

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, професора Толюпи Сергія Васильовича, професора кафедри кібербезпеки та захисту інформації Київського національного університету імені Тараса Шевченка на дисертацію Лавріва Ореста Андрійовича на тему «Методи та моделі надання послуг в гетерогенних розподілених інформаційно-телекомунікаційних системах», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Актуальність теми дисертації

Сьогодні у сфері інформаційно-телекомунікаційних технологій спостерігається суттєвий інтеграційний процес. Практично жодні завдання у галузі телекомунікацій сьогодні не можуть бути розв'язані відокремлено від рівня надання послуг, що пов'язано із взаємним проникненням інформаційних та телекомунікаційних технологій. Висока складність та масштабність таких завдань пов'язані із постійним зростанням спектру послуг, переходом до програмного визначення та конфігурування як компонентів (зокрема мережних) інформаційно-телекомунікаційних систем, так і їх сервісів.

У зв'язку з тим, що сьогодні відсутні методи керування ресурсами інформаційно-телекомунікаційних систем, які б враховували взаємодію сервісного шару та шару передавання даних, автором сформовано протиріччя, яке підлягає подоланню у роботі, але зі збереженням обсягу апаратного забезпечення інформаційно-телекомунікаційних систем.

Тому, робота присвячена розв'язуванню актуальної наукової проблеми розроблення методів та моделей надання послуг у гетерогенних розподілених інформаційно-телекомунікаційних системах для підвищення якості обслуговування та покращення структурно-функціональних параметрів і характеристик цих систем з метою узгодження взаємодії сервісного шару та шару передавання даних.

Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота присвячена аспектам структурно-функціонального синтезу в процесі надання послуг у гетерогенних розподілених інформаційно-телекомунікаційних системах з метою покращення метрик якості надання послуг шляхом оптимізації структури та показників ефективності функціонування телекомунікаційної підсистеми, а також підвищення захищеності, відмовостійкості та зниження тривалості відновлення працездатності інформаційної підсистеми.

Дисертаційна робота складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи становить 402 сторінки друкованого тексту, з яких 308 сторінок основного тексту, у тому числі містить 142 рисунки, 13 таблиць, 293 найменування списку використаних джерел, 2 додатки на 13 сторінках.

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 значимість отриманих результатів із вказанням відомостей про впровадження результатів роботи, описано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів роботи і про публікації за темою роботи, подано короткий опис структури і обсягу дисертації.

Перший розділ містить аналіз впливу системної архітектури розподілених гетерогенних інформаційно-телекомунікаційних систем на показники їх метрик якості. Проведений аналіз автор вважає основою для подальшого виконання завдань розроблення моделей компонентів досліджуваних інформаційно-телекомунікаційних систем та методів надання послуг у цих системах.

Другий розділ присвячено розробленню та дослідженню методів побудови, зокрема, територіально-залежних, розподілених гетерогенних інформаційно-телекомунікаційних систем. Автором запропоновано математичні моделі багаторівневих інформаційно-телекомунікаційних систем та методи узгодженого проектування таких систем з урахуванням вимог шарів передавання даних та надання послуг.

У третьому розділі запропоновано методи та виконано дослідження на підставі моделей процесу маршрутизації сервісних потоків та надання послуг з урахуванням рівня підписки. Автор представив формулювання та розв'язок оптимізаційного завдання максимізації інтенсивностей сервісних потоків, які можуть бути передані в телекомунікаційній мережі із заданими логічними та фізичними ресурсними обмеженнями з урахуванням різнокласового обслуговування.

У четвертому розділі проведено дослідження методів керування конфігурацією і відновлення працездатності системи після явищ катастрофічного характеру. Автором запропоновано нові моделі корпоративного клієнта та спільної cloud-інфраструктури. Отримано оцінки підвищення захищеності мережної інфраструктури у системах типу «інфраструктура як сервіс» за рахунок введення системи інформаційної безпеки, яка спрямована на зменшення впливу атак типів «відмова в обслуговуванні» та «зловмисник посередині». Автором запропоновано оригінальний метод післяаварійного відновлення cloud-інфраструктури та досліджено його ефективність за тривалістю відновлення.

У п'ятому розділі представлено концепцію безперервної інтеграції у процесі розроблення та надання інформаційно-комунікаційних сервісів, запропоновано адекватну модель програмного компонента інформаційно-телекомунікаційної системи і досліджено процес розгортання та функціонування хмарних інформаційно-комунікаційних сервісів в cloud-інфраструктурі. Автор представив результати дослідження впливу процесу розгортання та балансування сервісів на затримку їх надання.

