

ПОДВОДНАЯ ЧАСТЬ АЙСБЕРГА ПО ИМЕНИ NGN¹

*А.Б. ГОЛЬДШТЕЙН, к.т.н., доцент СПб ГУТ
Н.А. СОКОЛОВ, к.т.н., профессор СПб ГУТ*

Основные характеристики сети следующего поколения, которая более известна по аббревиатуре NGN, отражены во множестве публикаций, часто повторяющих друг друга. У неискушенного читателя может сложиться мнение о возможности простого и экономичного решения всех задач, возникающих у пользователей, Операторов, производителей оборудования и поставщиков услуг. Возможность решения многих задач, актуальных для всех участников инфокоммуникационного рынка, за счет построения NGN вполне реальна, но не стоит ждать чуда. Для рационального перехода к NGN необходимо провести нетривиальные исследования системного характера.

Введение

В развитии электросвязи можно выделить несколько характерных периодов времени, в течение которых начиналась модернизация телекоммуникационных сетей. Степень изменений всегда была различной. Например, переход от декадно-шаговых коммутационных станций к координатным был, несомненно, важным этапом развития телефонии. Замена координатных коммутационных станций на цифровые – качественная (более существенная) реконструкция телефонных сетей.

Переход к NGN можно считать радикальной модернизацией телекоммуникационной системы. Меняются не только технологические принципы передачи и коммутации. Весьма существенные изменения произойдут на рынке Инфокоммуникационных услуг, в системе технической эксплуатации и не только. NGN не поможет найти "killer application" (его поиски чем-то похожи на попытку изобретения вечного двигателя), но заметно повлияет на телекоммуникационную систему в целом.

В этой статье не звучат дифирамбы в адрес NGN, хотя идея сети нового поколения представляется авторам весьма плодотворной. Основная цель данной публикации – обсуждение ряда сложных аспектов перехода к NGN.

Общие принципы NGN

Концепция NGN разрабатывается в течение нескольких лет, но до сих пор не сформулировано внятное определение для "сети следующего поколения". В 2003 г. на одном из семинаров Международного союза электросвязи (МСЭ) с символическим названием "Next Generation Networks: What, When and How?" было предложено определение для этого направления в развитии инфокоммуникационной системы. В одной из публикаций [1] оно переведено так: "Сети следующего поколения – это всеохватывающее понятие для инфраструктуры, реализующей перспективные услуги, которые должны быть в будущем предложены Операторам мобильных и фиксированных сетей одновременно с продолжением поддержки всех существующих на сегодняшний день услуг. Сети следующего поколения используют технологии

¹ В этом номере журнала публикуется первая часть статьи.

передачи и коммутации, базируются на физическом слое оптических каналов, обеспечивают полноценное взаимодействие с существующими сетями".

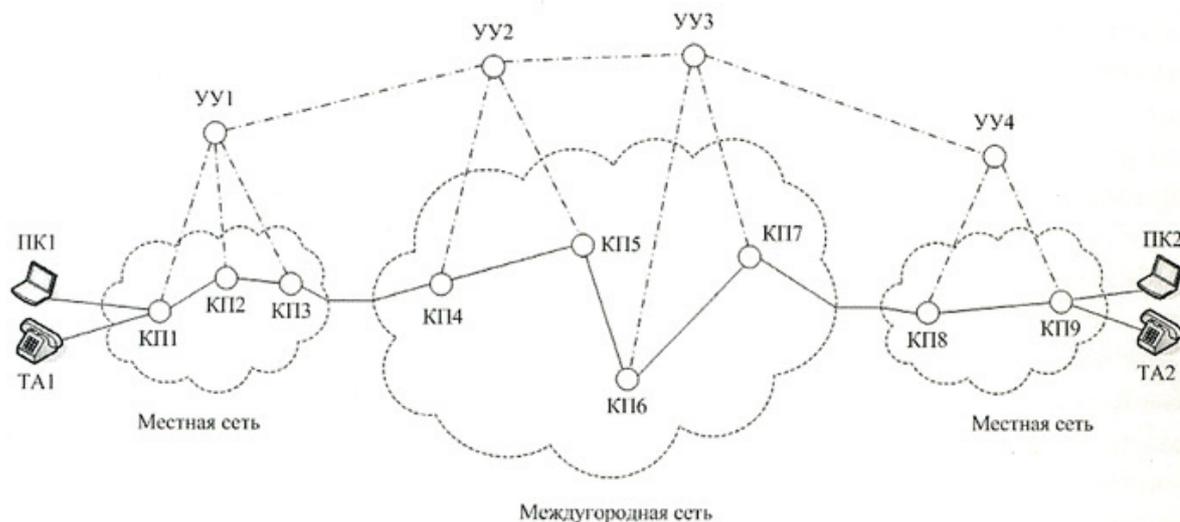


Рис. 1. Модель сети следующего поколения

Автор другой статьи [2], основываясь на рекомендации МСЭ У.2001, дает несколько иное толкование термина NGN: "Это сеть на базе пакетов, которая способна предоставлять услуги электросвязи и предоставлять возможность использовать несколько широкополосных, обеспечивающих качество обслуживания, транспортных технологий и в которой функции, относящиеся к услугам, независимы от нижележащих технологий, относящихся к транспортировке".

