



xDSL

Медная революция

Принято считать, что технологии DSL зародились в недрах компании AT&T где-то в середине 80-х годов. На самом деле это не так: первый проект DSL берет свое начало с того момента, когда был проложен первый медный телефонный кабель. Просто до определенной поры (как раз до 80-х годов минувшего столетия) никто не знал, что сервис, для реализации которого тогда была сделана львиная доля работы, получит название Digital Subscriber Line (цифровая абонентская линия).



▲ Концентратор Stinger FS от Lucent Technologies обеспечивает DSL-доступ на стороне провайдера

Все разновидности технологии DSL (IDSL, HDSL, ADSL, VDSL, SDSL, HDSL-2 и др.) в функциональном плане решают одну и ту же задачу: как транспортировать как можно больше данных по одной или нескольким обычным телефонным линиям на как можно большее расстояние в единицу времени.

За 20 лет технологии xDSL прошли огромный путь: от IDSL с его скромной скоростью в 160 Кбит/с до наибоыстрейшего VDSL с 51 000 Кбит/с. Однако каждая из десятка технологий xDSL оптимально подходит для решения одних задач и совершенно не пригодна для других. Поэтому для оценки возможностей разных представителей пестрой

семьи DSL нам придется разобраться в том, для чего создавалась каждая из технологий.

Технологии для организации симметричного канала передачи данных

Первыми потребителями высокоскоростных цифровых каналов передачи данных стали корпоративные клиенты, которые хотели объединить свои офисы в единую сеть, и телефонные компании, нуждавшиеся в расширении межстанционных каналов связи. Очевидно, что и тем и другим были необходимы каналы связи с равными скоростями передачи данных в обоих направлениях. »

» Такими свойствами обладают технологии IDSL, HDSL, SDSL, HDSL-2 и G.shdsl.

Характерной чертой всех этих DSL-технологий является огромное количество вариаций исполнения в конкретном оборудовании. В модемах самым произвольным образом перемешиваются организация связи на принципах одной технологии, тип модуляции — другой, протокол — третьей. В результате на рынке представлено оборудование с самыми разными наборами характеристик и ценами, но большинство модемов не совместимы с аналогичным оборудованием других фирм. Первая и пока единственная попытка обеспечения совместимости оборудования предпринята только в рамках стандарта G.shdsl. В дальнейшем мы рассмотрим «классические» технологии, а не тот результат «перекрестного опыления», который доминирует на рынке сегодня.

IDSL — ISDN Digital Subscriber Line

IDSL — самая первая реализация технологии серии DSL. В отличие от стандарта ISDN, IDSL не предполагает никакой коммутации, поддерживает связь на линии постоянно и требует для работы только одну телефонную пару. В остальном эта технология очень похожа на ISDN BRI: те же два независимых канала по 64 Кбит/с каждый, которые можно использовать как один канал на 128 Кбит/с; те же два канала для служебных целей, один из которых можно при определенных условиях присоединить к двум основным, получая таким образом прирост пропускной способности до 144 Кбит/с. Дальность связи в этой технологии составляет около 1,5 км.

HDSL (High-Bitrate DSL)

Для расширения и удешевления межстанционных каналов связи была разработана технология HDSL. В отличие от кабельной сети конечных пользователей, межстанционные соединения отличаются большой протяженностью, неплохим качеством (минимум перепадов сечения) и тройным диаметром телефонных пар (обычно межстанционные телефонные провода имеют диаметр 1,2 мм против 0,4 мм для конечной сети).

В этих условиях технология HDSL позволяет на расстоянии до 4 км добиться скорости 1520 Кбит/с (1,5 Мбит/с) на двух парах или 2048 Кбит/с (2 Мбит/с) — на трех.



◀ Внешне DSL-модем практически не отличается от своего аналогового тезки

Если учесть, что предвестники HDSL, технологии E1 и T1, при той же скорости имели дальность связи всего 1 км, то неудивительно, что всего за несколько лет до 80% межстанционных соединений были переведены на использование HDSL.

Современные HDSL-модемы, усиленные новыми протоколами с трелис-кодированием и предсказанием искажений на линии, позволяют получить те же 2 Мбит/с на расстоянии до 20 км на обычной абонентской паре диаметром 0,4–0,5 мм.

Другим «коньком» технологии стало независимое использование телефонных пар. Каждая пара в технологии HDSL работает абсолютно автономно как канал со скоростью 760 Кбит/с в обоих направлениях. Такое решение сильно упростило процесс внедрения технологии, поскольку позволяло обойтись без сложной процедуры симметрирования пар. Конечно, технология HDSL оказалась полезна и для конечных абонентов, но здесь очевидны трудности с выделением одному клиенту сразу двух пар.

SDSL (Single Pair-Bitrate DSL)

Когда заказчиком канала связи выступает не оператор связи, а абонент, условия работы оборудования несколько изменяются. В первую очередь снижаются требования к обеспечению дальности связи, поскольку среднестатистическое удаление абонента от подстанции обычно не превышает 1–2 км. С другой стороны, число скруток и перепадов сечения в этом случае на порядок больше. И, наконец, откуда у массового абонента целых три линии на одно лицо? Так на свет появилась технология SDSL. В ней для организации связи на скорости 2 Мбит/с достаточно всего одной пары. Причем эту же пару можно одновременно использовать для работы обычного телефона. К тому же значи-

тельно снизились требования к качеству всей той же телефонной пары. Но все эти преимущества, естественно, не обошлись даром — дальность связи с использованием этого стандарта существенно снижается. Заодно, поскольку технология появилась достаточно поздно, был осуществлен переход с модуляции сигнала 2B1Q на CAP, что позволило снизить уровень помех и, соответственно, увеличить количество пар, способных работать в режиме SDSL в одном кабеле.

HDSL-2 (High-Bitrate DSL-2)

С внедрением технологий xDSL телефонные операторы очень скоро начали испытывать так называемый «дефицит меди». Дело в том, что число свободных пар в кабелях на самом деле достаточно велико, но их невозможно использовать из-за помех, создаваемых уже занятыми под различные xDSL соседними парами. Таким образом, на первый план вышло требование избежания пересечений по спектру излучаемого сигнала с другими технологиями xDSL и снижения этих излучений вообще, чтобы можно было увеличить количество используемых под xDSL пар в одном кабеле. Тогда и настал черед HDSL-2. По сути, имея мало отличий от SDSL, эта технология использует новую модуляцию сигнала TC-PAM (Trellis coded PAM) и несимметричное распределение спектра (OPTIS), благодаря которым в HDSL-2 значительно снижен уровень перекрестных помех с другой массовой технологией — ADSL.

G.shdsl

Последняя из этого семейства технологий, G.shdsl, является первым общемировым стандартом. В качестве задач, которые стоят перед этой технологией разработчики, можно отметить дальнейшее снижение уровня помех и еще лучшее сопряжение по спек-



Многие DSL-модемы обладают дополнительными функциями вроде приема видеоизображения

» тру с технологией ADSL. И, наконец, самое главное — это первая технология, в рамках которой будет проводиться лицензирование на предмет соответствия выпускаемого фирмой оборудования стандарту. Другими словами, появляется возможность комбинировать стандартизированное оборудование различных производителей.

Технологии для организации асимметричного канала передачи данных

Вместе с ростом потребностей в доступе к Интернету, заказе информационных услуг, подписных сервисов и видео по требованию возникла необходимость в предоставлении абонентам каналов связи, более соответствующих их ожиданиям. Обычно в случаях, описанных выше, восходящий поток данных минимум на порядок медленнее нисходящего. В этих условиях оказалась востребована новая плеяда технологий, таких как ADSL, ADSL-Lite, UADSL, RADSL, MSDSL и VDSL.

ADSL (Asymmetric DSL)

Первым из асимметричных протоколов появился ADSL (Asymmetric DSL). Эта техноло-

гия обеспечивает довольно гибкие возможности по организации канала для передачи данных со скоростью в сторону абонента до 8 Мбит/с и с обратным потоком от него до 750 Кбит/с. Дальность связи у ADSL рассчитана на среднестатистическое расстояние от абонента до подстанции и составляет 2–3 км.

Поскольку основными потребителями услуг ADSL являются абоненты телефонных компаний, то вполне естественным выглядит реализованная в этой технологии возможность совместной работы с обычным телефоном на одной линии. Для этого в технологии ADSL зарезервировано незадействованное пространство в спектре используемых частот. ADSL с самого начала предназначалась для оказания массовых услуг по передаче данных клиентам, так что неудивительно, что оборудование разных производителей обладает хорошей совместимостью в рамках этого стандарта. В последнее время намеки на достижение подобного уровня совместимости появились и в технологии HDSL.

В основном ADSL используется частными лицами и небольшими организациями, что, естественно, предполагает множество предложений с разными соотношениями скорости и цены.

ADSL-lite

Для тех абонентов, которым не нужна скорость в 8 Мбит/с и хотелось бы получить более экономичное предложение с меньшей функциональностью, придуман облегченный вариант ADSL — ADSL-lite. Обеспечивая гораздо более скромные показатели — до 1 Мбит/с в сторону клиента и до 512 Кбит/с в обратном направлении, эта технология имеет большую дальность связи и значительно меньшую стоимость.

Другой проблемой при внедрении ADSL является нестабильность параметров линий, из-за чего возникают трудности при массовом использовании. Решением стало расширение ADSL — стандарт RADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line). В этой технологии при соединении, ошибках передачи или по команде со станции происходит оценка качества линии и коррекция скорости соединения. Таким образом, появляется возможность «вытянуть» из неидеальной телефонной пары все, на что она способна.

UADSL (Universal ADSL)

Для нужд SOHO (для дома или малого офиса) появилось предложение UADSL (Universal ADSL). Это все тот же ADSL, но теперь он снабжен системой полуавтоматической конфигурации, встроенным сплиттером для телефона и ценой клиентского оборудования, сравнимой с обычным аналоговым модемом. Расплата одна: скорость этой технологии не превышает 1,5 Мбит/с в сторону клиента и 384 Кбит/с обратно.

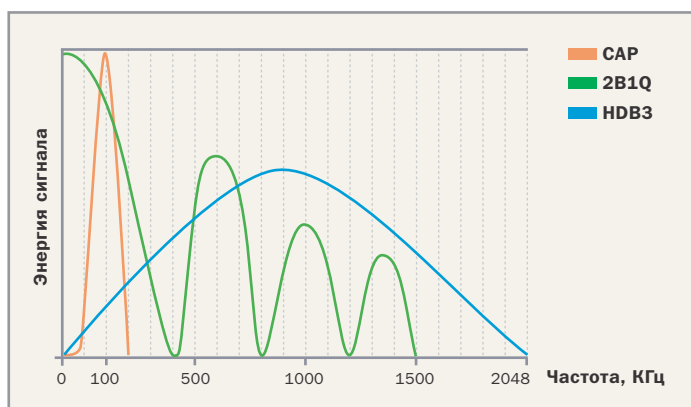
MSDSL

(Multi Speed Digital Subscriber Line)

Дальнейшее совершенствование технологии ADSL в сторону адаптации модема к изменяющимся условиям на линии. Модем, работающий по технологии MSDSL, »

Технология	Метод кодирования	Скорость передачи данных Кбит/с		Число используемых пар кабеля	Дальность связи, км
		От абонента	К абоненту		
IDSL (Digital Subscriber Line)	2B1Q	160		1	1,5
HDSL (High-Bitrate DSL)	CAP 8,CAP16, CAP32,CAP64, 2B1Q	1500–2048		2 или 3	4–20
SDSL (Single Pair DSL)	CAP 8,CAP16, CAP32,CAP64, TC-PAM	2048		1	3–10
HDSL-2 (High-Bitrate DSL)	TC-PAM	2300		1	3–20
G.shdsl	TC-PAM	2300		1	3–20
ADSL (Asymmetric DSL)	CAPS, CAP16, DMT	до 640	до 8192	1	2,7
ADSL-lite	CAPS, CAP16, DMT	до 512	до 1024	1	3–5
UADSL (Universal ADSL)	CAPS, CAP16, DMT	до 384	до 1536	1	1–2
MSDSL (Multi Speed Digital Subscriber Line)	TC-PAM	до 640	до 8192	1	3–10
VDSL (Very High-Bitrate DSL)	CAP16, CAP64	до 1536	до 52224	1	0,3–1,3

▲ Сравнительная характеристика технологий семейства DSL



◀ Спектры сигналов CAP, 2B1Q, HDB3

» может изменять скорость и мощность приема/передачи, а также еще десятки параметров с целью достижения максимально высокой скорости. Дальность и максимальная скорость в данном случае аналогичны стандартной технологии ADSL. Разница становится очевидна в случае ухудшения качества линии или увеличения дальности связи.

VDSL (Very High-Bitrate DSL)

Для передачи телевизионного изображения высокой четкости и других данных, для которых недостаточно скорости канала в 8 Мбит/с при дальности передачи в несколько сот метров, разработана технология VDSL. Обладая отличной скоростью в нисходящем направлении (до 51 Мбит/с), эта технология — самая капризная и дорогая из всех упомянутых в статье. Дальность связи VDSL не превышает 1300 метров, а в направлении от клиента вы получите максимум 1,5 Мбит/с.

Сравнение технологии DSL с аналоговой коммутируемой связью

Возможно, у информированного читателя родится вопрос: на одной и той же линии при организации обычной связи через аналоговый модем часто упоминают про «ограничение Котельникова» в 33,6 Кбит/с. Как же достигается скорость в тысячи килобит при DSL-соединении?

Ответ прост: дело в ограничениях на дальность связи и частотный диапазон, в котором работают аналоговые модемы и цифровые модемы xDSL. Если для обычной коммутируемой связи, с которой мы привыкли иметь дело, звоня по телефону, характерны частотный диапазон в 3 КГц, уплотнение, сырость кабеля, и при этом даль-

ность связи составляет сотни километров, то для DSL расстояния измеряются в метрах или максимум в десятке километров, и частотный диапазон работы составляет от 100 КГц для самого старого стандарта до 10 МГц для современных протоколов типа ADSL или VDSL. Кроме того, линия должна иметь значительное, в десятки раз большее, чем необходимо для обычной связи, сопротивление между проводниками и каждым проводником с землей (единицы МоМ). Количество линий, которые отдадут под связь xDSL в одном кабеле, сильно ограничено из-за больших перекрестных помех.

Послесловие

Уже год как в моей квартире пропал доступ в Интернет по технологии ADSL. Скорость работы модема установлена в 650 Кбит/с вверх и до 5 Мбит/с в нисходящем потоке. За год провайдер сменил три модема. Сначала стоял Pargaine, продолжил его дело Orchit, а теперь на его месте трудится Motorola. Налицо совместимость, поскольку оборудование на площадке провайдера, насколько мне известно, не менялось. По правде сказать, заявленных провайдером скоростей связи при пользовании сетью замечено не было. Обычно скорость соединения даже с близкими ресурсами составляет примерно 0,9–1,5 Мбит/с, но и этого вполне достаточно для прослушивания музыки, просмотра сайтов и загрузки программ. Модем не требует никакого ухода, настраивается провайдером удаленно и вообще как будто отсутствует. За год я ни разу не обращал на него внимания. На мой взгляд, в России технология DSL только входит в фазу зрелости, но уже сегодня способна решить множество проблем в сфере обеспечения недорогой и эффективной связью. ■ ■ ■ Алексей Любимов

Методы модуляции

Самый старый метод линейной модуляции — 2B1Q. Принцип его работы прост. Данные передаются импульсами из четырех возможных уровней. Поскольку четырех уровней достаточно для кодирования двух бит информации, то за один такт передачи можно передать сразу два бита. Модуляция 2B1Q рассчитана на работу с несколькими стандартными скоростями по одной, двум или трем линиям.

CAP — амплитудно-фазовая модуляция.

Более новый стандарт. Кроме амплитудной в нем используется также фазовая модуляция сигнала, что позволяет увеличить информационную емкость одного импульса с двух бит до 16 и более. Кроме того, в CAP фазовая модуляция используется для передачи с подавлением несущей частоты, что позволяет сконцентрировать энергию в информационной части сигнала. Использование CAP позволяет увеличить скорость передачи примерно на 20% за счет большей устойчивости к помехам и меньшей энергоемкости.

К сожалению, в модуляции CAP есть и недостатки: сложность оборудования и двойная по сравнению с 2B1Q мощность передатчика, а также высокая цена. Они не позволяют перейти на CAP повсеместно, но такие модемы все еще производятся.

TS-PAM. Самый современный метод кодирования и модуляции. Он объединяет усовершенствованный метод 2B1Q (PAM16) и трелис-кодирование.

При увеличении скорости и информационной емкости импульсов сигнала невозможно обеспечить надежное декодирование принятой информации, но можно внести регулирующую избыточность в передаваемый сигнал и сделать его более разборчивым, самосинхронизирующимся и получить возможности контроля передачи данных и коррекции ошибок. Такие же методы внесения регулируемой избыточности применяются и в обычных аналоговых модемах (v34, v90), и в устройствах чтения/записи (HDD, zip и т. д.). Например, используя PAM16, которая в 8 раз плотнее, чем 2B1Q, нельзя передать подряд десяток нулей или единиц из-за потери приемником синхронизации, но внедрив в каждые десять бит информации контрольный бит можно гарантировать, что запрещенной комбинации в потоке не будет.