

РЕЗЕРВИРОВАННЫЕ СЕТИ ETHERNET "ЖИВЬЕМ": ПРЕМУДРОСТИ В ПРИМЕРАХ

И.В. Лопухов (Компания ПРОСОФТ)

Рассматриваются общие принципы построения отказоустойчивых промышленных сетей Ethernet на базе оборудования компании Hirschmann. Приведены примеры реализации отказоустойчивых сетевых решений на производственных предприятиях.

Задача, решаемая сетью Ethernet промышленного предприятия, – комплексная и многоуровневая. Рассмотреть ее целиком в рамках одной статьи невозможно, однако подчеркнуть базовые аппаратные и программные принципы создания надежной среды передачи данных представляется реальным.

Адаптация сетей передачи данных стандарта IEEE 802.3 к жестким промышленным условиям привела к принципиально иному подходу в создании как аппаратных сетевых средств, так и протоколов передачи данных между ними. Так многопортовые стоечные коммутаторы, заполняющие офисные серверные комнаты, переключаясь в цех, сменились компактными 4...10-портовыми моделями, монтируемыми непосредственно среди прочей автоматики. Для интеграции с низкоуровневым оборудованием к стандартному TCP/IP добавился протокол Ethernet/IP, к знакомому стандарту Ethernet – PROFINET.

Появившийся в начале 90-х годов протокол резервирования сетей STP (Spanning Tree Protocol) и его усовершенствованная версия Rapid STP успешно прижились в промышленном Ethernet и с начала XXI века получили дальнейшее развитие в специализированных технологиях. На практике для построения промышленных сетей становится все более популярной топология типа "резервированное кольцо". От древовидных (из-за сходства с ветвями) структур, кольцевая отличается более высокой устойчивостью к сбоям, меньшим временем восстановления после разрыва соединения и относительно простой настройкой. Сети, построенные на этой технологии, легко масштабируются и могут одинаково успешно использоваться как в небольших сетях в 5...10 коммутаторов, так и в сетях крупных предприятий с числом коммутаторов, превышающим 1500 ед.

Для "живого" примера возьмем две упрощенные схемы сетей Ethernet промышленных предприятий, построенных на оборудовании одного из крупнейших мировых производителей – компании Hirschmann. Эти коммутаторы позволяют создавать надежные сети Ethernet и применяются даже в АСУТП атомных станций и военных объектов. 15-летний опыт компании Hirschmann вылился в создание оригинальных модульных конструкций коммутаторов и фирменных сетевых протоколов, отвечающих самым

высоким требованиям по доступности сети, обслуживающей ответственные ТП. В России Hirschmann имеет уже восьмилетнюю историю применения и поставляет свою продукцию через официального дилера – компанию ПРОСОФТ.

Как машины делают машины

Автомобили, сделанные в Германии, популярны во всем мире. Неизменное качество и надежность немецких транспортных средств говорит о высоком технологическом и культурном уровне производящих предприятий. Например, завод концерна Volkswagen в г. Вульфбурге (Германия), построенный для пятого поколения линейки автомобилей Golf, практически полностью автоматизирован. Он не самый большой в мире, зато содержит крупнейшую производственную сеть, мощностью 2900 выпускаемых в день машин. При таком напряженном графике даже малейший простой оборудования несет серьезные убытки концерну.

Несомненно, система управления и мониторинга производственного процесса, в составе которой функционирует сеть передачи данных Ethernet, несет на себе большую ответственность по обеспечению бесперебойной работы производства. Главным требованием для сети, объединяющей около 8000 операторских точек и более 1000 роботов, кроме, конечно, надежности оборудования, – полное резервирование линий и узлов связи. Всего на площадь в 100 000 м² потребовалось около 1000 км оптического кабеля.

Дополнительными требованиями к коммутационному оборудованию сети являются: широкий температурный диапазон (до 70°C), повышенная защита от электромагнитных помех и вибраций (кузовные прессы, линия лазерной сварки), "горячая" замена узлов коммутационного оборудования.

