

МДК.01.01

**Организация, принципы
построения и функционирования
компьютерных сетей**

3-курс

**Транспортные технологии
глобальных сетей**

Занятие 01, 02

Технологии виртуальных каналов — от X.25 к MPLS

Сегодня все глобальные компьютерные сети объединяют Интернет и протокол IP. В глобальных сетях протокол IP работает **поверх специфических технологий канального уровня**, разработанных с учетом характеристик глобальных линий связи и транспортных услуг, предоставляемых этим видом сетей.

На протяжении всего времени существования глобальных компьютерных сетей важную роль в них играли транспортные технологии, основанные на технике виртуальных каналов.

Мы рассмотрим, каким образом происходила эволюция технологий этого типа, от X.25 через frame relay и ATM к MPLS — технологии, которая смогла объединить технику виртуальных каналов с протоколами управляющего слоя стека TCP/IP.

Принципы работы виртуального канала

В сети с виртуальными каналами два узла могут начать обмен данными только после того, как между ними будет установлено **логическое соединение** — виртуальный канал.

Виртуальный канал лучше **защищает** пользователей от внешних атак, поскольку у злоумышленника нет возможности посылать пакеты данных от одного произвольного узла к другому, что вполне можно сделать в сети, построенной на транспортной технологии дейтаграммного типа, такой как IP или Ethernet.

Принципы работы виртуального канала

Продвижение кадров вдоль виртуального канала происходит не **на основе адресов** конечных узлов, а на основе **метки**, которая позволяет коммутаторам сети определять принадлежность кадров тому или иному виртуальному каналу и продвигать их соответственно.

Значение метки потока изменяется в каждом коммутаторе при передаче кадра с входного интерфейса на выходной, — в этом случае говорят, что происходит коммутация по меткам.

Принципы работы виртуального канала

Коммутация по меткам позволяет избавиться от требования уникальности их значений в пределах сети, которую обеспечить сложно; для того, чтобы кадры различных виртуальных каналов не смешивались, достаточно обеспечить уникальность значений меток только в пределах отдельного интерфейса.

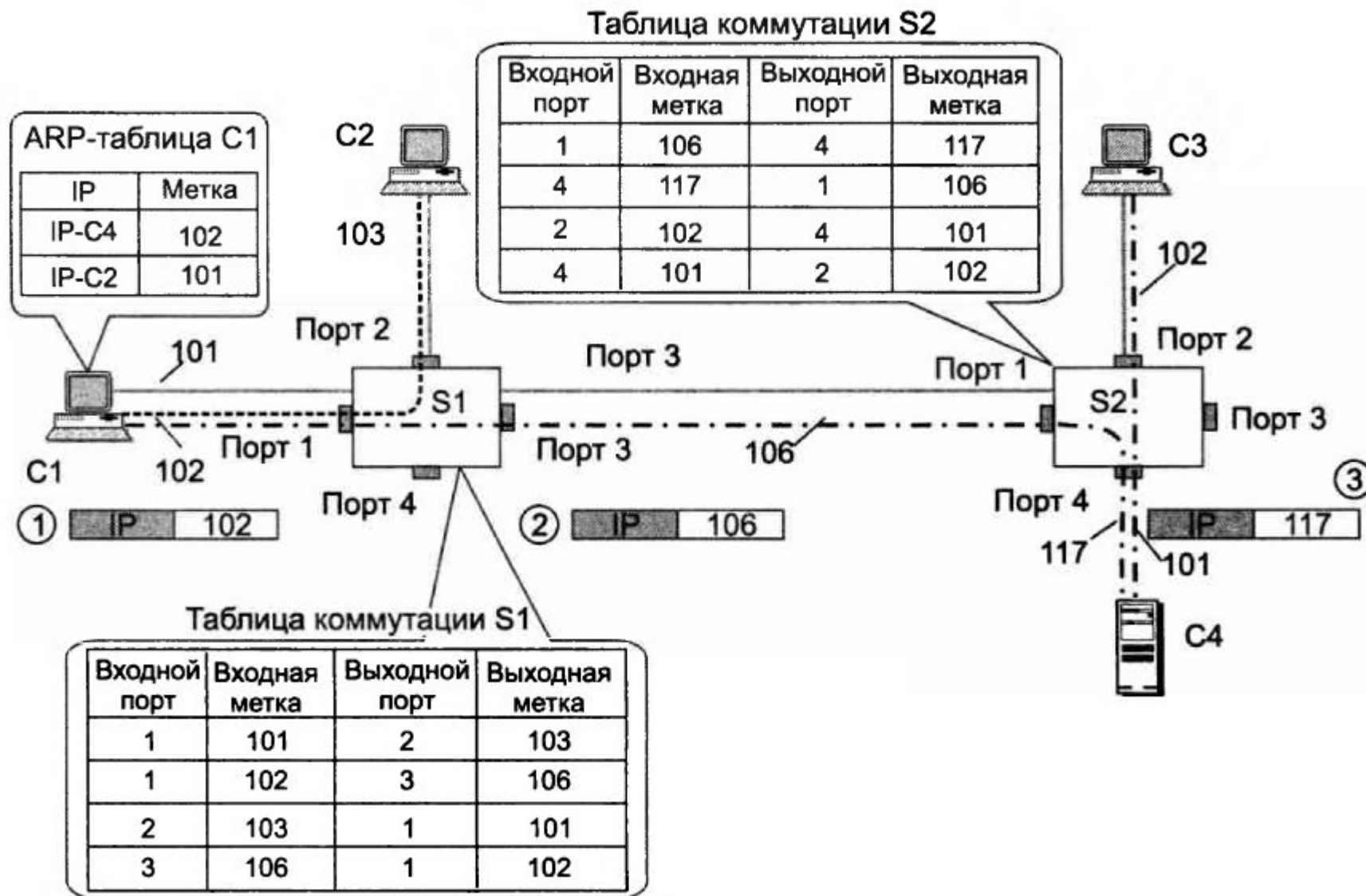
Из-за того, что коммутация по меткам является неотъемлемым атрибутом технологий виртуальных каналов, у них есть и второе название — **технологии коммутации по меткам**.

