

Лабораторная работа

Протокол X.25



Введение

X.25

X.25 - это международный стандарт передачи пакетов по сетям общего пользования. Он поддерживает линии передачи данных со средней или высокой скоростью передачи для постоянного или периодического использования. Типичным применением являются системы электронной почты. Стандарт X.25 часто применяется для организации международных сетей.

Сейчас практически не существует сетей X.25, использующих скорости выше 128 Кбит/сек. Протокол X.25 включает мощные средства коррекции ошибок, обеспечивая надежную доставку информации даже на плохих линиях и широко используется там, где нет качественных каналов связи. В нашей стране их нет почти повсеместно. Естественно, за надежность приходится платить - в данном случае быстродействием оборудования сети и сравнительно большими - но предсказуемыми - задержками распространения информации. В то же время X.25 - универсальный протокол, позволяющий передавать практически любые типы данных. "Естественным" для сетей X.25 является работа приложений, использующих стек протоколов OSI. Доступны средства, позволяющие реализовать на базе протоколов OSI взаимодействие Unix- систем.

Рекомендация X.25 описывает три уровня протоколов - физический, сетевой и уровень звена передачи данных.

Физический уровень

Физический уровень описывает уровни сигналов и логику взаимодействия в терминах физического интерфейса. (Те из читателей, которым приходилось, например, подключать модем к последовательному порту персонального компьютера через интерфейс RS-232/V.24, имеют представление об этом уровне.)

Канальный уровень

Канальный уровень (протокол доступа к каналу/процедура сбалансированного доступа к каналу, LAP/LAPB), с теми или иными модификациями, достаточно широко представлен сейчас в оборудовании массового спроса - например в модемах - протоколами типа сетевого протокола MNP компании Microsoft, отвечающими за коррекцию ошибок при передаче информации по каналу связи, а также в локальных сетях на уровне управления логическим каналом.

Этот уровень протоколов отвечает за эффективную и надежную передачу данных по соединению "точка-точка", т.е. между соседними узлами сети X.25. Данным протоколом обеспечивается коррекция ошибок при передаче между соседними узлами и управление потоком данных (если принимающая сторона не готова к получению данных, она извещает об этом передающую сторону, и та приостанавливает передачу). Кроме того, он определяет параметры, меняя значения которых, режим передачи можно оптимизировать по скорости в зависимости от протяженности канала между двумя точками (времени задержки в канале) и его качества (вероятности искажения информации при передаче).



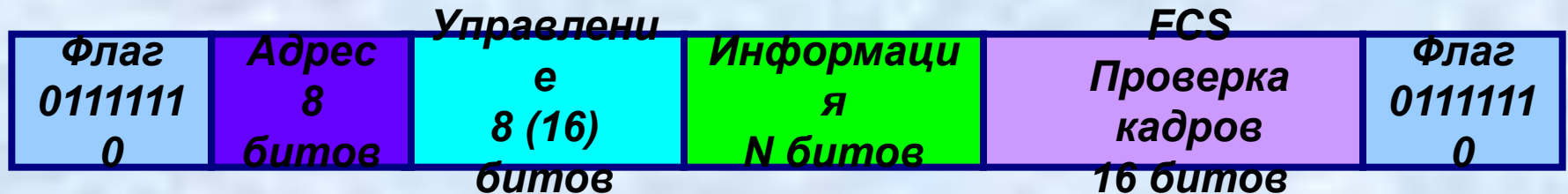
Для реализации всех указанных выше функций в протоколах второго уровня вводится понятие "кадра" (frame). Кадром называется порция информации (битов), организованная определенным образом. Начинает кадр флаг, т.е. последовательность битов строго определенного вида, являющаяся разделителем между кадрами. Затем идет поле адреса, которое в случае двухточечного соединения представляет собой адрес А или адрес В. Далее следует поле типа кадра, указывающее на то, несет ли кадр в себе информацию или является чисто служебным (например тормозит поток информации или извещает передающую сторону о приеме/неприеме предыдущего кадра). В кадре имеется также поле номера кадра. Кадры нумеруются циклически. Это означает, что при достижении заданного порогового значения нумерация опять начинается с нуля. И наконец, заканчивается кадр контрольной последовательностью, подсчитываемой при передаче кадра, используя циклический код. По этой последовательности на приеме происходит проверка на предмет искажения информации при передаче кадра.

Длину кадра можно менять при настройке параметров протокола в зависимости от физических характеристик линии. Чем короче кадр, тем меньше вероятность того, что он будет искажен при передаче. Однако если линия хорошего качества, то лучше работать с более длинными информационными кадрами, т.к. уменьшается процент избыточной информации, передаваемой по каналу (флаг, служебные поля кадра). Кроме того, число кадров, посылаемое передающей стороне без подтверждения от принимающей стороны, тоже можно менять. Данный параметр связан с так называемым "модулем нумерации", т.е. со значением порога, достигнув которого нумерация снова начинается с нуля. Это поле может быть задано равным в пределах от 8 (для тех каналов, задержка передачи информации в которых не слишком велика) до 128 (для спутниковых каналов, например, когда задержка при передаче информации по каналу велика).



Формат кадра

Нажмите на поле кадра, чтобы рассмотреть его отдельно:



[Подробнее](#)

Порядок передачи битов кадра

В адресах, командах, ответах и порядковых номерах сначала должны передаваться биты низшего порядка (2^0).

Порядок передачи битов в пределах поля "информации" зависит от других параметров передачи.

"FCS" должна передаваться в линию начиная с коэффициента самого высокого порядка.

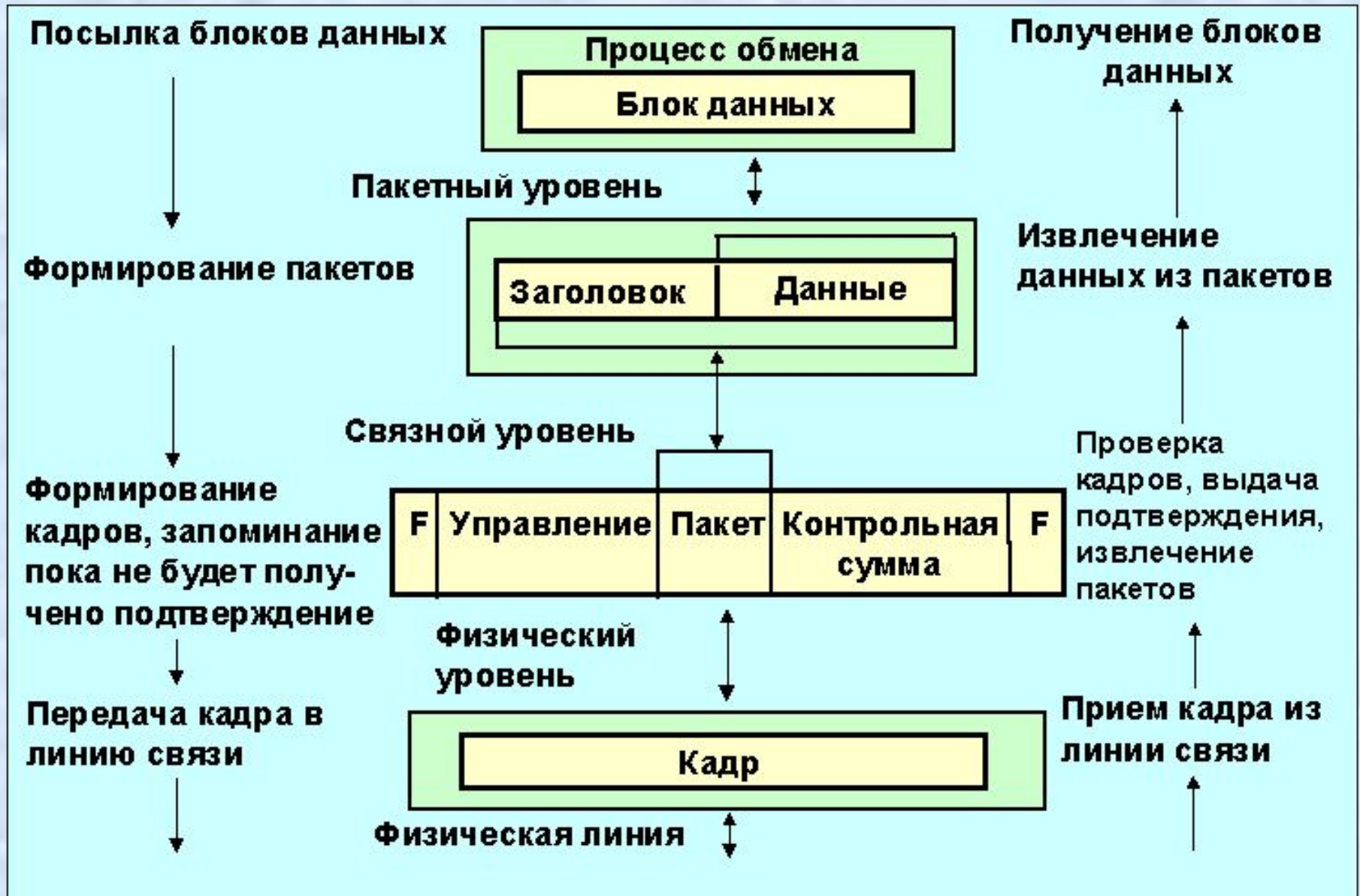
Сетевой уровень

Функционально данный протокол отвечает прежде всего за маршрутизацию в сети передачи данных X.25, т. е. за доведение информации от "точки входа" в сеть до "точки выхода" из нее. Со своей стороны протокол третьего уровня также структурирует информацию, иными словами, разбивает ее на "порции". На третьем уровне порция информации называется "пакетом" (packet). Структура пакета во многом аналогична структуре кадра. В пакете имеется свой модуль нумерации, собственные поля адреса, тип пакета, контрольная последовательность. При передаче пакет помещается в поле данных информационных кадров (кадров второго уровня). Функционально поля пакета отличаются от соответствующих полей кадра. Главным образом это касается поля адреса, которое в пакете состоит из 15 цифр; данное поле пакета должно обеспечивать идентификацию абонентов в рамках всех сетей пакетной коммутации по всему миру. Структуру сетевого адреса определяет рекомендация X.121.

Введя термин "пакет", мы можем перейти к следующему вопросу, а именно: как же происходит доставка информации от одного абонента до другого через сеть X.25? Для этого используется так называемый метод "коммутации пакетов" (packet switching), в связи с чем сети X.25 еще именуют сетями пакетной коммутации. Данный метод реализуется посредством установления между абонентами виртуальных, т.е. логических (в отличие от физических) соединений (virtual circuits). Для того чтобы передать информацию от абонента А к абоненту В, между ними прежде устанавливается виртуальное соединение, иначе - происходит обмен пакетами "запрос вызова" ("call request") - "вызов принят" ("call accept"). Только после этого между двумя абонентами может производиться обмен информацией.



Три уровня X.25



В сетях с коммутацией пакетов сегодня используются два класса механизмов продвижения пакетов — дейтаграммная передача и виртуальные каналы. И тот, и другой реализуются протоколами канального и сетевого уровня модели OSI.

Виртуальное соединение

Виртуальное соединение между двумя процессами организуется следующим образом:

Вызывающий абонент передает в сеть по свободному логическому каналу пакет “Запрос соединения”, содержащий адрес вызываемого абонента. Вызываемый абонент может не принять запрос на соединение. В этом случае он передает пакет “Запрос разъединения”, в котором в качестве причины разъединения может быть указано “Номер занят”. После этого вызываемый абонент не может использовать логический канал для получения пакета “Подтверждение разъединения”. Если сеть не может установить соединение с вызываемым абонентом, вызывающему абоненту посылается пакет “Указание разъединения”, содержащий причину разъединения: нереализуемый вызов, номер занят, незавершенный вызов, перегрузка сети и т.д.



Если вызываемый абонент принимает запрос на соединение, то он передает пакет "Согласие на соединение", после чего сеть посылает вызывающему абоненту пакет "Подтверждение соединения". Этим заканчивается фаза установления соединения между абонентами. Начиная устанавливать соединение, вызывающий абонент запускает таймер. Если в течении тайм-аута не поступил пакет "Подтверждение соединения", абонент передает пакет "Запрос разъединения", после чего процедура установления соединения может быть повторена.

После установления соединения начинается фаза передача данных. Протокол X.25 допускает использование следующих максимальных значений поля данных: 16, 32, 64, 128, 512 и 1024 октетов. Предпочтительна длина 128 октетов.

Для передачи срочных данных применяются нумерованные пакеты "Прерывание от сети" и "Прерывание от абонента", несущие в себе один байт данных о причине прерывания. Эти пакеты доставляются получателю независимо от состояния передачи нумерованных пакетов – даже тогда, когда пакеты данных не принимаются. Получение этих пакетов подтверждается соответствующими пакетами-квитанциями. При использовании однонаправленных логических каналов абонент может запросить повторную передачу пакета с помощью пакета "Отказ", несущего в себе номер пакета $N(R)$, начиная с которого необходимо произвести повторную передачу.

По окончании передачи постоянные виртуальные каналы закрываются и происходит разъединение в установленном порядке.



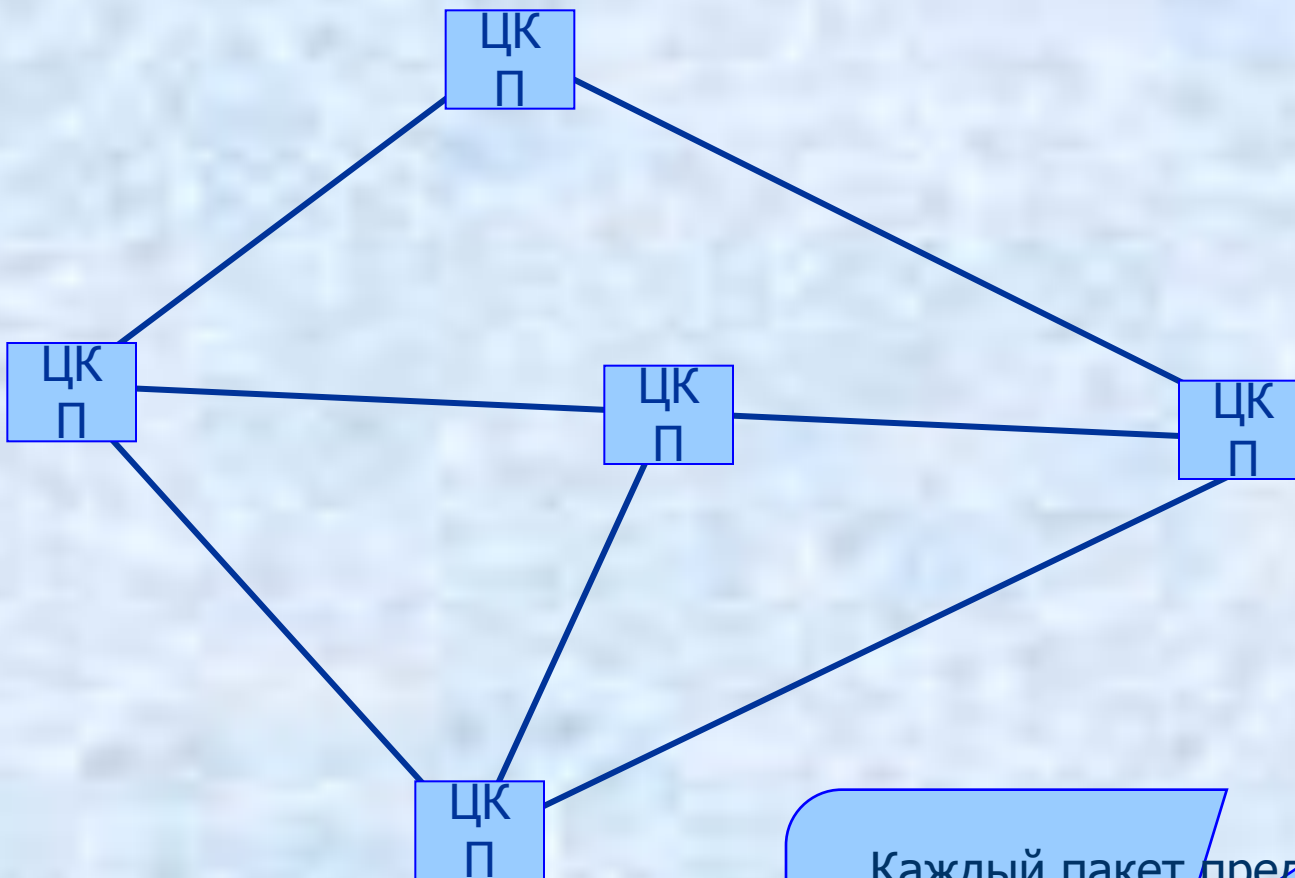
Дейтаграммное соединение

Дейтаграммный механизм основан на том, что все передаваемые пакеты обрабатываются независимо друг от друга, пакет за пакетом. Выбор следующего узла определяется адресом узла назначения, содержащегося в заголовке пакета.

Аппаратно и программно реализация этого происходит в узлах связи (коммутаторах), имеющих специальные разделы памяти, в которые в виде особых таблиц занесены маршруты прохождения пакетов. Таблица, создаваемая для протоколов канального уровня обычно называется таблицей продвижения (forwarding table), а для протоколов сетевого уровня — таблицей маршрутизации (routing table). Одновременно на каждой линии связи коммутатор осуществляет контроль прохождения каждого блока информации. Это позволяет не только безошибочно передавать сообщения, но автоматически начислять плату за пользование сетью. Столь сложный процесс передачи информации требует наличия большого количества служебной информации, и именно поэтому протокол X.25 считается самым «медленным» по сравнению с более новыми технологиями.



- 1
- 2
- 3
- 4



Каждый пакет передается по сети независимо от других пакетов; на конечном пункте собирается согласно номерам



Далее

Адресация в сети X.25

В сетях в соответствии с Рекомендацией X.121 используются адреса 3-х типов:

1. Полный (международный) сетевой адрес - 0 250 C XXXXYYYYZZ, где (слева направо):

- 0 признак того, что адрес задан в полном виде;
- 2504 DNIC - код сети, где:
- 2 код Европы;
- 50 код страны (СНГ/СССР);
- C код национальной сети (например, для ИНФОТЕЛ C=4);
- XXXXYYYYZZ уникальный код абонента внутри сети (до 10 цифр)

2. Внутрисетевой адрес - CXXXXXXXXX, где:

- C последняя цифра DNIC-а, т.е. уникальный код сети внутри одной страны;
- XXXXXXXXXXXX код абонента.

3. Телефонный номер - 9GNNNNNNNNNN, где:

- 9 признак телефонного номера;
- G код узла коммутации (города);
- NNNNNNNNNNN телефонный номер внутри города (до 11 цифр).



Формат адреса при межсетевом соединении

Формат адреса при межсетевом соединении



- 0 -
- 1 - Океания
- 2 - Европа
- 3 - Америка
- 4 - Азия
- 5 - Австралия
- 6 - Африка
- 7 - Юж.Америка
- 8 -
- 9 -

- 0 - ROSPAC
- 1 - SPRINT
- 2 - IASNET
- 3 - MMTLnet
- 4 - INFOTEL
- 5 -
- 6 - ROSNET
- 7 - ISTOK-K
- 8 - TRANSINFORM
- 9 - LENFINKOM



Далее

Установление соединения

Основные понятия:

Переменная состояния передачи $V(S)$ обозначает порядковый номер следующего по очереди кадра "I", который должен быть передан. Переменная состояния передачи может принимать значения от 0 до 7 (отводятся для нумерации 3 бита). Таким образом, последовательно можно передать семь пронумерованных кадров "I". Значение переменной состояния передачи увеличивается на единицу при передаче каждого следующего кадра "I", но не может превышать величины $N(R)$ последнего принятого кадра "I" или "S".

Передаваемый порядковый номер $N(S)$. Этот номер $N(S)$ содержат только кадры "I" - передаваемый номер отправляемых кадров. До передачи очередного кадра "I" значение $N(S)$ делается равным значению переменной состояния передачи.

Переменная состояния приема $V(R)$. Переменная состояния приема обозначает порядковый номер следующего по очереди кадра "I", который должен быть принят. Переменная состояния приема может принимать значения от 0 до 7 (отводятся для нумерации 3 бита). Таким образом последовательно можно принять семь пронумерованных кадров "I". Значение переменной состояния приема увеличивается при приеме свободного от ошибок очередного кадра "I", передаваемому порядковый номер которого $N(S)$ равен переменной состояния приема.

Принимаемый порядковый номер $N(R)$. Этот номер $N(R)$ содержат только кадры "I" и "S" - ожидаемый порядковый номер следующего принимаемого кадра "I". До передачи какого-либо кадра значение $N(R)$ делается равным текущему значению переменной состояния приема. $N(R)$ указывает, что ООД или АКД, передавшие $N(R)$, правильно приняли все кадры "I" с номерами $(N(R) - 1)$.



Форматы пакетов и их кодирование

Бывают следующие виды пакетов:

Пакеты "Запрос вызова" и "Входящий вызов"

- ✓ **Адресация:** октет 4 состоит из указателей длины поля для адресов вызываемого и вызывающего оконечное оборудование данных (ООД); с первого по четвертый и с пятого по восьмой биты соответственно адрес вызываемого ООД и адрес вызывающего ООД. Первый и пятый биты являются битами низшего порядка. Длина адреса указывается в полу октетах; при нечетном количестве полу октетов к последнему полу октету добавляется четыре нулевых бита в поле адреса.
- ✓ **Поле адреса:** октет 5 и последующие октеты содержат адреса, если они имеются. Каждая цифра адреса кодируется в двоично-десятичном коде в виде полу октета, причем первый и пятый биты являются битами низшего порядка в каждой цифре. Пятый октет кодируется начиная с цифры высшего порядка. В каждом октете цифра более высокого порядка кодируется в битах 8, 7, 6 и 5.
- ✓ **Поле длины услуг** расположено в следующем после адресного поля октете, причем биты с первого по шестой указывают длину поля в октетах (двоичное кодирование), а первый бит является битом низшего порядка.
- ✓ **Поле услуг** имеет максимальную длину, составляющую 62 октета. В этом поле располагаются необязательные услуги для абонентов, которые предоставляются сетью.
- ✓ **Поле абонентских данных** имеет максимальную длину, составляющую 16 октетов. В этом поле могут располагаться данные от абонента.



Пакеты "Вызов принят" и "Соединение установлено".

Пакеты "Данные"

"Q" - определитель данных; P(R) – принимаемый номер пакета; P(S) – передаваемый номер пакета; M – указатель "еще данные".

P(R) и P(S) имеют двоичное кодирование, причем биты 6 и 2 низшего порядка. За третьим октетом следует поле абонентских данных (информация).

Пакеты "RR"; "RNR"; "REJ".

"RR" используются ООД для указания на то, что оно готово принять "W" пакетов в пределах окна начиная с номера P(R), который указывается в этом пакете.

"RNR" используются ООД для указание на временную неспособность принимать дополнительные пакеты данных.

P(R) – принимаемый номер имеет двоичное кодирование, причем шестой бит – бит низшего порядка.

Пакеты "Прерывание" и "Подтверждение прерывания".

Пакеты "Запрос рестарта", "Индикация рестарта" и "Подтверждение рестарта".

"Подтверждение рестарта". Диагностический код содержит дополнительную информацию о причине повторной установки.

Пакеты "Запрос сброса", "Индикация сброса" и "Подтверждение сброса".

Пакет "Диагностика".

**Пакеты "Запрос регистрации"
"Подтверждение регистрации".**

Пакеты "Запрос регистрации" и



Преждевременное прерывание кадра.

Межкадровое заполнение времени.

Нерабочее состояние канала:

- Преждевременное прерывание кадра осуществляется передачей, по крайней мере, семи следующих друг за другом единиц (без вставляемых нулей);
- Заполнение времени между кадрами осуществляется передачей "флагов", следующих друг за другом;
- Канал считается в нерабочем состоянии, когда обнаруживается, что единицы следуют подряд, по крайней мере, в течении 15 битов.

Прозрачность

При передаче кадра необходимо проверять его содержание между двумя "флагами", включая "адрес", информацию "управления", поле "информации", а также "FCS", и вставлять "0"-й бит после всех последовательностей из пяти идущих подряд битов "1" (включая последние пять битов "FCS"), чтобы избежать имитации комбинации "флаг".

На приемном конце "0"-е биты отбрасываются.

Данная процедура обязательна при формировании любого кадра.



Особые состояния и восстановление

- ✓ **“Занятость”**. Состояние занятости образуется в тех случаях, когда ООД или АКД временно не могут продолжать принимать кадры “I” из-за внутренних ограничений (ограниченность емкости буферных накопителей).

Состояние занятости передается кадром формата “RNR” (*Receive Not Ready*, “неготовность к приему”). Кадр “I”, ожидающий передачи, может быть передан до или после “RNR”.

Состояние занятости устраняется передачей кадров форматов:

- Ответ “UA” (*Unnumbered Acknowledge*, “подтверждение без номера”);
- “RR” (*Receive Not Ready*, “готовность к приему”);
- “REJ” (*Reject*, “неприем”);
- “SABM” (*Set Asynchronous Balanced Mode*, установить асинхронно сбалансированный режим).

Команда “RNR” с битом “P”(“опрос”), установленным в “1”, может использоваться ООД для запроса о состоянии АКД.

- ✓ **Ошибка по “FCS”**. Любой кадр, полученный ошибкой по “FCS”, не принимается приемником. Такой кадр отбрасывается, и никаких действий с ним в связи с этим не производится.



✓ **Ошибка в порядковом номере N(S).** Поля информации всех кадров "I", номера N(S), которых не совпадают с переменной состояния приема V(R), будут отбрасываться. При этом приемник не увеличивает свою переменную состояния приема, т.е. не подтверждает кадр "I", вызвавший ошибку в порядковом номере, или кадры "I", которые могут следовать далее, пока не будет получен кадр "I" с правильным N(S). Приемник ООД или АКД будет ждать управляющую информацию о подтверждении ранее принятых кадров.

✓ **Восстановление по формату "REJ".** Как только ООД или АКД, находящиеся в ожидании управляющей информации (в случае получения неправильного номера N(S)), получают команду на подтверждение, они посылают ответ "REJ" с номером N(R), с которого необходимо повторить кадры "I".

✓ **Состояние неприема.** Оно образуется при получении безошибочного кадра (по "FCS"), который содержит неискаженную команду (или ответ) в поле управления, неправильный формат, неправильный номер N(R) или поле информации, превышающее максимальную длину.

Об этом состоянии АКД сообщает ответом "CMDR" ("FRMR"). В этом состоянии АКД дополнительные кадры "I" не принимает, пока из этого состояния ООД не выйдет с помощью процедуры повторной установки.



Недействительный кадр

Кадр, не ограниченный должным образом двумя "флагами", является недействительным кадром.

Аппаратура канала данных (АКД)

АКД имеет внутреннюю переменную режима "B", которая определяет режимы:

- "SABM", "B" устанавливается в "1" (при получении из ООД команды "SABM");
- "SARM", "B" устанавливается в "0" (при получении из ООД команды "SARM");

Переключение переменной режима "B", осуществляемое ООД, должно производиться только на разъединенном участке.



Процедуры передачи информации при "SARM" и "SABM"

Эти процедуры применимы к передаче кадров "I" в каждом направлении во время фазы передачи информации.

Передача кадров "I". АКД передает кадр "I", предназначенный для передачи, с номером $N(S)$, равным ее текущей переменной состояния передачи $V(S)$, и с номером $N(R)$ равным ее текущей переменной состояния приема $V(R)$. В конце передачи кадра "I" АКД увеличит $V(S)$ на единицу.

Прием "I". При приеме кадра "I", правильного по "FCS", АКД увеличит свою переменную состояния приема $V(R)$ (т.к. $N(S)$ принимаемого кадра должен быть равен $V(R)$, а только после этого $V(R)$ увеличится на единицу). После этого АКД будет действовать следующим образом:

При наличии передаваемого кадра "I" АКД подтвердит принятый кадр "I" путем установки $N(R)$ на величину $V(R)$ (также АКД может подтвердить принятый кадр "I" путем передачи "RR" с $N(R) = V(R)$).

При отсутствии кадра "I" для передачи АКД передаст "RR" с $N(R) = V(R)$.



Неправильный прием кадров. Кадр с неправильной "FCS" будет отбрасываться.

Кадр "I" с правильной "FCS", но неправильным $N(S)$, не равным $V(R)$ в АКД, будет отбрасываться; но АКД передаст ответ "REJ" с $N(R)$, установленным на единицу больше, чем $N(S)$ последнего правильно принятого кадра "I". АКД будет так поступать до тех пор, пока не будет правильно принят ожидаемый кадр "I". А далее поступит, как описано выше.

Подтверждение приема. При правильном приеме кадров "I" или "S" АКД будет рассматривать $N(R)$, содержащийся в этих кадрах, как подтверждение для всех кадров "I", которые АКД передала с номерами $N(S)$, вплоть до принятого номера $N(R) - 1$. Если имеются неподтвержденные кадры "I", которые уже переданы, то АКД включит свой таймер, и как только он досчитает до конца, АКД приступит к процедуре повторной передачи в применении к неподтвержденным кадрам "I".

Неприем при получении. Получив "REJ" с номером $N(R)$, АКД установит свою $V(S) = N(R)$. АКД будет производить повторную передачи следующим образом:

Если АКД получила "REJ" во время передачи кадров "I" или "S", то завершит эту передачу и начнет сразу передавать запрашиваемый кадр "I";

Если АКД получила "REJ" во время передачи кадра "I", то прекращает эту передачу и начинает передавать запрашиваемый кадр "I";



Если АКД получила "REJ" когда она не передает кадры, то начинает немедленно передавать запрашиваемый кадр "I".

Если другие неподтвержденные кадры "I" были уже переданы вслед за кадром, указанным в "REJ", то эти кадры "I" во всех случаях будут повторно передаваться из АКД вслед за повторной передачей запрашиваемого кадра "I".

Прием "RNR". (Receive Not Ready, "неготовность к приему"), После приема "RNR" АКД может передать кадр "I" с $N(S)$, равным $N(R)$, указанному в "RNR". После этого АКД будет ждать подтверждения (т. е. "RR", "REJ") и не будет передавать кадры "I".

Состояние занятости АКД. В этом состоянии АКД передает ответ "RNR" с битом $F = 1$, если последние кадры "I" или "S" были с битом $P=1$. Выход из этого состояния осуществляется передачей ответа "REJ" или "RR" с $N(R)$, равным $V(R)$, в АКД.

Ожидание подтверждения. Передав кадр "I", АКД запустит свой таймер. Если таймер досчитает до конца, а подтверждения не будет, АКД вновь повторит кадр "I" и запустит повторно таймер. Так будет происходить несколько раз (это число устанавливается заранее). И только после этих "N"-повторов АКД приступит к процедуре повторной установки.



Режим нормального ответа

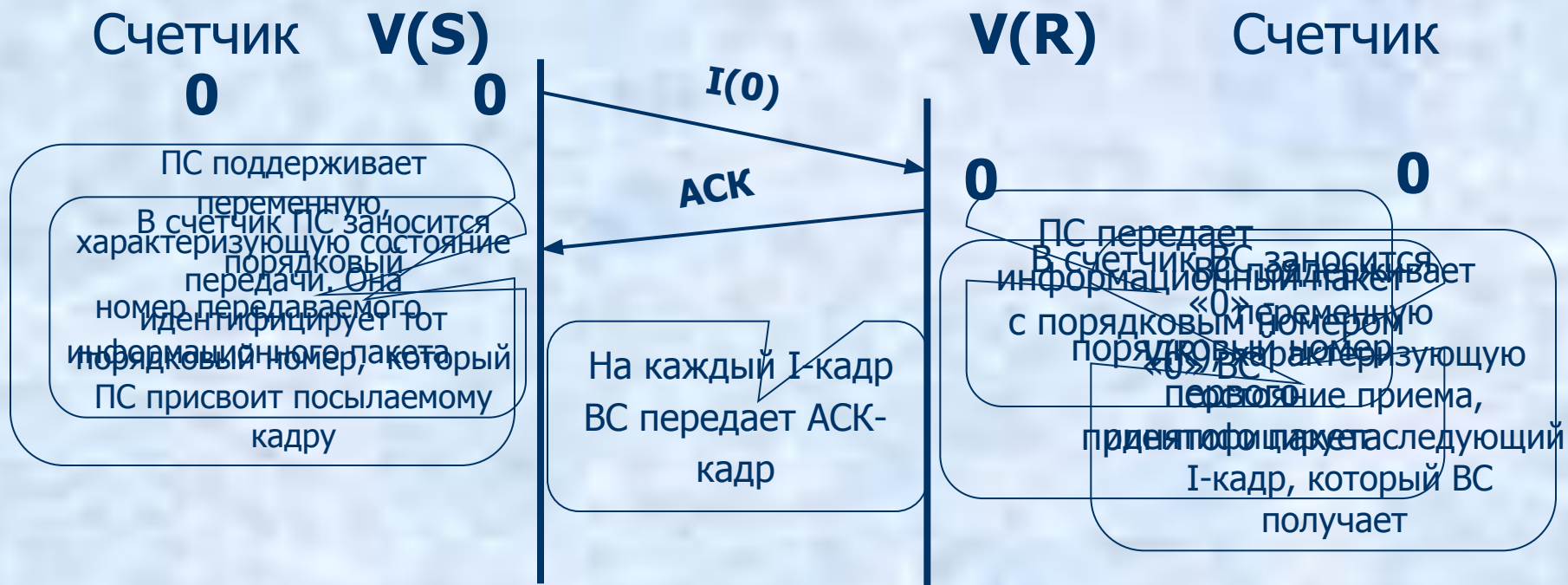
В режиме нормального ответа пересылкой всех данных (I-кадров) управляет первичная станция (станция А). Т.е. вторичная станция не может начать передачи кадров без запроса от первичной. Для опроса вторичной станции (станции Б) первичная станция обычно использует кадр нумерованного опроса, в котором бит опроса установлен в "1". Если у вторичной станции нет готового для отправки кадра, то она посылает кадр ($N(R)=V(R)$), в котором бит. Если же у нее есть готовые данные, она посылает их, как правило, в виде цепочки I-кадров, установив в последнем из этой цепочки кадре бит.

