

Глеб Высоцкий

# Спутниковая связь: дорого или дешево?

Общаясь с потенциальными клиентами, мы зачастую сталкиваемся с полярными мнениями о стоимости услуг спутниковой связи, от «безумно дорого» до «почти бесплатно». В этой статье мы постараемся «на пальцах» объяснить, как работает спутниковая связь и каким образом формируются прайсы спутниковых операторов.

Чтобы подключиться к интернету традиционным способом, «по земле», необходимо воспользоваться услугами интернет-провайдера. Это оператор, который построил сеть передачи данных (в подавляющем большинстве случаев — на основе ВОЛС) и продает, в сущности, доставку трафика. После того как сеть построена, себестоимость передачи данных по ней практически равна нулю. Сеть надежная, долговечная, эксплуатация ее обходится дешево, полоса пропускания оптических кабелей заведомо больше всех мыслимых на сегодня потребностей. Поэтому стоимость интернета у «наземного» провайдера определяется в основном его входной ценой (ценой вышестоящего провайдера), а внутренний трафик сети (без выхода в интернет) обычно копеечный (у некоторых провайдеров — принципиально бесплатный).

Совершенно иная ситуация в спутниковой связи. Центральная станция сети обычно подключена к крупному узлу связи, где «входная» цена интернета очень мала. Львиная доля затрат оператора приходится на передачу данных через спутник.

## Почему спутник?

Спутниковая связь — это вид радиосвязи, т.е. связи без использования проводов. С течением времени человечеству необходимо передавать все больше информации в единицу времени на все большие расстояния. Соответственно, необходимо использовать все более высокие частоты. Если радиоволны низких частот (длинные, средние) огибают земную поверхность, то радиоволны высоких частот (ультракороткие и выше) распространяются прямолинейно, только в условиях прямой видимости. Именно поэтому передающие антенны телецентров и радиорелейных станций размещают на мачтах. Однако такие сооружения, даже самые высокие,

способны обеспечить дальность связи лишь в несколько десятков километров. Решение проблемы — использовать в качестве ретрансляторов искусственные спутники Земли.

Связь нужна постоянно и круглосуточно. Если спутник вращается вокруг Земли, рано или поздно он окажется за горизонтом, что недопустимо. Поэтому спутники связи выводятся на так называемую геостационарную орбиту (ГО), расположенную точно в плоскости земного экватора на удалении 35678 км от поверхности Земли.

❖ Спутник связи представляет собой «тупой ретранслятор», в терминологии компьютерных сетей это устройство физического уровня. Никакой обработки трафика на борту ИСЗ не происходит. Спутник принимает сигнал с Земли, переносит его на другую частоту, усиливает по мощности и отправляет обратно на Землю.

Именно на этом расстоянии сила земного притяжения такова, что спутник может двигаться по орбите с угловой скоростью, равной угловой скорости Земли. Геостационарный спутник вращается вместе с Землей, оставаясь неподвижным относительно ее поверхности.

Расстояние от Земли до геостационарного спутника огромно (почти втрое больше земного поперечника). В то же время мощность передатчиков спутника ограничена, поскольку вся его бортовая аппаратура питается от солнечных батарей (других источников энергии в космосе нет). В результате в спутниковой связи приходится иметь дело со слабыми сигналами, которые необходимо различать на фоне сильных шумов. Для решения этой проблемы используется ряд технических решений, основные из которых: применение помехоустойчивых схем модуляции, специального помехозащитного кодирования и использование остронаправленных антенн.

## Как устроен спутник

Спутник связи представляет собой «тупой ретранслятор», в терминологии компьютерных сетей это устройство физического уровня. Никакой обработки трафика на борту ИСЗ не происходит. Спутник принимает сигнал с Земли, переносит его на другую частоту, усиливает по мощности и отправляет обратно на Землю. Перенос частоты необходим, чтобы исключить воздействие мощного сигнала передатчика на вход чувствительного приемника, как в аппаратуре самого ИСЗ, так и на земных

станциях. Аппаратно спутник состоит из двух частей: платформы и полезной нагрузки. Платформа обеспечивает электропитание бортовой аппаратуры и удержание спутника в расчетной точке ГО. Полезная нагрузка состоит из набора приемопередатчиков — транспондеров. Рабочая полоса частот транспондера задается конструктивно при изготовлении спутника. Исторически сложилось так, что эта полоса равна 36 (на очень старых КА), 54 или 72 МГц. Во-первых, узкополосное устройство с заданными параметрами легче создать, чем широкополосное. Во-вторых, повышается надежность системы: при аварии одного транспондера остальные продолжают работать в штатном режиме.

## Сколько стоит спутник

Запуск спутников и собственно предоставление услуг спутниковой связи — это очень разные процессы, с точки зрения как технической, так и коммерческой. Поэтому сложилось такое «разделение труда».

