

УДК 621.39

## МЕТОД РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК УЗЛА ДОСТУПА СЕТИ NGN ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ТРАФИКА ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ И ДАННЫХ

*Керимова С.К., Левенберг Е.В.*

*Азербайджанский технический университет,  
AZ 1073, Азербайджан, г. Баку, пр. Г. Джавида, 25.  
[aztu@aztu.edu.az](mailto:aztu@aztu.edu.az)*

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,  
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.  
[levenberg.evgenii@gmail.com](mailto:levenberg.evgenii@gmail.com)*

## МЕТОД РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ВУЗЛА ДОСТУПУ МЕРЕЖІ NGN ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ТРАФІКА ПЕРЕДАВАННЯ МОВИ ТА ДАНИХ

*Керімова С.К., Левенберг Є.В.*

*Азербайджанський технічний університет,  
AZ 1073, Азербайджан, м. Баку, пр. Г. Джавида, 25.  
[aztu@aztu.edu.az](mailto:aztu@aztu.edu.az)*

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,  
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.  
[levenberg.evgenii@gmail.com](mailto:levenberg.evgenii@gmail.com)*

## THE CALCULATING METHOD OF NGN ACCESS NODE CHARACTERISTICS WHEN SERVICING VOICE AND DATA TRAFFIC

*Karimova S.K., Levenberg Ye.V.*

*Azerbaijan technical university,  
H. Javid ave 25, Baku, Azerbaijan AZ 1073.  
[aztu@aztu.edu.az](mailto:aztu@aztu.edu.az)*

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,  
1 Kuznechna St., Odessa, 65029, Ukraine.  
[levenberg.evgenii@gmail.com](mailto:levenberg.evgenii@gmail.com)*

**Аннотация.** Узлы доступа сетей NGN обеспечивают агрегацию трафика к различным службам сети и его передачу на транспортный уровень, что позволяет называть такие сети мультисервисными. Эти сети используются для одновременной передачи речи, видео и данных, представляемых в форме стандартных пакетов. При этом службы сети обеспечивают предоставление неограниченного набора телекоммуникационных услуг с заданными характеристиками качества обслуживания. Избранная технология распределения информации в NGN определяет степень сложности узлов доступа и, безусловно, влияет на качество обслуживания обмена информацией между терминалами пользователей. Одним из способов обеспечения заданного уровня качества обслуживания для каждой из услуг является введение приоритетного обслуживания определенных потоков трафика. Введение приоритетов для пакетов – это эффективный способ управления размерами очередей и времени пребывания в ней. При поступлении в систему пакета с высоким приоритетом обслуживание пакета с более низким приоритетом или прерывается (абсолютный приоритет), или пакет с высоким приоритетом становится в начало очереди пакетов (относительный приоритет). В статье исследуются характеристики узлов доступа сети NGN как двухприоритетной системы массового обслуживания с ограниченным ожиданием. Предложены формулы расчета вероятности потерь речевых пакетов, а также пакетов данных, и другие характеристики узла доступа.

**Ключевые слова:** узел доступа, поток данных, приоритетный способ обслуживания, вероятность потерь, ограниченное ожидание.

**Анотація.** Вузли доступу мереж NGN забезпечують агрегацію трафіка до різних служб мережі і його передачу на транспортний рівень, що дозволяє називати такі мережі мультисервісними. Ці мережі використовуються для одночасної передачі мови, відео і даних, які подаються у формі стандартних пакетів. При цьому служби мережі забезпечують надання необмеженого набору телекомунікаційних послуг із заданими характеристиками якості обслуговування. Обрана технологія розподілу інформації в NGN визначає ступінь складності вузлів доступу і, безумовно, впливає на якість обслуговування обміну інформацією між терміналами користувачів. Одним зі способів забезпечення заданого рівня якості обслуговування для кожної з послуг є введення пріоритетного обслуговування певних потоків трафіка. Введення пріоритетів для пакетів – це ефективний спосіб управління розмірами черг і часу перебування в ній. При надходженні у систему пакета з високим пріоритетом обслуговування пакета з більш низьким пріоритетом або переривається (абсолютний пріоритет), або пакет з високим пріоритетом стає в початок черги пакетів (відносний пріоритет). У статті досліджуються характеристики вузлів доступу мережі NGN як двопріоритетної системи масового обслуговування з обмеженим очікуванням. Запропоновано формули розрахунку ймовірності втрат мовних пакетів, а також пакетів даних, й інші характеристики вузла доступу.

