

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U000420

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-02-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/22/25 від 07.04.2025



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Белоус Роман Володимирович

2. Roman V. Belous

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7588-941X

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 121

Назва наукової спеціальності: Інженерія програмного забезпечення

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Інженерія програмного забезпечення

Дата захисту: 20-03-2025

Спеціальність за освітою: Інформаційні системи та технології

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.198;
PhD 7665

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.54.07

Тема дисертації:

1. Методи і програмні засоби підвищення ефективності виконання запитів у високонавантажених системах
2. Methods and Software Tools for Improving the Efficiency of Query Execution in High-Load Systems

Реферат:

1. У дисертаційній роботі запропоновано науково-обґрунтовані методи та програмні засоби, що спрямовані на підвищення ефективності виконання запитів у високонавантажених розподілених системах. Для досягнення цієї мети було враховано потребу в оптимізації мережевого трафіку, вдосконаленні механізмів узгодженості даних та ефективному ребалансуванні ресурсів. Особливу увагу приділено оптимізації поведінки розподілених систем, що використовують алгоритми консенсусу Raft, оскільки саме в цих підходах закладено основу для надійного оновлення та синхронізації даних між множиною вузлів. Оптимізація Raft та пов'язаних з ним процесів передачі та узгодження даних дозволяє суттєво покращити час відгуку системи та знизити мережеве навантаження, що є критичним для стабільного функціонування високонавантажених застосувань. Вперше розроблено метод мінімізації обсягу мережевого трафіку у Raft

Consensus Algorithm розподілених базах даних, який базується на поєднанні принципів, притаманних як Raft, так і Leaderless Replication та ґрунтується на попередньому обміні метаданими між вузлами та в подальшому збереженні отриманих результатів. Суть методу полягає в тому, що перед початком передавання основних даних, вузли спочатку обмінюються метаданими, які містять інформацію про стан кардинальності та вектори даних. Це дозволяє зменшити обсяг даних, що передаються через мережу, оскільки вузли можуть узгодити лише ті зміни, які дійсно потребують синхронізації. Після цього, на основі отриманих метаданих, відбувається локальне збереження результатів, що мінімізує кількість переданих даних, знижуючи тим самим навантаження на мережу та підвищуючи ефективність роботи алгоритму Raft у розподілених базах даних. Удосконалено метод оптимізації запитів у розподілених базах даних шляхом удосконалення ребалансування даних за допомогою генетичних алгоритмів з елітарністю та адаптивним схрещенням. Цей підхід дозволяє ефективніше розподіляти дані між вузлами системи, що зменшує час виконання запитів. Використання елітарності забезпечує збереження найкращих рішень на кожному етапі алгоритму, а адаптивне схрещення підвищує різноманітність рішень та прискорює конвергенцію до оптимального. У результаті, модифікований метод ребалансування сприяє підвищенню ефективності виконання запитів у розподілених базах даних, особливо в умовах високих навантажень. Удосконалено метод узгодженості даних у розподілених базах даних на основі методу Левенштейна, який відрізняється від існуючих підходів і мінімізує обсяг мережевого трафіку під час процесу узгодження даних, особливо при частих і малих змінах. Цей метод використовує вдосконалений метод Левенштейна, що дозволяє передавати тільки зміни замість повних копій даних. Завдяки цьому, значно зменшується кількість переданих даних по мережі, що особливо важливо в умовах частих оновлень і модифікацій невеликих обсягів текстів даних, забезпечуючи ефективну синхронізацію реплік і підтримуючи високу продуктивність системи. Для дослідження отриманих наукових результатів було розроблено спеціалізоване програмне забезпечення, яке являє собою електронний онлайн-журнал для студентів, викладачів, батьків та адміністрації навчальних закладів. Цей програмний продукт дозволяє вчителям виставляти оцінки, створювати та призначати домашні завдання, а також вести звітність щодо успішності студентів. Студенти мають доступ до персонального кабінету, де відображається їхня академічна успішність, а батьки можуть отримувати доступ до інформації, що стосується їхньої дитини, включаючи оцінки та завдання. Адміністрація навчального закладу, у свою чергу, може генерувати різноманітні звіти та статистику щодо успішності студентів та інших показників. Для забезпечення ефективності, надійності та масштабованості застосунок було побудовано на основі Raft-архітектури, яка гарантує узгодженість даних у розподіленій системі. Застосунок реалізовано з використанням сучасного стека технологій, включаючи Docker, Laravel та Vue.js. Застосування цих технологій дозволило створити гнучку, стійку до помилок і легко масштабовану систему, яка ефективно підтримує всі необхідні функції та забезпечує можливість дослідження і аналізу наукових результатів у контексті роботи розподілених систем.

2. This dissertation proposes scientifically grounded methods and software tools aimed at improving query performance in high-load distributed systems. To achieve this goal, the research focuses on optimizing network traffic, enhancing data consistency mechanisms, and implementing efficient resource rebalancing. Special attention is paid to optimizing the behavior of distributed systems that utilize the Raft consensus algorithm, as these approaches form the foundation for reliable data updates and synchronization across multiple nodes. The optimization of Raft and its related processes for data transmission and consistency allows for a significant reduction in response time and network load, which is critical for the stable operation of high-load applications. For the first time, a method for minimizing network traffic volume in the Raft Consensus Algorithm for distributed databases has been developed. This method combines principles inherent to both Raft and leaderless replication, based on the preliminary exchange of metadata between nodes and subsequent result caching. The essence of the method lies in the initial exchange of metadata containing information on cardinality and data vectors before transmitting primary data. This approach reduces the volume of data transmitted over the network, as nodes can synchronize only the changes that require updates. Following this metadata exchange, local caching of the results occurs, minimizing the amount of transmitted data and consequently reducing network load while enhancing the efficiency of the Raft algorithm in distributed databases. The method for query optimization in distributed

databases has been improved by enhancing data rebalancing using genetic algorithms with elitism and adaptive crossover. This approach enables more efficient data distribution across system nodes, reducing query execution time. The inclusion of elitism ensures that the best solutions are preserved at each stage of the algorithm, while adaptive crossover increases solution diversity and accelerates convergence toward the optimal solution. As a result, the modified rebalancing method improves query performance in distributed databases, especially under high-load conditions. Additionally, a data consistency method for distributed databases has been enhanced using the Levenshtein-based approach. Unlike existing methods, this approach minimizes network traffic during the data consistency process, particularly in scenarios involving frequent and minor changes. The method employs an advanced version of the Levenshtein algorithm to accurately identify minimal differences between data versions, allowing for the transmission of only the changes rather than full data copies. Consequently, the volume of transmitted data is significantly reduced, which is particularly important in environments with frequent updates and modifications of small data volumes. This ensures efficient replica synchronization while maintaining high system performance. A specialized software system was developed to investigate the scientific results obtained. The software represents an electronic online journal for students, teachers, parents, and school administration. This product enables teachers to assign grades, create and manage homework, and generate performance reports for students. Students can access a personal dashboard displaying their academic performance, while parents can obtain information related to their child's grades and assignments. The school administration can generate various reports and statistics on student performance and other metrics. To ensure efficiency, reliability, and scalability, the application was built based on Raft architecture, which guarantees data consistency in the distributed system. The application is implemented using a modern technology stack, including Docker for containerization and deployment management, Laravel for backend development following MVC principles, and Vue.js for building a dynamic and responsive user interface. These technologies allowed for the creation of a flexible, fault-tolerant, and easily scalable system that effectively supports all necessary functions and enables the research and analysis of scientific results within the context of distributed systems.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Belous, R., Mukhin, V., Zavgorodnii, V., Kornaga, Y., Zavgorodnya, A., Krylov, I., Rybalochka, & A., Kornaga, V., (2021). Devising a method to identify an incoming object based on the combination of unified information spaces. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 3 No. 2 (111), с. 35–44
- Белоус, Р., Крилов, Є., & Анікін, В., (2021). Методи оптимізації запитів розподілених БД. Адаптивні системи автоматичного управління. Том 2 № 39, с.3–11
- Белоус, Р., Крилов, Є., (2023). Оптимізація часу процесу узгодженості даних в NOSQL. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. № 3 (321), с. 37–42.
- Белоус, Р., Крилов, Є., (2024). Оптимізація використання Raft в розподілених системах з базами даних. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Том 35 (74). № 3,, с. 37–41.
- Белоус, Р., Крилов, Є., (2024). Мінімізація мережевого трафіку в Raft-like consensus algorithm. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. Том 4 №185, с. 2–6.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: підвищення продуктивності праці

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: №0117U004913

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Крилов Євген Володимирович

2. Yevhen O. Krilov

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.13.09

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4313-938X

Додаткова інформація: <https://scholar.google.ru/citations?user=jvBZVWUAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Триснюк Василь Миколайович

2. Vasyl M. Trysniuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 21.06.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9920-4879

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

Код за ЄДРПОУ: 26022051

Місцезнаходження: Чоколовський бульвар, буд. 13, Київ, 03186, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Соколов Володимир Юрійович
2. Volodymyr Y. Sokolov

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.13.06**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-9349-7946**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Київський столичний університет імені Бориса Грінченка**Код за ЄДРПОУ:** 02136554**Місцезнаходження:** вул. Бульварно-Кудрявська, 18/2, Київ, 04053, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Департамент освіти і науки, молоді та спорту виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації)**Ідентифікатор ROR:****Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Олійник Юрій Олександрович
2. Yurii O. Oliinyk

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.06**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-7408-4927**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**Код за ЄДРПОУ:** 02070921**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна**Форма власності:****Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Корнієнко Богдан Ярославович
2. Bogdan Korniyenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-2521-0878**Додаткова інформація:**

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Мусієнко Андрій Петрович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Мусієнко Андрій Петрович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Белоус Роман Володимирович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна