

Date: 19th May-2025

LI-FI TEXNOLOGIYASIGA ASOSLANGAN SIMSIZ TARMOQLAR
SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH VA BAHOLASH

Mirzohid Berdimuradov

1 University of Management and Future Technologies universiteti assistenti;

berdimurodov.mirzohid@gmail.com

(95) 109 99 07

Annotatsiya: Ushbu maqolada Li-Fi texnologiyasining ishlash prinsipi, asosiy komponentlari, hamda uni Wi-Fi va Wi-Max bilan taqqoslagan holda texnik va funksional imkoniyatlari o'rganildi. Xususan, ma'lumot uzatish tezligi, tarmoqning barqarorligi va energiya samaradorligi kabi ko'rsatkichlar asosida Li-Fi tarmog'ining samaradorligi tahlil qilindi.

Kalit so'zlar: Li-Fi, Wi-Fi, Wi-Max, chastota, yorug'lik spektri, LED yoritgich, radiochastota.

Li-Fi (Light Fidelity) - bu yorug'lik to'lqinlari yordamida ma'lumotlarni simsiz uzatishga mo'ljallangan aloqa texnologiyasidir. U an'anaviy radio to'lqinlar o'rniga ko'zga ko'rinadigan yorug'lik (masalan, LED chiroqlar) orqali axborot uzatishni amalga oshiradi. Ushbu texnologiyaning asosi bo'lib, yorug'lik signalining juda tez yoqilib-o'chishi orqali raqamli ma'lumotlar uzatish imkoniyati xizmat qiladi.

Li-Fi tizimining asosiy komponentlari

Oddiy Li-Fi tizimi quyidagi asosiy komponentlardan iborat bo'lishi mumkin:

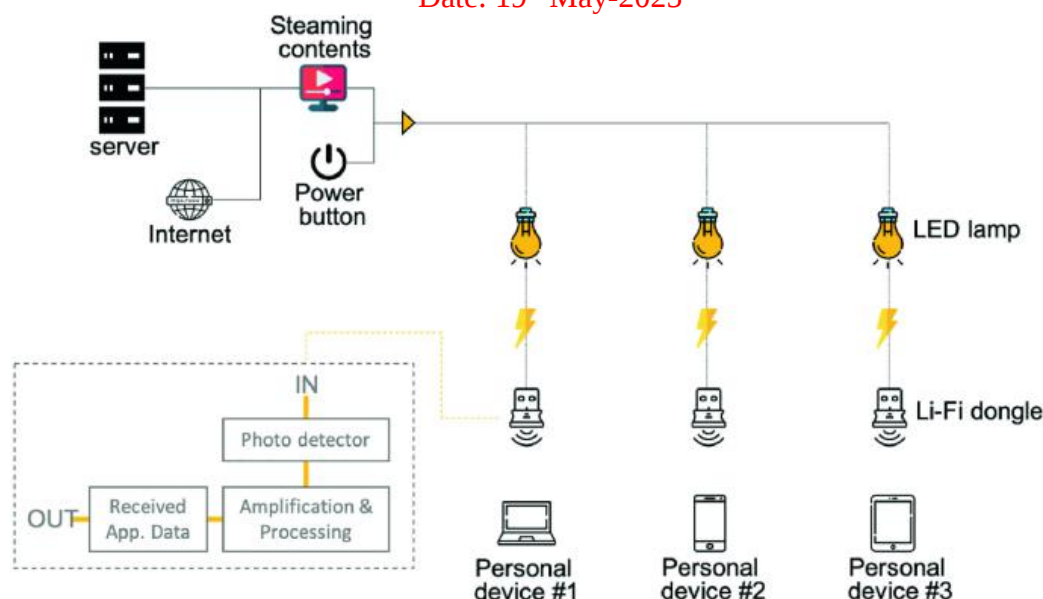
a) Yuqori yorug'likka ega bo'lgan oq LED yoritgich - uzatish manbai sifatida ishlaydi.

b) Ko'rinadigan yorug'likka nisbatan yuqori sezuvchanlikka ega bo'lgan kremniy fotodiodi – qabul qilish elementi sifatida xizmat qiladi.

LED lampalarining o'chirilishi va yoqilishi orqali ular 1 va 0 lar ketma-ketligidan iborat bo'lgan raqamli signallarni hosil qilishi mumkin. Yangi ma'lumot oqimini hosil qilish uchun LEDlarning tebranish (flickering) chastotasi o'zgartirilishi orqali ma'lumot kodlanadi. Shu tarzda, LED chiroqlari ma'lumot signali bilan yorug'likni modulyatsiya qilgan holda uzatuvchi sifatida ishlaydi[1].

