

Техническая библиотека BiLiM Systems Ltd.

<http://www.bilim.com>
<http://www.protocols.ru>

Николай Малых

Frame Relay

Frame Relay представляет собой стандартный протокол связи между локальными сетями (ЛВС), обеспечивающий быстрый и эффективный метод передачи потоков информации от пользовательских устройств к маршрутизаторам и мостам ЛВС.

Frame Relay изначально разрабатывался как протокол для использования в сетях ISDN. Первоначальные разработки Frame Relay были начаты в 1984 году МККТТ (СCITT) и параллельно ANSI.

Существенным шагом в развитии Frame Relay явилась организация в 1990 году компаниями Cisco Systems, StrataCom, Northern Telecom и Digital Equipment Corporation консорциума по разработке и обеспечению интероперабельности продукции Frame Relay. Консорциум разработал спецификации, соответствующие базовому протоколу Frame Relay, предложенному ANSI (комитет T1S1) и ITU-T (современное название СCITT), но обеспечивающие ряд дополнительных возможностей для использования в сложных сетевых инфраструктурах. Это расширение Frame Relay получило название «интерфейс локального управления» (local management interface или LMI).

Технологические основы

Frame Relay обеспечивает передачу потоков данных на основе коммутации пакетов между интерфейсами физических устройств (например, маршрутизаторов, мостов, хост-компьютеров) и сетевым оборудованием (к примеру, узлами коммутации). Пользовательские устройства часто называют терминальным оборудованием или (DTE), а сетевое оборудование, связанное с DTE, называют устройствами DCE. Сеть, обеспечивающая интерфейс Frame Relay может быть публичной (поддерживается национальными или региональными операторами) или частной (оборудование принадлежит и обслуживается одной или несколькими компаниями).

В качестве интерфейса с сетью Frame Relay использует такой же протокол, как X.25 с небольшими отличиями в функциональности и формате. В частности, протокол Frame Relay является более четко организованным и обеспечивает более высокую производительность и эффективность в сравнении с X.25.

Для связи между сетью и пользовательским оборудованием Frame Relay использует статистическое мультиплексирование множества логических потоков данных (такие потоки называют виртуальными устройствами) по одному физическому каналу передачи. Такой подход отличается от систем, использующих мультиплексирование с разделением времени (TDM) для передачи множества потоков данных. Статистическое мультиплексирование Frame Relay обеспечивает более гибкое и эффективное использование полосы каналов связи. Статистическое мультиплексирование можно использовать отдельно от TDM или поверх каналов, обеспечиваемых системами TDM.

Другой существенной особенностью Frame Relay является использование современных технологий передачи данных в распределенных сетях

(WAN). Ранние WAN-протоколы (типа X.25) использовали аналоговую связь по медным кабелям. Такие соединения существенно менее надежны, нежели доступные сегодня оптические кабели и цифровые каналы передачи данных. При использовании надежных каналов протокол канального уровня может не заниматься контролем ошибок, передавая эти функции протоколам вышележащих уровней. Такое решение позволяет существенно повысить производительность и эффективность без потери целостности данных. При разработке Frame Relay новые возможности связи были широко использованы. Протокол использует алгоритм CRC для обнаружения поврежденных битов (такие данные будут отбрасываться), но не включает никаких механизмов корректировки ошибок (например, системы повторной передачи на этом уровне протокола).

Другим отличием Frame Relay от X.25 является отсутствие во Frame Relay явного управления потоками данных на уровне виртуальных устройств. Поскольку большинство протоколов вышележащих уровней эффективно используют собственные алгоритмы управления потоками данных, необходимости реализации этих функций на канальном уровне просто не возникает. Frame Relay, следовательно, не поддерживает процедур явного управления потоком данных, дублирующих подобные процедуры, реализованные на верхних уровнях. Вместо этого используется очень простой механизм уведомлений о насыщении, позволяющий сети сообщить пользователю о том, что ресурсы сети близки к насыщению. Такое уведомление может служить сигналом для систем управления потоками данных, реализованных на вышележащих уровнях.

