Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003312

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-08-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Медвецький Михайло Богданович
2. Mykhailo Medvetskyi

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7260-0265

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 172

Назва наукової спеціальності: Електронні комунікації та радіотехніка

Галузь / галузі знань: електроніка,автоматизація та електронні комунікації

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Телекомунікації та радіотехніка

Дата захисту: 14-08-2025

Спеціальність за освітою: Телекомунікації та радіотехніка

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 9714

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

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

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23.24, 28.23.25, 28.23.29, 49.27, 49.33

Тема дисертації:

1. Підвищення ефективності використання ресурсів та якості сприйняття послуг в інтелектуальних програмно-конфігурованих мережах
2. Enhancing Resource Utilization Efficiency and Quality of Experience in Intelligent Software-Defined Networks

Реферат:

1. В дисертаційній роботі розв’язано науково-практичне завдання підвищення якості сприйняття послуг в програмно-конфігурованих мережах шляхом розроблення інтелектуальних методів моніторингу стану мережі, маршрутизації трафіку та ефективної доставки відеоконтенту в умовах обмежених ресурсів і змінних вимог користувачів. У першому розділі «Аналіз методів і моделей управління якістю сприйняття послуг в програмно-конфігурованих мережах» проведено аналіз сучасного стану телекомунікаційних мереж та визначено основні обмеження традиційних підходів до забезпечення якості обслуговування (QoS) і якості сприйняття послуг (QoE). Оцінювання QoE є актуальним, оскільки воно відображає реальне задоволення користувача якістю сервісу, доповнюючи технічні метрики QoS. У сучасних мережах, особливо при наданні мультимедійних послуг, забезпечення високого QoE є ключовим фактором конкурентоспроможності операторів і ефективності мережевого управління. Встановлено, що традиційні IP-мережі характеризуються статичною архітектурою з децентралізованою системою керування, жорсткою залежністю від фізичного

мережевого обладнання та потребою в ручному конфігуруванні. Така архітектурна модель суттєво обмежує адаптивність, гнучкість масштабування та здатність до оперативного реагування на зміну мережевих умов і сервісних вимог. Обґрунтовано доцільність трансформації до програмно-конфігурованих мереж (SDN), які, завдяки централізованому контролю та абстракції рівня управління, створюють технологічне підґрунтя для реалізації гнучких, адаптивних моделей управління мережевим трафіком і якістю обслуговування. Архітектура програмно SDN, яка забезпечує централізоване управління та відокремлення контрольної площини від площини пересилання, відкриває нові можливості для реалізації QoE-орієнтованого управління трафіком. Однак у більшості поточних реалізацій застосовуються фіксовані інтервали збору телеметрії, що не враховують динаміку трафіку, викликаючи або затримки в реакції на деградацію сервісу, або надмірне навантаження на мережеву інфраструктуру через надлишковий службовий трафік. Крім того, відсутність реалізованих механізмів багатошляхової маршрутизації та одночасного обслуговування користувача декількома точками доступу обмежує можливості адаптації до змінних умов і потреб високоякісної доставки мультимедійного контенту. У другому розділі «Методи підвищення якості сприйняття послуг в інтелектуальних програмно-конфігурованих мережах» запропоновано концептуальну модель інтелектуальної програмно-конфігурованої мережі, яка базується на використанні централізованого SDN-контролера, що забезпечує інтелектуальне управління мережевими ресурсами шляхом інтеграції трьох основних методів: інтелектуального моніторингу, адаптивної QoE-маршрутизації та багатошляхової маршрутизації. Метод інтелектуального моніторингу дозволяє динамічно змінювати інтервал моніторингу мережевих параметрів, що знижує навантаження на контролер та канали управління, не втрачаючи актуальності даних. Це особливо важливо у випадках високодинамічних навантажень, характерних для URLLC-сервісів та додатків реального часу. У третьому розділі «Моделювання та дослідження методів підвищення якості сприйняття послуг та ефективного використання ресурсів в інтелектуальних програмно-конфігурованих мережах» проведено об'єктивне оцінювання якості відео та VoIP-трафіку за метриками APSNR і PESQ відповідно. Дослідження виявило сильну залежність показників QoE від параметрів QoS (затримки, втрат пакетів, пропускної здатності). Зокрема, втрата навіть 2% пакетів знижувала оцінку відео з «Відмінно» до «Добре», а затримка понад 800 мс негативно впливала на інтерактивність. Одним із ключових практичних досягнень, продемонстрованих у розділі, є стабілізація якості сприйняття у динамічному середовищі мережі шляхом інтеграції прогнозних моделей у процес маршрутизації. Традиційні системи управління трафіком зазвичай реагують на миттєве погіршення параметрів QoS, що може призводити до надмірно частих перемикань маршрутів. У четвертому розділі «Практична реалізація методів підвищення якості сприйняття послуг в інтелектуальних програмно-конфігурованих мережах» представлено результати практичної реалізації, верифікації та аналізу ефективності запропонованого методу доставки контенту в архітектурі SDN. Здійснено експериментальну перевірку функціонування багатошляхового передавання відеопотоків у безпровідних мережах із використанням емулятора Mininet-Wi-Fi. Експерименти показали, що одночасне підключення мобільного пристрою до кількох точок доступу дозволяє значно покращити сумарну пропускну здатність та підвищити показники якості передачі відео (PSNR > 35 дБ). У рамках практичного застосування запропоновано та реалізовано метод доставки відеоконтенту, який ґрунтується на динамічному розподілі відеопотоку між кількома серверами відповідно до залишкової пропускної здатності маршрутів і коефіцієнтів надлишковості.

2. The dissertation addresses the scientific and practical problem of improving the Quality of Experience (QoE) in Software-Defined Networks (SDNs) by developing intelligent methods for network state monitoring, traffic routing, and efficient video content delivery under conditions of limited resources and variable user requirements. Chapter One, titled "Analysis of Methods and Models for Quality of Experience Management in Software-Defined Networks", presents a comprehensive review of the current state of telecommunications networks and identifies key limitations of traditional approaches to Quality of Service (QoS) and QoE assurance. Assessing QoE is of particular importance, as it reflects the actual user satisfaction with service quality, complementing technical QoS metrics. In modern networks, especially in the context of multimedia service delivery, ensuring high QoE is a critical factor in both operator competitiveness and effective network management. The study establishes that

traditional IP networks are characterized by a static architecture with a decentralized control system, tight coupling with physical network infrastructure, and the need for manual configuration. This architectural model significantly limits scalability, adaptability, and responsiveness to dynamic changes in network conditions and service requirements. The transition to Software-Defined Networking (SDN) is justified, as SDN provides centralized control and management abstraction, forming a technological foundation for the implementation of flexible and adaptive traffic and service quality management models. The SDN architecture, which separates the control plane from the data plane, enables the implementation of QoE-driven traffic control strategies. However, most current implementations rely on fixed telemetry collection intervals that do not account for traffic dynamics, resulting in either delayed responses to service degradation or excessive control overhead due to redundant monitoring traffic. Additionally, the absence of multipath routing mechanisms and the inability to serve users through multiple access points simultaneously limit adaptability and hinder high-quality multimedia content delivery in changing network environments. Chapter Two, "Methods for Improving Quality of Experience in Intelligent Software-Defined Networks", introduces a conceptual model of an intelligent SDN architecture. This model is based on the use of a centralized SDN controller capable of intelligent network resource management through the integration of three core methods: intelligent monitoring, adaptive QoE-aware routing, and multipath routing. The intelligent monitoring method enables the dynamic adjustment of the monitoring interval for network parameters, reducing overhead on the controller and control channels while maintaining data relevance. This approach is particularly beneficial under high network dynamics, such as those found in URLLC services and real-time applications. Chapter Three, "Modeling and Investigation of Methods for Enhancing Quality of Experience and Resource Efficiency in Intelligent Software-Defined Networks", presents an objective evaluation of video and VoIP traffic quality using APSNR and PESQ metrics, respectively. The results demonstrate a strong dependency of QoE indicators on QoS parameters, such as delay, packet loss, and bandwidth. For instance, a packet loss rate as low as 2% reduced video quality ratings from "Excellent" to "Good," while delays exceeding 800 ms significantly impaired interactivity. One of the key practical outcomes of this chapter is the stabilization of QoE in dynamic network environments through the integration of predictive models into the routing process. Traditional traffic management systems typically react to immediate degradation in QoS parameters, which can lead to frequent and unnecessary route switching. Chapter Four, "Practical Implementation of Methods for Improving Quality of Experience in Intelligent Software-Defined Networks", presents the results of the practical implementation, validation, and performance analysis of the proposed content delivery method within the SDN architecture. Experimental validation was carried out using the Mininet-WiFi emulator to assess multipath video transmission in wireless networks. The experiments showed that simultaneous connection of a mobile device to multiple access points significantly improved the aggregate throughput and enhanced video quality indicators (PSNR > 35 dB). As part of the practical implementation, a method for video content delivery was proposed and implemented based on the dynamic distribution of video streams across multiple servers according to the residual bandwidth of network paths and redundancy coefficients.

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:

- 1. H. Beshley, M. Beshley, M. Medvetskyi, and J. Pyrih, “QoS-Aware Optimal Radio Resource Allocation Method for Machine-Type Communications in 5G LTE and beyond Cellular Networks,” Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 2021, pp. 1–18, May 2021, doi: https://doi.org/10.1155/2021/9966366.

- 2. M. Beshley, N. Kryvinska, H. Beshley, M. Medvetskyi, and L. Barolli, “Centralized QoS Routing Model for Delay/Loss Sensitive Flows at the SDN-IoT Infrastructure,” Comput. Mater. Contin., vol. 69, no. 3, pp. 3727–3748, 2021. https://doi.org/10.32604/cmc.2021.018625.
- 3. M. Beshley, N. Kryvinska, H. Beshley, O. Panchenko and M. Medvetskyi, "Traffic engineering and QoS/QoE supporting techniques for emerging service-oriented software-defined network," in Journal of Communications and Networks, vol. 26, no. 1, pp. 99-114, Feb. 2024, doi: 10.23919/JCN.2023.000065.
- 4. A.Lozynsky, I. Romanyshyn, B. Rusyn, M. Beshley, Mykhailo Medvetskyi, and Danylo Ivantyshyn, “Advances in Data Reduction Techniques to Solve Power Spectrum Estimation Problems for Emerging Wireless Networks,” Lecture notes in electrical engineering, pp. 585–601, Jan. 2023, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-24963-1_34.
- 5. М.Б. Медвецький, М.І. Бешлей, А.І. Прислупський, Г.В. Бешлей “Метод ініціації хендоверу в програмно-конфігурованій безпровідній мережі на основі показника якості сприйняття послуг,” Infocommunication Technologies and Electronic Engineering = Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, Vol. 1, № 2, P. 1–10, 2021.
- 6. М.Б. Медвецький, М.І. Бешлей, А.І. Прислупський “ Метод управління якістю сприйняття послуг для програмно-конфігурованих мереж заснованих на намірах,” Infocommunication Technologies and Electronic Engineering = Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, Vol. 1, № 1, P. 76–85, 2021.
- 7. М.І. Бешлей, А.І. Прислупський, М.Б. Медвецький, Г.В. Бешлей “Інтелектуальна система моніторингу та аналізу трафіку для виявлення атак у програмно-конфігурованих мережах,” Infocommunication Technologies and Electronic Engineering = Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, Vol. 2, № 1, P. 1–11, 2022.
- 8. М.Б. Медвецький, М.І. Бешлей, Г.В. Бешлей “Підвищення якості сприйняття відео в безпровідних програмно-конфігурованих мережах з використанням мультипідключення,” Infocommunication Technologies and Electronic Engineering = Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, Vol. 3, № 2, P. 1–10, 2023.
- 9. M. Medvetskyi, M. Beshley and M. Klymash, "A Quality of Experience Management Method For Intent-Based Software-Defined Networks," 2021 IEEE 16th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), Lviv, Ukraine, 2021, pp. 59-62, doi: 10.1109/CADSM52681.2021.9385250.
- 10. C. Wang, L. Yuan, M. Medvetskyi, M. Beshley, A. Pryslupskyi and H. Beshley, "Machine Learning-Enabled Software-Defined Networks for QoE Management," 2021 IEEE 4th International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT), 2021, pp. 234-238, doi: 10.1109/AICT52120.2021.9628961.
- 11. M. Beshley, M. Medvetskyi, S. Jun, A. Pryslupskyi, Y. Bobalo and H. Beshley, "QoE-Aware Intelligent Handover Method for Intent-Based Software-Defined Wireless Network," 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, 2022, pp. 534-538, doi: 10.1109/TCSET55632.2022.9767075.
- 12. M. Beshley, V. Kochan, H. Beshley, M. Medvetskyi, I. Kahalo and Y. Shkoropad, "QoS-Coordinated Adaptive Spectrum Management Method for Coexistence 5G-U and Wi-Fi Networks with Short-Term Channel Failures," 2023 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), Jaroslaw, Poland, 2023, pp. 22-26, doi: 10.1109/CADSM58174.2023.10076520.
- 13. Z. Mingming, M. Medvetskyi, M. Beshley and H. Beshley, "QoE-Aware Fusion Technique of Multi-Path Video Transmission and Multi-Connection for Software-Defined 5G/6G Networks," 2023 IEEE 5th International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT), Lviv, Ukraine, 2023, pp. 52-57, doi: 10.1109/AICT61584.2023.10452705.
- 14. M. Medvetskyi, M. Beshley, I. Scherm, O. Urikova, H. Beshley and T. Dierkes, "SDN-Based 6G Video Content Delivery Technique via Multi-Path Routing, Multi-Server Architecture and Multi-Connectivity," 2024 IEEE 17th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer

Engineering (TCSET), Lviv, Ukraine, 2024, pp. 169-173, doi: 10.1109/TCSET64720.2024.10755875.

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

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0122U000817 0123U101692 0125U000645

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бешлей Микола Іванович
2. Mykola I. Beshley

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.12.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7122-2319

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Політанський Руслан Леонідович
2. Ruslan Politanskyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.12.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0015-7123

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, Чернівці, 58012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Михалевський Дмитро Валерійович
2. Dmytro Mykhalevskyi

Кваліфікація: д.т.н., доцент, 05.12.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5797-164X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Селюченко Мар’ян Олександрович
2. Marian O. Seliuchenko

Кваліфікація: к. т. н., 05.12.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0007-7801-8605

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кирик Мар’ян Іванович
2. Maryan Kyryk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.12.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9156-9347

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Кочан Орест Володимирович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Кочан Орест Володимирович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Бешлей М.І.
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна