

5G TARMOQLARINING ARXITEKTURASI

Pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori PhD

Umarov Bekzod Azizovich

ubaumarov@gmail.com

Qosimjonova Ziyoda

qosimjonovaziyodaxon@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada beshinchi avlod mobil aloqa texnologiyasi – 5G tarmoqlarining arxitekturasini, ishlash prinsiplari va asosiy imkoniyatlari batafsil tahlil qilinadi. 5G tarmoqlari yuqori tezlik, past kechikish va katta hajmdagi qurilmalarni bir vaqtning o'zida ulash imkoniyati bilan ajralib turadi. Maqolada 5G arxitekturasining asosiy komponentlari – Radio Access Network (RAN), Core Network (CN), virtualizatsiya texnologiyalari, Network Slicing hamda Edge Computing kabi zamonaviy yondashuvlar ko'rib chiqiladi. Shuningdek, sanoat, tibbiyot, transport va aqlli shaharlar tizimlarida 5G texnologiyasining qo'llanilish istiqbollari va afzalliklari yoritiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, 5G nafaqat mobil aloqa tizimi, balki raqamli iqtisodiyotning asosiy infratuzilmasi hisoblanadi.

Kalit so'zlar. 5G, mobil aloqa, RAN, Core Network, Network Slicing, Edge Computing, IoT, yuqori tezlik, past kechikish, virtualizatsiya, aqlli shaharlar.

Аннотация. В настоящей статье подробно анализируются архитектура, принципы работы и основные возможности технологии мобильной связи пятого поколения – сетей 5G. Сети 5G отличаются высокой скоростью, низкой задержкой и способностью одновременно подключать большое количество устройств. В статье рассматриваются основные компоненты архитектуры 5G, такие как сеть радиодоступа (Radio Access Network, RAN), опорная сеть (Core Network, CN), а также современные подходы, включая технологии виртуализации, сетевое сегментирование (Network Slicing) и граничные вычисления (Edge Computing). Кроме того, освещаются перспективы и преимущества применения технологии 5G в промышленности, медицине, транспортных системах и системах "умных городов." Результаты исследования показывают, что 5G является не только системой мобильной связи, но и ключевой инфраструктурой цифровой экономики.

Ключевые слова. 5G, мобильная связь, RAN, Core Network, Network Slicing, Edge Computing, IoT, высокая скорость, низкая задержка, виртуализация, умные города.

Abstract. This article provides a detailed analysis of the architecture, operating principles, and key capabilities of the fifth-generation mobile communication technology, 5G. 5G networks are distinguished by their high speed, low latency, and

capacity to connect a massive number of devices simultaneously. The article examines the fundamental components of the 5G architecture, including modern approaches such as the Radio Access Network (RAN), Core Network (CN), virtualization technologies, Network Slicing, and Edge Computing. It also highlights the prospects and advantages of applying 5G technology in the industrial, medical, and transportation sectors, as well as in smart city systems. The research findings indicate that 5G is not just a mobile communication system but also a foundational infrastructure for the digital economy.

Keywords. 5G, mobile communication, RAN, Core Network, Network Slicing, Edge Computing, IoT, high speed, low latency, virtualization, smart cities.

Kirish. So‘nggi yillarda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida mobil aloqa tizimlariga bo‘lgan talab keskin oshdi. Ayniqsa, internet trafigining ortishi, IoT (Internet of Things) qurilmalarining keng tarqalishi hamda real vaqt rejimida ishlaydigan xizmatlarga ehtiyoj yangi avlod mobil tarmoqlarini ishlab chiqishni talab qildi. Shu ehtiyoj natijasida 5G texnologiyasi paydo bo‘ldi.

5G tarmoqlari avvalgi 4G LTE texnologiyasiga nisbatan bir necha barobar yuqori tezlik, minimal kechikish (latency) va katta sig‘imni ta’minlaydi. Bu esa nafaqat oddiy foydalanuvchilar uchun tezkor internetni, balki sanoat avtomatizatsiyasi, aqlli transport tizimlari, telemeditsina va boshqa innovatsion sohalarni rivojlantirish imkonini beradi.

