

ВІДГУК

додаткового опонента професора кафедри кібербезпеки та захисту інформації Київського національного університету імені Тараса Шевченка доктора технічних наук, професора Толюпи Сергія Васильовича на дисертаційну роботу Романчука Василя Івановича на тему «Методи та алгоритми управління ресурсами мультисервісних інформаційних функціонально-орієнтованих корпоративних мереж», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Актуальність теми дисертації

В умовах стрімкого розвитку мультисервісних корпоративних мереж та збільшення кількості послуг все більше уваги приділяється проблемі ефективного використання ресурсів в корпоративних мультисервісних мережах. Отже основним завданням, що постає перед власниками корпоративних мереж, є ефективне управління наявними ресурсами для забезпечення гарантованої якості сервісу при наданні критично важливих послуг, перелік яких може відрізнитися в залежності від оператора, замовника послуг, законодавчих актів тощо.

В контексті основного завдання і визначилась мета докторської роботи дисертанта Романчука Василя Івановича на тему «Методи та алгоритми управління ресурсами мультисервісних інформаційних функціонально-орієнтованих корпоративних мереж».

Актуальність даної роботи полягає у розв'язанні наукової проблеми забезпечення якості надання інфокомунікаційних послуг шляхом покращення оперативності обміну інформацією в мультисервісних інформаційних функціонально-орієнтованих корпоративних мережах на основі створення методу адаптивного управління структурними параметрами мережних пристроїв та розвитку математичних моделей і алгоритмів обслуговування черг.

Враховуючи перспективи розвитку корпоративних мереж та обсяги різномірних потоків інформації, процеси конвергенції мереж, необхідно врахувати збалансований розвиток усіх видів інформаційних послуг в умовах інтеграції інтерактивних, мультимедійних та інших систем і механізмів передавання, а також необхідність забезпечення управління, сигналізації, безпеки, взаємодії інформаційних застосувань.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

У вступі дисертаційної роботи автором обґрунтовано актуальність теми роботи, висвітлено зв'язок її положень із науковими програмами, планами, темами. Сформульовано та узагальнено основні положення, які характеризують процес наукового дослідження. Обґрунтовано наукову проблему, розв'язанню якої присвячено дисертаційну роботу, часткові завдання досліджень, надано інформацію щодо апробації, опублікування та впровадження результатів дисертаційних досліджень.

Перший розділ роботи містить літературний огляд за проблематикою дисертаційного дослідження. Проведено аналіз особливостей функціонування та

розбудови мультисервісних корпоративних мереж. Виконано класифікацію основних показників якості обслуговування в таких мережних системах, а також розглянуто методи забезпечення цих показників на основі удосконалення механізмів управління чергами. Визначено завдання для досліджень у подальших розділах дисертаційної роботи у відповідності до сформульованої наукової проблеми.

Другий розділ дисертації розкриває методи: узгодженого розв'язання завдань балансування різнопріоритетного навантаження між чергами у відповідних мережних інтерфейсах телекомунікаційних вузлів; декомпозиції структури мережевого маршрутизатора з віртуалізацією ресурсів; виявлення аномалій мережевого трафіку корпоративної функціонально-орієнтованої мережі. Також розкрито завдання формалізації процесу адаптивного структурно-функціонального синтезу логічної мережної інфраструктури корпоративної мережі. Запропоновано удосконалити структурно-функціональну модель мережевого вузла зі статичною та динамічною віртуалізацією обчислювальних ресурсів (динамічна віртуалізація запропонована особисто автором дисертації, а статична – у співавторстві). На основі цього удосконалення запропоновано проведення декомпозиції структури мережевого маршрутизатора з використанням положень теорій СМО та ММО. Також розроблено авторський «ентропійний» метод виявлення аномалій при обслуговуванні мережного трафіку, який частково впроваджено на діючій мережній системі.

У **третьому розділі** проведено дослідження впливу конфігурації мережних пристроїв на якість обслуговування. Досліджено ефективність запропонованих рішень шляхом проведення моделювання на основі середовища MATLAB. А також проведено статистичний аналіз трафіку, який фіксувався в процесі експериментальних досліджень на рівні агрегації навантаження в корпоративній мережі на базі Національного університету «Львівська політехніка».

В **четвертому розділі** дисертації представлено структурно-функціональну схему моделі маршрутизатора із динамічною віртуалізацією ресурсів (та без виконання такої). Проведено моделювання системи обслуговування потоків даних в мультисервісних вузлах мережі з використанням механізмів віртуалізації. Проведено прогнозування тривалості затримки пакетів послуг по пріоритетах та кількості вузлів у мережі, яка забезпечує заданий рівень параметрів QoS для різних груп користувачів. Визначено технічну ефективність такого прогнозування.