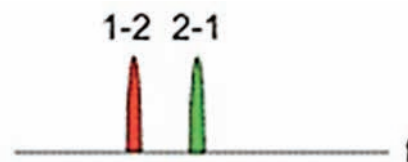
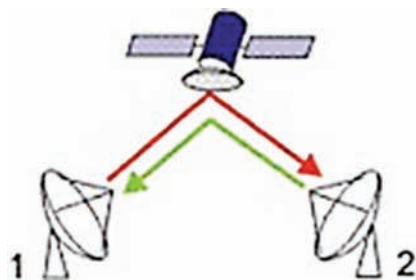


Рисунок 1. Выделенный спутниковый канал «точка-точка». Справа условно показаны частотные полосы, занимаемые на спутнике.

Одни организации являются владельцами спутников. Это крупные компании с большими финансовыми ресурсами и мощной инфраструктурой. Их немного — в нашей стране всего две: ФГУП «Космическая связь» и ОАО «Газпром космические системы». Они заказывают и финансируют постройку спутников и запуск их на ГО, обеспечивают повседневную эксплуатацию: мониторинг и коррекцию положения на орбите, управление работой бортовых систем. Другие организации — операторы спутниковой связи — используют спутники для предоставления услуг своим клиентам. Для этого они арендуют у владельца спутника частотный ресурс, т.е. право занять своим сигналом определенную полосу частот на том или ином КА. Операторов спутниковой связи много — в России, пожалуй, несколько сотен. Это могут быть как крупные компании с большой и сложной наземной инфраструктурой, так и совсем небольшие, с двумя или даже с одной (ТВ- и радиовещание) земной станцией.

Итак: бизнес владельца спутника: построить спутник, запустить его, сдавать в аренду его частотный ресурс. Бизнес оператора: купить полосу частот на спутнике, построить земные станции спутниковой связи, продать клиентам услуги связи через спутник.

Постройка спутника связи и вывод его на ГО стоит порядка \$200 млн. Средний срок жизни спутника — 10 лет. КА иностранного производства обычно «живут» на орбите дольше расчетного срока, до 12-15 лет. А отечественные спутники, к сожалению, не доживают «до пенсии» и выходят из строя частично или полностью на пятом-седьмом году эксплуатации.

КА так называемого «тяжелого» класса могут иметь на борту до 80 «условных» транспондеров по 36 МГц, что эквивалентно общей полосе 2880 МГц. Для справки, ширина всего Ку-диапазона — 2050 МГц, при «двойном» использовании частот при работе в двух ортогональных поляризациях теоретически можно получить эквивалентную полосу 4100 МГц. В диапазоне С эквивалентная полоса существенно меньше — всего 1600 МГц.

Стоимость аренды 1 МГц полосы на спутнике для «оптовых покупателей» (крупных операторов) составляет в среднем \$3 тыс. в месяц. Нетрудно посчитать, что такая

цена обеспечивает окупаемость только постройки и запуска спутника через 3-4 года, не считая затраты на строительство наземной инфраструктуры (контрольных станций, центров управления полетом) и повседневную эксплуатацию КА.

### «Золотое правило» связи.

Теперь постараемся проследить, как стоимость 1 МГц для оператора трансформируется в стоимость 1 Мбит/сек для его клиента.

Возможности связи ограничены законами физики. Существуют две формулы, научно доказанные теоремы, которые связывают пропускную способность канала связи с его энергетикой и полосой частот.

Формула Шеннона:

$$C = B \log_2 (1 + \text{SNR}),$$

где:

C — количество информации, которое необходимо передать в единицу времени (битов/секунду);

B — полоса частот, занимаемая сигналом, Гц;

SNR — отношение мощности сигнала к мощности шумов в полосе B.

Формула Найквиста:

$$C = 2B \log_2 M$$

где C и B — те же величины, что и в предыдущей формуле, а M — число возможных состояний (символов), которые может принимать сигнал.

❖ Формулы Шеннона и Найквиста в связи имеют примерно такое же значение, что и «Золотое правило» в механике: никакой механизм — ни рычаг, ни блок, ни редуктор — не дает выигрыша в работе

Обе формулы определяют одно и то же качественное соотношение. Можно увеличить количество передаваемой в секунду информации, используя сигнал, принимающий много разных состояний. Однако, чем больше возможных состояний, тем сложнее отличить их друг от друга на фоне шумов. Например, в слуховом телеграфном канале (азбука Морзе) сигнал принимает всего два состояния — посылка и пауза, их легко отличить друг от друга даже на сильно зашумленном канале, однако скорость передачи «морзянкой» невелика. Более сложный сигнал, например тонального на-

бора номера (DTMF), может принимать дюжину разных состояний, поэтому позволяет передать цифру быстрее, чем «морзянкой», но различить цифры в условиях сильных шумов намного сложнее.

Формулы Шеннона и Найквиста в связи имеют примерно такое же значение, что и «Золотое правило» в механике: никакой механизм — ни рычаг, ни блок, ни редуктор — не дает выигрыша в работе. Прикладываешь меньше усилие — значит, проделываешь больший путь; увеличиваешь вращательный момент — уменьшаешь угловую скорость. Попросту говоря: «халявы» в технике не бывает. Чтобы увеличить скорость передачи информации в реальном канале связи, необходимо либо увеличить мощность передатчика, либо уменьшить шумы на входе приемника, либо расширить занимаемую сигналом полосу частот.

