

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.861.01 Державного університету
телекомунікацій доктору технічних
наук, професору Толубко В. Б.
вул. Солом'янська, 7, м. Київ, 03110

ВІДГУК

**офіційного опонента кандидата технічних наук, старшого
наукового співробітника Ананьїна Олега Валерійовича на дисертаційну
рботу Довженка Тимура Павловича на тему: «Методика побудови системи
активного управління чергою пакетів буфера маршрутизатора в TCP/IP-
мережах з використанням REM-регуляторів», що представлена на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 –
радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій**

**Актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок із державними
науковими програмами.** У сучасних умовах збільшення попиту на послуги
мережі Інтернет зростає кількість переданих даних по каналам зв'язку. Це
призводить до такого негативного явища як некероване збільшення черги буфера
маршрутизатора і в цілому до перевантаження в каналі зв'язку. Протоколи, які
використовуються для управління чергами не завжди здатні відпрацьовувати
перевантаження трафіку. Звідси виникає ситуація перевантаження і з'являється
явище глобальної синхронізації TCP потоків, при цьому зменшується ефективна
швидкість передачі даних і погіршуються параметри якості системи. Для
запобігання цього явища використовуються методи управління чергою пакетів
даних в буфері маршрутизатора, які працюють за відповідним законом
управління.

В мережах передачі даних поширено використання пасивних механізмів
скидання надлишків пакетів при перевантаженні черги. Для цього
використовуються так звані методи пасивного управління чергами (Passive Queue
Management, PQM). Прості алгоритми (зокрема, TailDrop), скидають пакети, що
надходять тільки тоді, коли в черзі немає вільного місця. Подібні алгоритми
мають значні недоліки. Зокрема, вони дозволяють зайняти всю чергу одному чи
декільком потокам, тим самим порушують відповідний розподіл ресурсів, а
також унеможливлюють завчасне визначення моменту перевантаження. Тому

найбільшу зацікавленість викликають методи активного управління чергою (Active Queue Management, AQM), які полягають у маркуванні або відкиданні пакетів, за спеціальним законом управління, що надходять в буфер маршрутизатора, до того як черга буфера заповниться.

Таким чином, наукові дослідження теоретичних основ методів моделювання та математичного апарату, які дозволяють забезпечити подальший всебічний розвиток систем активного управління чергою (AQM-систем) у сучасних умовах розвитку телекомуникаційних мереж із комутацією пакетів є актуальними та мають важливе наукове та практичне значення на шляху до вирішення завдань, пов'язаних з підвищеннем якості передачі інформації у мережах TCP/IP.

Метою даної дисертаційної роботи є підвищення якісних показників системи активного управління чергою шляхом удосконалення REM-алгоритму, що функціонує на базі методу випадкового експоненціального маркування.

Для досягнення цієї мети необхідно:

провести порівняльний аналіз основних алгоритмів активного управління чергою (REM, RED, PI),

удосконалити методику активного управління чергою пакетів буфера маршрутизатора на базі вже існуючого REM-алгоритму, яка передбачає збір та обробку вхідних даних шляхом моніторингу стану маршрутизатора мережі;

отримати статистичні моделі прогнозування кількості відкинутих та втрачених пакетів для мережі TCP/IP з використання модифікованого REM-алгоритму;

розробити структурну схему AQM-регулятора мережі TCP/IP на основі модифікованого REM-алгоритму;

побудувати графічне представлення стійкого утримування магнітуди та фази для модифікованого REM-регулятора при різних значеннях навантаження та пропускної здатності каналу;

розробити імітаційну модель обробки пакетів в маршрутизаторах, яка дозволить визначити кількісні показники по відкинутим та втраченим пакетам та довжину черги буфера маршрутизатора.

Тема дисертаційної роботи та обраний напрям досліджень безпосередньо пов'язані із науково-дослідною роботою, що проводилася у Державному університеті телекомунікацій «Фазі-системи активного управління чергою пакетів в мережах TCP/IP» (номер державної реєстрації № 0114U000398). У цій роботі автором запропоновано методику підвищення якісних показників TCP/IP-мережі, що функціонує на базі системи активного управління чергою. Впровадження результатів дослідження підтверджуються відповідними актами.

