



ESKI DAVRDAN YANGI DAVRGA

Madjidov Sherzod Xasanovich

O'zbekiston Respublika Milliy Gvardiya Ixtisoslashtirilgan o'quv
markazi katta o'qituvchisi

podpolkovnik

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20812011>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 12-iyun 2026 yil
Ma'qullandi: 15-iyun 2026 yil
Nashr qilindi: 23-iyun 2026 yil

KEY WORDS

sun'iy yo'ldosh aloqa; VSAT; NTN; IoT; Wi-Fi HaLow; Wi-Fi 7; MCPC; SCPC; markaziy yer stansiyasi; tarmoq qamrovi; satelit terminal; NB-IoT; RAN; global qamrov; simsiz texnologiyalar.

ABSTRACT

Ushbu maqola sun'iy yo'ldosh aloqasi va simsiz texnologiyalar rivojlanishini tahlil qiladi. VSAT va NTN tizimlarining arzonlashuvi, IoT uchun okolozem tarmoqlarning ahamiyati hamda sun'iy yo'ldosh terminallari va trekkerlar misollari orqali global qamrov va ishonchlik muammolari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, Wi-Fi HaLow va Wi-Fi 7 kabi yangi standartlar, MCPC/SCPC texnologiyalari, markaziy yer stansiyalari va tarmoq samaradorligini oshirish usullari muhokama qilinadi. Maqola sanoat, qishloq xo'jaligi, dengiz va temir yo'l sohasida NTN va VSAT yechimlarining amaliy qo'llanilishi hamda kelajak istiqbollari ta'kidlaydi.

Kosmik tezliklar asrida barcha aloqa, xususan xalqaro Internet-trafik formati, sun'iy yo'ldosh kommunikatsiyasi orqali amalga oshiriladi. Zamonaviy raketa-tashuvchi sun'iy yo'ldoshni kosmik orbitaga atigi 108–110 soniyada chiqarishi haqida gapirishning o'zi kifoya. Mobil operatorlar sun'iy yo'ldosh aloqasidan faol foydalanmoqda. Yoki past orbitadagi sun'iy yo'ldoshlar - yetarli guruhlash bilan butun Yer yuzini qamrab oluvchi - yoki geostatsionar orbitadagi sun'iy yo'ldoshlar ishlatiladi.

Agar davrning anaxronizmlari haqida gapiradigan bo'lsak, shartli ravishda eskirgan mobil tarmoqlar dunyo aholisining 80% dan ortig'ini qamrab olsa-da, quruqlik yuzasining 40% dan kamini va Yer yuzasining umumiy maydonining 20% dan kamini qamrab oladi - bu faqatgina retranslyatorlarni hamma joyga joylashtirishning imkonsizligi sababli. Shu bilan birga, sun'iy yo'ldoshlar 30 yildan ortiq vaqt davomida maksimal, hamma joyni qamrab oluvchi barqaror aloqani ta'minlash uchun ishlatiladi. Real misollardan biri - sun'iy yo'ldosh aloqa telefon-kommunikatorlari. Boshqa tomoni, yuqori narx ularning foydalanilishini juda spesifik ssenariylar bilan cheklaydi: televideniye va radioeshittirish, yuqori martabali shaxslar bilan aloqa, kritik infratuzilmani ta'minlash va harbiy harakatlar sharoitida aloqa.

Nima uchun kelajak VSAT va NTN sun'iy yo'ldosh aloqasidadir?

Bugungi kungacha sun'iy yo'ldosh aloqa uskunalari ommaviy iste'molchi uchun arzon emas edi, ammo R3A sohasidagi zamonaviy ishlanmalar va IoT sohasida kosmosni zabt etish tufayli sun'iy yo'ldosh aloqa doimo mobil aloqaga oqilona alternativ bo'lib kelgan va endi uning bir

qismiga aylandi. Shunday bo'lsa-da, sun'iy yo'ldosh telefonlari 30 yil ichida sezilarli darajada modernizatsiyadan o'tdi va ularning form-faktori o'zgardi. Agar uch o'n yil avval bu «chemodan» bo'lsa, zamonaviy sun'iy yo'ldosh telefoni oddiy mobil telefonga yaqin ko'rinishga ega bo'ldi. Turli funksional imkoniyatga ega sun'iy yo'ldosh telefonlarining narxi bir necha barobar farq qiladi. Masalan, rasmda keltirilgan



