

650 NM LAZER ASOSIDA QISQA MASOFALI OPTIK SIMSIZ ALOQA TIZIMINING SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH

I.A. Maxmudov¹, R.K. Saparbayev²

¹Fargona davlat texnika universiteti Telekommuniktsiya muhandislifi kafedrası katta o`qituvchi

¹Abu Rayxon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, Urganch shahar,

O'zbekiston Respublikasi

¹E-mail: isroilmaxmudov903@gmailcom

²E-mail: saparbayevraxmonbergan@gmail.com

Annotatsiya

Mazkur maqolada 650 nm to'liq uzunligiga ega lazer asosida qisqa masofali optik simsiz aloqa tizimining samaradorligi tahlil qilinadi. Tadqiqotda optik uzatish muhitining xususiyatlari, signalning so'nishi, shovqinlar ta'siri hamda qabul qiluvchi qurilmaning sezgirligi kabi omillar ko'rib chiqilgan. Shuningdek, lazer nuri orqali ma'lumot uzatishda yuzaga keladigan yo'qotishlar va ularning aloqa sifatiga ta'siri amaliy va nazariy jihatdan baholangan.

Ish davomida qisqa masofalarda yuqori tezlikda va ishonchli ma'lumot uzatishni ta'minlash imkoniyatlari aniqlangan. 650 nm diapazondagi lazerlarning optik simsiz aloqa tizimlarida qo'llanilishi energiya samaradorligi va kam xarajatli yechim sifatida asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari optik simsiz aloqa texnologiyalarini takomillashtirish hamda ularni amaliyotga joriy etishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: optik simsiz aloqa, 650 nm lazer, signal so'nishi, shovqin, uzatish samaradorligi, qisqa masofa.

Аннотация

В данной статье проводится анализ эффективности системы оптической беспроводной связи на основе лазера с длиной волны 650 нм для коротких

расстояний. В исследовании рассмотрены такие факторы, как характеристики оптической среды передачи, затухание сигнала, влияние шумов, а также чувствительность приемного устройства. Кроме того, с теоретической и практической точек зрения оценены потери при передаче данных с помощью лазерного излучения и их влияние на качество связи.

В ходе работы выявлены возможности обеспечения высокоскоростной и надежной передачи данных на короткие расстояния. Применение лазеров в диапазоне 650 нм в системах оптической беспроводной связи обосновано как энергоэффективное и экономически выгодное

решение. Результаты исследования имеют важное значение для совершенствования технологий оптической беспроводной связи и их внедрения в практику.

Ключевые слова: оптическая беспроводная связь, лазер 650 нм, затухание сигнала, шум.

Abstract

This article analyzes the efficiency of a short-range optical wireless communication system based on a 650 nm wavelength laser. The study considers factors such as the characteristics of the optical transmission medium, signal attenuation, noise effects, and receiver sensitivity. In addition, losses occurring during data transmission via laser radiation and their impact on communication quality are evaluated from both theoretical and practical perspectives.

The study identifies the possibilities of ensuring high-speed and reliable data transmission over short distances. The use of 650 nm lasers in optical wireless communication systems is justified as an energy-efficient and cost-effective solution. The research results are of significant importance for improving optical wireless communication technologies and their practical implementation.

Keywords: optical wireless communication, 650 nm laser, signal attenuation, noise, transmission efficiency,

KIRISH

XXI asrda axborot uzatish texnologiyalarida sezilarli o'zgarishlar yuz bermoqda. Fotonika va kvant optikasi sohasidagi yutuqlar nafaqat ilmiy izlanishlar, balki amaliy aloqa tizimlariga ham joriy qilinmoqda. So'nggi yillarda yorug'lik asosida axborot uzatish texnologiyasi – Li-Fi (Light Fidelity) konsepsiyasi jadal rivojlanmoqda. Ushbu texnologiya elektromagnit to'liqlarning radio diapazoni o'rniga optik diapazondan foydalanib, yuqori tezlikda va xavfsiz aloqa imkoniyatlarini taqdim etadi [1].

