

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT  
TEKNOLOGIYALARI VA KOMMUNIKATSIYALARINI  
RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT  
AXBOROT TEKNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

R.R.Ibraimov, D.A.Davronbekov, M.O.Sultonova, E.B.Tashmanov,  
U.T.Aliyev

**«SIMSIZ ALOQA TIZIMLARI VA DASTURLARI»  
(1-QISM)**

fanidan darslik

(Telekommunikatsiya texnologiyalari – 5350100 ta’lim yo‘nalishi  
uchun)

Toshkent 2018

UDK 621.396.9

Simsiz aloqa tizimlari va dasturlari. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU.  
218 b. Toshkent, 2018

Darslik Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universitetida tasdiqlangan “Simsiz aloqa tizimlari va dasturlari” fanining ishchi dasturi asosida yozilgan va kirish, 5ta boblar, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxatidan iborat. Birinchi bob simsiz aloqa tizimlari asoslariga, ikkinchi bob mobil radiotelefon aloqaga, uchinchi bob radioreleli va sun‘iy yo‘ldoshli aloqaga, shuningdek sun‘iy yo‘ldoshli navigatsiyaga bag‘ishlangan, to‘rtinchi bob simsiz keng polosali ulanish texnologiyalari, beshinchi bobda esa, boshqa simsiz aloqa turlarining o‘ziga xos xususiyatlari keltirilgan.

Darslik “Simsiz aloqa tizimlari va dasturlari” fanini o‘rganadigan talabalar uchun mo‘ljallangan, shuningdek simsiz aloqa tizimlari sohasida ishlaydigan mutaxassislar uchun ham dasturil amal bo‘la oladi.

**Mufliflar:** R.R.Ibraimov, D.A.Davronbekov, M.O.Sultonova,  
E.B.Tashmanov, U.T. Aliyev.

**Taqrizchilar:**

**A.M.Nazarov** – t.f.d., professor, Islom Karimov nomidagi TDTU “Radiotexnik tizimlar va qurilmalar” kafedrasini mudiri.

**N.T.Salimsakov** – «Uzbektelekom» AK «UzMobayl» filiali, Toshkent xududiy bog‘lamasi boshliq o‘rinbosari

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, 2018

## KIRISH

Ma'lumotlarni uzatish tizimlarida ko'plab turli xil texnologiyalar ishlatiladi, so'ngi vaqtda ularning soni keskin ortib bormoqda. Ularning ichida eng keng qo'llaniladiganlari quyidagilardir:

- elektr kabellar aloqa tizimlari (EKAT);
- tolali optik aloqa tizimlari (TOAT);
- yerning sun'iy yo'ldoshlari (ESY) orqali aloqa tizimlari;
- tor polosali va keng polosali yer usti radioaloqa tizimlari;
- ochiq optik aloqa tizimlari.

Sanab o'tilgan aloqa tizimlari kabelli va simsiz tizimlar guruhlariga bo'linadi [1-3].

**Elektr kabelli** aloqa tizimlari taqsimlash tarmoqlarida (masalan, kabelli televidenie tizimlarida) va olis masofali aloqada keng qo'llaniladi, lekin xom-ashyo matyeriallarining yuqori narxi (rangli va qimmatbaho metallar), uncha katta bo'lmagan o'tkazish polosasi bilan bir qatorda kelajakda bunday tizimlarning raqobatbardoshligini muammoli qiladi. Kabelli tuzilmalarning umumiy kamchiliklari yer yoki suv osti ishlariga bog'liq katta qurilishi vaqti, tabiiy ofatlar, vandalizm va terrorizm tahdidlariga uchrashi va o'sib borayotgan yotqizish ishlarining narxi hisoblanadi. Simli tizimlarni qurish bo'yicha ishlarni sermashaqqat, ayrim joylarda, ayniqsa, shaharlarning tarixiy joylarida, qo'riqlanadigan hududlarda yoki murakkab releyfda deyarli amalga oshirib bo'lmaydi. Aholi uchun u bilan bog'liq noqulayliklar, transportning ishlashini buzilishi, shikastlangan yo'llar va boshqa bo'ladigan maummolar shundoq ham turli bosqichlar bilan muvofiqlashtirish protseduralarini murakkablashtiradi va iqtisodiy foydani kamaytiradi.