Принципы работы виртуального канала

Технически установление виртуального канала означает формирование **записей в таблицах** продвижения кадров на каждом коммутаторе вдоль виртуального канала.

Такая таблица включает информацию о продвижении: на какой выходной порт нужно передать кадр с данной меткой, какое новое значение нужно присвоить метке после передачи кадра на выходной интерфейс.

Принципы работы виртуального канала



Принципы работы виртуального канала

На рисунке показан фрагмент сети, состоящей из двух коммутаторов $S1$ и $S2$ и четырех конечных узлов $C1-C4$.

Через эти коммутаторы проложено три виртуальных канала: $C1-C2$, $C1-C4$ и $C3-C4$.

Эти каналы являются двунаправленными, а это означает, что кадры по ним могут передаваться в любом из двух направлений.

Для каждого виртуального канала в таблице продвижения имеется две записи — по одной для каждого направления.

Принципы работы виртуального канала

Например, первая запись в таблице коммутации коммутатора S1 (запись 1-101-2-103) определяет работу коммутатора по продвижению кадров виртуального канала C1-C2 в направлении от C1 к C2; она предписывает коммутатору S1 передать кадр, принятый на порт 1 со значением метки 101, на порт 2 и поменять значение метки (скоммутировать метку) на 103.

Третья запись (2-103-1-101) означает, что все пакеты, которые поступят на порт 2 со значением метки 103, будут продвигаться на порт 1, а ее значение поменяется на 101.

Принципы работы виртуального канала

Существуют также **однонаправленные** виртуальные каналы.

В случае их использования для дуплексного обмена информацией нужно установить два независимых виртуальных канала между конечными узлами, по одному для каждого направления.

Виртуальные каналы делятся на два класса:

- коммутируемые виртуальные каналы (Switched Virtual Circuit, **SVC**);
- постоянные виртуальные каналы (Permanent Virtual Circuit, **PVC**).

Принципы работы виртуального канала

Создание коммутируемого виртуального канала происходит по **инициативе конечного узла** сети с помощью специального протокола, посылающего пакет с запросом на установление соединения в направлении к узлу назначения виртуального канала.

Название «коммутируемый» отражает тот факт, что канал создается **динамически** по требованию узла-отправителя аналогично установлению коммутируемого соединения в телефонной сети.

Для поддержания режима SVC в сети должны существовать таблицы маршрутизации, в соответствии с которыми продвигается пакет с запросом соединения.

По отношению к пакету с запросом соединения сеть работает в дейтаграммном режиме, и такой пакет должен содержать адрес

Принципы работы виртуального канала

Постоянный виртуальный канал устанавливается вручную, администратор создает его на достаточно длительное время (отсюда название), возможно, с привлечением централизованной системы управления сетью.

Пограничный коммутатор сети принимает пакеты от внешней сети, которая может и не поддерживать технику виртуальных каналов.

Пограничный коммутатор должен каким-то образом отображать приходящие извне пакеты на один из виртуальных каналов сети.

В простейшем случае такое отображение (mapping) выполняется на основе входного физического интерфейса, то есть все кадры, приходящие на некоторый входной интерфейс, отображаются на один и тот же виртуальный

Принципы работы виртуального канала

В более сложных случаях необходимо **различать несколько потоков**, приходящих на входной интерфейс, и отображать их на разные виртуальные каналы.

В таком случае в пограничном коммутаторе наряду с таблицей продвижения должна существовать таблица отображения потоков. В примере (на рисунке) такая таблица имеется у конечного узла C1.

В ней в качестве признака потока используются **IP-адреса** назначения, поэтому таблица отображения представляет собой ARP-таблицу.