Можно предложить более простую трактовку термина NGN, если воспользоваться определением сети, которая поддерживает обслуживание "Triple-play services" [3]. Ее можно рассматривать как мультисервисную сеть, в которой предоставляются основные и дополнительные услуги для обмена тремя видами информации (речь, данные и видео). Такая Мультисервисная сеть будет экономично удовлетворять требования всех пользователей в обозримой перспективе. Теперь определение для NGN формулируется в более простой форме: NGN – это сеть, способная обеспечить обслуживание "Triple-play services" за счет использования оборудования передачи и коммутации, основанного на пакетных технологиях.

Модель NGN, отражающая принципы построения сети, может быть представлена структурой, приведенной на рис. 1. Одна из существенных особенностей NGN – разделение функций передачи IP-пакетов и управления этим процессом. Передача информации, в которой заинтересованы пользователи, осуществляется коммутаторами пакетов (КП). Вторая функция возложена на устройства управления (УУ), в качестве которых используются различные аппаратно-программные средства (им будут посвящены два раздела второй части статьи: "Функции оборудования Softswitch" и "Использование контроллеров SBC").

Модель, представленная на рис. 1, включает в себя три компонента: междугородную часть и две местные сети. Количество КП в каждом компоненте сети было выбрано произвольно. Это справедливо также в отношении УУ, которые необходимы для определения основных атрибутов соединения. Предполагается, что оба пользователя располагают терминалами двух типов. Телефонный аппарат (ТА) необходим для

передачи речи. Персональный компьютер (ПК) обеспечивает обмен данными и получение видеoinформации.

Предложенная модель не содержит ряд функциональных блоков, знакомых многим специалистам по публикациям, которые прямо или косвенно посвящены NGN. Подобные "вольности" будут компенсированы во второй части статьи.

Три стратегии формирования NGN

У компании, решившей создать сеть следующего поколения, есть разные способы реализации поставленной задачи. Можно выделить три основных направления дальнейших действий (рис. 2):

- начать строительство новой выделенной сети, руководствуясь принципами, апробированными в начале девяностых годов прошлого века Операторами, которых стали называть альтернативными;
- модернизировать телефонную сеть общего пользования (ТФОП) в полном соответствии со стандартами NGN;
- создать NGN в результате реконструкции другой сети общего пользования (например, кабельного телевидения).

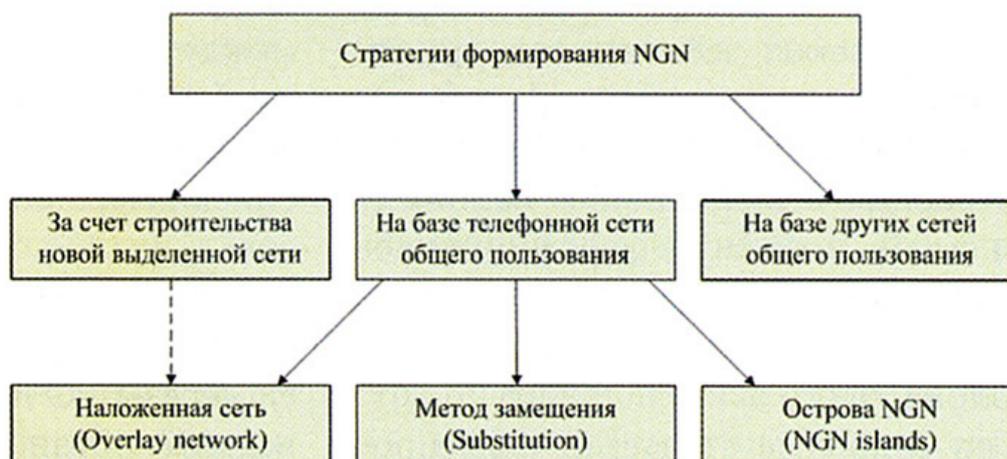


Рис. 2. Классификация стратегий формирования NGN

ТФОП по ряду причин представляется наиболее вероятной базой для построения NGN. Тем не менее, организацию выделенной сети также следует рассматривать как одно из практически значимых решений. Тому есть две причины. Во-первых, выделенные сети NGN неизбежно будут создаваться в интересах некоторых специфических клиентских групп. Во-вторых, существует ряд общих решений (системного характера) для построения выделенной и наложенной сетей. Поэтому к левому нижнему прямоугольнику на рис. 2 направлена пунктирная стрелка из верхнего блока.

Три основные стратегии формирования NGN перечислены в нижней части рис. 2. Выбор оптимальной стратегии может быть сделан путем анализа всех трех альтернатив. Правда, эту задачу можно упростить, обратившись к истории цифровизации городских телефонных сетей (ГТС).

Предпосылки цифровизации ГТС

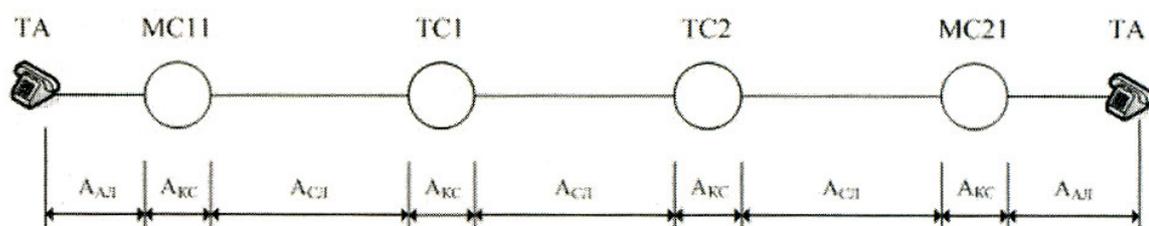
В ГТС, построенной на аналоговом коммутационном оборудовании, использовалась, как правило, двухпроводная коммутация. Типичная структура разговорного тракта для

ГТС большой емкости, которая строилась с использованием транзитных станций (ТС), показана в верхней части рис. 3. Два ТА включены в местные станции (МС), расположенные в разных узловых районах. В каждом таком районе установлены транзитные станции (ТС). Такая структура тракта обмена информацией между терминалами была характерна для ГТС российских мегаполисов.