5G texnologiyasi mobil aloqa tizimlarining beshinchi avlodi bo‘lib, u yuqori tezlikda ma’lumot uzatish, minimal kechikish va keng ko‘lamli ulanish imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Ushbu texnologiya zamonaviy raqamli infratuzilmaning muhim elementi hisoblanib, nafaqat oddiy foydalanuvchilar ehtiyojlarini qondirish, balki sanoat, transport, tibbiyot va boshqa sohalarda ham innovatsion yechimlarni amalga oshirish imkonini beradi. 5G tarmoqlarining asosiy xususiyatlari qatoriga ma’lumot uzatish tezligining 10 Gbit/s gacha yetishi, kechikish darajasining 1 millisekundgacha kamayishi, 1 km² hududda millionlab qurilmalarni bir vaqtning o‘zida ulash imkoniyati hamda yuqori darajadagi ishonchlilik va energiya samaradorligi kiradi. Ushbu imkoniyatlar tufayli 5G texnologiyasi real vaqt rejimida ishlaydigan tizimlar uchun ham mos keladi.

5G uchta asosiy xizmat turini qo‘llab-quvvatlaydi. Birinchisi, eMBB (Enhanced Mobile Broadband) bo‘lib, u yuqori tezlikdagi mobil internet xizmatlarini ta’minlaydi. Ikkinchisi, URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communication) bo‘lib, minimal kechikish va yuqori ishonchlilik talab qilinadigan tizimlar, masalan, avtonom transport yoki masofaviy tibbiy operatsiyalar uchun xizmat qiladi. Uchinchi xizmat turi esa

mMTC (Massive Machine Type Communication) bo'lib, u ko'plab IoT qurilmalarini tarmoqqa ulash imkonini beradi.

5G tarmoqlarining arxitekturasi. 5G tarmoqlari zamonaviy, modul tamoyiliga asoslangan arxitekturaga ega bo'lib, bu uning moslashuvchanligini va kengaytirish imkoniyatlarini oshiradi. Ushbu arxitektura bir nechta asosiy komponentlardan tashkil topgan bo'lib, ular o'zaro integratsiyalashgan holda ishlaydi.



1-rasm. 5G tarmog'i arxitekturasi

Ushbu rasmda 5G tarmog'ining asosiy komponentlari va ularning o'zaro bog'lanishi tasvirlangan. Foydalanuvchi qurilmalari (smartfonlar va IoT qurilmalar) avvalo Radio Access Network (RAN) orqali tarmoqqa ulanadi. RAN esa signalni qayta ishlovchi oraliq qatlam bo'lib xizmat qiladi. Keyingi bosqichda ma'lumotlar 5G Core tarmog'iga uzatiladi, bu yerda ularni boshqarish, marshrutlash va xavfsizlik funksiyalari amalga oshiriladi. Ushbu arxitektura 5G tarmog'ining tezkor, moslashuvchan va samarali ishlashini ta'minlaydi.

Radio Access Network (RAN) foydalanuvchi qurilmalari, ya'ni smartfonlar, sensorlar va boshqa IoT qurilmalari bilan bevosita aloqa o'rnatadigan tarmoq qismidir. RAN tarkibiga gNodeB deb ataluvchi 5G bazaviy stansiyalar kiradi. Ushbu stansiyalar radio signallarni uzatish va qabul qilish vazifasini bajaradi.

RAN tizimida Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output) texnologiyasi qo'llaniladi. Bu texnologiya ko'p sonli antennalar orqali bir vaqtning o'zida bir nechta foydalanuvchilarga xizmat ko'rsatish imkonini beradi. Shuningdek, millimetr diapazonidagi (mmWave) yuqori chastotali signallar yordamida yuqori tezlikka erishiladi.

5G yadro tarmog'i (Core Network) butun tizimning boshqaruv markazi hisoblanadi. U to'liq virtualizatsiyalashgan bo'lib, bulutli texnologiyalar asosida ishlaydi. Bu esa tizimni yanada moslashuvchan va samarali qiladi.

