Сибирская Государственная Академия Телекоммуникаций и Информатики

*Хабаровский филиал*

***Контрольная работа №1***

**по дисциплине**

***Сети документальной связи***

Выполнил Копцев Д.А.

Проверил Ваганов Д.В.

шифр **951с - 073**

Хабаровск 1999 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ПУЛЬСИРУЮЩИЙ ТРАФИК.

Метод временного уплотнения

Метод статистического уплотнения

ОСНОВЫ FRAME RELAY.

Трансляция кадров.

FRAME RELAY И ВИРТУАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.

ТОПОЛОГИЯ СЕТИ FRAME RELAY

ФОРМАТ КАДРА FRAME RELAY

СКВОЗНАЯ КОММУТАЦИЯ

МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ.

Концепция согласованной скорости передачи информации

ИНТЕГРАЦИЯ РЕЧИ

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ СБОЕВ

НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ

КЛЮЧЕВЫЕ ДОКУМЕНТЫ СТАНДАРТА FRAME RELAY

ПОЛОЖЕНИЕ СЕТЕЙ FRAME RELAY НА РЫНКЕ

ПОЧЕМУ FRAME RELAY ?

СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ FRAME RELAY

Частная сеть на базе выделенных линий.

Виртуальная частная сеть.

Соглашение с внешней организацией о создании и управлении сетью.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РЫНКА

ОБОРУДОВАНИЕ И КАНАЛЫ ДЛЯ СЕТЕЙ FRAME RELAY

ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ

КАНАЛЫ ДЛЯ FR

Цифровые выделенные каналы связи.

Выделенные каналы тональной частоты (ТЧ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ

# ВВЕДЕНИЕ

## ПУЛЬСИРУЮЩИЙ ТРАФИК.

Первые методы одновременной передачи различных видов трафика по одним физическим каналам связи появились достаточно давно. Однако, проблема выбора самой эффективной технологии остается по сей день.

Наибольшее распространение получили методы временного и статистического уплотнения. Все большие и большие объемы клиент-серверного трафика передаются по глобальным сетям. Трафик, порождаемый клиент-серверными приложениями, написанными для локально-сетевых сред, имеет, как правило, чрезвычайно неравномерный характер: значительная пропускная способность требуется в течение коротких интервалов времени.

Передача такого трафика по выделенным линиям (TDM-коммутация) или по сети с временным разделением каналов (X.25-коммутация) не эффективна, поскольку большую часть времени доступная емкость расходуется впустую: временные слоты резервируются вне зависимости от того, передается информация или нет.

В то же время, рост компьютерных приложений, требующих высокоскоростных коммуникаций, распространение интеллектуальных ПК и рабочих станций, доступность высокоскоростных линий передачи с низким коэффициентом ошибок — все это послужило причиной создания новой формы коммутации в территориальных сетях.

Основными требованиями к такой технологии являются:

1. высокая скорость:
2. низкие задержки;
3. разделение портов и
4. разделение полосы пропускания на основе виртуальных каналов.

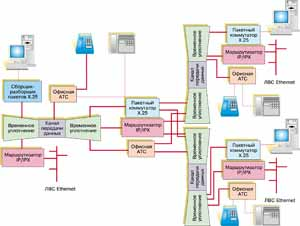
TDM-коммутация каналов обладает первыми двумя характеристиками. X.25-коммутация пакетов — последними двумя.

*Трансляция кадров*, разработанная, как новая форма коммутации пакетов, как утверждается, обладает всеми четырьмя характеристиками. Эта новая технология носит название FRAME RELAY (FR).

Рассмотрим эти методы поподробнее:

## МЕТОД ВРЕМЕННОГО УПЛОТНЕНИЯ

При использовании метода временного уплотнения (Time Divsion Multiplexing - TDM) различным каналам передачи данных предоставляются различные интервалы времени уплотненного канала. Мультиплексоры смешивают поток данных и оцифрованный голос с одной стороны канала связи, и разделяют их с противоположной (см. рис.1). При этом коммутацию телефонных соединений производят обычные АТС, причем в этом случае применяются относительно высокоскоростные методы оцифровки аналогового телефонного сигнала, а потоки данных обрабатываются также традиционными средствами - коммутаторами Х.25 и маршрутизаторами IP/IPX. Основной недостаток этого метода заключается в цикличности распределения интервалов времени между каналами, т. е. независимости выделяемого каждому каналу интервала времени от наличия либо отсутствия необходимости передавать информацию. В результате, при неравномерном трафике эффективность использования ресурса канала оказывается невысокой.



***Рисунок 1 Механизм временного уплотнения.***

## МЕТОД СТАТИСТИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ

При статистическом уплотнении фиксированные промежутки времени в уплотняемом канале не предоставляются отдельно каждому каналу передачи данных. В этом случае информация каждого канала передачи данных разбивается на отдельные блоки. К блоку добавляется заголовок (header), содержащий идентификатор соответствующего канала, и хвост (trailer), что образует единицу передачи информации (Protocol Data Unit) - кадр. Кадрами могут передаваться все виды трафика.

Можно выделить ряд преимуществ, характерных для статистического уплотнения:

• динамическое распределение пропускной способности уплотненного канала связи в зависимости от активности в каналах передачи данных;

• возможность предоставления пропускной способности по требованию;

• возможность установки приоритетов для разных видов трафика.

На статистическом уплотнении каналов основан метод пакетной коммутации. Понятие пакета для сетевого уровня во многом аналогично понятию кадра на канальном уровне. Сеть пакетной коммутации состоит из узлов и статистически уплотненных каналов, соединяющих узлы. В одном канале связи может быть проложено несколько соединений. Узлы управляют потоками данных и осуществляют коммутацию логических соединений между абонентами сети.

Сети на базе технологии пакетной коммутации стали реальной альтернативой сетям с коммутацией соединений (например, телефонные сети). Примером реализации технологии пакетной коммутации являются сети Х.25.

