Лекция 13. Технологии xDSL

Цель лекции

Изучить принципы работы технологий xDSL, особенности сетей Frame Relay, назначение протоколов семейства HDLC и PPP, а также их применение для передачи данных в компьютерных сетях.

План лекции

1. Понятие и назначение технологий xDSL.
2. Основные виды технологий xDSL.
3. Сети Frame Relay.
4. Протоколы семейства HDLC.
5. Протоколы семейства PPP.
6. Сравнение технологий и протоколов передачи данных.

1. Понятие и назначение технологий xDSL

xDSL (Digital Subscriber Line) представляет собой семейство технологий цифровой абонентской линии, которые обеспечивают передачу цифровых данных по существующим медным телефонным проводам.

Буква «x» обозначает различные варианты технологии DSL, например ADSL, SDSL и VDSL.

Главная особенность xDSL заключается в возможности использования существующей телефонной инфраструктуры для организации высокоскоростного доступа к сети. Для передачи данных применяются частотные диапазоны, которые отличаются от диапазона традиционной голосовой связи. Благодаря этому голосовая связь и передача данных могут осуществляться одновременно, если это предусмотрено конкретной технологией и схемой подключения.

Технологии xDSL получили распространение для подключения домашних пользователей, небольших офисов и организаций к сети оператора связи.

Основные задачи технологий xDSL

- организация широкополосного доступа через медную абонентскую линию;
- передача цифровых данных на высокой скорости;
- использование существующей телефонной инфраструктуры;
- обеспечение доступа к Интернету;
- поддержка передачи голоса и данных по одной физической линии.

Принцип работы xDSL

В типичной схеме подключения используются следующие устройства:

- Модем xDSL на стороне абонента преобразует цифровые данные в сигналы, подходящие для передачи по медной линии.
- Медная абонентская линия обеспечивает передачу сигналов между абонентом и оператором.
- DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) на стороне оператора объединяет потоки данных от множества абонентских линий и передаёт их в сеть оператора.

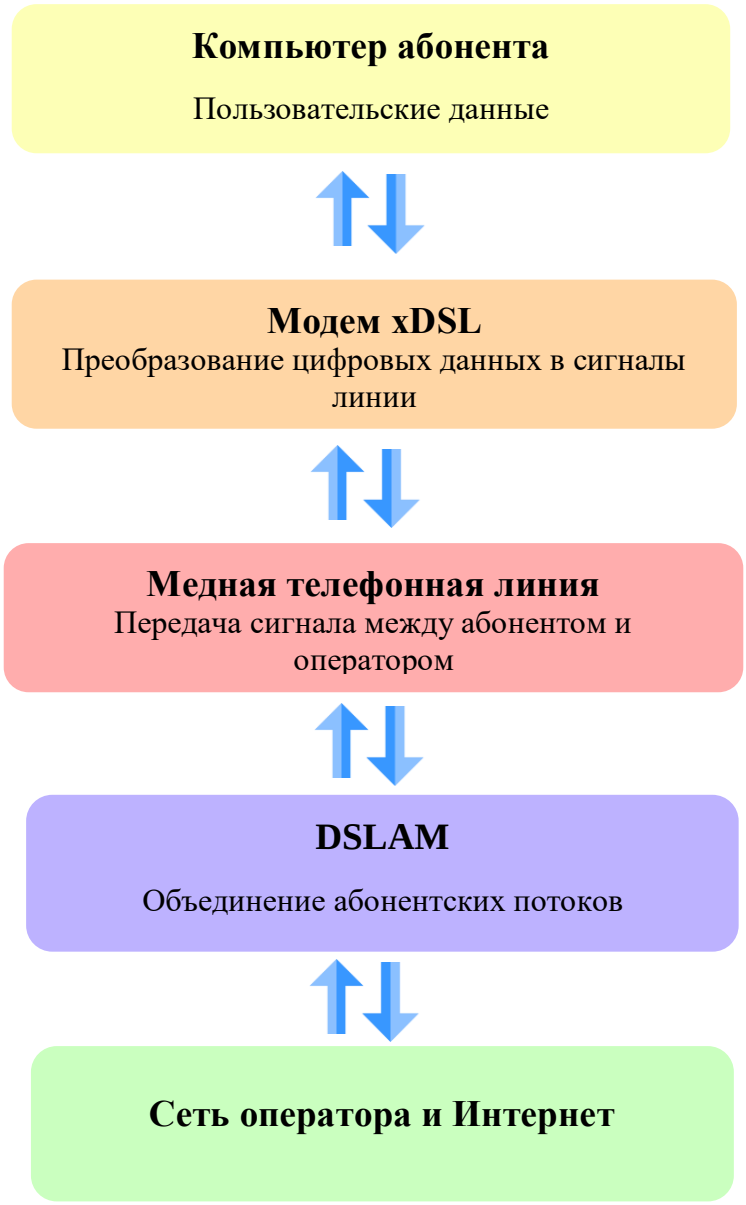


Рисунок 1. Принцип организации доступа по технологии xDSL.

Скорость передачи зависит от вида DSL, длины линии, качества медного кабеля, уровня помех и конфигурации оборудования.

2. Основные виды технологий xDSL

Семейство xDSL включает несколько технологий, которые различаются скоростью передачи, дальностью связи и симметричностью каналов.

2.1. ADSL

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) представляет собой асимметричную цифровую абонентскую линию.

Асимметрия означает, что скорость передачи данных от сети к абоненту обычно выше скорости передачи от абонента к сети.

Такая технология подходит для пользователей, которые преимущественно загружают информацию из Интернета.

Основные особенности:

- использование медной телефонной пары;
- более высокая скорость загрузки по сравнению со скоростью отправки;
- возможность одновременной передачи голоса и данных при соответствующей организации линии;
- зависимость скорости от расстояния до оборудования оператора.

Например, пользователь может загружать веб-страницы, смотреть видео и скачивать файлы, при этом отправка данных выполняется с меньшей скоростью.

2.2. ADSL2 и ADSL2+

ADSL2 и ADSL2+ являются усовершенствованными вариантами ADSL.

Они обеспечивают более эффективное использование частотного спектра и могут поддерживать более высокие скорости передачи данных.

Для ADSL2+ теоретическая скорость нисходящего потока может достигать примерно 24 Мбит/с при благоприятных условиях. Реальная скорость зависит от длины и качества линии.

2.3. SDSL

SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line) обеспечивает симметричную передачу данных, то есть одинаковую скорость в обоих направлениях.

Такая технология может использоваться в организациях, которым необходимо передавать значительные объёмы данных как к абоненту, так и от него.

Например, симметричный канал полезен для передачи файлов на сервер, удалённой работы и обмена данными между офисами.

Следует учитывать, что термин SDSL применялся для различных реализаций симметричной DSL. Не все варианты SDSL совместимы между собой.

2.4. SHDSL

SHDSL (Single-pair High-speed Digital Subscriber Line) предназначена для симметричной передачи данных по одной или нескольким медным парам в зависимости от реализации.

Технология применялась для организации корпоративных каналов связи, подключения удалённых офисов и передачи данных между сетевыми узлами.

2.5. VDSL и VDSL2

VDSL (Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line) и VDSL2 обеспечивают более высокие скорости передачи по сравнению с классической ADSL при небольшом расстоянии до оборудования оператора.

Они применяются, например, в сетях, где оптический кабель проложен до здания или распределительного узла, а последний участок до абонента выполнен на медной линии.

Скорость VDSL2 может достигать 100 Мбит/с и выше в подходящих конфигурациях, однако она существенно зависит от длины линии и условий эксплуатации.

Сравнение технологий xDSL

Технология	Тип передачи	Основная особенность
ADSL	Асимметричная	Более высокая скорость загрузки
ADSL2+	Асимметричная	Расширенные возможности ADSL
SDSL	Симметричная	Одинаковая скорость в обоих направлениях
SHDSL	Симметричная	Передача данных для корпоративных каналов
VDSL/VDSL2	Обычно асимметричная, возможны разные профили	Высокая скорость на коротких линиях

3. Сети Frame Relay

Frame Relay представляет собой технологию передачи данных с коммутацией кадров в сетях с ретрансляцией кадров.

Она была разработана для соединения территориально удалённых локальных сетей и организаций через инфраструктуру оператора связи.

Frame Relay относится к технологиям глобальных сетей WAN. Она использует виртуальные соединения и передаёт данные в виде кадров через сеть оператора.

В отличие от X.25, Frame Relay имеет более простые механизмы обработки ошибок внутри сети. Она в значительной степени полагается на более высокое качество цифровых каналов и обработку ошибок на конечных устройствах или протоколах верхних уровней.

3.1. Основные особенности Frame Relay

- передача данных в виде кадров;
- использование виртуальных соединений;
- совместное использование сетевой инфраструктуры несколькими абонентами;
- относительно небольшая служебная нагрузка;
- поддержка соединения удалённых локальных сетей;
- возможность назначения согласованной пропускной способности.

3.2. Виртуальные каналы Frame Relay

Для передачи данных используются виртуальные каналы двух основных типов.

PVC (Permanent Virtual Circuit) представляет собой постоянное виртуальное соединение, которое заранее настраивается оператором.

SVC (Switched Virtual Circuit) представляет собой коммутируемое виртуальное соединение, которое устанавливается на время сеанса. Поддержка SVC зависела от конкретной реализации сети и оборудования.
Для идентификации виртуальных соединений применяются значения DLCI (Data Link Connection Identifier). DLCI используется для определения логического соединения на соответствующем участке сети и не является глобальным адресом абонента.

3.3. Принцип работы Frame Relay

1. Абонентское устройство формирует кадр.
2. Кадру назначается идентификатор DLCI.
3. Кадр поступает в сеть Frame Relay через интерфейс доступа.
4. Узлы сети используют служебные поля кадра для пересылки по виртуальному соединению.
5. На стороне получателя кадр передаётся соответствующему устройству.

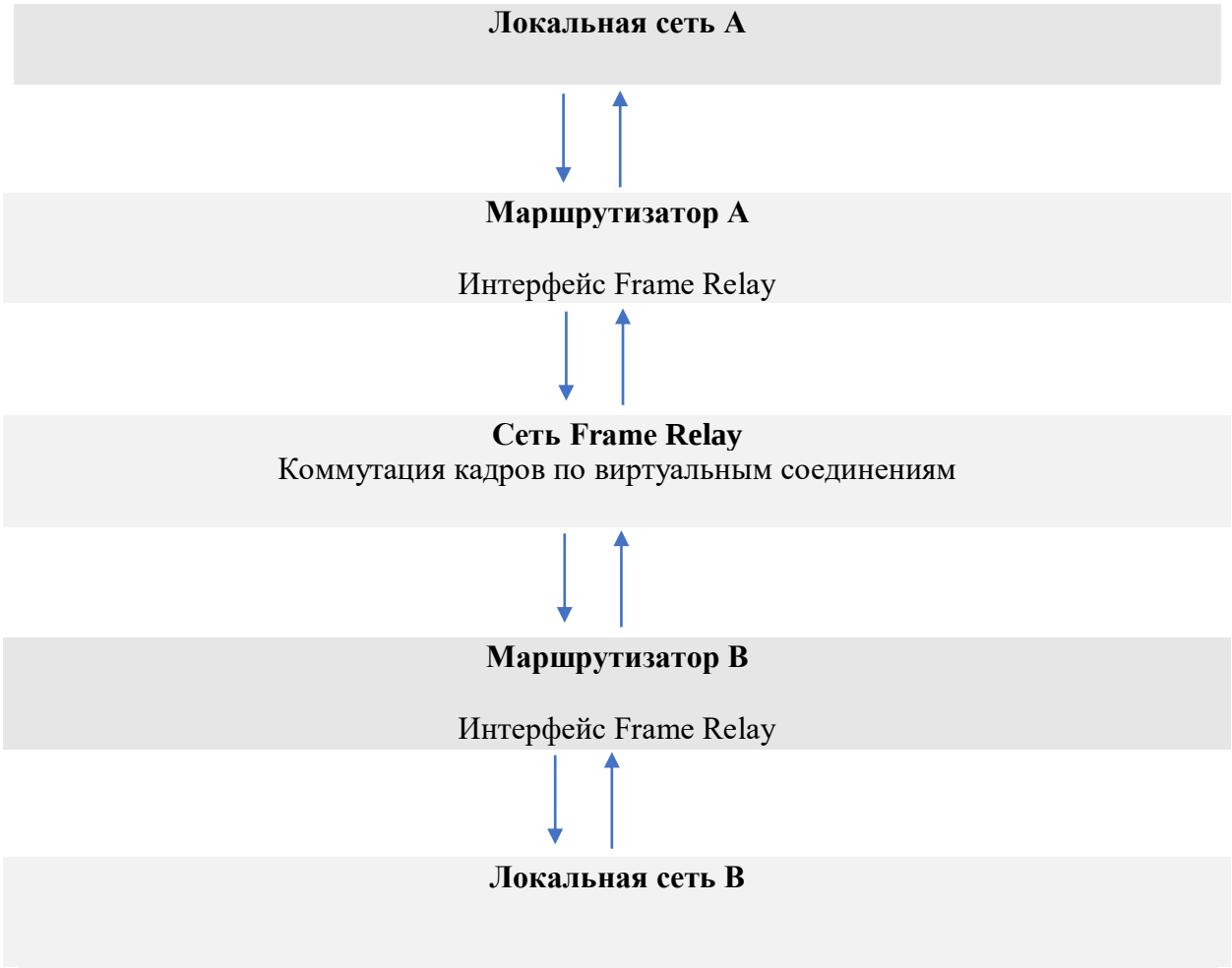


Рисунок 2. Соединение двух локальных сетей через Frame Relay.

3.4. Основные поля кадра Frame Relay

Кадр Frame Relay содержит следующие основные поля:

- Flag: обозначает начало и конец кадра.
- Address: содержит DLCI и другие служебные биты управления.
- Information: содержит передаваемые данные.
- FCS (Frame Check Sequence): используется для обнаружения ошибок в кадре.

Frame Relay предусматривает механизмы уведомления о перегрузке. В частности, поля FECN и BECN могут указывать на перегрузку в направлении передачи или обратном направлении. Поле DE может использоваться для обозначения кадров, которые могут быть отброшены в первую очередь при перегрузке.

3.5. Достоинства и недостатки Frame Relay

Достоинства:

- эффективное использование каналов связи;
- поддержка нескольких виртуальных соединений;
- сравнительно небольшие служебные расходы;
- удобное объединение удалённых локальных сетей.

Недостатки:

- ограниченные возможности гарантированного качества обслуживания по современным требованиям;
- зависимость от инфраструктуры оператора;
- снижение распространённости из-за перехода к IP/MPLS и другим технологиям;
- меньшая актуальность для высокоскоростных современных сетей.

4. Протоколы семейства HDLC

HDLC (High-Level Data Link Control) представляет собой семейство протоколов канального уровня для передачи данных по каналам связи.

HDLC определяет формат кадров, правила обмена кадрами и механизмы контроля ошибок. Он применяется в различных сетевых технологиях и послужил основой для ряда других протоколов канального уровня.

4.1. Основные функции HDLC

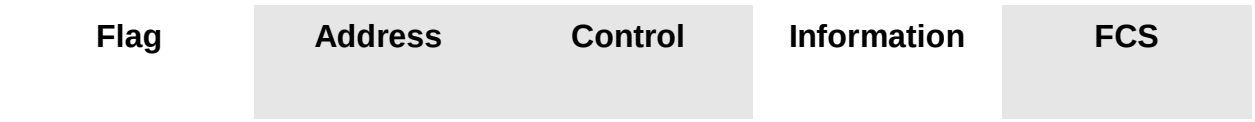
- формирование кадров;
- обнаружение ошибок;
- управление передачей кадров;
- передача управляющей информации;
- организация обмена между взаимодействующими устройствами.

4.2. Структура кадра HDLC

Классический формат кадра HDLC включает следующие поля:

1. Flag: начало и конец кадра.
2. Address: адресное поле.
3. Control: управляющее поле.
4. Information: поле пользовательских данных.
5. FCS: поле контроля ошибок.

Общая структура кадра:



Схематическое представление полей кадра HDLC.

Рисунок 3. Структура кадра HDLC.

4.3. Типы кадров HDLC

В HDLC выделяют три основных типа кадров.

Информационные кадры (I-frames). Передают пользовательские данные. Они также могут содержать информацию, необходимую для управления передачей.

Управляющие кадры (S-frames). Используются для управления потоком, подтверждения приёма и восстановления передачи в предусмотренных режимах.

Ненумерованные кадры (U-frames). Предназначены для управления соединением, настройки режима работы и обмена управляющими сообщениями.

4.4. Основные варианты HDLC

К семейству протоколов и основанных на HDLC механизмов относятся:

- ISO HDLC: стандартизованное семейство протоколов канального уровня.
- LAPB: используется в X.25 для передачи кадров по каналу между DTE и DCE.
- LAPD: используется для передачи сигнальной информации по D-каналу ISDN.
- Cisco HDLC: вариант HDLC, который применяется на последовательных линиях в оборудовании Cisco и содержит дополнительные поля для определения типа протокола.

Не все эти протоколы полностью взаимозаменяемы. Например, Cisco HDLC является расширением, специфичным для оборудования Cisco, поэтому его нельзя автоматически считать совместимым с любым другим вариантом HDLC.

5. Протоколы семейства PPP

PPP (Point-to-Point Protocol) представляет собой протокол канального уровня для передачи сетевых пакетов по соединению типа «точка-точка».

PPP широко применялся для подключения маршрутизаторов, модемов и удалённых пользователей к сетям передачи данных.

Протокол PPP обеспечивает инкапсуляцию сетевых пакетов и включает механизмы установления соединения, настройки параметров и аутентификации.

5.1. Основные функции PPP

- инкапсуляция сетевых протоколов;
- установление и завершение соединения;
- согласование параметров канала;
- обнаружение ошибок в кадрах;
- поддержка аутентификации;
- настройка параметров сетевого уровня.

PPP сам по себе не обеспечивает исправление ошибок с помощью повторной передачи каждого повреждённого кадра. Его поле FCS позволяет обнаруживать повреждения, после чего обработка выполняется согласно правилам соединения и протоколам верхних уровней.

5.2. Основные компоненты PPP

PPP включает несколько важных компонентов.

LCP (Link Control Protocol). Протокол управления каналом. Он используется для установления, настройки, проверки и завершения соединения.

NCP (Network Control Protocol). Семейство протоколов настройки сетевого уровня. Например, IPCP используется для согласования параметров IPv4, а IPv6CP для параметров IPv6.

Протоколы аутентификации. PAP и CHAP могут использоваться для проверки учётных данных в зависимости от конфигурации.

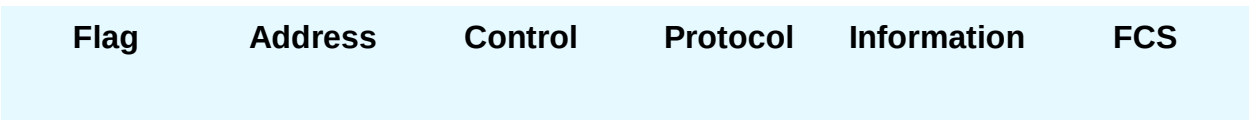
- PAP (Password Authentication Protocol) передаёт учётные данные в простом виде в рамках протокола, поэтому без дополнительной защиты он считается небезопасным.
- CHAP (Challenge-Handshake Authentication Protocol) использует механизм вызова и ответа, чтобы проверить подлинность удалённой стороны без прямой передачи пароля в открытом виде.

CHAP не обеспечивает шифрование всего пользовательского трафика.

5.3. Структура кадра PPP

Кадр PPP включает следующие поля:

- Flag: обозначает начало и конец кадра;
- Address: стандартное адресное поле;
- Control: управляющее поле;
- Protocol: указывает тип инкапсулированных данных;
- Information: содержит пользовательские данные;
- FCS: обеспечивает обнаружение ошибок.



Упрощённая структура кадра PPP.

Рисунок 4. Структура кадра PPP.

В классическом формате PPP поля Address и Control обычно имеют постоянные значения. При согласовании специальных режимов они могут сокращаться.

5.4. Этапы установления соединения PPP

1. Установление канала. С помощью LCP согласуются параметры соединения.
2. Аутентификация. При необходимости проверяются учётные данные пользователя или устройства.
3. Настройка сетевого уровня. С помощью NCP согласуются параметры сетевых протоколов.
4. Передача данных. По соединению передаются пользовательские пакеты.
5. Завершение соединения. LCP закрывает канал.

5.5. Достоинства и недостатки PPP

Достоинства:

- поддержка различных сетевых протоколов;
- возможность аутентификации;
- механизмы настройки параметров соединения;
- широкое применение в соединениях точка-точка;
- стандартизованный формат кадров.

Недостатки:

- дополнительная служебная нагрузка;
- необходимость согласования параметров соединения;
- отсутствие собственного шифрования пользовательского трафика;
- ограниченность применения в современных широкополосных сетях без дополнительных протоколов.

6. Сравнение Frame Relay, HDLC и PPP

Frame Relay, HDLC и PPP решают разные задачи, поэтому их нельзя рассматривать как полностью взаимозаменяемые технологии.

Характеристика	Frame Relay	HDLC	PPP
Основное назначение	Передача кадров через сеть оператора	Канальная передача кадров	Передача сетевых пакетов по соединению точка-точка
Тип соединения	Виртуальные соединения	Зависит от реализации	Точка-точка
Идентификация	DLCI	Адресное и управляющее поля	Поле Protocol и параметры соединения
Контроль ошибок	Обнаружение ошибок кадра	Механизмы обнаружения и, в соответствующих режимах, восстановления	Обнаружение ошибок с помощью FCS
Аутентификация	Не является основной функцией	Зависит от конкретного протокола	Может поддерживать PAP и CHAP
Типичное применение	Глобальные сети WAN	Различные каналы передачи данных	Последовательные линии и некоторые виды доступа к оператору

Заключение

Технологии xDSL, Frame Relay, HDLC и PPP относятся к разным аспектам передачи данных в компьютерных сетях.

xDSL обеспечивает широкополосный доступ через медные телефонные линии. Frame Relay предназначена для передачи кадров через сеть оператора с использованием виртуальных соединений. HDLC определяет механизмы передачи кадров на канальном уровне, а PPP обеспечивает передачу сетевых пакетов по соединению точка-точка и поддерживает настройку параметров канала.

Изучение этих технологий позволяет понять принципы организации абонентского доступа, передачи данных через глобальные сети и работы протоколов канального уровня.

Контрольные вопросы

1. Что такое xDSL и для чего применяются эти технологии?
2. Как работает технология ADSL?
3. Чем отличаются ADSL, SHDSL и VDSL?
4. Какие устройства используются для организации доступа xDSL?
5. Что представляет собой технология Frame Relay?
6. Чем отличаются PVC и SVC?
7. Для чего используется идентификатор DLCI?
8. Какие основные поля содержит кадр Frame Relay?
9. Что такое HDLC и какие функции он выполняет?
10. Чем отличаются I-кадры, S-кадры и U-кадры?
11. Какие функции выполняют LAPB и LAPD?
12. Что представляет собой протокол PPP?
13. Для чего предназначены LCP и NCP?
14. Чем отличаются PAP и CHAP?
15. В чём заключаются основные различия между Frame Relay, HDLC и PPP?