ZAMONAVIY YUQORI TEZLIKDAGI SIMSIZ TEXNOLOGIYALARNI TURLI GEOGRAFIK SHAROITLARDA QO‘LLASH

Abdug‘afur Hotamov
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Samarqand filiali dotsenti
X.R. Bobobekova
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Samarqand filiali o‘qituvchisi

Anotatsiya. Ushbu maqola turli geografik zonalarda elektromagnit to‘lqinlarning tarqalish xususiyatlari va ular asosida ishlovchi yuqori tezlikdagi simsiz texnologiyalarning (Wi-Fi, WiMAX, LTE, 5G) samaradorligini ilmiy asosda tahlil qiladi. Tadqiqotda to‘lqinlarning sochilishi, yutilishi, multipath, shadowing kabi fizik hodisalar, shuningdek har bir texnologiyaning chastota diapazoni, modulyasiya usullari va ma’lumot uzatish imkoniyatlari batafsil solishtiriladi. Shuningdek, tadqiqotda ochiq maydon (dasht), o‘rmon massivlari va shahar muhitidagi to‘lqinlarning tarqalish modeli solishtiriladi. Har bir muhitda texnologiyalarning samaradorligi modulyasiya barqarorligi, signal-to-noise ratio (SNR), path loss modeli va to‘siqlar zichligi orqali baholanadi. Bugungi kunda simsiz aloqa texnologiyalari inson-mashina interfeysi, IoT ekotizimi, sanoat 4.0, transport logistikasi va intellektual shahar infratuzilmasining asosiy drayveriga aylandi. Ularning rivojlanishi chastota spektridan samarali foydalanish, adaptiv modulyasiya, masssive MIMO va beamforming kabi texnologik yutuqlarga tayangan. Simsiz tarmoqlar kabel infratuzilmasining cheklovlarini bartaraf etib, mobil, moslashuvchan va tezkor ulanishni ta’minlaydi. Ayniqsa, to‘lqinlarning geometrik-optik modeli asosida shakllangan line-of-sight (LOS) va non-line-of-sight (NLOS) kanallar orqali uzatish texnologiyalari zamonaviy aloqa tizimlarining poydevorini tashkil etadi va ma’lumotlarga ulanish va kirish imkonini beradi. Tadqiqotning maqsadi — turli geografik sharoitlarda simsiz texnologiyalarning qo‘llanish chegaralari, uzatish sifati va to‘lqinlarning fizik muhitga moslashuvchanligini ilmiy baholash. Natijada, har bir texnologiya uchun optimal muhit, samaradorlik ko‘rsatkichi va qo‘llash cheklovlari aniqlanadi, ulardan foydalanish istiqbollari baholanadi.

Kalit so‘zlar: elektromagnit to‘lqinlar, path loss, Wi-Fi 6, WiMAX 802.16, LTE-Advancyed, 5G NR, modulyasiya, to‘lqin tarqalishi, geografik muhit.

Abstract. This article provides a scientific analysis of the propagation characteristics of electromagnetic waves in various geographical zones and the performance of high-speed wireless technologies operating on their basis (Wi-Fi, WiMAX, LTE, and 5G). The study examines physical phenomena such as wave scattering, absorption, multipath propagation, and shadowing, as well as comparatively analyzes the frequency bands, modulation schemes, and data transmission capabilities of each technology. In addition, wave propagation models

ISSN 3030-3907

in open areas (steppes), forested regions, and urban environments are compared. The performance of wireless technologies in each environment is evaluated based on modulation stability, signal-to-noise ratio (SNR), path loss models, and obstacle density. Today, wireless communication technologies have become key drivers of human–machine interfaces, IoT ecosystems, Industry 4.0, transport logistics, and intelligent urban infrastructure. Their development is based on efficient use of the frequency spectrum, adaptive modulation, massive MIMO, and beamforming technologies. Wireless networks eliminate the limitations of cable infrastructure by providing mobile, flexible, and high-speed connectivity. In particular, transmission technologies based on line-of-sight (LOS) and non-line-of-sight (NLOS) channels, formed according to geometric-optical wave propagation models, constitute the foundation of modern communication systems and enable data access and connectivity. The purpose of the study is to scientifically assess the application boundaries, transmission quality, and physical adaptability of wireless technologies under different geographical conditions. As a result, the optimal environment, performance indicators, and application limitations for each technology are identified, and their future prospects are evaluated.

