

УДК 004.9

СХЕМА АДАПТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ QoS ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ ARED

О. Г. Славко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: slavko.elena@gmail.com

У роботі проаналізовано функції керування передачею даних у "мережах наступного покоління" і визначено, що особливого значення мають функції забезпечення якості обслуговування (QoS) мережних даних. У роботі запропоновано схему прийняття мережних пакетів на обслуговування із застосуванням модифікованого алгоритму адаптивного раннього виявлення (ARED) у загальній схемі забезпечення QoS, яка дозволяє реалізувати способи адаптивного керування різнорідними мережними потоками даних в умовах виникнення перевантажень на основі активного керування мережними чергами. Встановлено, що використання запропонованого підходу до адаптивного забезпечення QoS, що полягає у керуванні чергами буферів мережних маршрутизаторів з використанням модифікованого алгоритму ARED, є ефективнішим порівняно з використанням класичного алгоритму ARED в умовах гетерогенного мережного середовища у задачі обслуговування потоків даних.

Ключові слова: якість обслуговування, активне керування чергами, адаптивне керування, мережний трафік.

СХЕМА АДАПТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕННЯ QoS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ARED

Е. Г. Славко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: slavko.elena@gmail.com

В работе проанализированы функции управления передачей данных в "сетях следующего поколения" и показано, что особенное значение имеют функции обеспечения качества обслуживания (QoS) сетевых данных. В работе предложена схема принятия сетевых пакетов на обслуживание с использованием модифицированного алгоритма адаптивного раннего обнаружения (ARED) в общей схеме обеспечения QoS, которая позволяет реализовать способы адаптивного управления разнородными сетевыми потоками данных в условиях возникновения перегрузок на основе активного управления сетевыми очередями. Установлено, что применение предложенного подхода к адаптивному обеспечению QoS, который заключается в управлении очередями буферов сетевых маршрутизаторов с использованием модифицированного алгоритма ARED, является более эффективным по сравнению с использованием классического алгоритма ARED в условиях гетерогенной сетевой среды в задаче обслуживания потоков данных.

Ключевые слова: качество обслуживания, активное управление очередями, адаптивное управление, сетевой трафик.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Розвиток методів забезпечення якості обслуговування (Quality of Service, QoS) здійснюється відповідно до концепцій побудови мереж наступного покоління (Next Generation Network, NGN).

Згідно визначенню, наведеному в рекомендації ITU-T Y.2001, NGN-мережа – це мережа з пакетною комутацією, що здатна забезпечити користувачів різноманітними вузько- і ширококутовими послугами, включаючи послуги телефонного зв'язку, і базується на ширококутовій мережі з пакетною технологією транспортування, що забезпечує необхідну якість послуг, і в якій функції, що пов'язані з наданням послуг, не залежать від технологій передачі інформації.

Мережа NGN надає користувачам необмежений доступ до послуг провайдерів і підтримує узагальнену мобільність, яка дозволяє користувачам отримати доступ до послуг в будь-якому місці та в будь-який час. У загальній функціональній схемі NGN наявний блок забезпечення QoS. Однак, з точки зору активного керування чергами в буфері маршрутизаторів при керуванні потоками даних.

Метою даної роботи є розробка алгоритму обробки мережних пакетів із застосуванням модифікованого алгоритму ARED у загальній схемі забезпечення QoS мережного трафіку.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Основними об'єктивними передумовами виникнення ідеї мереж наступного покоління NGN є [1]:

– успіхи пакетних технологій передачі інформації, що зумовили бурхливе зростання цифрового трафіку, перш за все, за рахунок розширення використання Інтернет;

– збільшення попиту на рухомий зв'язок і на нові мультимедійні служби Triple Play (сумісної передачі голосу, відео, даних);

– конвергенція мереж електровз'язку й інформаційно-обчислювальних мереж, розвиток інфокомунікаційних мереж.

Функціональність рівнів базової еталонної моделі NGN розкривається в загальній функціональній архітектурі NGN першої версії (NGN release 1), що представлена в рекомендації ITU-T Y.2012 [2].

Узагальнена функціональна схема моделі NGN наведена на рис. 1.

