

11- MA'RUZA

5G AQLLI SHAHARNING RAQAMLI TRANSFORMATSIYASINING ASOSLARIDAN BIRI SIFATIDA.

Reja:

1. Aqlli shaharning "beshinchi avlodi" ning aloqa tarmoqlari .
2. 5G tarmoqlarini yaratish maqsadi va vazifalari.
3. 5G ning amaliy afzalliklari .
4. 5G yangi radio texnologiyalari.

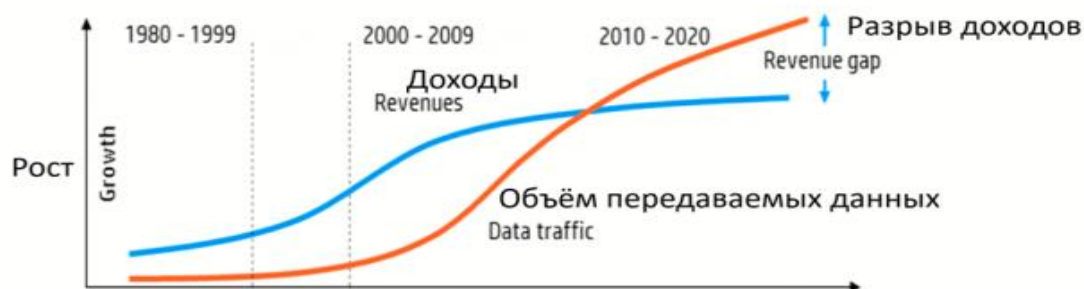
1. Aqlli shaharning “beshinchi avlodi”ning aloqa tarmoqlari.

“Beshinchi avlod”, 5G aloqa tarmoqlari “Katta ma'lumotlar tahlili” (Katta ma'lumotlar) va narsalar interneti (IoT) tahlili bilan birgalikda raqamli iqtisodiyotning asoslaridan biriga, asosiy harakatlantiruvchi omilga aylanishga mo'ljallangan. uning kuchi sun'iy intellekt (AI) bo'lishi kerak.

O'tgan 40 yil ichida mobil tarmoqlarning to'rt avlodi o'zgardi. Agar birinchi avlod 1G uyali tarmoqlari uzoq vaqtdan beri yo'q bo'lib ketgan bo'lsa, 2G, 3G va 4G tarmoqlari hali ham foydalanishda davom etmoqda. Bundan tashqari, ba'zi eski 3G va 4G tarmoq infratuzilmasi organik ravishda beshinchi avlod 5G mobil tarmoqlarining bir qismiga aylanadi.

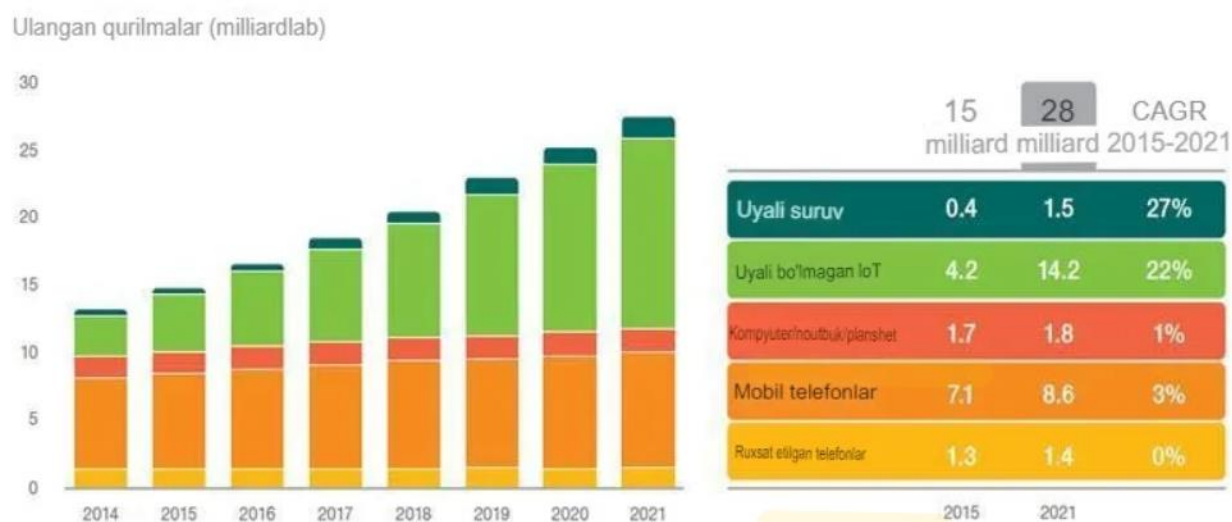
5G ga o'tish zarurati

Aloqa operatorlari tarmoqlari orqali tobora ortib borayotgan trafikni o'tkazish xarajatlari hozirda an'anaviy xizmatlardan olinadigan daromadlar hisobidan qoplanmaydi. Yangi xizmatlarni qidiring, deb atalmish. An'anaviy telekommunikatsiya platformalarining "qotil ilovasi" odatda kutilgan natijalarni bermaydi.



11.1-rasm. Telekommunikatsiya operatori daromadlaridagi farq.

Ayni paytda, asosiy trafik va daromadning o'sishi inson qurilmalari sektorida emas, balki 5G funksionalligining asosiy maqsadlaridan biri bo'lgan IoT qurilmalari sektorida.



11.r-rasm. Tarmoqqa ulangan qurilmalar sonining o'sishi.

Shuning uchun 5G tarmoqlarini raqamli transformatsiya va raqamli iqtisodiyotning zarur tarkibiy qismlaridan biri deb hisoblash mumkin. Ericsson bosh direktori Borje Ekholmning so'zlariga ko'ra, "Biz AQSh va Xitoyning 5G sohasida tezlik bilan yetakchilik qilayotganini ko'ramiz. Shveytsariya ham oldinga shoshilmoqda, Avstraliya, Yaponiya, Koreya allaqachon 5G loyihalarini amalga oshirmoqda. O'ylaymanki, bu mamlakatlar hukumatlari 5G haqiqatan ham muhim milliy infratuzilma ekanligini tushunishadi".

Standartlashtirish

5G texnologiyalari va yechimlarini standartlashtirish 2021 yilgacha yakunlanishi kerak, shuning uchun 5G atamasi endi faqat kelajakda to'liq miqyosli IMT2020 yechimining bir qismi bo'ladigan parchalangan yechimlarni bildiradi. Bunday echimlar allaqachon turli mamlakatlarda qo'llanilmoqda, ammo ular hali ham mahalliy va sinov xususiyatiga ega va IMT2020 tarmoqlarining barcha rejalashtirilgan funksiyalarini ta'minlamaydi.

- 5G standartlarining asosiy tashkilotlari

3GPP (3rd Generation Partnership Project), turli telekommunikatsiya standartlarini ishlab chiqadigan yetti tashkilotning alyansi bo'lib, ular o'z navbatida boshqa hamkorlarni ham o'z ichiga oladi. 3GPP vazifasi spetsifikatsiyalarni shakllantirish, takliflarni baholash va nihoyat standartlarni qabul qilishdir. Umumiy standartning 15-relizi 2017-yilning o'rtalarida qabul qilingan, 16-relizi esa hozirda ishlab chiqilmoqda va 2019-yilda chiqariladi. 3GPP umumiy arxitekturani ishlab chiqishdan tashqari, yangi uchun 5G New Radio (NR) radio texnologiyasi standartlarini ham ishlab chiqmoqda. chastota diapazonlari 5G ostida ajratilgan.