Двумя другими не менее важными аспектами фазы передачи данных являются *управление ошибками* и *управление потоком*. Управление ошибками реализуется в основном с помощью процедуры "Возврат к N", либо стратегии выборочной повторной передачи. Стратегия "Возврат к N" заключается в следующем:



Станция Б при приеме "I"-кадров анализирует сначала КСП кадра и если она совпадает с той, которая была вычислена станцией, то кадр принимается, а переменная состояния приема $V(S)$ увеличивается на "1" ($V(S):=V(S)+1$), в противном случае кадр будет отброшен, а $V(S)$ останется прежней. Так в частности если первые три кадра $I(0;0)$, $I(1;0)$ и $I(2;0)$ были переданы без ошибок и как следствие приняты станцией Б, при этом $V(S)$ постоянно увеличивалась на "1" при каждом правильно принятом I-кадре. В кадре $I(2;0)$ бит опроса был установлен в "1" поскольку сработал "механизм запросов", таким образом станция А сообщила станции Б, что она готова принять от нее информационные кадры и требует послать ей подтверждение об успешном принятии ранее переданных "I"-кадров.





При механизме «непрерывная передача - ЗПР» PC может непрерывно посылать I-кадры, не дожидаясь извещения. Тогда при таком механизме передачи у приемной станции буферная память может быть переполнена, в этом случае она не сможет передавать кадры с той же скоростью, с которой получает их и может остановиться передача кадров. Чтобы учесть этот случай в протокол обычно включают дополнительный регулирующий механизм.

Число I-кадров, которые PC может послать до получения извещения ограничивается (обычно равно от 0 до 7). Для этого PC следит за числом выделенных (не получивших извещение) I-кадров, хранящихся в текущий момент в списке повторных передач.

Счетчик

$V(S)$

0

0

1

0

1

$V(R)$

Счетчик

0

1

0

1

Переменная идентифицирует тот ряд, за которым в счетчике PC записан порядковый номер второго передаваемого информационного кадра

В счетчике PC записан порядковый номер следующего передаваемого информационного кадра



На каждый I-кадр ВС передает ACK-кадр

PC передает второй информационный пакет с порядковым номером, характеризующим состояние приема

Содержимое счетчика вторичной станции ВС увеличивается на 1. I-кадр, который ВС т.к. принят второй по порядку кадр

Если при этом ВС окажется не в состоянии передавать очередные кадры, то она прекратит возвращение кадров извещения. Список повторных передач в PC заполнится, что в свою очередь послужит для PC сигналом, оповещающим ее о необходимости прекратить посылку I-кадров впредь до получения извещения.

При передаче кадров устанавливается верхний предел (окно передачи звена) числа I-кадров, выделенных в списке повторных передач. Очевидно, что если окно равно 1, то схема управления передачей становится схемой «бездействия - ЗПР» с вытекающей отсюда потерей эффективности передач. Поэтому, предел выбирается таким, чтобы не подавлять потока I-кадров по звену, но при условии, что приемная станция успевает воспринять или передать все поступающие кадры. Такие факторы, как максимальная длина кадра, объем доступной буферной памяти и скорость передачи битов, должны быть совместно учтены при определении окна передач.

Поэтому, предел выбирается таким, чтобы не подавлять потока I-кадров по звену, но при условии, что приемная станция успевает воспринять или передать все поступающие кадры. Такие факторы, как максимальная длина кадра, объем доступной буферной памяти и скорость передачи битов, должны быть совместно учтены при определении окна передач.

ПС обеспечивает запись, хранящую число I-кадров в списке повторных передач, ожидающих извещения. Эту запись называют счетчиком повторных передач. При передаче каждого I-кадра его значение увеличивается на единицу, а после получения каждого извещения и связанного с этим удаления I-кадра из списка повторных передач значение счетчика уменьшается на 1. Если значение счетчика повторных передач становится равным окну передач, то поток I-кадров приостанавливается.

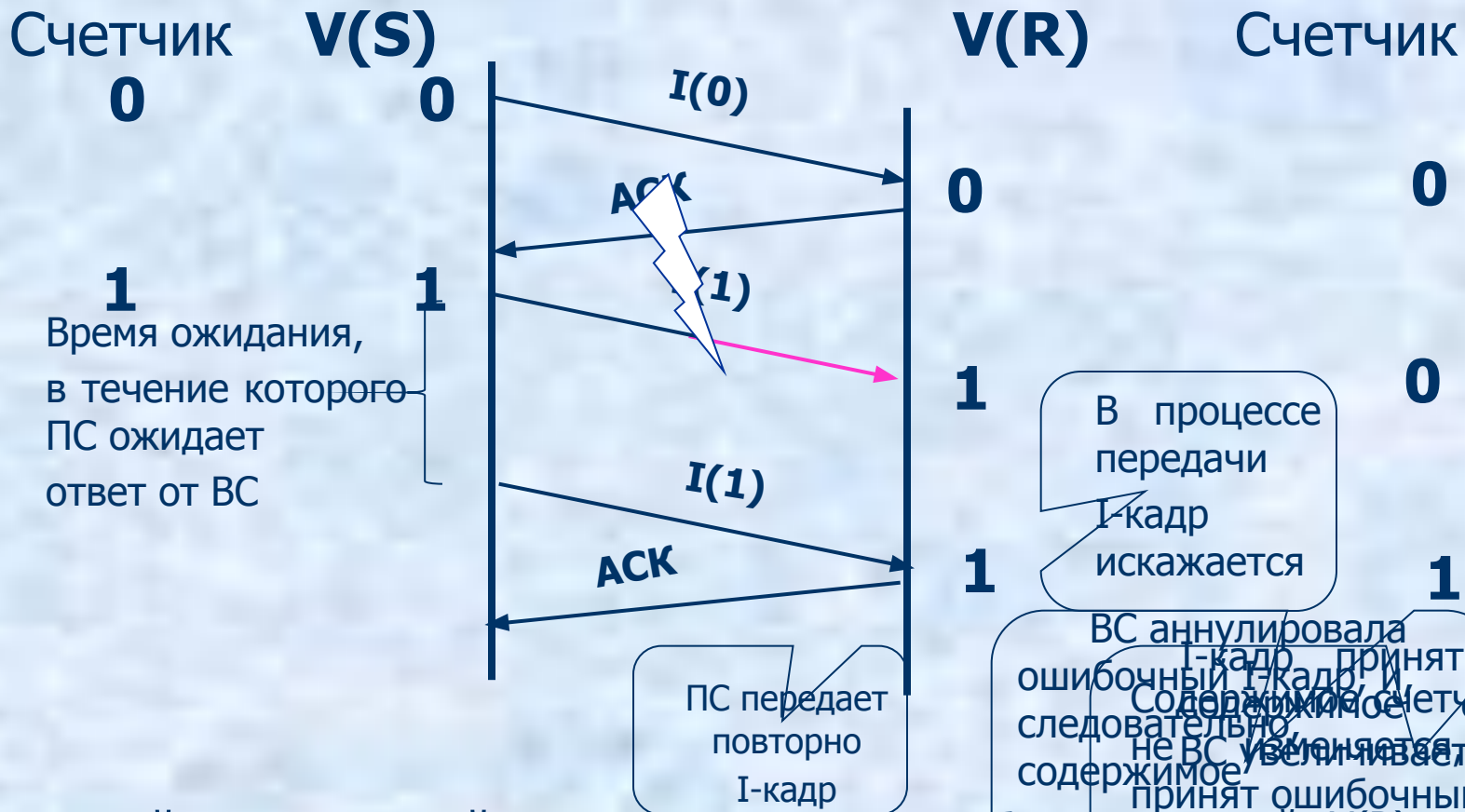
Чтобы пояснить схему «возврат к N», рассмотрим пример, размер окна передачи берем равным некоторому числу идентификаторов, тогда ответных пакетов должно быть $K+1$.

Выбираем условие: окно передачи $K=3$

При этом ПС посылает полностью все I-кадры, ответные сигналы, которые должны подтверждать правильность принятых кадров, возвращаются от ВС к ПС искаженными, т.о., ПС включает для каждого I-кадра механизм «тайм-аута», и т.к. она не получила ни одного верного подтверждения на переданные на ВС I-кадры, то вновь посылает каждые из этих кадров.

Тогда ВС устанавливает, что все I-кадры являются дубликатами, аннулирует их, и на все три кадра она посылает один АСК кадр.





1
 Время ожидания,
 в течение которого
 ПС ожидает
 ответ от ВС

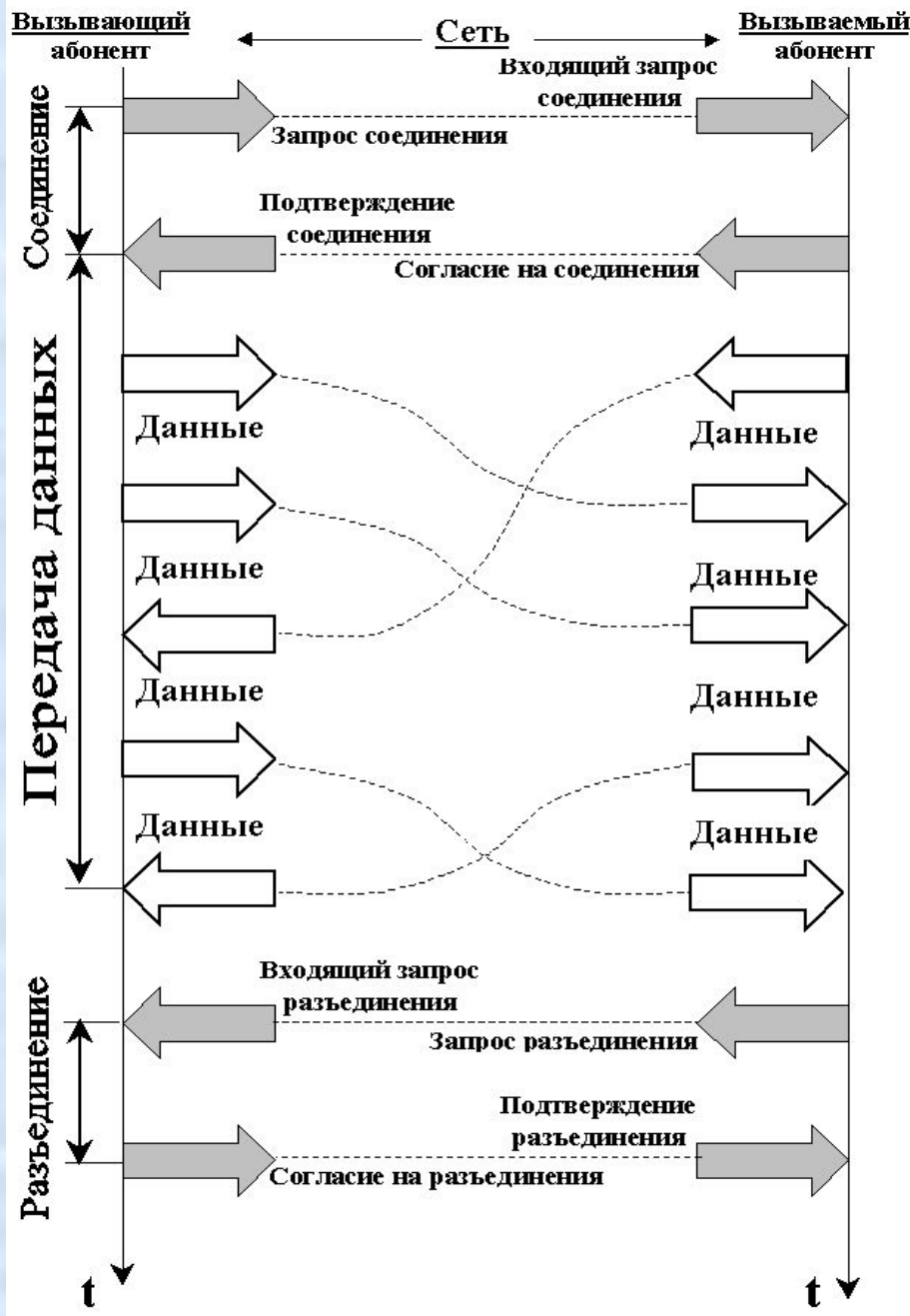
В процессе
 передачи
 I-кадр
 искажается