Применительно к спутниковой связи это правило имеет весьма определенное коммерческое значение, которое напрямую связывает стоимость услуги (она определяется стоимостью аренды полосы на спутнике) и стоимость подключения (размер антенны и мощность передатчика земной станции). В общем случае зависимость обратная. Можно занять на спутнике 1 МГц полосы и передавать в нем 1 Мбит/с, используя малоинформативную, но хорошо защищенную от помех модуляцию (например, QPSK — 4 символа,

2 бита одной посылкой). Для этого будет достаточно (для примера) антенн диаметром 2 м и передатчиков мощностью 4 Вт. В той же полосе 1 МГц, то есть за те же деньги, можно передавать 2 Мбит/с, используя более информативную модуляцию (например, 16QAM — 16 символов, 4 бита одной посылкой). Но она требует большего соотношения сигнал/шум, поэтому потребуются 5-метровые антенны и 16-ваттные передатчики.

Следует сказать, что эта зависимость работает в ограниченных диапазонах значений. Между двумя земными станциями

существует еще спутник, характеристики которого изменить невозможно. Мощность транспондера ограничена возможностями «солнечной электростанции» КА и составляет, как правило, не более 100-150 Вт. Полоса частот транспондера конструктивно ограничена (как правило, значением 72 МГц). Усиление антенны спутника нельзя увеличивать, т.к. при этом уменьшилась бы ширина ее диаграммы направленности, а следовательно, размер зоны обслуживания. Поэтому даже если использовать на Земле станции со сколь угодно большими антеннами и мощными передатчиками, невозможно передать в полосе одного транспондера поток со скоростью больше некоторого определенного значения. Теоретически это около 350 Мбит/с, фактически автору известен пример передачи максимум 130 Мбит/с.

**SCPC — «классическая» технология спутниковой связи**

Технология SCPC (Single Channel per Carrier — один канал на несущую) используется для организации выделенного спутникового канала «точка-точка». На спутнике выделяются две полосы частот: одна для работы станции 1 в направлении станции 2, вторая для работы станции 2 в направлении станции 1. В такой системе каналообразующими устройствами являются спутниковые модемы: они осуществляют преобразование последовательных данных в радиочастотный сигнал и обратно, а также помехозащитное кодирование передаваемых данных.

Основные преимущества технологии SCPC — гарантированная скорость и высокая готовность канала. Выделенные на спутнике полосы частот «монопольно» занимают парой модемов, поэтому в любой момент времени им доступна вся полоса канала. Недостаток — низкая эффективность использования спутникового ресурса. Независимо от того, имеется ли в данный момент потребность в передаче, выделенные полосы частот зарезервированы за станциями 1 и 2 и не могут быть использованы кем-то другим. Оператор связи будет платить за аренду полос на спутнике независимо от реальной загрузки канала. Поэтому операторы стараются арендовать полосы минимально необходимой ширины.

Для SCPC не существует «коробочных» решений, «комплектов» оборудования и «прайсов» на услуги. Для каждого клиента оператор разрабатывает индивидуальное решение, исходя из его задач связи и приоритетов. Соотношение цены подключения и стоимости услуги определяется «золотым правилом»: надо дешевую услугу — строй громоздкие и дорогие ЗС; нужно подключиться с дешевыми и компактными

ЗС — готовься платить за услугу дорого. Для примера, двунаправленный синхронный канал E1 (2x2048 кбит/с) между ЗС оператора с антенной 4,5 м и передатчиком 50 Вт и ЗС клиента с антенной 1,8 м и передатчиком 8 Вт через российский спутник связи будет стоить 350-400 тысяч рублей в месяц. Эту стоимость можно снизить вдвое, но для этого на площадке клиента надо установить ЗС с антенной 3,8 м и передатчиком 16 Вт.

Модем SCPC стоит от \$4 тыс. до \$10 тыс. Функционально модем — намного более простое устройство, чем, скажем, абонентский терминал для сетей VSAT. Конструктивно он намного сложнее, т.к. в нем реализовано множество разных режимов работы и сервисных функций, повышены требования к его надежности и стабильности параметров. Стоимость твердотельных спутниковых передатчиков увеличивается в геометрической прогрессии с ростом их мощности: 2 Вт — около 10 т.р., 4 Вт — 30 т.р., 8 Вт — 240 т.р. Примерно в такой же зависимости находятся цена и диаметр антенн ЗС: антенна 1,2 м стоит порядка 10 т.р., 1,8 м — около 40 т.р., 2,4 м — 100 т.р., 3,8 м — от 700 т.р. Кроме того, чем больше размеры и вес антенны, тем сложнее и дороже проектные и общестроительные работы по ее установке. Для использования частот по технологии SCPC мало арендовать их у владельца спутника, нужно получить частотное присвоение в государственном комитете по радиочастотам (ГКРЧ). В результате стоимость организации канала SCPC «под ключ» для самых скромных задач составит от \$30-35 тысяч на один конец.

