

МДК.01.01

**Организация, принципы
построения и функционирования
компьютерных сетей**

3-курс

**Транспортные технологии
глобальных сетей**

Занятие 03, 04

Технологии двухточечных каналов

В тех случаях, когда IP-маршрутизаторы непосредственно соединены линиями связи физического уровня (кабелями или каналами таких технологий первичных сетей, как PDH, SDH или OTN), функции протокола канального уровня сокращаются по сравнению со случаем, когда на канальном уровне имеется сеть с коммутацией пакетов, например Ethernet или MPLS.

Для подобных случаев разработаны специальные протоколы канального уровня с упрощенной функциональностью, которые принято называть двухточечными, или протоколами «точка-точка», что отражает топологию связей между маршрутизаторами.

Протокол HDLC

Протокол HDLC (High-level Data Link Control — высокоуровневое управление линией связи) представляет целое семейство протоколов, реализующих функции канального уровня.

Важным свойством HDLC является его функциональное разнообразие.

Он может работать в нескольких весьма отличающихся друг от друга режимах, поддерживает не только двухточечные соединения, но и соединения с одним источником и несколькими приемниками, а кроме того, предусматривает различные функциональные роли взаимодействующих станций.

Сложность HDLC объясняется тем, что это очень «старый» протокол, разработанный еще в 70-е годы для ненадежных

Протокол HDLC

Поэтому в одном из режимов протокол HDLC подобно протоколу TSP поддерживает процедуру установления логического соединения и процедуры контроля передачи кадров, а также восстанавливает утерянные или поврежденные кадры.

Существует и дейтаграммный режим работы HDLC, в котором логическое соединение не устанавливается и кадры не восстанавливаются.

В IP-маршрутизаторах чаще всего используется версия протокола HDLC, разработанная компанией Cisco.

Несмотря на то что эта версия является фирменным протоколом, она стала стандартом де-факто для IP-маршрутизаторов большинства производителей.

Протокол HDLC

Версия Cisco HDLC работает только в дейтаграммном режиме, что соответствует современной ситуации с незашумленными надежными каналами связи.

По сравнению со стандартным протоколом версия Cisco HDLC включает несколько расширений, главным из которых является многопротокольная поддержка.

Это означает, что в заголовок кадра Cisco HDLC добавлено поле типа протокола, подобное полю EtherType в кадре Ethernet.

Это поле содержит код протокола, данные которого переносит кадр Cisco HDLC.

В стандартной версии HDLC такое поле отсутствует.

Протокол PPP

Протокол PPP (Point-to-Point Protocol — протокол двухточечной связи) является стандартным протоколом Интернета.

Протокол PPP так же, как и HDLC, представляет собой целое семейство протоколов, в которое, в частности, входят:

- протокол управления линией связи (Link Control Protocol, LCP);
- протокол управления сетью (Network Control Protocol, NCP);
- многоканальный протокол PPP (Multi Link PPP, MLPPP);
- протокол аутентификации по паролю (Password Authentication Protocol, PAP);
- протокол аутентификации по квитированию вызова (Challenge Handshake Authentication Protocol, CHAP).

Протокол PPP

Особенностью протокола PPP, отличающей его от других протоколов канального уровня, является сложная переговорная процедура принятия параметров соединения. Стороны обмениваются различными параметрами, такими как качество линии, размер кадров, тип протокола аутентификации и тип инкапсулируемых протоколов сетевого уровня.

В корпоративной сети конечные системы часто отличаются размерами буферов для временного хранения пакетов, ограничениями на размер пакета, списком поддерживаемых протоколов сетевого уровня.

Физическая линия, связывающая конечные устройства, может варьироваться от низкоскоростной аналоговой до высокоскоростной цифровой линии с различными уровнями качества обслуживания.

Протокол RRR

Протокол, в соответствии с которым принимаются параметры соединения, называется протоколом управления линией связи (LSP).

Чтобы справиться со всеми возможными ситуациями, в протоколе RRR имеется набор стандартных параметров, действующих по умолчанию и учитывающих все стандартные конфигурации.

При установлении соединения два взаимодействующих устройства для нахождения взаимопонимания пытаются сначала использовать эти параметры. Каждый конечный узел описывает свои возможности и требования. Затем на основании этой информации принимаются параметры соединения, устраивающие обе стороны.

Переговорная процедура протоколов может и не завершиться соглашением о каком-нибудь параметре.

Протокол PPP

Одним из важных параметров соединения PPP является режим аутентификации.

Для целей аутентификации PPP предлагает по умолчанию протокол аутентификации по паролю (PAP), передающий пароль по линии связи в открытом виде, или протокол аутентификации по квитированию вызова (CHAP), не передающий пароль по линии связи и поэтому обеспечивающий более высокий уровень безопасности сети.

Пользователям также разрешается добавлять новые алгоритмы аутентификации.

Кроме того, пользователи могут влиять на выбор алгоритмов сжатия заголовка и данных.

Протокол PPP

Многопротокольная поддержка — способность протокола PPP поддерживать несколько протоколов сетевого уровня — обусловила распространение PPP как стандарта де-факто.

Внутри одного соединения PPP могут передаваться потоки данных различных сетевых протоколов, включая IP, Novell IPX, и многих других, а также данные протоколов канального уровня локальной сети.

Каждый протокол сетевого уровня конфигурируется отдельно с помощью соответствующего протокола управления сетью (NSP).

Под конфигурированием понимается, во-первых, констатация того факта, что данный протокол будет использоваться в текущем сеансе PPP, а во-вторых, переговорное согласование некоторых параметров протокола.

Протокол RRR

Больше всего параметров устанавливается для протокола IP, включая IP-адреса взаимодействующих узлов, IP-адреса DNS-серверов, признак компрессии заголовка IP-пакета и т. д.

Для каждого протокола, предназначенного для конфигурирования протокола верхнего уровня, помимо общего названия NCP употребляется особое название, построенное путем добавления аббревиатуры CP (Control Protocol — протокол управления) к имени конфигурируемого протокола: например, для IP — это протокол IPSP, для IPX — IPXCP и т. п.

Протокол RPP

Под расширяемостью протокола RPP понимается как возможность включения новых протоколов в стек RPP, так и возможность применения собственных протоколов пользователей вместо рекомендуемых в RPP по умолчанию.

Это позволяет наилучшим образом настроить RPP для каждой конкретной ситуации.

Одной из привлекательных способностей протокола RPP является способность использования нескольких физических линий связи для образования одного логического канала, то есть агрегирование каналов.

Эту возможность реализует многоканальный протокол RPP (MLPPP).

Технологии доступа

Проблема последней мили

Организация удаленного доступа является одной из наиболее острых проблем компьютерных сетей.

Она получила название проблемы **последней мили**, где под последней милей подразумевается расстояние от точки присутствия (POP) оператора связи до помещений клиентов.

Сложность этой проблемы определяется несколькими факторами.

С одной стороны, современным пользователям необходим высокоскоростной доступ, обеспечивающий качественную передачу трафика любого типа, в том числе данных, голоса, видео.

Для этого нужны скорости в несколько Мбит/с, а для качественного приема телевизионных программ — в несколько десятков Мбит/с.

Проблема последней мили

С другой стороны, подавляющее большинство домов в больших и малых городах и особенно в сельской местности по-прежнему соединены абонентскими окончаниями телефонной сети, которые не были рассчитаны на передачу компьютерного трафика.

Кардинальная перестройка кабельной инфраструктуры доступа требует времени — слишком масштабна эта задача из-за огромного количества зданий и домов, географически рассеянных по огромной территории.

Процесс прокладки к жилым домам оптического кабеля начался уже давно, но он затронул пока только большие города и крупные здания с множеством потенциальных пользователей.

Проблема последней мили

Долгое время наиболее распространенной технологией доступа был коммутируемый доступ, когда пользователь устанавливал коммутируемое соединение с корпоративной сетью или Интернетом через телефонную сеть с помощью модема, работающего в голосовой полосе частот.