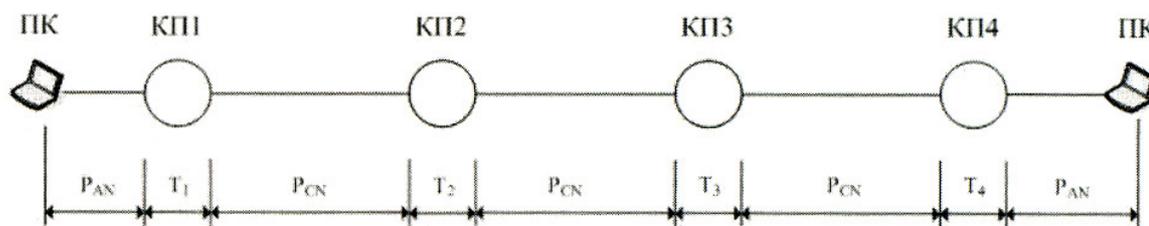
Для тракта обмена информацией через ГТС приведены обозначения затухания для трех ее компонентов: коммутационной станции (АКС), абонентской (ААЛ) и соединительной (АСЛ) линий. В большинстве ГТС абонентские и соединительные линии были образованы физическими цепями многопарных кабелей, поэтому затухание, вносимое этими линиями, было существенным. Максимально допустимое затухание между двумя ТА в ГТС было установлено на уровне 28 дБ [4].

Если все МС и ТС заменить цифровыми коммутационными станциями без модернизации транспортной сети, то затухание между ТА резко возрастет. Для устойчивой работы цифровых АТС рекомендуемая величина АКС составляет 7 дБ. В этом случае для четырех станций суммарное остаточное затухание будет равно 28 дБ. Это означает, что установленные нормы – с учетом ненулевых затуханий абонентских и соединительных линий – не могут быть выполнены. Кроме того, восемь преобразований "аналог – цифра" (АЦП) и "цифра -аналог" (ЦАП) заметно снизят качество связи. Паллиативные решения, основанные, например, на снижении величины АКС до уровня 3,5 дБ, к радикальным улучшениям не приводят.

Поэтому для ГТС потребовалась разработка такой концепции цифровизации, при реализации которой соблюдались нормы на допустимое затухание между двумя ТА, а также минимизировалось число преобразований АЦП/ЦАП. Найденное решение получило название "наложенная сеть". В англоязычной технической литературе эта концепция известна по термину "Overlay Network" [5].



а) Тракт обмена информацией в телефонной сети мегаполиса



б) Тракт обмена информацией в NGN, создаваемой в мегаполисе

Рис. 3. Тракты обмена информацией в ГТС и в NGN

Концепция наложенной сети и ее применение для сетей NGN

Суть концепции наложенной сети очень проста. В пределах ГТС допускается только по одному переходу "аналог – цифра" и "цифра – аналог". Это означает, что все цифровые коммутационные станции в пределах одной ГТС должны быть связаны между собой без использования аналоговых МС и ТС. Расчеты затуханий, выполненные для ГТС любой структуры, показали, что концепция "наложенной сети" позволяет обеспечить соблюдение установленных норм. Более того, в ряде случаев затухание между двумя ТА может быть снижено [4]. Минимизация числа преобразований АЦП/ЦАП, которая обеспечивается принятым методом развития ГТС, гарантирует высокое качество связи. Это важно не только при передаче речи, но и в случае использования ТФОП для доступа в сеть Интернет, а также для обмена факсимильными сообщениями.

Структуру тракта обмена, приведенную в верхней части рис. 3, можно считать универсальной. После некоторых изменений терминологического характера она становится вполне приемлемой для NGN. В нижней части рис. 3 показана структура тракта, используемого для обмена информацией в NGN. Для связи двух ПК (как и любых других терминалов) создается тракт обмена информацией, проходящий через четыре КП.

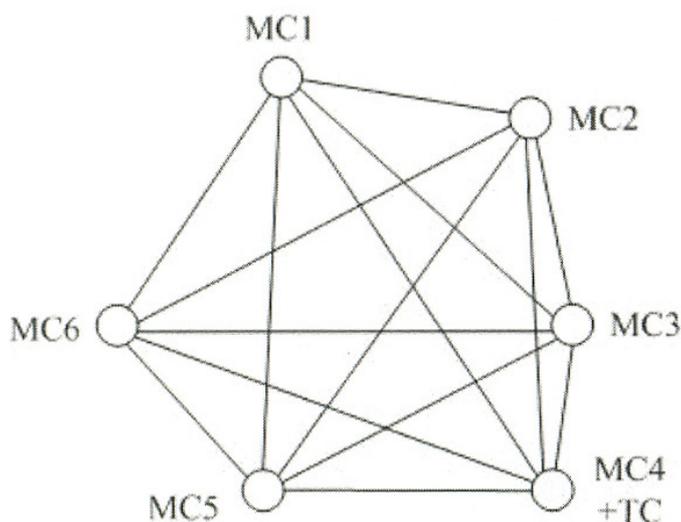


Рис. 4. Структура ГТС без узлов

Параметры качества в сети с коммутацией пакетов

Кроме смены названий для терминального оборудования и средств коммутации введены новые обозначения показателей, характеризующих качество обслуживания. Для каждого типа линий, то есть для сети доступа (Access Network) и для опорной сети (Core Network), указана вероятность потери пакета – PAN и PCN соответственно. Для каждого коммутатора может быть измерена величина T_j , которая определяет время задержки IP-пакетов. При коммутации каналов, за исключением некоторых особых ситуаций, значение T_j в процессе обмена информацией будет постоянным. При коммутации пакетов величину T_j следует рассматривать как случайную: она складывается из длительности ожидания пакета в очереди и времени его обработки.

