5G RADIORELE TARMOG'I ISHLASH PRINSIPI TAHLILI

Xaytimbetova Shoxista Oybekovna
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU
Teleradioeshittirish tizimlari kafedrasi magistranti
shokhistakhaytimbetova@gmail.com
Raximov Baxtiyorjon Ne'matovich
t.f.d., pofessor,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU,
"Teleradioeshittirish tizimlari" kafedrasi
brah2008@rambler.ru

Annotatsiya. Maqolada 5G radiorele tarmog'ining ishlashi tahlil qilingan. Xususan, 5G radiorele tarmog'ini rejalashtirish va loyihalash bosqichlari o'rganilgan. Olimlarning tadqiqotlari o'rganilgan va zamonaviy nazariyalar bilan taqqoslangan. Tadqiqot davomida 5G radiorele tarmog'i parametrlari, tarmoqqa qo'yiladigan talablar va tarmoq topologiyasi turlari tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: radiorele tarmog'i, 5G texnologiyasi, eMBB, mMTC va URLLC xizmat turlari, millimetrli to'lqinlar, tarmoq topologiyasi, shovqin muammolari.

I. KIRISH.

Bugungi kunda telekommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanishi natijasida 5G texnologiyasi keng tarqalmoqda. Telekommunikatsiya sohasida 5G uyali aloqa tarmoqlari uchun beshinchi avlod texnologiya standarti bo'lib, nafaqat mobil aloqa uchun, balki turli sohalarda yangi imkoniyatlar yaratishga qodir. Shuningdek, radiorele tarmog'ida 5G texnologiyasidan foydalanish – samaradorlikni yanada oshirishga yordam beradi.

5G tarmoqlarini rivojlantirish strategiyalaridan biri millimetrli to‘lqin diapazonlaridan foydalanish hisoblanadi. Butun dunyo bo‘ylab tarmoqlarning 50% dan ortig‘i millimetrli to‘lqin texnologiyalari foydalanadi. Bunday texnologiyalar ham transport, ham tarmoq darajasida 5G talablarini bajarishga qodir. Millimetrli to‘lqinga asoslangan texnologik yechimlar optik tolali tarmoqqa qo‘shimcha sifatida yuqori sig‘im, past kechikish va tejamkor transportni taklif qiladi [1].

II. ADABIYOTLAR SHARHI.

Tadqiqotni amalga oshirish mobaynida bir nechta mavzuga doir adabiyotlar va ilmiy tadqiqotlar bilan tanishib chiqdik va ularning natijalarini talqin qildik.

Tadqiqotda asosan ETSI tomonidan taqdim etilgan “Microwave and Millimetrewave for 5G Transport” nomli qo‘llanmasi o‘rganilgan bo‘lib, unda 5G radiorele tarmog‘iga qo‘yiladigan talablar va tarmoq topologiyasi o‘rganilgan va tahlil qilingan [2].

Jumladan tadqiqotchilar Iliev, Mihaylov, Stoyanov, Penkov va Beloevlarning «Planning and Deployment of 5G Radio Relay Line» maqolasida 5G radiorele liniyasini rejalashtirish va joylashtirish tahlil qilingan. Shuningdek, arzon narx, kam investitsiya talab qiladigan va yaxshi texnik xizmat ko‘rsatish afzalliklariga ega bo’lgan simsiz rele tizimining arxitekturasi qurilgan va joriy qilingan [5].

Yana bir tadqiqotchi Iliev, Mihaylov, Stoyanov va Beloevlar tomonidan chop etilgan «Performance Analysis of 5G Radio-Relay Network with Different Nodes» maqolasidagi 5G radiorele tarmog‘ini tahlil qilish va loyihalash haqidagi fikrlari o‘rganilgan [6].

Shuningdek, Chakraborty, Kumari, Mousam va Mukherjee kabi tadqiqotchilarning “The Future of 5G and Millimeter Waves” nomli maqolasida millimetrli to‘lqinlarning afzalliklari, 5G tizimi doirasida millimetrli to‘lqinlar qo‘llanilganda erishiladigan imkoniyatlar va 5G arxitekturasini loyihalash kabi mavzular tahlil qilingan [4].

III. TAHLIL VA NATIJALAR MUHOKAMASI.

5G radiorele tarmog'i – bu 5G tarmog'ida signallarni uzatish va qabul qilish uchun ishlatiladigan maxsus qurilmalarning majmuasi. Radiorelelar signallarni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga uzatishda yordam beradi va bu orqali tarmoqning qamrov hududini kengaytiradi.

5G tarmog'ini tashkil qilishda yuqori tezlik va kechikishlarni kamaytirish maqsadida eMBB, mMTC va URLLC xizmat turlari joriy qilish – 5G tarmog'iga qo'yiladigan asosiy talablardan biri hisoblanadi [2]. Ushbu xizmat turlarini quyida kengroq yoritib beramiz:

- eMBB, mMTC va URLLC xizmatlari ITU tomonidan tasniflangan 5G texnologiyasining uchta asosiy innovatsiyasi hisoblanadi. eMBB (Enhanced Mobile Broadband) – kengaytirilgan mobil keng polosali ulanish bu bir necha Gbit/s yuklash tezligi va havo orqali past kechikish bilan ma'lumotlarni uzatish tezligini belgilovchi xizmat turi. 5G eMBB hatto og'ir ekologik sharoitlarda ham yuqori sifatli internetga kirish va aholi zich joylashgan hududlarda ko'plab qurilmalar o'rtasida yaxshi ichki ulanishni amalga oshirish imkonini beradi.
- mMTC (Massive Machine Type Communications) bir vaqtning o'zida juda ko'p qurilmalar va ulanishlarni boshqarish imkonini beradi. Past tezlikli, yuqoriga yo'naltirilgan uzatishni birinchi o'ringa qo'yadigan insoniy bo'lmagan aloqa modellaridan foydalanadi. Ushbu xizmat turi kichik paketli ma'lumotlarni uzatish usullaridan foydalanadi. 5G mMTC shuningdek, tarmoqqa kirishni kutayotgan minglab IoT qurilmalari mavjud bo'lganda tasodifiy kirish va rejalashtirish strategiyalarini birlashtiradi.
- URLLC (Ultra Reliable and Low Latency Communications) – juda ishonchli va past kechikishli aloqa. Ushbu 5G URLLC xizmat turi 4 millisekundlik diapazondan past kechikish va 99.99% ishonchlilikni ta'minlaydi [3]. Qurilma va baza stansiya o'rtasidagi kechikish – taxminan 5 millisekundni tashkil qiladi. Ma'lumotlarning xavfsizligi yuqori darajada ta'minlangan.

5G texnologiyasining 4G dan ustun ekanligini ularning bir qancha parametrlarini solishtirish orqali bilish mumkin. Birinchidan, 4G texnologiyasi o'rtacha 100Mbit/s, 5G esa 1-10 Gbit/s tezlikka ega. Shu bilan birga tarmoq kengligi 5Gda yuqori, bu esa ko'proq qurilmalarga xizmat ko'rsatishni osonlashtiradi. Ikkinchidan, 4G da kechikish 30-50 ms ni, 5G texnologiyasida 1ms ni tashkil etadi.

Millimetrli to'lqin tizimlari kelajakdagi 5G tarmog'ining quvvat talablarini qondirishga katta qiziqish uyg'otdi. Bu turdagi tizimlar 30 GHz dan 300GHz gacha bo'lgan chastota diapazoniga ega. Millimetrli to'lqinlar tarmoq kengligini oshirish uchun ishlatiladi. Tarmoqlardagi gavjum muhit muammosini hal qilish uchun MIMO texnologiyasi foydalaniladi. Uning asosiy vazifasi fazoviy ishlov berish, nurlanish va birlashtirishdan iborat [4].

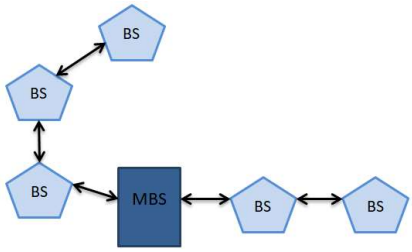
Bundan tashqari E-band va MIMO texnologiyalari kombinatsiyasi orqali yuqori tezlik va past kechikish bilan 1,5 km masofada 139 Gbit/s tezlikka erishilgan. 5G radiorele tizimida E-band texnologiyasidan foydalanish orqali 1-jadvalda ko'rsatilgani kabi shahar, shahar atrofi va qishloq joylarda 2025-yilgacha tezlikning sezilarli ravishda oshishi kutilmoqda [5].

1-jadval.