Keywords: electromagnetic waves, path loss, Wi-Fi 6, WiMAX 802.16, LTE-Advanced, 5G NR, modulation, wave propagation, geographical environment.

Аннотация. В данной статье проводится научный анализ характеристик распространения электромагнитных волн в различных географических зонах и эффективности высокоскоростных беспроводных технологий, функционирующих на их основе (Wi-Fi, WiMAX, LTE, 5G). В исследовании подробно рассматриваются физические явления, такие как рассеяние, поглощение волн, многолучевое распространение и затенение, а также проводится сравнительный анализ частотных диапазонов, методов модуляции и возможностей передачи данных каждой технологии. Кроме того, сопоставляются модели распространения волн в открытых пространствах (степи), лесных массивах и городской среде. Эффективность беспроводных технологий в каждой среде оценивается на основе устойчивости модуляции, отношения сигнал-шум (SNR), моделей потерь на трассе (path loss) и плотности препятствий. В настоящее время беспроводные коммуникационные технологии стали основными драйверами развития интерфейсов «человек–машина», экосистем IoT, концепции «Индустрия 4.0», транспортной логистики и интеллектуальной городской инфраструктуры. Их развитие основано на эффективном использовании частотного спектра, адаптивной модуляции, технологиях massive MIMO и beamforming. Беспроводные сети устраняют ограничения кабельной инфраструктуры, обеспечивая мобильное, гибкое и высокоскоростное

ISSN 3030-3907

подключение. Особое значение имеют технологии передачи данных по каналам прямой видимости (LOS) и непрямой видимости (NLOS), сформированные на основе геометрическо-оптических моделей распространения волн, которые составляют основу современных систем связи и обеспечивают доступ к информации. Целью исследования является научная оценка границ применения беспроводных технологий, качества передачи и физической адаптивности волн в различных географических условиях. В результате определяются оптимальные условия эксплуатации, показатели эффективности и ограничения применения каждой технологии, а также оцениваются перспективы их использования.

Ключевые слова: электромагнитные волны, path loss, Wi-Fi 6, WiMAX 802.16, LTE-Advanced, 5G NR, модуляция, распространение волн, географическая среда.

Kirish

SIMSIZ TARMOQ TEXNOLOGIYASI. Zamonaviy simsiz aloqa tizimlari — elektromagnit to‘lqinlarning fazoviy tarqalish qonunlariga asoslangan, yuqori tezkorlik, mobillik va moslashuvchanlikka ega murakkab axborot-infratuzilma ekotizimidir. Ushbu bo‘limda simsiz tarmoqlar arxitekturasi, signalning tarqalish fizikasi, radiokanalning bandligi, spektr samaradorligi va tarmoqning geografik muhitga moslashuvchanligi fundamental tahlil qilinadi.

Simsiz tarmoqlar kabel infratuzilmasining fizik cheklovlari mavjud bo‘lgan jarayonlarda — tog‘li hududlar, uzoq qishloq maskanlari, mobil obektlar, vaqtinchalik inshootlar va favqulodda aloqa talab qilinadigan holatlarda — eng maqbul yechim hisoblanadi. EM to‘lqinlar havo orqali tarqalgani uchun kabeldagi attenuation, diyelectric loss va dispersiya kabi ishonchsizliklar yuzaga kelmaydi. Yuqori tezlikdagi radio-kirish texnologiyalari (RAN – Radio Accyess Network) kapital xarajatlarni kamaytirish, infratuzilmani tez joylashtirish va ko‘p nuqtali (multi-point) ulanishni qo‘llab-quvvatlash imkonini beradi. RAN arxitekturasi OFDM asosidagi modulyasiya, adaptiv kodlash, spektr re-farming va beamforming kabi zamonaviy yechimlar orqali aloqa sifatini sezilarli oshiradi. Simsiz tarmoqlarning “raqamli boshqaruv mexanizmi” — bu protokollardir. Protokol qurilmalarga qachon uzatish, qachon kutish, qaysi chastotadan foydalanish, qanday modulyasiya tanlash, kanalni qanday bo‘lish (multiplexing) va qanday himoya qilish (authentication, encryption) kerakligini belgilaydi. Shu bois protokollar tarmoqning barqarorligi, kechikish koyeffisiyenti, throughput va jitter kabi parametrlarni aniqlaydi.

