

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА, ОБСЛУЖИВАЕМОГО СЕТЬЮ NGN

© И. В. Хасамбиев¹, Х. М. Гакаева¹, М. А. Хажмурадов², С. И. Прохорец²

¹ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

²Национальный Научный Центр «Харьковский Физико-технический институт»,
г. Харьков, Украина

Современному периоду развития телекоммуникаций соответствует все возрастающее увеличение спроса на инфокоммуникационные услуги. То есть на услуги связи, предполагающие автоматизированную обработку, хранение или предоставление по запросу информации с использованием средств вычислительной техники, как на входящем, так и на исходящем конце соединения.

Телекоммуникационные сети должны передавать многокомпонентную информацию (речь, данные, видео, аудио) с необходимой синхронизацией этих компонент в реальном времени [1] и гарантированными параметрами качества обслуживания. Одновременная эксплуатация нескольких сетей (передачи данных, передачи голоса, передачи видео) не выгодна с экономической точки зрения.

Сегодня желательно иметь не уплотненную «цифрой» телефонную проводку, и тем более не целый комплекс кабелей или проводов с набором радиотерминалов, а некую новую единую мультисервисную сеть, которая позволит получать все услуги с помощью универсального телекоммуникационного терминала.

С помощью интеграции различных сетей образовывается единая сетевая инфраструктура на базе IP, которая обеспечивает предоставление услуг ATM/FR, Internet, IP-VPN и Ethernet. Такой инфраструктурой является NGN.

Ключевые слова: сеть, тип трафика, качество обслуживания.

Сеть следующего поколения «(Next Generation Network, NGN) – это сеть на базе пакетов, которая способна предоставлять службы/услуги электросвязи и предоставлять возможность использовать несколько широкополосных транспортных технологий, обеспечивающих качество обслуживания, и в которой функции, относящиеся к службам, независимы от нижележащих технологий, относящихся к транспортировке. Она позволяет свободный доступ для пользователей, по их выбору, к сетям и к конкурирующим поставщикам служб и/или к службам/услугам. Она поддерживает обобщенную подвижность, которая будет давать возможность постоянного и повсеместного обеспечения служб для пользователей» [2]. NGN реализует принцип глобальной доступности услуги – 4Any – Any Service – Anywhere-Anytime – или любая услуга в любом месте любым способом в любое время.

На настоящем этапе согласно идеологии IPCC (International Packet Communication Consortium) NGN представляет собой набор различных сетей с обеспечением их взаимодействия. Разумеется, при согласовании различных сетей различных форматов возникают определенные сложности, которые отражаются на качестве обслуживания.

Прежде всего следует отметить, что обзор исследований по теме включает два направления: инфраструктура NGN и качество обслуживания.

Обзору технологии NGN посвящены работы многих современных ученых. В трудах Б.С. Гольдштейна и А.Б. Гольдштейна, Н.А. Соколова, А. Атцика, В.В. Арцишевского раскрываются вопросы перехода к сетям следующего поколения, мобильной конвергенции, описываются истоки и подводная часть данной технологии. А.А. Зарубин, А.В. Пин-

чук, Б.С. Гольдштейн уделяли внимание инженерным аспектам COPM в сетях NGN. А.Б. Гольдштейн и А. Атцик анализировали две конкурирующие концепции NGN: IPCC и TISPAN. Кроме того, Б.С. Гольдштейн и А.Б. Гольдштейн выпустили книги, освещающие и дополняющие NGN технологии – MPLS, Softswitch, Call-центры, протокол SIP. Практическому применению технологии NGN посвящены публикации А. Титова, М. Глинникова, А. Антоняна, Е. Скуратовской, И. Бакланова, В.В. Макарова, Л.З. Гильченок и других.

Свои архитектурные NGN-решения уже разработали такие лидеры телекоммуникационного рынка, как Cisco Systems, Alcatel, Ericsson, Huawei Technologies, Lucent Technologies, Nortel, Siemens, а также Iskratel, Net Centrex, Stromtelecom, Verso Technologies, Access Networks и другие. Российские производители – Tario. Net, НТЦ «Протей», ФГУП ЛОНИИС.

