

БАГАТОВУЗЛОВА МЕРЕЖА SDN З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ LI-FI

¹Піталова М.Д., ²Мікляєв Г.О.

¹*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського*

²*Дійсний член МАН України*

E-mail: mkidalovaa@gmail.com, glibmiklaiv@gmail.com

Multinodular NETWORK TECHNOLOGIES SDN WITH LI-FI

The paper discusses a multi-node SDN network using Li-Fi technology. It is shown that the transition to this type of network can improve throughput and quality of service.

В роботі розглядається багато вузлова мережа SDN з використанням технології Li-Fi. Показано, що перехід до такого типу мереж дозволяє підвищити пропускну спроможність і якість обслуговування.

На сьогодні одна з найбільш поширених технологій безпроводового доступу є технологія Wi-Fi. Кожен з нас застосовує її для підключення комп'ютерів, мобільних телефонів, планшетів та інших пристроїв до Інтернету. Також Wi-Fi широко використовують у громадських місцях, таких як метро, гіпермаркети, стадіони, торговельно-розважальні центри аеропорти, майдани, в офісах компаній і фірм. Але користувачів стає все більше, зростають вимоги до пропускну спроможності систем і разом із тим збільшують радіочастотні завади. Як показує прогноз, наданий компанією CISCO, і попереджує Федеральна комісія радіозв'язку США, Wi-Fi підходить до межі своїх можливостей з пропускну здатності. Крім того, є обмеження на використання радіохвиль в літаках, лікарнях та інших місцях.

Тому, в якості одного із можливих напрямків подальшого розвитку систем безпроводового доступу, групою вчених з Единбурзького університету під керівництвом професора Гаральда Хааса запропонована технологія Li-Fi [1]. Li-Fi – це безпроводова оптична система зв'язку, в якій для передавання даних замість радіохвиль використовують світло. Різна амплітуда і швидкість мерехтіння світла дає змогу передавати дані. Інтенсивність мерехтіння дуже висока, тому людське око його не помічає. Технологія Li-Fi відносно нова. Тому всі системи на базі технології працюють поки ще в експериментальних умовах [2, 3]. Однак останнім часом, на базі технології Li-Fi пропонують абсолютно новий підхід до побудови систем безпроводового доступу щодо швидкості передавання даних, гнучкості та комфортності експлуатації і починають створювати зразки, які можливо використовувати на практиці.

На відміну від Wi-Fi під час використання технології Li-Fi використовуємо електромагнітний спектр між довжинами хвиль від 380 до 780 нанометрів. Крім того, це не ліцензований діапазон електромагнітного спектру, і тому його використання не потребує сплати за ліцензію, як це роблять для дозволу на використання радіодіапазону. На рис.1 зображено

електромагнітний спектр різних видів сигналів. Як ми можемо бачити, потенційна пропускна здатність діапазону видимого світла в 1000 разів вища ніж у радіодіапазоні [4]. Весь спектр між довжинами хвиль від 380 до 780 нанометрів може бути використаний для Visible Light Communication (VLC) На рис. 1 показано знаходження діапазону частини електромагнітного спектру видимого світла VLC.

Основна ідея VLC, який використовує Li-Fi, полягає у додаванні інформаційних даних до змін інтенсивності світла та виявлення змін на стороні приймача. Це називають методом прямого виявлення, модульованого інтенсивністю intensity modulated direct detected (IM/DD)^[9]. Використовувана частота модуляції зазвичай набагато вища, ніж може виявити людське око, і тому це не спричинює помітного мерехтіння в освітленні.

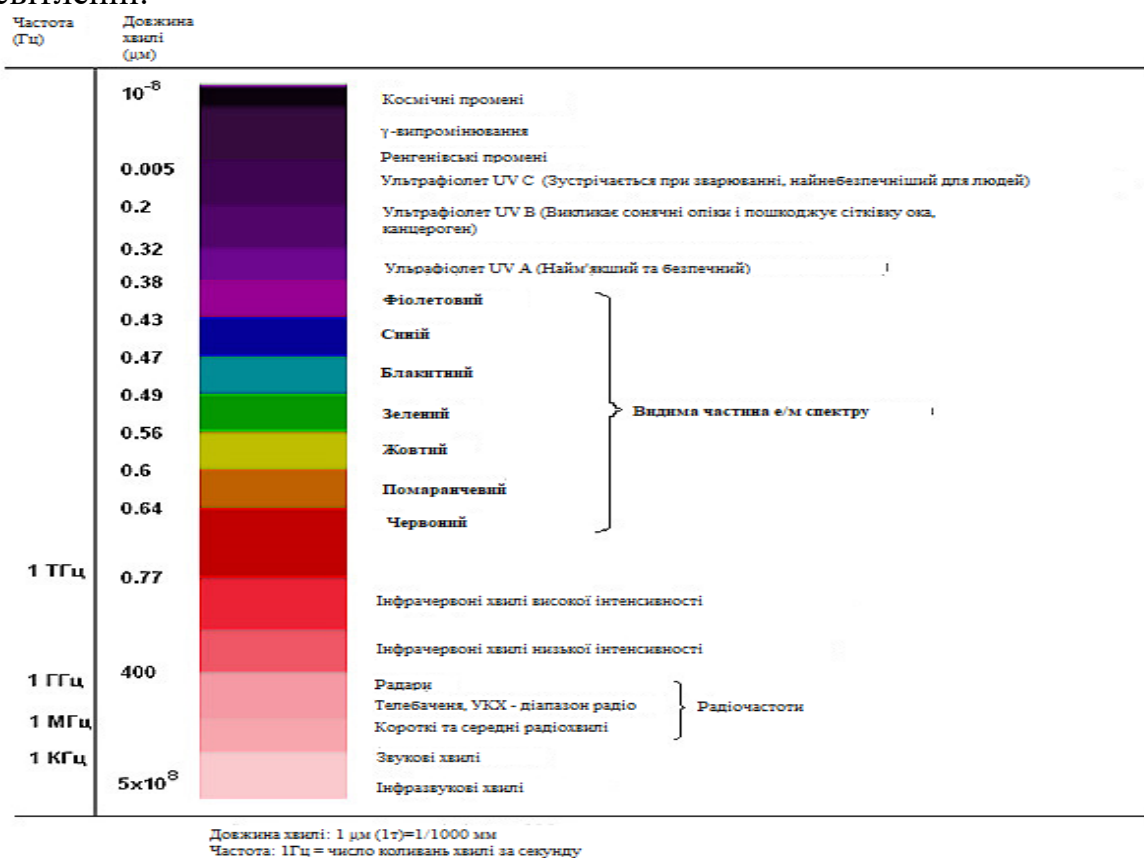


Рис. 1. Електромагнітний спектр різних сигналів.

VLC-зв'язок має ряд переваг. Основні з них це:

1. Смуга частот ширша в 1000 разів у порівнянні з радіо спектром [3].
2. Для впровадження технології Li-Fi можливе використання вже побудованої мережі освітлення приміщення. Це скорочує витрати на побудову мережі передавання даних.
3. Безпека для здоров'я і екологічна безпека.
4. Можливість використання Li-Fi там, де додаткове використання радіохвиль обмежено (літак та інше).
5. Використання неліцензованого спектру [5]. Тобто не потрібно сплачувати додатково за ліцензію.

Більшість існуючих випробувальних лабораторій для видимого світла орієнтовані на реалізацію системи «точка-точка». Однак вже розроблені пропозиції до побудови систем видимого світла, які підтримують N вузлів [6]. На рис.2 представлено ієрархічна архітектура з трьома рівнями: хостом управління мережею, хостом управління SDR, апаратними засобами і інтерфейсами VLC. На верхньому (першому) рівні ієрархічної архітектури знаходиться вузол управління мережею. Вихід цього рівня являє собою набір оптимальних змінних, які потім будуть відправлені на кожен з керуючих хостів SDR. На другому рівні програмований стек протоколів (PPS) встановлюється на кожному з керуючих хостів SDR. З оптимальними змінними, отриманими від хоста управління мережею буде скомпільований стек протоколів PPS для генерації операційного коду для управління апаратними засобами VLC і зовнішніми інтерфейсами третього рівня. Нарешті, кожне апаратне і зовнішнє обладнання VLC (тобто USRP) отримує вибірки основної смуги частот від свого керуючого хоста через інтерфейс Gigabit Ethernet (GigE), а потім відправляє їх по радіоканалу з параметрами передачі, які зазначені в командах управління від SDR хостів.

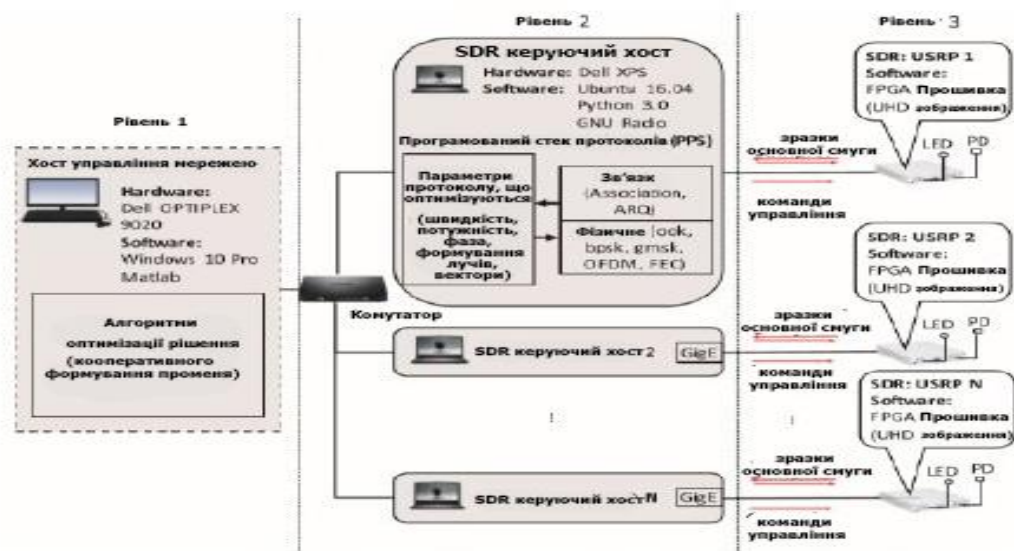


Рис. 2. Структурна схема програмованої системи мережі видимого світла.

