

Модернизация сетей доступа в эпоху NGN

Б.С. ГОЛЬДШТЕЙН, заведующий кафедрой ГУТ, заместитель директора ЛОНИИС, доктор технических наук, О.П. ОРЛОВ, заместитель генерального директора ОАО "Уралсвязьинформ", А.Т. ОШЕВ, директор департамента стратегического развития, Н.А. СОКОЛОВ, ведущий научный сотрудник ЛОНИИС, кандидат технических наук

Роль сети доступа в инфокоммуникационной системе

Существует несколько моделей инфокоммуникационной системы. Модель, показанная на первом рисунке, предложена международным союзом электросвязи (МСЭ). Она позволяет четко определить место сети доступа в инфокоммуникационной системе.

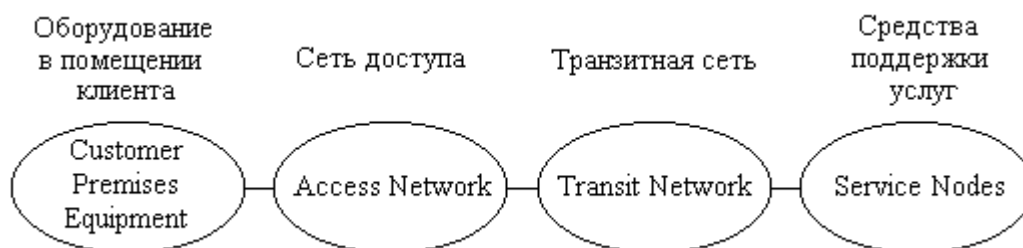


Рис. 1. Модель инфокоммуникационной системы, предложенная МСЭ

Примером оборудования в помещении абонента может быть как обычный телефонный аппарат (квартирный сектор), так и сложный комплекс аппаратно-программных средств – учрежденческая АТС (УАТС), локальная сеть Ethernet и прочее оборудование (производственный сектор). В первом случае функции элемента "Сеть доступа" может выполнять абонентская линия, представляющая собой двухпроводную физическую цепь. Во втором случае в состав сети доступа (для существующей системы электросвязи) должны входить:

- цифровой тракт Е1 (или несколько таких трактов) для подключения УАТС в местную телефонную сеть;
- цифровой тракт, поддерживающий стек протоколов TCP/IP, для включения локальной сети в Internet;
- арендуемые линии, если они необходимы для включения того оборудования, которое не использует сеть телефонной связи или Internet.

Элемент "Транзитная сеть" также может состоять из различных технических средств. В первом случае речь идет о телефонной сети общего пользования (ТФОП). Во втором случае этот элемент состоит, по крайней мере, из двух коммутируемых (вторичных) сетей: ТФОП и Internet. "Размеры" транзитной сети зависят от типа соединения. Для внутривыделенного соединения транзитная сеть "вырождается" в районную АТС (РАТС). При установлении международного соединения в состав транзитной сети, кроме РАТС, входят автоматические междугородные телефонные станции (АМТС) и международные центры коммутации (МЦК).

Словосочетание "средства поддержки услуг" относится к устройствам, которые могут значительно различаться по своим функциональным возможностям. Вероятно, простейшим примером может считаться автоинформатор, а одним из самых сложных – современный Контакт центр.

Основное назначение сети доступа – обеспечение надежной и качественной связи между всеми видами оборудования, установленного в помещении потенциальных клиентов Оператора, и соответствующими транзитными сетями. Эволюция трех элементов инфокоммуникационной системы – "Оборудование в помещении клиента",

"Транзитная сеть" и "Средства поддержки услуг" – привели к необходимости качественной модернизации сети доступа. Этот процесс требует серьезного анализа, начать который целесообразно с технологических аспектов.

Телекоммуникационные технологии

Одна из существенных особенностей сети доступа – длительное использование технологии. Пожалуй, ни один другой элемент инфокоммуникационной системы не пребывал столь долго в "законсервированном" состоянии. На первом рисунке показаны основные технологические циклы для систем передачи, коммутационных станций и средств доступа.

