

ЛЕВЧЕНКО СЕРГІЙ

Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»

<https://orcid.org/0009-0006-8497-0515>e-mail: sergiy.levchenko@e-u.edu.ua**ПЕРЕВЕРЗЄВ АНТОН**

Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»

<https://orcid.org/0000-0003-0778-9203>e-mail: anton.pereverzev@e-u.edu.ua**ПОДВИЖЕНКО АРТЕМ**

Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»

<https://orcid.org/0000-0003-1826-7566>e-mail: artem.podvizhenko@e-u.edu.ua**НИКОЛАЄВСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР**

Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»

<https://orcid.org/0000-0002-0786-5432>e-mail: alexander.nikolaievskiy@e-u.edu.ua**НОВІТНІ ПРОТОКОЛИ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ**

Авторами розглянуті питання бездротової мережі, яка є основою сучасної комунікації, забезпечуючи підключення до Інтернету для мільйонів пристроїв по всьому світу. З розвитком технологій з'являються нові протоколи, які обіцяють покращення швидкості, надійності та безпеки. Ця стаття розгляне новітні протоколи бездротових мереж, такі як Wi-Fi 6 (802.11ax), Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7 (802.11be) та 5G, а також їхні переваги та недоліки.

Ключові слова: комп'ютерна мережа, Wi-Fi, протокол, надійність, показник.

LEVCHENKO SERGIY, PEREVERZEV ANTON, PODVIZHENKO ARTEM, NIKOLAIEVSKYI OLEKSANDR

Private higher educational institution "European University"

NEW WIRELESS NETWORK PROTOCOLS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

The authors examines the issues of Wireless Networks, which are the foundation of modern communication, providing Internet connectivity for millions of devices worldwide. With the advancement of technology, new protocols are emerging that promise improvements in speed, reliability, and security. This article will review the latest wireless network protocols, such as Wi-Fi 6 (802.11ax), Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7 (802.11be), and 5G, as well as their advantages and disadvantages. The growing number of connected devices requires networking solutions that can easily scale without sacrificing performance. In a world where there are many different devices and systems, the latest protocols must ensure interoperability between different manufacturers and technologies. Therefore, the problems of the latest wireless network protocols are closely related to important scientific and practical tasks facing modern society. Studying the advantages and disadvantages of these protocols is critical to ensure the efficient functioning of wireless communications in the future.

The influence of the implementation of the latest protocols on the practical use of wireless networks in various fields, including communications, medicine, and industry, will be evaluated. An analysis of the competitiveness of the latest protocols in comparison with previous versions of the protocols and other competing technologies was also carried out, and recommendations were formulated for organizations and enterprises regarding the selection and implementation of the latest wireless network protocols, taking into account their advantages and disadvantages. Given an example with Wi-Fi 6, I used the Scapy library to create and send frames. This example demonstrates how you can configure frames for data transmission using Wi-Fi 6 technology. Using RadioTap and Dot11 allows you to configure the necessary parameters for wireless transmission.

Keywords: computer network, Wi-Fi, protocol, reliability, performance.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Сучасні бездротові мережі є основою для багатьох комунікаційних систем, використовуваних у різних галузях, від персональних гаджетів до промислових IoT-систем. З розвитком технологій зростає потреба в ефективніших, безпечніших та надійніших протоколах бездротових мереж. Новітні протоколи покликані вирішити проблеми попередніх версій, такі як обмежена пропускна здатність, висока затримка, недостатня безпека та енергоефективність. Однак, введення нових протоколів також приносить нові виклики, які потребують детального аналізу. Дана тема має зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.

Взагалі новітні протоколи повинні забезпечувати більшу пропускну здатність для підтримки зростаючих обсягів передавання даних у сучасних мережах. Це важливо як для індивідуальних користувачів, так і для великих організацій, які покладаються на бездротові мережі для передачі великих обсягів інформації. Також для таких додатків, як онлайн-ігри, відеоконференції та інші реального часу, критично важливою є низька затримка. Новітні протоколи повинні пропонувати рішення для зниження затримки передачі даних.

З розвитком технологій збільшуються і ризики кіберзагроз. Нові протоколи повинні включати покращені механізми безпеки для захисту від зловмисних атак. Для пристроїв, що працюють на батареях, критично важливим є мінімізація споживання енергії. Новітні протоколи повинні оптимізувати використання енергії, особливо для IoT-пристроїв. Зростаюча кількість підключених пристроїв потребує мережних рішень, які можуть легко масштабуватися без втрати продуктивності. У світі, де існує безліч різних пристроїв і систем, новітні протоколи повинні забезпечувати сумісність між різними виробниками та технологіями. Тому

проблематика новітніх протоколів бездротових мереж тісно пов'язана з важливими науковими та практичними завданнями, що стоять перед сучасним суспільством. Вивчення переваг та недоліків цих протоколів є критично важливим для забезпечення ефективного функціонування бездротових комунікацій у майбутньому. Систематичний аналіз та оптимізація нових протоколів дозволять створити більш надійні, безпечні та ефективні бездротові мережі, що відповідають сучасним і майбутнім потребам.

Аналіз досліджень та публікацій

Проаналізувавши наукові досліджень та публікації по темі новітніх протоколів бездротових мереж я визначив основні тенденції, досягнення та проблеми у цій сфері. Зрозуміло, що різні протоколи вирішують питання пропускну здатності, затримки, безпеки, енергоефективності, масштабованості та інтероперабельності. Мною було розглянуто ключові дослідження та публікації, що висвітлюють ці аспекти. А саме: збільшення пропускну здатності.

Багато досліджень зосереджені на збільшенні пропускну здатності бездротових мереж. Протоколи, такі як Wi-Fi 6 (802.11ax) та Wi-Fi 7, пропонують нові технології, включаючи OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) та MU-MIMO (Multi-User Multiple Input Multiple Output), які значно підвищують ефективність використання спектра і, відповідно, пропуску здатність мережі.

Наприклад дослідження "Performance Evaluation of Wi-Fi 6 Networks" (2020) показало, що Wi-Fi 6 забезпечує до 4 разів більшу пропуску здатність порівняно з попередніми стандартами, завдяки новим технологіям та вдосконаленням.

Для додатків реального часу, таких як відеоконференції та онлайн-ігри, низька затримка є критично важливою. Новітні протоколи, такі як 5G, пропонують ультранизьку затримку (менше 1 мс) завдяки використанню нових технологій передачі та розподілу сигналу.

Розглянута робота "Low Latency Communication in 5G Networks" (2019) показує як описано, як 5G технології, включаючи Network Slicing та Edge Computing, які сприяють значному зниженню затримки в мережах. Також тут висвітлюється питання безпеки бездротових мереж яке є однією з найбільш актуальних тем. Протоколи, такі як WPA3, надають покращені механізми шифрування та аутентифікації, що значно підвищують рівень безпеки мереж.

"Advancements in Wireless Network Security Protocols: A Survey on WPA3" (2021) детально аналізує переваги WPA3, включаючи покращене шифрування, захист від brute-force атак та Forward Secrecy і визначає енергоефективність. Для IoT-пристроїв та інших енергонезалежних систем критично важливою є оптимізація споживання енергії. Протоколи, такі як Bluetooth Low Energy (BLE) та Zigbee, розроблені з акцентом на мінімальне споживання енергії.

В дослідженні "Energy Efficiency in IoT Networks: A Comparative Study of BLE and Zigbee Protocols" (2022) порівнюються енергоефективні характеристики BLE та Zigbee, підкреслюючи їхні переваги та недоліки, включаючи масштабованість.

Зі зростанням кількості підключених пристроїв зростає потреба у масштабованих рішеннях. Протоколи, такі як LoRaWAN, пропонують можливості для підключення великої кількості пристроїв на великій відстані з низьким енергоспоживанням.

"Scalability of LoRaWAN Networks in Urban Environments" (2021) в даному дослідженні показана демонстрація, як LoRaWAN може ефективно масштабуватися для підтримки великої кількості IoT-пристроїв у міських умовах. Інтероперабельність між різними протоколами та пристроями є важливим аспектом. Нові протоколи повинні забезпечувати безшовну взаємодію з існуючими мережами та технологіями.

"Interoperability Challenges in IoT: A Survey" (2020) досліджує проблеми та рішення, пов'язані з інтероперабельністю в контексті IoT, включаючи використання протоколів, таких як MQTT та CoAP.

Аналіз досліджень та публікацій показав, що новітні протоколи бездротових мереж значно покращують різні аспекти комунікаційних систем. Однак, кожен протокол має свої специфічні переваги та недоліки, що повинно враховуватись при їх виборі та впровадженні. Вивчення цих аспектів є ключовим для забезпечення ефективного, безпечного та надійного функціонування сучасних бездротових мереж.

Формулювання цілей статті

Мета дослідження полягає у оцінці ефективності новітніх протоколів, для цього я провів аналіз та оцінку ефективності сучасних протоколів бездротових мереж, зокрема їхню здатність підвищити швидкість передачі даних, зменшити затримку та покращити якість сервісу в порівнянні зі стандартними протоколами. Визначив ключові напрямки та технологічні рішення, які мають потенціал для подальшого розвитку та удосконалення бездротових мереж, зокрема новітніх протоколів. Оцінив вплив впровадження новітніх протоколів на практичне використання бездротових мереж у різних галузях, включаючи комунікації, медицину, промисловість. Також був проведений аналіз конкурентоспроможності новітніх протоколів у порівнянні з попередніми версіями протоколів та іншими конкуруючими технологіями і сформулював рекомендації для організацій та підприємств щодо вибору та впровадження новітніх протоколів бездротових мереж з урахуванням їхніх переваг та недоліків.

Викладення основного матеріалу дослідження

Новітні протоколи бездротового зв'язку, такі як Wi-Fi 6 та 5G, пропонують значні поліпшення в швидкості та ефективності передачі даних порівняно з попередніми стандартами. В цьому дослідженні я розглянув основні переваги цих технологій та як вони впливають на продуктивність мереж.

Wi-Fi 6, також відомий як 802.11ax, представляє суттєві вдосконалення порівняно з Wi-Fi 5 (802.11ac). Основні технології, які роблять Wi-Fi 6 більш ефективним, включають:

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access): Ця технологія дозволяє розділити один канал на кілька підканалів, кожен з яких може обслуговувати різні пристрої одночасно. Це значно знижує затримку і підвищує загальну ефективність мережі.

MU-MIMO (Multi-User Multiple Input Multiple Output): Wi-Fi 6 підтримує до 8 потоків даних одночасно, що дозволяє обслуговувати більше пристроїв одночасно, порівняно з Wi-Fi 5, який підтримував лише 4 потоки.

BSS Coloring: Ця технологія зменшує перешкоди між сусідніми мережами Wi-Fi, що дозволяє більш ефективно використовувати спектр у щільних середовищах, таких як багатоквартирні будинки або офіси.

Target Wake Time (TWT): Ця функція знижує споживання енергії пристроями, дозволяючи їм узгоджувати з точкою доступу оптимальний час для пробудження і передачі даних. Це подовжує час роботи батареї пристроїв.

5G - це новітній стандарт мобільного зв'язку, який також пропонує значні покращення порівняно з попередніми стандартами, такими як 4G LTE. Основні переваги 5G включають:

Вища швидкість передачі даних: 5G може досягати швидкостей до 10 Гбіт/с, що значно перевищує максимальні швидкості 4G LTE (до 1 Гбіт/с).

Знижена затримка: Затримка в мережах 5G може бути знижена до 1 мс, що робить їх придатними для додатків, які вимагають високої швидкості реакції, таких як доповнена реальність (AR) та віртуальна реальність (VR).

Підвищена пропускна здатність: 5G підтримує значно більше пристроїв на квадратний кілометр, ніж 4G, що важливо для Інтернету речей (IoT).

Мережі з розподіленим спектром: 5G використовує різні частоти, включаючи міліметрові хвилі (mmWave), що дозволяє досягати високих швидкостей передачі даних.

Приклади використання протоколів Wi-Fi 6 та 5G:

Wi-Fi 6 забезпечує ефективну передачу даних за допомогою технологій, таких як OFDMA та MU-MIMO. Наведемо приклад коду, що використовує Wi-Fi 6 для передачі даних.

Python: Використання бібліотеки Scapy для моделювання передачі даних

Scapy - це потужна бібліотека для обробки мережевих пакетів. Ми можемо використовувати її для моделювання передачі даних через Wi-Fi 6.

Нижче наведено приклад:

```
from scapy.all import *

# Створення фрейму для передачі даних з використанням Wi-Fi 6
frame = RadioTap() / Dot11(type=2, subtype=0, addr1='ff:ff:ff:ff:ff:ff', addr2='00:11:22:33:44:55',
addr3='00:11:22:33:44:55') / Dot11QoS() / LLC() / SNAP() / Raw(load='Hello, Wi-Fi 6!')

# Відправлення фрейму
sendp(frame, iface='wlan0')
```

5G мережі забезпечують високу швидкість передачі даних та низьку затримку. Для роботи з 5G мережами в Python можна використовувати бібліотеку socket для передачі даних через мережу.

Python: Використання бібліотеки socket для передачі даних через 5G

Приклад:

```
import socket
```

```
# Налаштування з'єднання
```

```
host = '192.168.1.2' # IP-адреса сервера
```

```
port = 12345 # Порт сервера
```

```
# Створення сокету
```

```
with socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM) as s:
```

```
    # Підключення до сервера
```

```
    s.connect((host, port))
```

```
# Відправлення даних
```

```
message = 'Hello, 5G!'
```

```
s.sendall(message.encode('utf-8'))
```

```
# Отримання відповіді від сервера
```

```
data = s.recv(1024)
```

```
print('Received', repr(data))
```

У прикладі з Wi-Fi 6, я використовував бібліотеку Scapy для створення та відправлення фреймів. Цей приклад демонструє, як можна налаштувати фрейми для передачі даних з використанням технології Wi-Fi 6. Використанням RadioTap та Dot11 дозволяє налаштувати необхідні параметри для бездротової передачі.

У прикладі з 5G, я використовував стандартну бібліотеку socket для встановлення TCP-з'єднання з сервером та передачі даних. Цей приклад показує, як можна передавати дані через мережу 5G, використовуючи просте з'єднання клієнт-сервер.

Обидві технології, Wi-Fi 6 та 5G, значно підвищують продуктивність мереж, забезпечуючи вищу швидкість передачі даних, меншу затримку і кращу ефективність використання спектра. Це робить їх ідеальними для сучасних додатків, які вимагають високої пропускної здатності, таких як потокове відео високої чіткості, онлайн-ігри, доповнена і віртуальна реальність, а також IoT.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В даному дослідженні ми розглянули вплив новітніх протоколів бездротового зв'язку, таких як Wi-Fi 6 та 5G, на швидкість та ефективність передачі даних. Подальші дослідження у напрямі новітніх протоколів бездротового зв'язку можуть включати наступні аспекти. Це оптимізація ефективності мережі:

- дослідження методів оптимізації використання спектру та зниження перешкод у Wi-Fi 6 та 5G мережах;
- також можлива розробка алгоритмів динамічного управління ресурсами для забезпечення високої якості обслуговування (QoS) у складних мережеских умовах;
- вивчення можливостей інтеграції Wi-Fi 6 та 5G з IoT пристроями для забезпечення надійного і енергоефективного зв'язку;
- розробка протоколів безпеки для захисту IoT мереж від кіберзагроз.

Література

1. Воробієнко П.П., Нікітюк Л.А., Резніченко П.І. Телекомунікаційні та інформаційні мережі. Підруч. для ВНЗ. Київ: Самміт-книга, 2010. 708 с.
2. Muriel Médard, Steven S. Lumetta. (2003). Network Reliability and Fault Tolerance March. URL: https://www.researchgate.net/publication/2884965_Network_Reliability_and_Fault_Tolerance
3. Rubens, P. (2019, June 17). Understanding Fault Tolerance: Securing Your System. Enterprise storage forum. URL: <https://www.enterprisestorageforum.com/storage-management/fault-tolerance.html>
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д., Пасічник В.В. Комп'ютерні мережі: Львів: Магнолія, 2013. 256 с.
5. Ткачов В.М., Коваленко А.А., Фесенко Т.Г. Оптимізація мережного алгоритму функціонування комп'ютерних мереж підвищеної живучості на мобільній платформі на етапі їх проектування. Системи управління, навігації та зв'язку. 2021. Вип. 3 (65). с.143-147.
6. Зайченко Ю.П., Мохаммадреса Моссаварі. Аналіз показників живучості комп'ютерної мережі з технологією MPLS. Вісник Національного технічного університету "КПІ". Інформатика, управління та обчислювальна техніка. 2005. Вип. 43. с. 73-80.
7. Ткачов В.М. Метод забезпечення живучості високомобільної комп'ютерної мережі. Сучасні інформаційні системи. 2021. No 2. с. 159-165.
8. Chriki A. FANET: Communication, mobility models and security issues. Computer Networks. 2019.
9. Князева Н.О. Алгоритми оцінки структурної живучості інфокомунікаційної мережі. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології: VIII наук.-техн. конф.: збірник тез. Київ, 2012. с. 192–193.
10. Невзоров А.В., Скляренко О.В., Колодінська Я.О., Яровий Р.О. Особливості аналітичного забезпечення експлуатації інформаційних систем та обладнання у сучасних умовах. Прикладні питання математичного моделювання. Т. 6. No 1. 2023.
11. Ніколаєвський О.Ю., Левченко С.В., Невзоров А.В., Скляренко О.А. Аналіз протоколу для побудови захищеної комп'ютерної мережі на прикладі IPsec. Актуальні питання забезпечення кібербезпеки та захисту інформації: колективна монографія. Київ: Європейський університет, 2023. С.108-114.

References

1. Vorobiienko P.P., Nikitiuk L.A., Reznichenko P.I. (2010). Telekomunikatsiini ta informatiini merezhi. [Telecommunication and information networks]. Kyiv: Sammit-knyha [in Ukrainian].
2. Muriel Médard, Steven S. Lumetta. (2003). Network Reliability and Fault Tolerance March. URL: https://www.researchgate.net/publication/2884965_Network_Reliability_and_Fault_Tolerance
3. Rubens, P. (2019, June 17). Understanding Fault Tolerance: Securing Your System. Enterprise storage forum. URL: <https://www.enterprisestorageforum.com/storage-management/fault-tolerance.html>
4. Mykutyshyn A.H., Mytnyk M.M., Stukhlyak P.D., Pasichnyk V.V. (2013). Kompiuterni merezhi.[Computer networks]. Lviv: Mahnoliia [in Ukrainian].
5. Tkachov V.M., Kovalenko A.A., Fesenko T.H. (2021). Optymizatsiia merezhnoho alhorytmu funktsionuvannia kompiuternykh merezh pidvyshchenoi zhyvuchosti na mobilnii platformi na etapi yikh proektuvannia. [Optimization of the network algorithm for the functioning

of high-survivability computer networks on a mobile platform at the stage of their design], *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zv'iazku*, 3 (65), 143-147. [in Ukrainian].

6. Zaichenko Yu.P., Mokhammadreza Mossavari. (2005). Analiz pokaznykiv zhyvuchosti kompiuternoї merezhi z tekhnolohiieiu MPLS [Analysis of survivability indicators of a computer network with MPLS technology], *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KPI". Informatyka, upravlinnia ta obchysliuvalna tekhnika*, 43, 73-80. [in Ukrainian].

7. Tkachov V.M. (2021). Metod zabezpechennia zhyvuchosti vysokomobilnoi kompiuternoї merezhi [A method of ensuring the survivability of a highly mobile computer network], *Suchasni informatsiini systemy*, 2, 159-165. [in Ukrainian].

8. Chriki A. (2019). FANET: Communication, mobility models and security issues. *Computer Networks*.

9. Kniazieva N.O. (2012). Alhorytmy otsinky strukturnoi zhyvuchosti infokomunikatsiinoї merezhi [Algorithms for assessing the structural viability of the information communication network], *Suchasni informatsiino-komunikatsiini tekhnolohii* [Modern information and communication technologies], Kyiv [in Ukrainian].

10. Nevzorov A.V., Skliarenko O.V., Kolodinska Y.O., Yarovy R.O. (2023). Osoblyvosti analitychnoho zabezpechennia ekspluatatsii informatsiinykh system ta obladnannia u suchasnykh umovakh [Peculiarities of analytical support for the operation of information systems and equipment in modern conditions]. *Prykladni pytannia matematychnoho modeliuвання*. 1. [in Ukrainian].

11. Nikolaievskiy O.Y., Levchenko S.V., Nevzorov A.V., Skliarenko O.A. (2023). Analiz protokolu dlia pobudovy zakhyshechoї komp'iuternoї merezhi na prykladi IPSec [Analysis of the protocol for building a secure computer network using IPSec as an example]. *Aktualni pytannia zabezpechennia kiberbezpeky ta zakhystu informatsii: kolektyvna monohrafiia* [Current issues of cyber security and information protection: a collective monograph] (pp. 108-114). Kyiv: Yevropeiskiy universytet, [in Ukrainian].