Каналы SCPC в настоящее время активно используются, в основном, операторами телефонной связи. Например, сотовые операторы подключают по SCPC удаленные базовые станции. Обычно такая компания сама является магистральным спутниковым оператором. Она строит одну или несколько «узловых» ЗС, привязанных к наземной инфраструктуре компании, с большой антенной и мощным передат-

чиком, которые совместно используются для нескольких модемов — по одному на каждое направление. На удаленном объекте строится ЗС с антенной меньшего размера, передатчиком меньшей мощности и одним модемом. Например, такие спутниковые сети имеют «ВымпелКом» («Билайн») и «МегаФон». Реже каналы SCPC используют более или менее крупные интернет-провайдеры. Как правило, они сами не являются спутниковыми операторами, а получают услугу от стороннего магистрального оператора (например, от компании «Сатис-ТЛ-94»). Такие компании потребляют много услуг, и у них есть резон сократить ежемесячные платежи за связь, построив дорогие и сложные ЗС.

Однако связь на удаленных объектах нужна огромному числу потребителей с более скромными потребностями: доступ в интернет для нескольких ПК, подключение одного или нескольких телефонов, сбор телеметрической информации. Это газовики и нефтяники, строители, энергетики, а в последнее время все чаще — частные лица, живущие вдали от телекоммуникационных «благ». Для их задач SCPC непригодна. Подключение дорогое, окупить его за счет экономии на услугах нереально, т.к. объемы потребления услуг невелики. Трафик интернета и телефонии — пульсирующий, с ярко выраженными пиками и паузами. Покупка узкого канала резко снизит скорость доступа в пиках. Канал, рассчитанный на пиковые скорости, будет неадекватно дорогим, т.к. большую часть денег абонент будет платить за простой канала в паузах. Для таких абонентов предназначена другая технология спутниковой связи — VSAT.

**Как работает VSAT**

VSAT (Very Small Aperture Terminal — абонентская станция с антенной очень маленького размера) — это технология сетей спутниковой связи с топологией «звезда» и совместным использованием одного частотного ресурса на спутнике множеством абонентов. Центром «звезды» является

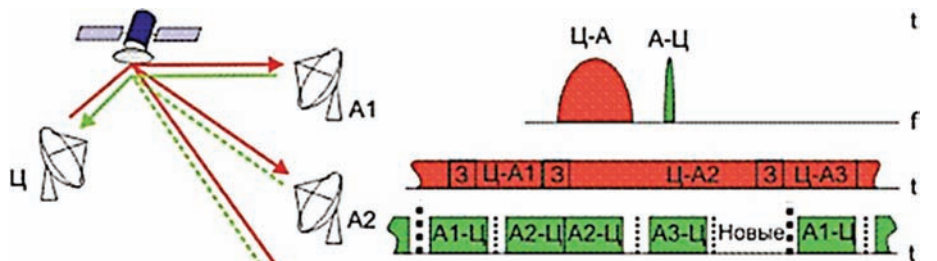


Рисунок 2. Сеть спутниковой связи TDM/TDMA. Справа сверху условно показаны полосы частот, занимаемые на спутнике центральной и абонентскими станциями, ниже — временная структура нисходящего и восходящего цифровых потоков.

центральная земная станция спутниковой связи (ЦЗССС) или «хаб» (от слова hub — ступица). Хаб оборудован антенной большого размера (как правило, от 4,5 м), мощным передатчиком (обычно 200 Вт и более), интеллектуальной системой управления и подключен высокоскоростными наземными каналами к глобальным сетям (интернет и телефонная сеть общего пользования).

Совместный доступ абонентов к спутниковому ресурсу организован по принципу TDM/TDMA. TDM — Time Division Multiplexing, разделение по времени. Time Division Multiple Access — множественный доступ с разделением по времени, или попросту поочередный доступ. В сети с «чистой» TDM/TDMA независимо от количества абонентских станций (терминалов) используются только две частоты: на передачу от ЦЗССС к абонентским терминалам и на передачу от всех абонентских терминалов к центральной станции. Данные от ЦЗССС для всех абонентов передаются на одной несущей, в едином цифровом потоке с разделением по времени. Чтобы абонентские станции «не перепутали», где чьи данные, поток делится на блоки, каждый из которых имеет «персональный» заголовок. С обратным направлением несколько сложнее. Две абонентские станции не могут работать на передачу на одной частоте одновременно — такой сигнал невозможно принять и декодировать. Поэтому абонентские терминалы передают по очереди, не постоянно, а отдельными пачками, «вспышками». Такой режим передачи называется burst mode (от слова burst — вспышка). Чтобы вспышки разных терминалов не совпали по времени, каждый из них передает не когда попало, а только в назначенные ему персональные промежутки времени — тайм-слоты. Поскольку абонентские терминалы в сети TDM/TDMA «не видят» друг друга, организацией их передач занимается ЦЗССС. Кроме персональной информации, она передает абонентским терминалам сигналы временной синхронизации и команды, которыми назначает той или иной станции те или иные тайм-слоты. Назначая разным станциям большее или меньшее количество тайм-слотов в каждом кадре, хаб гибко перераспределяет между абонентскими станциями как полосу приема, так и полосу передачи. Если абоненту необходим выделенный канал, для него может быть зарезервировано фиксированное количество тайм-слотов в каждом кадре. Тайм-слоты, оставшиеся от выделенных каналов, перераспределяются между станциями, которым гарантированная скорость не нужна. Эти абоненты получают скорость обратно пропорциональную мгновенной загрузке канала. Если терминал выключен, его тайм-слоты отдаются остальным.