Аналіз архітектури NGN з точки зору забезпечення QoS. Розглянемо детальніше функціональність архітектури NGN, проаналізувавши її відносно QoS.

На кожному з рівнів використовується декілька функцій. Для надання послуг кінцевим користувачам використовуються функції підтримки додатків і функції підтримки послуг, також відповідні керуючі функції.

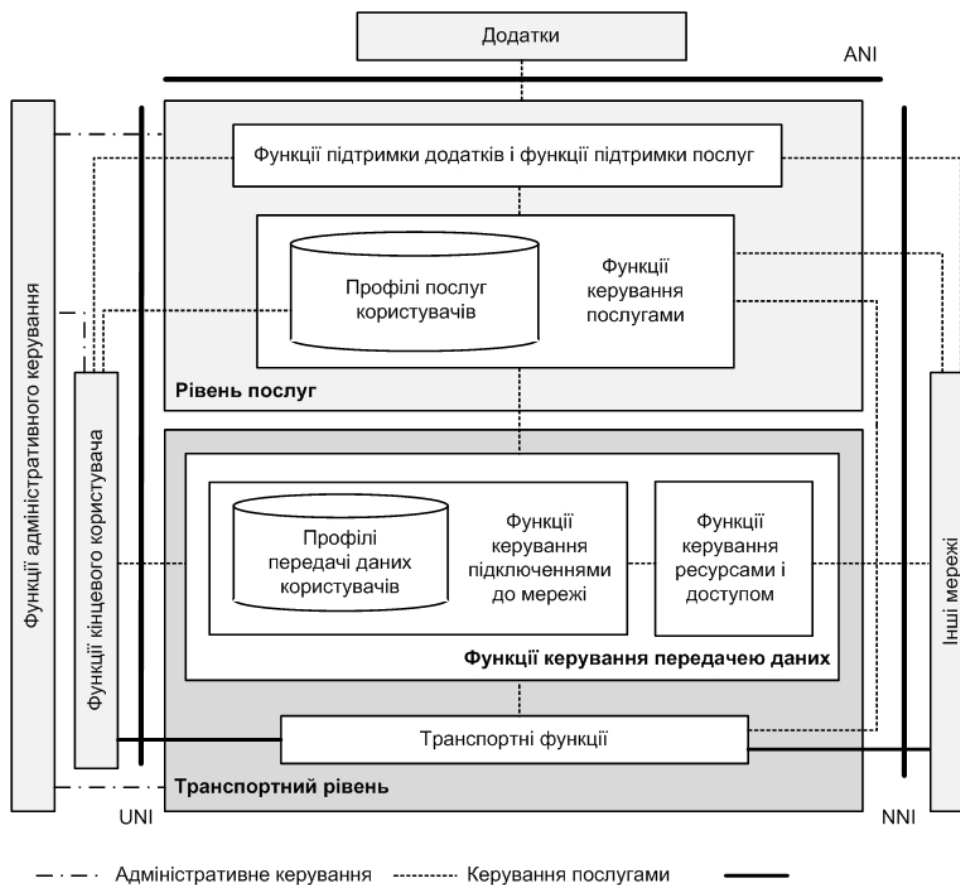


Рисунок 1 – Узагальнена функціональна архітектура NGN (ITU-T Y.2012)

NGN підтримує точку з'єднання з функціональною групою додатків, що називається інтерфейсом додатків мережі ANI (Application Network Interface), який реалізує канал взаємодії й обміну інформацією між додатками та елементами мережі NGN. ANI забезпечує можливості та ресурси, необхідні для реалізації додатків.

Транспортний рівень забезпечує послуги IP-з'єднань для користувачів мережі NGN за допомогою функцій управління транспортом, включаючи функції управління мережевими підключеннями NACFs (Network Attachment Control Functions) і функції управління ресурсами і доступом RACFs (Resource and Admission Control Functions).

Відповідно до рекомендації ITU-T Y.2011 функції транспортного рівня включають безпосередньо транспортні функції та функції управління передачею даних.