**Ключові слова:** вузол доступу, потік даних, пріоритетний спосіб обслуговування, ймовірність втрат, обмежене очікування.

**Abstract.** Access nodes of NGN networks provide traffic aggregation to various network services and its transfer to the transport layer, which allows calling such networks multiservice. This network are used to simultaneously transmit voice, video, and data presented in the form of standard packets. At the same time, network services provide an unlimited set of telecommunication services with specified characteristics of quality of service. The selected technology of information distribution in the NGN determines the degree of complexity of access nodes and, of course, affects the quality of information exchange service between user terminals. One of the ways to ensure a given level of quality of service for each of the services is the introduction of priority service for certain traffic flows. Introducing priorities for packets is an effective way to manage the size of queues and the time spent in it. When a high-priority packet is received, a packet with a lower priority is either interrupted (absolute priority) or a high priority packet becomes the beginning of the packets queue (relative priority). In this paper, we study the characteristics of NGN access nodes as a two-priority queuing system with a limited expectation. The proposed formula for calculating the probability of loss of speech packets, as well as data packets, and other characteristics of the access node.

**Key words:** access node, data flow, priority service mode, probability of loss, limited waiting.

Оконечные узлы мультисервисной сети NGN находятся на уровне доступа в архитектуре сети [1]. Этот уровень обеспечивает агрегацию смешанного вида трафика и его коммутацию с уровня доступа на транспортный уровень. С учетом этого, успешное функционирование сети NGN во многом зависит от качества работы конечных узлов доступа. Характеристики качества работы конечного узла сети NGN определяют производительность по обслуживанию вызовов с учетом количества и типов необходимых интерфейсов, подключенных со стороны сети доступа и транспортной сети для передачи смешанного (речь и данные) трафика.

Известно, что трафик речевой информации, поступающий из сетей коммутации каналов, сначала преобразуется в пакетный вид, после чего он инкапсулируется в пакеты IP [2]. При этом к пакету добавляются заголовки протоколов RTP и UDP длиной 12 и 8 байт соответственно. Дополнительно необходимо 20 байт для речевого IP-пакетирования и 4 байта для адресации пакета в сети MPLS. Таким образом, общая длина заголовка составляет 44 байта, который передается каждый раз при отправке пакета, содержащего речевую информацию. Так как длина информационного поля протокола RTR равна 160 байтам, то общая длина пакета протокола RTR составляет 204 байта. Передача потока данных в пакетных сетях осуществляется по сети IP/MPLS, коммутируемой по адресам LSP в транспортной сети.

Интенсивности потоков пакетов речи и данных, поступающих одновременно в конечные узлы сети NGN, могут быть регулированы путем задания нормы вероятности отказа в обслуживании. Заданные нормы отказов (потерь) узла сети NGN определяются по смешанным пакетам, которые не принимаются сетью на обслуживание и ожидают в буферной памяти. В сетях NGN норма потери качества обслуживания для конечных узлов

задається виходячи з призначення, структури, а також застосовуваних технічних засобів прийому, обробки та доставки інформації.

**Цілью статті** є розробка інженерних формул для розрахунку характеристик якості обслуговування в вузлах доступу мультисервісних мереж NGN.

Розглянемо процес функціонування кінцевого вузла мережі NGN, до якого надходять два різних за інтенсивністю пуассоновських потоків інформації, один з яких з інтенсивністю надходження  $\lambda_1$  при обслуговуванні має пріоритет, а інший з інтенсивністю  $\lambda_2$  – без пріоритету. При цьому середня сумарна інтенсивність потоку інформації, надходящого в  $j$  кінцевий вузол, визначається формулою:

$$\Lambda = \lambda_1 + \lambda_2. \quad (1)$$

Припускається, що суміш трафіку в кінцевому вузлі обслуговування в стаціонарному режимі рівна надходящому трафіку. При цьому функція розподілу часу обслуговування обох видів пакетів (речі та даних) є експоненціальною з параметром  $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ . Дисципліна (алгоритм) обслуговування потоку пакетів така, що потік першого виду має абсолютний пріоритет по відношенню до потоку другого виду. Пакети, надходящі в межах кожного пріоритету, обслуговуються в порядку застосовуваного алгоритму обслуговування. В час надходження потоку пакетів при зайнятості всіх  $V$  обслуговуваних пристроїв (серверів) обслуговування пакетів першого пріоритету переривається і виконується обслуговування пакетів другого пріоритету з урахуванням повернення його з буферної пам'яті (очереди). Якщо надійшов пакет другого пріоритету за час очередей, то він стає в череду за останнім пакетом першого пріоритету, а один пакет другого пріоритету при цьому втрачається. Якщо в момент надходження пакету першого пріоритету в череду вже знаходяться інші пакети першого пріоритету, він також втрачається, т.е. на кожному кінцевому вузлі допускається обмежена черуда обслуговування. З урахуванням цього, в стаціонарному режимі роботи кінцевих вузлів мережі NGN, ймовірні стани вузлів можуть бути описані системою лінійних однорідних алгебраїчних рівнянь [3, 4]:

$$\begin{cases} -(\lambda_1 + \lambda_2)P_0\mu_j = 0 \\ -(\lambda_1 + \lambda_2 + k\mu)P_k + (\lambda_1 + \lambda_2)P_{k+1} + (k+1)\mu P_{k+1} = 0, & 1 \leq k \leq V; \\ -(\lambda_1 + \lambda_2 + V\mu)P_k + (\lambda_1 + \lambda_2)P_{k-1} + V\mu P = 0, & V \leq k \leq V+h-1. \end{cases} \quad (2)$$

Системою алгебраїчних рівнянь (2) визначаються ймовірності станів класическої багатоканалної системи з обмеженою черудою та абсолютним пріоритетом. Використовуючи нормувальне умови

$$\sum_{k=0}^{V+1} P_k, \quad (3)$$

розв'язок систем рівнянь (2) одержимо в формі (4, 5):

$$P_k = \begin{cases} \frac{(\rho_1 + \rho_2)^k}{k!} P^{-1}_0, & K = 0, 1, 2, \dots, V-1, \\ \frac{(\rho_1 + \rho_2)^V}{V!} P^{-1}_0, & K = V, V+1, V+2, V+h-1, \end{cases}, \quad (4)$$

де

$$P_0 = \sum_{k=0}^{V-1} \frac{(\rho_1 + \rho_2)^k}{k!} + \frac{(\rho_1 + \rho_2)^V}{V!} \sum_{k=1}^{K+V-1} S_n. \quad (5)$$

При значениях  $b = 1$ ,  $q = \frac{\rho}{V}$  и  $n = h + 1$ , используя формулу для суммы членов убывающей геометрической прогрессии, получим:

$$S_n = \frac{b_k - b_1}{q - 1} \frac{b_1 - b_1 q}{1 - q} = \frac{1 - q^n}{1 - q} = \frac{1 - \left(\frac{\rho}{V}\right)^{h+1}}{1 - \frac{\rho}{V}} = \frac{V}{V - \rho} \left[ 1 - \left(\frac{\rho}{V}\right)^{h+1} \right], \quad (6)$$

где  $h$  – количество мест ожидания в буферной памяти.

С учетом (6)

$$P_0 = \sum_{K=0}^{V-1} \frac{(\rho_1 + \rho_2)^K}{K!} + \frac{(\rho_1 + \rho_2)^V}{V!} \frac{V}{V - \rho} \left[ 1 - \left(\frac{\rho}{V}\right)^{h+1} \right]. \quad (7)$$

Здесь

$$\rho = \frac{y}{V} \leq 1 = \rho_1 + \rho_2 \quad (8)$$

– пропускная способность узла сети NGN, а

$$y = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{V\mu} \quad (9)$$

– обслуженная нагрузка узла сети NGN.

Выражение (8) определяет, что расчет можно вести при значениях в интервале  $\rho = 0 \dots 1$ .

