Содержание

Введение 2

Internet = TCP/IP 2

Проводная связь 3

Подключение по существующим кабельным сетям 3

..., v.34, v.90 3

DSL 4

Кабельные модемы 4

Подключение по выделенным линиям 5

ISDN 5

Frame Relay 6

Большие масштабы 7

ATM 7

SDH/SONET 8

DWDM 8

Беспроводная связь 8

Стационарный доступ 8

DBS/DTH 9

Спутниковые каналы VSAT 9

Radio-Ethernet (стандарт 802.11) 10

NMT-450i 10

GSM 11

GPRS 11

CDMA, IS-95 12

CDMA2000 12

UMTS, W-CDMA 13

Спутниковая телефония 13

DECT 14

FLEX/POCSAG 14

VoIP 14

Заключение 16

Определения и термины 17

Список литературы и Internet-ресурсов 18

Литература 18

Internet-ресурсы 18

# Введение

Если задать вопрос, что такое Интернет, разным людям, то мы получим довольно сильно различающиеся ответы. Для многих Интернет - это Всемирная Паутина WWW, для других - рекламоноситель, для кого-то - учебная среда, а для некоторых - рассадник преступности. Для тех, кто занимается технологиями связи, Интернет - это самое обширное в мире объединение компьютеров и сетей, взаимодействующих между собой с использованием семейства протоколов TCP/IP. Неспециалисту такое определение, конечно, мало о чем говорит. Но Интернет пока еще находится в начальной фазе своего развития, а это значит, что любой пользователь должен быть хоть немного специалистом. Может быть, лет через 20-30 мы будем слышать о протоколах не чаще, чем о внутреннем устройстве телевизора, но эти времена еще не наступили, а работать нужно уже сейчас...

# Internet = TCP/IP

Итак, протокол TCP/IP. Точнее, семейство протоколов. Что стоит за этим названием? Специалисты обычно настаивают на слове "семейство", чтобы подчеркнуть достаточно сложное устройство сети, в которой для поддержки основных протоколов, передающих полезные данные, существует целый ряд вспомогательных протоколов управления работой сети. Однако на нашем популярном уровне мы можем ограничиться двумя протоколами этого семейства - IP и TCP.

Протокол IP (Internet Protocol) предназначен для передачи между компьютерами, подключенными к сети, дейтаграмм или пакетов. Пакет - это порция данных (размером от нескольких байт до килобайт), которая должна быть неделимой порцией доставлена от отравителя к получателю. Понятно, что для такой доставки необходима однозначная адресация компьютеров в сети. Правила этой адресации и механизмы эффективной доставки (маршрутизации) пакетов как раз и составляют ядро семейства TCP/IP.

Протокол TCP (Transmission Control Protocol) в первом приближении можно считать надстройкой над протоколом IP. Суть его заключается в установлении между двумя сторонами в сети постоянного соединения для передачи данных. Передача по-прежнему осуществляется по протоколу IP, но вышестоящий протокол TCP внимательно следит, чтобы все пакеты были доставлены, причем в надлежащем порядке следования. Тогда, объединяя содержимое пакетов, мы получим непрерывный поток данных, передаваемых от отправителя к получателю. Причем, сеть передачи данных становится прозрачной для взаимодействующих сторон.

Казалось бы, TCP - лишь небольшое усовершенствование IP. Однако на практике он открывает, по сравнению с IP, настолько же больше возможностей, насколько телефон по сравнению с телеграфом. Суть этого различия фундаментальна для всех технологий связи, и я не раз еще буду о ней упоминать: IP обеспечивает передачу пакетов, а TCP поддерживает соединение (канал, сеанс).

Практически все службы в Интернете - WWW, электронная почта, FTP, ICQ, RealAudio и т. д., и т. п. - основывают свою работу на протоколах IP и TCP. Поэтому там, где есть TCP/IP, - там есть и Интернет. При этом приложениям, которые работают с Интернетом, в первом приближении безразлично, каким образом им доставляются IP-пакеты. Это свойство Интернета называют прозрачностью.

Однако отмеченное безразличие к способу доставки трафика все-таки не беспредельно. Нам (и нашим приложениям) может быть все равно, как доставляются пакеты, но далеко не безразличны скорость и надежность этой доставки. Ведь, в конечном итоге, IP-пакеты между компьютерами передаются не святым духом, а по тем или иным физическим каналам связи. Технические и экономические характеристики этих каналов очень сильно сказываются на возможностях работы в Сети. Именно вокруг этих характеристик и возникает все многообразие современных технологий передачи данных, к обзору которых я теперь и перехожу.

# Проводная связь

## Подключение по существующим кабельным сетям

### ..., v.34, v.90

Эти немного странные обозначения давно уже стали привычными для тех, кто пользуется Интернетом из дома. Это тоже названия протоколов, но не тех, которые используются в Интернете, а тех, которые обеспечивают взаимодействие между собой двух модемов, соединяющихся по обычной телефонной линии. Например, вашего и провайдерского. Возникает естественный вопрос: а почему модемы не могут сразу соединиться "по IP"? Ответ заключается в уже упоминавшейся прозрачности Интернета и универсальности протокола IP. В нем просто не может быть предусмотрена специфика передачи данных по телефонным линиям. Ведь те же самые IP-пакеты должны передаваться и по коаксиальному кабелю, и по оптоволокну, и по радиоканалу. Специфика каждой среды учитывается в конструкции оконечных устройств. В нашем случае - модемов. На самом деле, традиционный модем - весьма странное устройство. Он используется для того, чтобы передавать данные по телефонной линии, изначально предназначенной только для передачи голоса. Способ передачи состоит в том, что поступающую от компьютера информацию модем превращает в определенного рода шумы, которые модем на другом конце линии воспринимает и снова преобразует в цифровые данные. Большинство проблем модемной связи возникает из-за низкого качества телефонных линий, по которым и голос-то порой слышен плохо. Поэтому модемы при установлении соединения всегда тестируют линию и сообразно результатам выбирают один из реализованных в них протоколов взаимодействия, отдавая приоритет либо скорости, либо надежности.