PROTOKOLLAR

Simsiz aloqa protokollari - qurilmalar o‘zaro muloqot qiladigan **raqamli til tizimi**dir. Har bir protokol o‘zining chastota diapazoni, modulyasiya usuli,

ISSN 3030-3907

xatoliklarni tuzatish darajasi (FEC), multiplekslash mexanizmi va xavfsizlik qatlamiga ega bo‘lgan **murakkab kommunikasion grammatika**ga ega. Protokollarni tasniflashda ulanish masofasi bilan birga **kanalning fizik xususiyatlari, energiya samaradorligi, trafik zichligi** va **sinxronizatsiya talablariga** asoslangan murakkab kategoriya tizimidan foydalaniladi. Shuning uchun WPAN → WLAN → WMAN → WWAN protokollari **masofa + quvvat iste’moli + spektr samaradorligi** bo‘yicha iyerarxik tuzilishga ega. **WPAN** — tanaga yaqin (body-area) va qisqa masofali qurilmalar uchun mo‘ljallangan past quvvatli protokol oilasidir. Bluyetooth Low Energy (BLE), ZigBeye, 6LowPAN kabi texnologiyalar **IoT ekotizimi,** aqlli soatlar, tibbiy sensorlar, uy avtomatizatsiyasi va energiya tejovchi mikrotarmoqlarni qo‘llab-quvvatlaydi. WPANning asosiy xususiyati **- minimal energiya sarfi va yuqori uzatish barqarorligi**. Simsiz shaxsiy tarmoqlarning diapazoni bir necha o‘n santimetrdan bir necha metrgacha. WPAN turli xil tarmoq texnologiyalari yordamida joylashtirilishi mumkin, masalan: Bluyetooth, ZigBeye, 6lowpan va boshqalar.

Simsiz LAN (Wireless personal area network- simsiz lokal tarmoq) – simsiz texnologiyalar asosida qurilgan likal tarmoq. Simsiz lokal tarmoqlar yuqori darajadagi dasturlar uzluksiz bajarish uchun zarur bo‘lgan xususiyatlarni osongina ta’minlaydi. Shunday qilib, ushbu tarmoqlarning foydalanuvchilari elektron pochta xabarlariga yoki serverdan video oqimlariga katta hajmdagi qo‘shimchalarni olishlari mumkin. Ushbu texnologiyalarning diapazoni bir necha yuz metrga yetadi. Bularga quyidagi protokollar kiradi: UWB, ZigBeye, Wi-Fi. bunday texnologiyalar bir necha kilometrga yetadi. Ushbu protokolga misol WiMAX.

WWAN (Wireless Wide Area Network -simsiz keng tarmoq) – simsiz kompyuter tarmoqlarining turli xil turlari, ularning asosiy xususiyati keng qamrov zonasidir. Masofa bir necha o‘nlab kilometrni tashkil qiladi. Bularga quyidagi protokollar kiradi: GSM, CDMAone, iDEN, PDC, GPRS va UMTS.

1. Wi – Fi

Wi-Fi - bu elektromagnit to‘lqinlarning 2.4 GHz va 5 GHz diapazonlarida tarqalishiga asoslangan, yuqori o‘tkazuvchanlikka ega **lokal simsiz kommunikatsiya texnologiyasi.** Wi-Fi 5 va Wi-Fi 6 standartlarida OFDMA, MU-MIMO, beamforming kabi ilg‘or texnologiyalar yordamida kanal bo‘shlig‘i bo‘linadi, bir nechta qurilma bir vaqtning o‘zida interferensiyasiz aloqa qiladi. Ushbu turdagi tarmoqlar transmitter va qabul qilgich o‘rtasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqa mavjud bo‘lganda radioliniyalarda nisbatan qisqa masofalarda (qoida tariqasida, metrlar) aloqani ta’minlaydi [1]. Wi-Fi texnologiyasi qurilmalarni lokal zona ichida **sub-millisekundli kechikish bilan** bog‘lab, yuqori tezlikdagi trafik (video oqim, IoT, AR/VR)ni uzatish imkonini beradi. Wi-Fi 6Ye texnologiyasi 6

ISSN 3030-3907

GHz diapazonidan foydalanib, yanada keng kanal (1200 MHz gacha) va past shovqinli spektrni qo‘llaydi.

2. WIMAX

WiMAX texnologiyasi-yuqori sifatli xizmat ko‘rsatish bilan uzoq masofali simsiz aloqani ta’minlash maqsadida ishlab chiqilgan operator sinfidagi telekommunikatsiya texnologiyasi 802.16 standartiga asoslangan. [2] ushbu texnologiyaning asosiy afzalligi uning imkoniyatlarini tezda oshirish va aloqa hududini kengaytirish qobiliyatidir. WiMAX bazaviy stansiyalari **sektorlarga bo‘lingan antennalar, MIMO 2x2, beamforming, Adaptive Antenna System (AAS)** orqali qamrov radiusini dinamik kengaytirishi mumkin. Bundan tashqari, OFDMA asosidagi kanal bo‘linishi WiMAX’ni shahar, shahar atrofi (suburban) va dasht hududlarida yuqori barqarorlik bilan ishlashini ta’minlaydi.

3. LTE

LTE standarti mobil telefonlar va dan bilan ishlaydigan boshqa terminallar uchun simsiz yuqori tezlikda ma’lumotlarni uzatishni ta’minlaydi. U GSM/EDGE va UMTS/HSPA tarmoq texnologiyalariga asoslangan [3]. Tarmoqlarning diapazoni tayanch stansiya antennasining balandligiga bog‘liq. LTE qamrovi **propagatsiya modeli (Hata, COST-231, Okumura)**, carriyer chastotasi, bazaviy stansiya antennasi balandligi va quvvatiga bog‘liq. Past chastotalar (700–900 MHz) uzoq masofani qamrab oladi, yuqori chastotalar (1800–2600 MHz) esa yuqori o‘tkazuvchanlikni ta’minlaydi. LTE ekotizimi turli qurilmalar bilan mos: smartfonlar, IoT sensorlar, sanoat qurilmalari, avtomobil telematik tizimlari, routerlar va dronlar. LTE Cat-M1 va NB-IoT kabi past quvvatli keng hududli texnologiyalar esa IoT qurilmalarida energiya samaradorligini oshiradi. Qurilmalarda mavjud GSM va 3G qurilmalari bilan birgalikda ishlaydigan LTE moduli o‘rnatilgan bo‘lishi kerak. Agar aloqa uzilib qolsa, LTE de-Vayss ulanishni to‘xtatmasdan mavjud 3G yoki GSM tarmoqlariga kirishga o‘tadi. LTE tarmoqlari **seamless handover** orqali 3G/2G ga uzilishsiz o‘tishni ta’minlaydi. EPC (Evolved Packet Core) arxitekturasi foydalanuvchining IP-sessiyalarini uzmasdan, turli RAT’lar (Radio Accyess Technology) o‘rtasida uzviy muvofiqlik yaratadi.

4. 5G

Yangi avlod telekommunikatsiya standarti. Ushbu texnologiya 4G bilan taqqoslaganda yuqori o‘tkazuvchanlikni ta’minlaydi, bu keng tarmoqli mobil aloqaning ko‘proq mavjudligini ta’minlaydi. Chastota diapazoni ikkita chastota diapazoniga bo‘linadi: FR1 (600-6000 MGts) va FR2 (24-100 GHz). Tanlangan texnologiyalarning ba’zi xususiyatlarini ko‘rib chiqish mumkin, Wi-Fi so‘nggi avlodni (Wi – Fi 6)ni oling, biz WiMAX-ni tayanch stansiyalar va mobil telefonlar uchun ko‘rib chiqamiz.

ISSN 3030-3907

Jadval 1.

Ko‘rib chiqilayotgan texnologiyalarning asosiy xususiyatlari

Texnologiyalar	WiMAX (802.16d)	WiMAX (802.16ye)	Wi-fi 6	LTE	5G
Harakat radiusi	25-80 km	1-5 km	100 m gacha	5 km gacha, ba’zi hollarda 30 km gacha	30 km gacha
Chastota diapazoni	1,5 - 11 GHz	2,3 - 13,6 GHz	2,4 GHz 5 GHz	FDD uchun (Chastotalar kanallari oralig‘i): 800 MHz , 1800 MHz, 2600 MHz. TDD uchun (vaqt bo‘linish kanali) - 2600 MHz	3,4-3,8 GHz /24,65-29,5 GHz 80-200 MHz
Tarmoq kengligi	75 Mbit/s gacha	40 Mbit / s gacha	1,2 Gbit/s gacha	160,4 Mbit / s gacha	20 Gbit/s gacha
Kanal kengligi	3,5 MGz	1,75 MGz	260 MGz	1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz va 20 MHz.	800 MGz gacha
Modulyasiya	OFDM modulyasiyasi, 256 FFT nuqtasi, BPSK, QPSK, 16QAM, 64 QAM	1024-QAM	QPSK, QAM-16, QAM-64	CP-OFDM, p/2-BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM	Modulyasiya
Kanallarni ajratish	FDMA, TDMA, CDMA	MU-MIMO, OFDMA	OFDMA	Massive MIMO	Kanallarni ajratish

ISSN 3030-3907

	256 FFT OFDM, 2048 FFTOFDM texnologiyasi				

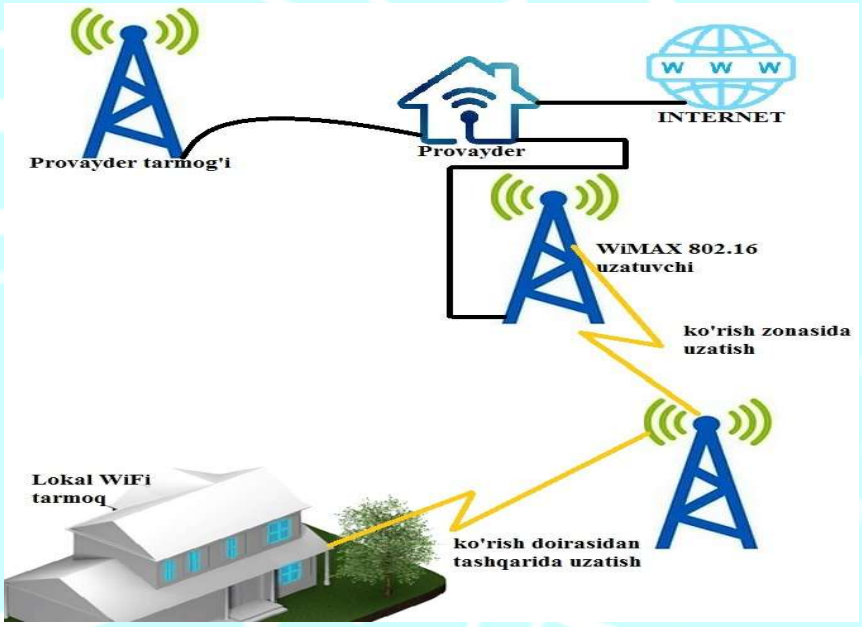
Ushbu texnologiyalarni dashtda, ulkan o‘rmonlarda va shahar rivojlanishi sharoitida qo‘llash maqsadga muvofiqligini ko‘rib chiqamiz. Dashtlar (ochiq er) dashtlarning o‘ziga xos xususiyati mos ravishda daraxtlarning yetishmasligi yoki juda oz sonidir WiMAX va Wi-Fi uchun signalning zaiflashishi bo‘sh joyning zaiflashishiga bog‘liq bo‘ladi va WiMAX yog‘ingarchilik paytida susayishi bilan ajralib turadi.

1-rasmda Wi-Fi bilan birgalikda WiMAX ma’lumotlar uzatish tuzilishi ko‘rsatilgan. Provayder va WiMAX tayanch stansiyasi o‘rtasida tolalar yotqizilgan. Baza stansiyalaridan biri 10-66 GHz chastota diapazonidan foydalangan holda ma’lumotlarni ko‘rish chizig‘ida uzatadi. WiMAX transmitteri va Wi-Fi router o‘rtasida ma’lumotlarni uzatish ko‘rish doirasidan tashqarida amalga oshiriladi, shuning uchun 1,5 – 11 GHz diapazondan foydalaniladi, bu WiMAX tayanch stansiyalariga ba’zi to‘siqlar orqali ma’lumotlarni uzatish imkonini beradi. Ushbu tezlikda IYeYeYe 802.11 g dan foydalanish tavsiya etiladi. Eng yangi standartlardan foydalanish iqtisodiy jihatdan foyda bo‘lmaydi, chunki ularning o‘tkazish qobiliyati yuqori, shunga mos ravishda narx ham yuqori. Wi-Fi texnologiyasi tezroq uzatish tezligiga ega, ammo tarqatish diapazoni juda kichik.

LTE-da ma’lumotlarni uzatish deyarli bir xil tarzda amalga oshiriladi, ammo LTE minoralaridan signal tarqalish radiusi juda kichik, shuning uchun minoralarni ko‘p o‘rnatish kerak. 5G standartining arxitek turi 4G standartiga o‘xshash bo‘ladi.

Xulosa qilishimiz mumkinki, dasht (ochiq er) uchun ma’lum bir standartni tanlash ma’lum aloqa minoralari qancha masofada joylashganligi va provayder qancha masofada bo‘lishiga bog‘liq bo‘ladi.

ISSN 3030-3907



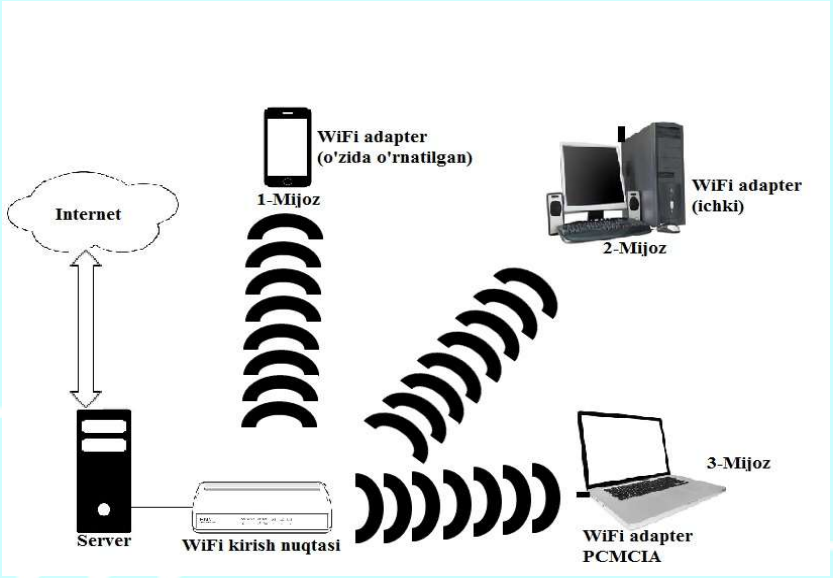
1-rasm. Wi-Fi bilan birgalikda WiMAX ma’lumotlar uzatish tuzilishi

O‘RMONLI HUDUD

Ushbu sharoitlar uchun susayish ko‘proq bo‘ladi, chunki yerning relefi, shuningdek yog‘ingarchilik hisobga olinadi. 4G va 5G uyali minoralar, shuningdek WiMAX minoralarni yerga joylashtirish qiyin bo‘ladi, chunki ma’lum bir o‘rmon daraxt maydonini kesish kerak. Bundan tashqari, bunday sharoitda kabel va optikani yotqizish oson bo‘lmaydi, bu ham ko‘rib chiqilayotgan texnologiyalarning ishlashini qiyinlashtiradi. Xulosa qilishimiz mumkinki, o‘rmonli hudud uchun ko‘rib chiqilayotgan standartlar uchun ma’lumotlarni uzatishni amalga oshirish qiyin, ko‘p narsa o‘rmon maydoniga va uning provayderdan qanchalik uzoqligiga bog‘liq bo‘ladi.

SHAHAR RIVOJLANISHI

2-rasmda Wi-Fi texnologiyasidan foydalangan holda ma’lumotlarni uzatish tuzilishi ko‘rsatilgan.

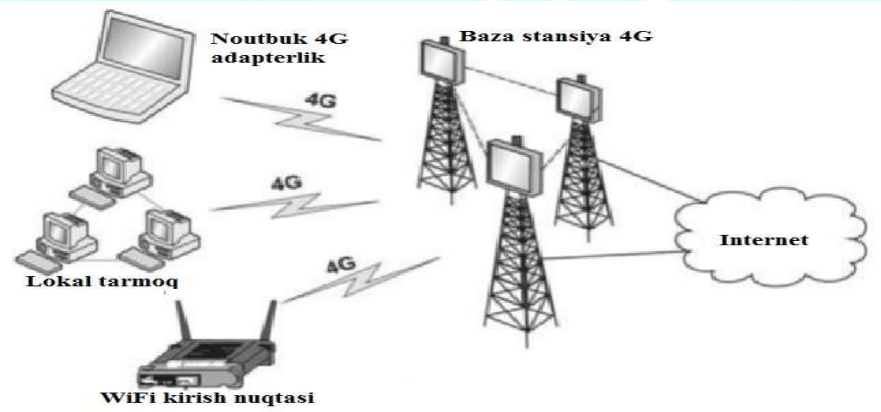


2-rasm. Wi-Fi ma’lumotlarini uzatish tuzulishi

ISSN 3030-3907

Ushbu standart yordamida optik kabeldan foydalanganda ma’lumotlarni 1,2 Gbit/s tezlikda uzatish mumkin, bu shahar qurilishida odatiy holdir.

