

*В.Г. КОТУХ, канд. техн. наук, М.А. МИРОШНИК, канд. техн. наук,  
С.Н. СЕЛЕВКО, канд. техн. наук.*

## **РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ**

### **Введение**

Под телекоммуникационной системой понимается комплекс нескольких или множества подходящего аппаратно-программного обеспечения объектов и связи между ними по каналам, созданный для автоматизированного взаимодействия. Под термином телекоммуникация понимается огромное поколение разных технологий, которые представляют собой огромные массивы объектов, находящихся на определенном расстоянии между друг другом.

Средства телекоммуникаций развиваются очень быстро. Реализация с их помощью многофункционального сервиса (голос, данные, графика, неподвижные и подвижные изображения) требует наличия высокопроизводительных систем передачи, отличающихся широким диапазоном скоростей; мощных устройств коммуникации, которые приспособлены к различным трафикам. Для систем телекоммуникаций, реализованных с использованием современных компьютерных технологий, необходимо совершенное программное обеспечение [1-3].

Стандартизация, логическая корректность, совместимость процедур обмена – необходимые условия для нормального функционирования современных телекоммуникационных систем. Этим требованиям в полной мере отвечают цифровые сети в том числе системы передачи синхронной цифровой иерархии (SDH) и системы цифровой коммутации. Интегральные цифровые сети (Integrated Digital Network – IDN) дают возможность в единой форме передавать дискретные (телеграф, передача данных) и аналоговые (голос, видеоизображения) сообщения.

Интеграция в цифровых сетях связи может проводиться следующими способами: на уровне терминальных устройств; на уровне каналообразующего и коммутационного оборудования; путем объединения сетей различного назначения; на уровне предоставления услуг.

Интеграция на уровне терминальных устройств позволяет использовать один тип терминального устройства для выполнения различных функций (персональный компьютер – для организации телефонных переговоров, цифровой телефонный аппарат – для реализации функций директорского коммутатора и т.п.).

Интеграция на уровне каналообразующего и коммутационного оборудования позволяет использовать цифровую систему коммутации в качестве оборудования каналообразования.

Интеграция на уровне объединения сетей различного назначения позволяет создать интегральную сеть, реализующую функции разнообразных сетей (например, интегральная технологическая сеть позволяет объединить в себе функции оперативно-технологической и общетехнологической связи или интегральная сеть может объединять телефонную сеть и сеть передачи данных).

Интеграция на уровне предоставления услуг позволит сконцентрировать все функциональные возможности обслуживания и передать их по абонентской линии с использованием одного и того же абонентского номера.

Объединение сетей различного функционального назначения может проводиться путем интеграции сети передачи данных в телефонную сеть или наоборот [4 – 6].

На сегодняшний день самые современные направления телекоммуникаций это разработка SIP-технологий в сетях нового поколения NGN; разработка методов обеспечения электромагнитной совместимости в системах подвижной связи 3G, в системах абонентского радиодоступа, Wi-Fi, Wi-max; цифровая, пространственно-временная и адаптивная обработка сигналов в телекоммуникациях; административный менеджмент в сфере защиты информации с ограниченным доступом; исследования полностью оптических сетей связи (DWDM); моде-

лирование и анализ алгоритмов функционирования современных телекоммуникационных систем и сетей.

### Тенденции в развитии телекоммуникационных сетей и систем

Анализируя тенденции в развитии телекоммуникационных сетей и систем, следует отметить появление и стремительное внедрение отдельных цифровых линий, построенных по принципу импульсно-кодовой модуляции с использованием временного разделения каналов (TDM). Продолжительные исследования показали, что цифровые каналы имеют значительно меньшую вероятность ошибки (10<sup>-6</sup>) по сравнению с аналоговыми каналами (10<sup>-4</sup>), и их производительность в 5–7 раз выше аналоговых. Цифровые сети, построенные на основе этих базовых принципов с последующим мультиплексированием, получили название плезиохронной цифровой иерархии (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH) [1-6].

Однако, как показали дальнейшие исследования принципов построения и функционирования сетей PDH, информационный обмен в режиме коммутации каналов, отсутствие средств сетевого автоматизированного контроля и протоколов маршрутизации существенно затрудняют процесс передачи большого объема данных и предоставления телекоммуникационных услуг и сервисов с требуемыми показателями качества. В то же время постоянно растущий спрос и резкое повышение требований к качеству предоставляемых услуг обусловил необходимость объединения различных служб в рамках единой сети (передача данных, телефония, видео и т.д.).

