

КАБЕЛЬНЫЕ МОДЕМЫ: ТЕХНОЛОГИЯ И ЕЁ КОММЕРЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Песков С.Н., зам.директора по науке ГС "Полус-С", к.т.н.

Аннотация - Рассмотрены основные принципы технологии кабельных модемов, позволяющей в системах аналогового кабельного телевидения вести совместную двустороннюю передачу цифровых сигналов (Интернета, IP-телефонии и других данных). Затрагиваются также такие вопросы, как использование стандартного телевизионного оборудования, устройство и особенности функционирования кабельного модема, спецификации и протоколы кабельной модемной связи. На основании последних данных (по состоянию на конец 2001 года) о состоянии мирового рынка кабельных модемов спрогнозированы коммерческие перспективы технологии.

I. Введение

Сравнительно недавно модемы, обеспечивавшие скорость передачи данных 56,6 Кбит/сек, считались передовой технологией и были основным предметом разговоров в среде пользователей сети Интернет. За прошедшие несколько лет ситуация в корне изменилась, и вышеупомянутые модемы стали, фактически, достоянием прошлого. В настоящее время миллионы пользователей Интернет по всему миру (в особенности в США, Западной Европе и Японии) имеют возможность объективно оценить и выбрать любую из предлагаемых им технологий высокоскоростной связи, спектр которых включает в себя, в частности, спутниковую Интернет-связь, цифровые абонентские линии (ЦАЛ, *англ.* DSL - Digital Subscriber Line) и кабельные модемы. Каждая из этих технологий имеет свои преимущества и свой контингент пользователей.

В США услуги спутниковой Интернет-связи предоставляются сравнительно небольшим числом компаний, и пользователями этой технологии являются, в основном, жители загородных и сельских зон, где услуги наземной связи недоступны. Услуги ЦАЛ предоставляются местными телефонными компаниями, как государственными, так и частными. Услуги кабельной модемной связи предоставляются, чаще всего, операторами кабельного телевидения в городских и пригородных зонах. По приблизительным подсчётам, в мире существует более 20 000 компаний-операторов кабельного телевидения. Компания, комплексно предоставляющая услуги кабельного телевидения и Интернет-связи (а в некоторых случаях - и телефонной связи), называется «мультисистемным оператором» - MCO (*англ.* MSO - Multiple Systems Operator).

Изобретательность веб-дизайнеров, программистов и специалистов по сетевым коммуникациям подняла содержание и оформление веб-страниц на качественно новый уровень: страницы стали несравнимо более сложными, информативными и внешне привлекательными, чем они были ещё каких-то три года назад. Как только пользователь входит в сеть, на экране его компьютера появляется страница Интернет-провайдера (т.н. «портал»), пестрящая рекламными анимационными вставками, выполненными на языке Java, а также в форматах Shockwave и Flash. Компьютер, фактически, превращается в многоцелевой информационно-развлекательный комплекс. Наконец, в Интернет широко используются технологии потокового аудио и видео, представляющие собой непрерывные потоки цифровых данных из сети, «оживающие» на компьютере пользователя в виде звука и движущегося изображения. Подобные видео- и аудио-фрагменты характеризуются вполне приемлемым качеством воспроизведения, полностью соответствующим порогам восприятия человеческого глаза и уха. Хорошим примером тому могут служить видеоклипы с веб-сайтов CNN и BBC. Потоковые музыкальные программы по качеству звучания практически неотличимы от музыкального компакт-диска. Однако все эти заманчивые возможности доступны пользователю лишь при наличии достаточно высокоскоростной Интернет-связи, обеспечить которую способны лишь кабельные модемы и ЦАЛ. Из таблицы¹ видно, сколько времени занимает пересылка из Интернет одного файла размером 10 Мб при использовании различных технологий широкополосной связи.

Таблица 1. Скорость передачи данных, обеспечиваемая различными технологиями Интернет-связи (сравнительная таблица).

Технология Интернет-связи	Максимальная скорость передачи данных	Время пересылки файла размером 10 Мб
Dialup-модем (56,6 Кбит/сек)	53,3 Кбит/сек	30 мин
ISDN-интерфейс базового уровня (BRI-ISDN)	64 Кбит/сек или 128 Кбит/сек (две линии)	21 или 10 мин
Спутниковая связь (DjrectPC)	400 Кбит/сек	3,3 мин
LMDS (многопортовая многоканальная распределительная система)	500 Кбит/сек	2,7 мин
ADSL-модем (асимметричная цифровая абонентская линия)	1.5-9.0Мбит/сек	от 53 до 8,9 сек
Кабельный модем	10-30Мбит/сек	от 8,0 до 2,7 сек

Совершенно очевидно, что не только обычные низкоскоростные модемы, но даже и линии ISDN (*англ.* Integrated Services Digital Network - цифровая сеть связи с комплексными услугами), пользовавшиеся одно время большой популярностью (преимущественно в Западной Европе), по производительности не идут ни в какое сравнение с кабельными модема-ми и асимметричными ЦАЛ (АЦАЛ, *англ.* ADSL - Asymmetric DSL). Разница становится особенно очевидной при потоковой передаче цифрового звука и изображения. Следует отметить тот факт, что пользователи Интернет в последнее время стали гораздо более искушёнными. Они работают в сети намного чаще, чем раньше, и запросы их стали несравнимо более разнообразными. Современного пользователя уже раздражает, когда загрузка веб-страницы длится более чем несколько секунд. Все перечисленные факторы послужили толчком к стремительному развитию т.н. технологий широкополосной связи.

И кабельные модемы, и АЦАЛ способны, используя один канал связи, одновременно обеспечивать обмен данными с Интернет и телефонную связь. Таким образом, абонент может звонить по телефону или принимать входящие звонки, не прерывая работу в сети. В настоящее время АЦАЛ поддерживают не более одного телефонного разговора одновременно с работой в Интернет. Телефонные компании активно рекламируют эту возможность, дабы привлечь максимальное количество потенциальных абонентов АЦАЛ. Эта технология позволяет снизить нагрузку на коммутационное оборудование телефонных компаний. Дело в том, что коммутаторы разрабатываются в расчёте лишь на работу с телефонными разговорами, которые, по статистике, длятся, в среднем, не более 3 минут, в то время как сеанс работы в Интернет может длиться несколько часов, всё это время занимая линию.

Технология кабельной модемной связи, теоретически, может поддерживать несколько телефонных разговоров одновременно. Однако если абонент звонит кому-то, кто не является клиентом того же МСО, что и 'сам абонент, то звонок, дабы достичь адресата, должен быть переадресован в коммутируемую телефонную сеть общего пользования (КТСОП), принадлежащую одной из местных телефонных компаний. Технически это несложно, однако возникают трудности юридического и финансового характера.

На недавних торгах корпорация Comcast Corp. предложила 72 млрд. долларов за право владения сетью кабельного телевидения корпорации AT&T Corp. Данный факт весьма наглядно демонстрирует, насколько важную роль играет кабельное телевидение как в жизни простых американцев, так и в экономике страны. По статистическим данным, опубликованным в газете «Нью-Йорк Тайме» (номер от 21 декабря 2001 года), из приблизительно 102,2 млн. американских семей, имеющих телевизоры, примерно 70,1 млн. являются абонентами сетей кабельного телевидения. Кроме того, миллионы семей, не подключившихся к сетям кабельного телевидения, живут в районах, обслуживаемых операторами КТВ, а следовательно - являются потенциальными абонентами. А каждый абонент кабельного телевидения является, в свою очередь, потенциальным абонентом сети кабельной модемной связи.

II. Инфраструктура кабельного телевидения

На рис.1, вверху, изображена схема стандартной сети кабельного телевидения. Сеть состоит из оптоволоконного и коаксиального трактов, вследствие чего называется «гибридной волоконно-коаксиальной сетью».

Функционирует сеть следующим образом. Геостационарные спутники транслируют программы центрального телевидения, которые принимаются посредством параболических антенн, расположенных по всей стране, в точках, благоприятных для приёма спутникового сигнала. Принимаемый сигнал передаётся на местные распределительные пункты, называемые «головными станциями» (ГС). В зависимости от действующего законодательства, оператор КТВ может иметь лицензию на использование одного или нескольких подобных распределительных пунктов. На ГС сигнал центрального телевидения смешивается с местным телесигналом (местные новости, реклама и т.п.). Затем смешанный сигнал по оптоволоконным кабелям передаётся на т.н. «оптоволоконные узлы» (своего рода вторичные распределительные пункты), расположенные в различных районах обслуживаемой местности. Оптоволоконные кабели способны переносить высокочастотный сигнал (даже в гигагерцовом диапазоне) на большие расстояния без сколь бы то ни было ощутимых потерь мощности. Для передачи по оптоволоконному тракту электрический сигнал преобразуется в оптический (Э/0-преобразование), а затем, при приёме, снова в электрический (0/Э-преобразование). Преобразователи, будучи активными приборами, нуждаются в электропитании.

Сращивание оптоволоконных кабелей - процедура непростая, требующая высокопрофессиональных навыков. Всего несколько лет назад прокладка оптоволоконного тракта была делом весьма дорогостоящим, но за прошедшие годы волоконно-оптические технологии были значительно усовершенствованы, и стоимость прокладки тракта снизилась. При создании сети КТВ операторы обычно используют оптоволоконные кабели с количеством жил, несколько превышающим объективно необходимое. Остающиеся «лишние» жилы - это своего рода «запас» - в случае необходимости их можно в любой момент использовать (например, для того, чтобы равномерно перераспределить нагрузку на оборудование, или ввести какой-либо дополнительный вид услуг).

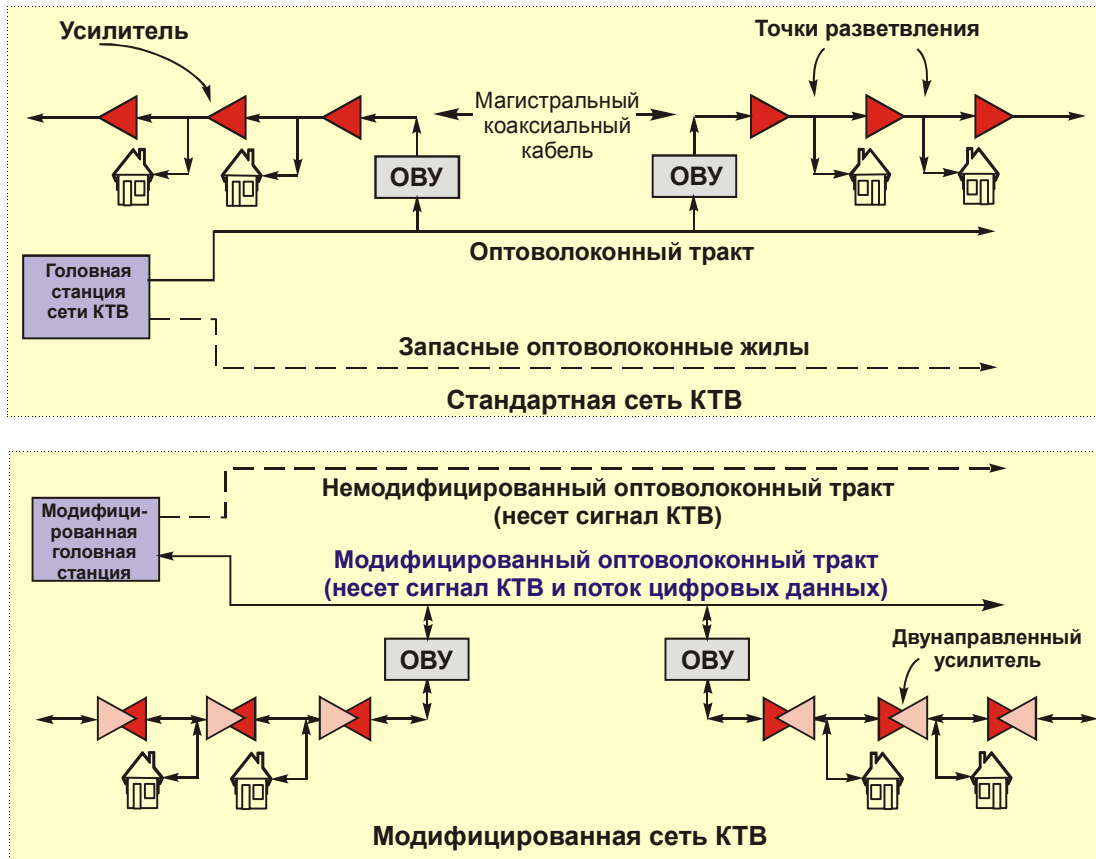


Рис. 1. Гибридная волоконно-коаксиальная сеть КТВ.
 Вверху: стандартная сеть КТВ.
 Внизу: сеть КТВ, модифицированная для передачи Интернет-трафика.
 (ОВУ - оптоволоконный узел)

По коаксиальным кабелям, расходящимся от оптоволоконного узла, электрический телевизионный сигнал передаётся в дома, находящиеся в радиусе 1,5 - 3 км от узла (на профессиональном жаргоне это расстояние называется «последней милей»). Проложить коаксиальный тракт значительно проще, чем оптоволоконный. Обычно, вдоль каждой улицы прокладывается магистральный коаксиальный кабель, от которого в определённых точках, называемых «точками разветвления», к домам отводятся коаксиальные же

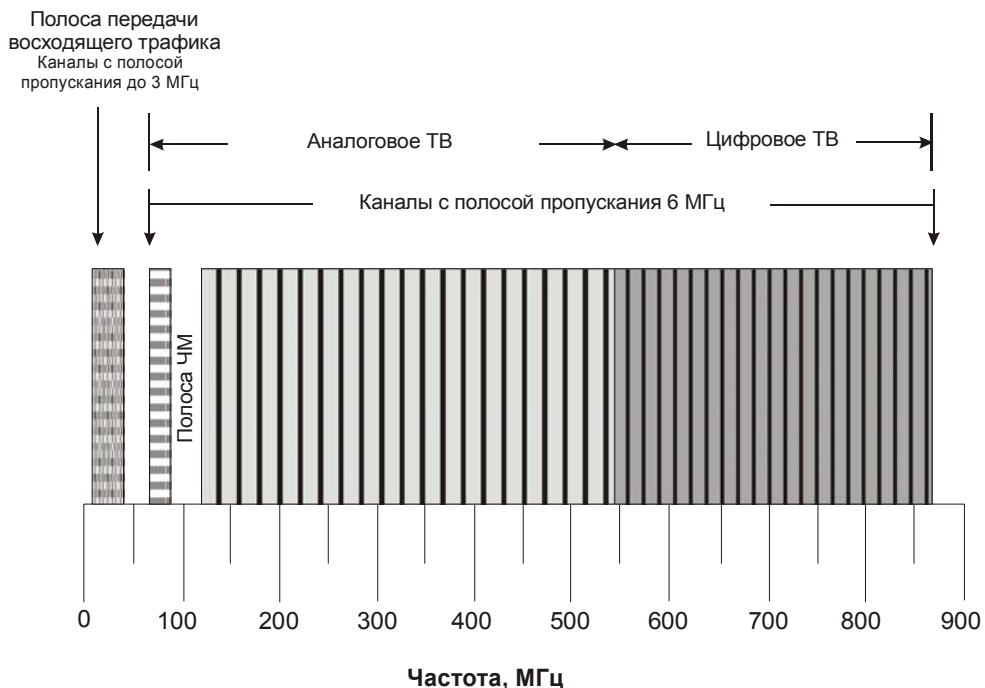


Рис.2 Частотный спектр кабельного телевидения

ответвления. Однако в коаксиальных кабелях наблюдаются значительные потери мощности сигнала. Чтобы компенсировать эти потери, коаксиальный тракт по всей длине оборудуется усилителями мощности. Каждый магистральный кабель способен обеспечить телесигналом от 200 до 500 абонентов. Оптоволоконный узел, от которого отведено несколько магистральных кабелей, может «охватить» от 500 до 2000 абонентов. Дабы обеспечить до-статочную мощность сигнала, сеть обычно проектируют таким образом, чтобы каждый обслуживаемый дом находился на расстоянии не более чем 100 км от ГС.

В США аналоговое телевидение ведётся в соответствии со стандартами NTSC (National Television Standards Committee - Национальный комитет по телевизионным стандартам), согласно которым каждому телеканалу отводится полоса частот шириной в 6 МГц (в большинстве европейских стран телеканалам отводятся полосы шириной в 8 МГц). Совещательный комитет по передовым технологиям телевидения утвердил такие же шестимеггерцевые телеканалы в качестве стандарта для цифрового телевидения. Диапазон частот, занимаемый все-ми существующими в США телеканалами, составляет (согласно постановлению Федеральной комиссии связи США) полосу от 54 до 860 МГц (в Европе - 108-862 МГц). Как показано на рис.2 (см. выше), телевизионный сигнал, передаваемый с ГС в дома абонентов (в т.н. направлении «прямой передачи») и содержащий сигналы всех телеканалов, может занимать ту же полосу частот (54-860 МГц), хотя в случае каждой конкретной сети КТВ верхняя граница этой полосы будет зависеть от общего количества транслируемых телеканалов, которое, в свою очередь, зависит от запросов местного потребителя, от финансовых возможностей оператора КТВ и от того, какие виды телевидения предлагает абонентам данный оператор (аналоговое телевидение, цифровое телевидение, т.н. система «pay-per-view» - взимание оплаты за каждую просмотренную передачу, или все эти виды сразу). Другими словами, ширина полосы может составлять как 550, так и 750 или 860 МГц.

III. Асимметричность сигналов

При работе в Интернет входящий и выходящий потоки данных крайне неравнозначны по интенсивности («асимметричны»). Запрос пользователя на загрузку веб-страницы может состоять всего-навсего из нескольких байтов информации, сайт же, в ответ на этот запрос, пересылает пользователю сотни килобайт; а запрос на прослушивание музыкального альбома или на прямую трансляцию заставит веб-сайт передавать на компьютер пользователя непрерывный поток данных. Исследовательским центром AT&T Laboratories, Флорхэм Парк, штат Нью-Джерси, был проведён ряд замеров интенсивности входящего и выходящего потоков данных в течение трёхминутных интервалов работы в Интернет. Эти замеры показали, что среднестатистическому пользователю Интернет для комфортной работы необходим входящий поток интенсивностью не ниже 40 Кбит/сек, в то время как интенсивность выходящего потока, как правило, не превышает 4 Кбит/сек, поскольку он состоит в основном только из подтверждений получения пересылаемых пользователю пакетов данных. Некоторые сетевые приложения, такие как дистанционное обучение, видео- и текстовая конференц-связь, требуют симметричного потока данных. Но даже таким требовательным приложениям нужны входящий и выходящий потоки интенсивностью не более 1,5-3 Мбит/сек, что гораздо ниже максимальной скорости передачи данных кабельным модемом.