Протокол Frame Relay использует кадры (frame – фрейм), подобные кадрам LAPD, но отличающиеся от последних тем, что заголовок кадра заменен 2-байтовым заголовком Frame Relay. Заголовок Frame Relay содержит поле DLCI, задающее адрес получателя кадра. Заголовок содержит также сигналы насыщения и состояния, передаваемые пользователю сетью Frame Relay.

Виртуальные устройства

Кадры Frame Relay передаются адресатам с помощью виртуальных устройств (логический путь от отправителя к получателю). Виртуальное устройство может быть постоянным (permanent virtual circuit или PVC) или коммутируемым (switched virtual circuit или SVC). PVC организуются администратором сети для выделенных соединений «точка-точка», а SVC устанавливаются подобно телефонным соединениям по запросу пользователей или приложений. Сигнальные протоколы ISDN позволяют устройствам DTE и DCE организовывать, управлять и прерывать SVC в динамическом режиме.

Преимущества Frame Relay

Frame Relay является привлекательной заменой как для выделенных линий, так и для сетей X.25, обеспечивая эффективный способ соединения

локальных сетей. Успех протокола Frame Relay обусловлен несколькими причинами:

- ◆ Поскольку виртуальные устройства расходуют полосу только для реальной передачи данных, можно организовать множество виртуальных устройств одновременно при использовании одного физического соединения с сетью. Кроме того, каждое устройство при необходимости может использовать более широкую полосу, обеспечивая более высокую скорость передачи данных.
- ◆ Повышение надежности связи и расширение возможности обработки ошибок пользовательскими станциями позволяет протоколу

Frame Relay просто отбрасывать кадры, содержащие ошибки, избавляясь, тем самым, от кропотливой и ресурсоемкой работы по контролю ошибок.

Эти два фактора делают Frame Relay привлекательным решением для систем передачи данных, однако для сетей Frame Relay требуется система проверки работоспособности сети и доставки кадров адресатам.

Структура кадров Frame Relay

Стандарты для протокола Frame Relay были разработаны одновременно ANSI и CCITT (современное название – ITU-T). Отдельно разработанная спецификация LMI (консорциум производителей оборудования) была в основном включена в спецификацию ANSI. В данном разделе рассмотрены основные аспекты обоих вариантов спецификации Frame Relay

Структура кадров Frame Relay основана на протоколе LAPD. В структуре Frame Relay заголовок кадра несколько отличается наличием идентификатора DLCI (Data Link Connection Identifier – идентификатор соединения на канальном уровне) и битов индикации насыщения вместо используемых в LAPD полей адреса и контроля. Новый заголовок Frame Relay имеет длину 2 байта (16 битов) и использует следующий формат:

Флаг	Заголовок Frame Relay								Информация	FCS	Флаг
	DLCI	C/R	EA	DLCI	FECN	BECN	DE	EA			
	8 7 6 5 4 3	2	1	8 7 6 5	4	3	2	1			

Флаг

Поля флагов обозначают начало и конец каждого кадра.

Заголовок

Двухбайтовый заголовок содержит 10-битовый идентификатор соединения DLCI, разделенный на две части (6 и 4 бита), флаг расширенного адреса, поля индикации насыщения, флаг возможности отбрасывания кадра.

DLCI

10-битовое поле DLCI является важнейшей частью заголовка кадра Frame Relay и адресует логическое соединение, мультиплексируемое в физический канал. В базовом варианте Frame Relay (без расширения LMI) значение DLCI имеет локальный смысл, т.е. два устройства на разных концах одного соединения могут использовать разные значения DLCI для общего виртуального устройства. На рисунке 1 показано использование DLCI при стандартной адресации Frame Relay.