**Tolali optik aloqa tizimlari (TOAT)** katta hajmdagi ma'lumotlarning hajmlarini bir necha minglab kilometrlargacha (raqamli oqimlarni uzatish tezliklari 1 Tbit/slardan ortadi) ishonchli uzatishga imkon beradi. Masofalar qisqarishi bilan TOATni joriy etishdan iqtisodiy samara kamayishi mumkin va har bir aniq holda sinchiklab tekshirishni o'tkazish talab qilinadi.

**Radioaloqa tizimlarning** eng muhim afzalligi qurishga kam vaqt talab qilinishi hisoblanadi. Bu xususan, shunga bog'liqlik, transheyalarni qazish, kabellarni yotqizilishi, shuningdek binolarda kabellarni simlarni ichki o'tkazish zarurati bo'lmaydi. Istalgan tizimni yaratilishi uchun investitsiyalar talab qilinadi, vaqt bo'yicha ularning

qanday taqsimlangani va ishlatishdan foydani tez olishni kutish qanchalik mumkinligi bu boshqa. Simsiz tizimlar ishlatishga bosqichma-bosqich kiritilishi mumkin. Simli tizimlar esa bir vaqtda butun infratuzilmani yaratilishini talab qiladi. Simsiz tizimlarda daromadlarni olishning boshlanishi birinchi bo‘lagini ishga tushirilishi bilan mos tushadi va tizimni keyingi rivojlantirilishi foydalanuvchilarning o‘zlari orqali moliyalashtiriladi. Bundan tashqari, ishlaydigan tuzilma ko‘rinishidagi ijobiy misol o‘rniga bo‘ljak imtiyozlar, potensial abonentlarni va vositalarni jalb qilishga imkon beradi. Bu investorlarning moliyaviy xavflarini keskin kamaytiradi va kelajakka ishonch bilan qarashga imkon beradi.

**ESYli aloqa tizimlarining** xarakterli o‘ziga xos xususiyalariga nisbatan uncha katta bo‘lmagan hajmdagi ma’lumotlarni yer sirtining sezilarli maydonlarini qamrab olish bilan (global tizimlarni qurishgacha) juda katta olis maofalarga uzatish (10 – 60 Mbit/c gacha tezliklarda) imkoniyati kiradi. Uzatiladigan ma’lumotlar hajmini cheklash yerda ma’qul elektromagnit holatni ta’minlash maqsadlarida nurlantiriladigan signallar quvvatini chegaralash orqali aniqlanadi.

**Yer usti simsiz tizimlari** ma’lumotlarni uzatish zamonaviy tizimlarida orasida optik tolali va sun‘iy yo‘ldoshli tuzilmalar bilan muvaffaqiyatli raqobatlashish bilan, ayniqsa uncha katta bo‘lmagan masofalarga aloqada juda sezilarli rol o‘ynaydi. Yer usti radio vositalari sohasidagi texnologik yechimlarda inqilobiy o‘zgarishlar bo‘lib o‘tdi. Bir necha o‘n minglab kilometrlargacha masofalarda aloqani mikroto‘lqinli aloqa tizimlari ta’minlaydi ularning ishlash tezligi sekundiga yuzlab megabitlardan ortadi. 40 MGs chastotalar polosasida STM-4 (622 Mbit/s) raqamli oqimlarni uzatilishini tashkil etishga imkon beradigan radioreleli raqamli tuzilmalar paydo bo‘ldi.

Uncha katta bo‘lmagan masofalarga aloqa uchun (bir necha o‘nlab kilometrlargacha) ulanish va ma’lumotlarni taqsimlash tizimlari ommaviy ko‘lamlarda ustun rivojlanmoqda. Bunday tizimlarga tor polosali va keng polosali radioaloqa tizimlari, shuningdek ochiq tarqatiladigan telekommunikatsion tizimlar kiradi.

