

**Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Кирику М.І.**

РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри телекомунікацій Навчально-наукового інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки Національного університету «Львівська політехніка» д.т.н., доц. Максимюка Тараса Андрійовича на дисертаційну роботу Пелеха Назара Володимировича "Підвищення ефективності функціонування хмарних систем для інформаційно-комунікаційних сервісно-орієнтованих мереж", представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Актуальність теми

Інформаційно-комунікаційні технології на сьогоднішній час знаходяться на черговому етапі своєї трансформації під нові виклики індустрії, такі як розвиток систем Інтернет речей, а також появи нових інформаційних сервісів на основі штучного інтелекту та хмарних обчислень. Відповідно, критичним завданням постає розроблення удосконалених архітектурних та методологічних засад реалізації хмарних систем, які б підвищили ефективність їх функціонування в рамках сервісно-орієнтованих мереж. Основним викликом в сучасних умовах функціонування сервісно-орієнтованих інформаційно-комунікаційних мереж є забезпечення гнучкості та масштабованості при наданні сервісів великій кількості користувачів незалежно від їх місця розташування та способу підключення до мережі. Відповідно, виникають проблеми управління ресурсами, балансування навантаження та розподілу інформаційних потоків у розподілених хмарних системах. Окрім того, важливим в таких системах є безпека даних користувачів, а також захищеність та надійність функціонування хмарних сервісів.

Саме тому, актуальним є поставлене, в дисертаційній роботі Пелеха Н.М., науково-практичне завдання підвищення ефективності

функціонування хмарних систем при їх інтеграції у сучасні інформаційно-комунікаційні сервісно-орієнтовані мережі шляхом розроблення методу кластеризації серверних вузлів, удосконалення моделей оцінки ефективності функціонування хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів та розвитку систем інтелектуального виявлення мережових атак.

Ступінь обґрунтованості та достовірності основних наукових положень, висновків і рекомендацій

Основні наукові положення дисертаційної роботи адекватно обґрунтовані та не суперечать теорії систем зв'язку та основним принципам реалізації розподілених інформаційних систем. Запропоновані методи та моделі коректно формалізовані з використанням математичного апарату теорії оптимізації, теорії ймовірності та математичної статистики. Адекватність імітаційного моделювання підтверджується використанням реальної хмарної інфраструктури Azure Cloud. Наукові результати дисертаційної роботи доповідались на 8 конференціях. Результати дисертаційної роботи Пелеха Н.М. перевірені на практиці, що підтверджено відповідними актами впровадження. Нові наукові результати, які отримані автором доповнюють попередньо відомі наукові дослідження за напрямком дисертаційної роботи.

Наукова новизна дисертаційної роботи

1. Удосконалено математичну модель оцінки ефективності функціонування хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів, яка, на відмінну від існуючих, враховує можливість обслуговування при груповому надходженні запитів та розподілений час обслуговування запитів, що дасть змогу в моменти пікових навантажень не порушувати працездатність мережі з високим ступенем віртуалізації за рахунок зменшення тривалості очікування запитів в черзі.

2. Удосконалено метод кластеризації вузлів хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів, який відрізняється від відомих врахуванням правил нечіткої логіки та центральності по діаграмах Вороного для визначення головного вузла кластера, що дало змогу зменшити тривалість пошуку маршруту між довільною парою вузлів та підвищити ефективність інтеграції хмарних систем.

3. Вперше запропоновано інтегровану архітектуру системи інтелектуального виявлення DDoS атак у інформаційно-комунікаційних мережах на основі комплексного підходу до аналізу лог журналів із використанням як структурованого так і неструктурованого аналізу службових файлів, що дає змогу відстежувати як наявні загрози, так і прогнозувати атаки на мережу в цілому.

Повнота викладу результатів дисертаційної роботи у наукових публікаціях

За результатами досліджень, які викладені у дисертаційній роботі, опубліковано 12 наукових праць, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України та 1 стаття у науковому періодичному виданні інших держав, що входять до міжнародних науково-метричних баз даних, 1 стаття у науковому періодичному виданні інших держав; 7 публікацій у збірниках тез наукових конференцій (зокрема 6 – у наукометричних базах даних Scopus та Web of Science).

Опубліковані праці повною мірою висвітлюють матеріали дисертаційної роботи.