Mazkur maqolada 650 nm to'liq uzunligiga ega, 5 mW quvvatli lazer yordamida qisqa masofada (1–3 metr) audio signal uzatish va quyosh paneli yordamida qabul qilish tajribasi o'tkazildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi – lazer nuri orqali modulyatsiyalangan signalni qabul qilish samaradorligini baholash va nazariy hisob-kitoblardan iborat.

Nazariy asoslar. Optik aloqa tizimlari odatda quyidagi bloklardan iborat: manba (lazer diodi), modulyator, uzatish muhiti (havo), qabul qiluvchi (fotodetektor) va dekoder. Audio signalni lazer orqali uzatishda modulyatsiya jarayoni tabiiy ravishda yuz beradi: telefon audiosignali lazer quvvatini o'zgaruvchan qilib, nur intensivligini modulyatsiya qiladi [2]. Lazer nurlanishining quvvat zichligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

bu yerda:

$$I(r) = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (1)$$

$I(r)$ – masofa r dagi yorug‘lik intensivligi (W/m^2), P – lazer quvvati (W),

r – manba va qabul qiluvchi orasidagi masofa (m).

Fotodetektor sifatida ishlatilayotgan quyosh paneli tushayotgan yorug‘lik oqimini elektr tokiga aylantiradi. Fototok quyidagicha ifodalanadi:

$$I_{ph} = R \cdot P_{rec}(2)$$

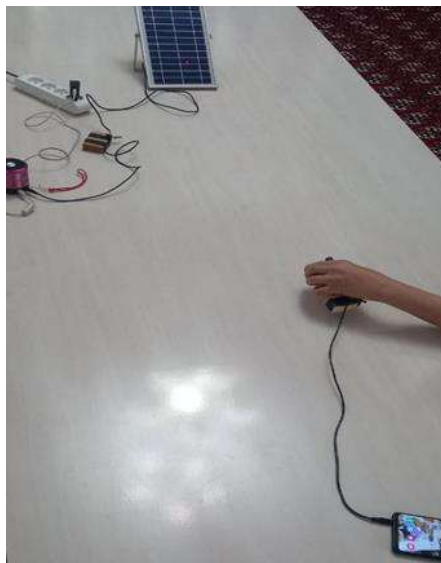
bu yerda:

R – fotodetektor sezgirligi (A/W),

P_{rec} – qabul qiluvchi yuzasiga tushayotgan quvvat (W).

Eksperimental qism. Tajriba sxemasi quyidagicha tashkil etildi:

Telefonning audio chiqishi (3.5 mm naushnik uchi) lazer diodiga ulanadi. Lazer diod 4.5 V (3 ta 1.5 V batareya) bilan ta‘minlandi. Lazer nuri havo orqali tarqalib, qabul qiluvchi qurilma sifatida 26.5 cm x15.8 cm (taxminan 0.04 m^2) yuzaga ega 6 W quyosh paneliga yo‘naltirildi [3]. Quyosh paneli chiqishi oddiy karnayga ulandi. Masofa uch xil qiymatda sinovdan o‘tkazildi: 1 m, 2 m va 3 m.



1-rasm. Sinov jarayoni

Hisob-kitoblar. Lazer quvvati: $P=5 \text{ mW}=0.005 \text{ W}$, quyosh panelining yuzasi: $S \approx 0.04 \text{ m}^2$.

$$\text{1-masofa. } r=1 \text{ m. } I(1) = \frac{0.005}{4\pi \cdot 1^2} = 3.98 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2 \quad \text{—}$$

$$P_{rec}(1) = I(1) \cdot S = 3.98 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 1.592 \cdot 10^{-5} \text{ W}$$

$$\text{2-masofa. } r=2 \text{ m. } I(2) = \frac{0.005}{4\pi \cdot 2^2} = 9.95 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2 \quad \text{—}$$

$$Prec(2) = I(2) \cdot S = 9.95 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 3.98 \cdot 10^{-6}, W$$

$$3\text{-masofa. } r=3 \text{ m. } I(3) = \frac{0.005}{4\pi \cdot 2^2 m^2} = 4.42 \cdot 10^{-5}, W$$

$$Prec(3) = I(3) \cdot S = 4.42 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 1.768 \cdot 10^{-6}, W$$

1-jadval.