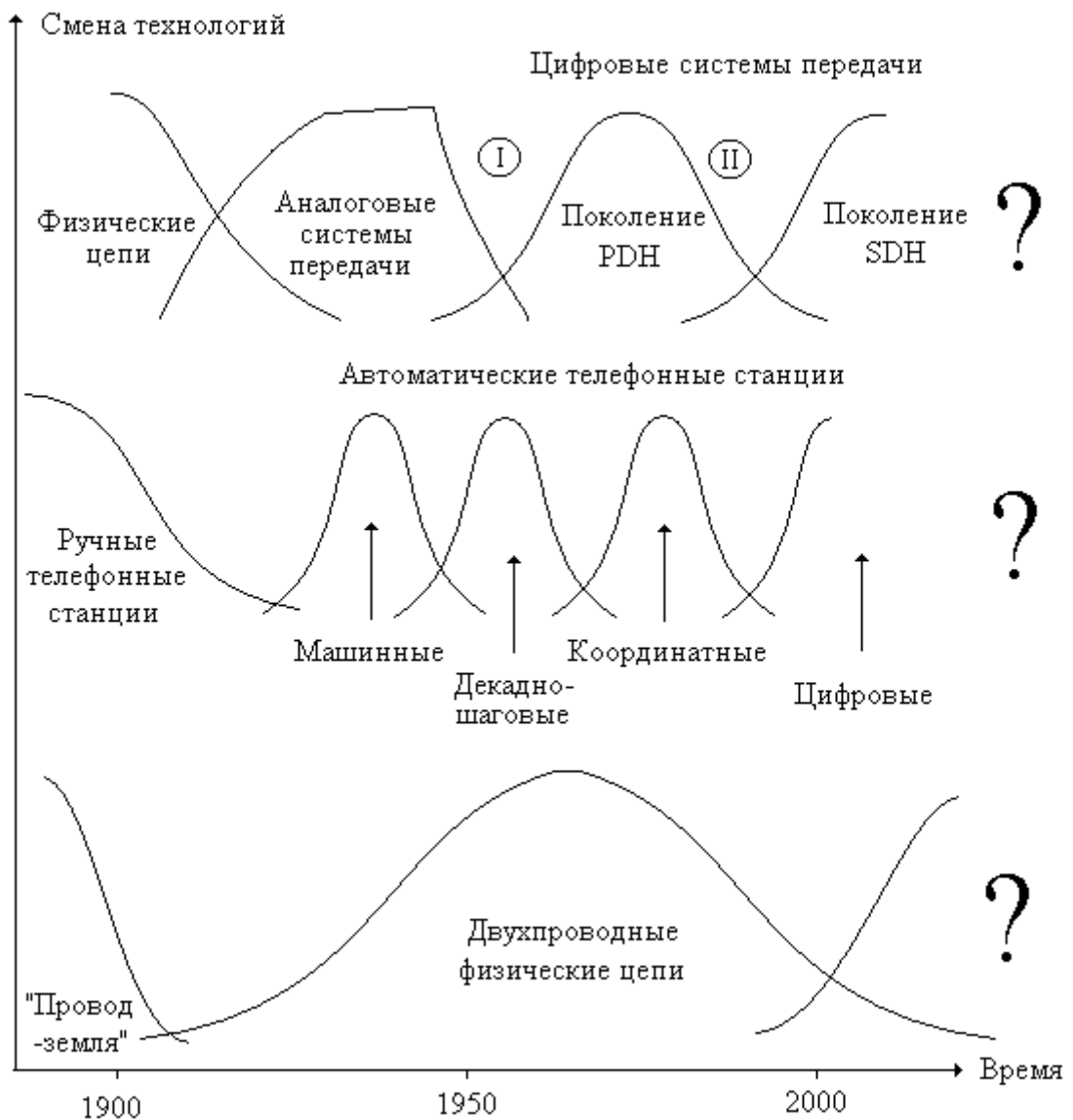


Рис. 2. Технологические циклы для оборудования связи в XX веке

Рисунок 2 назван "Технологические циклы для оборудования связи в XX веке". Технологии XXI века не затронуты умышленно. Тому есть две причины. Во-первых, вряд ли можно серьезно говорить о технологиях для нового столетия в целом. Во-вторых, в нашей следующей публикации мы планируем изложить свои соображения о технологиях, которые будут востребованы в ближайшие пять-десять лет.

Характер кривых, иллюстрирующих смену технологий, выбран условно. В частности, для поколения аналоговых систем передачи процесс показан в виде кривой,

которой присвоен номер I. Для этой кривой характерен быстрый спад, что отражает реальную картину цифровизации местных телефонных сетей. Новые коммутационные станции необходимо соединять цифровыми трактами. Смена технологий для цифровых систем передачи (переход от плезиохронной иерархии к синхронной) показана в виде кривой под номером II. Такой процесс похож на плотность функции распределения, которая соответствует логистическому закону, очень часто используемому для описания жизненных циклов телекоммуникационных технологий. Прогнозировать дальнейшее развитие технологий – неблагодарное занятие. Поэтому здесь и далее в конце каждого графика поставлен знак "?".

В XX веке сменилось несколько поколений коммутационных станций. Самым существенным технологическим изменением можно считать автоматизацию процессов установления соединений. Современный этап смены технологий можно рассматривать с нескольких точек зрения: метода распределения информации (использование "коммутации пакетов" для обслуживания некоторых видов речевого трафика), способа поддержки дополнительных услуг (создание Интеллектуальных сетей) и других аспектов. Эти вопросы – предмет следующей, уже анонсированной, статьи.

Нижний график разительно отличается от предыдущих. Причины сложившейся ситуации понятны; они проанализированы в ряде статей, опубликованных, в том числе, и в журнале "Вестник связи". Интересен другой вопрос: сохранится ли характер кривых в XXI веке? Для ответа на этот вопрос взглянем на третий рисунок, иллюстрирующий новую трактовку хорошо известного правила "Двух золотых треугольников".

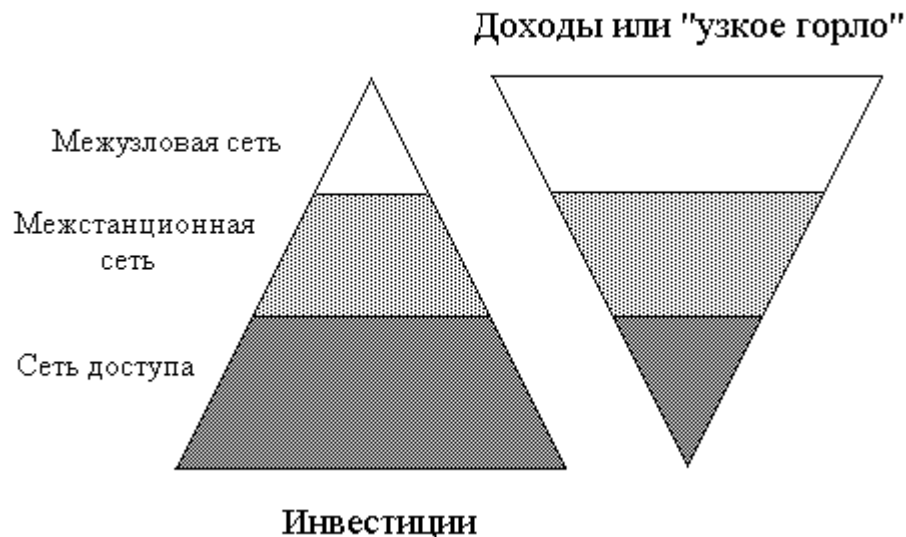


Рис. 3. Новая трактовка правила "Двух золотых треугольников"

В классической интерпретации этого правила в левой части рисунка фигурируют другие названия иерархических уровней – международная, междугородная и местная сети (сверху вниз). Тем не менее, перенос правила "Двух золотых треугольников" на иерархические уровни местной сети не должен вызвать возражений. Новая трактовка этого правила заключается в том, что правый треугольник можно рассматривать не только как распределение доходов. С помощью правого треугольника можно также определить следующее: в какой степени каждый уровень иерархии местной сети будет сдерживать процесс развития инфокоммуникационной системы в целом. Иными словами, где площадь меньше – там и "узкое горло".

Очевидно, что наибольшие проблемы связаны с модернизацией сетей доступа. В первую очередь, это объясняется объективными свойствами эксплуатируемых абонентских сетей – высокая стоимость, низкие показатели надежности и качества передачи информации, сложность поддержки услуг, подразумевающих существенное увеличение скорости передачи сигналов. С другой стороны, серьезная модернизация

сети доступа необходима. Понятно, что "узкое горло", в виде сети доступа, может в самое ближайшее время сделать Оператора не конкурентоспособным игроком на быстро меняющемся рынке новых услуг.

Вернемся ко второму рисунку. Если убрать все надписи, относящиеся к названию технологий, и числа, определяющие годы на оси "Время", то график можно "перенести" в XXI век. Такая гипотеза представляется достоверной, по крайней мере, в отношении длительности следующего цикла для технологий, используемых в сетях доступа. Тогда можно сделать следующий вывод: сеть доступа должна модернизироваться так, чтобы она отвечала требованиям инфокоммуникационной системы в течение нескольких циклов смены технологий в системах передачи и коммутации. Этот вывод, весьма важный с нашей точки зрения, можно свести к более простому тезису: сегодня надо строить сети доступа с учетом послезавтрашних требований.

Некоторые соображения экономического характера

Слова "...с учетом послезавтрашних требований", завершающие последнее предложение в предыдущем разделе, целесообразно прокомментировать. Для этого можно использовать три графика, отражающих типичный ход кривых чистой текущей стоимости (NPV – Net Present Value) для трех вариантов модернизации гипотетической сети доступа.

