



# Фундаментальные аспекты технологий локальных сетей

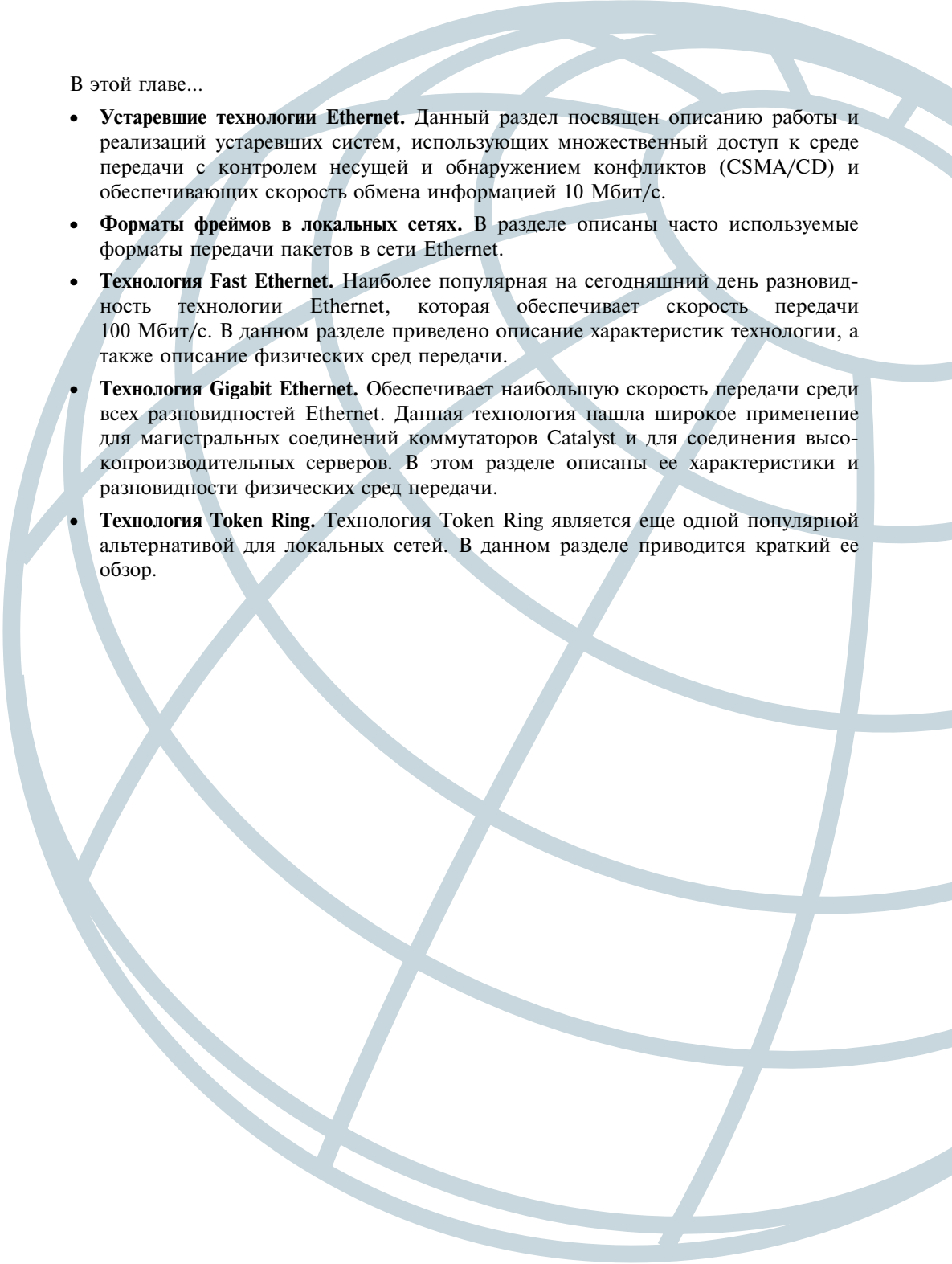
Глава 1. Технологии для настольных систем

Глава 2. Сегментация локальных сетей

Глава 3. Технологии функционирования мостов

Глава 4. Конфигурирование коммутаторов Catalyst

Глава 5. Виртуальные локальные сети



В этой главе...

- **Устаревшие технологии Ethernet.** Данный раздел посвящен описанию работы и реализаций устаревших систем, использующих множественный доступ к среде передачи с контролем несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD) и обеспечивающих скорость обмена информацией 10 Мбит/с.
- **Форматы фреймов в локальных сетях.** В разделе описаны часто используемые форматы передачи пакетов в сети Ethernet.
- **Технология Fast Ethernet.** Наиболее популярная на сегодняшний день разновидность технологии Ethernet, которая обеспечивает скорость передачи 100 Мбит/с. В данном разделе приведено описание характеристик технологии, а также описание физических сред передачи.
- **Технология Gigabit Ethernet.** Обеспечивает наибольшую скорость передачи среди всех разновидностей Ethernet. Данная технология нашла широкое применение для магистральных соединений коммутаторов Catalyst и для соединения высокопроизводительных серверов. В этом разделе описаны ее характеристики и разновидности физических сред передачи.
- **Технология Token Ring.** Технология Token Ring является еще одной популярной альтернативой для локальных сетей. В данном разделе приводится краткий ее обзор.

## Технологии для настольных систем

---

С момента изобретения локальных сетей (Local Area Network — LAN) в 1970-е годы большое количество различных сетевых технологий связывало разные точки нашей планеты. Некоторые из них исчезли и стали легендами, как, например, ArcNet, StarLAN; наследием других мы пользуемся и сейчас, например, Ethernet, Token Ring, FDDI. Технология ArcNet была основой для самых первых офисных сетей в 1980-х годах в связи с тем, что компания Radio Shark продавала устройства для своих персональных компьютеров серии Model II на ее основе. Данная технология была простой, использовала коаксиальный кабель для передачи данных и поэтому позволяла офисным администраторам просто подключать к сети небольшое количество рабочих станций. Технология StarLAN была одной из первых, которая использовала в качестве среды передачи витую пару, и именно она послужила основой для стандарта сети 10BaseT, принятого Институтом инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronic Engineers — IEEE). Обеспечивая скорость работы 1 Мбит/с, технология StarLAN позволила экспериментально установить, что использование в качестве среды передачи кабеля витой пары является практически осуществимым. Как технология ArcNet, так и технология StarLAN пользовались успехом на рынке недолго, потому что вскоре появились более быстрые технологии, такие, как Ethernet со скоростью 10 Мбит/с и Token Ring со скоростью передачи 4 Мбит/с. Новые сетевые технологии обеспечивали большую скорость передачи, а новые рабочие станции с большей скоростью обработки информации требовали более быстрых сетей, в связи с этим технологии ArcNet (которую в шутку называют ArchaicNet — архаическая сеть) и StarLAN были обречены на вымирание.

Устаревшие технологии все еще находят применение в качестве сетей уровня распределения или магистральных сетей промышленных предприятий и офисов, но так же, как это в свое время было с технологиями ArcNet и StarLAN, более быстрые методы доступа Fast Ethernet, High Speed Token Ring и ATM все больше используются в сфере вычислительных сетей. Несмотря на это, устаревшие технологии еще будут использоваться много лет в связи с тем, что имеется большое количество соответствующего оборудования. Потребители будут заменять сети Ethernet и Token Ring только в том случае, когда используемые ими приложения начнут требовать большей пропускной способности.

В текущей главе обсуждаются устаревшие сетевые технологии, такие, как Ethernet и Token Ring, а также новые технологии, такие, как Fast Ethernet и Gigabit Ethernet.

Несмотря на то, что Gigabit Ethernet еще не является популярной технологией для настольных систем, она также обсуждается в данном разделе, потому что имеет отношение к технологии Ethernet, а кроме того, она используется для магистральных соединений коммутаторов Catalyst между собой. В разделе ниже также описано, как работают различные методы доступа к физической среде передачи данных, некоторые их физические характеристики, различные форматы фреймов передачи данных, а также типы адресации.

## Устаревшая технология Ethernet

Когда в компьютерной промышленности доминировали мэйнфреймы (mainframe), пользовательские терминалы (рабочие места) подключались непосредственно к портам центрального компьютера или к контроллеру, который создавал видимость непосредственного подключения. Каждому терминалу был выделен отдельный соединительный кабель. Когда пользователь вводил данные, терминал сразу передавал сигналы центральному узлу. Производительность системы определялась рабочей мощностью центрального компьютера. Если узел оказывался перегруженным, то пользователи сталкивались с задержкой ответов. Таким образом, линия связи между центральной машиной и терминалом не была причиной задержек передачи сигнала. Каждому пользователю была доступна полная пропускная способность линии передачи независимо от того, в какой степени загружен центральный компьютер.

Менеджеры по установке оборудования, которые настраивали связь между главным компьютером и терминалами, постоянно сталкивались с ограничениями, связанными с максимальной длиной линии передачи, которые определялись технологией связи. Данная технология ограничивала радиус использования главной вычислительной машины сравнительно небольшим расстоянием. Более того, к проблеме расстояния необходимо добавить большие затраты труда на установку кабелей, громоздкость всего сооружения и дороговизну обслуживания. Использование локальных сетей в значительной степени смягчило указанные выше моменты. Одно из непосредственных преимуществ использования локальных сетей — это сокращение затрат на установку и обслуживание средств связи, поскольку в локальных сетях нет необходимости проводить кабели к рабочему месту каждого пользователя. Наоборот, теперь один кабель может соединить по очереди все рабочие места и позволить пользователям совместно использовать всю инфраструктуру вместо того, чтобы создавать отдельную инфраструктуру для каждой рабочей станции.

Тем не менее, когда пользователи совместно используют один кабель, возникает технологическая проблема, а именно: как управлять тем, кто и когда должен захватывать среду передачи данных? В широкоэмитательных технологиях передачи, таких, как кабельное телевидение (CATV), поддержка нескольких пользователей осуществляется путем распределения данных по нескольким частотным каналам. Например, будем считать каждый видеосигнал в системе кабельного телевидения потоком данных. Служба CATV позволяет передавать множество каналов в одном кабеле и, соответственно, несколько потоков данных параллельно. Описанный метод передачи называется мультиплексированием с частотным разделением каналов (frequency division multiplexing — FDM). С самого начала в локальных сетях использовалась *узкополосная передача* (baseband) данных и, соответственно, не использовалось несколько каналов. В таком методе связи каждому пользователю предоставляется короткий период времени для передачи.

В технологиях Ethernet и Token Ring определен набор правил, который носит название *метода доступа* для совместного использования кабеля. Разные методы доступа предполагают совместное использование кабеля разными путями, но позволяют достичь одной цели.

## **Доступ к среде передачи с контролем несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD)**

Множественный доступ к среде передачи с контролем несущей и обнаружением конфликтов (Carrier Sense Multiple Access Collision Detect — CSMA/CD) используется в технологии Ethernet. Правила, которые используются в методе CSMA/CD, похожи на те, которыми люди пользуются на собрании. На собрании каждый имеет право выступить. Неписаное правило гласит, что только один человек имеет право говорить в любой момент времени. Когда вам есть что сказать, сначала нужно послушать, не говорит ли кто-нибудь в данный момент. Если кто-то уже выступает, то нужно подождать, пока выступление закончится. В том случае, если вы уже начали говорить, то все равно нужно продолжать слушать, не начнет ли кто-то говорить одновременно с вами; если да, то вам обоим необходимо замолчать и подождать в течение случайного интервала времени. Только после определенного периода времени вы и ваш партнер снова можете начать говорить. В том случае, если участники не придерживаются правил выступления, то собрание срывается, и никакого эффективного общения не происходит. (К сожалению, в жизни такая ситуация встречается очень часто.)

В технологии Ethernet *метод множественного доступа* подразумевает, что множество рабочих станций подключатся к одному кабелю, и каждая из них имеет возможность передавать. Ни одна станция не имеет приоритета перед остальными, однако, каждая из них должна получить право на передачу посредством алгоритма доступа.

*Контроль несущей* соответствует прослушиванию перед началом передачи. Адаптер сети Ethernet, который готовится к передаче данных, регистрирует уровень сигнала в среде передачи (несущий сигнал). Если сигнал передается по кабелю, значит, среда занята и необходимо подождать перед тем, как получить возможность передачи. Многие устройства, работающие по технологии Ethernet, имеют счетчик, который показывает, насколько часто приходилось ждать перед тем, как получить возможность передачи. Такой счетчик иногда называется счетчиком отсрочек (deferral counter), или счетчиком опозданий (back-off counter). Если значение счетчика отсрочек превышает пороговое значение в 15 попыток, то устройство, которое пытается передать пакет, считает, что оно уже никогда не получит доступ к среде передачи, и устройство-отправитель отбрасывает фрейм. Такая ситуация может возникнуть в случае, когда в сети находится очень много устройств, и ее пропускной способности недостаточно. Если описанная выше ситуация носит хронический характер, то сеть должна быть сегментирована на более мелкие подсети. В главе 2, “Сегментация локальных сетей”, обсуждаются различные подходы к сегментации сетей. Когда уровень сигнала превышает определенный порог, то система решает, что произошла коллизия. В случае, когда станции в сети обнаруживают коллизию, то все участники передачи генерируют *сигнал подтверждения коллизии* (collision enforcement signal). Сигнал подтверждения длится столько времени, сколько достаточно для передачи самого короткого фрейма. Для технологии Ethernet его длина составляет 64 байта. Принятые меры гарантируют, что все станции, которые находятся в сети, не будут передавать данных в то время, когда произошла коллизия. Если станция обнаруживает, что последовательно проис-

ходит очень большое число коллизий, то она прекращает передачу фрейма. Некоторые рабочие станции в таком случае выдают сообщение **среда передачи недоступна** (Media not available). Точный вид сообщения зависит от реализации, но в любом случае рабочая станция старается информировать пользователя о том, что передача данных невозможна по той или иной причине.

## Адресация в технологии Ethernet

Каким образом рабочие станции идентифицируют друг друга? На собрании вы идентифицируете вашего собеседника по имени. У вас есть возможность адресовать свое выступление всем присутствующим, группе людей или кому-либо индивидуально. Обращение с выступлением ко всем присутствующим равносильно широковещательной передаче сообщению (broadcast), обращение к группе людей равносильно групповой рассылке сообщению (multicast), а обращение к кому-либо индивидуально — одноадресатному сообщению (unicast). Большинство сообщений в сети одноадресатны по своей природе, и именно они образуют трафик между какой-либо рабочей станцией и каким-либо другим сетевым устройством. Некоторые приложения генерируют трафик групповых широковещательных сообщений. Примером подобных приложений могут быть мультимедийные приложения для локальных сетей. Сетевой трафик, который они генерируют, предназначен нескольким, но не обязательно всем, рабочим станциям. Средства для проведения видеоконференций часто используют групповую адресацию для доставки сообщений их участникам. Сетевые протоколы обычно создают широковещательный трафик. Так например Internet-протокол (IP) использует широковещательные пакеты для преобразования адресов (ARP) и других целей. Маршрутизаторы часто передают обновления таблицы маршрутизации, используя широковещательные фреймы. Другие сетевые протоколы, такие, как AppleTalk, DecNet, Novell IPX и т.д., используют широковещательную передачу для различных целей.

На рис. 1.1 показана система из нескольких устройств, которые соединены друг с другом с помощью старой Ethernet-технологии. Плата адаптера Ethernet каждого устройства имеет встроенный в данное устройство адрес длиной 48 бит (6 октетов), который однозначно идентифицирует рабочую станцию. Данный адрес называется адресом контроллера доступа к среде (Media Access Control address — MAC address) или аппаратным адресом (hardware address). Каждое устройство в локальной сети должно иметь свой уникальный MAC-адрес. MAC-адреса устройств выражаются в шестнадцатеричной форме, октеты разделяются с помощью знака “дефис” (-), “двоеточие” (:) или “точка” (.). Следующие три формы адреса являются адресом одного и того же узла: **00-60-97-8F-4F-86**, **00:60:97:8F:4F:86**, **0060.978F.4F86**. В данной книге, в основном, используется первая форма записи, т.к. программное обеспечение большинства коммутаторов Catalyst использует именно ее при отображении на консольное устройство, однако, есть пара исключений, где встречается вторая и третья формы записи. Различия в форме записи MAC-адресов не должны вас смущать.

Чтобы гарантировать уникальность адресов, первые три октета адреса идентифицируют производителя интерфейсного адаптера. Они называются уникальным идентификатором организации (Organization Unique Identifier — OUI). Каждый производитель имеет свой уникальный идентификатор OUI, который присваивается Институтом инженеров по электротехнике и электронике (IEEE). Организация IEEE является всемирным администратором значений OUI. Для корпорации Cisco зарезервированы

несколько значений OUI: 00000C, 00067C, 0006C1, 001007, 00100B, 00100D, 001011, 001014, 00101F, 001029, 00102F, 001054, 001079, 00107B, 0010A6, 0010F6, 0010FF, 00400B (бывший OUI фирмы Crescendo), 00500F, 005014, 00502A, 00503E, 005050, 005053, 005054, 005073, 005080, 0050A2, 0050A7, 0050BD, 0050E2, 006009, 00602F, 00603E, 006047, 00605C, 006070, 006083, 00900C, 009021, 00902B, 00905F, 00906D, 00906F, 009086, 009092, 0090A6, 0090AB, 0090B1, 0090BF, 0090D9, 0090F2, 00D006, 00D058, 00D0BB, 00D0C0, 00E014, 00E01E, 00E034, 00E04F, 00E08F, 00E0A3, 00E0B0, 00E0F7, 00E0F9 и 00E0FE.

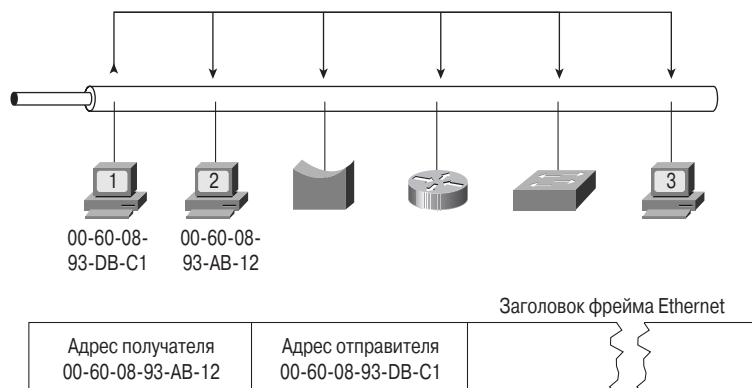


Рис. 1.1. Простая сеть Ethernet

Последние три октета MAC-адреса соответствуют уникальному адресу адаптера данного устройства и назначаются производителем оборудования. Комбинация OUI и адреса адаптера составляет уникальный адрес устройства. Каждый производитель оборудования должен гарантировать, что выпускаемые им устройства имеют уникальную комбинацию из шести октетов.

### Фреймы одноадресатной передачи

В локальных сетях рабочие станции должны использовать MAC-адрес для адресации второго уровня (Layer 2 address), т.е. для идентификации отправителя и получателя фрейма. Когда рабочая станция 1 передает рабочей станции 2 (см. рис. 1.1), то она генерирует фрейм, который содержит MAC-адрес станции 2 (00-60-08-93-AB-12) — в качестве адреса получателя и MAC-адрес станции 1 (00-60-08-93-DB-C1) в качестве адреса отправителя. Такой фрейм является *фреймом одноадресатной передачи* (unicast frame). Т.к. данная локальная сеть использует общую среду доступа, то все рабочие станции в сети получают копию каждого фрейма. Однако, только станция номер 2 обрабатывает полученный фрейм. Все станции сети сравнивают MAC-адрес получателя в заголовке фрейма со своим MAC-адресом. Если адреса не совпадают, то интерфейсный модуль станции отбрасывает (игнорирует) фрейм и тем самым предотвращает загрузку центрального процессора сетевого устройства. Для станции 2 рассматриваемые адреса совпадают, и полученный фрейм посылается центральному процессору для дальнейшего анализа. Центральный процессор определяет используемый протокол и приложение, для которого данный пакет предназначен, и принимает решение о том, необходимо ли отбросить пакет или использовать его дальше.



## Фреймы широковещательной передачи

Не все фреймы содержат в качестве точки назначения одиночный адрес. Некоторые из них имеют широковещательный адрес или адрес групповой передачи в качестве адреса получателя. Рабочие станции обрабатывают широковещательные фреймы и фреймы групповой передачи не так, как фреймы одноадресной. Они рассматривают широковещательные сообщения как объявления системы массового оповещения. Когда станция получает широковещательную информацию, это означает: “Внимание! Эта информация, вероятно, вам будет полезна!”. Фреймы широковещательной передачи содержат в качестве MAC-адреса получателя значение FF-FF-FF-FF-FF-FF (все биты установлены в 1). Так же, как и для одноадресных фреймов, все станции сети получают фрейм с широковещательным адресом получателя. Когда сетевой интерфейс сравнит адрес получателя со своим MAC-адресом, то они, очевидно, не совпадут. Обычно станция отбрасывает подобный пакет, потому что адрес получателя не совпадает с аппаратным адресом станции. Однако, широковещательные фреймы обрабатываются по-другому. Даже в случае несоответствия аппаратного адреса станции с адресом получателя интерфейсный модуль все равно передает полученный фрейм центральному процессору. Фрейм передается намеренно, т.к. в нем может содержаться важная информация для пользователя. К сожалению, вероятнее всего, только одна, а может быть, небольшое количество станций действительно нуждается в получении данного сообщения. Например, запрос преобразования адреса (ARP) протокола IP передается как широковещательный, хотя заранее известно, что на него будет отвечать всего одна станция. Станция-отправитель посылает широковещательный запрос, т.к. она не знает MAC-адреса получателя и пытается его определить. Единственное, что известно станции-отправителю, когда она посылает запрос, это IP-адрес станции-получателя, однако такой информации недостаточно для адресации в локальной сети: необходимо, чтобы фрейм содержал так же MAC-адрес.

В протоколах маршрутизации широковещательные MAC-адреса иногда используются для передачи таблиц маршрутизации. Например, стандартно маршрутизаторы посылают обновления таблиц IP-маршрутизации с помощью протокола RIP каждые 30 секунд. Маршрутизатор посылает данные обновлений в широковещательных кадрах, т.к. он может не знать адреса других маршрутизаторов в локальной сети. Посылая широковещательный запрос, маршрутизатор гарантирует, что обновление будет получено всеми маршрутизаторами в локальной сети. Однако, в таком подходе есть и обратная сторона — все устройства в сети получают широковещательный фрейм и будут его обрабатывать, однако не многие из них действительно нуждаются в обновлениях таблицы маршрутизации. Таким образом, центральные процессоры всех устройств в сети будут загружаться. Если число широковещательных сообщений в сети станет очень большим, то рабочие станции не будут выполнять ту работу, которую должны — исполнять программы текстовых процессоров или имитаторов полета, — они будут заняты обработкой бесполезных для них широковещательных сообщений.

## Фреймы групповой передачи

Фреймы многоадресной передачи (multicast frames) незначительно отличаются от широковещательных. Фреймы многоадресной передачи адресованы группе устройств, объединенных какой-либо общей задачей, и позволяют передавать только одну копию фрейма, даже если ее необходимо получить сразу нескольким станциям. Когда станция получает такой фрейм, она сравнивает его адрес получателя со своим аппаратным адресом. Если плата адаптера не сконфигурирована для приема группо-

вых фреймов, то сообщение отбрасывается сетевым интерфейсом и не требует затрат процессорного времени на его обработку. (Такой процесс протекает точно так же, как и в случае одноадресной передачи.) Например, устройства корпорации Cisco, которые поддерживают протокол обнаружения устройств Cisco (Cisco Discovery Protocol — CDP) и посылают периодические извещения другим устройствам Cisco, подключенным к локальной сети. Информация, которая содержится в таких извещениях, представляет интерес только для устройств Cisco (и для сетевого администратора). Для их передачи устройство-отправитель может передавать одноадресные сообщения всем устройствам Cisco в отдельности. Такой подход означает, что по одному сегменту будет многократно передаваться лишняя информация. Далее, отправитель может не знать о том, что к сегменту сети подключены некоторые устройства Cisco, и для их определения ему нужно передать широковещательный фрейм. Все устройства Cisco получают данный фрейм, его также получают и все остальные устройства в сети, которые могут не быть устройствами Cisco. Неплохой альтернативой широковещательному трафику является использование адресов групповой передачи. Устройства корпорации Cisco имеют специальный зарезервированный адрес групповой передачи 01-00-0C-CC-CC-CC, который позволяет передавать данные всем устройствам Cisco на сегменте. Все другие устройства просто игнорируют такие групповые сообщения.

