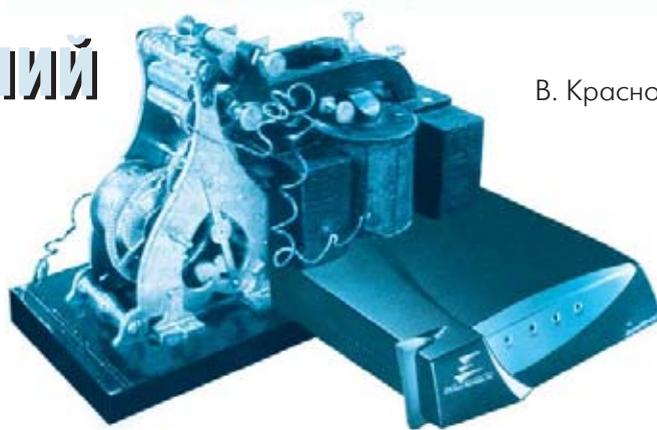


МИСТЕР ИКС МЕДНЫХ ЛИНИЙ

ТЕХНОЛОГИИ XDSL

В. Краснов



Бесспорно, что XXI век начнется под знаком тотальной информатизации. Суммарный объем трафика в сетях уже рассматривается аналитиками, как некогда – объем национальных грузоперевозок. Экономическое положение государств ставят в соответствие не столько с запасами природных богатств, сколько с развитостью телекоммуникационных служб. Возможно, скоро и национальная безопасность вместе с военной мощью будут определяться не обладанием ядерными боеприпасами и средствами их доставки, а совершенством и развитостью информационных технологий и телекоммуникационной инфраструктуры. Поэтому относительно молодые xDSL-технологии заслуживают самого пристального внимания, хотя бы в силу того, что они дают новую жизнь столь “древней” среде передачи информации, как медные телефонные линии.

Один из основных вопросов современных телекоммуникаций – как довести информационный поток до конечного потребителя: в дом, офис, квартиру. Постоянно растущие запросы на пропускную способность и универсальность канала разбиваются о необходимость за это платить, и немало. Сегодня в секторе средств абонентского доступа лидируют четыре основных подхода – беспроводные технологии (радиодоступ), системы кабельного телевидения, оптоволоконные системы и старые добрые медные абонентские телефонные линии. В России наиболее актуальны последние.

В самом деле, фиксированный радиодоступ весьма недешев и в ряде случаев требует набора разрешительных документов. Оптическое волокно в отдельной квартире (среднем офисе) – еще дороже. Применение каналов кабельных телевизионных систем ограничивается их практически полным отсутствием – это в США кабельным телевидением пользуются более 90% семей. У нас подобной инфраструктурой могут похвастаться лишь новостройки, и то дале-

ко не во всех городах. Но там, где они есть, скоростной доступ к информационным ресурсам – вопрос десятков долларов при наличии соответствующего провайдера.

Парк медных линий развивается уже более ста лет. Проблема в том, как повысить их эффективность. Более десяти лет назад наметился подход к ее решению – появились первые технологии семейства xDSL – HDSL и ADSL. Со временем вариантов “x” в DSL стало так много, что невольно возникает путаница. Попробуем в этом многообразии разобраться.

КТО ВЫ, МИСТЕР X?

Откуда возник термин DSL? В 80-х годах большие надежды связывались с технологией цифровых сетей с интеграцией услуг – ISDN. Однако по-настоящему широкое развитие они получили лишь в некоторых странах Европы (более всего – в Германии). Для базового канала доступа (так называемого ISDN BRI, два канала на 64 Кбит/с и один – на 16 Кбит/с) использовался термин DSL – Digital Subscriber Line – в буквальном переводе “цифровая абонентская линия”. Никакого отношения к понятию “технологии xDSL” этот термин не имеет, кроме как показывает историческую преемственность – ISDN, безусловно, выступила предтечей семейства xDSL. Сегодня под xDSL понимают набор технологий физического уровня для высокоскоростного информационного обмена по проводным линиям.

В конце 80-х годов существующая технология передачи потоков T1 (ИКМ, 1,544 Мбит/с) по двум медным парам перестала удовлетворять американские телефонные компании, прежде всего из-за несовершенства линейного кода AMI (Alternate Mark Inversion). Напомним, европейский аналог T1 – линия E1 (2,048 Мбит/с), ее российское название – ИКМ-30. Аналог линейного кода – HDB3 (High Density Bipolar code с ограничением передачи более трех “нулей” подряд). Ширина спектра сигнала в линии T1 достигала 1,5 МГц. Поскольку потери энергии пропорциональны частоте сигнала, затухание в линиях T1 весьма велико, поэтому требуется установка репитеров (повторителей) через первые два и каждый последующий километр. Причем эти повторители нуждаются во внешних источниках питания. Кроме того, большие потери неизбежно вызывали помехи в других линиях кабеля, а то и в соседних кабелях. В результате в одном кабеле оказалось невозможным создавать более одного тракта T1, а то и приходилось во все отказывать клиентам в предоставлении такой линии. Что не могло радовать американских операторов, как и их европейских коллег.