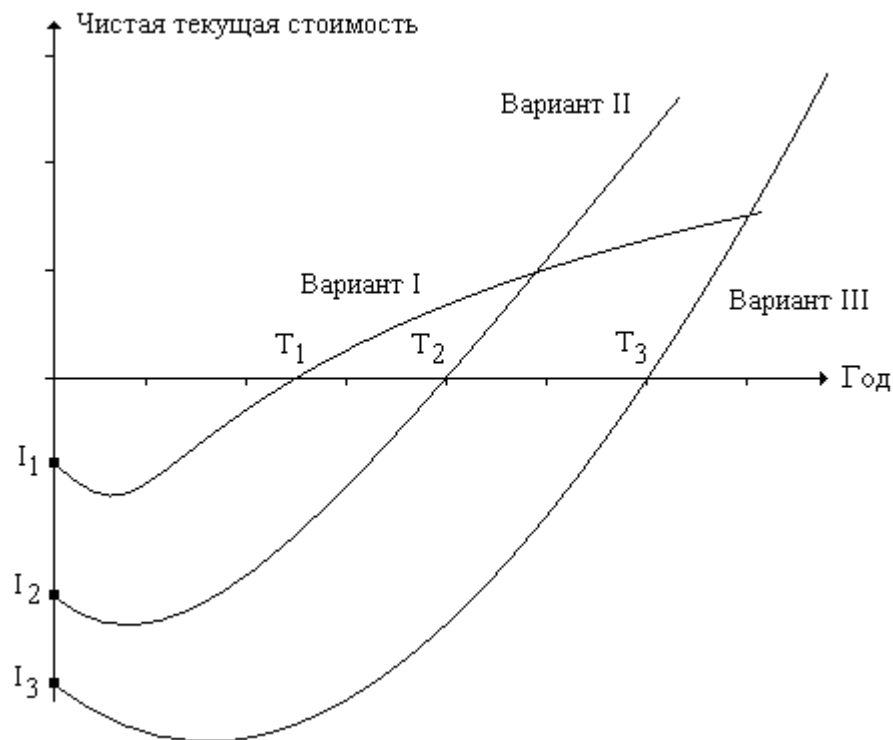


Рис. 3. Изменение "чистой текущей стоимости" для различных вариантов модернизации сети доступа

Первый вариант предусматривает минимальную модернизацию сетей доступа. Все абонентские линии (АЛ) организованы за счет положенных ранее многопарных кабелей с медными жилами. При необходимости некоторые кабели на магистральных или распределительных участках заменяются аналогичными средствами. Если в сети доступа устанавливаются концентраторы, то отобранные по известной методике пары уплотняются цифровыми системами передачи. Очевидно, что начальные затраты на модернизацию сети (I_1) не будут существенными. Период окупаемости (T_1) также будет

небольшим. Правда, в перспективе доходы Оператора, скорее всего, перестанут расти, так как он не сможет конкурировать на рынке новых инфокоммуникационных услуг.

Отличительная черта второго варианта – построение широкополосной сети, по крайней мере, на магистральном участке. Это решение более всего похоже на ту стратегию, которая в англоязычной технической литературе известна по аббревиатуре FTTC (оптическое волокно до распределительного шкафа). Естественно, такое решение требует значительных начальных инвестиций (I_2). Период окупаемости (T_2) также возрастет по сравнению с аналогичной величиной для первого варианта. С другой стороны, Оператор будет конкурентоспособным на рынке тех новых услуг, поддержка которых основана на использовании широкополосных каналов.

Третий вариант связан с радикальной модернизацией сети доступа. Характерным примером подобного решения можно считать замену все многопарных кабелей. Такая стратегия модернизации сети доступа известна по аббревиатуре FTTB (оптическое волокно до здания – производственного помещения или жилого дома). Понятно, что значения начальных инвестиций (I_3) и периода окупаемости (T_3) будут самыми большими. Достоинство третьего варианта заключается в максимальном уровне потенциальной конкурентоспособности.

Возникают, по крайней мере, два резонных вопроса: не слишком ли велики начальные инвестиции для третьего варианта и приемлем ли для Оператора столь длительный период окупаемости? Ответить на эти вопросы не просто. Более того, для различных фрагментов одной и той же местной сети все варианты могут разумно сочетаться. Достаточно представить городскую телефонную сеть с такими особенностями:

- в центральной части города сосредоточены абоненты делового сектора, для которых характерен очень высокий уровень платежеспособного спроса на самые современные инфокоммуникационные услуги, что позволяет экономически обосновать третий вариант модернизации сети доступа;
- для обслуживания значительной части абонентов, расположенных за пределами центра города, оптимален второй вариант развития сети доступа;
- в пригородной зоне не прогнозируется формирование спроса на новые виды услуг, что позволяет строить сети доступа, основываясь на первом варианте.

Итак, универсального решения, на первый взгляд, не существует. Однако есть еще одно соображение, которое говорит о низкой перспективности первого варианта развития сетей доступа даже при отсутствии платежеспособного спроса на новые инфокоммуникационные услуги.

Речь идет об использовании цифровых коммутационных станций большой емкости. Компания Siemens ежегодно публикует статистические данные о развитии электросвязи в большинстве стран мира. До недавнего времени в перечне этих данных фигурировала численность эксплуатируемых коммутационных станций. Разделив емкость ТФОП на численность установленных АТС, можно получить среднюю емкость одной коммутационной станции. По данным компании Siemens в 1998 году средняя емкость одной коммутационной станции в Китае и в Чехии составляла 12588 и 1272 номера соответственно. В России средняя емкость одной коммутационной станции в 1998 году равнялась 856 номерам. Если эту величину рассчитывать отдельно по городской и сельской телефонным сетям, то получаем значения 2638 и 159 номеров.

При модернизации городской телефонной сети в Торонто с 1990 по 1993 год численность АТС уменьшилась вдвое. Таким образом, практически все Операторы идут по пути увеличения емкости эксплуатируемых коммутационных станций. Это очень хорошо поняли российские Операторы, эксплуатирующие сотовые сети. К сожалению, многие российские Операторы ТФОП не обращают внимания на эту важную тенденцию эволюции электросвязи. Такой вывод можно сделать, обратившись к российской статистике за 2001 год. Средняя емкость коммутационной станции выросла всего до 879 номеров (или на 2,6%), но для городских сетей она снизилась до уровня 2094 номера, то есть примерно на 20%. Есть над чем подумать.

