

64-42-04/3
15.01.19

Голові спеціалізованої
вченої ради Д 35.052.10 у
Національному університеті
"Львівська політехніка"
79013, Львів – 13, вул. С. Бандери, 12

ВІДГУК офіційного опонента

доктора технічних наук, доцента Отроха Сергія Івановича, завідувача кафедри Мобільних та відеоінформаційних технологій Державного університету телекомунікацій 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

На сьогоднішній день збільшення кількості сервісів та користувачів в інфокомунікаційних корпоративних мережах призводить до постійної потреби збільшення пропускної здатності та модернізації існуючого обладнання мережі для забезпечення допустимого рівня якості обслуговування.

Особливо гостро ця проблема постає при реалізації нових рішень та підходів в інформаційних корпоративних мережах, які не завжди є сумісними з існуючими рішеннями.

З появою мультисервісних рішень для корпоративних мереж виникла велика кількість нових сервісів. Кожен сервіс генерує потоки даних з різними швидкостями та особливими вимогами до мережі та якості сервісу, а вже, власне, функціонал мережі визначає, яким чином обслуговувати потоки трафіку того чи іншого додатку. Відсутність можливостей у сучасних систем управління якістю надання послуг задовільнити реальні потреби усієї множини користувачів в цілому і окремих їх груп зокрема, кожна чи деякі з яких орієнтовані на користування конкретними сервісами призводить до виникнення проблематики забезпечення якості надання інфокомунікаційних послуг шляхом покращення оперативності обміну інформацією в мультисервісних корпоративних мережах. Цей комплекс проблем вирішується багатьма вітчизняними та закордонними науковцями на основі створення методів адаптивного управління параметрами мережних пристроїв та розвитку математичних моделей і алгоритмів обслуговування інформаційних (сервісних) потоків. Тому тематика, яку обрав автор є актуальною. Її розгляд дає змогу визначити шляхи ефективного розвитку корпоративного мережного сегменту та підвищити його технічні і економічні

показники, що є важливим при розбудові інформаційного суспільства шляхом здійснення науково-практичного вкладу через галузь телекомунікацій.

Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота присвячена аспектам структурно-функціонального синтезу алгоритмів управління ресурсами мережі для забезпечення відповідного сервісу пріоритетним послугам та покращення ефективності функціонування корпоративної мультисервісної мережі, а також підвищенню захищеності, надійності та зниження тривалості відновлення її працездатності.

Дисертаційна робота складається з переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і 4 додатків. Загальний обсяг роботи складає 346 сторінок друкарського тексту, із них 11 сторінок вступу, 235 сторінок основного тексту, 169 рисунків, 20 таблиць, список використаних джерел із 252 найменувань, 4 додатки на 31 сторінці.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, вказано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету і визначено основні завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, подано наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, описано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів роботи і про публікацію за темою роботи, подано короткий опис структури і обсягу дисертації.

Перший розділ містить аналіз методів функціонування та побудови мультисервісних інформаційних корпоративних мереж та механізмів забезпечення якості обслуговування в таких мережних системах. Проаналізовано механізми та підходи до управління чергами на маршрутизаторах телекомунікаційної мереж, а також математичні моделі і методи управління ресурсами телекомунікаційної мережі для забезпечення QoS.

Другий розділ присвячено моделям, методам та алгоритмам підвищення якості обслуговування та гнучкості управління ресурсами мультисервісних інформаційних функціонально-орієнтованих корпоративних мереж. Проведено формалізацію завдання адаптивного структурно-функціонального синтезу логічної інфраструктури корпоративної мережі

У третьому розділі проведено моделювання та дослідження впливу управління ресурсами мультисервісних корпоративних мереж на якість надання інфокомунікаційних послуг. Промодельовано параметри QoS інфокомунікаційних послуг шляхом конфігурування різних методів забезпечення якості обслуговування засобами OPNET Modeler 14.0, а також проведено дослідження впливу конфігурації мережевих пристроїв на якість обслуговування послуг в програмному середовищі Packet tracer.

У четвертому розділі досліджено ефективність функціонування мультисервісних корпоративних мереж із віртуалізацією маршрутизаторів. Проведено моделювання: систем обслуговування потоків даних в

мультисервісних вузлах мережі із використанням механізмів віртуалізації, системи обслуговування інформаційних потоків з динамічною реконфігурацією ресурсів маршрутизатора та обробкою пакетів за порядком черги FIFO, системи обслуговування вхідних потоків зі статичною і динамічною реконфігурацією ресурсів вузла та її порівняння з системою, що здійснює пріоритезоване оброблення пакетів.

У п'ятому розділі роботи розроблено програмно-апаратний комплекс мультисервісної функціонально-орієнтованої корпоративної мережі із впровадженням програмних маршрутизаторів. Проведено налаштування тестової платформи мережі нового покоління та поставлено експеримент для оцінки ефективності удосконаленого алгоритму оброблення черг. Розраховано точності і доведено адекватності реалізацій програмного маршрутизатора рівня агрегації з апаратним.

У шостому розділі дисертації проведено практичну реалізацію впровадження технології віртуалізації мережних пристроїв в корпоративну інфраструктуру з метою забезпечення гарантованого рівня якості обслуговування потокового трафіку у віртуальній мультисервісній інфраструктурі. Розроблено: програмний маршрутизатор з модульною структурою, механізм віртуалізації мережевого пристрою в корпоративній інфраструктурі. Для оцінювання ефективності методів управління ресурсами було досліджено механізми оцінювання якості сприйняття послуги для різних типів трафіку мультисервісних функціонально-орієнтованих корпоративних мереж.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Удосконалено метод узгодженого балансування різнопріоритетного навантаження між чергами у призначених мережних інтерфейсах телекомунікаційних вузлів шляхом встановлення пріоритетності його оброблення за принципами диференціації сервісів, який відрізняється від відомих урахуванням тривалості передавання й очікування пакетів для проведення обміну пакетами між чергами із різним пріоритетом, 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.

2. Набула 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 атакованої віртуальної машини.

3. Вперше запропоновано метод декомпозиції структури мережного маршрутизатора, який, на відміну від відомих, базується на структурно-функціональній моделі віртуалізації його ресурсів, і 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.

4. Вперше запропоновано 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 у програмно-базованих корпоративних мережах.

5. Набула подальшого розвитку 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.

6. Набула подальшого розвитку 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 мережних ресурсів, що дало змогу підвищити ефективність функціонування корпоративних мереж.

Методи досліджень, які використані в дисертаційній роботі

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

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

Тематика дисертаційної роботи безпосередньо пов'язана з положеннями Постанови Верховної Ради України про «Концепцію національної інформаційної політики», а також «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 рамках 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. Перелічена тематика виконувалась колективом дослідників у Національному університеті «Львівська політехніка».

Обґрунтування і достовірність наукових результатів висновків і рекомендацій

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі, досягаються ретельним системним аналізом реально існуючих процесів в мультисервісних корпоративних мережах. Коректне використання методів досліджень та математичного апарату підтверджується результатами моделювання та практичними результатами, які відображені в актах впровадження, а також проведеними експериментальними дослідженнями. Рівень апробації результатів дисертаційної роботи є високим.

Наукове і практичне значення результатів, отриманих 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-залежних і мережно-незалежних рівнів для забезпечення вимог до продуктивності мережної системи, якості обслуговування користувачів та оперативності доставки даних. Запропоновані методи дають змогу виявити потенційно вузькі місця в телекомунікаційній системі з метою її модернізації

та сформувати пропозиції щодо зміни програмної архітектури активного мережного (агрегуючого та комутаційного) обладнання. При цьому, слід констатувати, що протягом 2015-2017 років проведено ефективну трансформацію мультисервісної корпоративної мережі Національного університету «Львівська політехніка», за участю автора одержано позитивний приріст по продуктивності функціонування, показникам якості обслуговування, захищеності даних, забезпечено гнучкість управління ресурсами мережі без значних кошторисних затрат на модернізацію мережної інфраструктури.

У межах удосконаленої дисертантом методики використано наступні практичні особливості розроблених методів, моделей та алгоритмів:

1. Зменшено до 2 разів затримку обслуговування з кінця в кінець при наданні інфокомунікаційних послуг реального часу та забезпечено високий рівень якості сприйняття відеопотоку при втратах пакетів до 3% 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 на 18,8%, а для потоків, чутливих до втрат та нечутливих до затримок вдалося зменшити ймовірність втрат пакетів до 10 разів шляхом використання запропонованої моделі віртуалізації мережного вузла з адаптивним управлінням структурними параметрами віртуальних маршрутизаторів при збереженні одних і тих самих обсягів апаратних мережних ресурсів.

3. Запропоновано технологію динамічної віртуалізації мережевого пристрою, яка забезпечує можливість призначення мінімального обсягу мережних ресурсів задля гарантування заданого рівня якості обслуговування та покращує часові показники якості обслуговування потокового трафіку в режимі реального часу до 25-30%.

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

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»; 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. Результати роботи можуть застосовуватись при

розробленні методів адаптивного управління ресурсами у спеціалізованих мультисервісних інфокомунікаційних мережах з високими вимогами щодо якості, оперативності і гарантованості обміну інформацією, зокрема – для системи використаних віртуалізованих і програмно-конфігурованих мережних пристроїв, а також при розвитку елементів архітектури мереж наступного покоління.

Публікації та апробація результатів дисертації.

Основні наукові результати і положення дисертації представлені, доповідались та обговорені на 20-ти міжнародних і державних науково-технічних конференціях та наукових семінарах. За результатами досліджень, які викладені у дисертаційній роботі, опубліковано загалом 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 публікацій, також одержано 2 патенти України та опубліковано 2 монографії у співавторстві.

Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація відповідає вимогам, що ставляться до докторських дисертаційних робіт. Робота написана сучасною науково-технічною мовою, послідовно логічно і грамотно. Автореферат дисертаційної роботи достатньо повно 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. Структура першого розділу дисертаційної роботи занадто деталізована. Більш компактне викладення змісту першого розділу покращило би враження про нього.
2. Недостатньо детально описаний алгоритм розподілу ресурсів між віртуальними маршрутизаторами, реалізований в блоці динамічного управління обчислювальними ресурсами в межах запропонованої моделі маршрутизатора з динамічною віртуалізацією.
3. У роботі не зовсім чітко згруповані методи та алгоритми управління ресурсами, які запропоновані автором, зокрема ті, що можуть бути використані для вивчення ефективності управління ресурсами.
4. Недостатньо чітко сформульовано та описано граничні параметри розподілу ресурсів маршрутизатора з віртуалізацією при яких механізм віртуалізації не зможе забезпечити задану якість обслуговування для визначених сервісів.

5. Не наведено достатнього обґрунтування щодо вибору інструменту QtCreator, який використовувався для створення віртуальної тестової платформи при реалізації методу управління чергами.

6. Не проведено досліджень ефективності застосування запропонованого методу виявлення аномалій мережевого трафіку; не зовсім зрозуміло як на роботу даного методу буде впливати пріоритезація трафіку та віртуалізація мережевих ресурсів.

Відзначенні зауваження, в цілому, не впливають на загальну позитивну оцінку результатів дисертаційної роботи.

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 наукові і практичні обґрунтовані результати, важливі для подальшого розвитку мультисервісних корпоративних мереж і відповідає спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

2. 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 є достатнім та відповідає чинним нормативним вимогам. Оформлення дисертації та автореферату відповідає встановленим вимогам.

3. Автореферат повністю відображає зміст та основні положення дисертації.

4. За актуальністю, оригінальністю, обсягом та науковим рівнем, повнотою розв'язання наукових і практичних завдань, новизною, цінністю і ступенем обґрунтування отриманих результатів, висновків і практичних рекомендацій, дисертація відповідає вимогам, які ставляться до докторських дисертацій (пп. 9, 10, 12) чинного положення про «Порядок присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (зі змінами та доповненнями). Автор роботи – Романчук Василь Іванович – заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, доцент,
завідувач кафедри мобільних та
відеоінформаційних технологій

Державного університету телекомунікацій



Отрох С. І.

Підпис Отроха С.І. засвідчую:

Угений реценсар ОФІ

О. В. Бондар