Основной современный протокол модемной связи - v.34, который обеспечивает скорость до 33 600 бит/с. Большую скорость передачи на обычных телефонных линиях обеспечить нельзя. Ограничение накладывается стандартами на качество телефонной связи, реализованными в оборудовании АТС. Однако протокол v.90, поддерживаемый сейчас большинством модемов, обеспечивает скорость до 53 000 бит/с в одном направлении при условии, что оборудование Интернет-провайдера непосредственно взаимодействует с оборудованием АТС.

На этом резервы производительности обычных модемов полностью исчерпаны. Дальнейший рост скорости невозможен. Но нужно четко понимать почему: скорость модемной связи ограничена параметрами телефонного оборудования на АТС, которое предназначено для передачи голоса, а не параметрами телефонной проводки.

Вот тут-то и скрывается неожиданный резерв дальнейшего роста.

### DSL

Ведь если не кодировать данные в виде шумов, подделываясь под человеческий голос (с частотой от 300 до 3400 Гц), а передавать их сразу по телефонной линии в двоичном формате, то в ту же самую линию можно протолкнуть в десятки, а то и в сотни раз больше информации, используя высокие частоты. Конечно, никакая АТС не сможет эти данные воспринять и передать другой АТС. Но этого и не надо. Поставим оборудование Интернет-провайдера на другом конце линии (перед ее входом на АТС) и будем связываться с пользователем при помощи специального высокочастотного модема (от 4 кГц до 1 МГц). Такая организация цифровой связи получила название DSL (Digital Subscriber Line). Суть ее состоит в использовании уже имеющейся разводки телефонных линий, причем, что замечательно, эти линии могут по-прежнему использоваться для обычной телефонной связи - голос и данные передаются по одному кабелю, но в разных частотных диапазонах, и не мешают друг другу.

Как и в протоколе v.90, пропускная способность линии асимметрично делится между восходящим (от абонента) и нисходящим (к абоненту) потоками данных. Поэтому данную версию DSL (а существуют и другие) обозначают ADSL (Asymmetric DSL). Впрочем, это соответствует типичным нагрузкам, создаваемым пользователями Интернета.

К сожалению, не всякую телефонную линию можно использовать для предоставления услуг DSL. Для этого линия должна быть безупречного качества. Незначительные для целей передачи голоса дефекты проводки могут сделать линию непригодной для DSL. Поэтому при установке оборудования DSL специалистам порой приходится по очереди перебирать несколько линий, пока не найдется достаточно качественная. Но когда она нашлась, скорость связи ограничивается только договором с провайдером и установленным оборудованием.

Именно DSL является наиболее перспективным путем развития быстрого доступа в Интернет у нас в стране. Главная причина этого в том, что внедрение DSL не требует прокладки новых линий и поэтому не связано с большими капитальными затратами.

Однако DSL - не единственная технология, развиваемая с опорой на уже существующие кабельные сети...

### Кабельные модемы

Другой способ обеспечить быстрый доступ в Интернет без прокладки новых проводов - воспользоваться уже имеющимися сетями кабельного телевидения. Для этих целей служат кабельные модемы, предназначенные для работы на коаксиальном кабеле CATV. Поскольку сети кабельного телевидения проложены в основном в жилых районах, кабельные модемы в первую очередь предназначены для подключения домашних пользователей.

Прием данных осуществляется обычно на одном из телевизионных каналов в диапазоне 42 - 750 МГц, а передача - в диапазоне 5 - 42 МГц. Транспортным протоколом, как правило, служит IP или ATM, а подключение к персональному компьютеру производится через интерфейс 10Base-T (сетевая карта Ethernet).

Существуют две основные технологии кабельных модемов - TELCO-Return и HFC (Hybrid Fiber Coaxial). Технология TELCO-Return требует минимальных доработок в инфраструктуре оператора кабельного телевидения и вообще не затрагивает кабельное хозяйство. Однако она обеспечивает только одностороннюю передачу интернет-трафика - от провайдера к пользователю. Для организации обратного канала понадобится пользоваться услугами обычного Интернет-провайдера. Технология HFC требует прокладки комбинированного оптокоаксиального кабеля, но зато обеспечивает надежное высокоскоростное двунаправленное соединение. Кабельные модемы - пока еще экзотические системы передачи данных на российском рынке. В районах новостроек HFC можно проложить достаточно просто. В случае реализации данной технологии пользователь сразу получает телевизор, телефон и Интернет. Прием данных осуществляется на скоростях порядка 10 Mбит/с, а передача - на 2,5 Mбит/с. Мощности такого канала вполне могут обеспечить Интернет-телефонию, видеоконференции в реальном времени, получение телепередач по WWW и т. п.

## Подключение по выделенным линиям

К сожалению, воспользоваться готовым кабельным хозяйством удается не всегда. В таком случае для подключения к Интернету понадобится отдельная (выделенная) линия. В простейшем случае это пара проводов ("медь"), на концах которых стоят специальные модемы для выделенных линий. Для установления соединения этим модемам не требуется набирать номер - они всегда соединены друг с другом. Но зато им нужно посылать в линию достаточно мощный сигнал, поскольку на его пути нет усилителей. Это требование, а также высокая стоимость ограничивает протяженность выделенных линий несколькими километрами.

В последнее время для выделенных линий все чаще используется тот же протокол DSL, что и на абонентских линиях. Чем, в конце концов, провода абонентской линии, идущие к АТС, хуже отдельно проложенной линии? Оконечное оборудование, впрочем, в этих случаях несколько отличается. В частности, DSL-модемы для выделенных линий (HDSL) поддерживают симметричный трафик (то есть скорость передачи в обоих направлениях одинакова).

### ISDN

С сетями ISDN (Integrated Service Data Network) связано много недоразумений. Многие отождествляют ISDN с выделенной линией. В действительности - это самостоятельная цифровая сеть с коммутацией каналов, для подключения к которой действительно понадобится прокладка специальной линии. В этой сети есть свои номера, свои коммутаторы, но архитектура здесь цифровая, а не аналоговая, как в обычной телефонной сети. Абонентское окончание содержит несколько цифровых каналов по 64 Кбит/с. В минимальном варианте (ISDN BRI) их два, в полном (ISDN PRI) - 30 (то есть почти 2 Мбит/с). Дополнительно предоставляется канал для управления сервисом.

Путаница с выделенной линией возникает из-за того, что для подключения по ISDN обычно действительно нужно проложить новую физическую линию, причем соединение с провайдером по этой линии обычно устанавливается автоматически. Разница, однако, состоит в том, что эта линия соединяет вас не с Интернет-провайдером, а с сетью ISDN, к которой присоединен также и ваш провайдер. При необходимости вы можете заключить договор с другим провайдером, и вам не понадобится создавать новую выделенную линию, достаточно будет только перенаправить соединение в сети ISDN - грубо говоря, набрать другой номер.

И еще одно преимущество - вы можете использовать каналы ISDN не только для передачи интернет-трафика. Каждый канал ISDN, если вывести его на офисную мини-АТС, может поддержать несколько обычных аналоговых телефонных разговоров. Причем, используя современное оконечное оборудование, вы можете задействовать в каждый момент ровно столько каналов, сколь требуется, что позволяет в некоторых случаях заметно снизить затраты, а при необходимости - получать пропускную способность до 2 Мбит/с. Единственное, пожалуй, неудобство - это недостаточная гибкость ISDN в части объема предоставляемого сервиса. Минимальная порция емкости канала - 64 Кбит/с. Для небольших организаций это может быть слишком много.

Но на такой случай есть технология Frame Relay.

### Frame Relay

Это тоже самостоятельная сеть, поддерживающая виртуальные каналы передачи данных, однако значительно более гибкая, чем ISDN. В частности, в ней нет жесткой нарезки емкости канала порциями по 64 Кбит/с. Технологическое превосходство сети Frame Relay (FR) объясняется тем, что в ее основу положена сеть с маршрутизацией пакетов (здесь они называются фреймами), а не с коммутацией каналов, как в ISDN. Виртуальные каналы FR реализуются поверх этой базовой сети подобно тому, как TCP-соединения реализуются поверх протокола IP. Но, в отличие от протокола IP, при маршрутизации пакетов FR строго соблюдаются квоты трафика, выделенные каждому виртуальному каналу. Вы можете организовать столько постоянных виртуальных соединений, сколько вам нужно, и для каждого задать необходимую минимальную пропускную способность. Это является принципиально важным моментом. Все мы постоянно сталкиваемся с тем, что скорость реальной передачи данных через Интернет оказывается значительно ниже той, которую обещает провайдер. И при этом провайдер далеко не всегда в этом виноват - он ведь и сам пользуется услугами операторов передачи данных более высокого уровня. А в Интернете (то есть в протоколе TCP/IP) нет средств, гарантирующих обеспечение определенного качества обслуживания (QoS, Quailty of Service).

Сеть Frame Relay такие гарантии предоставляет и при этом не допускает непроизводительного простоя резервных мощностей - пока один канал не использует свою квоту трафика, другой может пользоваться ею сверх своей квоты. Но, естественно, только при связи между абонентами сети. Например, соединив два офиса каналом FR с минимальной скоростью 16 Кбит/с, вы можете быть уверены, что эта скорость будет обеспечена при любых обстоятельствах. А в те периоды, когда сеть FR не загружена, вы можете получить и заметно большую скорость. Ограничения связаны только с мощностью физического канала, которым вы соединены с сетью. Единственное, в чем сети FR пока еще уступают ISDN, - в них пока не поддерживается коммутация каналов, то есть все виртуальные каналы конфигурируются статически при настройке. Впрочем, в скором времени ожидается появление и этой возможности.

## Большие масштабы

Таковы на сегодня основные возможности, используемые для проводного подключения к Интернету индивидуальных пользователей, а также малых и средних предприятий. Везде говорилось о подключении к Сети (с большой буквы), неявно подразумевая, что коли уж клиент подключился по хорошему каналу, то дело в шляпе. К сожалению, даже самое хорошее подключение не защитит от сбоев и перегрузок магистральной структуры Интернета. Поэтому будет полезно и любопытно хотя бы очень бегло познакомиться с некоторыми технологиями связи, используемыми на магистральных каналах Интернета. Тем более что, например, технология ATM постепенно придвигается все ближе к пользователям.

### ATM

Технология ATM (Asynchronous Transfer Mode) явилась ответом на вызов, брошенный взрывным ростом трафика в Интернете. Оказалось, что маршрутизация IP-пакетов слишком трудоемкая процедура, и она становится узким местом в ядре Всемирной Сети. Главная причина этого состоит в том, что каждый IP-пакет независимо обрабатывается на каждом из транзитных узлов сети, и на каждом программы должны разобрать его заголовок, проверить целостность и, основываясь на адресе назначения, принять решение, куда направить данный конкретный пакет. Кроме того, IP-пакеты имеют переменную длину, а это вызывает дополнительные задержки - пакет нельзя передавать дальше, пока он целиком не получен и не обработан транзитным узлом. Чтобы разгрузить узлы и упростить маршрутизацию трафика и был предложен стандарт ATM. Суть его состоит в том, что любые данные - будь это IP-пакеты или оцифрованный голос телефонного разговора - передаются одинаковыми ячейками, содержащими каждая всего 48 байт данных плюс 5 байтов заголовка. Благодаря тому, что все ячейки имеют одинаковый небольшой размер, значительно ускоряется их обработка в узлах ATM-сети. Кроме того, в узлах не выполняется индивидуальная маршрутизация ячеек. Вместо этого в сети заранее прокладывается маршрут передачи данных (виртуальное соединение), а его номер помещается в заголовок каждой ячейки. Все транзитные узлы заранее определяют, куда направлять ячейки, следующие по данному маршруту, и тем самым маршрутизатор ATM освобождается от трудоемкой операции принятия решения о дальнейшем пути пакета данных. И еще одна безусловная польза от фиксированного размера ячеек - простота разделения канала между многими виртуальными соединениями, требующими разной пропускной способности. Достаточно просто выделить каждому соединению определенную квоту ячеек в общем потоке, и задача обеспечения качества обслуживания будет решена.

Все эти особенности делают ATM одной из самых перспективных технологий связи. Некоторые аналитики прогнозируют, что в недалеком будущем практически весь трафик Интернета, начиная от уровня провайдеров, а порой даже от серверов предприятий, будет передаваться по протоколу ATM. И надо сказать, такие прогнозы выглядят весьма убедительно. Единственное, что сдерживает пока повсеместное распространение ATM, - это достаточно высокая сложность и, как следствие, стоимость оборудования.

### SDH/SONET

И все же ATM - это протокол передачи данных. Подобно IP, он почти не зависит от природы физических линий связи, но на практике передача ATM обычно идет по оптоволоконным каналам. Передача информации по оптоволоконному кабелю осуществляется с помощью лазера. Лазерное излучение, как известно, имеет строго фиксированную длину волны и за счет этого способно почти без искажений передавать сигнал на расстояние до нескольких сотен километров. Если требуется большее расстояние, то на линии устанавливается повторитель сигнала. Именно такие линии позволили достичь скорости 10 Гбит/с, которая характерна сегодня для магистральных, в том числе межконтинентальных каналов. Эти технологии, разработанные, соответственно, в Европе и в Америке, получили название SDH/SONET.

На сегодня резервы роста у этих технологий практически исчерпаны. При повышении скорости передачи сигнал начинает заметно размываться, и приходится либо чаще ставить повторители, либо непомерно повышать требования к качеству оптоволокна.

### DWDM

И все же есть путь, позволяющий значительно повысить пропускную способность оптоволоконных линий. Этот путь чем-то отдаленно напоминает использование телефонной линии в протоколе ADSL для одновременной передачи голоса и данных в разных частотных диапазонах. В самом деле, ничто не мешает, используя лазеры с разной длиной волны, создать в одном оптическом волокне десятки и даже сотни каналов, сопоставимых по пропускной способности с технологиями SDH/SONET. Этот подход получил название DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing, уплотненное мультиплексирование по длинам волн).

В самой идее мультиплексирования, то есть объединения в одном волокне нескольких каналов, нет ничего принципиально нового. Однако создание оборудования, способного это осуществить, стало возможно только в самые последние годы. На настоящий момент технология DWDM только что вышла из лабораторий. По информации фирмы Nortel самые быстрые оптические линии в мире в настоящее время имеют скорость 80 Гбит/с, но уже в ближайшие годы скорость передачи по магистральным оптоволоконным линиям станет измеряться терабитами в секунду. Такая производительность заметно превышает реальные потребности современного Интернета. Так что если еще несколько лет назад узким местом глобальной сети были именно межконтинентальные линии связи, то теперь прогресс тормозят уже местные сети доступа к сетевой инфраструктуре. Однако и здесь, похоже, уже намечается большой прорыв, причем в направлении, которое всего несколько лет назад еще не казалось перспективным. Речь идет, конечно, о технологиях беспроводного доступа.

# Беспроводная связь

## Стационарный доступ

Начну рассмотрение стационарных систем с технологий, использующих спутниковые каналы передачи данных, поскольку из всех беспроводных систем передачи данных они ближе других стоят к рассмотренным выше технологиям проводного доступа.

### DBS/DTH

Сегодня на рынке телекоммуникационных услуг предоставляется достаточно много различных сервисов с использованием спутниковой связи. Один из них, DBS/DTH (Direct Broadcast Satellite/Direct-To-Home) – самый простой и доступный широкому кругу пользователей. В чем его суть? Разберем на примере услуг, предоставляемых компанией «НТВ Интернет». Вы покупаете спутниковую тарелку НТВ+ с DVB-картой – специальной платой, устанавливаемой в PCI-слот настольного компьютера. И сразу можете наслаждаться доступом в Интернет на скорости 365 Кбит/с, но... канал будет односторонним. Для того чтобы полноценно пользоваться Интернетом, понадобится подключаться по обычному (например, модемному) каналу к местному провайдеру. Вы устанавливаете с ним соединение, посылаете запрос, а в ответ получаете данные уже по скоростному спутниковому каналу. Это может показаться не слишком удобным, но вполне оправдано в ряде случаев. Вы сможете получать большие объемы разнообразной мультимедийной информации, которые трудно прокачать даже через DSL-соединение. К тому же при наличии ресивера или специальной платы ViAccess вы сможете также смотреть обычные спутниковые телепередачи.

Что же касается стоимости, то она (включая оплату услуг местного провайдера) не намного больше тарифа за минимальный доступ по ADSL. При этом на услугах провайдера можно заметно сэкономить, если активно пользоваться push-службами, умеющими передавать вам заказанную информацию по одностороннему каналу связи.

Конечно, «НТВ Интернет» – не единственная система такого рода. Есть, например, система DirecPC, выпускаемая фирмой Hughes Network System. Она также обеспечивает прием на территории России со скоростью 400 Кбит/с, правда, абонентская плата в этом случае выше и определяется количеством реально переданной информации.

### Спутниковые каналы VSAT

Компания «Санкт-Петербургский Телепорт» вводит в действие спутниковую сеть на базе стандарта VSAT (Very Small Aperture Terminal). VSAT представляет собой звездообразную сеть со станцией управления доступом (ACS – Access Control Station) в центре звезды и космическим сегментом, организованным на базе спутника. С точки зрения передаваемого трафика, VSAT является полносвязной сетью, в которой трафик передается прямо между терминалами. Кроме того, группу терминалов можно организовать в виде звездообразной сети, где потоки трафика переносятся между малыми терминалами и большим терминалом, располагающимся в центре звезды.

В Ленинградской области установлено оборудование центральной станции и система управления сетью, а также другое оборудование спутниковой связи. Все это оборудование обслуживается антенной диаметром 7,3 м. Вся сеть VSAT будет состоять из трех подсетей, а именно: сеть Министерства путей сообщения, сеть северо-западного региона и сеть индивидуальных пользователей. Индивидуальным пользователям станции VSAT (оборудованные антеннами диаметром 2,4 м, а при необходимости и 3,7 м) предоставляются в аренду или в собственность, обеспечиваются также их монтаж и ввод в эксплуатацию. Эта система обеспечивает передачу данных со скоростью до 2048 Кбит/с и передачу TV-информации стандарта MPEG-2 со скоростью от 1,5 до 10 Мбит/с.

### Radio-Ethernet (стандарт 802.11)

Radio-Ethernet поможет, когда необходима сеть, а прокладка кабеля невозможна, или когда сеть необходимо разворачивать очень оперативно (например, временная сеть на выставке). В этих случаях он оставляет далеко позади своего конкурента, кабельный Ethernet.

В 1997 году после семи лет работы IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) ратифицировал стандарт 802.11, который содержит спецификации для локальных беспроводных сетей в диапазоне частот 2,4 ГГц. Стандарт описывает три отдельных технологии. Одна из них использует для связи инфракрасный канал и, как следствие, требует прямой видимости и слабо защищена от помех. Технология прямой модуляции (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) не требует прямой видимости, но, к сожалению, не может применяться в Европе и в России, так как использует тот же диапазон частот, что и сотовые телефоны GSM (915 МГц). Фактически, интерес представляет только широкополосная технология с псевдослучайным выбором частот (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS), работающая в диапазоне от 2,4 до 2,4835 ГГц и обеспечивающая скорость 4 Мбит/с. В настоящее время IEEE занимается разработкой стандарта с поддержкой более высоких скоростей передачи.

Передающие антенны для Radio-Ethernet могут быть как направленными (тарелки), так и всенаправленными. Это позволяет строить сети различной топологии: точка–точка, звезда, каждый с каждым. Радиодоступ к Интернет-провайдеру может быть привлекательным для небольших динамичных фирм, поскольку время на организацию кабельного доступа может оказаться сопоставимым со временем работы фирмы на ее нынешней площадке. В то же время, для организации радиодоступа достаточно установить антенну и настроить оборудование, при условии, конечно, прямой видимости антенны провайдера.

А что делать, если прямой видимости нет? В этом случае рассчитывать на высокоскоростное соединение с Интернетом пока не приходится, но, по крайней мере, почту вы просматривать сможете, если воспользуетесь услугами передачи данных от операторов мобильной связи.

### NMT-450i

В ранних системах мобильной связи использовались аналоговые технологии. Это значит, что голос непосредственно использовался для модуляции несущей частоты. Такой способ не слишком подходит для передачи данных, поскольку уровень помех при этом заметно выше, чем в обычной телефонной линии. Тем не менее, при острой необходимости и такой связью можно воспользоваться для обычного модемного соединения. Журналом «Мир Internet» были опубликованы результаты тестирования мобильного доступа к Интернету. В частности, было опробовано оборудование компании «Дельта Телеком», работающее по стандарту NMT-450i (рабочие частоты 453–457,5 и 463–467,5 МГц). В целом, результаты оставляли желать лучшего: при тщательном подборе оборудования и принудительном запрете переключения между сотами удалось довести длительность соединения до 15 минут при довольно высокой скорости (около 19 200 Кбит/с). Этого достаточно для периодического подключения к корпоративной сети одиночного удаленного пользователя, например, с целью получения электронной почты.

И все же будущее мобильной связи – за цифровыми технологиями.

### GSM

Разрабатывать этот стандарт цифровой сотовой связи начала в 1985 году группа Group Special Mobile (GSM). Теперь, когда системы на базе стандарта GSM занимают лидирующие позиции в мире как по площади покрытия, так и по числу абонентов, GSM стали расшифровывать как Global System for Mobile communications.

Главное отличие GSM от аналоговых предшественников состоит в том, что голос по радиоканалу (890–915 и 935–960 МГц) передается в оцифрованном виде. Это значительно повышает помехоустойчивость связи и делает ее гораздо более приспособленной для передачи данных. Для связи телефона GSM с компьютером не требуется модем. Цифровые данные, поступающие с компьютера, непосредственно транслируются в эфир, не повергаясь лишним цифроаналоговым преобразованиям. Скорость передачи данных, поддерживаемая стандартом GSM, составляет 9600 бит/с. Это, конечно, не слишком быстро, но зато соединение вполне устойчиво держится при перемещении из одной соты в другую, даже если вы перемещаетесь быстро (например, едете в машине).

На сегодня в России GSM – это лучшее, что можно предложить пользователю, нуждающемуся в мобильном доступе к Интернету. Лучшее, но определенно недостаточное.

### GPRS

В ближайшей перспективе ожидается кардинальное улучшение положения благодаря внедрению службы General Packet Radio Services (GPRS, общая служба пакетной передачи данных по радиоканалу). GPRS представляет собой новую систему пакетной передачи данных для стандарта GSM. Важно, что для ее запуска от оператора сети GSM не потребуется значительных усилий по модернизации инфраструктуры основной сети.

GPRS – это протокол пакетной передачи данных, теоретически достижимая скорость которого составляет 171,2 Кбит/с, хотя в ближайшее время вряд ли стоит ожидать достижения скоростей более 111 Кбит/с. Но даже эта скорость способна в корне перевернуть наши представления о мобильной связи, ведь она в несколько раз выше той, которую можно получить по обычной телефонной линии с использованием модема. Не всякий офис, подключенный к Интернету по выделенной линии, имеет такой канал. Очень характерная особенность GPRS состоит в том, что, будучи службой коммутации пакетов, она не использует понятие соединения. Мобильный абонент в любой момент может принять или отправить пакет, при этом оплата взимается не повременно, а за объем трафика. Первые коммерческие службы GPRS были запущены в мире еще в 2000 году. Однако, несмотря на такие потрясающие возможности, GPRS отпущен не слишком долгий век. На смену ей идут технологии следующего поколения.

### CDMA, IS-95

CDMA (Code Division Multiple Access) – полностью цифровая технология мобильной связи, использующая пакетную передачу данных в диапазонах частот 824 – 849 и 874 – 899 МГц. CDMA – хороший пример того, что все новое – это хорошо забытое старое. Ее теоретическая база возникла еще в 30-е годы. После войны она использовалась в военных системах связи как у нас, так и в США, и вот теперь нашла гражданское применение. Ключевая особенность CDMA состоит в способе разделения канала связи между абонентами и базовой станцией соты, что и нашло отражение в его названии. Этот способ значительно экономнее других стандартов использует радиочастотные ресурсы и, как следствие, может поддерживать большую плотность абонентов. Первые сети CDMA уже появились в России. Однако государственная политика в области средств связи пока направлена на сдерживание их развития. В течение нескольких лет лицензии на создание сетей CDMA вообще не выдавались, уже сейчас они выдаются, но со странным ограничением – без права использования мобильными абонентами. Этим не допускается полноценная конкуренция сетей CDMA с другими сетями мобильной связи, поддерживающими связь в движении.

Техническая реализация CDMA определена стандартом IS-95. Из интересных особенностей можно отметить использование для синхронизации станций сигналов спутников глобальной системы позиционирования (GPS). Одно из его главных достоинств – за счет пакетного режима передачи данных можно одновременно поддерживать телефонный разговор и передачу данных для работы в Интернете. Правда, IS-95 обеспечивает скорость доступа лишь 14,4 Кбит/с, что значительно меньше, чем GRPS, однако это лишь первый шаг в линейке более производительных стандартов.

### CDMA2000

Дальнейшим развитием технологии CDMA являются стандарты CDMA2000 и W-CDMA. CDMA2000 – стандарт, основанный на IS-95. Фактически, он является переходным стандартом и будет впоследствии заменен на W-CDMA. Основная его задача – расширение существующих сетей CDMA и обеспечение, таким образом, плавного перехода к сетям третьего поколения.

Внедрение CDMA2000 предусматривает две фазы – 1Х и 3Х. Спецификация фазы 1Х готова и опубликована Ассоциацией телекоммуникационной промышленности (Telecommunications Industry Association, TIA). Она должна обеспечить скорость передачи данных до 144 Кбит/с. Подготовка спецификации фазы 3Х со скоростями до 2 Мбит/с находится в завершающей фазе.

### UMTS, W-CDMA

Европейский институт по стандартам в области электросвязи (ETSI, European Telecommunications Standard Institute) уже принял стратегическое решение, регламентирующее основные направления развития нового стандарта на радиоинтерфейс для европейских систем подвижной связи третьего поколения (UMTS, Universal Mobile Telephone Service). Этот стандарт получил название UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access). В основе нового стандарта лежат следующие технологии радиодоступа: Wideband CDMA (W-CDMA) и TD/CDMA. Предполагается, что итоговая спецификация будет поддерживать глобальный роуминг, высокоскоростную передачу данных, в том числе передачу видеоматериалов стандартного качества и др. Перспективы этого проекта можно оценить уже на основе того факта, что для передачи данных между узлами W-CDMA будет применяться технология АТМ, причем коммутаторы АТМ будут входить в состав узлов.

Испытания экспериментальной системы W-CDMA успешно прошли в Японии. А в корпорации NEC уже разработан мобильный телефон IMT-2000 стандарта W-CDMA. Пока он существует только в виде прототипа и представляет собой комбинацию мобильного телефона и визуального блока. По заявлению NEC, этот телефон оптимально подходит для работы в новых беспроводных сетях третьего поколения. Он может осуществлять обмен информацией в мобильных сетях со скоростью 384 Кбит/с и в фиксированных сетях со скоростью 2 Мбит/с. Визуальный блок состоит из небольшой ПЗС-камеры, микрофона и двухдюймового ЖК-дисплея. В блоке для сжатия звука и видео используется технология MPEG-4 Audio/CELP.

## Спутниковая телефония

Следующее по масштабам направление после различных систем сотовой связи – спутниковая связь. Главным преимуществом мобильной спутниковой связи является глобальный роуминг. Где бы вы ни находились, вы всегда на связи. Главная же проблема спутниковой связи – задержка, связанная с большим расстоянием, которое проходит сигнал. Эту проблему удается решить запуском группировки низколетящих спутников, что обходится очень дорого. В составе провалившегося проекта Iridium было 66 спутников, которые в ближайшее время начнут сводить с орбит. Причиной провала стала непомерно высокая цена как на сами аппараты, так и на услуги связи. Но свято место пусто не бывает. Уже появилась новая система – Globalstar. Ее услуги обходятся заметно дешевле, но она имеет меньшую орбитальную группировку – 48 спутников и обеспечивает зону покрытия только в пределах до 70 широты. Снизить расходы на спутниковую связь позволяет ее интеграция с GSM. Как только абонент попадает в зону приема GSM, телефон автоматически переключается на нее. Возможности передачи данных у этих систем примерно такие же, как у GSM. Есть возможность получать короткие текстовые сообщения (в том числе по электронной почте), но скорость передачи данных невысока – всего 2400 бит/с, что, впрочем, компенсируется возможностью доступа почти в любом уголке Земли.

### DECT

Однако вернемся с орбиты и из дальних путешествий. На противоположном конце спектра мобильной телефонии находится стандарт микросотовой связи DECT (Digital European Cordless Telecommunications). Он предназначен для обеспечения мобильной связью сотрудников предприятия на его территории. Широко распространенные бытовые радиотелефоны не слишком удобны в большой фирме, поскольку перестают работать вдали от своей базы. Пользоваться же услугами сетей GSM для внутрипроизводственных целей дорого. Стандарт DECT позволяет охватить всю территорию учреждения или промышленного предприятия единой микросотовой сетью. При этом микросоты DECT имеют далеко не микроскопический размер. В условиях прямой видимости диаметр соты может достигать 5 км. Еще одно преимущество DECT – совместимость с ISDN. Если соединить между собой удаленные базовые станции DECT, то два разнесенных офиса получат единое микросотовое пространство. Очень важное достоинство DECT – его способность поддерживать значительно большую плотность абонентов, чем это возможно в сетях GSM и даже CDMA. Для удобства пользователей выпускаются телефоны, поддерживающие и GSM, и DECT. Как только абонент выходит из зоны обслуживания системы на базе DECT, радиотелефон автоматически переключается в стандарт GSM.

Наиболее активно решения на базе DECT продвигает компания Alcatel. И хотя DECT прежде всего ориентирован на телефонию, он может представлять интерес для заказчиков, которые помимо телефонии испытывают потребность в мобильной передаче данных.

### FLEX/POCSAG

Немного особняком от всех рассмотренных протоколов стоит разработанный фирмой Motorola протокол пейджинговой связи FLEX, обеспечивающий как прием, так и передачу данных. Основным достоинством этого протокола является относительно высокая скорость передачи данных – 1600, 3200 и 6400 бит/сек (что существенно выше, чем у старого протокола POCSAG, который, в частности, очень распространен в России). Протокол FLEX открывает дополнительные возможности для пейджеров, которые в ближайшее время превратятся в многофункциональные устройства связи, способные получать и отправлять голосовые и факсимильные сообщения, передавать данные, осуществлять финансовые операции. А если учитывать возможность интеграции пейджеров с мобильными компьютерами (например, с палмтопами), то этот протокол может представлять большой интерес для корпоративных пользователей, ориентированных в основном на одностороннюю передачу данных.

### VoIP

Обычные телефонные сети основаны на принципе коммутации каналов. Это означает, что при телефонном вызове на узлах связи по пути от одного абонента к другому производится операция коммутации, в результате которой между абонентами временно формируется прямой канал передачи данных. Причем, на всех участках пути для этого канала на время его существования резервируются передающие мощности, которые неизбежно часть времени простаивают, поскольку в любом разговоре довольно много времени приходится на паузы.

При подключении к коммутируемой телефонной сети группы абонентов – будь то дом или офис – для них резервируется определенное количество линий, которое ограничивает число одновременно ведущихся разговоров. Если по этим линиям передавать не аналоговый голосовой сигнал, а сжатый оцифрованный звук, то количество одновременных разговоров увеличивается в 3-4 раза. Этот результат легко получить из тех соображений, что по обычной телефонной линии можно передавать данные со скоростью до 33,6 Кбит/с, а для передачи голоса с приемлемым качеством достаточно пропускной способности 8 Кбит/с. Основные технические проблемы, которые приходится решать авторам таких программ, связаны с пакетной организацией передачи информации через Интернет и отсутствием гарантированного времени доставки отдельных пакетов. Не первый взгляд кажется, что для передачи голосового трафика удобнее всего использовать протокол TCP, гарантирующий доставку информации. Однако на практике это невозможно, поскольку этот протокол в случае задержки приема одного пакета будет его ждать и не станет обрабатывать следующие. В результате в передаче голоса возникнут задержки и разрывы. Поэтому современные алгоритмы голосовой связи работают на основе протоколов более низкого уровня – IP и UDP. При этом информацию о звучании в течение нескольких долей секунды стараются «размазать» по нескольким смежным пакетам. Если какой-то пакет опаздывает, то он просто игнорируется, и если потери не становятся массовыми, это лишь незначительно сказывается на качестве звукопередачи.

Эти принципы положены в основу стандарта Н.323, определяющего передачу видео и аудио по сетям с негарантированным качеством услуг, таким как Ethernet и IP. Этот протокол поддерживается Международным консорциум по мультимедийным конференциям (International Multimedia Teleconferencing Consortium, IMTC), в состав которого входит форум VoIP (Voice over IP), объединяющий группу из 40 производителей, среди которых Cisco, Microsoft, Nortel, Nuera, VocalTec и VoxWare. Протокол Н.323 описывает аудио- и видеокодеки (кодеры/декодеры), коммуникационные протоколы и синхронизацию пакетов. Первоначально стандарт предназначался для рынка видеоконференций в качестве альтернативы ISDN. О своей поддержке Н.323 заявляет все больше компаний.

Собственно, в голосовом общении через Интернет нет ничего принципиально нового. Соответствующие программы для ПК появились уже несколько лет назад. Однако для пользования ими у обоих абонентов должны стоять полностью оснащенные мультимедийные компьютеры, причем с одинаковыми программами передачи голоса. Это нетрудно обеспечить любителям, но не годится для бизнес-коммуникаций. Поэтому главная задача, стоящая на повестке дня перед IP-телефонией, – интеграция с обычными телефонными сетями. Именно эту задачу и призваны решить протоколы H.323 и связанный с ним протокол телефонной сигнализации. Последний определяет взаимодействие между собой программно-аппаратных шлюзов, отвечающих за то, чтобы голосовой трафик, передаваемый по цифровым IP-сетям, мог поступать на обычные телефонные аппараты. К сожалению, на настоящий момент шлюзы и клиентское программное обеспечение являются по большей части нестандартными. Если оба компонента не представлены одной компанией, то, скорее всего, вы не сможете использовать IP-телефонию для звонка другому абоненту.

Тем не менее, уже сегодня для ПК производятся специализированные платы шлюза «речь–IP–сеть». Цифровой сигнальный процессор (DSP) такой платы реализует алгоритм сжатия речи (CODEC) по протоколу G.721 или G.729 с задержкой речевого сигнала не более 55 мс. Стоимость таких плат колеблется в районе $300–400.

# Заключение

С момента возникновения самых первых технологий связи перед людьми всегда стояла дилемма: что предпочесть - передачу сообщений (пакетов) или установление соединений (каналов). У каждого способа есть достоинства и недостатки. Сама природа электротехники подвигает к канальной технологии (помните, "электроника - наука о контактах"). Поэтому первые телефонные сети были построены на коммутации каналов - сначала механической, позднее электронной. Однако в цифровой технике гораздо естественнее и проще реализуются пакетные технологии, работающие по принципу "выстрелил и забыл". Каналы способны обеспечить такие важные свойства, как непрерывность и последовательность приема-передачи информации, а также гарантировать определенный уровень качества связи. В то же время, пакетная передача данных значительно экономичнее, так как не занимает приемопередающие мощности в период, когда нет данных для передачи.

Решить эту дилемму в пользу одного из подходов совершенно невозможно. Положение спасает взаимная дополнительность пакетной и канальной коммутации. Пакеты могут передаваться по надлежащим образом скоммутированным каналам. Например, IP-пакеты передаются по модемному соединению, а ячейки ATM - по оптоволокну. Тем самым базе канальной архитектуры строится пакетная. Обратные примеры - TCP-соединения, реализуемые за счет надлежащего управления IP-пакетами, виртуальные каналы Frame Relay или ATM, реализуемые путем маршрутизации кадров или ячеек.

В современных сетях повсеместно встречается ситуация, когда пакеты или потоки данных одного протокола передаются с помощью каналов или пакетов другого протокола. Порой, если пристально вглядеться, можно легко насчитать десяток, если не больше уровней вложения протоколов. Все это, конечно, приводит к росту сложности сетей и передаче большого количества вспомогательной ("протокольной") информации, однако вместе с тем каждый протокол обеспечивает те или иные важные в конкретных условиях характеристики процесса передачи данных - скорость, надежность, экономичность, совместимость.

Выбор оптимальной конфигурации протоколов при нынешнем их разнообразии представляет собой чрезвычайно сложную задачу. Нередко для ее решения необходимо участие специальных консалтинговых фирм и фирм-интеграторов. Ситуация еще более осложняется тем, что часть информации о свойствах протоколов и реализующего их оборудования не разглашается фирмами-поставщиками. Именно поэтому столь пристальное внимание уделяется в последнее время открытости технологий.

# Определения и термины

*Протокол* - стандарт, детально описывающий правила взаимодействия устройств или программ в процессе коммуникации между ними. Нередко протоколом называют также программное обеспечение, реализующее такой стандарт.

*Прозрачность* - свойство среды передачи данных (например, сети), позволяющее взаимодействующим сторонам не принимать во внимание детали технического устройства этой среды. Достаточно, чтобы обе стороны соблюдали единый протокол передачи данных, а среда поддерживала этот протокол.

*Маршрутизация пакетов* - процедура, выполняемая на узле сети (маршрутизаторе), в ходе которой он принимает решение, по какому из присоединенных к нему каналов связи направить поступивший транзитный пакет.

*Коммутация каналов* - процедура, выполняемая на узле сети (коммутаторе), в ходе которой устанавливается соединение между двумя каналами связи из числа подключенных к коммутатору.

*Мультиплексирование* - процедура, выполняемая на узле сети (коммутаторе), в ходе которой несколько потоков данных объединяются в один. Обратная процедура - демультиплексирование.

*Шлюз* - маршрутизатор или коммутатор, способный работать с разными протоколами и выполняющий преобразование от одного к другому.

# Список литературы и Internet-ресурсов

## Литература

Журнал «Мир Internet» #10 (49) октябрь 2000

Журнал «Мир Internet» #11 (50) ноябрь 2000

## Internet-ресурсы

www.iworld.ru – Сайт журнала «Мир Internet»

www.3dnews.ru – Daily Digital Digest

www.3com.ru – Русскоязычный сайт компании 3Com

www.srcc.msu.su – Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ

www.bilim.com – Russian Networking Company BiLiM Systems Ltd. (St. Petersburg)

www.citforum.ru – Море(!) аналитической информации

www.wiznet.ru – Компания WIZARD сетевое и телекоммуникационное оборудование, компьютеры и оргтехника.

www.spb-teleport.ru – ЗАО "Санкт-Петербургский ТЕЛЕПОРТ"

www.deltatelecom.ru – DELTA TELECOM

www.sotovik.ru – СОТОВИК. Сотовая связь. Телекоммуникации. База данных. Новости. Аналитика.

www.vestnik-sviazy.ru – Журнал Вестник связи

www.globalstar.com – GSTRF, Globalstar Global Wireless Satellite Telecommunications Provider

www.terranet.ru – TerraNet - системный и сетевой интегратор

www.tms.ru – Техномаркет-С

www.aist.net.ru – Телефонная компания АИСТ