Реакцией со стороны разработчиков телекоммуникационных технологий на требования информационного сообщества явилась разработка цифровых сетей интегрального обслуживания (ЦСИО (Integrated Service Digital Network, ISDN)) [3 – 5], внедрение которых планировалось провести в три этапа. Первый этап (70–80-е года) характеризуется переходом к цифровым методам передачи и коммутации, т.е. строится так называемая интегральная цифровая сеть IDN (Integrated Digital Network) при аналоговых абонентских линиях и аналоговых телефонах. На этом этапе сохраняются обособленные системы передачи данных с коммутацией каналов и коммутацией пакетов. На втором этапе (80–90-е года) международным союзом электросвязи (МСЭ) была разработана и внедрена группа рекомендаций серии I с описанием основных принципов построения узкополосной ЦСИО (N-ISDN). Скорость передачи в такой сети равна 144 Кбит/с, что при первичном доступе к сети включает два речевых канала по 64 Кбит/с (В-каналы) и один канал для передачи данных и служебной информации со скоростью 16 Кбит/с (D-канал). Проведенные исследования показали, что один такой канал связи обслуживает до 30 «информационных каналов» и обеспечивает возможность быстрой генерации и сброса вызовов, а также передачу информации о поступающих вызовах, в том числе о номере обращающегося к сети абонента. При построении N-ISDN сетей использованы различные методы коммутации: коммутация каналов (КК) для речи и коммутация пакетов (КП) для данных. Однако на практике основным режимом функционирования ISDN остается режим с коммутацией каналов [3], что, в свою очередь, делает невозможным внедрение современных средств и протоколов сетевого (решение задач маршрутизации) и транспортного (решение задач мультиплексирования, сегментации и др.) уровня в процесс передачи данных.

Постоянный рост популярности компьютерной техники, увеличение числа абонентов телекоммуникационных сетей, расширение видов услуг, постоянный спрос на услуги сети Интернет (WWW и др.) привели к значительному росту общего сетевого трафика. В связи с этим на следующем этапе развития телекоммуникационных сетей произошел переход от узкополосных сетей интегрального обслуживания к широкополосным цифровым сетям, (Broadband Integrated Service Digital Network, B-ISDN).

Основные принципы построения таких сетей, определенные рекомендацией МСЭ I.121, включают в себя коммутацию пакетов, называемых ячейками (cells), и асинхронный режим доставки (Asynchronous Transfer Mode, ATM) [5]. Базовая скорость передачи данных, опре-

деленная стандартными рекомендациями, принята равной 155,52 Мбит/с, что значительно превосходит базовую скорость T-ISDN.

Однако проведенные исследования показали, что наряду с очевидными достоинствами этой технологии у нее есть ряд существенных недостатков. В частности, сложность управления процессами в таких сетях (например, функционирование ATM в режиме соединения с доступной скоростью (ABR)), большая избыточность протокола ATM, увеличенные задержки на сборку/разборку ячеек, а также сложность протоколов маршрутизации по сравнению с «IP-протоколами» до сих пор не позволяют в полной мере использовать преимущества этой технологии для передачи потоков данных в условиях поступления множественных заявок абонентов. В связи с этим была предложена концепция мультисервисных сетей следующего поколения NGN (Next Generation Network) [4 – 5].

Концепция NGN, в первую очередь, характеризуется четким разделением трех уровней соединения – доступа, транспорта и услуг (рис. 1) в соответствии с их функциональными задачами (для маршрутизации, коммутации и передачи данных используется транспортный функциональный уровень, для передачи информации сигнализации – уровень доступа, а за управление логикой услуг и приложений, создание, внедрение и взаимодействие различных услуг отвечает уровень услуг) [6 – 9].

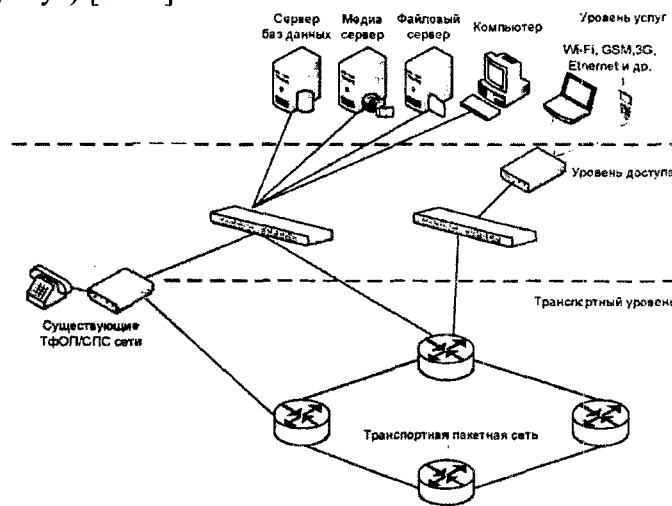


Рис. 1. Обобщенная схема построения сети NGN

Основным отличием сетей NGN от B-ISDN является отказ от принятой в традиционных сетях «канальной парадигмы» и перевод традиционных (телефония, видео и т.д.) услуг на IP-платформу. Проведенный анализ показал, что использование на транспортном уровне сети NGN стека TCP/IP позволит упростить процесс управления и маршрутизации потоков данных [7 – 8].

