

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 35.052.10 у Національному університеті
«Львівська політехніка»,
проф. Бобало Ю. Я.
79013, м. Львів, вул. С. Бандери 12

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, Дуравкіна Євгена Володимировича на дисертацію Кирика Мар'яна Івановича «Методи та моделі управління контентом в розподілених інфокомунікаційних системах», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі.

Актуальність роботи.

В умовах стрімкого розвитку інфокомунікаційних мереж та інтенсивного розширення спектру послуг все більше уваги слід приділяти проблематиці управління передаванням інформації в розподілених інфокомунікаційних системах та мережах доставки контенту. Адже основним завданням, що постає перед гравцями ринку інфокомунікацій, є ефективне використання мережевих ресурсів глобальної інформаційної інфраструктури та ефективне управління передаванням зростаючих обсягів інформації шляхом вдосконалення методів передавання даних в інфокомунікаційних системах.

Саме такою і є основна мета докторської дисертації Кирика Мар'яна Івановича на тему «Методи та моделі управління контентом в розподілених інфокомунікаційних системах».

Актуальність даної докторської дисертації полягає у розв'язанні актуальної наукової проблеми розроблення методологічного забезпечення управління передаванням інформації в розподілених інфокомунікаційних системах та мережах доставки контенту з метою ефективного використання мережевої інфраструктури, підвищення продуктивності та якості надання послуг.

Враховуючи зростання обсягів різномірних потоків інформації та конвергенцію мереж, необхідно передбачити збалансований розвиток усіх видів телекомунікацій з пріоритетним використанням цифрових технологій із забезпеченням інтеграції інтерактивних, телерадіомовних, мультимедійних та інших систем і механізмів передавання, а також можливості забезпечення управління, безпеки, сигналізації, синхронізації, взаємодії інформаційних

застосувань, платформ оброблення та збереження інформації і надання користувачам усіх, потрібних їм, високоякісних послуг.

Зв'язок дисертації з науковими програмами.

Тематика дисертації пов'язана з положеннями Законів України «Про Концепцію Національної програми інформатизації», «Про Національну програму інформатизації», «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки», Постанов Верховної Ради України про «Стратегію розвитку інформаційного суспільства в Україні» та ін.

Дисертаційне дослідження пов'язане з плановими науково-дослідними роботами НУ «Львівська політехніка») і виконувалось у відповідності до напрямку наукової діяльності кафедри телекомунікацій та у рамках держбюджетних науково-дослідних тем: «Моделі та структури конвергентних телекомунікаційних мереж на основі CLOUD – технологій» («ДБ/CLOUD») (2013-2014 рр.), «Методи побудови та моделі інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури на основі SDN-технологій для систем електронного урядування» (ДБ/SDN) (2015-2016), а також госпдоговірної тематики.

Загальна характеристика дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, 198 найменувань літературних джерел та чотирьох додатків на 22 сторінках. Робота містить 120 рисунків та 31 таблицю.

Зміст дисертаційної роботи та стиль її виконання відповідають вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі.

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, зв'язок дисертації з науковими програмами, сформульовано мету, об'єкт і завдання дослідження, відображено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів дисертаційної роботи, їхнє впровадження та особистий внесок автора.

Перший розділ розпочинається аналізом процесів конвергенції телекомунікаційних та інформаційних мереж і принципів передавання інформації в інфокомунікаційних мережах. Наведено властивості та класифікацію інфокомунікаційних послуг. На основі комплексного аналізу визначено вимоги до управління трафіком в сучасних інфокомунікаційних мережах, проблеми розподілу ресурсів та завдання досліджень.

У **другому розділі** автором розроблено моделі та методи підвищення ефективності передавання інформації в інфокомунікаційних системах. Визначено основні характеристики та методи оцінки трафіку, проведено

дослідження мультисервісного трафіку та визначено його імовірно-часові характеристики. Досліджено та удосконалено методи моделювання якісних і часових параметрів мережевого трафіку, проведено моделювання та аналіз самоподібності мережевого трафіку та наведено результати імітаційного та аналітичного моделювання.

У **третьому розділі** наведено результати моделювання та дослідження методів передавання контенту в безпроводних мережах доступу. Проаналізовано роботу безпроводних мереж з використанням технологій когнітивного радіо, запропоновано імітаційну модель системи керування когнітивною радіомережею із можливістю широкого і гнучкого налаштування множини вхідних параметрів та вибору методів управління радіочастотним спектром для підвищення ефективності його використання та покращення якості надання послуг. Запропоновано метод для оцінювання ефективності вибору радіочастотного каналу в когнітивній безпроводній мережі доступу, який дає змогу оцінити середній час доставки даних, а також мінімізувати тривалість прийняття рішення про зміну радіочастотних каналів. Запропоновано комплексний підхід до управління радіоресурсами на основі моніторингу мережі та програмного планування для агрегації декількох смуг на різних частотах у ліцензійному та неліцензійному діапазонах в один канал для мультиоператорського доступу в мережах 4G та проведено моделювання для оцінювання ефективності запропонованих рішень.