Если следовать практике развитых и большинства развивающихся стран, то целесообразно использовать цифровые коммутационные станции большой емкости. Предварительные оценки, полученные для телефонных сетей крупных городов Уральского Федерального Округа, говорят о высокой экономической эффективности коммутационных станций порядка 50 – 70 тысяч номеров. При неизменной поверхностной плотности распределения абонентов значительно увеличивается площадь пристанционного участка. Простые вычисления показывают, что первый вариант модернизации сети доступа не реализуем из-за превышения нормы по допустимому остаточному затуханию АЛ. Тем более, этот вариант не приемлем в пригородной зоне и в сельской местности, где поверхностная плотность распределения потенциальных абонентов еще меньше.

Анализ опыта ОАО "Уралсвязьинформ"

В Пермском филиале ОАО "Уралсвязьинформ" накоплен определенный опыт построения перспективных сетей доступа на базе оборудования, поставляемого компанией ADC Teledata. Эти сети, как правило, создавались при установке новых цифровых коммутационных станций большой емкости, что соответствует рекомендациям отраслевой науки. Модель сети доступа, основанная на материалах одного из реализованных проектов, показана на четвертом рисунке.

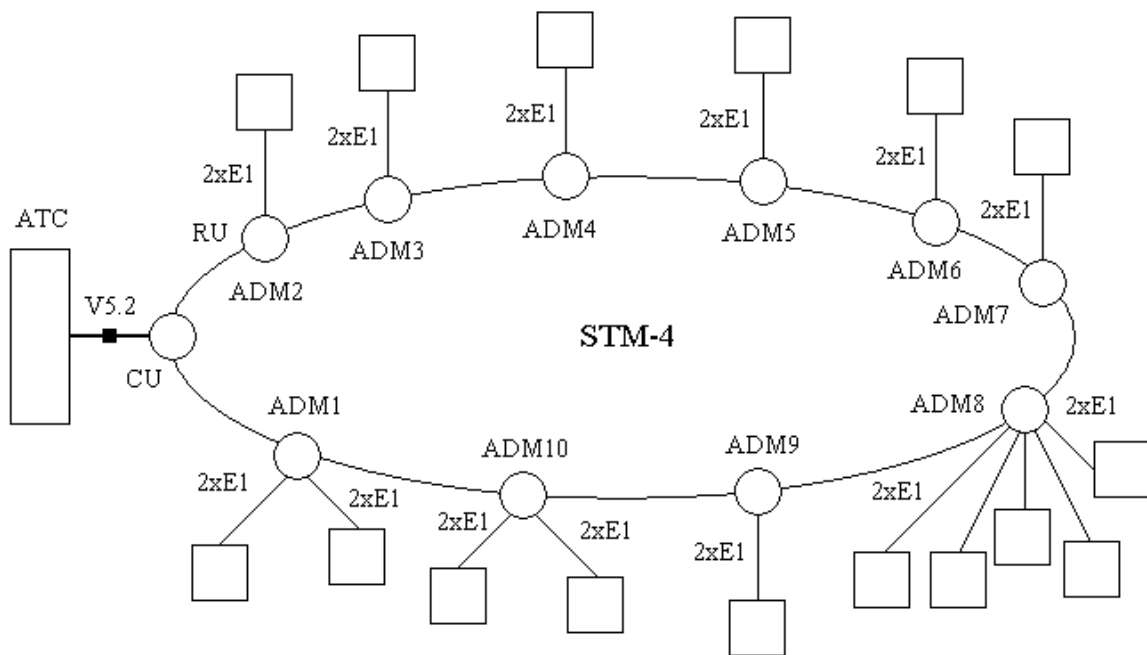


Рис. 4. Модель сети доступа, реализованной в Пермской области

Центральный блок CU (Central Unit) обеспечивает включение всех элементов сети доступа в АТС по стыку V5.2, который считается оптимальным интерфейсом для поддержки многих современных услуг электросвязи. Абонентские терминалы, которые расположены в границах сети доступа, включаются через удаленные блоки RU (Remote Unit), выполняющие функции мультиплексоров выделения каналов, более известных по аббревиатуре ADM. Блоки RU выполняют функции интегрированного оптического узла доступа. Оборудование передачи (технология SDH) встроено в блок RU. В рассматриваемой модели сети доступа включено десять блоков RU. Все ADM (RU) связаны кольцом, пропускная способность определяется телефонной нагрузкой и другими видами трафика. В данном случае на транспортном уровне используется

цифровой тракт STM-4. Кольцевая топология обеспечивает высокую живучесть сети доступа.