Исходя из этих соображений, было выбрано оборудование фирмы Hirschmann. Номенклатура компании содержит линейку компактных модульных коммутаторов MICE с возможностью подбора строго определенного набора интерфейсов и возможностью резервирования как по портам, так и по питанию. Кроме этого, для объединения этих коммутаторов на уровне предприятия, существует также линейка стекируемых многопортовых коммутаторов MACH, интерфейсы которых также сконструированы на от-

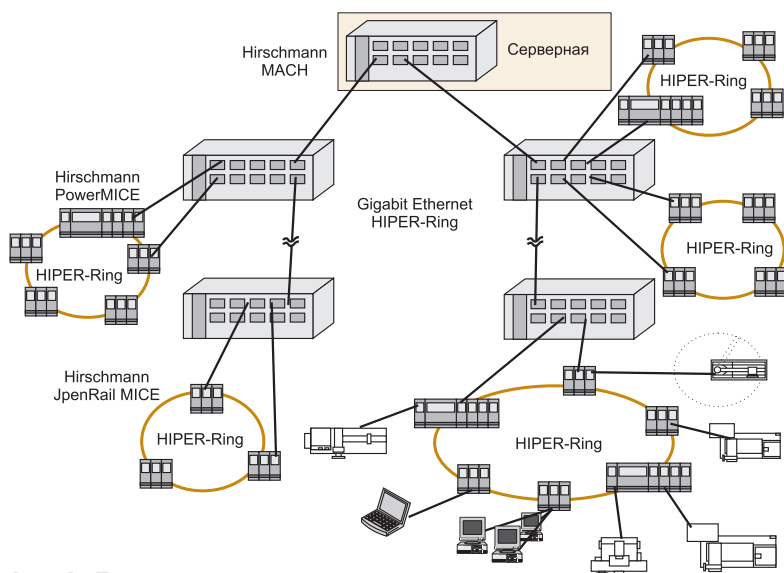


Рис. 1. Диаграмма отказоустойчивой сети Ethernet крупного автомобильного завода Volkswagen

дельных модулях. Модульный принцип позволил на порядок снизить затраты на обслуживание сети, так как в случае выхода из строя одного из интерфейсов соответствующий модуль может быть заменен без отключения всего коммутатора.

Схема сети Ethernet завода VW в упрощенном варианте представлена на рис. 1.

В центре схемы — резервированное "кольцо" Gigabit Ethernet, образованное коммутаторами третьего уровня Hirschmann MACH. В полном варианте схемы их 16 ед., в качестве среды передачи используется оптика. Данная "кольцевая" структура объединяет сегменты сети высокоскоростной магистралью, а также благодаря встроенным программным функциям коммутаторов выполняет маршрутизацию сетевого трафика. Используемая модель MACH 3000 позволяет при объединении в резервированное "кольцо" для активного и резервного порта использовать независимые интерфейсные модули, поддерживающие "горячую" замену. Таким образом, даже при отказе одного из мо-



Рис. 2. Промышленный модульный коммутатор Hirschmann PowerMice, установленный в производственном цеху

дулей связь восстановится автоматически в доли секунды, и модуль можно будет заменить без остановки коммутатора.

Технология резервированных соединений типа "кольцо", поддерживаемая коммутаторами Hirschmann — собственная разработка производителя, получившая название HIPER-Ring. Появившись в 2000 г., она на данный момент имеет множество клонов от сторонних производителей. Однако постоянное совершенствование помогает HIPER-Ring сохранять лидирующие позиции в плане быстродействия и доступности по сей день. Принцип ее действия напоминает унифицированный протокол RSTP, однако реализация более проста и понятна, а быстродействие на порядок выше. Объединяемые коммутаторы соединяются последовательно в кольцо, один из "братства кольца" выбирается ведущим (Redundancy manager).

Для предотвращения образования коллизии в сети один из двух портов ведущего блокируется для отправки трафика и работает только на прием. По основному порту коммутатор периодически отправляет тестовые пакеты и "слушает" их по заблокированному порту. Если посланный тестовый пакет не приходит на принимающий порт, то коммутатор задействует оба порта и соединение по обе стороны от предполагаемого разрыва в кольце восстанавливается. Время восстановления практически не зависит от числа коммутаторов в кольце и степени загрузки сети и составляет <200 мс (на сегодняшний момент это время для технологии Hirschmann Fast HIPER-Ring может составлять <10 мс).

Стоит отметить, что "кольцо" в отношении HIPER-Ring — понятие условное. Физически сегмент действительно замкнут и является кольцом, однако логически оно всегда остается разорванным с целью предотвращения коллизий.

Технология HIPER-Ring — ключевой элемент построения промышленной сети Ethernet для рассматриваемого объекта автоматизации. Кроме центрального кольца всего в сети завода VW присутствуют около 100 сегментов, пять из которых показаны на схеме. Сегменты образованы компактными коммутаторами Hirschmann MICE (рис. 2), модульный принцип которых позволил подобрать число и тип интерфейсов индивидуально под каждый производственный участок. Кроме того, интерфейсы для объединения в кольцо и для подключения периферийного оборудования находятся на разных модулях коммутатора, которые можно добавлять и менять в "горячем" режиме.

В сети Ethernet завода VW коммутаторы MICE представлены сериями MS20 и MS4128. Серия MS20 представляет собой управляемые модульные коммутаторы, имеющие базовый модуль с кросс-панелью и два слота для модулей расширения, что составляет до восьми портов Fast Ethernet соответственно. Серия MS4128 (рис. 2), называемая Power MICE, состоит из управляемых ком-

мутаторов II и III уровня модели OSI, имеющих до 24 портов Fast Ethernet и до четырех портов Gigabit Ethernet стандарта 1000BASE-TX или 1000BASE-SX. Коммутаторы III уровня дополнительно к традиционным функциям управления и диагностики предоставляют возможность создания списков доступа ACL и функции статической и динамической маршрутизации с поддержкой протоколов: RIP, VRRP, OSPF, IGMP V1/V2/V3, PIM-DM, DVMRP. Каждый модуль расширения для коммутаторов MICE имеет до четырех портов Fast или Gigabit Ethernet. Модули поддерживают медные интерфейсы с разъемом RJ-45, одно- и многомодовые оптические интерфейсы с разъемами SC и ST, универсальные оптические трансиверы SFP, а также комбинации вышеперечисленных интерфейсов. Благодаря специальным модулям с индексом RT возможно создание сегмента промышленной сети Ethernet, работающей в режиме PV, а к модулю PoE можно подключать, например Web-камеры, питаемые непосредственно по витой паре. Для некоторых модулей расширения доступен вариант с расширенным рабочим температурным диапазоном -40...85°C.

Модульный принцип не только повышает отказоустойчивость сети, но и значительно упрощает ее масштабирование и обслуживание.

Отдельным нюансом является резервированное соединение соседних "колец" HIPER-Ring. Соединение двух различных коммутаторов попарно с соседним сегментом называется Dual Holming. Аналогично принципу HIPER-Ring одно из соединений является резервным и заблокировано до потери связи через действующую линию. На данной схеме два коммутатора MICE из каждого кольца подключены к соседним модулям магистрального коммутатора MACH.

Таким образом, существующая сеть практически полностью имеет дублированную структуру и, учитывая надежность применяемого оборудования и соответствие его промышленным стандартам, высокий уровень отказоустойчивости. Сеть Ethernet целиком управляема по SNMP-протоколу с достаточно простыми методами удаленной настройки и диагностики (через Web-браузер или фирменное ПО Hirschmann HiVision), что в конечном счете предполагает значительную экономию сил и средств по ее мониторингу и обслуживанию.

Высокие технологии – чистые технологии

Охрана природы – важный аспект деятельности в век глобализации. В Европе это поняли давно, поэтому не жалеют средств на постройку и модернизацию очистных сооружений.

Завод очистных вод в г. Билефельд (Германия), нуждался в новой АСУТП, в состав которой должна была войти сеть передачи данных Ethernet. Отдельным условием было сопряжение новой сети с имеющимся оборудованием, работающим по протоколу

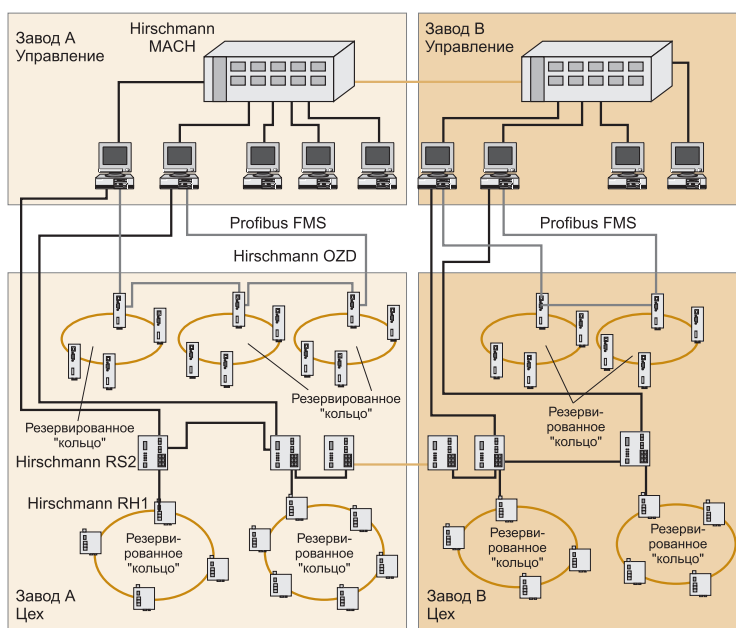


Рис. 3. Диаграмма комбинированной отказоустойчивой сети Ethernet / Profibus очистного сооружения

Profibus FMS. Сеть Ethernet должна была быть проложена непосредственно в промышленной зоне предприятия для объединения ПЛК с различными низковольтными устройствами и локальными станциями мониторинга и управления, а также с сетью Ethernet административной части объекта. Существующую сеть Profibus FMS было решено модернизировать и выделить в отдельный сегмент сети.

Условия эксплуатации оборудования особенно в пределах промышленной зоны очистного завода трудно назвать идеальными. Это и перепады температуры от отрицательных до высоких положительных значений, и паразитные электромагнитные наводки от силовых кабелей.

Сам по себе объект представляет собой два здания значительной площади, удаленные друг от друга на расстояние чуть меньше 5 км. Очевидно, что основная часть линии связи должна была быть оптической с многомодовым оптоволоконном внутри здания и одномодовым для соединения зданий между собой.

Требования по надежности сети передачи данных предполагали создание резервированной сети на основе топологии типа "кольцо" с дублированным соединением сегментов. Оптическая линия, связывающая оба здания на верхнем уровне сети, также должна быть дублирована аналогичным каналом, соединяющим сегменты сетей обоих производственных участков.

Получившаяся в итоге структура представлена на рис. 3. В административной части объекта проложена обычная витая пара 100BASE-Tx, и используется традиционная топология типа "звезда". Центральные коммутаторы представляют собой многопортовые резервируемые модульные модели, осуществляющие также маршрутизацию трафика на третьем уровне модели OSI. Четыре рабочие станции в обеих частях

объекта являются шлюзами и попарно дублируют друг друга на случай выхода из строя одной из них. Сети Ethernet и Profibus FMS выделены в два больших сегмента и подключены попарно к шлюзам.

Первая из них представляет собой несколько резервированных оптических "колец" с технологией Hirschmann HIPER-Ring, объединяющих концентраторы с подключенными по витой паре ПЛК, а также системой видеонаблюдения. Эти резервированные сегменты соединены по витой паре последовательно через коммутаторы Fast Ethernet и с двух сторон подключены к основному и резервному шлюзам. Магистральная сеть на витой паре, объединяющая резервированные оптические "кольца" через отдельный шлюзовый коммутатор, соединена с аналогичной сетью второго здания. Таким образом, помимо надежности достигаются минимальные задержки в передаче критичных ко времени пакетов данных, собираемых с ПЛК.

Вторая подсеть с протоколом Profibus FMS также является комбинированной и служит для обмена только данными. Структура практически повторяет сеть Ethernet с той разницей, что резервированные оптические "кольца" образованы специальными оптоэлектрическими трансиверами и составляют единое адресное пространство без сегментирования. Соединяются они последовательно по интерфейсу RS-485 с подключением к ведущему и ведомому устройству, роль которых выполняют те же станции — шлюзы Ethernet.

