

1968. - 466 p.

УДК 621.376; 534::621.382

Чобаль О.І.¹, Чобаль І.В.², Різак М.В.³, Петришинець І.⁴, Трикур І.І.⁵, Різак В.М.⁶

¹ доц. ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

² асист. ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

³ доц. ДУ «Київський авіаційний інститут»

⁴ Researcher at Institute of Materials Research of Slovak Academy of Sciences

⁵ доц. ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

⁶ проф. ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

АКУСТООПТИЧНІ ПРИСТРОЇ НА ОСНОВІ КРИСТАЛІВ $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ТА LiKV_4O_7 ДЛЯ БЕЗПЕЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В FSO МЕРЕЖАХ

Технологія FSO (Free Space Optics) або атмосферних оптичних ліній зв'язку базується на передачі даних за допомогою модульованого оптичного випромінювання переважно в інфрачервоній частині спектру через атмосферу та їх детектування. На приймаючій стороні оптична система фокусує електромагнітну хвилю на високочутливу матрицю фотоприймачів, що перетворює оптичний пучок в електричний сигнал. Безсумнівними перевагами технології FSO є захищеність каналу від несанкціонованого доступу, висока пропускна здатність і якість цифрового зв'язку, а також відсутність необхідності отримання ліцензій на використання радіочастотного спектру. Таким чином, дана технологія має перспективи використання для організації високошвидкісної корпоративної мережі між філіалами, що знаходяться в зоні прямої видимості, вирішення проблеми

останньої милі при організації комп'ютерних мереж, а також створення високошвидкісних мобільних магістралей у випадку наявності перешкод. Відмітимо також, що атмосферні оптичні лінії зв'язку можуть бути дуже швидко розгорнуті для забезпечення надійного високошвидкісного тимчасового зв'язку і для вирішення цієї задачі альтернативи FSO-системам практично не існує. Враховуючи ці особливості, а також стійкість до радіоперешкод дана технологія може використовуватись для забезпечення прихованого зв'язку в різноманітних підрозділах ЗСУ.

Розглянемо одноканальну схему передачі даних за допомогою FSO систем та відомі випадки порушення її безпеки (рис. 1). На фізичному рівні моделі OSI передача даних забезпечується передавачем S та приймачем D за допомогою лазерного променя, реалізуючи зв'язок між Алісою та Бобом. У той же час зломисник E (Єва) намагається перехопити інформацію пасивним способом прослуховування. Як правило, розглядаються два можливих сценарії перехоплення лазерного променя. У першому сценарії, коли зломисник E розташований близько до передавача, потенційний перехоплювач не може перехопити промінь без порушення стану мережі, тобто часткового перекриття прямої видимості між законним передавачем та отримувачем через вузькість лазерного променя. У другому сценарії перехоплювач розташований близько до законного отримувача (рис. 1). Відомо, що із зростанням відстані поширення лазерний промінь дефокусується внаслідок оптичної дифракції та турбулентності в атмосфері. Це дозволяє приховано перехоплювати бічні пелюстки оптичного сигналу, не змінюючи стану мережі. Таке перехоплення є одним із найбільш ймовірних способів, що реалізується в системах FSO зв'язку.

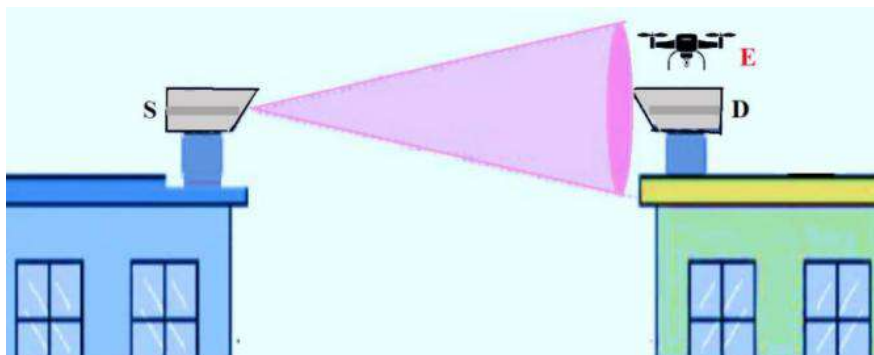


Рисунок 1 – Безпека FSO мережі на фізичному рівні моделі OSI [1]

У літературі розглядається кілька способів забезпечення безпеки фізичного рівня (Physical Layer Security) передачі даних в FSO мережах [1].

Серед них варто відмітити високу ефективність застосування акустооптичних пристроїв в якості модуляторів і дефлекторів лазерного випромінювання для підвищення секретності зв'язку. Принцип роботи цих пристроїв полягає в дифракції світла на акустичній хвилі, що поширюється в прозорому середовищі і наводить фазові оптичні ґратки за допомогою періодичної зміни показника заломлення.

Для модуляції інтенсивності лазерного променя та шифрування даних використовують акустооптичні модулятори. Інтенсивність лазерного випромінювання визначається дифракційною ефективністю акустооптичного (АО) пристрою та є прямопропорційною критерію АО якості середовища М2 та потужності акустичного пучка, який збуджується п'єзоелектричним перетворювачем під впливом модулюючого радіоімпульсу. В АО дефлекторах для просторового шифрування використовується відхилення оптичного променя на певний кут $\Delta\theta$ пропорційний зміні частоти акустичної хвилі Δf :

$$\Delta\theta_d = (\lambda/nv)\Delta f, \quad (1)$$

де λ – довжина хвилі лазерного випромінювання; n – показник заломлення середовища; v – швидкість звука.

Метою даної роботи є аналіз ефективності реалізації акустооптичних пристроїв на основі кристалів $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ та LiKB_4O_7 для безпечної передачі інформації в FSO мережах. Зокрема на основі проведених вимірювань твердості і модуля Юнга кристалів у різних кристалографічних напрямках досліджено анізотропію їх пружних властивостей. Встановлено, що параметр анізотропії кристалів тетраборату літію становить близько 4.3, а кристалів LiKB_4O_7 - 2.8. У той же час критерій АО якості кристалів LiKB_4O_7 для найповільніших звукових хвиль становить $M_2=(332\pm120)\times10^{-15}\text{с}^3/\text{кг}$ [2], що майже у 100 разів перевищує відповідне значення для кристалів $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Це свідчить про те, що за умови фазового синхронізму кристали LiKB_4O_7 забезпечують високу ефективність дифракції і можуть бути використані для створення ізотропних акустооптичних пристроїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shakir, W., Abdulkareem, R. A survey on physical layer security for FSO communication systems. In Proc. of 2nd Int. Conf. Integrated Sciences and Technologies, IMDC-IST 2021, 7-9 September 2021, Sakarya, Turkey.
2. Mys O.G. Acoustooptic and acoustic properties of KLiB_4O_7 crystals. Ukrainian journal of physical optics. – 2009. – Vol. 10, №3. – P. 165-174.