В конце 80-х дочерняя AT&T фирма Bell Communication Research, сокращенно – Bellcore (после раздела AT&T – научно-исследовательский центр региональных телефонных компаний США, сейчас – Telcordia Technologies, дочерняя компания фирмы Sience Applications International), разработала метод передачи данных по



медным линиям со скоростями, соответствующими линиям T1 и E1 (1554 и 2048 Кбит/с). Новую технологию назвали HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line). Первоначально в ней использовался отработанный в ISDN алгоритм кодирования 2B1Q (четырёхуровневая импульсно-амплитудная модуляция, в каждом символе – 2 бита) и новый механизм эхоподавления, что позволило по двум–трем витым парам на расстояние до 6 км передавать данные со скоростью более 2 Мбит/с без регенерации (при диаметре жил кабеля 0,5 мм). По каждой паре осуществляется дуплексный обмен на скоростях до 1,024 Мбит/с. Принципиально, что HDSL и ее вариации позволяли повышать дальность работы (без потери скорости) за счет повторителей, берущих энергию для работы непосредственно из линии – следовательно, при их установке не нужно заботиться о внешнем источнике питания. Так появились симметричные DSL-технологии (скорости приема и передачи одинаковы).

HDSL начали применять на телефонных линиях с 1991 года – для организации каналов T1, уплотнения линий и т.д. Вскоре появилась и технология HDSL2, более оптимально, чем HDSL, использующая спектральный диапазон при той же пропускной способности и дальности. Возникали и более низкоскоростные (768, 512, 384 Кбит/с) и дешевые вариации на тему HDSL. Характерный пример – MDSL (Moderate DSL), симметричная технология со скоростью обмена от 272 до 1168 Кбит/с по одной витой паре.

В 1989 году Bellcore объявила о создании асимметричной технологии доступа – ADSL (Asymmetrical DSL). Изначально она предназначалась для предоставления услуги “видео по запросу” (Video on Demand, VoD). В начале 90-х бытовало мнение, что этот сервис ждет светлое будущее. Для его поддержки была создана технология, позволявшая передавать клиенту данные со скоростью порядка 6 Мбит/с (нисходящий поток, downstream) на расстоянии до 6 км. При этом скорость данных от абонента (восходящий поток, upstream) ограничивалась на уровне 16–64 Кбит/с, что вполне достаточно для команд выбора нужной программы и т.п.

Бума “видео по запросу” не состоялась, отчасти из-за немалой цены ADSL-устройств, доходившей до 5 тыс. долл. Однако асимметричная технология оказалась незаменимой для высокоскоростного доступа в Интернет, бурное развитие которого пришлось как раз на середину 90-х. С 1995 года производители начали предлагать ADSL-оборудование именно для работы в Интернете, причем появилась тенденция снижать скорость нисходящего потока до 1,5 Мбит/с, повышая восходящий до 640 Кбит/с. ADSL начала активно внедряться в жизнь североамериканского континента. В значительной мере ее успех определили производители интегральных схем, быстро разработавшие комплекты ИС для ADSL-модемов. В результате цены на эти устройства упали с тысяч до 200–300 долл., что уже вполне соответствовало уровню цен для частного потребителя. Отметим, что в отличие от HDSL, асимметричные технологии с самого начала были ориентированы на конечного пользователя. Поэтому они работают с одной парой проводов и требуют внешнего источника питания. Но самое главное, они позволяют одновременно предоставлять доступ к сетям передачи данных и телефонным сетям общего пользования (ТФОП) – телефон как работает, так и работает, но по той же самой линии возможен высокоскоростной доступ в Интернет или к корпоративной компьютерной сети.

Вскоре появилась RADSL (Rate Adaptive DSL) – технология с возможностью адаптивного изменения скорости обмена в зависимости от состояния линии (или потребностей клиентов). Следующий шаг – VDSL (Very high speed DSL) с теоретической суммарной (в обоих направлениях) скоростью до 52 Мбит/с на расстояниях до 300 м. Отличие VDSL от “традиционных” симметричных технологий

в том, что она позволяет изменять скорость обмена в каждом направлении – от 26/26 до 52/0 Мбит/с. Основная область применения VDSL – доставка трафика от оптоволоконных окончаний до абонентов внутри зданий.