Важливість одержаних результатів для науки і народного господарства та перспективи їх використання

Результати роботи мають практичну цінність для побудови сервісно-орієнтованих інформаційно-комунікаційних систем на основі хмарних технологій. Зокрема:

- удосконалено метод кластеризації вузлів хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів, що дало можливість зменшити тривалість пошуку маршруту між довільною парою віртуалізованих вузлів, які обслуговують один і той же груповий потік у 2,5 рази;

- розроблено алгоритм вибору головного кластерного вузла з використанням центральності по діаграмах Вороного, правил нечіткої логіки та моніторингу параметрів вузлів, що дало змогу зменшити споживання енергії на 45% і продовжити життєвий цикл мережі на 8% та підтримувати якість надання послуг користувачам в умовах обслуговування групових потоків запитів;

- реалізовано удосконалену математичну модель оцінки ефективності функціонування хмарних систем дала змогу зменшити тривалість завантаження статичного контенту з кеш-серверів у порівнянні із завантаженням з базового сервера в 4 рази;

- розроблено інтегровану архітектуру системи інтелектуального виявлення загроз на основі комплексного підходу до аналізу лог журналів із використанням як структурованого так і неструктурованого аналізу службових файлів.

Наукові та практичні результати виконаних досліджень використані в навчальному процесі кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка». Окрім того, основні результати дисертаційної роботи знайшли практичне застосування у діючих інформаційно-комунікаційних сервісно-орієнтованих мережах провайдерів телекомунікацій ТОВ «Аркада-Х» та ТзОВ «МаксіТех», про що свідчать відповідні акти.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

В дисертаційній роботі розв'язано науково-практичне завдання підвищення ефективності функціонування хмарних систем при їх інтеграції у сучасні інформаційно-комунікаційні сервісно-орієнтовані мережі шляхом розроблення методу кластеризації серверних вузлів, удосконалення моделей оцінки ефективності функціонування хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів та розвитку систем інтелектуального виявлення мережових атак.

Дисертаційна робота складається з переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і 2 додатків. Загальний обсяг роботи складає 170 сторінок друкарського тексту, із них 7 сторінок вступу, 115 сторінки основного тексту, 65 рисунків, 6 таблиць, список використаних джерел із 120 найменувань. Додатки містять акти впровадження результатів дисертаційної роботи, а також список праць автора.

У *вступі* подано загальну характеристику дисертаційної роботи, обґрунтовано всі процедурні положення та подано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У *першому розділі* дисертаційної роботи систематизовано основні підходи до інтеграції хмарних систем в контексті глобальних сервісно-орієнтованих інформаційно-комунікаційних систем. Проаналізовано існуючі підходи, які використовуються провайдерами хмарних сервісів та операторами телекомунікацій в процесі надання інформаційних сервісів для великої кількості користувачів. Визначено основні невирішені аспекти побудови та оптимізації ефективних та захищених розподілених хмарних систем для їх інтеграції в рамках сервісно-орієнтованих телекомунікаційних мереж.

Другий розділ роботи присвячений детальному опису запропонованих методів та моделей для підвищення ефективності функціонування окремих сегментів сервісно-орієнтованих хмарних систем, а також їх функціональної взаємодії в рамках єдиної інформаційно-комунікаційної інфраструктури. Зокрема, запропоновано удосконалену математичну модель оцінки ефективності функціонування хмарних систем в умовах групового надходження запитів від користувачів, що дає змогу зменшити час очікування запитів в черзі. Для підвищення ефективності процесу маршрутизації в хмарних системах в умовах обслуговування групових потоків запитів запропоновано метод кластеризації із урахуванням центральності на основі діаграм Вороного, правил нечіткої логіки та моніторингу параметрів вузлів.

У *третьому* розділі представлено експериментальні дослідження запропонованих методів та моделей на основі розгорнутої моделі інформаційно-комунікаційної сервісно-орієнтованої мережі з використанням хмарної архітектури Azure Cloud. Зокрема, представлено алгоритмічні

реалізації математичної моделі оцінювання ефективності функціонування хмарних систем в умовах групового надходження запитів та методу кластеризації вузлів хмарних систем. Проведено ряд систематичних досліджень, які показують зменшення тривалості завантаження статичного контенту з кеш-серверів, а також зменшення часу пошуку маршруту в сервісно-орієнтованій мережі.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячений інтегральним аспектам безпеки хмарної інформаційно-комунікаційної системи. Зокрема, розроблено інтегровану архітектуру системи інтелектуального виявлення DDoS атак. Особливістю розробленої системи є реалізація підсистеми аналізу log-файлів, яка є елементом інтегрованої системи управління. Запропоновано неструктурований метод аналізу даних, який базується на дослідженні ентропійних властивостей записів лог журналів, створених за певний проміжок часу та їх аналізу для всіх файлів журналу в системі. Окрім того, розроблено структурований метод аналізу даних, який базується на визначенні метрики поведінки трафіку використовуючи підхід Кульбака — Лейблера для виявлення аномалій потоку за часом тривалості сесії.

Додатки містять акти впровадження отриманих результатів та список опублікованих праць автора з темою дисертації.

Зауваження та рекомендації до дисертаційної роботи

1. Значна частина першого розділу присвячена поясненню теоретичних аспектів функціонування хмарних систем. На мою думку, доцільніше було проілюструвати основні принципи функціонування хмарних систем, у тих аспектах, у яких автором запропоновані вдосконалення.

2. При описі запропонованого методу кластеризації недостатньо пояснено фізичний зміст розрахунку центральності за діаграмами Вороного, в контексті обслуговування інформаційних потоків в хмарній інфраструктурі.

3. З результатів представлених у таблиці 2.2 спостерігається залежність ймовірності вибору головного вузла прямо-пропорційно до залишкової енергії та обернено-пропорційно до відстані за діаграмою Вороного. В такому випадку не зовсім зрозумілою є мотивація автора використовувати апарат нечіткої логіки, враховуючи те, що залежності є детермінованими.

4. На рис. 3.1 відсутні підписи по осях, що ускладнює його розуміння.

5. При опису результатів на рис. 3.3 автор вказує про зменшення часу пошуку маршруту з 6500 нс до 5000 нс. Проте на рис. 3.3а, показано середнє значення 6500 000 мкс, а на рис. 3.3б – 5000 мкс, що вказує на допущені неточності розрахунку розмірностей в процесі моделювання.

6. З тексту четвертого розділу не зовсім зрозуміло, яким чином автор використовував елементи машинного навчання для аналізу лог-файлів, оскільки не наведено відповідних даних про навчальні вибірки та тренування моделі.

Загальний висновок

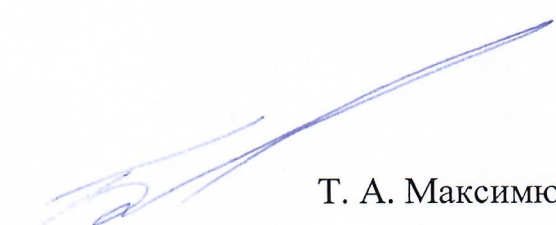
Дисертація Пелеха Назара Володимировича на тему «Підвищення ефективності функціонування хмарних систем для інформаційно-комунікаційних сервісно-орієнтованих мереж» є завершеною науковою працею та має теоретичну і практичну цінність. Наведені зауваження не зменшують цінність результатів дисертаційної роботи.

У дисертації розв'язано науково-практичне завдання підвищення ефективності функціонування хмарних систем при їх інтеграції у сучасні інформаційно-комунікаційні сервісно-орієнтовані мережі шляхом розроблення методу кластеризації серверних вузлів, удосконалення моделей оцінки ефективності функціонування хмарних систем в умовах обслуговування групових потоків запитів та розвитку систем інтелектуального виявлення мережеских атак.

Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», вимогам освітньо-наукової програми, яку успішно завершив здобувач, вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44), а її автор – Пелех Назар Володимирович – може бути рекомендований для присудження, за умови розгляду разовою спеціалізованою вченою радою рецензованої дисертаційної роботи, ступеня доктора філософії зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Рецензент

доктор технічних наук, доцент,
доцент кафедри телекомунікацій
Національного університету
“Львівська політехніка”


Т. А. Максимюк

Підпис д.т.н., доцента Максимюка Т.А. засвідчую

Вчений секретар
Національного університету
“Львівська політехніка”
к.т.н., доцент




Р. Б. Брилинський