5G radiorele tizimida E-band texnologiyasi

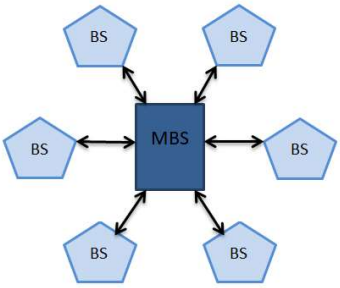
	2022-yil	**2025-yil**
Shahar	450 Mbit/s – 10 Gbit/s	600 Mbit/s – 20 Gbit/s
Shahar atrofi	200 Mbit/s – 2 Gbit/s	300 Mbit/s – 5 Gbit/s
Qishloq	75 Mbit/s – 350 Gbit/s	100 Mbit/s – 600 Gbit/s

Mobil uzatish tarmog'ida topologiyalar tarmoqning samaradorligi va ishonchliligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Mobil uzatish tarmoqlarida ishlatiladigan bir nechta tarmoq topologiyasi mavjud va ularning tanlovi tarmoqning talablariga, joylashuv va texnologik imkoniyatlariga bog'liq. Quyida mobil uzatish tarmog'ida keng qo'llaniladigan topologiyalar keltirilgan:



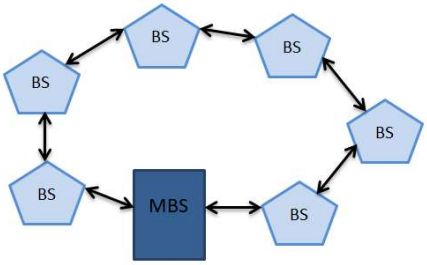
1-rasm. Zanjir tipidagi topologiya

Zanjir tipidagi tarmoq topologiyasi zanjirli ulanishlardan iborat bo‘lib, zanjirdagi har bir baza stansiya (BS) avvalgisi uchun faol takrorlovchi vazifasini bajaradi. Shuningdek, zanjirning bir qismi ishdan chiqqan taqdirda undan keyingi ulanishlar vaqtinchalik ishlamaydi. Bunday topologiyada markaziy baza stansiyaga(MBS) yaqinroq bo‘lgan stansiyalar yuqori quvvatga ega bo‘ladi [6].



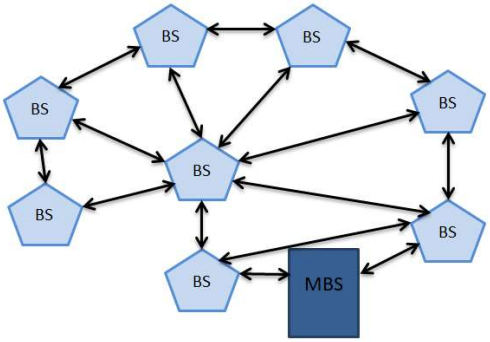
2-rasm. Yulduz tipidagi topologiya

Bu turdagi topologiya yulduzsimon ko‘rinishga ega. Ya’ni, barcha baza stansiyalar markaziy baza stansiyaga ulanadi. Barcha stansiyalar mustaqil ishlaydi, bunda ulanishlarning quvvati bir-biriga ta’sir qilmaydi. Yulduz tipidagi topologiya tarmoqning ishonchliligi va quvvati jihatidan zanjir topologiyasidan ustun hisoblanadi.



3-rasm. Halqa tipidagi topologiya

Halqa tipidagi tarmoq topologiyasi zanjir tipidagi topologiyaning o‘zgartirilgan versiyasi bo‘lib, unda baza stansiya qo'shimcha ulanishlarni o‘rnatmasdan ma’lumotlarni uzatish uchun ikki tomonlama yo‘nalishga ega. Shu sababli, tarmoqning ishonchliligi ortadi [7].



4-rasm. To‘rsimon topologiya

To‘rsimon topologiya – zanjir, yulduz va halqa tipidagi topologiyalarning birlashmasidan tashkil topgan topologiya turi. Ushbu topologiya tarmoqning ishonchliligi va sig‘imini oshiradi. Lekin bu topologiya iqtisodiy jihatdan samarali emas.

Radiorele tarmoqlarida signallarni uzatish va qabul qilishning yangi texnologiyalari tarmoqning rivojlanishida katta ahamiyat kasb etadi. Yangi texnologiyalardan foydalanish orqali tor antenna nurini hosil qilish, shuningdek, shovqinni kamaytirish, signal-shovqin nisbatini yaxshilash va signal quvvat spektridan foydalanish samaradorligini oshirish kabi imkoniyatlarga ega bo‘ladi [8].

5G radioreleli uzatishni rejalashtirishda baholanishi kerak bo‘lgan bir qancha jihatlar mavjud. Ushbu jihatlardan biri – shovqin muammolari. Foydali signalni aniqlash sifatini sezilarli darajada kamaytiradigan murakkab shovqin muhitida passiv va faol buzilishlar bilan kurashishning asosiy yo‘nalishlaridan biri ularning kompensatsiyasidir. Interferensiyani kompensatsiya qilishning eng aniq prinsipi ikki kanalli qabul qilish usuliga asoslanadi. Agar asosiy va kompensatsiya kanalida shovqin mavjud bo‘lsa, foydali signal sezilarli darajada zaiflashadi.

Antifazada asosiy va zaxira kanallarini qo'shish shovqin darajasining sezilarli darajada pasayishiga olib keladi. Interferensiyani bartaraf qilishning bu yondashuvi 5G tarmog'ining ishlashi va xizmat ko'rsatish sifatini baholashda yaxshi natijalar berdi. Aloqa tizimlarida yuqori sifatli kompensatsiyani qo'llashda yordamchi kanallar sonini ko'paytirish orqali erishiladi [9] [10].

IV. XULOSA

Maqolada 5G radiorele tarmog'ini loyihalash va rejalashtirishda qo'yiladigan asosiy talablar, tarmoqni yaxshilash uchun taklif etilgan texnologik yechimlar va tarmoq topologiyasi turlari tahlil qilindi. 5G tarmog'ining ishlash samaradorligini oshirish va beshinchi avlod tarmog'ining rivojlanishi uchun millimetrli to'lqinlar texnologiyasi eng yaxshi yechimdir.

Mobil uzatish tarmoqlarida qo'llaniladigan tarmoq topologiyasi turlari o'rganildi. Samarali ulanish texnikasi bitta ma'lumot oqimini arzimas qo'shimcha xarajatlar bilan turli radiokanallar orqali uzluksiz uzatilishini ta'minlaydi.

Shuningdek, 5G radiorele tizimida signallarni uzatish va qabul qilishda signal sifatiga ta'sir qiladigan bir qancha muammolar mavjud. Ulardan biri shovqin muammolari bo'lib, maqolada shovqin darajasining sezilarli darajada pasayishiga erishish uchun maqbul yechimlardan biri ko'rib chiqildi.

V. ADABIYOTLAR RO'YXATI

[1] T. S. Rappaport, Y. Xing, G. R. MacCartney, A. F. Molisch, E. Mellios and J. Zhang, "Overview of Millimeter Wave Communications for Fifth-Generation (5G) Wireless Networks— With a Focus on Propagation Models", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2017, doi: 10.1109/TAP.2017.2734243

[2] ETSI White Paper "Microwave and Millimetrewave for 5G Transport", No. 25, February 2018

[3] Ali A. Esswie, "Capacity Cost of Fulfilling the URLLC Performance in Industrial 5G New Radio Deployments", 2022 IEEE Wireless Communications and

Networking Conference (WCNC), Austin, TX, USA, doi: 10.1109/WCNC51071.2022.9771896

[4] R. Chakraborty, N. Kumari, M.Mousam and A. Mukherjee, "The Future of 5G and Millimeter Waves", 2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), Coimbatore, India, doi: 10.1109/ICECA.2018.8474584

[5] B. Iliev, Y. Mihaylov, S. Stoyanov, R. Penkov and H. Beloev, "Planning and Deployment of 5G Radio-Relay Line", 2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), doi: 10.23919/MIPRO55190.2022.9803455.

[6] B. Iliev, Y. Mihaylov, S. Stoyanov and H. Beloev, "Performance Analysis of 5G Radio-Relay Network with Different Nodes", 2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), doi: 10.23919/MIPRO55190.2022.9803321.

[7] F.C. Kuo, F.A. Zdarsky, J. Lessmann and S. Schmid, "Cost-Efficient Wireless Mobile Backhaul Topologies: An Analytical Study", 2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010, Miami, FL, USA, doi: 10.1109/GLOCOM.2010.5683870

[8] T. Iliev, I. Stoyanov, G. Mihaylov, A. Fazylova and M.S. Papadopoulou, "Evalution of Signal Level Distribution in 5G Radio Relay Transmissions", Eng. Proc. 2023, 41, 2. https://doi.org/10.3390/ engproc2023041002

[9] S. Sadinov, P. Kogias, K. Angelov, M. Malamatoudis and A. Aleksandrov, "The Impact of Channel Correlation on the System Performance and Quality of Service in 5G Networks", 2020 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE), Ruse, Bolgaria, doi: 10.1109/EEAE49144.2020.9278982

[10] Kostadinova, S.; Markova, V.; Kostov, N.; Balabanova, I.; Georgiev, G. Latency Analysis for 5G Optical Transport Network. In Proceedings of the

International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA), Varna, Bulgaria, doi: 10.1109/BIA52594.2022.9831249