

АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ФІЗИЧНОГО ТА MAC РІВНІВ У LI-FI – СИСТЕМАХ

Романов О.І., Федюшина Д.М., Донг Т.Т.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: a_i_romanov@ukr.net, robinson.kruzo375@gmail.com, dongthitho1993@gmail.com

The analysis of the principles of building physical and MAC levels in Li-Fi systems

The principles of LI-FI systems development at PHY and MAC levels are considered. The list of solved problems is analyzed. Functional construction of devices is given.

Подальший розвиток бездротових мереж пов'язано з рядом труднощів, таких як: обмеженість частотного ресурсу, низька енергоефективність, обмеження використання радіозв'язку (наприклад, у літаках чи лікарнях), шкідливий вплив на біологічні чи технічні об'єкти.

Одним із можливих способів вирішення таких проблем є використання технології Li-Fi (Light Fidelity). Дана технологія була запропонована Харальдом Хаасом і передбачає передачу даних в області спектру видимого світла (від 380 нм до 780 нм, Рис.1) з використанням світлодіодних ламп (LED- Light Emitting diode). Такий підхід дозволяє розширити спектр у 10 000 разів у порівнянні з радіочастотним спектром.

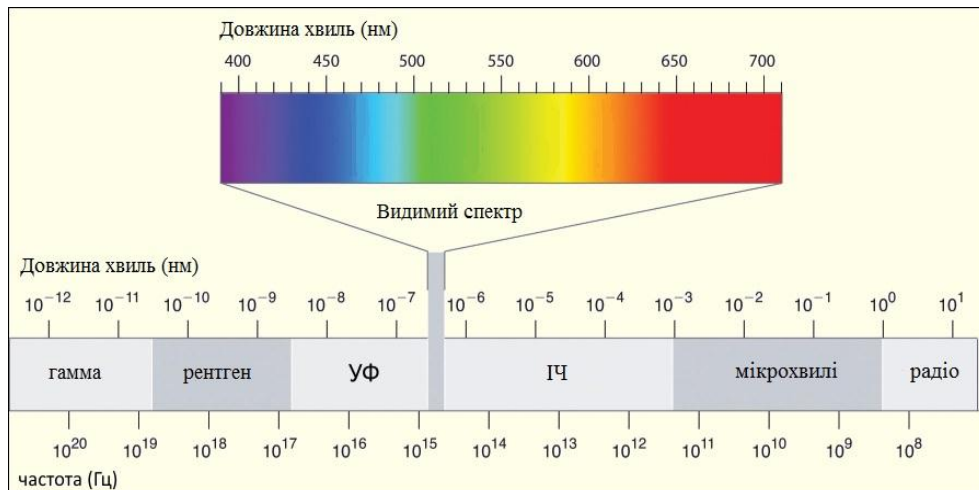


Рис.1. Графічне зображення спектру видимого світла

Важливий внесок у розвиток технології було внесено IEEE 802.15 WPAN Task Group 7, що оголосила перший офіційний стандарт VLC у другій частині 2011 року [1]. Цей стандарт охоплює як бездротовий інтерфейс фізичного рівня (PHY), так і керування доступом до середовища (MAC). Він є основою для розробки продуктів з гарантованими функціональними можливостями і дає орієнтири для майбутніх розробок.

Стандарт призначено для додатків, що відносяться до VLC Personal Area Networks (далі VPAN). В стандарті розглядаються три класи пристроїв:

- стаціонарні;

- мобільні (абоненти, термінали);
- транспортні (пристрої, розміщені на автомобілях, потягах, тощо).

В стандарті IEEE 802.15.7 розроблені рекомендації для трьох мережевих топологій: однорангової, зіркоподібної та ширококомовної. Швидкість передачі даних у мережі складає від 11,67 до 96 Мбіт/с. В стандарті також розроблені рекомендації стосовно типового пристрою мережі Li-Fi. На Рис. 2 зображена архітектура такого пристрою, подана у термінах шарів та підшарів, а також їх відповідність до моделі взаємодії відкритих систем OSI. Кожен рівень даної архітектури надає послуги вищим рівням.

Архітектура пристрою VPAN містить:

- фізичний рівень (PHY), що має випромінювач і приймач світла разом з його механізмом керування низьким рівнем;
- рівень керування доступом до середовища (MAC), що забезпечує доступ до фізичного каналу для всіх типів передачі даних.
- рівень керування логічним каналом (LLC), що отримує доступ до MAC рівня через підрівень схожості послуг (SSCS);
- пристрій керування об'єктом (DME), що взаємодіє з PLME (об'єкт керування фізичним рівнем) та MLME (об'єкт керування зв'язками з MAC) для їх зв'язку з регулятором яскравості. DME отримує доступ до деяких атрибутів, пов'язаних із диммером, MLME та PLME для надання рівням MAC і PHY інформацію про регулювання яскравості. DME може також керувати пермикачами PHY, використовуючи PLME для вибору оптичних джерел та фотодетекторів.

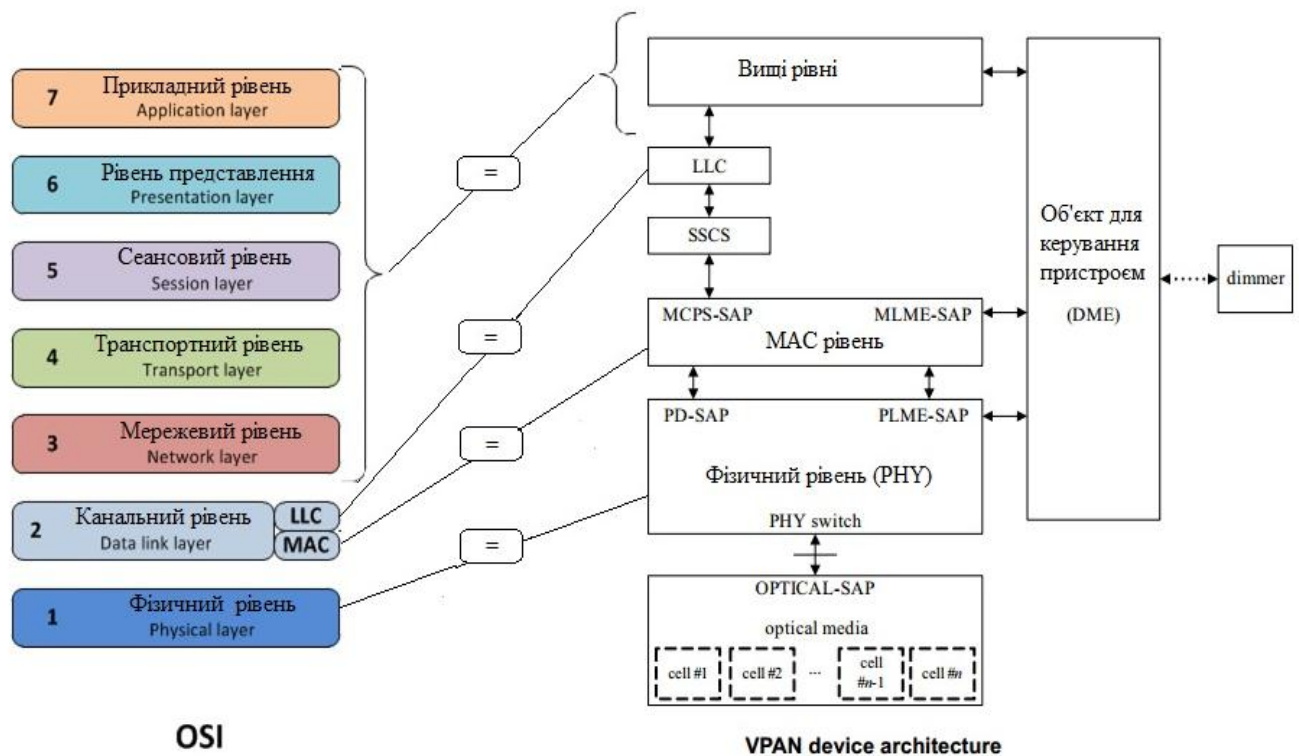


Рис. 2. Графічне зображення відповідності рівнів відкритої моделі OSI та VPAN

MAC рівень вирішує наступні задачі:

- адресація;

- запобігання конфліктів;
- керування радіомаяком та доступом до каналу;
- керування гарантованим часовим інтервалом (GTS);
- перевірка та підтвердження доставки кадру;
- пом'якшення мерехтіння;
- підтримка затемнення і т.д.

Фізичний рівень ділиться на три типи: РНУІ, ІІ і ІІІ, які використовують комбінацію різних схем модуляції. Швидкість РНУІ складає від 11.67 до 266.6 кБ/с, РНУІІ - від 1.25 до 96 МБ/с, а РНУІІІ - від 12 до 96 МБ/с [2]. РНУІ та РНУІІ визначені для одного джерела світла, вони підтримують такі види модуляції, як ООК (двохпозиційну) та VPPM (змінну модуляцію імпульсного положення). РНУІІІ використовує кілька оптичних джерел з різними частотами і має власний формат модуляції - так звану колірну маніпуляцію (CSK). Кожен режим РНУ містить механізми для модуляції джерела світла, лінійного кодування довжини рядку (RLL) та кодування каналу для прямої корекції помилок (FEC). Коди ліній RLL використовуються для того, щоб уникнути тривалих циклів 1 і 0 с, що може викликати проблеми з виявленням мерехтіння та синхронізації і відновлення даних (CDR). Лінійні коди RLL приймають символи випадкових даних на вході та гарантують баланс постійного струму з рівними 1 і 0 с на виході кожного символу. Різні стандартні лінійні коди RLL, наприклад, Manchester, 4B6B чи 8B10B, також визначені у стандарті та забезпечують компроміс між накладними витратами кодування та простотою реалізації. Для ITS-додатків тип РНУІ вважається найбільш зручним, оскільки був розроблений спеціально для зовнішнього застосування. В найпростішому випадку цифрова одиниця «1» представляється станом «включено», а цифровий нуль «0» - станом «виключено».

Для прямої корекції помилок використовуються надійні згорткові коди та коди Ріда-Соломона для подолання додаткових втрат на трасі через велику відстань чи потенційних завад, що створюються джерелами оптичного шуму, наприклад, денним чи флуорисцентним освітленням.

У наш час Li-Fi лише розвивається, проте ця технологія вважається дуже перспективною [3]. Реалізація рекомендацій стандарту IEEE 802.15.7 дозволяє уже сьогодні будувати мережі, що цілком можуть бути конкурентоздатними на сучасному ринку телекомунікацій.

Література

1. Light fidelity (li-fi) based indoor communication system. Farooq Aftab, Muhammad Nafees Ulfat khan, Shahzad Ali, School of Computer and Communication Engineering, University of Science and Technology Beijing china (USTB). International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Vol.8, No.3, May 2016.
2. Principles of LED Light Communications Towards Networked Li-Fi Svilen dimitrov, German Aerospace Center (DLR), Oberpfaffenhofen, Harald Haas, University of Edinburgh. © Cambridge University Press 2015.
3. Farooq Aftab, Muhammad Nafees Ulfat khan, Shahzad Ali «Light fidelity (li-fi) based indoor communication system» International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Vol.8, No.3, May 2016.