Tor polosali va keng polosali radioaloqa tizimlaridagi farq, avvalo qo‘llaniladigan tebranishlar tashuvchilari tuzilmalaridan iborat. Tor polosali tizimlarga kiradigan an’anaviy radiovositalar signal tashuvchisi sifatida bir chastotali garmonik tebranishlarni ishlatadi. Bunday tizimlardagi ajratilgan chastotalar diapazonida ko‘plab foydalanuvchilarning ishlash imkoniyatini ta’minlash uchun

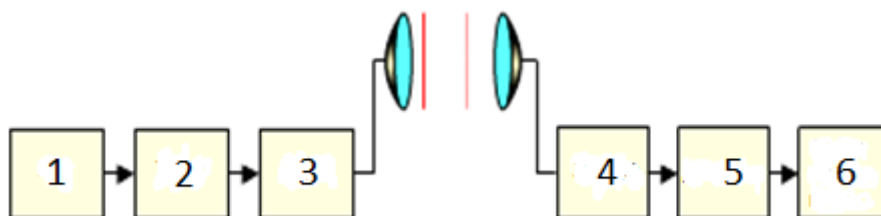
uzatiladigan signallar chastotalari polosalarini iloji boricha kamaytirishga uriniladi. Keng polosali aloqa tizimlarida tebranishlar tashuvchilari sifatida keng polosali psevdotasodifiy signallar qo'llaniladi. Bunda har bir foydalanuvchining signali chastotalar diapazonining butun ajratilgan oralig'ini egallaydi, alohida signallarni ajratish esa kodli usullarda amalga oshirildi.

So'nggi yillarda ishlab chiqilgan ochiq tarqatiladigan optik aloqa tizimlari infraqizil va lazerli tizimlarga bo'linadi. Bu tizimlar kichik masofalarga (yuzlab va minglab metrlarga) ma'lumotlar sezilarli oqimlarini uzatishga imkon beradi. Uncha katta bo'lmagan masofa sabablari tabiatda tuman, yomg'ir, qor, qurum, do'l va turli tabiiy va sun'iy to'siqlarning ta'siri mavjudligi orqali tushuntiriladi. Eng yaxshi tizimlar (masalan, Canobeam, Lightpoint tizimlari) signalni juda zich nurga jamlash va yorug'lik nurini antenaning aperturasida ushlab turadigan tizimni avtomatik qidirish va sozlashni qo'llash bilan istalgan ob-havo sharoitlarida raqamli oqimlarni 4-5 kmlargacha masofalarga 155 Mbit/s tezliklarda uzatishga imkon beradi ([www.canon.com](http://www.canon.com), [www.lightpointcom.com](http://www.lightpointcom.com)). Infraqizil va lazerli qurilmalarning eng muhim afzalliklariga boshqa tizimlariga qaraganda ularning hamma joyda hech qanday litsenziyalarsiz va ruxsatlarsiz qo'llanilishini kiritish mumkin.

# 1-Bob. SIMSIZ ALOQA TIZIMLARI ASOSLARI

## 1.1. Radioaloqani tashkil etish tamoyillari

Radioaloqaning eng oddiy sxemasi 1.1- rasmda keltirilgan.



1.1- rasm. Radioaloqa sxemasi

Bu yerda:

1– ma'lumotlar (raqamli ma'lumotlar, tasvir, ovoz va h.k.) manbai;

2– xabar o'zgartirigichi keladigan ma'lumotlarni elektr signalga o'zgartiruvchi qurilma;

3– uzatkichli modulyator.

4– radioqabul qilish qurilmasi.

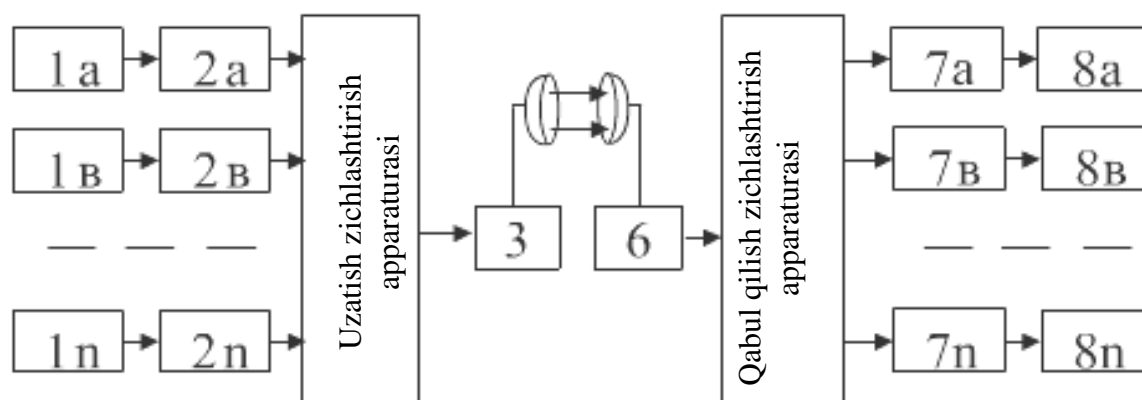
5– Detektor.

6– Qayta tiklash qurilmasi.

Signalni modulyatsiyalash zarurati shundan iboratki, elektr signalga o'zgartirilgan ma'lumotlar nisbatan past chastotaga ega, ma'lumki, past chastotali signal yomon nurlanadi. Radiosignal deyiladigan modulyatsiyalangan yuqori chastota tebranishlar uzatuvchi antennaga uzatiladi va atrof-muhitga elektromagnit to'lqinlarni qo'zg'atadi. Uzatkichdan uncha katta bo'lmagan elektromagnit to'lqinlar energiyasi qismi qabul qilish antenasiga etib boradi va unda kuchsiz modulyatsiyalangan yuqori chastotali tokni hosil qiladi. RQQQda modulyatsiyalangan tebranishlar kuchaytiriladi va keyin o'zgartirgichdan uzatish punktida olingan o'sha ko'rinishdagi signalga detektorda teskari o'zgartiriladi. Bunday o'zgartirish detektorlash deyiladi. Keyin signal qayta tiklash qurilmasi – harf teruvchi apparat, telefon, televizion qabul qilish trubkasi va boshqalarga beriladi, so'ngra qabul qilingan ma'lumotlar oluvchiga beriladi.

Uzatkich, uzatuvchi antenna, to‘lqinlarning tarqalishi muhiti, qabul qilish antenasi va qabullagichdan iborat kompleks radioliniyani hosil qiladi. 1.2-rasmdan ko‘rinib turibdiki, radioliniyalarda uzatuvchi antenna joylashgan punktdan qabullagich joylashgan punktga ma’lumotlarni bir tomonlama uzatilishi amalga oshiriladi. Teskari uzatish bu holda ko‘zda tutilmaydi.

Bir tomonlama uzatish ko‘pincha radioaloqada emas, balki ovoz va TV uzatishda, matbuot agentliklari uchun ma’lumotlarni, metrologik ma’lumotlarni, aniq vaqt, aniq signallarini uzatish xizmatlarida va boshqalarda ishlatiladi. Qurilmalardan foydalanish samaradorligini yaxshilash va radioliniyaning o‘tkazish polosasini oshirish uchun zichlashtirish apparaturasi qo‘llaniladi (1.2- rasm). Turli 1a–1n ma’lumotlar manbalari signallaridan 2a–2n o‘zgartirgichlar orqali o‘zgartirilgan yagona guruh signalini hosil qiladi. Bu apparaturaning qabul qiluvchi qismi signallarni ajratadi, ularni o‘zgartirishni amalga oshiradi (7a–7n), bundan keyin ular 8a–8n iste’molchilarga beriladi. Bitta manbadan xabarlarni oluvchiga uzatilishini ta’minlaydigan texnik vositalar majmui radioaloqa kanali deyiladi. Radioliniyalar zichlashtirilgan radioaloqa tizimi ko‘p kanalli radioaloqa deyiladi.



1.2- rasm. Zichlashtirish apparaturali radioliniya

Ikkita punktlar orasida ma’lumotlarni almashlash uchun bir-birlariga qarama-qarshi ishlaydigan ikkita bir tomonlama aloqa qurilmalari jamlanmasi yordamida ta’minlanadigan ikki tomonlama radioaloqa tashkil etiladi. Ikki tomonlama radioaloqaning har bir oxirgi punktida ham uzatish, ham qabul qilish qurilmalari joylashtiriladi. Manba va oluvchi odatda birlashtiriladi, shuningdek ayrim hollarda uzatkich va qabullagich ham yagona qabul qilish-

uzatish radiostansiyasiga birlashtiriladi. Bunday punktda ikkita antennalar o'rniga bitta umumiy qabul qilish-uzatish antenasi ishlatiladi.

Ikki tomonlama radioaloqa quyidagi variantlar bo'yicha tashkil etilishi mumkin:

1. Har ikkala uzatkichlar bitta chastotada ishlaydi, ya'ni qabullagichlar ham o'sha bir chastotaga sozlanadi. Bu holda radioliniya bir vaqtda ikkita yo'nalishda ishlay olmaydi. Bunday aloqa simpleks aloqa deyiladi.