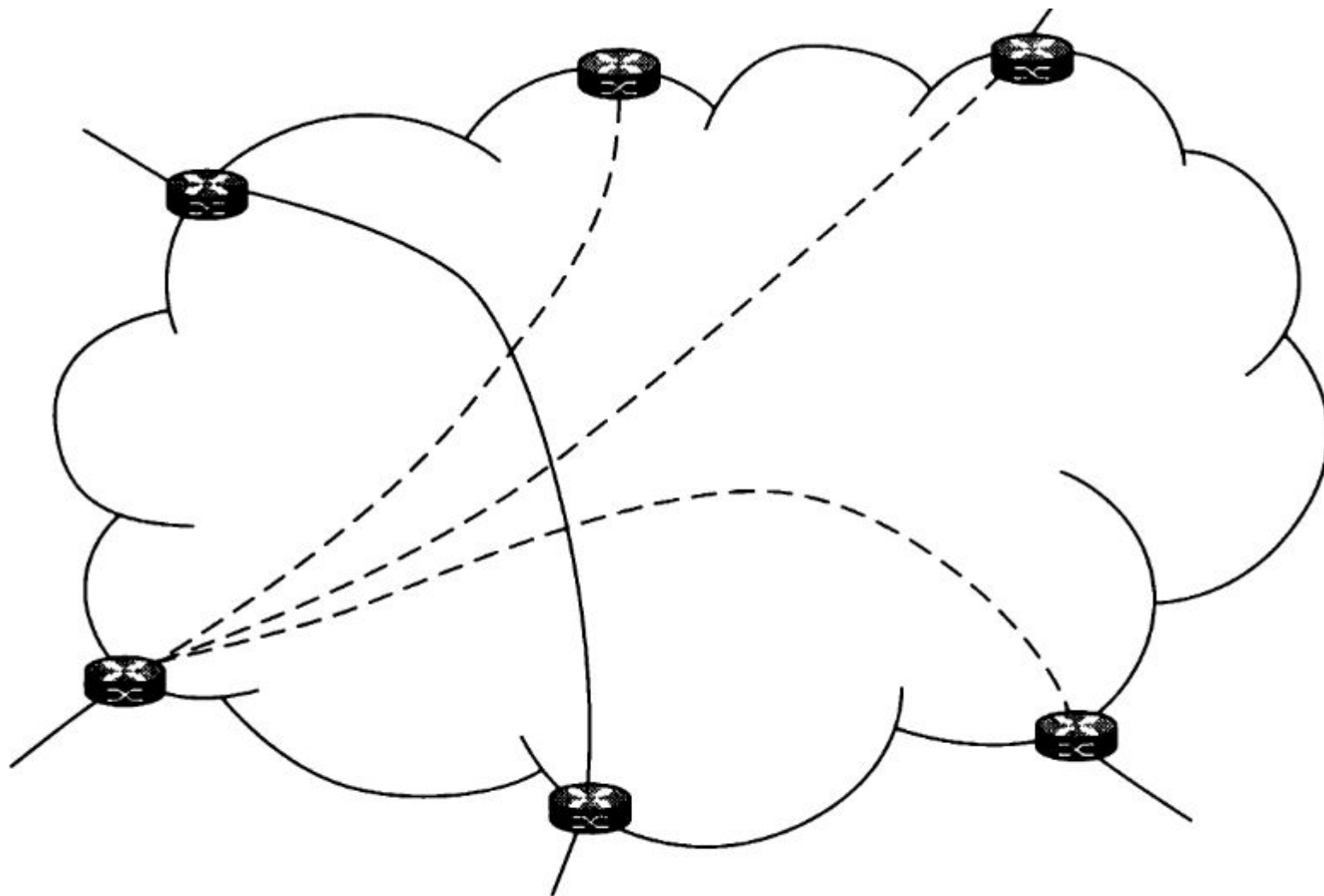
Принципы работы виртуального канала

Виртуальные каналы чаще всего имеют двухточечную топологию. Однако существуют каналы и с другим типом топологии — звезда (см. рисунок). В канале с такой топологией один и тот же кадр передается от источника — центра звезды, называемого также концентратором, — вдоль ее лучей всем конечным узлам.

Конечные узлы не могут использовать виртуальный канал звездообразной топологии для обмена кадрами между собой, он передает кадры в обратном направлении только от конечного узла к центральному узлу. Виртуальные каналы со звездообразной топологией рассчитаны на эффективную поддержку группового вещания.

Виртуальный канал является **удобным инструментом** для инжиниринга трафика.

Принципы работы виртуального канала



— виртуальный канал «точка-точка»
--- виртуальный канал «звезда»

Принципы работы виртуального канала

Это объясняется тем, что он может быть установлен независимо в каждом промежуточном коммутаторе путем соответствующего назначения локальных меток, выполняемого администратором сети или внешней программной системой.

Поток пакетов, который должен быть передан по виртуальному каналу, может быть определен гибко и с любой степенью детализации, в этом определении могут использоваться не только IP-адреса назначения, как это происходит в IP-сетях, но и любые признаки: IP-адреса источника, TCP/UDP-порты назначения, поле DSCP и т. п., что также повышает эффективность инжиниринга трафика.

Принципы работы виртуального канала

Сети, работающие на основе техники виртуальных каналов, относятся к типу сетей, не поддерживающих широковещание с множественным доступом (Non Broadcast Multiple Access, NBMA).

Действительно, у такой сети существует произвольное количество конечных узлов, но отсутствует возможность послать кадр сразу всем узлам — ни двухточечный, ни звездообразный виртуальный канал этого не позволяет.

Эффективность виртуальных каналов

Сравнение эффективности виртуальных каналов мы проведем отдельно для коммутируемых и постоянных виртуальных каналов, сравнивая первые с дейтаграммными технологиями, а вторые — с выделенными физическими каналами.

Применение коммутируемых виртуальных каналов требует предварительного установления соединения, что вносит дополнительную задержку перед передачей данных по сравнению с применением дейтаграммных протоколов.

Эта задержка особенно сказывается при передаче небольшого объема данных, когда время установления виртуального канала может быть соизмеримым со временем передачи данных.

Эффективность виртуальных каналов

Кроме того, дейтаграммный метод быстрее адаптируется к изменениям в сети.

При отказе коммутатора или линии связи вдоль виртуального канала соединение разрывается, и виртуальный канал нужно прокладывать заново, обходя отказавшие участки сети.

Однако сравнивая эти два принципиально различных подхода, следует учесть, что время, затраченное на установление виртуального канала, компенсируется последующей быстрой передачей всего потока пакетов.

Маршрутизация пакетов в сети с поддержкой виртуальных каналов ускоряется за счет двух факторов.

Эффективность виртуальных каналов

Первый состоит в том, что решение о продвижении пакета принимается быстрее, так как таблица коммутации, в которой есть информация только об установленных виртуальных каналах, чаще всего существенно меньше таблицы маршрутизации, в которой число записей определяется количеством сетей назначения (размер таблицы маршрутизации магистральных IP-маршрутизаторов провайдеров Интернета составлял весной 2015 года около 550 000 записей).

Эффективность виртуальных каналов

Вторым фактором является уменьшение доли служебной информации в пакетах.

Адреса конечных узлов в глобальных сетях обычно имеют достаточно большую длину — 4 байта в версии IPv4, 16 байт в версии IPv6, MAC-адрес имеет длину 6 байт.

Номер же виртуального канала обычно занимает 10-12 бит, так что накладные расходы на адресную часть существенно сокращаются, а значит, полезная скорость передачи данных возрастает.

Эффективность виртуальных каналов

Постоянные виртуальные каналы являются гораздо более эффективными в отношении производительности передачи данных, чем коммутируемые.

Значительную часть работы по маршрутизации пакетов сети выполняет **администратор**, вручную прокладывая постоянные виртуальные каналы и оставляя коммутаторам только продвижение пакетов на основе готовых таблиц коммутации портов.

Эффективность виртуальных каналов

Постоянный виртуальный канал **подобен выделенному физическому каналу** в том смысле, что для каждой операции обмена данными не требуется заново устанавливать или разрывать соединение.

Отличие же состоит в том, что пользователь PVC не имеет гарантий относительно действительной пропускной способности канала. Зато применение PVC обычно **намного дешевле**, чем аренда выделенной линии, так как пользователь делит пропускную способность сети с другими пользователями.

Эффективность виртуальных каналов

Постоянные виртуальные каналы **выгодно использовать** для передачи агрегированных потоков трафика, состоящих из большого количества индивидуальных потоков абонентов сети.