Оборудование RU за счет установки различных плат позволяет создавать сеть доступа с любыми функциональными возможностями. В частности, показанный на рисунке вариант предназначен, в основном, для подключения телефонных аппаратов, терминалов цифровой сети интегрального обслуживания (ЦСИО), организации выделенных каналов с низкочастотным окончанием, предоставления доступа пх64 кбит/с и xDSL. В некоторых случаях необходимо оперативно предоставить телекоммуникационные услуги, а кабель с оптическими волокнами пока не проложен. В подобных случаях могут быть подключены дополнительные RU по эксплуатируемым кабелям с медными жилами. В перспективе до этих RU будет проложен кабель с оптическими волокнами, в результате чего сформируется новый фрагмент оптической сети доступа.

В блоки RU можно включать концентраторы и иные аппаратно-программные средства по кабелю с оптическими волокнами. Это означает, что сеть доступа может развиваться в соответствии с концепцией FTTB, которая предусматривает доведение оптического волокна до помещения, где устанавливается оборудование пользователя.

Таким образом, сеть доступа соответствует всем требованиям в части надежности связи, качества передачи информации и возможности поддержки широкополосных услуг. С точки зрения затрат Оператора на реализацию такой сети доступа и издержек, связанных с технической эксплуатацией оборудования компании ADC, важно отметить эффективность использования коммутационных станций большой емкости, о чем было сказано выше. Это утверждение иллюстрирует график, приведенный на пятом рисунке. По оси "Y" отложена относительная стоимость одной АЛ. За единицу принята стоимость одной АЛ в том случае, когда конструктивный блок оборудования доступа используется на 25% своей емкости. По оси "X" отложена емкость системы. Она выражена через численность конструктивных единиц используемого оборудования доступа. Уровень 100% соответствует включению 3200 обычных АЛ, 240 доступов ЦСИО (конфигурация 2B+D) и 80 линий ADSL.

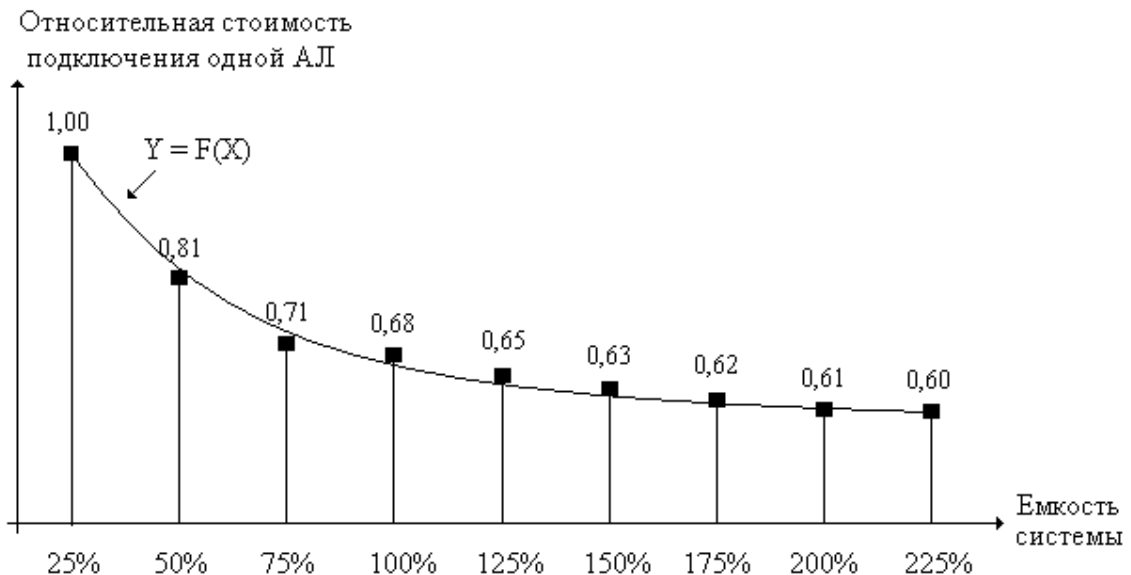


Рис. 5. Стоимость АЛ в зависимости от емкости коммутационной станции

График, приведенный на пятом рисунке, построен для гипотетической сети доступа. Ее структура похожа на топологию, изображенную на четвертом рисунке. Для систем с емкостью выше 50% при проведении расчетов предполагалось, что всегда организуются 240 доступов ЦСИО и 80 линий ADSL.

Аппроксимирующая функция $Y = F(X)$ обычно подбирается из совокупности монотонных функций простого вида. Параметры этой функции определяются методом «наименьших квадратов». Вид аппроксимирующей функции и ее параметры зависят от типа оборудования и характеристики сети доступа. Тем не менее, качественный ход кривой $Y = F(X)$ типичен для реально существующих сетей доступа.

Эффективность использования коммутационных станций, о которой говорилось в предыдущей статье (см. ВС, №4 за 2003 год), может оцениваться снижением затрат на сеть доступа. Для рассматриваемой модели она может достигать 40%, что существенно экономит средства, необходимые на модернизацию местных телефонных сетей. Кроме того, оборудование широкополосного доступа обеспечивает естественное развитие всей инфокоммуникационной системы, так как позволяет вводить услуги, характерные для NGN.