Inson ko'zi bu jarayonni sezmaydi, chunki LED lampalar juda yuqori chastotada (soniyada millionlab marta) tebranishni amalga oshiradi, natijada ularning chiqishi odam uchun doimiy yoritilish sifatida ko'rinadi. Turli multiplekslash texnikalaridan foydalanib, 100 Mbit/s dan yuqori tezlikdagi aloqa kanallarini tashkil etish mumkin. Shuningdek, parallel ma'lumot uzatish texnologiyasi orqali LED lampalar massividan foydalangan holda har bir LED alohida ma'lumot oqimini uzatishi mumkin, bu esa ma'lumot uzatish tezligini 10 Gbit/s gacha oshirish imkonini beradi[3].





1-rasm. Li-Fi arxitekturası

Light Fidelity (Li-Fi) texnologiyasi - bu ko'rinadigan yorug'likdan foydalanishga asoslangan simsiz aloqa tizimidir. U elektromagnit spektrining binafsha (800 THz) va qizil (400 THz) diapazonlari oralig'ida ishlaydi. Wi-Fi texnologiyasidan farqli o'laroq, Li-Fi elektromagnit spektrning radiochastota diapazonidan emas, balki optik spektrning ko'rinadigan yorug'lik qismidan foydalanadi.

Li-Fi texnologiyasining ishlash prinsipi juda sodda. Tizimning bir tomonida yorug'lik chiqaruvchi qurilma, ya'ni LED uzatgich joylashgan bo'lsa, ikkinchi tomonida esa fotodetektor (yorug'lik sensori) mavjud. LED uzatgichga yuborilgan ma'lumot yorug'lik orqali kodlanadi. Ushbu jarayon texnik jihatdan ko'rinadigan yorug'lik aloqasi (Visible Light Communication – VLC) deb ataladi va ma'lumotlarni LEDlarning yoqish-o'chirish chastotasini o'zgartirish orqali kodlashga asoslanadi. Natijada, turli xil ikkilik (1 va 0) ma'lumot ketma-ketliklari hosil qilinadi[2].

Li-Fi texnologiyasining ishlash tamoyili yorug'lik manbasining amplituda modulyatsiyasi orqali ma'lumotlarni uzatishga asoslangan bo'lib, bu jarayon belgilangan va standartlashtirilgan usulda amalga oshiriladi. Yorug'lik diodlari (LED) inson ko'zi ilg'ay olmaydigan darajada tez yoqilib-o'chirilishi mumkin, chunki LEDlarning ishlash tezligi 1 mikrosekunddan kam. Ushbu ko'zga ko'rinmas yoqish-o'chirish jarayoni ikkilik (binary) kodlardan foydalanib ma'lumot uzatish imkonini beradi. Agar LED yoqilgan bo'lsa, raqamli '1' signali uzatiladi, aks holda esa raqamli '0' signali uzatiladi. Bundan tashqari, LEDlarni juda tez yoqib-o'chirish mumkinligi tufayli, ularni ma'lumot uzatish vositasi sifatida ishlatish imkoni paydo bo'ladi. Bu jarayon Wi-Fi va Wi-Maxlardagi radiochastotalar kabi aralashuvga uchramasligi sababli, ma'lumotlarni uzatishda ancha barqarorlik ta'minlanadi.

Li-Fi texnologiyasi 80% ga samaraliroq deb hisoblanadi, bu esa uning 1 Gbit/s va undan yuqori tezlikka yetishi mumkinligini anglatadi. Li-Fi texnologiyasi optik tolali aloqadan farqli ravishda, qisqa masofalarda (10 metrgacha) simsiz aloqa uchun

Date: 19th May-2025

moslashgan protokol pog'onalariga ega. Bu esa Li-Fi ni qisqa masofada yuqori tezlikda simsiz aloqa ta'minlash imkoniyatiga ega noyob texnologiyaga aylantiradi[3].



2 - rasm. Li-Fi orqali ma'lumot uzatish jarayoni

Li-Fi texnologiyasi, an'anaviy Wi-Fi va Wi-Max texnologiyalaridan farqli o'laroq, radio to'liqlari o'rniga yorug'likni uzatish vositasi sifatida ishlatadi, bu esa uni ba'zi maxsus afzalliklarga ega qiladi, xususan, yuqori tezlikda ma'lumot uzatish va to'liqlarning bir-biriga aralashmasligini ta'minlash.

