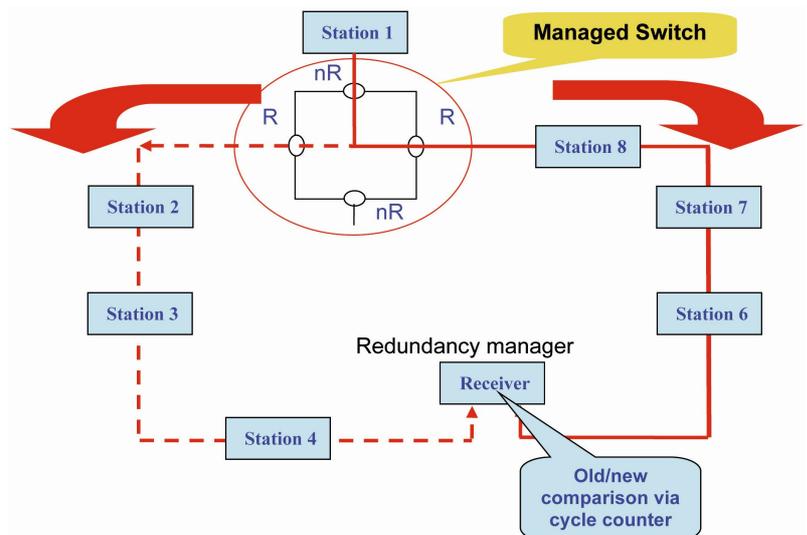


Рисунок 10.4: Резервирование средств связи для RT фреймов включает в себя безударную перекоммутацию каналов связи в случае отказа.

## 11. Классы соответствия

PROFINET IO это высокопроизводительная передовая коммуникационная система, которая полностью удовлетворяет всем требованиям технологии автоматизации. Она включает в себя расширенный набор функций протокола передачи, чтобы в полной мере соответствовать требованиям промышленных задач. Однако полная функциональность бывает нужна не в каждой автоматизированной системе, поэтому PROFINET IO масштабируем в зависимости от доступной функциональности.

С этой целью PI систематизировала наборы функций в PROFINET IO и разбила их на классы соответствия (conformance classes, CC) или классы применений. Получившиеся классы применений позволяют владельцам производств легко выбирать полевые устройства и магистральные компоненты по явно указанным минимальным свойствам. Это еще один шаг в обеспечении должного качества полевых устройств, участвующих в коммуникационных процессах, которые проходят сертификационное тестирование.

Кроме трех классов применений, были разработаны дополнительные спецификации:

1. Типы устройств
2. Типы коммуникаций

3. Используемая среда передачи
4. Резервирование

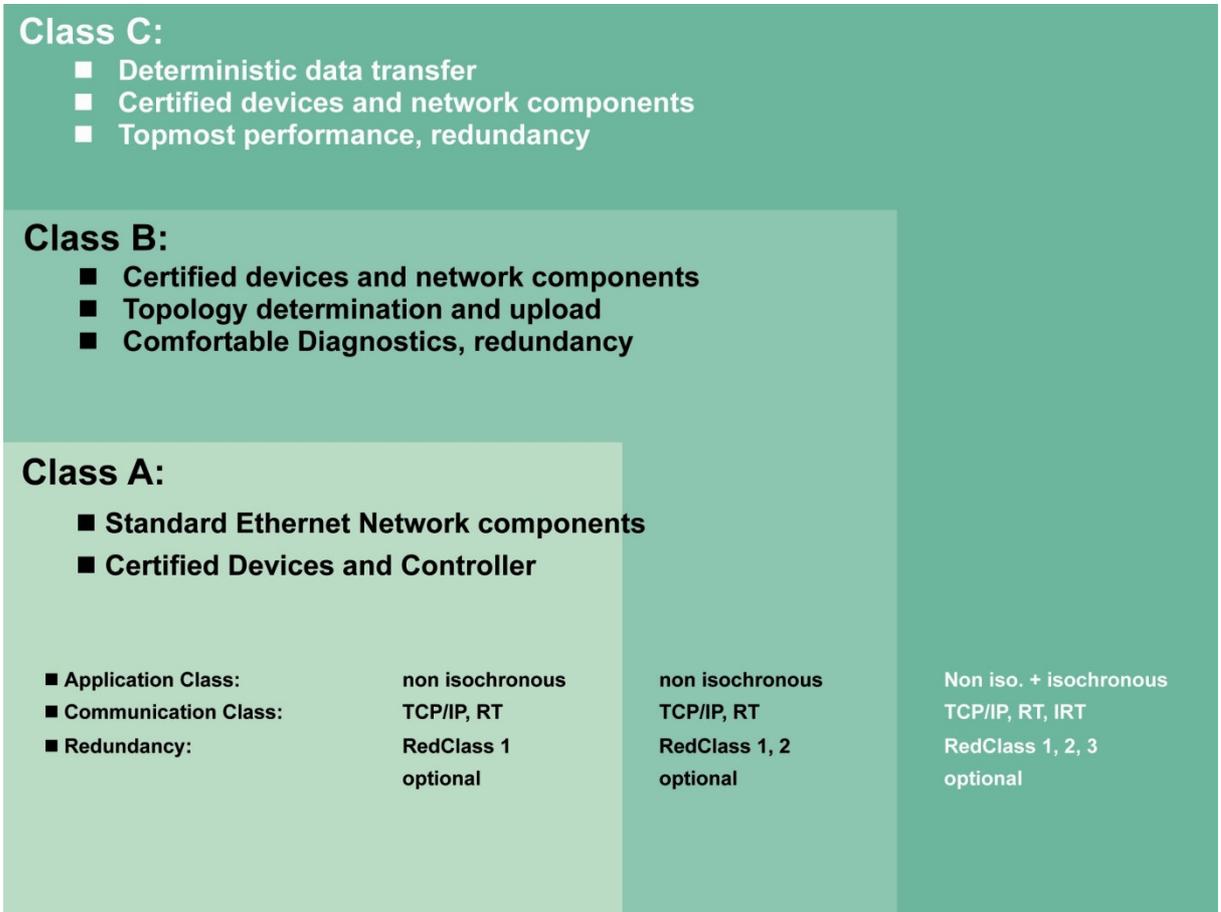
Спецификации гарантируют интероперабельность в автоматизированной системе в отношении диапазона функций и параметров производительности. Это означает следующее: выбирая, какие компоненты будут использоваться в АС, нужно просто подобрать подходящий класс применения, не заботясь более обо всех остальных деталях. Подробное описание классов можно найти в документе PNO «PROFINET Conformance Classes».

### Области применения

**CC-A:** Используется инфраструктура существующей Ethernet сети, включая интеграцию базовых функций PROFINET. Все ИТ сервисы могут использоваться без ограничений. Примеры типичного применения – в строительной автоматизации и автоматизации технологических процессов. В этом случае возможно использование беспроводных каналов связи.

**CC-B:** Кроме функциональности класса CC-A, класс CC-B поддерживает легкую замену устройств, не требующую инструментальных средств проектирования. Пример типичного применения – АС с контроллерами станков высокого уровня, имеющими низкие требования по детерминизму цикла обмена.

**CC-C:** Кроме функциональности класса CC-B, класс CC-C поддерживает высокоточную и детерминированную передачу данных, включая



изохронные задачи. Интегрированное резервирование средств связи делает возможной безударную перекоммутацию каналов связи в случае обрыва.

Пример типичного использования – управление перемещениями.

## 12. Прикладные профили для PROFINET IO

Прикладные профили это спецификации определенных свойств, параметров производительности и поведения устройств и систем, которые были совместно разработаны производителями и пользователями. Использование прикладных профилей в стандартизации дает следующие преимущества:

- **Оператору**  
Существование сертифицированных, совместимых с профилем, устройств дает высокую степень независимости от конкретного производителя устройств, в то же время, предоставляя базовый набор функциональности.
- **Системная интеграция и внедрение**  
Использование сертифицированных устройств гарантирует высокую степень подобию и интероперабельности, т.к. эти устройства проходят всестороннее тестирование, разрабатываемое и координируемое PI.
- **Планировщику**  
Стандартизация базовой функциональности устройств означает существование единой номенклатуры, что очень упрощает выбор устройства.
- **Производителю**  
Упрощенное использование и рост достижимой глубины интеграции устройств в разных автоматизированных системах.

Описание профиля охватывает все от нескольких спецификаций для конкретного устройства, вплоть до всесторонней спецификации задач в конкретном производстве. Термин «Прикладные профили» используется как общее описание.

В целом, различаются две группы профилей:

1. Общие профили, доступные для использования в различных задачах (например, профиль PROFIsafe)
2. Специальные профили, разработанные для узкоспециализированных видов задач, например, PROFIdrive, Encoder, Identification systems, или PA devices.

PROFIBUS предлагает множество таких профилей и поэтому может быть использован как проблемно-ориентированный. Эти профили включаются в PROFINET шаг за шагом, по мере необходимости.

По умолчанию, PROFINET передает указанные данные прямо в блоке данных. Пользователь несет ответственность за интерпретацию переданных и полученных данных пользовательской программой ПК-ориентированного решения или функциональным блоком программируемого логического контроллера. В некоторых областях, например, в приводной технологии или в безопасной передаче данных и т.д., профили уже разработаны ведущими группами. Они зарегистрированы в PI и включают в себя и формат данных, и диапазоны функциональности.

Профиль однозначно определяется его Profile\_ID и связанным с ним идентификатором прикладного процесса (Application Process Identifier, API). API используется, чтобы идентифицировать профиль. Список текущих Profile\_ID для PROFIBUS и PROFINET доступен по адресу:

[www.profibus.com/IM/Profile\\_ID\\_Table.xml](http://www.profibus.com/IM/Profile_ID_Table.xml)

API0 должен поддерживаться любым устройством. С использованием API, области данных всегда четко разделены, т.к. комбинация слота/подслота может быть присвоена только одному API.

На сегодняшний день, для PROFINET доступны профили PROFIsafe, PROFIdrive, Encoder, Low Voltage Switch Gear и Identification Systems. Эти профили изначально были доступны и в PROFIBUS.

Кроме того, расширяемые коммуникации и модульная структура PROFINET позволяет использовать его в других областях применения, таких как энергетика и автоматизация транспортных средств.

Профиль задач производственной линии представляет собой первый профиль, разработанный только для использования в PROFINET.

«Задачи производственной линии» специфицирует прикладной уровень для устройств автоматизации производственных линий.

### 13. PROFINET для АСУТП

У большинства промышленных систем имеются такие области, в которых преобладают дискретные входные и выходные сигналы, и преимущественно используются компоненты производственной технологии. Типичными примерами таких систем могут послужить: оборудование для складирования и хранения сырья, упаковочные, наполняющие и погрузочные процессы, а также транспортное оборудование с его приводными и управляющими компонентами. Имеется тенденция к оборудованию таких компонентов Ethernet интерфейсом (например, PROFINET).

#### Требования

По сравнению с промышленной автоматизацией, автоматизация непрерывных технологических процессов имеет несколько особенностей, которые в большой степени определяют использование автоматизации: Системы могут иметь срок службы в несколько десятков лет. Кроме того, системы часто связаны с высокими потенциальными рисками и поэтому требуют специальных ограничений по безопасности. В результате, предпочтительнее использовать проверенные устройства и системы. Это выливается в требование, чтобы старые и новые технологии могли сосуществовать, будучи функционально совместимыми.

Кроме того, требования к надежности систем технологических процессов, особенно непрерывных процессов, зачастую значительно выше.

Кроме прямого подключения устройств тех.процесса к полевой шине, используется технология удаленного ввода/вывода. Аналоговые и двоичные входные и выходные сигналы собираются в удаленном модуле ввода/вывода, который в свою очередь соединен через полевую шину с управляющей системой.

Для оптимального использования PROFINET во всех секторах автоматизации процессов, PI в тесном сотрудничестве с пользователями создала каталог требований.

Защита инвестиций конечных пользователей в данном случае это важнейший фактор, поскольку, как упомянуто выше, срок службы систем управления процессами может составлять несколько десятков лет.

Таким образом, гарантируется, что производства, использующие системы на основе PROFIBUS, могут в любой момент быть переоборудованы на PROFINET.

Использование Ethernet устройств в областях, связанных с повышенной опасностью, не формулируется как требование, т.к. уже существует проверенное на практике решение с PROFIBUS PA. Кроме того, проверенных в эксплуатационных условиях Ethernet решений на данный момент не существует.

В первую очередь целью является использование тех возможностей, которые дает применение Ethernet в автоматизации. Дополнительно к упомянутым уже достоинствам, PROFINET имеет такие преимущества, как значительно более широкие возможности по конфигурации топологии, большие объемы данных и более высокая производительность.

