

Системы документальной электросвязи и телематические службы

Лекция № 13 Протокол и сети X.25

доц. каф. СС и ПД, к.т.н. С. С. Владимиров

2016 г.

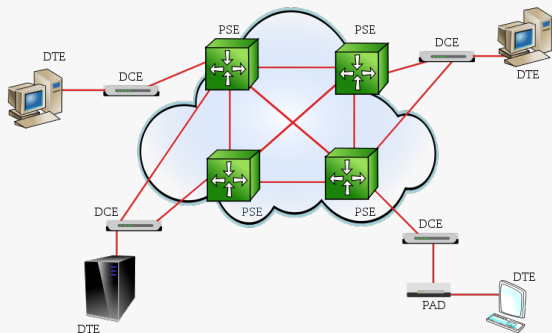
Протокол X.25

Это протокол пакетной передачи данных. Предназначался для организации WAN на основе телефонных сетей с линиями с достаточно высокой частотой ошибок, поэтому содержит развитые механизмы коррекции ошибок. Ориентирован на работу с установлением соединений. Исторически является предшественником протокола Frame Relay. Разработан Study Group VII ITU в качестве пакетного протокола передачи данных в телефонных сетях. Принят в 1976 г. и стал основой всемирной системы PSPDN (Packet-Switched Public Data Networks), то есть WAN. Существенные дополнения к протоколу были приняты в 1984 г., в настоящее время действует стандарт ISO 8208 протокола X.25, стандартизовано также и применение X.25 в локальных сетях (стандарт ISO 8881).

Во многих источниках говорится, что X.25 — протокол канального уровня. Это не так. X.25 создавался до разработки семиуровневой модели OSI. В канальный уровень его «записывают» только из-за широко применяемой инкапсуляции протокола IP в X.25. На самом деле протокол имеет все признаки сетевого уровня (маршрутизация между сетями) и обеспечивает контроль передачи между конечными абонентами, выполняя функции транспортного уровня. MTU для X.25 равно 576 байт. Также это число считается минимальным размером датаграммы, которую должен уметь принять и обработать любой хост в сети Интернет.

Благодаря надёжности протокола и его работе поверх телефонных сетей общего пользования X.25 широко использовался (и местами ещё используется) как в корпоративных сетях, так и во всемирных специализированных сетях предоставления услуг, таких как SWIFT (банковская платёжная система, прекратили использование в 2005 году) и SITA (Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques — система информационного обслуживания воздушного транспорта). В настоящее время X.25 практически вытеснен другими технологиями канального уровня (Ethernet, Frame Relay, ISDN, ...) и протоколом IP, оставаясь, однако, достаточно распространённым в странах и территориях с неразвитой телекоммуникационной инфраструктурой. Также продолжает использоваться в банковских сетях, там, где требуется высокая надёжность. Указывается, что оборудование X.25 может обеспечивать «горячую» замену отдельных блоков.

Основу сети составляют *пакетные коммутаторы* (PSE — *packet switching exchange*, или *центры коммутации пакетов* — ЦКП). Они соединяются между собой синхронными каналами связи (преимущественно по интерфейсу X.21 через синхронные модемы по каналам ТЧ или радиоканалам). Все абоненты сети X.25 делятся на синхронных и асинхронных. Синхронные имеют встроенные интерфейсы X.25 и подключаются непосредственно к PSE, а асинхронные для передачи данных используют встроенные или удаленные пакетные адаптеры данных (ПАД или PAD — Packet Assembler-Disassembler) согласно рек. X.3, X.28 и X.29.



Встроенный ПАД обычно располагается вместе с ЦКП в его стойке. В этом случае каждый асинхронный терминал, расположенный в удаленном месте, подключается к своему встроенному ПАД через отдельный канал связи (рек. X.28). Встроенный ПАД может быть совместно использован несколькими терминалами, расположенными в различных местах. Удаленный ПАД (небольшое устройство) располагается отдельно от ЦКП и подключается к нему через канал связи (X.25). С помощью удаленного ПАД к ЦКП подключается 8–16 асинхронных терминалов, расположенных обычно в одном месте.

Существует еще один аспект размещения ПАД, связанный с помехами в каналах связи и использованием протоколов. Удаленный ПАД подключается к ЦКП на канальном уровне в соответствии с рек. X.25. В качестве протокола канала данных в рек. X.25 реализуется подмножество HDLC, обеспечивающее автоматическую повторную передачу данных в случае их искажения из-за помех в линии. Для диалога асинхронного терминала с встроенным групповым ПАД используются процедуры рек. X.28, в которых отсутствует возможность повторной передачи в случае ошибки. Поэтому канал между терминалом и групповым ПАД не защищен от возникновения ошибок из-за линейных помех.

Виртуальные каналы X.25

В X.25 прежде чем пакет будет передан, необходимо установить связь между исходными ЭВМ/ПАД и адресуемыми ЭВМ/ПАД. Используется два вида соединений — виртуальных каналов — коммутируемый виртуальный канал (Switched Virtual Circuits, SVC) и постоянный виртуальный канал (Permanent Virtual Circuits, PVC).

Виртуальный канал описывается в общем формате пакета, как «логический канал». Логический канал имеет идентификатор, состоящий из 12 бит. Этот идентификатор обычно состоит из номера группы (4 бита) и номера логического канала (8 бит). В группе может быть до 256 логических каналов (за исключением группы 0, которая может иметь только 255 логических каналов). Возможное число групп — 16, поэтому теоретически возможное число виртуальных каналов для каждого соединения X.25 равно 4095 ($16 \cdot 256 - 1$).

Постоянный виртуальный канал (PVC — permanent virtual circuit)

Аналог выделенного канала.

Коммутируемый виртуальный канал (SVC — switched virtual circuit)

Напоминает традиционный телефонный вызов. Он реализует обмен данными. Имеются три типа коммутируемых виртуальных каналов, работающие в дуплексном режиме, но отличающиеся направлением устанавливаемых соединений: входящий SVC, двунаправленный SVC и выходящий SVC. Адресат каждого пакета распознается с помощью идентификатора логического канала (LCI) или номера логического канала (LCN).

Формирование SVC производится согласно таблице маршрутизации, которая хранится в каждом ЦКП. Таблица указывает в какой порт маршрутизировать соединение, осуществляемое на указанный адрес. Адрес отправителя обычно не анализируется. Маршрутизация происходит только в момент установления логического соединения (SVC), после происходит только коммутация. Для этого на каждом порту создаются логические каналы, количество которых ограничивает доступное количество логических соединений через него.

SVC используются только на время соединения и становятся доступными для повторного использования после разъединения. Все типы пакетов, за исключением пакетов запроса повторного пуска, содержат идентификатор логического канала (LCI). Пакет запрос соединения в SVC является единственным типом пакетов, которые содержат адреса в соответствии с рекомендацией X.121.

Виртуальные каналы X.25 (2)

Для установки выходящего соединения через SVC ЭВМ выбирает логический канал с наибольшим номером в группе и посылает пакет запрос соединения (Call Request), содержащий выбранный номер группы канала, адрес получателя (в соответствии с рекомендацией X.121) и в отдельных случаях свой собственный адрес. При установлении входящего соединения центр коммутации пакетов (ЦКП) выбирает свободный логический канал с наименьшим номером в группе каналов порта адресуемой ЭВМ и помещает этот логический номер группы и канала в пакет входящий запрос соединения. Пакет, передаваемый по цепочке ЦКП, достигает конечного удаленного ДСЕ/ПАД, где определяется ДТЕ узла назначения, к которому пакет и доставляется. После того как соединение через SVC установлено, ЭВМ направляют свои пакеты, используя номера своих логических групп/каналов, а ЦКП в сети осуществляет транспортировку пакетов и преобразование номеров логических групп/каналов.

Если на маршруте установленного соединения произойдет сбой, то после таймаута и переповторов абоненты переустановят соединение.

После подтверждения соединения и передачи/приема данных виртуальное соединение может быть разорвано путем передачи пакета (Clear Request), инициатором в этом случае выступает удаленная ЭВМ. При невозможности установить связь Clear Request посылается сетью. Такой пакет содержит два информационных октета. Первый содержит код причины, второй является диагностическим кодом. Как только установленное по SVC логическое соединение разъединяется, номера логических групп/каналов на обоих концах соединения освобождаются и становятся доступными для повторного использования. Соответствие между ЦКП/портом, выделенным для терминального оборудования, адресами (согласно рекомендациям X.121) и номерами логических каналов известно в сети только ЦКП.

Выбор ЭВМ свободного канала с наибольшим номером при каждом выходящем соединении и выбор в ЦКП свободного канала с наименьшим номером для каждого входящего позволяют избежать конфликтов. С этой же целью используются две логические группы: одна только для входящих соединений, а другая только для выходящих. Перед подключением к сети пользователь должен определить, сколько PVC и SVC требуется на каждую точку физического интерфейса X.25.

Пакетный адаптер данных (ПАД)

Основные рекомендации

- ▶ X.3 — "Пакетный адаптер данных (ПАД) в сети передачи данных общего пользования".
- ▶ X.28 — "Интерфейс между терминальным оборудованием и оборудованием передачи данных (DCE) для старто-стопного оконечного оборудования, осуществляющего доступ к пакетному адаптеру данных в сетях общего пользования".
- ▶ X.29 — "Процедуры обмена управляющей информацией между терминальным оборудованием пакетного типа и пакетным адаптером (ПАД)".