В этом случае виртуальный канал прокладывается не между конечными абонентами, а между участком магистрали сети, на котором данный агрегированный поток существует, например от одного пограничного маршрутизатора сети оператора связи до другого.

Эффективность виртуальных каналов

В силу закона больших чисел агрегированные потоки обладают высокой степенью устойчивости, так что для них нет смысла динамически создавать коммутируемые виртуальные каналы — лучше эффективно использовать постоянные, которые при хорошем планировании (методами инжиниринга трафика) оказываются достаточно загруженными.

Подводя итог, можно сказать, что виртуальные каналы более эффективны при передаче **долговременных**, чем кратковременных, потоков, так как в этом случае снижаются удельные затраты на установление соединений.

Технология X.25

Технология виртуальных каналов X.25 появилась на заре эры компьютерных сетей, практически одновременно с сетью ARPANET, давшей начало Интернету и дейтаграммному протоколу IP.

Долгое время, до середины 1980-х, X.25 была основной технологией для построения как сетей операторов связи, так и корпоративных сетей. X.25 оказалась хорошо приспособленной для построения глобальной всемирной сети благодаря тому, что была масштабируемой — в ней был определен протокол межсетевого взаимодействия, позволяющий объединять сети разных провайдеров, а также поддерживалась международная система иерархической адресации X.121, включающая код страны, номер сети и номер терминала в сети.

Технология X.25

Сети X.25 используют трехуровневый стек протоколов.

Физический уровень в то время чаще всего был представлен модемами, работающими на коммутируемых и выделенных телефонных линиях со скоростями 2400-9600 Кбит/с.

Как на канальном (LAP-B), так и на сетевом (X.25/3) уровне протоколы стека X.25 поддерживают установление соединений и коррекцию ошибок на основе метода скользящего окна.

Технология X.25

Такая избыточность функций, направленных на обеспечение надежности передачи данных, объясняется ориентацией технологии на ненадежные аналоговые каналы.

Распространение высокоскоростных и надежных цифровых оптических каналов в середине 80-х годов привело к тому, что функции технологии X.25 по обеспечению надежной передачи данных превратились из достоинства технологии в ее недостаток, так как лишь замедляли скорость передачи пользовательских данных.

Результатом этой революции стало появление принципиально новой технологии глобальных сетей, а именно Frame Relay.

Технология Frame Relay

Главным достоинством Frame Relay является простота; освободившись от многих ненужных в условиях существования надежных оптических каналов связи функций, эта технология предлагает только тот минимум услуг, который необходим для быстрой доставки кадров адресату.

В соответствии с этой концепцией протокол Frame Relay работает в режиме передачи данных по «возможности», то есть не поддерживает процедуры надежной передачи кадров, оставляя повторную передачу искаженных и потерянных данных протоколам более высоких уровней, например TCP.

В сетях Frame Relay имеются только постоянные виртуальные каналы, что также упрощает их организацию.

Технология Frame Relay

Разработчики технологии Frame Relay сделали важный шаг вперед, предоставив пользователям сети **гарантию пропускной способности** сетевых соединений — свойство, которое до появления Frame Relay не поддерживалось ни одной технологией глобальных сетей с коммутацией пакетов.

Технология Frame Relay

Для каждого виртуального соединения в технологии Frame Relay определяется несколько параметров, связанных со скоростью передачи данных.

- Согласованная скорость передачи данных (Committed Information Rate, CIR) — гарантированная пропускная способность соединения; фактически сеть гарантирует передачу данных пользователя со скоростью предложенной нагрузки, если эта скорость не превосходит CIR.
- Согласованная величина пульсации (Committed Burst Size, Bc) — максимальное количество байтов, которое сеть будет передавать от данного пользователя за интервал времени T , называемый временем пульсации, соблюдая согласованную скорость CIR.
- Дополнительная величина пульсации (Excess Burst Size, Be) — максимальное количество байтов, которое сеть будет пытаться передать сверх установленного значения Bc за интервал времени T .

Технология Frame Relay

Второй параметр пульсации (V_e) позволяет оператору сети дифференцированно обрабатывать кадры, которые не укладываются в профиль CIR.

Обычно кадры, которые приводят к превышению пульсации V_s , но не превышают пульсацию $V_s + V_e$, сетью не отбрасываются, а обслуживаются, но без гарантий по скорости CIR.

Для запоминания факта нарушения в кадрах Frame Relay имеется специальное поле DE (Discard Eligibility — возможность отбрасывания).

В том случае, когда это поле кадра содержит значение 1, последующие коммутаторы данного виртуального канала отбрасывают такой кадр, если испытывают перегрузку. И только если превышен порог $V_s + V_e$, кадры отбрасываются сразу. Если приведенные величины определены, то время T определяется следующей формулой:

