

ЭВОЛЮЦИЯ КОММУТАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ В ТЕЛЕФОНИИ

*Н.А. Соколов,
к.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник ЛОНИИС*

В этой статье рассматриваются основные тенденции развития коммутационных станций, используемых в сетях телефонной связи. Эволюция коммутационной техники определяется причинами как внутренними (свойственными телефонии), так и внешними (связанными с развитием инфокоммуникационной системы в целом). Анализ процессов развития оборудования коммутации, представляющего собой один из самых характерных примеров больших и сложных систем, - непростая задача. По этой причине соображения, изложенные в этой статье, следует рассматривать как субъективную точку зрения автора на некоторые проблемы эволюции коммутационных станций. Основные аспекты рассматриваемой проблемы можно найти в публикациях [1-17], которые были использованы при подготовке этой статьи, а также в других монографиях и статьях.

Краткий исторический экскурс

Применение оборудования коммутации в телефонных сетях началось в конце XIX века. Это были простые устройства, но их управление осуществлялось оператором, манипуляциями которого руководило «устройство», превосходящее по ряду параметров самые современные компьютеры, - мозг человека.

К началу XXI века оборудование коммутации существенно изменилось. Уже давно оно стало автоматическим. Успехи технологий позволили расширить его функциональные возможности, снизить габариты, уменьшить энергопотребление, повысить надежность связи и качество обслуживания вызовов. Следует особо выделить идею симбиоза оборудования коммутации и вычислительной техники. Она привела к созданию коммутационных станций с программным управлением. Были решены важные задачи дальнейшего развития телефонии. Программное обеспечение позволяет совершенствовать логику управления коммутационным оборудованием и сетью в целом.

Развитие телефонных сетей сегодня осуществляется за счет установки коммутационного оборудования, отвечающего всем современным требованиям, которые сформулированы в виде рекомендаций МСЭ (Международный союз электросвязи) и стандартов ETSI (Европейский институт телекоммуникационных стандартов). Помимо этих документов необходимо упомянуть опыт Операторов телефонных сетей, который породил принятые *de facto* нормы, весьма важные для инфокоммуникационной системы в целом.

Современная цифровая телефонная станция представляет собой сложный комплекс аппаратно-программных средств, основанный на технологии «коммутация каналов». Этот комплекс, как правило, поддерживает услуги, свойственные ИС (интеллектуальная сеть) и ЦСИО (цифровая сеть интегрального обслуживания). Отвечают ли коммутационные станции, обладающие вышеперечисленными функциональными возможностями, тем требованиям, которые будут характерны для телефонии в течение следующих 10-15 лет? Для ответа на этот вопрос необходимо представить (хотя бы в самом общем виде) те направления эволюции инфокоммуникационной системы, которые существенны с точки зрения систем коммутации.

Эволюция инфокоммуникационной системы

Смена технологии коммутации

Одной из плодотворных идей развития инфокоммуникационной системы считается концепция NGN (сети связи следующего поколения), предусматривающая переход на технологию «коммутация пакетов». Такое решение обусловлено тем, что в сети связи следующего поколения должны обеспечиваться функции коммутации для трех видов информации: речи, данных и видео. Если эти функции будут выполняться одним оборудованием (естественное требование для обеспечения экономичности NGN), то форма представления информации должна быть унифицирована. Решение было найдено в форме IP-пакетов. Если это так, то предстоит смена технологий коммутации. Процесс смены технологий можно считать существенным качественным изменением в системах коммутации.

Новые виды услуг

Другой важный аспект развития инфокоммуникационной системы - поддержка новых видов услуг. На рынке услуг постоянно появляются новые предложения, часть которых остается невостребованной, а остальные продолжают пользоваться спросом. Процесс введения новых услуг чем-то похож на метод «проб и ошибок». Адаптация систем коммутации под новые услуги давно признана нецелесообразной. В результате проведенных исследований родилась идея разделения функций коммутации и поддержки новых услуг. Идеология NGN также основана на этом принципе. Правда, он реализован иначе, чем в оборудовании, использующем технологию «коммутация каналов».