Большинство характеристик качества обслуживания трафика в сетях с коммутацией каналов может быть улучшено за счет достижений в области кодирования, обработки сигналов и им подобных операций. Это утверждение относится и к показателям качества передачи пакетов (потери и искажение информации). Нельзя компенсировать

время задержки IP-пакетов, существенно влияющее на качество телефонной связи [6]. Поэтому именно те показатели качества обслуживания трафика речи, которые связаны с задержкой IP-пакетов, определяют выбор концепции создания NGN.

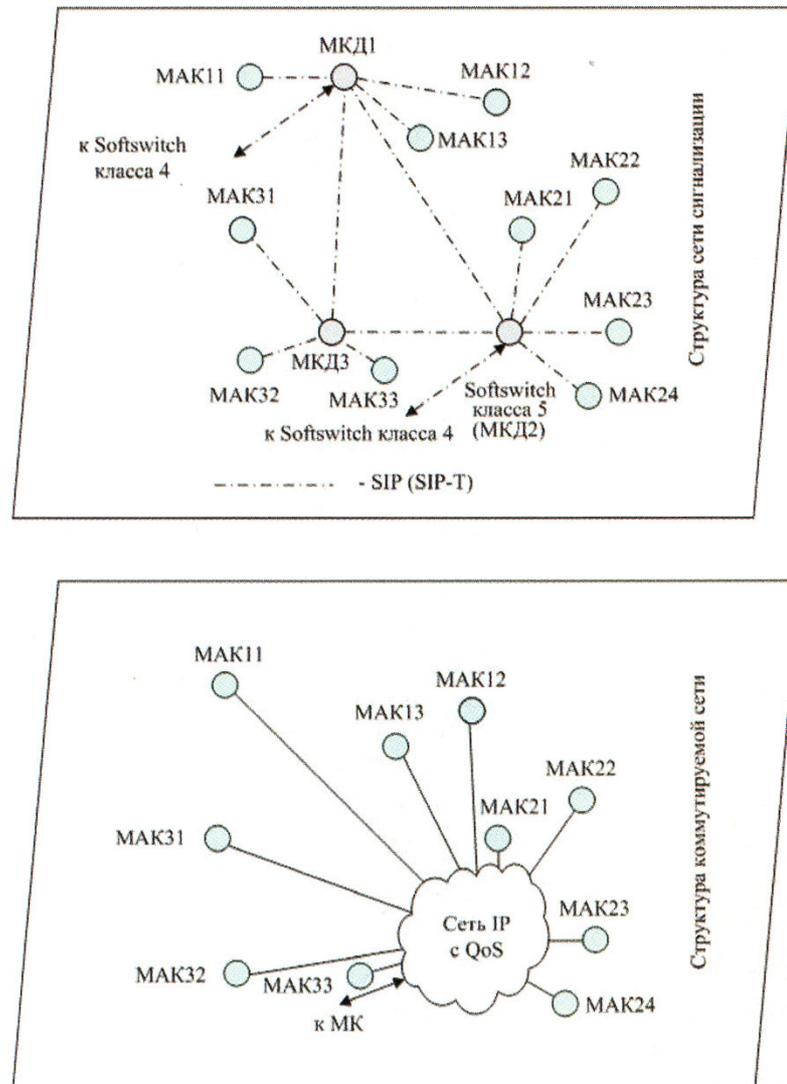


Рис. 5. Оптимальная структура NGN

Опыт внедрения оборудования, обеспечивающего услуги IP-телефонии, показал, что существенная задержка обмена информацией обусловлена двумя факторами:

- кодирование сигнала и формирование пакетов для последующей передачи через IP-сеть;
- накопление пакетов с целью минимизации дисперсии времени их передачи через IP-сеть.

Сопоставление этих задержек с нормами на допустимое время передачи пакетов через IP-сеть, определенными, например, в рекомендации МСЭ Y.1541, позволяет сделать вывод о невозможности реализации стратегий "Метод замещения" и "Острова NGN" при соблюдении приемлемого качества телефонной связи. Более того, даже выбор стратегии "Наложная сеть" еще не гарантирует обеспечение всех заданных показателей качества обслуживания трафика. Для этого целесообразна превентивная

модернизация (переход на пакетные технологии) междугородной и международной телефонных сетей.

Реализация стратегии "Наложенная сеть"

Сценарии реализации стратегии "Наложенная сеть" можно рассмотреть на примере ГТС, построенной по принципу связи коммутационных станций "каждая с каждой" [7]. Сети с такой структурой (рис. 4) созданы во многих российских городах. Предполагается, что на МС под номером четыре в этой сети расположена ТС, через которую осуществляется доступ к сети междугородной телефонной связи.