В приведенном примере организованы два PVC – одно соединение между Москвой и Санкт-Петербургом, а другое – между Самарой и Воронежем. Для соединений в Москве и Самаре используются значения DLCI=16, с Петербурге установлено DLCI=62, а в Воронеже - 62. Сеть использует внутренний фирменный механизм,

обеспечивающий возможность различать два PVC с локально заданными DLCI.

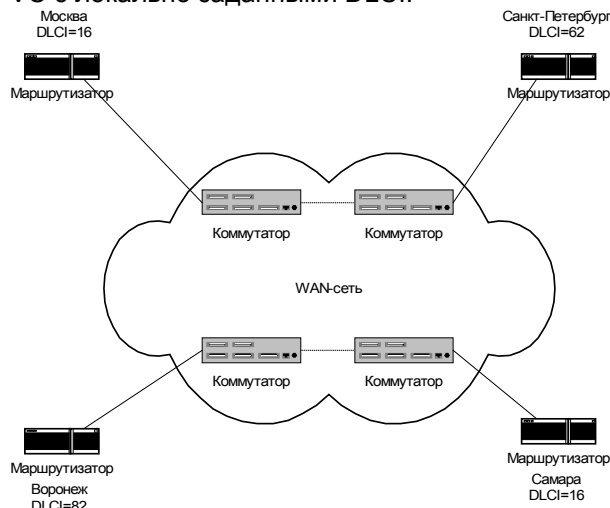


Рисунок 1. Использование локальных DLCI.

C/R

Обозначает тип кадра - команда (command) или отклик (response).

EA

Поле EA принимает значение 1 (текущий байт является последним байтом DLCI) или 0. Все современные реализации используют 2-байтовые значения DLCI, но бит EA позволяет использо-

вать расширенную адресацию. Возможность использования расширенных адресов позволяет существенно расширить адресное пространство Frame Relay.

Три бита во втором байте заголовка служат для контроля за насыщением сети.

FECN

Прямое явное уведомление о насыщении – Forward Explicit Congestion Notification (см. ECN). Этот бит устанавливается сетью Frame Relay для того, чтобы сообщить DTE-приемнику о возникновении насыщения на пути от отправителя к получателю.

BECN

Обратное явное уведомление о насыщении – Backward Explicit Congestion Notification (см. ECN). Этот бит устанавливается сетью Frame Relay в кадрах, передаваемых в направлении, обратном тому, где возникает насыщение.

Оба бита индикации насыщения позволяют протоколам вышележащих уровней принять соответствующие меры по управлению потоком данных. Бит FECN используется протоколами с управлением потоком со стороны приема, а бит BECN – протоколами, управляющими потоком со стороны передачи.

DE

Возможность отбрасывания кадра – Discard Eligibility (см. ниже). Этот бит устанавливается устройством DTE и говорит сети о невысоком уровне приоритета для данного кадра и целесообразности первоочередного отбрасывания таких кадров при возникновении насыщения.

При возникновении насыщения в линии сеть должна решить, какие кадры можно отбросить (не передавать) для снижения загрузки линии. Бит DE дает сети указание, что кадр можно отбрасывать в первую очередь.

Бит DE может устанавливать пользователь для кадров с невысоким приоритетом. Кроме того, сеть Frame Relay также может устанавливать флаг DE, чтобы сказать другим узлам о возможности первоочередного отбрасывания помеченных кадров.

Информация

Информационное поле может содержать поля других протоколов (инкапсуляция), таких как X.25, IP, SDLC (SNA).

Расширения LMI

Формат сообщений LMI

Спецификация консорциума Frame Relay в отличие от стандартного формата кадров использует дополнительные процедуры LMI (локальный интерфейс управления). Сообщения LMI передаются в кадрах с предопределенными значениями DLCI (спецификация консорциума определяет DLCI = 1023). Формат сообщения LMI показан ниже.