ПС передает
 повторно
 I-кадр

ВС аннулировала
 I-кадр, принят
 ошибочный I-кадр и
 следовательно
 счетчик не
 увеличивается на 1.
 Принят ошибочный
 I-кадр, поэтому
 V(R) не
 увеличивается
 в свою же
 очередь,
 дожидается
 ответного
 извещения
 от ВС в
 течении
 времени
 ожидания

В данной схеме второй I-кадр при передаче был поврежден, поэтому ВС аннулировала его и не отправила ответного извещения. В свою очередь, дожидается ответного извещения от ВС в течении времени ожидания (этот выбранный интервал тайм-аута должен быть больше максимально возможной задержки на пересылку кадра и прием соответствующего извещения). Если за это время не приходит ACK-кадр, следовательно, ПС повторно посылает последний посланный I-кадр.

Асинхронно сбалансированный режим



В этом режиме обе станции и ПС, и ВС имеют равные права, и каждая станция реализует функции, как первичной, так и вторичной станций. Используется главным образом, для двухточечных звеньев в компьютерных сетях. Обеспечивает передачу по двухточечному дуплексному каналу.



Виртуальное соединение

Состояние "готовность".

Если нет никакого вызова, то логический канал находится в состоянии "Готовность".

Этапы "вызова".

1. "Запрос вызова". Вызывающее ООД передает пакет "Запрос вызова".
2. "Входящий вызов". АКД будет сообщать о входящем вызове путем передачи через стык ООД-АКД пакета "Входящий вызов".
3. "Вызов принят". Вызываемое ООД будет указывать, что оно приняло вызов путем передачи через стык ООД-АКД пакета "Вызов принят".
4. "Соединение установлено". Прием вызывающим ООД пакета "Соединение установлено" означает, что Соединение установлено и канал переходит в состояние передачи данных.
5. "Встречный вызов". Происходит в том случае, когда ООД и АКД одновременно передают пакеты "Запрос вызова" и "Входящий вызов", при этом указывается один и тот же номер логического канала. АКД должна принять запрос вызова и аннулировать входящий вызов.



Этапы "Отбоя".

1. Отбой со стороны ООД. ООД сообщает об отбое путем передачи пакета "Запрос отбоя", АКД на этот запрос должна ответить, передав пакет "Подтверждение отбоя", указав тот же номер канала. После этого логический канал переходит в состояние готовности.
2. Отбой со стороны АКД. ООД сообщает об отбое путем передачи пакета "Индикация отбоя", ООД на этот запрос должна ответить, передав пакет "Подтверждение отбоя", указав тот же номер канала. После этого логический канал переходит в состояние готовности.
3. Встречный отбой. Происходит в том случае, когда ООД и АКД одновременно передают пакеты "Запрос отбоя" и "Индикация отбоя", при этом оба указывают один и тот же логический канал. АКД будет считать, что отбой закончен, и не передаст пакет "Подтверждение отбоя".

Несостоявшийся вызов.

В случае невозможности установления соединения АКД выдаст пакет "Индикация отбоя", при этом укажет номер канала, который содержался в пакете "Запрос вызова".

Процедуры для постоянных виртуальных каналов

Для постоянных виртуальных каналов не существует фазы установления соединения, и поэтому логический канал постоянно находится в состоянии передачи данных.



Процедуры при передаче данных и прерывании для виртуальных соединений, а также постоянных виртуальных каналов

Логический канал. Для обеспечения виртуальных соединений и постоянных виртуальных каналов используются логические каналы. Каждому виртуальному соединению и постоянному виртуальному каналу присваивается номер группы логических каналов (НГЛК) (не более 15) и номер логического канала (НЛК) (не более 255). Нумерация каналов происходит в фазе установления соединения, а для постоянных виртуальных каналов – нумерация по предварительному согласованию.

Нумерация пакетов данных. Все пакеты “Данные”, передаваемые через стык ООД – АКД, последовательно нумеруются в каждом направлении передачи. Для нумерации отводится три бита, поэтому номера проходят циклически весь диапазон от 0 до 7 (возможна нумерация от 0 до 127). Этот порядковый номер, называемый “передаваемым порядковым номером” $P(S)$, будет включаться только в пакеты “Данные”, при этом первый пакет данных, подлежащий передаче, должен иметь $P(S) = 0$.

Длина поля данных и определитель данных.

Длина поля данных. Максимальная длина поля данных в пакете “Данные” устанавливается по предварительному согласованию и может составлять число равное $2 \cdot n$, т.е. 16, 32, 64, 128 (используется чаще), 256, 512, 1024 октета и, как исключение, 255 октетов.



Поле данных может содержать любое число битов, вплоть до согласованного максимума.

В случае если данные превышают максимальную длину, то они передаются в следующем пакете, но в предыдущем пакете указывается на это с помощью отметки "Еще данные" - бит M, которая устанавливается в "1". Определяются две категории пакетов "Данные".

Категория 1 (бит M = 0):

- пакеты, которые не достигают максимальной длины поля данных;
- пакеты, имеющие максимальные длины поля данных;

Категория 2 (бит M = 1) – данные. Превышающие максимальную длину поля данных.

Определитель данных (бит Q). Если по логическому каналу передаются данные одного уровня, то $Q = 0$. В другом случае $Q = 1$.

Процедура прерывания. Позволяет ООД передавать данные в удаленное ООД без соблюдения процедуры прерывания потоком, применяемой к пакетам данных. Прерывание может применяться только в пределах состояния "передачи данных". Эта процедура не оказывает влияния на процедуры передачи и управления потоком. ООД известит о прерывании передачей пакета "Прерывание", АКД подтвердит пакетом "Подтверждение прерывания". АКД известит о прерывании передачей пакета "Прерывание", ООД подтвердит пакетом "Подтверждение прерывания".



Процедура сброса

Процедура сброса используется для повторного запуска виртуального соединения и постоянного виртуального канала, при этом пакеты "Данные" и "Прерывание", которые могут быть в сети, аннулируются в каждом направлении передачи. Когда процедура сброса виртуального соединения или постоянного виртуального канала на стыке ООД – АКД закончится, окно в каждом направлении передачи данных будет иметь нижний край, равный "0", а нумерация очередных пакетов "Данные", которые должны пересечь стык ООД – АКД, должна в каждом направлении передачи данных начинаться с "0".

Процедура сброса может использоваться только в фазе "передачи данных" стыка ООД – АКД.

Процедура повторного рестарта

Рестарт используется для одновременного отключения всех виртуальных соединений и повторного установления всех постоянных виртуальных каналов на стыке ООД – АКД.

ООД или АКД будут указывать на рестарт путем передачи пакетов "Запрос рестарта" и "Индикация рестарта" соответственно. АКД (ООД) будет подтверждать повторный рестарт путем передачи в ООД (АКД) пакета "Подтверждение рестарта".

После процедуры рестарта все логические каналы переходят в состояние "Готовность".

Возможен случай встречного повторного рестарта, при котором ООД и АКД одновременно передают пакеты "Запрос рестарта" соответственно. В такой ситуации АКД будет считать, что рестарт завершен, а логические каналы переходят в состояние "Готовность".



Процедура управления потоком

Эти процедуры относятся только к фазе передачи данных.

Описание "окна".

В каждом направлении передачи данных определяется "окно" как упорядоченная группа из " W " последовательных принимаемых порядковых номеров пакета $P(S)$.

Самый маленький порядковый номер в окне рассматривается как нижний край окна. После установления соединения первое окно в каждом направлении передачи данных должно иметь нижний край, равный нулю. $P(S)$ первого пакета данных равен нижнему краю окна плюс " W ". Величина окна " W " является общей для всех логических каналов, устанавливается по предварительному согласованию и, как правило не превышает 7 или 127.

Принципы управления потоком.

Принимаемый порядковый номер $P(R)$ передается в пакетах "Данные", "Готовность к приему (RR)" и "Неготовность к приему (RNR)". Этот номер несет в себе информацию из приемника о возможности передачи пакетов "Данные". После передачи через стык ООД – АКД $P(R)$ становится нижним краем окна. Т.е. $P(R)$ дает возможность передачи следующего пакета "Данные".



При этом номер $P(S)$ следующего пакета "Данные" должен находиться в пределах окна, т.е. между $P(R)$ (нижний край окна) и $P(R) + W$, а принимаемый номер $P(R)$ должен быть не меньше предыдущего $P(R) + 1$ (т.е. на единицу больше нижнего края окна) и не больше передаваемого по очереди $P(S)$. В случае, если $P(S)$ и $P(R)$ выходят за предел указанных диапазонов, ООД или АКД приступают к процедуре повторной установки.

Пакеты "Готовность к приему" (RR) "Неготовность к приему" (RNR).

"RR". Пакеты "RR" используются ООД (или АКД) для указания на то, что оно (она) готово принять "W" пакетов в пределах окна начиная с номера $P(R)$, который указан в пакете "RR".

"RNR". Пакеты "RNR" используются ООД (или АКД) для указания на временную неспособность принимать дополнительные пакеты данных. Приняв такой пакет, ООД или АКД прекращает передачу пакетов по указанному логическому каналу. Эта ситуация прекращается передачей пакета "RR" или процедурой повторной установки.



Далее

Устройство сети

Рассмотрим, каким образом на практике реализуется доступ различных типов пользователей к сети X.25.