Протокол маршрутизации Open Shortest Path First (OSPF — открытый протокол обнаружения первого кратчайшего пути) стека протоколов IP передает обновления таблицы маршрутизации на специально зарезервированный групповой адрес. Зарезервированные IP-адреса групповой передачи протокола OSPF: 224.0.0.5 и 224.0.0.6 транслируются в MAC-адреса групповой передачи 01-00-5E-00-00-05 и 01-00-5E-00-00-06 соответственно. В главе 13 “Многоадресные и широковещательные службы” обсуждается, как такие MAC-адреса вычисляются. Только маршрутизаторы, которые заинтересованы в получении обновлений по протоколу OSPF, конфигурируют свои сетевые интерфейсы для получения данных сообщений. Все остальные устройства отфильтровывают подобные фреймы.

## Форматы фреймов в локальных сетях

Когда рабочие станции осуществляют передачу информации друг другу по локальной сети, данные формируются в некоторые структуры таким образом, что устройства знают, какой байт какую информацию содержит. Существуют несколько форматов фреймов. Когда вы конфигурируете устройство, вам необходимо определить, какой формат фреймов ваша станция будет использовать для передачи данных. Кроме того, следует принять во внимание, что может быть сконфигурировано более одного формата, что обычно имеет место для маршрутизаторов.

На рис. 1.2 проиллюстрированы четыре наиболее часто встречающиеся формата фреймов в сетях Ethernet. Некоторые пользователи достаточно свободно используют термины *пакет* и *фрейм* один вместо другого. Однако, согласно документу RFC 1122, существует определенная разница между этими двумя понятиями. Под фреймами понимается полное сообщение, начиная с информации заголовка канального уровня (уровень 2) и заканчивая данными пользователя. Пакеты не включают в себя заголовки второго уровня и содержат только заголовок протокола IP (заголовок протокола третьего уровня) и данные пользователя.

	←----- Фрейм ----->										Контрольная сумма	
									←----- Пакет ----->			
Формат фрейма	Поле заголовка второго уровня 14 октетов				←----- Поле данных 1500 октетов ----->							
Ethernet v2 (ARPA)	MAC-адрес получателя 6 октетов	MAC-адрес отправителя 6 октетов	Длина 2 октета	Данные								
802.3	MAC-адрес получателя 6 октетов	MAC-адрес отправителя 6 октетов	Длина 2 октета	Данные								
802.3/802.2	MAC-адрес получателя 6 октетов	MAC-адрес отправителя 6 октетов	Длина 2 октета	DSAP 1 октет	SSAP 1 октет	Управляющее поле	Данные					
802.3/802.2 SNAP	MAC-адрес получателя 6 октетов	MAC-адрес отправителя 6 октетов	Длина 2 октета	0xAA 1 октет	0xAA 1 октет	0x03 1 октет	Код организации 3 октета	Тип 2 октета	Данные	4 октета		

Рис. 1.2. Четыре формата фреймов в технологии Ethernet

Новые форматы фреймов локальных сетей разрабатывались по мере того, как сетевая индустрия выдвигала новые требования, которые возникали при появлении новых протоколов передачи данных. Когда корпорация XEROX разработала первоначальный вариант технологии Ethernet (который позже был принят на вооружение сетевой промышленностью), формат фреймов Ethernet определялся так, как показано на рис. 1.2. Первые 6 октетов содержали MAC-адрес получателя, за ним следовали 6 октетов, содержащих MAC-адрес отправителя. Следующие 2 октета указывали станции-получателю правильный протокол третьего уровня, которому принадлежит пакет. Например, если пакет принадлежит протоколу IP, то значение данного поля равно **0x0800**. В табл. 1.1 приведены шестнадцатеричные значения поля **type** (тип) для некоторых наиболее часто встречающихся протоколов.

**Таблица 1.1. Значения поля type для наиболее часто встречающихся маршрутизируемых протоколов**

Протокол	Шестнадцатеричное значение поля type
IP	0800
ARP	0806
Novell IPX	8137
AppleTalk	809B
Banyan Vines	0BAD
802.3	0000-05DC

Следом за полем **type** станция-получатель ожидает заголовок соответствующего протокола. Например, если значение поля указывает, что данный пакет является пакетом протокола IP, то следующие за ним данные станция-получатель пытается интерпретировать как заголовок протокола IP. Если значение поля **type** равно 8137, то станция-получатель пытается обрабатывать пакет как пакет протокола Novell IPX.

В документах организации IEEE описаны альтернативные форматы фреймов. В форматах IEEE 802.3 адреса отправителя и получателя остались, но вместо поля **type** указывается длина пакета. В промышленности используются три производных от данного (IEEE 802.3) типа фреймов: обычный стандарт 802.3, 802.3 с 802.2 LLC (Logical

Link Control — управление логическим соединением), а также стандарты 802.3 с 802.2 и SNAP (standard network access protocol — стандартный протокол доступа к сети). Станция-получатель определяет, что используются фреймы форматов IEEE или формата Ethernet по значению 2-байтового поля, которое следует за MAC-адресом отправителя. Если значение данного поля попадает в промежуток от 0x0000 до 0x05DC (1500 в десятичной системе исчисления), то оно содержит длину пакета; значения, указывающие тип протокола, должны быть больше 0x05DC.

## Временные интервалы технологии Ethernet

Правила технологии Ethernet определяют, каким образом сетевые станции работают с разделяемой средой передачи с множественным доступом (CSMA/CD). Согласно этим правилам, необходимо постоянно следить за возникновением коллизий, а в случае их обнаружения постоянно докладывать остальным участникам сети о возникновении таких ситуаций. В технологии Ethernet определен канальный интервал (slotTime), который равен времени прохождения фрейма от одного конца сети к другому. На рис. 1.3 показана станция 1, которая передает фрейм. Как раз перед тем, как фрейм дошел до станции 2, которая находится на противоположном конце сети, станция 2 также начинает передачу. Она начинает передачу, т.к. у нее есть информация, которую необходимо передать, и она определяет, что линия свободна. Данный пример демонстрирует возникновение коллизии между устройствами, находящимися на противоположных концах сети. Для таких устройств временная задержка определяет наихудший возможный вариант обнаружения коллизии и сообщения о ней остальным станциям.

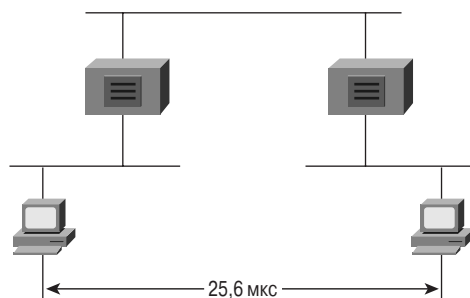


Рис. 1.3. Пример наихудшего возможного варианта возникновения коллизии

Правила технологии Ethernet гласят, что станции должны иметь возможность обнаружить коллизию и сообщить о ней самым дальним устройствам до того момента, как станция-отправитель закончит передавать фрейм. В частности, для устаревшей технологии Ethernet со скоростью передачи 10 Мбит/с все перечисленные события должны вложиться в интервал 51,2 мкс. Почему именно 51,2 мкс? Данный интервал времени определяется из расчета минимального размера фрейма, который соответствует минимальному интервалу времени постоянной передачи и, соответственно, минимальному интервалу времени обнаружения и оповещения о коллизии. Минимальный размер фрейма равен 64 байтам, что соответствует 512 битам. Время передачи одного бита равно 0,1 мкс. Приведенное значение рассчитывается из скорости пере-

дачи данных в сети Ethernet ( $1/10^7$ ), поэтому максимальный интервал для сети Ethernet можно рассчитать по такой формуле:  $0,1 \text{ мкс/бит} \times 512 \text{ бит} = 51,2 \text{ мкс}$ .

Далее, согласно спецификации технологии Ethernet максимальный канальный интервал переводится в расстояние. В процессе распространения сигнала через различные компоненты домена коллизий вносятся различные временные задержки. Для медных кабелей, оптоволоконных линий связи и повторителей рассчитаны точные значения времени задержки. Доля задержки, которую вносит та или иная физическая среда передачи, зависит от ее физических свойств. Для правильно рассчитанной топологии сети общее время задержки между самыми дальними концами сети должно быть меньше половины от 51,2 мкс. Такое условие гарантирует, что станция 2 успеет обнаружить коллизию и уведомить об этом станцию 1 до тех пор, пока она не закончит передачу фрейма самой минимальной длины.

Если для сети нарушены правила канального интервала (slotTime rules), и сеть имеет размер больший, чем тот, который сигнал проходит за 51,2 мкс, то в ней будут возникать запоздалые коллизии, что приведет к неработоспособности всей инфраструктуры. Когда сетевая станция передает фрейм, то она сохраняет его целиком в специальном буфере до того момента, пока передача фрейма не будет успешно завершена (или не произойдет коллизии), или пока значение счетчика отсрочек не превысит порогового значения. Ситуация превышения порога отсрочек была описана ранее. Допустим, что сетевой администратор чрезмерно расширил сеть на рис. 1.3 путем установки большого количества повторителей или путем использования сегментов очень большой длины. В таком случае, когда станция 1 осуществляет передачу, она решает, что передача фрейма успешно закончена, если за время передачи 64 октетов не произошло коллизии. Когда фрейм передан успешно, он удаляется из буфера безвозвратно. Если сеть имеет чрезвычайно большую длину и правило канального интервала не выполняется, то станция-отправитель может узнать о возникновении коллизии после передачи первых 64 октетов. Однако, в буфере уже не будет данных фрейма, передачу которых необходимо повторить, т.к. станция-отправитель решила, что передача прошла успешно.

## **Скорость передачи фреймов и производительность сети Ethernet**

О производительности сети Ethernet ведутся жаростные дебаты. В частности, для сетевых администраторов наиболее интересен вопрос: “Какую среднюю загрузку может выдерживать сеть?” Некоторые администраторы заявляют, что средняя загрузка сети не должна превышать 30 процентов ее пропускной способности. Другие настаивают на 50 процентах. На самом деле ответ зависит от пользовательских запросов. Когда пользователи начинают жаловаться? Конечно, тогда, когда становится невозможным работать в сети! Сети редко поддерживают постоянную загрузку больше 50 процентов, т.к. пропускная способность теряется из-за коллизий. Коллизии загружают канал, а также приводят к тому, что станции повторяют передачу, что перегружает канал еще больше. Если бы сети не имели коллизий, то можно было бы добиться стопроцентного использования пропускной способности. Однако, реально такая ситуация невозможна.

Для того, чтобы чем-то можно было руководствоваться, рассмотрим теоретически скорость передачи фреймов в сети Ethernet. Скорость передачи зависит от размера

фрейма. Для расчета числа пакетов в секунду с учетом размера пакета воспользуемся следующей формулой.

Число пакетов в секунду = 1 секунда / (IFG + PreambleTime + FrameTime),

где:

- IFG (Inter Frame Gap) — интервал времени между передачами фреймов, обычно его значение принимается равным 9,6 мкс;
- PreambleTime — время, необходимое для передачи стартовых бит пакета; количество стартовых бит равно 64 и, соответственно, время передачи равно 6,4 мкс;
- FrameTime — время, необходимое для передачи фрейма; для фрейма размером 64 октета время передачи соответствует 51,2 мкс.

Таким образом, число пакетов в секунду (pps) для фреймов размером 64 октета равно:

$1 \text{ с} / (9,4 + 6,4 + 51,2) \text{ мкс на пакет} = 14880 \text{ пакетов в секунду.}$

Рассмотрим другой крайний случай — скорость передачи для фреймов максимального размера 1518 октетов.

$1 \text{ с} / (9,4 + 6,4 + 1214,4) \text{ мкс на пакет} = 812 \text{ пакетов в секунду.}$

Загрузка сети на 30 процентов означает, что анализатор сетевого трафика показывает постоянный поток данных порядка 3 Мбит/с, но этого недостаточно, чтобы определить, насколько хорошо или плохо работает сеть. Пакеты какого размера, в основном, загружают сеть? Обычно в физической среде присутствуют пакеты разных размеров. Каково количество коллизий в сети? Если их число небольшое, то передает только небольшое количество станций, что, в свою очередь, может означать, что сеть может поддерживать и большее количество передающих станций. В любом случае необходимо проводить большое количество измерений, а также ориентироваться на то, как пользователи оценивают скорость работы сети.

## Технология FastEthernet

С появлением технологии Ethernet пропускная способность в 10 Мбит/с казалась для пользователей безграничной (почти как тогда, когда персональный компьютер имел 640 Кбайт оперативной памяти, и казалось, что больше никогда не понадобится!). Как только технологии рабочих станций начали развиваться быстрее, приложения сразу же потребовалось передавать большее количество данных за более короткое время. Если данные поступали из удаленных источников, а не из локальных устройств хранения информации, то приложения требовали большей пропускной способности сети. Для новых приложений скорость передачи 10 Мбит/с оказалась достаточно низкой. Представьте себе ситуацию, когда хирургу необходимо загрузить медицинское изображение по совместно используемому каналу со скоростью передачи 10 Мбит/с. Ему придется ждать, пока изображение загрузится, а потом начать или продолжить операцию. Если необходимое изображение имеет высокое разрешение, то его размер нередко составляет 100 Мбайт и время его загрузки может быть существенным. Предположим, что сеть обеспечивает скорость передачи порядка 500 Кбит/с

---

<sup>1</sup> Известное утверждение президента корпорации Microsoft Билла Гейтса (Bill Gates). — Прим. ред.

(что обычно имеет место для большинства сетей), то сколько времени в среднем займет передача? Доктору придется ждать 26 мин, пока изображение загрузится.

$$100 \text{ Мбайт} \times 8 / 500 \text{ Кбит/с} = 26 \text{ мин.}$$

Если бы вы ждали окончания загрузки изображения на операционном столе, то вы не были бы очень счастливы! Как сетевой администратор больницы вы стали бы причиной усложнения хирургической операции в худшем случае или причиной перерыва в работе хирурга — в лучшем. Очевидно, что такая ситуация не из приятных. К сожалению, множество компьютерных сетей в больницах работает именно таким образом, и подобная ситуация считается нормальной. Вполне понятно, что для поддержки ресурсоемких приложений требуется большая пропускная способность.

Наблюдая возрастание потребностей в сетях повышенной пропускной способности, организация IEEE сформировала комитет 802.3u, который начал работу над технологией передачи со скоростью 100 Мбит/с, которая должна была использовать в качестве среды передачи кабель витой пары. В июне 1995 года комиссия IEEE приняла спецификацию стандарта 802.3u, которая определяет технологию передачи данных по локальной сети со скоростью 100 Мбит/с.

Так же, как и технологии со скоростью передачи 10 Мбит/с, системы передачи со скоростью 100 Мбит/с используют множественный к среде передачи с контролем несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD), но при этом обеспечивают десятикратное повышение производительности по сравнению с устаревшими 10-мегабитными системами. Т.к. данная технология работает в 10 раз быстрее, чем Ethernet 10 Мбит/с, то, соответственно, в 10 раз уменьшились и все временные характеристики. Например, канальный интервал для Ethernet со скоростью передачи 100 Мбит/с составляет 5,12 мкс, а не 51,2 мкс, как раньше. Параметр IFG равен 0,96 мкс. И поскольку временные задержки уменьшились в 10 раз по сравнению с Ethernet 10 Мбит/с, диаметр сети<sup>2</sup> также должен быть уменьшен в 10 раз, чтобы избежать запоздалых коллизий.

Стандарт 100BaseX должен поддерживать те же типы фреймов, что и устаревшая технология Ethernet. Таким образом, стандарт 100BaseX определяет те же самые размеры и структуры фреймов, что и 10BaseX. Все остальные параметры делятся на 10 в связи с увеличением скорости передачи данных. При передаче фреймов из системы, которая соответствует стандарту 10BaseX, в систему стандарта 100BaseX, устройству-компенсатору нет необходимости преобразовывать заголовки фреймов второго уровня, т.к. они идентичны для обеих систем.

Первоначально технология 10BaseT Ethernet с использованием витой пары поддерживала кабели категорий 3, 4, 5 с длиной до 100 м. В данной технологии использовался всего один метод кодирования — *манчестерский код*, и максимальная частота сигнала была равна 20 МГц, что хорошо соответствовало пропускной способности всех трех типов кабеля. В связи с большей скоростью передачи в технологии 100BaseT создать один общий метод для работы со всеми типами кабелей не представляется возможным. С учетом технологий кодирования, которые были доступны на момент создания стандарта, комитет IEEE разработал варианты стандарта для поддержки кабелей категории 3 и 5, а также была создана отдельная версия поддержки волоконно-оптических линий связи.

---

<sup>2</sup> Расстояние между крайними точками (устройствами) сети, при этом расстояние отсчитывается по используемому кабелю. — Прим. ред.

## Поддержка дуплексного и полудуплексного режимов передачи

Выше была рассмотрена устаревшая технология Ethernet и метод множественного доступа к среде передачи с контролем несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD). В старой технологии Ethernet использовался метод CSMA/CD в связи с тем, что устройства, работающие в рамках данной технологии, были подключены к общей среде передачи, и только одно устройство могло передавать данные в любой момент времени. Когда одно устройство передает, все остальные обязаны принимать, в противном случае, в системе возникает коллизия. В системе, рассчитанной на скорость передачи 10 Мбит/с, полная пропускная способность канала предоставлялась для передачи или приема в зависимости от того, является станция отправителем или получателем. Приведенное выше описание соответствует *полудуплексному* (half-duplex) режиму передачи данных.

Первоначально стандарты локальных сетей определяли только работу в полудуплексном режиме, позволяя лишь одной станции передавать в любой момент времени. Данная ситуация была побочным эффектом топологии сети с общей шиной, которая являлась наиболее общей в стандартах 10Base5 и 10Base2, и в рамках которой все станции подключались к общему кабелю. С введением технологии 10BaseT станции подключались к концентраторам (hub) через специальные выделенные двухточечные (point-to-point) соединения. В такой топологии станции уже не использовали совместно один и тот же кабель. В стандарте 100BaseX также использовались концентраторы и выделенные соединения “точка-точка”. Т.к. соединительные кабели не использовались совместно, появилась возможность ввести новый режим работы. Вместо работы в полудуплексном режиме системы получили возможность работать в *дуплексном* (full-duplex) режиме, что позволяло станциям принимать и передавать данные одновременно и избегать необходимости определения коллизий. Какое преимущество давал такой режим? Самое ценное свойство сети — рост пропускной способности. Когда станции одновременно передают и принимают данные, они используют полную пропускную способность в обоих направлениях.

Самая большая пропускная способность, которую могла обеспечить устаревшая технология Ethernet — 10 Мбит/с. Устройство либо только передавало, либо только принимало данные с заданной скоростью. В отличие от старой технологии устройства стандарта 100BaseX, которые работали в дуплексном режиме, обеспечивали пропускную способность 200 Мбит/с — 100 Мбит/с на передачу и 100 Мбит/с на прием. Переход на более новую технологию давал пользователям двадцатикратный, или даже более, выигрыш в пропускной способности. Раньше пользователи, подключенные к общему кабелю, практически могли использовать только несколько мегабит в секунду от эффективной пропускной способности. Модернизация сети с использованием технологии со скоростью передачи 100 Мбит/с реально может обеспечить повышение эффективной пропускной способности в сто раз. Если ваши пользователи не оценили появление дополнительной пропускной способности, то вам нельзя позавидовать по поводу ваших коллег. Переведите их обратно на сеть 10 Мбит/с!



---

## Внимание!

Следует заметить, что если сетевой адаптер поддерживает работу в дуплексном режиме 100BaseX, это не означает, что устройство, в которое данный адаптер включен, также поддерживает дуплексный режим. Действительно, некоторые устройства могут обеспечивать в дуплексном режиме меньшую пропускную способность, чем в полудуплексном. Например, операционная система Windows NT 4.0 не поддерживает работу в дуплексном режиме в связи с ограничениями драйвера. Некоторым рабочим станциям корпорации SUN также присущ данный недостаток, особенно при работе с технологией Gigabit Ethernet.

---

Комитет IEEE 802.3x разработал стандарт для устройств, работающих в дуплексном режиме, который включает стандарты 10BaseT, 100BaseX и 1000BaseX (1000BaseX соответствует технологии Gigabit Ethernet, которая рассматривается ниже в разделе “Структура Gigabit Ethernet”). Стандарт 802.3x также определяет механизм *управления потоком* (flow control). Управление потоком позволяет приемнику передавать специальный фрейм обратно к источнику в случае переполнения буферов получателя. Получатель посылает специальный пакет, который называется *фрейм паузы* (pause frame). В данном фрейме получатель может потребовать, чтобы отправитель прекратил передачу на некоторое время. Если получатель в состоянии обрабатывать входящий трафик до момента, когда заканчивается указанный в фрейме паузы интервал, то он может послать еще один фрейм паузы, который установит таймер в нулевое значение, что указывает отправителю на то, что он снова может начать передачу.

Хотя системы стандарта 100BaseX поддерживают и дуплексный, и полудуплексный режимы работы, есть возможность построить сеть, которая будет работать только в полудуплексном режиме. Такое утверждение означает, что устройства, подключенные к концентратору, могут совместно использовать пропускную способность так же, как и системы, работающие по устаревшей технологии Ethernet. В данном случае рабочая станция также должна работать в полудуплексном режиме. Для работы в дуплексном режиме устройство и концентратор (или коммутатор) должны поддерживать и быть сконфигурированными для работы в дуплексном режиме. Заметим также, что нельзя использовать дуплексный режим для работы с концентратором, который рассчитан на совместное использование среды передачи. Такие концентраторы могут работать только в полудуплексном режиме.

## Автонастройка режима

При использовании комбинаций различных сетевых устройств, которые поддерживают различные режимы передачи данных, в конфигурации устройств легко допустить ошибки. Необходимо определить, на какой скорости работают данные устройства — 10 Мбит/с или 100 Мбит/с, должны ли они работать в дуплексном или полудуплексном режиме, и какой тип среды передачи необходимо использовать. Конфигурация сетевого устройства должна соответствовать конфигурации концентратора, к которому оно подключено.

Автонастройка (autonegotiation) режима работы позволяет упростить процесс ручной конфигурации за счет того, что устройство и концентратор сами договариваются о режиме, в котором достигается наибольшая возможная скорость работы. Комитетом 802.3u было предложено поддерживать средства автоматической установки режима с помощью так называемого импульса быстрого соединения (Fast Link Pulse — FLP).

Импульс FLP является усовершенствованной версией теста целостности соединения (Link Integrity Test), который используется в стандарте 10BaseT. Устройство посылает серию импульсов в линию, с помощью которых анонсирует, какие режимы оно поддерживает. Устройство, находящееся на другом конце соединения, также посылает серию извещений FLP, и оба устройства определяют, какой из поддерживаемых ими режимов имеет наибольший приоритет. Приоритеты различных режимов приведены в табл. 1.2.

**Таблица 1.2. Приоритеты, используемые при автонастройке режима работы**

Приоритет	Режим
1	100BaseT2, дуплексный
2	100BaseT2, полудуплексный
3	100BaseTX, дуплексный
4	100BaseT4, только полудуплексный
5	100BaseTX, полудуплексный
6	10BaseT, дуплексный
7	10BaseT, полудуплексный

Согласно табл. 1.2, дуплексный режим 100BaseT2 имеет наибольший приоритет, в то время как самый медленный метод — полудуплексный 10BaseT, имеет самый низкий приоритет. Приоритет определяется скоростью передачи, типом поддерживаемых кабелей и режимом дуплекса. Система всегда предпочитает скорость передачи 100 Мбит/с скорости 10 Мбит/с и всегда предпочитает дуплексный режим полудуплексному. Следует заметить, что режим 100BaseT2 имеет больший приоритет, чем 100BaseTX. Данный приоритет определяется не тем, что стандарт 100BaseT2 использует новые типы среды передачи, а тем, что он поддерживает большее количество различных типов кабелей, чем стандарт 100BaseTX. Стандарт 100BaseTX поддерживает только кабель категории 5, в то время как стандарт 100BaseT2 — кабели категорий 3, 4 и 5.

---

### Совет

Не все устройства поддерживают автонастройку режима передачи данных. Авторы книги несколько раз сталкивались с ситуациями, когда процесс автонастройки режима передачи приводил к сбоям в результате того, что оборудование не поддерживало соответствующую технологию, или в связи с некачественной ее реализацией. Поэтому обычно рекомендуется для важных сетевых устройств, таких, как маршрутизаторы, коммутаторы, мосты и сервера, производить установку режима работы вручную на обоих концах соединения, чтобы гарантировать, что после перегрузки такие устройства будут работать в одном режиме с портом концентратора или коммутатора.

---

## Стандарт 100BaseTX

Многие существующие системы, работающие на витой паре и поддерживающие скорость передачи 10 Мбит/с, используют кабель категории 5 UTP (неэкранированная

витая пара — unshielded twisted-pair) и STP (экранированная витая пара — shielded twisted-pair). Устройства используют две пары проводов кабеля: пару контактов 1 и 2 — для передачи, и пару контактов 3 и 6 — для приема и определения коллизий. Такая же структура используется в стандарте 100BaseTX. Таким образом, система кабелей категории 5, которая использовалась для работы по стандарту 10BaseT, должна поддерживать стандарт 100BaseTX. Данный факт также означает, что сеть, построенная по стандарту 100BaseTX, должна работать при длине кабеля до 100 метров так же, как и в случае сети технологии 10BaseT.

Согласно стандарту сеть 100BaseTX использует схему кодирования 4B/5B точно так же, как и распределенный интерфейс передачи данных по волоконно-оптическим каналам (Fiber Distributed Data Interface — FDDI). В данной схеме кодирования к каждому четырем битам данных пользователя прибавляется пятый бит. Такое кодирование означает, что при передаче возникают 25 процентов дополнительных затрат пропускной способности за счет метода кодирования. Несмотря на то, что сеть стандарта 100BaseTX передает данные пользователя со скоростью 100 Мбит/с, скорость передачи в линии составляет 125 мегабод<sup>3</sup> (мы пытались рассказывать об этом нашим маркетинговым службам, чтобы они не выставляли в своих спецификациях пропускную способность 125 мегабод).

## Стандарт 100BaseT4

Не все здания имеют сетевые инфраструктуры, в которых использован кабель категории 5. В некоторых используется кабель категории 3, который раньше зачастую устанавливался для передачи голосовых данных, и поэтому он так же носит название *кабель для передачи голосовой информации* (voice grade cable). Данный кабель проходит тестирование для голосовых приложений и для приложений, рассчитанных на передачу данных с небольшой скоростью на частотах до 16 МГц. С другой стороны, кабель категории 5 рассчитан на передачу данных, и проходит тестирование на частоте 100 МГц. В связи с тем, что кабель категории 3 уже установлен во многих местах, а также в связи с тем, что многие сети 10BaseT построены на основе такого кабеля, комитет IEEE 802.3u включил возможность поддержки кабеля категории 3 в качестве необязательного пункта в соответствующий стандарт. Так же, как в случае 10BaseT, соединения в стандарте 100BaseT4 могут работать при длине кабеля до 100 метров. Однако, для поддержки больших скоростей передачи в стандарте 100BaseT4 используются больше пар. Три пары используются для передачи и одна — для обнаружения коллизий. Еще один технологический аспект, который используется для обеспечения больших скоростей передачи по кабелю с малой пропускной способностью — использование специального алгоритма кодирования. В стандарте 100BaseT4 используется метод кодирования 8B/6T (8 бит/6 троичных сигналов), который позволяет значительно снизить частоту сигнала при работе с кабелем для передачи голосовой информации.

## Стандарт 100BaseT2

Несмотря на то, что стандарт 100BaseT4 обеспечивает поддержку кабелей категории 3, он требует использования четырех пар кабелей для нормальной работы. Боль-

---

<sup>3</sup> Бод — единица скорости передачи сигнала. Равняется количеству дискретных элементов сигнала, переданных за одну секунду. Если каждый элемент сигнала представлен ровно одним битом, то количество бод равно количеству бит в секунду. — Прим. ред.

шинство кабелей категории 3 установлено для обеспечения голосовой связи. Если использовать все пары кабеля для передачи данных, то не остается ни одной пары собственно для передачи голоса. Стандарт 100BaseT2 был принят комитетом IEEE в 1997 году, и ему было присвоено название 802.3u. Он рассчитан на работу с кабелями категории 3, 4, 5, и при этом использует всего две пары. Новое дополнение к стандарту 100BaseT предусматривает использование специальных микросхем для цифровой обработки сигналов, применение метода кодирования PAM 5×5 (4 бита используются для указания одного из 25 возможных значений) и отдельно определяет работу с кабелями малой пропускной способности. Максимальная длина соединительного кабеля в стандарте 100BaseT2 составляет 100 метров.

## Стандарт 100BaseFX

Спецификация 802.3u включает в себя вариант стандарта для работы с многомодовым и одномодовым оптоволоконным кабелем<sup>4</sup>. В стандарте 100BaseFX используются два волокна (одна пара) оптоволоконного кабеля: одно волокно — для передачи, а другое — для приема. Так же, как и стандарт 100BaseTx, 100BaseFX использует метод кодирования 4B/5B и передает сигнал с частотой 125 МГц по оптической линии. В каком случае необходимо использовать оптоволоконную версию? Во-первых, если вам необходима поддержка расстояний, больших 100 метров, многомодовое волокно может передавать сигнал на расстояния до 2000 метров в дуплексном режиме и до 412 метров — в полудуплексном. Одномодовые линии могут передавать сигнал на расстояния до 10 километров, что является очень ценным преимуществом. Еще одно преимущество оптоволокна — его электроизоляционные свойства. Например, если есть высоковольтных линий передачи или трансформаторов, то оптоволоконная линия — наилучший вариант. Невосприимчивость данного типа кабеля к электрическим наводкам делает его идеальным в приведенной ситуации. При установке систем в местах, где оборудование часто портится молниями, или в случае наличия паразитных контуров в земле между зданиями необходимо использовать оптоволокно, т.к. через оптоволоконный кабель не проходят электрические сигналы, которые могут испортить оборудование.

**Таблица 1.3. Сравнительные характеристики различных физических сред передачи стандарта 100BaseX**

Стандарт	Тип кабеля	Режим работы	Необходимое количество пар	Расстояние (в метрах)
10BaseT	Категория 3, 4, 5	полудуплекс	2	100
100BaseTX	Категория 5	полудуплекс, дуплекс	2	100
100BaseT4	Категория 3	полудуплекс	4	100
100BaseT2	Категория 3, 4, 5	полудуплекс, дуплекс	2	100
100BaseFX	Многомодовый	полудуплекс, дуплекс	1	412 (полудуплекс) 2000 (дуплекс)
100BaseFX	Одномодовый	полудуплекс, дуплекс	1	10000

<sup>4</sup> Волоконно-оптическая линия связи — ВОЛС. — Прим. перев.

Заметим, что для многомодового оптоволокна определены две максимальные длины кабеля. Если оборудование работает в полудуплексном режиме, то данные могут передаваться только на расстояния до 412 м. Дуплексный режим позволяет использовать технологию на расстояниях до 2 км.

## Интерфейс, независимый от среды передачи (MII)

При покупке сетевого оборудования обычно приобретается система с каким-либо определенным типом сетевого интерфейса, например, покупается маршрутизатор, рассчитанный на подключение к сети 100BaseTX. Если оборудование приобретается в таком варианте исполнения, то трансивер 100BaseTX встроен в соответствующий модуль. Такой тип подключения обеспечивает нормальную работу, если он используется для подсоединения к другому устройству (рабочая станция, коммутатор, концентратор), которое также имеет разъем для подключения к линии 100BaseTX. А что делать, если возникнет ситуация, когда маршрутизатор необходимо перенести в другое место, и расстояние при этом изменилось настолько, что для подключения требуется уже не медный провод, а оптическая линия связи? В таком случае придется приобретать новый модуль, что может быть достаточно дорого.

Альтернативой данному решению может быть использование подключения через интерфейс, независимый от среды передачи (Media Independent Interface — MII). Разъем MII имеет 40 контактов, которые позволяют подключать внешний трансивер, который имеет разъем MII с одной стороны и интерфейс 100BaseTX — с другой. По своим функциям такая структура является аналогичной подключению адаптера Ethernet 10 Мбит/с к разъему AUI (Attachment Unit Interface — интерфейс подключаемых модулей). В таком случае создается возможность изменения типа физической среды передачи без замены модулей. Вместо этого меняется менее дорогой адаптер среды передачи (трансивер). При использовании технологии Fast Ethernet все, что необходимо сделать при смене типа интерфейса — это заменить трансивер, который подключается к интерфейсу MII. Потенциально такая замена обойдется значительно дешевле, чем замена всего модуля.

## Выбор диаметра сети (проектирование сети 100BaseT с использованием повторителей)

В устаревших системах Ethernet повторители позволяли увеличить длину используемых кабелей и тем самым расширить сеть до размеров, больших, чем длина сегмента. Например, сегмент в сети 10Base2 мог иметь максимальную длину 185 м. Если администратору необходимо подключение устройств, которые находятся на расстоянии большем длины сегмента, можно использовать повторитель для подключения второй секции кабеля 10Base2. В сети 10BaseT функции повторителей выполняли концентраторы, которые позволяли соединять вместе два сегмента кабеля длиной до 100 м. Более подробно устаревшие варианты повторителей рассматриваются в главе 2, “Сегментация локальных сетей”.

Спецификация 802.3u определяет два класса повторителей для систем 100BaseTX, которые отличаются временем задержки, которое, в свою очередь, определяет величину диаметра сети. Повторители класса I характеризуются задержкой не более 0,7 мкс, а повторители класса II — задержкой не более 0,46 мкс. В сети 100BaseTX допускается использование только одного повторителя класса I или не более двух по-

вторителей класса II. Для чего необходимы два класса повторителей, которые приведены выше?

Повторители класса I преобразуют сигнал, полученный на любом порту во внутреннюю цифровую форму. При передаче сигнал преобразуется обратно в аналоговую форму передающим портом. Такое преобразование позволяет использовать различные смешанные типы портов для повторителей класса I, такие как 100BaseTX, 100BaseT4, 100BaseT2 или 100BaseFX. Следует вспомнить, что схемы кодирования сигналов в линии для перечисленных типов сетей различны. Единственные сети, которые имеют общую схему кодирования 4В/5В — это сети 100BaseTX и 100BaseFX. Повторители класса I позволяют производить преобразование из одного типа кодирования в линии передачи в другой.

Повторители класса II являются более простыми. Они имеют порты, в которых используется только один метод кодирования. Таким образом, при использовании кабелей 100BaseT4 все порты повторителя класса II также должны быть стандарта 100BaseT4, а при использовании сети 100BaseT2 все порты такого повторителя должны соответствовать стандарту 100BaseT2. Единственное исключение — совместное использование портов стандарта 100BaseTX и 100BaseFX, т.к. в обоих случаях применяется кодирование 4В/5В, и в преобразовании сигнала нет необходимости.

Меньшее время задержки повторителей класса II позволяет поддерживать сети несколько большего диаметра, чем в случае использования устройств класса I. Цифро-аналоговое преобразование сигналов и преобразование кодов требует больших затрат времени. В связи с этим повторители класса I вносят большую задержку, чем устройства класса II, и тем самым уменьшают возможный диаметр сети.

