

Занятие № 19. “Архитектура и технологии построения сетей на базе протоколов X.25 и Frame Relay”

Для технологий построения глобальных сетей (WAN) характерно использование общей внешней физической среды в виде цифровых каналов передачи, связывающих попарно узлы коммутации между собой и с абонентскими системами (по принципу «точка – точка»).

В качестве физической среды для глобальных ТКС могут использоваться цифровые каналы существующих магистральных и зонавых первичных сетей, а также сетей телефонных абонентских линий с дополнительным использованием при необходимости специальных модемов, способных образовывать цифровые каналы на основе каналов ТЧ, ШК или просто через имеющуюся проводную или беспроводную среду передачи. Кроме того, в качестве внешней физической среды для одних глобальных ТКС могут выступать другие глобальные и локальные сети, исполняющие роль транспортных сетей или сетей абонентского доступа.

1. Архитектура и технологии построения сетей X.25

X.25 – это технология построения сети передачи данных с коммутацией пакетов. Архитектура X.25 включает описание процедур (протоколов) трех нижних уровней ЭМВОС: физического, звена данных и сетевого (а также частично транспортного). Сети X.25 отличаются способностью работать по каналам низкого качества с вероятностью ошибки в канале передачи до 0,01, но, как правило, с небольшой скоростью (единицы – десятки килобит в секунду). Основной недостаток – невозможность интерактивной работы в режиме реального времени (время доставки пакетов является случайным и относительно большим).

Типовая структура и состав сети X.25 показаны на рис. 1. Основными элементами сети являются **оконечные устройства** (асинхронные старт-стопные терминалы), **сборщики-разборщики пакетов** (СПП или PAD – *Packet Assembler-Disassembler*) и узлы коммутации (*packet switch*), именуемые обычно **центрами коммутации пакетов** (ЦКП или PSE – *Packet Switching Exchange*) или автоматизированными коммутационными центрами (АКЦ), а также связывающие их между собой **каналы физической передачи**.

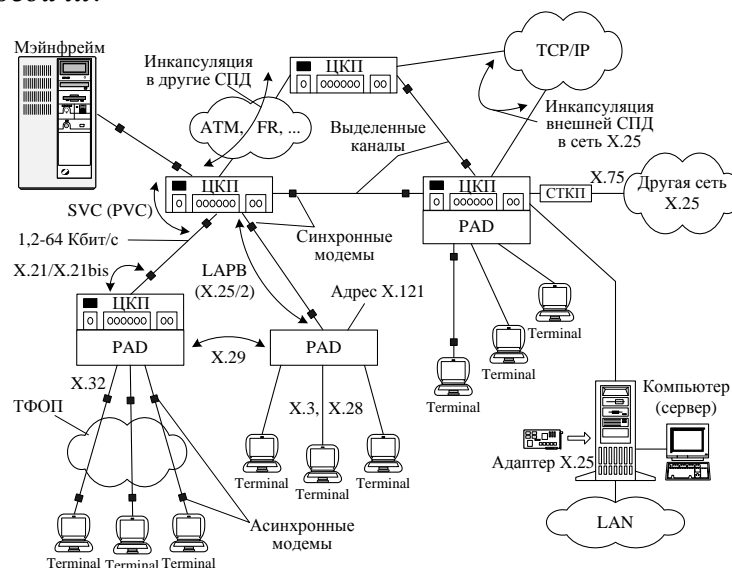


Рис. 1. Типовая структура и состав сети X.25

Более точно Рекомендация (стандарт, технология) X.25 имеет следующее название: «Интерфейс между окончательным оборудованием данных (ООД или DTE – *Data Terminal Equipment*) и аппаратурой окончания канала данных (АКД или DCE – *Data Channel Equipment*) для окончательных установок, работающих в пакетном режиме и подключенных к сетям передачи данных общего пользования по выделенному каналу».

Функционально границу между ООД и АКД можно провести между физическим уровнем оконечного устройства, реализующего полный стек протоколов X.25, и физической средой в виде входа/выхода цифрового канала (в частности, модема), связывающей оконечное устройство с

ближайшим ЦКП. Иногда эту границу изображают между физическим уровнем и уровнем звена данных (рис. 2), что не совсем корректно.