Прежде всего возможна организация доступа в пакетном режиме (в соответствии с рекомендацией X.25). Для осуществления доступа с компьютера в сеть в пакетном режиме можно, например, установить в компьютер специальную плату, обеспечивающую обмен данными в соответствии со стандартом X.25. Кроме того, для доступа из ЛВС в сеть X.25 могут использоваться мосты/маршрутизаторы удаленного доступа, поддерживающие протокол X.25, выполненные в виде отдельных устройств. Преимущества таких устройств по сравнению с встраиваемыми в компьютер платами, помимо большей производительности заключается также и в том, что они не требуют установки специального программного обеспечения, а сопрягаются с ЛВС по стандартному интерфейсу ЛВС, что позволяет реализовать более гибкие и универсальные решения.

Вообще подключение пользовательского оборудования к сети в пакетном режиме очень удобно, когда требуется многопользовательский доступ к этому оборудованию через сеть.



данные, упаковывает их в пакеты и через порт X.25 ([рисунки 1 и 2](#)). Если же вам надо подключить компьютер к сети в монопольном режиме, то это подключение производится по другим стандартам. Это стандарты X.3, X.28, X.29, которые определяют функционирование специальных устройств доступа в сеть - "сборщиков/разборщиков пакетов - СРП (packet assembler/dissassembler -PAD)". PAD используются для доступа к сети абонентов при асинхронном режиме обмена информацией, например, через последовательный порт компьютера (непосредственно, или с применением модемов). PAD обычно имеет несколько асинхронных портов и один синхронный порт (порт X.25). PAD накапливает поступающие через асинхронным портам данные, упаковывает их в пакеты и через порт X.25 ([рисунки 1 и 2](#)). Если же вам надо подключить компьютер к сети в монопольном режиме, то это подключение производится по другим стандартам. Это стандарты X.3, X.28, X.29, которые определяют функционирование специальных устройств доступа в сеть - "сборщиков/разборщиков пакетов - СРП (packet assembler/dissassembler -PAD)". PAD используются для доступа к сети абонентов при асинхронном режиме обмена информацией, например, через последовательный порт компьютера (непосредственно, или с применением модемов). PAD обычно имеет несколько асинхронных портов и один синхронный порт (порт X.25). PAD накапливает поступающие через асинхронным портам данные, упаковывает их в пакеты и через порт X.25 ([рисунки 1 и 2](#)).

Узлы сети X.25. Центры коммутации пакетов

Параметры, описывающие канал X.25, являются немаловажными и для узловых элементов собственно сети X.25, называемых Центрами Коммутации Пакетов - ЦКП (или коммутатор пакетов, packet switch), однако ими список параметров ЦКП, конечно, не исчерпывается. Поэтому в процессе конфигурации ЦКП обязательно требуется заполнить таблицу маршрутизации (routing table), позволяющую определить, на какой из портов ЦКП направляются поступившие в них пакеты в зависимости от адресов, содержащихся в этих пакетах. В таблице задаются как основные, так и альтернативные маршруты. Кроме того, важная функция некоторых ЦКП - это функция стыковки сетей (шлюза между сетями).

Одним из ограничений сетевой технологии, базирующейся на протоколе X.25, является невозможность передавать по сетям X.25 такие виды информации, как голос и видеоинформацию. Эти ограничения преодолеваются в технологии, базирующейся на протоколе Frame Relay.



Как отмечалось в первой части статьи, при создании ведомственных сетей с интеграцией услуг часто требуется обеспечить функционирование эксплуатируемых ранее сетей X.25. Подключить соответствующее оборудование к сети Frame Relay можно несколькими способами. Один из них заключается в использовании режима непосредственной инкапсуляции трафика данных в кадры Frame Relay ([рисунок, вариант 1](#)). Как отмечалось в первой части статьи, при создании ведомственных сетей с интеграцией услуг часто требуется обеспечить функционирование эксплуатируемых ранее сетей X.25. Подключить соответствующее оборудование к сети Frame Relay можно несколькими способами. Один из них заключается в использовании режима непосредственной инкапсуляции трафика данных в кадры Frame Relay (рисунок, вариант 1). Другой способ, основной, базируется на применении встроенных в оборудование Frame Relay модулей (функций) поддержки X.25 ([рисунок, вариант 2](#)).

С точки зрения оборудования X.25 магистральные каналы тональной частоты заменяются "прозрачными" каналами, организованными средствами Frame Relay, что обеспечивает функционирование сети X.25 "поверх" магистральной сети Frame Relay ([см. рисунок, вариант 1](#)).



Важным достоинством рассмотренного способа подключения является то, что при его использовании не требуется изменять конфигурацию имеющегося оборудования X.25. Для подключения этого оборудования "прозрачные" порты коммутаторов Frame Relay устанавливаются в режим DCE, точнее, в тот же самый режим, что и используемые ранее устройства организации дискретного канала связи, в нашем случае - модемы. Все логические параметры (таблицы маршрутизации, параметры протоколов физического, канального и сетевого уровней) остаются без изменений. Возможное исключение составляют параметры окон протоколов канального и сетевого уровней. Размер окна может оказаться недостаточным для эффективной передачи трафика, так как при замене физического канала "прозрачным" возрастает величина временной задержки. Это приведет к возникновению пауз в процессе передачи информации (паузы связаны с ожиданием подтверждений от принимающей стороны) и вызовет снижение эффективной скорости передачи данных. Увеличение размера окна повысит скорость до оптимального значения. Недостаток описанного выше способа подключения оборудования X.25 очевиден. Он требует задействовать "избыточное" число портов коммутатора Frame Relay, установленного в центральном узле связи.



С точки зрения стратегии проведения инсталляционных работ существенное изменение конфигурации уже эксплуатируемого оборудования X.25 крайне нежелательно. Поэтому специалистами компаний во многих случаях практиковался следующий подход. В установленном в периферийных узлах оконечном оборудовании X.25 таблицы маршрутизации не изменялись, а в оборудовании Frame Relay - настраивались на сквозную трансляцию входящих пакетов в определенный выходной порт без какого-либо анализа адресов X.25. В этом случае требуется незначительное изменение таблиц маршрутизации X.25 центрального и транзитных узлов. Необходимость внесения изменений связана с тем, что подключение оконечного оборудования X.25 осуществляется при помощи меньшего числа соединений, чем было до модернизации сети.



Далее

Сокращения

ЦКП – центр коммутации пакетов

АПД - аппаратура передачи данных;

АКД – аппаратура канала данных;

АСР – асинхронно сбалансированный режим;

КТСОП – коммутируемая телефонная сеть общего пользования;

МДКН/ОК – множественный метод доступа с контролем несущей и обнаружением коллизий;

МККТТ – международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии;

МСЭ (ITU-T) – международный союз электросвязи;

ООД – оконечное оборудование данных;

РНО – режим нормального ответа;

СДОП – сеть данных общего пользования;

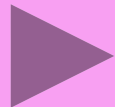
СУС – система управления сетью;

УЗДВУ – управление звеном данных высокого уровня;

Кадр «I» (Information Transfer Format) – формат передачи информации;

ПС – первичная станция;

ВС – вторичная станция



Сокращения

Кадр «S» (Supervisory Format) – контрольный формат:

- ✓ «RR» (Receive Ready, готов к приему);
- ✓ «REJ» (Reject, неприем);
- ✓ «RNR» (Reject Not Ready, неготовность к приему).

Кадр «U» (Unnumbered Format) – формат без номера:

- ✓ «SARM» (Set Asynchronous Respons Mode) установить режим нормального ответа;
- ✓ «SABM» (Set Asynchronous Balanced Mode) установить асинхронно сбалансированный режим;
- ✓ «DISC» (Disconnect) «прерывание»;
- ✓ «UA» (Unnumbered Acknowledge) «подтверждение без номера»;
- ✓ «DM» (Disconnect Mode) «Режим прерывания»;
- ✓ «CMDR» (Command Reject) «неприем команды»;

V(S) – переменная состояния передачи;

V(R) – переменная состояния приема;

N(S) – передаваемый порядковый номер кадра;

N(R) – принимаемый порядковый номер кадра.

P(S) – передаваемый порядковый номер пакета;

P(R) – принимаемый порядковый номер пакета.

«**FCS**» (Frame Checking Sequence) «проверочная комбинация кадра».



Формат кадра X.25

Откр. флаг	Адрес	Упр. поле	Байт 1	Байт 2	Байт N	2 байта (FCS)	Закр. флаг
Управление уровнем кадра (FLC)			Информационное поле (В управляющем кадре это поле отсутствует)				Контрольная сумма (CRC) кадра Допускается 4-байтовый вариант	
			7			0		
Байт 1			Q-бит	Идентификатор общего формата (GFI)	Групповой номер логического канала			
Байт 2			Номер логического канала					
Байт 3			Идентификатор типа пакета					
			Длина адреса источника запроса			Длина адреса адресата		
Байт N			Дополнительная информация, зависящая от типа пакета					



Формат пакета диагностика

8	7	6	5	4	3	2	1	
Идентификатор формата				0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	2
Идентификатор типа пакета								3
1	1	1	1	0	0	0	1	
Код диагностики								4
Уточнение диагностики								5

Иногда в сетях для сообщения об ошибке используется пакет "диагностика". Этот пакет посылается DCE, адресуется DTE и несет информацию о неустранимых на уровне пакетов ошибках. Пакет **диагностика** посылается лишь один раз сразу после выявления ошибки. Подтверждения его получения не требуется.