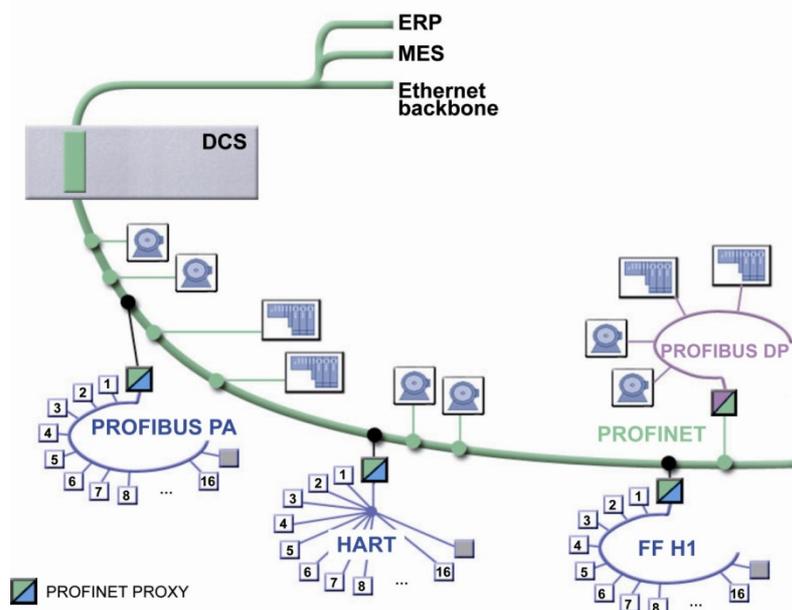


Рисунок 13.1: Пример архитектуры для использования PROFINET в автоматизации процессов.

## 14. TCI

В PROFINET данные для конфигурирования интеллектуальных полевых устройств хранятся в файле общего описания станции (general station description, GSD). Во время проектирования инженер-наладчик может определить, какие параметры будут записаны в соответствующее полевое устройство во время загрузки либо функционирования системы, чтобы обеспечить выполнение операций с заданными, статическими параметрами. Тем не менее, в некоторых случаях GSD файлы не могут удовлетворить всем требованиям. Инженеру-наладчику придется принять дополнительные ограничения, возникающие, когда на полевое устройство нужно записать полный набор параметров, а полевое устройство и инструменты проектирования для автоматизированной системы поставлены разными производителями. В большинстве случаев, такая передача требует проприетарного решения, поскольку не может быть произведена с помощью инструментов проектирования AC.

Интерфейс вызова инструментарий (Tool Calling Interface, TCI) описывает расширяемый, легкий в использовании интерфейс, позволяющий такие действия, как загрузка параметров на полевое устройство и удобную его диагностику. TCI состоит из следующих частей:

1. Интерфейс вызова функций: Пользователь может из системы разработки (engineering system, ES) вызвать пользовательские интерфейсы разных полевых устройств (Device Tool, DT). Посредством взаимодействия с пользователем, в DT инициируются определенные функции.
2. Коммуникационный интерфейс: коммуникационный сервер TCI позволяет пользовательскому интерфейсу полевого устройства (DT) общаться с полевым устройством.

Благодаря свободному доступу к спецификации TCI, каждый производитель может создать работающий автономно DT и интегрировать его в любую TCI-совместимую систему разработки. Этот подход уже реализован в интерфейсе FDT (Field Device Tool – инструментарий полевого устройства). После, PI сделала следующий шаг в предоставлении более простого интерфейса с урезанным диапазоном функциональности. Использование TCI одинаково хорошо подходит и для полевых устройств в низкой ценовой категории и для сложных устройств, уже укомплектованных пользовательским интерфейсом.

TCI использует каналы связи PROFINET. Кроме того, могут использоваться проприетарные коммуникационные

решения между полевыми устройствами и их пользовательскими интерфейсами.

### Режим функционирования

Рисунок 14.1 представляет пример структуры и взаимодействия между ES и DT. Чтобы интегрировать DT в TCI-совместимую систему разработки, производитель должен предоставить GSD файл, PID (Program Interface Description – описание программного интерфейса), пользовательский интерфейс полевого устройства (приложение Windows) и программу установки.

GSD файл содержит определения используемых полевых устройств, включая связанные с ними модули ввода/вывода. PID описывает функциональность, предоставляемую интерфейсом полевого устройства (DT).

Чтобы использовать DT, и система разработки, и интерфейс полевого устройства должны поддерживать TCI. По существу, он описывает вызов интерфейса между ES и DT, коммуникационный интерфейс между DT и коммуникационным сервером TCI, который обеспечивает сообщение между полевым устройством и DT.

Когда DT вызван, возникает следующая последовательность шагов:

1. На основании идентификации устройства в GSD файле, система разработки может использовать записи системного реестра инструментального средства проектирования, работающего под управлением Windows, чтобы найти PID файл, соответствующий DT. PID файл (в формате XML) описывает доступные опции связанного с ним DT.
2. Затем средство проектирования создает TPF (Temporary Parameter File – временный файл параметров), содержащий все параметры передачи для DT. Это позволяет избежать передачи большого числа параметров, когда

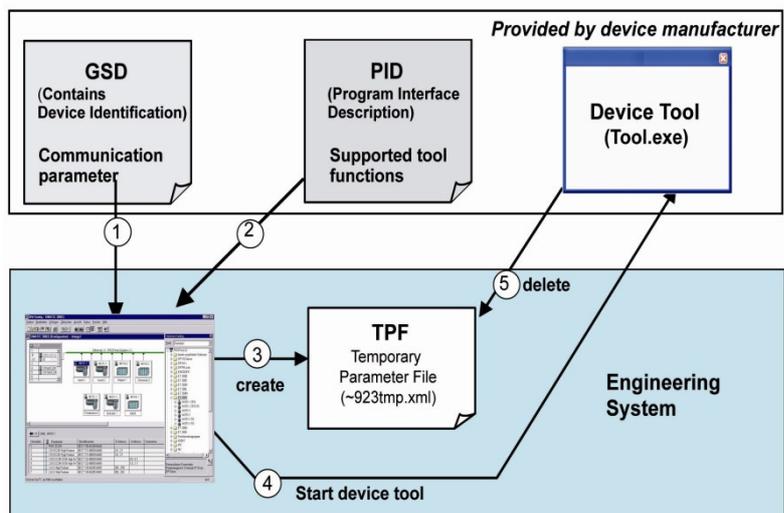


Рисунок 14.1: Структура TCI.

DT будет вызван. После чего средство проектирования вызывает DT и передает путь к TPF файлу, в котором, среди прочего, передается путь к хранилищу данных. За организацию данных отвечает DT.

3. Когда вызов завершен, DT удаляет TPF.
4. DT интерпретирует содержимое TPF файлов и, при необходимости, устанавливает соединение с нужным полевым устройством через коммуникационный сервер TCI (если

поддерживается) или напрямую с устройством (проприетарное решение).

5. Пользователь выполняет необходимые действия (параметризацию, диагностику и т.д.)

6. DT сохраняет относящиеся к проекту данные.

Эти действия обеспечивают управление данными через пользовательский интерфейс полевого устройства, а также привязку к проекту в системе разработки.

## 15. PROFINET CBA

В рамках PROFINET, PROFINET CBA (Component Based Automation – компонентно-ориентированная автоматизация) является концепцией автоматизации для разрешения задач с распределенной логикой. Кроме простого обмена входными/выходными данными АС с PROFINET I/O, развитие инженерии автоматизации в некоторых секторах привело к появлению таких технологических структур, которые представляют всю производственную систему разделенной на интеллектуальные и логические блоки. Таким образом, сложная на первый взгляд АС может быть организована в легко управляемые группы блоков. Каждый блок выполняет независимые, автономные части работы. Каждая из этих логических функциональных единиц формирует технологический модуль системы, который может быть повторно использован в других системах в той же или видоизмененной форме, и является так называемым PROFINET компонентом. PROFINET компонент это не более, чем стандартизированная часть АС. Оборудованием, сконфигурированным таким образом, гораздо проще управлять.

Очень простым примером такой структуры является лента конвейера, на которой выполняются разные последовательности действий. На каждом следующем шаге предполагается, что предыдущий шаг был выполнен корректно. В современных производственных линиях, такие последовательности автоматизированы. Рисунок 15.1 демонстрирует секцию такого производства в индустрии напитков.

Разные агрегаты и машины могут быть разработаны, протестированы и укомплектованы одним или разными производителями.

Итак, внутри управляющей последовательности должны быть определены только соответствующие входные и выходные сигналы, нужные для обмена данными между этапами производства. Сама обработка осуществляется внутри соответствующего технологического модуля (здесь это машины 1, 2 и 3). Обработка внутри технологического модуля в течение выполнения производственной последовательности

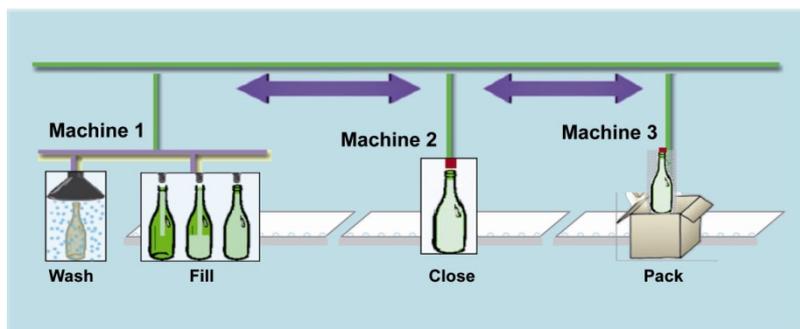


Рисунок 15.1: Пример управляющей последовательности на производстве.

невидима оператору. Вне технологического модуля, интерес представляет только интерфейс, который во многих случаях может быть сужен до нескольких управляющих сигналов. Такие системы значительно дешевле в создании и сопровождении в течение всего жизненного цикла.

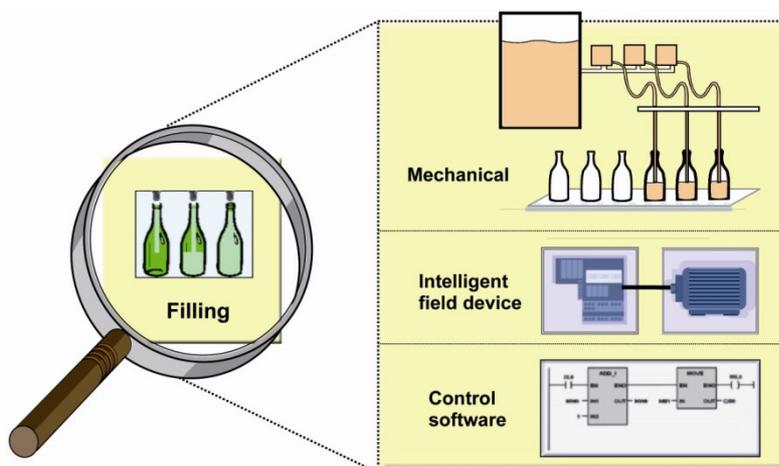


Рисунок 15.2: Технологический модуль состоит из механического, электронного и программного обеспечения.

В различных промышленных секторах последовательности на разных производствах очень похожи, так что агрегаты могут быть адаптированы с очень небольшими модификациями, либо вовсе без них.

Описание технологических модулей содействуют хорошей организации производства и, конечно, повышению экономической эффективности, благодаря высокой степени возможности повторного использования.

### 15.1 Технологические модули

Подход PROFINET предполагает, что функция автоматизированного станка или машины, будучи частью производственного процесса, выполняется заданными взаимодействиями механических, электрических/электронных частей и управляющей логики либо программного обеспечения. По этой причине, PROFINET определяет функциональные аспекты, связанные с логическими производственными шагами, состоящие из:

- механики,
- электрики и электроники,
- управляющей логики и ПО,

как взаимосвязанные единицы, т.е. технологические модули. Технологический модуль, таким образом, представляет собой специфическую часть механической системы, необходимой управляющей электроники и связанного ПО.

При определении технологического модуля особое внимание надо уделять его пригодности к повторному использованию, а также его стоимости и работоспособности. В

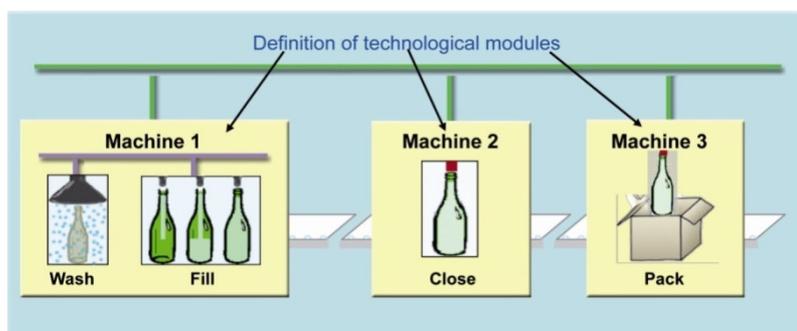


Рисунок 15.3: В PROFINET отдельные узлы могут быть комбинированы в один технологический модуль.

этом процессе, производители станков и агрегатов могут собирать одно или несколько электронных устройств и/или программных компонентов в один единственный технологический модуль. Целью всегда является определение таких индивидуальных компонентов, которые можно было бы комбинировать с максимальной гибкостью. Если модуль слишком сложен, обладает слишком большой функциональностью, оборудование с технологической точки зрения не будет далее развиваться, т.к. придется определять много входных/выходных параметров. А это, в свою очередь, ведет к повышению стоимости проектирования.

## 15.2 Технологический модуль и компонент PROFINET

Технологический модуль представляет собой определенный узел промышленного объекта. Извне видна только та часть технологического модуля, которая необходима для взаимодействия отдельных узлов объекта. Логика взаимодействия определяется программным обеспечением соответствующего полевого устройства.