Функції передачі даних (transport functions) забезпечують з'єднання всіх компонентів і фізично розділених функцій всередині NGN. Ці функції підтримують передачу медіа-інформації, а також інформацією управління (сигналізації) і технічного обслуговування. Транспортні функції включають функції мережі доступу, прикордонні функції, функції транспортного ядра (магістралі) і функції шлюзів.

Серед них розглянемо лише ті, що безпосередньо стосуються QoS:

1. Функції мережі доступу (*access network functions*) забезпечують підключення кінцевих кори-

стувачів до мережі, а також збирання й агрегацію трафіку, що надходить з мережі доступу в транспортну магістраль (ядро).

Ці функції також реалізують механізми управління якістю обслуговування, пов'язані безпосередньо з трафіком користувача, включаючи управління буферами, чергами і розкладами, пакетну фільтрацію, класифікацію та маркування трафіку, визначення політик обслуговування і формування профілю передачі трафіку.

Функції мережі доступу залежать від використаної технології доступу, наприклад, вони розрізняються для бездротової технології CDMA (Code Division Multiple Access, множинний доступ з кодовим розподілом) і провідний технології доступу xDSL (Digital Subscriber Line, цифрова абонентська лінія).

Залежно від технології, яка використовується для доступу до послуг NGN, мережа доступу включає функції, пов'язані з кабельним доступом, доступом за технологіями xDSL, бездротовим доступом, наприклад, технології IEEE 802.11 (WiFi) і 802.16 (WiMAX) і доступ 3G RAN (Radio Access Network), оптичним доступом.

2. Граничні функції (*edge functions*) використовуються для обробки трафіку, який отримується шляхом агрегування даних, що надходять з різних мереж доступу та передається в магістральну транспортну мережу, і включають функції, пов'язані з підтримкою QoS й управління трафіком. Граничні

функції використовуються також між магістральними транспортними мережами.

3. Магістральні транспортні функції (*core transport functions*) відповідають за гарантовану передачу інформації через транспортну мережу з різним рівнем якості.

Ці функції забезпечують механізми реалізації заданого рівня QoS для користувача трафіку, включаючи управління буферами, чергами і розкладом, фільтрацію пакетів, класифікацію, маркування та формування трафіку, контроль дотримання правил обслуговування, управління шлюзами і функції міжмережних екранів.

Іншою групою серед функцій NGN є функції управління транспортною мережею (*transport control functions*), що включають у себе наступні функції:

- функції управління ресурсами і доступом;
- функції управління приєднанням до мережі.

Функції управління ресурсами і доступом RACFs (Resource and Admission Control Functions) діють як арбітр між функціями управління послугами і транспортними функціями для підтримки QoS і пов'язані з управлінням транспортними ресурсами у мережі доступу та в магістральній транспортній мережі. Рішення з управління ґрунтуються на інформації про угоди щодо заданого рівня обслуговування SLA (Service Level Agreement), правила мережної політики, пріоритети послуг та інформації про стан і використання транспортних ресурсів.

Функції RACF забезпечують абстрактний підхід до інфраструктури транспортної мережі для функцій управління послугами SCFs (Service Control Functions) і забезпечують сервіс-провайдерам незалежність від мережевої топології, зв'язності, завантаження ресурсів, механізмів/технологій QoS та ін.

Функції RACF взаємодіють з функціями SCF і транспортними функціями для різних додатків (наприклад, SIP-виклики (Session Initiation Protocol, протокол встановлення сесії), потокове відео та ін.), що вимагає управління транспортними ресурсами NGN, включаючи управління QoS і NAT (Network Address and Port Translation) / Firewall і проходження трансляції мережних адрес на рівні портів NAT.

На рис. 2 наведено узагальнену схему функцій, що реалізуються QoS у мережах NGN.

Адаптивне забезпечення QoS на основі модифікованого алгоритму ARED.

Показники, які можуть бути використані для вимірювання QoS, що надається мережним додаткам, варіюються від метрики високого рівня (кількість блокувань, час передачі даних і т.д.) до метрики фізичного рівня (бітові помилки, помилки сплесків, і т.д.). Як правило, як показники забезпечення QoS використовуються такі мережні характеристики, як втрати пакетів, затримки і джиттер затримок передачі даних.

Для керування пакетами даних у реальному часі використовуються різні механізми управління трафіком для гарантування того, що додатки отримують

необхідну якість обслуговування з точки зору втрат, затримок і джиттера.

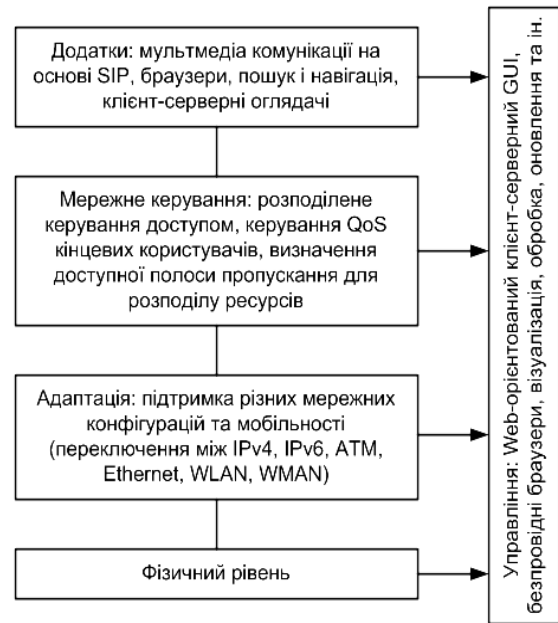


Рисунок 2 – Схема функцій QoS у мережах NGN

Основа керування QoS на пакетному рівні складається з наступних функцій управління трафіком:

- полісинг, моніторинг і формування потоків даних;
- буферизація й активне керування чергами (Active Queue Management, AQM);
- планування потоків даних.

На мережному рівні моделі OSI у структурі QoS у модулі маршрутизації міститься підсистема прийняття / адаптації даних, що формує управління й обробляє мережні дані відповідно до функціонування модулю превентивного відкидання пакетів і взаємодіє з блоком керування чергами.

У роботах [3, 4] запропоновано модифікацію алгоритму адаптивного RED (ARED, Adaptive Random Early Detection), яка полягає у введенні корегуючого параметра при визначенні середньої довжини черги у буфері маршрутизатора на основі аналізу умови стабільності черги і динамічного налаштування максимальної ймовірності втрат пакетів при виникненні перевантажень.

Також у роботах [3, 4] запропоновано зменшити кількість параметрів мережі, що використовуються при налаштуванні алгоритмів активного керування чергами (AQM) при передачі потоків даних у TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)-мережах, за рахунок ранжування їх відносно доступності та важливості в умовах гетерогенності та параметричної невизначеності мережного середовища.

На рис. 3 наведено етапи прийняття пакету на обслуговування з урахуванням запропонованої в роботах [3, 4] модифікації методу ARED.

Процедура "прийняття" (admission) застосовується до кожного мережного пакету, що надходить до інтерфейсу доступу.