- ETSI (Evropa Telekommunikatsiya Standartlari Instituti), 3GPP a'zosi bo'lgan va 5G standartlarini ishlab chiqishda eng faol bo'lgan Evropa Telekommunikatsiya standartlari instituti.

IETF (Internet Engineering Task Force). IETF Network Function Virtualization (NFV) ni qo'llab-quvvatlash uchun IP retrofit yechimlarini ishlab chiqmoqda. Masalan, IETF 5G arxitekturasining virtuallashtirilgan komponentlarini, masalan, tayanch stansiyalar, xizmat ko'rsatish shlyuzlari va ma'lumotlar paketlarini yagona yo'nalishda birlashtirgan Service Function Chaining (SFC) texnologiyasini ishlab chiqdi. Bu virtual tarmoq funktsiyalarini (VNF) dinamik yaratish va zanjirlash imkonini beradi. IETF 3GPP bilan yaqindan hamkorlik qiladi.

XEI (Xalqaro elektraloqa ittifoqi): ITU BMTning Jenevada joylashgan agentligi bo'lib, keng doiradagi telekommunikatsiya texnologiyalarini standartlashtiradi. Xususan, radiochastota spektrini ulashish bo'yicha ishlarni muvofiqlashtiradi, shu jumladan. 5G tarmoqlari uchun.

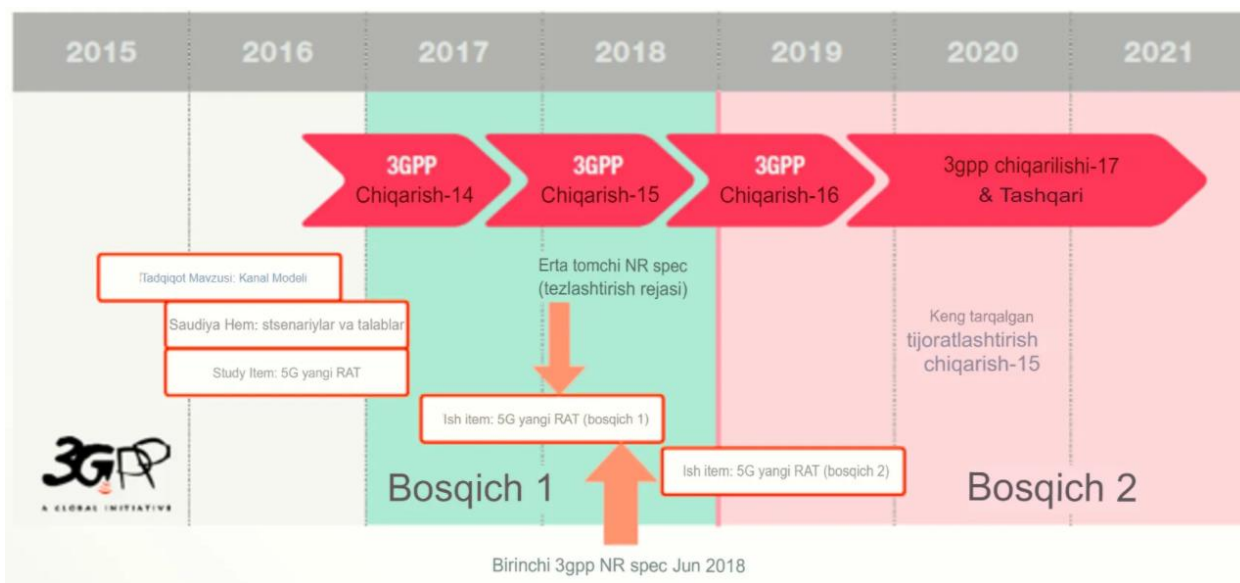
Ushbu uchta asosiy muvofiqlashtiruvchi tashkilotlardan tashqari, IMT2020 (5G) standartlarini ishlab chiqish bo'yicha tizimli amaliy ishlar olib borilayotgan yana bir qancha tashkilotlar mavjud.

5GPPP (5G infratuzilmasi davlat xususiy hamkorligi) 5G standartlashtirish bo'yicha yetakchi hamkorliklardan biri hisoblanadi. Tashkilot 5G tarmog'iga talablarni ishlab chiqish, masalan, tarmoq sig'imini 1000 barobarga oshirish, foydalanuvchi qurilmalarining quvvat sarfini 90% ga kamaytirish, yangi xizmatlar va xizmatlarni yaratish vaqtini sezilarli darajada qisqartirish, tarmoqni to'liq va xavfsiz qamrab olish

bo'yicha ulkan maqsadlarni qo'yadi. va ma'lumotlarni uzatishning arziyas kechikishi bilan va hokazo.

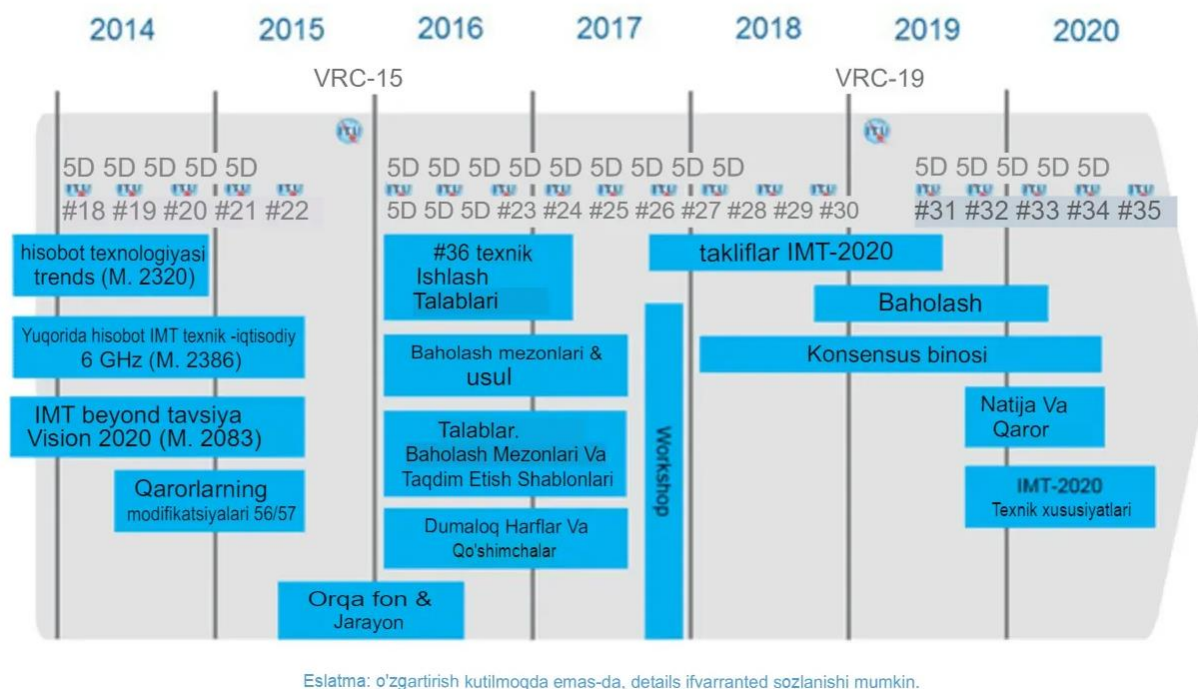
NGMN (Keyingi avlod mobil tarmoqlari) alyansi. Next Generation Mobile Network Alliance 5G yechimlarining to'liq spektrini standartlashtirmoqda. Alyansga AQShning yetakchi operatorlari: AT&T, US Cellular va Verizon rahbarlari kiradi.