Формат пакетов прерывание и подтверждение прерывания

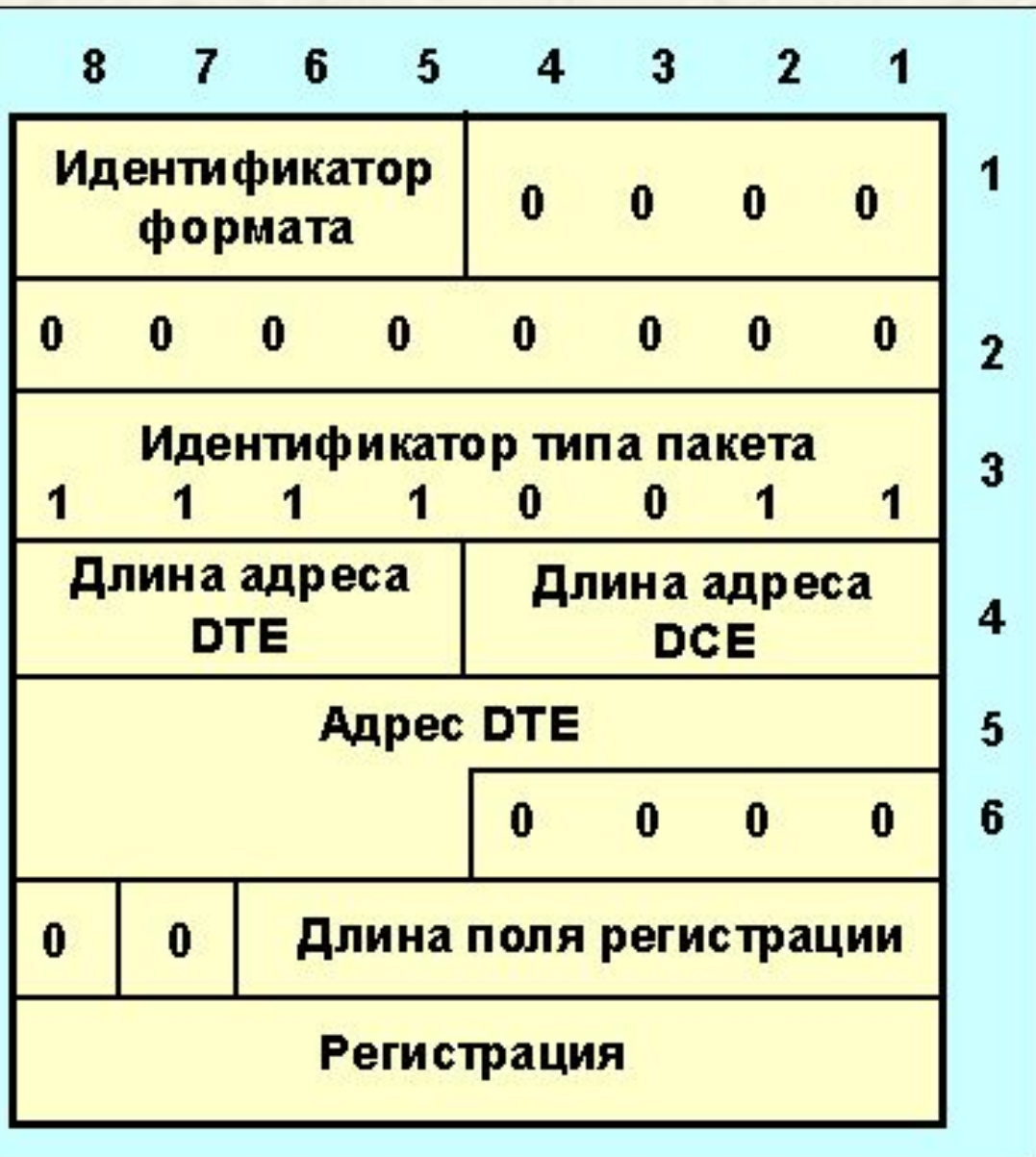


DTE может передавать данные удаленному DTE, не следуя правилам управления потоком данных. Для реализации такой возможности предусмотрена операция прерывания. Эта операция не влияет на передачу данных и управление.

Идентификатор формата равен 0x1 для нумерации по модулю 8 и 0x2 при нумерации по модулю 128. Передав сообщение **прерывание**, DTE должно ожидать получение пакета **подтверждение прерывания**. Максимальный размер поля *данные пользователя* в пакете прерывание не должен превышать 32 байт.



Формат пакетов запрос регистрации



Современные сети создаются ради доступа к определенным услугам. В протоколе X.25 предусмотрена процедура, которая позволяет получить текущие значения параметров услуг (опций) и модифицировать их. Эта процедура называется регистрацией и не является обязательной.

Максимальный размер поля *регистрация* составляет 109 байт. Инициатором регистрации всегда является DTE, которое передает запрос регистрации. В качестве отклика DCE посылает пакет подтверждение регистрации, в котором содержатся информация о параметрах доступных услуг. Для выявления доступных услуг может быть послан **запрос регистрации**, не содержащий списка запрашиваемых услуг.



Формат пакетов подтверждение регистрации

8	7	6	5	4	3	2	1	
Идентификатор формата				0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	2
Идентификатор типа пакета								3
1	1	1	1	0	1	1	1	
Причина								4
Код диагностики								5
Длина адреса DTE				Длина адреса DCE				6
Адрес DTE								
				0	0	0	0	
0	0	Длина поля регистрации						
Регистрация								

Получив список доступных услуг из сообщения **подтверждение регистрации**, может поменять параметры некоторых из них. Если значение какого-либо параметра услуги (опции) не разрешено, DCE должно сообщить разрешенное значение параметра и максимальное и или минимальное разрешенное значение (в зависимости от того больше или меньше допустимого оказалось значение запрошенного параметра).

Неисправность сети может привести к тому, что та или иная согласованная ранее услуга станет недоступной. В этом случае DCE должно инициировать процедуру повторного пуска, чтобы уведомить DTE о случившихся изменениях.



Форматы пакетов данные.

Слева - по модулю 8, справа - по модулю 128

8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
Идентификатор формата Q D 0 1				Групповой номер логического канала				Идентификатор формата Q D 1 0				Групповой номер логического канала				1
Номер логического канала								Номер логического канала								2
N(R)		M	N(S)		0		N(S)						0	3		
								N(R)						M	4	
								Данные пользователя								

Пакеты данных передаются по постоянным виртуальным каналам или через виртуальные соединения после их создания. Пакеты данных распознаются по нулевому младшему биту (бит с номером 1) в третьем октете. Остальные биты этого октета используются для управления.



Информационное поле начинается с четвертого байта (при расширенной нумерации с пятого) и может иметь длину 16-4096, хотя в рекомендациях стандарта x.25 оговорена величина 128 октетов. Если принимающая сторона не способна принять пакет данной длины, связь должна быть переустановлена, а стороне-инициатору соединения послано сообщение об ошибке. Каждому пакету *данные* присваивается порядковый номер $N(S)$, значение которого при установлении соединения равно нулю.

Q -бит определяет тип кадра-пакета, **Q=1** - управляющий пакет для PAD, **Q=0** - информационный пакет. Бит **D** используется для запроса специального отклика на пакет со стороны удаленного конца виртуального канала. Бит **M** указывает на то, что данный пакет является частью более крупного пакета, который должен быть воссоздан позднее.

Индекс S (send) соответствует отправке, а индекс R - приему (receive). Если используется нумерация пакетов по модулю 8, $N(S)$ занимает биты 2-4 включительно, при нумерации по модулю 128 для этого отводятся биты 2-8. Нумерация пакетов позволяет выявить потерю пакетов или изменение порядка их доставки. $N(R)$ является номером пакета с принимающей стороны. Бит подтверждения доставки **D** (идентификатор формата) служит для указания необходимости сообщения о доставке данных получателем. Если $D=1$, то DTE обязано подтвердить доставку. Обязательность процедуры подтверждения определяется уже на фазе установления связи (сообщение *запрос на установление связи принят*). Если какой-либо узел по пути пересылки пакета не поддерживает процедуру подтверждения доставки, он пошлет сообщение *запрос завершения* (причина - *несовместимость у адресата*) и связь должна быть сформирована заново с учетом необходимости подтверждения во всех узлах-участниках. Размер поля *данные* в пакете может быть разным для разных узлов, участвующих в обмене. По этой причине число полученных пакетов может оказаться больше (или меньше) числа посланных. Для таких случаев предусмотрен флаг **m** (дополнительные данные). Возможность фрагментации и последующей сборки пакетов определяется управляющими битами **M** и **D**.



Вернуться

Формат кадра запроса на соединение и соединение установлено



Поле *опции* содержит целое число октетов, но не более 109, следующее же поле может содержать до 128 байт. Опция типа **fast select** позволяет поместить до 64 байтов в информационном поле пользователя, во многих случаях этого оказывается достаточно и исключается необходимость переходить в режим пересылки данных.



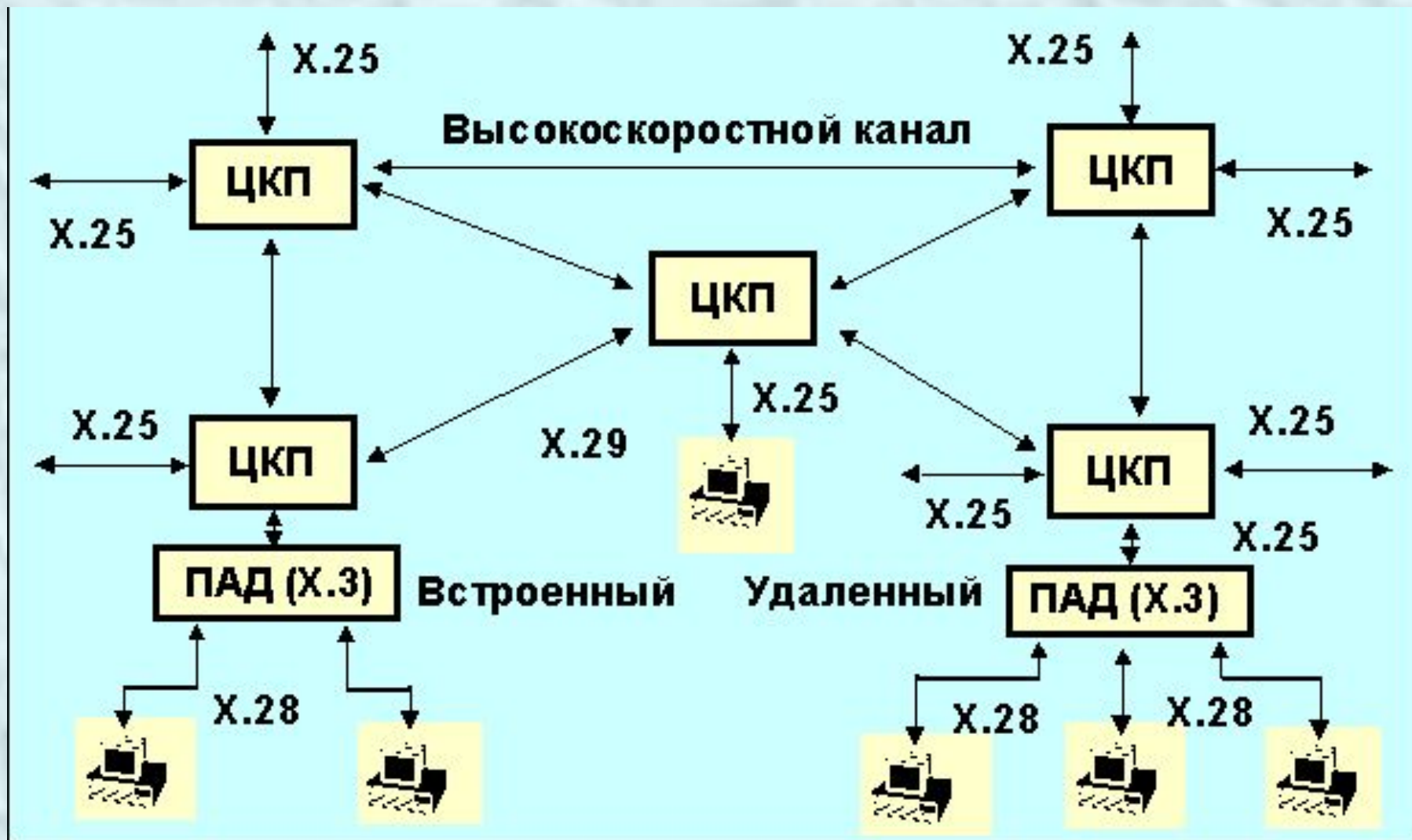
Сеть для всех



Пример сложной сети X.25 с подключением устройств различного типа: от компьютеров до банковского терминального оборудования.



Возможная топология сети X.25



Пакетный терминал является интеллектуальным устройством (например, ЭВМ, или внешним ПАД'ом), которое обеспечивает синхронный обмен с сетью на скорости 2400, 4800, 9600 бит/с или 48 Кбит/с, используя трехуровневый протокол X.25. Из рисунка видно, что подключение ЭВМ и другого терминального оборудования возможно как к встроенному, так и удаленному ПАД (протокол X.28), а также непосредственно к ЦКП (протокол X.25, X.29). Связи с удаленными объектами осуществляются через соответствующие модемы (на рисунке не показаны).

