

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ MESH-МЕРЕЖ ДЛЯ ПОБУДОВИ СТІЙКИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто принципи побудови та функціонування децентралізованих Mesh-мереж як альтернативного засобу комунікації в умовах відсутності покриття стільникового зв'язку та інтернету. Проаналізовано архітектуру, протоколи маршрутизації, а також переваги та недоліки використання Mesh-технологій для забезпечення стійкості інформаційного обміну в кризових ситуаціях.

Ключові слова: Mesh-мережі, децентралізація, P2P, маршрутизація, LoRa, стійкість зв'язку, IoT.

Abstract

The paper examines the principles of construction and operation of decentralized Mesh networks as an alternative means of communication in the absence of cellular coverage and Internet access. The architecture, routing protocols, as well as the advantages and disadvantages of using Mesh technologies to ensure the resilience of information exchange in crisis situations are analyzed.

Keywords: Mesh networks, decentralization, P2P, routing, LoRa, communication resilience, IoT.

Вступ

Сучасні системи зв'язку, такі як GSM, LTE та оптоволоконний інтернет, є залежними від централізованої інфраструктури (базових станцій, серверів, комутаторів). У випадках стихійних лих, військових дій або блекаутів ця інфраструктура стає вразливою, що призводить до втрати комунікації. Актуальним рішенням цієї проблеми є використання технології Mesh-мереж, яка дозволяє створювати самоорганізовані, децентралізовані системи зв'язку, де кожен пристрій виступає не лише клієнтом, але й ретранслятором сигналу [1].

Результат розробки

Mesh-мережі базуються на принципі комірчастої топології, де вузли з'єднуються між собою за принципом "кожен з кожним" або через ланцюжок проміжних пристроїв. Це дозволяє уникнути єдиної точки відмови: якщо один вузол виходить з ладу, мережа автоматично перебудовує маршрут передачі даних через інші доступні вузли.

Для реалізації таких систем часто використовуються енергоефективні протоколи передачі даних на базі радіомодулів LoRa, Bluetooth Low Energy (BLE) або Wi-Fi (стандарт 802.11s). Особливу увагу в роботі приділено використанню технології LoRaWAN у режим P2P, що дозволяє передавати короткі текстові повідомлення та координати на відстані до кількох кілометрів без прямої видимості та за мінімального енергоспоживання [3].

Важливою складовою є протоколи динамічної маршрутизації, такі як AODV, OLSR або V.A.T.M.A.N. Вони забезпечують автоматичне виявлення сусідніх вузлів та побудову оптимального шляху для пакетів даних [2]. Це робить систему гнучкою: мережу можна швидко розгорнути на новій місцевості, просто увімкнувши пристрої учасників.

На відміну від традиційних рацій, Mesh-мережі підтримують шифрування трафіку, гарантують доставку пакетів (завдяки підтвердженням) та дозволяють створювати закриті групи користувачів, що є критичним для безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.

Виклики впровадження

Незважаючи на значний потенціал, масове впровадження Mesh-мереж стикається з низкою технічних обмежень. Основним викликом є пропускна здатність: зі збільшенням кількості "стрибків" між вузлами швидкість передачі даних суттєво падає, а затримка зростає [2]. Крім того, робота в режимі ретранслятора створює додаткове навантаження на акумулятори мобільних пристроїв. Також існує

проблема інтерференції сигналів у щільних забудовах та необхідність забезпечення достатньої щільності вузлів для покриття великої території [3].

Шляхи подолання викликів

- 1) розробка гібридних алгоритмів маршрутизації для зменшення накладних витрат трафіку ("overhead");
- 2) інтеграція автономних джерел живлення (сонячні панелі) для стаціонарних ретрансляторів;
- 3) застосування адаптивного керування потужністю передавачів для зниження завад;
- 4) розробка крос-платформного програмного забезпечення для легкої інтеграції смартфонів у Mesh-мережу.

Висновки

Технологія Mesh-мереж є перспективним напрямком для побудови резервних систем зв'язку. Вона забезпечує високу живучість мережі, незалежність від операторів мобільного зв'язку та можливість швидкого розгортання. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію енергоспоживання вузлів та підвищення пропускної здатності каналів для передачі мультимедійних даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Murthy C. S., Manoj B. S. Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols. – Prentice Hall, 2004.
2. Corson M. S., Macker J. P. Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations. – RFC 2501, 1999.
3. Bacco M. et al. "LoRa-based Mesh Networks for Internet of Things." IEEE Sensors Journal, 2021.

Вітюк Володимир Артемович – студент групи 1KI-25МС, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: vitiukvolodymyr@gmail.com

Науковий керівник: **Кисюк Дмитро Васильович** – старший викладач кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: kneimad@gmail.com

Vitiuk Volodymyr Artemovich – Department of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: vitiukvolodymyr@gmail.com

Supervisor: **Kysiuk Dmytro V.** – Senior Lecturer, Department of Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: kneimad@gmail.com