Thuraya XT-LITE modeli erkin sotuvda taxminan 18 ming rublga sotilsa, eng istiqbolli Iridium 9575 Extreme modeli - yo'naltirilmagan antennaga ega, umumiy vazni 247 g va batareya sig'imi 2300 mA·soat bo'lib, 230 ming rubldan ortiq turadi. U aloqa bilan birga SOS signali, joylashuvni kuzatish, Internet, GPS funksiyalarini ham ta'minlaydi. Iridium GO kabi sun'iy yo'ldosh terminallari va NAL Research Iridium 9602-LP yoki Iridium SBD «Linkpoint SmallCraft» kabi sun'iy yo'ldosh trekkerlari 130–180 ming rubl narx segmentida joylashgan. Rasmda Iridium SBD «Linkpoint SmallCraft» trekeri tasvirlangan.



Mobil telefondan farqli o'laroq, sun'iy yo'ldosh aloqa terminali ancha kengroq funktsionallikka ega bo'lib, bank tranzaksiyalari uchun vositalarni o'z ichiga olishi mumkin va 230–240 V standart elektr tarmog'iga stasionar ulanishga mo'ljallangan. Terminalga shuningdek sun'iy yo'ldosh telefoniga nisbatan katta sig'imli akkumulyator o'rnatilgan - uskunani avtonom ishlatish holatlari uchun.



VSAT texnologiyasi va RAN, NTN tushunchalari

VSAT (Very Small Aperture Terminal) texnologiyasi kichik sun'iy yo'ldosh stansiyasiga, kichik diametrli antennaga ega sun'iy yo'ldosh terminaliga taalluqlidir va 1990-yillardan beri ishlatiladi. Zamonaviy tasnifga ko'ra, VSATga diametri 2,5 m dan kam bo'lgan abonent sun'iy yo'ldosh stansiyalari kiradi; C-diapazonda antenna o'lchamlari odatda 1,8–2,4 m, Ku-diapazonda 0,9–1,8 m va Ka-diapazonda 1–1,2 m hisoblanadi. O'nlab santimetr o'lchamdagi antennalar uchun, mobil sun'iy yo'ldosh stansiyalarida, ba'zan «mikro-VSAT» atamasi ishlatiladi. VSAT nomi ham «tarelka» shaklidagi reflektor antennalar, ham shunga o'xshash aperturali antenna panjaralari bilan jihozlangan stansiyalarga nisbatan qo'llaniladi. Odatda VSAT uchun chastota foydalanish ruxsatlarini olish soddalashtirilgan tartibda amalga oshiriladi. RAN (Radio Access Network) radiodastur tarmog'i mobil telekommunikatsiya tizimining bir qismi sifatida, zamonaviy simsiz radioaloqa texnologiyasi orqali elektron raqamli qurilmalar (smartfon, PC, PLC va hatto IoT tizimiga moslashtirilgan pultrlar) o'rtasida radioaloqa ta'minlab, asosiy tarmoq bilan o'zaro aloqani ta'minlaydi. Aloqa standarti va RƏAga qarab, simsiz tarmoqqa ulangan uskuna foydalanuvchi uskuni, terminal uskuni, mobil stansiya va boshqalar deb ataladi. RAN funkSIONalligi bazaviy tarmoqda ham, foydalanuvchi uskunasi ham joylashgan kremniy chip orqali ta'minlanadi. NTN - bu hech qanday yapon podshipnik ishlab chiqaruvchisi emas. 5G va 6G NTN (Non-Terrestrial Networks) - dastlab Samsung Electronics tomonidan planshetlar, smartfonlar va boshqa IoT qurilmalari mobil formatda o'zaro ishlashi uchun ishlab chiqilgan standart. Ko'pincha bu narsani beshinchi va oltinchi avlod mobil aloqasi deb ham atashadi. Okolozem tarmoqlari (NTN) mobil Internet, ovozli aloqa, matnli xabarlar uzatish, video kontent, avtomatik masofadan buyruq boshqaruvi kabi xizmatlarga global kirishni ta'minlaydi.

VSAT va NTN narxlarining pasayishi va qo'llanilishi

So'nggi yillarda VSAT va NTN yechimlari narxi pasaydi. RAN uskunalari kabi, bu tizimlar ham narx jihatdan nafaqat BAA shayxlari uchun, balki kengroq iste'molchilar uchun ham tobora arzonlashmoqda. Natijada, sun'iy yo'ldosh orqali IoT qurilmalari uchun NTN aloqasidan foydalanish iqtisodiy jihatdan ma'qul bo'lib, «hamma joyda aloqa»ni ta'minlash mumkin. NTN favqulodda aloqa tarmoqlari yoki yer tarmoqlaridan trafikni pikka chiqish paytida yukni kamaytirish uchun afzal kanalga aylandi. Avtomobilsozlik, energetika infratuzilmasi, qishloq xo'jaligi, dengiz transporti, temir yo'llar va boshqa sohalar uzluksiz va barqaror global aloqaga muhtoj. Klassik sun'iy yo'ldosh aloqa tizimi misoli - SCPC (Single Channel per Carrier) kanali, ya'ni bir tashuvchiga bitta kanal. SCPC texnologiyasi «nuqta-nuqta» ajratilgan sun'iy yo'ldosh kanalini tashkil etish uchun ishlatiladi. Shaxsiy sun'iy yo'ldosh telefonlari uchun ajratilgan chastota printsiipi shunday ishlaydi: sun'iy yo'ldoshda ikki chastota tasmasi ajratiladi - biri «stansiya 1» dan «stansiya 2» ga, ikkinchisi esa aksincha. Bunday tizimda kanal hosil qiluvchi qurilmalar sun'iy yo'ldosh modemlari bo'lib, ular ketma-ket ma'lumotlarni radiochastota signaliga va aksincha aylantirish, shuningdek uzatilayotgan ma'lumotlarni shovqinga qarshi kodlashni amalga oshiradi.

Markaziy yer stansiyasi va tarmoq samaradorligi

Markaziy yer stansiyasi (MYS) - abonent stansiyalar o'rtasidagi aloqani xizmat ko'rsatib, ularni sun'iy yo'ldosh tarmog'iga birlashtiruvchi maxsus turdagi yerga asoslangan sun'iy yo'ldosh stansiyasi. MYSning radiochastota uskunalari raqamli formatda sinxronizatsiya signallarini uzatishni ta'minlab, turli yo'nalishlardagi modemlar tomonidan bir vaqtning o'zida ishlatilishi mumkin. Biroq, markaziy stansiyada bir birlik vaqtda uzatiladigan ma'lumot hajmi chekka stansiyalarnikidan ko'proq bo'lgani uchun, MYS katta diametrli antennaga va yuqori quvvatli uzatuvchi kuchiga ega bo'lishi kerak.

Bunday tarmoq barcha yo'nalishlar bir tekis va doimiy yuklangan bo'lsa samarali bo'ladi. Ammo Internet orqali uzatiladigan tarmoq trafiki pulsatsiyalidir: telefon suhbatlari birdan

boshlanib tugashi mumkin, turli vaqtlarda uskuna turlicha ishlatiladi. Bunday vaziyatda «yulduz» tipidagi tarmoq (rasmiy misol) ajratilgan kanallar asosida yomon ishlaydi. Bir yo'nalish ortiqcha yuklanishi mumkin, shu paytda boshqa yo'nalish talab qilinmaydi. Har bir yo'nalishga tasma ajratilgan va bir yo'nalish tasma boshqa yo'nalish ehtiyojlari uchun ishlatib bo'lmaydi. Bunday holatda, samaradorlik nuqtai nazaridan bahsli bo'lsa-da, sun'iy yo'ldoshdagi sig'imni barcha yo'nalishlarning maksimal ehtiyojlariga qarab ijaraga olib to'lash mumkin, garchi haqiqiy yuklanish bir necha barobar kam bo'lishi mumkin.



MCPC/SCPC texnologiyalari va amaliy misollar

Muammoni qisman MCPC/SCPC kabi zamonaviy texnologiyalar yordamida hal qilish mumkin. MCPC - Multiple Channels per Carrier - bir tashuvchiga bir nechta kanallar. Shartli ravishda markaziy stansiya barcha abonent stansiyalarga uzatish uchun bitta tashuvchidan foydalanadi. Turli abonent stansiyalarga mo'ljallangan ma'lumotlar chastota bo'yicha emas, balki vaqt bo'yicha ajratiladi. MYS abonent stansiyalarga bitta raqamli oqimda ma'lumot yuboradi. Har bir abonent stansiya butun oqimni qabul qiladi va o'z ma'lumotini xizmat markirovkasarlavhalari darajasida tanlaydi. Bu «markazdan chekkaga» uzatish uchun ajratilgan tasmani nisbatan samaraliroq ishlatish imkoniyatini ko'rsatadi: asosiy stansiya tarmoq trafigini dinamik rejimda qayta taqsimlaydi. Biroq MYSda yo'nalishlar soniga teng modemlar to'plami saqlanadi va har bir abonent stansiya uchun yangi ajratilgan tasma talab etiladi. MCPC/SCPC tarmoqlari chekka stansiyalar soni kam, ammo katta va noaniq (pulsatsiyali) trafik iste'mol qiladigan hollarda, va chekka stansiyalardan qaytuvchi trafik kichik va barqaror bo'lganda qo'llaniladi.

Amaliy misol sifatida Advantech uskunasiidagi DVB-S2/SCPC tarmoqlarini keltirish mumkin. Har bir abonent stansiya umumiy, vaqt bo'yicha bo'linadigan DVB-S2 kanalidagi ma'lumotlarni qabul qiladi (MCPCning xususiy holati), va shaxsiy ajratilgan SCPC kanalida uzatadi. Advantech platformasi korporativ tarmoqni tez va nisbatan arzon qurishga imkon beradi va abonentlar soni o'sishi bilan minimal xarajatlar bilan TDM/MF-TDMA formatidagi tipik VSATga o'tish imkonini beradi.

Sun'iy yo'ldosh IoT va qamrov yetishmasligi

Hozirgi haqiqat shuki, Yer yuzida mobil qamrovdan tashqarida ko'plab hududlar mavjud. Ekstremal sport turlari favqulodda vaziyatda ulanadigan qurilmani talab qiladi; bunday holatlarda mobil va NTNni birlashtirgan gibrid qurilmalar yordam berishi mumkin. Ya'ni yuqorida aytilgan arzon va ixcham sun'iy yo'ldosh telefonlari foydali bo'ladi.

Xuddi shunday texnogen falokatlar va efirni ataylab shovqinlash holatlarida ham sun'iy yo'ldosh IoT zarur. Uzoqdagi sanoat ob'ektlari, dengiz transporti, neft platformalari va hatto temir yo'l vagonlari mobil operatorlar qamrovidan tashqarida qolishi mumkin.

NTN uzoq joylarda ham RƏA asosidagi qurilmalar va avtomatik tizimlarni monitoring va boshqarish uchun ishonchli ulanishni ta'minlay oladi. Masalan, 3GPP keng polosali NTN va IoT-NTN-LTE-M hamda NB-IoT bozorining o'sishini ta'minlovchi standartlarni ishlab chiqdi. Standartlashtirishni ta'minlash maqsadida Rossiya standartlashtirish instituti 2022 yilda «Sputnik-A» sun'iy yo'ldosh aloqa tizimi uchun texnik shartlarni chiqardi, unda kadr tuzilmasi, kanallik kodlash va modulyatsiya jarayonlari tartibga solingan.

Wi-Fi qamrovining kengayishi kutilmoqda

Wi-Fi HaLow standarti, ya'ni IEEE 802.11ah, Wi-Fi Alliance tomonidan 8 yil avval taqdim etilgan. Yaqinda Wi-Fi orqali ma'lumot uzatish masofasida 3000 metr rekord o'rnatildi. 3 km masofada videopotok artefaktlar bilan - vizual sifatda sezilarli bo'lmagan buzilishlar bilan, ammo ovoz sifati yaxshi bo'lgan holda uzatildi. Wi-Fi HaLow past energiya sarfi va tipik Wi-Fidan ancha katta qamrovni qo'llab-quvvatlash uchun mo'ljallangan. So'nggi testlar Wi-Fi HaLow nisbatan uzoq masofalarda barqaror ulanishni ta'minlashini ko'rsatdi. Ammo shuni ta'kidlash kerakki, bunday rejimda ma'lumot uzatish tezligi ishtirokchilar orasidagi masofa ortishi bilan kamayadi. Rasmda Wi-Fi orqali turli masofalarda barqaror aloqada turli tezliklar tasvirlangan.



Yangi formatlar va IoT uchun chiplar

NTNga ulanish imkoniyati IoT uchun yangi turdagi mikrosxemalarni belgiladi, bu esa Yer yuzidan katta masofalarga ulanadigan qurilmalarni joylashtirishga imkon beradi. Ba'zi elektron qurilmalar faqat sun'iy yo'ldosh uskunasini bilan aloqa qilishga mo'ljallangan mustaqil chiplar bilan jihozlanadi, boshqalari esa yer va okolozem aloqasini qo'llab-quvvatlovchi gibriddik mikrosxema to'plamlaridan foydalanadi. Ha, Wi-Fi HaLow standarti yangi Wi-Fi 7 bilan solishtirganda juda past energiya sarfiga ega. Wi-Fi 7 imkoniyatlari sinovlarda Morse Micro MM6108 mikrosxemasini bilan HaLow moduli yordamida 3 km gacha ulanishni qo'llab-quvvatlashini ko'rsatdi. Bu ishlanmalar shartli ravishda Wi-Fi 6 yoki istiqboldagi Wi-Fi 7ni almashtirishi mumkin, ammo taklif etilgan innovatsiya ba'zi ssenariylarda samarali bo'ladi.