Сети X.25 предназначены для передачи данных. Основная задача этих сетей - обеспечить гарантированную доставку данных по ненадежным каналам связи и повысить эффективность их использования. Протокол X.25 отличается развитыми средствами защиты от ошибок на канальном и сетевом уровнях. К сожалению он не подходит для трафика чувствительных к задержке приложений (таких как голос), и не может служить основным транспортным протоколом территориальной сети с интеграцией услуг.

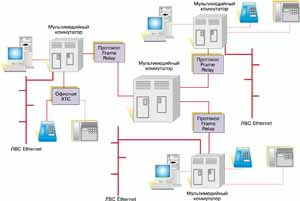


Рисунок 2. Схема проекта с применением метода статистического уплотнения

Технология Frame Relay, также использующая метод пакетной коммутации, обладает всеми преимуществами статистического уплотнения. Однако, в этом протоколе не реализована коррекция ошибок, которая предполагает повторную передачу искаженных пакетов.

Процедура коррекции ошибок повышает достоверность передачи данных, но значительно увеличивает задержку в сети. При передаче голоса и другого чувствительного к задержке трафика, доставка пакета с задержкой, превышающей определенное значение, теряет смысл. В этом случае процедура коррекции ошибок не должна быть использована. Отсутствие коррекции ошибок в протоколе Frame Relay оказывается решающим, так как позволяет минимизировать задержку доставки пакетов.

В случае чувствительного к ошибкам трафика, (такого как передача файлов, функция коррекции возлагается на более интеллектуальное оконечное оборудование.

В последнее время стремительному развитию технологии Frame Relay способствовали несколько основных факторов, и улучшение качества каналов связи - один из них. Естественно, что эта технология предъявляет определенные требования к качеству используемых каналов связи.

# ОСНОВЫ FRAME RELAY.

## ТРАНСЛЯЦИЯ КАДРОВ.

Методология «трансляция кадров» свойственна коммутационной технологии, определяющей интерфейс коммутации кадров (FRAME RELAY INTERFACE - FRI) с целью улучшения обработки (сокращения времени ответа) и уменьшения стоимости передачи из локальной сети в территориальную и высокоскоростных соединений между ЛВС. Технология FR требует:

1. оконечных устройств, оснащенных интеллектуальными протоколами высоких уровней;
2. виртуальных, свободных от ошибок каналов связи;
3. прикладных средств, способных осуществлять различные передачи.

Данная технология не только очень подходит для управления пульсирующими трафиками между ЛВС и между ЛВС и территориальной сетью, но и адаптируется для передачи такого чувствительного к передаче трафика, как голос.

## FRAME RELAY И ВИРТУАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.

Протокол FR использует структуру кадров переменной длины и работает только на маршрутах, ориентированных на установление соединения.

***Виртуальное соединение*** — постоянное или коммутируемое (PVC или SVC) — необходимо установить прежде, чем два узла начнут обмениваться информацией.

**PVC** (permanent virtual circuits) — это постоянное соединение между двумя узлами, которое устанавливается вручную в процессе конфигурирования сети. Пользователь сообщает провайдеру FR-услуг или сетевому администратору, какие узлы должны быть соединены, и он устанавливает PVC между этими конечными станциями.

PVC включает в себя конечные станции, среду передачи и все коммутаторы, расположенные между конечными станциями. После установки PVC для него резервируется определенная часть полосы пропускания, и двум конечным станциям не требуется устанавливать или сбрасывать соединение.

Благодаря методу *статистического мультиплексирования*, несколько PVC могут разделять полосы одного канала передачи.

**SVC** (switched virtual circuits) устанавливается по мере необходимости — всякий раз, когда один узел пытается передать данные другому узлу.

SVC устанавливается динамически, а не вручную. Для него стандарты передачи сигналов определяют, как узел должен устанавливать, поддерживать и сбрасывать соединение.

PVC имеют два преимущества над SVC. Сеть, в которой используются SVC, должна тратить время на установление соединений, а PVC устанавливаются предварительно, поэтому могут обеспечить более высокую производительность. Кроме того, PVC обеспечивают лучший контроль над сетью, так как провайдер или сетевой администратор может выбирать путь по которому будут передаваться кадры.

Однако и SVC имеют ряд преимуществ над PVC. Поскольку SVC устанавливаются и сбрасываются легче, чем PVC, то сети, использующие SVC, могут имитировать сети без установления соединений. Эта возможность оказывается полезной в том случае, если пользователь использует приложение, которое не может работать в сети с установлением соединений. Кроме того, SVC используют полосу пропускания, только тогда, когда это необходимо, а PVC должны постоянно ее резервировать на тот случай, если она понадобится. SVC также требуют меньшей административной работы, поскольку устанавливаются автоматически, а не вручную. И наконец, SVC обеспечивают отказоустойчивость: когда выходит из строя коммутатор, находящийся на пути соединения, другие коммутаторы выбирают альтернативный путь.

Предназначение этих соединений состоит в расширении области применения FR на другие типы приложений, такие как голос, видео и защищенные приложения Internet, помимо прочих. Однако в настоящее время SVC не получили широкого распространения, в силу сложности в реализации. Как следствие, PVC является наиболее распространенным режимом связи в сети FR.

## ТОПОЛОГИЯ СЕТИ FRAME RELAY

Соединения FR функционируют на канальном уровне — второй уровень модели OSI (см. рис. 3), используя общую (public), частную (private) или гибридную (hybrid) среду передачи.

Рисунок 3. Пример «Frame Relay»-архитектуры

Сеть FR состоит из переключателей (switches) FR, объединенных цифровой средой передачи. Конечное оборудование, к примеру, маршрутизаторы, связываются через FR сеть в одном или нескольких направлениях. В стандартной терминологии, переключатели FR принадлежат к классу устройств DCE (Data Communications Equipment), а конечное оборудование пользователя — к классу DTE (Data Terminal Equipment).

