

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U000549

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 17-02-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Прислупський Андрій Іванович

2. Andriy Pryslupskyi

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9092-6573

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: 30-08-2022

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 231

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: 49.27, 49.33

Тема дисертації:

1. Підвищення показників якості сприйняття інфокомунікаційних послуг в інтелектуальних мережах нового покоління
2. Improving the quality of experience of infocommunication services in the next generation intelligent networks

Реферат:

1. В дисертаційній роботі розв'язано науково-практичне завдання підвищення якості сприйняття послуг в сучасних інфокомунікаційних системах шляхом розробки нових методів інтелектуального моніторингу стану мережі, розподілу мережевими ресурсами та управління якістю обслуговування в умовах адаптації до мінливих вимог користувачів та обмеженості мережеских ресурсів. У першому розділі «Аналіз існуючих методів та моделей управління якістю сприйняття послуг в сучасних телекомунікаційних мережах» проведено огляд архітектури програмно-конфігурованих мереж та виділено основні переваги у використанні над традиційними мережами щодо управління якістю надання послуг. Встановлено, що методи забезпечення якості обслуговування (QoS, Quality of Service) мають вирішальне значення для всіх організацій, які хочуть гарантувати найкращу якість сприйняття своїх найважливіших додатків та послуг. У другому розділі «Моделі та методи побудови інтелектуальних мереж з адаптивним управлінням ресурсами на основі показника якості сприйняття послуг» запропоновано концептуальну модель інтелектуальної інтенційно-

орієнтованої мережі (IBN, Intent-based networking), що розгортається на основі технології програмно-конфігурованих мереж (SDN, Software-Defined Network). Згідно концептуальної ідеології IBN пропонує мережевим адміністраторам простий спосіб вираження бізнес-цілей у вигляді намірів, одним із яких є забезпечення необхідного рівня якості сприйняття сервісів, даючи змогу мережному програмному забезпеченню автоматично досягати поставлених цілей на основі інтелектуального аналізу стану ресурсів та управління трафіком. У даному розділі запропоновано систему моніторингу QoE для майбутніх програмно-конфігурованих мереж на основі намірів, яка покращить якість обслуговування кінцевих користувачів і дасть змогу ефективніше використовувати мережеві ресурси. У даному розділі також розроблено модуль машинного навчання для інтеграції в програмно-конфігуровані мережі. Це дозволяє прогнозувати рівень якості сприйняття послуги кінцевого користувача, враховуючи такі параметри мережі, як затримка та втрата пакетів. Розвинуто метод управління якістю сприйняття послуг в інтелектуальних мережах, який, на відміну від відомих, для забезпечення замовленої якості послуги базується на намірах користувачів визначених у вигляді суб'єктивних QoE оцінок. Розроблено модифікований метод для міграції комутаторів від одного контролера до іншого з врахуванням розподілу відповідно до QoE пріоритетів. У третьому розділі «Розроблення унікального відмовостійкого контролера для клієнт-орієнтованого управління якістю обслуговування в програмно-конфігурованих інтелектуальних мережах нового покоління» розроблено унікальний IBN контролер для інтелектуальних програмно-конфігурованих мереж, який забезпечує клієнтам надійне з'єднання. Даний контролер має функцію авторизації, для того щоб користувачі мали змогу авторизуватись та використовувати свій акаунт для всіх маніпуляцій в мережі. Також контролер можна постійно удосконалювати, та додавати дедалі більше нових і корисних функцій, які можуть розвиватись паралельно розвитку самої мережі. Запропоновано автоматизовану систему відновлення доступності серверів на яких розгортаються SDN/IBN контролер та IoT брокер. Розроблено архітектуру системи відновлення доступності серверів. Створено систему моніторингу функціонування серверів, що дає змогу підвищити відмовостійкість централізованого контролера управління інтелектуальною мережею. Для цього розроблено ряд алгоритмів функціонування, а саме блок схеми роботи Jenkins конвеєра, моніторинга за віддаленим сервером та скрипта моніторинга віддаленого сервера. У четвертому розділі «Практична реалізація інтелектуальної мережі на основі використання технології SDN ZODIAC та автоматизації розроблених методів управління якістю сприйняття послуг» розроблено модуль для інтелектуального управління процедурою хендвера на основі параметра QoE з метою інтеграції у безпроводні програмно-конфігуровані мережі. Використання розробленого модуля дає змогу проводити процедуру хендвера не лише за рівнем потужності сигналу точки доступу, але й з врахуванням таких параметрів мережі, як затримка та втрати пакетів. Врахування цих параметрів дозволило поєднати хендвер та динамічну QoE-маршрутизацію, для забезпечення високого рівня якості сприйняття. Згідно з отриманих результатів запропонований алгоритм дає змогу швидко реагувати на раптові погіршення у мережі та забезпечувати необхідну якість сприйняття для кінцевого користувача. У роботі для практичної реалізації інтелектуальної мережі нового покоління використано обладнання технології SDN Zodiac, яке, на відміну від пропрієтарних виробників мережевого обладнання є відкритою для модифікацій та дає змогу програмно реалізовувати власні рішення щодо управління ресурсами.

