

Технологии глобальных сетей. Сети на основе выделенных каналов, сети на основе коммутации каналов и сети на основе коммутации пакетов (рассматривать на примере АТМ). Примеры конкретных стандартов. Особенности работы. Области применения.

Разные подходы к выполнению коммутации

В общем случае решение каждой из частных задач коммутации — определение потоков и соответствующих маршрутов, фиксация маршрутов в конфигурационных параметрах и таблицах сетевых устройств, распознавание потоков и передача данных между интерфейсами одного устройства, мультиплексирование/демультиплексирование потоков и разделение среды передачи — тесно связано с решением всех остальных. Комплекс технических решений обобщенной задачи коммутации в совокупности составляет базис любой сетевой технологии. От того, какой механизм прокладки маршрутов, продвижения данных и совместного использования каналов связи заложен в той или иной сетевой технологии, зависят ее фундаментальные свойства.

Среди множества возможных подходов к решению задачи коммутации абонентов в сетях выделяют два основополагающих:

- коммутация каналов (circuit switching);
- коммутация пакетов (packet switching).

Внешне обе эти схемы соответствуют приведенной на рис. 6.1 структуре сети, однако возможности и свойства их различны.

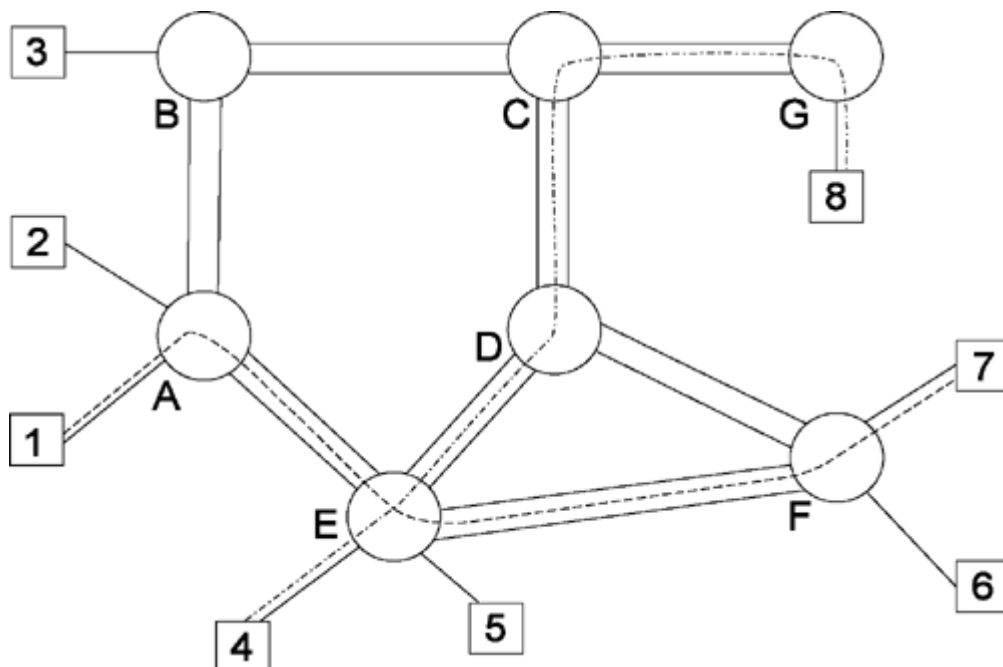


Рис. 6.1. Общая структура сети с коммутацией абонентов.

Сети с коммутацией каналов имеют более богатую историю, они произошли от первых телефонных сетей. Сети с коммутацией пакетов сравнительно молоды, они появились в конце 60-х годов как результат экспериментов с первыми глобальными компьютерными сетями. Каждая из этих схем имеет свои достоинства и недостатки, но по долгосрочным прогнозам многих специалистов, будущее принадлежит технологии коммутации пакетов, как более гибкой и универсальной.

Коммутация каналов

При коммутации каналов коммутационная сеть образует между конечными узлами непрерывный составной физический канал из последовательно соединенных коммутаторов промежуточных канальных участков. Условием того, что несколько физических каналов при последовательном соединении образуют единый физический канал, является равенство скоростей передачи данных в каждом из составляющих физических каналов. Равенство скоростей означает, что коммутаторы такой сети не должны буферизовать передаваемые данные.

В сети с коммутацией каналов перед передачей данных всегда необходимо выполнить процедуру установления соединения, в процессе которой и создается составной канал. И только после этого можно начинать передавать данные.

Например, если сеть, изображенная на рис. 6.1, работает по технологии коммутации каналов, то узел 1, чтобы передать данные узлу 7, сначала должен передать специальный запрос на установление соединения коммутатору А, указав адрес назначения 7. Коммутатор А должен выбрать маршрут образования составного канала, а затем передать запрос следующему коммутатору, в данном случае Е. Затем коммутатор Е передает запрос коммутатору F, а тот, в свою очередь, передает запрос узлу 7. Если узел 7 принимает запрос на установление соединения, он направляет по уже установленному каналу ответ исходному узлу, после чего составной канал считается скоммутированным, и узлы 1 и 7 могут обмениваться по нему данными.