Показатели качества функционирования оконечного узла сети NGN с ограниченной очередью и абсолютным приоритетом оцениваются такими характеристиками, как вероятность отказа в обслуживании пакета речи, вероятность отказа в обслуживании пакета данных, вероятность занятости и простаивание всех обслуживающих каналов узла и равна:

$$P_0 = \sum_{K=0}^{V-1} \frac{\rho_1^K}{K!} + \frac{\rho_1^V}{V!} \cdot \left[ 1 - \left(\frac{\rho_1}{V}\right)^{h+1} \right]. \quad (10)$$

Вероятность того, что в оконечном узле только  $S$  каналов заняты обслуживанием речевых пакетов равна:

$$P_S = \left[ \sum_{X=0}^{Z-1} \frac{y_1^X}{S!} + \frac{y_1^S}{S!} \cdot \left[ 1 - \left(\frac{\rho_1}{S}\right)^{h+1} \right] \right]^{-1}. \quad (11)$$

Вероятность того, что все каналы заняты обслуживанием речевых пакетов и  $j$  пакетов первого приоритета (речевой информации) находится в очереди:

$$P_{V+h} = \frac{y^V}{V!} \left(\frac{y}{V}\right)^h \cdot \left[ \sum_{K=0}^{V-1} \frac{y_2^K}{S!} + \frac{y_2^V}{V!} \frac{V}{V - y} \left[ 1 - \left(\frac{\rho_1}{V}\right)^{h+1} \right] \right]^{-1}, \quad (12)$$

где  $y = \rho V$ .

Среднее время ожидания начала обслуживания пакета данных (требования второго приоритета) определяется формулой:

$$T = \frac{L}{\rho_1 + \rho_2}, \quad (13)$$

где  $L$  – длина пакета.

Вероятность того, что система будет в состоянии ожидания (ожидających пакетов «больше нуля»), вычисляется следующим образом:

$$P(> 0) = \left\{ \frac{y^V}{V!} \frac{V}{V-y} \left[ 1 - \left( \frac{y}{V} \right)^r \right] \right\} P_0 . \quad (14)$$

Среднее количество пакетов данных (требований второго приоритета), ожидающих начало обслуживания в узле связи, определяется формулой:

$$N = \frac{(\rho_1 + \rho_2)^V \cdot \rho_2^2}{(1 - \rho_2)^2 \cdot V!} \{ 1 - \rho_2^h [h(1 - \rho_2) + 1] \} P_0 . \quad (15)$$

Вероятность отказа в обслуживании для пакетов данных (требований второго приоритета) равна вероятности того, что в очереди уже стоят пакеты первого и/или второго приоритетов, и определяется формулой:

$$P_{0,2} = P_{V+h} = P_0^{-1} \cdot \frac{(\rho_1 + \rho_2)^{V+h}}{V! V^h} . \quad (16)$$

Среднее количество каналов, занятых обслуживанием пакетов смешанных потоков, определяется формулой:

$$M = \sum_{k=0}^{S-1} \frac{(\rho_1 + \rho_2) S}{S!} \cdot \frac{(\rho_1 + \rho_2)^V}{V!} \left[ 1 - \left( \frac{\rho_1 + \rho_2}{V + S} \right) \right]^{h+1} . \quad (18)$$

Расчетные значения численных расчетов, выполненных по формулам (12) и (14), даны в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Вероятность занятия всех каналов обслуживанием речевых пакетов

Хар-ка		Количество мест ожидания в буферной памяти, <i>h</i>								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
$\rho = 0,2$	$P_0$	0,8332	0,8161	0,8062	0,8011	0,8001				
	$P_{V+h}$	0,1616	0,03226	0,6162	0,0013	0,0002				
$\rho = 0,4$	$P_0$	0,8111	0,741	0,7117	0,7062	0,7071	0,7064			
	$P_{V+h}$	0,2113	0,2102	0,2016	0,2011	0,2007	0,2002			
$\rho = 0,6$	$P_0$	0,7966	0,7099	0,666	0,6428	0,629	0,62625	0,6161	0,6140	
	$P_{V+h}$	0,4779	0,2555	0,1438	0,08338	0,0488	0,0290	0,0173	0,0103	
$\rho = 0,8$	$P_0$	0,8510	0,7616	0,7021	0,6610	0,5979	0,5951	0,5927	0,5803	0,5711
	$P_{V+h}$	0,6808	0,4874	0,3940	0,2707	0,1959	0,1596	0,1242	0,0940	0,0739