На рис. 1.4 показано прямое соединение двух станций без использования повторителей. Каждая станция называется терминальным устройством (DTE — Data Terminal Equipment). Трансиверы и концентраторы обычно называются телекоммуникационным оборудованием (DCE — data communication equipment). Для соединения устройств DTE и DCE используется кабель прямого типа (straight through), для соединения устройств DTE и DTE или DCE и DCE используется кабель перекрещенного типа (crossover); для соединения может быть использован как медный кабель, так и оптоволокно. В ситуации, показанной на рисунке, используется перекрещенный кабель. В перекрещенном кабеле контакты, подключенные к приемнику, соединяются с контактами, подключенными к передатчику. Если в такой ситуации использовать прямой кабель, то “контакты передатчика” будут подключены к “контактам приемника”, и система работать не будет (светодиоды, которые показывают наличие соединения, светиться не будут).

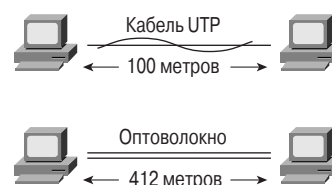


Рис. 1.4. Соединение двух устройств DTE

---

### Внимание!

Существуют исключения, когда два устройства DTE и DCE могут быть соединены друг с другом с помощью прямого кабеля. У некоторых устройств есть порты MDI (media interface) и MDIX. Порт MDIX имеет перекрещенные контакты. У всех устройств большинство портов имеет тип MDI. Для подключения портов MDI к портам MDIX необходимо использовать прямой кабель.

---

Использование повторителя класса I (см. рис. 1.5) позволяет увеличить расстояние между рабочими станциями. Заметим, что при использовании такого устройства можно соединять сети с различной физической средой передачи. Любая комбинация линий 100BaseTX, 100BaseT4, 100BaseT2 или 100BaseFX должна работать. Только один повторитель класса I может быть установлен в сети. Для соединения между собой таких повторителей необходимо использовать мост, коммутатор или маршрутизатор.

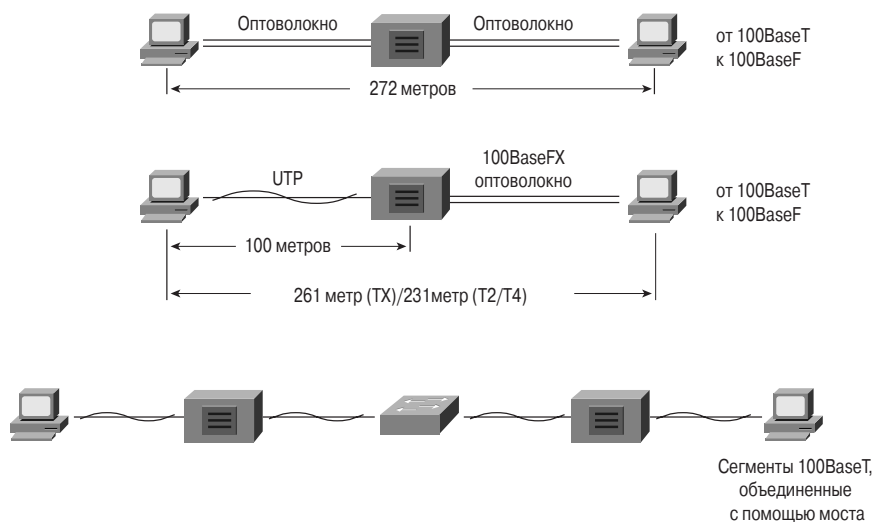


Рис. 1.5. Сеть с повторителем класса I

Повторители класса II могут работать только в том случае, если к ним подключены кабели одного стандарта; например, в том случае, если сеть построена по технологии 100Base4, все порты должны быть стандарта 100Base4. Единственный вариант использования двух разных технологий предусматривает одновременное подключение линий стандартов 100BaseTX и 100BaseFX. На рис. 1.6 показана сеть с единственным повторителем класса II.

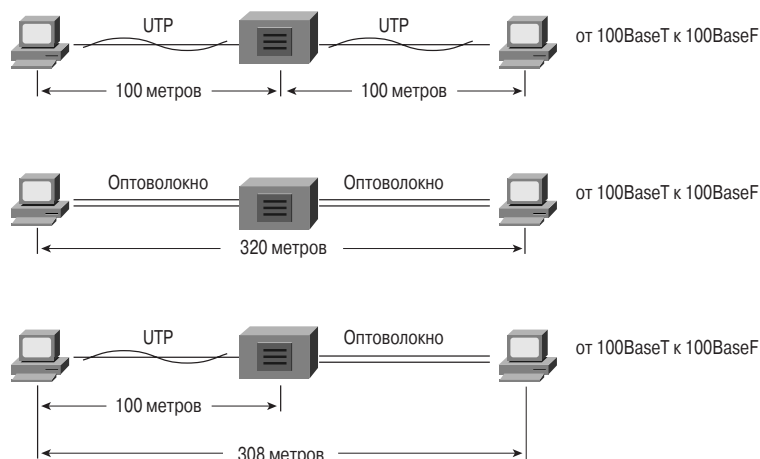


Рис. 1.6. Сеть с одним повторителем класса II

В отличие от повторителей класса I разрешено использовать два повторителя класса II в сети, как показано на рис. 1.7. Длина соединительного кабеля между повторителями не должна превышать пяти метров. Зачем тогда нужны повторители, если они дают выигрыш всего лишь в 5 метров? Повторители обычно используются потому, что они позволяют увеличить число портов, доступных в системе.

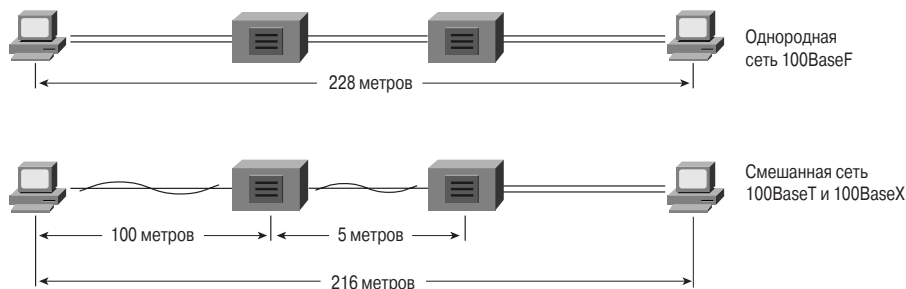


Рис. 1.7. Сеть с двумя повторителями класса II

На рис. 1.5–1.7 показаны сети с повторителями, которые работают в полудуплексном режиме. Ограничения на диаметр сети вытекают из ограничения на каналный интервал для сетей стандарта 100BaseX, которые работают в таком режиме. Расширение сети до больших размеров без использования мостов, коммутаторов или маршрутизаторов может превысить максимально возможный размер сети и привести к запоздалым коллизиям. Сеть, показанная на рис. 1.8, демонстрирует возможность использования коммутаторов Catalyst для увеличения диаметра сети.

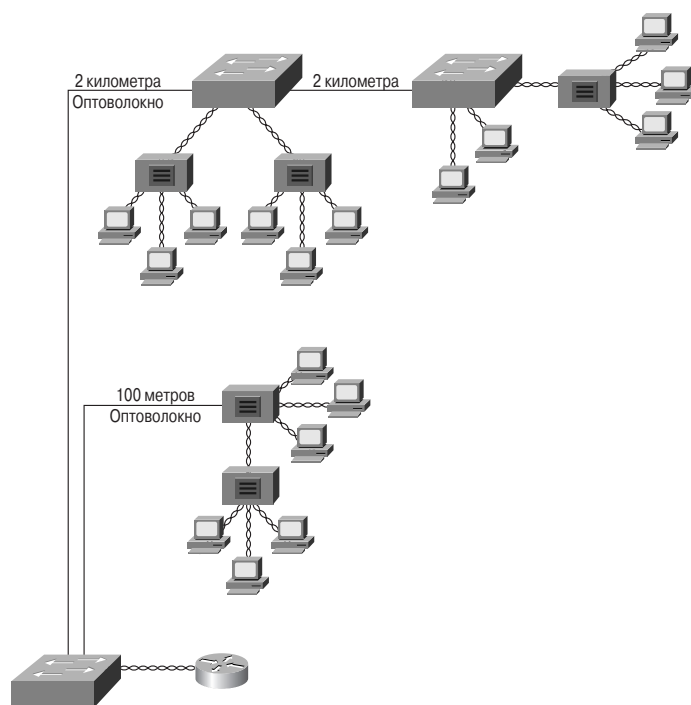


Рис. 1.8. Расширение размеров сети 100BaseX с использованием коммутатора Catalyst



## Практические советы

Сети 100BaseX обеспечивают, по крайней мере, десятикратное увеличение пропускной способности по сравнению с устаревшими системами Ethernet, которые совместно используют среду передачи. В дуплексном режиме пропускная способность увеличивается в 20 раз. Действительно ли нужна такая пропускная способность? В конце концов, многие настольные системы не могут генерировать сетевой трафик со скоростью порядка 100 Мбит/с. Большинство сетевых систем работает наилучшим образом при совместном использовании нескольких технологий. Некоторые пользователи могут прекрасно работать в сети со скоростью передачи 10 Мбит/с. Такие пользователи обычно не пользуются ничем, кроме электронной почты, программы telnet и web-браузера. Интерактивные приложения, которые они используют, не требуют большой пропускной способности сети, и пользователи практически не будут замечать задержек в сети. Из всех названных приложений web-браузер является самым требовательным к пропускной способности, потому что многие web-страницы содержат графические изображения, которые могут загружаться несколько дольше, если доступная пропускная способность низка.

Если пользователи ощущают задержки, которые влияют на производительность труда (в случае деятельности, которая не имеет отношения к работе, задержки — это даже хорошо), то пропускную способность можно увеличить следующим образом:

- модернизировать сеть 10BaseT для поддержки дуплексного режима;
- модернизировать сеть для использования стандарта 100BaseX в полудуплексном режиме;
- модернизировать сеть для использования стандарта 100BaseX в дуплексном режиме.

Какое из указанных решений наиболее подходящее? Выбор зависит от потребностей пользователей и от возможностей рабочих станций. Если пользовательские приложения в основном интерактивные, то двух первых вариантов увеличения пропускной способности в большинстве случаев будет достаточно.

Однако, если пользователи занимаются передачей файлов большого размера, как в случае с врачом, или часто пользуются файловым сервером, то подходящим вариантом будет использование сети 100BaseX в дуплексном режиме. Третий вариант обычно должен быть зарезервирован для использования в специальных случаях, а также для подключения маршрутизаторов и файловых серверов.

Еще одно наиболее распространенное применение технологии Fast Ethernet — это сегменты магистральных сетей (backbone). Корпоративные сети обычно имеют прозрачную иерархию, в которой пользовательские сети уровня распределения обладают меньшей пропускной способностью, и в то же время сети, соединяющие пользовательские сегменты, работают на более высоких скоростях. В такой ситуации технология Fast Ethernet может хорошо вписаться в подобную инфраструктуру. Решение об использовании технологии Fast Ethernet как части данной инфраструктуры должно приниматься, исходя из корпоративных требований, в отличие от рассмотренного случая пользовательских требований. В главе 8, “Технологии и приложения магистральных соединений”, рассматривается использование технологии Fast Ethernet для соединения коммутаторов Catalyst в магистральной сети.

# Технология Gigabit Ethernet

Для случая, когда скорости передачи 100 Мбит/с недостаточно, в июне 1998 года была разработана новая технология промышленного использования сети с большей пропускной способностью. Спецификация<sup>5</sup> Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z) определяет стандарт передачи данных со скоростью 1000 Мбит/с — дальнейшее увеличение пропускной способности в 10 раз. Ранее обсуждалось, что рабочие станции с большим трудом могут полностью загрузить сеть Ethernet с пропускной способностью 100 Мбит/с. Зачем тогда нужна технология с гигабитной пропускной способностью? Предполагается, что технология Gigabit Ethernet найдет применение в качестве технологии магистральных сетей и каналов, и для передачи данных высокопроизводительным файловым серверам. В отличие от технологии Fast Ethernet, которую сетевые администраторы могут использовать для подключения клиентских станций, серверов или как технологию магистральных сетей, технология Gigabit Ethernet в скором времени не будет применяться для подключения клиентских рабочих мест. Некоторые предварительные исследования данной технологии показали, что установка сетевого интерфейса со скоростью передачи 1000 Мбит/с на рабочую станцию с процессором класса Pentium значительно замедляет скорость ее работы в связи с затратами процессорного времени на выполнение прерываний. С другой стороны, высокопроизводительная рабочая станция, работающая под управлением операционной системы Unix и выполняющая функции файлового сервера, может обеспечить существенный выигрыш в скорости при использовании скоростного соединения с сетью.

