

ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ Li-Fi В МЕРЕЖІ ІОТ

Бушинський Д.А., Романов А.О

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: dbushynskiy2002@gmail.com, anton3329@gmail.com

CHALLENGES OF IMPLEMENTING LI-FI TECHNOLOGY IN THE IOT NETWORK

Suggestions for improving the quality of information transmission in networks of interaction between the Internet of Things and Li-Fi technologies by using different types of modulation.

Сучасні тенденції розвитку телекомунікації характеризуються швидким зростанням кількості підключених пристроїв. Це спричиняє появу нових проблем, які можуть бути вирішені шляхом збільшення ємності, підвищення енергоефективності, оптимізації використання спектра та зниження вартості. Цього можна досягти шляхом інтеграції Інтернету речей (IoT) та технології Light Fidelity (LiFi), яка спрямована на покращення ефективності системи за допомогою комунікацій у видимому світлі (VLC) та [1]. LiFi є перспективним рішенням для різних застосувань IoT, зокрема для роботи в приміщеннях і на відкритому повітрі.

Розглядаючи питання інтеграції з'являються вагомні переваги використання цих двох технологій разом, серед яких [2]:

- **Захищеність.** Видиме світло не проходить крізь стіни, що ускладнює перехоплення даних. Це робить технологію потенційно безпечнішою, ніж традиційний Wi-Fi. На відміну від радіочастотних технологій, Li-Fi дозволяє повністю покрити закриту цільову кімнату сигналом.
- **Високошвидкісна передача даних.** Комунікація через видиме світло дозволяє передавати дані в мережу зі швидкістю значно вищою за традиційні методи, що надзвичайно необхідно для пристроїв з використанням великих обсягів інформації.
- **Відсутність перешкод.** Оптичний канал зв'язку не створює радіочастотних перешкод, що робить його придатним для використання у чутливих до радіохвиль середовищах.
- **Енергоефективність.** Світлодіоди можуть виконувати функції як передавача, так і засобу освітлення приміщення.
- **Безпека.** Радіо хвилі можуть негативно впливати на здоров'я

людини, в той час як світло від LED лампи не проникає крізь тіло. Мерехтіння світлодіода під час передачі не помітне людському оку, тому це не викличе дискомфорту у користувачів.

Однак варто зазначити, що для правильної роботи пристрої IoT повинні мати можливість розпізнавати інформацію, обробляти її та зв'язуватися з іншими девайсами [3]. Ці потреби часто стають перешкодою для повноцінного впровадження технології, оскільки вони спричиняють різні складнощі, які ускладнюють виконання цих вимог. Деякі з цих проблем полягають у забезпеченні надійної та двонаправленої сигналізації, яка є важливою для забезпечення передачі інформації. Це необхідно вирішити за допомогою надійного двостороннього каналу зв'язку, який дозволить як надсилати, так і отримувати дані [4]. Зважаючи на те що пристрої інтернету речей можуть бути не завжди в прямій видимості, а отримувати сигнал шляхом відбиття світла від різних об'єктів чи перебувати в русі або бути в зоні опромінення іншими джерелами світла це створює одну з основних проблем впровадження технології Li-Fi в системи інтернету речей.

Множина різних видів модуляції сигналу, може ефективно застосовуватись для вирішення подібних складнощів, оскільки використання різних алгоритмів за певних сценаріїв допоможе зберегти ефективність передачі даних. Як правило, типові методи модуляції, що використовуються для радіочастотного зв'язку, можна використовувати для систем LiFi, оскільки і світлові, і радіочастотні хвилі є електромагнітними хвилями. Однак, особливості світлового сигналу дають змогу використовувати деякі унікальні методи. Загалом можна розділити види модуляції, з однією несучою (SCM) та декількома несучими (MCM) [5], як це показано на рисунку 1:

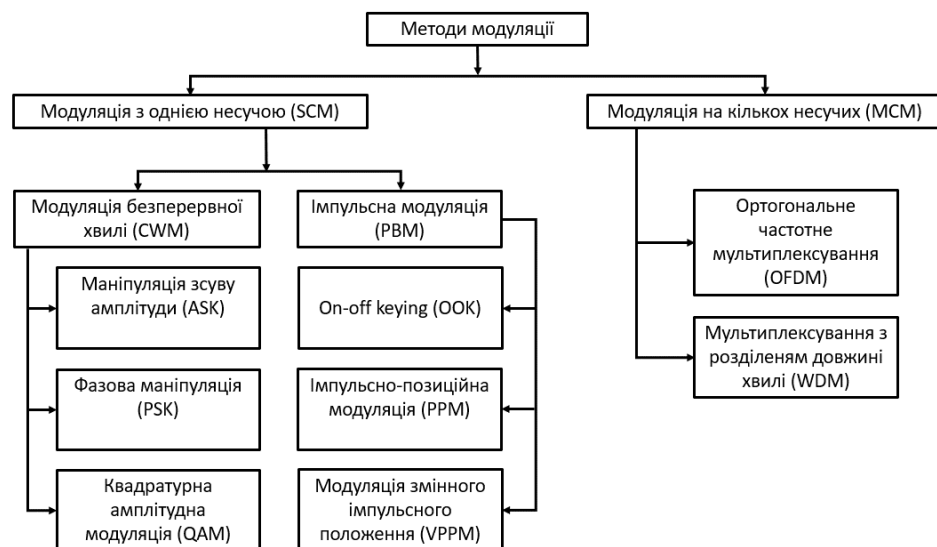


Рис. 1 Види модуляції LiFi.