Поэтому здесь имеет значение только то, какие входные и выходные данные требуются технологическому модулю для полноценного функционирования. С точки зрения пользователя, технологический модуль объекта представлен PROFINET компонентом. Извне на него можно повлиять посредством программного интерфейса.

Каждый PROFINET компонент имеет интерфейс, содержащий технологические переменные, которыми можно обмениваться с другими компонентами и которыми можно управлять. Этот интерфейс (эти свойства) описывает функциональность входов/выходов. Неважно, как прикладная программа обрабатывает входные данные в компоненте и какие логические операции применяются в управлении

выходными сигналами компонента. Интерфейс PROFINET компонента специфицируется в соответствии с IEC 61499. Механизм организации доступа к интерфейсу компонента однозначно определяется в PROFINET CBA.

PROFINET CBA не дает информации по внутренней обработке данных PROFINET компонентом. Разработчики устройств могут использовать свои системы разработки безо всяких ограничений.

Интерфейс PROFINET компонента соответствует стандартной COM/DCOM технологии. COM/DCOM является шагом вперед в области объектной ориентации разработки и позволяет разрабатывать приложения на основе готовых к использованию компонентов. Пользователь может по-разному комбинировать модульные блоки и повторно использовать их в разных промышленных объектах, не зависимо от их внутренней структуры.

PROFINET компонент включает замкнутую функциональность какой-либо части объекта. Обычно он создается производителем оборудования уже после того, как написана пользовательская программа для технологического модуля и определены данные, подлежащие обмену с другими технологическими модулями. Функциональность компонента обычно заключена в программной части компонента, так что производителю не нужны детали описания структуры компонента.

Несколько устройств могут быть скомбинированы в один компонент, так же как и целые полевые системы.

## 15.3 PROFINET инженерия в компонентной модели

Для вендор-независимого конфигурирования PROFINET систем, была разработана концепция PROFINET инженерии. Эта концепция позволяет разрабатывать конфигурационные инструменты,

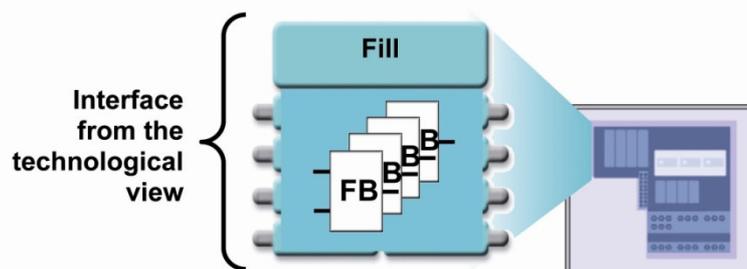


Рисунок 15.4: PROFINET компонент представляет собой технологический модуль.

подходящие для обрабатываемых компонентов от разных производителей, и дополнительные функции, определенные на основе специфики производителя и/или пользователя.

устанавливает связи между PROFINET компонентами разных производителей. Устанавливая взаимные связи, пользователь также указывает частоту передачи данных. Одновременно, редактор связей проверяет соответствие типов данных на концах одной и той же связи.

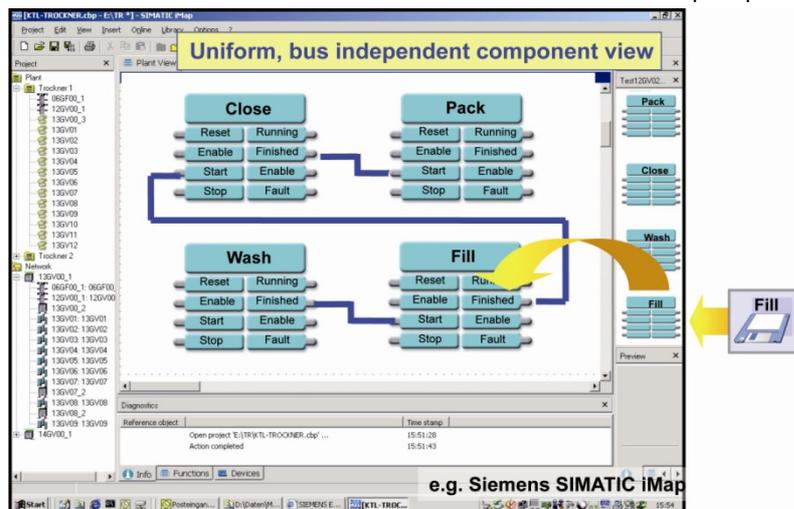


Рисунок 15.5: В PROFINET коммуникации конфигурируются, а не программируются. Здесь: пример использования iMap от Siemens.

PROFINET компоненты описаны в стандартном PCD (PROFINET Component Description – описание компонентов PROFINET). Это описание выполнено в форме XML файла со структурой, определенной в PROFINET CBA. В нем содержатся все данные, необходимые для коммуникаций в системе разработки. Это значит, что каждое PROFINET-совместимое инструментальное средство проектирования может обрабатывать данные описания компонента. PCD создается производителем промышленных объектов с использованием среды разработки, предоставляемой производителем устройств.

В инженерной модели проводится различие между программированием управляющей логики отдельного технологического модуля и технологической конфигурацией всего промышленного объекта.

Поэтому приложение для всего объекта строится в три этапа:

1. Создание компонентов
2. Установление межкомпонентных связей
3. Загрузка информации о межкомпонентных связях на полевые устройства

Инженер-наладчик устанавливает соединение приложения с PROFINET компонентами из библиотеки одним щелчком мыши в редакторе межкомпонентных связей PROFINET.

Такое установление взаимных связей заменяет простой графической конфигурацией дорогостоящее программирование коммуникационных связей. При этом не требуется знаний относительно интеграции и последовательности коммуникационных функций в устройстве.

Инженер-наладчик использует редактор межкомпонентных связей, чтобы комбинировать отдельные или распределенные приложения в пределах всего промышленного объекта. Этот редактор является вендор-независимым, т.е.

## 15.4 Загрузка на полевое устройство

Как только инженер-наладчик завершил установку межкомпонентных связей и задание адресов, инструментальное средство проектирования загружает все необходимые для коммуникаций данные на соответствующие полевые устройства (компоненты). Различаются два этапа загрузки.

Информация о взаимных связях загружается потребителю коммуникационного отношения. Так, каждое устройство знает своего коммуникационного партнера, коммуникационное отношение с ним и информацию, которой предстоит обмениваться. Затем, потребитель самостоятельно устанавливает коммуникационное отношение со своим партнером. Теперь распределенное приложение готово к исполнению.

## 15.5 Коммуникации реального времени в компонентной модели

Во многих случаях, скорости передачи компонентной модели, не совместимой с работой в RT(реальном времени), не достаточно. Частота обновления примерно в 100 мс зачастую является слишком низкой. По этой причине, в компонентную модель PROFINET были добавлены коммуникации реального времени. Приложения RT в производственной автоматизации требуют времени обновления и отклика в пределах от 5 до 10 мс. Время обновления считается с момента, когда значение переменной сформировано в приложении устройства и отправлено партнеру по коммуникационной системе, до того момента, когда оно, в свою очередь, передается оттуда приложению.

В приложениях на Fast Ethernet скорость передачи составляет 100 Mbps. Поэтому, когда исследуют возможности оптимизации, временем передачи по шине можно пренебречь. Также, на процесс не влияют задержки, вносимые программным ядром во время предоставления и проверки полученных данных. Очевидно, что в стандартном ПО нужно оптимизировать длительности циклов работы каждого отдельного уровня.

Канал реального времени (RT) использует Ethernet (2-й уровень). Такое решение значительно снижает время задержки в коммуникационном стеке и повышает производительность в плане скорости обновления данных тех.процессов. Установление того, являются ли данные данными реального времени (RT) или нет (NRT), проводится, когда RT драйвер оценивает значение EtherType в фрейме (0x800 для NRT и 0x8892 для RT) и выбирает подходящий канал связи.

## 15.6 Описание устройства для компонентной модели (PCD)

PCD это XML файл. Он создается программными инструментами производителя. Предполагается, что в инструменте есть генератор компонентов (например, STEP 7 Simatic Manager от Siemens) с функцией «Create component» («Создать компонент»). В результате получится PCD, который может обрабатываться инструментарием проектирования PROFINET (например, iMap от Siemens).

В PROFINET CBA каждый компонент описан в PCD (PROFINET device description – описание устройств PROFINET). PCD обычно создается производителем оборудования. И обычно это делается инструментальными средствами разработки для соответствующего полевого устройства.

PROFINET компонент вместе с его технологическим интерфейсом описывается на языке Extended Markup Language (XML) и сохраняется в XML файле.

Все инструментальные средства проектирования PROFINET понимают формат XML. Чтобы инженер-наладчик мог установить взаимосвязи между компонентами в инструменте проектирования, PCD должен быть доступен системе разработки (ES инструментарии).

## 15.7 Стек ПО для компонентной модели

PI предоставляет стек ПО (программных средств оперативного управления производством) для компонентной модели. Для членов PI оно бесплатно. В дополнение к ПО, поставляется пример Windows 32 приложения вместе с исходным кодом. Эта версия более подходит для тестирования системы, поскольку в автоматизации чаще используется ОС Windows. Если ПО нужно адаптировать для другой операционной системы, соответствующие инструкции

помогут вам пошагово интегрировать ПО в целевую ОС. Редактор компонентов и тестирующий инструментарий дополняют стек ПО для компонентной модели PROFINET.

PROFINET, DCOM и RPC являются неотъемлемыми частями программного обеспечения оперативного управления производством. Пользователь может выбирать, использовать ли ему проводной протокол DCOM, встроенный в стек PROFINET, или оригинальный протокол DCOM от Microsoft. Если для приложения требуется RT-совместимость, то ПО можно расширить, чтобы включить и RT канал. Во время загрузки системы, соответствующий коммуникационный партнер согласует нужный канал связи (компоненто-ориентированный либо реального времени). EtherType в фрейме данных показывает тип фрейма.

## 15.8 PROFINET CBA и PROFINET IO

Для некоторых AC более подходящим вариантом является комбинация сил обоих подходов в PROFINET. Например, элемент узла может быть реализован с детерминированными коммуникациями через PROFINET IO с функциональностью IRT. Элементы узла затем комбинируются в один PROFINET компонент с использованием PROFINET CBA. Преимущества легко оценить, т.к. элементы узла могут быть соответственно подготовлены и протестированы. Чтобы совместить узлы, просто используется графическая конфигурация в вендор-независимом инструментальном средстве проектирования для PROFINET CBA. Это обеспечит отсутствие проблем при вводе в эксплуатацию.

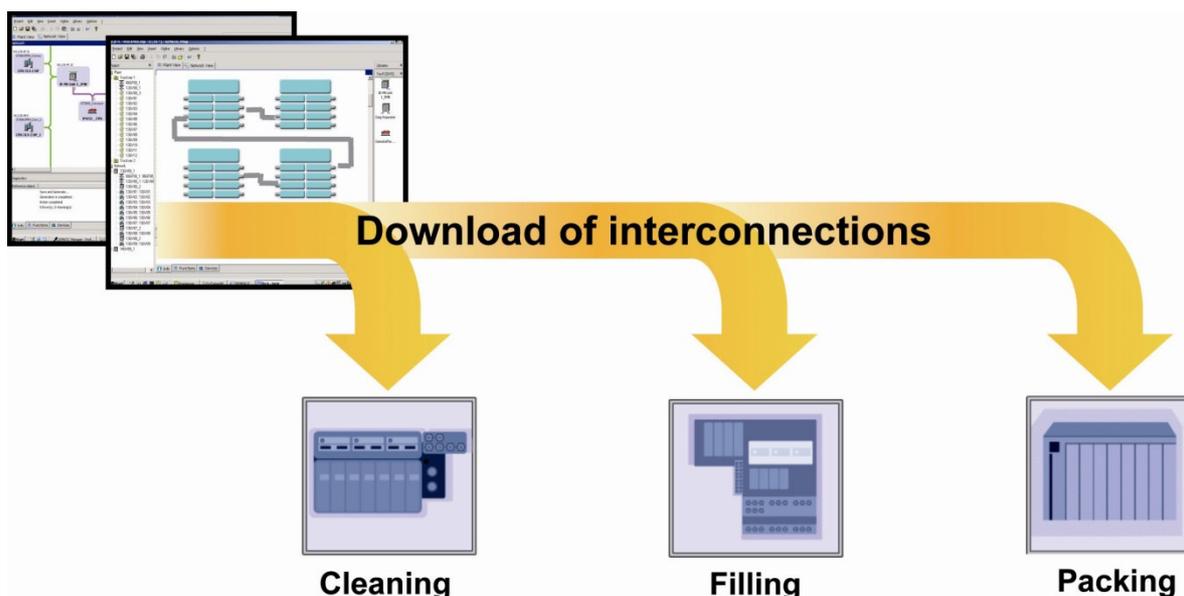


Рисунок 15.6: Информация о межкомпонентных соединениях загружается потребителям.

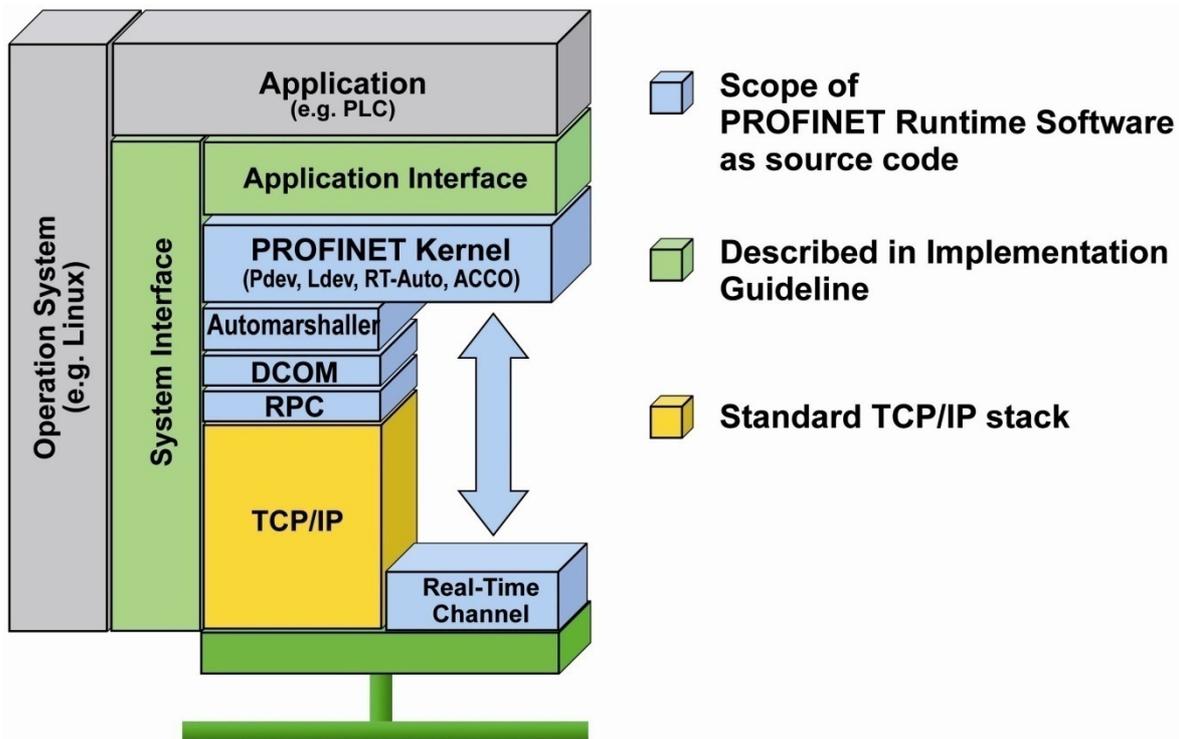


Рисунок 15.8: Стэк ПО для компонентной модели доступен в исходных кодах.

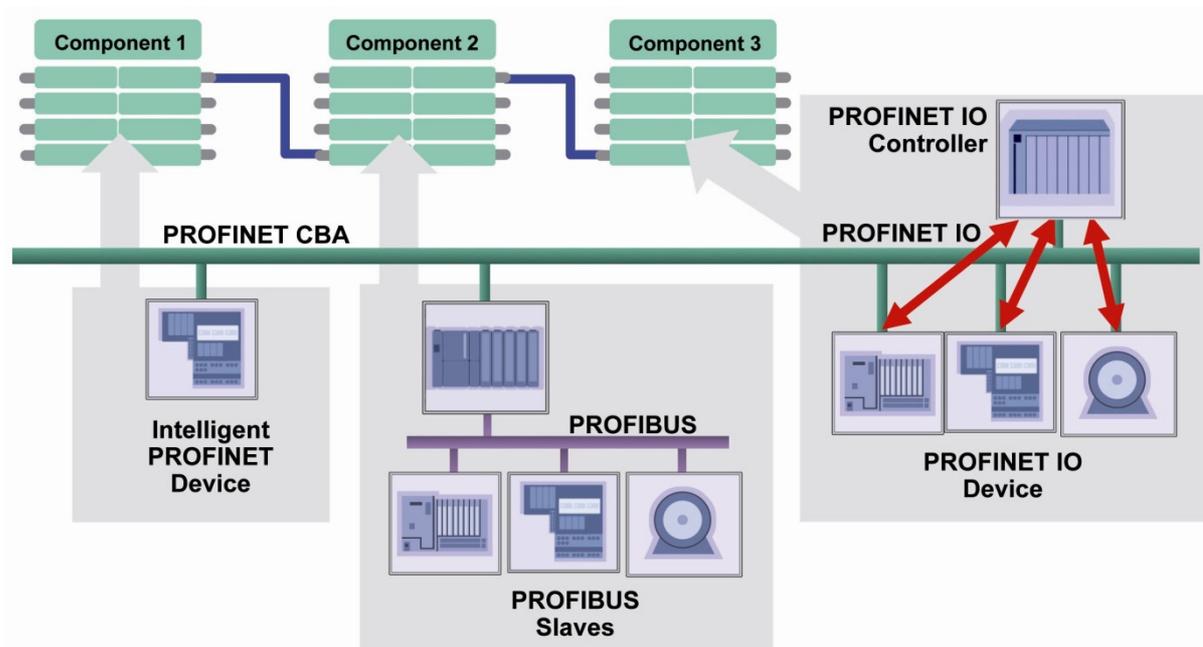


Рисунок 15.7: Совмещение PROFINET IO и PROFINET CBA дает максимальную гибкость в конфигурировании промышленного объекта.

## 16. Интеграция с полевой системой

PROFINET дает спецификацию для интеграции существующей PROFIBUS или другой полевой системы, такой как INTERBUS и DeviceNet. Это значит, что возможно конфигурировать комбинации из полевых и Ethernet подсистем. Так, возможен плавный переход от технологии полевых систем к PROFINET.

Для защиты инвестиций, в связи с большим количеством существующих систем на полевых шинах нужны простые средства интеграции этих систем в PROFINET. Здесь во внимание принимаются следующие требования:

1. Необходимо иметь возможность легко интегрировать имеющееся оборудование во вновь установленную PROFINET систему.
2. Необходимо иметь возможность использовать хорошо зарекомендовавшие себя на практике устройства для проектов автоматизации PROFINET, желательно, без необходимости вносить в них изменения.
3. Необходимо иметь возможность интегрировать свои полевые устройства в системы PROFINET, не внося в них изменений.

Полевые решения могут легко и плавно интегрироваться в системы PROFINET, при использовании прокси и шлюзов. Прокси ведет себя как представитель полевого устройства в сети Ethernet. Он интегрирует узлы, соединенные с низкоуровневыми полевыми системами, в высокоуровневую PROFINET систему. В результате, преимущества полевых систем, такие как высокие динамические характеристики, точная диагностика и конфигурация АС без установочных параметров на устройствах, могут быть использованы и в PROFINET. Точно так же, ввод в эксплуатацию и использование упрощаются возможностью всесторонней диагностики полевой системы. Инструментарий устройств и ПО так же поддерживаются в привычном виде и интегрируется в управление PROFINET системой.

В эксплуатации находится более 28 миллионов PROFIBUS устройств, а также 15 миллионов INTERBUS устройств (на конец 2007 года). Положение лидера рынка обязывает предлагать простую стратегию объединения существующих полевых систем с PROFINET. PROFINET с самого начала разрабатывался с учетом необходимости интеграции уже установленных полевых устройств.

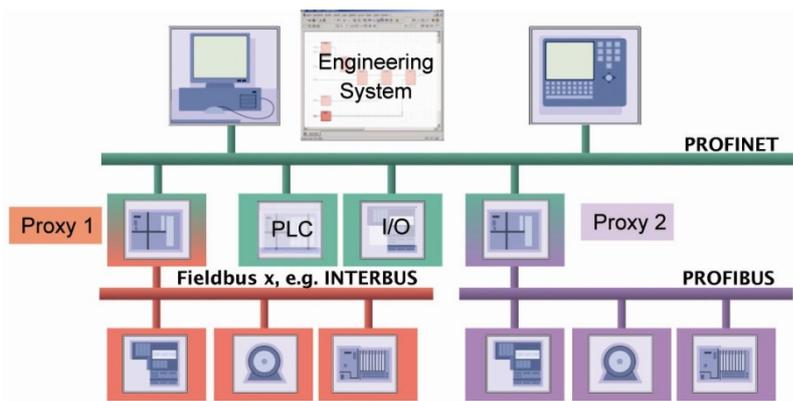


Рисунок 15.1: Полевые системы легко интегрировать в PROFINET.

### 16.1 Интеграция через прокси

Прокси это представитель низкоуровневой полевой системы. В PROFINET прокси представляет полевую шину (например, PROFIBUS, Interbus и т.д.). Таким образом, он координирует Ethernet трафик и трафик собственно полевой шины.

Прокси представляет одно или несколько полевых устройств и обеспечивает прозрачную реализацию коммуникаций (без туннелирования) между сетями. Например, он прозрачно пересылает циклические данные, приходящие из сети Ethernet, к устройствам на полевой шине.

В PROFIBUS DP, например, прокси работает как активное устройство на шине PROFIBUS, которое обменивается данными с PROFIBUS узлами. В то же время, он является PROFINET узлом с PROFINET коммуникациями поверх Ethernet. Прокси могут быть реализованы как, например, программируемые логические контроллеры, контроллеры на базе ПК или простые шлюзы.

### 16.2 PROFIBUS и другие полевые системы

Представленные методы позволяют интегрировать другие полевые системы, такие как INTERBUS, Foundation Fieldbus, DeviceNet и т.п., в PROFINET. Остается обеспечить транспортировку данных тех.процесса, ранее предоставленных шине PROFINET низкоуровневой полевой шиной. В результате применения такого подхода, полевые шины любого типа можно с минимальными усилиями интегрировать в PROFINET, в то время как для представления низкоуровневой полевой системы используются прокси.

## 17. Web интеграция

Web интеграция PROFINET была разработана, главным образом, для сопровождения и диагностики. Различные сетевые концепции могут использоваться в этих целях очень эффективно. Сетевые сервисы описывают механизмы интеграции PROFINET устройств в мир Internet/intranet.

Для доступа к PROFINET устройству из Internet или сети intranet используются стандартные протоколы (например, http). Данные передаются в стандартных форматах, таких как HTML или XML. Для отображения используются стандартные программы-клиенты (такие браузеры, как Netscape или Internet Explorer).

Благодаря доступности из любой точки мира, производитель может оказывать поддержку пользователям повсеместно.

Доступ к данным предоставляется через стандартные Web страницы.

Возможные области применения Web интеграции:

1. Тестирование и сопровождение
2. Обзор данных устройств (PROFINET IO)
3. Диагностика устройств и просмотр документов системы или устройств

Предоставляемая информация должна быть в формате, читаемом для человека (например, с использованием браузера) и для компьютера (например, XML файл). С использованием Web интеграции PROFINET, доступны оба варианта. Для определенной информации Web интеграция PROFINET предоставляет стандартизированные XML схемы.

### Технические характеристики

Базовым компонентом Web интеграции является Web сервер. Он составляет интерфейс между объектной моделью PROFINET и базовыми технологиями Web интеграции.

Web интеграция в PROFINET может проводиться с различной степенью, в зависимости от требуемых производительности и прочих характеристик Web

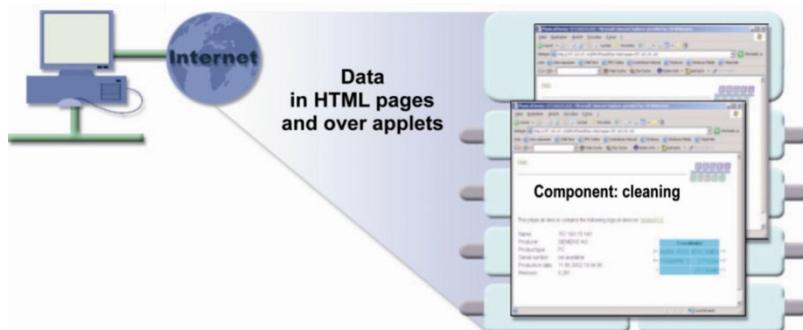


Рисунок 17.1: Доступ к данным PROFINET возможен через стандартные Web сервисы.

сервера. Web интеграция является опциональной для каждого устройства PROFINET. В зависимости от требований к производительности устройства можно реализовать только отдельные функции. Это позволяет настраивать решения для каждого отдельного случая. Элементы на базе PROFINET могут быть плавно интегрированы в существующую Web реализацию какого-либо компонента.

Используя унифицированные интерфейсы и механизмы организации доступа, производители PROFINET устройств могут предоставлять данные по сети Web. Пространство имен, заданное в Web интеграции PROFINET, и концепция адресации позволяют Web серверу ссылаться на элементы СВА, а также данные ввода/вывода. Это дает пользователю возможность создавать динамические Web страницы, сконструированные с использованием текущих данных от компонентов.

### 17.1 Безопасность

Web интеграция PROFINET определена таким образом, что доступ к PROFINET устройству организован одинаково как из Internet, так и из intranet. Это позволяет использовать преимущества Web интеграции, даже если само устройство к сети Internet не подключено. Для такого локального доступа, риск неавторизованного проникновения очень низок и сравним с современными системами человеко-машинного взаимодействия.

При сетевом взаимодействии внутри большого промышленного предприятия или через Internet, Web интеграция PROFINET полагается на концепцию фазовой безопасности. В этой оптимизируемой под определенные приложения концепции используется одна или несколько зон безопасности (security zones). При этом на саму Web интеграцию не налагается никаких структурных ограничений, поскольку все средства безопасности сосредоточены вне PROFINET устройства. С одной стороны, это «облегчает» устройство, с другой – позволяет оптимизировать степень защищенности к изменяющимся требованиям безопасности непрерывно развивающейся автоматизации. Разработанная на данный момент модель безопасности защищает от неавторизованного доступа как отдельные устройства, так и целые их сети. Кроме того, будут разработаны модули для сегментации сети, благодаря которым только уникально идентифицированные и авторизованные сообщения извне смогут достигать устройств внутри сегмента.

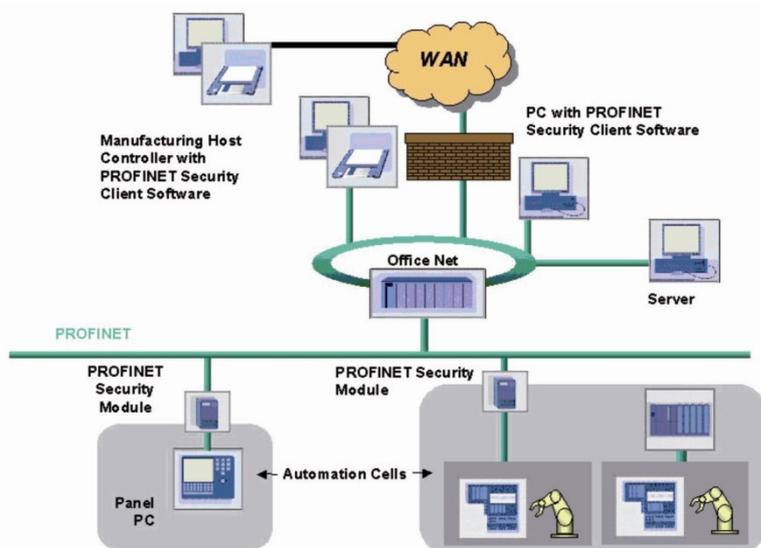


Рисунок 17.2: Сегментация автоматизированной сети.

Предложения передового опыта Web интеграции PROFINET включают сценарии и примеры того, как зависимые от требований механизмы безопасности могут быть реализованы на PROFINET устройствах.

Например, механизмы безопасности могут использоваться на уровне транспортных протоколов (TCP/UDP и HTTP). Кроме того, шифрование, аутентификация и администрирование доступа являются функциями используемых Web серверов. При необходимости, Web серверу могут быть добавлены и улучшенные элементы безопасности, такие как, например, шлюзы приложений.

## 17.2 Сегментация

Ядром концепции безопасности является сегментация сети автоматизации. Так, формируются защищенные автоматизированные секции. Сетевые узлы внутри секции защищены специальными сетевыми компонентами безопасности (например, коммутаторами или аппаратными средствами безопасности), которые контролируют трафик данных от и к секции и проверяют права доступа. Пройти может только поток авторизованных данных. Таким образом, узлы не должны сами включать функциональность обеспечения безопасности.

## 17.3 Управление сетью

Управление сетью включает в себя все функции администрирования сети – конфигурацию (назначение IP адресов), мониторинг ошибок (диагностику) и оптимизацию производительности.

## 17.4 IP управление

Использование протоколов TCP/UDP и IP в PROFINET требует назначения PROFINET устройствам IP адресов.

Способ назначения адресов в системе конфигурируется. В PROFINET определен протокол DCP (Discovery and Configuration Protocol – протокол обнаружения и конфигурации), который позволяет назначать IP параметры с помощью инструментария для конфигурирования или программирования. Будучи неотъемлемым компонентом PROFINET, DCP гарантирует одинаковое поведение всех устройств PROFINET.

Возможно автоматическое назначение адресов протоколом DHCP. Для сетей с системами управления сетями, протокол DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) стал стандартом де-факто. PROFINET позволяет использовать этот стандарт и описывает адекватные способы применения протокола в среде PROFINET. Имплементация DHCP в устройствах PROFINET является обязательной.

## 17.5 Управление диагностикой

Надежность сетевых операций занимает важное место в управлении сетями. В существующих сетях для сопровождения и мониторинга сетевых компонентов и их функций стандартом де-факто стал протокол SNMP (Simple Network Management Protocol – протокол простого управления сетями). С целью мониторить устройства PROFINET широко распространенными системами управления, полезно реализовать SNMP. SNMP предоставляет доступ к устройству и на чтение (мониторинг, диагностика), и на запись (администрирование).

Изначально в PROFINET был определен только доступ на чтение параметров устройства. Подобно DHCP, SNMP опционален (но обязателен для классов CC-B и CC-C). При реализации SNMP для компонентов, доступной делается только стандартная, обычная для SNMP информация (MIB 2).

Специальная диагностика PROFINET компонентов возможна с использованием механизмов, описанных в спецификации PROFINET. В этом отношении, SNMP не откроет новых возможностей для диагностики, но зато позволит интегрироваться в системы управления сетями, которые в общем случае не обрабатывают характерную для PROFINET информацию. ПО для SNMP можно интегрировать в стек PROFINET на пользовательском уровне и использовать без ограничений.

При использовании стандартных коммутаторов диагностическая информация от подсоединенных

PROFINET устройств пересылается напрямую контроллеру. Однако коммутатор также можно сконфигурировать как IO-устройство и передавать контроллеру зарегистрированные на нижнем уровне

Ethernet сетевые ошибки. Для передачи диагностических данных пользователь также может использовать дополнительный SNMP канал.

## 18. PROFINET и MES

Интеграция автоматизированных систем, производственных исполнительных систем (Manufacturing Execution Systems, MES) и систем планирования ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP) приобретает все большее значение в универсальных корпоративных системах. В то время как интерфейсы между MES и ERP определены как часть стандарта IEC 62264, до сих пор не было спецификации для интерфейсов между MES и АС.

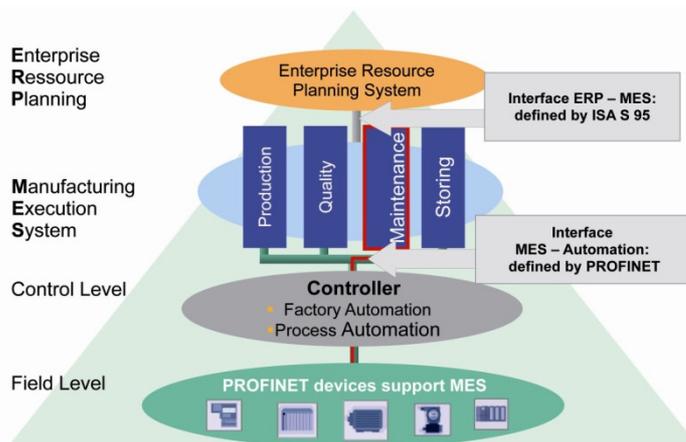


Рисунок 18.1: Операции техобслуживания и ремонта.

### 18.1 Операции в MES

IEC 62264 разделяет MES на следующие четыре операции:

1. Операции обслуживания и ремонта
2. Операции производства
3. Операции качества
4. Операции инвентаризации

Поскольку операции обслуживания и ремонта имеют огромное значение, как в автоматизации предприятий, так и в автоматизации технологических процессов, то эти операции поддерживаются PROFINET. Результатом является документ, в котором среди прочего указана важная для MES информация.

### 18.2 Техобслуживание по состоянию

В терминах обслуживания и ремонта, подход обслуживания по состоянию в настоящее время приобретает все большую значимость. Он основан на способности устройств и компонентов определять свое состояние и сообщать о нем посредством согласованных механизмов.

PROFINET устройства в стандартизированном формате оповещают о своем состоянии устройства более высокого уровня. За основу взята модель с состояниями, в которой, кроме состояний «исправен» («good») и «неисправен» («defective»), присутствуют еще два уровня предупреждения – «техобслуживание необходимо» («maintenance needed») и «техобслуживание обязательно» («maintenance required»).

### 18.3 Идентификация

Кроме возможности устройств определять свое состояние для техобслуживания, способность устройств и компонентов предоставлять актуальную информацию необходимую для функционального и логического распределения, является важным требованием для поддержки операций техобслуживания MES.

Поэтому функции, определенные в документе «Identification & Maintenance Functions (I&M)», также обязательны для PROFINET устройств.

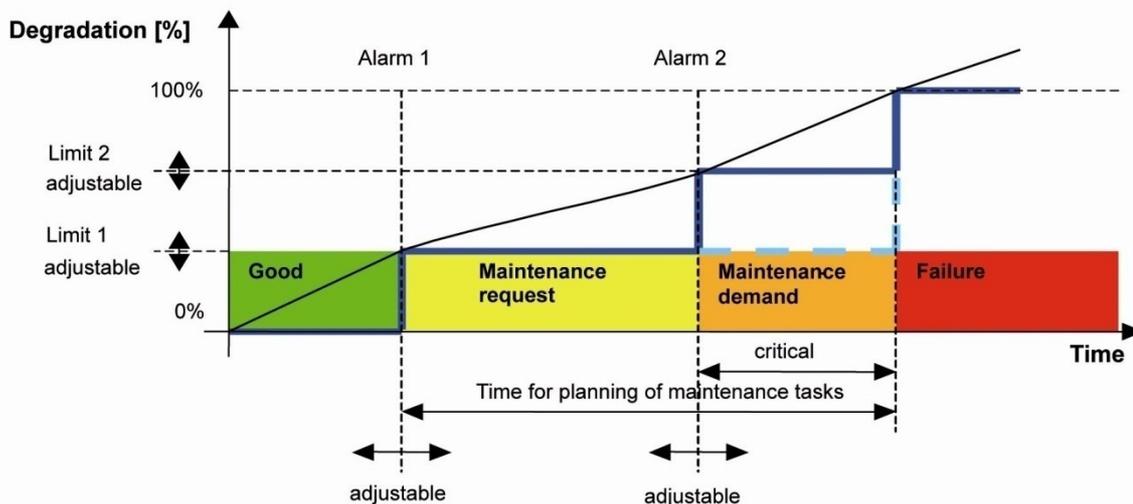


Рисунок 18.2: Состояния для техобслуживания.

## 19. Монтаж сети

Международный стандарт ISO/IEC 11801 и его европейский эквивалент EN 50173 определяют стандарт независимой от приложений информационной технологии построения сетей для комплексных построек. Этот стандарт прокладки кабеля формирует каркас основных требований прокладки Ethernet кабеля в промышленной автоматизации.

Стандарт прокладки кабеля PROFINET опирается на IEC 61918. Специфические для PROFINET определения содержатся в IEC 61784-5-3.

Тем не менее, если пользователь уже работает с сетями, соответствующими требованиям стандарта ISO/IEC 11801, то такие сети также могут использоваться для PROFINET, т.к. они удовлетворяют связанным ограничениям. ISO/IEC 24702 управляет проектированием сетей, соответствующих ISO/IEC 11801, в промышленных зданиях.

Открытость PROFINET также означает, что для Класса соответствия А можно прокладывать стандартный экранированный кабель по стандарту ISO/IEC 24702.

Однако для приложений автоматизации классов В и С свойства кабельной проводки PROFINET должны сохраняться, чтобы выполнялись все требования производительности и работоспособности.

PROFINET разводка кабеля характеризуется следующим:

1. Высокая производительность при существенных системных резервах
2. Простое планирование и монтаж
3. Оптимальная адаптация к промышленным задачам

Для достижения этих целей, кроме разделения условий среды просто на внутренние и внешние, было введено понятие канала. Канал соединяет два активных устройства.

Всегда используются системные кабели заводского производства с одинаковыми коннекторами. При соединении кабелей кроссирование не требуется, т.к. сетевые компоненты PROFINET поддерживают автокроссовер. Кроме системных кабелей используются пассивные коннекторы для пропускания кабеля через стену шкафа управления или для стыковки.

Для понижения сложности работ на месте существует система универсальной двойной пары (two-pair system) для кабелей и коннекторов. Используются

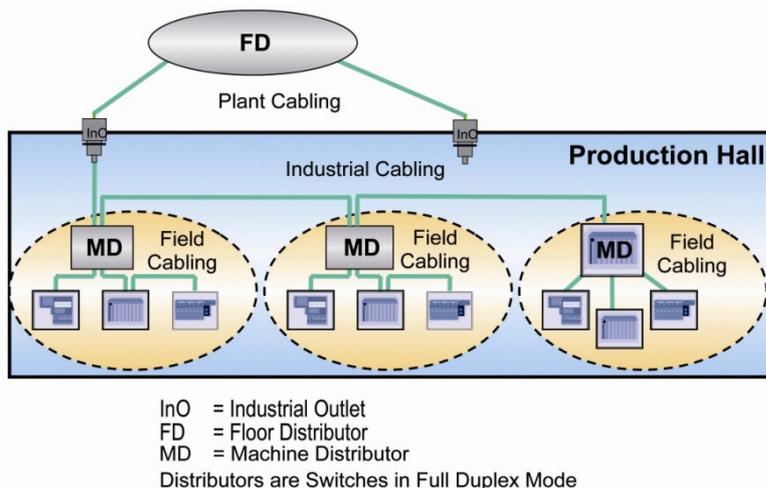


Рисунок 18.1: Сети Ethernet в промышленности обычно имеют линейную топологию.