Wi-Fi HaLow 850–950 MHz diapazonda 1/2/4 yoki 8 MHz tor tasmlarda ishlaydi. Bu signallarni materiallar va to'siqlardan yaxshi o'tkazish va «shovqinli» muhitlarda yaxshi ishlashni ta'minlaydi. Ushbu afzalliklar «aqli uylar», binolar, IoT, kiyiladigan qurilmalar va kritik infratuzilmani qo'llab-quvvatlash imkonini beradi. Wi-Fi HaLow minglab bir vaqtda ulangan qurilmalarni qo'llab-quvvatlab, 32 Mbit/s va undan yuqori o'tkazuvchanlikni ta'minlaydi. Bunday tezlik videokuzatuv tizimlarini qimmat va noqulay kabellar o'rnatishdan voz kechishga yetarli.

Yaqinda o'tkazilgan masofa sinoviga qaytsak: sinov ishtirokchisi videoqo'ng'iroq qilib, Wi-Fi nuqtasidan uzoqlashdi. «Sinovchi» 3000 metrga chiqishga muvaffaq bo'ldi: videopotok tasvir sifati yomonlashib, tezlik 1 Mbit/s ga tushdi. Shu bilan birga signal saqlanib qoldi va ovoz sifati yomonlashmadi. Sinov plyajda, tirband avtomagistralga yaqin yashash hududida o'tkazildi. Wi-Fi HaLow nazariyaning amaliyotga mos kelishini ko'rsatdi - ko'plab shovqinlar

signal qabul qilish masofasi va sifatiga ta'sir qilmagan. Morse Micro MM6108 bilan HaLow moduli yordamida quyidagi natijalarga erishildi:

- shartli ravishda cheksiz diapazon (ma'lumot uzatish tezligi 32,5 Mbps gacha);
- past energiya sarfi;
- devor va konstruksiyalar orqali signalning yaxshi (barqaror) o'tishi;
- IoT uchun yuqori ma'lumot uzatish tezligi bilan barqaror Internetga kirish.



Bunday istiqbollar uy va sanoat maqsadlaridagi simsiz aloqaning rivojlanishi uchun ko'rinadi.

Simsiz aloqa texnikasining kamchiliklari

Har qanday simsiz texnologiyaning kamchiliklari yaxshi ma'lum, ulardan biri - radio to'lqinlarini bostirish vositalarining ta'siriga moyillik. Bu xususiyat barcha ko'rib chiqilgan simsiz tizimlarga tegishli. Rasmda TG2000-121A kabi kichik korpusli radio kanallarni bostiruvchi qurilma tasvirlangan, u 50 metr masofagacha nafaqat mobil operatorlar va GPS, balki Wi-Fi aloqasini ham neytrallashtirishga imkon beradi. Bunday qurilmani 5 yil avval taxminan 10 ming rublga qonuniy sotib olish mumkin edi.



Wi-Fi 7 va boshqa istiqbollar

Xiaomi kompaniyasi Wi-Fi 7 BE3600 2.5G model routerini taqdim etdi. Bunday modem 3,57 Gbit/s gacha yuqori o'tkazuvchanlikni ta'minlab, 128 ta ulangan qurilmaga qo'llab-quvvatlash beradi. Qurilma raqobatchilardan 3600 Mbit/s gacha bo'lgan yuqori ishlash qobiliyati, «aqli» ulanish - avtomatik sozlashlar va nisbatan past narxi (2024 yil yanvar holatiga ko'ra taxminan 3010 rublga teng yuan kursiga nisbatan) bilan ajralib turadi. Wi-Fi 7 qo'llab-quvvatlashi tufayli router MLO texnologiyasi orqali 2,4 GHz va 5 GHz diapazonlarini birlashtirib maksimal tezlikka erishishi mumkin. Qurilma Wi-Fi 6 standartidan taxminan 44% ko'proq amaliy o'tkazuvchanlik va 48% ko'proq nazariy o'tkazuvchanlikni ta'minlaydi. Shuningdek, router 4KQAM kvadratur amplituda modulyatsiyasi va OFDMA texnologiyasini qo'llab-quvvatlaydi, bu esa ulangan qurilmalar ehtiyojiga qarab resurslarni optimal taqsimlash imkonini beradi. Qurilmaning tashqi ko'rinishi rasmda keltirilgan.



Xiaomi BE3600 2.5G Qualcomm tomonidan ishlab chiqarilgan 4 yadroli protsessorga ega bo'lib, chastotasi 1,1 GHz gacha (10120 DMIPS), 256 MB xotira va yuqori darajadagi kuchaytirgichga ega to'rt antennaga ega. Bu routerga keng qamrov va barqaror signalni ta'minlash imkonini beradi. Simli ulanish uchun 2,5 Gbit WAN port va uchta 1 Gbit LAN port mavjud. IoT qurilmalariga ulanishni qo'llab-quvvatlash va bitta tarmoq yaratish uchun 10 tagacha routerni birlashtirish imkoniyati ham mavjud.

Sun'iy yo'ldosh aloqasi tendensiyalari va IoT avtomatizatsiyasi

IoT Analytics prognozlariga ko'ra, 2021–2026 yillar oralig'ida sun'iy yo'ldosh IoT foydalanuvchilari soni yillik o'rtacha 22% o'sish bilan keskin ortadi: 2022 yilda 5,5 milliondan 2026 yilda 13,5 millionga yetadi. NTN orqali kiyiladigan va past quvvatli IoT qurilmalari rivojlanmoqda. Wi-Fi 6E va Wi-Fi 7 standartlariga mos mahsulotlarga yuqori tezlikli simsiz aloqani ta'minlash uchun bir nechta antennalar o'rnatilmoqda. Shuningdek, qurilmalar «elektron qismi»ni ixchamlashtirish, yangi materiallar va antenna konfiguratsiyasiga e'tibor qaratish tendensiyasiga ega. Masalan, Murata kompaniyasi magnit bog'lanish orqali parazit element bilan antenna samaradorligini oshirishga qaratilgan yechim ishlab chiqdi. Bu Wi-Fi 6E va Wi-Fi 7 mahsulotlari uchun birinchi dunyodagi yechim hisoblanadi (2023 yil holatiga ko'ra). Smartfon, planshet, marshrutizator, o'yin konsollari va boshqa ixcham elektronika ishlab chiqaruvchilari uchun bu samarali antennalarni yaratishga imkon beradi - bu ko'plab zamonaviy qurilmalar uchun muhim talab.

Murata tomonidan ishlab chiqilgan element antenna tizimlarida turli qurilmalarda, jumladan noutbuklar, smartfonlar, PC, PLC, raqamli videokameralar, o'yin konsollari, routerlar, televideniye qurilmalari, avtomatika, pultlar, xR (AR, VR) va boshqalarda qo'llanilishi mumkin. Mikroelektronika qurilmalaridagi antennalar turli konfiguratsiyalarga ega bo'lishi mumkin, hatto gigagerts diapazonida ishlaydigan qurilmalar uchun kichik spiral yoki to'rtburchak shaklidagi PCB bo'laklari ham antenna vazifasini bajarishi mumkin. Antennalarning moslashuvchanligini yaxshilash usullari rasmda ko'rsatilgan.

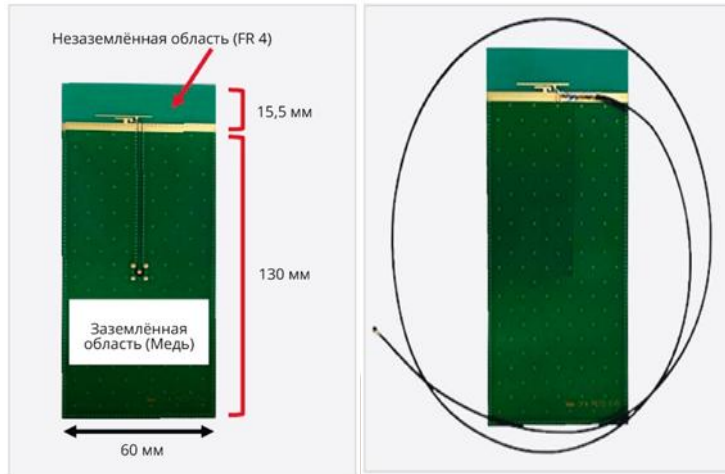


Murata tomonidan ishlab chiqilgan «parazit element» aloqa qurilmasi oziqlantiruvchi antennani boshqa elementlar bilan erkin fazodan ko'ra samaraliroq bog'laydi. Bu kichik form-faktorga ega bo'lsa-da, magnit materiallarsiz yuqori ishlashni ta'minlaydi va antennaning

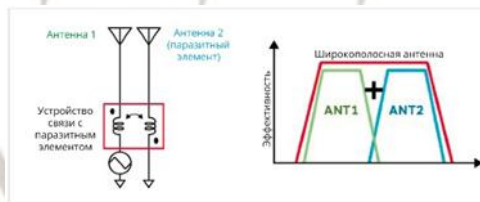
rezonans xususiyatlarini yaxshilaydi, natijada kengroq o'tkazuvchanlik va bir nechta diskret diapazonlarda samaradorlik oshadi.

IoT uchun yangi sun'iy yo'ldosh uskunalari va modullar

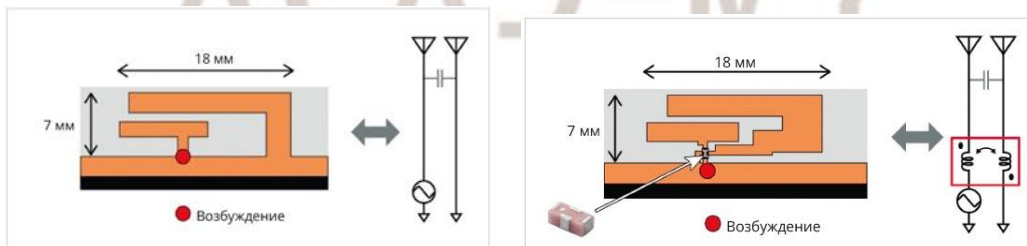
Skylo va Murata kompaniyalari hamkorlikda IoT qurilmalari va kiyiladigan qurilmalar uchun sun'iy yo'ldosh aloqasini kengaytirish ustida ishlamoqda. Anritsu jamoasi 2023 yilda 5G NB-IoT sun'iy yo'ldoshini birinchi marta sinovdan o'tkazdi.



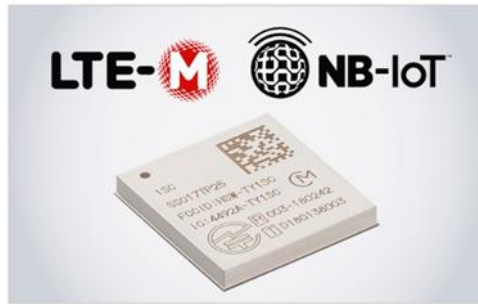
Skylo Technologies - Mauntin-Vyu, Kaliforniyada joylashgan NTN xizmat ko'rsatuvchi provayder bo'lib, smartfonlar va IoT qurilmalarini orbitadagi mavjud sun'iy yo'ldoshlar orqali to'g'ridan-to'g'ri ulash imkonini beradi.



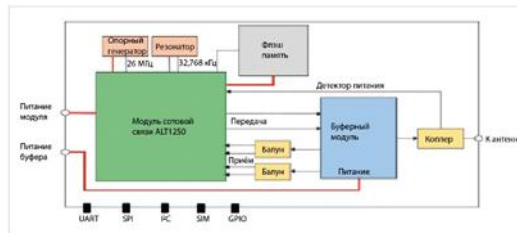
Sun'iy yo'ldosh orqali ulangan qurilmalar 3GPP standartlariga asoslangan bulutli bazaviy stansiya va yadroni o'z ichiga olgan tijorat virtual tarmog'i vRAN NTN orqali boshqariladi.



Skylo bilan mos keluvchi mobil qurilmalar turli atmosfera qatlamlarida - troposfera, stratosfera, mezosfera, termosfera, ionosfera va hatto ekzosfera (kosmik orbitaga) joylashgan radiotizim qatlamlari o'rtasida almashinish imkoniyatiga ega. NTN elementlari GEO, MEO, LEO orbitadagi sun'iy yo'ldoshlar, shuningdek HAPS (yuqori balandlikdagi platformalar), dronlar va bepilot apparatlar kabi tizimlarni o'z ichiga oladi.



Murata Type 1SC (LBAD0XX1SC) kabi juda kichik, past quvvatli LTE Cat M/NB-IoT moduli va Skylo NTN kombinatsiyasi uzluksiz va hamma joyda ulanishni ta'minlaydi.



Type 1SC moduli GPS/GNSS, OpenMCU va integratsiyalangan SIM-kartani qo'llab-quvvatlaydi, bu esa ikki rejimli mobil IoT ilovalarini ishlatishga imkon beradi.

