

Технология 56-Кбит/с

И. Шахнович

Однажды в Америке...

Модемное соединение по коммутируемой телефонной линии со скоростями до 56 Кбит/с — уже реальность, хотя еще два года назад многие авторитетные эксперты весьма скептически отзывались о новой технологии. Лишь полтора года потребовалось, чтобы пройти путь от первых демонстрационных образцов до серийного оборудования единого стандарта, которое теперь выпускает множество производителей. Тем интереснее рассмотреть не только технические аспекты технологии, но и историю ее появления на рынке. Итак, что же такое "56К-технология" и кому она нужна?

Технические предпосылки

Прежде всего вспомним, как организованы телефонные сети общего пользования — та среда, в которой происходит соединение между абонентами. Каждый абонент связан со своей АТС посредством абонентской линии, представляющей собой витую пару медных проводов. АТС в свою очередь соединена с другими станциями соединительной линией. Поскольку прокладывать соединительные линии между удаленными друг от друга станциями весьма накладно, применяют аппаратуру многоканального уплотнения. При этом посредством нескольких проводов организуют десятки телефонных каналов. В соединении могут участвовать и магистральные линии связи (многопарные симметричные и коаксильные кабели, волоконно-оптические линии, радиорелейные линии, спутниковые каналы...), в которых насчитываются тысячи и даже десятки тысяч каналов.

Существует два вида систем многоканального уплотнения — с частотным и временным разделением каналов. Системы с частотным разделением каналов (ЧРК) — это "прошлый век" телефонии. В России они пока преобладают, но и тут их дни сочтены. В таких системах каждому каналу предоставляется определенное место в частотном спектре соединительной линии. Диапазон телефонного канала в нашей стране — 300–3400 Гц, т.е. ширина полосы основного сигнала — 3100 Гц. Частотный разнос каналов в соединительной линии составляет 4 кГц.

Механизму ЧРК присущ ряд недостатков. Во-первых, частотные искажения вносят межканальные фильтры. Нелинейные искажения сигналов в отдельных каналах приводят к межканальным помехам — вот почему необходимы жесткие ограничения мощности полезного сигнала. Однако самое неприятное — это рост уровня шума

при увеличении длины группового канала. И если с первыми двумя проблемами еще можно как-то бороться, то последняя "неизлечима". Именно поэтому массовое распространение получила технология временного разделения каналов (ВРК).

В методе ВРК сигналы передаются в двоичной форме. Их принимают слабые чувствительные к помехам пороговые схемы. Таким образом, шум в групповом канале заметного влияния на полезный сигнал не оказывает. В этом состоит качественное отличие систем ВРК от ЧРК. Для понимания ситуации в России важно отметить, что механизм ВРК появился как технология передачи аналогового сигнала (до цифровых АТС было далеко). К методам коммутации она отношения не имеет. А потому симбиоз координатно-шаговых и декадно-шаговых АТС с аппаратурой ВРК в нашей стране — не редкость.

В цифровую форму сигнал преобразуют восьмиразрядные аналого-цифровые преобразователи (АЦП) с частотой квантования 8 кГц. В результате каждый канал представляет собой поток данных со скоростью 64 Кбит/с (импульсно-кодовая модуляция, ИКМ). Перед тем как попасть на вход АЦП, сигналы подвергают компрессии — усиливают слишком слабые и подавляют сильные. Таким способом добиваются примерно постоянного соотношения сигнал/шум. Законы компрессирования в США и Европе различны (μ-закон и А-закон, соответственно). На стороне приема происходит обратный процесс — цифровой сигнал преобразуют в аналоговый и экспандируют. Отдельные цифровые каналы мультиплексируются в групповые с различной пропускной способностью. В США наиболее распространены 24-канальные потоки (Т1, скорость передачи данных — 1554 Кбит/с), в Европе — 30-канальные (Е1, 2048 Кбит/с, два канала — служеб-

ные). В России поток Е1 называют еще ИКМ-30. Неизбежный недостаток ВРК, как и любых систем с АЦП, — так называемый шум квантования, или неточность представления непрерывного аналогового сигнала набором дискретных отсчетов. И если для передачи речевой информации это несущественно, то при высокоскоростном обмене данными шум квантования оказывает заметное негативное воздействие на процесс.

Вернемся к проблеме передачи данных по телефонной линии. Полвека назад знаменитый сотрудник Bell Laboratories Клод Шеннон сформулировал "закон Шеннона", определяющий максимальную скорость передачи данных:

$$V = F \log_2(1 + S/N),$$

где V — максимально возможная скорость передачи, бит/с; F — ширина полосы пропускания канала, Гц; S/N — отношение сигнал/шум. То есть скорость передачи зависит от трех параметров линии: ширины полосы пропускания, уровня полезного сигнала и уровня шума. Ширина полосы пропускания телефонной линии фиксированна — 3100 Гц. Она может быть чуть уже (в системах с ЧРК) либо чуть шире (в цифровых системах), но существенного влияния на скорость эти отклонения не оказывают. Мощность полезного сигнала ограничена национальными стандартами. В США это -12 дБ, в России — -4,3 дБ. Столь жесткие ограничения продиктованы прежде всего необходимостью минимизации межканальных помех в системах с ЧРК. В цифровых системах мощность сигнала можно безболезненно увеличить, в связи с чем в США производители модемного оборудования добиваются от FCC (Федеральная комиссия по связи) решения об уменьшении данного ограничения.

Как известно, теоретический потолок для отношения сигнал/шум в линиях с АЦП ограничен примерно 39 дБ.

Реально даже на очень хороших линиях он редко превышает 35 дБ (в системах с ЧРК — гораздо ниже). Из уравнения Шеннона получаем, что $V < 35$ Кбит/с. Это предел, к которому вплотную подошли разработчики оборудования стандарта V.34/V.34+, обеспечивающего скорость до 33,6 Кбит/с. Тогда казалось, что от телефонной линии взято все что можно, а жаждущим более высоких скоростей следует обратиться к технологиям ISDN, xDSL, ATM и т.п. Однако решение проблемы лежало на поверхности. Если нельзя увеличить мощность полезного сигнала и ширину полосы, то, может быть, можно уменьшить мощность шума? Представим себе процесс передачи данных (рис. 1). Изначально цифровая информация, которой оперирует компьютер, преобразуется модемом в аналоговый сигнал. Этот сигнал на АЦП АТС снова превращается в цифровой и передается на АТС принимающей стороны. Там он обрабатывается ЦАП и по абонентской линии поступает на модем-приемник. Основной источник помех в этой цепочке — АЦП станции с его шумом квантования. Нельзя ли его обойти? Нетрудно заметить, что на пути от компьютера до группового канала цифровые данные превращаются в аналоговые, а затем снова в цифровые. Оказывается, “промежуточного” аналогового преобразования вполне можно избежать. Специальный цифровой модем связывает компьютер и мультиплексор группового канала, представляя исходную информацию в виде, аналогичном оцифрованному сигналу аналогового модема (рис. 2). Организационно это не представляет проблемы. Например, Internet-провайдеру, обладающему десятками телефонных каналов, несложно установить у себя специальное оборудо-

вание группового доступа с мультиплексором канала ИКМ-30 и связываться с АТС четырехпроводной соединительной линией Е1. В таком случае скорость данных в одном цифровом канале (64 Кбит/с) и будет предельно достижимой для телефонных сетей общего пользования, поскольку цифроаналоговое преобразование на стороне приема помех не вносит (теоретически).

Однако на практике все не столь безоблачно. Прежде всего, цифровое подключение недоступно для массового пользователя из-за довольно высокой стоимости. (Если же для кого-то это не дорого, лучше использовать ISDN — два канала по 64 Кбит/с плюс служебный на 16 Кбит/с). Следовательно, в обратном направлении связь происходит в режиме аналогового модема. Для него потолок скорости не меняется (33,6 Кбит/с). Значит, описанная технология принципиально асимметрична. Но в ряде случаев входящий поток данных существенно превышает нисходящий (путешествия по Internet, обращения к удаленным базам данных, телеметрия...), и тогда асимметрия не является недостатком. Хуже другое. В США для передачи информации в цифровых сетях используется семь разрядов из восьми (один — служебный). То есть скорость передачи ограничивается 56 Кбит/с. Кроме того, заметное влияние на нее оказывает нелинейность преобразования сигнала при экспандировании. Сказываются несовершенное станционное оборудование и плохие абонентские линии. В результате быстродействие модемов падает еще ниже. Не следует забывать, что высокоскоростная связь с Internet-провайдером сама по себе не гарантирует быстрой работы в сети, по-

скольку доступ к отдельным узлам может быть весьма медленным. Как заметил аналитик компании International Data Corp. Брэд Болдуин, “это то же самое, как если бы вам дали “феррари” и заставили торчать в пробках в час пик”. Но все перечисленные недостатки не умаляют значения новой технологии, о чем свидетельствует постоянно растущее число ее пользователей.

Как это было

Изложенный способ преодоления рубежа 35 Кбит/с кажется простым и очевидным. Однако потребовалось время, чтобы увидеть скрытую возможность телефонных сетей. Сейчас уже трудно сказать, кому впервые пришла в голову эта идея. Но достоверно известно, что в 1995 году независимый американский изобретатель Брент Тауншенд подал патентную заявку на изобретенную им технологию удвоения скорости работы аналоговых модемов. В середине 1995 года он начал переговоры с компанией Rockwell Semiconductor о передаче прав на разработку. Однако стороны не сумели договориться, и в декабре 1995 года переговоры были прекращены. В апреле 1996 года Тауншенд заключает лицензионное соглашение с фирмой U.S. Robotics, которая должна представлять его интересы и отчислять изобретателю роялти с каждого произведенного модема и порта устройств группового доступа (1,25 и 9 долл., соответственно).

10 сентября 1996 года фирма Rockwell Semiconductor Systems, дочерняя компания Rockwell International, объявила о создании технологии, позволяющей добиться скоростей передачи более 56 Кбит/с по коммутируемым телефонным линиям. Новый протокол получил название K56Plus. Сразу же после этого о планах выпуска

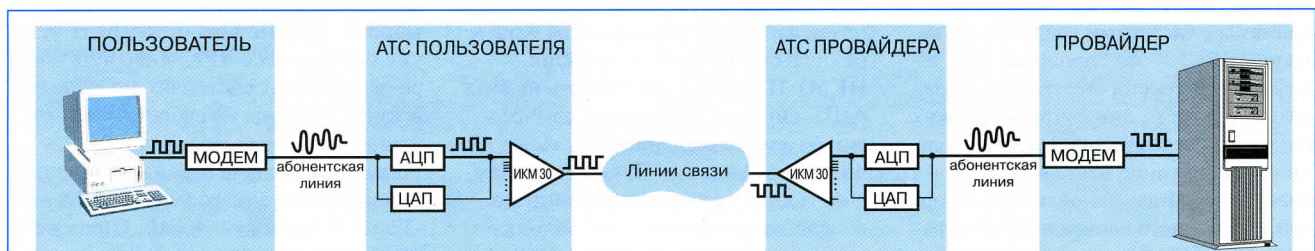


Рис. 1 Схема связи посредством двух аналоговых модемов

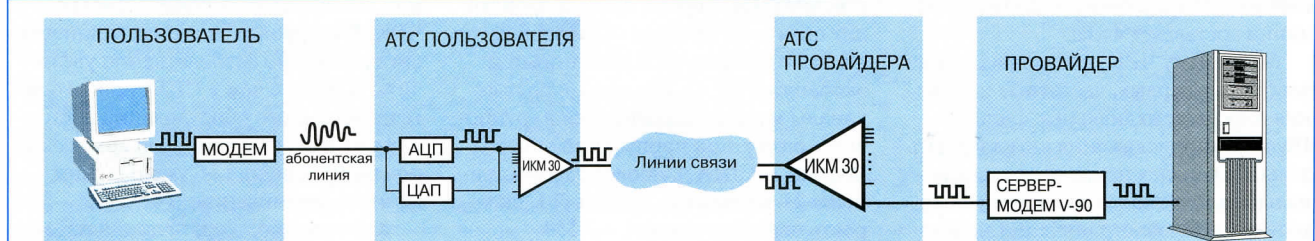
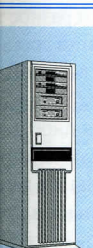
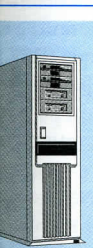


Рис. 2 Схема связи по технологии “56К”

м улам мо-
м. Как заме-
international
это то же
и "феррари"
ках в час
не недостат-
вой техно-
ет постоян-
ователей.
одоления ру-
стым и оче-
лось время,
можность те-
е трудно ска-
в голову эта
но, что в 1995
ский изоб-
дал патент-
им техно-
боты анало-
1995 года он
ней Rockwell
ав на разра-
тели дого-
ода перего-
преле 1996
шензионное
Robotics, ко-
его интересы
оляли с каж-
а и порта ус-
(1,25 и 9

ирма
tems, до-
Internat-
техноло-
я скоростей
то коммути-
ям. Новый
е K56Plus.
нах выпуска



изнес" 5-6/98

56K-модемов заявила U.S. Robotics, анонсировав в октябре технологию x2. 16 октября об аналогичной разработке сообщила фирма Lucent Technologies. Ее продукт назывался V.flex2.

В отличие от конкурентов, U.S. Robotics производила готовые модемные устройства, используя сигнальные процессоры компании Texas Instruments (TI) серии TMS320 с внешней репрограммируемой памятью программ. Это позволяет перезаписать (заменить) ПЗУ в серийно производимом модеме, благодаря чему он сможет поддерживать новый протокол. Rockwell и Lucent начали выпускать наборы микросхем (chipset) для модемов, предлагая их изготовителям конечного оборудования. При таком подходе проблемы модернизации и создания готовых устройств решать гораздо тяжелее. В результате в ноябре на выставке Comdex'96 U.S. Robotics представила действующий по протоколу x2 модем, в то время как Rockwell — лишь набор микросхем. Более того, U.S. Robotics объявила о модернизации за небольшую плату (60–95 долл.) своих модемов типа Sportster V.34, приобретенных после 15 августа 1996 года, и всех модемов Courier V.Everything.

Сразу же после появления новой технологии обозначилась серьезнейшая проблема — совместимость всех трех заявленных протоколов. И если Lucent Technologies и Rockwell Semiconductor 15 ноября удалось договориться о едином протоколе K56flex, то противостояние с U.S. Robotics затянулось. Основываясь на одинаковых принципах, K56flex и x2 по-разному кодировали данные. Для каждой из фирм уступить — значит потерять и престиж, и лицензионные отчисления. А посему между U.S. Robotics, с одной стороны, и Rockwell Semiconductor и Lucent Technologies — с другой, завязалась настоящая война. Достаточно быстро сформировались противоборствующие лагеря. На стороне U.S. Robotics из крупнейших компаний выступили Texas Instruments, Cirrus Logic, Hitachi. K56flex поддержали Motorola, 3Com, Ascend Communications, Cisco Systems, Hayes Microcomputer Products. Особенно заметна роль Motorola, позже всех вступившей в игру, но немало сделавшей для развития K56flex. Ряд производителей оборудования (Bay Networks, IBM) и особенно Internet-провайдеры проявили осторожность, так или иначе поддерживая оба протокола.

Фирмы-разработчики немедленно предложили свои технологии ITU (Международный телекоммуникационный союз, образованный ООН, раз-

рабатывает и утверждает международные стандарты) в качестве основы для международного стандарта. Причем, если U.S. Robotics, позиции которой в Европе сильнее, чем в Америке, обратилась только в ITU, то K56flex претендовал на роль национального стандарта США. Для рассмотрения вопроса ITU создает так называемую Исследовательскую группу 16, которая должна была найти какое-либо решение к лету 1997 года.

Тем временем начинают разворачиваться боевые действия. 26 февраля 1997 года 28 ведущих производителей телекоммуникационного оборудования, в основном сторонников K56flex, объявили об организации консорциума Open 56 Forum, цель которого — добиться совместимости модемных 56K-технологий. Как утверждают, инициативная группа приглашала U.S. Robotics принять участие в консорциуме. Однако представители фирмы заявили, что узнали о формировании Open 56 Forum менее чем за час до публикации анонса, хотя всегда ратовали за единый стандарт.

В феврале U.S. Robotics первой выпускает на рынок серийные модемы, поддерживающие протокол x2. Предлагаются и модемы для серверов удаленного доступа Total Control этой фирмы. Вплотную за U.S. Robotics следует Motorola. Ее 56K-модемы семейства SURFR выполнены на базе набора микросхем от Rockwell Semiconductor. Однако начинают сказываться недостатки аппаратно-ориентированной технологии. Из-за ошибки изготовителя микросхем Motorola вынуждена отозвать порядка трех тысяч своих изделий. Эта неприятность задержала фирму на несколько недель.

В ход идут все новые и новые средства борьбы. Чтобы привлечь пользователей, выпускаются устройства, интегрирующие несколько функций, например 56K-модема и адаптера Ethernet, 56K-модема и кабельного модема. В начале июня представители U.S. Robotics заявили о бесплатной модернизации, вплоть до замены, своих модемов x2 после того, как ITU примет международный стандарт. Вскоре подобные обещания своим потребителям дали почти все производители. Члены противоборствующих группировок тщательно подсчитывают каждый проданный модем, каждый порт устройств группового доступа. Разумеется, у сторонников и x2, и 56K выходит, что именно их технологию поддерживают 60–70% пользователей во всем мире.

Между тем проявляются неразрешенные технические проблемы. В США из-за ограничения сигнала на

уровне –12 дБ предельная скорость не превышает 53 Кбит/с. В Великобритании, где позиции U.S. Robotics особенно прочны, ситуация еще сложнее — там потолок 48 Кбит/с, да и то после специальной модернизации программ модемов x2. Но несмотря на неопределенность со стандартом и технические проблемы, все больше провайдеров, в том числе и в России, поддерживают K56flex и x2.

Особая борьба идет между производителями специализированных наборов микросхем для модемов. Лидируют здесь Texas Instruments (10 млн. устройств к июлю 1997 года) и Rockwell Semiconductor Systems (4 млн.). За ними следуют Lucent Technologies, Analog Devices и Cirrus Logic. В этом сегменте рынка дерутся за OEM-производителей. Так, Texas Instruments отвоевала у Rockwell Semiconductor крупного изготовителя компьютерной техники — фирму Packard Bell. Конкурируют не только приверженцы противоположных технологий, но и соратники по "технологическому лагерю", в частности TI и Analog Devices.

11 июня 1997 года произошло событие, которого ждали с конца февраля. U.S. Robotics официально вошла в состав компании 3Com. Напомним, что до этого 3Com поддерживала технологию K56flex. Однако после объединения с U.S. Robotics, став правопреемницей по всем ее патентам и лицензионным соглашениям, 3Com возглавила лагерь сторонников x2. Слияние фирм заметно улучшило и без того прочные позиции этой технологии.

Апофеоз "войны модемов" наступил в сентябре, в преддверии заседания Исследовательской группы 16 ITU. Камнем преткновения становится интеллектуальная собственность на новую технологию. Все четыре лидера — 3Com, Rockwell Semiconductor, Lucent Technologies и Motorola — претендуют на авторские права основ 56K-технологии. Если стандарт той или иной фирмы будет принят в качестве международного, остальным придется его поддерживать, выплачивая лицензионные отчисления. При многомиллиардном рынке это очень серьезный куш, за который стоит бороться. Первой в начале года иск против 3Com подала Motorola, обвинив ее в незаконном использовании патентованных технологий: x2 поддерживает более ранние модемные протоколы, где у Motorola имеется ряд патентов. 3Com ответила тем же.

3 сентября 3Com первой огласила свои условия лицензирования технологии: либо разовая выплата 100 тыс.

долл., либо 25 центов с произведенного устройства, пока сумма не составит 150 тыс. долл. Кроме того, фирма лицензирует и патенты Тауншенда. При этом подчеркивалось, что в основе любой 56К-технологии лежат изобретения Брента Тауншенда. Через две недели Lucent Technologies, обладающая тремя патентами в области K56flex и ожидающая выдачи четвертого, опубликовала свою лицензионную программу. Детали не оглашались, было лишь сказано, что "условия будут приемлемые".

14 октября Тауншенд подал в суд иск, обвинив компанию Rockwell Semiconductor в незаконном использовании сведений, сообщенных им во время переговоров с фирмой в августе 1995 года. По мнению изобретателя, именно эта информация лежит в основе технологии K56flex. 3Com заявила, что не имеет отношения к иску. 11 ноября Rockwell Semiconductor в свою очередь обвинила в нарушении лицензионного соглашения крупнейшего производителя сетевого оборудования — компанию Bay Networks. Фирма купила лицензию на технологию K56flex и применила ее в своем устройстве Model 8000 RAC (концентратор удаленного доступа). Вина Bay Networks, по мнению Rockwell Semiconductor, заключалась в том, что Model 8000 поддерживает и протокол x2. А в лицензии особо оговаривалась недопустимость одновременного применения двух технологий.

Жить при "двоевластии протоколов" становится все труднее. Не помогают даже обещания бесплатной замены оборудования с доставкой. Пользователи и Internet-провайдеры проявляют осторожность и ждут. В результате цены на 56К-модемы упали столь низко (на некоторые модели — ниже 100 долл.), что их уже невыгодно производить. Незабвенный Владимир Ильич в таких случаях говорил, что назрела революционная ситуация — изготовители не могут, потребители не хотят. И "революция", о необходимости которой так долго говорили представители противоборствующих партий, наконец свершилась. 5 октября в Орландо (шт. Флорида) на очередном заседании Исследовательской группы 16 был принят компромиссный вариант стандарта, получивший временное название V.PCM.

Компромисс стал возможен после того, как фирма Intel предложила изменить схему отображения данных от 3Com, а механизм формирования спектра сигнала — от Motorola. 3Com настаивала на собственном подходе к формированию спектра. Однако выясни-

лось, что метод Motorola обеспечивает те же характеристики, и 3Com уступила. В результате, согласившись с предложением Intel, 25 членов ITU, представлявших производителей модемов (исключая 3Com, Rockwell Semiconductor и Lucent Technologies), простым тайным голосованием утвердили спецификацию V.PCM. Еще оставались некоторые технические проблемы, но единый стандарт можно было считать состоявшимся. Важно отметить, что хотя из 11 основных положений технологии K56flex 10 вошли в новую спецификацию, это говорит лишь о близости K56flex и x2. V. PCM — это именно компромисс, а не победа какой-либо из сторон.