Ulardan tashqari, 5G Americas, Small Cell Forum kabi sanoat va mintaqaviy tashkilotlar mavjud bo'lib, ular ham 5G yechimlarini ishlab chiqish va standartlashtirishga katta hissa qo'shmoqda.



11.3-rasm. 3GPPda 5G standartlashtirish yo'l xaritasi.

ITU-R-da IMT-2020 uchun batafsil Xronologiya va jarayon



11.4-rasm. XEIda 5G standartlashtirish uchun rejalashtirilgan vaqt jadvali.

AT&T, Verizon va boshqalar kabi yirik aloqa operatorlari ham standartlarni ishlab chiqishda katta hissa qo'shmoqda. Ular o'z ishlarini ETSI va ITU bilan muvofiqlashtiradilar, lekin ba'zan ular bu tashkilotlardan oldinda bo'lishadi. Shu sababli, ushbu operatorlarning qarorlari ko'pincha ETSI va ITU standartlarining asosini tashkil qiladi.

11.2 5G tarmoqlarini yaratish maqsadi va maqsadi.

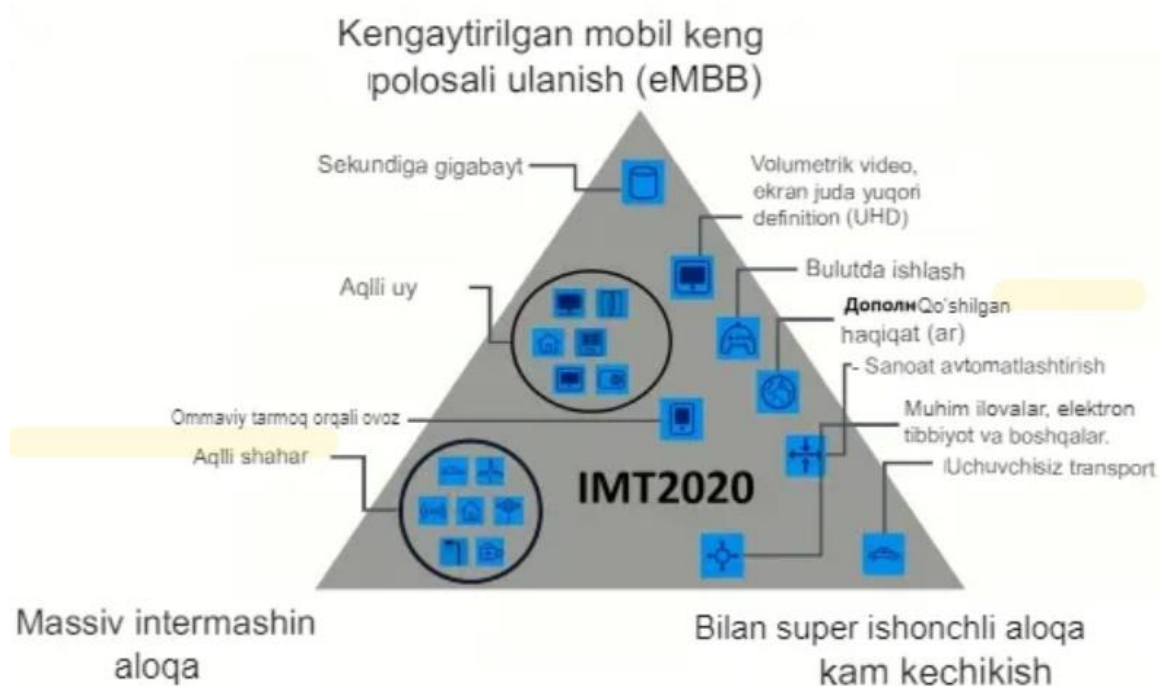
Oldingi avlod mobil aloqa tarmoqlari quyidagi maqsadlar va funksiyalarga ega edi:

- 1G: Analog tarmoq xizmatlari orqali ovoz.
- 2G: Raqamli tarmoq xizmatlari orqali ovoz, past tezlikdagi ma'lumotlar xizmatlari (GPRS, EDGE).
- 3G: Yuqori tezlikdagi ma'lumotlar xizmatlari (HSPA), IP orqali ovozli, MBB (Mobil keng polosali) mobil Internetga kirish.
- 4G: LTE, LTE-A asosidagi MBB mobil keng polosali, ovozli (VoLTE).

5G tarmoqlari mobil tarmoqlarning oldingi avlodlarining cheklangan funksiyalarini sezilarli darajada kengaytiradi. 5G tarmoqlarining asosiy funktsional xususiyatlari quyidagilardan iborat:

- Kengaytirilgan mobil keng polosali eMBB (kengaytirilgan MBB).
- Kam kechikishli ultra ishonchli aloqa ULLRC (Ultra Low Latency Reliable Communication).
- katta mashinadan mashinaga Massive IoT / IIoT kommunikatsiyalari , m MTC (massive Machine Type Communication).

Ushbu uchta umumlashtirilgan funktsionallik turiga asoslanib, IMT2020 (5G) tarmoqlarining turli xil xizmatlari va imkoniyatlari yaratilgan, ulardan eng tipiklari quyidagi rasmda ko'rsatilgan:



11.5-rasm IMT2020/5G tarmoqlarining funktsionalligi xilma-xilligi.

Gigabayt/soniya. 5G tarmoqlari turli xil radio kirish texnologiyalari (RAT) va yangi 5G NR (Yangi radio) radio spektrlaridan foydalanish orqali ma'lumotlar uzatish tezligini sezilarli darajada oshirishga qodir. Foydalanuvchi turli xizmatlardan uyda foydalanish uchun ham, korxonalar maqsadlari uchun ham (Immersive Telepresence, Industrial IoT va boshqalar) deyarli cheksiz o'tkazish qobiliyatini oladi.

Aqlli uy. “Aqlli uy” va “Aqlli bino” yechimlari uchun turli xil narsalar interneti (IoT) xizmatlarining butun majmuasi mavjud bo‘ladi: videokuzatuv, maishiy texnikani boshqarish va avtomatlashtirish, xavfsizlik tizimlarini boshqarish, kontentni saqlash, iqlim nazorati va boshqalar.

Aqlli shahar. “Aqlli shahar” yechimi – bu “Aqlli uy” xizmatlarining funksionalligi va diapazoni gorizonta va vertikal masshtablashdir. “Aqlli shahar”ning asosiy xizmatlari: “Xavfsiz shahar”, “Elektron hukumat”, “Elektron sog‘liqni saqlash”, “Elektron ta’lim”, “e-banking”, “Smart hisoblagichlar”, “Smart Grid” va boshqalar.

Yangi 4K/8K video xizmatlari: Surround video, Ultra yuqori aniqlikdagi (UHD) ekran, immersiv tajriba.

Bulutda ishlash. Xizmat nafaqat ma'lumotlarni bulutli xotirada saqlash va uni u yerdan olish, balki to'g'ridan-to'g'ri bulutdan ishlaydigan amaliy dasturlardan foydalanish imkonini beradi. Bundan tashqari, ulardan istalgan qurilmada va istalgan joydan foydalanish imkoniyati bilan. Bundan tashqari, bulutli provayderlar o'z xizmatlarini 5G tarmoq operatori abonentlariga taqdim etishlari mumkin bo'lgan API-lardan foydalanish imkoniyati mavjud.