Biroq, Li-Fi tarmoqlarida tashqi omillar ta'siri katta rol o'ynaydi, chunki ma'lumotlar yorug'lik orqali uzatiladi va yorug'lik manbalarining o'zgarishi, to'siqlar va boshqa tashqi omillar bu uzatish sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Li-Fi tarmoqlarining samaradorligini baholashda quyidagi asosiy tashqi omillarni inobatga olish kerak[2]:

- yorug'likning kuchi va to'siqlar;
- atrof-muhitdagi yorug'lik;
- atmosfera sharoitlari;
- yorug'likning chastotasi va spektri;
- tashqi elektromagnit aralashmalar.

Jadval 1

Li-Fi tarmoqlarida tashqi omillar ta'sirini baholash

Tashqi omil	Ta'sir turi	Ta'sirning o'lchovlari	Tahlil qilish usuli	Aniq sonlar (o'lchovlar)
Atrof-muhitdagi yorug'lik	Tabiiy va sun'iy yorug'lik manbalari signallarni buzishi mumkin (masalan, quyosh nuri, neon chiroqlar).	Oq yorug'lik shovqini, ambient yorug'lik darajasi.	Signalga ta'sir qiluvchi tashqi yorug'likni tahlil qilish.	Ambient yorug'lik: 200-1000 lux (kun davomida)

Date: 19th May-2025

Havo namligi	Namlik yuqori bo'lsa, signal zaiflashishi mumkin.	Signal kuchining pasayishi, o'zgarishlar.	Havo namligini o'lchash va tahlil qilish.	Namlik: 50-80% (past namlikda signal yaxshiroq)
Havo harorati	Temperatura o'zgarishi signalning tarqalishiga ta'sir qiladi.	Signalning qabul qilishdagi xatolik darajasi.	Havo haroratini hisobga olish va o'lchovlar.	Harorat: 20°C - 40°C (optimal harorat: 25°C)
Modulyatsiya turlari	Turli modulyatsiya texnikalari (RZ, NRZ, PPM, QPSK va boshqalar) ta'sir qiladi.	BER, Q faktor, ko'z balandligi.	Har xil modulyatsiya turlarida tahlil qilish.	Modulyatsiya: BER: 10 ⁻⁶ (QPSK va PPM eng yaxshi)
Chastota va spektr	Yuqori chastotalar tezroq uzatishni ta'minlasada, ko'proq yo'qotilish yoki buzilishlarga olib keladi.	Signal tezligi va qabul qilish masofasi.	Chastota va spektrni modellashtirish.	Chastota: 400 THz (optik spektrda)
Elektromagnit aralashmalar	Boshqa elektron qurilmalar yoki radioto'lqinlar bilan aralashish ehtimoli.	Signal sifati va uzatish tezligi kamayishi.	Elektromagnit nurlanishni kuzatish.	Elektromagnit ta'sir: 5-10% signal buzilishi

Li-Fi, Wi-Fi va Wi-Max - bu uchala texnologiya simsiz aloqa vositalari bo'lsada, ularning ishlash printsiplari va qo'llanilish sohalari turlicha. Li-Fi yorug'lik to'lqinlari orqali axborot uzatadi va juda yuqori tezlik, past aralashuv darajasi hamda yuqori xavfsizlik bilan ajralib turadi. Biroq uning signali devordan o'ta olmaydi, bu esa uni faqat yopiq muhitlarda ishlatishga mos qiladi. Aksincha, Wi-Fi radio to'lqinlariga asoslanadi va devor-to'siqlar orqali ham signal uzata oladi, shu bois uy va ofis tarmoqlarida keng qo'llaniladi[5].