Дальнейшим развитием HDSL явилась технология SDSL (Single line DSL), обеспечивающая ту же пропускную способность (2 Мбит/с) по одной паре проводов (диаметр жил – 0,4–4,5 мм) на расстояниях порядка 3–4 км. Но не случайно многие расшифровывают аббревиатуру SDSL как Symmetric DSL – симметричная DSL, поскольку фактически это – симметричная ADSL, обеспечивающая скорости HDSL в обоих направлениях. По сути, в восходящем потоке использован “развернутый” ADSL-модем. Кроме того, SDSL-устройства не могут питаться от линии. Применение SDSL-модемов на реальных линиях требует особой осторожности, поскольку могут возникнуть серьезные проблемы спектральной совместимости.

Больше всего путаницы – с термином IDSL (ISDN DSL). Переводят его как “DSL на линиях ISDN”. Действительно, еще в 1996 году известный производитель оборудования для ISDN – компания Ascend – разработала комплект аппаратуры, позволявшей использовать на сетях ISDN технологии DSL. Выигрыша в скорости (выше 128–144 Кбит/с) нет, зато поток данных идет в обход телефонных коммутаторов, что заметно снижает нагрузку на сеть. Кроме того, взяв за основу свое серийное оборудование – серверы семейства MAX, Ascend сумела опередить многих конкурентов в области разработки узловых DSL-мультиплексоров (DSLAM, DSL Access Multiplexer).

Но понятие IDSL имеет и другое толкование. Многие производители модемов для физических линий используют давно выпускаемые и потому относительно дешевые наборы микросхем для систем ISDN (так называемые U-чипсеты). Такие модемы работают на характерных для ISDN скоростях – 144 Кбит/с. Видимо, поэтому изготовители называют их IDSL-модемами, например модем M-144 московской фирмы “Зелакс плюс”.

Были (и будут) другие варианты “x” в семействе xDSL. Некоторые уже практически забыты, другие, сменив имя, стремительно развиваются. Последнее происходит со стандартом G.Lite, начинавшимся как UADSL, универсальной DSL. Но об этом речь впереди.

КАК ОНО РАБОТАЕТ

В чем причина столь высокого быстродействия технологий xDSL? Упрощенно рассмотрим процесс передачи данных. Цифровой сигнал, прежде чем попасть в линию, подвергается кодированию и преобразованию в аналоговый сигнал. Пропускная способность линий V (бит/с), в соответствии с теоремой Шеннона, зависит от ширины полосы пропускания F (Гц) и допустимого соотношения сигнал/шум S/N (Дб): $V = F \cdot \log_2(1 + S/N)$.

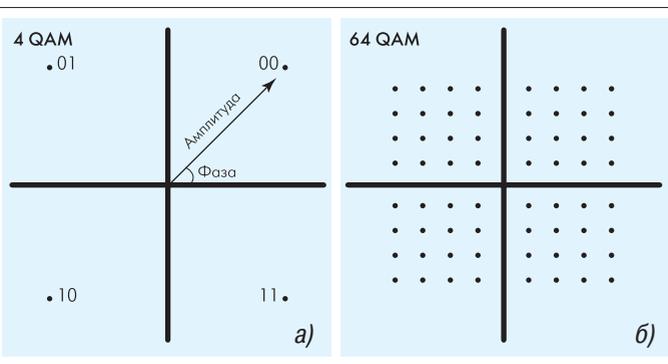


Рис. 1. QAM-модуляция

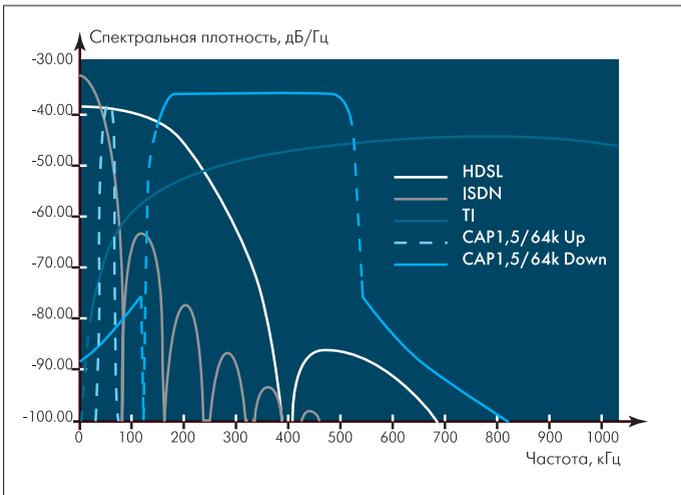


Рис. 2. Спектральная плотность сигналов для различных технологий. По материалам компании PairGain Technologies

В отличие от телефонии, верхняя граница полосы пропускания не ограничена, однако на частотах свыше 1,5–2 МГц затухание сигнала крайне велико (следовательно, отношение сигнал/шум очень мало). Но с другой стороны, в области высоких частот мало шумов, особенно бытовых. Таким образом, скорость передачи в медной паре ограничена только затуханием сигнала и зашумленностью линии. На высоких частотах основной источник шума – радиосигналы и наводки из соседних высокоскоростных линий.

Наиболее простой способ передачи данных – импульсно-кодовая модуляция (ИКМ, РСМ). Именно его разновидности применены в трактах T1 и E1. При этом каждый бит представлен отдельным импульсом – положительным или отрицательным. Прием/передача происходят по отдельным симплексным парам. Следовательно, для обмена данными со скоростью 2048 Кбит/с необходима тактовая частота свыше 2 МГц. Причем помехи в какой-либо локальной, пусть даже узкой, области спектра вызывают потерю данных. Что еще хуже, неизбежно мощный сигнал – это источник помех для всех близлежащих высокоскоростных линий (из-за паразитной емкости между ними).

Понятно, что в скоростных модемах ИКМ не приемлема, там используют так называемую квадратурно-амплитудную модуляцию (QAM, Quadrature Amplitude Modulation), по сути являющуюся амплитудно-фазовой модуляцией. На рис. 1а показан принцип кодирования сигнала в простейшем варианте – 4QAM. Радиус-вектор соответствует амплитуде, угол – фазе. Каждое положение вектора задает определенный информационный символ. В примере на рис. 1а в каждом из четырех символов два бита. Скорость передачи символов измеряется в бодах (число символов в секунду) и не может превышать частоту несущей. Очевидно, что чем больше бит в символе, тем ниже частота несущей для той же скорости и уже спектральная область (рис. 1б). В технологии HDSL, так же как и в ISDN, сначала использовали модуляцию 2B1Q (2 Binary 1 Quaternary) - вариант QAM с двумя битами в одном “четверичном” символе. Сравнение спектральных характеристик канала T1 с линейным кодом AMI (один бит на символ) и HDSL с той же скоростью обмена (1544 Кбит/с) показывает существенно большую эффективность последнего (рис. 2). Однако в ряде случаев, например на очень многих российских линиях, спектральной эффективности 2B1Q недостаточно.

Дальнейшим развитием QAM явилась так называемая амплитудно-фазовая модуляция с удалением несущей CAP (Carrierless Amplitude Phase modulation). Принципиальное отличие CAP от

QAM – в способе получения выходного аналогового сигнала. Если в QAM применяют аналоговые смесители двух опорных сигналов (синусоидального и косинусоидального), то выходной сигнал CAP вычисляется чисто цифровым способом, а затем преобразуется цифроаналоговым преобразователем. Реализовать цифровую обработку в ИС легче и дешевле, чем аналоговую.

Спектр сигналов многоуровневой CAP – например CAP64 и CAP128 (6 и 7 битов в символе соответственно) – позволяет добиваться весьма узкой спектральной полосы (см. рис. 2), поэтому данный вид модуляции активно использовали в DSL-технологиях. Но если в симметричных технологиях HDSL и SDSL его положение достаточно прочно, то в асимметричных приложениях дело обстоит не так – у CAP появился грозный противник.

В 1987 году профессор Стэнфордского университета Джон М. Сиоффи (John M. Cioffi) разработал новый вид линейного кодирования – дискретную многотоновую модуляцию DMT (Discret Multi-Tone), метод передачи на основе многих несущих. В 1992 году он основал компанию Amati Corp. (сейчас – в составе Texas Instruments) и выпустил первые ADSL-модемы на основе DMT – Prelude. Вскоре за Прелюдией последовала Увертюра (Overture) – новое семейство ADSL-модемов. DMT оказалась столь удачна, что стала международным стандартом. В чем суть этой технологии?

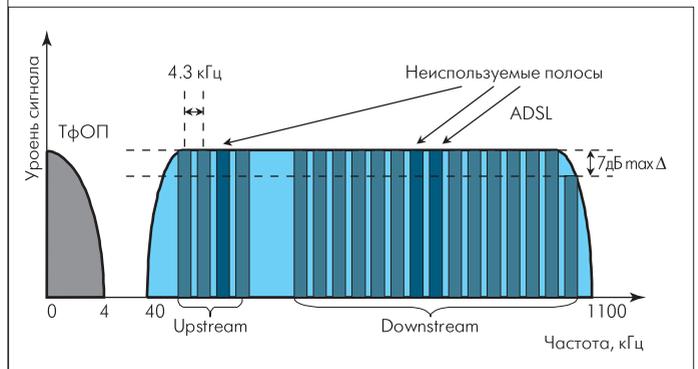


Рис. 3. DMT-модуляция

Весь спектральный диапазон разбивается на субканалы (обычно 256) шириной по 4 кГц (рис. 3). В каждом из субканалов происходит QAM-модуляция несущей (центральная частота субканала) со скоростью до 15 бит/символ/Гц. Это можно представить как одновременную работу 256 аналоговых модемов с максимальной производительностью 60 Кбит/с каждый. Следовательно, теоретически возможная скорость обмена с использованием DMT – около 15 Мбит/с. Естественно, в реальной работе используется только часть несущих, и скорость данных в каждом субканале может опускаться до 4 бит/символ/Гц и ниже.

DMT оказалась столь удачной, что фактически стала стандартом для асимметричных DSL, вытеснив претендовавшую на эту роль CAP. Прежде всего, она допускает очень гибкое и динамичное частотное планирование, позволяя избегать зашумленные участки, область телефонии и т.д. DMT – это “высокоинтеллектуальная” технология. Модем способен определить уровень шума в каждом субканале и задать оптимальное число битов в

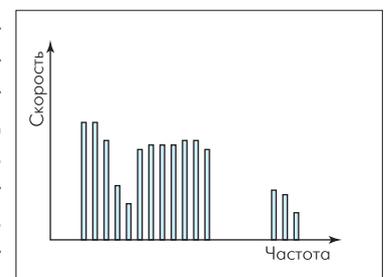


Рис. 4. Распределение скорости в субканалах DMT

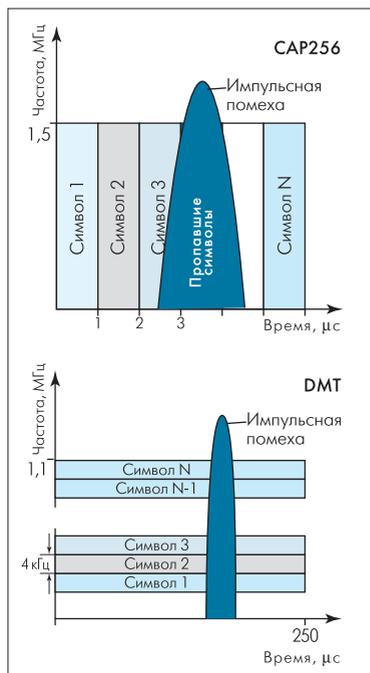


Рис. 5. Влияние импульсной помехи на сигналы CAP и DMT

ной DSL, но не существенно для ADSL, поскольку все устройства находятся либо у оператора, либо у пользователя, где нет проблем с электропитанием. Немаловажно, что DMT-оборудование разных производителей, на основе различных комплектов ИС хорошо совместимо друг с другом, чего нельзя сказать про CAP. Победу DMT над CAP в ADSL-приложениях официально подтвердил Международный телекоммуникационный союз (ITU), придав ему статус международного стандарта – G.992.1.

Современные xDSL-модемы выбрали в себя лучшие черты своих собратьев из голосового диапазона (до 4 кГц) – такие, как методы сжатия данных, контроля и восстановления данных, тестирование линии и учет ее особенностей и т.д. Однако основную проблему – исключение взаимовлияния модемов при работе с линиями из одного кабеля – полностью решить не удалось. Особое значение данная проблема приобретает в отношении устройств, использующих асимметричную технологию для организации симметричного канала. При этом на одном конце линии фактически оказываются два ADSL-модема, развернутых по отношению друг к другу. В результа-

те не ослабленный линией сигнал одного модема может вызвать помехи в приемном тракте другого, поскольку спектральные области совпадают. Скорость обмена резко упадет у всех, кто работает в “стандартном” направлении в том же кабеле. Столь же нежелательный эффект могут дать и линии E1/T1 из-за очень широкого спектра.

ADSL – В КАЖДЫЙ ДОМ

ADSL задумывалась как технология для конечного потребителя. Причем массового. Значит, и цены на услуги и оборудование также должны быть весьма конечными. О России пока речи нет – какой российский пользователь готов оплачивать мегабитный канал доступа в тот же Интернет и какой провайдер готов их предоставить? Но у НИХ ситуация иная. И стоимость оборудования играет существенную роль. Но даже североамериканский пользователь был не готов платить 400–500 долл. за скоростной модем. К тому же конкуренция – модемы V.90 (около 50 Кбит/с) – менее 50 долл., доступ по каналам кабельного телевидения, ISDN (особенно в Европе)...

Ситуация складывалась явно не лучшим для ADSL образом. Чтобы ее переломить, в декабре 1997 года было создано объединение

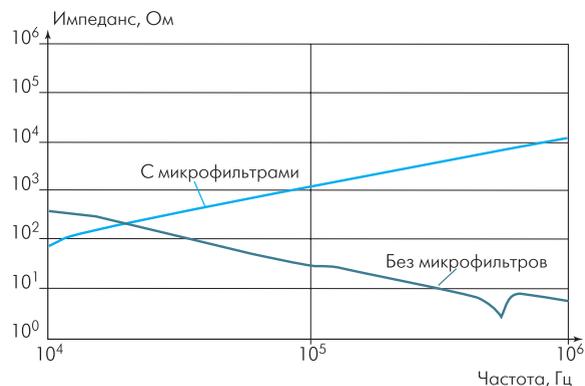


Рис. 7. Улучшение характеристики линии посредством микрофильтров. На линии пять параллельных телефонных аппаратов. По материалам Texas Instruments

UAWG (Universal ADSL Working Group). В него вошли крупнейшие американские операторы связи, производители аппаратуры и программного обеспечения (Intel, Compaq, Microsoft, Lucent и т.д.). Цель рабочей группы – создать единый стандарт UADSL, обеспечивающий низкую стоимость абонентских устройств, простоту их установки (по принципу plug and play), возможность постоянного соединения с провайдером и т.п. Скорость нисходящего потока допускается понизить до 1,5 Мбит/с. Одна из декларируемых целей – создать недорогие ADSL-адаптеры, которыми производители могли бы комплектовать персональные компьютеры, как это происходит с обычными модемами.

Основную сложность установки ADSL-модема создавал сплиттер – устройство, представляющее собой набор высокочастотных и низкочастотных фильтров для спектрального разделения телефонной аппаратуры и ADSL-модема (вариант а на рис. 6). Стоит такое устройство вместе с установкой порядка 100–200 долл. А без него работать на одной линии с телефонным модему сложно. Телефоны в момент набора, снятия/опускания трубки, звонка создают импульсные помехи в спектральной области ADSL (выше 25–40 кГц). Телефонная проводка играет роль антенны для радиовещательных станций, особенно если на конце линии нет никаких устройств (в телефонную розетку без фильтра не включен телефон). Кроме того, те-

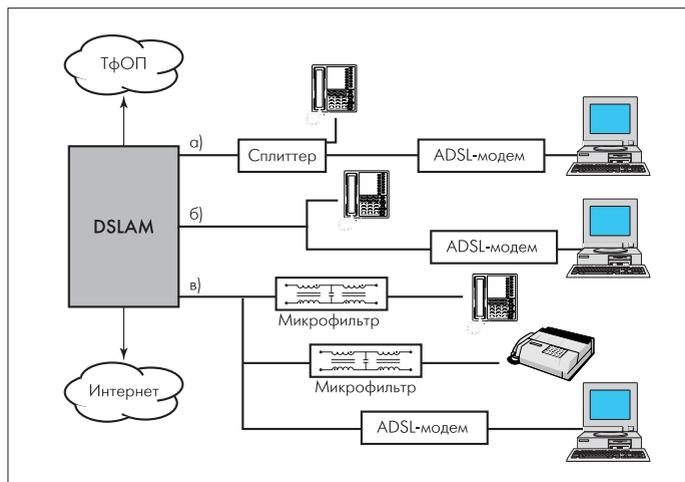


Рис. 6. ADS-технология: со сплиттером (а), без сплиттера (б) и с микрофильтрами на каждом телефонном устройстве (в)

лефонная аппаратура изменяет физические параметры линии (импеданс), как в процессе работы, так и просто при подключении дополнительного телефона. Вот зачем нужно устройство для надежного отделения телефонного тракта (до 4 кГц) от высокочастотного модема. Однако современные технологии, прежде всего цифровые сигнальные процессоры (DSP), позволяют в процессе работы анализировать состояние линии и оперативно подстраиваться под него. Вот где сказываются достоинства DMT! Появилась возможность избавиться от сплиттера (вариант б на рис. 6).

В результате родился стандарт G.Lite (облегченный ADSL), не требовавший сплиттера, со скоростями нисходящего потока до 1,5 Мбит/с и восходящего – до 512 Кбит/с. Летом 1999 года он был утвержден ИТУ как G.992.2. Стоимость устройств G.Lite сегодня приближается к аналоговым модемам – порядка 100 долл. Однако опыт их эксплуатации выявил ряд проблем. Прежде всего, сказывается отсутствие сплиттера. При изменении параметров линии модему требуется время на адаптацию, а в ряде приложений, например при передаче голоса – Voice Over ADSL, это недопустимо. Но нашлось достаточно простое решение – использовать НЧ-микрофильтр на каждом телефонном устройстве, например фильтр Чебышева второго порядка (вариант в на рис. 6). Стоимость таких фильтров – менее 5 долл., установка не вызывает каких-либо проблем, а эффект весьма ощутим (рис. 7).

Хотя скорость обмена снизилась, остались проблемы спектральной совместимости нескольких линий G.Lite в одном кабеле. Но несмотря ни на что, новый стандарт поддержан основными производителями оборудования и комплектов ИС. Так, только фирма Texas Instruments (TI) в первую половину 2000 года намерена продать 1 млн. комплектов ИС для ADSL-модемов. Компания ориентирует свою продукцию на наиболее быстрорастущие рынки Германии, Южной Кореи и США и хочет обогнать лидера – фирму Alcatel Microelectronics. За первый квартал TI уже продала 300 тыс. модемных портов. По прогнозам фирмы, в 2000 году во всем мире будет создано более 4 млн. ADSL-линий (в 1999 их создали около одного миллиона), в 2001 году – 12–15 млн., и около 30 млн. – в 2003 году. Для сравнения, в 1999 году было создано около одного миллиона ADSL-линий.

ЧТО У НЕГО ВНУТРИ

Рынок xDSL-устройств стремительно развивается. И во многом успех данных технологий определяют производители специализиро-

ванных комплектов ИС (чипсетов). Все они основаны на DSP и различаются в основном количеством микросхем в комплекте и набором дополнительных возможностей. Существенно, что в 1999 году стоимость всех комплектов ИС для модемов пользователей находилась в пределах 40–70 долл. (для OEM-производителей).

“Классическим” комплектом ИС для ADSL является TNETD2000. В его состав входят устройство управления линией (драйвер линии) THS6002, кодек TNETD2011, включающий ЦАП и АЦП, схема цифрового интерфейса TNETD2100 и ADSL-трансивер TNETD2200. В комплект может входить интерфейсная ИС TNETD2300, поддерживающая интерфейсы ATM, SAR, AAL5 и PCI bus (вариант TNETD2000P для встраиваемых модемов, рис. 8).

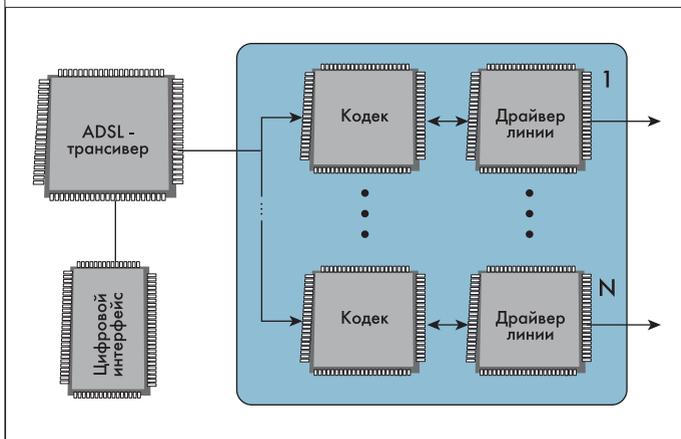


Рис. 9. Мультилинейная архитектура чипсета TNETD2000C

Трансивер TNETD2200 использует DSP-ядро семейства процессоров TMS320C6x. Он реализует такие функции, как эхоподавление, алгоритм коррекции ошибок Рида-Соломона, четырехмерное решетчатое кодирование (4D Trellis code), адаптивное изменение скорости. Максимально возможная скорость работы – 800 Кбит/с для восходящего потока и 8 Мбит/с – для нисходящего на дистанции 3,7 км. Поддерживается G.Lite. Для стационарной аппаратуры выпускается вариант TNETD2000C, поддерживающий мультилинейную архитектуру (рис. 9). Пример аналоговой части приведен на рис. 10. Отметим, что TI производит линейку комплектов ИС для xDSL. Последний из них – TNETD8000 – предназначен для VDSL и использует DMT-модуляцию. Он содержит трансивер TNETD8100, ИС AFE TNETD8010 и контроллер TNETD8200 на основе DSP-ядра TMS320C5400. Ориентировочная стоимость комплекта TNETD8000 – 30 долл. в партии 100 тыс. штук.

Положая на TNETD2000 структура и у первых ADSL-чипсетов фирмы Analog Devices. Так, в составе комплекта ИС AD20msp918 пять микросхем: интерфейсная ИС AD6438, поддерживающая как последовательный интерфейс, так и ATM (стандарт UTOPIA 1 и 2); DMT-сопроцессор AD6439; ИС сопряжения с линией (Analog Front End, AFE) AD6437; драйвер/приемник