Kengaytirilgan va virtual haqiqat (AR/VR). Virtual reallik xizmati VR (Virtual Reality) odamni boshqa dunyoga cho‘mdirib, uning his-tuyg‘ulariga, birinchi navbatda, ko‘rish qobiliyatiga (VR ko‘zoynaklari) ta’sir qiladi. AR (Augmented Reality) kengaytirilgan reallik xizmati foydalanuvchi uchun real muhitni virtual obyektlar bilan birlashtiradi. Ushbu xizmatlar nafaqat o'yin-kulgi, o'yinlar, "telepresensiya" rejimida virtual aloqa uchun mos keladi, balki VR ko'zoynaklaridan foydalanadigan talabalar, masalan, mavzu bo'yicha ma'ruzada odamning ichki tuzilishini vizual ko'rishlari mumkin bo'lsa, o'quv jarayonini sezilarli darajada yaxshilashi mumkin. anatomiya, ustaxonadagi usta murakkab birlikni yig'ish tartibini o'rganishi mumkin va hokazo.

Sanoatni avtomatlashtirish. 5G tarmog'i Internet of Things IoT texnologiyasi bilan birgalikda sanoat sensorlari IIoT (Industrial Internet of things), shuningdek sun'iy intellekt (AI, Sun'iy intellekt) yordamida darajani sezilarli darajada oshirishi mumkin. ishlab chiqarishni avtomatlashtirish. Shu bilan birga, real vaqt rejimida katta hajmdagi

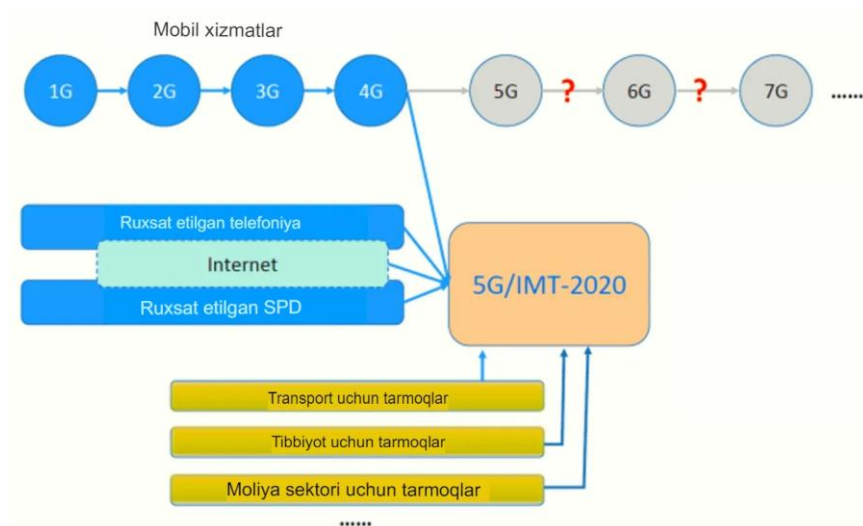
heterojen ma'lumotlarni (Big Data) ham topilmalar (insights) asosida, ham mashina va chuqur o'rganish (Machine Learning, Deep Learning) yordamida tahlil qilish mumkin bo'ladi.

Biznes - muhim ilovalar (Mission Critical Applications). Ushbu ilovalar e-Sog'liqni saqlash, Missiya muhim aloqa, Taktil Internet va boshqalarni o'z ichiga olishi mumkin.

Uchuvchisiz transport vositalari (haydovchisiz transport vositalari). Uchuvchisiz transport vositalari Smart City xizmatining bir qismi sifatida harakat qilishi mumkin, ammo ular o'z platformalarida taqdim etilishi mumkin. U nafaqat uchuvchisiz transport vositalari (haydovchisiz avtomobillar), balki “aqlli qishloq xo‘jaligi” (Smart Agriculture) uchun uchuvchisiz traktorlar, metro va shahar atrofi temir yo‘llari uchun uchuvchisiz poyezdlar, dronlar va boshqa turdagi jamoat va maxsus transport vositalarini ham o‘z ichiga oladi. Bundan tashqari, 5G platformasida ADAS (Advanced Driver-Assistance Systems) haydovchilarga yordam tizimlarini joriy qilish mumkin.

Shuni ta'kidlash kerakki, yuqoridagi rasmda 5G platformasining faqat ba'zi xizmatlari va echimlari ko'rsatilgan. Xizmatlar doirasi 4Gda sezilarli darajada cheklangan va biroz kengaytirilgan oldingi avlod tarmoqlaridan farqli o'laroq, 5G platformasi xizmatlari sinergetik va kengaytiriladigan bo'lib, ular bir marta o'rnatilgan funktsionallik bilan cheklanmaydi. Aslida, 5G yangi xizmatlar va DevOps ilovalarini ishlab chiqish rejimi uchun platforma rolini o'ynaydi, bunda yangi xususiyatlar ishlab chiquvchilar tomonidan (ishlab chiqish) ularni amalga oshirish va ishlatish uchun mas'ul bo'lgan guruhlar bilan yaqin muvofiqlikda yaratilganda (Operatsiya).

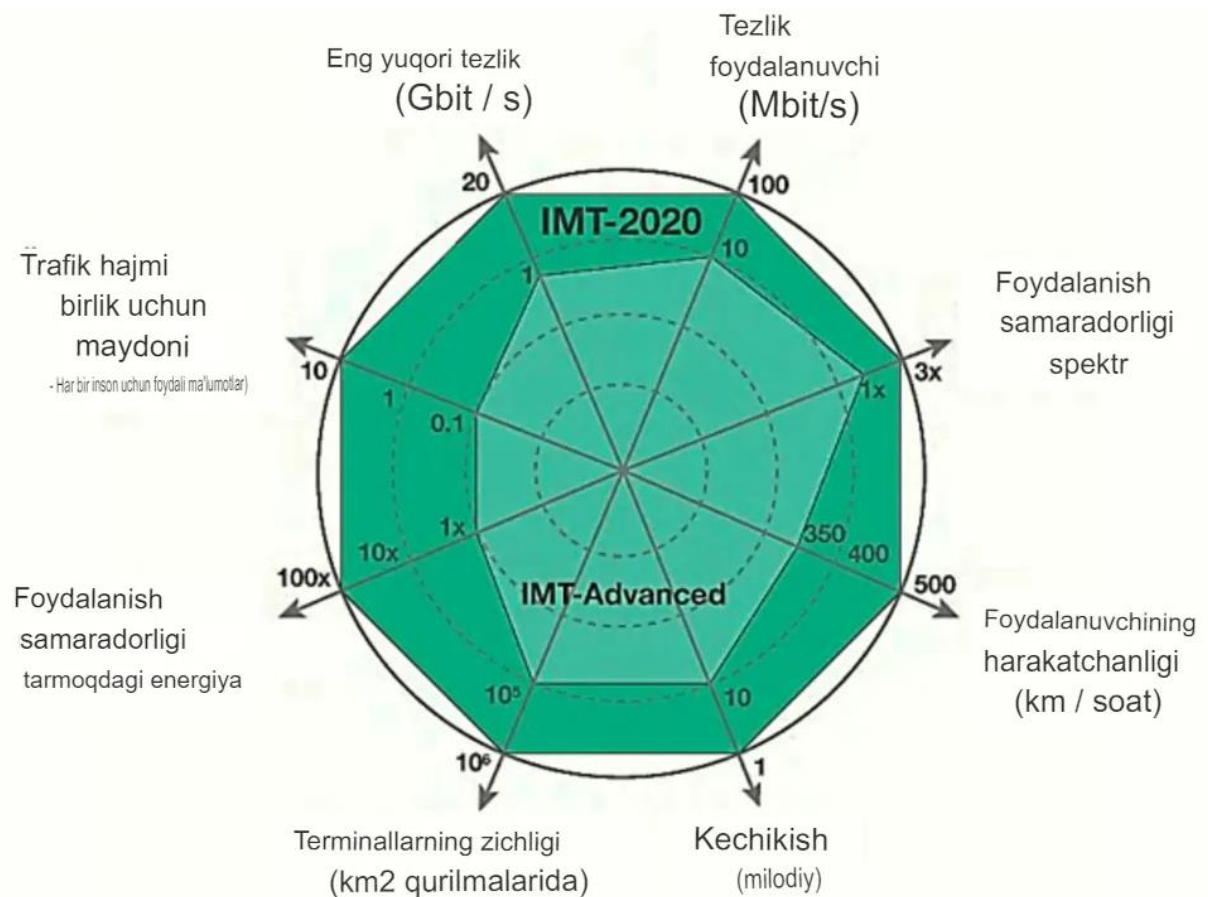
Umuman olganda, 5G tarmog'i nafaqat mobil, balki statsionar aloqa xizmatlarini, shuningdek, past kechikish bilan yuqori tezlikdagi Internetga ulanishni (quyidagi rasmga qarang) va bundan tashqari, vertikal sektorlar uchun ixtisoslashgan va korporativ tarmoqlarni o'z ichiga oladi, deb aytishimiz mumkin. iqtisodiyotning.