У технологии TDM/TDMA в чистом виде

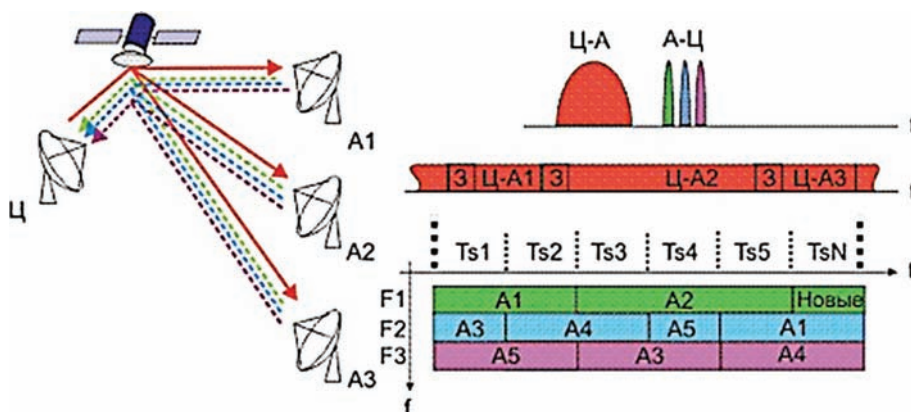


Рисунок 3. Сеть спутниковой связи VSAT (TDM/MF-TDMA). Полосы частот, занимаемые на спутнике передачами центральной станции и абонентских станций. Временная структура сигнала TDM, передаваемого центральной станцией. Принцип распределения частотных каналов/тайм-слотов для передач абонентских станций.

есть серьезный недостаток — повышенные требования к энергетике абонентских станций. Раз терминал работает в burst mode, во время вспышки он должен передавать со скоростью в несколько раз большей, чем если бы он передавал постоянно. Соответственно возрастают требования к размеру антенны и мощности передатчика. Поэтому в обратном канале современных сетей VSAT используется модифицированный принцип MF-TDMA — Multi-Frequency TDMA, многочастотный поочередный доступ. Весь обратный канал, предназначенный для передачи от абонентских терминалов к ЦЗССС, поделен на несколько узких частотных «каналчиков». Несколько абонентских станций могут одновременно работать на разных «каналчиках». Скорость передачи при этом уменьшается пропорционально количеству таких «каналчиков». Увы, ничего в технике не дается даром — чтобы снизить требования к энергетике абонентских терминалов, пришлось увеличить интеллектуальность оборудования. Во-первых, в распоряжении хаба теперь оказался уже не «одномерный» кадр, а «двумерная таблица»: по горизонтали — тайм-слоты кадра, по вертикали — частотные «каналчики». И теперь перераспределяются уже не тайм-слоты, а ячейки таблицы «тайм-слот — частота». Во-вторых, «поумнел» и абонентский терминал: ему пришлось научиться быстро прыгать с одной частоты на другую от вспышки к вспышке.

Наконец, последнее техническое решение, направленное на снижение энергетики (и стоимости) абонентских станций VSAT, — использование схем модуляции и помехозащитных кодов, разработанных для цифрового спутникового телевидения DVB-S/S2. В DVB (Digital Video Broadcasting — цифровое телевизионное вещание) передается цифровое видео, сжатое по алгоритму MPEG-2 (в последнее время все больше — в MPEG-4). Это приложение, очень чувствительное к ошибкам

в канале связи: прием одного ошибочного бита может привести к неправильному декодированию или потере целого кадра или даже нескольких кадров изображения. Поэтому для передачи цифровых телевизионных программ через спутники используются очень устойчивые к помехам схемы модуляции и эффективные помехозащитные коды.

«Скрещивание» спутникового телевидения DVB и технологии спутниковой связи TDM/MF-TDMA позволило сделать абонентский терминал еще компактнее и еще дешевле. Опять-таки, не бесплатно. Мощные помехозащитные коды предполагают большую избыточность передаваемой информации — кроме полезных данных, передаются специальные контрольные биты, по которым обнаруживаются и исправляются ошибки. Избыточность в сетях VSAT составляет до 17% полосы. По этой причине VSAT плохо пригодны для крупных потребителей трафика.