Асинхронные старт-стопные терминалы подключаются к сети через устройство PAD. Они могут быть встроенными или удаленными. Встроенный PAD обычно расположен в стойке коммутатора. Терминалы получают доступ ко встроенному устройству PAD по телефонной сети с помощью модемов с асинхронным интерфейсом.

Удаленный PAD представляет собой небольшое автономное устройство, подключенное к коммутатору через выделенный канал связи X.25. К удаленному устройству PAD терминалы подключаются по асинхронному интерфейсу, обычно для этой цели используется интерфейс RS-232C.

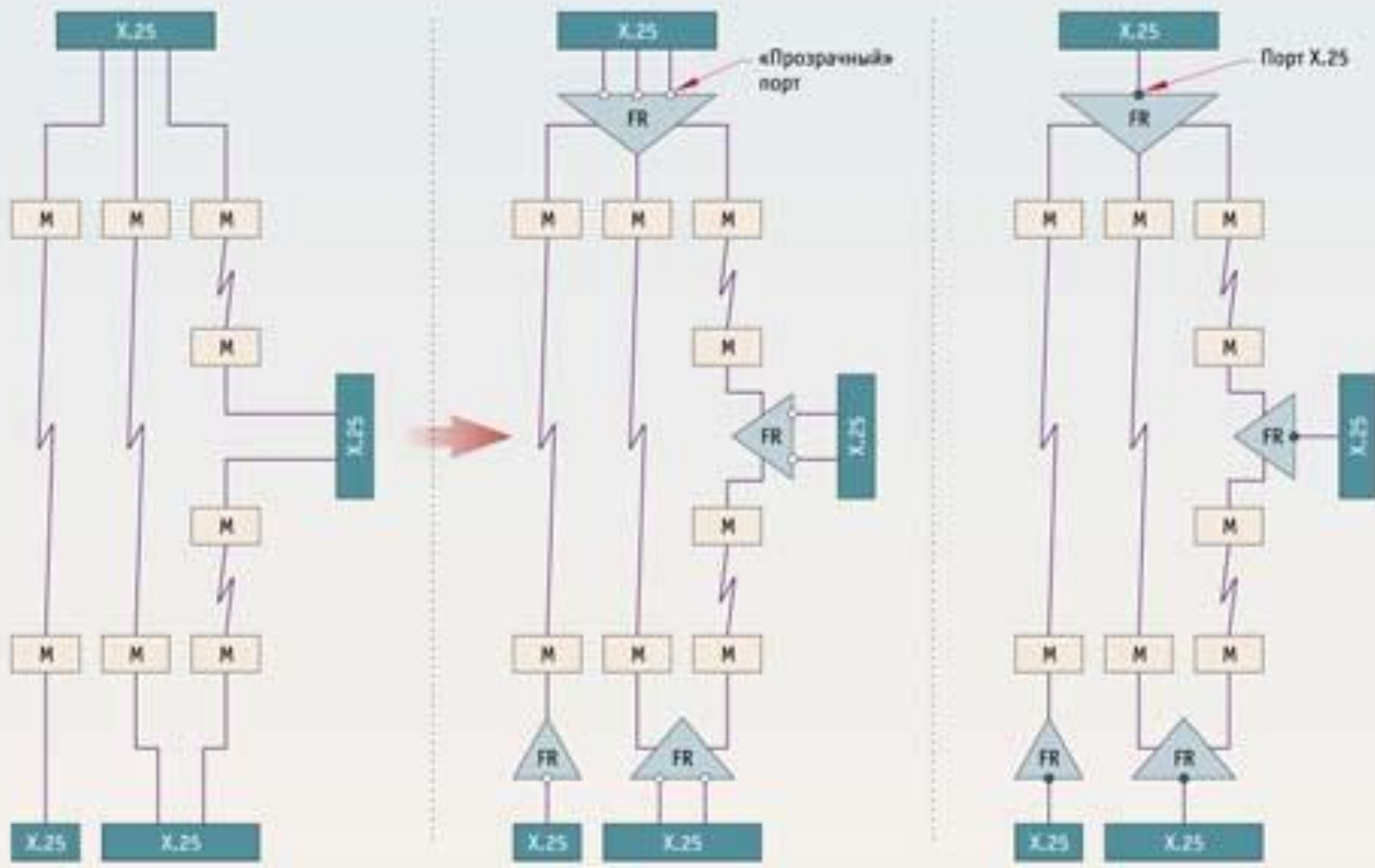


К основным функциям PAD относятся:

1. Сборка символов, полученных от асинхронных терминалов, в пакеты.
2. Разборка полей полей данных в пакетах и вывод данных на асинхронные терминалы.
3. Управление процедурами установления соединения и разъединения по сети X.25 с нужным компьютером.
4. Передача символов, включающих старт-стопные сигналы и биты проверки на четность, по требованию терминала.
5. Продвижение пакетов при наличии соответствующих условий, таких как заполнение пакета, истечение времени ожидания и др.



Вернуться



Ранее эксплуатируемая сеть X.25

Модернизированная сеть (вариант 1)

Модернизированная сеть (вариант 2)

M – модем; X.25 – оборудование X.25; FR – коммутатор Frame Relay

Подключение оборудования X.25 к магистральной сети Frame Relay



Флаг

Начало каждого кадра является уникальной комбинацией из нулей и единиц, называемой начальным флагом. Уникальность данной комбинации состоит в том, что она не может присутствовать ни в одном из полей кадра, за исключением начального и конечного флагов, последний из которых является логической меткой окончания блока информации. Для реализации распознавания уникальной последовательности флага в рамках протокола X.25 был создан специальный алгоритм, а для удаления имитаций последовательности флага была разработана специальная процедура, получившая название «Вставка фиктивного нуля».

Завершается кадр также уникальной комбинацией – конечным флагом, полностью идентичным начальному. Эта уникальная комбинация свидетельствует об окончании блока информации.



Адрес и поле управления

Коды, записанные в поле адреса позволяют приемопередающей аппаратуре определить, в каком направлении распространяется информация на участке ПАД – локальный коммутатор.

Поле управления, является наиболее важным прежде всего из-за своей информационной насыщенности. Каждый бит поля управления несет смысловую нагрузку, и в целом такое поле выполняет следующие функции:

- ✓ распознавание исходного или повторного кадра;
- ✓ распознавание типа кадра;
- ✓ подсчет и нумерация кадров.

Для более подробного изучения вышеприведенных функций рассмотрим структуру поля управления.

I	Биты нумерации передаваемых кадров	P/F	Биты нумерации принимаемых кадров
----------	-------------------------------------------	------------	------------------------------------------



Поле управления

Здесь битом низшего порядка (то есть передаваемого первым) является бит с номером 1. его назначение заключается в реализации первой функции поля управления, а именно в определении типа кадра. Все существующие типы кадров можно разделить на информационные, несущие пакеты с пользовательскими данными, и служебные, необходимые для обеспечения нормального функционирования сети X25. для идентификации последних бит «I» устанавливается в 1, а информационные кадры имеют указанный бит, равный логическому нулю.

Служебные кадры, в свою очередь, подразделяются на супервизорные (S) и нenumерованные (U). Супервизорные кадры несут в себе информацию о состоянии приемника перед установкой соединения. С точки зрения рекомендаций МККТТ X.25, приемник может находиться в трех различных состояниях, о которых сигнализирует передатчику с помощью соответствующих S-кадров:

RR – «готов к приему»;

RNR – «не готов к приему»;

REJ – «неприем».



Поле управления

Смысл кадра RR очевиден и свидетельствует о полной готовности оборудования к приему данных на физическом и логическом уровнях. Кадр RNR передается в звене локальный коммутатор – ПАД в случае перегрузки аппаратуры, а передача кадра REJ означает наличие неполадок в устройствах или на линиях передачи.

Так как наиболее эффективным методом механизмом безошибочной передачи информации в рамках протокола X.25 является повторная передача неподтвержденного или дефектного кадра. Следовательно, для практической реализации данного механизма аппаратура должна, в частности распознавать исходный и повторно переданный кадры. Распознавание указанных кадров осуществляется с помощью пятого бита поля управления, который называется P/F – битом или битом опроса-окончания. При передаче исходных кадров P/F-бит устанавливается в «0», а в случае запроса или повторной передачи кадров его значение должно быть равно 1.

Механизмы распознавания (тип; повторный или изначальный) кадров осуществляются с помощью битов 1 и 5 поля управления. Остальные 6 бит этого поля разбиты на две равные группы и выполняют исключительно важную функцию – подсчет и нумерацию кадров. Для осуществления передачи в полном дуплексном режиме нумерация должна производиться как при передаче кадров, так и при их приеме. Поэтому в поле управления кадра биты со 2 по 4 отведены для нумерации при передаче, а биты с 6 по 8 – для нумерации при приеме.



Вернуться

Информационное поле

Информационное поле, в отличие от рассмотренных выше трех полей, составляющих заголовок кадра, имеет переменную длину (в байтах). Важность значения этого поля состоит в том, что именно в нем заключена информация, передаваемая локальным коммутатором в сет в виде пакета. Локализация пакета в данном поле находится в полном соответствии с принципом упаковки, являющимся одним из основополагающим в модели OSI. Суть принципа упаковки сводится к тому, что аппаратура нижележащего уровня модели OSI рассматривает данные вышележащего уровня в качестве информационного поля собственного блока данных (например, пакет занимает информационное поле кадра).

Длина информационного поля обычно находится в пределах 0-1 Кбайт, хотя некоторые устройства допускают работу с полями большей длины. Это означает, что некоторые кадры, а именно служебные, вообще не содержат информационного поля. Что касается информационных кадров, то присутствие данного поля в них обязательно. Подавляющее большинство аппаратуры, работающей в протоколе X.25, обычно оперирует с информационными полями, имеющими длину 128 байт, но в то же время позволяет передавать пакеты, находящиеся в кадре как с большими, так и с меньшими длинами.



FCS - Frame Checking Sequence

На практике КПК (контрольная последовательность кадра) представляет достаточно эффективный способ, позволяющий аппаратуре распознавать дефектные кадры при приеме или передаче кадров. Аппаратура воспринимает в качестве дефектного. Если в нем потерян хотя бы один бит в любом поле, предшествующем КПК.



Литература

1. Мельников Д.А. Информационные процессы в компьютерных сетях. Модели, стандарты, протоколы, интерфейсы... – Учебно-справочное издание – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 1999. –256 с.
2. Халсалл Ф. Передача данных, сети компьютеров и взаимосвязь открытых систем: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1995. – 408 с.
3. Беребеня М.Ф., Семенов А.Ф., Толстой А.И., Храмов А.В. Передача данных по протоколу X.25: Учебное пособие – М.: МИФИ,1998. –80 с.
4. Куперман М., Лясковский Ю. X.25 - незнакомый знакомец// LAN. – 1996. – №7.
5. Телекоммуникационные системы и сети Т.1: Учеб. пособие/ Крук Б.И., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П. – Новосибирск: Сиб. Предприятие «Наука» РАН, 1998.

Выход

Основные положения

Виртуальное соединение

Дейтаграммное соединение

Адресация в сети X.25

Установление соединения

Режим нормального ответа

Асинхронно-сбалансированный режим

Виртуальное соединение

Устройство сети

Пример сети



Содержание

Теория

Сокращения

Тест

Выход