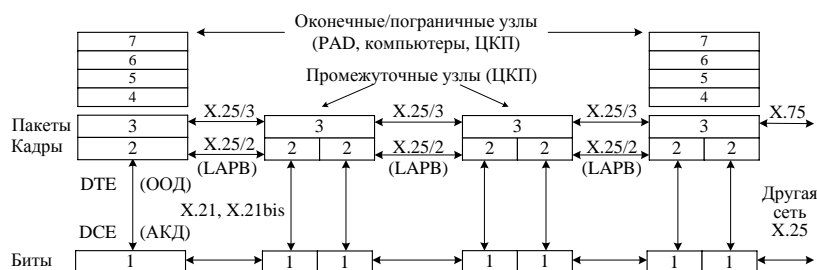


Рис. 2. Архитектура сети X.25

В целом под АКД чаще всего понимается модем, иногда оконечное устройство (стартстопный терминал), которое не полностью реализует все функциональные возможности X.25 и подключается к сети через PAD.

PAD используется для доступа в сеть терминалов при асинхронном режиме обмена информацией (посимвольном). PAD обычно имеет несколько асинхронных портов и один синхронный порт X.25. PAD накапливает поступающие через асинхронные порты данные, упаковывает их в пакеты и передает через порт X.25.

Компьютеры и локальные сети обычно подключаются к сети X.25 непосредственно через адаптер X.25 или маршрутизатор, поддерживающий на своих интерфейсах протоколы X.25. В настоящее время устройства PAD используются в основном для подключения к сетям X.25 кассовых терминалов и банкоматов, имеющих асинхронный интерфейс RS-232 (V.24/V.28). Для увеличения расстояния между терминалами и PAD от единиц – десятков метров до нескольких километров может использоваться интерфейс «токовая петля», а в случае еще большего удаления – модемы для работы по различным доступным каналам передачи, в частности, по выделенным или коммутируемым каналам ТЧ ТФОП.

Для соединения разных сетей X.25 посредством интерфейса X.75 могут использоваться специальные устройства – сигнальные терминальные коммутаторы пакетов (СТКП).

Архитектура сети X.25 в отличие от других сетей вполне соответствует концепции ЭМВОС в части, касающейся трех нижних уровней, и относительно хорошо сопрягается с протоколами OSI более высоких уровней.

Физический уровень. Стыки между ООД и АКД содержат:

механические характеристики;

электрические характеристики;

функциональные характеристики, задающие тип, число и назначение соединительных цепей стыка ООД/АКД;

процедурные характеристики, определяющие последовательность изменения состояния цепей интерфейса ООД/АКД, т. е. логику взаимодействия на физическом уровне.

Уровень звена данных. В Рекомендации X.25/2 указывается на необходимость использования на уровне звена данных процедуры управления звеном **LAPB** (*Link Access Protocol, Balanced*). Процедура является сбалансированной (симметричной), т. е. как ООД, так и АКД могут инициировать начало обмена данными.

В соответствии с протоколом LAPB обмен данными осуществляется кадрами, формат которых приведен на рис. 3.

Флаг 01111110	Адрес	Управление	Данные (пакет)	Проверочная последовательность (CRC)	Флаг 01111110
1 байт	1 байт	1 (2) байта	1–1024 байта	2 байта	1 байт

Рис. 3. Формат кадра X.25/2 (LAPB)

Поле «**Флаг**» разграничивает окончание предыдущего кадра и начало следующего (в отличие от кадров LLC, в которых для выделения границ используется преамбула на физическом уровне и указатель длины информационного поля на уровне MAC). Флаг имеет длину $W_{\text{КС.фл}} = 1$ байт и постоянное значение 01111110. Для исключения случайного совпадения комбинаций битов в информационном поле данных с флагом используется процедура бит-стаффинга, в соответствии с

которой передатчик, формирующий кадр, после каждой комбинации из пяти единиц вставляет бит «0», а приемник, обнаружив данную комбинацию, этот бит изымает.