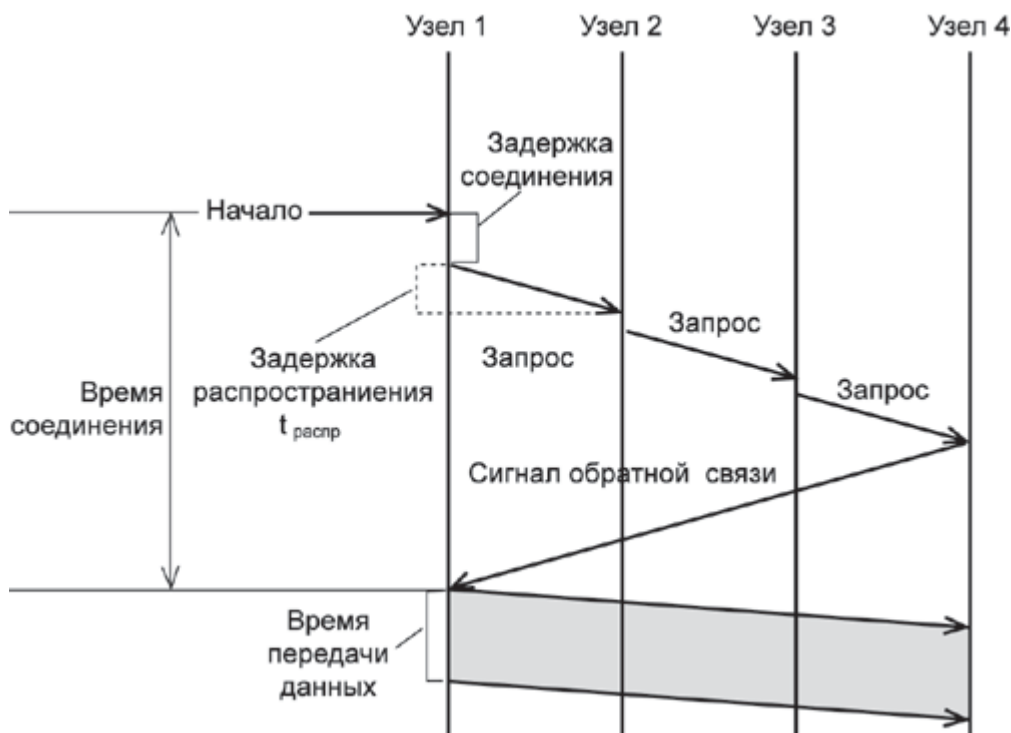


Рис. 6.2. Установление составного канала.

Техника коммутации каналов имеет свои достоинства и недостатки.

Достоинства коммутации каналов:

- Постоянная и известная скорость передачи данных по установленному между конечными узлами каналу. Это дает пользователю сети возможности на основе заранее произведенной оценки необходимой для качественной передачи данных пропускной способности установить в сети канал нужной скорости.
- Низкий и постоянный уровень задержки передачи данных через сеть. Это позволяет качественно передавать данные, чувствительные к задержкам (называемые также трафиком реального времени) — голос, видео, различную технологическую информацию.

Недостатки коммутации каналов:

- Отказ сети в обслуживании запроса на установление соединения. Такая ситуация может сложиться из-за того, что на некотором участке сети соединение нужно установить вдоль канала, через который уже проходит максимально возможное количество информационных потоков. Отказ может случиться и на конечном участке составного канала — например, если абонент способен поддерживать только одно соединение, что характерно для многих телефонных сетей. При поступлении второго вызова к уже разговаривающему абоненту сеть передает вызывающему абоненту короткие гудки — сигнал "занято".
- Нерациональное использование пропускной способности физических каналов. Та часть пропускной способности, которая отводится составному каналу после установления соединения, предоставляется ему на все время, т.е. до тех пор, пока соединение не будет разорвано. Однако абонентам не всегда нужна пропускная способность канала во время соединения, например в телефонном разговоре могут быть паузы, еще более неравномерным во времени является взаимодействие компьютеров. Невозможность

динамического перераспределения пропускной способности представляет собой принципиальное ограничение сети с коммутацией каналов, так как единицей коммутации здесь является информационный поток в целом.

- Обязательная задержка перед передачей данных из-за фазы установления соединения.

Достоинства и недостатки любой сетевой технологии относительны. В определенных ситуациях на первый план выходят достоинства, а недостатки становятся несущественными. Так, техника коммутации каналов хорошо работает в тех случаях, когда нужно передавать только трафик телефонных разговоров. Здесь с невозможностью "вырезать" паузы из разговора и более рационально использовать магистральные физические каналы между коммутаторами можно мириться. А вот при передаче очень неравномерного компьютерного трафика эта нерациональность уже выходит на первый план.

Коммутация пакетов

Эта техника коммутации была специально разработана для эффективной передачи компьютерного трафика. Первые шаги на пути создания компьютерных сетей на основе техники коммутации каналов показали, что этот вид коммутации не позволяет достичь высокой общей пропускной способности сети. Типичные сетевые приложения генерируют трафик очень неравномерно, с высоким уровнем пульсации скорости передачи данных. Например, при обращении к удаленному файловому серверу пользователь сначала просматривает содержимое каталога этого сервера, что порождает передачу небольшого объема данных. Затем он открывает требуемый файл в текстовом редакторе, и эта операция может создать достаточно интенсивный обмен данными, особенно если файл содержит объемные графические включения. После отображения нескольких страниц файла пользователь некоторое время работает с ними локально, что вообще не требует передачи данных по сети, а затем возвращает модифицированные копии страниц на сервер — и это снова порождает интенсивную передачу данных по сети.

Коэффициент пульсации трафика отдельного пользователя сети, равный отношению средней интенсивности обмена данными к максимально возможной, может достигать 1:50 или даже 1:100. Если для описанной сессии организовать коммутацию канала между компьютером пользователя и сервером, то большую часть времени канал будет простаивать. В то же время коммутационные возможности сети будут закреплены за данной парой абонентов и будут недоступны другим пользователям сети.

При коммутации пакетов все передаваемые пользователем сообщения разбиваются в исходном узле на сравнительно небольшие части, называемые пакетами. Напомним, что сообщением называется логически завершенная порция данных — запрос на передачу файла, ответ на этот запрос, содержащий весь файл и т.д. Сообщения могут иметь произвольную длину, от нескольких байт до многих мегабайт. Напротив, пакеты обычно тоже могут иметь переменную длину, но в узких пределах, например от 46 до 1500 байт. Каждый пакет снабжается заголовком, в котором указывается адресная информация, необходимая для доставки пакета на узел назначения, а также номер пакета, который будет использоваться узлом назначения для сборки сообщения (рис. 6.3). Пакеты транспортируются по сети как независимые информационные блоки. Коммутаторы сети принимают пакеты от конечных узлов и на основании адресной информации передают их друг другу, а в конечном итоге — узлу назначения.