У сетей VSAT есть ряд достоинств. Во-первых, абонентские терминалы дешевы, просты и компактны. Во-вторых, каждому абоненту не нужно получать отдельное частотное присвоение и арендовать отдельную полосу на спутнике — это уже сделал оператор, достаточно заключить с ним договор на услуги связи. Наконец, система позволяет абонентам с одним и тем же оборудованием получить каналы с разными скоростями и с разным качеством.

Однако для работы сети VSAT нужен хаб с антенной 4,5-7 метров, мощный передатчик и надежный высокопроизводительный управляющий компьютер. Стоит все это очень дорого, поэтому такие сети эффективны лишь при количестве абонентских станций от нескольких десятков до тысяч.

### Как тарифицируются услуги сетей VSAT

Итак, оператор спутниковой сети VSAT строит дорогой хаб и покупает на спутнике частотный ресурс, который стоит, как

мы выяснили, недешево. Абоненты сетей VSAT — небольшие компании, отдельные филиалы и даже частные лица, которые не готовы платить за услуги большие деньги. Чтобы окупить затраты и получить прибыль, оператор сети VSAT подключает множество абонентов к одному и тому же каналу связи. А чтобы они могли получать нужные им услуги с требуемым качеством, гибко мультиплексирует их трафик, вводя ряд технических и коммерческих ограничений, которые определяются тарифными планами.

Каждый оператор разрабатывает свою линейку тарифных планов, исходя из своей политики продаж. Хотя разные операторы используют одну и ту же технологию VSAT и даже зачастую одинаковое оборудование, одни из них предпочитают предоставлять услуги исключительно бизнесу («Вымпел-Ком», «Эквант»), а другие — максимально широкому кругу потребителей, включая частных лиц (например, Altegrosky). Тарифные планы для разных групп потребителей отличаются. Однако поскольку принципы ценообразования одинаковы, можно выделить характерные группы тарифных планов, в том или ином виде присутствующие у большинства операторов.

Наиболее востребованные услуги — доступ в интернет и телефония.

**Доступ в интернет без гарантированной скорости с подсчетом трафика (или с предоплаченным трафиком).** Суть услуги: абоненту предоставляется доступ к общему разделяемому («расшаренному») каналу. Как правило пропускная способность канала (т.е. максимально возможная скорость) составляет 2 Мбит/с на прием и 512 кбит/с на передачу. Реальное, мгновенное значение скорости не гарантируется и может «плавать» от нуля до максимального значения в зависимости от нагрузки в сети. Поскольку трафик интернета пульсирующий, большую часть времени абонент работает так, как если бы он был в канале один. Дискомфорт ощущается только в моменты, когда пики трафика нескольких абонентов совпадают. Естественно, чем больше абонентов работает в канале, тем больше вероятность такой ситуации.

Зарубежные операторы обычно заявляют количество абонентов, использующих один расшаренный канал — например, 10 или 20. Естественно, подключение к каналу Share 10 дороже, чем к Share 20 при тех же значениях скоростей. Российские операторы умалчивают о количестве абонентов в разделяемом канале, но иногда гарантируют некие средние показатели, например обещают, что среднее значение скорости в течение суток будет не менее 30% от максимальной.

Качество такого интернета вполне сравнимо с качеством городской «выделенки». Это самые популярные тарифные

планы для индивидуальных пользователей и небольших компьютерных сетей. Они не годятся для провайдеров и для абонентов, использующих приложения реального времени, например видеоконференцсвязь или видеонаблюдение.

Абоненты, работающие на таких тарифных планах, совместно используют общий выделенный канал, соответственно, их совокупные платежи должны быть соизмеримы с платой за этот канал, а мерой их участия в этих платежах является объем потребленного трафика. Как правило тарифными планами этой группы предусмотрена минимальная абонентская плата, которая уже включает некоторый объем (лимит) трафика. Если фактически потребленный объем не превысил предоплаченного, минимальная плата все равно списывается с лицевого счета клиента. Трафик сверх лимита оплачивается помегабайтно. Обычно тарифицируется суммарный трафик, входящий и исходящий. В среднем стоимость 1 Мбайта — 2,00...2,50 рубля.

**Доступ в интернет с гарантированной скоростью без подсчета трафика.** Клиенту предоставляется виртуальный выделенный канал с фиксированной скоростью, как правило небольшой (от 32 до 512 кбит/с). От настоящего физического выделенного канала (SCPC) он отличается тем, что полоса выделяется клиенту не постоянно, а только когда в ней есть необходимость, т.е. когда станция клиента активна и принимает/передает данные. В принципе, клиент работает в разделяемом канале так же, как и на предыдущем тарифном плане, только теперь ему в пределах общего канала выделяется персональная полоса с минимальной гарантированной скоростью (она же и максимально возможная).

Тарифные планы этой группы используются крайне редко. Обычно — небольшими региональными провайдерами, у которых нет возможности построить 3С SCPC. Либо для видеонаблюдения за удаленными объектами, когда передача картинки необходима в онлайн-режиме, постоянно и круглосуточно.