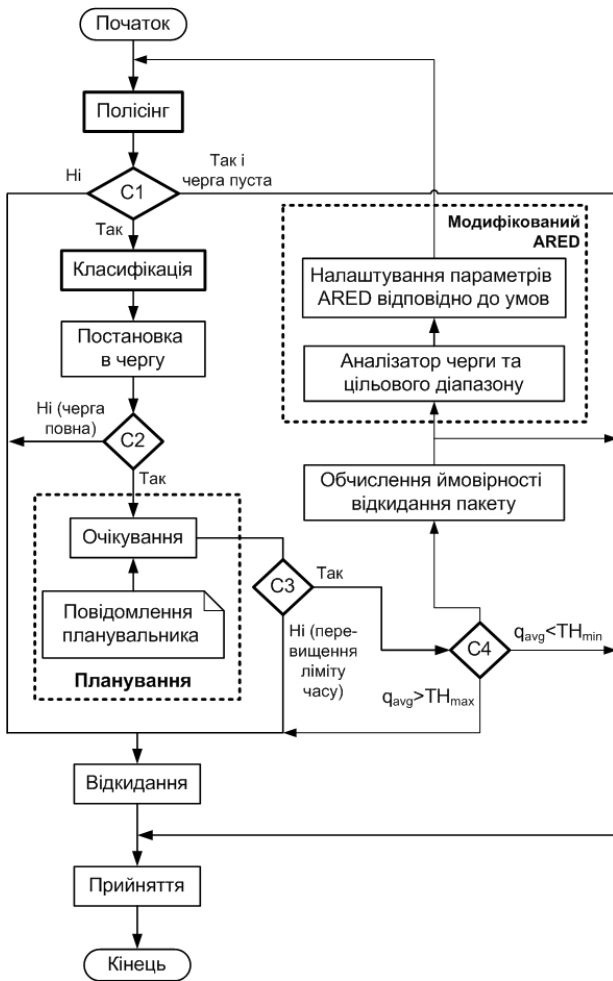


Рисунок 3 – Схема прийняття пакету на обслуговування із застосуванням модифікованого ARED

Введемо наступні позначення для логічних умов, що використовуються в схемі, наведеній на рис. 3:

C1 – пакет успішно проходить процес полісінгу;

C2 – ідентифікатор пакету успішно поміщається до черги;

C3 – перевищено ліміт часу очікування пакетом обробки;

C4 – перевірка наповненості черги.

Розглянемо окремо компоненти розробленої схеми процесу прийняття пакетів мережних даних, що мають бути обслуговані.

1. Блок "Полісінг".

Даний компонент перевіряє, чи має пакет дозвіл на доступ до платформи відповідно до визначеного договору про обслуговування. Дозвіл підтверджується, якщо клієнт має право запитувати визначені послуги, і якщо послуга може бути виконана в даний момент часу відповідно до узгодженого часу.

Якщо пакет проходить процес полісінгу (умова C1), то відбувається перехід до класифікації, в іншому випадку пакет буде відкинута.

2. Блок "Планування".

Планувальник обслуговує активну чергу багатозагово (ітераціями), контролюючи порядку, за яким запити обслуговуються. Вибір алгоритму планування є важливим, оскільки неадекватний вибір дисци-

пліни призводить до несправедливого обслуговування планувальником пакетів, що викликає затримки обслуговування та ін.

3. Блок "Класифікація".

Пакети, що мають однаковий пріоритет, групуються відповідно до відповідного класу обслуговування. Етап класифікації встановлює відповідність пакету, що надійшов на обслуговування, існуючому класу сервісу.

Ця інформація зберігається в таблиці бази даних, що зберігається в пам'яті, коли це необхідно, і дозволяє підвищити швидкість виконання процесу класифікації.

Після того, як пакет класифіковано, він ставиться у відповідну чергу, і чекає до того моменту, коли планувальник (scheduler), зможе обробити даний мережний пакет.

Якщо ідентифікатор пакету успішно поміщається до черги (виконується умова C2), то пакет автоматично приймається до процесу планування, який виконується паралельно. Якщо черга заповнена, то пакет відхиляється.

Використання класів обслуговування зменшує кількість черг, задіяних у плануванні, уникаючи використання черг на обслуговування.

4. Блок "Модифікований ARED".

Аналіз значення розміру черги здійснюється з метою порівняння його з пороговими значеннями і прийняття на основі цього рішення про відкидання, прийняття пакета або ймовірнісного маркування (відкидання) пакета з метою уникнення перевантаження.

При цьому на основі аналізу розміру черги здійснюється переналаштування параметрів алгоритму ARED і параметру EWMA (Exponentially Weighted Moving Average), за яким здійснюється обчислення середньої довжини черги, за алгоритмом, який описаний у роботах [3, 4].

Таким чином, схема прийняття пакету на обслуговування із застосуванням модифікованого алгоритму ARED у загальній схемі забезпечення QoS, що запропонована в даній роботі, дозволяє реалізувати способи адаптивного керування різнорідними мережними потоками даних в умовах перевантажень.

Для експериментального дослідження запропонованої у роботі схеми адаптивного забезпечення QoS на основі модифікованого алгоритму активного керування чергами у задачі уникнення перевантажень у вузьких ділянках мереж при обслуговуванні різнорідного мережного трафіку було розроблено експериментальну комп'ютерну мережу, що моделювала динаміку ділянки з ефектом вузького місця, з використанням модифікованого ARED для забезпечення QoS у задачі уникнення заторів.