Использование флагов позволяет не оговаривать заранее длину информационного поля данных $W_{ки}$, поэтому она может произвольно меняться в зависимости от размера ПБД сетевого уровня W_C или качества используемой среды передачи (чем хуже качество, тем короче должны быть кадры, и наоборот). Как правило, при установлении соединения согласуется только максимальный размер информационного поля данных. В сетях X.25 он обычно не превышает максимальную длину пакетов $2^{10} = 1024$ байт.

Поле «**Адрес**» в составе кадра при двухточечном соединении на уровне звена данных X.25 в отличие от многоточечной среды передачи LAN в общем случае теряет смысл. Однако в формате кадра LAPB такое поле осталось, но значительно сокращенной длины $W_{к.адр} = 1$ байт (вместо 12 байт). При этом используется данное поле для идентификации команд и ответов. Команды от АКД к ООД и ответы на них имеют адреса 11000000, а команды от ООД к АКД и ответы на них имеют адреса 10000000. Кадры с другими адресами не рассматриваются и стираются как в ООД, так и в АКД.

Поле «**Управление**» кадры в нем могут быть трех типов: I – информационные; S – супервизорные и U – нумерованные.

Поле «**Данные**» имеется только в информационных I-кадрах и предназначено для передачи без изменений пакета сетевого уровня X.25, который обычно имеет длину $W_{ки} = 2^n$, где $n = 4-10$.

Поле «**Периодическая проверочная последовательность**» (CRC – *Cyclic Redundancy Code*), предназначено для обнаружения ошибок в кадре (без учета флагов), имеет длину $W_{к.обн.ош} = 2$ байта.

Важной отличительной особенностью технологии X.25/2 (LAPB) является обязательный запрос повторения кадров, в которых после проверки поля CRC обнаруживаются ошибки. До подтверждения правильного приема очередного кадра уровень звена данных не будет принимать следующие кадры. Это является одной из причин случайных и длительных задержек передачи информации в сетях X.25.

Сетевой уровень. В соответствии с Рекомендацией X.25/3 протокол сетевого уровня (**PLP** – *Packet Level Protocol*) предоставляет пользователю возможность информационного взаимодействия с другими пользователями сети посредством временных (**SVC** – *Switch Virtual Circuit*) или постоянных (**PVC** – *Permanent Virtual Circuit*) виртуальных каналов, а также путем обмена дейтаграммами. Режим обмена дейтаграммами не получил большого распространения, и в последних версиях стандарта он отсутствует. Наиболее распространены временные соединения (SVC), так как они обеспечивают лучшее использование ограниченной пропускной способности глобальной сети при наличии большого количества пользователей.

В связи с тем, что в 1970-е гг., когда появилась технология X.25, еще не существовала семиуровневая ЭМВОС и отсутствовало понятие транспортного уровня, ряд функций последнего фактически взял на себя сетевой уровень в дополнение к основным функциям, связанным с маршрутизацией.

2. Архитектура и технологии построения сетей Frame Relay

Frame Relay – это технология построения сети передачи данных с ретрансляцией кадров, являющейся разновидностью быстрой коммутацией пакетов. Технология была создана для замены технологии X.25 путем ее упрощения с целью повышения эффективности передачи данных по высокоскоростным и надежным цифровым каналам. Стандарты FR описывают интерфейс доступа к сетям с быстрой коммутацией пакетов и включают процедуры (протоколы) двух нижних уровней ЭМВОС – физического и звена данных (не полностью, но с дополнительными функциями сетевого уровня). Как и X.25, технология обеспечивает образование и поддержку множества независимых виртуальных каналов в одном звене, но не имеет средств коррекции и восстановления кадров при возникновении ошибок. Вместо средств управления потоком в протоколе FR реализованы функции извещения о перегрузках в сети. Могут использоваться также более длинные кадры, чем в протоколе X.25/2.

FR позволяет эффективно передавать крайне неравномерно распределенный во времени трафик. Отличается малым временем задержки, скоростями до 2 Мбит/с, эффективным использованием пропускной способности каналов передачи. В отличие от сетей X.25 позволяет обеспечивать

интерактивный обмен оцифрованными речевыми сообщениями. Недостаток – требует каналы высокого качества (с вероятностью ошибки 10^{-7} и лучше).

Типовая структура и состав сети Frame Relay показаны на рис. 4. Основными элементами сети FR являются оконечные устройства (терминалы), устройства доступа к сетям с ретрансляцией кадров **FRAD** (*Frame Relay Access Device* или по аналогии с PAD – *Frame Relay Assembler/Disassembler* – ассемблер/дисассемблер ретрансляции кадров) и узлы коммутации, а также связывающие их между собой каналы физической среды передачи. Узлы коммутации (ЦКП), правильнее было бы назвать центрами коммутации кадров, поскольку пакеты как ПБД сетевого уровня в сетях FR не используются.

Узлы коммутации FR, используемые для соединения локальных сетей, часто обозначают в виде мостов (*bridge*) или коммутаторов (*switch*).

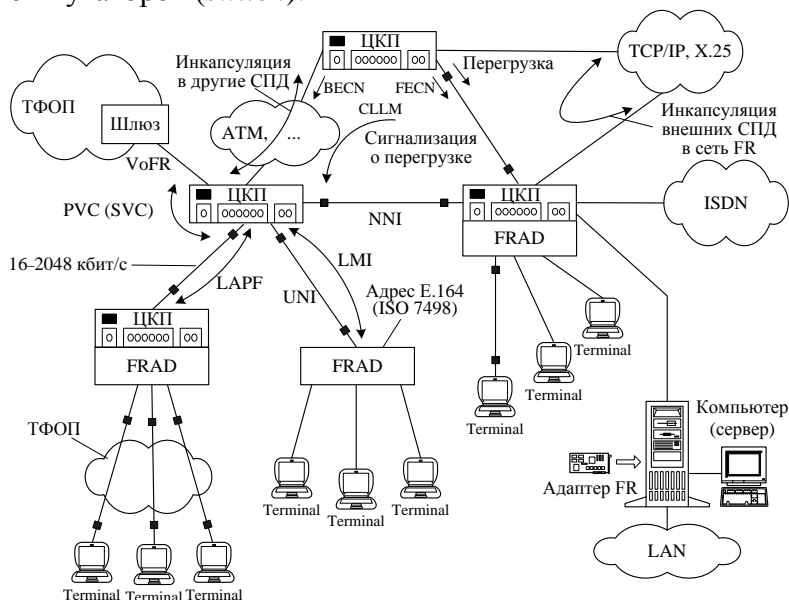


Рис. 4. Типовая структура и состав сети Frame Relay

В роли оконечных устройств сетей FR выступают компьютеры и локальные сети, подключаемые к сети FR через адаптер FR, коммутатор или маршрутизатор, поддерживающий на своих интерфейсах протоколы FR.

Возможность передачи речи в сетях FR побудила развитие технологий **VoFR** (*Voice over Frame Relay* – голос поверх Frame Relay) и создание шлюзов с ТФОП.

На рис. 4 приведены обозначения основных протоколов FR, определяющих процедуры взаимодействия различных элементов сети. Стек (профиль) основных протоколов, определяющий архитектуру сети FR, показан на рис. 5.



Рис. 5. Архитектура сети Frame Relay

В сетях FR на уровне звена данных используется процедура доступа к каналу для канальных групп в режиме кадров – протокол **LAPF** (*Link Access Procedure for Frame mode bearer services*).

Формат кадра протокола LAPF приведен на рис. 6.

Поле «**Флаг**» служит для разграничения кадров таким же образом, как в кадре LAPB (X.25/2).

Поле «**Заголовок**» может содержать от двух до четырех октетов (байт) и включает несколько элементов рассмотренных ниже.

CR (*Command/Response*) – бит «опрос/финал» («команда/ответ»). Зарезервирован для возможного применения в протоколах более высоких уровней ЭМВОС. Этот бит не используется протоколом FR и «прозрачен» для аппаратно-программных средств сети FR.

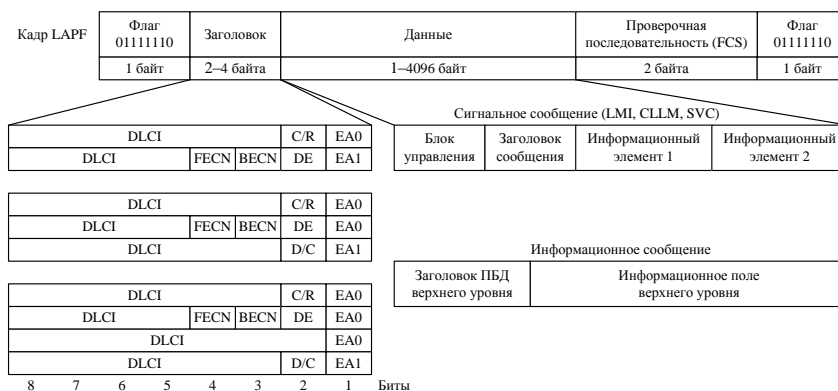


Рис. 6. Формат кадра Frame Relay (LAPF)

EA (*Extended Address*) – бит расширения адреса. Используется для расширения заголовка на целое число дополнительных октетов с целью указания адреса, состоящего более чем из 10 бит. Если этот бит установлен в «0», то он называется EA0 и означает, что в следующем байте имеется продолжение поля адреса, а если этот бит равен 1, то он называется EA1 и индицирует окончание поля заголовка.

FECN (*Forward Explicit Congestion Notification*) – бит уведомления (сигнализации) приемника о явной перегрузке. Устанавливается в «1» для уведомления получателя кадра о том, что произошла перегрузка в направлении передачи данного кадра.

BECN (*Backward Explicit Congestion Notification*) – бит уведомления (сигнализации) источника о явной перегрузке. Устанавливается в «1» для уведомления источника сообщения о том, что произошла перегрузка в направлении, обратном направлению передачи кадра, содержащего этот бит.

DE (*Discard Eligibility*) – бит разрешения сброса. Устанавливается в «1» в случае явной перегрузки и указывает на то, что данный кадр может быть уничтожен в первую очередь.

Поле «**Данные**» содержит информационные данные пользователя и состоит из целого числа октетов. Его максимальный размер определен стандартом FRF и составляет 1600 октетов, но возможны и другие максимальные размеры (вплоть до $2^{12} = 4096$ октетов).

Поле «**FCS**» – проверочная последовательность кадра. Используется для обнаружения возможных ошибок при передаче кадров, как поле CRC в кадре X.25/2 (LAPB), также состоит из двух октетов.

Основная процедура передачи кадров протокола FR состоит в том, что если кадр получен без искажений, он должен быть направлен далее по соответствующему маршруту (а если с искажениями, то он просто стирается).

В случае возникновения перегрузки в сети FR предусмотрено предупреждение источника и приемника, а также узлов коммутации вдоль маршрута следования пакетов начиная с узлов, соседствующих с узлом, на котором возникла перегрузка. Для сигнализации о перегрузке может использоваться специальный объединенный протокол управления каналом **CLLM** (*Consolidated Link Layer Management*), передача служебной информации в котором осуществляется в информационном поле кадров (см. рис. 6). Этот протокол применяется для оповещения источника, в направлении которого нет попутных кадров для использования BECN.

Получив предупреждение о перегрузке, соседние узлы коммутации могут снизить скорость передачи или изменить маршрут следования кадров. Не дожидаясь реакции на перегрузку со стороны соседних узлов, для разрешения проблем, связанных с перегрузкой сети FR, ее узлы могут отказываться от приема каких-либо кадров вообще или только той части кадров, в заголовке которых бит DE = 1.

Особенностью технологии FR является отказ от коррекции обнаруженных в кадрах искажений. Протокол FR подразумевает, что конечные узлы будут обнаруживать и корректировать ошибки за счет работы протоколов транспортного или более высоких уровней.