

УДК 621.396.662.072.078 : 004.738 (043.3)

Скрипниченко А. А., аспірант. Тел.: +380 380 (44) 741 37 57. E-mail: post@nau.edu.ua
(Національний авіаційний університет, г. Київ)

Харлай Л. А., магістр. Тел.: +380 (99) 012 33 23. E-mail: harlay@i.ua
(Київський коледж зв'язку)

Танцюра Л. И., аспірант. Тел. +380 (95) 795 02 31. E-mail: ludatan64@gmail.com
(Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев)

МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕТЯМИ NGN С РАЗНОРОДНЫМ ТРАФИКОМ

Skrypnychenko A. A., Kharlay L. O., Tantsyura L. I. Methods of the automated management the NGN networks with a heterogeneous traffic. Principles of construction of modern devices of control and distributing of traffic flows in the new generation networks are considered. Statistical descriptions of heterogeneous network traffic are analysed and the comparative analysis of efficiency of management protocols depending on the coefficient of the use of network is executed. The methods of division of the heterogeneous traffic "Triple Play" (speech + video + data) or "Quadro Play" (speech + video + data + mobile subscribers) with the use of the programmable switchboards SoftSwitch and multimedia subsystem on the base of the IP-IMS protocol are offered (IP Multimedia Subsystem). Recommendations on the choice of methods of management by the autonomous segments of the NGN network are given.

Key words: NGN network, management protocol, distributing of traffic, heterogeneous traffic, Triple Play, Quadro Play, programmable switch, SoftSwitch

Скрипниченко А. А., Харлай Л. О., Танцюра Л. И. Методи автоматизованого управління мережами NGN з різномірним трафіком. Розглянуті принципи побудови сучасних пристроїв управління і розподілу трафіку в мережах нових поколінь. Проаналізовані статистичні характеристики різномірного мережного трафіку і виконаний порівняльний аналіз ефективності протоколів управління залежно від коефіцієнта використання мережі. Запропоновані методи розділення різномірного трафіку "TriplePlay" (мова + відео + дані) або "QuadroPlay" (мова + відео + дані + мобільні абоненти) з використанням програмних комутаторів SoftSwitch і мультимедійної підсистеми на базі протоколу IP-IMS (IP Multimedia Subsystem). Надані рекомендації щодо вибору методів контролю перевантажень комутаційних вузлів.

Ключові слова: мережа NGN, протокол управління, розподіл трафіку, різномірний трафік, TriplePlay, QuadroPlay, програмний комутатор, SoftSwitch

Скрипниченко А. А., Харлай Л. А., Танцюра Л. И. Методы автоматизированного управления сетями NGN с разнородным трафиком. Рассмотрены принципы построения современных устройств управления и распределения трафика в сетях новых поколений. Проанализированы статистические характеристики разнородного сетевого трафика и выполнен сравнительный анализ эффективности протоколов управления в зависимости от коэффициента использования сети. Предложены методы разделения разнородного трафика "TriplePlay" (речь + видео + данные) или "QuadroPlay" (речь + видео + данные + мобильные абоненты) с использованием программных коммутаторов SoftSwitch и мультимедийной подсистемы на базе протокола IP-IMS (IPMultimedia Subsystem). Даны рекомендации по выбору методов управления автономными сегментами сети NGN.

Ключевые слова: сеть NGN, протокол управления, распределение трафика, разнородный трафик, TriplePlay, QuadroPlay, программный коммутатор, SoftSwitch

I. Введение. Актуальность и перспективность объединения сетей различного назначения, предоставление услуг различного характера, гармонизации компьютерных и телекоммуникационных технологий уже не вызывают сомнений. Предполагается, что будут интегрироваться не только сети разного целевого назначения (компьютерные, телекоммуникационные, документальной электросвязи), но и сети с различными принципами построения (сети фиксированной и подвижной связи) и методами коммутации [1]. Считается также [1, 2], что в связи с постоянным изменением соотношения между объемами телефонного трафика и трафика передачи другой информации (в пользу второго) роль инфраструктуры передачи данных будет возрастать, а организация услуг (в

частности, дополнительных видов обслуживания) будет все меньше связана собственно с транспортом информации. Как известно, такой подход лежит в основе построения интеллектуальных сетей (ИС). Поэтому можно полагать, что перечисленные тенденции развития – взаимосвязанные составляющие общего процесса модернизации существующих сетей и внедрения сетей новых поколений.