Надежность связи

Пользователи инфокоммуникационной системы предъявляют все более жесткие требования к надежности связи. Уже в конце XX века сформировалось правило «пять девяток». Речь идет об уровне коэффициента готовности при связи между терминалами пользователей. Величина коэффициента готовности 0,99999 означает, что допустимое время простоя за год составляет примерно 5 минут. Понятно, что в перспективных системах коммутации предъявляются серьезные требования к надежности. Это означает, что должны постоянно совершенствоваться архитектура коммутационного оборудования, ее элементная база, программное обеспечение и система технической эксплуатации.

Ключевая функция коммутации

Еще одно интересное направление эволюции инфокоммуникационной системы связано с постоянным снижением затрат Оператора на транспортные ресурсы. Задачи систем коммутации можно свести к двум основным:

- распределение информации, подразумевающее установление соединения (физического или логического) между терминалами пользователей;
- концентрация трафика, обеспечивающая эффективное использование транспортных ресурсов и отдельных элементов коммутационных станций.

Распределение информации остается актуальной задачей систем коммутации и в эпоху NGN. Строго говоря, оно должно рассматриваться как основная функция систем коммутации вне зависимости от используемой технологии.

Концентрация трафика - способ, используемый Оператором для снижения затрат на построение сети. По мере уменьшения стоимости транспортных ресурсов задача концентрации трафика теряет свою актуальность. Поэтому выбор архитектуры

перспективных систем коммутации будет в значительной мере определяться эффективностью распределения информации.

Виды систем коммутации

Название этого раздела статьи начинается словом «эволюция». В силу множества причин экономического и организационного характера в инфокоммуникационной системе сосуществуют коммутационные станции, принадлежащие как к морально устаревшим, так и к самым современным средствам распределения информации. Можно выделить пять видов систем коммутации, характерных для сетей телефонной связи:

- декадно-шаговые АТС;
- координатные АТС;
- квазиэлектронные АТС;
- цифровые АТС;
- оборудование, основанное на технологии «коммутация пакетов».

Первые три вида систем коммутации можно объединить в одну группу: аналоговые АТС. Такой подход объясняется общностью основных процессов модернизации этих коммутационных станций. Цифровые АТС и оборудование, основанное на технологии «коммутация пакетов», требуют отдельного анализа.

Модернизация аналоговых АТС

Доля аналоговых АТС в общей емкости российской ТФОП (телефонная сеть общего пользования) составляет немногим менее 50%. Цифровизация ТФОП началась двадцать лет назад, и для завершения этого процесса, по-видимому, не потребуется еще двадцать лет. С другой стороны, рассчитывать на прекращение коммерческой эксплуатации всех аналоговых АТС в ближайшие годы не приходится. Более того, даже декадно-шаговые АТС, которые являются серьезным препятствием для развития ТФОП, вряд ли полностью исчезнут в следующие два-три года.

Задачи модернизации

Модернизацию аналоговых станций целесообразно рассматривать с точки зрения процессов развития инфокоммуникационной системы в целом. Возникающие задачи можно разделить на три группы:

- поддержка новых видов услуг, на которые существует платежеспособный спрос;
- введение дополнительных аппаратно-программных средств, необходимых для реинжиниринга бизнес-процессов;
- совершенствование системы технической эксплуатации оборудования АТС для обеспечения современных требований к качеству и надежности коммутируемых соединений.

Задачи поддержки новых услуг могут решаться различными способами, которые целесообразно разделить на два основных направления. К первому относятся технические решения, предусматривающие внесение изменений в эксплуатируемое коммутационное оборудование. Типичным примером можно считать установку приемников частотного набора. Эта операция в свое время была весьма популярна среди Операторов ТФОП в развитых странах. Второе направление основано на использовании дополнительных аппаратно-программных средств, которые не влияют на алгоритмы функционирования коммутационного оборудования. Характерный пример решения такого рода - установка в кроссе аналоговой АТС мультиплексоров/демультиплексоров DSLAM, обеспечивающих высокоскоростную передачу данных. Другим примером может служить дооборудование аналоговых АТС, необходимое при увеличении числа цифр местного номера.

Реинжиниринг бизнес-процессов предполагает использование дополнительных аппаратно-программных средств, что приводит к росту стоимости АТС. Если станцию вскоре предстоит демонтировать, то установка дополнительных аппаратно-программных средств может не окупиться. В последние годы реинжиниринг бизнес-процессов был связан с введением системы оплаты местных соединений. Возможность решения такой задачи была найдена за счет установки дополнительного оборудования, работающего совместно с аналоговой АТС.

Совершенствование системы технической эксплуатации - важное направление в работе всех Операторов. Требования к показателям качества обслуживания трафика и обмена информацией постоянно ужесточаются. Эта тенденция характерна также и для показателей надежности связи. В результате Оператору приходится расходовать средства на модернизацию коммутационного оборудования, которое никак нельзя назвать перспективным.

Пути решения

Понятно, что модернизация аналоговых коммутационных станций - вынужденная мера. Снижение затрат на решение трех групп задач, перечисленных в этом разделе, может обеспечиваться двумя путями. Во-первых, необходимо в каждом конкретном случае искать варианты, оптимальные с технико-экономической точки зрения. Во-вторых, целесообразно определить возможность ускорения процесса замены эксплуатируемых аналоговых АТС современными системами коммутации.

Эволюция цифровых АТС

Большинство эксплуатируемых в России цифровых АТС отвечает современным требованиям ТФОП. Абонентам этих АТС доступны многие современные услуги. Все основные показатели качества функционирования и надежности коммутационного оборудования (речь не идет о сети в целом), как правило, обеспечиваются. Можно и дальше перечислять известные преимущества цифровых АТС, но с точки зрения их эволюции существенно другое. Сама ТФОП, даже построенная только на базе цифровых АТС, перестает отвечать требованиям инфокоммуникационной системы.

Впрочем, этот факт не исключает необходимости проведения работ по модернизации цифровых АТС. Перечень подобных работ очень похож на тот, что был предложен для аналоговых систем коммутации. Решение некоторых задач, как правило, оказывается более простым и эффективным, что обеспечивается управлением АТС по записанной программе, а также применением цифровых технологий для передачи, коммутации и обработки информации.

Использование оборудования коммутации пакетов

Идея пакетной коммутации как способа распределения информации для сетей следующего поколения пока еще не облечена в форму международных стандартов. Более того, некоторые специалисты считают, что для сети следующего поколения необходима новая технология распределения информации, сочетающая в себе свойства коммутации каналов и пакетов. Большинство публикаций, содержащих соображения такого рода, появились в начале XXI века. Пока концепцию NGN - наиболее удачную интерпретацию идеи создания сетей следующего поколения - ассоциируют с коммутацией IP-пакетов.

В конечном счете, способ распределения информации, который будет принят для сетей следующего поколения в качестве международного стандарта, не столь существенно скажется на оборудовании коммутации. Радикальные изменения определяются основной идеей NGN. Эту идею часто называют конвергенцией, хотя определения, содержащиеся в большинстве словарей, свидетельствуют о не совсем удачном выборе термина. Основной

смысл концепции NGN – интеграция, но этим термином многие специалисты предпочитают не пользоваться, памятуя о неудаче концепции широкополосной ЦСИО.

Анализ модели сети следующего поколения

На рис. 1 показана модель сети следующего поколения, иллюстрирующая ряд ее характерных особенностей. Модель основана на том варианте декомпозиции инфокоммуникационной системы, который был предложен в рекомендациях МСЭ серии Y.100, которые посвящены глобальной информационной инфраструктуре.

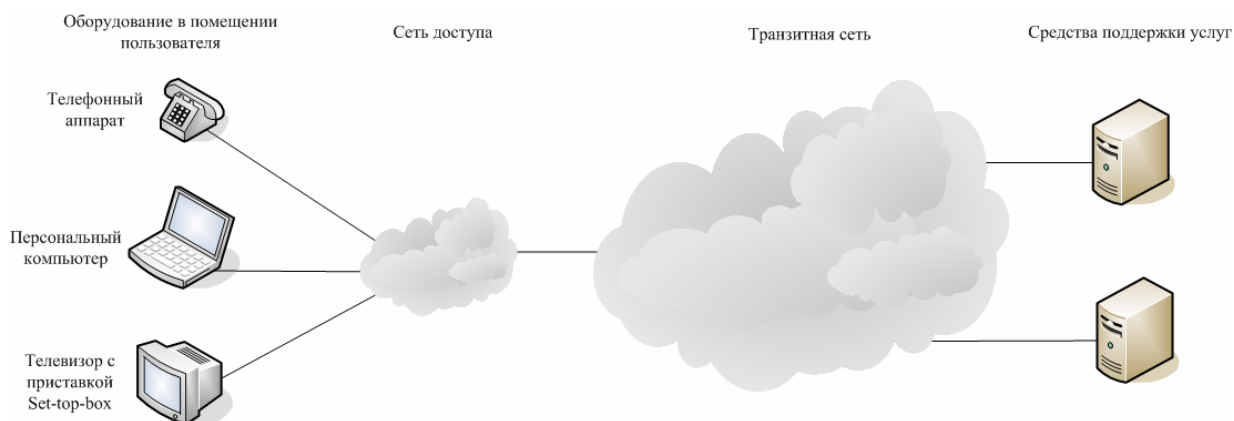


Рис. 1. Модель сети следующего поколения

Первый компонент модели - оборудование в помещении пользователя - содержит три вида терминалов, позволяющих обмениваться информацией в виде речи, данных и видео. Такая возможность известна в технической литературе по термину «Triple-Play Services». Сеть доступа обеспечивает подключение всех видов терминалов, которые необходимы пользователю. В сети доступа все виды сигналов преобразуются так, чтобы в инфокоммуникационной системе осуществлялся обмен стандартными информационными блоками. Будем считать, что такими блоками станут IP-пакеты.

Транзитная сеть содержит совокупность коммутаторов, поддерживающих обмен IP-пакетами между взаимодействующими терминалами. Эта же сеть позволяет выйти к средствам поддержки услуг, которые делятся на два больших класса: информационные и развлекательные. Коммутаторы, используемые в транзитной сети, обеспечивают обмен IP-пакетами вне зависимости от вида содержащейся в них информации. По этой причине определения, которые ранее были свойственны коммутационным станциям (например, телефонная и телеграфная), теряют всякий смысл.

Рекомендация МСЭ Y.1541 устанавливает весьма жесткие нормы на вероятность потери пакета в транзитной сети - не более 10^{-3} . Это означает, что коммутатор пакетов в транзитной сети практически не выполняет функции концентрации трафика. Модель такого коммутатора, представленная на рис. 2, напоминает блок-схему транзитного узла ТФОП.