Структурна схема цієї мережі наведена на рис. 4.

Процедура експериментального дослідження проходила в 2 етапи:

1) некерований режим роботи – використовувався для отримання інформації про модельовану динаміку ділянки мережі з ефектом вузького місця при відсутності дії алгоритму керування потоком мережних даних;

2) керований режим роботи – використовувався для тестування запропонованої адаптивної схеми забезпечення QoS.

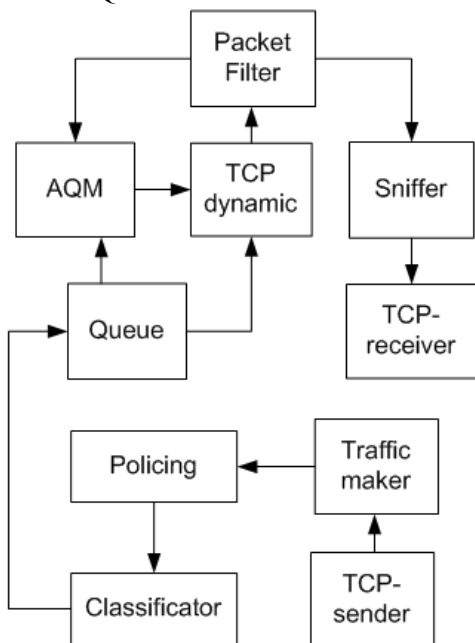


Рисунок 4 – Структурна схема експериментальної мережі

На комп'ютері-відправнику (TCP-sender) вхідний мережний трафік, сформований генератором трафіка (Traffic maker) з урахуванням властивості самоподібності та гетерогенності мережних потоків даних, надходить до пакетного фільтра (Packet Filter).

Після дії керуючого сигналу алгоритму RED (функція ймовірності втрат пакетів) трафік надходить до комп'ютера-отримувача (TCP-receiver), який здійснював моніторинг пакетів за допомогою програми-сніфера (Sniffer), яка записувала у текстовий файл інформацію про характеристики трафіка.

Розроблене в даній роботі адаптивне забезпечення QoS (рис. 3) на основі модифікованого алгоритму ARED, в експериментальній мережі представлено наступними блоками:

- блок полісінгу (Policing);
- блок класифікації (Classifier);
- блок активного керування чергами (AQM), в якому реалізовано запропонований в роботах [3, 4] модифікований метод ARED.

TCP-отримувач фіксує необхідну статистичну інформацію:

- час передачі пакетів;
- розмір пакету;
- довжину мережної черги;
- оцінку інтервалу часу між передачею сусідніх пакетів;
- RTT-затримку;
- оцінку швидкості передачі трафіку;
- кількість втрат пакетів.

На рис. 5 наведено приклад швидкості $r(t)$ передачі мережних даних за результатами функціону-

вання модифікованого ARED (лінія 1) і класичного ARED (лінія 2).

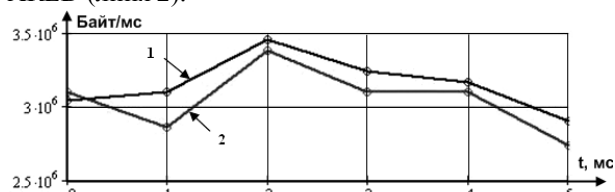


Рисунок 5 – Швидкість передачі даних $r(t)$

На рис. 6 наведено приклад максимальної довжини $q(t)$ буферної черги за результатами функціонування модифікованого ARED (лінія 1) і класичного ARED (лінія 2).

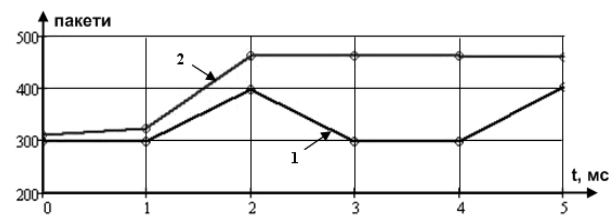


Рисунок 6 – Максимальна довжина буферної черги маршрутизатора $q(t)$

Як видно з наведених прикладів, застосування модифікованого ARED є більш ефективним порівняно з класичним ARED, що підтверджується статистичним аналізом отриманих результатів.