Для зв'язку у видимому світлі в приміщенні проведено аналіз співвідношення продуктивності між методами модуляції. Результати показують, що продуктивність методів з однією несучою погіршується зі збільшенням швидкості передачі даних через міжсимвольну інтерференцію. Модуляція з декількома несучими є більш енергозатратним, але більш ефективним щодо пропускної здатності порівняно з SCM. OFDM є однією з найпоширеніших схем, що застосовуються в MCM. Незважаючи на складність в реалізації цей метод дає змогу коригувати частотні зміщення якщо пристрій рухається або знаходиться не у зоні прямої видимості. Приклади схем з однією несучою також включають маніпуляцію (OOK) і імпульсну позиційну модуляцію (PPM), які були вивчені та порівняні в системах бездротового інфрачервоного зв'язку [6]. Перший тип є простим у реалізації та підходить для пристроїв IoT, проте він чутливий до шуму. PPM має більшу енергоефективність. VPPM за рахунок чіткішої часової організації імпульсів може уникнути впливу світлових перешкод. PSK добре підходить для девайсів з середньою складністю обчислень, має непогану стійкість до шумів, проте вимагає фазової синхронізації [7]. Використання QAM дозволяє досягти максимальної швидкості користуючись ефективним використанням спектру, однак такий вид модуляції потребує значних ресурсів.

Проведений аналіз проблем впровадження Li-Fi в мережі IoT, викликані особливістю девайсів інтернету речей. Досліджено способи забезпечення ефективності роботи Light Fidelity шляхом використання різних типів модуляції при певних сценаріях, таких як вплив зовнішнього світла, відсутність прямої видимості та рухомі девайси.

Література

1. Rozin B., Shamala S. Integration of the Internet of Things With Light Fidelity: Potential Challenges a Review. Researchgate. URL: https://www.researchgate.net/publication/367465305_Integration_of_the_Internet_of_Things_With_Light_Fidelity_Potential_Challenges_a_Review.
2. Safwan A. Review of LiFi Technology and Its Future Applications. Researchgate. URL: https://www.researchgate.net/publication/326075664_Review_of_LiFi_Technology_and_Its_Future_Applications.
3. Swarnkar M., Bhadoria R. Architectural Building Protocols for Li-Fi (Light Fidelity). Academia.edu.
4. Hwaitat A., Qasem M. A Survey on Li Fi Technology and Internet of Things (IOT).

- Researchgate. URL: https://www.researchgate.net/publication/339630920_A_Survey_on_Li-Fi_Technology_and_Internet_of_Things_IOT
5. Damerdash A., Aly M. Energy efficiency assessment of power electronic drivers and LED lamps in Li-Fi communication systems. Sciencedirect. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721011318>.
 6. Barry J., Kahn J. Wireless Infrared Communications. Ieeexplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/554222>
 7. Raay I. Li-Local: Green Communication Modulations for Indoor Localization. Academia. URL: https://www.academia.edu/46913368/_Li_Local_Green_Communication_Modulations_for_Indoor_Localization_
 8. Petrosino A., Striccoli, D., Romanov, O., Boggia, G., Grieco, L.A. Fidelity for Internet of Things: A survey/ Optical Switching and Networking, Volume 48, March 2023, 100732; <https://doi.org/10.1016/j.osn.2023.100732>
 9. Романов О., Бурлака Г., Берестовенко О., Підпалый О. Технічні особливості побудови Li-Fi мережі за допомогою методів керування SDN/ Вісник ЧДТУ 2023; 0 (3): С:16-25; DOI: 10.24025/2306-4412.3.2023.284893
 10. Romanov, O., Dong, T.T., Nesterenko, M. The possibilities for deployment eco-friendly indoor wireless networks based on LiFi technology/Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT, 2020, 8(1), стр. 41–48; https://icaiit.org/proceedings/8th_ICAIIT_1/1_7_Romanov.pdf
 11. Romanov, O.I., Fediushyna, D.M., Dong, T.T. Model and method of Li-Fi network calculation with multipath light signals/2018 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, (UkrMiCo), Odessa, Ukraine, 2018, pp. 1-4, DOI: 10.1109/UkrMiCo43733.2018.9047550; <https://ieeexplore.ieee.org/document/9047550>
 12. Romanov, O.I., Hordashnyk, Y.S., Dong, T.T. Method for calculating the energy loss of a light signal in a telecommunication Li-Fi system/2nd International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2017 - Proceedings, 2017, 8095404.