В сообщениях LMI базовый заголовок протокола является таким же, как в обычных кадрах Frame

Биты уведомления о насыщении (ECN)

Когда уровень загрузки сети достигает точки, при которой новые потоки данных уже не могут обрабатываться (насыщение), начинается отбрасывание кадров. Отброшенные кадры оконечные отправители пытаются передать заново, что усугубляет насыщение сети. Для предотвращения подобных ситуаций было разработано несколько механизмов, обеспечивающих уведомление устройств о возникновении насыщения сети.

Два бита в заголовке кадров Frame Relay служат для сигнализации пользовательским устройствам о наличии в сети насыщения – FECN (прямое уведомление) и BECN (обратное уведомление). Бит FECN устанавливается в 1 для кадров отправленных в сеть для адресата (downstream) при достижении в сети уровня насыщения. В таких случаях нисходящие узлы и пользовательские устройства узнают о насыщении в линии. Бит BECN устанавливается в 1 для кадров, возвращающихся в направлении источника данных при наличии на пути от источника состояния насыщения. Таким образом, отправитель узнает о насыщении сети и может снизить скорость передачи данных.

Консолидированное управление на канальном уровне

Может получиться так, что при возникновении в сети состояния насыщения не будет передаваться кадров в направлении источника данных, позволяющих уведомить этот источник о необходимости снижения скорости. В этом случае разумно посылать порождающему проблемы узлу сообщение непосредственно от сети. Стандарт Frame Relay, Однако, не позволяет сети посылать кадры с DLCI желаемого виртуального устройства.

Для решения этой проблемы стандарт ANSI определяет консолидированное управление на канальном уровне (Consolidated Link Layer Management или CLLM). При использовании CLLM специальное значение DLCI=1023 используется для передачи управляющих сообщений канального уровня от сети к пользовательским устройствам. Стандарт ANSI T1.618 определяет формат сообщений CLLM. Каждое такое сообщение содержит код причины насыщения сети и список всех DLCI, для которых нужно снизить скорость передачи данных, чтобы преодолеть насыщение.

Relay. Сообщение LMI начинается с четырех обязательных байтов, за которыми следует информационное поле (IE) переменной длины. Формат и кодирование сообщений LMI основаны на стандарте ANSI T1S1.

Первый из обязательных байтов (unnumbered information indicator) использует такой же формат как UI-кадры протокола LAPB с битом опроса и последним битом, установленными в 0.

Следующий байт является дискриминатором (обозначением) протокола и имеет значение, которое показывает "LMI".

Третий обязательный байт (call reference) всегда имеет нулевое значение.

Последний из обязательных байтов задает тип сообщения – определено два возможных типа. Запросы состояния позволяют пользователю устройству получить информацию о состоянии сети. В ответ на такие запросы передаются сообщения о состоянии сети. Подтверждения (keeralive) и сообщения о состоянии PVC являются примерами статусных сообщений LMI.

Запросы и сообщения о состоянии помогают проверить целостность логических и физических

соединений сети. Такая информация имеет особенно большое значение в средах с маршрутизацией, поскольку маршрутизаторы принимают решения о пересылке пакетов на основе данных о состоянии сетевых соединений.

Следующим полем сообщения LMI являются информационные элементы (это поле имеет переменную длину). Каждый элемент информации (IE) содержит однобайтовый идентификатор IE, поле длины данного IE и собственно данные.

Флаг	LMI DLCI	Индикатор UI	Обозначение (дискриминатор) протокола	call reference	Тип со- общения	Элементы информации	FCS	Флаг
------	-------------	--------------	--	-------------------	--------------------	------------------------	-----	------

Формат сообщения LMI

Глобальная адресация

В дополнение к возможностям LMI общего плана существует несколько дополнительных расширений LMI, особенно полезных в сложных сетевых средах. Первой из таких возможностей является глобальная адресация. Базовая спецификация Frame Relay поддерживает только локальную значимость DLCI. В этом случае не существует адресов, обозначающих сетевые интерфейсы или подключенные к ним узлы. Поскольку устройства не имеют адресов, невозможно обычное преобразование (разрешение) адресов и их обнаружение. Это означает, что при стандартной адресации Frame Relay требуется создавать статические карты сети для того, чтобы сообщить маршрутизаторам какие DLCI использовать для поиска удаленных устройств и связанных с ними адресов. Система глобальной адресации поддерживает идентификацию сетевых узлов. За счет такого расширения значения, помещенные в поле DLCI, являются глобальными адресами конечных устройств (например, маршрутизаторов). Пример глобальной адресации приведен на рисунке 2.