DTE объединяются по спецификациям протокола FR UNI (FR User-to-Network Interface). Переключатель FR, представляющий UNI, читает адреса приходящих кадров и маршрутизирует в соответствующем направлении.

Физически сети FR образуют ячеистую структуру коммутаторов. Общая топология сети приведена на рисунке **4**.

Протокол FR может интегрироваться c многими протоколами, такими как ATM, X.25, IP, SNA, IPX и.т.д. .



Рисунок 4. Топология сети Frame Relay

Примеры подобных архитектур будут приведены позже. Например, на рис. 1 можно наблюдать интеграцию протоколов FR и ATM (в силу своей эффективности, наиболее распространенный случай). В данном случае сеть ATM предоставляет виртуальный свободный от ошибок канал связи.

FR позволяет передавать кадры размером до 4096 байт, а этого достаточно для пакетов Ethernet и Token Ring, максимальная длина которых составляет 1500 и 4096 байт соответственно. Благодаря этому FR не предусматривает накладные расходы на сегментацию и сборку.

## ФОРМАТ КАДРА FRAME RELAY

Для транспортировки по сети FR, данные сегментируются в кадры. Формат кадра FR приведен на рис. 5. Один или несколько однобайтовых флагов служат для разделения кадров.

Кадр имеет различную длину, а заголовок коммутируемого кадра содержит 10-битовый номер, идентификатор соединения канала данных (Data Link Connection Identifier — DLCI).



Рисунок 5. Формат кадра Frame Relay

Приведем **назначение полей заголовка кадра FR**:

1. DLCI - идентификатор соединения;
2. C/R - поле прикладного назначения, не используется протоколом FR и передается по сети прозрачно;
3. EA - определяет 2-х, 3-х или 4-х байтовое поле адреса;
4. FECN - информирует узел назначения о заторе;
5. BECN - информирует узел-источник о заторе;
6. DE - идентифицирует кадры, которые могут быть сброшены в случае затора.

*Роль идентификатора соединения DLCI:*

Каждое соединение PVC имеет 10-битовый идентификатор, включаемый в заголовок кадра FR, называемый DLCI. Это число присваивается порту узла FR. При установке PVC, соединению назначается один уникальный номер DLCI для порта-источника и другой для порта назначения (удаленного порта). DLCI присваиваются только конечным точкам PVC — сеть FR автоматически назначает DLCI внутренним узлам передачи.

Таким образом сфера действия DLCI ограничивается только локальным участком сети, что позволяет сети поддерживать большое число виртуальных каналов. Благодаря этому разные маршрутизаторы в сети могут повторно использовать тот же самый DLCI; это позволяет сети использовать большее число виртуальных каналов. Таблицы перекрестных соединений (Cross-Сonnect Tables), распространяемые между всеми коммутаторами FR в сети, устанавливают соответствие между входящими и исходящими DLCI.

Используя DLCI, DCE направляет данные от DTE через сеть в следующей последовательности:

1. FR DTE инкапсулирует пришедший пакет или кадр в FR-кадр. DTE задает корректный DLCI-адрес, который берется из специальной таблицы рандеву (look-up table), в которой определено соответствие между локальным адресом пакета и соответствующим номером DLCI.
2. DCE проверяет целостность кадра, используя контрольную последовательность FCS и в случае обнаружения ошибки сбрасывает кадр.
3. DCE ищет номер DLCI в таблице перекрестных соединений (Cross-Connect Table) и, в случае если для указанного DLCI не определена связь кадр сбрасывается.
4. DCE отправляет кадр к узлу назначения, через выталкивание кадра в порт, специфицированный в таблице перекрестных ссылок.

Эти шаги представляют интерес и будут рассмотрены подробнее в соответствующих разделах.

## СКВОЗНАЯ КОММУТАЦИЯ

По сравнению со своим предшественником, X.25, FR имеет значительные преимущества в производительности. Во время разработки X.25 соединения в глобальных сетях создавались по большей части на основе менее надежной аналоговой технологии. Поэтому, чтобы пакеты прибывали к получателю без ошибок и по порядку, X.25 требует от каждого промежуточного узла между отправителем и получателем подтверждения целостности пакета и исправления любой обнаруженной ошибки. Связь с промежуточным хранением замедляет передачу пакетов, так как каждый узел проверяет FCS каждого поступающего пакета и только затем передает его дальше. Таким образом, в сети с каналами низкого качества возникают нерегламентированные непостоянные по величине задержки передаваемых данных. Поэтому невозможно передавать по сетям X.25 чувствительный к задержкам трафик (например оцифрованную речь) с удовлетворительным качеством.

С появлением высоконадежных цифровых каналов такая проверка стала излишней. Поэтому в FR, использование которого подразумевает наличие цифровой инфраструктуры, не включены функции поиска и коррекции ошибок. Коммутаторы FR используют технологию сквозной коммутации, при которой каждый пакет направляется на следующий транзитный узел сразу же по прочтении адресной информации, что исключает неравномерные задержки. Если случается какая-либо ошибка, коммутаторы FR отбраковывают кадры. Функция исправления ошибок возлагается на межконцевой протокол более высокого уровня (например TCP или SPX). При таком подходе накладные расходы по обработке в расчете на кадр снижаются, что значительно повышает пропускную способность и делает ее регламентируемой.

## МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ.

Технология FR имеет специальный механизм управления потоками, позволяющий обеспечивать более гибкое мультиплексирование разнородного трафика.