Вопросы обеспечения качества обслуживания, которые базируются на теории телетрафика, раскрываются в трудах как российских ученых (Г.П. Башарин, Б.С. Лившиц, В.И. Нейман, С.Н. Степанов, А.Д. Харкевич, М.А. Шнепс-Шнеппе, Г.Г. Яновский), так и зарубежных (В. Иверсена, Л. Клейнрока, П. Кюна). Некоторые аспекты обеспечения качества обслуживания анализируются в трудах Ю.М. Корнышева, В.К. Стеклова, Л.Н. Беркман, В.В. Крылова.

К вопросам качества обслуживания для всех услуг, поддерживаемых сетью NGN, обращались такие авторы, как М. Кульгин, Е.А. Кучерявый, П. Фергюсон, Г. Хастон. Регулирование разнородных потоков трафика рассматривали следующие авторы: Я. Ванг, С. Патек, Г. Ванг, Е. Либхерр, а также А.А. Станкевич. Исследованиям параметров различных трафиков посвящены работы В. Болотина, Д. Кумыс-Райеса, Д. Хеймана, Х. Элгебали. Некоторые выкладки касательно качества обслуживания в NGN были сделаны Н.А. Соколовым и Р. Стивенс-Строхман.

Проделанные данными учеными исследования и полученные ими результаты применимы для определения характеристик качества обслуживания в NGN. Однако необходимо так-

же учитывать специфику архитектуры и функционирования устройств сети следующего поколения. По этой причине необходимо комплексное исследование параметров качества обслуживания, расчет вероятностно-временных характеристик NGN. Несмотря на обилие материалов по разрозненным темам (качество обслуживания и сети NGN), данные вопросы остаются открытыми и требуют детальной проработки.

Научная новизна

Как уже отмечалось, обилие материалов по обеим темам сопровождается недостатком интегральных исследований. Научная новизна данной магистерской работы заключается в следующем:

- анализ и выявление методов обеспечения качества обслуживания, присущих сетям NGN;
- учет специфики архитектуры NGN при исследовании параметров качества обслуживания;
- расчет вероятностно-временных характеристик NGN;
- анализ протоколов, используемых сетями следующего поколения, при помощи аппарата СМО;
- выявление интегральных зависимостей «сеть» – «тип трафика» – «качество обслуживания».

Актуальность данной работы

Актуальность данной работы вытекает из необходимости определить наилучшее соотношение между качеством обслуживания и возможностями сети NGN, согласовать требования потребителя и производителя инфокоммуникационных услуг.

Объектом исследования являются различные типы трафика, передающиеся по сетям связи.

Предметом исследования – параметры качества обслуживания, характерные для различных видов трафика.

Целью публикации является исследование особенностей обеспечения качества обслуживания различных типов трафика, реализуемых сетью NGN.

Постановка задачи

В работе ставятся следующие задачи:

- определить концепцию построения сетей NGN, требования к архитектуре и взаимодействие составных частей сетевой архитектуры;
- исследовать требования к параметрам качества обслуживания, которые выдвигают различные виды трафика;
- проанализировать механизмы обеспечения качества обслуживания в сетях NGN;
- проанализировать сеть в зависимости от закона времени распределения обслуживания, а также характеристики каналов с интеграцией голоса и данных;
- определить факторы, влияющие на качество доставки и обработки различных типов трафика в сети NGN.

Концепция построения и особенности NGN

Мультисервисная сеть следующего поколения – то, чем заняты во всем мире мысли специалистов в области телекоммуникации. Обычная телефонная связь, сотовая связь, огромные ресурсы сети Интернет, IP-телефония, кабельное телевидение (домашнее видео по запросу) – всё это должно быть объединено в единую архитектуру (рис. 1) [3].

Таким образом, сеть NGN должна обеспечивать неограниченный набор услуг, предоставлять гибкие возможности по их управлению, персонализации и созданию новых видов сервиса за счет унификации сетевых решений. Последнее предполагает реализацию универсальной транспортной сети с распределенной коммутацией, вынесение функций предоставления услуг в оконечные сетевые узлы и интеграцию с традиционными сетями связи [4].

В основе NGN лежит пакетная сеть передачи данных. Инновационная сущность технологии NGN заключается даже не в том, что она обеспечивает более гибкую, скоростную и эффективную среду передачи, а в том, что она не привязана к концепции канала и обеспечивает полносвязность сети или VPN (виртуальной частной сети) клиента. Данные любого типа (голос, видео, информация системы охранно-пожарной сигнализации и т. п.) доставляют-

ся туда, куда нужно, и тогда, когда нужно. Это достигается за счет физического и логического отделения передачи и маршрутизации пакетов, а также оборудования передачи (каналов, маршрутизаторов, коммутаторов, шлюзов) от устройств и логики управления вызовами и услугами.

Используемая в сети логика поддерживает все типы услуг в сети с коммутацией пакетов, начиная от базовой телефонной связи и заканчивая передачей данных, изображений, мультимедийной информации, широкополосными приложениями и приложениями управления. Все информационные ресурсы становятся общедоступными по любой среде, по которой эти ресурсы могут быть доставлены, независимо от того, где находится человек.

Указанные особенности отличают сети NGN от обычных телефонных и IP-сетей, наиболее широко распространенных в мире телекоммуникаций. Сети NGN, будучи результатом слияния обычных телефонных сетей и сети Интернет, объединяют в себе их лучшие черты:

- адаптируемость для передачи трафика любого вида, что можно сравнить с адаптируемостью сети Интернет в противоположность отсутствию гибкости передаче данных в ТфОП;
- гарантированное качество голосовой связи и критически важных приложений передачи данных, что отвечает надежности ТфОП в противоположность негарантированному качеству связи в сети Интернет;
- низкая стоимость передачи в расчете на единицу объема информации приближается к стоимости передачи данных в сети Интернет, а не ТфОП [5].

Механизмы обеспечения QoS

Основными механизмами обеспечения QoS (Quality of Service) являются:

1. Пакетная передача данных.
2. NGN как сеть с коммутацией пакетов отвечает модели системы с ожиданием (ТфОП соответствует модели системы с потерей вызовов). Заявка, поступившая в момент занятости всех каналов, не покинет систему, а будет поставлена в очередь. Время освобождения си-

