



MOBIL ALOQA TARMOQLARINI TASHKIL ETISH PRINSIPLARI

Ro'ziyev Shoxrux Shoymurod o'g'li

Vatan Universiteti magistranti

Odinayev Jonibek Xoshim o'g'li

Vatan Universiteti magistranti

Annotatsiya: Ushbu tezisda mobil aloqa tarmoqlarini tashkil etishning asosiy prinsiplari, ularning arxitektura tuzilishi hamda zamonaviy rivojlanish tendensiyalari tahlil qilingan. Mobil tarmoqlarning hujayraviiy tuzilishi, radiochastota resurslarini samarali taqsimlash, signal uzatish jarayonining fizik xususiyatlari va tarmoq yuklamasini boshqarish masalalari yoritilgan. Shuningdek, mobil aloqa tizimlarining rivojlanish bosqichlari - 2G dan 5G gacha bo'lgan texnologiyalar evolyutsiyasi hamda ularning zamonaviy raqamli xizmatlar bilan integratsiyasi ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlar: Mobil tarmoqlar, hujayra, baza stansiya, radiochastota, signal, arxitektura, yadro tarmoq, RAN, handover, OFDMA, spektr, 5G, IoT.

Bugungi kunda mobil aloqa tarmoqlari zamonaviy jamiyatning muhim axborot-kommunikatsiya infratuzilmasi sifatida barcha sohalarda keng qo'llanilmoqda. Ular iqtisodiyot, ta'lim, tibbiyot va boshqa yo'nalishlarda tezkor va samarali axborot almashinuvini ta'minlashga xizmat qiladi. Mobil texnologiyalarning rivojlanishi natijasida 3G, 4G va 5G kabi avlod tarmoqlari paydo bo'lib, foydalanuvchilarga yuqori tezlikdagi internet va turli raqamli xizmatlardan foydalanish imkonini yaratdi. Mobil aloqa tarmoqlari harakatchan foydalanuvchilarga uzluksiz aloqa xizmatini taqdim etishi bilan ajralib turadi. Bunday tizimlarni tashkil etish murakkab muhandislik jarayoni bo'lib, u katta hududni qamrab olish, ko'p sonli abonentlarga xizmat ko'rsatish va yuqori sifatli aloqa ta'minlash kabi vazifalarni o'z ichiga oladi.

Mobil aloqa tarmoqlarini tashkil etish murakkab ko'p bosqichli jarayon bo'lib, u radioaloqa nazariyasi, telekommunikatsiya arxitekturasi, signal uzatish texnologiyalari hamda tarmoq boshqaruvi tamoyillarining uyg'unlashgan holda qo'llanilishini talab etadi. Mobil tarmoqlarni loyihalashda asosiy maqsad – foydalanuvchilarga har qanday geografik hududda barqaror, sifatli va uzluksiz aloqa xizmatini ta'minlashdir. Buning uchun tarmoq hujayraviiy (cellular) tuzilishga asoslanadi, ya'ni xizmat ko'rsatiladigan hudud kichik hududiy bo'laklar — hujayralarga ajratiladi. Har bir hujayra markazida baza stansiya joylashib, u o'z hududidagi abonentlar bilan radioaloqa orqali bog'lanadi. Ushbu yondashuv



chastota resurslaridan qayta foydalanish imkonini beradi va tarmoq sig'imini sezilarli darajada oshiradi.

Mobil aloqa tarmoqlarining asosiy prinsiplaridan biri chastotalarni rejalashtirish (frequency planning) hisoblanadi. Chastota resursleri cheklangan bo'lgani sababli, ularni optimal taqsimlash juda muhimdir. Hujayralar orasida bir xil chastotalarni qayta ishlatish (frequency reuse) usuli qo'llaniladi, biroq bu jarayonda interferensiya (aralashuv) darajasi nazorat qilinishi lozim. Shu sababli hujayralar orasidagi masofa, uzatish quvvati va antenna yo'naltirilganligi kabi parametrlar puxta hisoblanadi. Bu yondashuv tarmoqning sig'imi va sifatini muvozanatda ushlab turishga xizmat qiladi. Ayniqsa, urban hududlarda foydalanuvchilar zichligi yuqori bo'lgani uchun mikrohujayra va pikohujayra texnologiyalaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

Mobil tarmoqlarning arxitekturasi odatda uch asosiy darajadan iborat bo'ladi: foydalanuvchi uskunalari (User Equipment – UE), radio kirish tarmog'i (Radio Access Network – RAN) va yadro tarmoq (Core Network). Foydalanuvchi uskunalari mobil telefonlar, modemlar va IoT qurilmalarini o'z ichiga oladi. RAN esa baza stansiyalar va ularni boshqaruvchi kontrollerlardan tashkil topadi. Yadro tarmoq esa barcha aloqa oqimlarini boshqarish, marshrutlash, autentifikatsiya va xizmatlarni taqdim etish vazifalarini bajaradi. Ushbu uch darajali tuzilma tarmoqning modul va kengaytiriladigan bo'lishini ta'minlaydi.