IV. Использование стандартного телевизионного оборудования

Как показывает практика, используемые для телевидения стандартные несущие частоты и стандартные каналы с полосой пропускания 6 МГц вполне подходят для передачи Интернет-данных в направлении основного трафика (т.н. «нисходящий» трафик - из сети на компьютер пользователя). Высокие скорости передачи данных достигаются за счёт использования эффективных модуляционных схем. Несущая частота обычно находится в диапазоне от 300 до 860 МГц. Конкретные полосы частот и модуляционные схемы, используемые для передачи данных посредством кабельных модемов, определены в спецификациях DOCSIS (Data Over Cable Interface Specifications - Спецификации интерфейса передачи данных посредством кабельных модемов) - своде промышленных стандартов, установленных компанией Cable Television Laboratories, Inc. (CableLabs), Луизвилл, штат Колорадо (CableLabs - это консорциум операторов кабельного телевидения, ориентированный на широкое внедрение и популяризацию технологии кабельной модемной связи). Частичное совпадение несущих частот и передающих каналов в спецификациях NTSC, DTV (Digital Television - спецификации цифрового телевидения) и DOCSIS позволяет использовать в сетях кабельной модемной связи часть стандартного оборудования, предназначенного для операторов КТВ. Это позволяет снизить расходы на модернизацию кабельных сетей.

Возникает вполне резонный вопрос: сколько же абонентов (пользователей Интернет) можно подключить через один шестимеггерцевый канал? Исследования показали, что даже в «часы пик» (т.е. часы наивысшей сетевой активности, которые приходятся, по логике, на вечер, когда большинство абонентов находится дома), как правило, не более 50% зарегистрированных пользователей Интернет работают с сети. По оценкам специалистов компании AT&T, при таком уровне Интернет-активности оператор, используя один шестимеггерцевый канал, может каждым коаксиальным кабелем обслуживать не менее 400 абонентов. Здесь следует также учесть, что скорость передачи данных из сети каждому отдельно взятому пользователю зависит от целой гаммы различных факторов, таких как, в частности, надёжность физических соединений и «возраст» используемого оборудования. Электрические помехи от некачественных соединений и устаревшего

оборудования вызывают сбои, требующие повторной пересылки отдельных пакетов данных, что замедляет работу сети.

Помимо каналов, отведённых под телевидение и «нисходящий» трафик, сети кабельной модемной связи необходимы каналы под «восходящий» трафик (потoki данных от пользователя в сеть). Стандартную сеть КТВ, предназначенную для однонаправленной передачи сигналов, необходимо модифицировать под двунаправленную передачу: сигналы будут идти как в направлении «ГС - абонент», так и в направлении «абонент ~ ГС». В спецификациях DOCSIS определена полоса частот, отведенная под передачу сигналов несущих восходящий поток данных: нижний предел - 5 МГц, верх - 42 МГц (в Европе - 65 МГц). Под передачу восходящего трафика отводятся каналы шириной в 3 МГц.

Модернизация оптоволоконного тракта под двунаправленную передачу, как правило, не представляет особых сложностей. В большинстве случаев для передачи сигналов в направлении от абонента к ГС оператору достаточно подключить вышеупомянутые «запасные» жилы оптоволоконного кабеля, для чего на ГС и на оптоволоконных узлах необходимо установить соответствующее дополнительное оборудование (а также оборудование для работы с потоками цифровых данных).

Ощутимые сложности возникают при модернизации коаксиального тракта. Для того чтобы по коаксиальным кабелям передавать сигналы в обоих направлениях, однонаправленные усилители, которыми оборудован коаксиальный тракт стандартной сети КТВ, необходимо заменить двунаправленными, настроенными на работу с соответствующими полосами частот. В направлении «ГС - абонент» эти усилители должны усиливать телевизионный сигнал, а также сигналы, несущие данные из Интернет и оцифрованный голос, а в направлении «абонент - ГС» - сигналы, несущие данные в Интернет и, опять же, оцифрованный голос.

В целом, такая модернизация стандартной сети кабельного телевидения может обойтись МСО в 200-600 долларов на каждого абонента. В нижней части рис.1 представлена схема гибридной волоконно-коаксиальной сети КТВ, модернизированной под кабельную модемную связь.

V. Нисходящий трафик

Схема модернизированной ГС приведена на рис.3. Маршрутизатор связан с Интернет-магистралью посредством высокоскоростного канала передачи данных, работающего на скорости 45 Мбит/сек (стандарт DS-3) или выше. Данные, полученные из Интернет, направляются на быстродействующий Ethernet-коммутатор, который перенаправляет их на модулятор нисходящего трафика. Модулятор использует метод квадратурной амплитудной модуляции (англ. QAM - Quadrature Amplitude Modulation): сигнал некоторой промежуточной

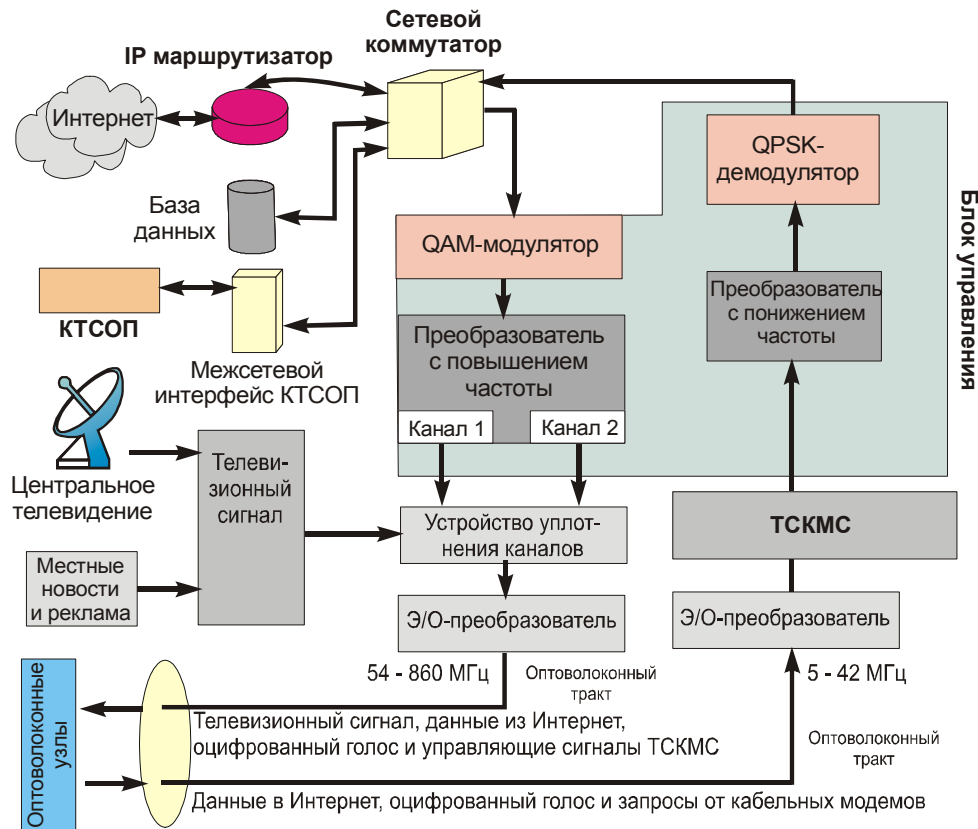


Рис.3 Схема модифицированной головной станции (ГС) с терминальной системой кабельной модемной связи (ТСКМС). Примечание: В базе данных хранятся аутентификационные данные абонентов.

частоты (обычно - около 45 МГц) модулируется одновременно по амплитуде и фазе (отсюда термин «квадратурная»). При использовании метода QAM каждое сочетание определённого значения фазы с определённым значением амплитуды обозначает свою комбинацию двоичных чисел. В настоящее время для модуляции нисходящего трафика, как правило, используется схема 64-QAM, в которой каждое из 64 сочетаний значений амплитуды и фазы обозначает определённое шестиразрядное двоичное число ($2^6=64$). С учётом спадов мощности, а также принимая во внимание наличие защитных полос, оставляемых во избежание проникновения помех с соседних каналов, реальная скорость передачи данных по стандартному шестимеггерцевому каналу составляет около 27 Мбит/сек, что несравнимо выше скорости любого dial-up-модема. Не исключено, что в скором будущем, с развитием технологии кабельной модемной связи, станет возможным широкое использование модуляционной схемы 256-QAM, в результате чего скорость передачи данных возрастёт до 40 Мбит/сек. Обе приведённые выше цифры (27 и 40 Мбит/сек) на первый взгляд кажутся весьма впечатляющими. Но даже если нисходящие потоки данных будут передаваться по каналам связи со столь высокой скоростью, компьютер пользователя всё равно не сможет принимать их быстрее чем 10 Мбит/сек, в силу ограниченного быстродействия Ethernet-трансивера, установленного внутри модема, и ограниченной передающей способности кабелей, посредством которых кабельный модем подключён к компьютеру.