Вариант модели сети на базе NGN

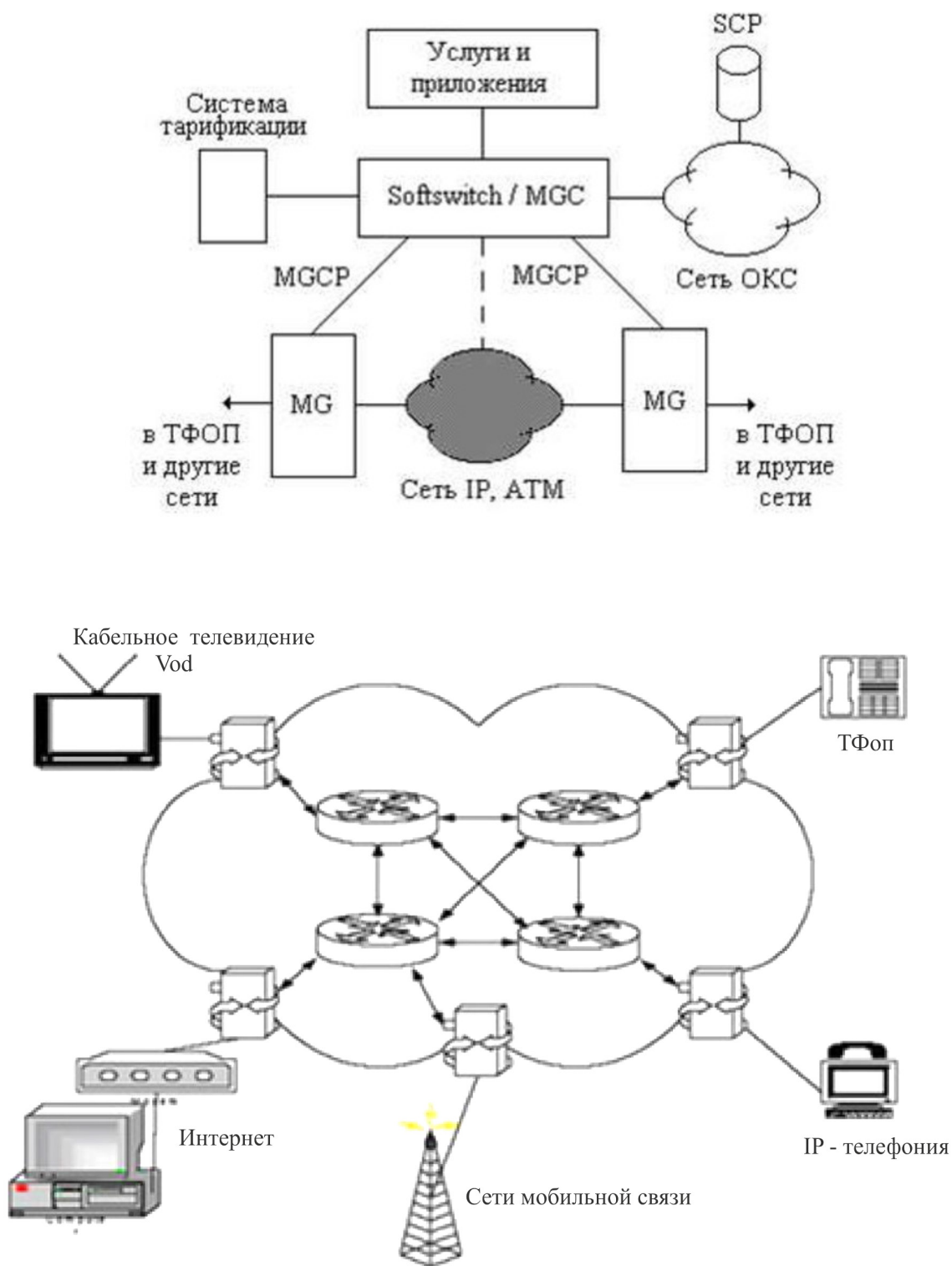


Рис. 1. Мультисервисная сеть нового поколения

стемы для начала обработки заявки из очереди меньше, нежели время, требуемое на перезапрос услуги. Кроме того, пакетизированный голос расходует полосу пропускания гораздо экономнее – при молчании абонентов информация не передается.

3. Наличие «временного запаса».

4. Измерения, проведенные специалистами Международного союза электросвязи (МСЭ) и Европейского института телекоммуникационных стандартов, показали, что к снижению качества телефонной связи приводит задержка $T_{кр}$ свыше 150 мс. Обозначим время доставки информации в сети от узла А к узлу Б – T_0 . Тогда временной запас ($T_з$) – это разница между критическим временем доставки информации к абоненту и реальным временем прохождения пакетов через сеть:

$$T_з = T_{кр} - T_0 \quad (1)$$

5. Временной запас $T_з$, который в традиционных сетях связи пренебрегается, в NGN оперативно предоставляется другим приложениям, что в целом благотворно сказывается на параметрах QoS [6].

6. Физическое и логическое отделение передачи и маршрутизации пакетов от устройств и логики управления услугами.

7. Данное архитектурное решение позволяет использовать единый программный интеллект обработки вызовов для сетей разных типов (традиционных, пакетных, гибридных) с разными форматами речевых пакетов и с разным физическим транспортом [7], а также повышает степень управляемости процессами и параметрами QoS в сети следующего поколения.

8. Применение граничных контроллеров сессий SBC (Session Border Controller).

Данное устройство изначально ориентировано на большое количество услуг реального времени (видео, мультимедиа, Instant Messaging), реализуемых в IP-сети, и задействовано для отслеживания показателей качества обслуживания в NGN. Трафику, пропускаемому через SBC, обеспечивается управление качеством обслуживания, безопасностью, полосой пропускания. Для взаимодействия сетей необходимо одновременное использова-

ние обоих видов оборудования – Softswitch и SBC [5].