В **п'ятому розділі** представлено опис та особливості реалізації програмно-апаратного комплексу мультисервісної функціонально-орієнтованої корпоративної мережі, на якому здійснено розгортання обладнання із впровадженням програмованих маршрутизаторів із підтримкою режимів віртуалізації. Проведено налаштування тестової мережної системи, на основі якої реалізовано зазначений комплекс та поставлено експеримент для оцінювання ефективності удосконалених алгоритмів оброблення черг, що реалізуються в модифікованому активному мережному обладнанні, яке, за результатами дисертаційних досліджень, на рівні агрегації мережного навантаження є адекватним відповідним апаратним версіям при функціонуванні оригінального програмного забезпечення.

В шостому розділі дисертації запропоновано практичні рішення для впровадження технології віртуалізації в корпоративну мережу. Описано можливість та принципи автоматичного відновлення працездатності і гарантування заданого рівня якості обслуговування з мінімальними необхідними витратами мережесих ресурсів. Для спрощення процесів розгортання віртуалізованих рішень запропоновано UML-діаграму. Показано вплив параметрів QoS на показник якості сприйняття послуг QoE, які надаються при передаванні відео контенту у мультисервісній корпоративній мережі.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

Вперше запропоновано:

- метод декомпозиції структури мережного маршрутизатора, який, на відміну від відомих, базується на структурно-функціональній моделі віртуалізації його ресурсів, який дав змогу зменшити флуктуації часових параметрів обслуговування різних видів трафіку, що виникають унаслідок коливань їх інтенсивності, а також підтримувати задані показники параметрів якості обслуговування та оцінювати ефективність застосування масштабованих мережних рішень корпоративного класу;

- метод виявлення аномалій мережного трафіку, який, на відміну від відомих, заснований на виконанні статистичного аналізу поведінкових залежностей і ентропії інтенсивності трафіку, що дало змогу забезпечити виявлення, блокування або фільтрацію небажаних інформаційних потоків в програмно-базованих корпоративних мережах.

Набули подальшого розвитку:

- структурно-функціональна модель мережного вузла, яка відрізняється від відомих урахуванням процесів статичної та динамічної віртуалізації обчислювальних ресурсів і дала змогу описати процес адаптивної віртуалізації маршрутизаторів із оптимізацією заданого рівня параметрів якості обслуговування для визначених типів інфокомунікаційних послуг відповідно до множин властивих їм вимог до забезпечення якості сервісу, а також підвищити загальну стійкість системи (корпоративної мережі) до кібератак шляхом ізолювання атакваної віртуальної машини;

- функціональна модель програмно-керованого маршрутизатора, яка, на відміну від раніше відомих, у процесі адаптивного вибору алгоритму обслуговування черг під час виникнення флуктуацій користувацького навантаження передбачає врахування накопиченої інформації щодо минулих рішень, що дало змогу зменшити характерні для мультисервісних мереж нового покоління коливання часових показників якості сервісу;

- модель програмного маршрутизатора, яка, на відміну від відомих, враховує особливості виділення ресурсів при самоорганізації віртуальних аналогів апаратних маршрутизаторів різної продуктивності, в залежності від функціонально-орієнтованого призначення корпоративних мереж, а також можливості автоматизованого відновлення їх працездатності і забезпечення заданого рівня якості обслуговування з мінімальними затратами мережесих ресурсів, що дало змогу підвищити ефективність функціонування корпоративних мереж.

Удосконалено метод узгодженого балансування різнопriorитетного навантаження між чергами у призначених мережних інтерфейсах телекомунікаційних вузлів шляхом встановлення priorитетності його оброблення за принципами диференціації сервісів, який відрізняється від відомих урахуванням тривалості передавання й очікування пакетів для проведення обміну пакетами між чергами із різним priorитетом, що дало змогу першочергово передавати пакети, які спізнюються, наслідком чого стає адаптація процесів обслуговування навантаження до змін станів мережних вузлів, що дало змогу забезпечувати необхідні показники якості сервісу.

Методи досліджень, які використані в дисертаційній роботі

Завдання дисертаційної роботи розв'язані з використанням положень теорії систем масового обслуговування, мереж масового обслуговування, теорії оптимізації, теорії телекомунікаційних систем, теорії ієрархічних систем, низки методів математичного та імітаційного моделювання, методів експертних оцінок, основних положень теорії ймовірності та математичної статистики, теорії фрактальних процесів, методів лабораторного та натурного експерименту.

Зв'язок положень дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами

Тематика дисертаційної роботи безпосередньо пов'язана з положеннями Постанови Верховної Ради України про «Концепцію національної інформаційної політики», положеннями «Концепції конвергенції телефонних мереж і мереж з пакетною комутацією в Україні», «Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні», Закону України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки». Дисертаційні дослідження виконувались у відповідності до наукового напрямку кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка» - «Інфокомунікаційні системи та мережі», в межах низки держбюджетних науково-дослідних тем «Дослідження та розроблення телекомунікаційних мережних систем для застосувань телематики і телеметрії» (ДБ/КОМ) (2011-2012 рр.), № держреєстрації 0111U001223; «Моделі та структури конвергентних телекомунікаційних мереж на основі CLOUD – технологій» («ДБ/CLOUD») (2013-2014 рр.), № держреєстрації 0113U003184; «Методи побудови та моделі інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури на основі SDN-технологій для систем електронного урядування» (ДБ/SDN) (2015-2016), № держреєстрації 0115U000444; «Методи побудови гетерогенних інформаційно-комунікаційних систем для розгортання програмно-конфігурованих мереж 5G подвійного використання» (ДБ/5G), (2017–2019 рр.) № держреєстрації 0117U004449, а також госпдоговірної тематики «Проектування та впровадження локальної мережі передачі мультимедійних даних на базі Ethernet технологій» (2016р.), ГД № 0548.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів висновків і рекомендацій

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі, досягається ретельним системним аналізом процесів функціонування мультисервісних корпоративних

мереж. Коректне використання методів досліджень та апробованого математичного апарату підтверджується результатами моделювання та практичними і експериментальними результатами, які відображені в актах впровадження.

Науково-практичне значення результатів, одержаних в дисертаційній роботі

Основним практичним результатом дисертації, який одержаний на основі проведених теоретичних та практичних досліджень, є розвиток методики адаптивного структурно-функціонального синтезу логічної інфраструктури корпоративної мережі шляхом конфігурування її мережно-незалежних рівнів для забезпечення вимог до продуктивності мережної системи, якості обслуговування користувачів та оперативності доставки даних. Запропоновані методи дають змогу виявити потенційні вузькі місця в телекомунікаційній системі з метою її модернізації та сформулювати пропозиції щодо зміни програмної архітектури активного мережного (агрегуючого та комутаційного) обладнання. При цьому, протягом 2015-2017 років проведено трансформацію ряду діючих мультисервісних корпоративних мереж.

Варто відзначити наступні практичні особливості розроблених методів, моделей та алгоритмів:

1. Зменшено затримку обслуговування з кінця в кінець при наданні інфокомунікаційних послуг реального часу та забезпечено високий рівень якості сприйняття відеопотоку із застосуванням удосконаленого алгоритму зваженого кругового обслуговування черг у мережних вузлах мультисервісної мережі.

2. Покращено якість обслуговування критично важливих даних у корпоративній мережі за середньою затримкою та/або втратами пакетів корисного навантаження при збереженні одних і тих самих обсягів апаратних мережних ресурсів.

3. Запропоновано технологію динамічної віртуалізації мережевого пристрою, яка забезпечує можливість призначення мінімального необхідного обсягу мережних ресурсів для гарантування заданого рівня якості обслуговування.

4. Підвищено достовірність оцінювання оптимальної кількості віртуальних вузлів мультисервісної корпоративної мережі та прогнозування затримки обслуговування різнорідного трафіку з кінця в кінець в умовах його флуктуацій.

Наукові та практичні результати виконаних досліджень використані в навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка» для модернізації курсів лекцій з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі, ч.1», «Системне програмування інфокомунікацій», а також для створення нових курсів лекцій з дисциплін «Розподілені сервісні системи та Cloud-технології», «Побудова та протоколи гетерогенних мереж мобільного зв'язку».

Основні результати дисертаційної роботи використано і впроваджено з метою підвищення параметрів якості обслуговування та гнучкості управління ресурсами в телекомунікаційних корпоративних мережах Національного університету «Львівська політехніка», ТОВ ВТФ «Контех», ТОВ «Телекомунікаційна компанія», ПП «Цифрові технології», що підтверджено актами впровадження і відомими опоненту конкретними виробничими

результатами. Результати роботи можуть застосовуватись при розробленні методів адаптивного управління ресурсами у спеціалізованих мультисервісних інфокомунікаційних мережах із високими вимогами щодо якості, оперативності і гарантованості обміну інформацією, зокрема – для системи використаних віртуалізованих і програмно-конфігурованих мережних пристроїв, а також у межах розвитку архітектури мережних систем наступного покоління.

Публікації та апробація результатів дисертації.

Основні наукові результати і положення дисертації представлені, доповідались та обговорені більш, ніж на 20-ти міжнародних і державних науково-технічних конференціях та наукових семінарах; у повному обсязі представлені на наукових семінарах кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка».

За результатами досліджень, які викладені у дисертаційній роботі, опубліковано 49 наукових праць, серед них статей у наукових фахових виданнях – 20 (всі статті у науковій періодиці, що входить до міжнародних науково-метричних баз різного рівня), у збірниках матеріалів і тез доповідей міжнародних та всеукраїнських конференцій – 13, з них індексованих у науково-метричній базі Scopus – 12, також автором одержано 2 патенти та опубліковано 2 колективні монографії. Рівень опублікування результатів дисертації є достатнім та таким, що цілком відповідає чинним вимогам наказу №1112 МОН України.

Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація відповідає вимогам щодо докторських дисертаційних робіт. Робота написана грамотно і логічно, сучасною науково-технічною мовою, послідовно розкриває основні положення, що їх розроблено автором. Автореферат дисертаційної роботи достатньо повно та ідентично розкриває її зміст. Стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень та висновків забезпечує доступність їх сприйняття. Дисертація за тематикою та результатами *відповідає* спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. Рис. 5.2 (с. 208) виконаний без дотримання вимог ЄСКД. При моделюванні поведінки користувача не описано, чи цей процес проводиться в режимі реального часу, чи це є лише описом запропонованого адаптивного процесу керування ресурсами корпоративної мережі по відношенню до вимог користувача?

2. В роботі використовуються два терміни, такі як «керування» та «управління». Якою є, на думку дисертанта, різниця між ними? Адже контекст, при якому вони застосовуються, практично не пояснений у тексті пояснювальної записки.

3. Деякі рисунки дисертації, наприклад, у шостому розділі, рис. 6.37, 6.38 (рис. 16-17 автореферату) доцільно було би надрукувати у кольорі. Хоча в електронному файлі вони кольорові.

4. Не зовсім зрозуміло, в якому контексті на стор. 24 автореферату вживається фраза «функція густини ймовірності»? В тексті пояснювальної записки цієї фрази немає.

5. В дисертаційній роботі можливо було більше уваги приділити опису експериментальної частини, а саме розгортанню програмно-керованого віртуального маршрутизатора на базі засобів ПК.

6. В тексті роботи присутні окремі незначні стилістичні недоліки.

Загальні висновки

1. Дисертаційна робота Романчука В.І. на тему «Методи та алгоритми управління ресурсами мультисервісних інформаційних функціонально-орієнтованих корпоративних мереж» є самостійною, завершеною науковою працею, що містить нові обґрунтовані наукові результати, важливі для подальшого розвитку галузі телекомунікацій. Відзначені зауваження не впливають на позитивну оцінку виконаних дисертаційних досліджень.

2. Зміст та основні положення дисертації відповідають спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

3. Матеріал роботи викладено послідовно, стиль викладення відповідає вимогам до наукових праць. Висновки до кожного розділу відображають зміст виконаних досліджень. Публікації автора повністю характеризують наукові положення роботи та одержані ним результати. Обсяг апробацій та публікацій – достатній.

4. Автореферат адекватно відображає зміст та основні положення дисертації.

5. За актуальністю тематики, обсягом проведених досліджень, їх науковим рівнем, повнотою розв'язання наукових та практичних завдань, новизною, цінністю і ступенем обґрунтування отриманих результатів, висновків та практичних рекомендацій, дисертація відповідає п.п. 9,10,12,13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (назва Порядку із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 656 від 19.08.2015, №1159 від 30.12.2015р., та №567 від 27.07.2016р.), а автор роботи – Романчук Василь Іванович – заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

ДОДАТКОВИЙ ОПОНЕНТ

Професор кафедри кібербезпеки та захисту
інформації факультету інформаційних технологій
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка

доктор технічних наук, професор



С.В. Толіопа

ПІДПИС ЗАСВІДОЧУ
ВЧЕННИЙ СЕКРЕТАР НАЧ
КАРАУЛЬНА Н.В.
2016.01.

