

5. Коммутация каналов и пакетов

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

1. коммутация каналов (circuit switching);
2. коммутация пакетов (packet switching).

Каждая из этих схем имеет свои преимущества и недостатки, но по долгосрочным прогнозам многих специалистов будущее принадлежит технологии коммутации пакетов, как более гибкой и универсальной.

5.1. Коммутация каналов

Коммутационная сеть в случае коммутации каналов образует между конечными узлами непрерывный составной физический канал из последовательно соединенных коммутаторами 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.

Техника коммутации каналов имеет свои достоинства и недостатки.

Основные достоинства перечислены ниже.

1. Постоянная и известная скорость передачи данных по установленному между конечными узлами каналу. Это позволяет пользователю сети на основе заранее произведенной оценки требуемой для качественной передачи данных пропускной способности установить в сети канал нужной скорости.
2. 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.

К **недостаткам сетей с коммутацией каналов** относятся следующие.

1. Отказ сети в обслуживании запроса на установление соединения. Такая ситуация может сложиться из-за того, что на некотором участке сети соединение нужно установить вдоль физического канала, через который уже проходит максимальное для данного канала количество информационных потоков. Отказ может случиться и на конечном участке составного канала,

например, если абонент может поддерживать только одно соединение, что характерно для многих телефонных сетей.

2. Нерациональное использование пропускной способности физических каналов. После установления соединения часть пропускной способности отводится составному каналу на все время соединения, то есть до тех пор, когда соединение не будет разорвано по инициативе абонентов или самой сети. В то же время во многих случаях абонентам не нужна пропускная способность канала на все время соединения, т. к. в любом трафике присутствуют паузы. Невозможность динамического перераспределения пропускной способности физического канала является принципиальным ограничением сети с коммутацией каналов.

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

5.2. Коммутация пакетов

Техника коммутации пакетов была специально разработана для эффективной передачи компьютерного трафика.

При коммутации пакетов все передаваемые пользователем сети сообщения разбиваются в исходном узле на сравнительно небольшие части, называемые **пакетами**. **Сообщением** называется логически завершенная порция данных — запрос на передачу файла, ответ на этот запрос, содержащий весь файл и т. п. Сообщения могут иметь произвольную длину, от нескольких байт до многих мегабайт. 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 узлу назначения, а также номер пакета, который будет использоваться узлом назначения для сборки сообщения. Пакеты транспортируются в 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.

Коммутаторы пакетной сети отличаются от коммутаторов каналов тем, что имеют внутреннюю буферную память для временного хранения пакетов, когда выходной порт коммутатора в момент принятия пакета занят передачей другого пакета. В этом случае пакет находится некоторое время в очереди пакетов в буферной памяти выходного порта, а когда до него дойдет очередь, то он передается следующему коммутатору. Такая схема передачи данных позволяет сглаживать пульсации трафика на магистральных связях между

коммутаторами и тем самым использовать их наиболее эффективным образом для повышения пропускной способности сети в целом.

Конечно, для пары абонентов наиболее эффективным было бы предоставление им в единоличное пользование скоммутированного канала связи, как это делается в сетях с коммутацией каналов. 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 коммутации пакетов выше, чем при 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. Трафик, поступающий от конечных узлов на коммутаторы, очень неравномерно распределен во времени. 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.

Ниже перечислены достоинства сетей с коммутацией 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.

К недостаткам сетей с коммутацией пакетов относятся следующие.

- Неопределенность скорости передачи данных между абонентами сети, обусловленная зависимостью задержек в очередях буферов коммутаторов сети от общей загрузки сети.

- Переменная величина задержки пакетов данных, которые могут достигать значительных величин в моменты мгновенных перегрузок сети.

- Возможные потери данных из-за переполнения буферов.

В настоящее время активно разрабатываются и внедряются методы, позволяющие преодолеть указанные недостатки. Эти 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. Тем не менее и методы коммутации каналов нельзя списывать со счетов. В будущем вполне возможно появление новых технологий коммутации, в том или ином виде комбинирующих принципы коммутации пакетов и каналов.

5.3. 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. Например, сообщением может быть текстовый документ, файл с кодом программы, электронное письмо.

Транзитные компьютеры могут соединяться между собой как сетью с коммутацией пакетов, так и сетью с коммутацией каналов. 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 стараются по возможности уменьшить. Если компьютеры подключены к сети с коммутацией пакетов, то число промежуточных компьютеров обычно уменьшается до двух. Например, когда пользователь передает почтовое сообщение своему серверу исходящей почты, тот сразу старается передать сообщение серверу входящей почты адресата.

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

5.4. Постоянная и динамическая коммутация

Как сети с коммутацией пакетов, так и сети с коммутацией каналов можно разделить на два класса по другому признаку — на сети с динамической коммутацией и сети с постоянной коммутацией.

В первом случае сеть разрешает устанавливать соединение по инициативе пользователя сети. Коммутация выполняется на время сеанса связи, а затем (опять же по инициативе одного из взаимодействующих пользователей) связь разрывается.

Во втором случае сеть не предоставляет пользователю возможность выполнить динамическую коммутацию с другим произвольным пользователем сети. Вместо этого сеть разрешает паре пользователей заказать соединение на длительный период времени. Соединение устанавливается не пользователями, а персоналом, обслуживающим сеть. Время, на которое устанавливается постоянная коммутация, измеряется обычно несколькими месяцами. Режим постоянной (permanent) коммутации в сетях с коммутацией каналов часто называется сервисом выделенных (dedicated), или арендуемых (leased), каналов. В том случае, когда постоянное соединение через сеть коммутаторов устанавливается с помощью автоматических процедур, инициированных обслуживающим персоналом, его часто называют полупостоянным (semi-permanent) соединением, в отличие от режима ручного конфигурирования каждого коммутатора.

Примерами сетей, поддерживающих режим динамической коммутации, являются телефонные сети общего пользования, локальные сети, сети TCP/IP.

Наиболее популярными сетями, работающими в режиме постоянной коммутации, сегодня являются сети технологии SDH, на основе которых строятся выделенные каналы связи с пропускной способностью в несколько гигабит в секунду.

Некоторые типы сетей поддерживают оба режима работы. Например, сети X.25 и АТМ могут предоставлять пользователю возможность динамически связаться с любым другим пользователем сети и в то же время отправлять данные по постоянному соединению одному вполне определенному абоненту.