11.6-rasm. 5G/IMT2020 platformasining ko‘p qirraliligi.

11.3 5G ning amaliy afzalliklari.

5G tarmoq platformasi operatorlarga, birinchi navbatda, tarmoqning funktsionalligi va xususiyatlarini kengaytirish (ish unumdorligi) va foydalanuvchi qoniqishini oshirish (User Experience) bo‘yicha sezilarli imtiyozlar beradi. Quyidagi rasmda bunga erishish imkonini beruvchi IMT-Advanced (4G) ko‘rsatkichlari bilan solishtirganda IMT2020 (5G) tarmog'ining asosiy parametrlari ko'rsatilgan.



11.7-rasm. 5G ning amaliy afzalliklari.

Eng yuqori tezlik: 5G tarmog'i 4G ga nisbatan 20 baravar tezroq tezlikni ta'minlaydi, ya'ni taxminan 20 Gbit / s.

Har bir foydalanuvchi uchun tezlik (o'rtacha) bu holda 100 Mbit / s yoki undan ko'proqqa yetishi mumkin.

Spektr samaradorligi, chastota diapazoni birligi uchun 5G tarmog'ida uzatilishi mumkin bo'lgan ma'lumotlar miqdori 4Gga qaraganda kamida 3 baravar yuqori bo'ladi.

Foydalanuvchi mobilligi, ya'ni 5G terminali bo'lgan foydalanuvchi tarmoq qamrov zonasi bo'ylab tayanch stansiyalar o'rtasida uzatishni yo'qotmasdan harakatlanishi mumkin bo'lgan tezlik 5G tarmog'ida 500 km/soatga etadi, bu esa tezyurar poyezdlarda 5G xizmatlaridan foydalanish imkonini beradi. .

5G tarmog'ining kechikishi 1 ms yoki undan kamroqqa qisqartiriladi, 4G tarmog'i esa kamida 10 ms kechikishga erisha oladi. Bu 5G texnologiyasidan muhim aloqa va

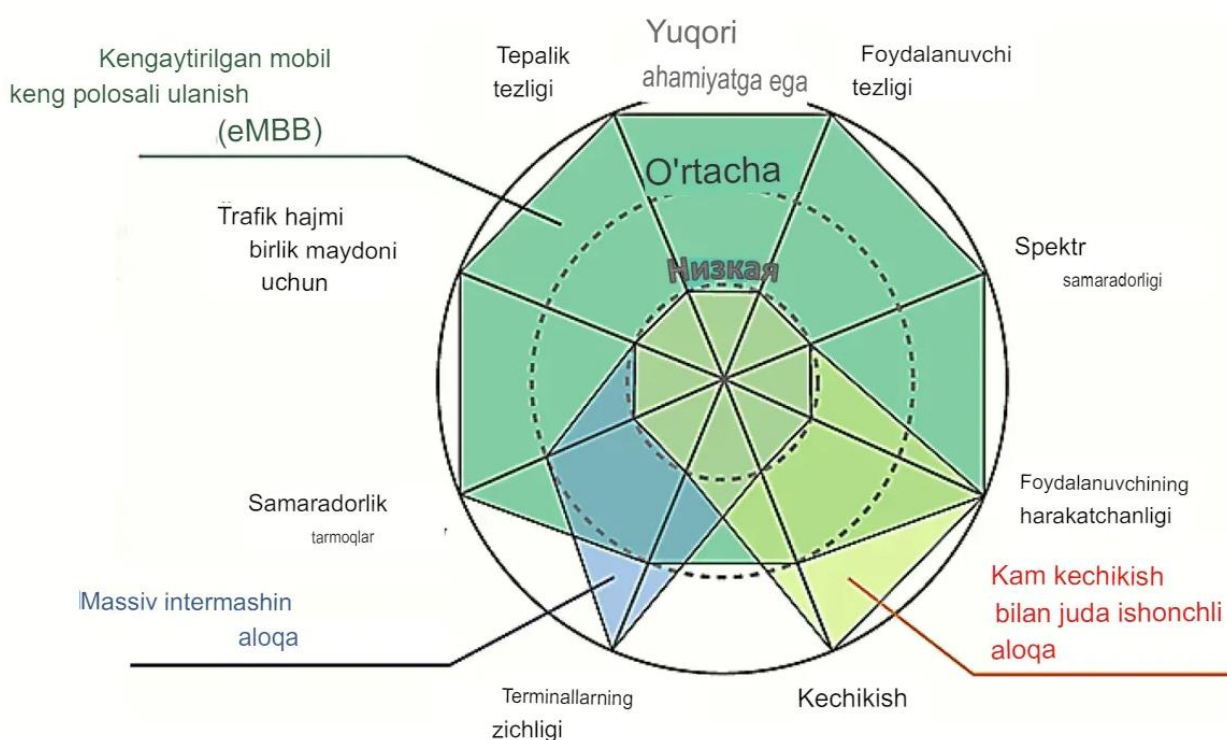
videokuzatuv, Taktil Internet xizmatlari, AR/VR va boshqalar uchun foydalanish imkonini beradi.

5G tarmog'idagi terminallarning zichligi kattalik bilan oshadi va 1 km² ga bir necha million qurilmalarga yetishi mumkin, ya'ni bir necha o'nlab yoki hatto yuzlab miniatyura qurilmalari (masalan, IoT sensorlari) 1 kvadrat metrga joylashtirilishi mumkin. yuzadan.

5G tarmog'ining energiya samaradorligi avvalgi avlod tarmog'iga qaraganda kattaroq tartibdir.

