

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ В БЕЗРОТОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Сучасні технології бездротових комп'ютерних мереж, такі як Wi-Fi, 4G/5G та IoT-системи, відіграють ключову роль у забезпеченні швидкого доступу до даних у різних сферах – від домашнього використання до застосування їх на об'єктах промисловості [1]. Проте, зростання кількості пристроїв і обсягу даних, призводить до перевантаження таких мереж, що знижує їх пропускну здатність і погіршує якість обслуговування [2]. Метою роботи є проведення досліджень, аналіз методів оптимізації пропускну здатності технологій і стандартів бездротових мереж, вибір та використання їх при підвищенні продуктивності передачі даних. Об'єктом дослідження є процес передачі даних у бездротових мережах, а предметом – методи та алгоритми, спрямовані на оптимізацію пропускну здатності.

Для підвищення пропускну здатності бездротових мереж застосовуються різні методи [3]. Одним з основних є метод адаптивного керування частотним спектром. Він дозволяє динамічно розподіляти частоти між пристроями залежно від навантаження та параметрів фізичного середовища. Стандарт Wi-Fi 6 (802.11ax), наприклад, використовує технологію OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), яка, з метою одночасного обслуговування декількох користувачів, розділяє канал на підканали [4]. Іншим методом є технологія MIMO (Multiple Input Multiple Output) (рис. 1). Цей метод, при передачі та прийому даних, використовує одночасно декілька антен, що дозволяє збільшити пропускну здатність каналу передачі без розширення частотного діапазону. В сучасних мережах технологія MIMO, зазвичай, часто застосовується на маршрутизаторах і в базових станціях, які підтримують технології 5G [5]. У якості третього методу, розглянемо алгоритми розподілу ресурсів у реальному часі, які базуються на аналізі поточного стану мережі. Найбільш поширеними є алгоритми планування, одним з яких є пропорційно-справедливий розподіл PFS (Proportional Fair Scheduling), що оптимізує доступ пристроїв до каналу зв'язку, враховуючи їх вимоги до пропускну здатності та пріоритети даних, які передаються в мережі. Для аналізу ефективності наведених методів, системні адміністратори часто використовують інструменти симуляції (мережевого моделювання). До таких можемо віднести програмні застосунки NS-3 або MATLAB. NS-3 дозволяє моделювати бездротову мережу з

декількома вузлами, застосовуючи технологію MIMO та порівнювати реальну пропускну здатність з базовою конфігурацією [6].

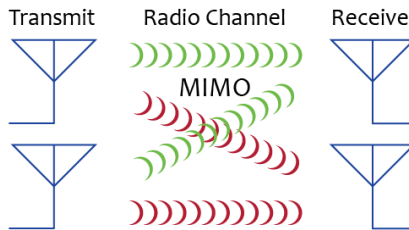


Рисунок 1 – Схема роботи технології MIMO у бездротовій мережі
Наведемо приклад коду для базової симуляції в системі NS-3:

```
#include "ns3/core-module.h"
#include "ns3/network-module.h"
#include "ns3/wifi-module.h"
#include "ns3/mobility-module.h"

using namespace ns3;

int main() {
    NodeContainer wifiNodes;
    wifiNodes.Create(5); // 5 вузлів у мережі

    WifiHelper wifi;
    wifi.SetStandard(WIFI_STANDARD_80211ax); // Використання Wi-
Fi 6
    wifi.SetRemoteStationManager("ns3:IdealWifiManager");

    NetDeviceContainer devices = wifi.Install(PhyHelper,
MacHelper, wifiNodes);

    Simulator::Run();
    Simulator::Destroy();
    return 0;
}
```

До переваг методів оптимізації відносимо: збільшення пропускну здатності (MIMO може подвоїти швидкість передачі даних); зменшення затримок а підвищення стабільності з'єднання; ефективне використання частотного спектру (рис. 2). У той же час недоліками є: висока складність реалізації (потреба в додаткових антенах при застосуванні технології MIMO); збільшення енергоспоживання пристроїв; необхідність точного налаштування алгоритмів для уникнення конфліктів при розподілі ресурсів.

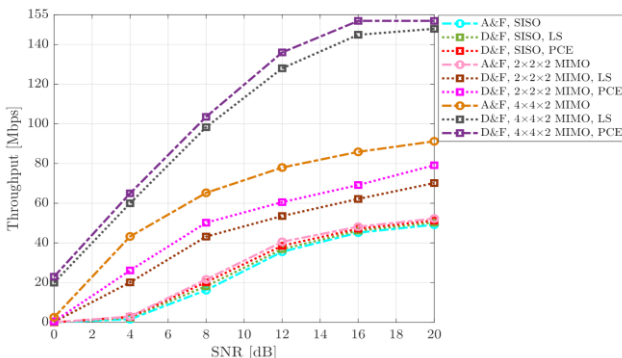


Рисунок 2 – Пропускна здатність мережі з MIMO та без

У ході дослідження розглянуто основні методи оптимізації пропускної здатності бездротових мереж: адаптивне керування спектром; технологію MIMO та алгоритми розподілу ресурсів. Ці підходи є важливими при проектуванні сучасних мереж передачі даних, які здатні підтримувати високі навантаження та забезпечувати стабільну роботу мережі в цілому. Питання оптимізації пропускної здатності каналів зв'язку залишаються актуальними завданнями для подальшого дослідження, особливо з урахуванням швидкого розвитку технологій 5G та Інтернету речей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ejaz W., Internet of Things (IoT) in 5G wireless communications. / Ejaz W., Anpalagan A., Imran M. A., Jo M., Naeem M., Qaisar S. B., Wang W. // IEEE access. – 2016. – Vol. 4. – P. 10310-10314.
2. Haupt R. L. Wireless Communications Systems: An Introduction. // John Wiley & Sons, – 2019. – 432 p.
3. Goldsmith A. Wireless Communications. // Cambridge University Press, – 2005. – 674 p.
4. Bellalta B. IEEE 802.11 ax: High-efficiency WLANs / Bellalta B. // IEEE wireless communications. – 2016. – Vol. 23. №. 1. – P. 38-46.
5. Al-Sarawi S., Internet of Things (IoT) communication protocols. / Al-Sarawi S., Anbar M., Alieyan K., Alzubaidi M. // 8th International conference on information technology (ICIT). – IEEE, 2017. – P. 685-690.
6. Nielsen B. Comparative Analysis of Uppaal SMC ns-3 and MATLAB/Simulink. / Nielsen B. // Engineering of Computer-Based Systems: 8th International Conference, ECBS 2023, Västerås, Sweden, October 16–18, 2023, – Proceedings. Springer Nature, 2023. – Vol. 14390. – P. 153.