За редкими исключениями тарифные планы с гарантированной скоростью предполагают фиксированную абонентскую плату без подсчета трафика. Сумма ежемесячного платежа зависит от значения скорости и в среднем составляет 100 000...120 000 рублей в месяц в пересчете на 1 Мбит/сек.

**Доступ в интернет с гарантированной минимальной скоростью и подсчетом трафика.** Представляет собой комбинацию описанных выше двух способов доступа. В пределах разделяемого общего канала клиенту выделяется полоса с минимальной гарантированной скоростью. Кроме того, если текущая загруженность

сети позволяет, клиент может получить мгновенную скорость в несколько раз больше гарантированной. Например, подключение с минимальной гарантированной скоростью 128 кбит/с и максимально возможной — 2 Мбит/с.

Тарифы этой группы ориентированы на провайдерские узлы, на большие компьютерные сети, а также на клиентов, использующих доступ в интернет с корпоративной IP-телефонией или видеонаблюдением.

Система оплаты также комбинированная: клиент ежемесячно вносит фиксированную плату (за гарантированный канал), кроме того, оплачивает трафик.

### «Групповой» канал с гарантированной скоростью

Это специфический тарифный план для корпоративных клиентов, имеющих не одну, а несколько абонентских станций. Такому клиенту предоставляется канал с гарантированной скоростью, который используется совместно всеми его станциями с разделением по времени. Таким образом, внутри «большой» сети VSAT создается виртуальная «маленькая» сеть, в которой каждая станция работает без гарантированной скорости.

Тариф предполагает фиксированную ежемесячную плату, соизмеримую с платой за выделенный канал для одной станции.

Этот тарифный план удобен для проведения видеоконференций в режиме селекторного совещания. Центральный офис клиента как правило размещается в крупном городе и подключается к интернету высокоскоростными наземными каналами, а удаленные филиалы — через VSAT. Руководитель в центральном офисе видит на экране монитора своих подчиненных поочередно из каждого филиала, а все филиалы одновременно видят руководителя. В любой момент времени только одна абонентская станция занимает в сети полосу, соответствующую передаче видео. Как только руководитель переключается на другой филиал, эта полоса отдается другой станции. В то же время каждая станция получает гарантированную скорость, необходимую для передачи картинки с требуемым качеством. Все участники совещания могут одновременно слышать друг друга, т.к. для передачи голоса достаточно совсем небольшой полосы.

**FAP (Fair Access Policy — политика справедливого доступа).** Это группа безлимитных тарифов. Они предполагают подключение к разделяемому каналу без гарантированной скорости. Кроме того, максимально возможная скорость динамически снижается в зависимости от объема трафика, потребленного абонентом в расчетном периоде.

Тариф предполагает фиксированную абонентскую плату, размер которой зависит от начальной скорости и/или от порогового объема. Например, с 1-го числа месяца абоненту предоставляется доступ с максимально возможной скоростью 2 Мбит/с. Лимита трафика нет, отключения не происходит, но при достижении какого-то определенного объема, например 4 Мбайта, максимально возможная скорость снижается вдвое, при двойном превышении порога — 8 Мбайт — вчетверо и т.д. Таким образом, если клиент не «борзет» и работает в пределах порогового объема по своему тарифному плану, он сохраняет комфортность работы до конца расчетного месяца. Если он «зарывается», оператор ему «подрезает крылья», делая работу все менее комфортной. В конечном счете объем потребляемого трафика ограничивается: подсчет его не ведется, полного отключения не происходит, но работа становится такой медленной, что много и не накачашь.

Тарифные планы с FAP очень удобны для пользователей — физических лиц. Они позволяют спланировать затраты на интернет. Клиент уверен, что в результате неумеренного интернет-аппетита некоторых членов семьи не придет астрономический счет от оператора, а сервис никогда не отключится полностью. Кроме того, FAP создает приятную иллюзию «безлимита».

Использование таких тарифов в системах коммерческого назначения опасно: из-за перерасхода трафика может резко снизиться качество интернета, вплоть до невозможности использовать какие-то важные приложения (обмен документами, репликация баз данных и т.п.).

**Безлимитные тарифы с ограничением скорости.** Это тарифные планы для самых экономных пользователей. Предоставляется доступ в разделяемом канале без гарантированной скорости. Кроме того, максимально возможная скорость изначально устанавливается очень низкой, например 64 кбит/с. То есть фактическая скорость у такого клиента будет непредсказуемо «плавать» от 64 кбит/с до нуля.