Hudud birligi uchun trafik sig'imi, ya'ni tarmoq qamrovi maydonining kvadrat metri uchun ma'lumotlarni uzatish tezligi 5G tarmog'ida 4G tarmog'iga qaraganda ikki baravar yuqori.

Quyidagi rasmda oldingi rasmda ko'rsatilgan 5G tarmog'i parametrlarining asosiy 5G funksionalligi (eMBB ilg'or mobil keng polosali, o'ta ishonchli past kechikishli aloqa, massiv mashinadan mashinaga aloqa) ahamiyati reytinglari ko'rsatilgan.



11.8-rasm. 5G tarmoq parametrlarining asosiy funksionallik uchun ahamiyatlilik darajasi bo'yicha nisbatlar.

Chastotalar

5G turli radiochastota spektrlarida qo'llanilishi kutilmoqda. Biroq, 6 gigagertsgacha bo'lgan diapazonda, jumladan, Wi-Fi uchun ajratilgan 5 gigagertsli diapazonda ham bo'sh chastotalar mavjudligi bilan bog'liq jiddiy muammolar mavjud. 6 gigagertsgacha bo'lgan spektrda 5G uchun chastotalarni taqsimlash 2015 yilda WRC Jahon radioaloqa konferentsiyasida (WRC-15, Butunjahon radioaloqa konferentsiyasi) allaqachon kelishilgan. Yuqori chastota diapazonlari 2019 yilda WRC-19 da ajratiladi.

5G tarmoqlari uchun spektrning past chastotali uchastkalaridan foydalanish tarmoq infratuzilmasini rivojlantirishga katta sarmoya kiritmasdan optimal tarmoq qamroviga erishish imkonini beradi.

Past chastotalar radioto'lqinlarning xonalarga yaxshi kirib borishini ta'minlaydi, bu IoT uchun juda muhimdir. Xususan, 700 MGts diapazoni M2M, aqlli shahar va aqlli uy aloqa tizimlari uchun muhimdir. O'zini boshqaradigan avtomobillar, robotlar, sanoat avtomatizatsiyasi kabi ob'ektlarni ayniqsa ishonchli ulash uchun 3,4-3,8 gigagertsli diapazonlardan foydalanish mumkin. 5G davrida operatorlarga 300-400 MGts uzluksiz chastota diapazonlari ajratilishi taxmin qilinmoqda.

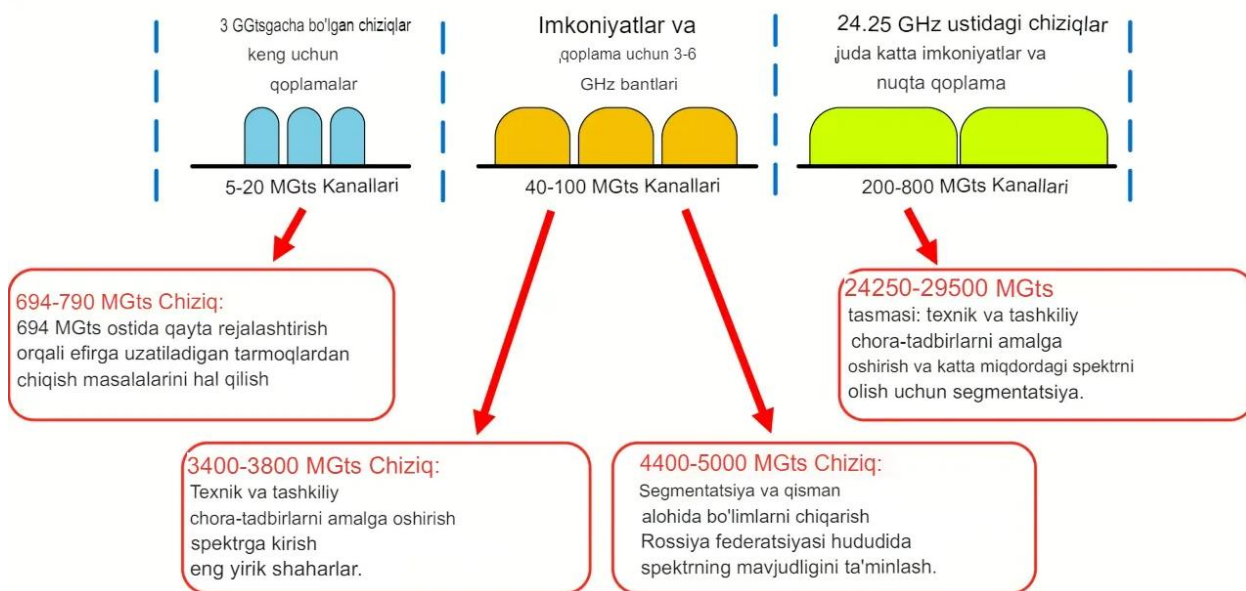
20 Gbit / s gacha ma'lumotlarni uzatish tezligiga erishish uchun yuqori chastotali spektr 5G tarmoqlariga kerak, xususan, UHD formatida 3D video xizmatlarini ko'rsatish, AR / VR, ish va o'yinlar uchun bulut xizmatlari, golografik aloqa, Taktil Internet, Xususan, buning uchun 24,25-27,5 gigagertsli va 37-43,5 gigagertsli diapazonlardan foydalanish imkoniyati ko'rib chiqilmoqda.

Quyidagi rasmda WRC-15 bo'yicha dunyoning turli mamlakatlari va mintaqalarida past chastotali 5G spektrining rejalashtirilgan taqsimoti ko'rsatilgan.



11.9-rasm. 5G past chastotali diapazonining dunyoning turli mamlakatlari va mintaqalarida tarqalishi.

Radio tadqiqot instituti (NIIR) va LTE operatorlari ittifoqi ma'lumotlariga ko'ra, Rossiya uchun 5G chastotalarini taqsimlash chastota diapazonlarini belgilash bilan belgilanadi.



11.10-rasm. 5G uchun yangi chastotalarni taqsimlash.

11.4. 5G Yangi Radio (5G NR) texnologiyalari.

Mobil aloqaga tobora ortib borayotgan talabni qondirish uchun 5G uchun texnologiyalar 5G New Radio, 5G New Radio (5G NR) umumiy nomi ostida ishlab chiqilgan. 4G tarmoqlaridagi radio interfeysi bilan solishtirganda, 5G NR bir qancha muhim afzalliklarga ega.

5G NR ni ishlab chiqish deyarli noldan boshlab, 5G tarmoqlariga qo'yiladigan talablarni hisobga olgan holda va 5G tarmoqlari to'liq ishga tushirilgunga qadar mavjud bo'ladigan eng yaxshi texnologiyalardan foydalangan holda amalga oshirildi. Shunday qilib, 5G NR eng yangi modulyatsiya, to'lqin shakllari va RAT (Radio Access Technology) texnologiyalaridan foydalanadi, bu boshqa narsalar qatori yuqori ma'lumotlarni uzatish tezligini ta'minlaydi va 5G foydalanuvchi qurilmalarining batareya quvvatini uzaytiradi.



11.11-rasm. 3GPP standartining asosiy talablari.

5G NR texnologiyasi uchun zarur shartlar 2017-yil dekabr oyida tasdiqlangan 3GPP Release 15-da paydo bo'ldi va yakuniy versiyasi 2019-yil dekabrda tasdiqlanishi kutilmoqda.

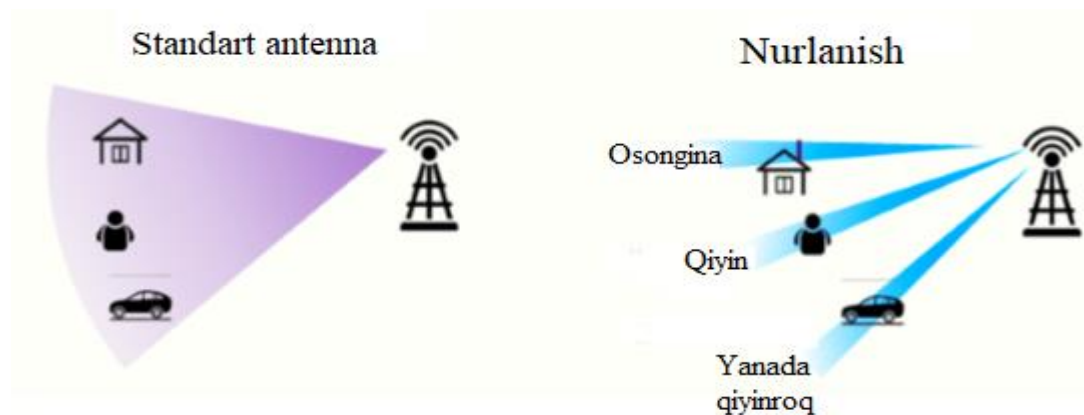
5G NR radio texnologiyasining asosiy farqlovchi xususiyatlari quyidagilardan iborat:

- Signal tezligi, qurilmalar soni, ko'plab 5G ilovalari trafingining o'sishi talablariga muvofiq yangi radio spektr diapazonlarini qo'shish. Yangi 5G NR

diapazonlari 2,5 dan 40 gigagertsgacha. 100 gigagertsgacha bo'lgan spektrdan foydalanish bo'yicha munozaralar davom etmoqda.

- Optimallashtirilgan OFDM texnologiyasi (Ortogonal chastotali bo'linish multipleksatsiyasi - kanallarning ortogonal chastotali bo'linishi bilan multiplekslash). Ushbu texnologiya allaqachon 4G/LTE-A, shuningdek, Wi-Fi-ning so'nggi versiyalarida muvaffaqiyatli qo'llanilgan.

Beamforming. Bu so'nggi yillarda kontseptsiyadan amaliyotga o'tgan va 5G ning ko'pgina afzalliklarini amalga oshirishga qodir texnologiya. Beamforming radio to'lqinlar nurini bir xil qurilmalarga qaratilgan boshqa nurlarga ta'sir qilmasdan, harakatlanuvchi va statsionar qurilmalarga tayanch stantsiyadan yo'naltirish imkonini beradi.



12-rasm. Beamforming.

- MIMO (Multiple Input Multiple Output). MIMO - Wi-Fi va 4G-da allaqachon qo'llanilgan kanal o'tkazuvchanligini oshirish imkonini beruvchi fazoviy signalni kodlash usuli 5G-da, xususan, ko'p foydalanuvchili MU-MIMO (Multi-User) da sezilarli darajada yaxshilandi. MIMO) rejimi 5G gNnodeB tayanch stantsiyalarida (gNB), ularning anteninalari nurlantiruvchi elementlar matritsasidan iborat. Bu ma'lum bir foydalanuvchi uchun signal darajasini oshirishga imkon beradi, shu bilan birga ushbu signalning boshqa foydalanuvchilarga ta'sirini kamaytiradi.

- Spektrlarni almashish texnologiyalari. To'g'ri taqsimlangan ko'plab radio spektrlari ko'pincha samarali foydalanilmaydi. Ushbu muammoni hal qilish uchun spektr almashish texnologiyalari ishlab chiqilgan.

- Chastotalar bo'ylab yagona dizayn. 5G NR ga ko'plab yangi chastota diapazonlari qo'shilganligi sababli, tayanch stantsiyalar o'rtasida uzatish paytida kanal bir chastotadan ikkinchisiga o'tganda o'zaro ishlaydigan interfeysni ta'minlash muhim ahamiyatga ega.

Kichik hujayralar (kichik hujayralar). Tarmoq qamrovining zichlashishi tayanch stantsiyalar sonining ko'payishiga olib keladi. Shuning uchun, Kichik hujayralar yechimi taklif qilindi - titybt ytht, kichik elektr tayanch stantsiyalari uchun arzon, o'rnatish va texnik xizmat ko'rsatish oson. Ular ko'cha yoritgichlari ustunlariga, uylarning devorlariga va boshqa narsalarga osib qo'yilishi mumkin. 5G tarmog'i yukni antennalar o'rtasida qayta taqsimlash orqali ularning ishini samarali muvofiqlashtirishga qodir.



11.13-rasm Kichik uyalar yechimi (chapda), oldingi avlod tarmog'idagi an'anaviy Makro BTS tayanch stantsiyasiga nisbatan.

Bunday holda, taqsimlangan antenna tizimlari DAS (Distributed Antenna System) dan foydalanish mumkin, aslida bir yoki bir nechta tayanch stantsiyalari bilan ko'p qavatli binolarni "yopish". Radio birliklari bo'lgan kichik antennalar deyarli har bir xonaga joylashtirilishi mumkin, bu esa eng yaxshi aloqa sifatini ta'minlaydi.



11.14-rasm DAS taqsimlangan antenna tizimlari va butun binoga xizmat ko'rsatadigan yagona tayanch stantsiya.

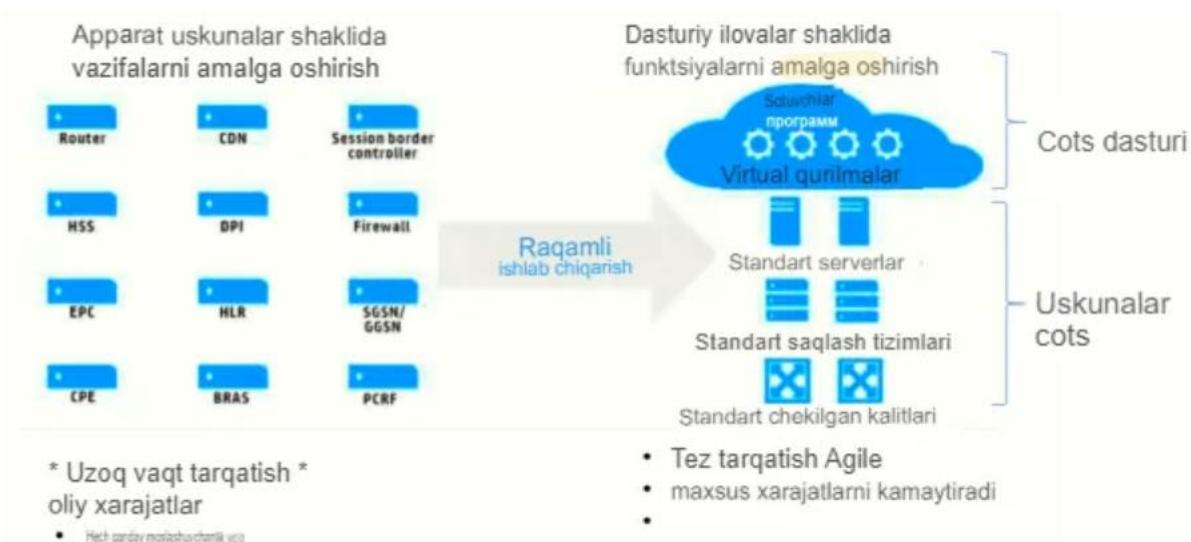
Yagona baza stansiyalari va DAS infratuzilmasi bir vaqtning o'zida bir nechta aloqa operatorlari tomonidan ishlatilishi mumkin.

5G asosiy tarmoq arxitekturasini

5G tarmog'i arxitekturasining o'ziga xos jihati shundaki, apparat yechimlari asosidagi "tarmoq arxitekturasini"ning an'anaviy kontsepsiyasi 5G tarmog'ida endi dolzarb emas.

Shuning uchun 5G ko'pincha tarmoq sifatida emas, balki tizim yoki "platforma" deb ataladi, bu apparat emas, balki dasturiy platforma degan ma'noni anglatadi. Agar 1/2/3/4G tarmoqlari apparat yechimlari (uskunalari) asosida qurilgan bo'lsa, u holda 5G platformasi dasturiy yechimlar, xususan, dasturiy ta'minot bilan ta'minlangan SDN (Software Defined Network) tarmoqlari asosida qurilgan. tarmoq funktsiyalarini virtualizatsiya qilish sifatida NFV (Network Function virtualization).

5G funksiyalari NFV infratuzilmasida ishlaydigan Virtual tarmoq funksiyalarida (VNFs) amalga oshiriladi). Ushbu o'xshash tushunchalar orasidagi farq shundaki, VNF - bu xususiyat, NFV esa texnologiya. O'z navbatida, NFV standart tijorat uskunolari va COTS (Commercial Off The Shelf) dasturlari asosida ma'lumotlar markazlarining (ma'lumotlar markazi, DC, ma'lumotlarni qayta ishlash markazi, ma'lumotlar markazi) jismoniy infratuzilmasida amalga oshiriladi. COTS uskunasi faqat uch turdagi standart, nisbatan arzon qurilmalarni o'z ichiga oladi - server (hisoblash qurilmasi), kalit (tarmoq qurilmasi) va ma'lumotlarni saqlash tizimi (saqlash qurilmasi).



11.15-rasm. 5Gda SDN/NFV virtual platformalariga o'tish.

Shunday qilib, an'anaviy mobil aloqa tarmoqlarining jihozlari standart serverlar va virtual mashinalarda (VM) ma'lumotlar markazlarida ishlaydigan dasturiy ta'minot ob'ektlari bilan almashtirilmoqda.

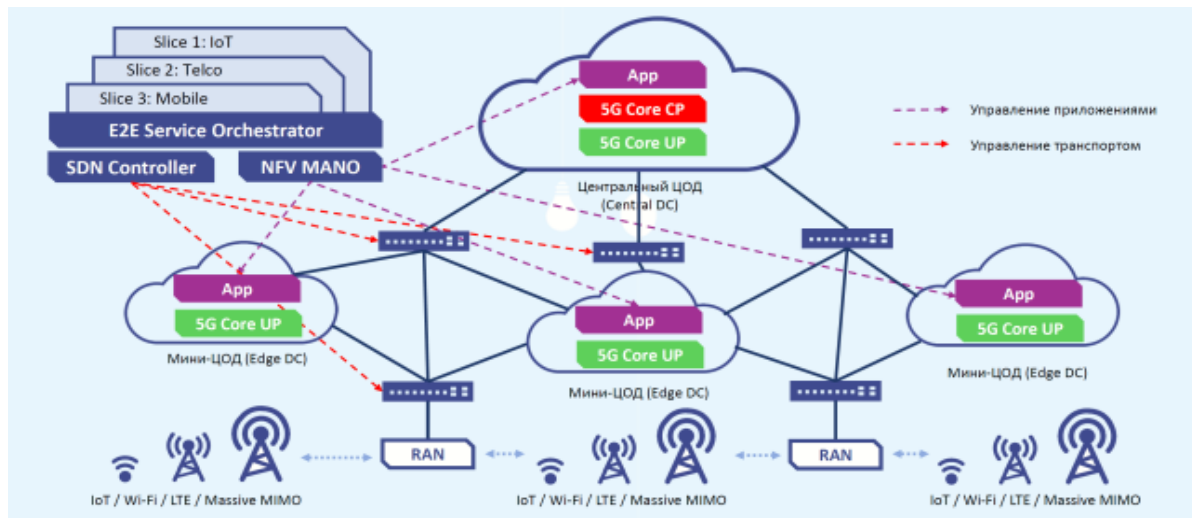
Dasturiy ta'minot funksiyalarini amalga oshirish uchun virtual mashinalardan tashqari, dasturiy ta'minot konteynerlari (konteynerlar), shuningdek, mikroservislarning (mikroservis) dasturiy arxitekturasidan ham foydalaniladi.

4G tarmoqlarida D-RAN (Distributed RAN) mobil kirish tarmog'ining taqsimlangan arxitekturasida asta-sekin markazlashtirilgan C-RAN (Markazlashtirilgan RAN) arxitekturasiga tomon rivojlanmoqda.

5G arxitekturasida asosiy tarmoq funksiyalari Markaziy bulutda (Cloud RAN), VM virtual mashinalarida amalga oshiriladi.

5G tarmoqlarini rivojlantirishda chekka bulut (Edge Cloud), xususan, MEC (Mobile Edge Cloud) texnologiyasi, shuningdek, “tuman buluti” (Fog Cloud) ham muhim rol o‘ynaydi.

Foydali 5G xususiyati uchun NFV/SDN asosida tarmoq virtualizatsiyasi ham talab qilinadi: tarmoqni mantiqiy kesish (Tarmoqni kesish).



11.16-rasm. 5G tarmog'ining umumiy arxitekturası.

Tarmoqni kesish texnologiyasi tarmoq resurslarining yagona hajmiga (puliga) asoslangan holda, ma'lumotlarni uzatish vositalarining turli xususiyatlariga ega bo'lgan turli xil RAT (Radio Access Technology) radio kirish texnologiyalarini talab qiladigan har xil turdagi 5G xizmatlari uchun tarmoqlarni mantiqiy ajratish imkonini beradi. Bular, masalan, xizmatlar:

- Yuqori sifatli UHD video.
- Ovozli xizmatlar (5G Voice).
- Ko'p sonli sensorlar, sensorlar va aktuatorlarga ega narsalar Interneti (Massive IoT).
- Uchuvchisiz transport vositalari (V2X), elektron tibbiyot (Mission Critical IoT) kabi muhim ilovalar uchun narsalar Interneti.
- va boshqalar.

Network Slicing texnologiyasi asosida taqdim etilayotgan ushbu xizmatlarning barchasi markaziy va chekka bulutlar ma'lumotlar markazlarining yagona jismoniy

infratuzilmasida, shuningdek, massive IoT va Industrial Internet of Things IIoT uchun zarur bo'lgan "tumanli" infratuzilmada (Fog Computing) ishlaydi. sanoat IoT).

Bu bir marta yaratilgan dasturiy va apparat infratuzilmasidan qayta foydalanish, shuningdek, mavjud resurslarni moslashuvchan tarzda qayta tayinlash imkonini beradi. Bundan tashqari, ushbu yondashuv nafaqat tarmoqni qurish uchun kapital xarajatlarni, balki uni saqlash uchun operatsion xarajatlarni ham kamaytirishga imkon beradi.