

ВІДЗИВ

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Аломара Мхамеда** «Удосконалення технології управління розподілом ресурсів пакетних мереж», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – «комп'ютерні системи та компоненти»

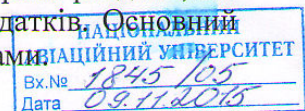
Актуальність теми

Кандидатська дисертація Аломара Мхамеда присвячена вирішенню однієї із актуальних проблем сучасних телекомунікацій – проблемі підвищення інформаційного завантаження вузлового обладнання мереж з пакетною комутацією, зокрема маршрутизаторів, пакетних комутаторів другого та третього рівнів, комунікаційних серверів тощо. Досліджувались, в першу чергу, характеристики інтернет- мереж низового рівня. Однак, на мій погляд, отримані результати можуть бути розповсюджені на будь-які пакетні мережі, у котрих циркулюють пульсуючі потоки пакетів. Звісно, що через пульсації трафіку не є можливим домогтися якісної циркуляції пакетів в пакетній мережі за умов, коли інформаційне навантаження на вузлове обладнання досягає певних рівнів, наприклад за умов, коли коефіцієнт навантаження на це обладнання перевищує 0,5 – 0,6. В цьому випадку різко зростає коефіцієнт втрат пакетів, що для більшості застосувань є неприпустимим. Тому пошук шляхів підвищення коефіцієнту завантаження обладнання, однак не за рахунок зниження якості мережного обслуговування, а за рахунок використання інших факторів, наприклад таких, що пропонуються в даній роботі, є актуальним. У даній роботі пропонується подальше удосконалення нового шляху збільшення інформаційних навантажень на мережне обладнання за рахунок нового методу формування трафіку та включення у контур адаптивного управління блоку прогнозування. Отримані в рамках дисертаційної роботи результати свідчать, що запропоноване удосконалення системи адаптивного управління смугами портів комутатору на основі використання інформації про пульсації трафіку на портах дозволяє підвищити коефіцієнт використання вузлового обладнання ще на 10-15% (тобто, до величин порядку 0,65-0,75 і вище) без істотного зменшення якості обробки трафікових навантажень.

Зв'язок дисертаційної роботи з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки, державними чи галузевими науковими програмами.

Наукові результати, що висвітлені в дисертації, отримано в рамках науково-дослідних робіт, які були виконані НУАБ спільно із НАУ на замовлення на замовлення Державного Міжнародного аеропорту «Бориспіль». З урахуванням результатів, що відображені в дисертації, розроблено НД ТЗІ 2.3-002-01 (Пристрої пакетної комутації. Технічні вимоги), який використовується при оцінці ефективності використання пристроїв пакетної комутації в мережах ПД. Отримані результати використовуються у навчальному процесі НУАБ.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому. Дисертаційна робота викладена на 140 сторінках, складається з вступу, чотирьох розділів, які містять основні наукові результати, списку літератури та додатків. Основний текст містить 128 сторінок тексту, який ілюстровано 23 рисунками.



Вступ розкриває сутність і стан наукової задачі та її значущість, обґрунтовує необхідність проведення дисертаційних досліджень. В ньому подана загальна характеристика роботи в відповідності з діючими вимогами ВАК України до дисертацій.

В *першому розділі* досліджено системні помилки адаптивного управління розподілом ресурсів пакетних мереж з метою виявлення факторів, що зменшують ефективність цього способу управління в умовах значних пульсацій трафіку. Наведено характерний приклад застосування принципу адаптивного управління: маршрутизатор (або комутатор), пропускна здатність якого перерозподіляється між смугами його портів синхронно із змінами інтенсивності потоків пакетів, що просуваються через ці порти. Показана структурна схема системи адаптивного управління портами ВО пакетної мережі. Система адаптивного розподілу ресурсів пакетної мережі має ряд недоліків, які пов'язані, в першу чергу, із помилками, що виникають внаслідок дискретного характеру динаміки адаптивного управління. Динаміка змін швидкостей потоків пакетів на певних проміжках часу може перевищувати швидкодію системи управління, через що черги необроблених пакетів можуть переповнювати буферну пам'ять портів і, через це, «зайві пакети» можуть втрачатися. Для фізичного згладжування пакетного трафіку обрано модифікований алгоритм «генератора токенів». Цей алгоритм дозволяє перетворити пульсуючі потоки пакетів, що надходять до портів ВО, у згладжені потоки із інтенсивністю сходинкоподібної форми. За результатами аналізу роботи системи адаптивного управління зроблено висновки, що на відрізках зростаючого та спадаючих трендів виникають помилки недооцінки смуги $D^{(-)}$ та помилки переоцінки смуги $D^{(+)}$. Виконано детальний аналіз цих помилок. В якості кількісної міри рівню помилок дискретно-адаптивного управління уведено так званий покрововий коефіцієнт помилок недооцінки смуги порту $K(D^{(-)})$, який визначено як відношення кількості втрачених пакетів через переповнення буферної пам'яті порту до загальної кількості пакетів, що надійшли до входу буферу на поточному інтервалі усереднення пакетного трафіку. Показано, що помилки регулювання можуть суттєво знизити корисний ефект від застосування адаптивного способу управління. Для зменшення системних помилок адаптивного управління пропонується застосовувати відповідні засоби короткострокового прогнозування.

У *другому розділі* визначені можливості згладжування та прогнозування пакетного трафіку. Пакетний трафік розглядався як випадковий точковий процес, що представлявся у вигляді часового ряду - послідовності відліків, кожен з котрих представляє поточне значення інтенсивності потоку пакетів. І що важливо: відліки в залежності від вирішуваних завдань бралися із різними ступенями усереднення поточних значень інтенсивності потоку пакетів. В якості моделі пакетного трафіка в задачах адаптивного управління розподілом ресурсів пакетних мереж використовувалось математичне представлення дискретних асимптотично самоподібних процесів. Вперше показано, що збільшення інтервалу усереднення трафіку приводить до збільшення ступеню його самоподоби (тобто, до збільшення значень параметру Херста), що сприяє

прогнозуванню його тренду, але при цьому зростає час затримок та коефіцієнт втрат пакетів. Отримані результати свідчать, що процедура усереднення пакетного трафіку може у певній мірі згладити пульсації, підвищити ступінь самоподібності трендів трафіку і, таким чином, створити більш прийнятні умови для прогнозування його трендів. З урахуванням вищезазначеного в роботі розроблено процедуру корекції у реальному часі інтервалу усереднення пакетного трафіку, яка, з одного боку, забезпечує максимально можливу ступінь самоподібності усередненого трафіку, а з іншого, не допускає перевищення припустимого значення затримок пакетів.

В *третьому розділі* для зменшення помилок адаптивного управління запропоновано у ланцюг управління включити засіб прогнозування пульсацій потоків пакетів. Для оцінювання якості прогнозування запропоновано використати два наступні показники: показник економії ширини смуг портів вузлового обладнання E_{Δ} , що відображає ступінь підвищення (у відсотках) завантаженості ВО завдяки застосуванню блоку прогнозування в системі перерозподілу пропускної здатності ВО відносно рівня завантаженості в умовах відсутності прогнозування; параметр помилки прогнозу Er , який відображає долю помилок, що виникають під час застосування того чи іншого алгоритму прогнозування. Розроблено також вимоги до засобу прогнозування тренду потоку пакетів в умовах пульсацій трафіка. В роботі розглянуто два методи прогнозування: метод прогнозування, що заснований на обчисленні похідних, та метод прогнозування з використанням експоненціального згладжування. За результатами аналізу моделі адаптивного управління розроблено структуру та відповідну технологічну схему реалізації механізму перерозподілу ширини смуг портів ВО в умовах пульсацій трафіку. Запропоновані засоби усереднення та формування дозволили отримати на вводах портів ВО квазістаціонарні, відповідним чином згладжені тренди цих потоків. Включення цих засобів в систему адаптивного управління дозволило підсилити можливості прогнозування і, тим самим, зменшити кількість системних помилок дискретного-адаптивного управління.

Четвертий розділ присвячено експериментальним дослідженням характеристик тренду пакетного трафіку на вузлі Інтернет ДНДІАСБ (м.Київ). Результати обробки отриманих вибірок даних на основі розроблених процедур класифікації тренду (зокрема, шляхом оцінювання параметру Херста) показали, що у більшості випадків реальний трафік сучасних пакетних мереж може адекватно представлятися дискретним самоподібним випадковим процесом. Здійснено імітаційне комп'ютерне моделювання системи адаптивного управління смугами пропускання портів вузлового обладнання (СУАР) і на базі розробленої моделі виконана експериментальна оцінка ефективності уведених удосконалень у СУАР. У цілому результати моделювання показали, що запропоновані удосконалень дозволяють знизити рівень системних помилок дискретно-адаптивного управління у порівнянні із звичною технологічною схемою реалізації СУАР.

У *висновках* викладено найважливіші наукові та практичні результати отримані в дисертації.

Список використаних джерел оформлений в основному правильно та складається з 127 найменувань наукової літератури по темі дисертації.

Додатки містять необхідний додатковий матеріал до основного тексту дисертації та акти впровадження.

Дисертація оформлена у відповідності з прийнятими стандартами, а стиль викладення в ній матеріалу в цілому забезпечує доступність та легкість його сприйняття.

Таким чином, зміст та оформлення дисертації відповідає вимогам ВАК України до кандидатських дисертацій. Вона являється завершеною кваліфікаційною науковою працею, яку виконано здобувачем особисто у вигляді спеціально підготовленого рукопису, містить висунуті автором для захисту науково обґрунтовані результати і наукові положення, що вичерпно свідчать про особистий внесок здобувача в науці. Дисертація містить документи, що підтверджують практичне використання отриманих автором результатів.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації. Автореферат відповідає змісту та основним положенням дисертації.

Відповідність теми і змісту дисертації паспорту спеціальності, за якою вона подана на захист. Тема дисертації та її зміст відповідають формулі й галузі досліджень паспорта спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації. У роботі розглянуто широке коло питань, які пов'язані між собою єдиною метою. Ступінь обґрунтованості наукових результатів дисертації та їх достовірність підтверджується коректним математичним аналізом із залученням методів статистики, теорії мереж масового обслуговування та теорії автоматичного управління, співставленням теорії та експерименту, відтворюваністю одержаних результатів, а також узгодженістю з теоретичними та експериментальними роботами інших авторів.

Новизна та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації. Наукова новизна одержаних результатів роботи полягає у наступному:

1) Вперше знайдено функціональний зв'язок між параметрами усереднення пакетного трафіка та його статистичними характеристиками, що дозволило визначити критерії та умови формування тренду трафіка (зокрема, обґрунтувати вибір інтервалу усереднення трафіку), придатного для обробки в системі адаптивного управління розподілом продуктивності вузлового обладнання.

2) Вперше показано, що збільшення інтервалу усереднення трафіку приводить до збільшення ступеню його самоподоби (тобто, до збільшення значень параметру Херста), що сприяє прогнозуванню його тренду, але при цьому зростає час затримок та коефіцієнт втрат пакетів. В роботі розроблено нову процедуру визначення інтервалу усереднення пакетного трафіку, яка, з одного боку, забезпечує максимально можливу ступінь самоподібності усередненого трафіку, а з іншого, не допускає перевищення припустимого значення затримок пакетів.

3) Вперше запропоновано спосіб та відповідна технологічна схема формування пакетного трафіка, що забезпечує перетворення нестационарного пульсуючого потоку пакетів у послідовність квазістационарних відрізків

процесу із заданими обмеженнями на максимальну величину поточних значень їхньої інтенсивності, а також узгодженість інтервалів стаціонарності потоків пакетів на портах вузлового обладнання з інтервалами кроків дискретного управління. Запропонований спосіб дозволяє отримати згладжений квазістаціонарний тренд трафіку сходинкоподібної форми, пристосований для вирішення задач короткострокового прогнозування у реальному часі.

4) Вперше запропоновано спосіб та відповідна технологічна схема підвищення якості адаптивного управління параметрами вузлового обладнання пакетних мереж в умовах пульсуючого трафіку за рахунок цілеспрямованого його формування та включення у контур управління засобу прогнозування, що зменшує кількість помилок управління та сприяє перетворенню помилок недооцінки ширини смуг портів вузлового обладнання в помилки переоцінки смуг цих портів, які несуттєво впливають на якість роботи обладнання.

Особливо важливим результатом, з точки зору опонента, є запропонована здобувачем наукова ідея щодо доцільності попереднього формування трафіку при реалізації адаптивних методів регулювання смугами пропускання портів комутатора відповідно до характеру пульсацій трафікового навантаження..

Достовірність отриманих в дисертації результатів підтверджується експериментальними дослідженнями на комп'ютерних моделях.

Повнота викладення сформульованих в дисертації наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях. Основні результати дисертації достатньо повно опубліковані в наукових фахових виданнях України, профіль яких відповідає спеціальності за якою дисертація подана на захист. За темою дисертаційної роботи опубліковано 8 наукових праць, в тому числі (5 із яких - у фахових виданнях ВАК України, а 1 -одноосібне). Дисертаційна робота також була апробована на 2 міжнародних науково-практичних конференціях. В авторефераті і дисертації наведені дані щодо конкретного особистого вкладу здобувача.

Таким чином, кількість опублікування результатів роботи та їх якість відповідає вимогам ВАК України до кандидатських дисертацій.

Практична цінність результатів роботи. Отримані теоретичні результати дозволили удосконалити технологію адаптивного розподілу ресурсів пакетної мережі в напрямках:

- зменшення впливу системних помилок адаптивного управління на якість роботи вузлового обладнання (зокрема, за інших рівних умов зменшити рівень втрат пакетів під час адаптивного керування механізмом перерозподілу пропускнуої здатності вузлового обладнання між смугами пропускання його портів);

- збільшення рівню завантаженості вузлового обладнання (із значеннями коефіцієнту використання пропускнуої здатності комутуючого обладнання у діапазоні 0,65 – 0,75) за інших рівних умов його застосування;

- забезпечення можливості використання технології адаптивного управління розподілом ресурсів вузлового обладнання в умовах значних пульсацій трафіку.

Зауваження щодо дисертації. За матеріалами дисертаційної роботи можна зробити такі зауваження:

1. В розділі 1, на мій погляд, ступінь деталізації аналізу класичних моделей

обслуговування є надмірною, оскільки зрозуміло, що за умов пульсацій трафіку (а саме такі умови розглянуті у дисертаційній роботі) ці моделі не можуть бути використані для моделювання пакетного комутатора з адаптивними регуляторами.

2. У другому розділі у кількох виразах різні частини чисел відокремлюються одно від одної то комою, то крапкою, що утруднює сприймання змісту.

3. Із ф-ли 2.11 не витікає твердження, що «для традиційних стаціонарних випадкових процесів дисперсія зменшується обернено пропорційно об'єму вибірки».

4. У кінці підрозділу 2.1 введено поняття семантичної та часової прозорості, котрі далі за текстом не використовуються.

5. У ф-лі 2.9 замість позначення k помилково використано позначення k .

6. У багатьох ф-лах позначення інтенсивності навантаження робиться то великою, то маленькою літерою Y , що вносить непотрібну плутанину під час аналізу математичних перетворень.

7. У тексті четвертого розділу підкреслюється, що показник загасання Белмана суттєво впливає на динамічні характеристики системи адаптивного регулювання. Однак аналіз результатів експерименту (зокрема, даних табл. 4.2) не підтверджує цей висновок.

Слід відзначити, що вказані недоліки не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота «Удосконалення технології управління розподілом ресурсів пакетних мереж» є закінченою науковою працею. Нові науково обґрунтовані результати, що отримані в роботі, та їх практична реалізація в сукупності забезпечує розв'язання актуальної задачі підвищення інформаційного завантаження вузлового обладнання мереж з пакетною комутацією. Вони мають істотне значення для галузі телекомунікацій. Дисертаційна робота відповідає формулі спеціальності 05.13.05, оскільки охоплює проблему «вдосконалення існуючих комп'ютеризованих систем та мереж, їх апаратних і програмних засобів», зокрема відповідає напрямку досліджень «вдосконалення технічних та програмних компонентів систем та мереж». Дисертація виконана на високому науковому рівні та відповідає вимогам, що пред'являються ВАК України до кандидатських дисертацій, а її автор Аломар Мхамад заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.13.05 – «комп'ютерні системи та компоненти».

Завідувач кафедри телекомунікаційних систем
Національного авіаційного університету,
доктор техн. наук, професор

Конахович Г.Ф.

Особистий підпис професора Конаховича Г.Ф. засвідчую:

Вчений секретар Національного авіаційного університету

О. Воробей

