

Анализ эффективности передачи пакетов трафика систем и протоколов сигнализации сетей NGN

Изучены качества работы подсистемы IMS (Internet Protocol Multimedia Subsystem) в звеньях мультисервисных сетей связи, использующих архитектурные концепции NGN (Next Generation Networks, NGN) и предложен новый подход, основанный на упрощениях в описании модели функционирования SIP-серверов (Session Initiation Protocol, SIP) и технологии Sigtran (Signaling Transport) при передаче сигнального трафика по IP-сетям. Рассмотрена сетевая архитектура IMS, определяющая взаимодействие инфраструктуры системы и протоколов сигнализации, с помощью которой предложена структурная схема взаимодействия функциональных элементов семейства протоколов SIP и Sigtran типа сигнальные шлюзы (SG), медиашлюзы (MG), а также контроллеры медиа-шлюзов (MGC). Исследованы задачи перегрузок SIP-серверов в звеньях мультисервисных сетей связи следующего поколения при оказании мультимедийных услуг. В результате исследования характеристик сетей NGN созданы математические модели SIP-серверов в виде однолинейной системы массового обслуживания. С целью предотвращения перегрузок в звеньях сигнализации мультисервисных сетей связи следующего поколения, моделируемых с помощью систем обслуживания сигнального и полезного трафика, используется гистерезисное управление нагрузкой. На основе исследования установлено, что СМО с ожиданием и поведением модели SIP-серверов описываются Марковским процессом, с помощью которого определены условия процесса размножения и гибели. В результате исследования получены аналитические выражения, позволяющие оценить эффективность взаимодействия систем и протоколов сигнализации сетей NGN в мультисервисных сетях связи при установлении соединений.

Ключевые слова: SIP-серверы, эффективность, служебный трафик, сеть NGN, системы и протоколы сигнализации, мультисервисные сети связи, мультимедийные услуги.

Ибрагимов Б.Г.,
профессор Азербайджанского технического университета,
i.bayram@mail.ru

Исмаилова С.Р.,
диссертант Института Кибернетики НАНА

Введение

На современном этапе развитие сетей NGN и конвергенции мультисервисных сетей связи требует эффективного использования протокола и систем сигнализации, обеспечивающих качество работы систем управления телекоммуникации при оказании мультимедийных услуг.

Системно-технический анализ показал [1, 2], что эффективность функционирования мультисервисных сетей связи с использованием систем и протоколов сигнализации зависят от метода построения узлов коммутации (УК) Softswitch/IMS и взаимодействия их функциональных элементов – семейство протоколов H.323, SIP и Sigtran типа сигнальные шлюзы (SG), медиашлюзы (MG), а также контроллеры медиа-шлюзов (MGC) сетей NGN. В основном, в качестве протокола и систем сигнализации для сетей NGN используется ОКС-7 (общеканальная система сигнализации №7), SIGTRAN и SIP при установлении соединений, которые должны обеспечивать необходимый уровень качества обслуживания [2, 3, 4].

В настоящее время коммутация пакетов представляет собой эффективный способ совместной передачи служебных трафиков по одному сигнальному каналу. Здесь, для взаимодействия трафика протокола Sigtran и ОКС-7 предложены различные алгоритмы восстановления на основе временных

меток [3]. Так как в сетях NGN пакеты служебных трафиков ОКС-7 обычно передаются синхронно с помощью сигнальных шлюзов (SG) на границе IP-сети, что на приеме позволяет восстанавливать пакеты с достаточно хорошим качеством с использованием технологии Sigtran.

Вопросы анализа эффективности передачи пакетов трафика систем и протоколов сигнализации мультисервисных сетей связи с использованием архитектурной концепции NGN исследованы в [1-4]. В работе [2-6] определено, что сети NGN основаны на пакетных технологиях передачи полезного и служебного трафиков, и обеспечивают функциональные возможности «Triple Play service» (ITU-T, рекомендации серии Y.2000).

Учитывая важность развития «Triple Play service» медиа-шлюзами и систем управления телекоммуникациями, рассматривается эффективность передачи пакетов трафика систем и протоколов сигнализации сетей NGN при установлении соединений.

Схема функционирования исследуемой модели звена мультисервисной сети и описание системы

С целью эффективного взаимодействия сигнальных протоколов ОКС-7, Sigtran и SIP для случаев прямого и обратного направлений установления соединения, предлагаются модели мультиплексирования служебных трафиков в мультисервисных сетях связи следующего поколения, использующих функциональные УК Softswitch/IMS.

На рис. 1 изображена структурная схема функционирования модели, используемая для описания процесса мультиплексирования служебного трафика в узлах Softswitch/IMS. Последнее характеризует схему функционирования протоколов ОКС-7, Sigtran и SIP, используемую для описания процесса мультиплексирования пакетов при совместной передаче служебных трафиков. Здесь важным функциональным блоком является система управления сигнального

мультиплексора (CM) с функциями управления медиа-шлюза в узле Softswitch/IMS. Из схемы видно, что от различных источников в CM поступает служебный трафик протокола ОКС-7, Sigtran и SIP, порождаемый услугами второй сети телекоммуникации (сети ISDN, сети NGN и сети IP и др.). Далее эти потоки пакетов со скоростью $\lambda_{окс}$, λ_{sip} и λ_{sig} поступают на буферный накопитель (БН) узлов коммутации Softswitch/IMS, соответственно.



Рис. 1. Структурная схема функционирования модели, для описания процесса обслуживания служебного трафика

В данной системе N источников системы сигнализации генерируют во время своей активности пакеты значащих сигнальных единиц (СЕ) фиксированной длины каждые $T = T_{cn}$ секунд, причем каждый поток пакетов сигнального трафика обслуживается синхронно в момент начала кадра в порядке поступления.

Из структурной схемы функционирования модели видно, что пропускная способность служебного канала связи (КС) равна пропускной способности CM с функциями управления медиа-шлюза т.е.

$$C_{max} = C_{max}^{ck} = [\lambda_{окс} + \lambda_{sig} + \lambda_{sip}] \cdot M_{ck}, \text{ бит/с} \quad (1)$$

где $\lambda_{окс}$, λ_{sip} и λ_{sig} – скорость поступления входящих потоков пакетов сигнального трафика, бит/с, соответственно; M_{ck} – число мультиплексируемых сигнальных КС. С учетом вероятность поступления потоков пакетов сигнального трафика на интервале T_{cn} , скорость поступления входящих потоков пакетов $\lambda_{окс}$, λ_{sip} и λ_{sig} , соответственно определяется следующим образом:

$$\lambda_{окс} = p_1 \cdot C_{окс}, \quad \lambda_{sig} = p_2 \cdot C_{sig}, \quad \lambda_{sip} = p_3 \cdot C_{sip}, \quad (2)$$

где p_1, p_2, p_3 – вероятности поступления пакетов сигнального трафика в БН узлов Softswitch/IMS на интервале T_{cn} , соответственно; $C_{окс}, C_{sig}, C_{sip}$ – скорость модуляции в служебном КС и равны $C_{окс} = 1/T_{c.окс}$, $C_{sig} = 1/T_{c.sig}$, $C_{sip} = 1/T_{c.sip}$.

Для синхронизации в сети NGN при совместной передаче трафиков протокола, использована эффективная схема мультиплексирования, в которой используется синхронная структура формата кадра протоколов и системы сигнализации Sigtran и SIP на основе алгоритма временных меток [3, 4].

С учетом вышеизложенного, исследуемые узлы Softswitch/IMS представляют собой систему массового обслуживания (СМО) типа $M/G/N_{ck}/N_{bn}$, при критической загрузке $\rho_i \leq 1$ (коэффициент перегрузки канала и $N_{bn} \rightarrow \infty$). В СМО поступающий сигнальный трафик на обслуживание [3, 5] является пуассоновским, с интенсивностью λ_i , $i = \overline{1, n}$, (где n – общее количество типов потока сигнального трафика и все поступающие потоки трафика независимы, $n = 1, 2, 3$)

длительность обслуживания i -го трафика имеет функцию распределения $B(t) = P[B \leq t]$ с преобразованием Лапласа-Стилтьеса (ПЛС) $b(s) = E[\exp(-bs)]$ и моментами b_i , $i = \overline{1, n}$, и средним $b_i^{(1)} < \infty$.

Анализ модели процессов функционирования звена сети сигнализации

На основе модели СМО, структурной схемы звена сети NGN и ее алгоритмов работы, функционирование системы передачи пакетов сигнального трафика описывается Марковским процессом. Случайный процесс $r(t)$, описывающий функционирование СМО, задается компонентами $r(t) = \{i_{окс}(t), i_{sig}(t), i_{sip}(t)\}$, непрерывно зависящими от параметра времени $t \in (0, T]$, и принимает значения в конечном пространстве состояний [3]. На основе алгоритмов работы узлов ком – мутации Softswitch/IMS определено, что СМО является системой с ограниченным временем ожидания и с бесконечным числом мест для ожидания.

Установлено в [6], что при выполнении условия $(\lambda_{окс} + \lambda_{sig} + \lambda_{sip}) / (N_{ck} / b_i)$ существует стационарное состояние и множество возможных состояний S , описывающееся следующим образом:

$$S = \{(i_{окс}, i_{sig}, i_{sip}) : [i_{окс} + i_{sig} + i_{sip}] \leq N_{ck}\}, \quad (3)$$

где N_{ck} – число функциональных элементов узлов Softswitch/IMS и сигнальных КС в звеньях мультисервисных сетей связи на базе архитектурной концепции NGN.

В данном случае, полученный Марковский процесс является процессом рождения и гибели. Эти условия можно сформулировать с помощью процесса размножения и гибели в следующем виде:

$$\lambda = \lambda_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, N_{ck} + N_{bn};$$

$$b_i = \begin{cases} i \cdot \mu^{-1}, & \text{при } 0 \leq i \leq N_{ck} \\ N_{ck} \cdot \mu^{-1} + i \cdot \nu, & \text{при } N_{ck} \leq i \leq N_{ck} + k \end{cases} \quad (4)$$

где ν – скорость ухода пакета из очереди; k – число мест для ожидания в узле Softswitch/IMS; μ – интенсивность обслуживания потоков пакетов. Для существования стационарного распределения очереди будем считать, что загрузка системы

$$\rho_i = [\lambda_i \cdot L_{cn} \cdot (N_{ck} \cdot C_{i,max})^{-1}] < 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

где L_{cn} – средняя длина передаваемого сигнального пакета и равно $L_{cn} = (10, \dots, 279)$ байт.

Оценка качества функционирования узлов Softswitch/IMS

Коммутационные узлы Softswitch/IMS описывают новую сетевую архитектуру NGN, основным элементом которой является пакетная транспортная сеть, поддерживающая все технологии доступа и обеспечивающая реализацию большого числа инфокоммуникационных услуг. Исследование показали [1, 3, 5], что для анализа сетей NGN важным показателем является емкости БН узлов Softswitch/IMS при обслуживании пакетов трафика протокола Sigtran N_{sig}^{bn} и протокола SIP N_{sip}^{bn} .

Учитывая параметры CM с функциями управления медиа-шлюза, емкость БН для передачи пакетов трафика протокола SIP N_{sip}^{bn} определяется следующим образом:

$$N_{sip}^{bn}(\lambda_{sip}) = (Q_{sip} - M_{n,sip}) + A_{n,sip}, \quad Q_{sip} \geq M_{n,sip} \quad (6)$$

где Q_{sip} – общее количество входящего пакета сигнального трафика протокола SIP; $A_{n,sip}$ – количества пакетов сигнального трафика протокола SIP, поступивших в систему Softswitch/IMS в течении n -го кадра.

Аналогично, емкость БН СМ с функциями управления медиа-шлюза при передаче пакетов сигнального трафика протокола Sigtran, определяется следующим выражением:

$$N_{sig}^{bn}(\lambda_{sig}) = (Q_{sig} - N_{n,sig}) + A_{n,sig}, \quad Q_{sig} \geq N_{sig} \quad (7)$$

где Q_{sig} – общее количество входящего пакета сигнального трафика протокола Sigtran; $A_{n,sig}$ – количество пакетов сигнального трафика протокола Sigtran, поступивших в систему Softswitch/IMS в течении n -го кадра; $M_{n,sip}$, $N_{n,sig}$ – означают соответственно, максимальное количество пакетов сигнальных трафиков протокола SIP и Sigtran, обслуженных в течение n -го кадра при скорости передачи пакетов по КС $C_{i,max} \geq (64, \dots, 1024)$ Кбит/с.

На основе ПЛС, выражения (4),..., (5) и в силу аддитивности процессов времени ожидания и обслуживания можно записать первые моменты функций распределения (ФР) время пребывания пакетов трафика сигнального протокола в СМО типа $M/G/N_{ck}/N_{bn}$:

$$E^{(1)}[T_{в.пр}, \lambda_i] = E^{(1)}[T_{ож}, \lambda_i] + b_i^{(1)}, \quad i = \overline{1, n} \quad (8)$$

Аналогично, вторые моменты ФР, время пребывания пакетов трафика сигнального протокола в СМО типа $M/G/N_{ck}/N_{bn}$ описываются следующим образом [7]:

$$E^{(2)}[T_{в.пр}, \lambda_i] = E^{(2)}[T_{ож}, \lambda_i] + 2E^{(1)}[T_{ож}, \lambda_i] \cdot b_i^{(1)} + b_i^{(2)}, \quad i = \overline{1, n} \quad (9)$$

где $E^{(1)}[T_{ож}, \lambda_i]$, $E^{(2)}[T_{ож}, \lambda_i]$ – соответственно, первые и вторые моменты времени ожидания обслуживания пакетов трафика сигнального протокола в СМО; $b_i^{(1)}$, $b_i^{(2)}$ – первые и вторые моменты времени обслуживания пакетов трафика протокола в СМО, $i = \overline{1, n}$.

Используя формулу Литтла, определим среднюю длину очереди пакетов трафика сигнального протокола в виде СМО типа $M/G/N_{ck}/N_{bn}$:

$$L_{i,cp.}(C_s^2, \rho) = \lambda_i \cdot E(T_{ож}, \lambda_i), \quad i = \overline{1, n}, \quad (10)$$

где C_s^2 – квадратичный коэффициент вариации времени обслуживания [3, 7].

Рассмотрим условия порогового управления нагрузкой для анализа перегрузок системы сигнализации в сетях NGN [5]. Допустим, что длиной очереди порога обнаружения нагрузка достигает порогового значения. При достижении длиной очереди порога обнаружения нагрузки $L_{i,cp.}^{nop}(C_s^2, \rho)$ интенсивность входящего потока λ_i падает до 0. При этом длина очереди порога обнаружения нагрузки равен $L_{i,cp.}^{nop}(C_s^2, \rho) = N_{bn} - 1$. Здесь, предполагаем, что анализ СМО проводится с использованием аппарата Марковским процессом восстановления. И процесс в УК Softswitch/IMS восстанавливается в тот момент, когда длина очереди становится меньше порога снижения перегрузки, т.е.

$$L_{i,cp.}(C_s^2, \rho) < L_{i,cp.}^{nop}(C_s^2, \rho), \quad i = \overline{1, n}. \quad (11)$$

Учитывая выражения (8),..., (11) можно определить среднее время пребывания пакетов трафика протокола и система сигнализации сетей NGN в СМО типа $M/G/N_{ck}/N_{bn}$:

$$E[T_{в.пр}, \lambda_i] = (1/\lambda_i) \cdot L_{i,cp.}(C_s^2, \rho) + (1/\mu), \quad i = \overline{1, n} \quad (12)$$

Выражения (8),..., (12) определяют вероятностно-временные характеристики узлов коммутации Softswitch/IMS и являются их показателей – QoS (Quality of Service)

На основе общего решения СМО типа $M/G/N_{ck}/N_{bn}$ получены частные решения для системы $M/M/N_{ck}/N_{bn}$ и $M/D/N_{ck}/N_{bn}$ [5-7]. Для данных СМО определены: среднее время пребывания и ожидания пакетов в системе, а также средняя длина очереди пакетов протокола сетей NGN, являющиеся показателями качества обслуживания – QoS.

Одним из ключевых характеристик сетей NGN при обслуживании пакетов трафика протокола сигнализации является коэффициент эффективного использования канального ресурса узлов коммутации Softswitch/IMS:

$$\eta_k = \eta_k(\lambda_i) = q_i \cdot (L_{cn}/T_{cn} \cdot N_{ck} \cdot C_{max}) \leq 1, \quad i = \overline{1, n} \quad (13)$$

здесь характеристика q_i определяет вероятность наличия пакетов сигнального трафика в системе и отражает полезную занятость Softswitch/IMS, для которого равно $q_i = \lambda_i \cdot T_{cn}$, $i = \overline{1, n}$, где T_{cn} – длительность цикла работы системы сигнализации.

Выражение (13) характеризует эффективное использование переменной пропускной способности УК Softswitch/IMS при установлении соединения и мультимедийных услуг.

На рис. 2 представлены графические зависимости среднего времени пребывания пакетов трафика протокола сигнализации сетей NGN в системе от коэффициента эффективного использования УК Softswitch/IMS для различных СМО при L_{cn} , M , N и C_{max} .

Из семейства графических зависимостей видно, что по мере уменьшения интенсивности передачи служебного трафика интервал пребывания пакета приближается к своему минимальному значению. Следовательно, при увеличении коэффициента использования пропускной способности узлов Softswitch/IMS, значительно возрастает среднее время пребывания пакетов трафика протокола и системы сигнализации сетей NGN в системе. Его заметный рост начинается со значений $\eta_k \geq 0,5$.

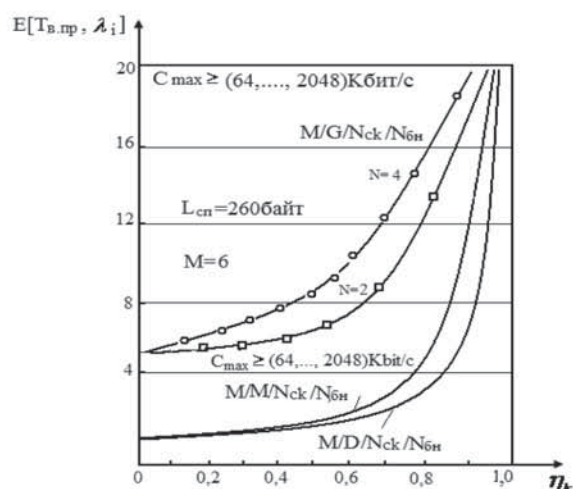


Рис. 2. Зависимость среднего времени пребывания пакетов трафика протокола сетей NGN от коэффициента эффективного использования УК Softswitch/IMS

Кроме того, на этом рисунке интервал времени пребывания нормирован на среднее время обслуживания пакета трафика системы и протокола сигнализации сетей NGN при различной скорости передачи $C_{\max} \geq (64, \dots, 2048)$ кбит/с в каналах связи. Однако, при низком коэффициенте использования пропускной способности узлов Softswitch/IMS, среднее время пребывания служебного пакета в сети NGN больше, чем в системе типа $M/M/N_{ck}/N_{bn}$ и $M/D/N_{ck}/N_{bn}$ с той же нагрузочной активностью.

Очевидно, что чем выше η_k , $C_{\max}$ и чем меньше $E[T_{a,пр}, \lambda_i]$, тем эффективнее при обеспечении требуемой достоверности выбранный алгоритм обслуживания потоков пакетов трафика системы и протокола сигнализации сетей NGN.

Заключение

Проанализирована эффективность функционирования мультисервисных сетей связи с использованием систем и протоколов сигнализации NGN при установлении соединения и выявлено, что использование ресурсов сетей NGN в интегральных сетях связи, полноценная их конвергенция в архитектуре Softswitch/IMS, позволит обеспечить абонентов уникальным набором возможностей и мультимедийных услуг. Предложена структурная схема для эффективного обслуживания и передача пакетов протокола и системы сигнализации.

На основе системно-технического анализа сетей NGN установлено, что рассматриваемый СМО с ожиданием и поведением модели узлов Softswitch/IMS описываются одномерным Марковским процессом, с помощью которого определены условия процесса размножения и гибели.

Полученные в результате исследований аналитические выражения, позволяют определить эффективность передачи пакетов служебного трафика в мультисервисных сетях связи с использованием архитектурной концепции NGN при установлении соединений.

Литература

1. Мочалов В.П. Теоретические основы разработки и анализ вероятностно-временных характеристик распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 365 с.
2. Летников А.И., Пшеничников А.П., Гайдамака Ю.В., Чукарин А.В. Системы сигнализации в сетях с коммутацией каналов и пакетов. – М.: МТУСИ. 2008. – 195 с.
3. Ибрагимов Б.Г., Гусейнов Ф.И., Исмаилова С.Р. Исследование эффективности гибридных сетей связи с использованием протоколов сигнализации // Вестник компьютерных и информационных технологий, №10, Москва, 2013. – С.50-54.
4. Деарт В.Ю. Мультисервисные сети связи. Протоколы и системы управления сеансами (Softswitch/IMS). МТУСИ. – М.: Брис-М. 2011. – 198 с.
5. Абаев П.О., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е. Гистерезисное управление сигнальной нагрузкой в сети SIP-серверов // Вестник РУДН. Серия Математика. Информатика. Физика, 2011. №4. – С. 54-71.
6. Ибрагимов Б.Г., Исмаилова С.Р. Анализ эффективности мультисервисных сетей связи при использовании архитектурной концепции // Труды VIII-Международная отраслевая научно-техническая конференция "Технологии Информационного Общества". МТУСИ, Москва, 2014. – С.13.
7. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. – СПб.:БХВ – Петербург, 2005. – 288 с.

The analysis efficiency transfer packages traffic of the systems and protocols signaling networks NGN

Ibrahimov B.G., professor of Azerbaijan technical university, i.bayram@mail.ru
 Ismaylova S.R., Institute of Cybernetic of ANSA, Baku, Azerbaijan

Abstract

Qualities of work of subsystem IMS (IP Multimedia Subsystem) in links of multiservice communication networks using are studied, (Next Generation Networks, NGN) and the new approach based on functioning of SIP-servers (Session Initiation Protocol, SIP) and technologies Sigtran (Signaling Transport) architectural concept NGN by transfer of the alarm traffic on IP-networks is offered. Controllers of media gateway (MGC) are considered the network architecture IMS defining interaction of an infrastructure protocols and systems signaling with which help the structural scheme of interaction of functional elements family of protocols SIP and Sigtran type signaling gateway (SG), media gateway (MG) and also is offered. Problems of overloads of SIP-servers in links of multiservice communication networks next generation network of the integrated services are investigated. As a result of research the analytical expressions are received, allowing estimating efficiency system and protocol signaling of networks NGN in multiservice communication networks.

Keywords: SIP-servers, efficiency, office traffic, network NGN, protocol and system signaling, multiservice communication network, multimedia service.

References

1. Mochalov V.P. Theoretical basis for the development and analysis of probabilistic and temporal characteristics of distributed systems management of telecommunications networks and services. Moscow, 2006. 365 p.
2. Letnikov A.I., Pshenichnikov A.P., Gaydamaka Y.V., Chukarin A.V. Alarm systems in circuit-switched networks and packet. Moscow, 2008. 195 p.
3. Ibragimov B.G., Guseinov F.I., Ismaylova S.R. The study of the effectiveness of hybrid communication networks c using the protocols signaling / Herald of computer and information technologies, No10, Moscow, 2013. pp.50-54.
4. Deart V.Y. Multiservice network. Protocols and management system sessions (Softswitch / IMS). MTUCI. Moscow, 2011. 198 p.
5. Abaev P.O., Gaydamaka Y.V., Samuilov K.E. Hysteresis control signaling load in the network SIP-server / Bulletin of Peoples' Friendship University. Mathematics Series. Computer. Physics, 2011. No4. pp. 54-71.
6. Ibragimov B.G., Ismaylova S.R. Analysis of the effectiveness of multiservice communication networks using architectural concept / Proceedings of the VIII-International Trade Scientific and Technical Conference "Technologies of the Information Society." MTUCI, Moscow, 2014. pp.13.
7. Krylov V.V., Samohvalova S.S. Teletraffic Theory and the application starts. St. Petersburg, 2005. 288 p.