У **четвертому розділі** роботи автором досліджено архітектуру мереж доставки контенту CDN та розроблено методи управління навантаженням в них. Розроблено метод доставки мультисервісного контенту в розподілених інфокомунікаційних системах із використанням технології CDN, що дає змогу оптимізувати параметри передавання та кешування даних в залежності від їх типу, що забезпечує можливість підвищення якості обслуговування при наданні послуг реального часу. Проведено експериментальні дослідження втрат відеотрафіку та балансування навантаження в CDN мережах яке підтвердило ефективність запропонованого методу.

У **п'ятому розділі** роботи проведено дослідження процесів обслуговування та управління контентом в розподілених інфокомунікаційних системах. Розроблено імітаційну модель обслуговування черг в інфокомунікаційній мережі з урахуванням типу даних, що передаються, проведено порівняльний аналіз роботи алгоритмів обслуговування черг в провідних та безпроводних мережах для різних типів потоків, запропоновано

інтегральний критерій для оцінки якості роботи механізмів обслуговування черг та управління навантаженням. Виконано експериментальне дослідження з визначення розмірів буферів обслуговуючих пристроїв та досліджено вплив зміни розмірів буферів на передавання контенту.

У **шостому розділі** розглянуто особливості реалізації мереж доставки контенту на основі глобальної мережевої інфраструктури, запропоновано методи пріоритетного управління контентом в розподілених інфокомунікаційних мережах. За допомогою програмного середовища моделювання CDNSim проведено імітаційне моделювання роботи кешуючих серверів мережі доставки контенту. Розроблено метод покращення параметрів QoE та запропоновано методологію синтезу мереж доставки контенту на основі розроблених методів ефективного використання мережевих ресурсів, управління контентом та забезпечення якості послуг. Досліджено ефективність використання запропонованих методів управління контентом та методології синтезу мереж доставки контенту на основі діючої мережевої інфраструктури, результати експериментальних досліджень підтверджують позитивний результат використання запропонованих методів.

Висновки в цілому розкривають основні наукові досягнення автора та відповідають змісту роботи. У висновках дисертаційної роботи узагальнені основні результати проведених досліджень, визначені найбільш суттєві наукові і практичні дослідження, які детально розкриті в основному тексті дисертації.

Додатки до дисертації підтверджують теоретичні дослідження, доповнюють основний зміст роботи і містять переконливу інформацію про ступінь впровадження наукових розробок дисертанта.

Наукова новизна роботи і достовірність наукових положень не викликають сумнівів:

1. Набула подальшого розвитку модель самоподібного мультисервісного трафіку в розподілених мережах передавання потокового користувацького навантаження, яка, на відміну від відомих, використовує поєднання методів аналітичного та імітаційного моделювання з використанням засобів моделювання GPSS, що дає змогу оцінити основні статистичні характеристики процесів обслуговування мультисервісного трафіку.

2. Вперше запропоновано метод для оцінювання ефективності вибору радіочастотного каналу в когнітивній безпроводній мережі доступу, який, на відміну від відомих, враховує ймовірність зайняття визначених ділянок радіочастотного спектру на основі результатів його сканування.

3. Набула подальшого розвитку математична модель ймовірно-часових характеристик мультисервісної мережі, яка, на відміну від відомих, враховує структурно-функціональні особливості архітектури рівня доступу в мережах доставки контенту.

4. Запропоновано інтегральний критерій для оцінювання ефективності обслуговування черг та управління розподілом навантаження в безпроводних мережах, який дає змогу покращити результати роботи механізмів управління мережевими ресурсами та забезпечення належної якості надання послуг.

5. Набув подальшого розвитку метод передавання, розподілу та доставки мультисервісного контенту в розподілених інфокомунікаційних системах із використанням технології CDN, що дає змогу оптимізувати параметри передавання та кешування даних в залежності від їх типу та підвищити ефективність використання мережевої інфраструктури та якість надання послуг.

6. Вперше запропоновано модель процесу переспрямування замовленого потокового контенту, яка, на відміну від відомих, враховує QoE оцінку користувачів при одержанні послуг, що дало змогу визначити найбільш ефективну PaaS реалізацію методу побудови CDN мережевої системи.

7. Запропоновано методологію синтезу мереж доставки контенту на основі сегменту глобальної мережевої інфраструктури, яка враховує методи ресурсного управління, наскрізного оцінювання їх параметрів, якості сервісу та стану активного мережевого обладнання, а також динамічного балансування навантаження, що дало змогу підвищити системну продуктивність та якість надання інфокомунікаційних послуг за рахунок більш ефективного використання мережевих ресурсів.

Практична значимість результатів і їх впровадження.

Отримані наукові результати дисертаційної роботи знайшли практичне використання у діяльності ряду підприємств (ДП НТЦ "Уарнет", ТзОВ «ЛПТех», ТзОВ ВКФ «Радіо Сервіс «Лімітед», ТзОВ «ТРК Західтелесервіс») для підвищення продуктивності роботи інфокомунікаційних мереж і підвищення показників якості сервісу та у навчально-науковому процесі кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка» для створення та модернізації курсів лекцій з профільних дисциплін про що свідчать відповідні акти впровадження.

Оцінка обґрунтованості, достовірності та новизни наукових положень, висновків та рекомендацій.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій в частині основних досягнутих в дисертаційній роботі результатів не викликає сумнівів та підтверджується високим методологічним рівнем дослідження, ретельним багатостороннім системним аналізом реально існуючих процесів у сфері інфокомунікацій загалом та в об'єкті дослідження зокрема.

Експериментальні дослідження, які покладено в основу дисертаційної роботи, виконано на високому науково-технічному рівні, з залученням низки сучасних методів. Коректне використання методів досліджень та математичного апарату підтверджується результатами аналітичних досліджень через математичні перетворення, а також практичними результатами, які відображено в актах впровадження. 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 послідовними формулюваннями висновків і рекомендацій.

Суттєвих зауважень щодо оформлення дисертації немає.

Автореферат в достатній мірі відображає основні положення та зміст дисертації. Дисертаційна робота написана грамотною технічною мовою.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях.

Основні положення та результати роботи досить повно висвітлені у 52 наукових працях; з яких 1 – монографія, 1 – патент України, 5 статей - у наукових періодичних виданнях інших держав з напрямом дисертації; 18 публікацій - у фахових виданнях України з технічних наук (у тому числі включених до міжнародних наукометричних баз); а також у 27 матеріалах та тезах доповідей наукових конференцій (у тому числі міжнародних, що індексуються у міжнародних наукометричних базах), посилання на які містяться в дисертації та авторефераті.

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, повністю викладені в опублікованих роботах здобувача.

Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату.

1. У дисертаційній роботі представлено визначення, які є відомими (стор.52-53, стор. 79-80) та могли б бути упущені.

2. Крім того, другий розділ роботи дещо перевантажений відомим матеріалом, особливо при описі трафіку в сучасних інфокомунікаційних мережах.

3. На рис. 2.18, стор.111 наведено залежність розміру буфера від завантаженості обслуговуючого пристрою при значеннях завантаженості менше 0.7. Цікаво було б визначити залежність при вищих значеннях завантаженості (понад 0.9).

4. Середній час перебування заявки в черзі у виразі 2.40 та 2.44 та ємність запам'ятовуючого пристрою у виразах 2.41-2.43 позначає однакова змінна W , що ускладнює розуміння матеріалу.

5. В п. 3.5 (стор. 169) сказано, що використання запропонованого метод доступу до середовища може забезпечити збільшення середньої швидкості передавання даних користувачів до 40%, проте, не вказано, за яких умов це може бути досягнуто.

6. У матеріалах роботи зазначено "...та визначимо ключові вимоги до неї" (стор. 192), однак надалі ці вимоги не визначено.

7. Деякі з наведених в авторефераті рисунків (рис.4, 12, 24) складно сприймаються через занадто дрібний шрифт тексту та невдало вибране масштабування.

Відповідність дисертації вимогам Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника.

1. Вважаю, що дисертаційна робота Кирика М.І. «Методи та моделі управління контентом в розподілених інфокомунікаційних системах» є завершеною науковою працею, яка за оформленням, обсягом, науковим рівнем та практичним значенням, оригінальністю тексту та результатів, їх достовірністю відповідає нормативним вимогам, що пред'являються до докторських кваліфікаційних наукових праць.

2. Дисертація містить розв'язання актуальної наукової проблеми розроблення методологічного забезпечення управління передаванням інформації в розподілених інфокомунікаційних системах та мережах доставки контенту з метою ефективного використання мережевої інфраструктури, підвищення системної продуктивності і якості надання послуг за рахунок динамічного балансування навантаження.

3. Дисертаційна робота відповідає спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

4. Результати дисертації достатнім чином апробовані та опубліковані.

5. Автореферат ідентично та з необхідною повнотою розкриває зміст і основні положення дисертації.

6. Дисертаційна робота «Методи та моделі управління контентом в розподілених інфокомунікаційних системах» відповідає необхідним вимогам положення про «Порядок присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 року (зі змінами та доповненнями), а її автор – Кирик Мар'ян Іванович – заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за заявленою спеціальністю.

Офіційний опонент –

доктор технічних наук,
доцент, професор кафедри
інфокомунікаційної інженерії,
Харківський національний
університет радіоелектроніки

Є. В. Дуравкін

Підпис Дуравкіна Є. В. підтверджую
Учений секретар



І. В. Магдаліна