Таблица 2 – Вероятность нахождения системы в состоянии ожидания

Хар-ка		Количество мест ожидания в буферной памяти, <i>h</i>								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
$\rho = 0,2$	$P_0$	0,8332	0,8064	0,8012	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	$P(>0)$	0	0,1611	0,1922	0,1980	0,1997	0,1999	0,1999	0,1999	0,1999
$\rho = 0,4$	$P_0$	0,6099	0,6517	0,6416	0,6063	0,6027	0,6010	0,6	0,6	0,6
	$P(>0)$	0	0,4008	0,3466	0,3783	0,3911	0,3920	0,3980	0,3990	0,3991
$\rho = 0,6$	$P_0$	0,6251	0,5111	0,4594	0,4344	0,4195	0,4115	0,4015	0,4071	0,4027
	$P(>0)$	0	0,6161	0,5406	0,5105	0,5076	0,5804	0,5772	0,5077	0,6958
$\rho = 0,8$	$P_0$	0,55	0,4098	0,3382	0,2975	0,2716	0,2531	0,2403	0,2309	0,2248
	$P(>0)$	0	0,4278	0,4867	0,5805	0,6399	0,6811	0,7092	0,7299	0,7453

Из изложенного выше, можно сделать следующие выводы:

1. Получены аналитические соотношения, описывающие различные состояния конечных узлов сети NGN, позволяющие рассчитать различные характеристики функционирования, а также пропускную способность при приоритетном обслуживании пакетов смешанных информационных потоков.

2. Предложен метод расчета характеристик качества обслуживания конечных узлов сети NGN, обслуживающих смешанные потоки пакетов по системе с ограниченной очередью и абсолютным приоритетом.

3. Полученные аналитические формулы и метод расчета конечного узла с ограниченной очередью и абсолютным приоритетом являются более общими, из которых в частных случаях, получаются аналитические формулы для характеристики одноканальных узлов связи с приоритетом и без приоритета.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Росляков А.В. Сети следующего поколения NGN / [Росляков А.В., Ваняшин С.В., Самсонов М.Ю. и др.]. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 464 с.
2. Гольдштейн Б.С. IP телефония / Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. – М.: Радио и связь, 2006. – 334 с.
3. Ложковский А.Г. Теория массового обслуживания в телекоммуникациях / Ложковский А.Г. – Одеса: ОНАС им. О.С. Попова, 2010. – 112 с.
4. Гасанов А.Н. Анализ телекоммуникационных сетей / Гасанов А.Н. – Баку: Элм, 1995. – 160 с.
5. Булгаков Н.Н. Многоканальная система с ограниченной очередью и абсолютным приоритетом / Н.Н. Булгаков, В.И. Мирошников, В.С. Шибанов // Вопросы радиоэлектроники. – (Серия ТПС). – Вып. 5. – 1999. – С. 21-28.

#### REFERENCES:

1. Roslyakov A.V. Seti sleduyuschego pokoleniya NGN / [Roslyakov A.V., Vanyashin S.V., Samsonov M.Yu., i dr.]. – M.: Eko-Trendz, 2008. – 464 s.
2. Goldshteyn B.S. IP telefoniya / Goldshteyn B.S., Pinchuk A.V., Suhovitskiy A.L. – M.: Radio i svyaz, 2006. – 334 s.
3. Lozhkovskiy A.G. Teoriya massovogo obsluzhivaniya v telekommunikatsiyah / Lozhkovskiy A.G. – Odesa: ONAS im. O.S. Popova, 2010. – 112 s.
4. Gasanov A.N. Analiz telekommunikatsionnyih setey / Gasanov A.N.. – Baku: Elm, 1995. – 160 s.
5. Bulgakov N.N. Mnogokanalnaya sistema s ogranichennoy ocheredyu i absolyutnyim prioritetom / N.N. Bulgakov, V.I. Miroshnikov, V.S. Shibanov // Voprosyi radioelektroniki. – (Seriya TPS). – Vyipusk 5. – 1999. – S. 21-28.

DOI 10.33243/2518-7139-2018-1-2-83-88