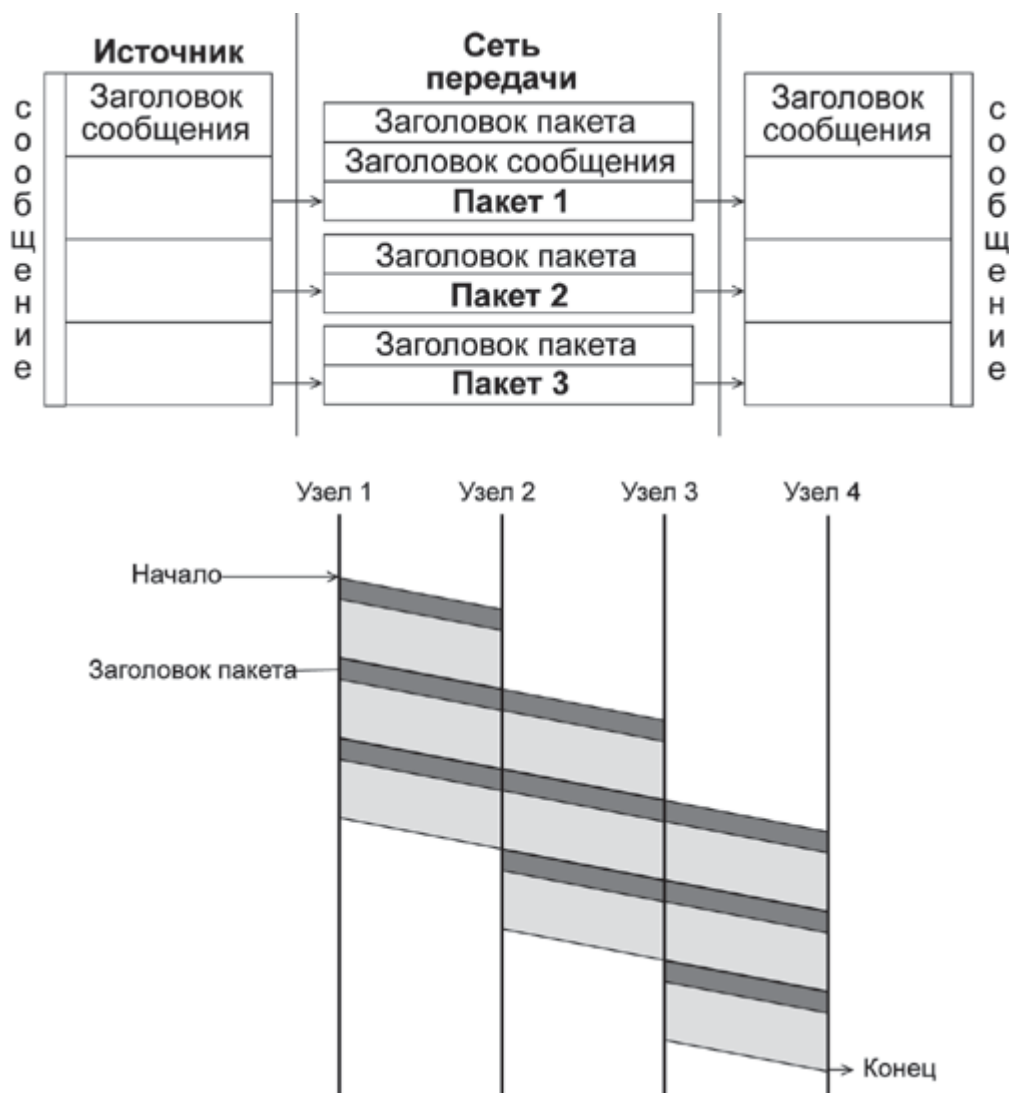


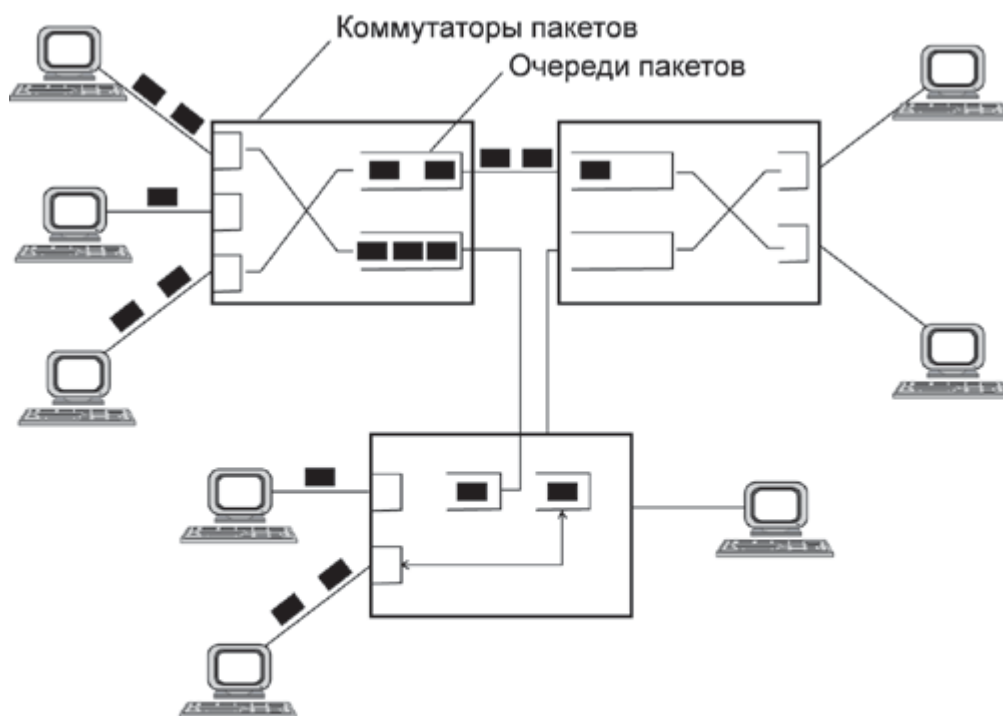
Рис. 6.3. Разбиение сообщения на пакеты.

Коммутаторы пакетной сети отличаются от коммутаторов каналов тем, что они имеют внутреннюю буферную память для временного хранения пакетов, если выходной порт коммутатора в момент принятия пакета занят передачей другого пакета (рис. 6.3). В этом случае пакет находится некоторое время в очереди пакетов в буферной памяти выходного порта, а когда до него дойдет очередь, он передается следующему коммутатору. Такая схема передачи данных позволяет сглаживать пульсацию трафика на магистральных связях между коммутаторами и тем самым наиболее эффективно использовать их для повышения пропускной способности сети в целом.

Действительно, для пары абонентов наиболее эффективным было бы предоставление им в единоличное пользование скомутированного канала связи, как это делается в сетях с коммутацией каналов. В таком случае время взаимодействия этой пары абонентов было бы минимальным, так как данные без задержек передавались бы от одного абонента другому. Простои канала во время пауз передачи абонентов не интересуют, для них важно быстрее решить свою задачу. Сеть с коммутацией пакетов замедляет процесс взаимодействия конкретной пары абонентов, так как их пакеты могут ожидать в коммутаторах, пока по магистральным связям передаются другие пакеты, пришедшие в коммутатор ранее.

Тем не менее, общий объем передаваемых сетью компьютерных данных в единицу времени при технике коммутации пакетов будет выше, чем при технике коммутации каналов. Это происходит потому, что пульсации отдельных абонентов в соответствии с законом больших чисел распределяются во времени так, что их пики не совпадают. Поэтому коммутаторы постоянно и достаточно равномерно загружены работой, если число обслуживаемых ими абонентов действительно велико. На рис. 6.4 показано, что трафик, поступающий от конечных узлов на коммутаторы, распределен во времени очень неравномерно. Однако коммутаторы более высокого уровня иерархии, которые обслуживают соединения между коммутаторами нижнего уровня, загружены более равномерно, и поток пакетов в магистральных каналах, соединяющих коммутаторы верхнего уровня, имеет почти максимальный коэффициент использования. Буферизация сглаживает пульсации, поэтому коэффициент пульсации

на магистральных каналах гораздо ниже, чем на каналах абонентского доступа — он может быть равным 1:10 или даже 1:2.



- Данные нарезаются порциями - пакетами, каждый из которых обрабатывается коммутаторами независимо
- Каждый пакет содержит адрес назначения и адрес отправителя
- Не требуется предварительной процедуры установления соединения

Рис. 6.4. Сглаживание пульсаций трафика в сети с коммутацией пакетов.

Более высокая эффективность сетей с коммутацией пакетов по сравнению с сетями с коммутацией каналов (при равной пропускной способности каналов связи) была доказана в 60-е годы как экспериментально, так и с помощью имитационного моделирования. Здесь уместна аналогия с мультипрограммными операционными системами. Каждая отдельная программа в такой системе выполняется дольше, чем в однопрограммной системе, когда программе выделяется все процессорное время, пока ее выполнение не завершится. Однако общее число программ, выполняемых за единицу времени, в мультипрограммной системе больше, чем в однопрограммной.

Сеть с коммутацией пакетов замедляет процесс взаимодействия конкретной пары абонентов, но повышает пропускную способность сети в целом.

Задержки в источнике передачи:

- время на передачу заголовков;
- задержки, вызванные интервалами между передачей каждого следующего пакета.

Задержки в каждом коммутаторе:

- время буферизации пакета;
- время коммутации, которое складывается из:
- времени ожидания пакета в очереди (переменная величина);
- времени перемещения пакета в выходной порт.

Достоинства коммутации пакетов

- Высокая общая пропускная способность сети при передаче пульсирующего трафика.
- Возможность динамически перераспределять пропускную способность физических каналов связи между абонентами в соответствии с реальными потребностями их трафика.

Недостатки коммутации пакетов

- Неопределенность скорости передачи данных между абонентами сети, обусловленная тем, что задержки в очередях буферов коммутаторов сети зависят от общей загрузки сети.
- Переменная величина задержки пакетов данных, которая может быть достаточно продолжительной в моменты мгновенных перегрузок сети.
- Возможные потери данных из-за переполнения буферов.

В настоящее время активно разрабатываются и внедряются методы, позволяющие преодолеть указанные недостатки, которые особенно остро проявляются для чувствительного к задержкам трафика, требующего при этом постоянной скорости передачи. Такие методы называются методами обеспечения качества обслуживания (Quality of Service, QoS).

Сети с коммутацией пакетов, в которых реализованы методы обеспечения качества обслуживания, позволяют одновременно передавать различные виды трафика, в том числе такие важные как телефонный и компьютерный. Поэтому методы коммутации пакетов сегодня считаются наиболее перспективными для построения конвергентной сети, которая обеспечит комплексные качественные услуги для абонентов любого типа. Тем не менее, нельзя сбрасывать со счетов и методы коммутации каналов. Сегодня они не только с успехом работают в традиционных телефонных сетях, но и широко применяются для образования высокоскоростных постоянных соединений в так называемых первичных (опорных) сетях технологий SDH и DWDM, которые используются для создания магистральных физических каналов между коммутаторами телефонных или компьютерных сетей. В будущем вполне возможно появление новых технологий коммутации, в том или ином виде комбинирующих принципы коммутации пакетов и каналов.

Коммутация сообщений

Коммутация сообщений по своим принципам близка к коммутации пакетов. Под коммутацией сообщений понимается передача единого блока данных между транзитными компьютерами сети с временной буферизацией этого блока на диске каждого компьютера. Сообщение в отличие от пакета имеет произвольную длину, которая определяется не технологическими соображениями, а содержанием информации, составляющей сообщение.

Транзитные компьютеры могут соединяться между собой как сетью с коммутацией пакетов, так и сетью с коммутацией каналов. Сообщение (это может быть, например, текстовый документ, файл с кодом программы, электронное письмо) хранится в транзитном компьютере на диске, причем довольно продолжительное время, если компьютер занят другой работой или сеть временно перегружена.

По такой схеме обычно передаются сообщения, не требующие немедленного ответа, чаще всего сообщения электронной почты. Режим передачи с промежуточным хранением на диске называется режимом "хранения-и-передачи" (store-and-forward).

Режим коммутации сообщений разгружает сеть для передачи трафика, требующего быстрого ответа, например трафика службы WWW или файловой службы.

Количество транзитных компьютеров обычно стараются уменьшить. Если компьютеры подключены к сети с коммутацией пакетов, то число промежуточных компьютеров уменьшается до двух. Например, пользователь передает почтовое сообщение своему серверу исходящей почты, а тот сразу старается передать его серверу входящей почты адресата. Но если компьютеры связаны между собой телефонной сетью, то часто используется несколько промежуточных серверов, так как прямой доступ к конечному серверу может быть в данный момент невозможен из-за перегрузки телефонной сети (абонент занят) или экономически невыгоден из-за высоких тарифов на дальнюю телефонную связь.

Техника коммутации сообщений появилась в компьютерных сетях раньше техники коммутации пакетов, но потом была вытеснена последней, как более эффективной по критерию пропускной способности сети. Запись сообщения на диск занимает достаточно много времени, и кроме того, наличие дисков предполагает использование в качестве коммутаторов специализированных компьютеров, что влечет за собой существенные затраты на организацию сети.

Сегодня коммутация сообщений работает только для некоторых не оперативных служб, причем чаще всего поверх сети с коммутацией пакетов, как служба прикладного уровня.

Ethernet — пример стандартной технологии коммутации пакетов

Рассмотрим, каким образом описанные выше общие подходы к решению проблем построения сетей воплощены в наиболее популярной сетевой технологии — Ethernet. (Заметим, что мы не будем сейчас подробно рассматривать сами технологию — отложим этот важный вопрос до следующего курса, а сегодня остановимся лишь на некоторых принципиальных моментах, иллюстрирующих ряд уже рассмотренных базовых концепций.)

Сетевая технология — это согласованный набор стандартных протоколов и программно-аппаратных средств (например, сетевых адаптеров, драйверов, кабелей и разъемов), достаточный для построения вычислительной сети.

Эпитет "достаточный" подчеркивает то обстоятельство, что речь идет о минимальном наборе средств, с помощью которых можно построить работоспособную сеть. Эту сеть можно усовершенствовать, например, за счет выделения в ней подсетей, что сразу потребует кроме протоколов стандарта Ethernet применения протокола IP, а также специальных коммуникационных устройств — маршрутизаторов. Усовершенствованная сеть будет, скорее всего, более надежной и быстродействующей, но за счет надстроек над средствами технологии Ethernet, которая составила базис сети.

Термин "сетевая технология" чаще всего используется в описанном выше узком смысле, но иногда применяется и его расширенное толкование как любого набора средств и правил для построения сети, например "технология сквозной маршрутизации", "технология создания защищенного канала", "технология IP-сетей".

Протоколы, на основе которых строится сеть определенной технологии (в узком смысле), создавались специально для совместной работы, поэтому от разработчика сети не требуется дополнительных усилий по организации их взаимодействия. Иногда сетевые технологии называют базовыми технологиями, имея в виду, что на их основе строится базис любой сети. Примерами базовых сетевых технологий могут служить наряду с Ethernet такие известные технологии локальных сетей как Token Ring и FDDI, или же технологии территориальных сетей X.25 и frame relay. Для получения работоспособной сети в этом случае достаточно приобрести программные и аппаратные средства, относящиеся к одной базовой технологии — сетевые адаптеры с драйверами, концентраторы, коммутаторы, кабельную систему и т. п., — и соединить их в соответствии с требованиями стандарта на данную технологию.

Итак, для сетевой технологии Ethernet характерны:

- коммутация пакетов;
- типовая топология "общая шина";
- плоская числовая адресация;
- разделяемая передающая среда.

Основной принцип, положенный в основу Ethernet, — случайный метод доступа к разделяемой среде передачи данных. В качестве такой среды может использоваться толстый или тонкий коаксиальный кабель, витая пара, оптоволокно или радиоволны (кстати, первой сетью, построенной на принципе случайного доступа к разделяемой среде, была радиосеть Aloha Гавайского университета).

В стандарте Ethernet строго зафиксирована топология электрических связей. Компьютеры подключаются к разделяемой среде в соответствии с типовой структурой "общая шина" (рис. 7.3). С помощью разделяемой во времени шины любые два компьютера могут обмениваться данными. Управление доступом к линии связи осуществляется специальными контроллерами — сетевыми адаптерами Ethernet. Каждый компьютер, а точнее, каждый сетевой адаптер, имеет уникальный адрес. Передача данных происходит со скоростью 10 Мбит/с. Эта величина является пропускной способностью сети Ethernet.



Рис. 7.3. Сеть Ethernet.

Суть случайного метода доступа состоит в следующем. Компьютер в сети Ethernet может передавать данные по сети, только если сеть свободна, то есть если никакой другой компьютер в данный момент не занимается обменом. Поэтому важной частью технологии Ethernet является процедура определения доступности среды.

После того как компьютер убедился, что сеть свободна, он начинает передачу и при этом "захватывает" среду. Время монопольного использования разделяемой среды одним узлом ограничивается временем передачи одного кадра. Кадр — это единица данных, которыми обмениваются компьютеры в сети Ethernet. Кадр имеет фиксированный формат и наряду с полем данных содержит различную служебную информацию, например адрес получателя и адрес отправителя.

Сеть Ethernet устроена так, что при попадании кадра в разделяемую среду передачи данных все сетевые адаптеры начинают одновременно принимать этот кадр. Все они анализируют адрес назначения, располагающийся в одном из начальных полей кадра, и, если этот адрес совпадает с их собственным, кадр помещается во внутренний буфер сетевого адаптера. Таким образом компьютер-адресат получает предназначенные ему данные.

Может возникнуть ситуация, когда несколько компьютеров одновременно решают, что сеть свободна, и начинают передавать информацию. Такая ситуация, называемая коллизией, препятствует правильной передаче данных по сети. В стандарте Ethernet предусмотрен алгоритм обнаружения и корректной обработки коллизий. Вероятность возникновения коллизии зависит от интенсивности сетевого трафика.

После обнаружения коллизии сетевые адаптеры, которые пытались передать свои кадры, прекращают передачу и после паузы случайной длительности пытаются снова получить доступ к среде и передать тот кадр, который вызвал коллизию.

Основные достоинства технологии Ethernet

Главным достоинством сетей Ethernet, благодаря которому они стали такими популярными, является их экономичность. Для построения сети достаточно иметь по одному сетевому адаптеру для каждого компьютера плюс один физический сегмент коаксиального кабеля нужной длины.

Кроме того, в сетях Ethernet реализованы достаточно простые алгоритмы доступа к среде, адресации и передачи данных. Простота логики работы сети ведет к упрощению и, соответственно, снижению стоимости сетевых адаптеров и их драйверов. По той же причине адаптеры сети Ethernet обладают высокой надежностью.

И, наконец, еще одним замечательным свойством сетей Ethernet является их хорошая расширяемость, то есть возможность подключения новых узлов.

Другие базовые сетевые технологии, такие как Token Ring и FDDI, хотя и обладают индивидуальными чертами, в то же время имеют много общего с Ethernet. В первую очередь, это применение регулярных фиксированных топологий ("иерархическая звезда" и "кольцо"), а также разделяемых сред передачи данных. Существенные отличия одной технологии от другой связаны с особенностями используемого метода доступа к разделяемой среде. Так, отличия технологии Ethernet от технологии Token Ring во многом определяются спецификой заложенных в них методов разделения среды — случайного алгоритма доступа в Ethernet и метода доступа путем передачи маркера в Token Ring.

Ethernet

Появилась технология Ethernet - во второй половине 70-х годов. Ее разработали совместно фирмы DEC, Intel и Xerox. В настоящее время эта технология наиболее доступна и популярна.

- *Топология* - шина, звезда
- *Среда передачи данных* - коаксиал, витая пара.
- *Скорость передачи данных* - до 100 Мбит/с
- *Длина кабельного сегмента сети* - не более 100 м до хаба

Принципы работы сети Ethernet:

1. Никому не разрешается посылать сообщения в то время, когда этим занят уже кто-то другой (слушай перед тем, как отправить).
2. Если два или несколько отправителей начинают посылать сообщения примерно в один и тот же момент, рано или поздно их сообщения "столкнутся" друг с другом в проводе, что называется коллизией. Коллизии нетрудно распознать, поскольку они всегда вызывают сигнал помехи, который не похож на допустимое сообщение. Ethernet

может распознать помехи и заставляет отправителя приостановить передачу, подождать некоторое время, прежде, чем повторно отправить сообщение.

Достоинства Ethernet:

1. Дешевизна.
2. Большой опыт использования.
3. Продолжающиеся нововведения.
4. Богатство выбора. Многие изготовители предлагают аппаратуру построения сетей, базирующуюся на Ethernet.

Недостатки Ethernet:

1. Возможность столкновений сообщений (коллизии, помехи).
2. В случае большой загрузки сети время передачи сообщений непредсказуемо.

FDDI

FDDI Fiber Distributed Data Interface- волоконно-оптический распределенный механизм передачи данных.

Технологи FDDI появилась в середине 80-х годов и ориентирована на волоконную оптику. FDDI поддерживает сеть с передачей маркера. FDDI опирается на 1-ю модификацию циклического кольца (2 кольца: в первом сообщения передаются по часовой стрелке; во втором - против).

- *Топология* - кольцо
- *Среда передачи данных* - оптоволоконные линии.
- *Скорость передачи данных* - от 100 Мбит/с
- *Длина кабельного сегмента сети* - не более 200км.

Достоинства:

1. очень высокая скорость передачи;
2. кольцо может быть окружностью до 200 км. и включать до 1000 устройств.

Недостатки:

1. высокая стоимость (подключение одной рабочей станции - \$1000 - \$2000).

АТМ-коммутиция

Кроме коммутаторов, поддерживающих стандартные протоколы локальных сетей и передающих кадры с порта на порт по алгоритмам моста, в локальных сетях стали применяться коммутаторы другого вида, а именно коммутаторы технологии АТМ. В связи с этим коротко рассмотрим основные принципы работы таких коммутаторов и способы их взаимодействия с коммутаторами технологий локальных сетей.

Технология АТМ (*Asynchronous Transfer Mode* - режим асинхронной передачи) разрабатывалась изначально для совмещения синхронного голосового трафика и асинхронного компьютерного трафика в рамках одной территориальной сети. Затем сфера применения технологии АТМ была расширена и на локальные сети. В данном курсе мы не будем рассматривать все аспекты технологии АТМ, а ограничимся изучением способов коммутации данных в сетях АТМ, которые используются в коммутаторах АТМ, применяемых в локальных сетях. Такие АТМ-коммутаторы чаще всего не используют все возможности технологии, в частности поддержку синхронного трафика, в основном из-за отсутствия приложений, которые могли бы воспользоваться таким сервисом.

Сеть АТМ изначально разрабатывалась для поддержки полнодуплексного высокоскоростного режима обмена как между узлами сети, так и между ее коммутаторами (рисунок 3.1).

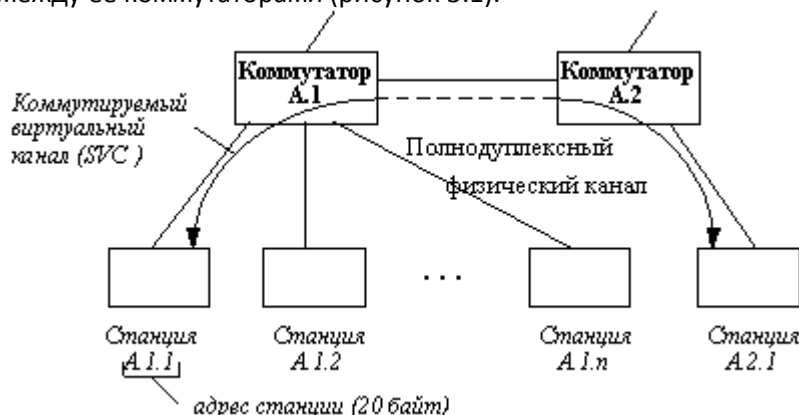


Рис. 3.1. Структура сети АТМ

АТМ-станции и АТМ-коммутаторы обмениваются между собой кадрами фиксированного размера в 53 байта. Эти кадры принято называть ячейками. Поле данных ячейки занимает 48 байт, а заголовок - 5 байт. Адреса конечных узлов локальных сетей АТМ составляют 20 байт.

Для того, чтобы пакеты содержали адрес узла назначения, и в то же время процент служебной информации не был большим по сравнению с размером поля данных пакета, в технологии АТМ применен стандартный для глобальных вычислительных сетей прием - передача ячеек по виртуальным каналам. Техника коммутации данных в

соответствии с номерами их виртуальных каналов давно использовалась в сетях X.25, а затем нашла применение и в новых технологиях территориальных сетей - frame relay и ATM.

Принцип коммутации пакетов на основе виртуальных каналов поясняется рисунком 3.2. Конечные узлы не могут просто начать обмениваться данными, как это принято в большинстве протоколов канального уровня локальных сетей. Они должны перед обменом установить между собой логическое соединение. При установлении соединения между конечными узлами используется специальный тип пакета - запрос на установление соединения - который содержит многобайтовый адрес узла-адресата, а также номер виртуального соединения, присвоенного данному соединению в узле-отправителе, например, 15. Ячейки ATM имеют 3-х байтное поле номера виртуального соединения, что позволяет коммутаторам и конечным узлам поддерживать одновременно очень большое количество виртуальных соединений.

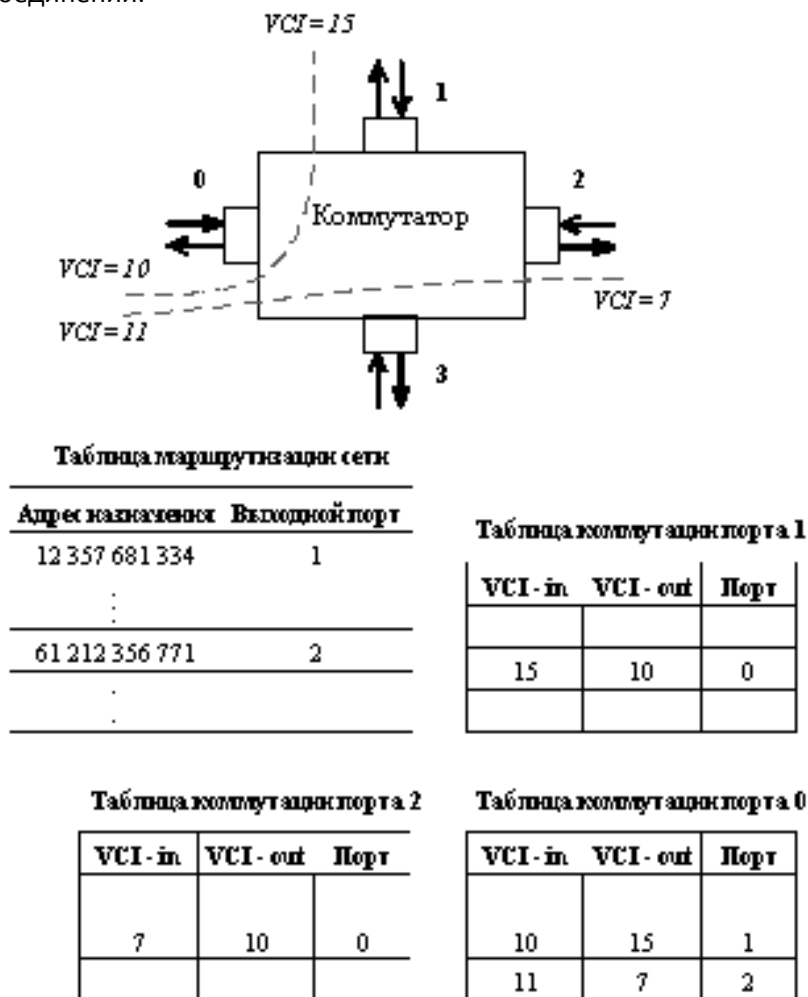


Рис. 3.2. Коммутация в сетях с виртуальными соединениями

Адрес назначения используется для маршрутизации запроса на установление соединения на основании таблиц маршрутизации, аналогичных тем, которые используются маршрутизаторами IP или IPX. В этих таблицах для каждого адреса назначения (или для группы адресов, имеющих общую старшую часть, соответствующую адресу сети) указывается номер порта, на который нужно передать приходящий пакет. Таблица маршрутизации по назначению аналогична адресной таблице коммутатора, но образуется она не путем изучения адресов проходящего трафика, а либо вручную администратором, либо с помощью обмена между коммутаторами ATM специальных служебных данных о топологии связей сети. Протокол обмена топологической информацией для сетей ATM имеет название *PNNI - Private Network to Network Interface*. Он разработан и принят в качестве стандарта, хотя не все ATM-коммутаторы пока его поддерживают.

