

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ВІДКРИТИМИ ОПТИЧНИМИ ТРАСАМИ

С. Кухтін, Є. Федоренко

*Харківський національний університет радіоелектроніки
serhii.kukhtin@mure.ua, yevheniia.fedorenko@mure.ua*

Розвиток телекомунікаційних систем і технологій демонструє поступовий перехід в область більших несучих частот, що продиктовано обсягом даних, що можуть бути передані. Досягнення у сфері ВОЛЗ, а також широкі переваги використання оптичного діапазону, сприяють значному інтересу щодо дослідження можливостей впровадження систем передавання даних відкритими оптичними трасами на противагу класичним системам радіопередачі. Серед них підвищена безпека передавання даних, можливість передавання пакетів оптичних сигналів на великі відстані, впровадження механізмів квантової криптографії та ін. До сфер застосування таких систем, насамперед, можна віднести міські і локальні телекомунікаційні мережі, допоміжні канали передавання даних для наявної телекомунікаційної інфраструктури, швидке впровадження широкосмугового зв'язку у разі надзвичайних подій, телемедицину, широкосмуговий супутниковий зв'язок, тощо.

Типова схема приймально-передавального обладнання оптичних систем з відкритими оптичними трасами представлена на рис. 1.

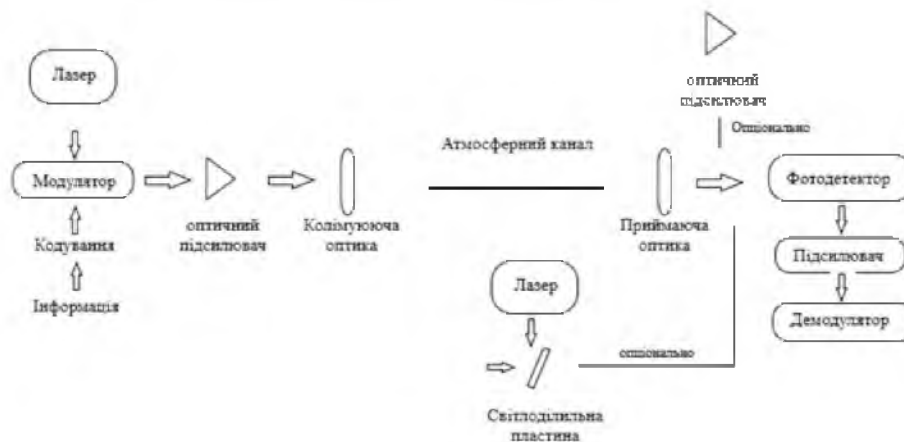


Рис.1 – Схема приймально-передавального обладнання

Сучасні системи передавання оптичних сигналів працюють, здебільшого, в ближньому ІЧ-діапазоні 800-1600 нм, що продиктовано його оптичною прозорістю. Так, на полосах 850, 1060, 1250, 1550 нм типове згасання складає лише близько 02 дБ/км. Існують також експериментальні системи в УФ і середньому ІЧ-діапазонах (10 мкм), що демонструють менші помилки передавання даних [1]. В якості джерел випромінювання найбільше використання знайшли VSCSEL (850 нм), Фабрі-Перо та DFB лазерні діоди (1550 нм). В якості оптичних схем застосовуються, зокрема, некогерентна з детектуванням амплітудної модуляції та когерентна з урахуванням частоти і фази сигналу. Для реєстрації сигналів використовуються переважно Si, InGaAs, Ge P-i-N та лавинні фотодіоди залежно від дальності передавання даних. У деяких випадках, для підвищення чутливості систем на 1550 нм, знайшли застосування оптичні підсилювачі, зокрема, на основі ербієвих волокон і напівпровідникові оптичні підсилювачі.

Передавання оптичного сигналу в атмосфері пов'язано з втратами, що спричинені геометрією променя й юстуванням, атмосферним поглинанням, впливом турбулентних

потоків, зовнішніми шумами. Для простих систем, які працюють на малих відстанях і не устатковані системами трекінгу, простим рішенням компенсації помилок юстування та вібрацій є збільшення діаграми спрямованості передавача.

Найбільший вклад у розсіювання вносять краплі води в повітрі і в меншій мірі частки смогу. З практичної точки зору під час дощу і легкого снігу вплив на оптичний сигнал не дуже великий і зрідка перевищує згасання 3 дБ/км. Коефіцієнт розсіювання значно зростає, коли розмір крапель стає співставним з довжиною хвилі, як у випадку туману. Найбільш вагомий чинник на великих відстанях – згасання оптичного сигналу внаслідок турбулентності оптичних мас, що викликають випадкові флуктуації амплітуди і фази оптичного сигналу [2]. Слід відзначити вплив форми пучка на якість передавання сигналу за умов турбулентності. Встановлено, що для значних відстаней передавання добре себе рекомендує кільцевий розподіл, водночас, за малих відстаней найкраща робота спостерігається для косинусоїдально-гаусівського розподілу інтенсивності. Найпростіше рішення для мінімізації впливу турбулентного згасання – використання великої діафрагми приймальної оптики (апертурне усереднення). Цей метод є ефективним, якщо діафрагма приймальної оптики є більшою за кореляційну довжину згасання $\sqrt{\lambda L}$, де λ і L – довжина хвилі і довжина оптичної траси. Також зниження згасання може бути досягнуто при використанні декількох малих діафрагм, при однаковому ефективному розмірі діафрагми. Іншим методом є розділення сигналу і його передавання декількома окремими променями, що за типових умов, дозволяє підвищити рівень сигнал/шум під час використання двох і трьох променів на 5 і 7,5 дБ. Окрім методів розділення, ефект впливу турбулентності може бути мінімізований з використанням методів адаптивної оптики [3]

Передача даних відкритими оптичними трасами є перспективним напрямком для вдосконалення існуючих телекомунікаційних мереж та побудови мереж наступного покоління. Для ефективного впровадження систем обмежувальним чинником, насамперед, є вплив турбулентних потоків повітря на розповсюдження оптичного сигналу. На даний момент ведуться активні роботи з вивчення, моделювання та розроблення методів мінімізації впливу цього чинника.

- [1] Bloom S., Korevaar E., Schuster J. and Willebrand H. Understanding the performance of free-space optics. *Journal of Optical Networking*. Vol. 2. No. 6, (2003). P. 178–200.
- [2] Henniger H. An introduction to free-space optical communications. *Journal of Radio Engineering*, Vol. 19. No. 2. (2010). P. 203–212.
- [3] Tyson R. K. Bit-error rate for free-space adaptive optics laser communications. *Journal of the Optical Society of America*. Vol. 19. No. 4. (2002) P. 753-758.

FEATURES OF MODERN FSO SYSTEMS

S. Kukhtin, E. Fedorenko

*Kharkiv National University of Radioelectronics
serhii.kukhtin@mure.ua, yevheniia.fedorenko@mure.ua*

In recent years there has been a growing interest in FSO systems for data transmission purposes. This thesis provides a brief survey on modern state of FSO systems, components and their inherent advantages. Also, main challenges and limitations related to broad implementation of such systems have been discussed in this thesis as well as methods aimed to improve their performance.