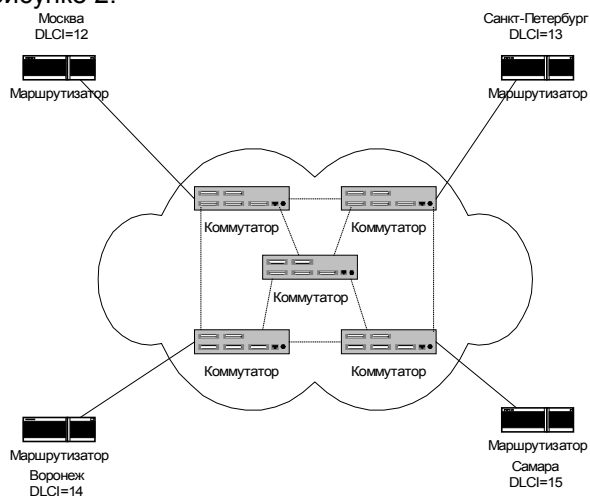


Рисунок 2. Обмен глобальными адресами

Отметим, что в приведенном на рисунке 2 примере каждый интерфейс имеет свой собственный идентификатор. Предположим, что узел 2 должен передать кадр узлу 1. Идентификатор

узла 1 (Москва) имеет значение 12, поэтому узел 2 (Санкт-Петербург) помещает это значение в поле DLCI и передает кадр в сеть Frame Relay. На выходе поле DLCI меняет свое значение на 13 (идентификатор отправителя). Интерфейс каждого маршрутизатора имеет уникальный идентификатор, позволяющий однозначно определить устройство. Такое решение позволяет обеспечить адаптивную маршрутизацию в сложной среде.

Преимущества глобальной адресации в полной мере проявляются в больших сложных сетях. В этом случае сеть Frame Relay выглядит для маршрутизатора как обычные ЛВС. Для использования преимуществ глобальной адресации не требуется вносить какие-либо изменения в протоколы вышележащих уровней.

Групповая адресация

Другим расширением LMI является групповая адресация (Multicasting). Группы обозначаются серией из 4 зарезервированных значений DLCI (1019 - 1022). Кадры, переданные устройством с использованием одного из зарезервированных DLCI, реплицируются сетью и передаются во все адреса заданного набора. Множественная адресация также использует сообщения LMI, уведомляющие пользователей устройств о добавлении, удалении и присутствии устройств в многоадресной группе.

В сетях с динамической маршрутизацией информация о маршрутах должна рассылаться многим маршрутизаторам. Использование групповой адресации существенно повышает эффективность обмена данными между маршрутизаторами, позволяя передавать одно сообщение сразу группе маршрутизаторов.

Состояние соединений

Каждый идентификатор DLCI соответствует постоянному соединению PVC. В некоторых случаях возникает необходимость передачи информации об этих соединениях (например, о сохранении активности интерфейса). Для передачи такой информации служат DLCI=1023 или DLCI=0, в зависимости от используемого стандарта.

LMI позволяет также передавать сведения о состоянии групповой адресации. При групповой адресации (multicasting) маршрутизатор шлет кадр с использованием зарезервированных для групповой передачи значений DLCI. Сеть может

дублировать такие кадры и доставлять их по предопределенному списку DLCI – таким образом осуществляется передача одного кадра по множеству адресов.

Стандарты Frame Relay

ANSI T1.618

Стандарт T1.618 описывает протокол, поддерживающий фазу переноса данных однонаправленного сервиса Frame Relay в соответствии с определением ANSI T1.606. T1.618 основывается на подмножестве ANSI T1.602 (LAPD), называемом Core Aspects, и использует как постоянные, так и коммутируемые виртуальные соединения.

T1.618 также включает механизм консолидированного управления на канальном уровне CLLM, описанный выше. Генерация и передача CLLM является необязательной. При использовании расширения CLLM значение DLCI=1023 резервируется для передачи управляющих сообщений канального уровня.

T1.618 поддерживает механизм неявного уведомления пользовательских устройств о насыщении сети. Уведомление о насыщении содержит код причины насыщения и список DLCI, для которых требуется снижение трафика.

ANSI T1.617

Для организации коммутируемых виртуальных устройств SVC пользователи Frame Relay должны организовать диалог с сетью, используя сигнальные спецификации T1.617. В результате успешного завершения диалога для виртуального соединения выделяется значение DLCI и дальнейшая работа с SVC ведется в соответствии со стандартом T1.618.

Для организации постоянного виртуального устройства PVC используется специальный протокол организации соединений, идентичный протоколу, используемому для D-каналов ISDN. Этот протокол описан в стандарте T1.617.

При работе с ISDN пользователи могут организовать соединение с помощью канала D. Для иных случаев, когда канал D отсутствует, требуется отделить процесс организации соединения от обычной передачи данных. В T1.617 для этого используется DLCI=0.

Стандарт T1.617 также содержит спецификации процедуры согласования параметров сервиса Frame Relay.

ANSI LMI

ANSI LMI представляет собой систему управления постоянными виртуальными устройствами PVC, опI идентичен LMI консорциума производителей оборудования, но не использует дополнительных расширений. ANSI LMI использует DLCI=0.

LMI производителей оборудования

LMI производителей оборудования представляет собой расширенную спецификацию Frame Relay, описанную в документе № 001-208966 от 18.09.90 г.

LMI консорциума производителей определяет базовый сервис Frame Relay на основе PVC для соединения пользовательских устройств DTE с оборудованием сетей Frame Relay. В дополнение к стандарту ANSI данное расширение включает дополнительные функции и процедуры для локального интерфейса управления (LMI).

8	7	6	5	4	3	2	1	Октет
Флаг (7E)								1
Адрес T1.618 (включая 10 битов DLCI)								2-3
Управление Q.922 (кадр UI или I)								4
Дополнительный символ (0x00)								5
NLPID								6
Данные								7
Последовательность проверки кадра								n-2 n-1
Флаг (7E)								

FRF.3

FRF.3 определяет мультипротокольную инкапсуляцию в кадры Frame Relay, соответствующие стандарту ANSI T1.618. Структура таких кадров показана ниже:

Поле NLPID (network Level Protocol ID – идентификатор протокола сетевого уровня) обозначает тип инкапсуляции или протокола. На рисунке 3 показаны возможные значения NLPID.

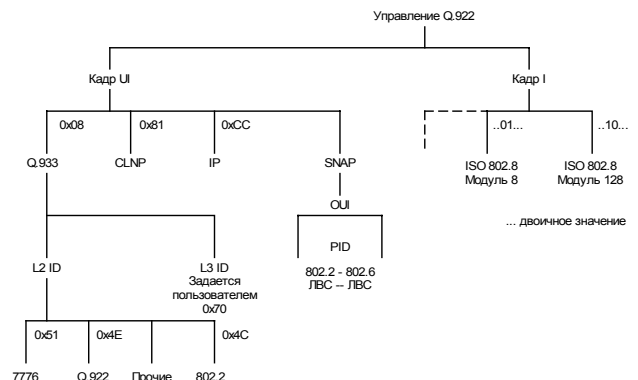


Рисунок 3. Мультипротокольная инкапсуляция Frame Relay

Например, значение 0xCC говорит об инкапсуляции кадра IP.