Такой способ обладает очевидным и существенным недостатком — скорость доступа ограничена несколькими десятками Кбит/с из-за фиксированной узкой полосы пропускания примерно в 3,4 КГц, выделяемой каждому абоненту телефонной сети.

Такие скорости сегодня устраивают все меньшее количество пользователей.

Проблема последней мили

Сегодня существует ряд технологий, способных предоставлять услуги скоростного удаленного доступа на основе существующей инфраструктуры абонентских окончаний — телефонных сетей или сетей кабельного телевидения.

Эти технологии, обеспечивающие скорость от нескольких сотен Кбит/с до нескольких десятков Мбит/с, используют следующий прием: после достижения POP компьютерные данные уже не следуют по телефонной сети или сети кабельного телевидения, а ответвляются с помощью специального оборудования в сеть передачи данных.

Это позволяет преодолеть ограничения на полосу пропускания, отводимую абоненту в телефонной сети или в сети кабельного телевидения, и повысить скорость доступа. Наиболее популярными технологиями такого типа являются технология ADSL, использующая телефонные абонентские окончания, и

Проблема последней мили

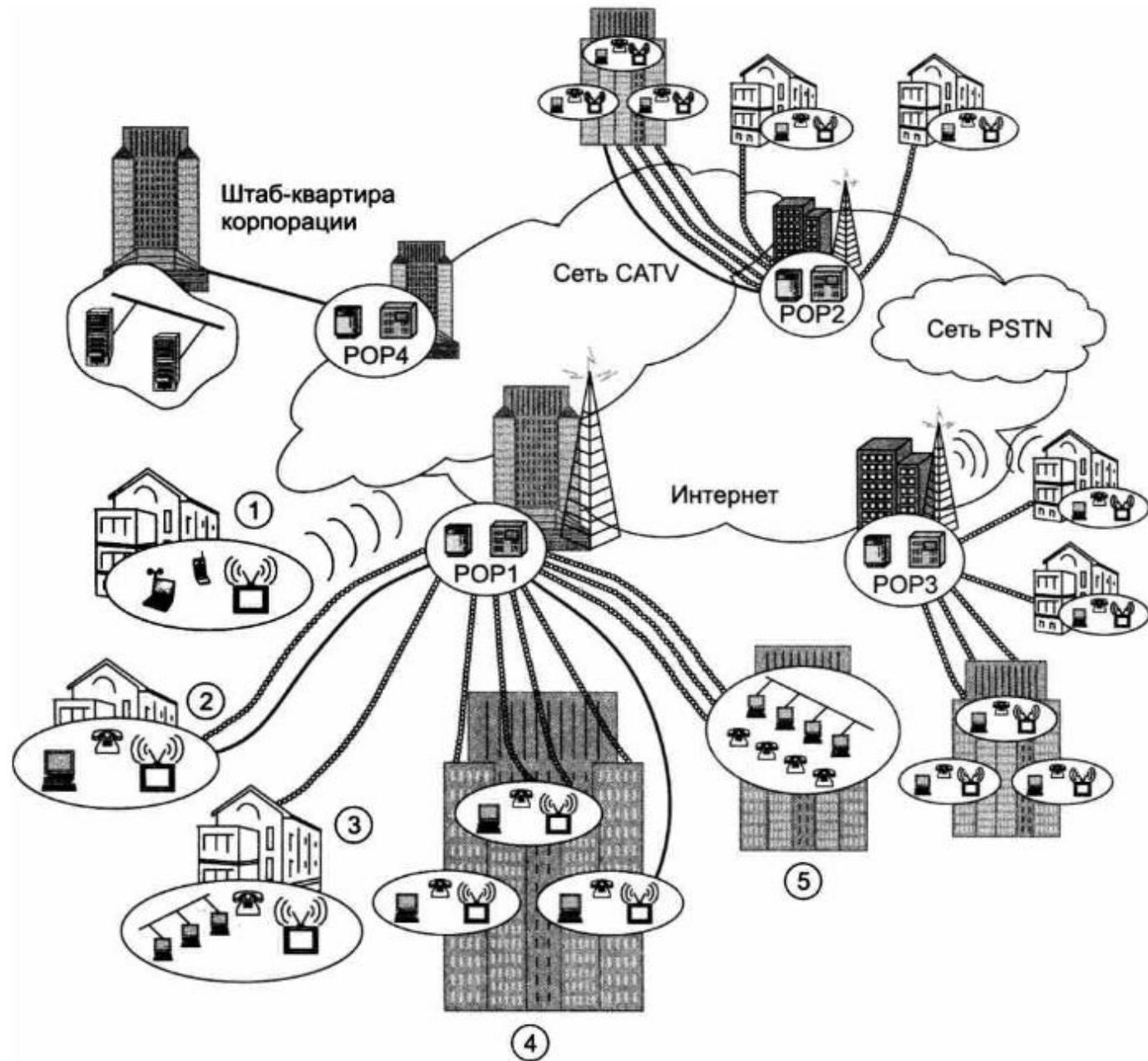
Применяются также различные беспроводные технологии доступа, обеспечивающие как фиксированный, так и мобильный доступ.

Набор таких беспроводных технологий очень широк, в него входят и беспроводные сети Ethernet (802.11), различные фирменные технологии, передача данных по сети мобильной телефонии, а также технологии фиксированного доступа, например стандарта 802.16.

Следующий рисунок иллюстрирует разнообразный и пестрый мир удаленного доступа.

Мы видим здесь клиентов различных типов, отличающихся используемым оборудованием и требованиями к параметрам доступа.

Проблема последней мили



Проблема последней мили

Кроме того, помещения клиентов могут быть соединены с ближайшей точкой доступа оператора связи (то есть с ближайшим центральным офисом, если пользоваться терминологией операторов телефонной сети) различными способами: с помощью аналогового или цифрового окончания телефонной сети, телевизионного кабеля, беспроводной связи.

Наконец, сам оператор связи может иметь различную специализацию, то есть быть либо поставщиком телефонных услуг, либо поставщиком услуг Интернета, либо оператором кабельного телевидения.

Или же он может быть универсальным оператором, предоставляющим весь спектр услуг и обладающим собственными сетями всех типов.

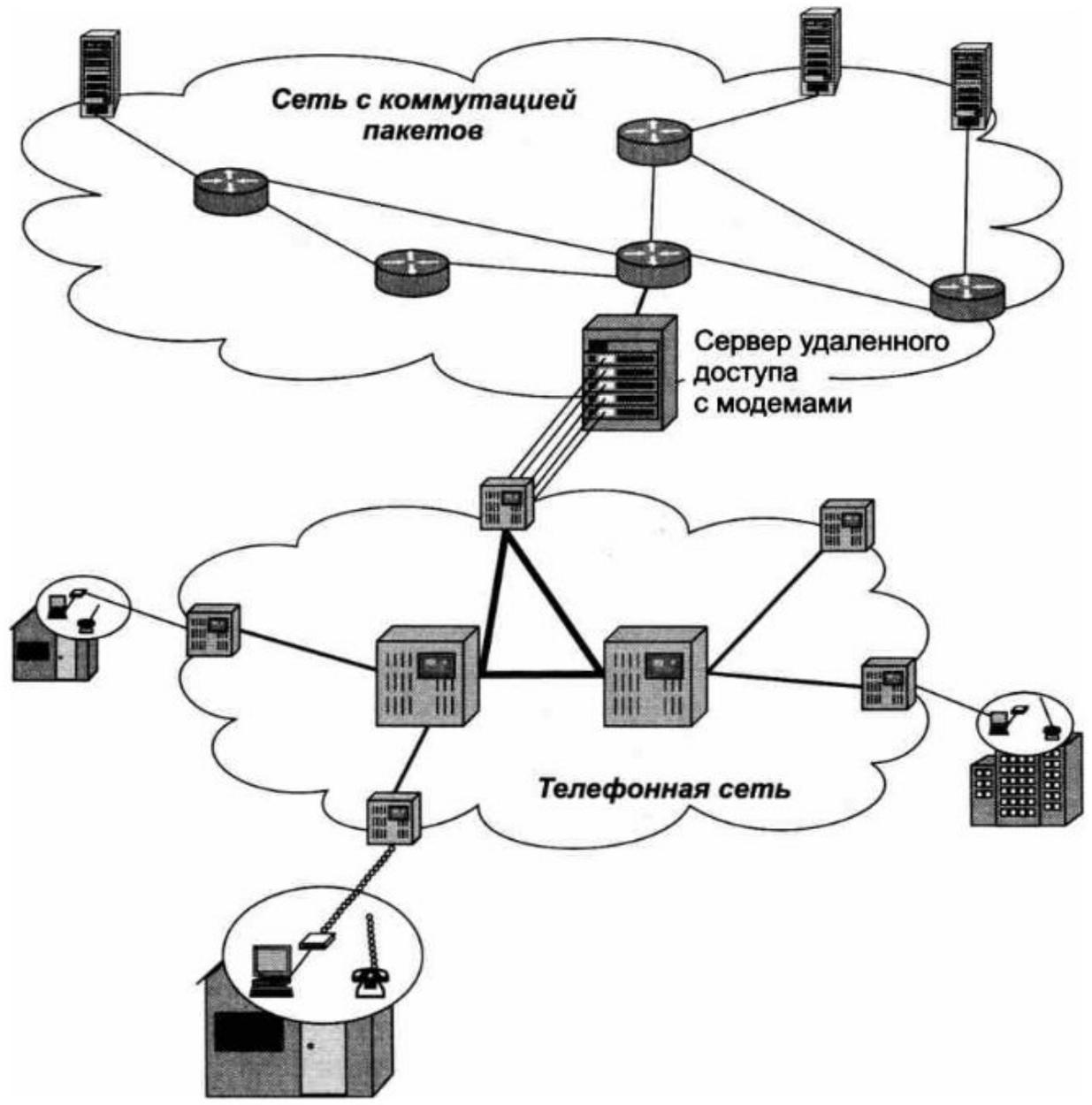
Коммутируемый аналоговый доступ

Основная идея коммутируемого доступа состоит в том, чтобы использовать имеющуюся телефонную сеть для организации коммутируемого соединения между компьютером домашнего пользователя и сервером удаленного доступа (Remote Access Server, RAS), установленным на границе телефонной и компьютерной сетей.

Компьютер пользователя подключается к телефонной сети с помощью коммутируемого модема, который поддерживает стандартные процедуры набора номера и имитирует работу телефонного аппарата для установления соединения с RAS.

Схема организации доступа через аналоговую телефонную сеть показана на следующем рисунке.

Коммутируемый аналоговый доступ



Коммутируемый аналоговый доступ

Сервер RAS имеет два типа соединений: с телефонной сетью через пул модемов и с локальной IP-сетью, соединенной с Интернетом.

Для телефонной сети и RAS и модемы клиентов являются обычными пользователями. Коммутаторы телефонной сети сегодня чаще всего цифровые (хотя кое-где остались еще и аналоговые).

Однако несмотря на цифровой в основном характер телефонной сети, для использования ее в качестве сети доступа важен тот факт, что ее абонентское окончание является аналоговым и между абонентами сети организуется аналоговый канал с полосой пропускания 4 КГц.

Коммутируемый аналоговый доступ

Для того чтобы получить доступ в Интернет или корпоративную сеть через телефонную сеть, модем пользователя должен выполнить вызов по одному из номеров, присвоенному модемам, находящимся на сервере удаленного доступа.

После установления соединения модемами в телефонной сети образуется канал с полосой пропускания около 4 КГц.

Точное значение ширины имеющейся в распоряжении модемов полосы зависит от типа телефонных коммутаторов на пути от модема пользователя до модема RAS и от поддерживаемых ими сигнальных протоколов.

В любом случае, эта полоса не превышает 4 КГц, что принципиально ограничивает скорость передачи данных модемом.

Коммутируемый аналоговый доступ

После того как модем установил соединение с RAS, телефонная линия становится недоступной для телефона пользователя, так как модем занимает своим сигналом всю доступную полосу пропускания линии.

Наивысшим достижением современных модемов на канале тональной частоты является скорость в 33,6 Кбит/с, если на пути следования информации приходится выполнять аналого-цифровое преобразование, и 56 Кбит/с, если преобразование цифро-аналоговое.

Такая асимметрия связана с тем, что аналого-цифровое преобразование вносит существенно более значительные искажения в передаваемые дискретные данные, чем цифро-аналоговое.

Коммутируемый аналоговый доступ

Очевидно, что такие скорости нельзя назвать приемлемыми для большинства современных приложений, которые широко используют графику и другие мультимедийные формы представления данных.

Модемы RAS обычно устанавливаются в точке присутствия поставщика услуг.

Если же целью пользователя является доступ не в Интернет, а в корпоративную сеть, то он задействует Интернет как промежуточную сеть, которая ведет к корпоративной сети (также подключенной к Интернету).

Поскольку плата за доступ в Интернет не зависит от расстояния до узла назначения, удаленный доступ к ресурсам корпорации стал сегодня намного дешевле даже с учетом оплаты за локальный телефонный звонок и доступ в Интернет.

Коммутируемый аналоговый доступ

Правда, при такой двухступенчатой схеме доступа пользователю придется выполнять аутентификацию дважды — при доступе к RAS поставщика услуг и при доступе к RAS предприятия.

Существуют протоколы, которые исключают подобное дублирование, например двухточечный протокол туннелирования (Point-to-Point Tunneling Protocol, PPTP).

При работе PPTP сервер удаленного доступа поставщика услуг передает транзитом запрос пользователя серверу аутентификации предприятия и в случае положительного ответа соединяет пользователя через Интернет с корпоративной сетью.

RAS может подключаться к телефонному коммутатору с помощью как аналоговых, так и цифровых окончаний.

Модемы

Модем реализует функции **физического** и **канального** уровней. Канальный уровень нужен модему для того, чтобы выявлять и исправлять ошибки, появляющиеся из-за искажений битов при передаче через телефонную сеть.

Вероятность битовой ошибки в этом случае довольно высока, поэтому функция **исправления ошибок** является очень важной для модема.

Так как в качестве **канального протокола** между в основном используется протокол **PPP**, который не занимается восстановлением искаженных и потерянных кадров, способность модема исправлять ошибки оказывается весьма полезной.

Модемы

Протоколы и стандарты модемов на три группы:

- стандарты, определяющие скорость передачи данных и метод кодирования;
- стандарты исправления ошибок;
- стандарты сжатия данных.

Модемы являются одними из наиболее старых и заслуженных устройств передачи данных; в процессе своего развития они прошли долгий путь, прежде чем научились работать на скоростях до 56 Кбит/с.

Модемы

Первые модемы работали со скоростью 300 бит/с и исправлять ошибки не умели.

Эти модемы функционировали в асинхронном режиме, означающем, что каждый байт передаваемой компьютером информации передавался асинхронно по отношению к другим байтам, для чего он сопровождался стартовыми и стоповыми символами, отличающимися от символов данных.

Асинхронный режим упрощает устройство модема и повышает надежность передачи данных, но существенно снижает скорость передачи, так как каждый байт дополняется одним или двумя избыточными старт-стопными символами.

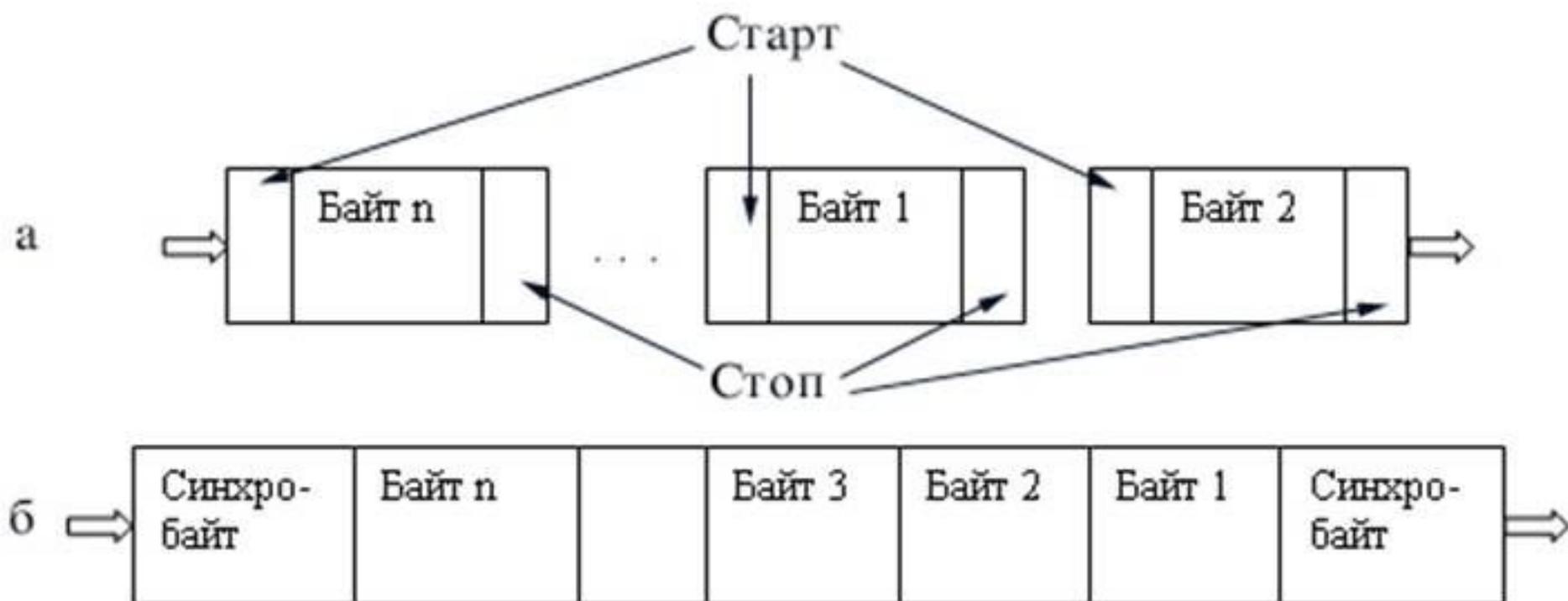
Современные модемы могут работать как в асинхронном, так и в синхронном режиме.

Модемы

Синхронный способ передачи данных — способ передачи цифровых данных по последовательному интерфейсу, при котором приемнику и передатчику известно время передачи данных, то есть, передатчик и приемник работают синхронно, в такт.

Асинхронный способ передачи данных — такой способ передачи цифровых данных от передатчика к приемнику по последовательному интерфейсу, при котором данные передаются в любой момент времени. Для того, чтобы приёмник инициировал прием данных, вводятся специальные битовые последовательности, обрамляющие данные. Перед началом передачи данных передается стартовый бит, в конце передачи данных передается стоповый бит.

Асинхронная и синхронная передачи



Модемы

Переломным моментом в истории развития модемов стало принятие стандарта V.34, который повысил максимальную скорость передачи данных в два раза, с 14 до 28 Кбит/с по сравнению со своим предшественником — стандартом V.32.

Особенностью стандарта V.34 являются процедуры **динамической адаптации к изменениям характеристик канала** во время обмена информацией.

В V.34 определено 10 согласительных процедур, по которым модемы после тестирования линии выбирают свои основные параметры: несущую полосу и полосу пропускания, фильтры передатчика и др.

Модемы

Адаптация осуществляется в ходе сеанса связи без прекращения и без разрыва установленного соединения.

Возможность такого адаптивного поведения была обусловлена развитием техники интегральных схем и микропроцессоров.

Первоначальное соединение модемов проводится по стандарту V.21 на минимальной скорости 300 бит/с, что позволяет работать на самых плохих линиях.

Затем модемы продолжают переговорный процесс до тех пор, пока не достигают максимально возможной в данных условиях производительности.

Применение адаптивных процедур сразу позволило поднять скорость передачи данных более чем в два раза по сравнению с предыдущим стандартом — V.32 bis.

Модемы

Принципы адаптивной настройки к параметрам линии были развиты в стандарте V.34+.

Стандарт V.34+ позволил несколько повысить скорость передачи данных за счет усовершенствования метода кодирования.

Один передаваемый кодовый символ несет в новом стандарте в среднем не 8,4 бита, как в протоколе V.34, а 9,8.

При максимальной скорости передачи кодовых символов в 3429 бод (это ограничение преодолеть нельзя, так как оно определяется полосой пропускания канала тональной частоты) усовершенствованный метод кодирования дает скорость передачи данных в 33,6 Кбит/с ($3429 \times 9,8 = 33\ 604$).

Модемы

Протоколы V.34 и V.34+ позволяют работать на двухпроводной выделенной линии в дуплексном режиме.

Дуплексный режим передачи в стандартах V.34, V.34+ поддерживается не частотным разделением канала, а **одновременной передачей данных в обоих направлениях.**

Принимаемый сигнал определяется вычитанием с помощью процессоров DSP передаваемого сигнала из общего сигнала в канале.

Для этой операции используются также процедуры эхоподавления, так как передаваемый сигнал, отражаясь от ближнего и дальнего концов канала, вносит искажения в общий сигнал.

Модемы

Стандарт V.90 описывает технологию недорогого и быстрого доступа пользователей к сетям поставщиков услуг.

Этот стандарт предлагает асимметричный обмен данными: со скоростью до 56 Кбит/с из сети и со скоростью до 33,6 Кбит/с в сеть.

Стандарт совместим со стандартом V.34+.

Именно этот стандарт имелся в виду, когда мы говорили о возможности нисходящей передачи данных со скоростью 56 Кбит/с при условии, что вдоль всего пути не встретится ни одного аналого-цифрового преобразователя.

Модемы

В стандарте V.92 учитывается возможность **принятия модемом второго вызова** во время соединения.

В таких случаях современные станции передают на телефонный аппарат специальные **двойные тоновые сигналы**, так что абонент может распознать эту ситуацию, нажав на аппарате кнопку Flash, переключиться на второе соединение, переведя первое соединение в **режим удержания**.

Модемы предыдущих стандартов в таких случаях просто **разрывают соединение**, что не всегда удобно для абонента, — может быть, в этот момент он заканчивает загружать из Интернета большой файл, и вся его работа пропадает.

Модемы

Коррекция ошибок.

Для модемов, работающих по асинхронному интерфейсу, комитет ITU-T разработал **протокол коррекции ошибок V.42**.

До его принятия в модемах, работающих по асинхронному интерфейсу, коррекция ошибок обычно выполнялась по фирменным протоколам Microcom.

Эта компания реализовала в своих модемах несколько разных процедур коррекции ошибок, назвав их сетевыми протоколами Microcom (Microcom Networking Protocol, MNP) классов 2-4.

Модемы

В стандарте V.42 основным является протокол доступа к линии связи для модемов (Link Access Protocol for Modems, LAP-M).

Рекомендации V.42 позволяют устанавливать связь без ошибок с любым модемом, поддерживающим этот стандарт, а также с любым MNP-совместимым модемом.

Протокол LAP-M принадлежит семейству HDLC и в основном работает так же, как и другие протоколы этого семейства, — с установлением соединения, кадрированием данных, нумерацией кадров и восстановлением кадров с поддержкой метода скользящего окна.

Модемы

Сжатие данных.

Почти все современные модемы при работе по асинхронному интерфейсу поддерживают стандарты сжатия данных ITU-T V.42bis и MNP-5 (обычно с коэффициентом 1:4, некоторые модели — до 1:8).

Сжатие данных повышает пропускную способность линии связи.

Передающий модем автоматически сжимает данные, а принимающий их — восстанавливает.

Модем, поддерживающий протокол сжатия, **всегда пытается установить связь со сжатием данных**, но если второй модем этот протокол не поддерживает, то и первый модем переходит на обычную связь без сжатия.

Коммутируемый доступ через сеть ISDN

Целью создания технологии ISDN (Integrated Services Digital Network — цифровая сеть с интегрированным обслуживанием) было **построение всемирной сети**, которая должна была прийти на смену телефонной сети и, будучи такой же доступной и распространенной, предоставлять миллионам своих пользователей разнообразные услуги, как телефонные, так и передачи данных.

Передача телевизионных программ по ISDN не предполагалась, было решено ограничиться пропускной способностью абонентского окончания для массовых пользователей в 128 Кбит/с и 2 Мбит/с для корпоративных пользователей.

Коммутируемый доступ через сеть ISDN

По многим причинам внедрение ISDN происходило очень медленно. Главным препятствием на пути распространения ISDN стала необходимость организации цифрового абонентского окончания (Digital Subscriber Line, DSL), требующего модернизации миллионов абонентских окончаний.

В результате процесс, который начался в 80-е годы, растянулся больше чем на десять лет, так что к моменту появления в домах пользователей в 90-е годы абонентских окончаний ISDN услуги этой сети просто морально устарели.

Скорость доступа 128 Кбит/с уже тогда была недостаточной для многих пользователей, а услуги со скоростью 2 Мбит/с были очень дорогими. В результате ISDN осталась нишевой технологией, используемой все реже и реже.

Коммутируемый доступ через сеть ISDN

Базовой скоростью сети ISDN является скорость канала DS-0, то есть 64 Кбит/с.

Эта скорость ориентируется на самый простой метод кодирования голоса — РСМ, хотя дифференциальное кодирование и позволяет передавать голос с тем же качеством на скорости 32 или 16 Кбит/с.

Одной из оригинальных идей, положенных в основу ISDN, является совместное использование принципов коммутации каналов и пакетов.

Пользовательский интерфейс абонента ISDN основан на каналах трех типов: В, D и Н.

Коммутируемый доступ через сеть ISDN

Каналы типа В обеспечивают передачу пользовательских данных (оцифрованного голоса, компьютерных данных или смеси голоса и данных). Каналы типа В могут иметь постоянные соединения, а также образовывать так называемые полупостоянные соединения, которые эквивалентны соединениям каналов обычной телефонной сети.

Канал типа D является каналом доступа к служебной сети с коммутацией пакетов, передающей сигнальную информацию со скоростью 16 или 64 Кбит/с. Передача адресной информации, на основе которой осуществляется коммутация каналов типа В в коммутаторах сети, является основной функцией канала D. Другой его функцией является поддержание сервиса низкоскоростной сети с коммутацией пакетов для пользовательских данных. Обычно этот сервис выполняется сетью в то время, когда каналы типа D свободны от выполнения основной функции.

Коммутируемый доступ через сеть ISDN

Пользовательский интерфейс ISDN представляет собой набор логических каналов определенного типа и с определенными скоростями. Сеть ISDN поддерживает два вида пользовательского интерфейса: с начальной (Basic Rate Interface, BRI) и основной (Primary Rate Interface, PRI) скоростями передачи данных.

Начальный интерфейс (BRI) ISDN предоставляет пользователю два канала по 64 Кбит/с для передачи данных (каналы типа В) и один канал с пропускной способностью 16 Кбит/с для передачи управляющей информации (канал типа D). По замыслу разработчиков технологии ISDN, один канал типа В пользователь может задействовать для подключения цифрового телефона, а второй — для подключения компьютера.

Коммутируемый доступ через сеть ISDN

Основной интерфейс (PRI) ISDN предназначен для **пользователей с повышенными требованиями** к пропускной способности сети. Он обеспечивает скорость 2,048 Мбит/с (европейский вариант) или 1,544 Мбит/с (американский вариант).

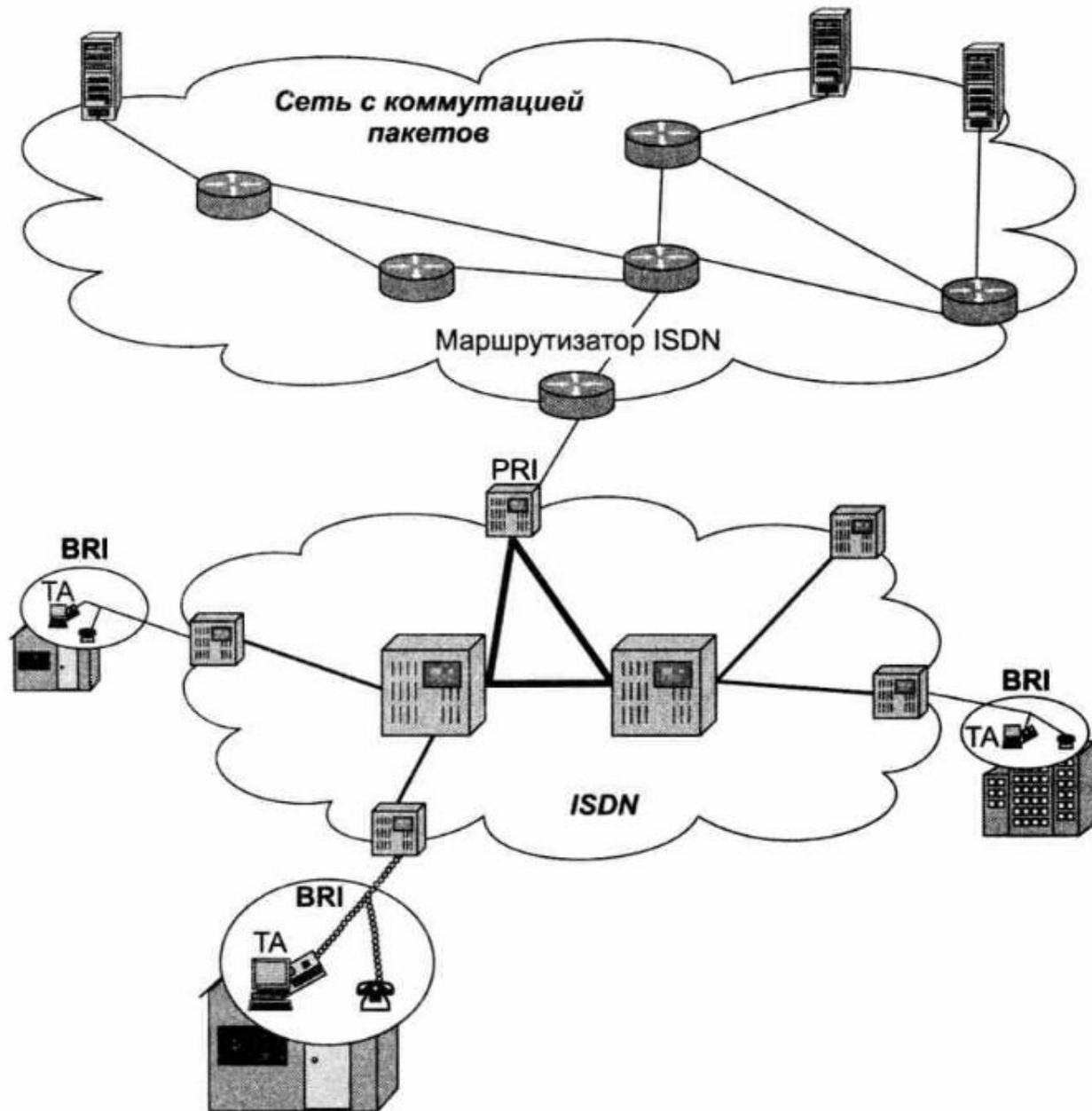
Несмотря на значительные отличия от аналоговых телефонных сетей, сети ISDN используются для организации удаленного доступа в основном так же, как аналоговые телефонные сети, то есть как сети с коммутацией каналов, но только более скоростные. Кроме того, качество цифровых каналов гораздо выше, чем аналоговых, а следовательно, существенно ниже процент искаженных кадров и значительно выше полезная скорость обмена данными.

Коммутируемый доступ через сеть ISDN

Обычно интерфейс BRI служит в коммуникационном оборудовании **для подключения отдельных компьютеров** или небольших локальных сетей домашних пользователей, а интерфейс PRI — для подключения **сети средних размеров** с помощью маршрутизатора.

Схема удаленного доступа через ISDN показана на очередном рисунке.

Коммутируемый доступ через сеть ISDN



Коммутируемый доступ через сеть ISDN

Для удаленного доступа необходимо оснастить компьютеры пользователей **терминальными адаптерами**, а в POP установить маршрутизатор, имеющий один или несколько интерфейсов PRI. В этом случае максимальная скорость доступа для отдельного пользователя будет равна скорости передачи двух каналов типа В, то есть 128 Кбит/с. Драйверы терминальных адаптеров ISDN умеют объединять два отдельных физических канала типа В в один логический канал.

Для этого служит расширение протокола PPP — многоканальный протокол MLPPP. Если пользователь удаленного доступа согласен ограничиться скоростью 64 Кбит/с, он может задействовать второй канал типа В своего интерфейса BRI для параллельной работы телефона ISDN, что невозможно сделать при применении аналогового коммутируемого модема.

Технология ADSL

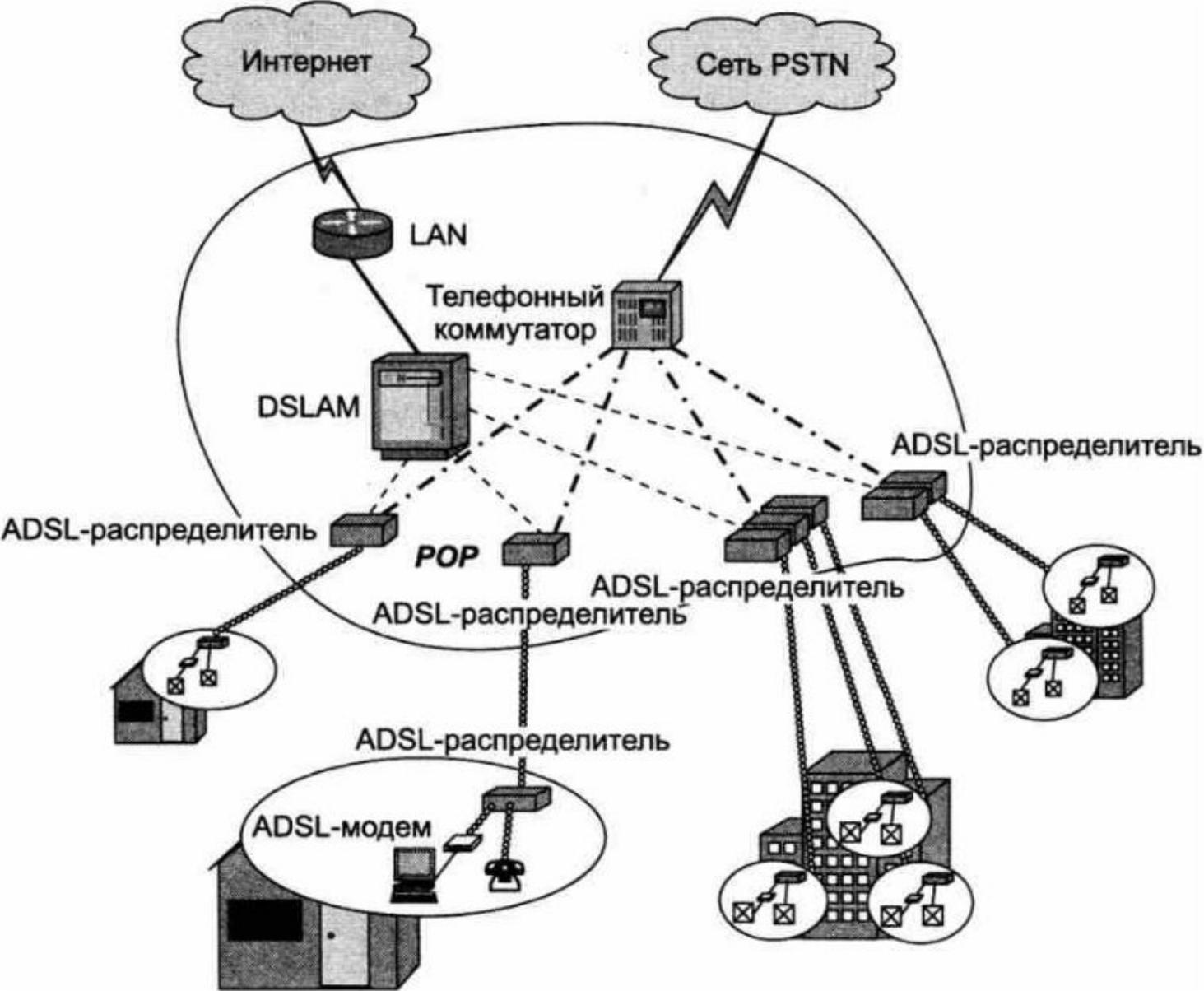
Технология асимметричного цифрового абонентского окончания (Assymetric Digital Subscriber Line, ADSL) была разработана для обеспечения **скоростного доступа в Интернет массовых индивидуальных пользователей**, квартиры которых оснащены обычными абонентскими телефонными окончаниями.

Появление технологии ADSL было революционным событием для массовых пользователей Интернета, потому что для них оно означало повышение скорости доступа в десятки (а то и более) раз без какого бы то ни было изменения кабельной проводки в квартире и в доме.

Для доступа через ADSL, так же как и для аналогового коммутируемого доступа, нужны телефонные абонентские окончания и модемы.

Схема доступа через ADSL показана на следующем рисунке.

Технология ADSL



Технология ADSL

ADSL-модемы, подключаемые к обоим концам короткой линии между абонентом и POP, образуют **три канала**: высокоскоростной нисходящий канал передачи данных из сети в компьютер, менее скоростной восходящий канал передачи данных из компьютера в сеть и канал телефонной связи, по которому передаются обычные телефонные разговоры.

Передача данных в канале от сети к абоненту в стандарте ADSL 1998 года происходит со скоростью от 1,5 до 8 Мбит/с, а в канале от абонента к сети — от 16 Кбит/с до 1 Мбит/с; для телефона оставлена традиционная полоса в 4 КГц.

Технология ADSL

Для асимметрии нисходящей и восходящей скоростей полоса пропускания абонентского окончания делится между каналами также асимметрично.

Неопределенность используемых полос частот объясняется тем, что модем постоянно тестирует качество сигнала и выбирает только те части выделенного для передачи спектра, в которых соотношение сигнал/шум является приемлемым для устойчивой передачи дискретных данных.

Заранее сказать, в каких частях выделенного спектра это соотношение окажется приемлемым, невозможно, так как это зависит от длины абонентского окончания, сечения провода, качества витой пары в целом, а также помех, которые наводятся на провода абонентского окончания. ADSL-модемы умеют адаптироваться к качеству абонентского окончания и выбирать максимально возможную на данный момент скорость передачи

Технология ADSL

В помещении клиента устанавливается **распределитель**, который выполняет разделение частот между ADSL-модемом и обычным аналоговым телефоном, обеспечивая их совместное сосуществование.

У провайдера устанавливается так называемый **мультиплексор** доступа к цифровому абонентскому окончанию (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, DSLAM).

Он **принимает компьютерные данные**, отделенные распределителями на дальнем конце абонентских окончаний от голосовых сигналов. DSLAM-мультиплексор должен иметь столько ADSL-модемов, сколько пользователей удаленного доступа обслуживает поставщик услуг с помощью телефонных абонентских окончаний.

Технология ADSL

После преобразования модулированных сигналов в дискретную форму DSLAM **отправляет данные на IP-маршрутизатор**, который также обычно находится в помещении POP.

Далее данные поступают в магистраль передачи данных поставщика услуг и доставляются в соответствии с IP-адресами назначения на публичный сайт Интернета или в корпоративную сеть пользователя.

Отделенные распределителем **голосовые сигналы** передаются на **телефонный коммутатор**, который обрабатывает их так, как если бы абонентское окончание пользователя было непосредственно к нему подключено.

Технология ADSL

Широкое распространение технологий ADSL должно сопровождаться некоторой перестройкой работы **поставщиков услуг Интернета и операторов телефонных сетей**, так как их **оборудование должно теперь работать совместно**.

Возможен также вариант, когда альтернативный оператор связи берет оптом в аренду большое количество абонентских окончаний у традиционного местного оператора или же арендует некоторое количество модемов в DSLAM.

Технология ADSL

Технология ADSL постоянно **совершенствуется**, стараясь поднять потолки скоростей нисходящего и восходящего потоков в соответствии с растущими требованиями пользователей, желающих смотреть видео в хорошем качестве на домашних компьютерах.

В стандарте ADSL2+ **удалось поднять** верхний потолок скорости нисходящего потока до 24, а восходящего — до 1,4 Мбит/с за счет расширения используемой полосы пропускания абонентского окончания до 2,2 МГц и более эффективного использования этой полосы.

Технология ADSL

Высокие скорости ADSL-модемов **порождают** для поставщиков услуг **новую проблему**, а именно проблему дефицита пропускной способности.

Действительно, если бы каждый абонент доступа через ADSL загружал данные из Интернета с максимальной скоростью, например 1 Мбит/с, то при 100 абонентах поставщику услуг потребовался бы канал с пропускной способностью 100 Мбит/с, то есть Fast Ethernet, а если разрешить пользователям работать со скоростью 6 Мбит/с, то уже нужен канал ATM 622 Мбит/с или Gigabit Ethernet.

Технология ADSL

Для обеспечения необходимой скорости многие устройства DSLAM имеют встроенный коммутатор ATM или Gigabit Ethernet.

Технология ATM привлекает разработчиков мультиплексоров (DSLAM) не только **своей высокой скоростью**, но и тем, что она **ориентирована на соединение**.

При применении сети ATM на канальном уровне компьютер пользователя перед передачей данных должен **обязательно установить соединение** с сетью поставщика услуг.

Это дает возможность контролировать доступ пользователей и учитывать время работы и объем переданных данных, если при оплате за услугу эти параметры учитываются.

Технология ADSL

Технология **SDSL** позволяет на одной паре абонентского окончания организовать **два симметричных** канала передачи данных.

Канал тональной частоты в этом случае не предусматривается.

Обычно скорости каналов в восходящем и нисходящем направлениях составляют по 2 Мбит/с, но как и у технологии ADSL, эта скорость **зависит от качества линии и расстояния до оборудования DSLAM.**

Технология SDSL разработана в расчете на **небольшие офисы**, локальные сети которых содержат собственные источники информации, например веб-сайты или серверы баз данных.

Технология ADSL

В технологии SDSL используется также **голосовая часть спектрального диапазона**, поэтому при работе SDSL- модема **нельзя параллельно с передачей данных разговаривать по обычному телефону**, как это допускается при работе ADSL- модема.

Пассивные оптические сети

Проведение оптического волокна от точки присутствия оператора до здания пользователя является **самым качественным решением проблемы** организации удаленного доступа, так как позволяет обеспечить высокие скорости обмена данными и хорошую защищенность данных.

Для подключения многочисленных зданий индивидуальных и корпоративных пользователей, занимающих значительную территорию, оператор должен создать некоторую сеть доступа.

Пассивные оптические сети

Для ее организации оператор может задействовать технологии PDH, SDH или OTN.

Оптическая сеть, построенная на этих технологиях, должна включать такие устройства, как **усилители, повторители и мультиплексоры**.

Все эти устройства являются **активными**, то есть включают электрические схемы, нуждающиеся в электропитании.

Такое решение, безусловно, вполне допустимо, и многие операторы его применяют для построения сетей доступа, требующих прокладки оптического волокна до помещений пользователей.

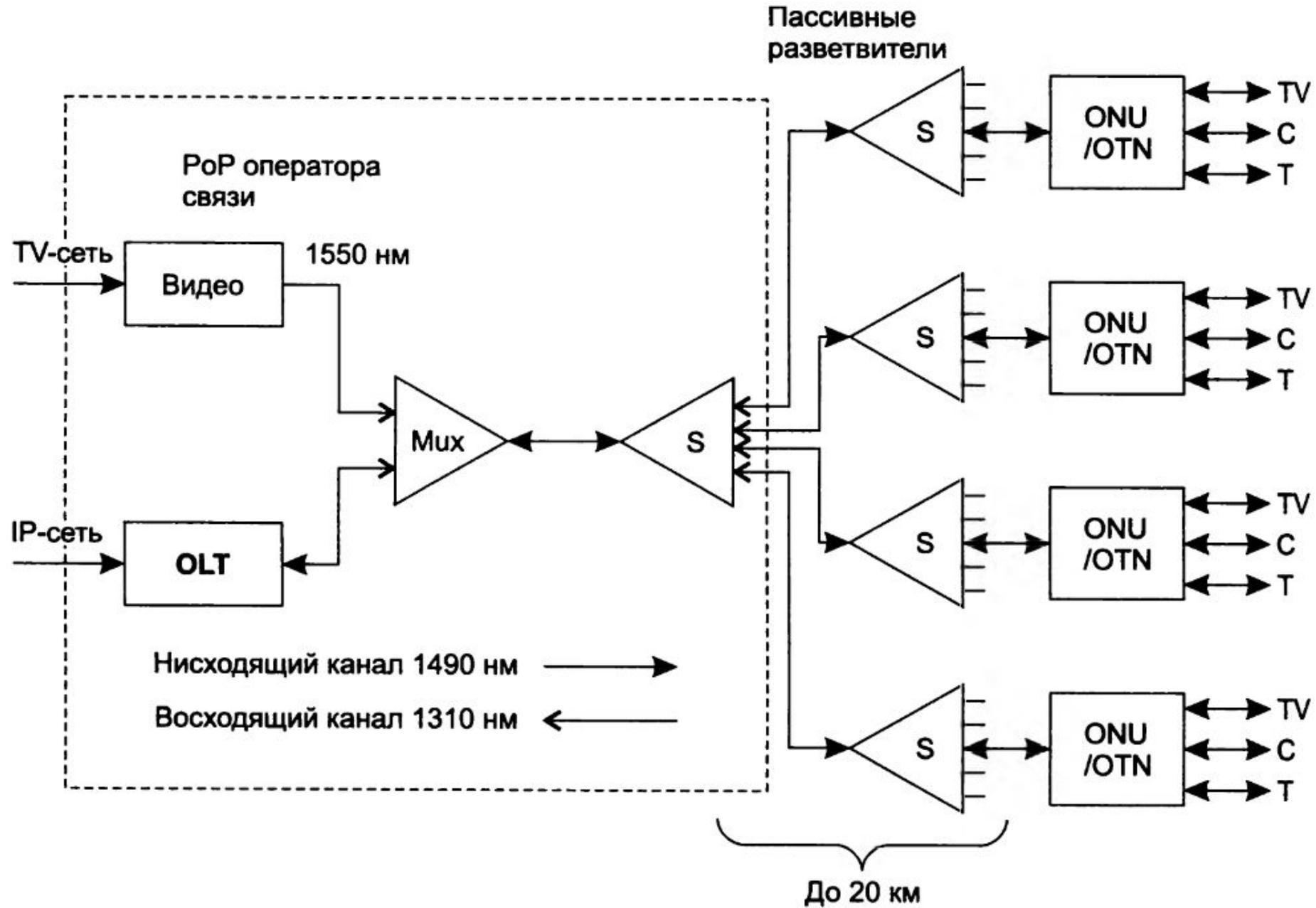
Однако это решение является **довольно дорогим**.