*Управление потоком* — это процедура регулирования скорости, с которой маршрутизатор подает пакеты на коммутатор. Если принимающий коммутатор не в состоянии принять еще какие-либо пакеты (например, из-за перегрузки), то при помощи данного протокола можно потребовать приостановить отправку пакетов с маршрутизатора и, после разгрузки, продолжить ее. Этот процесс гарантирует, что принимающему коммутатору не надо отбраковывать кадры. FR не поддерживает этот протокол в полной мере; если у коммутатора FR не достаточно буферного пространства для приема поступающих кадров, то он отбраковывает кадры с установленным флагом DE — разрешение на отбраковку (см. рис. 5). Однако, маршрутизатор может инициализировать процедуру восстановления данных, что может привести к еще большему затору.



Рисунок 6. FECN и BECN.

Решение этой проблемы возлагается частично на протоколы верхлежащего уровня, например, - TCP/IP, который поддерживает некоторую степень механизма управления потоками, а также на использование битов FECN, BECN — флагов явного извещения о перегрузке в прямом и обратном направлениях (см. рис. 4), причем последние являются особенностями FR.

Информационные биты FECN и BECN выставляются в момент попадания кадра в затор трафика. Маршрутизаторы с интерфейсом FR могут расшифровать значения этих битов и активизировать управление потоком на базе протокола верхлежащего уровня, например, - TCP/IP.

Надо отметить, что представленный механизм не вписался бы в концепцию регламентирования пропускной способности сети, поддерживаемую FR, без введения соглашения о согласованной скорости передачи информации (Committed Information Rate, CIR).

### Концепция согласованной скорости передачи информации

CIR — минимальная пропускная способность, гарантированная каждому PVC или SVC. Эта скорость (измеряется в битах в секунду) выбирается клиентом сети FR в соответствии с объемом данных, которые он собирается передавать по сети, и гарантируется она оператором сети FR или администратором. На текущий момент скорость варьируется от 16 Кбит/с до 44,8 Мбит/с. Если пакетные посылки не превосходят скорость порта подключения клиента и пропускная способность сети FR в данный момент имеет свободные ресурсы, то клиент может превысить согласованное значение CIR. Скорость, с которой клиент посылает данные при наличии достаточной пропускной способности, называется *оverscription rate*.

В случае перегруженности сети, коммутаторы отбрасывают избыточные (выходящие за пределы CIR) кадры. Поле разрешения на отбраковку (DE) в кадре FR позволяет регулировать этот процесс. Для каждого кадра, пересылаемого по сети, коммутатор FR устанавливает бит DE, если данный кадр превышает спецификацию CIR клиента. В случае затора кадры, с установленным флагом DE могут быть отбракованы.

Реально, в сетях FR, наряду с CIR используется усредненная за определенный промежуток времени Tc (скажем, за одну секунду) скорость, которую сеть «обязуется» поддерживать по соединению PVC или SVC.

Усреднение по времени играет здесь важную роль. Предположим, что через линию доступа с пропускной способностью 64 Кбит/с пользователь определяет одно виртуальное соединение с CIR, равной 32 Кбит/с. Это значит, что приняв, например, в первые полсекунды 32 Кбит, коммутатор вправе отвергнуть все остальные биты, пришедшие за остальные полсекунды. Поэтому вводится понятие согласованного импульсного объема передаваемой информации (Committed Burst Size — Bc) — максимального объема данных, который сеть «обязуется» передавать за время Tc. Это время вычисляют следующим образом: Tc=Bc/CIR, а по своей сути оно пропорционально неравномерности трафика.

Если кадры не укладываются в рамки, задаваемые параметрами CIR и Bc, то они передаются с установленным битом DE. При этом часто используют еще один параметр — избыточный импульсный объем передаваемой информации (Excess Burst Size — Be). Он определяет максимальный объем данных сверх Вс (избыточные данные), который коммутатор попытается передать в течение времени Тс (см. рис 6). Вероятность доставки данных Ве, передающихся с установленным флагом DE, очевидно, ниже вероятности доставки данных Вс. Все данные, превышающие объем Ве, коммутатор отбраковывает. Как видно из рисунка 7, пропускная способность линии доступа делится на три зоны:

1. согласованные данные, с гарантированной передачей;
2. избыточные данные (с установленным битом DE), которые передаются в зависимости от доступных сети ресурсов;
3. все данные сверх избыточных, которые коммутатор автоматически отбрасывает.



Рисунок 7. Распределение пропускной способности линии доступа при организации через нее виртуального соединения с определенными CIR и максимальной скоростью избыточных данных

Реализация этих правил может существенно различаться как в оборудовании FR различных производителей, так и в сетях компаний — поставщиков услуг FR. Широко используется случай предоставления пользователю выбора только одного параметра соединения — скорости CIR. При этом граница избыточных данных передвигается «вверх» и приравнивается скорости порта доступа. Таким образом устраняется «мертвая зона», при попадании в которую данные автоматически сбрасываются.

Изменить CIR не сложно — достаточно обратиться к оператору или администратору сети, который в свою очередь программным образом переконфигурирует систему. Никакого дополнительного оборудования не требуется (при достаточном значении скорости порта установленного у пользователя оборудования).

Итак, подведем итог. Концепция согласованной скорости передачи — это механизм согласования со стандартом FR (предлагающим регламентированную пропускную способность), предназначенный для разрешения заторов в сети, посредством определения класса сервиса для FR DTE и контроля доступа оборудования пользователя к пропускной способности сети. Для этого, при конфигурировании соединения PVC определяются следующие параметры CIR:

1. Bc (Committed Burst Size) - объем данных, передаваемый гарантированно за время Tc;
2. Be (Excess Burst Size) - объем данных над Bc, передаваемый в случае достаточности ресурсов полосы пропускания;
3. DE (Discard Eligibility) - флаг разрешения на отбраковку;
4. Tc (sampling interval) временной интервал для измерения Bc и Be, равный Bc/CIR.