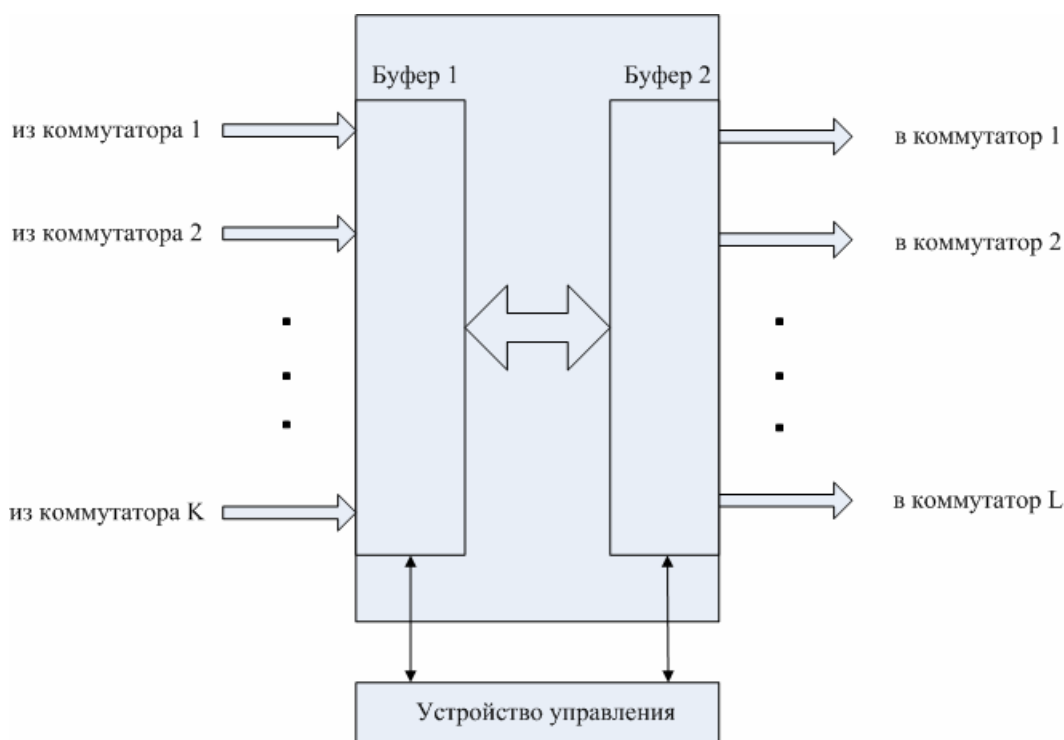


Рис. 2. Модель коммутатора IP-пакетов

Существенное различие состоит в том, что IP-пакеты могут принадлежать к одному из шести классов, определенных в рекомендациях МСЭ Y.1540 и Y.1541. Выбор пакета на обработку осуществляется с учетом его приоритета, который, в свою очередь, зависит от заранее выбранного класса обслуживания. Таким образом, функция коммутатора состоит в том, чтобы определить тот исходящий тракт, в который должен быть направлен пакет, и поместить его в очередь на передачу в соответствии с заданным уровнем приоритета. Эти функции в предложенной модели возложены на устройство управления.

Модели, показанные на обоих рисунках, наводят на мысль, что эра классической телефонии как самостоятельного (и весьма важного) компонента инфокоммуникационной системы, заканчивается. Такую точку зрения можно считать правомерной, если говорить об эволюции оборудования коммутации. Она будет ошибочной в отношении трафика речи и услуг телефонной связи. В настоящее время доля доходов Оператора, полученная за счет услуг телефонной связи, остается доминирующей. Все остальные виды доходов в сумме не могут сравниться с теми, которые обеспечивает телефонная связь. Эта ситуация, по-видимому, сохранится и в обозримой перспективе.

Более того, построение NGN теоретически могут осуществлять Операторы сетей кабельного телевидения или провайдеры услуг Интернет. Однако максимальные шансы на успех в этом бизнесе имеют Операторы ТФОП в силу ряда очевидных и объективных причин. Не исключено, что некоторые Операторы оставят в своих названиях слово «телефон» или производные от него термины в память о выдающемся открытии Александра Белла.

Переход к сети следующего поколения

Стратегия перехода к сети следующего поколения - одна из самых сложных задач, которую должны в самое ближайшее время совместно решить все основные участники инфокоммуникационного рынка. В этом разделе кратко рассматривается только один аспект этой задачи: дальнейшая цифровизация ТФОП. На рис. 3 показаны два технологических цикла развития телефонии. Они представлены отдельно для развитых и развивающихся стран.