Модулированный сигнал затем пропускается через преобразователь с повышением частоты, чтобы увеличить его частоту до несущей (т.е. до рабочей частоты канала передачи). Несущая частота выбирается оператором в диапазоне от 54 до 550 или до 750 МГц (а в случае, если в спектр предоставляемых оператором услуг входит цифровое телевидение - до 860 МГц). Ширина полосы пропускания передающего канала составляет 6 МГц. Канал (несущую частоту) для передачи нисходящего трафика МСО выбирает исходя из собственной схемы распределения частот (ведь помимо Интернет-связи МСО ещё обеспечивает трансляцию большого количества телеканалов). Устройство уплотнения каналов смешивает сигнал, несущий Интернет-трафик, с телевизионным сигналом. Затем уплотнённый электрический сигнал преобразуется в оптический (Э/0-преобразование) и передаётся на оптоволоконные узлы. В оптоволоконных узлах оптический сигнал преобразуется обратно в электрический (0/Э-преобразование) и передаётся в дома абонентов посредством коаксиальных кабелей. Весь комплект оборудования, осуществляющего модуляцию, демодуляцию (обратного сигнала), преобразование с повышением или понижением частоты и т.д., носит общее название «терминальная система кабельной модемной связи» - ТСКМС (*англ.* CMTS - Cable Modem Terminal System). Работой всей сети управляет специальный блок управления, в котором имеется, в частности, программа-планировщик, а также программа назначения передающего канала (выбирающая, какой из отведённых под Интернет-трафик каналов - от 1-го до N-го - использовать в данный момент). Кабельные модемы, устанавливаемые в домах абонентов, и оборудование ТСКМС должны быть взаимно совместимы, т.е. использовать одни и те же протоколы и один и тот же временной отсчёт. Следует отметить, что временной отсчёт и временная синхронизация играют решающую роль в работе всей сети кабельной модемной связи.

VI. Восходящий трафик

Механизм передачи восходящего трафика несколько более сложен. Исходя из соображений максимальной простоты технического воплощения, совместимости с существующим теле вещательным оборудованием стандарта NTSC, а также опираясь на результаты эксплуатационных испытаний, большинство МСО и производителей оборудования решили использовать для передачи восходящего трафика полосу частот от 5 до 42 МГц (в Европе - 5-65 МГц). Однако данная полоса частот подвержена влиянию импульсных помех от бытовых и промышленных электроприборов, а также радиопомех от частной, служебной и любительской радиосвязи. Вышеописанный метод квадратурной амплитудной модуляции, используемый для передачи нисходящего трафика и обеспечивающий столь высокую скорость передачи данных, как оказалось, не подходит для использования в зашумлённой среде, и поэтому не может быть использован для передачи восходящего трафика. (Вообще, создание работоспособной сети есть процедура весьма непростая - необходимо привести к разумному компромиссу целую гамму различных параметров: несущие частоты, ширину полосы пропускания передающих каналов, скорость передачи данных, помехоустойчивость, максимально допустимую частоту появления ошибочных битов.) Для передачи восходящего трафика было решено использовать квадратурную фазовую модуляцию (*англ.* QPSK - Quaternary Phase-Shift Keying), которая обеспечивает большую помехоустойчивость, но при этом даёт меньшую скорость передачи данных. Однако в данном случае меньшая скорость не снижает общую производительность сети, поскольку восходящий трафик гораздо менее интенсивен, чем нисходящий. Простейший вариант схемы QPSK оперирует четырьмя символами, которые физически представлены четырьмя точками на амплитудно-фазовой диаграмме: каждая последующая точка смещена на 90° относительно предыдущей. Если каждому из этих символов присвоить своё двухразрядное двоичное число, то таким образом будут представлены все четыре возможные двухбитные комбинации.

В соответствии со спецификациями DOCSIS, канал, предназначенный для передачи восходящего трафика, может иметь ширину полосы пропускания, равную 200, 400, 800, 1600 или 3200 КГц. МСО, исходя из используемой им модели трафика, сам выбирает один из пяти приведённых вариантов. При использовании схемы QPSK скорость передачи данных по таким каналам равна, соответственно, 0.32, 0.64, 1.28, 2.56 и 5.12 Мбит/сек.

VII. Устройство кабельного модема

На рис.4 показано устройство стандартного кабельного модема. Сигнал, поступающий в дом абонента, на входе расщепляется на две части: одна направляется в стандартный телеприёмник, видеомаягнитофон или телевизионный ресивер, а другая - в сетевой интерфейсный модуль кабельного модема. Селектор несущей частоты настраивается на рабочую частоту выбранного канала связи. Далее сигнал проходит через ПАВ-фильтр (фильтр на поверхностно-акустических волнах) с крутым срезом, который пропускает только полосу шириной 6 МГц с выбранной центральной частотой. С выхода ПАВ-фильтра этот «очищенный» сигнал подаётся на преобразователь с понижением частоты. Полученный сигнал промежуточной частоты проходит через модем физического уровня (англ. PHY - от «PHYSical»), который осуществляет демодуляцию сигнала, вычлняя из него поток цифровых данных. Контроллер доступа к передающей среде - КДПС (англ. MAC - Media Access Controller) - проверяет целостность потока данных, формирует данные в Ethernet-фреймы (формата IEEE 802.3) и передаёт их на трансивер. Трансивер сообщается с компьютером на скорости 10 Мбит/сек посредством кабеля стандарта 10Base-T, состоящего из двух витых пар. Кабель обоими концами подключается к стандартным разъёмам RJ-45. Микроконтроллер выполняет рутинные служебные операции и управляет движением Ethernet-пакетов.

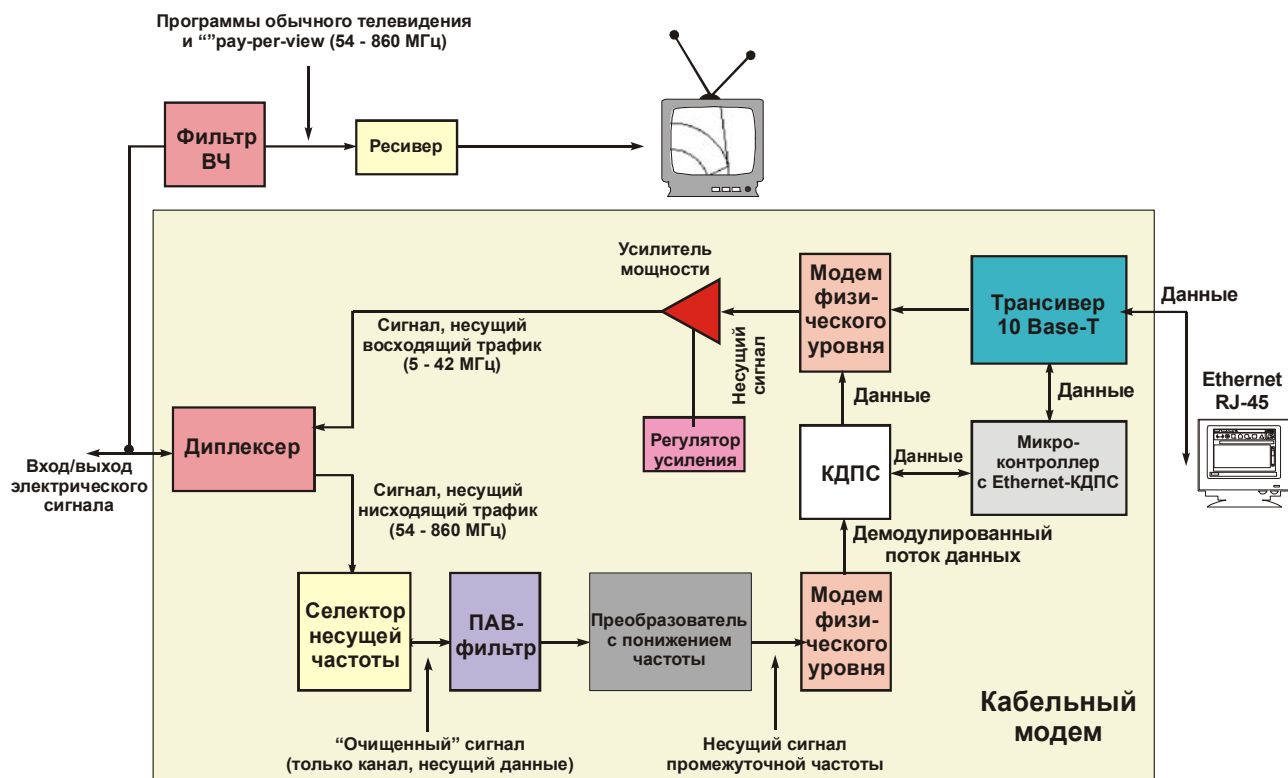


Рис.4 Устройство стандартного кабельного модема

Многих беспокоит тот факт, что любой кабельный модем принимает нисходящий трафик, содержащий данные, предназначенные для *всех* абонентов, подключённых к одному и тому же магистральному кабелю. Это действительно так, однако КДПС выделяет из общего потока данных только те, которые предназначаются данному конкретному абоненту. Все прочие данные «теряются».

Выходящие Ethernet-пакеты поступают с компьютера на трансивер. Ethernet-контроллер перенаправляет эти данные на КДПС, который управляет буферизацией и распределением времени отправки пакетов в соответствии со спецификациями DOCSIS. Модем физического уровня (PHY) осуществляет QPSK-модуляцию сигнала, частота которого соответствует рабочей частоте канала связи, отведённого под восходящий трафик, после чего полученный несущий сигнал пропускается через усилитель мощности и поступает на диплексер сетевого интерфейсного модуля для передачи по коаксиальному кабелю. Диплексный фильтр отделяет входной сигнал от выходного.

Следует отметить, что спецификации DOCSIS оговаривают только механизм сопряжения функциональных компонентов кабельных модемов, которого должен придерживаться любой производитель. Что же касается внутреннего устройства модема, то производитель имеет полное право усовершенствовать его, сделав свой модем более дешёвым или более производительным, чем у конкурента (например, производитель может удешевить электронную «начинку» модема, реализовав несколько функций на одном микрочипе).

Выбор канала передачи восходящего графика осуществляется дистанционно блоком управления ТСКМС. Достигнув оптоволоконного узла, восходящие сигналы со всех коаксиальных кабелей смешиваются, после чего смешанный электрический сигнал преобразуется в оптический и передаётся на ГС. На ГС оптичес-

кий сигнал преобразуется обратно в электрический, после чего сигнал демодулируется и полученный поток цифровых данных поступает на быстродействующий сетевой коммутатор. Наконец, в зависимости от конечного адресата, данные отправляются либо в Интернет-маршрутизатор, либо в межсетевой интерфейс коммутируемой телефонной сети общего пользования (КТСОП). Во втором случае коммутаторы телефонной компании доводят звонок до адресата.

Некоторые кабельные модемы снабжены одним или несколькими разъёмами RJ-11 для подключения IP-телефонов. Такой телефон (или обычный аналоговый телефон, подключённый через специальное вспомогательное устройство) дискретизирует и оцифровывает голос, сжимает полученные цифровые данные и отправляет их на КДПС, установленный внутри кабельного модема. Таким образом, данные, генерируемые компьютером пользователя, и оцифрованный голос передаются на ГС по одному и тому же каналу связи. Такая технология носит название «телефонная связь посредством потока данных» (англ. TOD - Telephony Over Data). Спецификации DOCSIS не лимитируют количество одновременных телефонных разговоров, поддерживаемое кабельным модемом параллельно Интернет-связи. Это количество зависит от конфигурации и производительности сети. Некоторые американские МСО предоставляют услуги IP-телефонии (называемой также «VoIP» - англ. Voice over IP - Голос через IP), но таких МСО пока ещё сравнительно мало. Для того чтобы IP-телефония стала пользоваться реальным спросом, операторы сначала должны разработать механизмы предоставления таких услуг, как телефонная справочная служба, экстренный вызов спасательных служб, прохождение вызова, автоматическое определение номера звонящего и т.д., поскольку абоненты телефонных компаний привыкли к перечисленным услугам и вряд ли захотят от них отказаться. Кроме того, до сих пор не утверждена процедура оплаты IP-телефонных переговоров. Теоретически, они должны быть гораздо дешевле, чем обычные, коммутируемые, поскольку IP-телефонная связь не занимает всю сквозную линию в течение всего времени разговора.

Бытует ошибочное мнение, что при аварийном отключении электроснабжения IP-телефонная сеть перестаёт функционировать. В настоящее время практикуется целый ряд методов экстренного энергоснабжения телефонных линий. Самый простой из них - снабжение каждого абонента набором аккумуляторов, работающих 8 или более часов без подзарядки. Операторы прекрасно понимают, что для многих абонентов телефон жизненно важен, и потому было бы, по меньшей мере, неразумно не предусмотреть никакого механизма функционирования телефонной сети в аварийном режиме.

VIII. Кабельный модем всегда готов к работе

В основе кабельной модемной связи лежит технология пакетной коммутации. Маршрутизатор, входящий в состав ТСКМС, постоянно находится в состоянии готовности и может в любой момент времени принимать пакеты данных от всех кабельных модемов, подключённых к сети. При этом маршрутизатор работает не с каждым модемом в отдельности, а со всеми модемами сразу. Он просто переадресовывает принимаемые пакеты на нужный сервер, будь то аутентификационный сервер или любой другой, пусть даже находящийся на другом конце земного шара. Компьютер можно настроить таким образом, что как только пользователь его запускает, кабельный модем сразу же посылает на ГС пакет данных, содержащий идентификатор пользователя и сетевой пароль, и таким образом уведомляет ТСКМС о вхождении станции в сеть. ТСКМС практически мгновенно идентифицирует зарегистрированного пользователя и присваивает модему динамический IP-адрес (из имеющейся базы протокольных адресов). Все эти процедуры осуществляются в соответствии с протоколом DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol -Протокол динамической конфигурации хоста, или сетевой стандарт, регламентирующий процесс присваивания сервером IP-адресов и другой конфигурационной информации). С этого момента связь с Интернет установлена, и можно в любой момент начинать работать в сети. Динамический IP-адрес сохраняется за станцией, пока либо компьютер, либо модем не будет выключен. Естественно, пользователь, при желании, может в любой момент выйти из сети и работать в автономном режиме. Потом он может снова войти в сеть, и ему будет присвоен новый динамический IP-адрес из незанятых в данный момент.

IX. Спецификации и протоколы кабельной модемной связи

Первые модели кабельных модемов были сугубо авторскими (нестандартными) разработками. Они выпускались очень ограниченным числом производителей и стоили очень дорого. Группа энтузиастов в институте IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers - Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике) приняла решение о необходимости стандартизации механизмов сопряжения между функциональными компонентами кабельных модемов и оборудования ТСКМС. Такая стандартизация способствовала бы возникновению здоровой конкуренции между производителями, а также снижению цен на оборудование кабельной модемной связи. Поскольку институт IEEE был и остаётся ведущей независимой международной организацией по стандартизации сетевых технологий, внутри него была создана специальная рабочая группа номер 802.14 для стандартизации технологий кабельной модемной связи. Этой рабочей группе был присвоен статус международной, поэтому ей было поручено сотрудничать с другими международными организациями, такими как Экспертная группа по цифровым видеотрансляциям (DVB - Digital Video Broadcasting Group) и Совет по цифровым аудио- и видеотехнологиям (DAVIC - Digital Audio and Video Council; штаб-квартиры обеих организаций расположены в Женеве).

Вскоре ведущее место в области стандартизации технологий кабельной модемной связи заняла другая международная организация - Объединение операторов мультимедийных кабельных сетей (MCNS - Multimedia Cable Network Systems Holdings Ltd.) - промышленный союз, на базе которого впоследствии возник более обширный промышленный консорциум операторов КТВ - уже упоминавшийся выше CableLabs. Консорциум CableLabs, будучи некоммерческой организацией, поставил перед собой задачу выработать стандартные спецификации для кабельных модемов и оборудования ТСКМС, дабы обеспечить взаимную совместимость того и другого, поскольку совместимость оборудования, выпускаемого разными производителями, является весомым фактором роста популярности технологии в целом.

В настоящее время консорциум CableLabs работает в двух взаимосвязанных направлениях. Первое из них - проект «OpenCable» - это разработка телевизионного ресивера нового поколения. Второе - «PacketCable Initiative» - это разработки в сфере технологий кабельной модемной связи и IP-телефонии. Именно в рамках этого направления и были разработаны спецификации DOCSIS, ныне признанные всеми производителями и операторами отрасли. Дабы не утратить своего международного статуса, CableLabs активно сотрудничает с вышеупомянутыми организациями DAVIC и DVB. Целью этого сотрудничества является разработка европейского варианта спецификаций DOCSIS - EuroDOC-SIS. Ныне действующие спецификации DOCSIS v1.1 уже вошли в состав Рекомендаций J.83 (Recommendations J.83), разработанных Международным союзом телекоммуникаций - ИТУ (International Telecommunications Union, Женева, Швейцария). Ричард Грин (Richard Green), президент и главный исполнительный директор CableLabs, возглавляет Исследовательскую Группу 9 (Study Group 9) союза ИТУ, занимающуюся вопросами кабельной модемной связи. Недавно консорциум CableLabs опубликовал проект спецификаций DOCSIS версии 2.0, значительно усовершенствованных по сравнению с версией 1.1.

По оценкам Джошуа Уайза (Joshua Wise), аналитика компании Allied Business Intelligence (компания из Ойстер Бэй, штат Нью-Йорк, занимающаяся рыночными исследованиями), более 75% кабельных модемов и ТСКМС, используемых в США, являются сертифицированными DOCSISv1.1-совместимыми устройствами. Такую же цифру называет и Майкл Шварц (Michael Schwartz), старший вице-президент CableLabs по вопросам техники связи. За использование спецификаций DOCSIS не взимается никаких лицензионных платежей.

Консорциум CableLabs, кроме этого, занимается тестированием оборудования на предмет совместимости. DOCSISv1.1 - совместимое оборудование имеет обратную совместимость с DOCSISv1.0. В настоящее время производством кабельных модемов занимается около 36 компаний, производством оборудования ТСКМС - 12 компаний.

На рис.5 изображена иерархическая схема набора протоколов, используемых в кабельной модемной связи в соответствии со спецификациями DOCSIS. На нижних четырех уровнях данной иерархии используются специализированные протоколы. Восходящий поток данных передается в форме Ethernet-пакетов. На уровне канала связи используется протокол ВРІ (англ. Baseline Privacy Interface - базовый интерфейс защиты данных) - протокол поточного шифрования данных, обеспечивающий защиту информации от несанкционированного доступа. Нисходящий поток данных передается с ГС на кабельный модем в форме стандартных фреймов

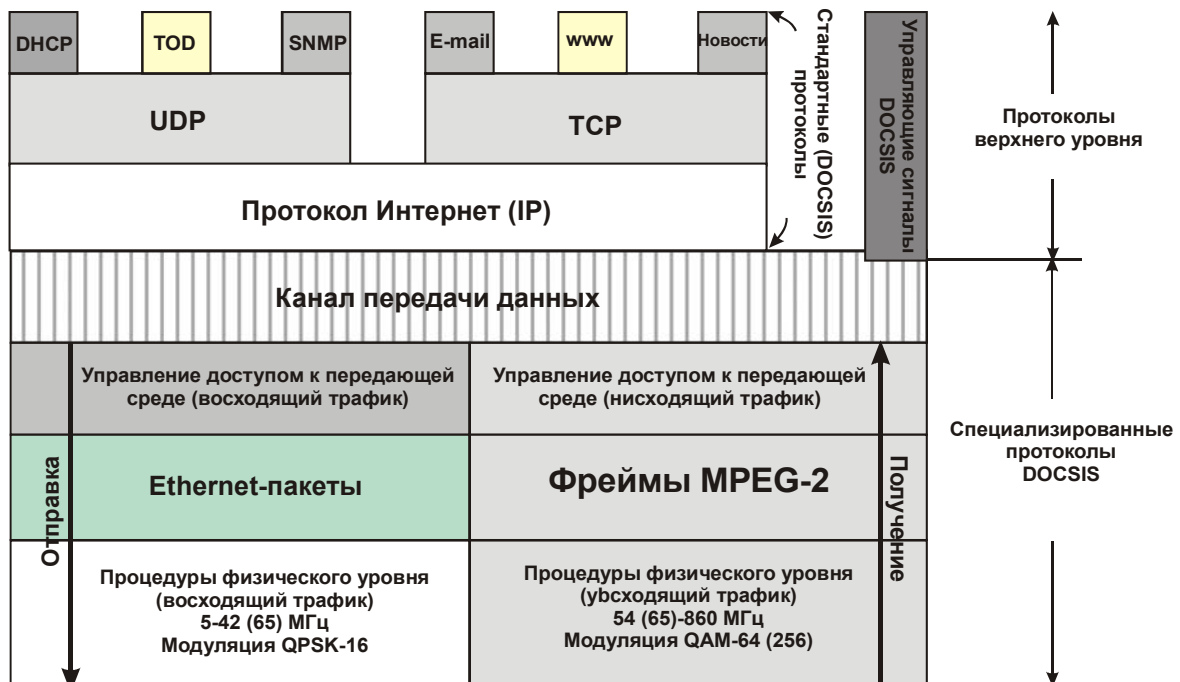


Рис.5 Набор протоколов кабельной модемной связи, предусмотренный спецификациями DOCSIS.

MPEG-2 (фреймов, стандартизированных Экспертной группой по вопросам движущегося изображения - *англ.* Motion Picture Expert Group - MPEG). Такой фрейм состоит из 184 байт полезной информации, начальной метки (размером в 4 байта) и 16 байт кода Рида-Соломона, используемых для контроля ошибок. Выбор пал на фреймы именно этого стандарта потому, что по размеру они совместимы с фреймами, обычно используемыми для передачи потокового аудио и видео.

На верхних уровнях иерархии используются стандартные сетевые протоколы: протокол Интернет, протокол управления передачей (TCP - Transmission Control Protocol) и пользовательский протокол данных (UDP - User Data Protocol). На прикладном уровне может использоваться протокол динамической конфигурации хоста (уже упомянутый выше DHCP) протокол телефонной связи посредством потока данных (TOD - Telephony Over Oala) простой протокол сетевого управления (SNMP - Simple Network Management Protocol), а также протоколы, отвечающие за электронную почту, за доступ во «всемирную паутину» и т.д. (см. рис.5). Отдельный уровень, стоящий над уровнем протокола Интернет, занимают управляющие сигналы DOCSIS. С помощью этих сигналов кабельный модем и блок управления ТСКМС постоянно обмениваются сообщениями, посредством которых осуществляется выбор канала связи, а также управление некоторыми другими параметрами, такими как распределение интервалов времени и синхронизация.

Блок управления ТСКМС - это «мозг» сети кабельной модемной связи. ТСКМС посредством специальных управляющих команд может автоматически подстраивать целый ряд параметров передачи данных. В частности, ТСКМС может переназначать каналы связи, используемые для передачи как нисходящего, так и восходящего трафика; эта функция называется «динамическим переназначением каналов» - ДПК (*англ.* DCC - Dynamic Channel Change). МСО может использовать ДПК в разных целях (по своему усмотрению). «Разные производители оборудования ТСКМС могут реализовывать функцию ДПК по-разному, и, соответственно, уровень её функциональности тоже будет неодинаковым» - рассказывает Грег Уайт (Greg White), старший инженер Cable-Labs. - «Возьмём, например, ТСКМС сложной конфигурации, состоящую из нескольких аппаратных блоков, в состав каждого из которых входит несколько сетевых плат, имеющих по несколько портов для восходящих и нисходящих трафиков. Такая ТСКМС может поддерживать динамическое переназначение каналов, к примеру, только между портами одной сетевой платы, или между сетевыми платами внутри одного аппаратного блока, или же, наконец, между аппаратными блоками (если производитель предусмотрел для этого какое-нибудь физическое соединение между блоками). Кроме того, степень функциональности ДПК определяется тем, насколько проста и оперативна процедура переключения: в самом примитивном варианте. ДПК переключение модема на другой канал связи может потребовать повторной регистрации этого модема в сети».

«ДПК, - продолжает Уайт, - можно использовать для реализации целого ряда важных процедур, обеспечивающих качество и непрерывность связи. Его, например, можно использовать для оптимального перераспределения нагрузки между имеющимися аппаратными ресурсами ТСКМС. ДПК может сократить время доступа к тем или иным услугам электронной связи посредством быстрого переключения кабельного модема со слишком загруженного канала на более свободный. Кроме того, ДПК может значительно облегчить плановое обслуживание аппаратуры ТСКМС: если какой-либо из аппаратных блоков необходимо отключить, все подключённые к нему кабельные модемы будут предварительно «переброшены» на другие аппаратные блоки».

В спецификациях DOCSIS предусмотрена также функция регулировки качества предоставляемых услуг передачи данных - QoS. Эта функция исключительно важна для сети, где данные, телесигнал и голос передаются одновременно, ведь у каждой из этих услуг свои аппаратные требования. «Интернет-приложения становятся всё более и более сложными, и аппаратные требования к электронным сетям постоянно растут, - объясняет Венкатеш Сункад (Venkatesh Sunkad), старший специалист CableLabs по программному обеспечению и сетевым протоколам. - Функция QoS, предусмотренная спецификациями DOCSIS, позволяет поддерживать качество услуг электронной связи на уровне, не выше объективно необходимого, причем стоимость технического воплощения этой функции в оборудовании ТСКМС весьма невысока».

Кабельный модем - это больше чем просто устройство модуляции-демодуляции. Он выполняет более сложные функции. С точки зрения сетевых технологий кабельный модем и ТСКМС являются связующими звеньями между компьютером и удалённым Интернет-сервером. В табл.2 представлены некоторые основные положения спецификаций DOCSISv1.x.

Таблица 2. Основные положения спецификаций DOCSIS 1.x.

Положения	DOCSIS 1.x
Скорость передачи данных в направлении нисходящего трафика	64 QAM: 27 Мбит/сек 256 QAM: 41,2 Мбит/сек Прямое исправление ошибок ITU J83 Annex B (FEC)
Скорость передачи данных в направлении восходящего трафика	QPSK: 0.320, 0.640, 1.280, 2.560 или 5.120 Мбит/сек в полосе частот 5-42 МГц

Услуги	Интернет-связь, IP-телефония, программы кабельного ТВ с интерактивным ресивером
Начало широкого коммерческого применения	Уже применяется
Основной протокол	Собственный IP переменной длины, с поддержкой выбора качества услуг передачи данных (функция QoS)
Защита информации	Базовый интерфейс защиты данных «Baseline privacy plus DES CBC»
Компоновка микросхем	Однокристалльный MAC (контроллер доступа к передающей среде) и модуляторы/демодуляторы физического уровня
Степень детализации QoS	8-16 байт
FEC: forward error correction - прямое исправление ошибок; DES: data encryption standard - стандарт шифрования данных; CBC: cypher block chaining - шифрованное сцепление блоков; QoS: quality of service – качество услуг передачи данных.	

