# Глава 10 : XDSL

Вопрос широкополосного доступа - по сути сводится к организации высокоскоростной цифровой линии до пользователя (далее - DSL, Digital Subscriber Line). Исторически, первыми на эту роль претендовали телефонные коммуникации, которые технически представляют собой отдельную медную пару от АТС до каждого абонента. Связь между АТС к началу "комьютерной" эры уже строилась при помощи цифровых каналов SDH (E1, STM).

Длительное время было принято передавать данные по телефонной сети "поверх" голоса, в частотном диапазоне голосовой связи (300 Гц - 3400 Гц), с помощью голосовых "модемов" (от слов модулятор-демодулятор). Т.е. данные преобразовывались в звук и воспроизводились в линию, с обратным преобразованием на принимающей стороне. Изначально модемы вообще представляли собой приставку с микрофоном и динамика, на которую "клали" обычную телефонную трубку.

Первым модемом для персональных компьютеров стало устройство компании Hayes Microcomputer Products, которая в 1979 году выпустила Micromodem II для персонального компьютера Apple II. Модем стоил 380 долл. и работал со скоростью 110/300 бит/сек. В 1981 году фирма Hayes выпустила модем Smartmodem 300 бит/сек, система команд которого стала стандартом де-факто.

Следующие 20 лет технологии совершенствовались, но уже в конце 90-х годов был достигнут теоретический предел скорости передачи данных - 56 кбит/сек, протокол V.90. Более в голосовом диапазоне достичь невозможно.

Дальнейшее развитие возможно только при использовании более высоких частот и цифровых сигналов. При этом данные не смогут пройти через аппаратуру телефонных станций, и линия может быть использован только на участке абонент - АТС (или на обычной выделенной медной паре). Это заметно снижает возможности применения DSL, так как нужно поставить оборудование уплотнения на каждом узле, и подвести к нему выскоскоростной канал интернет. Но преимущества в скорости оказались слишком велики, и технология начала бурно развиваться.

## xDSL

Буквально за несколько лет было разработано несколько десятков видов DSL, отличающихся методами модуляции, используемых для кодирования данных. На сегодня можно выделить следующие основные стандарты:

- ADSL (ADSL2) - Asymmetric Digital Subscriber Line. Асимметричная цифровая абонентская линия.
- SDSL - Simple Digital Subscriber Line. Симметричная высокоскоростная цифровая абонентская линия, работающая по одной паре.
- VDSL - Very High Speed Digital Subscriber Line. Сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия.

Рассмотрим подробнее каждую из технологий.

## ADSL.

Система была разработана в Северной Америке в середине 90-х годов. В то время считалось, что будет широко востребована услуга видео по запросу (причем в кодировке MPEG) для которой, собственно, ADSL и создавалась. Кроме несимметричной скорости под нужды потокового видео использовалась высоконадежная упреждающая коррекция ошибок. Из-за этого многие системы ADSL (особенно ранние версии) при передаче данных имеют большую задержку (до 20 мсек, что почти в 10 раз больше чем у систем SDSL или HDSL).

Известно более десятка разновидностей ADSL - ANSI T1.413-1998 (Issue 2 ADSL), ITU G.992.1 (G.DMT), ITU G.992.2 (G.Lite), ITU G.992.3/4 (ADSL2), ITU G.992.3/4 Annex L (RE-ADSL2), ITU G.992.5 (ADSL2+), ITU G.992.5 Annex L (RE-ADSL2+)... Эта технология - одна из самых технически совершенных в проводной связи, изворотливость инженеров, добивающихся максимальной скорости на сложных линиях, поражает воображение и заслуживает, как минимум, отдельной книги.

Но все же главным практическим признаком ADSL является асимметричность передачи данных. От сети к пользователю скорость значительно выше ("нисходящий" поток от 1,5 Мбит/с до 8 Мбит/с и 24 Мбит/с для ADSL2+, частоты 138…2208 кГц), чем в противоположном направлении ("восходящий" поток данных от 640 Кбит/с до 1,5 Мбит/с, частоты 26…138 кГц). Наибольшая скорость достигается на расстоянии до 3 км, а максимальное расстояние для устойчивой связи на минимальной скорости около 5-6 км.

Конечный пользователь обычно потребляет значительно больший трафик, чем отдает, поэтому данная технология весьма удобна для организации доступа в сеть Интернет. Так как это считается массовой услугой, устройства организации канала для оператора и абонента резко отличаются. На стороне провайдера устанавливается сложный многопортовый (сотни портов) мультиплексор-маршрутизатор (DSLAM), а на стороне пользователя - простейший модем.

Нужно отметить, что большим достоинством ADSL является возможность работы по одной линии параллельно с телефоном (и не мешая друг другу). Принцип хорошо демонстрирует следующая диаграмма:

[Глава 10 : XDSL]

Частоты ADSL.

Для того, что бы телефон и ADSL не мешали друг другу на одной линии используют сплиттер (POTS Splitter) - пассивное устройство (обычно встроенное в ADSL-модем), которое разделяет частоты (либо ограничивает "верхний диапазон" перед телефонным аппаратом). Спектр частот ADSL обычно начинается с 25 кГц, поэтому полоса от 4 кГц до 25 кГц используется сплиттером в качестве переходной полосы.

С другой стороны, что ADSL не слишком удобна для организации связи между удаленными сегментами сетей Ethernet по следующим причинам:

- По сути отсутствует подходящее оборудование (точка-точка или малопортовые DSLAM);
- Асимметричность передачи данных неудобна для равномерного межсегментного трафика;

Тем не менее, ADSL широко используется телефонными монополистами в качестве недорогой услуги подключения к сети Интернет, поэтому часто у "домашних" и корпоративных сетей просто нет выхода. Приходится использовать то, что доступно, а не то, что удобно.

# SDSL

Эта технология фактически явилась развитием HDSL (High Speed Digital Subscriber Line, высокоскоростная цифровая абонентская линия), который в свою очередь берет свое начало от стандарта ISDN-BA. Когда разработчики DSL пытались повысить тактовую частоту ISDN, оказалось, что даже простая 4-уровневая модуляция PAM позволяет работать на скоростях до 800 Кбит/с практически во всей зоне обслуживания телефонного оператора (3-5 км).

Были разработаны устройства, работающие по одной паре на скорости 784 Кбит/с, и 1,544 Мб/с по двум парам (скорость 1,5Мб важна для передачи распространенных с США потоков T1). Дальнейшее развитие привело к появлению SDSL (симметричная скорость 2,3 Мб/с), для которой рекомендованы амплитудно-импульсная модуляция 2B1Q и более "дальнобойная" амплитудно-фазовая модуляция без несущей (CAP).

Технологий SDSL часто применяется для связи точка-точка, используемое оборудование обычно одинаково для обоих сторон канала. Но встречаются и варианты модулей для многопортовых DSLAM, специально для организации корпоративных сетей. Из-за в порядки меньшей популярности стоимость устройств SDSL заметно больше, чем ASDL.

Часто считается, что SDSL не может функционировать на одной линии параллельно с телефоном. Но это не совсем верно. При скоростях более 700 Кб/с частоты SDSL и обычной телефонии разделены вполне достаточно для использования сплитеров для нормальной совместной работы. Это заметно расширяет возможности применения данной технологии.

Последнее время SDSL все чаще заменяется ShDSL (Symmetric High bit-rate DSL), который отличается только типом кодировки (TC-PAM в отличии от 2B1Q или CAP). Этот стандарт на 10-15% более "дальнобойный", чем SDSL, но имеет и свой недостаток. Частотное уплотнение на ShDSL не работает, поэтому не редко модемы выпускаются со встроенными портами IP-телефонии.

# VDSL.

Технология VDSL является наиболее современной и "быстрой" технологией xDSL. Скорость передачи данных "нисходящего" потока составляет от 11 до 100 мБит/с (для VDSL2), (138…3750 5200…8500 кГц), "восходящего" - в пределах от 1,5 до 2,3 Мбит/с (26…138 3750…5200 8500…12000 кГц).

VDSL можно рассматривать как высокоскоростной ADSL, рассчитанный на небольшие расстояния (до 1,0-1,5 км.) и, желательно, новые кабеля с хорошими волновыми свойствами. Устройства просты, весьма недороги, и получают последнее время все большее распространение на небольших

кампусных сетях. Он позиционируется скорее как удлинитель Ethernet, появляются комбинированные коммутаторы Ethenret - VDSL, в которых последний играет ту же роль, которую обычно предназначали оптоволокну.

Более того, VDSL последнее время часто используют для замены ADSL, для этого с АТС делают "выносы" в микрорайон или даже отдельный многоквартирный дом, и запускают VDSL по старой или вновь построенной телефонной разводке.

Использование VDSL по обычным телефонным кабелям возможно, но с серьезными ограничениями. Для этой технологии используются частоты мегагерцового диапазона, на который ТПП не рассчитан (у SDSL предел в сотни кГц). Поэтому две VDSL линии в одном кабеле вполне могут не работать из-за взаимных наводок.

В перспективе можно ожидать появление единого стандарта, сочетающего достоинства всех рассмотренных технологий. Предпосылки к этому уже есть сейчас, но все же практическое внедрение - дело будущего.

# HomePNA

Если технологии xDSL пришли в "домашние" сети со стороны "традиционных" операторов связи, то HomePNA, наоборот, первоначально была разработана даже не для офисного, а исключительно для домашнего, бытового применения.

История технологии в общем достаточно проста. В больших, двух-трех этажных американских коттеджах начало появляться по несколько компьютеров, которые хотелось с минимальными затратами связать в одну сеть. Из имеющейся инфраструктуры - силовая и телефонная проводка. Последнюю, как наиболее удобную, и решили использовать для создания ЛВС.

Отвечая на потребность рынка, в 1996 году несколько производителей телекоммуникационного оборудования создали альянс, получивший название Home Phoneline Networking Alliance. В 1998 году появился стандарт передачи данных по телефонным линиям, названный HomePNA.

Решение в теоретическом плане было выбрано достаточно очевидное.



Частоты HomePNA.

Частоты HomePNA вынесены выше не только телефонии, но и xDSL, поэтому они все вместе могут использоваться в одной и той же медной паре (со сплиттером). Скорость HomePNA стандарта 1.0 и 1.1 составляет 1 Мбит/с на полосе от 5,5MHz до 9.5MHz, и методе доступа к физической среде 802.3 CSMA/CD. Дальность работы - от 300 метров до 1 километра в зависимости от линии и оборудования.

Т.е. фактически это то же Ethernet, только более "дальнобойный" и помехоустойчивый. Для этого применяется многократная кодировка одиночного битового импульса, плюс запатентованный метод модуляции MLCM включает в себя цепь, способную адаптироваться к различным уровням помех, которые могут возникнуть в линии. В дополнение к этому, передающая цепь может изменять уровень сигнала в зависимости от условий работы.

Кстати, подобный механизм очень удобен для массовых инсталляций, например ADSL G.Lite поддерживает аналогичные функции.

Высокая помехоустойчивость позволяет HomePNA работать практически на любом типе абонентских линий, и главное, на любой их топологии, в том числе "шине" и "дереве" (как это обычно и получается в домашней телефонной разводке). А ориентация на домашний сегмент рынка делал сетевые адаптеры и бриджи доступными по цене (от $20 сетевая карта и $80-100 бридж).

Развитием технологии HomePNA является версия 2.0, позволяющая осуществлять передачу данных со скоростью 10Мбит/с, и совместимая на уровне активного оборудования с предыдущей версией 1.0. При этом был использован частотный диапазон от 2 до 30 МГц и более эффективный 8-ми битный метод кодирования одного символа. Но при этом была утрачена "топологическая всеядность" - система может работать только как "точка-точка".

Дальнейшее развитие было вполне предсказуемым. Квартирное (по сути) решение попытались использовать операторы "последней мили". Появились многопортовые устройства HomePNA, предназначенные для оказания услуг передачи данных в многоквартирном доме или кампусе, а так же дальнобойные системы (до 1-1,5 км).

Однако, результаты внедрения были весьма неоднозначными. Нестабильная работа устройств и отсутствие методов и способов контроля "убила" немногочисленные попытки внедрения, и на

сегодня HomePNA в России практически не используется. Рожденная для среднего американского коттеджа, технология так и не смогла закрепиться в провайдинге.

Более того, попытки ассоциации HomePNA выйти из кризиса с 100-мегабитной версией 3.0 судя по всему обречены на провал. Стандарт фактически никто не поддержал.

Таким образом рекомендовать HomePNA к активному применению нельзя, хотя в некоторых случаях, вероятно, можно использовать для решения локальных вопросов.

## Cisco LRE

Примерно во время появления HomePNA в недрах Cisco был разработан свой вариант удлинения Ethernet. Так как Cisco LRE (Long-Reach Ethernet) сразу позиционировался для сетей кампусов и офисных зданий, его параметры значительно превосходили xDSL и HomePNA. В техническом плане Cisco LRE совпадает с VDSL, более того, многие современные VDSL модемы совместимы с устройствами LRE.

- 5 Мбит/с симметричный трафик, дальность до 1524 метров;
- 10 Мбит/с симметричный трафик, дальность до 1220 метров;
- 15 Мбит/с симметричный трафик, дальность до 1050 метров

Многопортовые устройства были выпущены на основе Catalyst 2900XL, что позволяет использовать всю мощь стандартных функции серии (QoS, VLAN) на LRE портах (а это само по себе не мало). Абонентские Cisco 575 LRE то же имели свой ADSL-прототип.

Техническое решение получилось красивым и мощным (во многом морально устаревший LRE превосходит современные системы VDSL). В кампусах или офисных зданиях система нашла свое применение, и вполне успешно работает.

К сожалению, были и недостатки, которые помешали широкому распространению LRE:

- Прежде всего высокая стоимость. Несколько сотен долларов за порт оказались слишком большой величиной для рынка.
- Отсутствие решения точка-точка (только коммутатор-точка). Это удобно для развернутой сети, но в то же время сильно поднимает стоимость начальной инсталляции.
- Фактическая неработоспособность в многопарных телефонных кабелях.

Все вышеперечисленное привело к фактической стагнации LRE-проекта, а распространение недорогого VDSL вообще сводит на нет шансы возрождения данной технологии в руках операторов Ethernet-сетей. Тем не менее, если случайно (или недорого) удалось получить Catalyst 2900XL LRE - его не стоит выкидывать, применение этой мощной системе найдется.

**Предыдущая глава** **Содержание** **Следующая глава**