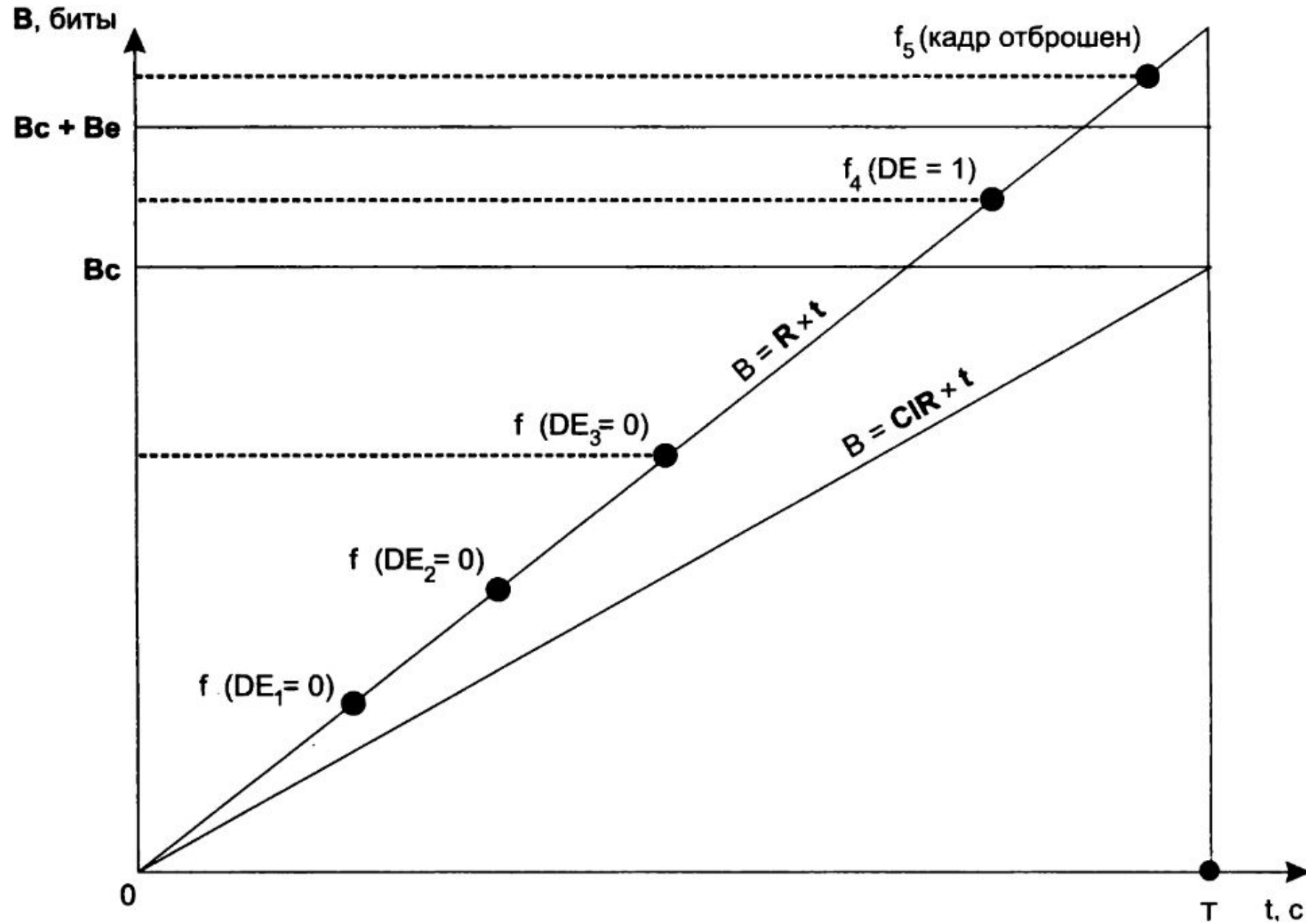
Технология Frame Relay

Можно рассматривать значения CIR и T в качестве варьируемых параметров, тогда производной величиной станет пульсация Bc.

Обычно для контроля пульсаций трафика выбирается время T, равное 1-2 секунды при передаче компьютерных данных и в диапазоне десятков-сотен миллисекунд при передаче голоса.

Соотношение между параметрами CIR, Bc, Be и T иллюстрирует следующий рисунок (R — скорость в канале доступа; f1-f5 — кадры).

Технология Frame Relay



Технология Frame Relay

Работа сети описывается двумя линейными функциями, показывающими зависимость количества переданных битов от времени: $B = R \times t$ и $B = C \times I \times R \times t$. Средняя скорость поступления данных в сеть составила на этом интервале R бит/с, и она оказалась выше $C \times I \times R$. На рисунке представлен случай, когда за интервал времени T в сеть по виртуальному каналу поступило 5 кадров. Кадры f_1 , f_2 и f_3 доставили в сеть данные, суммарный объем которых не превысил порог B_c , поэтому эти кадры ушли дальше транзитом с признаком $DE = 0$. Данные кадра U , прибавленные к данным кадров f_1 , f_2 и f_3 , уже превысили порог B_c , но еще не достигли порога $B_c + B_e$, поэтому кадр f_4 также ушел дальше, но уже с признаком $DE = 1$ (возможно, его удалят последующие коммутаторы). Данные кадра f_5 , прибавленные к данным предыдущих кадров, превысили порог $B_c + B_e$, поэтому этот кадр был удален из сети.

Технология Frame Relay

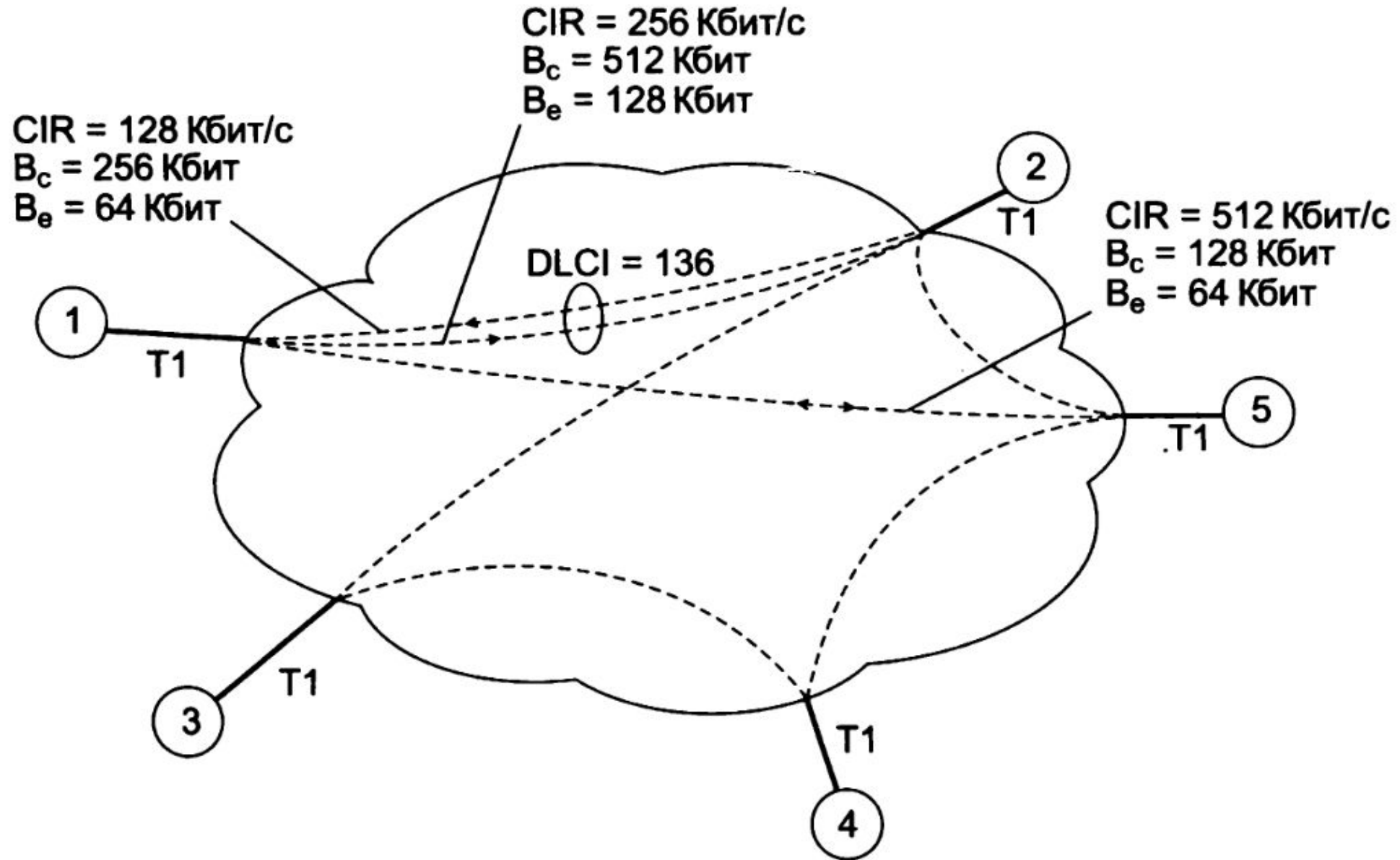
На следующем рисунке приведен пример сети Frame Relay с пятью удаленными региональными отделениями корпорации.