Объективная сложность NGN обусловлена использованием принципов динамической маршрутизации. Кроме того, даже в самых простых моделях NGN мы сталкиваемся с многопараметрической системой, поведение которой мы можем предсказать лишь на коротких интервалах, которые, как правило, на порядок меньше длительности передаваемого сообщения, разбитого на отдельные пакеты. Последнее обусловлено изменением статистических характеристик трафика.

При разработке и внедрении сетей NGN возникла объективная необходимость раздельной обработки трафика не только с разными статистическими характеристиками, но и с принципиальными различиями в структуре: трафика "Triple Play" (речь + видео + данные), а затем "Quadro Play" (речь + видео + данные + мобильные абоненты). Такая задача решается с помощью программных коммутаторов SoftSwitch [3, 4] и с использованием программно-аппаратного комплекса, именуемого IP Multimedia Subsystem (IMS) [5, 6].

IMS рассматривается как технология, замещающая SoftSwitch, и как средство построения глобальной сети NGN. Как показано в [3], основным отличием IMS от Softswitch является функция конвергенции мобильной и фиксированной связи. Представленные сегодня комплексные решения Softswitch позволяют операторам фиксированной связи предоставлять широкий набор услуг, незначительно уступая при этом функциям, реализуемым на платформах IMS (которые содержат значительное количество функциональных модулей, повторяющих компоненты платформ Softswitch).

Поэтому обычно Softswitch ассоциируется с построением сети NGN или с функциональной структурой отдельных частей сети связи, использующих технологию VoIP, открытые интерфейсы программирования приложений (Application Programming Interface – API) и протоколы сигнализации (SIP, H.323, H.248, SIGTRAN). Эта концепция подробно рассмотрена во многих статьях и книгах, здесь же хотелось бы отметить именно разностороннюю природу SoftSwitch и широкий спектр технологий, применяемых в SoftSwitch. Ядром таких систем является программный коммутатор, т. е. управляющее устройство комплекса, особенности работы которого практически не зависят от типов периферии (терминальные устройства, сигнальные и транспортные шлюзы).

При использовании IMS возникает возможность для традиционных телефонных операторов, операторов мобильной связи и сервис-провайдеров предоставлять услуги пользователям всех типов сетей доступа и всех типов терминалов через единую опорную сеть на базе протокола IP-MPLS. При этом обеспечивается качество услуг телекоммуникационного класса, а не качество "как получится" (Best Effort), как в традиционном интернет-сервисе. Однако IMS может эффективно работать только в "чистых" IP-сетях. Поэтому IMS необходимо рассматривать как эволюционное развитие оборудования SoftSwitch.

Как отмечалось выше, трафик мультисервисных сетей по определению является разнородным. В работах, посвященных развитию программных коммутаторов и элементов IMS, эта особенность, и связанные с этим проблемы не рассматриваются. В данной статье сделана попытка восполнить этот пробел.

II. Математические модели разнородного сетевого трафика. Известно [1], что трафик данных, циркулирующий в цифровых сетях, и, в частности, в сетях с коммутацией пакетов, обладает самоподобными, или фрактальными, свойствами. Самоподобный трафик имеет особую структуру, сохраняющуюся при многократном масштабировании – в реализации, как правило, присутствует некоторое количество выбросов при относительно небольшом

среднем уровне трафика. Из-за таких всплесков нагрузки характеристики сети ухудшаются: увеличиваются потери, задержки, джиттер пакетов при прохождении через узлы сети.

Методы расчета требований к сетям новых поколений (пропускной способности каналов, емкости буферов и пр.) основанные на марковских моделях и формулах Эрланга, которые с успехом использовались при проектировании телефонных сетей, могут давать неоправданно оптимистические решения и приводить к недооценке нагрузки [1, 6]. Для описания плотностей вероятностей самоподобных потоков используют распределения с «тяжелыми хвостами»: логарифмически-нормальное, гамма-распределение, распределения Вейбулла, Парето. Последнее используется для описания самоподобного трафика наиболее часто [7].