Приведем пример конфигурации PVC:

CIR=128000 bits per second

Bc=128000 bits

Be=64000 bits

Tc=1 second

В приведенном примере, DTE может передавать данные со средней скоростью 128 kbps, которая может возрастать до 192 kbps (Bc+Be). Кадры передаваемые над 128 kbps помечаются флагом DE. Кадры над 192 kbps будут сброшены при входе в сеть FR.

## ИНТЕГРАЦИЯ РЕЧИ

Как уже было отмечено, технология FR позволяет использовать для передачи чувствительного к задержкам трафика (речь и т. п.) механизм резервирования полосы канала, близкий к тому, который применяется при временном разделении каналов (подробно - см. предыдущие пункты), а для обычных данных — статистическое приоритетное мультиплексирование. Все это в совокупности с некоторыми другими механизмами (описанными в предыдущих пунктах) позволяет обеспечить постоянный темп передачи речевых пакетов.

Современное оборудование FR, помимо компрессии речи (в 10-15 раз), обычно реализует ряд специальных алгоритмов ее обработки, которые позволяют в еще большей степени использовать особенности трансляции кадров.

Одним из механизмов является подавление пауз. Как правило, телефонные собеседники говорят по очереди. При разговоре по обычному телефону с ‘молчащей’ стороны передается специальный шумовой сигнал. Кроме того, существуют паузы между словами и предложениями. По статистике во время телефонных переговоров более 60% полосы пропускания канала используется на передачу тишины. При автоматическом определении отсутствия полезного сигнала всю полосу канала можно использовать для передачи данных. На приемной стороне в это время генерируется ‘розовый’ шум, для того чтобы у пользователя не создавалось впечатления ‘мертвой’ линии.

Еще одним интересным механизмом является ‘*переменная скорость оцифровки*’. Определяется наименьшая (базовая) скорость оцифровки, которая обеспечивает минимально приемлемое качество передачи речи, и формируется поток ‘базовых’ кадров, а при наличии свободной полосы канала — ‘дополнительные’ пакеты, улучшающие качество речи. Такой алгоритм обработки телефонного трафика легко реализуется (подробно рассмотренными выше) средствами FR (использование флага DE в кадрах, передающих ‘дополнительную’ информацию, что дает возможность сети сбросить эти кадры в случае перегрузки).

Пример архитектуры сети FR с интеграцией речи и данных приведен на рисунке 6. Телефонный трафик передается непосредственно через уровни FR, обеспечивающие ему приоритетную передачу без задержек, но не гарантирующие 100%-ной доставки до узла назначения (искаженные кадры сбрасываются).



**Рисунок 8. Пример сети Frame Relay с интеграцией речи**

Для передачи данных, помимо механизмов FR магистральной сети, на абонентской стороне задействованы дополнительные протоколы, в данном случае X.25. Они обеспечивают за счет повторной передачи пакетов, в которых обнаружены ошибки, гарантированное доведение данных на уровне абонент-абонент, то есть осуществляют функции протокола транспортного уровня семиуровневой модели взаимодействия открытых систем OSI (этот механизм рассмотрен в пункте ‘Механизм управления потоками’).

## СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ СБОЕВ

Осуществление соединения по глобальной сети связано с некоторой неопределенностью, т. к. вы не владеете этой сетью и, таким образом, не имеете контроля над трактами. В подобных ситуациях соединения по глобальной сети, должны быть чрезвычайно отказоустойчивы. FR отвечает этому требованию благодаря обеспечению динамической ремаршрутизации в случае отказа PVC.

Физически сети FR образуют ячеистую структуру коммутаторов (см. рис. 3 и рис. 4). Одно из преимуществ такой ячеистой конфигурации состоит в том, что она обеспечивает определенную степень отказоустойчивости. Если из-за выхода из строя какого либо узла PVC становится недоступным, то соседний коммутатор перенаправит соединение по альтернативному информационному каналу. В результате характеристики передачи лишь несколько ухудшатся. Кроме того, благодаря такой ячеистой конфигурации коммутаторы могут направлять кадры в обход других коммутаторов, если те испытывают значительную перегрузку.

Для защиты от сбоев на уровне узла операторы или администраторы FR предлагают две опции: запасные и резервные PVC. В случае запасного соединения (standby PVC) PVC устанавливается и активизируется в запасном узле; этот канал имеет существенно меньшую скорость CIR, чем основное PVC. Если вдруг узел пострадает от землетрясения или пожара, то запасное PVC будет активизировано практически немедленно.

В случае резервного соединения (backup PVC) PVC устанавливается на запасной площадке, но не активизируется. Если функционирование основного узла невозможно, PVC будет активизировано. Запасное PVC подходит для наиважнейших приложений благодаря тому, что его емкость может быть временно увеличена для предоставления более высокой пропускной способности; администратору сети достаточно только программного вмешательства в конфигурацию сети и будет предоставлена дополнительная пропускная способность до тех пор, пока основной канал не будет восстановлен.

Описанный подход FR к защите от сбоев более гибок и менее дорогостоящ, нежели у TDM. В случае TDM вы должны будете иметь несколько запасных выделенных линий. Такая конфигурация и дорога и сложна. После аварий администратору придется переконфигурировать все оборудование, в том числе маршрутизаторы и CSU/DSU.

## НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ

Основной недостаток технологии FR следует из того, что FR является протоколом канального (второго в модели OSI) уровня. FR ‘не различает’ протоколы вышележащих уровней. Из этого вытекает множество проблем. Например, даже если в сети используется один протокол сетевого уровня, скажем IP, FR не ‘отличит’ трафик жизненно важного для работы предприятия приложения клиент-сервер от достаточно второстепенного трафика, идущего с сервера Web. Один из способов отделить эти трафики друг от друга — использовать для каждого из них свое виртуальное соединение, что, впрочем потребует дополнительных расходов на второе виртуальное соединение.

Среди прочих проблем можно назвать операции IP-мультикастинга, отсутствие широковещательного множественного доступа (Non-Broadcast Multiple Access - NBMA) и др.