Обычно доступ к сети осуществляется по каналам с пропускной способностью, большей чем CIR.

Однако при этом пользователь платит не за пропускную способность канала, а за заказанные величины CIR, V_c и V_e .

Так, при применении в качестве линии доступа канала T-1 и заказа обслуживания со скоростью CIR, равной 128 Кбит/с, пользователь будет платить только за скорость 128 Кбит/с, а скорость канала T-1 в 1,5 Мбит/с окажет влияние на верхнюю границу возможной пульсации $V_c + V_e$.

Технология Frame Relay



Технология Frame Relay

Параметры качества обслуживания могут быть разными для разных направлений виртуального канала.

Так, на рисунке абонент 1 соединен с абонентом 2 виртуальным каналом с меткой 136.

При направлении от абонента 1 к абоненту 2 канал имеет среднюю скорость 128 Кбит/с с пульсациями $V_s = 256$ Кбит (интервал T составил 1 с) и $V_e = 64$ Кбит. А при передаче кадров в обратном направлении средняя скорость уже может достигать значения 256 Кбит/с с пульсациями $V_s = 512$ Кбит и $V_e = 128$ Кбит.

Сети Frame Relay получили большое распространение в 1980-е и в первой половине 1990-х годов. Их услуги с предоставлением гарантий пропускной способности являлись в то время наиболее качественными услугами VPN, и многие корпоративные сети их использовали.

Технология Frame Relay

Однако постепенно скорость доступа 2 Мбит/с, которую предоставляли эти сети, становилась явно недостаточной для корпоративных пользователей.

К тому же мультимедийный трафик начал все больше интересоваться как пользователей, так и провайдеров Интернета, сети Frame Relay были рассчитаны только на передачу компьютерного трафика.

В результате в начале 1990-х годов была начата разработка новой технологии глобальных сетей, получившей название асинхронного режима передачи.

Технология АТМ

Асинхронный режим передачи (Asynchronous Transfer Mode, АТМ) — это технология, основанная на технике виртуальных каналов и предназначенная для использования в качестве единого универсального транспорта сетей с интегрированным обслуживанием.

Название этой технологии отражает тот факт, что в ней применяется метод коммутации пакетов, который, как известно, основан на асинхронном временном мультиплексировании данных в отличие от синхронного временного мультиплексирования, на котором построены многие технологии коммутации каналов.

Технология АТМ

Под интегрированным обслуживанием здесь понимается способность сети передавать трафик разного типа: чувствительный к задержкам (например, голосовой) и эластичный, то есть допускающий задержки в широких пределах (например, трафик электронной почты или просмотра веб-страниц).

Этим технология АТМ принципиально отличается от технологии Frame Relay, которая изначально предназначалась только для передачи эластичного компьютерного трафика.

Кроме того, в цели разработчиков технологии АТМ входило обеспечение многоуровневой иерархии скоростей и возможности использования первичных сетей SDH для соединения коммутаторов АТМ.

Технология АТМ

В технологии АТМ для переноса данных применяются ячейки. Принципиально ячейка отличается от кадра только тем, что имеет, во-первых, фиксированный, во-вторых, небольшой размер.

Длина ячейки составляет 53 байта, а поля данных — 48 байт.

Именно такие размеры позволяют сети АТМ передавать чувствительный к задержкам аудио- и видеотрафик с необходимым уровнем качества.

Небольшой размер ячейки снижает две составляющие задержки: задержку пакетизации и время нахождения ячейки в очереди.

Технология АТМ

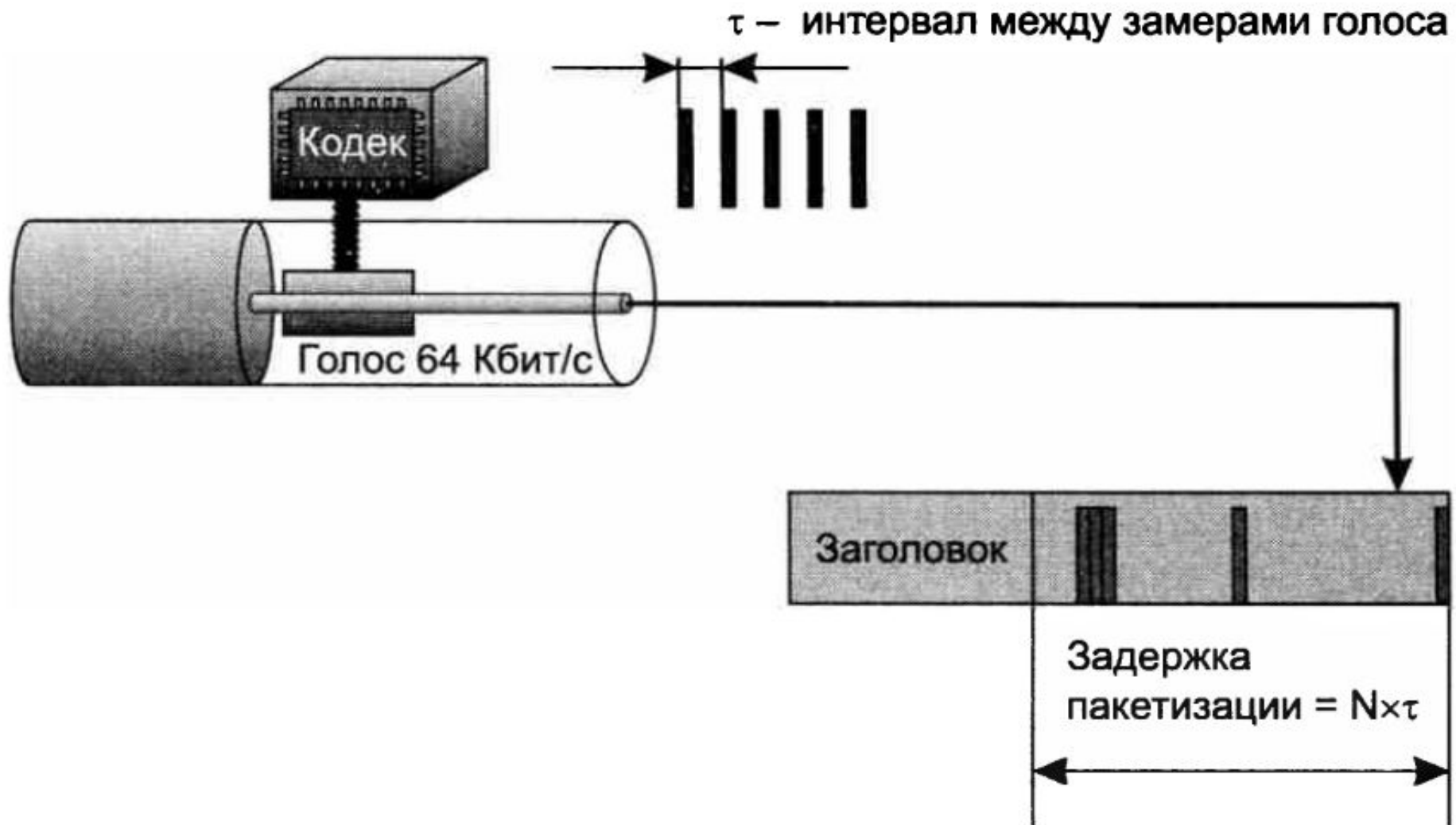
Задержка пакетизации связана с процессом оцифровывания аналоговой информации (например, голосовой) и помещения ее в пакет компьютерной сети.

Эту операцию должны выполнять интерфейсные модули коммутаторов АТМ, к которым подключены в качестве абонентских устройств обычные аналоговые телефоны.

Задержка пакетизации зависит только от размера пакета, так как кодек — устройство, которое выполняет оцифровывание голоса, — работает с постоянной частотой 8 КГц, требуемой для качественного представления голоса в цифровой форме.

Механизм образования этой задержки иллюстрирует следующий рисунок.

Технология АТМ



Технология АТМ

На рисунке показан голосовой кодек — устройство, которое представляет голос в цифровой форме.

Пусть он выполняет замеры голоса в соответствии со стандартной частотой 8 КГц (то есть через каждые 125 мкс), кодируя каждый замер одним байтом данных.

Если мы используем для передачи голоса кадры Ethernet максимального размера, то в один кадр поместится 1500 замеров голоса.

В результате первый замер, помещенный в кадр Ethernet, вынужден будет ждать отправки кадра в сеть $(1500 - 1) \times 125 = 187\,375$ мкс, или около 187 мс. Это весьма большая задержка для голосового трафика. Рекомендации стандартов говорят о величине 150 мс как о максимально допустимой суммарной задержке голоса, в которую задержка пакетизации входит как одно из слагаемых.

Технология АТМ

Задержка пакетизации не зависит от битовой скорости протокола, она зависит только от быстродействия кодека и размера поля данных кадра.

Мы знаем, что время ожидания кадра в очереди можно сократить, если обслуживать кадры чувствительного к задержкам трафика в приоритетной очереди.

Однако если размер кадра может меняться в широком диапазоне, то даже при назначении таким кадрам высшего приоритета время ожидания пакета с замерами голоса в коммутаторе может все равно оказаться недопустимо высоким.

Например, пусть пакет с данными в 4500 байт начал передаваться в выходной порт, когда очередь приоритетных голосовых пакетов была пуста.

Технология АТМ

Если скорость интерфейса равна 2 Мбит/с, то время передачи этого пакета займет 18 мс — $(4500 \times 8) / 2 \times 10^6 = 0,018$.

В худшем случае сразу же после начала передачи пакета данных в коммутатор может поступить пакет с замераами голоса.

Прерывать передачу пакета в сетях нецелесообразно, так как при распределенном характере сети накладные расходы на оповещение соседнего коммутатора о прерывании пакета, а потом — о возобновлении передачи пакета с прерванного места оказываются слишком большими.

Поэтому голосовой пакет будет ждать в очереди 18 мс, пока не завершится передача на линию связи пакета данных, что приведет к значительному снижению качества воспроизведения голоса на приемном конце.

Технология АТМ

Для поддержания требуемого качества обслуживания и рационального расходования ресурсов в технологии АТМ определено пять категорий услуг, которые предназначены для обслуживания различных классов трафика.