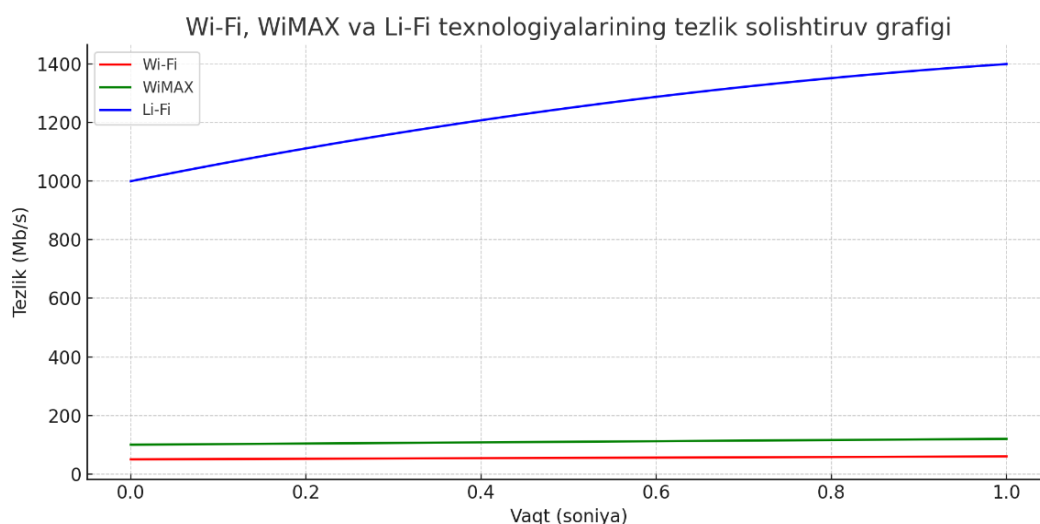
Wi-Max esa uzoq masofalarga yuqori tezlikda internet uzatishga mo'ljallangan bo'lib, keng hududlarni qamrab olish imkoniyatiga ega. U asosan shaharlarda yoki chekka hududlarda keng polosali internetni ta'minlashda ishlatiladi. Solishtirganda, Li-Fi maksimal tezlik va xavfsizlikni, Wi-Fi qulaylik va moslashuvchanlikni, Wi-Max esa masofani qamrab olish bo'yicha ustunlikni ta'minlaydi[4].

Jadval 2

Li-Fi va Wi-Fi texnologiyalarini taqqoslash jadvali

Parametrlari	Li-Fi	Wi-Fi	Wi-Max
Qo'llaniladigan diapozon	Visible Light	RF	RF
Standard	Standard IEEE 802.15.7	Standard IEEE 802.11	Standard IEEE 802.16

Diapazon	Yorug'lik intensivligiga asoslangan (< 10 m)	Radio to'lqinlarning tarqalishi va shovqiniga asoslangan (< 300 m)	Radio to'lqinlarning tarqalishi va shovqiniga asoslangan < 300 m masofaga xizmat ko'rsatishi mumkin, ammo keng hududli tarmoqlar uchun 2–3 km (yoki yanada uzoqroq).
Ma'lumot uzatish tezligi	Juda yuqori (~ 1 Gbps)	Past (100 Mbps–1 Gbps)	Past (100 Mbps–1 Gbps)
Quvvat sarfi	Past	Yuqori	Yuqori
Narx	Past	Yuqori	Yuqori
Kanal kengligi	Cheklangan	Kengroq, keng polosali	Kengroq, keng polosali



3 - rasm. Wi-Fi, WiMax va Li-Fi texnologiyalarining tezlik solishtiruv grafigi

Texnologiyani tanlashda foydalanish maqsadi, masofa, xavfsizlik va qurilma mosligi kabi omillar muhim rol o'ynaydi. Masalan, yopiq, xavfsizlik talab etiladigan joylarda Li-Fi afzal bo'lishi mumkin, mobil va kundalik foydalanish uchun Wi-Fi qulay, keng hududli xizmatlar uchun esa Wi-Max samaraliroq bo'ladi. Shunday qilib, bu texnologiyalar bir-birini to'ldiruvchi, turli muhit va ehtiyojlarga mos keluvchi yechimlardir.

ADABIYOTLAR:

1. T. Komine, M. Nakagawa. Performance evaluation of visible-light wireless communication system using white LED lighting. – IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2005, Vol. 52, Issue 3, pp. 293-299.
2. Б.И.Крук, В.Н.Попантопуло, В.Н.Шувалов, Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 1 – Современные технологии / под ред.

Date: 19th May-2025

Профессора В.П. Шувалова – Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 647 с.

3. Z. Ghassemlooy, L.N. Alves, S. Zvanovec, M.-A. Khalighi. Visible Light Communications: Theory and Applications. – CRC Press, 2017. – 578 p.

4. J. Armstrong, Y. Sekercioglu, A. Neild. Visible light positioning: A roadmap for international standardization. – IEEE Communications Magazine, 2013, Vol. 51, Issue 12, pp. 68-73.

5. T. Nguyen, Q. Trinh, H. Nguyen. A Survey on Visible Light Communication and Its Applications. – International Journal of Computer Applications, 2018, Vol. 179, No. 17, pp. 26-31.