медные кабели AWG 22. Это создает достаточный системный резерв для множественных передач по проводам и соединителям.

Для передачи по оптоволоконному каналу используется 1-мм полимерное оптоволокно, работа которого оптимально подходит для промышленных задач.

### 19.1 Компонентный подход PROFINET

Для разводки кабеля, PROFINET использует определенный компонентный подход с простыми правилами выбора.

Этот подход базируется на таком принципе: «Чтобы получить сеть, возьмите PROFINET кабель и PROFINET коннектор и соедините их аккуратно». Во внимание следует принимать общую длину кабеля и количество переходов между коннекторами.

Такой подход в результате дает надежные каналы связи, удовлетворяющие требованиям прокладки кабеля PROFINET, т.е. с существенными системными резервами. Планирование с учетом времени, вычисления и замеры в этом случае не требуются.

Компонентный подход требует согласования PROFINET коннекторов и кабелей. Чтобы документально подтвердить соответствие PROFINET, производитель обязан предоставить в PI соответствующее описание.

### 19.2 Сетевые топологии

PROFINET учитывает необходимость как сетевой работы с Ethernet, так и питания устройств напряжением в 24 или 400 вольт.

### Коммуникации (PROFINET данные)

PROFINET поддерживает следующие топологии Ethernet сетей:

1. Линейная топология, которая может быть замкнута в кольцо и соединяет узлы и интегрированные в полевые устройства коммутаторы.
2. Топология «звезда», для которой предпочтительно помещать центральный коммутатор в шкаф управления.

Эти две топологии можно комбинировать, чтобы получать сложную топологию типа «дерево».

### Питание напряжением в 24 или 400 В

Линейная и звездовидная топологии поддерживают питание устройств 24В. 24В питание, и Ethernet коммуникации могут комбинироваться при помощи гибридных коннекторов и кабелей.

Так же линейная и звездовидная топологии поддерживают питание устройств в 400В.

### 19.3 Классы окружения

PROFINET разделил условия окружения только на два класса. Это устраняет ненужную сложность и подходит к специфическим требованиям автоматизации. Существует только класс внутреннего окружения внутри защищенной среды, такой как шкаф управления, и класс внешнего окружения вне шкафов управления.

### 19.4 Разводка кабеля PROFINET

Промышленный кабель может подвергаться сверхвысоким механическим нагрузкам и требует специальной конструкции. В Installation Guide определены типы кабеля, оптимально

адаптированные под соответствующие промышленные ограничения. При достаточном системном резерве можно проводить установку промышленного кабеля без ограничений по дальности передач.

Кроме данных, к некоторым узлам надо подводить питание напряжением 24В. Для этого хорошо подойдет гибридная структура кабеля. Гибридные кабели включают в линии не только для передачи сигналов, но и для подачи питания.

Оптоволоконные кабели не чувствительны к электромагнитному излучению и в некоторых случаях позволяют конструировать более длинные участки сети, чем симметричные медные провода.

### 19.5 Коннекторы для линии данных

Выбор подходящего PROFINET коннектора зависит от задачи. Если требуется универсальная офисная сеть, то используются коннекторы RJ 45, которые принято использовать для внутреннего окружения. Для внешнего окружения разработан коннектор с push-pull крепежем, который подходит к стандартным коннекторам RJ 45. Для PROFINET также подходит коннектор M12.

В автоматизации, для оптической передачи данных, благодаря легкости установки, в основном используется оптоволоконный кабель. В PROFINET специфицировано SCRJ соединение, которое использует коннектор SC. SCRJ используется и во внутреннем окружении, и во внешнем.

Оптический коннектор, специфицированный для PROFINET, есть в семейства коннекторов M12 и также может использоваться для 1-мм полимерного оптоволоконка.

	Copper	Fiber Optic
IP 20 Inside	<b>RJ 45</b> 	<b>SC-RJ</b> 
IP 67 Outside	<b>RJ 45</b>  Variant 14 Pas 61076-3-117 AIDA	<b>SC-RJ</b>  Variant 14 Pas 61076-3-117 AIDA
	<b>M12</b>  Variant 5 IEC 61076-3-106 Hybrid 24 Volt and Data	<b>M12</b>  Draft IEC 61076-3-101

Рисунок 19.2: PROFINET предлагает целый ряд промышленных коннекторов.

## 19.6 Кабели для линии данных

Кабели PROFINET соответствуют типам кабеля, используемым в промышленности:

1. **PROFINET тип А:** Стандартный перманентно-закрепляемый кабель, после прокладки кабель невозможно переместить.
2. **PROFINET тип В:** Стандартный гибкий кабель, допустимы случайные движения или вибрация.
3. **PROFINET тип С:** Специальные кабели: например, с повышенной гибкостью.

Кабель подходит для промышленного использования и во внутреннем, и во внешнем окружении. Для типов А и В компонентный подход PROFINET можно использовать без ограничений. С типом С должны приниматься во внимание ограничения соответствующей продукции.

Типы А и В соответствуют свойствам компонентов Категории 5 для горизонтальных кабелей. Большая площадь поперечного сечения провода (AWG 22) позволяет прокладывать каналы длиной более 100 м.

Благодаря электроизоляции, оптоволоконный кабель особенно хорошо подходит для передачи данных в случае, когда трудно установить эквипотенциальное соединение между отдельными частями оборудования. Оптоволокно имеет преимущество перед медью еще и в случае крайне высоких требований по электромагнитной совместимости.

## 19.7 Коннекторы

В зависимости от технологии, используются 24В коннекторы двух типов.

### Линейная топология:

#### Коннектор с крепежом типа Push-pull

Push-pull коннектор был специфицирован, чтобы обеспечить напряжение питания в линии в соответствии с требованиями немецкой автопромышленности. Push-pull коннектор содержит гнездо для 4 контактов и заземление. Максимальная площадь поперечного сечения составляет 2.5 мм<sup>2</sup>. Коннектор рассчитан на 16 ампер допустимой нагрузки по току. Такая высокая допустимая нагрузка по току позволяет конфигурировать более длинные каналы связи, благодаря чему от длинного канала передачи можно запитать большое количество устройств через Т-образные элементы.

#### 7/8" коннектор

В качестве альтернативы push-pull коннектору, можно использовать 7/8" коннектор.

#### Гибридный коннектор

Гибридное питание устройств осуществляется при помощи гибридного коннектора RJ45 с маркировкой

3А. Для этих целей он имеет 4 дополнительных контакта на 16 ампер, которые используются для двух отдельных цепей.

### Топология звезда:

#### М12 коннектор

Согласно спецификации Р1, в топологии звезда для питания отдельных устройств может использоваться коннектор М12 с кодом А. Он имеет ограничения: одна электрическая цепь и 4 А.

#### 400 В коннекторы питания

Для конфигурирования шины питания был определен коннектор с высокой допустимой нагрузкой по току. Для питания напряжением в 400В PROFINET использует шину питания международного стандарта ISO 23570-3.

## 19.8 Сетевые компоненты

PROFINET устройства соединяются через активный сетевой компонент, например, коммутатор, желательно встроенный в полевое устройство. Спецификация сетевых компонентов гарантирует легкость установки. Поскольку сетевые компоненты в PROFINET поддреживают автокроссовер и автосогласование, используется «прямой» кабель.

При передаче данных по витой паре максимальная длина сетевого сегмента между двумя узлами (полевыми устройствами или коммутаторами) составляет 100м. С использованием оптоволоконного кабеля это значение увеличивается до 14 км.

## 19.9 Установка PROFINET

Работа по прокладке кабеля PROFINET описана в PROFINET Installation Guide, который оказывает практическую помощь для упрощения установки. Информация представлена очень простым языком и сопровождается иллюстрациями. Соответственно, для установки PROFIBUS не требуется предварительных знаний.

Комбинация этих простых руководств по установке и компонентного подхода PROFINET дает оптимальную легкость установки при минимальных усилиях по планированию.

## 19.10 Промышленная радиосвязь

Преимущества беспроводной передачи данных находят все большее применение в промышленной области. Гибкость и мобильность беспроводных сетей делает возможным построение абсолютно новых решений в тех областях, где механическими ограничениями, требованиями безопасности или другими соображениями ограничено использование линий электропередачи. Беспроводные сети применяются для интеграции движущихся частей

системы в коммуникационную инфраструктуру или для подключения труднодоступных сенсоров, а также для мобильного управления и мониторинга, самоходных транспортных систем и прочего.

PROFINET поддерживает связь по таким беспроводным коммуникационным сетям. С PROFINET можно использовать различные радио технологии для широкого диапазона прикладных задач, каждая из которых имеет специфические параметры скорости передачи, диапазон частот, количество узлов и т.п. Так, для каждой технологии

специфицированы свои профили, описывающие, как осуществлена интеграция в PROFINET, какие топологии разрешены и какой производительности можно достичь, какие граничные условия применяются относительно, например, требований безопасности.

Что касается профилей Промышленной Радиосвязи, PROFINET использует WLAN и Bluetooth в соответствии со стандартами IEEE 802.11 и 812.15 соответственно.

## 20. Технология и сертификация PROFINET IO

PROFINET зафиксирован стандартом IEC 61158. Основная его идея в том, что промышленные агрегаты могут быть объединены сетью и без ошибок обмениваться данными. Чтобы гарантировать интероперабельность в АС, требуются меры обеспечения соответствующего качества. По этой причине PI ввела сертификационный процесс, согласно которому PI выдает сертификаты для PROFINET устройств на основании тестовых отчетов (соответствующих DIN ISO 9001) аккредитованных тестирующих лабораторий. В то время как сертификация полевых устройств PROFIBUS не требовалась, нормативные документы по PROFINET изменились, так что теперь любое устройство, носящее имя PROFINET, должно подвергаться сертификации. И, как показывает 15 летний опыт использования PROFIBUS, для этого есть веские причины. Оказалось, что для защиты АС, владельцев производств и производителей полевых устройств требуется стандарт очень высокого качества.

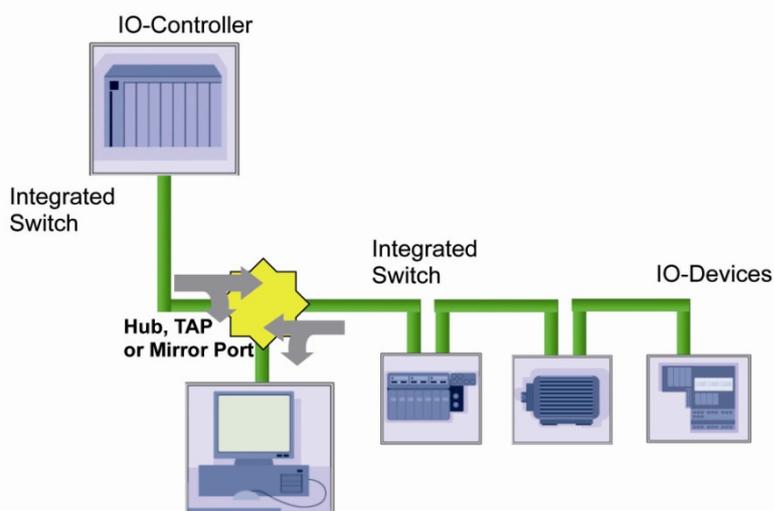


Рисунок 20.1: Тестирующее подключение для сбора Ethernet фреймов.

### 20.1 Поддержка технологии

Производители устройств, желающие разработать интерфейс PROFINET IO, имеют возможность разрабатывать полевые устройства на базе существующих Ethernet контроллеров. В качестве альтернативы, компании-члены PI предлагают множество вариантов для быстрой разработки интерфейса PROFINET IO на основе проверенных компонентов базовой технологии.

#### Поддержка с самого начала

Чтобы упростить разработку интерфейса PROFINET IO, PROFINET Competence Center (Центр Компетентности PROFINET) и компании-члены PI предлагают целый ряд базовых технологий PROFINET

IO. Так же доступны консультационные службы и специальные программы обучения.

Перед началом проекта по разработке PROFINET IO, производителю устройств следует провести анализ и выяснить, будет ли внутренняя разработка PROFINET IO-устройства экономически выгодной или его требования проще удовлетворить с использованием готового коммуникационного модуля.

Вне зависимости от технического исполнения коммуникационного интерфейса полевого устройства, для PROFINET доступны различные сервисы от консультирования до реализации, которые поддержат и защитят проекты с точки зрения времени вывода товара на рынок, рисков развития и ключевой специализации организации.

Подробную информацию можно найти в брошюре «PROFINET Technology – The Easy Way to PROFINET», доступной для загрузки на сайте [www.profinet.com](http://www.profinet.com).

#### Тестовая поддержка для разработки

Для сбора Ethernet фреймов существует бесплатная программа Wireshark. Эта утилита интерпретирует стандартные фреймы Ethernet, а также часть фрейма с данными PROFINET. Программа показывает основные данные в удобном формате.

Полевые устройства PROFINET соединяются коммутаторами. Преимущество в том, что пути передачи фреймов могут быть заранее определены.

Однако для тестирования это преимущество оборачивается недостатком, так как при сборе фреймов отображаются только те фреймы, которые проходят через данный узел. Поэтому, монитор шины Wireshark нужно подключать через хаб, TAP или Mirror Port.

### 20.2 Сертификационное тестирование

Сертификационное тестирование это стандартизированная процедура, проводимая специалистами, чьи знания все время поддерживаются в актуальном состоянии, и кто способен недвусмысленно интерпретировать связанные стандарты. Границы тестирования описаны в части с обязательствами тестовой спецификации лаборатории. Тестирование проводится с моделью черного ящика, в которой тестер является первым реальным пользователем.

Сертификация устройств гарантируют согласованную работу продуктов PROFINET в системах с узлами от разных производителей.

Все оговоренные контрольные примеры сертификационного тестирования являются взятыми из реальной практики применения и отражены в промышленных требованиях. Тестируются только те ситуации, которые возникают ежедневно в любом промышленном цехе. Это дает пользователям максимально возможную безопасность использования их полевых устройств в системе. Тестирующая лаборатория позволяет моделировать динамическое поведение системы.

Для производителей и операторов использование сертифицированной продукции ускоряет процесс ввода в эксплуатацию и дает стабильное поведение системы в течение всего ее жизненного цикла.

Хорошо показавшая себя на практике модель PROFIBUS была использована и в PROFINET IO, все поведение полевых устройств определено в форме конечного автомата. Во время разработки полевых устройств PROFINET разработчик может воспользоваться стеком ПО и стандартными Ethernet ASIC, что значительно облегчит процесс разработки. Соответственно, сертификационные тесты должны быть спланированы по-разному в зависимости от класса соответствия устройства.

#### Сертификация функционального диапазона

Функциональность PROFINET IO разделена на так называемые классы соответствия, чтобы предоставлять четко определенный для каждой системы минимальный набор функций. Производитель указывает поддерживаемый класс соответствия в GSD файле. Кроме специфической функциональности, определенной для каждого класса устройств, любое полевое устройство должно поддерживать еще и следующие базовые тесты:

1. Базовые аппаратные тесты, включая проверку автокроссовера и автосогласования
2. Поведение на запуске, безошибочная загрузка, назначение адресов
3. Считывание и тестирование GSD файла, тест с IO-контроллером, загрузка
4. Тест IO-устройства, вместе с IO-супервизором и без него
5. Тест IO-устройства с двумя IO-контроллерами
6. Тестирование интероперабельности, взаимодействие доступных IO-устройств
7. Срабатывание диагностических сигналов и сигналов тревоги, стандартные отказы (включение/отключение сети для IO-устройства и IO-контроллера, удаление/установка устройства)
8. Всестороннее тестирование

9. Загрузочные тесты

10. Проверка на электромагнитную совместимость

#### Путь к получению сертификата PROFINET

В PROFINET все полевые устройства подлежат сертификации. Сертификат приобретается по прохождении следующей последовательности действий:

Производитель разрабатывает устройство PROFINET и создает необходимый GSD файл.

Производитель подает заявку на получение Vendor ID от PI (требуется только для PROFINET IO). Его получают только один раз, т.к. для всех продуктов компании используется один и тот же Vendor ID.

Производитель включается в списки на прохождение тестирования в тестирующей лаборатории (PITL), имеющей сертификат PROFINET, подписывая заявление на полное тестирование. Производитель должен заранее выяснить, предлагает ли выбранная им лаборатория необходимые тесты.

По завершении тестирования, сторона, заказавшая его, получает отчет о тестировании.

Если результаты положительные, производитель подает заявление в PI на получение сертификата.

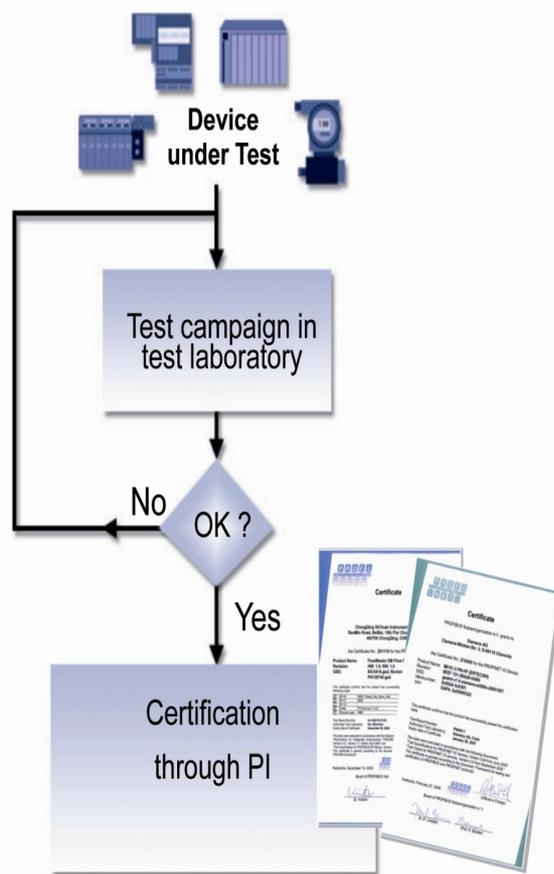


Рисунок 20.2: Последовательность сертификации PROFINET.

## 21. PI – Организация

Для непрерывного развития, сохранения и завоевания рынка, открытой технологии нужна рабочая платформа в виде организации, не зависящей от компаний-производителей. По этой причине в 1989 году было организовано некоммерческое объединение производителей, пользователей и организаций PROFIBUS Nutzerorganisation (PNO). PNO является членом PROFIBUS&PROFINET International (PI), международной головной организации, основанной в 1995. Вместе с 25ю региональными ассоциациями PROFIBUS/PROFINET и приблизительно 1400 членами, в том числе в США, Китае и Японии, PI является крупнейшим в мире сообществом в области промышленных коммуникаций. Региональные ассоциации организуют ярмарки и информационные собрания, чтобы обеспечить учет новых требований рынка в процессе дальнейшей разработки.

### 21.1 Обязательства

Основные обязательства PI:

- Сопровождение и дальнейшая разработка технологий PROFIBUS и PROFINET
- Продвижение технологий по всему миру

- Обеспечение качества путем обязательной сертификации устройств

### 21.2 Членство

Членство организуется на региональном уровне. Оно открыто для всех компаний, организаций, учреждений и физических лиц, желающих активно участвовать в разработке и распространении технологий PROFIBUS и PROFINET. Совместные действия участников, представляющих интересы целого ряда очень разных отраслей промышленности, приводят к интенсивному информационному обмену. Все это порождает инновационные решения, эффективное использование ресурсов и в конечном итоге конкурентные преимущества на рынке.

### 21.3 Организация развития технологии

Действия по развитию технологии контролируются Консультативным Советом. Команды разработчиков объединяются в технические комитеты (technical committees, TC) с более чем 50 постоянно работающими рабочими группами (working group, WG). Для проработки отдельных тем в течение ограниченного периода времени действует некоторое количество специально набранных рабочих групп.

Рабочие группы разрабатывают новые спецификации

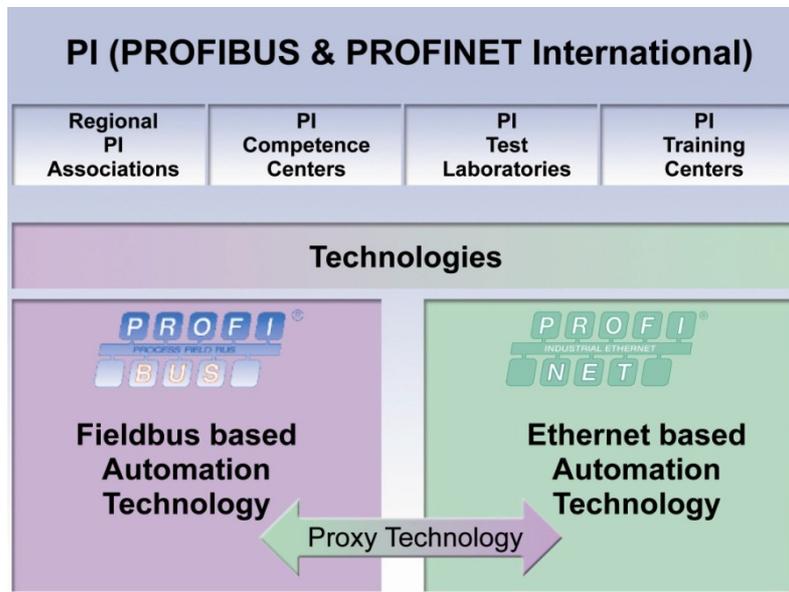


Рисунок 21.1: PROFIBUS & PROFINET International (PI) предоставляет тех.поддержку по всему миру.

- Защита инвестиций пользователей и производителей путем разработки стандарта
- Отстаивание интересов участников перед лицом комитетов и организаций по стандартизации
- Всемирная техническая поддержка при помощи Центра обучения и повышения квалификации (Competence and Training Centre)

и профили, следят за обеспечением качества, участвуют в комитетах по стандартам и осуществляют мероприятия по эффективному маркетингу (выставки, презентации) для распространения технологий. Центр поддержки координирует все прочие действия.

Разбиение на более чем 50 рабочих групп позволяет концентрироваться на конкретной теме и отрасли

промышленности, делая разработку более эффективной.

Все члены организации имеют право участвовать в рабочей группе и таким образом влиять на дальнейшее развитие технологии.

Консультативный совет представляет все новые рабочие результаты членам организации еще до официального релиза.

#### **21.4 Техническая поддержка**

PI поддерживает более 35 Центров повышения квалификации (PICC), а также более 15 Обучающих центров (PITC) и имеет более 10 аккредитованных Тестирующих лабораторий (PITL) для проведения сертификации. Эти учреждения консультируют, обучают и поддерживают пользователей и производителей, либо выполняют сертификационное тестирование устройств. Будучи учреждениями организации PI, они предоставляют вендор-независимые услуги и действуют в соответствии с взаимно согласованными правилами и инструкциями. Они регулярно проходят аккредитацию, процесс которой подстраивается под каждую группу. Настоящие адреса можно найти на сайте организации.

#### **21.5 Документация**

В качестве поддержки пользователей и производителей PI предоставляет большое количество документации, доступной на английском языке.

##### **Стандарт PROFINET**

Содержит базовые спецификации PROFINET CBA и PROFINET IO с выдержками из других документов, например язык описания устройств GSDML для PROFINET IO.

##### **Руководства по PROFINET**

Включают спецификации по, например, реализации, процедурам тестирования и установке.

##### **Профили PROFINET**

Содержат спецификации всех проверенных профилей. Проводится различие между профилями общего назначения и специфическими для своей отрасли профилями.

##### **Брошюры и книги**

В брошюрах освещено значительное, с точки зрения маркетинга, количество тем. По PROFINET доступен соответствующий буклет.

Документы можно загрузить с сайта организации [www.profinet.com](http://www.profinet.com). При необходимости их можно заказать в электронном виде или на CD. На сайте находится список доступных документов.

Книгу «Industrial Communication with PROFINET» можно заказать по адресу:

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V., Order No. 4.182.

#### **21.6 Сайт**

PI содержит общедоступный Web сайт по технологиям PROFIBUS и PROFINET на английском языке ([www.profibus.com](http://www.profibus.com) и [www.profinet.com](http://www.profinet.com)). Региональные ассоциации предоставляют свои собственные сайты на локальном языке. На них можно перейти с сайта PI.

На локальных сайтах представлена актуальная информация (новости и события, пресс релизы), информация касательно технологий (короткие технические описания, FAQ, интернет-тренинги), описания по применению технологий, загружаемая техническая и маркетинговая документация, бесплатная для членов организации.

Для обсуждения технических вопросов работает два открытых форума по PROFIBUS и PROFINET.

Каталог продукции PROFIBUS и PROFINET дает членам организации отличный обзор рабочих характеристик продуктов.