У шостому розділі проведено дослідження методів надання інформаційно-телекомунікаційних сервісів у cloud-інфраструктурі постачальника сервісів з вивченням питання використання PaaS-cloud-систем (Platform as a Service) для розгортання IaaS-реалізацій (Infrastructure as a Service) інформаційно-телекомунікаційної системи у вигляді системи веб-застосунків, баз даних, сховищ даних тощо. Із використанням моделей корпоративного клієнта, спільної cloud-інфраструктури та реалізованої логіки досліджуваної інформаційно-телекомунікаційної системи автором проведено дослідження поведінки системи під впливом зростання навантаження. Для цього розроблено методику навантажувального тестування, яка дає змогу оцінити поведінку інфраструктурного та аплікаційного компонентів інформаційно-телекомунікаційної системи. Отримані результати дають змогу охарактеризувати якість надання та сприйняття послуг в умовах динамічної зміни поведінки системи за рахунок оновлення її програмного забезпечення.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Наукова новизна одержаних результатів роботи полягає у наступному:

Автор запропонував вперше:

1. Метод передавання інформації у процесі надання інформаційно-комунікаційних послуг з урахуванням функцій корисності та параметрів процесу пересилання запиту на інформаційно-комунікаційну послугу, чим досягнуто міжрівневу максимізацію ефективності використання ресурсів інформаційно-телекомунікаційної системи.

2. Метод структурно-функціонального синтезу інформаційно-комунікаційних систем, який враховує процеси керування інформаційними потоками на рівні телекомунікаційної мережі, а також процес різнокласового передавання інформації з класифікацією інформаційно-телекомунікаційних послуг на основі рівнів підписки користувачів та забезпечує можливість оцінювання якості надання послуг у процесі їх доставки кінцевим користувачам.

3. Метод відновлення працездатності інформаційно-телекомунікаційної системи після відмов антропогенного походження на основі представлення інфраструктури у вигляді програмного коду, що дає змогу зменшити тривалість відновлення працездатності у процесі розгортання інфраструктури на базі cloud-сервісів.

4. Модель корпоративного клієнта та модель спільної cloud-інфраструктури системи надання інформаційно-комунікаційних послуг, що відрізняються від відомих програмним узагальненим поданням властивостей об'єктів і які, у сукупності, дають змогу оцінити зміни значень метрик якості надання послуг у процесі навантажувального тестування за умов зростання попиту на інформаційно-комунікаційні послуги.

Автор розвинув та доповнив:

5. Територіально-залежну модель надання інформаційно-телекомунікаційних послуг, яка, на відміну від відомих, враховує характер та динаміку переміщення користувачів, їх інформаційну активність та дає змогу збалансувати використання ресурсів мережі, мінімізувавши кількість вузьких місць, та підвищити доступність інформаційно-комунікаційних ресурсів.

6. Метод узгодженого проектування фізичної та логічної структур телекомунікаційної мережі, який відрізняється від відомих багатофакторним аналізом альтернативних структур, що дає змогу досягти оптимального планування фізичних ресурсів на основі виконання ітеративного пошуку.

Методи досліджень, які використані в дисертаційній роботі

Завдання дисертаційної роботи розв'язані з використанням методів теорії масового обслуговування, теорії інформації, математичної статистики, методів оптимізації, теорії ймовірностей, математичного та імітаційного моделювання, теорії графів. Для підтвердження теоретичних результатів застосовано експериментальні методи дослідження.

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 робіт: «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) (2017-2018), № держреєстрації 0117U004449, «Розроблення методів адаптивного управління радіочастотним ресурсом у мережах мобільного зв'язку LTE-U для розвитку стандартів 4G/5G в Україні» (ДБ/LTE-U), (2017-2019 рр.), № держреєстрації 0117U007177, а також госпдоговірної тематики ГД № 0489, 2014 р.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів висновків і рекомендацій

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі, досягаються ретельним багатостороннім системним аналізом реально існуючих процесів у гетерогенних розподілених інформаційно-телекомунікаційних системах. Коректне використання методів досліджень та математичного апарату підтверджується результатами моделювання,

практичними результатами, які відображені в актах впровадження, а також проведеними експериментальними дослідженнями з реальними гетерогенними інформаційно-телекомунікаційними системами (зокрема – під час їх розвитку).

Наукове і практичне значення результатів, отриманих в дисертаційній роботі

Наукове і практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх безпосереднього застосування в сучасних і перспективних розподілених гетерогенних інформаційно-телекомунікаційних системах в якості теоретичних та алгоритмічних основ проектування та керування для забезпечення гарантованих значень метрик якості надання різнокласових послуг.

Основним практичним результатом дисертації є розроблена методика дослідження розподілених гетерогенних інформаційно-телекомунікаційних систем на базі cloud-інфраструктури, що є важливим інструментом у процесі їх проектування та експлуатації та дає змогу у цілому розв'язати проблему гармонізації взаємодії рівнів запропонованої концептуальної структури інформаційно-телекомунікаційних систем із покращенням значень метрик якості обслуговування та оптимальним розподілом ресурсів таких систем.

Практичні здобутки, отримані автором, такі:

1. Із застосуванням розроблених моделей пересилання запиту та територіально-залежної моделі, а також методу балансування навантаження, зменшено кількість втрачених комунікаційних сеансів на 14%, у порівнянні зі звичайним режимом роботи системи.

2. На основі нових моделей корпоративного клієнта інформаційно-комунікаційної системи надання послуг та моделі спільної cloud-інфраструктури у поєднанні з реалізованою логікою роботи досліджуваної системи розроблено методику їх навантажувального тестування, що дає змогу оцінити ефективність використання cloud-інфраструктури та показники якості сприйняття послуг користувачами системи під впливом процесів зростання навантаження та безперервної системної інтеграції.

3. Запропоновано алгоритм автоматичного відновлення cloud-інфраструктури після явищ катастрофічного характеру на основі концепції IaaS (Infrastructure as a Code). Отримані результати підтвердили переваги підходу IaaS для відновлення таких систем після аварій та дали змогу на порядок знизити тривалість післяаварійного відновлення.

4. Запропоновано методику перевірки адекватності моделей програмних компонентів гетерогенних розподілених інформаційно-телекомунікаційних систем, яка дає змогу шляхом аналізу процесу передавання даних встановити відхилення затримки передавання між апаратним вузлом та його програмним аналогом за умови однакового алгоритму їх функціонування. Максимальне відхилення затримки пакетів між досліджуваним програмним та апаратним компонентами знаходиться в межах 0,5 %.

5. Доведено, що балансування навантаження за допомогою інтегрованої системи керування розгортанням інформаційних сервісів дає змогу зменшити тривалість обслуговування запитів у середньому до 3 разів. Показано системний вплив

механізмів балансування навантаження, який полягає у обмеженні мінімального значення затримки обслуговування запитів на послуги. Проведено порівняльне оцінювання затримки, результати якого дають змогу стверджувати, що зростання пропускної здатності каналу у 10 разів приводить до зниження затримки обслуговування запиту у середньому в 2,5 рази, що пояснюється обмеженнями методу балансування навантаження.

Зі змісту роботи також відзначено, що результати роботи також впроваджені у галузі телекомунікацій на профільних підприємствах та у навчальному процесі кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка».

Публікації та апробація результатів дисертаційної роботи

Основні наукові результати і положення дисертації представлені, доповідались та обговорені на 22-х міжнародних і всеукраїнських науково-технічних конференціях та наукових семінарах: Міжнародних науково-технічних конференціях «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії» (м. Львів-Славське, 2012, 2014, 2016, 2018 рр.); Міжнародних науково-технічних конференціях «Досвід розробки та застосування приладо-технологічних САПР в мікроелектроніці». (м. Львів-Поляна, 2013, 2015, 2017 рр.); Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми телекомунікацій - 2016» ПТ-16 (м. Київ, 2016 рр.); International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (м. Харків, 2014, 2015, 2016); International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (м. Львів, 2015, 2017); 2017 IEEE 1st Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering, UKRCON 2017 (м. Київ, 2017 р.); Науково-практичних конференціях «Сучасні проблеми телекомунікацій і підготовка фахівців в галузі телекомунікацій – 2012, 2013, 2014» (м. Львів, 2012, 2013, 2014 рр.); XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» (м. Одеса, 2014); Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo), 2013 23rd International Crimean Conference (м. Севастополь, Україна, 2013 р.); Міжнародній конференції з інформаційно-телекомунікаційних технологій та радіоелектроніки IEEE (UkrMiCo'2016/UkrMiCo'2016) (м. Київ, 2016 р.); VI Міжнародному науково-технічному симпозиумі «Нові технології в телекомунікаціях» (Вишків, 2013 р.); Сучасні інформаційно-комунікаційні технології COMINFO'2012 (Ялта-Лівадія, Україна, 2012 р.); «Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах» (Чернівці, 2016 р.). Крім цього, дисертаційна робота у повному обсязі представлена на наукових семінарах кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка».

За темою дисертаційної роботи опубліковано 57 наукових праць, в тому числі серед них статей у іноземних періодичних виданнях – 6, статей у наукових фахових виданнях України – 17 (з них 13 статей – у науковій періодиці, що входить до міжнародних наукометричних баз різного рівня), статей у наукових виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз – 2, у збірниках матеріалів і тез доповідей міжнародних та всеукраїнських конференцій – 32, з них індексованих у наукометричній базі Scopus – 16. Опубліковані праці повністю висвітлюють матеріали дисертаційної роботи.

Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертаційна відповідає вимогам, що ставляться до докторських дисертаційних робіт. Дисертація написана сучасною науково-технічною мовою, послідовно, логічно і грамотно. Автореферат дисертації 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 роботи надто деталізована. Не погіршило б враження від роботи більш компактне викладення змісту цього розділу.
2. Не до кінця обґрунтованим виглядає зведення сформульованого завдання нелінійної оптимізації для знаходження оптимального розподілу ресурсів у процесі надання різнотипних послуг в інформаційно-телекомунікаційній системі до завдання лінійної оптимізації зі знаходженням максимальних інтенсивностей сервісних потоків, які можуть бути передані в телекомунікаційній підсистемі заданої конфігурації.
3. Більш детального пояснення потребує пункт роботи 2.1.3, у якому автор пропонує використання часткових випадків функцій корисності для представлення процесу використання інформаційно-телекомунікаційних послуг.
4. У роботі не до кінця чітко згруповано методи, запропоновані автором, та моделі, які ним розроблено для вивчення та оцінки їх ефективності.
5. Оцінка якості надання різнокласових послуг наведена в умовних одиницях, що більшою мірою характеризує якість сприйняття, та не надає повного уявлення про параметри системи, які потребують реконфігурації або зміни алгоритму керування. Важко зрозуміти, чи параметр масштабування пропускну здатності є визначальним у процесі обслуговування, адже не наведено оцінки впливу об'єктивних параметрів та характеристик інформаційно-телекомунікаційної системи на якість обслуговування.
6. До формулювання завдання максимізації інтенсивностей інформаційних потоків варто було би включити і необхідні параметри якості обслуговування як умови-обмеження.
7. Моделі корпоративного клієнта та спільної cloud-інфраструктури сприймалися би краще за умов наявності відповідного програмного коду, про який автор згадує у тексті роботи, у її додатках, хоча їх цінність і ступінь розробленості не викликає сумніву.

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

Висновки

1. Дисертаційна робота Лавріва О.А. «Методи та моделі надання послуг в гетерогенних розподілених інформаційно-телекомунікаційних системах» за змістом є завершеним науковим дослідженням, що містить нові науково обґрунтовані

результати, важливі для подальшого розвитку інформаційно-телекомунікаційних систем і відповідає паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

2. Сукупність наукових положень, сформульованих та обґрунтованих в дисертаційній роботі, є розв'язком актуальної наукової проблеми розроблення методів та моделей надання послуг у гетерогенних розподілених інформаційно-телекомунікаційних системах для підвищення якості обслуговування та покращення структурно-функціональних параметрів і характеристик цих систем з метою узгодження взаємодії сервісного шару та шару передавання даних.

3. Автореферат повністю відображає зміст та основні положення дисертації.

4. За актуальністю, науковим рівнем, практичною цінністю, публікаціями та апробацією дисертація відповідає вимогам пунктів 9,10,12,13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (назва Порядку із змінами, внесені згідно з Постановою КМ № 656 від 19.08.2015, №1159 від 30.12.2015р., та №567 від 27.07.2016р.), а її автор Лаврів Орест Андрійович гідний присудження наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри кібербезпеки та захисту
інформації факультету інформаційних технологій
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка

С. В. Толюпа

Особистий підпис Толюпи С.В.
засвідчено

Толешаєва Т.М.
16.08.2018