Х. Особенности пакетной коммутации

Технология Ethernet была разработана более 20 лет назад, поэтому на данный момент все её достоинства и недостатки уже досконально изучены. Именно по этой причине Ethernet и был выбран в качестве формата обмена данными между компьютером и кабельным модемом. В то время как нисходящие потоки данных передаются в формате MPEG-2 (не менее известном, чем Ethernet), восходящий трафик, так же, как и данные, циркулирующие между компьютером и модемом, представляет собой поток Ethernet-фреймов. Однако кроме размера фреймов между протоколами DOCSIS и Ethernet нет ничего общего. Контроль доступа к передающей среде и операции физического уровня в этих двух системах принципиально различаются. Например, кабельный модем не может передавать данные по кабелю так, как это предусмотрено Ethernet-технологией CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов). Наличие в коаксиальном тракте направленных усилителей не позволит станции А обнаружить столкновение посланных ею данных с данными, посланными станцией Б. А если станция А не получит извещения об этом конфликте, она не осуществит повторную передачу, и данные будут потеряны. Естественно, ГС «видит» все конфликты, поскольку получает данные от всех станций. Но пока до станции А дойдёт запрос на повторную передачу, пройдёт довольно большой промежуток времени, до нескольких миллисекунд, особенно если эта станция находится на большом расстоянии от ГС. Если каждый конфликт будет вызывать такую задержку, то общая производительность сети будет весьма невысока. Поэтому вариант использования технологии CSMA/CD оказался неприемлемым. Традиционный метод упорядоченного опроса станций также не подходит, поскольку он, опять же, сопряжён с длительными задержками. В ходе нескольких циклов опроса у станции может не быть данных, которые необходимо отправить на ГС, а когда такие данные появятся, станции придётся ожидать своей очереди на пересылку. Проблема пересылки данных в направлении восходящего трафика была разрешена посредством использования гибридной технологии, сочетающей в себе элементы упорядоченного опроса и многостанционного доступа с временным разделением каналов (*англ.* TDMA -Time-Division Multiple Access). В соответствии с этой гибридной схемой, ГС регулярно отправляет *всем станциям сразу* запросы на передачу данных, и станции, у которых есть данные для отправки на ГС, передают их в рамках специально отведённых промежутков времени.

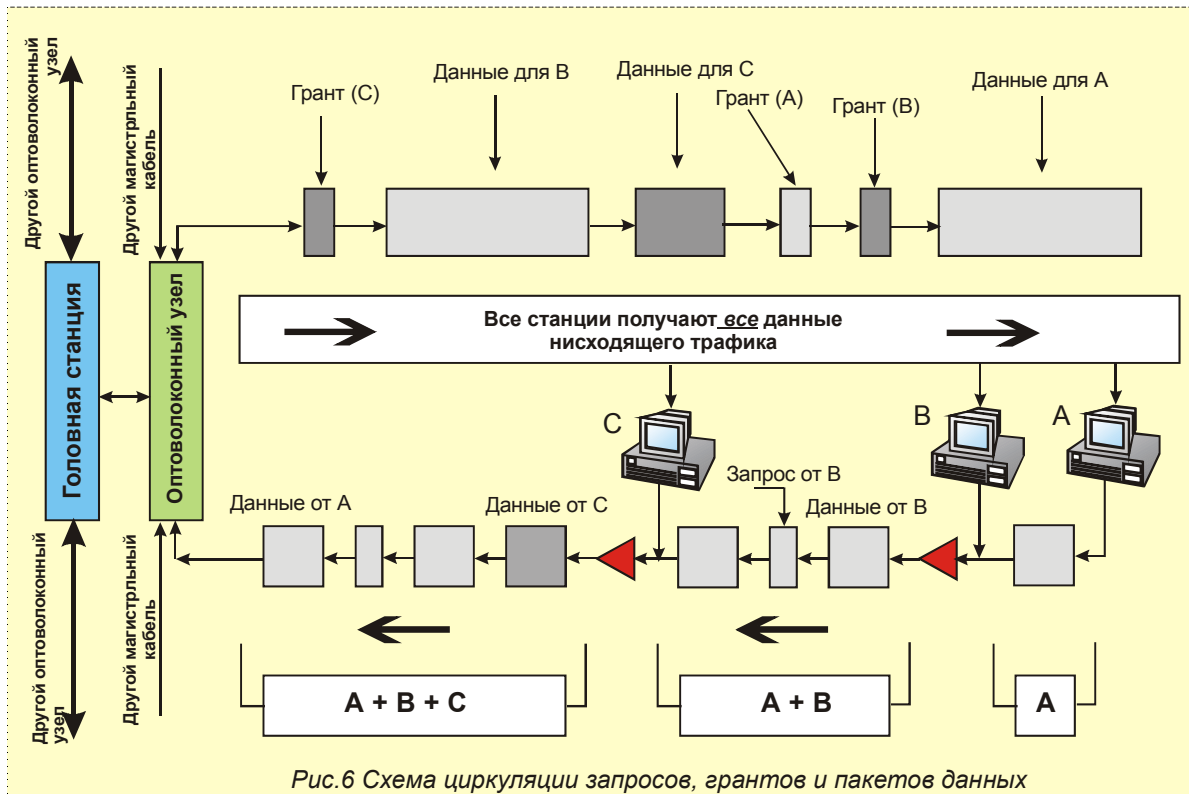
Как только кабельный модем входит в сеть, он сразу же начинает процедуру инициализации. Сначала он синхронизирует свои внутренние часы с нисходящим потоком данных. Затем он определяет своё временное смещение относительно ГС посредством особой процедуры, называемой масштабированием. Суть этой процедуры состоит в том, что модем отправляет на ГС пакет данных размером в 6 байт и засекает промежуток времени до прихода ответного сообщения. Однако это лишь часть процедуры инициализации - полный её алгоритм весьма сложен.

После того как модем получил динамический IP-адрес и запрос на передачу данных, он отправляет на ГС пакет с запросом разрешения на начало передачи. Поскольку после процедуры инициализации станция уже «знает» и своё временное смещение относительно ГС, и точные промежутки времени, в которые можно осуществить пересылку на ГС своего пакета-запроса, вероятность столкновения этого пакета с данными других станций крайне мала.

Когда ГС получает запрос, программа-планировщик, имеющаяся в блоке управления ТСКМС, выделяет запрашивающей станции временное окно на пересылку данных. Размер временного окна измеряется в «мини-интервалах». Один мини-интервал равен $2 \cdot k \cdot 6,25$ микросекунд, где k -целое число в пределах $0 \leq k \leq 7$. Значение k зависит от целого ряда факторов, таких как рабочая частота передающего канала, степень загруженности линии передачи в данный момент, а также от желаемого уровня QoS. Выделив временное окно, ГС посылает запрашивающей станции так называемый «грант» - пакет, содержащий разрешение на пересылку

данных.

По получении гранта станция может начинать отправку данных на ГС в рамках выделенных ей и указанных в фанте мини-интервалов. Планировщик ТСКМС распределяет мини-интервалы во времени таким образом, что вероятность столкновения двух пакетов данных практически равна нулю. Описанный процесс циркуляции запросов, грантов и восходящих потоков данных схематически изображён на рис.6.



XI. Технология совместной пересылки данных и оцифрованного голоса

Для случая совместной пересылки данных и оцифрованного голоса (при IP-телефонии) необходимо пересмотреть вопрос о размере пакетов. Скорость передачи данных в направлении нисходящего графика велика (27 Мбит/сек в сети и 10 Мбит/сек между компьютером и кабельным модемом), и поэтому её более чем достаточно для одновременной передачи данных и голоса. Проблема возникает при передаче в направлении восходящего трафика, скорость которого намного меньше - около 2 Мбит/сек. Чтобы обрисовать сущность проблемы, предположим, что некий стандартный кодек производит оцифровку голоса каждые 5 миллисекунд со скоростью 64 Кбит/сек*. При таких параметрах оцифровки размер одного дискретного сообщения будет составлять 320 бит, и при скорости передачи данных 2 Мбит/сек пересылка такого сообщения на ГС займёт 0,16 миллисекунды. Таким образом, каждые 5 миллисекунд необходимо будет выделять интервал в 0,16 миллисекунды для передачи оцифрованного голоса. Пересылка по этому же двухмегабитному каналу связи Ethernet-пакета максимального размера (1500 байт или 12000 бит) займёт 6 миллисекунд. В течение этих 6 миллисекунд канал будет занят и голос по нему передаваться не будет. В таком варианте пользователь может либо работать в Интернет, либо говорить по телефону, но не то и другое одновременно. Оцифрованный голос должен передаваться изохронно. Неравные интервалы между передачей дискретных сообщений ухудшают качество звука.

Указанная проблема легко решается посредством фрагментации Ethernet-пакетов на выходе кабельного модема и реконструкции их на входе ГС. В спецификациях DOCSIS предусмотрена поддержка такой фрагментации, и кабельные модемы некоторых производителей имеют эту функцию. Предположим, что Ethernet-пакет разбивается на фрагменты размером 400 байт. Пересылка такого фрагмента на ГС займёт 4,84 миллисекунды, то есть как раз останется промежуток нужного размера - 0,16 мс - для передачи оцифрованного голоса. «Главное, чтобы время передачи пакета данных в Интернет было меньше интервала дискретизации голоса», - подытоживает Норман Шрайер (Norman Stirrer) из AT&T Research Laboratories (Флорхэм Парк, штат Нью-Джерси).