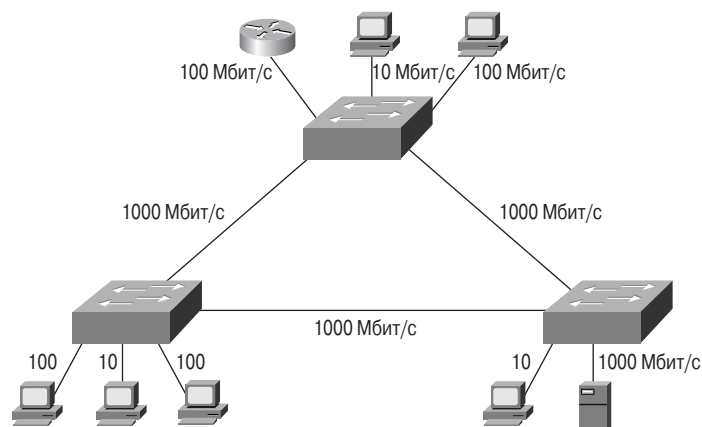


Рис. 1.9. Магистральный канал с пропускной способностью 1000 Мбит/с, реализованный с помощью коммутаторов Catalyst

В сети с коммутаторами Catalyst технология Gigabit Ethernet может использоваться для соединения коммутаторов Catalyst и формирования высокоскоростного магистрального канала. Рабочие станции (рис. 1.9) подключены к коммутаторам Catalyst с использованием сетевых соединений с низкой скоростью передачи данных (10 и

<sup>5</sup> В июне 2002 года Совет по стандартизации IEEE (Standards Association) утвердил спецификацию IEEE 802.3ae, описывающую технологию 10 Gigabit Ethernet, которая поддерживает скорость передачи данных до 10 Гбит/с. — Прим. перев.

100 Мбит/с), в то же время для передачи трафика между группами рабочих станций используется сеть с пропускной способностью 1000 Мбит/с. Файловый сервер также позволяет получить преимущество от использования соединения с пропускной способностью 1000 Мбит/с, которое связано с возможностью обработки большого количества параллельных клиентских обращений.

## Структура Gigabit Ethernet

Технология Gigabit Ethernet объединяет в себе аспекты двух спецификаций — 802.3 и Fiber Channel (оптоволоконный канал), которая рассчитана на использование для скоростных соединений между файловыми серверами для замены локальных сетей. Стандарт Fiber Channel описывает многоуровневую сетевую модель, которая обладает возможностью масштабирования пропускной способности до 4 Гбит/с и увеличения длины до 10 километров. Технология Gigabit Ethernet использует два нижних уровня данного стандарта: уровень FC-1 — кодирование/декодирование данных и уровень FC-0 — уровень интерфейса и работы с физической средой передачи. Уровни FC-1 и FC-0 заменяют физический уровень устаревшей модели 802.3. Уровни MAC (Media Access Control — управление доступом к среде передачи) и LLC (Logical Link Control — управление логическим соединением) спецификации 802.3 соответствуют более высоким уровням технологии Gigabit Ethernet. На рис. 1.10 показано объединение стандартов, которые составляют структуру технологии Gigabit Ethernet.

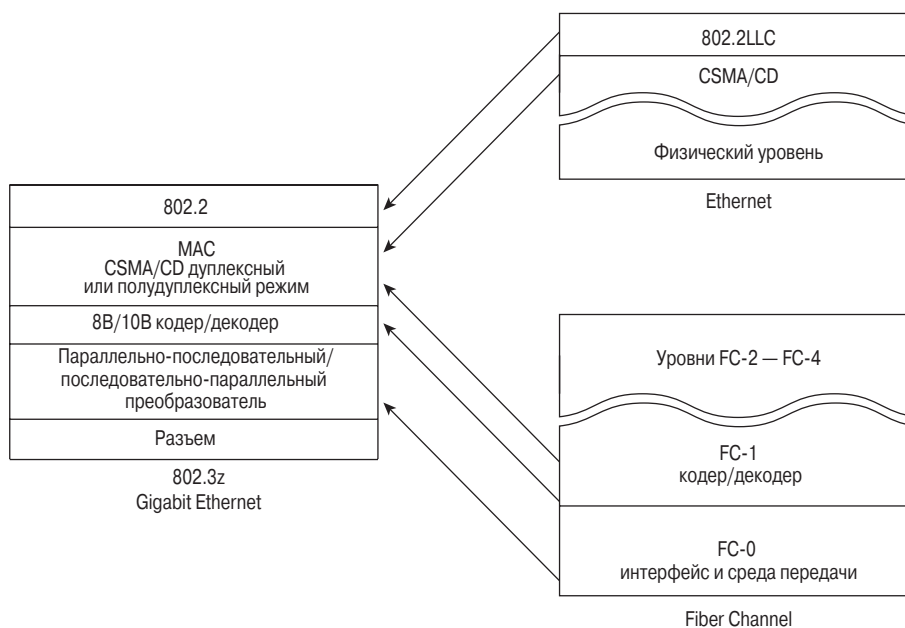


Рис. 1.10. Структура стандарта Gigabit Ethernet

Стандарт Fiber Channel, включенный в технологию Gigabit Ethernet, рассчитан на передачу сигналов по оптоволоконной линии связи с частотой 1062 МГц, что обеспечивает скорость передачи 800 Мбит/с. В технологии Gigabit Ethernet используется схема кодирования 8B/10B, в которой предполагается, что для полезной передачи данных дос-

тупна пропускная способность в 1 Гбит/с. Схема кодирования 8В/10В аналогична схеме 4В/5В, которая рассматривалась в разделе, посвященном технологии 100BaseTX, за исключением того, что к 8 битам данных добавляются 2 бита, которые вместе составляют 10-битный символ. Данная техника кодирования позволяет упростить разработку оптической линии связи для таких больших скоростей передачи. Для подключения к оптической линии согласно стандарту Fiber Channel и, соответственно, согласно стандарту Gigabit Ethernet, используется разъем типа SC. Такой разъем относится к типу push-in/pull-out (“вталкивать/вынимать”) или, как его еще называют, snap and click (“зашелка с фиксатором”), который используется производителями для преодоления недостатков, присущих разъемам ST. Раньше преимущественно использовались разъемы типа ST или snap and twist (“поворотная защелка”). Такие контакты являются разъемами байонетного типа, которые требуют определенного пространства на передней панели, чтобы можно было повернуть защелку и установить ее на место. Необходимое пространство сокращает число портов, которые могут быть встроены в модуль.

---

### **Внимание!**

В настоящее время получил популярность среди производителей новый тип разъема — MT-RJ. Разъем MT-RJ имеет такие же форм-фактор и метод фиксации, как и разъем RJ-45, он поддерживает дуплексный режим, является более дешевым, чем разъемы типов ST и SC, а также более прост в установке. Более того, он имеет меньший размер, чем разъемы типа ST и SC, что позволяет увеличить плотность портов на передней панели.

---

## **Поддержка дуплексного и полудуплексного режимов передачи**

Так же, как и в Fast Ethernet, технология Gigabit Ethernet позволяет поддерживать как дуплексный, так и полудуплексный режимы с управлением потоком данных. В полудуплексном режиме система работает с использованием метода CSMA/CD, и при этом должно учитываться еще большее, по сравнению с технологией Fast Ethernet, уменьшение канального интервала. Для сетей, работающих по технологиям 10BaseX и 100BaseX, значение параметра интервала соответственно составляет 51,2 и 5,12 мкс, что следует из минимально возможного размера фрейма, равного 64 октетам. В случае сетей, работающих по технологии 100BaseX, канальный интервал, пересчитанный в диаметр сети, соответствует 200 м. Если в технологии Gigabit Ethernet использовать такой же минимальный размер фрейма, то канальный интервал сокращается до 0,512 мкс, что соответствует диаметру сети порядка 20 м, и на практике нелогично и невыгодно. Поэтому для спецификации 802.3z было разработано расширение носителя (carrier extension), которое позволяет увеличить диаметр сети в режиме полудуплексной передачи и обеспечить поддержку пакетов минимального размера, соответствующих спецификации 802.3.

Использование дополнительного *расширения носителя* позволяет увеличить канальный интервал до значения 4096 бит или 4,096 микросекунды. Передающая станция увеличивает размер фрейма путем добавления символов в конце фрейма после поля контрольной суммы (FCS), которые не несут никакой информации, для того, чтобы гарантировать, что минимальное значение канального интервала соответствует спецификации. Не для всех размеров фреймов необходимо использование технологии рас-

ширения носителя. Соответствующие вычисления вынесены в качестве упражнения в раздел “Контрольные вопросы”. Схема кодирования 8B/10B, которая используется в технологии Gigabit Ethernet, определяет комбинации бит, называемые символами. Некоторые символы кодируют полезную нагрузку, а некоторые — данные, которые не содержат полезной информации. Символы, не несущие полезной информации, добавляются в конце фрейма. Приемная станция распознает такие символы и отбрасывает биты, соответствующие расширению носителя, и восстанавливает переданное сообщение. На рис. 1.11 показана внутренняя структура расширенного фрейма.

Байты	8	6	6	2	46-493	4	448-1
	Стартовые биты	Адрес получателя	Адрес отправителя	Тип, длина	Данные	Контрольная сумма (FCS)	Расширение носителя

Рис. 1.11. Расширенный фрейм стандарта Gigabit Ethernet

Добавление бит расширения носителя не меняет полезного размера фрейма Gigabit Ethernet. Приемная станция может принимать фрейм размером не менее 64, но и не более 1518 октетов.

## Физические среды передачи в стандарте Gigabit Ethernet

Спецификация IEEE 802.3z определяет варианты использования нескольких классов оптоволоконного кабеля и поддержку нового типа медного кабеля. Варианты используемого оптоволокна отличаются диаметром волокна и пропускной способностью мод. В табл. 1.4 приведены различные варианты оптоволоконного кабеля и соответствующая им максимальная длина.

**Таблица 1.4. Варианты физической среды передачи для технологии Gigabit Ethernet**

Стандарт	Диаметр волокна (микрометры)	Пропускная способность кабеля (МГц×км)	Максимальная длина* (метры)
1000BaseSX	62,5	160	220
1000BaseSX	62,5	200	275
1000BaseSX	50	400	500
1000BaseSX	50	500	550
1000BaseLX	62,5	500	550
1000BaseLX	50	400	550
1000BaseLX	50	500	550
1000BaseLX	9/10	-	5000
1000BaseLH**	9/10	-	10000
1000BaseZX**	9/10	-	90000

\* Минимальная длина кабеля в каждом случае составляет 2 метра.

\*\* Устройства Cisco, которые обеспечивают поддержку расстояний, больших 5000 метров, опираются стандартом IEEE 802.3z.

## Стандарт 1000BaseSX

В стандарте 1000BaseSX используются оптические сигналы с длиной волны 850 нм (так называемые короткие волны). Хотя данная система основана на использовании лазера, дальность, которую она обеспечивает, обычно меньше, чем в случае использования стандарта 1000BaseLX. Данный факт объясняется взаимодействием поля волны с веществом кабеля на указанных длинах волн. Для чего тогда используется стандарт 1000BaseSX? Дело в том, что оборудование, которое используется в данном стандарте, дешевле, чем в случае применения технологии 1000BaseLX. Поэтому такой более дешевый метод целесообразно использовать при небольшой длине соединений (например, внутри монтажной стойки с оборудованием).