Несмотря на смешанную топологию и комбинированную среду передачи, в плане аппаратного обеспечения удалось обойтись всего четырьмя линейками промышленного сетевого оборудования немецкого производителя Hirschmann. На верхнем уровне применены уже знакомые по предыдущему примеру магистральные коммутаторы III уровня Hirschmann MACH с наборами модулей для витой пары, одномодовой оптикой и резервированным питанием. Сеть Profibus FMS построена на оптоэлектрических трансиверах линейки Hirschmann OZD. Эти компактные устройства для монтажа на DIN-рейку имеют один электрический интерфейс с поддержкой протоколов Profibus DP V1/V2/V3, FMS и до двух оптических интерфейсов с возможностью построения резервированного кольца. Линейка OZD имеет резервированное питание с гальванической

изоляция, сигнальным реле, а также расширенный температурный диапазон (-20...60°C).

Коммутаторы и концентраторы, используемые на нижнем уровне Ethernet, в современном модельном ряду Hirschmann представлены семейством OpenRail. Это управляемые компактные коммутаторы с числом портов 4 ...24 ед., часть из которых может быть оптической. По скорости передачи семейство разделено на три группы: RS20, RS30 и RS40. У коммутаторов первой серии все порты имеют скорость 100 Мбит, у серии RS30 магистральные порты (до трех оптических или медных) поддерживают скорость 1 Гбит/с, у коммутаторов серии RS40 все порты являются гигабитными, и часть портов RJ-45 дублируется оптическими портами типа SFP. Благодаря множеству возможных модификаций компактных коммутаторов конкретная модель четко подбирается под требования, что в случае масштабного проекта оптимизирует расходы, экономя на избыточных функциях устройства.

Построение новой сети Ethernet в совокупности с модернизацией имеющейся сети Profibus позволило вывести систему управления предприятием на качественно новый уровень. Благодаря применению оборудования фирмы Hirschmann удалось создать отказоустойчивую сеть Ethernet и Profibus с понятной и простой структурой и широкими возможностями удаленного мониторинга и управления.

"Живые" примеры — лучший способ рассмотреть принципы создания отказоустойчивых промышленных сетей Ethernet. Широкий модельный ряд Hirschmann позволил в обоих примерах оптимально сформировать аппаратный комплекс сети, а устойчивость оборудования к влияниям внешней среды позволила сократить расходы на защитные конструкции при установке в производственных помещениях.

В статье рассмотрены иностранные промышленные предприятия, но в России с помощью продукции Hirschmann, поставляемой компанией ПРОСОФТ, тоже автоматизирован целый ряд объектов энергетики, атомной, газовой, а также военной промышленности. Конечно, до включения каждого коммутатора в сеть требуется его предварительная настройка, но в случае использования оборудования с технологией HIPER-Ring, она не составит особого труда и будет рассмотрена в следующей статье.

Иван Владимирович Лопухов — инженер компании ПРОСОФТ.

Контактный телефон (495) 234-06-36. [Http://www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

Компания FASTWEL расширяет номенклатуру готовых решений модельного ряда промышленных компьютеров AdvantiX и приступает к выпуску станции оператора АСУ настольного исполнения IPC-ATX-7220-A1

Система в промышленном исполнении предназначена для установки в помещениях, где присутствуют пыль и вибрации. Станция IPC-ATX-7220-A1 легка в обслуживании: при необходимости воздушный фильтр и вентилятор охлаждения в системном блоке легко заменяются без использования инструментов. Для придания системе дополнительной виброустойчивости внутри корпуса имеется прижимная планка для плат расширения. Продукт построен на основе полноразмерной ATX-материнской платы с набором системной логики Intel G33. В систе-

ме имеется семь полноразмерных слотов расширения: три PCI, три PCI Express x1, один PCI Express x16. Интегрированная видеоподсистема набора системной логики G33 Intel Graphics Media Accelerator 3100 отличается высокой скоростью обработки видеоданных, что особенно актуально при использовании IPC-ATX-7220-A1 со SCADA-системами. В базовом варианте устанавливается процессор Pentium E 2180 с тактовой частоты 2 ГГц, 2 Гбайт оперативной памяти, 320 Гбайт жесткий диск и DVD±RW. На передней панели присутствуют два USB-порта.

[Http://www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)