# ПОЛОЖЕНИЕ СЕТЕЙ FRAME RELAY НА РЫНКЕ

## ПОЧЕМУ FRAME RELAY ?

У авторов всех статей, публикуемых по тематике FR, факт того, что FR любим конечными пользователями и, что традиционным операторам сетей и альтернативным поставщикам услуг выгодно развертывать сети FR, не вызывает сомнений. В США переход пользователей от арендованных линий к FR связан с тем, что это позволяет им снизить общие сетевые расходы на 25-50%. Напомним, что FR —наиболее эффективная технология (дешевая и простая в управлении) для передачи очень неравномерного трафика ЛВС и организации межсетевого обмена. Дополнительным преимуществом является то, что частные и общедоступные сети FR позволяют бесплатно передавать речевой трафик. С точки зрения операторов сетей связи, арендуемые линии, несмотря на свою высокую доходность, на самом деле не эффективны. Позволяя обслужить большое число пользователей с помощью одной линии связи, технология FR дает возможность операторам в полной мере использовать емкость своих сетей. Разделение полосы пропускания между множеством виртуальных соединений FR снижает стоимость доступа к сети и уменьшает требуемую среднюю полосу пропускания. Большинство приложений загружают сеть очень неравномерно, поэтому разделяемое использование высокоскоростного канала имеет значительные преимущества (по производительности) перед применением низкоскоростного выделенного канала.

Для альтернативных поставщиков услуг связи технология FR имеет еще больше преимуществ. С ее помощью они могут предложить услуги передачи данных, которые практически отсутствовали во многих странах. По мере завершения Форумом FR разработки стандартов, касающихся сигнализации, сжатия и маршрутизации речевого трафика, альтернативные поставщики услуг могут привлечь к себе часть речевого трафика традиционных операторов связи.

## СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ FRAME RELAY

Услуги FR предлагают все больше и больше телекоммуникационных компаний во всем мире. Как правило, они извлекают максимальную пользу из этой технологии путем интегрированной передачи по сети FR данных, трафика ЛВС, речи и факсов. При построении корпоративной сети на базе технологии FR, как правило, рассматриваются три основных варианта ее организации.

### Частная сеть на базе выделенных линий.

Компания арендует линии связи и приобретает необходимое оборудование (коммутаторы, маршрутизаторы или мультиплексоры). Построенная на их базе сеть является собственностью фирмы и находится под ее полным контролем.

### Виртуальная частная сеть.

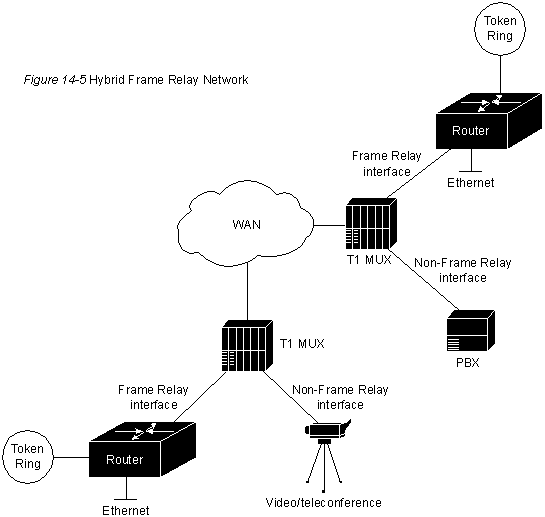
Фирма покупает услуги сетей FR у телекоммуникационных компаний. При этом она либо приобретает абонентское оборудование FR вместе с услугами или независимо от них, либо арендует это оборудование у телекоммуникационного оператора. Таким образом, фирма создает частную корпоративную сеть с использованием услуг сетей FR общего пользования и осуществляет полный контроль над сетью и административное управление ею.

### Соглашение с внешней организацией о создании и управлении сетью.

Существующая корпоративная сеть передается телекоммуникационной компании, которая осуществляет административное управление этой сетью в интересах фирмы-клиента, а кроме того, предоставляет услуги связи, оборудование и реализует поддержку сети. Существует ярко выраженная рыночная тенденция к таким соглашениям; на данной основе в мире функционирует 30% корпоративных сетей. Эта тенденция обусловлена как неспособностью или нежеланием многих компаний самостоятельно справляться с дорогостоящей и сложной эксплуатацией корпоративных сетей, так и глобальной экспансией телекоммуникационных операторов, которые постоянно расширяют спектр предоставляемых услуг.

## РЕАЛИЗАЦИЯ СЕТИ

Frame Relay может быть использована в качестве интерфейса к услугам либо общедоступной сети со своей несущей, либо сети с оборудованием, находящимся в частном владении. Обычным способом реализации частной сети является дополнение традиционных мультиплексоров Т1 интерфейсами Frame Relay для информационных устройств, а также интерфейсами (не являющимися специализированными интерфейсами Frame Relay) для других прикладных задач, таких как передача голоса и проведение видео-телеконференций. На Рис. 14-5 "Гибридная сеть Frame Relay" представлена такая конфигурация сети.



Обслуживание общедоступной сетью Frame Relay разворачивается путем размещения коммутирующего оборудования Frame Relay в центральных офисах (CO) телекоммуникационной линии. В этом случае пользователи могут реализовать экономические выгоды от тарифов начислений за пользование услугами, чувствительных к трафику, и освобождены от работы по администрированию, поддержанию и обслуживанию оборудования сети.

Для любого типа сети линии, подключающие устройства пользователя к оборудованию сети, могут работать на скорости, выбранной из широкого диапазона скоростей передачи информации. Типичными являются скорости в диапазоне от 56 Kb/сек до 2 Mb/сек, хотя технология Frame Relay может обеспечивать также и более низкие и более высокие скорости. Ожидается, что в скором времени будут доступны реализации, способные оперировать каналами связи с пропускной способностью свыше 45 Mb/сек (DS3).