5G Core tarmog'ining asosiy funksiyalariga ma'lumotlarni marshrutlash, xavfsizlikni ta'minlash va tarmoqni boshqarish kiradi. Ushbu tarmoq bir nechta muhim

komponentlardan tashkil topgan. Jumladan, AMF (Access and Mobility Management Function) foydalanuvchilarni autentifikatsiya qilish va ularning harakatini boshqaradi. SMF (Session Management Function) tarmoq sessiyalarini tashkil etadi va boshqaradi. UPF (User Plane Function) esa foydalanuvchi ma'lumotlarini uzatish jarayonini amalga oshiradi.

Network Function Virtualization (NFV) texnologiyasi yordamida tarmoq funksiyalari an'anaviy fizik qurilmalardan ajratilib, virtual muhitda ishlaydi. Bu yondashuv tarmoqni boshqarishni soddalashtiradi va yangi xizmatlarni tezkor joriy etish imkonini beradi. NFV orqali infratuzilma xarajatlari kamayadi, tizimning moslashuvchanligi oshadi va xizmat ko'rsatish sifati yaxshilanadi.

Software Defined Networking (SDN) texnologiyasi tarmoqni markazlashtirilgan tarzda boshqarish imkonini beradi. Bu yondashuvda boshqaruv qismi (control plane) va ma'lumot uzatish qismi (data plane) bir-biridan ajratiladi. Natijada tarmoqni dinamik boshqarish, trafikni samarali taqsimlash va tezkor konfiguratsiya qilish imkoniyati yuzaga keladi.

5G tarmoqlarining yuqori samaradorligi bir qator ilg'or texnologiyalarni qo'llash orqali ta'minlanadi.

Massive MIMO texnologiyasi ko'p sonli antennalardan foydalanish orqali signal uzatish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Bu texnologiya bir vaqtning o'zida ko'plab foydalanuvchilarga xizmat ko'rsatish imkonini berib, tarmoq sig'imini oshiradi.

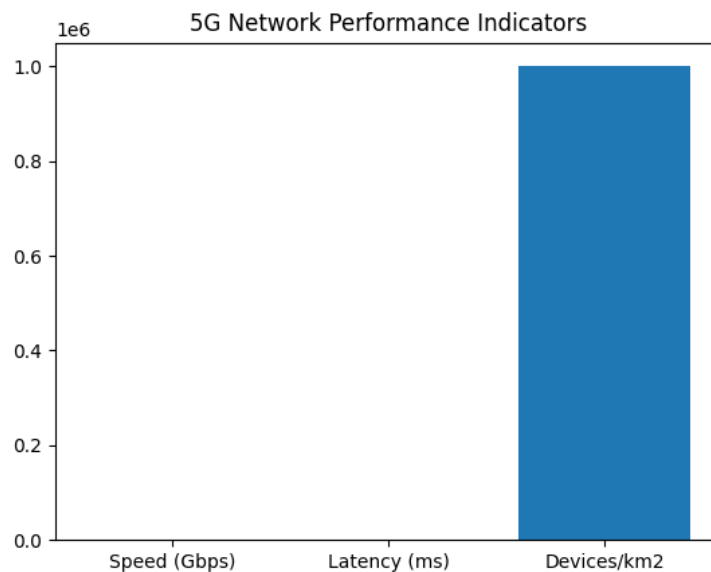
Beamforming texnologiyasi signalni aniq yo'nalishga yo'naltirish orqali signal sifatini yaxshilaydi. Bu usul yordamida signal yo'qotilishi kamayadi va aloqa sifati oshadi, ayniqsa yuqori chastotali diapazonlarda bu juda muhim hisoblanadi.

Millimeter Wave texnologiyasi yuqori chastotali diapazonlarda ishlaydi va juda katta ma'lumot uzatish tezligini ta'minlaydi. Biroq, bu texnologiya qisqa masofalarda samarali ishlaydi va to'siqlarga sezgir bo'ladi. Shu sababli, uni amaliyotda qo'llash uchun zich joylashtirilgan bazaviy stansiyalar talab etiladi.

5G tarmoqlarining muhim innovatsion jihatlaridan biri bu **Network Slicing** texnologiyasidir. Ushbu texnologiya yordamida bitta fizik tarmoq infratuzilmasi bir nechta mustaqil virtual tarmoqlarga ajratiladi. Har bir virtual tarmoq (slice) ma'lum bir xizmat yoki soha ehtiyojlariga mos ravishda sozlanadi va boshqariladi. Bu yondashuv tarmoq resurslarini yanada samarali taqsimlash hamda xizmat sifatini oshirish imkonini beradi.

Masalan, sanoat sohasida yuqori ishonchlilik va real vaqt rejimi talab etiladigan tizimlar uchun alohida tarmoq ajratilishi mumkin. Tibbiyot sohasida esa kechikish minimal bo'lishi zarur bo'lgan masofaviy operatsiyalar uchun maxsus slice yaratiladi. Oddiy internet foydalanuvchilari uchun esa yuqori tezlikdagi keng polosali ulanishni ta'minlovchi alohida virtual tarmoq tashkil etiladi. Shu tariqa, Network Slicing

texnologiyasi turli xizmatlar uchun individual talablarni qondirish orqali umumiy tizim samaradorligini oshiradi. 5G tarmoqlarida yana bir muhim texnologiya bu *Multi-access Edge Computing (MEC)* hisoblanadi. Ushbu texnologiya ma'lumotlarni markaziy bulut serverlarida emas, balki foydalanuvchiga yaqin joylashgan hisoblash tugunlarida qayta ishlash imkonini beradi. Natijada ma'lumot uzatish vaqti sezilarli darajada kamayadi. MEC texnologiyasining asosiy afzalliklari qatoriga kechikishni kamaytirish, real vaqt rejimida ishlaydigan tizimlarni qo'llab-quvvatlash hamda umumiy tarmoq yuklamasini pasaytirish kiradi. Ayniqsa, avtonom transport vositalari, sanoat robotlari va aqlli shahar tizimlari uchun MEC juda muhim ahamiyatga ega.



2-rasm. 5G tarmog'ining asosiy ko'rsatkichlari

Berilgan grafik 5G texnologiyasining asosiy ishlash ko'rsatkichlarini aks ettiradi. Unda ma'lumot uzatish tezligining 10 Gbit/s gacha yetishi, kechikish darajasining 1 millisekundgacha kamayishi va 1 km² hududda millionlab qurilmalarni ulash imkoniyati ko'rsatilgan. Ushbu parametrlar 5G tarmoqlarining yuqori samaradorligini va zamonaviy raqamli xizmatlar uchun mosligini tasdiqlaydi.

5G texnologiyasi keng ko'lamli qo'llanilish imkoniyatlariga ega bo'lib, u turli sohalarda innovatsion yechimlarni joriy etishga xizmat qiladi. Sanoat sohasida, ya'ni Industry 4.0 konsepsiyasi doirasida, 5G yordamida avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish jarayonlari, robototexnika tizimlari va real vaqt monitoring tizimlari samarali tashkil etiladi. Bu esa ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va inson omilini kamaytirishga xizmat qiladi. Tibbiyot sohasida 5G texnologiyasi telemeditsina, masofaviy operatsiyalar va bemorlarning sog'lig'ini masofadan monitoring qilish imkoniyatlarini yaratadi. Past kechikish va yuqori ishonchlik ushbu sohada ayniqsa muhim hisoblanadi. Transport tizimlarida 5G avtonom transport vositalarini boshqarish, aqlli yo'l tizimlarini tashkil etish va real vaqt rejimida navigatsiya xizmatlarini ko'rsatishda qo'llaniladi. Bu esa yo'l harakati xavfsizligini oshirishga xizmat qiladi. Aqlli shaharlar

konsepsiyasida esa 5G texnologiyasi energiya tizimlarini boshqarish, xavfsizlik monitoringi va transport oqimlarini optimallashtirish kabi vazifalarni bajarishda muhim rol o'ynaydi.

5G tarmoqlari bir qator muhim afzalliklarga ega. Eng avvalo, ular juda yuqori tezlikda ma'lumot uzatishni ta'minlaydi. Shuningdek, kechikish darajasi juda past bo'lib, real vaqt rejimida ishlaydigan tizimlar uchun qulay sharoit yaratadi. Tarmoq sig'imining yuqoriligi millionlab qurilmalarni bir vaqtning o'zida ulash imkonini beradi. Bundan tashqari, 5G energiya samaradorligi bilan ham ajralib turadi, bu esa uzoq muddatli ishlashni ta'minlaydi. Moslashuvchan arxitekturasi esa turli xizmatlarni tezkor joriy etish va tarmoqni kengaytirish imkonini beradi. Shunga qaramay, 5G texnologiyasini joriy etishda bir qator muammolar mavjud. Eng asosiy muammolardan biri infratuzilma xarajatlarining yuqoriligidir, chunki yangi bazaviy stansiyalar va qurilmalarni o'rnatish katta investitsiyalarni talab qiladi. Bundan tashqari, yuqori chastotali signallar (mmWave) qisqa masofada tarqaladi va to'siqlarga sezgir bo'ladi, bu esa qamrov hududini cheklaydi. Xavfsizlik masalalari ham muhim ahamiyatga ega, chunki ko'plab qurilmalar ulanadigan tizimlarda kiberxavfsizlikni ta'minlash murakkab vazifa hisoblanadi. Shuningdek, global standartlash jarayonlari hali to'liq yakunlanmagan bo'lib, bu turli ishlab chiqaruvchilar o'rtasida moslik muammolarini keltirib chiqarishi mumkin. Kelajakda 5G texnologiyasi yanada rivojlanib, yangi bosqichga o'tishi kutilmoqda. Xususan, 6G texnologiyasiga o'tish jarayonlari allaqachon ilmiy tadqiqotlar bosqichida boshlangan. Bu yangi avlod texnologiyalari yanada yuqori tezlik va yanada past kechikishni ta'minlaydi. Shuningdek, sun'iy intellekt texnologiyalarining 5G bilan integratsiyasi tarmoqni avtomatik boshqarish va optimallashtirish imkonini beradi. Global IoT tizimlarining kengayishi esa milliardlab qurilmalarni yagona tarmoqqa ulash imkoniyatini yaratadi. Aqlli ishlab chiqarish tizimlari, robototexnika va raqamli iqtisodiyotning boshqa yo'nalishlari ham 5G asosida yanada rivojlanadi. Shu sababli, 5G texnologiyasi kelajakda global raqamli infratuzilmaning ajralmas qismiga aylanishi kutilmoqda.

Xulosa. Ushbu maqolada 5G tarmoqlarining arxitekturasi va asosiy imkoniyatlari tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, 5G texnologiyasi yuqori tezlik, past kechikish va katta sig'im bilan zamonaviy aloqa tizimlarini yangi bosqichga olib chiqadi. RAN va 5G Core asosidagi moslashuvchan arxitektura, shuningdek NFV va SDN texnologiyalari tarmoq samaradorligini oshiradi.

Bundan tashqari, Network Slicing va Edge Computing kabi yondashuvlar turli sohalarda samarali qo'llanilishini ta'minlaydi. Umuman olganda, 5G texnologiyasi raqamli iqtisodiyot va innovatsion tizimlarning rivojlanishida muhim ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Rasulov R.R., Karimov A.A. Mobil aloqa tizimlari va ularning rivojlanish istiqbollari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.

2. Abdullayev Sh.O. Telekommunikatsiya asoslari. – Toshkent: O‘qituvchi, 2019.
3. Xolmatov D.X. Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari. – Toshkent: Innovatsiya, 2021.
4. Yo‘ldoshev B.S. Raqamli iqtisodiyot va uning rivojlanish yo‘nalishlari. – Toshkent: Iqtisodiyot, 2022.
5. Cisco. (2021). *Cisco Annual Internet Report (2018–2023)*. Cisco Systems.
6. Gupta, A., & Jha, R. K. (2015). A survey of 5G network: Architecture and emerging technologies. *IEEE Access*, 3, 1206–1232.