Розглянемо призначення елементів системи:

1. Хост управління мережею - це настільний комп'ютер який має набір програм для вирішення завдань управління елементами мережі.
2. SDR керуючий хост - це програмований стек протоколів (PPS), який встановлюється на кожному з керівників хостів SDR. PPS може бути розробленим на програмному забезпеченні Python поверх GNU Radio. Це дозволяє забезпечити плавний контроль USRP. Наприклад, розроблений в роботі PPS [6] охоплює PHY і канальний рівні і може бути легко розширений до верхніх рівнів у майбутньому. Як показано на рис.3, архітектура вузлів на

основі PPS дозволяє здійснити перевірку ефективності мережі у видимому світлі. На фізичному рівні може підтримуватися широкий набір схем модуляції, включаючи, включення-виключення (ООК), гаусову маніпуляцію з мінімальним зрушенням (GMSK), двійкову фазову маніпуляцію (BPSK). Програмовані параметри на цьому рівні включають схеми модуляції і потужність передачі.

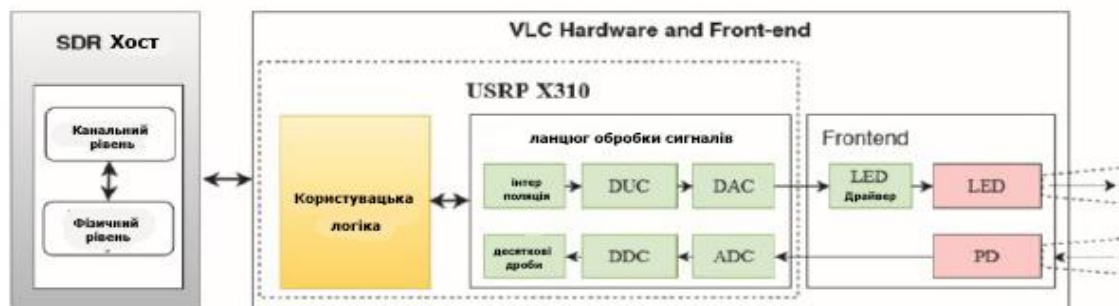


Рис. 3. Архітектура програмного забезпечення вузла видимого світла.

3. VLC Hardware і Front-end може бути реалізованим на материнській платі USRP X310 і має чотири широкосмугових слота для дочірніх плат.

Технологія VLC все ще перебуває на початковому етапі, і необхідні значні зусилля, поки можна буде використовувати весь потенціал для практичних застосувань. Проте, очікується, що ряд світлодіодних застосувань буде готовий через кілька років у багатьох секторах: від супутників до військових призначень, від лікарень (де слід уникати електромагнітних завад) до літаків, від освітлення до автомобілів.

Література

1. C. Chen, M. Ijaz, D. Tsonev, and H. Haas, "Analysis of downlink transmission in DCO-OFDM-based optical attocell networks," in Proc. of IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Austin, TX, Dec 2014.
2. Y. Wang, X. Huang, L. Tao, J. Shi, and N. Chi, "4.5-Gb/s RGB-LED based WDM Visible Light Communication System Employing CAP Modulation and RLS based Adaptive Equalization," Optics Express, vol. 23, no. 10, pp. 13 626–13 633, May 2015
3. O.I. Romanov, Y. S. Hordashnyk, and T. T. Dong, "Method for calculating the energy loss of a light signal in a telecommunication Li-Fi system", International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo), IEEE Conference Publications, Pages: 1-7, 2017;
4. Романов О.І., Федюшина Д.М., Донг Т.Т. Використання технології VLC для побудови мереж LI-FI та принцип її практичної реалізації. Матеріали 12-ої МНТК «Проблеми телекомунікацій», Київ, 2018 р. С 92-94.
5. Романов А.И., Федюшина Д.М., Донг Т.Т. Принцип построения беспроводной сети LI-FI и пути практической реализации // Матеріали 18 МНТК «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах», Одеса, 2018 р., С 223-225.
6. Nan Cen, Neil Dave, Emrecan Demirors, Zhangyu Guan. LiBeam: Throughput-Optimal Cooperative Beamforming for Indoor Visible Light Networks May 2019.