В приведенном примере в соответствии с таблицей маршрутизации оказалось необходимым передать пакет запроса на установление соединения с порта 1 на порт 0. Одновременно с передачей пакета маршрутизатор изменяет у пакета номер виртуального соединения - он присваивает пакету первый не использованный номер виртуального канала для данного порта данного коммутатора. Каждый конечный узел и каждый коммутатор ведет свой список использованных и свободных номеров виртуальных соединений для своих портов.

Кроме таблицы маршрутизации для каждого порта составляется таблица коммутации. В таблице коммутации входного порта маршрутизатор отмечает, что в дальнейшем пакеты, прибывшие на этот порт с номером 15, должны передаваться на порт 0, причем номер виртуального канала должен быть изменен на 10. Одновременно делается и

соответствующая запись в таблице коммутации порта 0 - пакеты, пришедшие по виртуальному каналу 10 в обратном направлении нужно передавать на порт с номером 1, меняя номер виртуального канала на 15.

В результате действия такой схемы пакеты данных уже не несут длинные адреса конечных узлов, а имеют в служебном поле только номер виртуального канала, на основании которого и производится маршрутизация всех пакетов, кроме пакета запроса на установление соединения. В сети прокладывается виртуальный канал, который не изменяется в течение всего времени существования соединения. Пакеты в виртуальном канале циркулируют в двух направлениях, то есть в полнодуплексном режиме, причем, конечные узлы не замечают изменений номеров виртуальных каналов при прохождении пакетов через сеть.

После образования таблицы коммутации, ячейки ATM обрабатываются коммутаторами ATM примерно так же, как и коммутаторами технологий локальных сетей. Исключение составляет только режим фильтрации - он отсутствует, так как в ATM нет разделяемых сред и переданную коммутатору ячейку всегда нужно передать на какой-либо порт.

Виртуальные каналы бывают коммутируемыми (*Switched Virtual Channel*) и постоянными (*Permanent Virtual Channel*).

Коммутируемые виртуальные каналы устанавливаются узлами динамически, в процессе работы, а постоянные виртуальные каналы образуются администратором на продолжительный срок. Для постоянных виртуальных каналов не нужно выполнять процедуру установления соединения, так как коммутаторы уже настроены на их обработку - соответствующие таблицы коммутации уже сформированы администратором.

Коммутаторы ATM, работающие с компьютерным трафиком, предоставляют конечным узлам два вида сервиса.

Сервис с неопределенной пропускной способностью (*Unspecified Bit Rate*) подобен сервису коммутаторов локальных сетей - он не гарантирует конечному узлу какой-то определенной доли пропускной способности сети и не гарантирует, что все ячейки конечного узла будут доставлены по назначению. Это самый простой вид сервиса и он не использует какие-либо процедуры управления потоком, а при переполнении буферов коммутатора приходящие ячейки отбрасываются точно так же, как это делают коммутаторы локальных сетей.

Сервис *ABR (Available Bit Rate)* в отличие от сервиса *UBR* использует технику управления потоком для предотвращения перегрузок сети и дает некоторые гарантии доставки ячеек узлу назначения.

Для этого при установлении соединения *ABR* между конечным узлом и коммутаторами сети заключается соглашение о двух скоростях передачи данных - пиковой скорости и минимальной скорости. Заключение соглашения о параметрах трафика - прием, в локальных сетях обычно не применяющийся. Пользователь соединения *ABR* соглашается не передавать данные со скоростью, выше пиковой, то есть *PCR*, а сеть соглашается всегда обеспечивать минимальную скорость передачи ячеек - *MCR*.

Если приложение при установлении *ABR*-соединения не определяет максимальную и минимальную скорости, то по умолчанию считается, что максимальная скорость совпадает со скоростью линии доступа станции к сети, а минимальная скорость считается равной нулю.

Пользователь соединения *ABR* получает гарантированное качество сервиса в отношении потери ячеек и пропускной способности, а сеть при использовании трафика *ABR* не переполняется.

Для преобразования кадров, циркулирующих в локальных сетях, в 53-байтные ячейки, в технологии ATM определены функции сегментации и сборки (*Segmentation And Reassembling*). Когда кадр поступает в коммутатор ATM, то он с помощью функции сегментации разделить его на последовательность ячеек. После передачи ячеек по сети коммутаторов ATM они вновь собираются в последнем коммутаторе с помощью функции реассемблирования в исходный кадр.

Технология ATM работает с несколькими скоростями доступа конечных узлов к сети. Чаще всего используется скорость 155 Мб/с, более редкой является скорость доступа в 622 Мб/с. Существует и низкоскоростной доступ по линии в 25 Мб/с. Иерархия скоростей доступа - это также одна из особенностей технологии ATM, делающей ее очень удобной для применения в сложных сетях. При насыщении какой-либо части сети слишком интенсивным трафиком конечных узлов не нужно переходить на принципиально новую технологию, достаточно просто установить новый, более скоростной интерфейсный модуль коммутатора.

Очевидно, что различные принципы коммутации кадров в коммутаторах локальных сетей и в коммутаторах ATM требуют использования каких-то устройств, согласующих работу этих коммутаторов. Одной функции преобразования кадров и ячеек с помощью функций SAR явно недостаточно, так как нужно на основании MAC-адресов конечных узлов сети устанавливать виртуальные пути ячеек через ATM-коммутаторы.

Существуют частные решения отдельных производителей, позволяющие в рамках одного коммутатора совмещать обе технологии. Обычно, для подключения конечных пользователей используются порты традиционных технологий локальных сетей, например, Ethernet, а коммутаторы используют для обмена между собой технологию ATM, более масштабируемую.