Как в общедоступной, так и в частной сети факт обеспечения устройств пользователя интерфейсами Frame Relay не является обязательным условием того, что между сетевыми устройствами используется протокол Frame Relay. В настоящее время не существует стандартов на оборудование межсоединений внутри сети Frame Relay. Таким образом, могут быть использованы традиционные технологии коммутации цепей, коммутации пакетов, или гибридные методы, комбинирующие эти технологии.

## ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РЫНКА

Независимо от способа создания сети FR, компании необходимо иметь представление об имеющемся на рынке операторском и абонентском оборудовании FR. Многие поставщики предлагают устройства доступа к сетям FR (Frame Relay Access Device - FRAD) с интеграцией речи и данных. При выборе FRAD необходимо учитывать размер сети и перспективы ее расширения. Оборудование должно иметь гибкие характеристики, которые позволяют приспособить его к тем тенденциям в области технологий и организации сетей, которые будут главенствующими через 2 -3 года.

Ниже приведены основные тенденции рынка оборудования услуг FR.

1. Рост требований к пропускной способности каналов FR, обеспечивающих высокоскоростную передачу информации с помощью недорогих средств доступа к ресурсам T1/E1. Предполагалось, что сети FR будут поддерживать скорости передачи до 2 Мбит/с, а услуги широкополосных каналов — предоставляться в сетях ATM. Однако операторы начинают расширять спектр своих услуг FR, предлагая все большие скорости передачи. Так MCI уже обеспечивает в объединенном канале FR скорости передачи 12,88 Мбит/с. Таким образом FRAD должны работать на высоких скоростях.
2. Объединение доступа в Internet и в виртуальные частные сети. Операторы предлагают экономичный доступ в Internet через сети FR, что позволяет за счет отказа от услуг от услуг поставщика доступа в Internet увеличить гарантированную скорость передачи информации (CIR). В этом случае можно использовать одно и то же оборудование для доступа в сети FR и в Internet (первой ласточкой является AT&T). В филиалах рекомендуется устанавливать интеллектуальные FRAD с интеграцией речи и данных, способные одновременно выполнять функции IP-маршрутизатора, аутентификации пользователя и брандмауэра, а так же использовать один IP-адрес для всех устройств ЛВС.
3. Подсчитано, что 60% критичного трафика в США составляют данные SNA. Компании переводят многие из этих сетей на технологию FR. Благодаря замене дорогостоящих выделенных линий SDLC достигается снижение издержек на 30-40%. Данные SNA передаются по глобальным сетям FR наряду с трафиком ЛВС, поэтому оборудование FR должно обеспечивать объединение трафика SNA и ЛВС в каналах FR.
4. Совместимомость с АТМ. Операторы предлагают услуги FR в качестве промежуточного решения для пользователей, нуждающихся в высокой пропускной способности. Кроме того, уже сейчас в корпоративных сетях технология АТМ используется на крупных объектах, а в небольших филиалах продолжает применяться технология FR. Было бы хорошо, если бы абонентское оборудование FR могло обеспечивать переход к АТМ с помощью внешнего решения (устройство объединения АТМ/FR).
5. Рост количества интрасетей. 75% интрасетей используют в качестве транспортного протокола FR. Желательно располагать оборудованием FR, которое поддерживает передачу речи как по протоколу FR (VoFR), так и по IP (VoIP).

# ОБОРУДОВАНИЕ И КАНАЛЫ ДЛЯ СЕТЕЙ FRAME RELAY

## ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ

В этом пункте приведены основные критерии выбора оборудования доступа в сети FR, которое сможет удовлетворить не только нынешние, но и будущие потребности корпоративной сети.

1. *Универсальность решений и возможность наращивания:*
2. один поставщик — начиная от решения малого офиса до коммуникационной платформы для управления крупной компанией. Этим достигается сокращение расходов на приобретение оборудования и на расширение его возможностей в будущем;
3. интеграция речи, данных, факсимильных сообщений и трафика ЛВС позволяет использовать максимум пропускной способности сети;
4. поддержка магистрального канала с высокой пропускной способностью (от n\*64 Кбит до 2 Мбит/с).
5. *Поддержка передачи речи:*
6. компрессия по стандарту G.729 (рекомендован к использованию консорциумом FR Forum);
7. приоритетная обработка речевых пакетов;
8. поддержка интерфейсов учрежденческой АТС для нескольких каналов T1/E1;
9. коммутация речи — установление связи между несколькими пунктами и автоматическая маршрутизация телефонного вызова в пределах корпоративной сети в обход учрежденческой АТС;
10. использование современных технологий — буфера фазового дрожания; подавления речевых пауз и эха;
11. поддержка сигнализации (QSIG, ISDN);
12. широкий выбор телефонных интерфейсов (E&M, FXS, FXO).
13. *Поддержка передачи данных*
14. маршрутизация протоколов IP и IPX;
15. многопротокольная поддержка SNA (RFC 1490), IP, IPX, HDLC, асинхронный X.25;
16. поддержка сервисов ISDN; соединение по требованию (COD), полоса пропускания по требованию (BOD), автоматическое подключение резервного канала ISDN;
17. поддержка функций брандмауэра;
18. использование одного IP-адреса для всех устройств ЛВС;
19. встроенные устройства DCU/CSU для подключения к сети DDS;
20. компрессия данных.
21. *Управление.*

Установленные в устройстве программы-агенты SNMP и приложение сетевого администрирования должны в полной мере обеспечивать конфигурирование, диагностику и непрерывный контроль с центральной консоли управления.

1. *Резервирование.*

Необходимо наличие резервных магистрального порта, модуля управления и источника питания.

## КАНАЛЫ ДЛЯ FR

Как показал опыт, в том числе российский, для этой цели могут служить следующие каналы:

### Цифровые выделенные каналы связи.

Их использование является наиболее очевидным и естественным вариантом, если есть средства на их развертывание.