Agar biz ma’lumotlarni uzatish birinchi navbatda WiMAX minoralari yordamida amalga oshiriladigan holatni ko‘rib chiqsak, u holda ma’lumotlarni uzatishning maksimal tezligi 75 Mbit/s gacha bo‘ladi, optik kabel esa faqat tayanch stansiyaga yotqizilishi mumkin va shundan so‘ng uzatish simsiz amalga oshiriladi. Asosiysi shundaki, ushbu texnologiya ikkita IYeYeYe 802.16 d va IYeYeYe 802.16 e standartlariga ega. 1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, ushbu standartlar turli xil diapazonlarda ishlaydi, ba’zilari stasionar mijozlar uchun, boshqalari mobil uchun mo‘ljallangan. WiMAX-ni Wi-Fi-dan alohida ishlatish hozircha amaliyotimizda qo‘lanilmagan, garchi kichik hajmdagi ma’lumotlarni talab qiladigan alohida vazifalar uchun bu texnologiya Wi-Fi-ga qaraganda pragmatik va samaraliroq bo‘ladi.



3-rasm. LTE standartining ma’lumotlar uzatish tuzilishi

Hozirgi vaqtda shahar qurilishida LTE standartidan foydalanish eng arzon va eng pragmatik hisoblanadi, ammo Wi-Fi-ga qaraganda juda katta tezlikka ega. Har qanday shahardagi operatorlarning uyali aloqa minoralari yetarli darajada mavjud, bu esa ushbu standartni Wi-Fi yoki WiMAX-ga qaraganda internetga kirish uchun qulayroq bo‘ladi. Agar Wi-Fi qurilmalarida 4G adapteri bo‘lsa, u holda LTE minoralari orqali ma’lumotlarni uzatish mumkin, shunda tezlik Wi-fi-ni WiMAX bilan birgalikda ishlatishdan yuqori bo‘ladi, ammo ko‘plab qurilmalar 2,4 GHz va 5 GHz diapazonlarda ishlaydi, bu LTE va Wi-Fi-ga bevosita ta’sir qiladi.

Hozirgi vaqtda 5G standartini ishlab chiqlgan, ammo barcha uyali qurilmalar ushbu texnologiyani qo‘llab-quvvatlamaydi va barcha shaharlarda 5G minoralari mavjud emas, albatta, ushbu standartning asosiy afzalligi ushbu xususiyat bo‘yicha Wi-Fi-ga erishgan yuqori o‘tkazuvchanlikdir.

XULOSA

Ushbu texnologiyalarni ko‘rib chiqib, LTE texnologiyasi hozirgi vaqtda ma’lumotlarni qayta ishlash xususiyatlari, mashhurligi, pragmatizmi, samaradorligi va tezligi jihatidan yetakchi bo‘lib kelmoqda va tez orada 5G, 6G

ISSN 3030-3907

standarti ushbu standartni qo‘llab-quvvatlaydigan qurilmalar joriy etilishi bilanoq avvalgisini chetlab o‘tadi degan xulosaga kelishimiz mumkin.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, har bir simsiz aloqa standarti ma’lum geografik muhit, chastota diapazoni va radiotarqalish xususiyatlariga mos ravishda ishlaydi. LTE hozirda keng qamrovli, barqaror va yuqori o‘tkazuvchanlikka ega universal texnologiya bo‘lib qolmoqda.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Немировский М.С., Шорин О.А., Бабин А.И., Сартаков А.Л. Беспроводные технологии от последней мили до последнего дюйма: Учебное пособие/ Под ред. Немировского М.С, Шорина О.А. – М.: Эко-Тредз, 2010. – 400 с.
2. Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных. Учебное пособие для вузов / Под ред. профессора В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 342 с.
3. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010.– 284.

ISSN 3030-3907