

Особенности современных эволюционных процессов в электросвязи

Н.А. СОКОЛОВ, доктор технических наук, профессор СПбГУТ

Телекоммуникационные сети относятся к консервативным сложным техническим системам [1]. Вместе с тем, электросвязь – динамично развивающаяся отрасль. Данное противоречие приходится учитывать при разработке решений по модернизации эксплуатируемых сетей связи. Эффективность подобных работ в значительной мере определяется адекватной оценкой тех эволюционных процессов, которые свойственны современной электросвязи.

Основные эволюционные процессы

Процессы развития электросвязи целесообразно исследовать с нескольких точек зрения – технического, экономического и организационного характера. Для каждой из них можно выделить ряд важных самостоятельных задач. Правда, процессы интеграции и конвергенции, свойственные текущему этапу развития электросвязи, иногда требуют совместного анализа технических, экономических и организационных изменений в отрасли "Связь". Ниже рассматриваются процессы развития электросвязи, прямо или косвенно определяющие функциональные возможности телекоммуникационных сетей на ближайшие десять-пятнадцать лет. Исследование путей дальнейшей эволюции электросвязи привело к формированию новой идеи – сети следующего поколения. Соответствующая концепция известна по аббревиатуре NGN (Next Generation Network). Она фактически стала общепризнанным путем дальнейшего развития электросвязи. Авторы и сторонники концепции NGN на страницах книг и журналов, с трибун конференций и на сайтах Интернет обсуждают заманчивые преимущества предлагаемого пути реконструкции эксплуатируемых сетей электросвязи. Несомненно, идея перехода к NGN – очень привлекательное решение. Ей, как практически каждому новому направлению развития связи, свойственны недостатки, недооценка которых чревата серьезными последствиями для всех участников рынка телекоммуникационных услуг.

Интеграционные процессы, составляющие суть концепции NGN, стимулируют рост пропускной способности транспортных ресурсов и производительности устройств распределения информации, а также существенное повышение требований к показателям качества обслуживания трафика. Если в NGN объединяются N телекоммуникационных сетей, то можно утверждать следующее:

- пропускная способность транспортных ресурсов в значительной мере будет определяться аналогичными величинами самой широкополосной из всех интегрируемых сетей;
- производительность устройств распределения информации, как правило, будет вычисляться по требованиям трафика, наиболее критичного к времени задержки сигнала и к потерям пакетов;
- показатели качества обслуживания будут более "жесткими", чем такие же нормы, принятые для эксплуатируемых сетей электросвязи.

Особенности современных эволюционных процессов в электросвязи могут быть изложены на основе этих трех постулатов.

Пропускная способность транспортных ресурсов

Современные транспортные сети – за исключением уровня доступа – построены с широким использованием кабелей с оптическими волокнами и систем передачи цифровой синхронной иерархии. Для обеспечения требований NGN в части повышения пропускной способности в таких транспортных сетях могут применяться системы спектрального мультиплексирования. Кроме того, из перечня возможных путей решения поставленной задачи не следует исключать традиционные варианты:

- использование резервных оптических волокон, обычно предусматриваемых при разработке проектной документации;
- установка оборудования цифровой синхронной иерархии следующего уровня, что повышает пропускную способность в четыре раза.

Сложнее обеспечить высокую пропускную способность в сетях доступа. Эти сети построены на многопарных кабелях с медными жилами. Резервы роста скорости обмена информацией в сети доступа не столь существенны как для более высоких уровней иерархии телекоммуникационной системы, где активно широко применяются кабели с оптическими волокнами и цифровые системы передачи. Кроме того, при использовании кабелей с медными жилами сложнее обеспечить высокие показатели качества передачи информации.

Принципы дальнейшей эволюции транспортных сетей местной, междугородной и международной связи идентичны для всех стран. Мнения специалистов относительно модернизации сетей доступа расходятся. Можно выделить два основных подхода.

Первый предусматривает радикальное обновление линейных сооружений. В большинстве городов оптимальным решением считается технология FTTP (Fiber To The Premises) – доведение оптического волокна до помещения пользователя. В сельской местности предполагается использовать системы беспроводного широкополосного доступа. Подобная точка зрения характерна, в частности, для специалистов в США.

Второй подход основан на модернизации магистрального участка сети доступа за счет прокладки кабеля с оптическими волокнами. Распределительные кабели остаются в эксплуатации. Длина физической двухпроводной цепи существенно сокращается, что позволяет применить оборудование широкополосного обмена данными, включая VDSL2 (Very high-speed Digital Subscriber Line) – высокоскоростная цифровая абонентская линия. Теоретически это оборудование способно обеспечить передачу информации со скоростью 100 Мбит/с. Решения такого рода часто поддерживаются специалистами европейских стран.

По прогнозам компании Infonetics Research, через десять-пятнадцать лет некоторым пользователям потребуются скорости порядка 1 Гбит/с. Очевидно, что кабели с медными жилами не смогут обеспечить такую пропускную способность. Правда, пользователей, которым нужна такая скорость обмена данными, будет мало. Кроме того, применение ранее проложенных кабелей с медными жилами экономически выгодно. Таким образом, задачу модернизации сети доступа следует решать как технико-экономическую.

Некоторые прогнозы пропускной способности для перспективных сетей доступа оценивают максимальную востребованную скорость передачи информации на уровне 100 Мбит/с [2, 3]. Если эта оценка окажется верной, то проекты модернизации сетей доступа за счет связки технологий FTTC (Fiber To The Curb) – доведение оптического волокна до

распределительного шкафа – и VDSL2 найдут хорошую нишу на телекоммуникационном рынке.

Производительность устройств распределения информации

Обычно производительность устройств распределения информации оценивается количеством операций в единицу времени. Для технологии "коммутация каналов" такой операцией считается обработка вызовов. Производительность коммутационных станций, как правило, указывается в количестве вызовов, которые могут быть обработаны в час наибольшей нагрузки [4].

Из теории телетрафика известно, что интенсивность телефонной нагрузки Y определяется следующим произведением [5]:

$$Y = N \times C \times T,$$

где N – количество источников нагрузки, C – среднее значение количества вызовов от одного источника, T – математическое ожидание времени занятия ресурсов сети.

Для одних и тех же значений Y и N можно представить себе две следующие ситуации:

- величина C очень мала, а уровень T весьма существенен (характерный пример – пучок соединительных линий между коммутационной станцией и модемным пулом);
- величина T предельно мала, а уровень C значителен (типичный пример – пучок соединительных линий, связывающий коммутационную станцию со справочной службой).

В первом случае можно использовать коммутационное оборудование с низкой производительностью системы управления, но с существенной пропускной способностью коммутационного поля. Во втором случае следует выбрать коммутационное оборудование с высокой производительностью, а пропускная способность коммутационного поля, по всей видимости, не будет важным фактором.

Для технологии "коммутация пакетов" соображения, изложенные выше, нельзя считать корректными. Производительность маршрутизаторов измеряется количеством пакетов, обрабатываемых в единицу времени (обычно – в секунду). Количество пакетов L , передаваемых в течение сеанса связи, зависит и от величины C , и от значения T . Для трафика речи, передаваемого в виде IP-пакетов, можно ввести оценку вида $L \approx kY$, где k – коэффициент пропорциональности [6]. Следовательно, производительность устройств распределения информации в NGN практически не зависит от соотношения величин C и T , а определяется их произведением.

Для сеансов связи по обмену данными и передачи видеоизображений количество обрабатываемых пакетов становится весьма существенным. По этой причине величина производительности устройств распределения информации в NGN будет радикально отличаться от тех показателей, которые привычны для технологии "коммутация каналов".

Показатели качества обслуживания

Использование технологии "коммутация пакетов" требует радикальной ревизии подхода к нормированию показателей качества обслуживания трафика [7]. Кроме того, следует учитывать возрастающие требования к качеству обслуживания безотносительно вида используемых технологий передачи и распределения информации.

Формирование пакета всегда связано с накоплением информации на передающей стороне. В результате вводится дополнительная задержка T_X . На приемной стороне, где собираются пакеты, за разное время переданные через сеть, необходимо установить буфер. Он сглаживает неравномерность времени прохождения пакетов от источника информации до приемника. В результате вводится дополнительная задержка T_Y . Сумму $T_X + T_Y$ следует рассматривать как неизбежное следствие перехода к пакетным технологиям. Некоторые виды трафика (в первую очередь – речь) весьма критичны ко времени задержки передачи сигнала, максимум которой T_{MAX} был определен по результатам измерений.

Для междугородных и международных соединений необходимо учитывать и время распространения сигнала T_P . Кроме того, между источником и приемником информации пакеты передаются через несколько маршрутизаторов, которые вносят задержку T_R . Высокое качество связи обеспечивается только при соблюдении следующего условия:

$$T_X + T_Y + T_P + T_R \leq T_{MAX}.$$

Это условие дополняется ограничениями на джиттер (флуктуацию) задержки, а также на вероятности потери и искажения пакетов [7]. Обеспечение минимального уровня задержки пакетов достигается, в том числе, за счет использования транспортных ресурсов высокой пропускной способности и устройств распределения информации большой производительности. Если при этом применяются дисциплины обслуживания пакетов, учитывающие характер трафика, можно обеспечить приемлемые показатели качества обслуживания с точки зрения времени задержки.

Некоторые новые виды услуг – характерным примером можно считать телевидение высокой четкости – диктуют повышенные требования к вероятностям потери и искажения пакетов. Эти требования, в свою очередь, определяют выбор среды передачи (как правило, только оптическое волокно обеспечивает низкий уровень коэффициента ошибок) и методов помехоустойчивого кодирования информации.

Резюме

Эволюция электросвязи на рубеже XX и XXI веков привела к ряду радикальных изменений основных показателей инфокоммуникационной системы. Столь существенные количественные изменения не могли не породить процессов, ведущих к качественному обновлению электросвязи. По всей видимости, успехи технологий и достижения в ряде смежных, по отношению к электросвязи, дисциплин вскоре дадут новый импульс модернизации эксплуатируемых телекоммуникационных сетей.

Литература

1. В.Б. Булгак, Л.Е. Варакин, Ю.К. Ивашкевич, В.Д. Москвитин, В.Г. Осипов. Концепция развития связи Российской Федерации. //М.: Радио и связь, 1995.
2. M. Crawford, D. Verhey. Residential Service Aggregation in the Second Mile. //Alcatel Telecommunications Review, 2nd Quarter 2003.
3. L.K. Vanston, R.L. Hodges. Technology forecasting for telecommunications.// Telektronikk, Volume 100, No. 4, 2004.
4. Б.С. Гольдштейн. Системы коммутации. //СПб.: "БХВ - Санкт-Петербург", 2003.
5. В.С. Лившиц, Я.В. Фидлин, А.Д. Харкевич. Теория телефонных и телеграфных сообщений.//М.: Связь, 1971.
6. Ю.В. Семенов. Проектирование сетей связи следующего поколения.//СПб.: Наука и техника, 2005.
7. Н.А. Соколов. Качество обслуживания трафика речи в сети NGN.//Connect! Мир связи, 2006, № 7.