Физические линии. Если организация имеет физические (неуплотненные) линии, то при помощи соответствующих модемов (ближнего действия или HDSL) можно получить наложенные цифровые каналы со скоростью передачи до 2 Мбит/с. Без применения репитеров такие каналы обеспечивают связь на расстоянии до 16 км. Причем дальность связи обратно пропорциональна диаметру провода и скорости передачи. На оптоволокне при помощи модемов RAD можно достичь быстродействия до 38 Мбит/с (E3).

### Выделенные каналы тональной частоты (ТЧ).

Многочисленные эксперименты и практическая эксплуатация сетей FR (особенно в России) подтвердили возможность использования каналов ТЧ в сетях FR. При этом необходимо применение качественных профессиональных модемов, постоянное слежение за состоянием каналов, а так же оптимизация топологии сетей. При построении сети FR на базе каналов ТЧ следует избегать топологий с большим количеством промежуточных узлов, иначе FR будет работать неэффективно.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термин «Frame Relay» еще не нашел устойчивого русского аналога. С точки зрения принадлежности этого метода ко множеству способов коммутации (коммутация сообщений, пакетов, каналов) можно было бы использовать словосочетание «коммутация кадров». Вместе с тем другой вариант — «трансляция кадров» — подчеркивает особенности архитектуры, направленные на ускорение обработки в узлах.

В данном реферате приведены: описание базовых концепций протокола FR, топология сетей FR, сферы применения сетей FR, основные тенденции рынка в связи с FR, оборудование и каналы для построения полнофункциональных сетей FR. Некоторые вопросы касаются особенностей практики построения сетей FR в России.

Конечно, FR не может гарантировать качество обслуживания на том уровне, который способна предоставить АТМ, и не имеет развитых механизмов управления пропускной способностью, свойственных АТМ. Тем не менее существует немало причин (частично приведенных выше), определяющих успех развития сетей FR и гибридных сетей АТМ-FR. Существует даже мнение, что в настоящее время развитие сетей АТМ отчасти связано с существованием технологии FR, которая дает для них потоки.

# КЛЮЧЕВЫЕ ДОКУМЕНТЫ СТАНДАРТА FRAME RELAY

**ANSI TI.602**

**ISDN-Data-Link Layer Signaling Specification for Application at the User-Network Interface** определяет процедуру доступа к связи на D-канале (LAPD). FR использует подмножество LAPD называемое ‘core aspects’ (дословно — ‘вид на ядро’).

**ANSI TI.606**

**ISDN-Architectural Framework and Service Description for Frame Relaying Bearer Service** включает описание архитектуры и сервиса FR.

**ANSI Addendum to TI.606**

**Frame Relaying Bearer Service** включает детальное описание механизмов управления потоками.

**ANSI TI.618**

**ISDN-Core Aspects of Frame-Relay Protocol for use with Frame Relaying Bearer Service** включает описание ядра протокола FR.

**ANSI TI.607 и ANSI TI.617**

**ISDN-Layer 3 Signaling Specification for Circuit-Switched Bearer Service for Digital Subscriber Signaling System No.1 и ISDN-Digital Subscriber Signaling System No.1 - Signaling Specification for Frame-Relay Bearer Service.** Определяют требования к сигнализации для FR SVC и PVC сервиса.

# Список сокращений

ANSI - American National Standards Institute

ATM - Asynchronous Transfer Mode - Асинхронный режим передачи данных

CCITT - Consultive Committee for International Telegraph and Telephone (см. ITU)

CIR - Commited Information Rate - Согласованная скорость передачи данных

DLCI - Data-Link Control Identifier - Идентификатор канала передачи данных

FRAD - Frame Relay Access Device - Устройство доступа к сетям Frame Relay

ISDN - Integrated Services Digital Network - Цифровая сеть с интеграцией услуг

ITU - International Telecommunication Union - Международный Союз Электросвязи (бывш. CCITT)

PDU - Protocol Data Unit - Единица передачи информации (действующего протокола)

PVC - Permanent Virtual Circuit - Постоянный виртуальный канал

SVC - Switched Virtual Channel - Коммутируемый виртуальный канал

WAN - Wide-Area Network - Глобальная сеть

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. www.osp.ru\nets\1996\06\46.htm
2. www.citforum.ru\nets\ito\14.shtml
3. www.bilim.com\koi8\xylan\wp\fr\00\_fr.htm
4. Журнал «Сети», 5/97
5. Журнал «Сети и системы связи», 3/97
6. Журнал «Сети и системы связи», 5/97
7. Журнал «Сети», 6/97
8. Журнал «LAN», том 3, No610/97
9. Журнал «Технологии и средства связи», № 2, август-сенябрь1997г.

# Алфавитный указатель сокращений и определений

Data Link Connection Identifier — DLCI, 8

**ANSI TI.602**, 18

**ANSI TI.607 и ANSI TI.617**, 18

**ANSI TI.618**, 18

BECN, 8

C/R, 8

CIR, 12

Committed Information Rate, CIR, 11

DCE, 9

DCE (Data Communications Equipment), 7

DE, 8

DTE (Data Terminal Equipment)., 7

E&M, FXS, FXO, 22

EA, 8

FECN, 8

G.729, 22

IP и IPX, 22

**ISDN**, 18

NBMA, 17

**PVC** (permanent virtual circuits), 5

SNA, 22

standby PVC, 16

**SVC** (switched virtual circuits), 5

TDM, 16

UNI, 7

Виртуальная частная сеть., 20

избыточные данные, 13

*оverscription rate*, 12

*переменная скорость оцифровки*, 15

согласованные данные, 13

соглашение с внешней организацией о создании и управлении сетью., 20

*Управление потоком*, 11

Частная сеть на базе выделенных линий., 20