Вищеозначене дозволяє вважати тему даної дисертаційної роботи актуальною, та такою, що має наукову та практичну цінність й тісно пов'язана із державними науковими програмами.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. Із змісту дисертаційної роботи, безперечно, видно, що здобувач має достатній освітній та науковий рівень, який відповідає обраному напряму наукових досліджень. А також, можна зробити висновок, що здобувач ознайомлений із науково-теоретичними дослідженнями та практичними розробками у даній науковій галузі, що доречно використано у дисертаційній роботі для розроблення й обґрунтування наукових положень із послідовним формулюванням висновків і рекомендацій.

Отримані у дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації базуються на результатах теоретичних розрахунків із використанням математичного апарату теорії автоматичного управління математичного моделювання за допомогою інтерактивної системи MATLAB, методів операційного числення, методів планування експерименту та методів математичної статистики з використанням мережевого симулатора NS-2, які дозволили підтвердити наукові положення, отримані в дисертаційній роботі.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний об'єм складає 180 сторінок

машинописного тексту, з яких 67 сторінки займають ілюстрації, таблиці та список використаних джерел, який складається з 110 найменувань на 11 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, викладено основні наукові та практичні результати, здобуті в роботі, а також основні положення, що виносяться на захист.

У першому розділі дослідження наведені характеристики основних методик активного управління чергою, відмінності між активними (AQM) та пасивними (PQM) методами управління чергою, проведено порівняльний аналіз роботи і моделювання мережі з використанням AQM-алгоритмів (RED, PI, REM). Аналізуючи значення параметрів втрачених та скинутих пакетів, що були отримані при моделюванні, можна зробити висновок, що REM-методика при використанні в системах передачі даних в якості алгоритму регулювання черги буфера маршрутизатора має найменші значення цих параметрів з-поміж інших AQM-методик (RED, PI).

У другому розділі описано роботу регуляторів, побудованих на основі REM. Адаптивний алгоритм (AREM) і алгоритм із самоналаштуванням (STREM), типовий регулятор на базі нечіткої логіки (FLC), проведено огляд нечіткого FREM-регулятора на базі REM, а також зроблено висновки про їх вплив на параметри маршрутизатора шляхом імітаційного моделювання.

У третьому розділі представлено алгоритм роботи, вдосконаленої дисертантом, AQM-методики з динамічно розщеплюваною характеристикою маркування/скидання пакетів на основі REM (REM algorithm with dynamic split feature – DSREM). Побудовано повний факторний експеримент 2^3 для отримання прогнозуючої моделі по скинутим та втраченим пакетам в мережі TCP/IP. Визначена адекватність отриманої моделі. Порівнюються дві методики активного управління чергою – REM і її модифікація DSREM та проводиться аналіз їх роботи при моделюванні на мережевому симулаторі NS-2. Визначено ряд ключових переваг DSREM-методикою перед REM.

У четвертому розділі наведено структурну схему мережі TCP з DSREM-

регулятором. Здійснено імітаційне моделювання мережі TCP/IP із застосуванням REM та DSREM регуляторів та проведено порівняння відповідних логарифмічних фазових та амплітудних характеристик для кожного з них.

У висновках визначено необхідність розробки нової методики активного управління чергою (DSREM) на базі вже існуючого алгоритму випадкового експоненціального маркування, яка повинна враховувати динамічні зміни навантаження мережі. Для розв'язання даного завдання необхідною є розробка AQM-регулятора, який забезпечить достатній запас стійкості та якість параметрів системи. Під час виконання роботи розроблено математико-статистичні моделі прогнозування кількості скинутих та втрачених пакетів для мережі TCP/IP.

Таким чином, сукупність здобутих в дисертації нових наукових результатів, їх наукова і практична значимість дозволяють вважати, що сформульоване вище наукове завдання – підвищення якісних показників системи активного управління чергою розв'язано, а мету дослідження досягнуто. У цілому, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій у дисертаційній роботі не викликає сумнівів.

Наукова новизна одержаних результатів. У процесі вирішення поставлених наукових завдань були одержані наступні наукові результати:

1. Удосконалена методика активного управління чергою пакетів маршрутизатора. На відміну від існуючої REM-методики, DSREM має кращі значення щодо стабільності роботи алгоритму, обробки пакетів та їх взаємодії в черзі маршрутизатора завдяки нововведеним коефіцієнтам масштабу та коефіцієнту стійкості.

2. Вперше розроблено статистичні моделі прогнозування кількості відкинутих та втрачених пакетів для мережі TCP/IP з використання DSREM алгоритму, які дозволяють прогнозувати можливі втрати даних при перевантаженні системи.

3. Запропоновано структурну схему регулятора черги маршрутизатора, яка включає новий алгоритм управління для DSREM-методики з поліпшеною характеристикою системи управління.

Достовірність та значущість одержаних і викладених у дисертаційній роботі наукових результатів забезпечена використанням сучасних теорій та базуються на фундаментальних положеннях теорії автоматичного управління. Достовірність отриманих автором нових результатів дослідження якісних показників DSREM-регулятора в мережі TCP/IP підтверджується результатами роботи математичних моделей в інтерактивній системі MATLAB та її додатка CONTROL SYSTEM TOOLBOX.

Практична цінність отриманих результатів дослідження полягає в наступному:

- можливість проектування мережі TCP/IP з використанням модифікованої REM-методики системи активного управління чергою;
- можливість прогнозування кількості відкинутих та втрачених пакетів для мережі TCP/IP з використанням DSREM-методики, які дозволяють в процесі роботи системи аналізувати можливі втрати даних при перевантаженні.

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані в навчальному процесі Державного університету телекомунікацій, в існуючих та проектованих мережах передачі даних, в розробках науково-дослідних організацій, конструкторських відділів підприємств при проектуванні та вдосконаленні TCP/IP мереж та мережевого комутаційного обладнання.

Повнота викладу наукових положень та основних результатів дисертаційної роботи. Основні наукові результати дисертаційної роботи достатньо повно викладені у 8 наукових статтях, що опубліковані у фахових наукових виданнях України з технічних наук, у тому числі в 2 статтях у закордонних наукових періодичних виданнях з наукового напряму, з якого підготовлено дисертацію, 3 входять до науково-метричної бази, 4 одноосібні.

Основні положення та висновки наукових досліджень пройшли апробацію на 7 науково-практичних та науково-технічних конференціях, за результатами яких опубліковані тези доповідей.

Дисертаційна робота та автореферат оформленні згідно вимог нормативних документів України. Висновки дисертаційної роботи достатньо обґрунтовані. Текст автореферату відповідає змісту дисертації, достатньо повно відображає її зміст та основні положення, викладений технічно грамотно, науково коректною мовою, що робить його легким для сприйняття.

Дисертаційна робота Довженка Тимура Павловича на тему: «Методика побудови системи активного управління чергою пакетів буфера маршрутизатора в TCP/IP-мережах з використанням REM-регуляторів» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.12.13 – радіотехнічні пристрой та засоби телекомуникацій.

Зauważення щодо змісту дисертаційної роботи. Разом з тим слід звернути увагу на деякі зауваження у роботі:

1. У роботі не зрозуміло, яким чином відбувається відбір коефіцієнтів для статистичної моделі коефіцієнта стійкості та відсутня її перевірка на адекватність;
2. Діаграми Найквіста представлені тільки для найменшої кількості вхідних джерел повідомлення;
3. У висновках автореферату представлена графічна модель стійкого утримування магнітуди та фази DSREM-регулятором при різних значеннях навантаження та пропускної здатності каналу, проте вона відсутня в тексті самого реферату.

Вказані зауваження носять дискусійний характер і не знижують загальної наукової цінності й практичного значення дисертаційної роботи та істотно не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційного дослідження.

Висновки.

1. Дисертаційна робота Довженка Тимура Павловича є завершеною одноосібною кваліфікаційною науковою працею, в якій отримано науково обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують актуальне наукове завдання щодо вирішення проблеми удосконалення методики активного управління

чергою пакетів буфера маршрутизатора на базі вже існуючого REM-методу. Результати дослідження, що викладені у дисертаційній роботі мають важливе наукове та практичне значення на сучасному етапі розвитку систем із підвищеннем якості існуючих мереж передачі даних з пакетною комутацією.

2. Дисертаційна робота на тему «Методика побудови системи активного управління чергою пакетів буфера маршрутизатора в TCP/IP-мережах з використанням REM-регуляторів» за науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та опублікуванням наукових результатів відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів» (із змінами), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а її автор, Довженко Тимур Павлович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Офіційний опонент:

Старший офіцер відділу стратегічного аналізу,
планування та звітності управління аналізу
ризиків Адміністрації Державної
прикордонної служби України
кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник
підполковник

О. В. Ананьїн

**Підпис підполковника Ананьїна О. В.
засвідчує:**

Заступник начальника управління контролю
та документального забезпечення – начальник
відділу організації контролю електронної
взаємодії та забезпечення електронного
документообігу з центральними органами
виконавчої влади
полковник



О. В. Попович

«___» 2017 року