

Новые реалии промышленных сетей Ethernet

Автор: Иван Лопухов
10.10.2008

На сегодняшний день Ethernet является самым распространенным стандартом промышленных сетей, однако его не применяют для автоматизации сложных технологических процессов, таких как контроль перемещения деталей. Используемые для этих целей сети Fieldbus напрямую не совместимы с Ethernet, поэтому сегодня входят в моду сети Ethernet реального времени. В связи с тенденцией к интеграции сетей предприятия всех уровней в единую информационную систему необходимость их использования становится очевидной.

Например, для распространенной задачи контроля за скоростью вращения вала привода или подачи инструмента или детали в зависимости от требований к быстродействию могут применяться три протокола: Profinet, Sercos III или Powerlink. Но только последний вариант не требует специальных коммутаторов при построении сети и наиболее близок к стандарту Ethernet.

Ethernet и “потерянное” время

Один из серьезных недостатков сетей Ethernet с точки зрения их адаптации к автоматизации производственных процессов — невозможность функционировать в режиме реального времени. Даже в сетях Gigabit Ethernet, имеющих четко выверенную топологию и базирующихся на управляемых коммутаторах с настроенными приоритетами по трафику, нет четкого регламента в отношении того, за какое время конкретный пакет данных должен быть доставлен от отправителя к получателю. Действительно, что страшного случится, если соседний офис компании получит некий файл на 0,1 секунды позже? Однако ситуация меняется, если речь идет об управлении системой подачи, когда рассогласование в 100 мс приводит к фатальной погрешности в позиционировании установки и как следствие — к браку или останову конвейерной линии.

Причина “необязательности” сетей Ethernet кроется в самом семействе протоколов передачи данных IEEE 802.3. Ими описывается взаимодействие участников сети на семи уровнях — от физического (кабели, соединители) до прикладного (сетевое программное обеспечение). На следующем после физического канальном уровне в IEEE 802.3 заложен механизм доступа CSMA/CD (множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий), описывающий поведение подключенного к сети оборудования при отправке и приеме данных. Начать передавать данные конкретная станция сможет только тогда, когда дождется окончания их передачи другими участниками. Интервал ожидания зависит от целого ряда причин и является величиной произвольной. Соответственно рассчитать гарантированную длительность цикла передачи данных практически не представляется возможным. Схематично этот процесс показан на рис. 1.

На сегодняшний день CSMA/CD — не единственная из всех существующих технологий. Есть методы передачи данных с временным разделением, специальным кодированием битовых потоков, особым форматом кадров и т. д. Однако они не совместимы с исходной технологией, заложенной в протоколе Ethernet, и для реализации нуждаются в специальных аппаратных средствах, что может породить немало сложностей.

При адаптации к реальному времени стандарта Ethernet, используемого наибольшим количеством коммуникационного оборудования в мире, нужно сохранять его открытость. В него необходимо лишь добавить дополнительные механизмы тактирования и временного разделения циклов передачи пакетов информации.

С помощью протокола Powerlink, расширяющего стандартный набор IEEE 802.3 Ethernet на программном уровне, обеспечиваются следующие условия:

- гарантированная доставка высокоприоритетных данных за короткий повторяющийся цикл передачи с установленной длительностью;
- синхронизация по времени участников сети с точностью порядка микросекунды (с использованием протокола IEEE 1588);
- доставка основного массива низкоприоритетных данных в выделенный промежуток времени, тактированный с точностью менее 1 мс.

Как уже было сказано, Powerlink не изменяет, а лишь дополняет Ethernet. Таким образом, в сети могут свободно использоваться протоколы группы TCP/IP, UDP и прочие, включая профили оборудования из спецификации CANopen.

Протокол Powerlink — полезное дополнение

Powerlink разработан австрийским производителем коммуникационного оборудования Bernecker & Rainer, а вскоре его спецификация была открыта другим производителям оборудования, таким как Hilscher, Hirschmann Швейцарский институт встраиваемых систем и прочие. Уже в 2002 году Powerlink был признан в качестве открытого стандарта. Примерно через год появилась его вторая версия, позволяющая использовать профили оборудования из протокола CANopen. В результате Powerlink соединил в себе преимущества протоколов CANopen, Modbus и FIP, функционирующих в режиме реального времени, и при этом остался в рамках стандарта IEEE 802.3.

Принцип организации сетей с использованием Powerlink основан на разделении сети на сегменты, один из которых действует в реальном времени, а второй — нет. Последний, как правило, требуется на машинном уровне промышленной сети, который обычно и так выделяется в отдельный сегмент в целях защиты от внешнего доступа. На физическом уровне модели OSI в сегменте реального времени используются стандартные IP-пакеты данных, архитектура клиент — сервер, обычные кабели согласно IEEE 802.3 и коннекторы RJ45 или M12. Типичная промышленная сеть с сегментами реального времени показана на примере оборудования Hirschmann на рис. 2.

Для обеспечения работы в реальном времени в рамках протокола Ethernet цикл передачи данных в сети по методу Slot Communication Network Management (SCNM) осуществляется по строгому графику в два приема: первый — для данных, критичных ко времени доставки, и второй — для трафика с низким приоритетом. Мастер сети, являющийся ведущим устройством, определяет график этих фаз и передачу данных всем участникам (ведомым устройствам) сегмента реального времени, тем самым исключая возникновение коллизий в сети. Такая организация избавляет от необходимости использовать в данном сегменте упомянутый в начале метод CSMA/CD и соответственно исключает его влияние на детерминизм сети.

Совместимость с CANopen реализована в Powerlink на верхнем уровне приложений. Благодаря совместным усилиям организаций CiA и EPSG, поддерживающих протоколы CAN и Powerlink, последний “понимает” все профили CAN для различных устройств и приложений, что позволяет пользователю с лёгкостью перейти с CAN на Ethernet или использовать их совместно. Каждое Powerlink-совместимое устройство описывается стандартизированной моделью Device Model, где в специальном элементе Object Dictionary содержатся все параметры и функции устройства, а также конфигурируемые коммуникационные настройки. Как и CANopen, Powerlink использует две формы данных: PDO (Process Data Objects) для передачи высокоприоритетных данных, тактируемых по времени, и SDO (Service Data Objects) для низкоприоритетных данных, не критичных ко времени доставки. Профиль устройства представляет собой электронную XML-совместимую таблицу, находящуюся в его памяти в файле с расширением EDS.

Powerlink-совместимые устройства могут функционировать в трех режимах — базовом, подготовительном и рабочем. Первый используется для конфигурирования устройства, включается вместе с ним и позволяет передавать только данные с низким приоритетом. В подготовительном режиме происходит инициализация подключенных ведомых сетевых устройств или загрузка конфигурации. Непосредственно рабочий режим делится на три фазы:

старт цикла — синхронизация по времени ведомых устройств с ведущим маршрутизатором;

изохронная (циклическая) фаза — ведущий маршрутизатор путём широковещательных сообщений назначает каждому ведомому устройству временной отрезок для передачи данных с высоким приоритетом. При этом каждый участник передает данные в доступном для всех остальных режиме в виде PDO-пакетов. Такая реализация изначально предотвращает коллизии в сети и придает методу производительность и гибкость, характерную для режимов “точка — точка”;

асинхронная фаза — ведущий маршрутизатор, мультиплексируя ведомые устройства, предоставляет одному из них право передачи данных с низким приоритетом (SDO-пакеты). При этом уже используются стандартные протоколы TCP/IP и UDP и адресация. Эта фаза обеспечивает прозрачность по отношению к стандартным сетям IEEE 802.3 Ethernet.

Схематично этот процесс представлен на рис. 3.

Общее время рабочего цикла можно задать через Web-интерфейс. Точность его выполнения контролируется управляющим маршрутизатором. При большом количестве ведомых устройств применяется алгоритм мультиплексирования, поочередно выбирающий передающие устройства по специальным идентификаторам.

Принципы адресации участников сети также совпадают с принятыми в стандарте IEEE 802.3, но есть некоторые дополнения: к уникальному MAC-адресу устройства добавляется ещё один идентификатор, касающийся сегмента реального времени, — Node ID; он устанавливается в Web-меню или на лицевой

панели устройства. IP-адресация также выполняется наравне с Node ID и учетом встроенной в маршрутизатор технологии трансляции адресов NAT: каждое устройство получает внутренний IP-адрес, а таблица всех внутренних адресов хранится в маршрутизаторе для защищенного доступа извне. Такая организация позволяет сделать сеть “прозрачной” для сегментов верхних уровней, что важно при интеграции SCADA- и ERP-систем на предприятии.

Powerlink в деле

С точки зрения производительности, Powerlink — один из самых скоростных протоколов реального времени. Абстрактно о величинах говорить бессмысленно, поэтому рассмотрим конкретный пример.

На рис. 4 схематично представлен пример сети Ethernet реального времени для управления производственным участком. Администратор процесса — промышленный компьютер с программой визуализации — соединён с маршрутизатором Powerlink. Последний подключен к концентратору вместе с мастером сети и двумя, управляющими приводами валов станков.

На схеме присутствуют второй ПК и Web-камера, которые вместе с одиннадцатью приводами в сумме составляют двадцать Powerlink-устройств. Датчики не показаны, хотя они, конечно, есть. Предлагаемая сеть содержит 60 точек (по два байта каждая) аналогового и 768 точек цифрового ввода-вывода. Собираемые с этих точек данные имеют высокий приоритет и передаются в изохронном режиме, а обмен информацией с Web-камерой и локальным администратором происходит в асинхронном режиме. Скорость передачи в асинхронном и изохронном режимах для цикла передачи 500 мкс также различна: 3 Мб/с и 2,45 Мб/с соответственно.

Следует отметить, что в сегменте реального времени предпочтительнее использовать именно концентраторы а не коммутаторы. Но несмотря на повальную распространенность этих последних, их архитектура Store and Forward в отличие от концентраторов, передающих пакеты данных на лету, предусматривает сначала сохранение пакета в памяти, а затем дальнейшую передачу, что вносит дополнительную задержку. Величина этой задержки непостоянна (опять же в отличие от концентраторов) и зависит от размера пакета данных: для пакета длиной в 64 байта задержка для стандарта Fast Ethernet составляет порядка 10 мкс, а для самого большого пакета длиной 1518 байт — до 150 мкс. Ситуацию не спасают даже “умные” коммутаторы с поддержкой приоритетов для трафика по протоколу IEEE 802.1p, так как “в очереди” могут находиться пакеты разной длины.

Производительность — не единственная характеристика стандарта Powerlink. Гибкость структуры и удобство монтажа также имеют значение. На примере рис. 4 можно видеть, как используется не только привычная топология сети типа “звезда”, но и последовательное соединение. В условиях промышленного цеха комбинация этих топологий упрощает монтаж и экономит сам кабель. Поэтому Powerlink-совместимые устройства имеют как минимум по два порта RJ45 и встроенный концентратор с функциями повторителя, избавляющий от необходимости приобретения отдельных устройств.

Для Powerlink понятие топологии сети в физическом и логическом планах различаются. Сконфигурированное Powerlink-устройство можно отключать и подключать в горячем режиме в любой точке сегмента. Такая свобода действий минимизирует возможные ошибки при переконфигурировании сети на аппаратном уровне.

“Железная” основа Powerlink

Международная организация EPSG, поддерживающая протокол Powerlink, объединяет целый ряд производителей совместимого оборудования. Один из первых членов EPSG, немецкая компания Hilscher, уже около 20 лет занимающаяся производством оборудования для полевых шин, на сегодняшний день имеет целую серию интерфейсных плат и модулей, поддерживающих протокол Powerlink.

Серия Hilscher cifX — это интерфейсные платы и модули различных форм-факторов:

- PCI, PCI Express x1, мини-PCI-платы;
- плата Compact PCI 3U;
- модуль формата PCI-104+;
- встраиваемые микромодули с интерфейсом USB или UART/I2C;
- комплекты для самостоятельной разработки коммуникационных средств Ethernet реального времени;
- платы — анализаторы сетей реального времени.

В основе оборудования серии cifX лежит разработанный компанией Hilscher универсальный чип-контроллер NetX 500. Чип-контроллер содержит ARM-процессор, память SDRAM, два интерфейса Ethernet или Fieldbus, таймер реального времени IEEE 1588 и шины USB, UART, I2C, GPIO. Обмен данными может осуществляться в режимах Dual-Port-Memory или Direct-Memory-Access.

Благодаря NetX продукты серии cifX просты и универсальны в применении. Плата или модуль содержит два порта RJ45 и при включении конфигурируется по выбранному протоколу с помощью прилагаемых утилит. Кроме непосредственно Powerlink (версия 2) на прилагаемом производителем диске содержатся стеки протоколов EtherCAT, EtherNet/IP, Profinet, Modbus TCP/IP, Sercos III. Реализация протокола Powerlink предполагает использование оборудования серии cifX в режиме Slave (ведомое устройство).

Интерфейсные платы и модули Hilscher серии cifX применяются для интеграции локальных рабочих мест оператора, панелей визуализации и других объектов в сетях Powerlink. Однако встраиваемые модули помогут объединить в сеть реального времени гораздо больше устройств — от контроллера до сканера штрихкодов.

Как упоминалось ранее, интеграция сегментов реального времени в сеть Ethernet промышленного предприятия проводится по отдельности, что полностью удовлетворяет принципу организации промышленных сетей. Однако для сопряжения локальной сети Ethernet верхнего уровня и сети Powerlink производственного участка обычный коммутатор, концентратор или маршрутизатор не подходят. Необходим специальный маршрутизатор с поддержкой Powerlink.

Компания Hirschmann, занимающая ведущее положение в производстве оборудования для промышленных сетей, также является членом EPSG. Специализируясь на коммутаторах и шлюзах, Hirschmann разработала Powerlink-маршрутизатор RR-EPL, представленный на рис. 5. Компактное устройство, устанавливаемое на DIN-рейку, имеет два порта Fast Ethernet, порт v.24 для диагностики и клеммы для резервируемого питания и цифрового реле; при этом «внешний» сетевой порт может быть как «оптическим», так и «медным». Для Powerlink-сети RR-EPL представляет собой ведомое устройство, а для смежных сетей выполняет роль полноценного маршрутизатора.

Маршрутизатор RR-EPL позволяет связывать удаленные Powerlink-сегменты с помощью VPN-тоннелей, настраивать внутреннюю IP-адресацию и использовать трансляцию имен с применением сервиса DynDNS. Для автоматической адресации можно настроить DHCP-сервер как для внешнего, так и для внутреннего порта. Являясь стационарным межсетевым экраном, RR-EPL позволяет настраивать правила ограничения доступа в обоих направлениях. Маршрутизатор имеет удобный Web-интерфейс, совместимый с Hirschmann HiVision — фирменной утилитой по управлению и администрированию сети, а также со стандартным протоколом SNMP v1/2/3.

Протокол Powerlink и совместимое оборудование производства Hilscher и Hirschmann служит для важной цели — объединения сети передачи данных промышленного предприятия в одну информационную сеть. На верхних её уровнях Ethernet уже прочно удерживает свои позиции благодаря высокой пропускной способности и привычной, доступной архитектуре.

Powerlink стал первым протоколом, который позволил применять сети Ethernet вместо полевых шин Fieldbus. Совместив преимущества известных шинных протоколов, этот стандарт помог адаптировать Ethernet для специфических условий, присущих сетям нижнего уровня.

Дальнейшее развитие IP-сетей невозможно остановить. Основные их характеристики — высокая пропускная способность, «прозрачность» данных, простая интеграция и широкая совместимость с ПО — обеспечивают им неоспоримые преимущества перед классическими полевыми шинами. По прогнозам специалистов компании ПРОСОФТ, распространение протоколов Ethernet реального времени, таких как Powerlink, с учетом простоты внедрения, высокой эффективности и доступности может привести если не к вырождению сетей Fieldbus, то к значительному снижению экономической целесообразности их применения.

С автором, сотрудником компании ПРОСОФТ, можно связаться по адресу: info@prosoft.ru.

Рис. 1. Механизм контроля передачи данных в сетях Ethernet

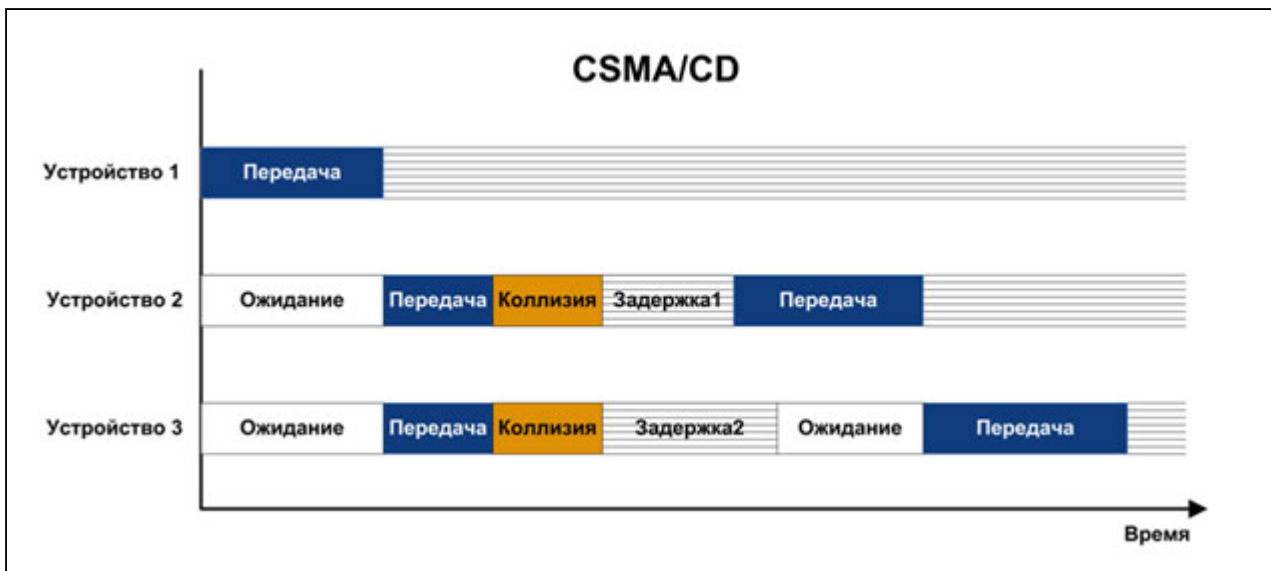


Рис. 2. Пример организации промышленной сети с использованием сегментов реального времени

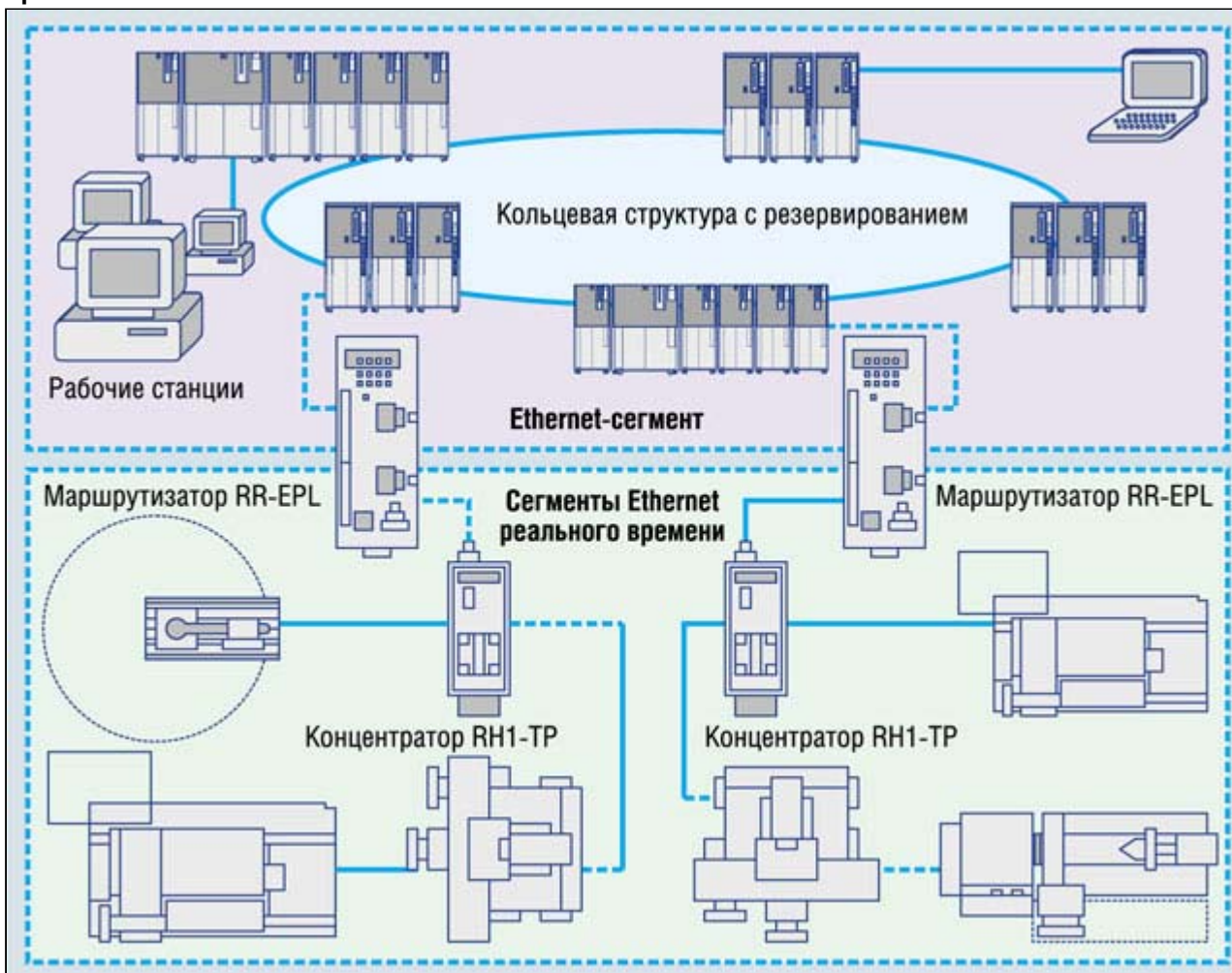


Рис. 3. Цикл Powerlink

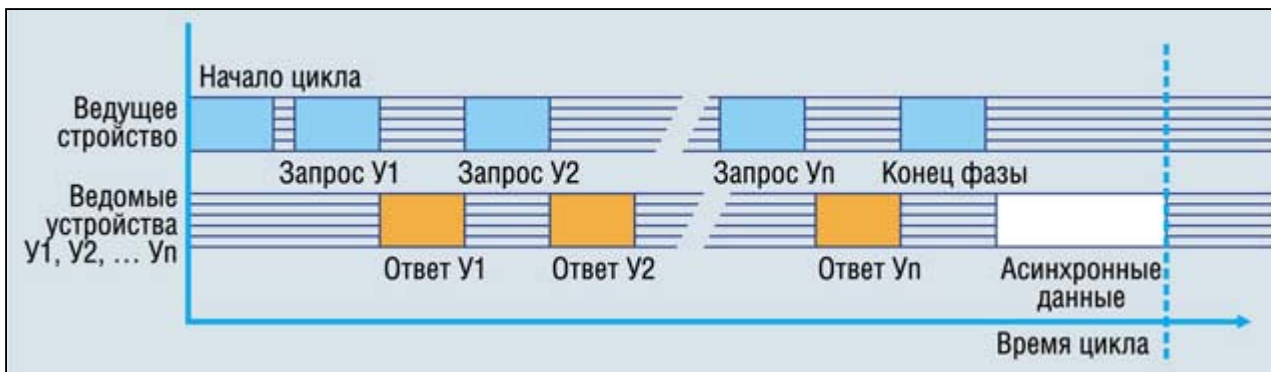


Рис. 4

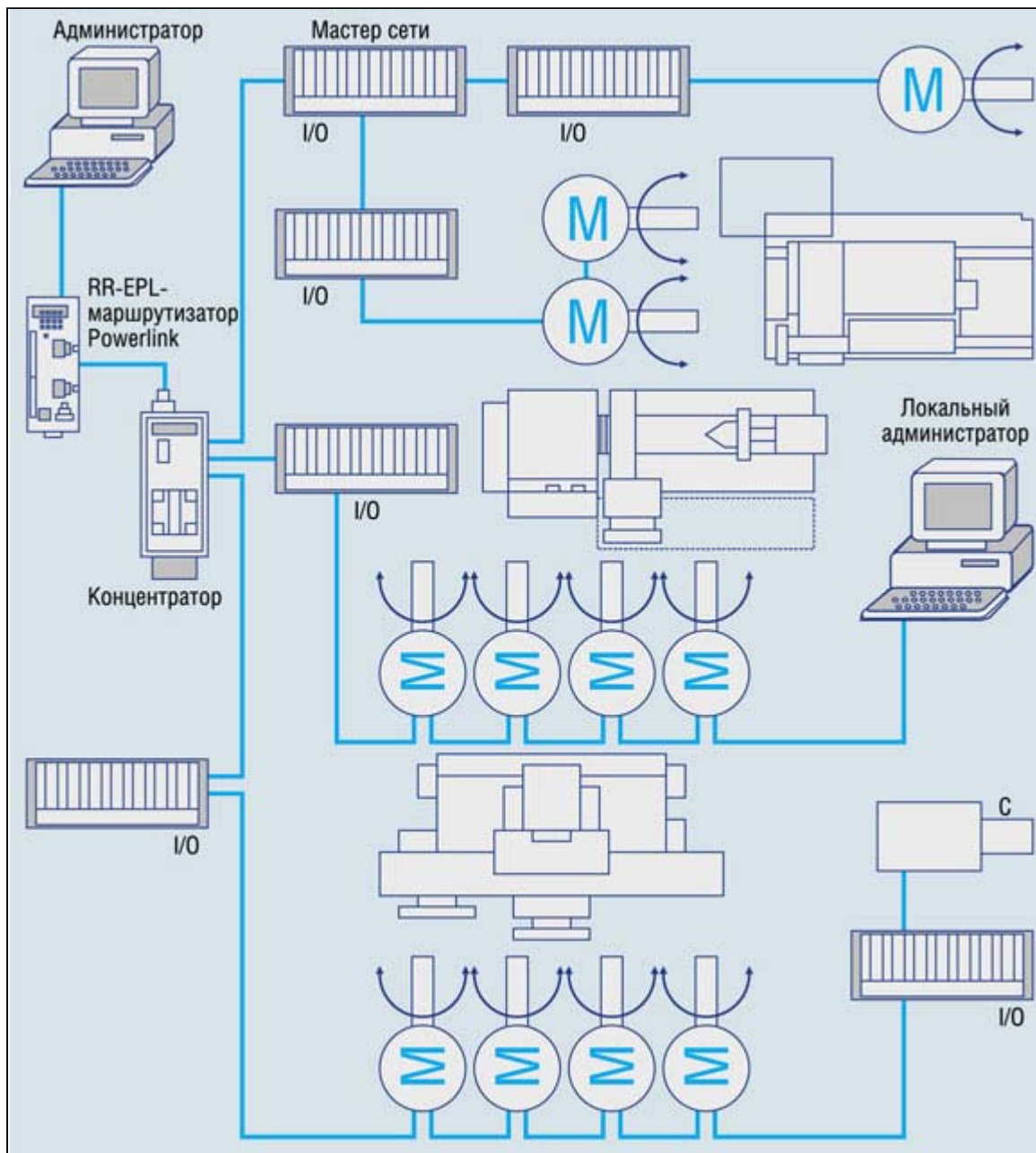
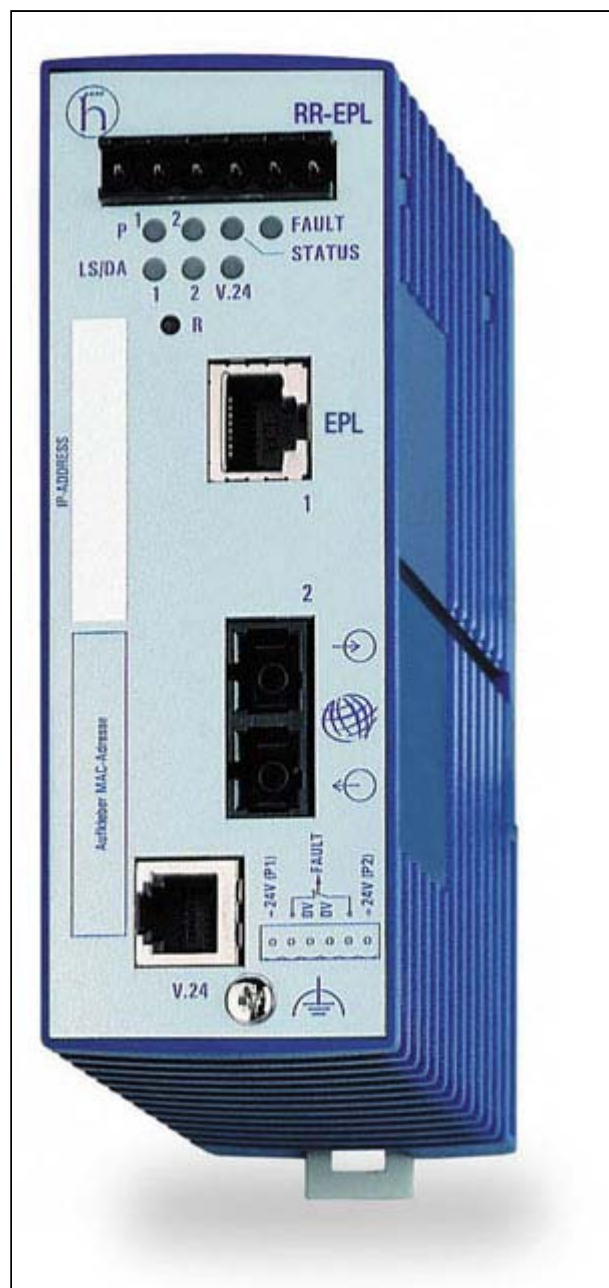


Рис. 5. Powerlink-маршрутизатор RR-EPL



PC Week/Russian Edition is published under license from Ziff Davis Enterprise Holdings, Inc..
Editorial items appearing in PC Week/Russian Edition that were originally published in the U.S. edition of eWeek are the
copyright property of Ziff Davis Enterprise Holdings, Inc.
© 2008 ЗАО "СК Пресс". [Информация об авторских правах и порядке использования материалов сайта](#)