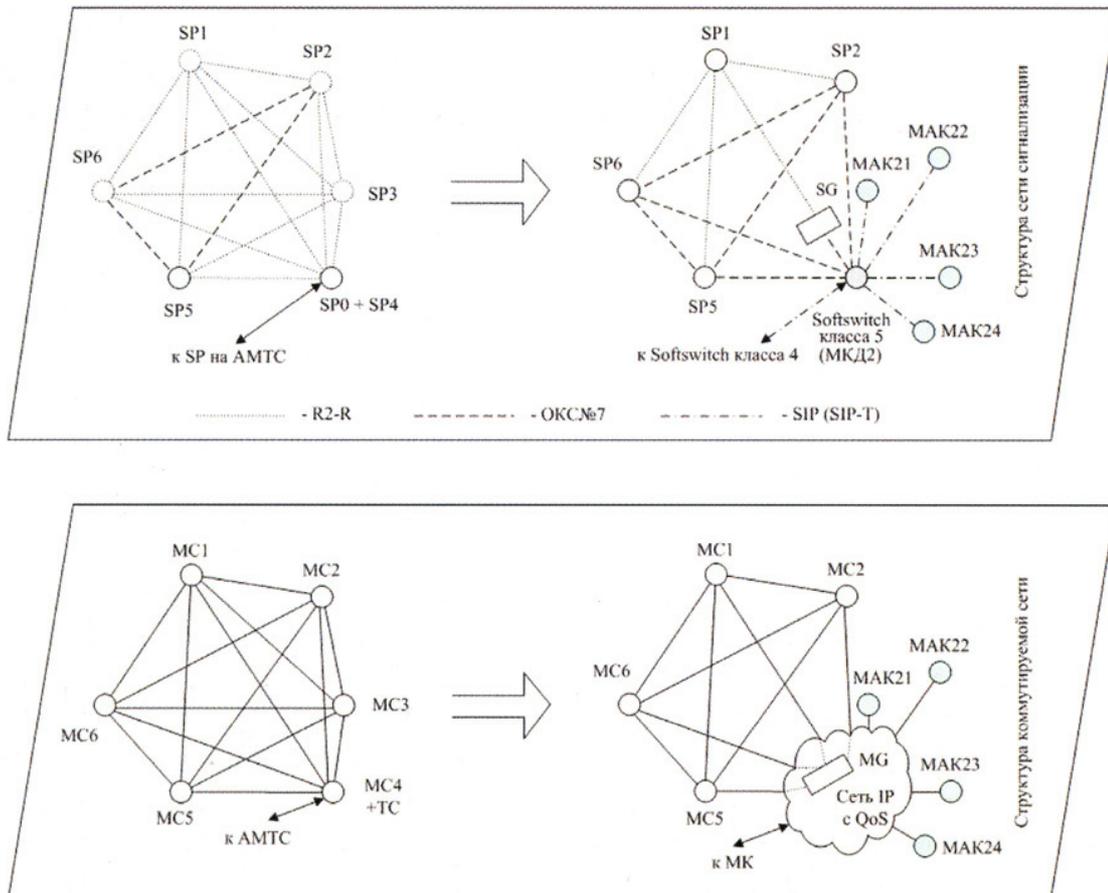


Рис. 6. Первый этап модернизации ГТС без узлов. Сценарий I

Допустим, что заранее была определена оптимальная структура NGN (рис. 5). Предположим также, что NGN начинает формироваться с уровня сетей международной и междугородной связи. Поэтому вместо автоматической междугородной телефонной станции (АМТС) будет установлен магистральный коммутатор (МК). Он обеспечивает транзит IP-пакетов, содержащих информацию любого вида (речь, данные, видео и их комбинация), в сетях междугородной и международной связи.

Этот рисунок (как и несколько следующих) состоит из двух плоскостей. Верхняя плоскость иллюстрирует основные изменения, касающиеся сети сигнализации. В нижней плоскости показана структура сети, по которой передается информация пользователей (для NGN это IP-пакеты).