Предоставление услуг гарантированного качества независимо от типа передаваемой информации является отличительной особенностью сетей следующего поколения (Next Generation Network, NGN). Качество обслуживания абонентов в NGN является ключевым вопросом и в той или иной форме присутствует при решении практически любой задачи, связанной с проектированием или эксплуатацией сетей данного типа. Как правило, качество предоставляемой пользователю услуги фигурирует в роли ограничений в рамках математической постановки какой-либо более общей задачи, например задачи выбора пропускных способностей каналов передачи на этапе проектирования или задачи распределения этих пропускных способностей между информационными потоками на этапе управления сетью в процессе ее эксплуатации. Зачастую эти ограничения формулируются в терминах сетевых показателей качества, отражающих качество передачи трафика на участке транспортной сети и не учитывающих влияние других элементов соединения, например локальных сетей и оконечного оборудования. Формулирование требований и ограничений должно осуществляться

в терминах оценок качества, воспринимаемого конечным пользователем, которые являются производными качества работы сети.

Рассматривая управление сетевыми ресурсами как основной инструмент достижения заданного качества обслуживания на этапе эксплуатации телекоммуникационной сети (ТКС), следует отметить, что наибольшая эффективность управления трафиком, канальными и буферными ресурсами достигается при условии реализации динамической многопутевой стратегии. При ориентировании именно на такой подход возникает следующая научно-техническая задача: сформулировать в аналитическом виде условия (ограничения) обеспечения требований конечных пользователей к воспринимаемому качеству услуги в условиях реализации динамической многопутевой стратегии управления трафиком и другими сетевыми ресурсами.

Поставленную задачу можно условно разделить на две последовательно решаемые подзадачи: первая связана с получением формализованной зависимости оценок качества конечного пользователя от текущего значения сетевых параметров, вторая – с формированием зависимости сетевых параметров качества от текущего распределения ресурсов при условии реализации динамической многопутевой стратегии.

### **Заключение**

Проведенный анализ достоинств и недостатков цифровых телекоммуникационных сетей показал перспективность развития широкополосных сетей (B-ISDN, NGN). Однако, учитывая значительное увеличение числа абонентов и интенсивности передаваемого трафика а также расширение видов услуг и постоянное повышение вероятностно-временных требований к качеству обслуживания (Quality of Service, QoS) (прежде всего к времени доставки данных и их достоверности), перед операторами телекоммуникационных услуг помимо традиционных задач увеличения пропускной способности сети встали задачи оптимизации распределения потоков данных для полного использования доступных ресурсов. Очевидно, что характеристики обслуживания потоков данных должны дифференцироваться в зависимости от природы трафика, загруженности отдельных компонентов телекоммуникационной сети, изменений интенсивности информационных потоков, а также с учетом предъявляемых вероятностно-временных требований к качеству предоставляемых услуг.

**Список литературы:** 1. *Мирошник М.А.* Разработка диагностического обеспечения многопроцессорных систем управления телекоммуникационными системами на основе концепции сигнатурного мониторинга / Г.И. Загарий, М.А. Мирошник, С.В. Панченко // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.* – Харків : УкрДАЗТ, 2011. – № 1 (86). – С.37–46. 2. *Семенов С.Г.* Оптимизация трафика на основе сбалансированной загрузки информационно-телекоммуникационной сети / С.Г. Семенов // *Системи обробки інформації.* – Х. : ХВУ, 2004. – № 8(36). – С. 206-210. 3. *Величко В.В.* Передача данных в сетях мобильной связи третьего поколения / В.В. Величко. – М. : Радио и связь, Горячая линия-Телеком, 2005. – 332 с. 4. *Королев А.В.* Управление сетевыми ресурсами / А.В. Королев, Г.А. Кучук, А.А. Пашнев. – Х. : ХВУ, 2004. – 272 с. 5. *Кучерявый Э.А.* Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Э.А. Кучерявый. – СПб. : Наука и техника, 2004. – 336 с. 6. *Смирнов А.А.* Анализ и сравнительное исследование перспективных направлений развития цифровых телекоммуникационных систем и сетей / А.А. Смирнов, В.В. Босько, Е.В. Мелешко // *Системи обробки інформації.* – Х. : ХВУ, 2008. – Вып. 7 (74). – С. 120-123. 7. *Евсеева О.Ю.* Обеспечение гарантированного качества обслуживания в сетях NGN с использованием оценок конечных пользователей / О. Ю. Евсеева // *Радиотехника.* – 2008. – Вып. 155. – С. 55-72. 8. *Дещинский П.Ю.* Взаимодействие одноранговых сетей P2PSIP с сетями NGN / П.Ю. Дещинский // *Радиотехника.* – 2008. – Вып. 155. – С. 83-86. 9. *Мирошник М.А.* Разработка методов повышения отказоустойчивости и надежности функционирования компонентов телекоммуникационных систем и сетей / В.Г. Котух, М.А. Мирошник // *Радиотехника.* – 2011. – Вып. 164. – С. 190 – 197.

*Харьковский национальный  
университет радиотехники,  
Украинская государственная  
академия железнодорожного транспорта*

*Поступила в редколлегию 12.03.2011*