ВИСНОВКИ. Проаналізовано, що серед функцій керування передачею даних у NGN мережах особливого значення набувають функції, що стосуються забезпечення QoS мережних даних.

У роботі запропоновано схему прийняття мережних пакетів на обслуговування із застосуванням модифікованого алгоритму ARED у загальній схемі забезпечення QoS, яка дозволяє реалізувати розроблені в роботах [3, 4] способи адаптивного покращення керування різнорідними мережними потоками даних в умовах виникнення перевантажень на основі активного керування мережними чергами в буферах маршрутизаторів.

У результаті проведених досліджень на експериментальній комп'ютерній мережі, що моделює канал зв'язку з ймовірністю виникнення перевантажень, встановлено, що використання запропонованого підходу адаптивного забезпечення QoS.

Запропонований метод полягає у керуванні чергами буферів мережних маршрутизаторів з використанням модифікованого алгоритму ARED, є ефективнішим порівняно з використанням класичного алгоритму ARED в умовах гетерогенного мережного середовища у задачі забезпечення якості обслуговування потоків мережних даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Росляков А. В. Мультисервисные платформы сетей следующего поколения NGN // Отечественные системы, 2012. – Т. 1. – Самара: ПГУТИ, ООО "Издательство Ас Гард". – 312 с.

2. Сети следующего поколения NGN / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, М.Ю. Самсонов, И.В. Шибаева, Н.А. Чечнёва; под ред. А. В. Рослякова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 424 с.

3. Славко О.Г. Удосконалення методу ARED в умовах параметричної невизначеності мережі // Комп'ютерні системи та мережні технології (CSNT-2012): тези доповідей V міжнародної науково-технічної конференції. – Київ, 13–15 червня 2012 р. – К.: НАУ, 2012. – С. 119.

4. Славко О.Г. Адаптивний метод керування мережним трафіком в задачі забезпечення якості обслуговування // Матеріали II-ї міжнародної науково-практичної конференції «Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки», 25–27 жовтня 2012 р. – Чернівці, 2012. – С. 133–135.

ADAPTIVE QOS SUPPORT USING THE MODIFIED ARED METHOD

O. Slavko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: slavko.elena@gmail.com

The author has analyzed functions of data transfer control in the "next generation" networks. It's shown that functions of quality of service (QoS) providing for network data are significantly important. This paper presents the scheme of network packets acceptance for services with use of modified algorithm of Adaptive Random Early Detection (ARED) in a general scheme of QoS support. This scheme allows for adaptive control methods for heterogeneous network data flows in case of congestions on a base of active control of network queues. In this paper it is shown that using of the developed approach to adaptive support of QoS is more effective when using classical ARED algorithm in heterogeneous network environment for the task of data flow service. This approach is based on the control of buffers queues in network routers with use of the modified ARED algorithm.

Key words: quality of service, active queue management, adaptive control, network traffic.

REFERENCES

1. Rosljakov, A.V. (2012), *Multiservismue platformu setei sledyushego pokolenija NGN* [Multiservice platforms of next generation networks NGN], Otechestvennye sistemy, Samara, Russia.

2. Rosljakov, A.V. (2008) *Seti sledyushego pokolenija NGN* [Nest generation networks NGN], Eko-Trendz, Moscow, Russia.

3. Slavko, O.G. «Improvement of ARED method in case of parametric uncertainty of a network», proceedings of 5th international conference "Computer

systems and network technologies (CSNT–2012)», Kyiv, 13–15 June 2012. – p. 119, Ukraine.

4. Slavko, O.G. «Adaptive method of network traffic control in a task of quality of service providing», proceedings of 2nd international conference «Physical and technological problems of wireless devices, telecommunications, nano- and micro-electronics», Chernivtci, 25–27 October 2012. – pp. 133–135, Ukraine.

Стаття надійшла 31.05.2013.