ХII. Распределительные узлы

Волоконно-оптические линии связи передают сигнал практически без потерь, а потому позволяют

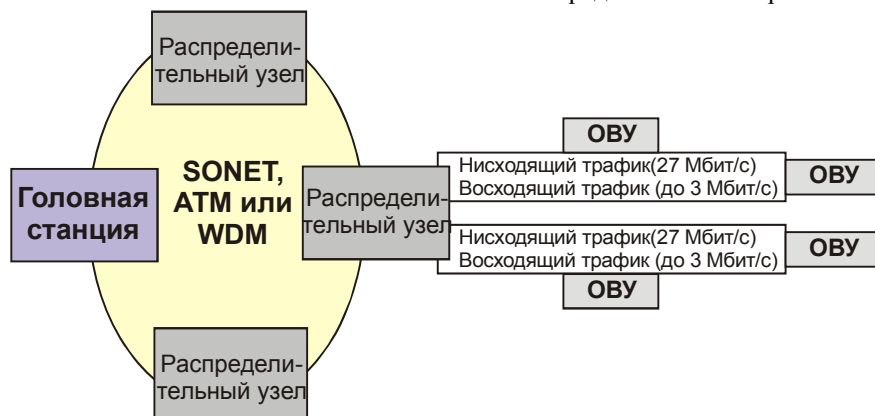


Рис.7 Распределение сигнала КТВ и Интернет-связи по обширной территории (ОВУ - оптоволоконный узел)

деления изображена на рис.7.

ХIII. Коммерческие перспективы

История показала, что любая (не только коммуникационная) технология способна «выжить» и развиваться только в том случае, если она найдёт отклик у массового потребителя, который

*Акроним «кодек» (англ. CODEC) изначально расшифровывался как «кодер-декодер» (англ. COder-DECoder) и означал алгоритм оцифровки звука со скоростью 64 Кбит/сек. Сейчас этот акроним расшифровывается как «сжатие-распаковка» (англ. COmpression-DECompression). Современные кодеки способны оцифровывать звук и сжимать данные со скоростями значительно ниже 64 Кбит/сек.

согласен будет за неё платить. Миллионы зарегистрированных абонентов сетей КТВ, похоже, вполне довольны кабельной модемной Интернет-связью. По последним оценкам, в США кабельной модемной связью (далее по тексту - КМС) пользуется около 5 млн. абонентов сетей КТВ. В Европе этот показатель пока ещё несколько ниже, но неуклонно растёт.

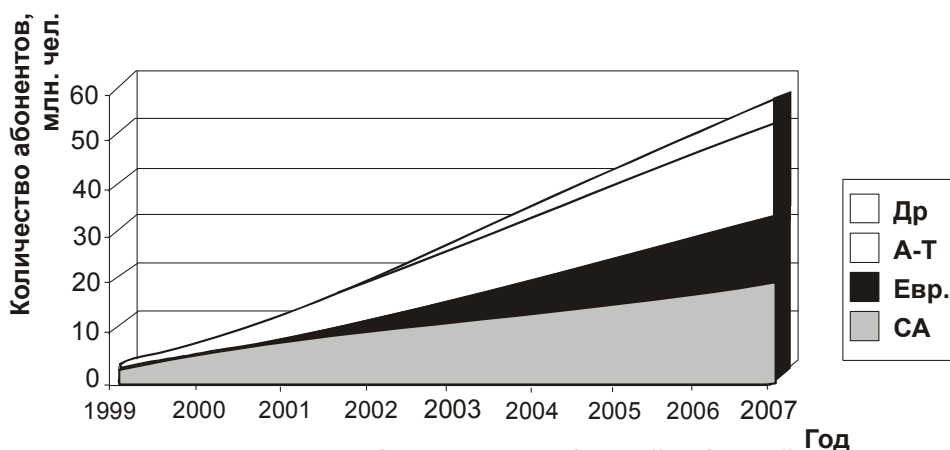


Рис.8 Диаграмма потребления услуг кабельной модемной связи в различных регионах планеты (1999 - 2007 г.г.)

СА - Северная Америка, Евр. - Европа, А-Т - Азиатско-тихоокеанский регион, Др - другие страны.

В США рынок КМС будет постепенно насыщаться, в то время как в других странах он будет расти всё быстрее и быстрее.

На рис.9 приведена сравнительная диаграмма рынков КМС и АЦАЛ. Как видно из диаграммы, абонентов АЦАЛ больше, чем абонентов КМС. Это вполне объяснимо: предприятия малого и среднего бизнеса предпочитают АЦАЛ кабельным модемам. В основе такой позиции лежат причины преимущественно психологического характера. Дело в том, что директора предприятий не хотят подключаться к сетям КТВ, дабы у сотрудников не возникало соблазна смотреть телевидение в рабочее время. Кроме того, многие предприятия малого и среднего бизнеса расположены в промышленных районах, не охваченных сетями КТВ (для операторов КТВ эти районы крайне мало-прибыльны).

создавать электронные сети, охватывающие очень обширные территории. Если в том или ином районе нагрузка на оптоволоконные узлы становится чрезмерной, её можно выровнять с использованием таких высокоскоростных технологий, как SONET (Synchronous Optical Network – синхронная оптическая сеть), ATM (Asynchronous Transfer Mode – асинхронный режим передачи) или WDM (Wavelength-Division Multiplexing – спектральное уплотнение). Схема такого территориального распре-

Джошуа Уайз, старший аналитик компании ABI по вопросам КМС, отмечает, что спрос на услуги КМС не упал даже после трагедии 11 сентября 2001 года. Люди жаждут информации сильнее, чем когда бы то ни было, и хотят получать её быстро и оперативно. По прогнозам Уайза, когда в США закончится период экономического спада, потребление услуг КМС значительно возрастет.

На рис.8 приведена диаграмма потребления ус-

Некоторых абонентов беспокоит, что сеть КМС обслуживает довольно большое количество пользователей посредством общей передающей среды. Они считают, что при одновременном подключении к сети большого числа пользователей скорость передачи данных упадет. В принципе они правы, но лишь отчасти. Скорость действительно снижается, но снижение это практически неощутимо. Кроме того, МСО прекрасно осознают, что

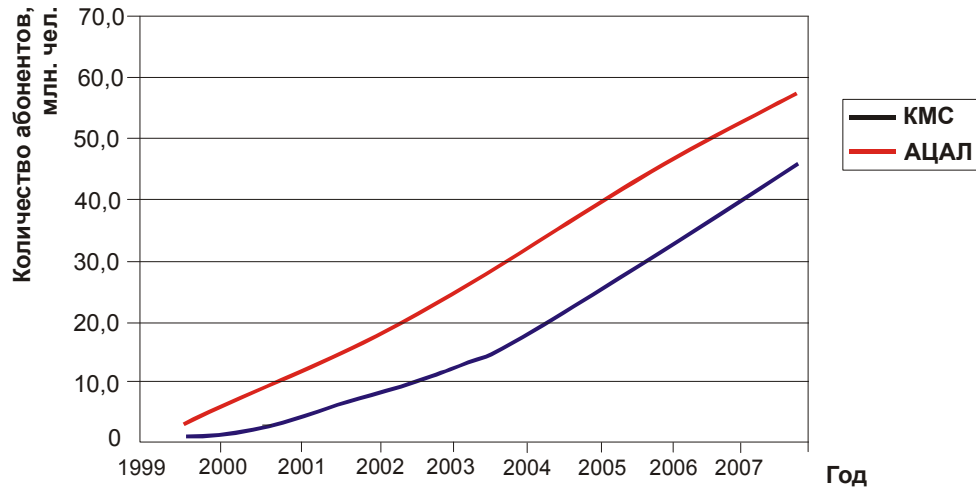


Рис.9 Сравнительная диаграмма рынков потребления услуг кабельной модемной связи (КМС) и асимметричных абонентских цифровых линий (АЦАЛ) (1999 - 2007 г.г.)

такая проблема существует, и поэтому постоянно контролируют производительность сети. Значительного снижения скорости вполне можно избежать посредством правильного распределения каналов или, при необходимости, посредством перераспределения (выравнивания) нагрузки на оборудование. Некоторые операторы кэшируют содержимое наиболее популярных веб-сайтов и таким образом не только уменьшают время доступа к ним, но и снижают затраты на эксплуатацию Интернет-магистрالی. Многих прельщает тот факт, что АЦАЛ, при своей высокой скорости передачи данных, фактически является выделенной линией, напрямую соединяющей абонента с телефонной станцией. Это действительно так, однако сама телефонная станция подключена к обыкновенной Интернет-магистрالی общего пользования. Время получения пользователем доступа к веб-сайту зависит не только от коммуникаций «последней мили», но и от качества связи провайдера с Интернет-магистральной, от количества транзитных маршрутизаторов, через которые должны пройти данные, а также от производительности удаленного сервера.

Поскольку, как уже упоминалось выше, любой кабельный модем принимает нисходящий трафик с данными, предназначенными для *всех* абонентов, подключенных к одному и тому же магистральному кабелю, многих потенциальных абонентов КМС беспокоит проблема безопасности данных. Это, однако, вопрос более чем спорный. Технология шифрования данных, предусмотренная спецификациями DOCSIS, вполне надежно защищает данные от несанкционированного доступа. Проблема защиты данных в сети КМС стоит не более и не менее остро, чем в АЦАЛ.

Апрель 2006г.