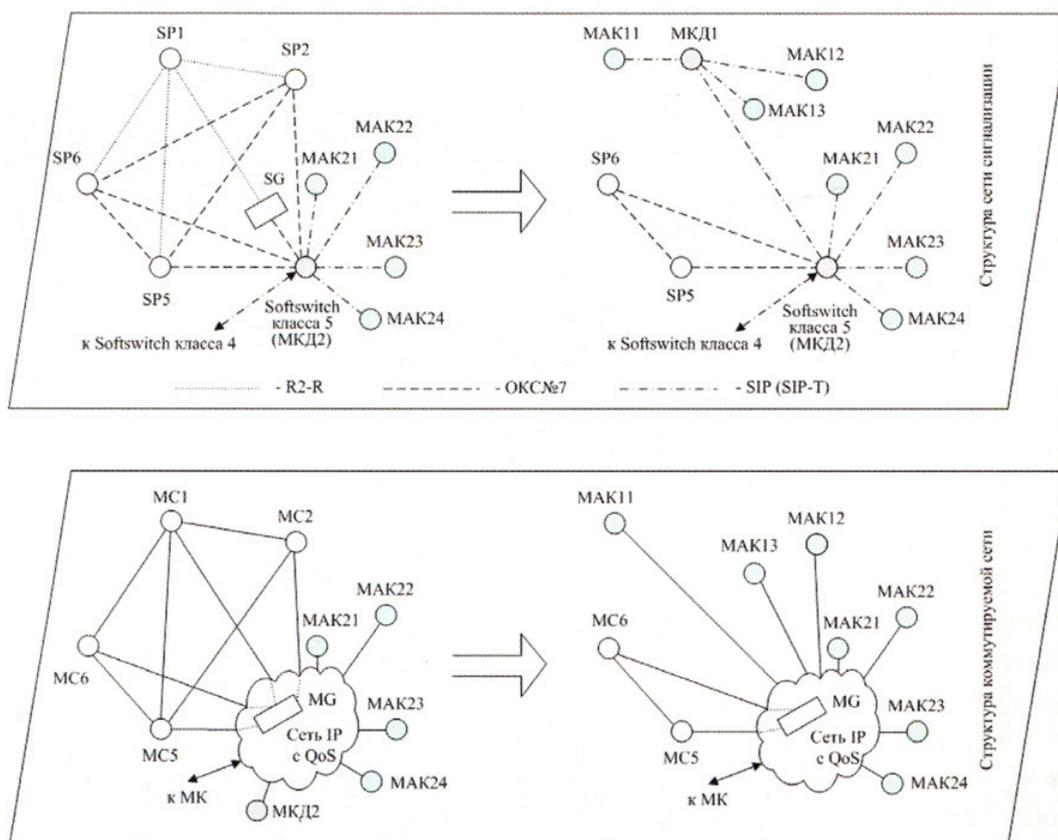


Рис. 7. Второй этап модернизации ГТС без узлов. Сценарий I

Предполагается, что все терминалы потенциальных пользователей будут включены в мультисервисные абонентские концентраторы (МАК). В сети NGN кроме МАК и оборудования IP-сети необходим еще один элемент – мультисервисный коммутатор доступа (МКД), представляющий собой Softswitch класса 5. Этот класс соответствует коммутационному оборудованию, которое функционирует на уровне местных станций (элементу NGN, называемому Softswitch, посвящен один из разделов второй части статьи). Для сигнализации на участках МАК – МКД, между МКД, а также между МКД и Softswitch класса 4 (который устанавливается на МК) предполагается использование протоколов SIP или SIP-T, но возможны и другие решения, если они соответствуют международным стандартам.

Создание NGN, структура которой показана на рис. 5, может быть выполнено различными способами. С практической точки зрения следует выделить три сценария формирования NGN:

- 1) каждая МС после решения о необходимости ее замены оборудованием NGN одновременно выводится из эксплуатации;
- 2) все МС остаются в коммерческой эксплуатации, а рядом с каждой из них устанавливается оборудование NGN, в которое переключаются абоненты, заинтересованные в обслуживании вида "Triple-play services";
- 3) комбинированное решение, основанное на сочетании первого и второго сценариев.

Сценарий 1

Первый этап

На рис. 6 показан начальный этап модернизации ГТС без узлов для сценария, который основан на одномоментной замене каждой МС. В границах IP-сети изображен транспортный шлюз MG (Media Gateway), который обеспечивает взаимодействие МАК со всеми МС, использующими технологию "коммутация каналов". Для анализа функций МКД необходимо обратиться к верхней плоскости рис. 6. Шесть МС, независимо от типа используемого оборудования коммутации, могут рассматриваться как пункты сигнализации – SP (Signaling Point). Такая трактовка предложена МСЭ при разработке спецификаций для обмена информацией по общему каналу сигнализации (ОКС). Номера SP и МС совпадают. Для нумерации пункта сигнализации, расположенного на ТС, выделена цифра "0".

В городе начинает формироваться сеть IP, поддерживающая показатели качества обслуживания (Quality of Service, QoS), которые определены для NGN. Перечень таких показателей устанавливает Администрация связи. Основанием для нормирования этих показателей может служить, например, рекомендация МСЭ Y.1541. На начальном этапе создания NGN в сети IP может использоваться всего один коммутатор. В рассматриваемом примере четыре концентратора МАК обеспечивают обслуживание всех абонентов, ранее включенных в МС3 и МС4.

Следует подчеркнуть, что для взаимодействия с аналоговыми МС необходим шлюз сигнализации SG (Signalling Gateway). Дело в том, что коммутаторы Softswitch не поддерживают процессы обмена сигналами управления и взаимодействия, которые используются в отечественных аналоговых коммутационных станциях. Предполагается, что только МС1 построена на аналоговом коммутационном оборудовании. Система сигнализации, принятая для российских аналоговых МС, названа здесь R2-R. Такое обозначение расшифровывается как российская версия системы сигнализации R2, принятой МСЭ.

Второй этап

На рис. 7 показан один из возможных вариантов дальнейшего построения NGN. Он рассматривается как второй этап модернизации ГТС и основан на замене двух коммутационных станций: МС1 и МС2. Одновременная замена двух МС – один из возможных вариантов развития городской инфокоммуникационной системы в соответствии с выбранным сценарием. Решения такого рода интересны с точки зрения минимизации затрат на сеть доступа. Отправной точкой для выбора рационального решения служит вариант, предусмотренный программой модернизации ГТС.

Установка МКД1 подразумевает реконструкцию сети доступа, в которой появляются еще три МАК. Между абонентами семи эксплуатируемых МАК информация всех типов передается в виде IP-пакетов. Управляют всеми соединениями два МКД. Переход к технологии "коммутация каналов" необходим только для соединений, которые устанавливаются с терминалами, включенными в МС3 или в МСб.