Основные функции ПАД (рек. X.3)

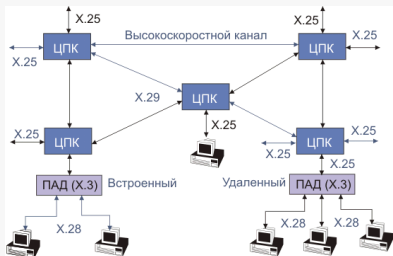
- ▶ сборка символов (полученных от асинхронных терминалов) в пакеты;
- ▶ разборка полей данных в пакетах и вывод данных на асинхронные терминалы;
- ▶ управление процедурами установления виртуального соединения и разъединения, сброса и прерывания;
- ▶ обеспечение механизма продвижения пакетов при наличии соответствующих условий, таких как заполнение пакета, получение символа (сигнала) на передачу пакета, истечение времени ожидания;
- ▶ передача символов, включающих старто-стопные сигналы и биты проверки на четность, по требованию подключенного асинхронного терминала;
- ▶ обнаружение сигнала разрыв соединения от асинхронного терминала;
- ▶ редактирование последовательностей команд ПАД.

В ПЗУ ПАД хранятся параметры, которые могут быть установлены либо асинхронным терминалом, подключенным к ПАД, либо любой ЭВМ в сети, которая удовлетворяет условиям рек. X.29. Поэтому необходимо разделять данные, проходящие между ЭВМ и ПАД, на управляющую информацию и на собственно данные от асинхронного терминала.

Пакетный адаптер данных (2)

Сеть X.25 предоставляет пользователю старт-стопного терминала средства, позволяющие выбрать параметры ПАД с заранее определенными значениями. Пользователь посылает в ПАД команду выбора профиля, которая включает идентификатор одного из нескольких стандартных профилей ПАД. ID профиля и скорость терминала включаются в "поле данных пользователя" пакетов типа Запрос Соединения. ЭВМ (ПАД) использует это поле, извлекая из него информацию о терминале, пославшем запрос.

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. Возможная схема подключения терминальных устройств к сети X.25 показана на рис.



Подключение ЭВМ и другого терминального оборудования возможно как к встроенному, так и удаленному ПАД (X.28), а также непосредственно к ЦКП (X.25, X.29). Связи с удаленными объектами осуществляются через соответствующие модемы (не показаны на рис.).

Для международного соединения необходимо указать код страны из трех цифр, а также набрать одну цифру 9 перед сетевым адресом пользователя. Таким образом, всего требуется не более 15 цифровых символов. Для установления коммутируемого соединения оператор вначале вручную набирает номер ПАД и ждет подтверждения соединения с телефонным узлом общего пользования.

Как только соединение установлено, оператор набирает 12-символьный код "сетевого идентификатора пользователя". ПАД обеспечивает операцию эхо-контроля, которая позволяет оператору терминала визуально проверять данные, посылаемые в ПАД. Наиболее серьезным недостатком встроенного ПАД является отсутствие какого-либо линейного протокола, предусматривающего устранение ошибок в данных, посылаемых от ПАД к терминалу. В удаленном ПАД предусмотрена процедура восстановления ошибочных данных, однако он подключается к сети как "пакетный терминал".

В сети используется адресация по стандарту X.121. Она чем-то напоминает IP адресацию, но без точек и с десятичной маской. Маска в явном виде никогда не указывается, просто длина адреса может варьироваться от 10 до 15 десятичных символов.

Как правило, сетевой адрес пользователя состоит из 12 десятичных цифр. 1–4 — идентификатор сети передачи данных (3 — страна, 4 — сеть); 5–12 — национальный номер (5–7 — местная область, 8–12 — местный номер). Международная система адресации для систем передачи данных общего пользователя описана в рекомендациях ITU-T X.121. Каждое подключение к сети коммутации пакетов имеет свой национальный номер.

Пример: DDDDNPPPPP [SSS]

DDDD — DNIC (Номер сети, аналог автономной системы в IP)

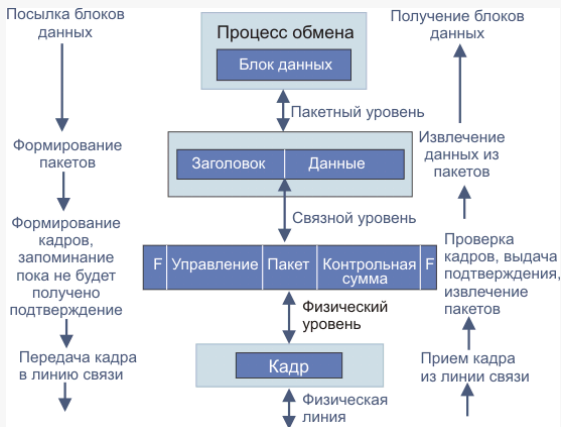
NNN — Node (Номер узла)

PPPPP — Port (Номер порта)

SSS — Subadress (Субадрес)

Универсальный интерфейс X.25

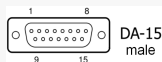
1. Физический X.21 (X.21bis).
2. Канальный или связной (HDLC — high data link communication — протокол высокого уровня управления каналом). Этот уровень и последующие реализуются программным образом.
3. Сетевой (пакетный).



Интерфейс X.21

X.21

Стандарт X.21 впервые был опубликован в 1972 г. Он определяет физические характеристики и процедуры управления для интерфейса DTE–DCE в режиме синхронной передачи данных и может применяться как в сетях с коммутацией каналов, так и в сетях на выделенных линиях. X.21bis — то же самое, но для модемов, удовлетворяющих рекомендациям серии V. Для канального уровня используется подмножество протокола HDLC (являющегося развитием стандарта SDLC IBM), обеспечивающее возможность автоматической повторной передачи в случае возникновения ошибок в линии.



Механические характеристики интерфейса X.21 определены стандартом ISO 4903, предусматривающим использование 15-контактного D-sub разъема DA-15.

Назначение сигналов и линии интерфейса X.21

Номер контакта DA-15	Описание сигнала	От DCE	От DTE
1	Защитное заземление	x	x
2	Передача (A)		x
3	Управление (A)		x
4	Прием (A)	x	
5	Индикация (A)	x	
6	Синхронизация (A)	x	
7	Свободно		
8	Сигнальное заземление	x	x
9	Передача (B)		x
10	Управление (B)		x
11	Прием (B)	x	
12	Индикация (B)	x	
13	Синхронизация (B)	x	
14	Свободно		
15	Свободно		

Формат кадра HDLC

Откр. флаг	Ад-рес	Упр. поле	Байт 1	Байт 2	Байт N	2 байта FCS	Закр. флаг
Управление уровнем кадра (FLC)			Информационное поле (в управляющем кадре 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			Дополнительная информация, зависящая от типа пакета	
Байт N							

Открывающий и закрывающий флаги для бит-ориентированного формата несут в себе код 0x7e. Когда не передается никакой информации, по каналу пересылается непрерывный поток флагов 01111110. Посылка более 6 единиц подряд воспринимается как флаг абортирования связи. Если необходимо передать информационную последовательность 01111110, после первых пяти единиц вводится дополнительный нуль, приемник восстанавливает истинную информацию, удаляя эти лишние нули. В случае байт-ориентированных кадров открывающий и завершающий флаги имеют по два байта. Адрес в пакете X.25 занимает всего один байт, что определяет предельное число терминальных устройств, подключаемых к одному каналу. Кадр на уровне 2 имеет двухбайтовый заголовок, содержащий байт адреса и байт типа. Для нумерации кадров на уровне 2 используется 3 бита. При работе со скользящим окном откликов это позволяет иметь до 7 кадров в очереди. При использовании спутниковых каналов с большими задержками можно переходить в режим расширенной нумерации (7 бит), где длина очереди может достигать 128.

Если удаленный партнер не способен работать в режиме расширенной нумерации, он отклонит запрос соединения. При работе в режиме расширенной нумерации возможно применение 3-байтовых заголовков вместо двухбайтовых.

Значение поля идентификатора общего формата (GFI — general format identifier) указывает на формат пакета. Бит 8 этого поля (Q) используется в информационных пакетах как индикатор уровня передаваемых данных. Групповой номер логического канала и номер логического канала присваиваются по соглашению с администрацией сети во время постановки на обслуживание. Поля групповой номер логического канала и номер логического канала присутствуют во всех пакетах кроме пакетов регистрации и повторного пуска, где они принимают нулевое значение.

- ▶ Семенов Ю.А. "Протоколы сетей X.25". С сайта <http://book.itep.ru>
- ▶ "X.25". С сайта <https://ru.wikipedia.org>
- ▶ "Глобальные сети (WAN) с коммутацией пакетов". С сайта <http://www.lessons-tva.info>
- ▶ Плешаков В. "CISCO Internetworking Technology Overview. Глава 13. X25". С сайта <http://citforum.ru>
- ▶ "Коммутируемые пакетные сети X.25". С сайта <https://geektimes.ru>
- ▶ "The X.21 Interface". С сайта <http://www.arcelect.com>
- ▶ "X.21". С сайта <https://en.wikipedia.org>
- ▶ "Интерфейсы модемов". С сайта <http://bourabai.ru>