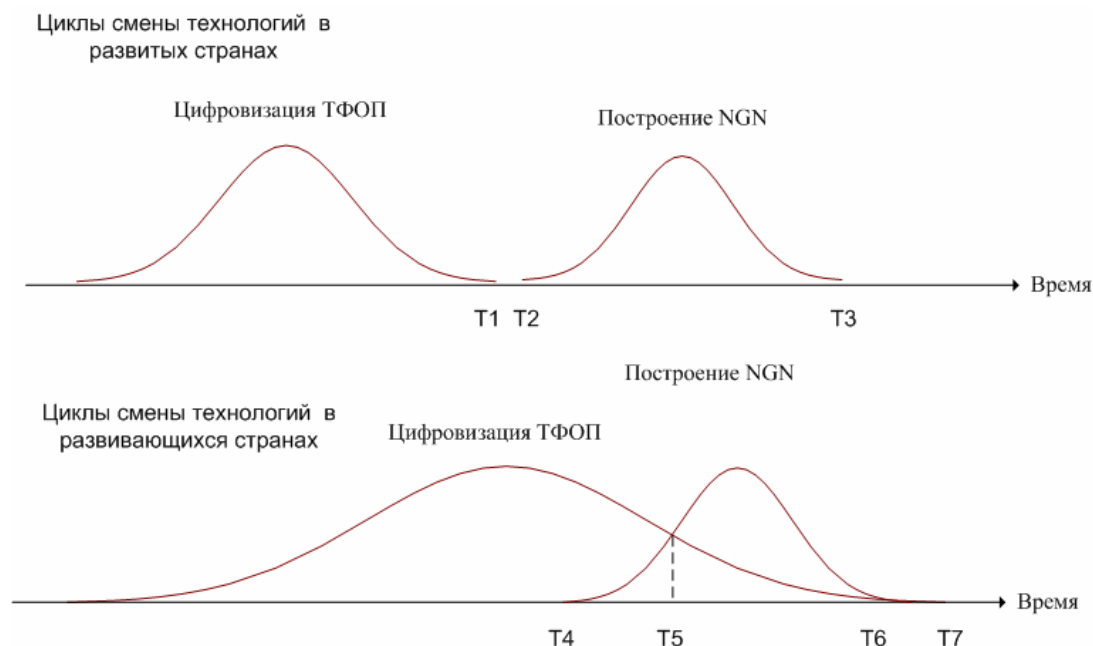


Рис. 3. Технологические циклы развития телефонии

Все развитые страны к концу XX века (точка $T1$) закончили цифровизацию своих телефонных сетей. После этого (точка $T2$) они приступили к созданию сетей следующего поколения. Такая ситуация объясняется тем, что сама идея NGN сформировалась после завершения цифровизации ТФОП. К моменту времени $T3$ создание сети следующего поколения будет полностью завершено.

Большинство развивающихся стран начали цифровизацию ТФОП одновременно с развитыми. Однако до завершения этого процесса (точка $T6$) еще далеко. В точке $T4$ (это значение, как правило, немногим больше значения $T2$) развивающиеся страны начинают формирование NGN. Данный процесс закончится к моменту времени $T7$, который по оси «Время» будет располагаться правее точки $T3$. В точке $T5$ кривые двух технологических циклов пересекутся.

Возникает резонный вопрос: нельзя ли в точке $T4$ (или, по крайней мере, $T5$) изменить стратегию модернизации ТФОП? Можно ли в данном случае эффективно реализовать так называемое «преимущество отстающего»? Интуитивный ответ будет утвердительным. Прагматический ответ, позволяющий разработать принципы такого решения, - предмет серьезных и весьма важных исследований.

Литература

1. Варакин Л.Е. Инфокоммуникации будущего// Электросвязь. 2003. №11.
2. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети. - М.: Радио и связь, 2000.
3. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. - М.: Радио и связь, 2001.
4. Гольдштейн Б.С.. Системы коммутации. - Санкт-Петербург, БХВ, 2003.
5. Давыдов Г.Б., Рогинский В.Н., Толчан А.Я. Сети электросвязи. - М.: Связь, 1977.
6. Кох Р., Яновский Г. Эволюция и конвергенция в электросвязи. - М.: Радио и связь, 2001.
7. Лутов М.Ф., Жарков М.А., Юнаков П.А. Квазиэлектронные и электронные АТС. - М.: Радио и связь, 1988.

8. Пинчук А.В., Соколов Н.А. Мультисервисные абонентские концентраторы для функциональных возможностей «Triple-Play Services»// Вестник связи. 2005. №3.
9. Соколов Н.А. Телекоммуникационные сети. - М.: Альварес Паблишинг, 2004.
10. Соколов Н.А. Выбор технологии коммутации для сетей следующего поколения// Мобильные системы. 2004. №7.
11. Шварцман В.О. Выбор технологии передачи и коммутации в мультисервисных сетях на основе оптических кабелей// Электросвязь. 2003. №8.
12. Юнг Ф. Перспективы развития инфокоммуникаций. - СПб.: «Петеркон», 2003.
13. Ali S.R. Digital Switching Systems: System Reliability and Analysis. - McGraw-Hill, Inc, 1998.
14. Bellamy J.C. Digital Telephony. Third Edition. - John Wiley & Sons, Inc, 2000.
15. Personick S.D. The Evolving Role of Telecommunications Switching. - IEEE Communications Magazine, January 1993.
16. Thompson R.A. Telephone Switching Systems. - Artech House, Boston, London, 2000.
17. Wilkinson N. Next Generation Network Services. Technologies and Strategies. - John Wiley & Sons, Ltd., 2002.