1998 год начался под знаком всеобщего примирения. 5 февраля на сессии ITU в Женеве официально одобрен проект стандарта, получивший обозначение V.90. От V.PCM он отличался минимальными изменениями. И хотя это был еще так называемый черновой вариант, состоявшееся в сентябре официальное утверждение практического значения уже не имело, поскольку V.90 де-факто признали все основные производители. Старые распри позабыты, бывшие противники начинают тестировать оборудование на совместимость. Первыми еще 20 января к этому приступили 3Com и Lucent Technologies (3 марта заявлено о полной совместимости). 17 февраля успешно завершились испытания аппаратуры 3Com и Rockwell Semiconductor. Однако еще некоторое время производители и поставщики Internet-услуг будут вынуждены поддерживать две технологии — x2 либо K56flex и V.90, чтобы обеспечить пользователям "мягкий" переход на новый протокол.

Обретя единый стандарт, 56К-технология активно развивается. Появляются новые наборы микросхем для модемов, интегрированных устройств типа xDSL — V.90, растет число пользователей. В конце марта разрешили свои патентные претензии Motorola и 3Com, обменявшись лицензиями. Телекоммуникационный мир зажил спокойно — до нового прорыва. Каким он будет?

А что у нас

"Все это прекрасно, — скажет российский читатель, — но какое мне дело до 56К-технологии, если сейчас реальная скорость работы с провайдером не превышает 14,4 (9,6; 2,4) Кбит/с?" Действительно, наши линии оставляют желать лучшего. В полной мере до-

стоинства новой технологии проявляются, если единственный аналоговый участок на пути сигнала — линия между абонентом и АТС (3–5 км), а все остальные связи — цифровые. Увы, в Москве так повезти может очень немногим абонентам ГАТС (примерно 10%). Плохое качество абонентских линий, устаревшие АТС, особенно координатно-и декадно-шаговые, древние соединительные линии, переприемы — все это сводит на нет достоинства V.90. Но несмотря ни на что многие московские Internet-провайдеры предоставляют своим пользователям доступ по новой технологии. На основании отзывов пользователей можно заключить, что у нас скорость выше 40 Кбит/с практически недостижима. В ряде случаев увеличения скорости не наблюдается вообще, однако связь на 26–33 Кбит/с становится устойчивее по сравнению с модемами стандарта V.34. Учитывая, что отсутствие сбоя в работе волнует пользователей больше, чем незначительное увеличение скорости, внедрение новой технологии вполне оправдано, тем более что практически все современные цифровые модемные пулы поддерживают V.90. С данными о качестве связи по новому протоколу абонентов различных московских АТС можно ознакомиться на узле www.rinet.ru (этот провайдер — фирма "Кроник Плюс" — с 7 мая 1997 года первым в нашей стране начал предоставлять доступ в Internet по протоколу x2).

Можно сказать, 56К-технология в России состоялась. И пусть пока с V.90 в Москве могут работать лишь около 30% пользователей, но их число будет расти с вводом новых АТС и модернизацией инфраструктуры МГТС в целом. В других регионах 56 Кбит/с — это тоже лишь вопрос времени.

В заключение отметим ряд моментов, над которыми стоит задуматься. Судьба технологии общемирового значения решалась в США. Все основные участники этой игры — американские фирмы. Это не может не тревожить. Поразительны сроки от начала работ до принятия стандарта и массового выпуска продукции. Так, уже в сентябре 1997 года в стоимостном выражении объемы продаж модемов на 56 Кбит/с превысили аналогичный показатель 33,6Кбит/с устройств (данные PC Data). 3Com приступила к поставкам модемов, поддерживающих V.90 (draft), через 12 дней после принятия стандарта. Rockwell Semiconductor анонсировал наборы микросхем V.90 для модемов пользователей и устройств группового доступа через четыре дня. Такую бы оперативность да в Россию...