## Глоссарий

AR	Application Relation	Прикладное отношение	Логическая прикладная связь между двумя узлами; может включать одно и более коммуникационных отношений.
Client/Server		Принцип установления соединения	Сетевой узел, устанавливающий соединение, называется клиентом. Сервер это узел, с которым это соединение устанавливается.
Component	PROFINET Component	Компонент PROFINET	Программное представление технологического модуля с заданной функциональностью. Автоматизированная система состоит из множества компонентов PROFINET. Компонент PROFINET обычно включает в себя технологические функции, выполняемые устройством или машиной.
Component Generator		Генератор компонентов	Функциональное расширение конфигурационного инструментария от производителя для генерации описания компонента PROFINET (PROFINET Component Description, PCD) в формате XML.
CR	Communication Relation	Коммуникационное отношение	Логическое коммуникационное отношение (связь) между двумя узлами, управляемыми специальным протоколом.
DCP	Discovery and Basic Configuration Protocol	Протокол обнаружения и базовой конфигурации	Задаёт назначение IP параметров, используя инструменты для конфигурации или программирования от производителя, либо в течение системных инженерных работ, т.е. в редакторе межкомпонентных соединений PROFINET.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	Протокол динамической конфигурации хоста	Стандарт де-факто для динамического назначения и администрирования IP адресов из заданного интервала адресов.
ERP	Enterprise Resource Planning	Управление корпоративными ресурсами	
Ethernet	Protected trademark of Xerox (since 1975)		Ethernet стандартизирован и описывает физический и канальный уровни в модели OSI.
Ethertype			Компонент Ethernet фрейма, идентифицирующий тип протокола. Ethertype раздаются IEEE и поэтому являются уникальным критерием различия Ethernet протоколов. В PROFINET RT коммуникации внутри сети идентифицируются значением Ethertype 0x8892.
Gateway		Шлюз	Соединение между двумя сетями с разным программным и аппаратным обеспечением.
GSD	General Station Description	Общее описание станции	содержит описание на языке GSDML таких характеристик устройств ввода/вывода, как коммуникационные параметры, конфигурационные данные и диагностическая информация модулей.
GSDML	General Station Description Markup Language	Язык разметки общего описания станции	описательный язык разметки для создания GSD файла для PROFINET IO-Устройств. В формате XML.
HMI	Human Machine Interface	Человеко-машинный интерфейс	Представление системы для ручного управления и мониторинга.
HTML	Hypertext Markup Language	Язык разметки гипертекста	Язык описания документов
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	Протокол передачи гипертекста	Прикладной протокол, использующийся в Internet
I&M Functions	Identification and Maintenance Functions	Функции идентификации и сопровождения	предоставляют общую информацию об устройствах такую, как производитель, версия, классификационные данные и т.д.
Inter-connection editor		Редактор межкомпонентных связей	Независимый от производителя инженерный инструмент для конфигурации общесистемных задач. Редактор межкомпонентных связей собирает вместе отдельные распределенные в системе приложения и представляет информацию о них в графическом виде.
IO-Controller		IO-Контроллер	Устройство (обычно контроллер), которое инициирует

			трафик данных ввода/вывода.
IO-Device		IO-Устройство	Децентрализованно размещенные полевые устройства, назначенные IO-Контроллеру.
IO-Supervisor		IO-Супервизор	В PROFINET IO программирующее устройство либо персональный компьютер с пусконаладочной и диагностической функциональностью.
IP	Internet Protocol		Протокол для передачи фреймов данных без установления соединения. IP часто используется в комбинации с TCP с целью обеспечить безопасную передачу данных.
IRT	Isochronous Real-Time		Изохронный канал реального времени для чрезвычайно строгих требований в задачах, например, контроля перемещений (задачи с синхронизацией от единого тактового генератора).
MAC address	Media Access Control Address		Так же называется Ethernet адресом. Используется для идентификации Ethernet узла. Адрес имеет длину 6 байт и назначается институтом IEEE.
MES	Manufacturing Execution System		
Object			Информационный объект, имеющий изменяемое во времени состояние с определенной реакцией на входящие сообщения.
OLE	Object Linking and Embedding	Связывание и внедрение объекта	Механизм создания и редактирования документов, содержащих объекты, созданные другими приложениями.
OPC	OLE for Process Control	OLE для управления технологическим процессом	Широко распространенный интерфейс, вышедший в 1996, для обмена данными между Windows приложениями в автоматизации.
PCD	PROFINET Component Description	Описание PROFINET компонента	Файл XML, содержащий информацию о функциях и объектах PROFINET компонентов.
PROFINET Component Editor		Редактор компонентов PROFINET	Независимый инструмент для создания PCD файлов; загрузка доступна на <a href="http://www.profibus.com">www.profibus.com</a> .
Proxy			Объект, с точки зрения PROFINET представляющий полевое устройство или группу полевых устройств в Ethernet сети.
RPC	Remote Procedure Call	Вызов удаленных процедур	Определенный интерфейс, позволяющий вызывать процедуры на удаленных устройствах.
Runtime	Runtime	Время выполнения	Название состояния системы «в работе», в противоположность состоянию «в разработке/наладке»
SNMP	Simple Network Management Protocol	Протокол простого управления сетями	Протокол для TCP/IP коммуникаций, предназначенный для сопровождения и мониторинга сетевых компонентов.
RT	Real-Time	Реальное время	Канал реального времени для передачи данных строго ограниченных во времени процессов в промышленных системах.
Switch technology		Технология коммутации	Технология сегментации Ethernet сети на несколько подсетей. Служит для предотвращения коллизий и лучшего использования доступной ширины канала.
TCP	Transmission Control Protocol	Протокол управления передачей	Коммуникационный протокол для передачи данных между локальными сетями. TCP требует установления соединения и используется для связи через Internet. TCP обычно используется поверх IP (TCP/IP).
UDP	User Datagram Protocol	Протокол пользовательских дейтаграмм	Транспортный протокол с широковещательными характеристиками, подходит для передачи срочных данных ввода/вывода.
VLAN Tag	Virtual local network	Виртуальная локальная сеть	Для привилегированной передачи данных реального времени, вставляется так называемый VLAN тэг, содержащий уровень приоритета фрейма для коммутатора.
XML	Extensible Markup Language	Расширяемый язык разметки	Определение описания структурированных данных.
AR	Application Relation	Прикладное отношение	Логическая прикладная связь между двумя узлами; может включать одно и более коммуникационных

			отношений.
Client/Server		Принцип установления соединения	Сетевой узел, принимающий соединение, называется клиентом. Сервер это узел, с которым это соединение устанавливается.
Component	PROFINET Component	Компонент PROFINET	Программное представление технологического модуля с заданной функциональностью. Автоматизированная система состоит из множества компонентов PROFINET. Компонент PROFINET обычно включает в себя технологические функции, выполняемые устройством или машиной.
Component Generator		Генератор компонентов	Функциональное расширение конфигурационного инструментария от производителя для генерации описания компонента PROFINET (PROFINET Component Description, PCD) в формате XML.
CR	Communication Relation	Коммуникационное отношение	Логическое коммуникационное отношение (связь) между двумя узлами, управляемыми специальным протоколом.
DCP	Discovery and Basic Configuration Protocol	Протокол обнаружения и базовой конфигурации	Задаёт назначение IP параметров, используя инструменты для конфигурации или программирования от производителя, либо в течение всесистемных инженерных работ, т.е. в редакторе межкомпонентных соединений PROFINET.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	Протокол динамической конфигурации хоста	Стандарт де-факто для динамического назначения и администрирования IP адресов из заданного интервала адресов.
ERP	Enterprise Resource Planning	Управление корпоративными ресурсами	
Ethernet	Protected trademark of Xerox (since 1975)		Ethernet стандартизирован и описывает физический и канальный уровни в модели OSI.
Ethertype			Компонент Ethernet фрейма, идентифицирующий тип протокола. Ethertype раздаются IEEE и поэтому являются уникальным критерием различия Ethernet протоколов. В PROFINET RT коммуникации внутри сети идентифицируются значением Ethertype 0x8892.
Gateway		Шлюз	Соединение между двумя сетями с разным программным и аппаратным обеспечением.
GSD	General Station Description	Общее описание станции	GSD содержит описание на языке GSDML таких характеристик устройств ввода/вывода, как коммуникационные параметры, конфигурационные данные и диагностическая информация модулей.
GSDML	General Station Description Markup Language	Язык разметки общего описания станции	GSDML описательный язык разметки для создания GSD файла для PROFINET IO-Устройств. В формате XML.
HMI	Human Machine Interface	Человеко-машинный интерфейс	Представление системы для ручного управления и платформы мониторинга.
HTML	Hypertext Markup Language	Язык разметки гипертекста	Язык описания документов
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	Протокол передачи гипертекста	Прикладной протокол, использующийся в Internet
I&M Functions	Identification and Maintenance Functions	Функции идентификации и сопровождения	I&M функции предоставляют общую информацию об устройствах такую, как производитель, версия, классификационные данные и т.д.
Inter-connection editor		Редактор межкомпонентных связей	Независимый от производителя инженерный инструмент для конфигурации общесистемных задач. Редактор межкомпонентных связей собирает вместе отдельные распределенные в системе приложения и представляет информацию о них в графическом виде.
IO-Controller		IO-Контроллер	Устройство (обычно контроллер), которое инициирует трафик данных ввода/вывода.
IO-Device		IO-Устройство	Децентрализованно размещенные полевые устройства, назначенные IO-Контроллеру.
IO-Supervisor		IO-Супервизор	В PROFINET IO программируемое устройство либо персональный компьютер с пусконаладочной и

			диагностической функциональностью.
IP	Internet Protocol		Протокол для передачи фреймов данных без установления соединения. IP часто используется в комбинации с TCP с целью обеспечить безопасную передачу данных.
IRT	Isochronous Real-Time		Изохронный канал реального времени для чрезвычайно строгих требований в задачах, например, контроля перемещений (задачи с синхронизацией от тактового генератора). При аппаратной реализации, достигается тактовая частота в 1 мс с дрожанием 1 мкс.
MAC address	Media Access Control Address		Так же называется Ethernet адресом. Используется для идентификации Ethernet узла. Адрес имеет длину 6 байт и назначается институтом IEEE.
MES	Manufacturing Execution System		
Object			Информационный объект, имеющий изменяемое во времени состояние с определенной реакцией на входящие сообщения.
OLE	Object Linking and Embedding	Связывание и внедрение объекта	Механизм создания и редактирования документов, содержащих объекты, созданные другими приложениями.
OPC	OLE for Process Control	OLE для управления технологическим процессом	Широко распространенный интерфейс, вышедший в 1996, для обмена данными между Windows приложениями в автоматизации.
PCD	PROFINET Component Description	Описание PROFINET компонента	Файл XML, содержащий информацию о функциях и объектах PROFINET компонентов.
PROFINET Component Editor		Редактор компонентов PROFINET	Независимый инструмент для создания PCD файлов; загрузка доступна на <a href="http://www.profibus.com">www.profibus.com</a> .
Proxy			Объект, с точки зрения PROFINET представляющий полевое устройство или группу полевых устройств в Ethernet сети.
RPC	Remote Procedure Call	Вызов удаленных процедур	Определенный интерфейс, позволяющий вызывать программы на удаленных устройствах.
Runtime	Runtime	Время выполнения	Название состояния системы «в работе», в противоположность состоянию *«инженерные работы» (during engineering)
SNMP	Simple Network Management Protocol	Протокол простого управления сетями	Протокол для TCP/IP коммуникаций, предназначенный для сопровождения и мониторинга сетевых компонентов.
RT	Real-Time	Реальное время	Канал реального времени для передачи данных строго ограниченных во времени процессов в промышленных системах из *отрасли автоматизации предприятий.
Switch technology		Технология коммутации	Технология сегментации Ethernet сети на несколько подсетей. Служит для предотвращения коллизий и лучшего использования доступной ширины канала.
TCP	Transmission Control Protocol	Протокол управления передачей	Коммуникационный протокол для передачи данных между локальными сетями. TCP требует установления соединения и используется для связи через Internet. TCP обычно используется поверх IP (TCP/IP).
UDP	User Datagram Protocol	Протокол пользовательских дейтаграмм	Транспортный протокол с широковещательными характеристиками, подходит для передачи срочных данных ввода/вывода.
VLAN Tag	Virtual local network	Виртуальная локальная сеть	Для привелегированной передачи данных реального времени, вставляется так называемый VLAN тэг, содержащий уровень приоритета фрейма, таким образом вызывая приоритетную пересылку в коммутаторе.
XML	Extensible Markup Language	Расширяемый язык разметки	Определение описания структурированных данных.

**Дополнительная информация, а также PROFIBUS и PROFINET документация, профили и PROFINET ПО времени функционирования системы доступны на Web сайте [www.profinet.com](http://www.profinet.com).**

## **PROFINET**

Описание системы  
Версия Апреля 2009

Порядковый номер 4.132

### **Издатель**

#### **PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.**

Haid-und-Neu-Straße 7

76131 Karlsruhe

Germany

Тел. : +49 721 96 58 590

Факс : +49 721 96 58 589

info@profibus.com

#### **Profibus PNO Polska**

ul. Stanisława Konarskiego 18

44-100 Gliwice

Poland

Тел. : +48 32 208 41 36

Факс : +48 32 208 41 39

poland@profibus.com

### **Отказ от ответственности**

Хотя PROFIBUS Nutzerorganisation и сделала все возможное для составления этой брошюры, она не может гарантировать, что в ее содержании совершенно нет ошибок, и PROFIBUS Nutzerorganisation не может принять на себя ответственность, независимо от юридического основания любых потенциальных жалоб. Информация в этой брошюре регулярно пересматривается. Все необходимые корректировки будут внесены в следующих изданиях. Мы будем благодарны за любые предложения по улучшению содержания.

Любые обозначения, присутствующие в брошюре, могут потенциально оказаться торговыми марками. Любое использование этих торговых марок третьей стороной может оказаться посягательством на права соответствующих владельцев.

Брошюра не является заменой IEC 61158 или IEC 61784 или руководств по PROFIBUS. В случае возникновения сомнений, всегда следует обращаться к этим официальным источникам информации.

© Copyright by PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. 2009. All rights reserved.