Реальные случайные процессы сохраняют свойство самоподобия только до определенного предела. Этот предел или мера статистической устойчивости процесса при многократном масштабировании определяется так называемым параметром Херста или параметром самоподобия. Случайный процесс $x(t)$ является статистически самоподобным с параметром Херста H ($0,5 \leq H \leq 1$), если для любого вещественного значения $a > 0$ процесс $x(at)/a^H$ обладает теми же статистическими характеристиками, что и сам процесс $x(t)$:

$$\text{математическое ожидание } M[x(t)] = \frac{M[x(at)]}{a^H}; \quad (1)$$

$$\text{дисперсия } D[x(t)] = \frac{D[x(at)]}{a^{2H}}; \quad (2)$$

$$\text{корреляционная функция } R(t, \tau) = \frac{R(at, a\tau)}{a^{2H}}. \quad (3)$$

Чем больше H , тем дольше сохраняется свойство самоподобия при многократном масштабировании. При $H = 0,5$ это свойство практически отсутствует.

Корреляционные функции самоподобных процессов с большим параметром Херста затухают медленнее, чем у обычных случайных процессов, причем имеют, как правило, колебательный характер. Установлено, что убывание постоянной составляющей корреляционной функции происходит по закону:

$$c_1 t^{-c_2 a}, \quad \text{где } c_1, c_2 - \text{константы, } a - \text{параметр масштаба.}$$

Выражение для плотности вероятности распределения Парето имеет следующий вид:

$$f(x) = \frac{\alpha}{k} \left(\frac{k}{x}\right)^{\alpha+1}, \quad \text{где } k \text{ и } \alpha (k, \alpha < 0) - \text{параметры распределения.} \quad (4)$$

Соответственно, функция вероятности:

$$F(x) = 1 - \left(\frac{k}{x}\right)^\alpha \quad (x > k; \alpha > 0), \quad (5)$$

среднее значение:
$$E[X] = \frac{\alpha}{\alpha - 1} k \quad (\alpha > 1).$$

Такие специфические характеристики сетевого трафика объясняются высокой степенью группирования пакетов на клиентских участках, в маршрутизаторах и узлах коммутации инфокоммуникационных сетей. Даже если источник порождает регулярный поток пакетов, данные до потребителя доставляются сериями, которые перемежаются интервалами простоя. Причинами этого являются ограниченная скорость работы сетевых устройств, недостаточный объем буферов и др.

Для получения асимптотических сравнительных оценок для классического пуассоновского и самоподобного потоков рассмотрим одноканальную систему массового обслуживания (СМО) с ожиданием класса GI/G/1. Поскольку, как отмечено выше, корреляционная функция самоподобного трафика не является экспоненциальной, входящий поток заявок следует считать потоком с ограниченным последствием [7].

Заявки поступають в послідовальні дискретні моменти $t_i, t_{i+1}, \dots, t_n, \dots, t_j \leq t_{j+1}$ для будь-якого j , інтервали між ними $\tau_n = t_n - t_{n-1}$ незалежні і розподілені по одному і тому ж закону $F_n(\tau) = P\{\tau_n < \tau\}$, $n \geq 2$.

Длительности обслуговування заявок – незалежні величини ζ_n з законом розподілення $\Psi_n(\zeta) = P\{\zeta_n < \zeta\}$, $n \geq 1$.

Обозначим $\xi_n = \zeta_{n-1} - \tau_n$. Тогда при условии что последовательности $\{\tau_n\}$ и $\{\zeta_n\}$ взаимно независимы, можно определить вероятность

$$\Theta(\tau) = P\{\xi_n < \tau\} = \int_0^{\infty} \overline{F}_n(\eta - \tau) d\Psi_n(\eta), \quad \text{где } \overline{F}_n(\eta - \tau) = 1 - F_n(\eta - \tau). \quad (6)$$

Обозначим длительность ожидания n -й заявки через ω_n . Если n -я заявка поступит сразу вслед за $(n-1)$ -й, ей, с учетом величины интервала τ_n , придется ждать обслуговування $\omega_{n-1} + \zeta_{n-1} - \tau_n = \omega_{n-1} + \xi_n$ единиц времени. Однако при достаточно больших τ_n величина $\omega_{n-1} + \xi_n$ может формально стать отрицательной. Ясно, что в этом случае действительное время ожидания n -й заявки будет равно нулю – очереди нет, и заявка поступает на обслуговування сразу по приходе. Следовательно, выполняется рекуррентное соотношение

$$\omega_n = \max\{\omega_{n-1} + \xi_n, 0\}. \quad (7)$$

Обозначим $G_n(x) = P\{\omega_n < x\}$. Тогда соотношение (7) можно выразить через функции распределения следующим образом:

$$G_{n+1}(x) = \begin{cases} \int_{-\infty}^x G_n(x-y) d\Theta(y), & x > 0, n \geq 2; \\ 0, & x \leq 0, n \geq 1. \end{cases} \quad (8)$$