Internetning kelajagi

IoT kelajagi, avtomatlashtirish va boshqaruvchanlikning oshishi, shuningdek yuqori chastotalarda (GHz diapazoni) aloqaning barqarorligi va chidamliligi texnologiyalar - RAN, VSAT, eSAT TDM/MF-TDM-NTN va NTN rivojiga bog'liq. NTN ulanish samaradorligini oshirish uchun past energiya sarfli radioelektron qurilmalar va takomillashtirilgan modulyatsiya sxemalari ishlab chiqilmoqda. Batareya va quvvat manbalari bo'yicha raqobat quyosh, shamol, suv, harakat va hatto inson terisi orqali energiya olishga yo'nalmoqda. Qisqa masofalarda Li-Fi - yorug'lik transiverlari orqali ma'lumot uzatish yo'nalishi rivojlanmoqda. Wi-Fi yangi standartlarining masofasi hozircha 3 km bilan cheklanmagan deb aytish mumkin, ammo amalda bu hali to'liq amalga oshmagan. Texnologiyalar esa doimiy ravishda takomillashmoqda. Operator kompaniyalari LEO sun'iy yo'ldoshlarini ishga tushirish va xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish ustida izchil ishlamoqda, bu esa NTN orqali IoT ilovalarini har qanday miqyosdagi korxonalar uchun mavjud qilishga yordam beradi.

Texnik taraqqiyot bilan NTN, Wi-Fi, VSAT va boshqa texnologiyalar orqali ulanish imkoniyati uzoq va qiyin erishiladigan hududlarda tobora talab qilinadi. Kosmosda zamonaviy RЭА asosidagi sun'iy yo'ldoshlar soni ortmoqda. Shuning uchun IoT rivojlanishini barcha darajalarda - «kosmik»dan tortib kundalik uy-maishiy ulanishlargacha - kutish mumkin. Asosiy dizayn yo'nalishlari esa aloqaning masofasi va sifatining barqarorligini ta'minlash, avtonom elektron qurilmalar uchun kichik va samarali quvvat elementlarini yaratish hamda simsiz aloqa orqali uzatiladigan ma'lumotlarni himoya qilish, kodlash, modulyatsiya va uzoq masofada elektron qurilmalarni boshqarish buyruqlarini to'g'ri qabul qilishni ta'minlashga qaratilgan.

Adabiyotlar:

1. **IoTni orbitaga ishga tushirish** // URL: <https://www.eenewseurope.com/en/running-iot-through-the-skies/> (eenewseurope.com in Bing)

2. **Kaşkarov A.P. Kompyuter tomonidan boshqariladigan elektron qurilmalar va boshqalar.** M.: DMK Press, 2013. 112 b.
3. **Kaşkarov A.P. Uyda Wi-Fi ni boshqarish va sozlash.** M.: DMK Press, 2016. 64 b.
4. **Kaşkarov A.P. Simsiz signallarni (GSM, Wi-Fi, GPS va ba'zi radiotelefonlar) bostirish uchun elektron qurilmalar.** M.: DMK Press, 2016. 96 b.
5. **NTN sun'iy yo'ldosh aloqasi kiyiladigan qurilmalar va past quvvatli IoT qurilmalari uchun** // URL: <https://www.eenewseurope.com/en/satellite-ntn-connectivity-for-wearables-and-low-power-iot-devices/>
6. **Type 1SC LBAD0XX1SC** // URL: <https://www.murata.com/products/connectivitymodule/lpwa/overview/lineup/type-1sc?parent-baobab-id=ls...> (murata.com in Bing).
7. **Parazit elementlarni bog'lash qurilmalari** // URL: <https://www.murata.com/en-eu/products/antenna/parasitic-element-coupling-device> (murata.com in Bing)
8. **Oltita unutilgan gigagerts. Rossiyada Wi-Fi uchun yangi diapazonni qonuniylashtirish sekinlashdi** // URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6467626>
9. **VSAT sun'iy yo'ldosh aloqa tarmoqlarining evolyutsiyasi: SCPC dan TDM/MF-TDMA ga** // URL: <https://satcomservice.ru/dvbracs.html>
10. **Dunyo birinchisi: Murata ilg'or parazit element juftlashtirish qurilmasi bilan Wi-Fi 6E va Wi-Fi 7 antenna dizaynini yaxshilaydi** // URL: <https://www.murata.com/en-eu/news/antenna/parasitic-element-coupling-device/2023/1207>
11. **Mashinalar uchun Long Term Evolution (LTE-M)** // URL: <https://www.gsma.com/iot/mobile-iot-technology-lte-m/> (gsma.com in Bing)

INNOVATIVE
ACADEMY