9. Использование технологии многопротокольной коммутации по меткам MPLS (Multiprotocol Label Switching).

10. Технология MPLS ориентирована на оптимизацию процесса маршрутизации трафика таким образом, чтобы обеспечить максимально выгодное сочетание всех механизмов QoS, задействованных в сети. Процесс маршрутизации заменяется процессом коммутации, который осуществляется на основе меток. Существенное повышение качества работы (аудио- и видеоинформация передается коммутаторами MPLS с точностью, сравнимой с результатами работы по прямому соединению) достигается за указания в метке пропускной способности, которая должна быть зарезервирована.

Функция MPLS Fast Reroute, оперативно реагирующая (не более чем за 50 мс) на обрывы связи и перенаправляющая информационные потоки на неповрежденные участки сети, делает NGN более надежной, чем сети SDH [6].

Определение характеристик качества обслуживания

В рамках данной магистерской работы было проведено исследование пакетной сети с установлением и без установления соединения. Необходимо отметить, что ТфОП, сеть с коммутацией каналов, является эталонной при оценке качества передачи речи в других сетях. Для того чтобы улучшить качество обслуживания, появились технологи, эмулирующие коммутацию каналов в сети с коммутацией пакетов. Протокол TCP стека IP и протоколы SIP, H. 323, Megaco/H. 248, MGCP, которые управляют аудио- и видеоконференциями и обеспечивают взаимодействие между устройствами NGN-сетей, являются протоколами, ориентированными на установление соединения.

Проведенный анализ различных исследований позволяет сделать вывод, что одним из важных параметров качества обслуживания для сетей с коммутацией пакетов является нормированное время отклика сети [7].

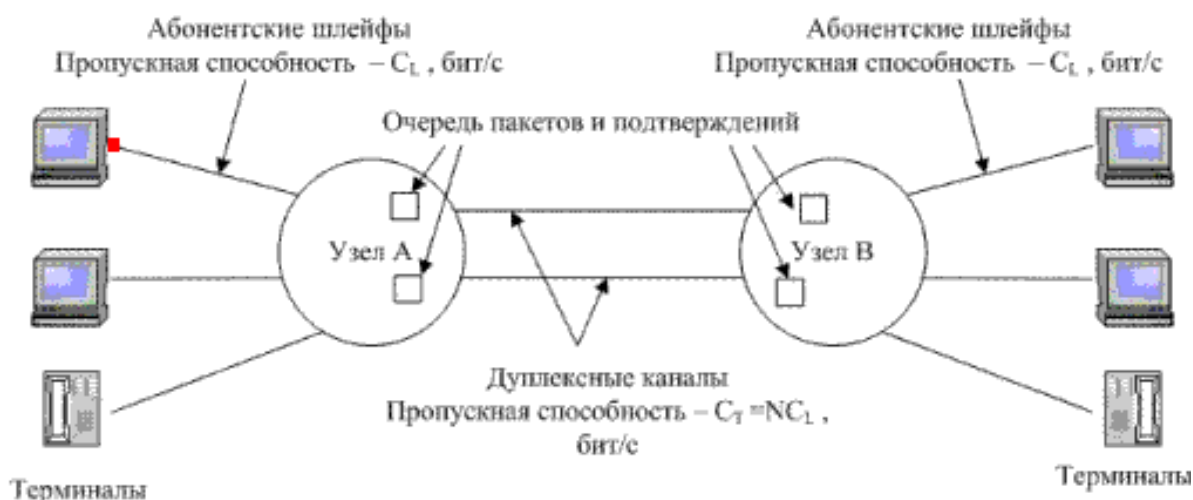


Рис. 2. Модель сети с коммутацией пакетов без установления соединения

Для исследования и анализа нормированного времени отклика сети необходимо решить следующие задачи:

- построить модель сети с коммутацией пакетов;
- исследовать нормированное время ответа для сетей с установлением и без установления соединения и различными способами передачи подтверждений;
- исследовать зависимость нормированного времени ответа от соотношения между длиной служебного и информационного полей пакета.

Сеть без установления соединения

На рис. 2 приведен фрагмент сети. Обозначим интенсивность потока во входном узле λ , пропускную способность дуплексного канала между узлами $C_T = N C_L$, где величина C_L определяет максимальную скорость доступа к узлу. Возможны два сценария передачи подтверждений:

1. Подтверждения передаются в отдельных пакетах;
2. Подтверждения передаются в специальных полях информационных пакетов обратного направления.

Количество повторов равно 100, длительность одного составляет 7,2 с.

Поставим задачу найти среднее время отклика T_D от узла к узлу, как функцию нагрузки в сети, длины служебных и информационных

пакетов и интенсивности передачи сообщений.

В первом случае время отклика сети будет состоять из времени задержки в очереди информационного потока узла А, времени задержки в очереди потока подтверждений узла В, среднего времени передачи информационного пакета (учитывая заголовок) и времени передачи пакетов подтверждений (2).

Во втором случае время отклика сети уменьшится на время ожидания, в очереди время передачи потока подтверждений (ввиду отсутствия такового) (3):

$$T_D = t_m + 2t_h + 2W \quad (2)$$

$$T_D = t_m + t_h + W \quad (3)$$

где t_m – средняя продолжительность передачи информационных полей пакетов;

t_h – продолжительность передачи служебных полей пакетов и пакетов потока подтверждений;

W – среднее значение ожидания пакета, который в системе типа M/G/1 определяется по формуле Полячека-Хинчина (11) и зависит от второго момента распределения времени обслуживания (10).

Для исследования времени отклика сети от отношения длины управляющего пакета к длине информационного введем коэффициент k (4) и нормируем полученное время задержки в сети на время передачи данных по абонентской линии (5):

$$k = \frac{t_h}{t_m} = \frac{L_i}{m_c} \quad (4)$$

$$T_M = t_m * N \quad (5)$$

Для случая использования отдельного потока подтверждений нормированное время отклика будет иметь вид (6), тогда как при передаче подтверждений в полях пакетов обратного направления с учетом (4) и (5) (3) будет иметь вид (7):

$$T_D/T_M = \frac{1}{N} \left(1 + 2k + \frac{\rho_M(1+k+k^2)}{1-\rho_M(1+2k)} \right) \quad (6)$$

$$T_D/T_M = \frac{1}{N} \left(1 + k + \frac{\rho_M \left(1 + k + \frac{1}{2}k^2 \right)}{1 - \rho_M(1+k)} \right) \quad (7)$$

Рассмотрим ситуацию, когда отношение объема служебной информации к полезной составляет 0,1 (рис. 3). Именно такое соотношение между сигнальными и информационными полями имеют ячейки АТМ (5 байт – 48 байт). В технологии Ethernet/802.3 коэффициент k (при полной укомплектации кадра) будет даже меньше (21 байт – 1496)

Предельный коэффициент полезного использования канала для каждой системы (8), (9) может быть найден из условия существования (6) и (7):

– для системы с передачей потока подтверждений

$$\rho_{M_{max}} = \frac{1}{(1+2k)} \quad (8)$$

при $k=0.1$, $\rho_M=0.83$

– для системы с передачей подтверждений в полях пакетов обратного направления:

$$\rho_{M_{max}} = \frac{1}{(1+k)} \quad (9)$$

при $k=0.1$, $\rho_M=0.91$

Сеть с установлением соединения

Эта сеть строится по модели М/М/Н. Так же как и в сети без установления соединения возможны два случая:

3. Служебная информация, необходимая для установления соединения, передается по тому же каналу, что и данные;

4. служебная информация передается по отдельному каналу.

В общем случае время установления соединения узла А с узлом В T_C (от момента передачи сообщения запроса к моменту приема сообщения о начале передачи) состоит из посылки вызова узлом А – T_{SR} , временами ожидания освобождения канала – W , сообщением узла В о получении посылки вызова – T_R , посылки узлом У сообщение о готовности к соединению – T_{SR} , и ответа узла А о получении сообщения – T_S . Считая, что каждое сигнальное сообщение имеет одинаковую длину, получим (10):

$$T_C = 4T_S + W \quad (10)$$

где T_S – время передачи сигнальных сообщений,

W – время ожидания обслуживания, которое определяется с учетом второй формулы Эрланга и формулы Литтла.