Дополним выражения (8) очевидным соотношением для функции распределения времени ожидания первой заявки:

$$G_{n+1}(x) = \begin{cases} 1, & x > 0; \\ 0, & x \leq 0. \end{cases} \quad (9)$$

Выражения (6) и (8) представляют собой интегралы Стильеса, которые в случае непрерывных почти всюду распределений $\Psi_n(t)$ и $\Theta_n(t)$ превращаются в обычные интегралы. Таким образом, используя выражения (8) и (9), можно рекуррентно вычислять распределения длительности ожидания для заявки с любым номером. Кроме того, как отмечено в [12], оказывается, что они применимы и при взаимной зависимости последовательностей случайных величин $\{\tau_n\}$ и $\{\zeta_n\}$. Имеет значение лишь независимость величин ξ_n .

Логично предположить, что время обслуговування заявки, например, время обработки пакета в программном коммутаторе, связано функциональной зависимостью с длиной пакета. Тогда, зная характеристики длительности пакетов на входе коммутатора как СМО, можно на участках локальной стационарности входящего трафика конкретизировать параметры распределения времени обслуговування. Например, при группировании однородных пакетов (что характерно для самоподобного трафика), можно сделать допущение о детерминированном времени обслуговування (модель GI/D/1).

С учетом полученных выше результатов проанализируем требования к характеристикам программного коммутатора для простейшего и самоподобного входного потоков.

При самоподобной природе трафика зависимость средней длительности очереди (соответственно, необходимого размера буфера) q от среднего коэффициента использования имеет следующий вид [7]:

$$q = \frac{\rho^{1/2(1-H)}}{(1-\rho)^{H/(1-H)}}. \quad (10)$$

При $H=0,5$ эта формула упрощается:

$$q = \rho/(1-\rho), \quad (11)$$

что представляет собой классический результат СМО с простейшим входным потоком и экспоненциально распределенным временем обслуживания ($M/M/1$). Для системы с детерминированным временем обслуживания ($M/D/1$) классический результат выглядит следующим образом:

$$q = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}.$$

Скорость роста требуемого объема памяти растет при увеличении параметра Херста, который обусловлен, в основном, степенью группирования однородных пакетов и всплесками нагрузки на сеть.

Можно также сделать вывод, что простое наращивание буферной памяти (аппаратным или программным способом) является малоэффективным. При ожидаемом увеличении доли трафика данных в общем объеме степень самоподобия будет увеличиваться, и зависимость $\rho(q_{buff})$ будет все более резкой. Наметившаяся тенденция постоянного повышения производительности программных коммутаторов внушает больший оптимизм, однако нельзя забывать, что любые сетевые ресурсы неожиданно быстро истощаются при непрерывном появлении новых услуг и приложений. Хорошие возможности снижения коэффициента использования возникают при увеличении числа независимых параллельных каналов программного коммутатора с организацией общей очереди к нескольким входным портам. При этом упрощаются алгоритмы обработки приоритетных потоков трафика данных программными методами. Поэтому важной задачей является постоянное совершенствование программного обеспечения узлов коммутации, в частности, интерфейсов прикладного программирования API.

III. Концепция управления сетью NGN. В настоящее время вместо классического разделения сетей связи на первичную сеть и вторичные сети современная архитектура сетей следующего поколения (NGN) включает в себя четыре уровня:

- уровень доступа пользователей к ресурсам сети;
- уровень транспорта для обмена данными;
- уровень управления на основе технологий SoftSwitch и IMS;
- уровень услуг, на котором циркулирует пользовательская информация.

На Рис. 1 изображена структура оборудования сети NGN, а на Рис. 2 – схема функциональных связей программного коммутатора с элементами сети NGN.

Вследствие использования в сетях NGN методов динамической маршрутизации, инкапсуляции/декапсуляции пакетов на разных уровнях модели архитектуры сети, фрагментации/дефрагментации пакетов при их доставке задачи оценки параметров и состояния сети усложняются. Также усложняются задачи управления сетью. Основными протоколами управления сетью на сегодняшний день являются SNMP и CMIP. Реализацией централизованной парадигмы является протокол SNMP v2., а распределенной – CMIP. Сравнивая протоколы SNMP и CMIP, можно выявить ряд недостатков, которые в некоторых случаях могут стать критичными.

Работа с использованием протоколов сетевого уровня может привести к возможным потерям сообщений от агентов к менеджерам. Это повлечет за собой отсутствие реакции на события со стороны системы управления, и, следовательно, к некачественному управлению.

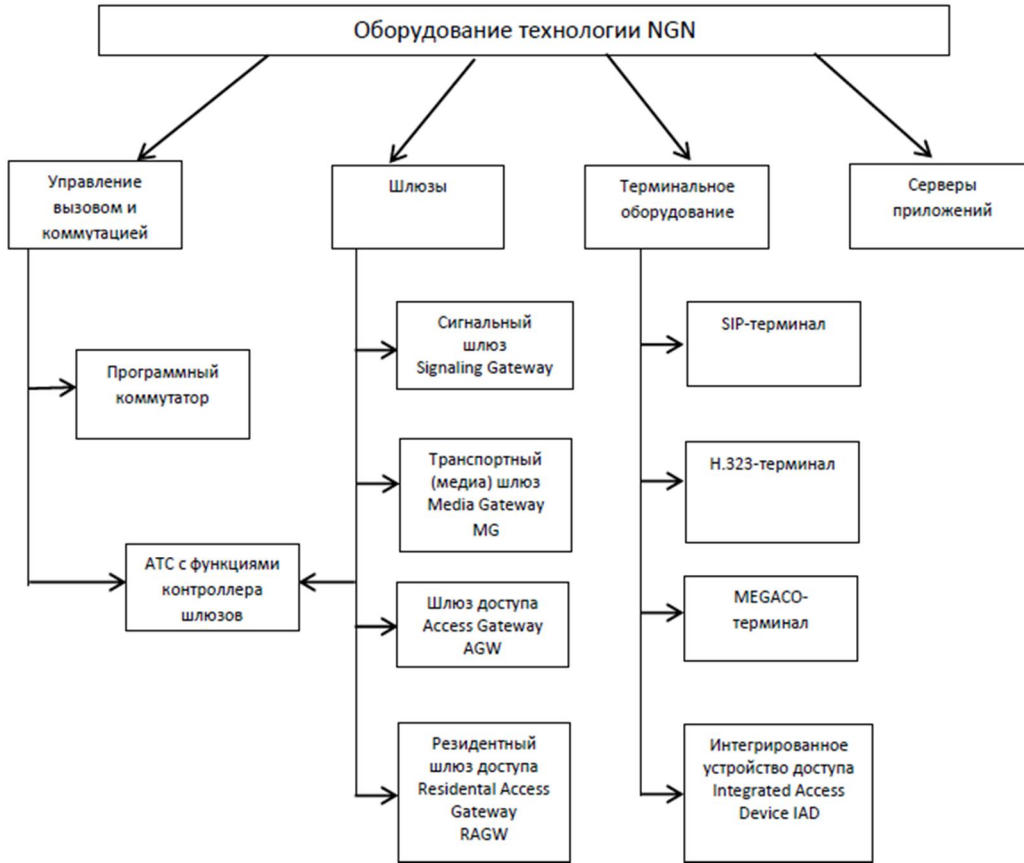


Рис. 1. Структура оборудования сети NGN

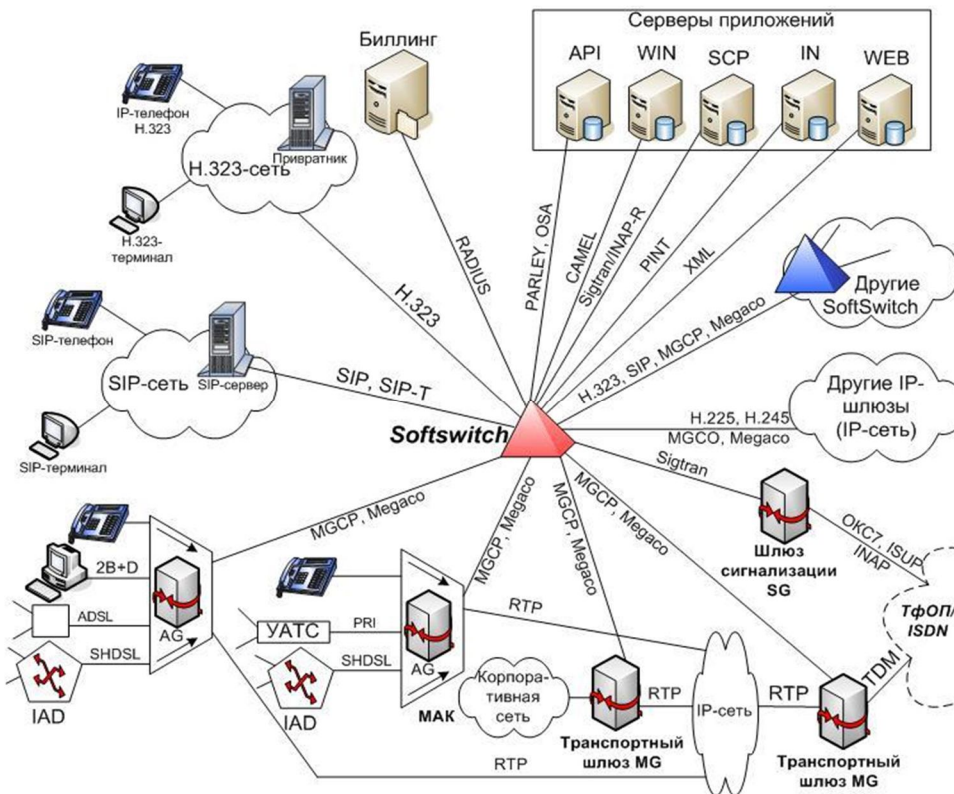


Рис. 2. Функциональные связи программного коммутатора с элементами сети NGN

Исправление ситуации путем перехода на транспортный протокол с установлением соединений чревато потерей связи с огромным количеством встроенных агентов SNMP, имеющих в установленном в сетях оборудовании. Кроме того, это внесет дополнительные задержки.

Работа с использованием протоколов сетевого уровня может привести к возможным потерям сообщений от агентов к менеджерам. Это повлечет за собой отсутствие реакции на события со стороны системы управления, и, следовательно, к некачественному управлению. Исправление ситуации путем перехода на транспортный протокол с установлением соединений чревато потерей связи с огромным количеством встроенных агентов SNMP, имеющих в установленном в сетях оборудовании. Кроме того, это внесет дополнительные задержки.

В свою очередь, для протокола CMIP характерны следующие недостатки. При описании управляемого объекта условия включения описания имеют неформальный характер, и поэтому может быть невозможна автоматическая компиляция определения объекта, в отличие от SNMP. Архитектура данного протокола централизованная или слабо распределенная. При увеличении числа устройств возникают проблемы с частотой опроса устройств.

С учетом данных соображений целесообразно в качестве основы системы управления сетью выбрать простой протокол управления SNMP, который предоставит возможности как оперативного доступа к информации о состоянии сети, так и передачи управляющих команд. Переход от централизованного управления к управлению АС позволит повысить надежность СУ и сократить объем служебного трафика. Основную часть функций по управлению следует возложить именно на уровень автономных сегментов. В каждом из сегментов команды управляющего протокола прикладного уровня могут упаковываться в кадры канального уровня, минуя 4 промежуточных уровня. Это позволит значительно сократить время обратной связи с элементами сети и повысить качество управления сегментом.

В Табл. 1 приведена сравнительная характеристика задержки SNMP-сообщения при централизованном управлении и при управлении на уровне автономных сегментов.

На Рис. 3 изображены графики зависимости задержки SNMP-сообщения от скорости передачи при различных методах управления.

Табл. 1

Вид управления	Дополнительная служебная информация к SNMP-сообщению	Задержка одного SNMP-сообщения при различных скоростях передачи, мкс				
		512 Кбит/с	1024 Кбит/с	2 Мбит/с	10 Мбит/с	100 Мбит/с
Централизованное управление: <i>SNMP-TCP-IP-NGN</i>	46 байт	718	359	184	36,8	3,68
Управление автономным сетевым сегментом: <i>SNMP-NGN</i>	18 байт	281	141	72	14,4	1,44

Таким образом, по результатам сравнительного анализа различных методов управления крупной корпоративной сетью *NGN*, можно сделать вывод, что использование стратегии управления на уровне автономных сегментов приведет к сокращению задержки сигнальной и управляющей информации минимум в 2,5 раза, что позволит значительно повысить качество управления.

IV. Выводы

1. Централизованное управление всей сетью может оказаться малоэффективным (или даже иметь негативное действие), поскольку будут наблюдаться значительные задержки сигнальной и управляющей информации. Кроме того, дополнительный служебный трафик

может загружать значительную часть пропускной способности низкоскоростных каналов, соединяющих отдельные сегменты.

2. Предложенная концепция системы управления сети NGN заключается в использовании 2-х уровневой модели автономного сегмента при 4-х уровневой модели сети в целом.

3. В дальнейшем планируется исследовать методы контроля и управления телекоммуникационными сетями на основе анализ профилей нагрузки и построения моделей разнородного сетевого трафика.

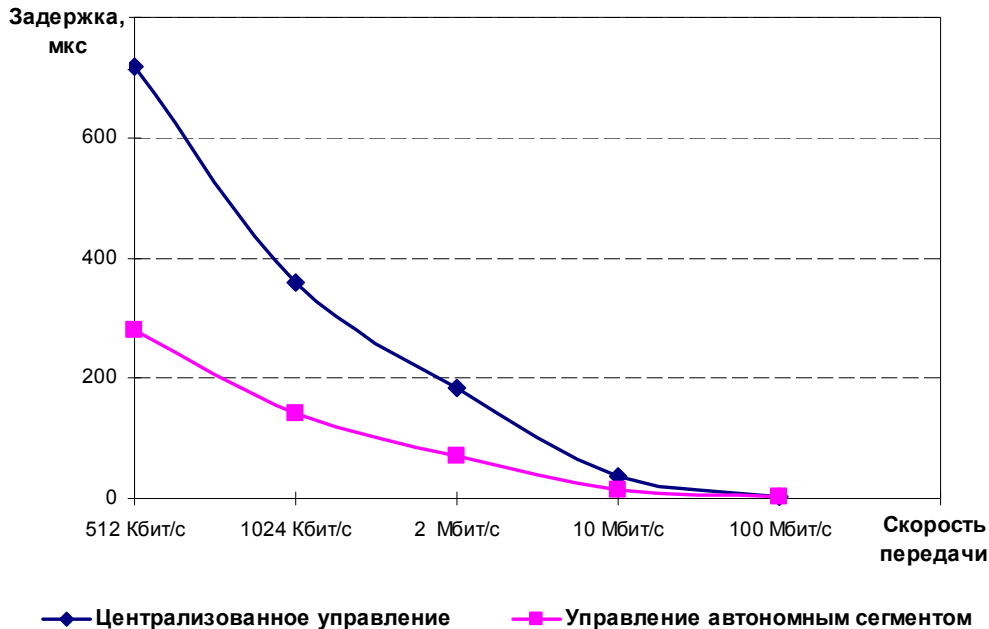


Рис. 3. Затримка SNMP-повідомлення при централізованому управлінні та при управлінні на рівні автономних сегментів

Література

1. Виноградов Н. А. Аналіз потенціальних характеристик пристроїв комутації та управління мережами нових поколінь / Н. А. Виноградов // Зв'язок. – 2004. – №4. – С. 10-17.
2. Семенов Ю. В. Проектування мереж зв'язку наступного покоління / Ю. В. Семенов. Санкт-Петербург : Наука і техніка. – 2005. – 240 с.
3. Гольдштейн Б. С. Виртуальний завіт / Б. С. Гольдштейн, А. В. Гольшко // Вестник зв'язку. – 2015. – № 5. – С. 22-28.
4. Махровський О. В. Технології мультисервісних мереж зв'язку : навчальний посібник / О. В. Махровський. – Санкт-Петербург : ГОУВПО., 2009. – 121 с.
5. Чижиков Д. Мультисервісні мережі наступного покоління: потреби ринку, принципи, моніторинг [Електронний ресурс] / Д. Чижиков // – Режим доступу : <http://www.iksmedia.ru/articles/718285-ultiservisnye-seti-sleduyushhego.html>
6. Нестеренко І. В. Основні етапи реалізації концепції мереж наступного покоління NGN / І. В. Нестеренко, А. Э. Носов // Т-Comm – Телекомунікації та Транспорт. – 2011. – № 7. – С. 117-120.
7. Виноградов Н. А., Зембицька А.С. Аналіз і розрахунок характеристик проходження трафіку даних в конвергованих мережах / Н. А. Виноградов, А. С. Зембицька // Проблеми системного підходу в економіці. Випуск 9. – К.: НАУ. – 2004. – Випуск 9. – С.18-26.

Дата надходження в редакцію: 10.08.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. О. Ю. Ільїн