Гибридные компоненты → RJ11

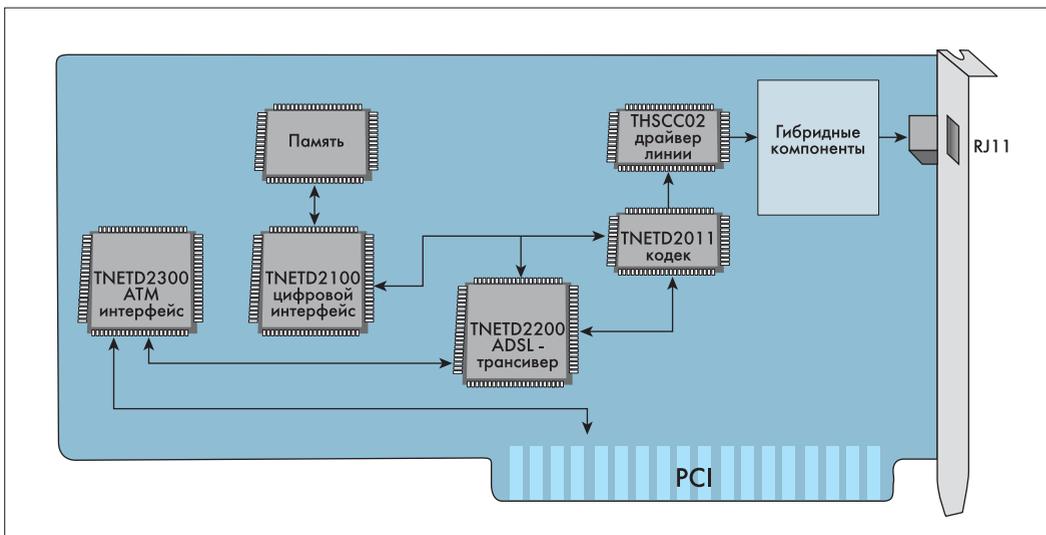
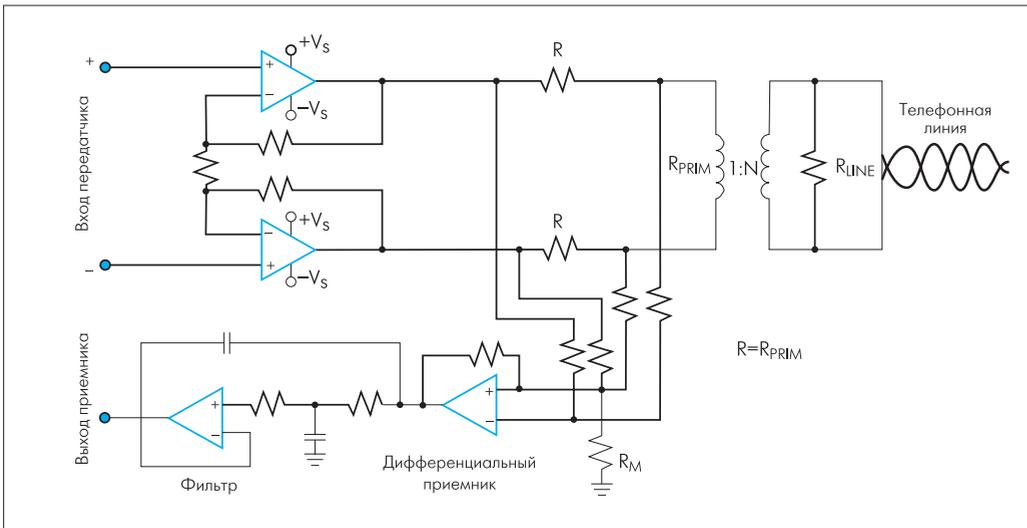


Рис. 8. Встраиваемый ADSL-модем на основе чипсета TNETD2000P



тельность – 200 MIPS), ADSL-кодек T7780 и кодек аналогового модема CSP1034.

Комплекты ИС для xDSL выпускают также фирмы Siemens, Alcatel, Motorola, STMicroelectronics, вошедшая в состав Intel компания Level One, Fujitsu, NEC и ряд других. Кроме того, некоторые фирмы производят отдельные элементы для xDSL, например ИС AFE, ЦАП/АЦП, драйверы линии (компании Burr-Brown, Linear Technology, Elantec, National Semiconductor и т.д.).

Рис. 10. Схема сопряжения с линией ADSL-модема

AD8016, а также сигнальный процессор ADSP-2183 (16-разрядный, с фиксированной запятой, 80 Кбайт встроенной памяти, 26 MIPS). Интересно сравнить AD20msp918 (второе поколение) с новым чипсетом фирмы – AD20msp930 (третье поколение). Он включает три ИС – процессор AD6449, схему сопряжения с аналоговой частью AD6440 и драйвер/приемник AD8016.

Чипсет фирмы Lucent Technologies WildWare поддерживает не только G.Lite, но и аналоговый стандарт V.90. Причем распознавание режима работы происходит автоматически. В комплект входят сигнальный процессор DSP 1690 с двумя DSP-ядрами (производи-

У изготовителей оборудования широкий выбор элементной базы для xDSL-устройств самого разного назначения. Рынок xDSL активно развивается, несмотря на мощную конкуренцию кабельных модемов (в США) и ISDN (в Германии, Великобритании, Нидерландах). В России этих технологий практически нет – конкурировать не с кем. Кроме того, у нас своя специфика – важны не собственно скорости, а наиболее эффективная доставка трафика на большие расстояния (иногда – десятки километров). Кроме того, далеко не все западные устройства будут работать на наших линиях. Заграница не поможет – там о таких проблемах не слышали. Ваше слово, господа разработчики. ○