Sinov natijalari.

Masofa, m	Qabul quvvati (W)
1	$1.592 \cdot 10^{-5}$
2	$3.98 \cdot 10^{-6}$
3	$1.768 \cdot 10^{-6}$

Hisob-kitoblardan ko‘rinadiki, masofa oshishi bilan qabul qiluvchida quvvat tez kamayadi. Tajriba davomida telefon orqali uzatilgan audio signal quyosh paneli yordamida muvaffaqiyatli qabul qilindi va karnay orqali eshitildi. Masofa ortgani sayin signalning aniqligi pasayishi kuzatildi, ammo 3 metrda ham musiqa eshitalishi mumkin bo‘ldi. Fon yorug‘ligi va xona yoritilishi qabul qilingan signallarga sezilarli ta‘sir ko‘rsatdi. Maxsus fotodiodlar ishlatilganda sezgirlik yuqoriroq bo‘ladi va masofa kengayadi. Shunga qaramay, oddiy quyosh paneli yordamida audio signalni yorug‘lik orqali uzatishning oddiy tajribasi amalga oshirildi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda 650 nm lazer yordamida qisqa masofada audio signallarni simsiz uzatish va quyosh paneli yordamida qabul qilish muvaffaqiyatli amalga oshirildi. 1–3 metr oralig‘ida signal qabul qilindi. Masofa ortishi bilan signal quvvati tez kamayishi aniqlandi. Oddiy komponentlar yordamida optik simsiz aloqa tizimi qurish mumkinligi isbotlandi. Natijalar yorug‘lik asosidagi aloqa tizimlari (Li-Fi)ni oddiy sharoitlarda ham sinash mumkinligini ko‘rsatadi.

ADABIYOTLAR

- [1]. [1] H. Haas, L. Yin, Y. Wang, C. Chen. “What is LiFi?” *Journal of Lightwave Technology*, vol. 34, no. 6, pp. 1533–1544, 2016.
- [2]. J. M. Kahn, J. R. Barry. “Wireless infrared communications.” *Proceedings of the IEEE*, vol. 85, no. 2, pp. 265–298, 1997.
- [3]. A. Ghassemlooy, W. Popoola, S. Rajbhandari. *Optical Wireless Communications: System and Channel Modelling with MATLAB*. CRC Press, 2012.
- [4]. Rayimjonova, O. S., & Toshpulatov, S. M. (2025). Flyugerlar uchun burchakli siljish o‘zgartirgichlarini tahlil qilish va zamonaviy nanolitografik texnologiya tamoyillari. *Строительство и образование*, 4(3), 185-192.