Следует учесть, что время ожидания обслуживания для системы с передачей служебной информации по отдельному каналу будет меньше, чем для системы с передачей служебной и полезной нагрузки по одному каналу за счет отсутствия ожидания освобождения канала от сигнальных сообщений. Применяя описанную выше методику, найдем нормированное время отклика как:

– для модели с передачей служебной и полезной информации по одному каналу (11)

$$T_C/T_M = 4k + \frac{(8k+1)*C(N,A)}{N(1-\rho_M(1+8k))} \quad (11)$$

– для модели с передачей служебной информации по отдельному каналу (12)

$$T_C/T_M = 4k + \frac{C(N,A)}{N(1-\rho_M)} \quad (12)$$

Как и в предыдущем случае, рассмотрим ситуации, когда отношение объема служебной информации к полезной составляет 0,1 (рис. 4).

Предельный коэффициент полезного использования канала для каждой системы мо-

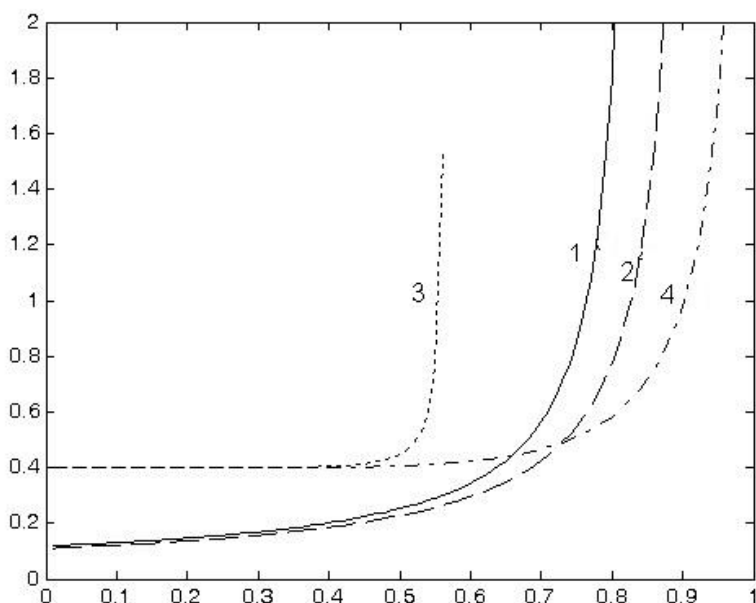


Рис. 3. Нормированное время отклика пакетной сети при $k=0,1$:

жет быть найден из условия существования (11) и (12):

– в первом случае

$$\rho_{M_{\max}} = \frac{1}{(1+8k)} \quad (13)$$

при $k=0,1$, $\rho_M=0,56$

– во втором случае:

$\rho_M=0,999$ при любом k .

Зависимости приведены на рисунке 3.

1 – подтверждения в модели без установления соединения передаются отдельным потоком;

2 – подтверждения в модели без установления соединения передаются в специальных полях информационных пакетов обратного направления;

3 – служебная информация, необходимая для установления соединения, передается по тому же каналу, что и данные;

4 – служебная информация, необходимая для установления соединения, передается по отдельному каналу.

Несмотря на то, что система с установлением соединения имеет чуть худшие параметры, чем система без установления соедине-

ния, в первой увеличение коэффициента полезного использования канала (то есть увеличение нагрузки на канал) не увеличивает время отклика, что делает эту систему приоритетной для передачи мультимедийной информации в сетях NGN.

Выводы. Увеличение нагрузки сначала медленно, а потом быстро увеличивает время отклика сети. Граничное значение коэффициента эффективного использования канала определяется отношением длин служебного и информационного пакетов, причем чем это отношение меньше, тем эффективнее используется канал.

Характер кривой, которая отвечает сети с установлением соединения, показывает, что при увеличении нагрузки время отклика сети не увеличивается. Поэтому именно такая сеть способна удовлетворить требования мультимедийного трафика к задержке.

Таким образом, сеть NGN обеспечивает высокое качество передачи всех типов трафика, оптимизируя его распространение в реальном времени и учитывая резервирование полосы пропускания, пропускную способность и текущую нагрузку каналов, приоритезацию трафика.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Махровский О. В.* Технологии мультисервисных сетей связи: учебное пособие. Санкт-Петербург: ГОУВПО, 2009. 121 с.
2. *Антонян А., Скуратовская Е.* Построение сетей NGN // «CONNECT». № 7. 2006.
3. *Соколов Н. А.* Качество обслуживания трафика речи в сети NGN // Connect Мир святы. 2006. № 7. С. 13-15.
4. *Гольдштейн А. Б., Соколов Н. А.* Подводная часть айсберга по имени NGN (часть 2) // Технологии и средства связи. 2006. № 3. С. 3-18.
5. *Гольшико А.* Кирпичики Вселенной NGN // Connect! Мир святы. 2006. № 4. С. 5-7.
6. *Крылов В. В., Самохвалова С. С.* Теория телетрафика и ее приложения. СПб.: Бхв-петербург, 2005. 288 с.
7. *Корнышев Ю. Н.* Теория телетрафика. М.: Радио и связь, 1996. 272 с.

THE ASSESSMENT OF THE LIMITING PARAMETERS OF TRAFFIC SERVED BY THE NGN NETWORK

© I. V. Khasanbiev¹, H. M. Gakaev¹

¹GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

M. A. Khazhmuradov², S. I. Prokhorets²

²NSC "Kharkiv Institute of Physics and technology", Kharkiv, Ukraine

The increasing demand for information and communication services corresponds to the modern period of telecommunications development. That is, for communication services involving automated processing, storage or provision of information on request using computer technology, both at the incoming and outgoing end of the connection.

Telecommunication networks must transmit multicomponent information (speech, data, video, audio) with the necessary synchronization of these components in real time [1] and guaranteed quality of service parameters. Simultaneous operation of several networks (data, voice, video) is not profitable from an economic point of view.

Today, it is desirable not to have a "digit" sealed telephone wiring and especially not a whole set of cables or wires with a set of radio terminals, but a new single multi-service network that will allow you to receive all services using a universal telecommunication terminal.

With the integration of different networks formed a single network infrastructure based on IP, which provides services ATM/FR, Internet, IP-VPN and Ethernet. This infrastructure is NGN.

Keywords: Network, type of traffic, quality of service.

REFERENCES

1. Mahrovskij, O. V. (2009) Tehnologii mul'tiservisnyh setej svjazi: uchebnoe posobie. Sankt-Peterburg: GOUVPO [Technologies of multiservice communication networks: study guide, St. Petersburg: SEEHPE]. 121 p.
2. Antonjan, A. and Skuratovskaja, E. (2006) 'Postroenie setej NGN'. [Networking NGN] "CONNECT", №7.
3. Sokolov, N. A. (2006) 'Kachestvo obsluzhivaniya trafika rechi v seti NGN' [Quality of voice traffic service in the NGN network]. *Connect Mir svjati*, №7. Pp. 13-15.
4. Gol'dsh'tejn, A. B. and Sokolov, N. A. (2006) 'Podvodnaja chast' ajsberga po imeni NGN (chast' 2) '. *Tehnologii i sredstvasvjazi* [Underwater part of an iceberg named NGN (part 2). Technologies and means of communication]. №3. Pp. 3-18.
5. Golyshko, A. (2006) 'Kirpichiki Vselennoj NGN' [Bricks of the Universe NGN]. *Connect Mir svjati*. №4. Pp. 5-7.
6. Krylov, V. V. and Samohvalova, S. S. (2005) Teorija teletrafika i ee prilozhenija [The theory of teletraffic and its applications]. Spb.: Bhv-peterburg, 288 p.
7. Kornyshev, Ju. N. (1996) Teorija teletrafika. M.: Radio i svjaz' [Theory of teletraffic. M.: Radio and communications]. 272 p.