Реализация данного способа реконструкции и развития действующей сети доступа подразумевает ликвидацию магистральных кабельных линий емкостью от 300 до 800 пар, проложенных еще в 60-70 годы. Эксплуатируемые распределительные сети шкафных районов переключаются по схеме зоны прямого питания узлов оптического доступа. Это приводит к ликвидации существующих распределительных шкафов. Таким образом, происходит значительное сокращение объема эксплуатационных работ, выполняемых по линейным сооружениям местной сети связи, имеющих значительный срок службы.

Существенный эффект достигается при реализации сети оптического доступа в процессе реконструкции сетей доступа аналоговых станций, в которых используется спаренные включение АЛ. Не надо проводить работы по распараллеливанию АЛ, то есть реконструкцию телефонной канализации и прокладку дополнительных магистральных линий от АТС. Снижение затрат, по расчетам ОАО "Уралсвязьинформ", составляет до 40% от общего объема инвестиций.

При создании широкополосной сети доступа в ОАО «Уралсвязьинформ» Оператор столкнулся с проблемами, которые ранее не возникали. В частности, следует отметить такие вопросы:

1. Какой конструктив оптического узла использовать – внутреннего исполнения (установка в закрытых помещениях или на лестничных клетках) или наружного? Как защитить оборудование от вандализма в том или ином конструктивном исполнении?
2. Какова должна быть максимальная емкость узла оптического доступа? Большая емкость оптического узла не позволяет экономично строить сеть доступа. Она становится чем-то похожа на схему с установкой выносных абонентских концентраторов цифровой АТС. Кроме того, появляется опасность роста доли неиспользуемой емкости узла, так как для предоставления услуг во вновь построенном доме и/или новом микрорайоне в зоне действия сети доступа достаточно просто установить новый оптический узел (или несколько узлов меньшей емкости).
3. При строительстве сети по традиционной схеме оборудование вневедомственной охраны, как правило, устанавливалось в кроссе АТС, что не предполагает оптический узел доступа. Средства сети доступа предоставляют канал для доставки информации об охраняемом объекте, то есть необходима разработка совместных (с охранными структурами) решений данного вопроса. Необходимо найти другую модель (технология) охраны объекта, более совершенную, нежели используемую в настоящее время.
4. Необходимо в корне менять существующую модель эксплуатации «низовой» сети. Та модель, которая существует сегодня, не пригодна для обслуживания оптической сети доступа. Новая оптимизированная модель эксплуатации существенно сокращает затраты на обслуживание «низовой» сети, за счет автоматизации эксплуатационных процессов.

На сегодняшний день многие из перечисленных выше вопросов в ОАО «Уралсвязьинформ» уже решены.

Важная особенность рассматриваемой сети доступа состоит в том, что использованное оборудование BroadAccess позволяет Оператору предоставлять своим абонентам новые виды услуг, как правило, без введения новых аппаратно-программных средств. В частности, обеспечивается подключение оборудования асимметричных цифровых абонентских линий ADSL (включая опцию G.lite), локальных сетей, таксофонов, поддерживается базовый доступ для цифровой сети интегрального обслуживания и другие возможности. Периферийные RU блоки позволяют включать тракты 2 Мбит/с (E1 и HDSL), необходимые, в частности, для присоединения УАТС, 34 Мбит/с, а также STM-1 и STM-4. Это означает, что конкурентоспособность Оператора на рынке новых инфокоммуникационных услуг существенно выше, чем у той эксплуатационной компании, которая располагает сетью доступа, построенной на абонентских кабелях с медными жилами.

Сеть доступа, показанная на четвертом рисунке, формально относится к уже упомянутому семейству FTTC. С другой стороны, в некоторых случаях необходимо довести кабель с оптическими волокнами до здания, то есть реализовать концепцию FTTB. Такой вариант достаточно просто реализуется в оборудовании BroadAccess, имеющем как электрические, так и оптические интерфейсы.

Варианты построения широкополосных сетей доступа

Одним из самых удачных примеров процессов конвергенции можно считать сближающиеся функциональные возможности проводных (wireline) и беспроводных (wireless) технологий доступа в сетях фиксированной связи. Если рассматривать общие характеристики систем технологий 4G и 5G, то можно говорить о конвергенции фиксированного и мобильного доступа. Эта тема, очень интересная и важная, выходит за рамки статьи. Поэтому далее мы ограничимся фиксированным доступом, который подразумевает поддержку широкополосных услуг для некоторой части обслуживаемых абонентов. Прилагательное "широкополосный" относится ко всем услугам, для предоставления которых необходимы цифровые каналы с пропускной способностью не менее 2 Мбит/с.

Для сети доступа, показанной на четвертом рисунке, поддержка широкополосных услуг, может осуществляться двумя основными способами. Во-первых, до помещения потенциального клиента может быть проложен кабель с оптическими волокнами (концепция FTTB). Во-вторых, широкополосные каналы могут быть созданы за счет уплотнения физических цепей оборудованием xDSL.