- [5]. Райимжонова, О. С., Эргашев, Ш. У., & Тиллабоев, М. Г. (2023). Арсенид галлийли афн–элементлар. ЖУРНАЛИ, 234.
- [6]. Райимжонова, О. (2023). Оптоэлектронное измерение сильных токов и сильных магнитных полей. Engineering problems and innovations, 1(1), 35-38.
- [7]. Tojiboev, I., Rayimjonova, O. S., Iskandarov, U. U., Makhammadjonov, A. G., & Tokhirova, S. G. (2022). Analysis of the flow of information of the physical level of internet services in multiservice networks of telecommunications. Мировая наука, (3 (60)), 26-29.
- [8]. Rayimjonova, O. S., & Nurdinova, R. A. (2024). Boshqarish va nazorat qilish sistemalari uchun issiqlik o ‘zgartirgichlarni tadqiq qilish. Al-Farg’oniy avlodlari, (2), 152-157.
- [9]. Ergashev, S. U., & Tillaboyev, M. G. (2025). Аномально высокий диотовольтаический эффект в тонких пленках арсенид-галлия. Строительство и образование, 4(3), 179-184.
- [10]. Muxiddinjon, T. (2024). Pillani namligini o ‘lchishning optoelektron qurilmasi. Al-Farg’oniy avlodlari, (4), 189-192.
- [11]. Rustambekovich, D. L. (2025). RAQAMLI TASVIRLARNI QAYTA ISHLASHDA SHOVQINNI KAMAYTIRISH USULLAR. TADQIQOTLAR, 76(4), 347-352.
- [12]. Khalilov, M. M. (2023). Effect of heat treatment on the photosensitivity of polycrystalline PbTe films and PbS. Al-Farg’oniy avlodlari, 1(4), 218-221.
- [13]. Dalibekov, L. R. (2025). RAQAMLI SIGNALLARNI QAYTA ISHLASHDA FILTRLAR VA KODLASH USULLARINING SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH. ZAMONAVIY TARAQQIYOT VA FAN: 21-ASR YONDASHUVLARI, 1(1), 194-206.
- [14]. Dalibekov, L., & Dalibekova, D. (2025). Telemedicine—a new direction in modern medicine. Engineering problems and innovations, 3(1), 30-35.
- [15]. Iskandarov, U. U., Makhmudov, I. A., & Iskandarov, N. U. (2026). АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СТРУКТУР ТЕХНОЛОГИЙ ОБЛАЧНОЙ СРЕДЫ. Строительство и образование, 5(1), 139-144.
- [16]. Iskandarov, U. U., & Iskandarov, N. U. Study OF the Mechanism OF Voltage Generation in the Order OF 12-24 V Potential by Means OF Thermo Emf Based on the Seebeck Effect. American Journal of Technology and Applied Sciences, 34, 32-36.
- [17]. Turgunov, B., Juraev, N., Toshpulatov, S., Abdullajon, K., & Iskandarov, U. (2021, November). Researching of the degradation process of laser diodes used in optical transport networks. In 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) (pp. 1-4). IEEE.
- [18]. Jo’rayev, N. (2023). Ta’lim jarayonlari raqamli transformatsiyasining mohiyati va ahamiyati. Engineering problems and innovations.
- [19]. Muxammadyunosovich, X. M., Rustamovich, D. L., & Qizi, M. R. A. (2024). Optik tolalarda

- signallarni yo ‘qolishini oldini olish va axborot xavfsizligi ta’minlash. Al-Farg’oniy avlodlari, (2), 129-131.
- [20]. Khalilov, M. M. (2023). Effect of heat treatment on the photosensitivity of polycrystalline PbTe films and PbS. Al-Farg’oniy avlodlari, 1(4), 218-221.
- [21]. Komilov, A. O. (2025). Оптоэлектронный датчик для контроля геотермальных газов. Строительство и образование, 4(3), 295-300.
- [22]. Komilov, A. O. (2018). Selection of the composition and structure of the energy complex. Математическое и информационное моделирование: сборник научных трудов.–Тюмень, 2018.–Вып. 16.
- [23]. Makhmudov, I. A., & Isroiljonova, G. S. (2021). THE PACKAGE MULTISERVICE SERVICES IN NGN. Academic research in educational sciences, 2(6), 989-994.
- [24]. Tojiboev, I., Rayimjonova, O. S., Iskandarov, U. U., Makhammadjonov, A. G., & Tokhirova, S. G. (2022). Analysis of the flow of information of the physical level of internet services in multiservice networks of telecommunications. Мировая наука, (3 (60)), 26-29.
- [25]. Райимжонова, О. (2023). Оптоэлектронное измерение сильных токов и сильных магнитных полей. Engineering problems and innovations, 1(1), 35-38.
- [26]. Rayimjonova, O. S. (2022). Investigation of cluster-type inhomogeneity in semiconductors. American Journal Of Applied Science And Technology, 2(06), 94-97.
- [27]. Iskandarov, U. U., Ergasheva, M. F., & Madaminov, M. R. (2025). “O ‘zbekiston pochta si” aj Farg ‘ona filialida “smart logistics” tizimini joriy qilish mexanizmlarini ishlab chiqish. Строительство и образование, 4(3), 248-252.
- [28]. Khusanova, S. S., Tajibayev, I. B., & Tillaboyev, M. G. (2023). How to connect two or more tvs to a digital set-top BOX. *International Journal of Advance Scientific Research*, 3(10), 109-116.