## Стандарт 1000BaseLX

Системы оптической передачи отличаются друг от друга типом используемых устройств для генерации света (светодиод или лазер), а также длиной излучаемых такими устройствами волн. Длина волны соответствует частоте колебания в радиосистемах. В случае оптических систем обычно используют длину волны, а не частоту. В практической терминологии длина волны соответствует цвету. Обычно используются волны длиной 1300 нанометров (нм) и 850 нм. Свет с длиной волны 850 нм относится к области видимого человеческого глазом, а с длиной волны 1300 нм — невидимого. В стандарте 1000BaseLX используются источники оптического диапазона с длиной волны 1300 нм. Буква L в названии стандарта обозначает *длинный* (long), что подразумевает большую длину используемых волн. В стандарте 1000BaseLX используется лазерный источник света. При использовании оптоволоконных систем следует соблюдать осторожность. Нельзя смотреть в отверстие разъема порта или в торец оптоволоконного кабеля! Излучение может быть вредным для глаз.

Вариант технологии LX необходимо использовать при больших требованиях к длине кабеля. При необходимости использования одномодового волокна необходимо пользоваться исключительно вариантом LX.

## Стандарт 1000BaseCX

Данный стандарт не включен в табл. 1.4, поскольку он определяет использование медного кабеля. В стандарте 1000BaseCX применяется согласованный экранированный медный кабель с волновым сопротивлением 150 Ом. Данный тип кабеля является новым и не очень широко используется, но он необходим для высокоскоростной передачи данных. Стандарт 1000BaseCX определяет максимальную дальность передачи 25 метров и рассчитан на соединение устройств внутри монтажных шкафов, где расстояния невелики. Например, данный стандарт наиболее подходит в случае, когда коммутаторы Catalyst установлены в монтажную стойку, и есть необходимость в высокоскоростном соединении между ними, но нет необходимости приобретать дорогие модули с оптоволоконными интерфейсами.

## Стандарт 1000BaseTX

Стандарт 1000BaseTX — это еще одна версия гигабитовой технологии, рассчитанная на использование кабеля витой пары категории 5. Данный стандарт поддерживает расстояния до 100 м и определяет одновременное использование всех четырех пар проводов кабеля. Он является еще одной дешевой альтернативой стандартам 1000BaseLX и 1000BaseSX, а также не ставит пользователя в зависимость от использования специального типа кабеля, как в случае варианта 1000BaseCX. Данным стандартом занимается комитет IEEE 802.3ab.

## Конвертеры интерфейсов Gigabit Ethernet

Конвертер интерфейса Gigabit Ethernet (Gigabit Ethernet Interface Converter — GBIC) аналогичен интерфейсу MMI, который описан в разделе, посвященном технологии Fast Ethernet, и позволяет сетевому администратору конфигурировать интерфейс с помощью внешних компонент вместо того, чтобы приобретать модули со встроенным преобразователем. С помощью платы GBIC администратор получает возможность менять тип интерфейса в соответствии с необходимостью. Трансиверы GBIC имеют стандартный разъем для соединения с гигабитным устройством и соответствующий типу среды передачи разъем для подключения к сетям 1000BaseLX, 1000BaseSX или 1000BaseCX.

## Технология Token Ring

В начале текущей главы был приведен обзор различных методов доступа к физической среде передачи в локальных сетях. К данному моменту читатель должен быть знаком с различными технологиями, которые используют метод доступа CSMA/CD. В следующем разделе приводится краткий обзор технологии Token Ring, которая использует второй популярный метод доступа к среде передачи в локальных сетях.

Системы, работающие по технологии Token Ring, также, как и в случае Ethernet, используют доступ к общей среде передачи. Станции, подключенные к сети, совместно используют ее пропускную способность. Стандарт Token Ring поддерживает пропускную способность 4 Мбит/с и 16 Мбит/с. Версия со скоростью передачи 4 Мбит/с была разработана корпорацией IBM и соответствует первоначальному варианту технологии. Версия стандарта со скоростью передачи 16 Мбит/с была разработана позже и работает по тем же принципам, что и технология со скоростью передачи 4 Мбит/с, но предоставляет пользователю несколько новых возможностей и усовершенствований системы.

## Принципы работы сети Token Ring

Для управления доступом в технологии Token Ring по сети передается *маркер* (token), который позволяет удерживающей его станции передавать данные по кабелю.

На рис. 1.12 показана логическая структура системы, работающей по технологии Token Ring.

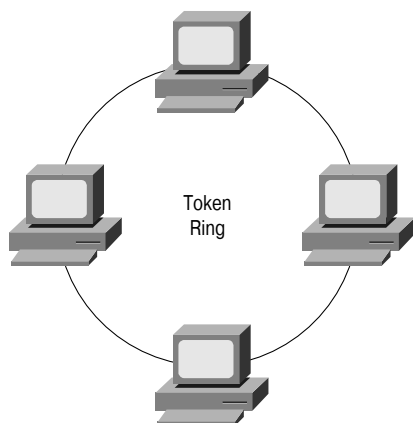


Рис. 1.12. Простая сеть Token Ring

Каждая станции сети создает разрыв кольца.

Маркер передается по кольцу от одной станции к другой. Если станции необходимо передать информацию, то она захватывает маркер и начинает передачу данных по кабелю. Допустим, что станция 1 передает данные станции 3. Станция 1 при получении маркера захватывает его и начинает передачу фрейма с MAC-адресом станции 3 в качестве адреса получателя и с MAC-адресом станции 1 в качестве адреса отправителя. Фрейм циркулирует по кольцу от станции к станции. Каждая станция создает локальную копию фрейма и передает его следующей станции. Далее каждая станция сравнивает

MAC-адрес получателя со своим аппаратным адресом, и в случае их несовпадения отбрасывает фрейм, а в случае совпадения передает фрейм на обработку центральному процессору. Когда станция 2 получает фрейм, она также копирует его для того, чтобы, как в случае сети Ethernet, сеть Token Ring поддерживала широковещательную передачу. В конце концов, фрейм должен вернуться к станции-отправителю. Станция-отправитель ответственна за изъятие фрейма из сети и за передачу нового маркера.

В рассмотренной модели в любой момент времени может передавать только одна станция, т.к. только одна станция может удерживать маркер. Неэффективность работы рассматриваемой сети состоит в том, что станция удерживает маркер до того момента, пока она не удалит переданный ею фрейм из кольца. В зависимости от длины кольца станция может передать фрейм раньше, чем он вернется обратно к источнику. В период времени между передачей фрейма и удалением фрейма из кольца сеть простаивает, т.к. ни одна станция не имеет права передавать, что выражается в уменьшении пропускной способности. *Раннее освобождение маркера (early token release)* является необязательной функцией, которая была введена в технологии Token Ring со скоростью передачи 16 Мбит/с. Данная функция позволяет отправителю создать новый маркер сразу после передачи фрейма и перед тем, как фрейм будет удален из сети. Данное свойство значительно увеличивает степень использования сети Token Ring по сравнению с сетями без раннего освобождения маркера.

Может случиться так, что станция, которая передала фрейм, оказывается в отключенном состоянии на момент, когда переданный фрейм вернулся к ней. Отправитель не удаляет фрейм из сети, и он продолжает циркулировать. Такая циркуляция может длиться неопределенное количество времени, что занимает пропускную способность сети и не дает другим станциям передавать данные. Чтобы предотвратить подобную ситуацию, одна из станций в сети назначается контроллером кольца (*ring monitor*). Когда пакет циркулирует по кольцу, контроллер кольца устанавливает специальный бит фрейма, который означает, что “контроллер уже видел однажды данный фрейм”. Если контроллер кольца видит фрейм с установленным служебным битом, то он решает, что отправитель не может удалить фрейм из сети, и удаляет его.

## Компоненты сети Token Ring

В структуре системы Token Ring для соединения станций используется концентратор. Данный концентратор называется модулем многостанционного доступа (Multistation Access Unit — MAU). Он создает логическое кольцо из станций, подключенных по топологии “звезда”, как показано на рис. 1.13.

Внутри устройства MAU передатчик одной станции соединяется с приемником другой станции. Такая процедура выполняется со всеми станциями, пока не будет образовано кольцо. Что случится, если пользователь отключает станцию? Если такое случается, то устройство MAU игнорирует неиспользуемый порт для того, чтобы обеспечить целостность кольца.

Администратор сети может соединять несколько устройств MAU последовательно, чтобы

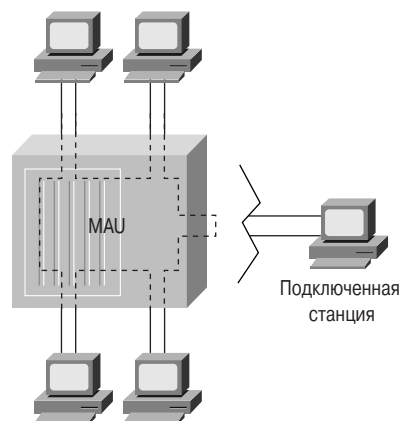


Рис. 1.13. Станции сети Token Ring, подключенные к устройству MAU



увеличить число портов или размер сети. На рис. 1.4 показаны порты ring-in (RI) и ring-out (RO), которые используются для подключения других устройств MAU.

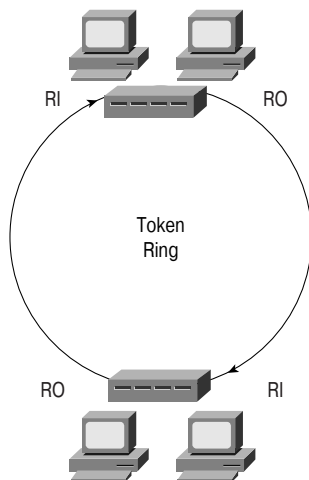


Рис. 1.14. Каскадное соединение устройств MAU в технологии Token Ring

## Резюме

Несмотря на то, что множество людей использует различные сетевые технологии, на рынке до сих пор доминируют устаревшие Ethernet-системы. Все еще существует множество систем со скоростью передачи 10 Мбит/с, в которых используется различная физическая среда передачи, как, например, медный провод и оптоволокно. Следует ожидать, что еще в течение, по крайней мере, нескольких лет, придется сталкиваться, в основном, с данным типом соединений. В текущей главе описаны основы работы систем, созданных на основе устаревшей технологии Ethernet.

В связи с ограничениями, которые накладывает устаревшая технология Ethernet, были разработаны более скоростные технологии. Для повышения скорости передачи данных организация IEEE разработала технологию Fast Ethernet. Благодаря возможности работы в дуплексном режиме технология Fast Ethernet обеспечивает существенное увеличение пропускной способности, что может удовлетворить требования большинства пользователей. В данной главе рассмотрены возможности выбора физической среды передачи для технологии Fast Ethernet и некоторые основы работы данной технологии.

В случае чрезвычайно больших требований к пропускной способности технология Gigabit Ethernet обеспечивает еще большую скорость передачи по сравнению с другими методами для соединения магистральных коммутаторов и подключения высокопроизводительных файловых серверов. В текущей главе описаны некоторые свойства технологии Gigabit Ethernet и варианты выбора физической среды передачи.

## Контрольные вопросы

В данный раздел включены различные вопросы по теме настоящей главы. Ответив на них, читатель сможет оценить степень владения изложенным материалом. Кроме того, приведенные ниже вопросы помогут подготовиться к письменным и лабораторным экзаменам на получение статуса сертифицированного эксперта по объединенным сетям Cisco (CCIE). Ответы на вопросы приведены в приложении А, “Ответы на контрольные вопросы”.

1. Чему равна скорость передачи пакетов/секунду для сети 100BaseX? Рассчитайте ее значение для минимального и максимального размеров фрейма.
2. Укажите последствия использования устройств, работающих в дуплексном и полудуплексном режимах. Как их необходимо использовать?
3. Во вступительной части раздела, посвященного технологии Fast Ethernet, обсуждалось время загрузки типичного медицинского изображения по сети, работающей на основе устаревшей технологии Ethernet. Рассчитайте, каким будет время загрузки данного изображения по сети 100BaseX, работающей в полудуплексном режиме. Чему оно будет равно для сети 100BaseX, работающей в дуплексном режиме?
4. Укажите основной недостаток сети 100BaseX, работающей в дуплексном режиме.
5. Можно ли подключать повторитель класса II к повторителю класса I? Почему можно или почему нельзя?
6. Каков минимальный размер фрейма в технологии Gigabit Ethernet, для которого не нужно использовать расширение носителя?