2. The dissertation solves the scientific and practical task of improving the quality of service perception in modern infocommunication systems by developing new methods of intelligent monitoring of the network status, allocation of network resources and quality of service management in the context of adaptation to changing user requirements and limited network resources. In the first chapter, "Analysis of existing methods and models for managing the quality of service perception in modern telecommunication networks", the author reviews the architecture of software-configurable networks and highlights the main advantages of using them over traditional networks in terms of managing the quality of service provision. It is established that methods of ensuring the quality of service (QoS) are crucial for all organizations that want to guarantee the best quality of perception of their most important applications and services. In the second chapter, "Models and methods of building intelligent networks with adaptive resource management based on the quality of service perception", a conceptual model of

an intelligent intent-based network (IBN) is proposed, which is deployed on the basis of software-defined networking (SDN) technology. According to the conceptual ideology, IBN offers network administrators a simple way to express business goals in the form of intentions, one of which is to ensure the required level of service quality, enabling network software to automatically achieve the set goals based on intelligent analysis of resource status and traffic management. This chapter proposes an intent-based QoE monitoring system for future software-defined networks that will improve the quality of service for end users and allow for more efficient use of network resources. In this section, we also developed a machine learning module for integration into software-defined networks. This allows predicting the level of quality of end-user service perception, taking into account network parameters such as delay and packet loss. A method for managing the quality of service perception in smart grids has been developed, which, unlike the known ones, is based on the intentions of users defined in the form of subjective QoE estimates to ensure the ordered quality of service. A modified method for migrating switches from one controller to another, taking into account the distribution according to QoE priorities, has been developed. In the third chapter, "Development of a unique fault-tolerant controller for client-oriented QoS management in next-generation software-configurable intelligent networks," a unique IBN controller for intelligent software-defined networks was developed that provides customers with a reliable connection. This controller has an authorization function so that users can log in and use their account for all network manipulations. Also, the controller can be constantly improved and more and more new and useful functions can be added, which can develop in parallel with the development of the network itself. An automated system for restoring the availability of servers on which the SDN/IBN controller and IoT broker are deployed is proposed. The architecture of the server availability recovery system is developed. A system for monitoring the functioning of servers has been created, which makes it possible to increase the fault tolerance of the centralized smart grid management controller. For this purpose, a number of functioning algorithms have been developed, namely a block diagram of the Jenkins pipeline, remote server monitoring, and a remote server monitoring script. In the fourth chapter, "Practical implementation of an intelligent network based on the use of SDN ZODIAC technology and automation of the developed methods of managing the quality of service perception," a module for intelligent control of the handover procedure based on the QoE parameter was developed for integration into wireless software-defined networks. Using the developed module, the handover procedure can be performed not only based on the signal strength of the access point, but also taking into account such network parameters as delay and packet loss. Taking these parameters into account allowed us to combine handover and dynamic QoE routing to ensure a high level of perception quality. According to the results obtained, the proposed algorithm allows us to quickly respond to sudden deteriorations in the network and provide the required quality of perception for the end user. For the practical implementation of the next-generation intelligent network, we used SDN Zodiac technology equipment, which, unlike proprietary network equipment manufacturers, is open for modification and allows software implementation of own resource management solutions.

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. W. Song, M. Beshley, K. Przystupa, H. Beshley, O. Kochan, A. Pryslupskyi, D. Pieniak, J. Su, "A Software Deep Packet Inspection System for Network Traffic Analysis and Anomaly Detection," *Sensors*, vol. 20, no. 6, pp. 1637-1-1637-41, March 2020. (Scopus/Web of Science Q1).
- 2. M. Beshley, P. Vesely, A. Prislupskiy, H. Beshley, M. Kyryk, V. Romanchuk, I. Kahalo, "Customer-Oriented Quality of Service Management Method for the Future Intent-Based Networking," *Applied Sciences*, vol. 10,

no. 22, pp. 8223-1– 8223-38, Nov. 2020. (Scopus/Web of Science Q2).

- 3. A. Prislupskiy, M. Beshley, H. Beshley, Y. Pyrih, A. Branytskyy, “QoE-oriented routing model for the future intent-based networking,” Lecture Notes in Electrical Engineering: Future intent-based networking. On the QoS robust and energy efficient heterogeneous software defined networks, vol. 831, pp.128–144, 2022.
- 4. V. Romanchuk. M. Beshley, A. Prislupskiy, H. Beshley, O. Panchenko, “Method of multiservice infrastructure decomposition with network resource slicing for IoT,” Internet of Things (IoT) and Engineering Applications (Canada), vol. 3, no.1, pp. 22–23, May 2018.
- 5. В.І. Романчук, М.І. Бешлей, А.І. Прислупський, Г.В. Бешлей, “Метод декомпозиції структури мережного пристрою з віртуалізацією ресурсів,” Наукові записки Української академії друкарства, №1(56), с. 31– 42, 2018.
- 6. М.І. Бешлей, А.І. Прислупський, Г.В. Бешлей, “Методи розподілу радіоресурсів та балансування навантаження в мережі 5G/NB-IoT для надання критично важливих сервісів Інтернету речей,” Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – Т.32 (71), ч. 1, № 5, с. 36–45, 2021.
- 7. М.І. Бешлей, А. І. Прислупський, Г. В. Бешлей, “Управління якістю обслуговування в гетерогенній інтенційно-орієнтованій мережі на основі мобільного QoE додатку,” Проблеми телекомунікацій, № 1 (28), с. 45–64, 2021.
- 8. М.Б. Медвецький, М.І. Бешлей, А.І. Прислупський, Г.В. Бешлей “Метод ініціації хендоверу в програмно-конфігурованій безпроводній мережі на основі показника якості сприйняття послуг,” Infocommunication Technologies and Electronic Engineering = Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія, Vol. 1, № 2, P. 1–10, 2021.
- 9. 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.

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 ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0120U102201

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бешлей Микола Іванович

2. Mykola Beshley

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7122-231

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. Євдокименко Марина Олександрівна

2. Maryna Yevdokymenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7391-3068

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, 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 Mykhalevskiy

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. Климаш Михайло Миколайович

2. Mykhailo Klymash

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1166-4182

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. Опірський Іван Романович

2. Ivan Opriskyu

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.21

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8461-8996

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**

Стрихалюк Богдан Михайлович

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

Стрихалюк Богдан Михайлович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Бешлей М.І.

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна