

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 35.052.10
Національного університету
“Львівська політехніка”
79013, Львів-13, вул. С. Бандери, 12

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора кафедри кібербезпеки та захисту інформації Київського національного університету імені Тараса Шевченка Толюпи Сергія Васильовича на дисертаційну роботу Плєсканки Мар'яни Вікторівни «Підвищення якості обслуговування у мережі доставки контенту», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

1. Актуальність теми роботи

В останні роки спостерігається величезне зростання в галузі мережевих технологій. Із збільшенням швидкостей передачі даних та використання послуг, які можуть надаватись, у телекомунікаційних мережах різко зросли попит та вимоги до якості обслуговування. На ринку постійно впроваджуються нові технології, які забезпечують можливість передавати дані, голос та відео до кінцевих користувачів, кількість яких постійно зростає. Досить поширеними в наш час стали Cloud-мережі та технологія CDN (Content Delivery Network). Питання, що стосуються якості обслуговування (QoS) та управління мережевими ресурсами стають все більш актуальними. Для забезпечення відповідного рівня якості обслуговування (QoS) потрібно поєднувати роботу механізмів резервування ресурсів та справедливого їх розподілу при передачі пакетів. Невдале використання ресурсів мережі та вузлів обслуговування мультисервісного трафіку може призвести до зниження рівня послуг, що надаються. Для вирівнювання ситуації застосовуються методи кешування статичних даних, балансування трафіка, а також перенесення процесу обробки запитів якомога ближче до локації користувача.

Саме тому, на сьогоднішній день, ведуться інтенсивні роботи з розробки та модернізації алгоритмів управління телекомунікаційними мережами для зменшення мережевих затримок, ефективного перерозподілу ресурсів та забезпечення належного рівня сервісу.

2. Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота Плєсканки Мар'яни Вікторівни присвячена підвищенню якості обслуговування користувачів в умовах обмеженої обчислювальної інфраструктури шляхом розроблення методів і алгоритмів обробки запитів, що потребують значних обчислювальних ресурсів, кешування даних, реалізації балансування навантаження та адаптивного розгортання мікросервісів у точках присутності CDN мереж.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 199 сторінок друкованого тексту, 82 рисунки та 3 таблиці. Список використаних джерел містить 114 найменувань.

Чітко сформульовано мету роботи, об'єкт дослідження, предмет дослідження, інформацію щодо використання наукових методів дослідження, особистий внесок автора у праці, що опубліковані в співавторстві, надано повну інформацію про опублікування та апробацію результатів дисертаційної роботи.

У першому розділі проведено дослідження принципів та методів переходу від монолітної архітектури до мікросервісної. Визначено основні фактори які визначають основу функціонування мікросервісного застосунку. Розглянуто сучасні методи щодо створення та управління інфраструктурою не шляхом фізичного налаштування обладнання чи використання інтерактивних інструментів налаштування, а за допомогою файлів конфігурації та підходів «Інфраструктура як код» (IaC, Infrastructure as Code). Такі методи створення та керування виробничими середовищами дають можливість створювати, змінювати та адмініструвати свою інфраструктуру безпечним, узгодженим і повторюваним способом, визначаючи конфігурації ресурсів, та застосовуючи при цьому методи контролю версій.

Проведено аналіз наукових досліджень, присвячених динамічному балансуванню навантаження та кешуванню даних, з метою узагальнення їхніх переваг, обмежень та впливу на ефективність мереж доставки контенту й якості наданих послуг.

У другому розділі досліджено основні архітектурні принципи роботи CDN мережі, методи балансування навантаження які використовуються в сучасних мережах, технології, які забезпечують надійність та контроль за якістю доставки даних, а також забезпечують можливість ефективно використовувати ресурси мережі та обслуговуючих пристроїв.

З метою покращення якості сервісу, ефективності кешування та обробки запитів такого типу, запропоновано схему із розділення одного запиту, що потребує значних обчислювальних ресурсів, на велику кількість простих. Запропоновано інтегральний ключ кешування, що являє собою унікальний ідентифікатор, який формується шляхом поєднання кількох параметрів або

компонентів, чим дає можливість деталізувати критерії вибору даних, які зберігатимуться як одне ціле та забезпечує ефективне кешування статичних даних в мережах доставки контенту. Інтегральний ключ кешування може бути адаптований для роботи з різними типами мережевого трафіку, а його складові можуть змінюватися відповідно до специфіки застосування.

В даному розділі також проведено дослідження, як впливає розподілена обробка даних у поєднанні із інтегральним ключем кешування та даними аналітики на ефективність кешування та час відповіді для кінцевого користувача.

У третьому розділі представлено комплексну модель масового обслуговування з трьома об'єднаними системами масового обслуговування для характеристики процесу обробки запитів у хмарних сервісах із динамічним виділенням ресурсів. В якості математичної моделі першої підсистеми, а саме балансувальника навантаження, запропоновано систему масового обслуговування класу $M/M/1/k$ – система масового обслуговування з обмеженою довжиною черги k , та 1 обслуговуючим пристроєм. Оскільки кожен вузол обробки, а також кореневий сервер, можуть паралельно обробляти кілька завдань, то розглядаються як система масового обслуговування $M/M/n$.

Проведено математичне моделювання, а отримані графічні залежності показують, що системи обслуговування даних працюють досить добре при середніх навантаженнях вузлів обслуговування. При пікових навантаженнях, ефективність роботи системи різко знижується. Також встановлено, що система, яка складається із більшої кількості менш продуктивних вузлів обробки даних, буде працювати краще, ніж система, яка складається із одного вузла більшої продуктивності, за умови, що особливості трафіку не вимагає складних обчислень та великих затрат процесорного часу. Щодо мікросервісної архітектури, то завжди ефективніше використовувати більшу кількість маленьких за продуктивністю вузлів обслуговування та в будь-який час мати змогу здійснити швидке масштабування.

У четвертому розділі представлено результати роботи та використання технології розподілених обчислень, які використовуються для швидкої обробки даних у найближчій до користувача локації. Наведено результати роботи методу адаптивного створення мікросервісу в точці присутності мережі CDN, який призначений для забезпечення задовільних параметрів якості обслуговування в мережах передачі даних.

На створеному в роботі прототипі мережі доставки контенту, проведено імітаційне моделювання роботи методу адаптивного створення мікросервісу в точках присутності CDN мережі, враховуючи задані граничні значення часу затримки при певній кількості запитів від клієнтів. У результаті моделювання було створено графічну інтерпретацію отриманих результатів.

Із результатів експериментальних досліджень можна зазначити, що використання методу адаптивного створення мікросервісу в граничних локаціях CDN мережі, дозволяє значно зменшити навантаження на кореневий сервер, скоротити час затримки для кінцевого користувача при отриманні контенту, а також знизити ймовірність втрати даних під час їх передачі. Усі ці переваги сприяють покращенню якості обслуговування в мережах передачі даних.

В додатку до роботи подано акти впровадження її результатів.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, наданих в дисертації, їхня достовірність

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Плєсканки Мар'яни Вікторівни, впливають з наступного:

- теоретичні дослідження базуються на фундаментальних положеннях, враховують міжнародні стандарти, останні дослідження за тематикою дисертації;

- достовірність нових, отриманих автором результатів, підтверджується розрахунками, коректно виконаним математичним та програмним моделюванням з використанням ресурсів електронно-обчислювальної техніки, актами впровадження;

- отримані теоретичні матеріали добре узгоджуються з відомими фактами, не суперечать теорії та підтверджуються на практиці;

- матеріали дисертації доповідались і обговорювались на науково-технічних конференціях та повністю опубліковані в періодичних виданнях.

4. Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі

Основні наукові результати дисертаційної роботи:

1. Набув подальшого розвитку метод обробки запитів, що потребують значних обчислювальних ресурсів, який, на відміну від раніше відомих, для розподіленої обробки запитів враховує дані аналітики щодо популярності певних ресурсів (веб-сторінок, мультимедійного контенту) серед списку найбільш запитуваних, що дало змогу забезпечити ефективне використання кешованих даних, а також зменшити навантаження на кореневий сервер та час відповіді на запити кінцевого користувача.

2. Удосконалено метод балансування трафіку у точках присутності CDN мережі, який, на відміну від відомих, враховує значення інтегрального ключа кешування сформованого на основі розробленого методу обробки запитів, локацію клієнта, наявність контенту на граничному сервері та стан функціонування доступних серверів, що дало змогу підвищити якість обслуговування в мережах доставки контенту.

3. Вперше запропоновано метод адаптивного розгортання мікросервісів для обробки динамічних даних у режимі реального часу в

точках присутності CDN-мереж, який, на відміну від відомих, частково дублює бізнес-логіку сервісу з кореневого сервера, що надається кінцевим користувачам, здійснює в режимі реального часу аналіз параметрів, які визначають якість послуги, та адаптивно розподіляє запити на основі оцінювання рівня завантаженості граничних серверів для забезпечення необхідної якості обслуговування.

5. Повнота викладу наукових положень, висновків, рекомендацій в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи та всі її наукові положення опубліковані в статтях, науково-технічних журналах, в працях міжнародних конференцій та семінарів. Всього опубліковано 19 наукових праць, серед них 7 статей у фахових виданнях України, одна публікація у закордонному виданні, що входить до наукометричних баз даних Scopus, матеріали доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях – 11.

Результати дисертаційної роботи пройшли всебічну апробацію на семінарах та конференціях, в тому числі міжнародних, і отримали схвалення провідних фахівців телекомунікаційної галузі.

5. Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація написана сучасною науково-технічною мовою, послідовно та логічно. Оформлення дисертації відповідає державним стандартам України, а її змістовна складова – чинним нормативним вимогам, що пред'являються до дисертаційних робіт. Автореферат дисертації повністю відповідає змісту дисертаційної роботи, висвітлює всі отримані результати, сформульовані висновки та запропоновані рекомендації. Стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття.

6. Важливість для науки і народного господарства одержаних результатів та шляхи їх використання

Науково-практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає у можливості їх безпосереднього застосування в сучасних і перспективних сервісно-орієнтованих телекомунікаційних системах для побудови методів балансування трафіку у точках присутності CDN мережі, адаптивного розгортання мікросервісів для обробки динамічних даних у режимі реального часу і забезпечення гарантованих показників якості обслуговування.

Комплексне використання інтегрального ключа кешування, методу обробки запитів та балансування трафіку у точках присутності CDN мережі дало змогу підвищити коефіцієнт ефективності кешування на 30 %, а також зменшити час відповіді на запити кінцевого користувача на 40%.

Розроблений прототип мережі доставки контенту для передавання статичних та динамічних даних дав змогу підтвердити на практиці

ефективність розробленого методу адаптивного розгортання мікросервісів для обробки динамічних даних у режимі реального часу в точках присутності **CDN**-мереж. Результати експериментального дослідження, проведеного для оцінки якості надання певного типу сервісу кінцевому користувачеві за умов високого навантаження системи, показали, що час відповіді на запити користувача становить 25 мс, що на 7% швидше порівняно з часом відповіді від кореневого сервера для клієнтів у тій самій локації.

Результати роботи використано для планування і оптимізації структур телекомунікаційних корпоративних мережах ТОВ “Телекомунікаційна компанія”, ТОВ ВТФ “Контех”, ТОВ “МаксіТех”, що підтверджено актами впровадження, а також у навчальному процесі кафедри інформаційно-комунікаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка».

7. Зауваження до дисертаційної роботи

1. В першому розділі не вказано обмежень, які накладаються на мікросервісну архітектуру, за умови використання методу адаптивного створення мікросервісу на границі CDN мережі.

2. У запропонованій схемі розподілу запитів на рівні балансувальника навантаження, не зрозуміло чому один запит ділиться на менші, саме по одному товару на кожен запит.

3. Чи можна використовувати інтегральний ключ кешування для даних реального часу, а саме інтерактивного цифрового телебачення?

4. Не обгрунтовано, чому саме порогове значення часу відповіді, при якому балансувальник навантаження починав перенаправляти обробку на граничний сервер, було встановлено 80мс.

5. Рационально було б перевірити ще один сценарій роботи балансувальника навантаження, при якому в моменти зростання навантаження всі 100% запитів користувачів перенаправлялись на граничний сервер, або ж на декілька.

Наведені зауваження не змінюють загальну позитивну оцінку наукової значимості і практичної цінності дисертаційної роботи.

Загальні висновки

1. Дисертаційна робота Плесканки Мар'яни Вікторівни є завершеною науковою працею, що містить нові науково обгрунтовані результати, важливі для подальшого розвитку телекомунікаційних мереж доставки контенту.

2. Сукупність наукових положень, сформульованих та обгрунтованих у дисертаційній роботі, має практичну цінність і становить вирішення науково-практичної задачі підвищення якості обслуговування користувачів в умовах обмеженої обчислювальної інфраструктури шляхом розроблення методів і алгоритмів обробки запитів, що потребують значних обчислювальних

ресурсів, кешування даних, реалізації балансування навантаження та адаптивного розгортання мікросервісів у точках присутності CDN мереж.

3. Дисертаційна робота за змістом відповідає вимогам Паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

4. Матеріали дисертації достатньо апробовані, доповідались на міжнародних і всеукраїнських конференціях, наукових семінарах, а також повністю висвітлені в 19 наукових публікаціях.

5. Автореферат об'єктивно і з необхідною повнотою відображає зміст і основні положення дисертації.

6. Структура дисертації є обґрунтованою.

7. За науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та публікаціями дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 9,11,12,13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМУ № 567 від 24.07.2013 р. (зі всіма змінами), а її автор – Плєсканка Мар'яна Вікторівна – заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 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

Сергій ТОЛЮПА