Работа на таком тарифном плане всегда дискомфортна из-за низкого потолка скорости. К этой проблеме добавляется еще одна — возрастают задержки. Сервер хаба старается ни в коем случае не терять IP-пакеты, поступающие на передачу абонентским станциям. Если в момент прихода пакета нет возможности передать его немедленно, т.к. канал полностью загружен, хаб ставит пакет в очередь и ждет, когда появится просвет для его передачи. В первую очередь передаются пакеты привилегированных абонентов (с гарантированной скоростью), во вторую — «равноправных» абонентов без ограничения скорости,

и только потом — пакеты абонентов с «подрезанной» скоростью. К физической задержке спутникового канала (0,24 сек) добавляется задержка на ожидание, которая может составлять до 3 секунд (!). Это делает веб-серфинг крайне дискомфортным, а работу некоторых приложений (например, Skype) — невозможной.

**Каналы с гарантированной скоростью и почасовой оплатой.** Это тарифы, специально предназначенные для видеоконференций и телемостов. Передача видео — специфическая задача, она требует канала с гарантированной скоростью, причем довольно высокой — от 128 кбит/с до 1,5 Мбит/с. Оператору приходится серьезно поработать, чтобы «уплотнить» на время всех остальных клиентов и «разгрести» необходимую полосу. Поэтому аренда такого канала стоит очень дорого. С другой стороны, услуга нужна клиенту не постоянно, а только на время конференции, например по 2 часа 4 раза в месяц. Ему нет смысла оплачивать месяц работы с гарантированной скоростью, а оператору — постоянно держать полосу в резерве под этого клиента, лучше использовать ее в интересах других абонентов. Поэтому такие каналы предоставляются временно, по заранее согласованному плану, и предполагают почасовую оплату. Стоимость часа зависит от скорости на прием и передачу.

**Передача данных внутри сети (без доступа в интернет).** Хотя за технологией VSAT уже прочно закрепилось название «спутниковый интернет», чуть ли не половине клиентов сетей VSAT собственно доступ во всемирную сеть интернет не нужен. Их интересует корпоративная связь: телефония, обмен документами, банковские транзакции, телеметрия, видеонаблюдение, видеоконференцсвязь и т.п. При этом трафик клиента локализован внутри спутниковой сети, канал связи с интернетом самого спутникового оператора не используется. В силу особенностей спутниковой связи стоимость услуги доступа в интернет через спутник и передачи данных внутри сети почти одинакова. У большинства операторов эти услуги вообще не различаются. Но у некоторых предусмотрены отдельные тарифы — передача данных внутри сети на 5...20% дешевле.

### IP-телефония

Необходимо оговориться, что IP-телефония для абонента VSAT может быть организована как средствами оператора сети VSAT, так и средствами самого абонента. В первом случае спутниковый оператор предоставляет абоненту отдельную услугу, качество которой он гарантирует и которую отдельно тарифицирует. Во втором случае абонент получает только услугу доступа в интернет, а через интернет самостоятельно подключает телефоны. Для

этого он может заключить договор с любым оператором IP-телефонии («Арктел» и т.п.) либо подключиться к IP-АТС или голосовому шлюзу в своем центральном офисе. В этом случае оператор VSAT не различает голосовой трафик абонента и тарифицирует его наравне с другим трафиком интернета. Но и качество прохождения голоса через спутниковый канал не гарантируется — оно соответствует качеству связи по Skype. Все изложенное ниже относится только к первому случаю.

Ежемесячные платежи за телефонию складываются из трех частей:

- **Плата за поддержку голосового соединения.** Вносится только в том случае, если клиент использует доступ в интернет без гарантированной скорости. В этом случае мгновенная скорость в канале не гарантируется и может кратковременно снижаться теоретически до нуля. Однако для передачи голоса необходима гарантированная скорость, хоть и небольшая (16...32 кбит/сек, в зависимости от используемого кодека). Поэтому клиенту предоставляется дополнительная услуга — гарантированная скорость только на время звонка. При подъеме трубки для его абонентской станции автоматически резервируется полоса 16 кбит/с, при опускании трубки она немедленно распределяется между всеми другими абонентами сети. Эта услуга требует от оператора определенного «напряга», поэтому за нее взимается фиксированная ежемесячная плата — как правило 900...2500 рублей.

- **Плата за пользование абонентской линией.** Оператор предоставляет клиенту телефонный номер, который он, в свою очередь, арендует у другого оператора — фиксированной телефонной связи. Пользование городской телефонной линией предполагает ежемесячную абонентскую плату, небольшую — около 150 рублей в месяц

- **Плата за телефонный трафик,** т.е. поминутная оплата телефонных разговоров. Для передачи голосового трафика используются каналы интернета, которые в общем случае дешевле традиционных телефонных каналов. Конкретная стоимость зависит от направления, но в любом случае она в 1,5-2 раза ниже стоимости обычного межгорода. Прейскурант на разговоры с разными городами, регионами и странами можно найти на сайтах операторов или запросить у них по электронной почте.

Тарифы на телефонию у большинства операторов сетей VSAT предполагают ежемесячный минимальный платеж, включающий предоплаченный трафик. Если клиент в расчетном месяце не израсходовал предоплаченный трафик, сумма минимального платежа все равно списывается с его счета. Если он перерасходовал предоплаченный трафик, ему выставляется счет на доплату. ■