Пассивные оптические сети

Для удешевления оптической сети доступа еще в середине 90-х годов была предложена технология, получившая название **пассивная оптическая сеть** (Passive Optical Network, PON).

Название «пассивная» происходит от применения в сети пассивных оптических устройств — **разветвителей** (splitter), не требующих электропитания. С помощью разветвителей организуется древовидная оптоволоконная структура, соединяющая точку присутствия оператора с помещениями пользователей (следующий рисунок). Разветвитель выполняет простую операцию — он направляет световой сигнал из одного входного волокна в несколько выходных, идущих по направлению к пользователям. Разветвитель выполняет также обратную операцию мультиплексирования сигналов пользователей в одно волокно, идущее к PON.

Пассивные оптические сети



Пассивные оптические сети

Коэффициент разветвления этих пассивных устройств может достигать значений 1:16 или 1:32, а максимальное расстояние от них до активных устройств, находящихся в точке присутствия оператора, равно 20 км (применяется одномодовое волокно, то есть SMF).

Поскольку разветвители **не требуют электропитания**, их можно размещать в близких к зданиям пользователей точках городской инфраструктуры, где активные устройства не смогли бы работать, тем самым сокращается суммарная длина оптического волокна.

Экономия достигается за счет того, что вместо N индивидуальных волокон на отрезке между центральным офисом оператора и разветвителем требуется только одно общее волокно. Кроме того, пассивные разветвители сами по себе дешевле активных мультиплексоров. Оператор может применять не один, а два уровня разветвления.

Пассивные оптические сети

К вершине дерева подключается **центральный терминал оптической линии** (Optical Line Terminal, OLT).

К каждому оптическому волокну на стороне пользователя подключается **модуль оптической сети** (Optical Network Unit, ONU), совместно с OLT организующий прием и передачу данных между пользователем и сетью оператора связи.

Кроме ONU на стороне пользователя должен работать **терминал оптической сети** (Optical Network Terminal, ONT), который обеспечивает интерфейсы для терминальных устройств пользователя — телевизора, компьютера и телефона (соответственно TV, С и Т на рисунке).

Часто функции ONU и ONT совмещены в одном и том же устройстве (как это и показано на рисунке).

Пассивные оптические сети

Для передачи цифровой информации в нисходящем (от OLT к модулям ONU) и восходящем (от модулей ONU к OLT) направлениях используется две волны, распространяемые в одном волокне: 1490 нм для нисходящего направления и 1310 нм для восходящего.

Для передачи **видеосигнала обычно выделяется отдельная волна** в 1550 нм, идущая в нисходящем направлении.

По своей природе древовидная сеть доступа, построенная на пассивных разветвителях и отрезках оптического волокна, является разделяемой средой.

Действительно, световой сигнал некоторой волны, отправленный OLT, одновременно распространяется по всем отрезкам оптического волокна и достигает всех пользователей сети.

Пассивные оптические сети

При передаче **в обратном направлении** разделяемой средой являются отрезки волокна от разветвителей, установленных на стороне пользователей, а также от разветвителя, установленного в ROP (в нашем примере имеется четыре разделяемых среды для обратного направления).

Очевидно, что для работы на разделяемой среде **необходим какой-то способ доступа**, регулирующий ее использование таким образом, **чтобы сигналы** от разных узлов **не смешивались**.

Правда, проблема скоординированного применения разделяемой среды существует только для восходящего направления.

Пассивные оптические сети

Для нисходящего направления в сети имеется только один передатчик — OLT.

Поэтому передатчик OLT **передает кадры данных** (например, кадры Ethernet), направленные некоторому конечному узлу сети PON (пассивной оптической сети, Passive Optical Network), тогда, **когда ему это необходимо** (то есть тогда, когда такой кадр поступает в OLT из локальной сети оператора, к которой подключен передатчик).

Кадр поступает по древовидной пассивной оптической сети **на все конечные узлы сети**, но принимает его только тот узел, который распознает собственный адрес в заголовке кадра, **остальные узлы просто игнорируют чужой кадр**.

Пассивные оптические сети

Для восходящего направления обычно применяется схема с **центральным арбитром** в сочетании с мультиплексированием с разделением времени TDM.

Арбитром является **центральное устройство OLT**, оно управляет распределением тайм-слотов между модулями ONU. Модуль ONU передает в восходящем направлении кадры данных **только в пределах своего тайм-слота**, все остальное время он простаивает, накапливая кадры для передачи в своем буфере.

Алгоритм распределения тайм-слотов между модулями ONU может быть адаптивным, подстраивающимся под имеющиеся потребности модулей ONU в передаче кадров. Для телевизионного сигнала проблемы разделения среды не существует, так как он передается только в нисходящем направлении, причем всем приемникам нужен один и тот же сигнал.

Пассивные оптические сети

Как и во всех технологиях, использующих разделяемую среду, пропускная способность сети PON, приходящаяся на один узел, может быть существенно меньше, чем скорость передачи данных в среде.

Если все узлы сети **активно обмениваются информацией** с внешним миром, то доля скорости для узла снижается в N раз.

Существует две группы стандартов PON: от ITU-T и от IEEE.

Последние версии этих стандартов поддерживают **скорости передачи** данных 1 и 10 Гбит/с.

Стандарты ITU-T GPON (Gigabit PON) и XG-PON (10 Gigabit PON) обеспечивают совместимость с технологией SDH.

Пассивные оптические сети

Эти стандарты предлагают собственный формат кадров, который может эффективно переносить несколько пользовательских кадров, например кадров Ethernet.

Кадры GPON и XG-PON также могут переносить данные SDH с сохранением их синхронности, что важно при передаче голоса и видео. Стандарты ITU-T обеспечивают несимметричные скорости передачи данных: 2,488/1,244 и 9,953/2,488 Гбит/с.

Стандарты IEEE EPON (Ethernet PON, 802.3ah) и 10G-EPON (10G Ethernet PON, 802.3av) поддерживают кадры Ethernet непосредственно. В этих стандартах канал передачи данных является симметричным, то есть данные передаются как в нисходящем, так и в восходящем направлении с одинаковой скоростью 1 и 10 Гбит/с соответственно.

Выводы

Организация удаленного доступа является **одной из наиболее острых проблем компьютерных сетей**, так как большинство помещений массовых пользователей по-прежнему оснащено только окончаниями телефонных сетей, плохо приспособленных для высокоскоростной передачи компьютерных данных.

Технология ADSL решает проблему удаленного доступа за счет полного использования полосы пропускания «последней мили».

Технология пассивных оптических сетей позволяет экономично довести оптические окончания до помещений массовых пользователей.

Контрольные вопросы

1. Задержка пакетизации — это:
 - а) время передачи пакета в линию связи;
 - б) время между помещением в пакет первого и последнего замеров голоса;
 - в) время ожидания пакета в очереди к выходному интерфейсу.
2. За счет чего скорость доступа в технологии ADSL намного выше, чем при доступе через телефонную аналоговую сеть с помощью модемов стандарта V.90?
3. Является ли инфраструктура оптических линий связи технологии PON разделяемой средой?

Список ссылок:

https://studfiles.net/html/2706/610/html_1t7827cn0P.AOQ6/htmlconvd-5FjQl116x1.jpg

<https://bigslide.ru/images/51/50961/960/img12.jpg>

<https://bigslide.ru/images/51/50961/960/img11.jpg>

https://1.bp.blogspot.com/-qptz15WfEJE/XDoN736gSvI/AAAAAAAAAU8/ESDrBE1iP-0vt5keIdxrnh_Y6ZpF2_2tQCLcBGAs/s1600/Hybrid-Network.jpg

http://www.klikglodok.com/toko/19948-thickbox_default/jual-harga-allied-telesis-switch-16-port-gigabit-10-100-1000-unmanaged-at-gs900-16.jpg

<http://900igr.net/up/datas/221400/029.jpg>

Спасибо за внимание!

Преподаватель: Солодухин Андрей Геннадьевич

Электронная почта: asoloduhin@kait20.ru