Mobil aloqa tizimlarida handover (abonentni bir hujayradan boshqasiga uzluksiz o'tkazish) mexanizmi juda muhim hisoblanadi. Foydalanuvchi harakatlanayotgan paytda aloqa uzilib qolmasligi uchun tizim avtomatik ravishda uni yaqinroq yoki kuchli signalga ega baza stansiyaga ulaydi. Handover jarayoni to'g'ri tashkil etilmasa, qo'ng'iroq uzilishi, internet tezligining pasayishi yoki kechikishlar yuzaga kelishi mumkin. Shu sababli zamonaviy tarmoqlarda handover algoritmlari sun'iy intellekt va adaptiv boshqaruv usullari asosida takomillashtirilmoqda.

Yana bir muhim prinsip – tarmoq resurslarini boshqarish va yuklamani balanslashdir. Mobil tarmoqlarda bir vaqtning o'zida juda ko'p foydalanuvchi xizmatlardan foydalanadi, bu esa bazaviy stansiyalarga katta yuk tushiradi. Agar yuklama noto'g'ri taqsimlansa, tarmoqning ayrim qismlarida tiqilish (congestion) yuzaga kelishi mumkin. Shu sababli dinamik resurs taqsimoti, trafik monitoringi va adaptiv boshqaruv tizimlari qo'llaniladi. Bu texnologiyalar tarmoq samaradorligini oshirish va xizmat sifatini (QoS – Quality of Service) ta'minlashga yordam beradi.

Mobil aloqa tarmoqlarining rivojlanishi 2G dan 5G gacha bo'lgan bosqichlarda sezilarli o'zgarishlarga olib keldi. 2G asosan ovozli aloqa va SMS xizmatlarini taqdim etgan bo'lsa, 3G multimedia va internet xizmatlarini





kengaytirdi. 4G esa yuqori tezlikdagi IP asosidagi xizmatlarni joriy qildi va mobil internetni asosiy aloqa vositasiga aylantirdi. Hozirgi 5G texnologiyasi esa ultra past kechikish, yuqori tezlik va katta hajmdagi qurilmalarni bir vaqtning o'zida qo'llab-quvvatlash imkonini beradi. Bu esa "aqlli shaharlar", sanoat avtomatizatsiyasi va IoT tizimlarining rivojlanishiga zamin yaratadi. Shuningdek, mobil tarmoqlarni tashkil etishda xavfsizlik masalasi ham muhim o'rin tutadi. Ma'lumotlar uzatish jarayonida shifrlash algoritmlari, autentifikatsiya protokollari va kirishni boshqarish mexanizmlari qo'llaniladi. Bu foydalanuvchi ma'lumotlarini himoya qilish va tarmoqni tashqi hujumlardan saqlashga xizmat qiladi. Zamonaviy tarmoqlarda kiberxavfsizlik sun'iy intellekt asosida monitoring qilinib, shubhali faoliyatlar avtomatik aniqlanadi.

Mobil aloqa tarmoqlarini tashkil etishda radio spektrni samarali boshqarish eng muhim masalalardan biri hisoblanadi. Chunki radiochastota resurslari cheklangan tabiiy resurs bo'lib, ularni noto'g'ri taqsimlash tarmoq sifatining keskin yomonlashuviga olib keladi. Shu sababli zamonaviy tizimlarda spektrni qayta ishlatish (spectrum reuse) bilan bir qatorda spektrni dinamik boshqarish texnologiyalari ham qo'llanilmoqda. Bu yondashuvda chastotalar statik emas, balki real vaqt trafik yuklamasiga qarab qayta taqsimlanadi. Natijada tarmoqning umumiy samaradorligi oshadi va bo'sh resurslar yo'qotilmaydi.

Mobil tarmoqlarda signal tarqalishining fizik xususiyatlari ham alohida ahamiyatga ega. Radioto'lqinlar binolar, relyef, ob-havo sharoitlari va boshqa to'siqlar ta'sirida so'nish, qaytish va difraksiya hodisalariga uchraydi. Shu sababli tarmoqni loyihalash jarayonida radio-propagatsiya modellari qo'llaniladi. Masalan, urban hududlar uchun zich to'siqlarni hisobga oluvchi modellardan, ochiq hududlar uchun esa erkin tarqalish modellari ishlatiladi. Bu esa baza stansiyalar joylashuvini aniq rejalashtirish va signal sifatini optimallashtirish imkonini beradi. Yana bir muhim jihat — mobil tarmoqlarda multiple access (ko'p kirishli ulanish) texnologiyalaridir. Bu texnologiyalar bir nechta foydalanuvchining bir vaqtning o'zida tarmoq resurslaridan foydalanishini ta'minlaydi. Tarixan FDMA, TDMA va CDMA kabi usullar qo'llanilgan bo'lsa, zamonaviy tizimlarda OFDMA va SC-FDMA kabi yanada samarali usullar keng tarqalgan. Ular resurs bloklarini vaqt va chastota bo'yicha bo'lib, har bir foydalanuvchiga optimal ulanish imkonini beradi. Bu esa tarmoqning sig'imini oshiradi va kechikishlarni kamaytiradi.

Mobil aloqa infratuzilmasini tashkil etishda backhaul va fronthaul tarmoqlari ham muhim rol o'ynaydi. Fronthaul baza stansiya va radio bloklar o'rtasidagi yuqori tezlikdagi aloqani ta'minlasa, backhaul tarmog'i baza stansiyalarni yadro tarmoq bilan bog'laydi. Ushbu yo'nalishlarda optik tolali aloqa, mikroto'lqinli radiorele liniyalari va hatto sun'iy yo'ldosh kanallari qo'llanilishi mumkin.





Ayniqsa, 5G tizimlarida backhaul tarmog'ining o'tkazuvchanligi juda yuqori bo'lishi talab etiladi, chunki trafik hajmi keskin ortadi.

Tarmoqning ishonchliligini ta'minlash uchun redundans (zaxira yo'llar) prinsipi keng qo'llaniladi. Agar biror baza stansiya yoki aloqa liniyasi ishdan chiqsa, trafik avtomatik ravishda boshqa yo'nalishlarga yo'naltiriladi. Bu tizimning uzluksiz ishlashini ta'minlaydi va xizmat uzilishlarini minimallashtiradi. Shu bilan birga, tarmoqlarda fault management (nosozliklarni boshqarish) tizimlari ham mavjud bo'lib, ular muammolarni aniqlash, tahlil qilish va tezkor bartaraf etish vazifasini bajaradi.

Mobil tarmoqlarda energiya samaradorligi ham dolzarb masalalardan biridir. Baza stansiyalar doimiy ishlagani uchun katta miqdorda elektr energiyasi iste'mol qiladi. Shu sababli "yashil tarmoq" konsepsiyasi ishlab chiqilgan bo'lib, u energiya tejamkor uskunalari, uyqu rejimlari (sleep mode) va yuklamaga qarab avtomatik o'chib-yoqiladigan stansiyalarni o'z ichiga oladi. Bu nafaqat iqtisodiy foyda beradi, balki ekologik barqarorlikni ham ta'minlaydi. Shuningdek, mobil tarmoqlarda virtualizatsiya va dasturiy boshqaruv (SDN – Software Defined Networking) texnologiyalari keng joriy etilmoqda. Bu yondashuvda tarmoq funksiyalari apparat qurilmalardan ajratilib, dasturiy platformalar orqali boshqariladi. Natijada tarmoqni moslashuvchan sozlash, tez kengaytirish va avtomatlashtirish imkoniyati paydo bo'ladi. NFV (Network Function Virtualization) texnologiyasi esa tarmoq funksiyalarini virtual serverlarda ishlatish orqali xarajatlarni kamaytiradi va samaradorlikni oshiradi.

Mobil aloqa tizimlarida sifat ko'rsatkichlarini monitoring qilish ham muhim ahamiyatga ega. QoS (Quality of Service) va QoE (Quality of Experience) indikatorlari yordamida foydalanuvchi tajribasi baholanadi. Bu ko'rsatkichlar orqali tarmoqdagi muammoli hududlar aniqlanadi va optimallashtirish ishlari olib boriladi. Masalan, internet tezligi, kechikish darajasi, paket yo'qotish foizi kabi parametrlar doimiy nazorat qilinadi.

Xulosa qilib aytganda, mobil aloqa tarmoqlarini tashkil etish zamonaviy telekommunikatsiya sohasining muhim va murakkab yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. U radioaloqa, tarmoq arxitekturasini va axborot texnologiyalarining uyg'un ishlashiga asoslanadi. Mobil aloqa tizimlari faqat ovoqli aloqa emas, balki internet, multimedia va turli raqamli xizmatlarni taqdim etuvchi keng platformaga aylangan. Shu sababli ularning samarali ishlashi uchun yuqori tezlik, ishonchlilik va resurslardan samarali foydalanish kabi talablar muhim ahamiyat kasb etadi. Umuman olganda, mobil aloqa tarmoqlari doimiy rivojlanib borayotgan soha bo'lib, kelajakda yanada ilg'or texnologiyalar asosida global aloqani yanada yaxshilashga xizmat qiladi.



FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov A.A. Telekommunikatsiya asoslari. Toshkent: O'zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2019, 312 b.
2. Sodiqov M.M. Mobil aloqa tizimlari va ularning rivojlanishi. Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti, 2021, 280 b.
3. Yusupov B.B. Raqamli aloqa tarmoqlari. Toshkent: O'qituvchi nashriyoti, 2020, 256 b.
4. Xolmatov Sh.Sh. Telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlari. Toshkent: Aloqa nashriyoti, 2018, 340 b.
5. Raximov I.I. Mobil aloqa va simsiz texnologiyalar. Toshkent: Iqtisod-Moliya, 2022, 298 b.