Классы трафика различаются в зависимости от следующих критериев:

- является ли скорость трафика постоянной (как у голосового трафика) или переменной (как у трафика данных);
- является ли трафик чувствительным к задержкам;
- нужны ли гарантии средней скорости передачи.

Технология АТМ

Из возможных сочетаний этих свойств трафика (не все сочетания имеют смысл: например, трафик с постоянной скоростью не может не требовать гарантий средней скорости) были отобраны пять и для них созданы отдельные категории услуг.

Очевидно, что сети АТМ отличаются от сетей Frame Relay большей степенью соответствия услуг требованиям трафика определенного типа, так как в сетях АТМ нужный уровень обслуживания задается не только численными значениями параметров, гарантирующих среднюю скорость передачи данных, но и самой категорией услуги.

Технология АТМ

Наличие отдельных категорий услуг для наиболее важных классов трафика, таких как чувствительный к задержкам голосовой трафик с постоянной битовой скоростью и чувствительный к задержкам компрессированный видеотрафик с переменной битовой скоростью, сделало АТМ гораздо более эффективной технологией мультисервисных сетей, чем технология Frame Relay, которая могла эффективно передавать только нечувствительный к задержкам трафик данных с переменной битовой скоростью.

Технология АТМ пережила пик своей популярности во второй половине 1990-х годов, но к настоящему времени она совсем ушла со сцены.

Технология АТМ

Причин отказа от такой, казалось бы, хорошо подходящей для оказания мультисервисных услуг технологии несколько.

Одна из них — появление сетей DWDM и рост скорости сетей Ethernet до 1 Гбит/с, а затем и до 10 Гбит/с.

Относительно дешевая пропускная способность простой сети Ethernet победила — операторам сетей оказалось гораздо проще предоставлять качественные мультимедийные услуги с помощью недогруженной «простой» сети IP/Ethernet, чем управлять сложной в настройке и эксплуатации сетью IP/АТМ.

Кроме того, оборудование АТМ не смогло перейти порог скорости 622 Мбит/с.

Ограничением стал маленький размер ячеек — на высоких скоростях коммутаторы с трудом справляются с обработкой интенсивных потоков таких ячеек.

Технология АТМ

Причин отказа от такой, казалось бы, хорошо подходящей для оказания мультисервисных услуг технологии несколько.

Одна из них — появление сетей DWDM и рост скорости сетей Ethernet до 1 Гбит/с, а затем и до 10 Гбит/с.

Относительно дешевая пропускная способность простой сети Ethernet победила — операторам сетей оказалось гораздо проще предоставлять качественные мультимедийные услуги с помощью недогруженной «простой» сети IP/Ethernet, чем управлять сложной в настройке и эксплуатации сетью IP/АТМ.

Кроме того, оборудование АТМ не смогло перейти порог скорости 622 Мбит/с.

Ограничением стал маленький размер ячеек — на высоких скоростях коммутаторы с трудом справляются с обработкой интенсивных потоков таких ячеек.

Выводы

Техника виртуальных каналов дает оператору сети большую степень контроля над путями прохождения данных, чем техника дейтаграммной передачи данных, применяемая в таких технологиях, как IP и Ethernet.

По этой причине в большинстве технологий канального уровня, разработанных специально для глобальных сетей, таких как Frame Relay и ATM, используется техника виртуальных каналов.

Сети Frame Relay работают на основе постоянных виртуальных каналов.

Эти сети позволяют передавать компьютерный трафик с гарантиями его средней скорости и объема пульсации.

Технология ATM является дальнейшим развитием идей предварительного резервирования пропускной способности виртуального канала, реализованных в технологии Frame Relay.

Выводы

Технология АТМ предоставляет пользователям услуги различных категорий, ориентированные на эффективную передачу основных классов трафика — голосового, видео и данных.

Несмотря на тонкие механизмы обеспечения качества обслуживания при передаче мультимедийного трафика, технология АТМ не выдержала конкуренции с технологией Ethernet, обеспечившей высокое качество обслуживания трафика разного типа за счет повышения пропускной способности сети до гигабитных скоростей.

Контрольные вопросы

1. Уникальность метки виртуального канала должна быть обеспечена в пределах:
 - а) сети данного провайдера;
 - б) отдельного коммутатора сети;
 - в) порта отдельного коммутатора сети.
2. В соглашении SLA между клиентом и поставщиком услуг Frame Relay оговаривается значение CIR = 512 Кбит/с на периоде 100 мс, при этом при подсчете скорости учитывается только поле данных кадров Frame Relay. Пусть на очередном периоде 100 мс по граничный коммутатор клиента послал в сеть 7 кадров с размерами поля данных 1000, 1500, 1200, 1500, 1000, 1300 и 1500 байт соответственно. Были ли эти кадры помечены пограничным коммутатором провайдера признаком DE = 1, и если да, то какие?

Список литературы:

1. Компьютерные сети. Н.В. Максимов, И.И. Попов, 4-е издание, переработанное и дополненное, «Форум», Москва, 2010.
2. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, В. Олифер, Н. Олифер (5-е издание), «Питер», Москва, Санкт-Петербург, 2016.
3. Компьютерные сети. Э. Таненбаум, 4-е издание, «Питер», Москва, Санкт-Петербург, 2003.

Список ссылок:

https://studfiles.net/html/2706/610/html_1t7827cn0P.AOQ6/htmlconvd-5FjQl116x1.jpg

<https://bigslide.ru/images/51/50961/960/img12.jpg>

<https://bigslide.ru/images/51/50961/960/img11.jpg>

https://1.bp.blogspot.com/-qptz15WfEJE/XDoN736gSvI/AAAAAAAAAU8/ESDrBE1iP-0vt5keIdxrnh_Y6ZpF2_2tQCLcBGAs/s1600/Hybrid-Network.jpg

http://www.klikglodok.com/toko/19948-thickbox_default/jual-harga-allied-telesis-switch-16-port-gigabit-10-100-1000-unmanaged-at-gs900-16.jpg

Благодарю за внимание!

Преподаватель: Солодухин Андрей
Геннадьевич

Электронная почта: asoloduhin@kait20.ru