

Раздел 9 Компьютерные глобальные сети с коммутацией пакетов

Тема 9.2 Протокол Frame Relay: назначение и общая характеристика. Технология ATM

Сети Frame Relay - сравнительно новые сети, которые гораздо лучше подходят для передачи пульсирующего трафика локальных сетей по сравнению с сетями X.25.

Однако, это преимущество проявляется только тогда, когда каналы связи приближаются по качеству к каналам локальных сетей, а для глобальных каналов такое качество обычно достижимо только при использовании волоконно-оптических кабелей.

Преимущество сетей Frame Relay заключается в их низкой протокольной избыточности и дейтаграммном режиме работы, что обеспечивает высокую пропускную способность и небольшие задержки кадров.

Однако, надежную передачу кадров технология Frame Relay не обеспечивает.

Сети Frame Relay специально разрабатывались как общественные сети для соединения частных локальных сетей. Они обеспечивают скорость передачи данных до 2 Мбит/с.

Особенностью технологии Frame Relay является гарантированная поддержка основных показателей качества транспортного обслуживания локальных сетей - средней скорости передачи данных по виртуальному каналу при допустимых пульсациях трафика.

Технология Frame Relay в сетях ISDN стандартизована как служба.

Стандарты Frame Relay определяют два типа виртуальных каналов:

- постоянные (PVC);
- коммутируемые (SVC).

Это соответствует потребностям пользователей, так как для соединений, по которым трафик передается почти всегда, больше подходят постоянные каналы, а для соединений, которые нужны только на несколько часов в месяц, больше подходят коммутируемые каналы.

Однако производители оборудования Frame Relay и поставщики услуг сетей Frame Relay начали с поддержки только постоянных виртуальных каналов. Это, естественно, является большим упрощением технологии. Тем не менее, в последние годы оборудование, поддерживающее коммутируемые виртуальные каналы, появилось, и появились поставщики, предлагающие такую услугу.

Стек протоколов Frame Relay

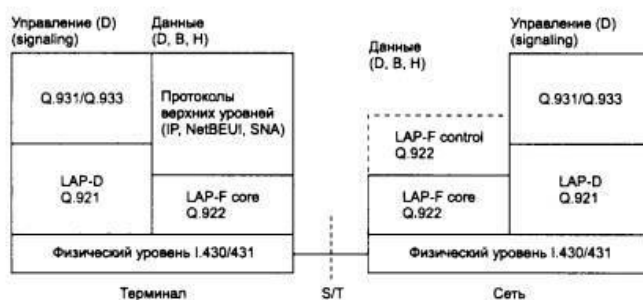
Технология Frame Relay для передачи данных использует технику виртуальных соединений, аналогичную той, которая применялась в сетях X.25, однако стек протоколов Frame Relay передает кадры (при установленном виртуальном соединении) по протоколам только физического и канального уровней, в то время как в сетях X.25 и после установления соединения пользовательские данные передаются протоколом 3-го уровня.

Кроме того, протокол канального уровня LAP-F в сетях Frame Relay имеет два режима работы - основной (core) и управляющий (control). В основном режиме, который фактически практикуется в сегодняшних сетях Frame Relay, кадры передаются без преобразования и контроля, как и в коммутаторах локальных сетей.

За счет этого сети Frame Relay обладают весьма высокой производительностью, так как кадры в коммутаторах не подвергаются преобразованию, а сеть не передает квитанции подтверждения между коммутаторами на каждый пользовательский кадр, как это происходит в сети X.25. Пульсации трафика передаются сетью Frame Relay достаточно быстро и без больших задержек.

При таком подходе уменьшаются накладные расходы при передаче пакетов локальных сетей, так как они вкладываются сразу в кадры канального уровня, а не в пакеты сетевого уровня, как это происходит в сетях X.25.

Структура стека (как показано на рис.) хорошо отражает происхождение технологии Frame Relay в недрах технологии ISDN, так как сети Frame Relay заимствуют многое из стека протоколов ISDN, особенно в процедурах установления коммутируемого виртуального канала.



Основу технологии составляет протокол LAP-F core, который является весьма упрощенной версией протокола LAP-D. Протокол LAP-F (стандарт Q.922 ITU-T) работает на любых каналах сети ISDN, а также на каналах типа T1/E1. Терминальное оборудование посылает в сеть кадры LAP-F в любой момент времени, считая, что виртуальный канал в сети коммутаторов уже проложен.

При использовании PVC оборудованию Frame Relay нужно поддерживать только протокол LAP-F core.

Протокол LAP-F control является необязательной надстройкой над LAP-F core, которая выполняет функции контроля доставки кадров и управления потоком.

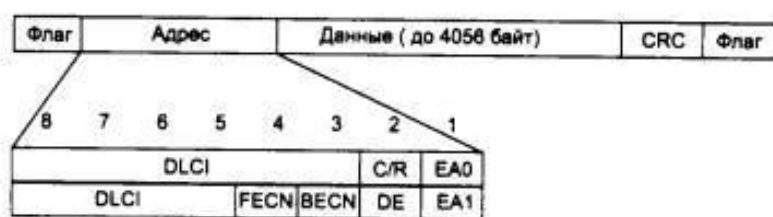
Для установки коммутируемых виртуальных каналов стандарт ITU-T предлагает канал D пользовательского интерфейса. На нем работает протокол LAP-D, который используется для надежной передачи кадров в сетях ISDN. Поверх этого протокола работает протокол Q.931 или протокол Q.933 (который является упрощением и модификацией протокола Q.931 ISDN), устанавливающий виртуальное соединение на основе адресов конечных абонентов (в стандарте E.164 или ISO 7498), а также номера виртуального соединения, который в технологии Frame Relay носит название *Data Link Connection Identifier* - DLCI.

После того, как коммутируемый виртуальный канал в сети Frame Relay установлен посредством протоколов LAP-D и Q.931/933, кадры могут транслироваться по протоколу LAP-F, который коммутирует их с помощью таблиц коммутации портов. Протокол LAP-F core выполняет не все функции канального уровня по сравнению с протоколом LAP-D, поэтому стандарт ITU-T изображает его на полуровня ниже, чем протокол LAP-D, оставляя место для функций надежной передачи пакетов протоколу LAP-F control.

Из-за того, что технология Frame Relay заканчивается на канальном уровне, она хорошо согласуется с идеей инкапсуляции пакетов единого сетевого протокола, например - IP, в кадры канального уровня любых сетей, составляющих интернет. Процедуры взаимодействия протоколов сетевого уровня с технологией Frame Relay стандартизованы.

Другой особенностью технологии Frame Relay является отказ от коррекции обнаруженных в кадрах искажений. Протокол Frame Relay подразумевает, что конечные узлы будут обнаруживать и корректировать ошибки за счет работы протоколов транспортного или более высоких уровней. Это требует некоторой степени интеллектуальности от конечного оборудования, что по большей части справедливо для современных локальных сетей. В этом отношении технология Frame Relay близка к технологиям локальных сетей, таким как Ethernet, Token Ring и FDDI, которые тоже только отбрасывают искаженные кадры, но сами не занимаются их повторной передачей.

Структура кадра протокола LAP-F приведена на рис. ниже:



Поле номера виртуального соединения (*Data Link Connection Identifier*, DLCI) состоит из 10 битов, что позволяет использовать до 1024 виртуальных соединений. Поле DLCI может занимать и большее число разрядов - этим управляют признаки EA0 и EA1 (*Extended Address* - расширенный адрес). Если бит в этом признаке установлен в ноль, то признак называется EA0 и означает, что в следующем байте имеется продолжение поля адреса, а если бит признака равен 1, то поле называется EA1 и индицирует окончание поля адреса.

Десятиразрядный формат DLCI является основным, но при использовании трех байт для адресации поле DLCI имеет длину 16 бит, а при использовании четырех байт - 23 бита.

Стандарты Frame Relay (ANSI, ITU-T) распределяют адреса DLCI между пользователями и сетью следующим образом:

- 0 - используется для виртуального канала локального управления (LMI);
- 1 -15 - зарезервированы для дальнейшего применения;
- 16-991 - используются абонентами для нумерации PVC и SVC;
- 992-1007 - используются сетевой транспортной службой для внутрисетевых соединений;
- 1008-1022 - зарезервированы для дальнейшего применения;

1023 - используются для управления канальным уровнем.

Таким образом, в любом интерфейсе Frame Relay для оконечных устройств пользователя отводится 976 адресов DLCI.

Поле данных может иметь размер до 4056 байт.

Поле C/R - признак «команда-ответ».

Поля DE, FECN и BECN используются протоколом для управления трафиком и поддержания заданного качества обслуживания виртуального канала.

Технология АТМ

Технология АТМ (Asynchronous Transfer Mode — режим асинхронной передачи) — это одна из самых перспективных технологий построения высокоскоростных сетей любого класса, от локальных до глобальных.

Термин «асинхронный» в названии технологии указывает на ее отличие от синхронных технологий с фиксированным распределением пропускной способности канала между информационными потоками (например: ISDN). Первоначально (на рубеже 80-90-х годов) технология разрабатывалась для замены известной технологии Synchronous Digital Hierarchy (SDH, синхронная цифровая иерархия), имеющей ряд недостатков, но и по сей день широко используемой при построении волоконно-оптических широкополосных магистралей (одна магистраль Санкт-Петербург-Москва многого стоит) и обеспечивающей самые высокие скорости передачи.

В качестве транспортного механизма АТМ лежит технология широкополосной ISDN (B-ISDN, Broadband ISDN), призванная обеспечить возможность создания единой, универсальной, высокоскоростной сети взамен множества сложных неоднородных существующих сетей. Частично ей это уже удалось. Технология АТМ, как уже говорилось, используется в сетях любого класса, для передачи любых видов трафика: как низко- и среднескоростного (факсы, почта, данные), так и высокоскоростного в реальном масштабе времени (голос, видео); технология работает с самыми разнообразными терминалами и по самым разным каналам связи.

Основные компоненты сети АТМ

– *АТМ-коммутаторы, представляющие собой быстродействующие специализированные вычислительные устройства, которые аппаратно реализуют функцию коммутации ячеек АТМ между несколькими своими портами;*

– *устройства Customer Premises Equipment (CPE), обеспечивающие адаптацию информационных потоков пользователя при передаче с привлечением технологии АТМ.*

Для передачи данных в сети АТМ организуется виртуальное соединение — virtual circuit (VC). В пределах интерфейса NNI виртуальное соединение определяется уникальным сочетанием идентификатора виртуального пути (virtual path identifier) и идентификатора виртуального канала (virtual circuit identifier).

Виртуальный канал представляет собой фрагмент логического соединения, по которому производится передача данных одного пользовательского процесса. Виртуальный путь представляет собой группу виртуальных каналов, которые в пределах данного интерфейса имеют одинаковое направление передачи данных.

Коммутатор АТМ состоит из:

- *коммутатора виртуальных путей;*
- *коммутатора виртуальных каналов.*

Эта особенность организации АТМ обеспечивает дополнительное увеличение скорости обработки ячеек. АТМ-коммутатор анализирует значения, которые имеют идентификаторы виртуального пути и виртуального канала у ячеек, поступающих на его входной порт, и направляет эти ячейки на один из выходных портов. Для определения номера выходного порта коммутатор использует динамически создаваемую таблицу коммутации.

Первоначально стандарт D-ISDN определял для сети АТМ два интерфейса:

UNI (User-to-Network Interface) — интерфейс пользователь-сеть;

NNI (Network-to-Network Interface) — интерфейс сеть-сеть,

Но затем «Форум АТМ» (есть и такой) добавил еще интерфейс взаимодействия оборудования АТМ с устройствами локальных сетей.

Передача информации в сетях АТМ происходит после предварительного установления соединений, выполняемого высокоскоростными коммутаторами АТМ. Коммутаторы создают широкополосный физический канал, в котором динамически можно формировать более узкополосные виртуальные подканалы. Передаются по каналу не кадры, не пакеты, а ячейки (cells). Ячейка представляет собой очень короткие последовательности байтов — размер ячейки составляет 53 байта, включая заголовок (5 байтов).

Размер ячейки выбран в результате компромисса между требованиями, предъявляемыми компьютерными сетями — большим размером ячейки, и требованиями голосового трафика — меньшим размером ячейки. Время заполнения квантами голосового сигнала ячейки длиной 48 байтов составляет примерно 6 мс, что является пределом временной задержки, заметно не искажающей голосовой трафик.

Формат ячейки АТМ

Ячейка состоит из двух частей: поля заголовка (занимает 5 байтов) и поля данных (занимает 48 байтов).

В заголовке ячейки содержатся следующие поля:

- *Virtual path identifier (VPI);*
- *Virtual circuit identifier (VCI);*
- *Payload type (PT);*
- *Congestion Loss Priority (CLP);*
- *Header Error Control (HEC).*

Идентификаторы VPI и VCI используются для обозначения виртуальных соединений АТМ. В поле PT располагается информация, определяющая тип передаваемых данных. CLP — бит понижения приоритета — помечает кадры, которые при возникновении ситуации перегрузки должны быть уничтожены в первую очередь. Поле HEC содержат только ячейки АТМ, которые передаются через интерфейс UNI (содержимое этого поля используется в тех случаях, когда один интерфейс АТМ UNI обслуживает несколько станций одновременно). Поле HEC хранит проверочную контрольную сумму четырех предыдущих байтов заголовка.

Технология АТМ совмещает в себе подходы двух технологий — коммутации пакетов и коммутации каналов. От первых заимствована передача адресуемых пакетов, от вторых — минимизация задержек в сети ввиду пакетов малого размера.

В предшествовавших ISDN технологиях синхронной передачи было невозможно перераспределять пропускную способность канала между подканалами — в период простоя подканала общий канал все равно вынужден был передавать нулевые байты, так как синхронная система не позволяла нарушать последовательности передаваемых данных. В случае передачи пакетов с индивидуальными адресами, как это принято в компьютерных сетях, последовательность передачи пакетов не важна. На этом принципе и была построена система асинхронной передачи по АТМ-технологии. В ней можно по подканалам передавать ячейки в любой последовательности, а поскольку размер ячеек очень мал, достигается гибкость перераспределения нагрузки между подканалами и значительно увеличивается пропускная способность системы. У получателя ячейки собираются вместе и объединяются в сообщение — так же, как это делается в компьютерных сетях. Скорость передачи увеличивается и из-за того, что в процессе передачи ячеек их маршрутизация не производится, высокоскоростные коммутаторы АТМ выполнили предварительное формирование канала.

Скорость передачи данных по каналам АТМ лежит в пределах от 155 Мбит/с до 2200 Мбит/с. При скорости 155 Мбит/с время передачи ячейки длиной 53 байта составит менее 3 мкс.

АТМ-технология рассчитана на работу с трафиками разного типа. Тип трафика характеризуется:

- *наличием или отсутствием пульсаций во времени;*
- *требованием синхронизации данных между передающей и принимающей сторонами;*
- *типом протокола, передающего данные, — с установлением предварительного соединения или без него.*

В существующих спецификациях технологии определены 5 классов трафика:

- **класс А** — синхронный трафик с предварительным установлением соединения и постоянной битовой скоростью (отсутствие пульсаций). Примеры: голосовой и видеотрафик;
- **класс В** — синхронный трафик с предварительным установлением соединения и переменной битовой скоростью (наличие пульсаций). Примеры: сжатый аудио- и видеотрафик;
- **класс С** — асинхронный трафик с предварительным установлением соединения и переменной битовой скоростью (наличие пульсаций). Примеры: трафик компьютерных сетей с коммутацией пакетов (X.25, Frame Relay, TCP/IP и т. д.);
- **класс D** — асинхронный трафик без предварительного установления соединения и переменной битовой скоростью (наличие пульсаций). Примеры: трафик компьютерных сетей типа Ethernet и т. п.;
- **класс X** — тип трафика определяется пользователем.

Структурная схема сети на основе технологии ATM показана на рис. ниже:

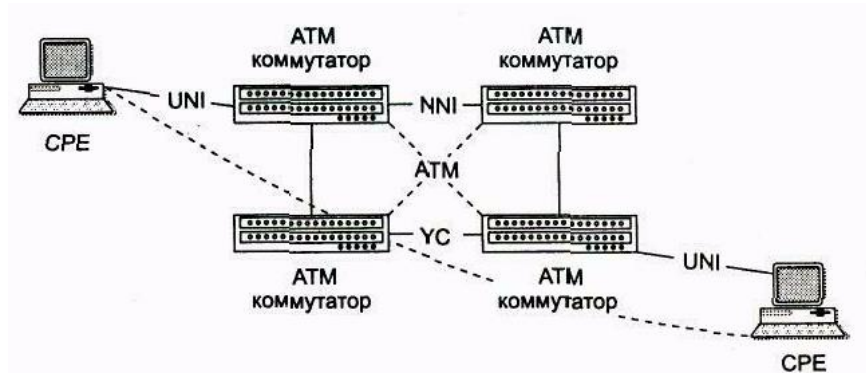


Рис. 11.9. Структурная схема сети ATM

Контрольные вопросы по лекционному материалу:

1. Дайте определение и назовите преимущества сетей на основе протокола Frame Relay.
2. Дайте понятие стека протоколов Frame Relay.
3. Дайте определение и перечислите основные компоненты сети на основе технологии ATM.
4. По какому принципу осуществляется передача информации в сетях ATM?
5. Перечислите структуру сети на основе технологии ATM.