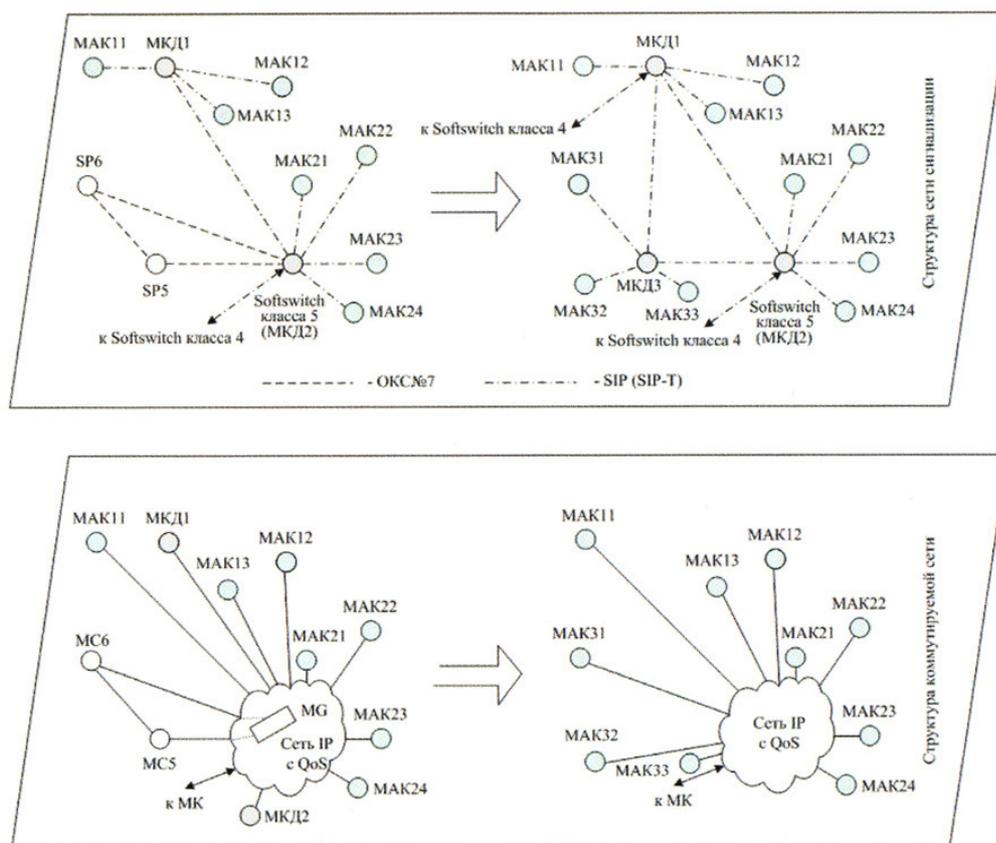


Рис. 8. Третий этап модернизации ГТС без узлов. Сценарий I

Радикальные изменения свойственны сети сигнализации. Только для МС3 и МС6 используются системы сигнализации, реализованные для телефонной связи. Все остальные элементы городской сети (МАК и МКД) взаимодействуют между собой по единой системе сигнализации, принятой для NGN.

Третий этап

Структура сети становится все более похожей на структуру NGN, формирование которой завершается на третьем – заключительном -этапе. Этот этап (рис. 8) приводит к созданию сети со структурой, которая была выбрана в качестве оптимального решения (см. рис. 5). Варианты модернизации ГТС в соответствии с рассматриваемым сценарием могут различаться темпами замены эксплуатируемого оборудования коммутации, численностью МКД и МАК в IP-сети, а также другими атрибутами, не влияющими на принципы поэтапного создания NGN.

Следует упомянуть еще одну проблему – выбор технологий, необходимых для поддержки показателей QoS. Эта задача требует дополнительного исследования. Следует, правда, отметить, что затраты Оператора на создание сети IP с поддержкой QoS существенно меньше тех инвестиций, которые потребуются для замены всех МС и реализации современной сети доступа.

Сценарий 2

Второй сценарий может быть представлен с помощью модели, показанной на рис. 9. Он не содержит верхнюю плоскость, так как принципы построения системы сигнализации не изменяются. Результат реализации этого сценария можно рассматривать как оперативное создание "наложенной сети", пользователям которой доступны все виды

обслуживания, входящие в набор "Triple-play services". Численность таких пользователей ограничена: она определяется уровнем платежеспособного спроса на обслуживание вида "Triple-play services".

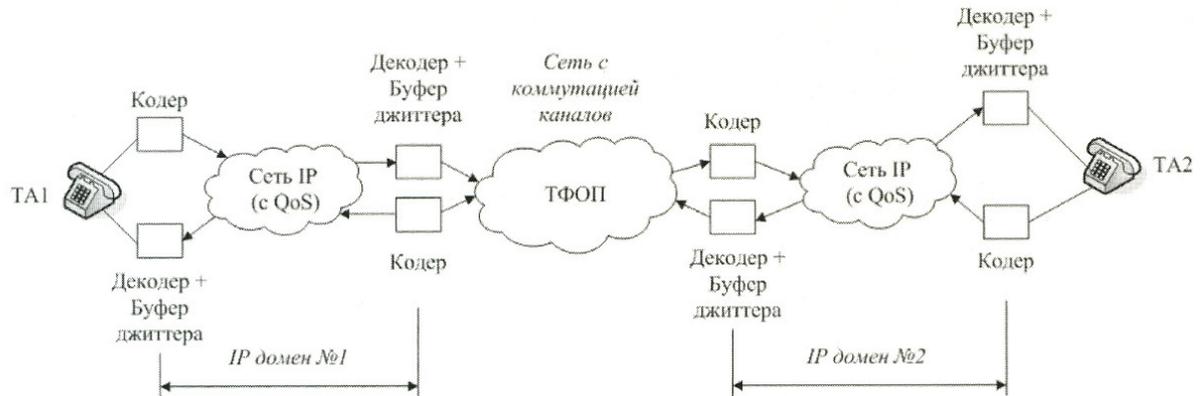


Рис.10. Модель сети с несколькими IP-доменами

Существенное отличие от первого сценария создания NGN состоит в том, что параллельно формируется "вторая" сеть. Это обстоятельство подчеркивает знак "+" на рис. 9, расположенный под стрелкой, которая разделяет этапы развития ГТС. Очевидно, что сеть сигнализации должна быть создана сразу и почти в полном объеме. Между каждой МС и тем МАК, который установлен рядом с ней, должны быть организованы тракты Е1. Фактически каждый МАК становится выносным модулем одной из МС, которая обеспечивает ему выход в ГТС.

Сценарий 3

Третий сценарий реализации стратегии "Наложенная сеть" представляет собой сочетание двух решений, которые были рассмотрены в этом разделе. Любой из трех сценариев обеспечивает формирование NGN, которая соответствует всем показателям качества обслуживания мультисервисного трафика.

Показатели QoS и планирование сети в эпоху NGN

Переход к IP-технологиям передачи и коммутации требует изменения подхода к планированию сети. Эти изменения обусловлены рядом причин, среди которых – в этой статье – целесообразно выделить уже упомянутую проблему невозможности компенсации "потерянного" времени. Опыт, имеющийся у многих Операторов, пока не согласуется с теорией. Для дальнейших комментариев рассмотрим модель сети, которая изображена на рис. 10. Тракт между двумя телефонными аппаратами содержит два IP-домена (термин "домен" обычно используется для обозначения фрагмента сети, реализованного на базе одной технологии).

Допустим, что первый IP-домен создан Оператором "А". Основная задержка IP-пакетов порождается в кодере и буфере джиттера, который устанавливается перед декодером [6]. По всей видимости, задержка IP-пакетов в этом домене не будет ощущаться абонентами, то есть не скажется на качестве телефонного разговора [5]. В результате Оператор "А" на основе собственного практического опыта убедится, что IP-технология не ухудшает качество связи. Это означает, что средняя задержка IP-пакетов в первом домене (T_j) меньше допустимой величины (T_{MAX}).

Предположим, что Оператор "В" создал второй IP-до-мен, в котором средняя задержка IP-пакетов оценивается величиной T_{II} . Как правило, T_I и T_{II} . Не исключено, что качество связи после установления разговорного тракта через два IP-домена станет неприемлемым, например, если $T_I + T_{II} > T_{MAX}$. При этом любые измерения качества связи в границах одного домена покажут полное соответствие всех показателей QoS установленным нормам.

Эта простая иллюстрация возможных (и весьма вероятных) проблем поддержки заданных показателей качества телефонной связи основана на модели сети из двух IP-доменов. Если не разработать четкие принципы планирования сети, число IP-доменов в одном соединении может оказаться более двух. В итоге возникнет ситуация, когда переход на новую технологию приведет к ухудшению качества телефонной связи, что, безусловно, недопустимо. Поэтому разработка принципов планирования сети в условиях постепенного перехода от ТФОП к NGN представляется очень важной задачей.

Первые выводы

Вторая часть статьи²² будет содержать раздел "Выводы", в котором мы постараемся обобщить все изложенные соображения. Тем не менее и первая часть статьи, имеющая самостоятельное значение, позволяет сформулировать, по крайней мере, три положения.

Во-первых, не все так просто с построением сети следующего поколения, как следует из ряда публикаций, популяризирующих концепцию NGN.

Во-вторых, характерная черта NGN – использование имеющегося резерва времени задержки сигнала, который может быть задействован без ущерба для качества передачи речи. Потеря времени, в отличие от затухания сигналов, искажения информации и иных воздействий детерминированных либо случайных факторов при передаче IP-пакетов через телекоммуникационную сеть, не может быть компенсирована.

В-третьих, переход к NGN возможен только при условии, что будут разработаны соответствующие принципы планирования сети, учитывающие все основные особенности пакетных технологий передачи и коммутации.

² Окончание статьи будет опубликовано в следующем номере журнала.

Литература

1. Меккель А.М. Перспективы развития магистральных транспортных сетей // ИнформКурьерСвязь, 2005. № 6,
2. Етрухин Н.Н. Первые рекомендации МСЭ-Т о сетях следующего поколения // ИнформКурьерСвязь. 2005. № 6.
3. Пинчук А.В., Соколов Н.А. Мультисервисные абонентские концентраторы для функциональных возможностей "Triple-Play Services" // Вестник связи. 2005. № 4.
4. Лутов М.Ф., Жарков М.А., Юнаков П.А. Квазиэлектронные и электронные АТС. -М.: Радио и связь, 1988.
5. Bellamy J.C. Digital Telephony. Third Edition, – John Wiley & Sons, Inc, 2000.
6. Гольдштейн В.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л.. IP-телефония, – М.: Радио и связь, 2001.
7. Пинчук А.В., Соколов Н.А, Модернизация ГТС без узлов // Вестник связи. 2005. № 12.

Ваше мнение и вопросы по статье присылайте по адресу: TSS@Groteck.ru