Эти два варианта могут быть реализованы Оператором ТФОП. Можно назвать еще пять вариантов организации широкополосного доступа, на которые чаще ориентируются альтернативные Операторы:

- установка базовых станций системы LMDS (поддержка услуг распределения информации для множества терминалов);
- модернизация сети кабельного телевидения (КТВ) для поддержки различных интерактивных услуг;
- аренда ресурсов в системе спутниковой связи (ССС), что вполне приемлемо для тех видов связи, которые не критичны к задержкам обмена информацией из-за большого времени распространения сигналов;
- применение систем лазерной связи, иногда называемых оптической связью без оптического кабеля (Optical Wireless Network);
- использование линейных сооружений, созданных для передачи электрической энергии.

Два последних варианта пока не столь интересны с практической точки зрения. Первые три варианта уже апробированы во многих странах; накоплен определенный

опыт и в России. Соответствующие принципы построения сетей доступа, а также анализ достоинств и недостатков каждого варианта знакомы специалистам по имеющимся публикациям. С нашей точки зрения интересен следующий вопрос: перечисленные технологии следует считать конкурирующими или дополняющими друг друга? Многое, конечно, зависит от организации Операторской деятельности. На шестом рисунке показаны два различных варианта использования альтернативных технологий доступа. В обоих случаях считается, что основной технологией остается та, которую выбрал Оператор ТФОП, так как он обслуживает основную (по численности) группу абонентов.

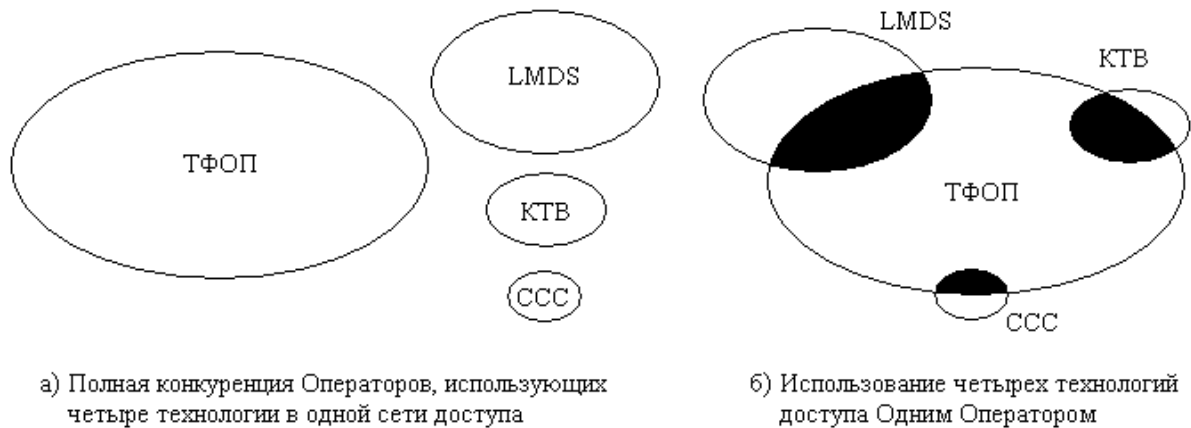


Рис. 6. Два варианта использования альтернативных технологий доступа

Вариант (а) характерен для конкуренции четырех Операторов, использующих разные технологии. Такое решение может оказаться естественным следствием либерализации рынка местной связи. Вариант (б) иллюстрирует возможность применения одним Оператором нескольких технологий доступа, ориентированных на различные группы абонентов. Например, если формируется группа абонентов, которые заинтересованы в новых видах широкополосных услуг, то Оператор может выбрать оптимальную технологию, руководствуясь, например, такими соображениями:

- для абонентов, равномерно распределенных по территории пристанционного участка, целесообразно выбрать оборудование LMDS;
- при строительстве нового элитного дома можно ожидать концентрацию потенциальных клиентов, обслуживание которых экономично обеспечит система КТВ;
- если на территории пристанционного участка размещается стадион, с которого периодически ведутся трансляции спортивных соревнований и концертов, то целесообразно установить ССС, обслуживающую также и некоторую группу абонентов.

Пока все те технологии, которые могут использоваться в сети доступа, заметно различаются между собой по ряду показателей. Это позволяет определить для каждой технологии свою "нишу". Процессы конвергенции технологий будут изменять границы и места расположения этих "ниш". Конвергенция технологий может существенно изменить принципы построения сетей доступа. Правда, это может произойти через пять или более лет. Тогда мы обязательно вернемся к теме построения сетей доступа.

Заключение

Модернизация сетей доступа должна быть выполнена так, чтобы обеспечить развитие инфокоммуникационной системы в эпоху NGN и даже пост-NGN. Основные требования этого процесса для сети доступа – широкая полоса пропускания, высокая надежность, приемлемое качество передачи информации при снижении затрат

Оператора. Решения, апробированные в сетях доступа ОАО "Уралсвязьинформ", можно считать весьма эффективными с точки зрения развития инфокоммуникационной системы региона как минимум на десять – пятнадцать лет.