FREther

FREther представляет собой вариант Frame Relay, в котором вслед за заголовком Frame Relay содержится поле EtherType. Этот вариант

является дополнительной формой инкапсуляции, используемой некоторыми организациями в своих сетях.

NNI SVC

Виртуальные соединения NNI SVC описаны с соглашением о реализации Frame Relay Forum FRF.10. Это соглашение о реализации позволяет применять SVC поверх Frame Relay NNI и SPVC. Такие расширения применимы на NNI, где обе сети являются публичными, частными или одна сеть публичная, а другая – частная.

UNI SVC

FRF.4 представляет собой соглашение о коммутируемых виртуальных соединениях Frame Relay UNI. Это соглашение позволяет использовать оборудованное только Case A.

Frame Relay NNI PVC

Спецификация NNI PVC описана в документе FRF.2.

Timeplex (BRE2)

Протокол BRE (Bridge Relay Encapsulation) является фирменным протоколом Ascom Timeplex, обеспечивающим реализацию мостов через WAN-каналы с использованием инкапсуляции. BRE2 является модификацией протокола BRE, обеспечивающей более высокую производительность (за счет работы непосредственно на канальном уровне) и более простой в настройке. Эта реализация использует встроенный протокол маршрутизации.

Пример реализации сети

Frame Relay можно использовать как интерфейс частных и общедоступных сетей. Типовым вариантом является оборудование интерфейсом Frame Relay каналов данных мультиплексов T1/E1 с установкой на те же мультиплексы других интерфейсов для передачи голоса или видеоконференций. Пример такого использования показан на рисунке 3.

Сервис Frame Relay в сетях общего пользования реализуется за счет установки коммутационного оборудования Frame Relay в центральных офисах телекоммуникационных операторов. В этом случае пользователи могут реализовать эффек-

тивный доступ в сеть с незначительными расходами на закупку и поддержку оборудования.

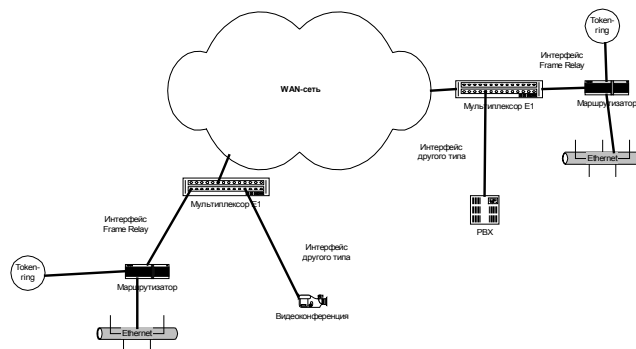


Рисунок 4 Гибридная сеть Frame Relay

В некоторых сетях линии, соединяющие пользовательское оборудование с сетевым, могут работать в широком диапазоне скоростей. Типовыми являются скорости в диапазоне 56 Кбит/с - 2 Мбит/с, хотя Frame Relay может поддерживать как более низкие, так и более высокие скорости (вплоть до 45 Мбит/с - DS3).

Как в публичных, так и в частных сетях использование интерфейсов Frame Relay не заставляет применять также и протокол Frame Relay для связи между устройствами. Стандарт Frame Relay не оговаривает протокола взаимодействия устройств. Таким образом, можно использовать технологии коммутации устройств и пакетов или гибрида этих технологий.

Дополнительная информация

Вы сможете найти дополнительную информацию по протоколу Frame Relay, стандартам, оборудованию на следующих серверах:

<http://www.frforum.com>

<http://www.alliancedatacom.com/frame-relay-tutorials.htm>

<http://www.eppet.pt/seldtcom.htm>

<http://www.webexpert.net/vasilios/telecom/telecom.htm>

Приведенный список далеко не полон – множество ссылок на техническую информацию по сетям Frame Relay можно найти на поисковых машинах Internet.