2. Uzatkichlar turli chastotalarda ishlaydi, mos ravishda qabullagichlar ham turli chastotalarga sozlanadi. Bu holda radioliniya bir vaqtda ikkita yo'nalishda ishlay oladi. Ishlash navbatma-kavbat yo'nalishlardan birida amalga oshiriladi. Bunday aloqa dupleks aloqa deyiladi.

3. Radioaloqa qabul qilish va uzatish chastotalaridan foydalanish orqali, lekin dupleks radioaloqaga qaraganda bir vaqtda emas, balki navbatma-navbat amalga oshiriladi. Signal bitta chastotada qabul qilinadi, boshqa chastotada uzatiladi. Vaqtning bir momentida abonent "qabul qilish" yoki "uzatish" rejimida bo'lishi mumkin. Bunday aloqa yarim dupleks (ikkita chastotali simpleks) aloqa deyiladi.

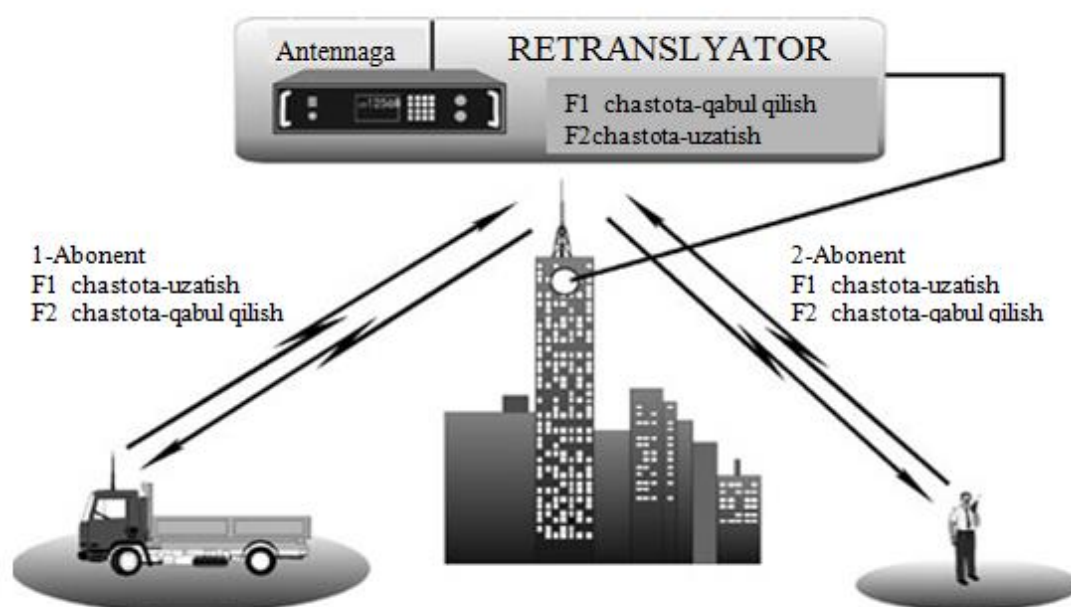
Yarim dupleks aloqa quyidagi rejimlarda ishlatiladi. Odatda istalgan aloqa tizimining birinchi vazifasi talab qilinadigan (juda katta) aloqaning uzoq masofaliligini ta'minlash hisoblanadi. Lekin uzoq masofalilik planeta sirtining egriligi ufqning chegaralari ortida aloqani amalga oshirishga imkon bermaydigan shardan iboratligi tufayli cheklangan. Bu esa portativ radiostansiyalar orasidagi ochiq tekislik joydagi aloqa 5 km atrofidagi masofalarda bo'lishi mumkinligini bildiradi. Agar katta masofalar (99,9 % hollarda) talab qilinsa, u holda retranslyatorlar qo'llaniladi.

Retranslyator bu radiosignalni qabul qiladigan va uni efirga qayta uzatadigan qurilma hisoblanadi. Koinotdagi yerning sun'iy yo'ldoshiga o'rnatilgan retranslyator eng katta qamrab olish zonasiga ega bo'ladi. Yerdan berilgan qamrab olishni ta'minlash uchun sun'iy yoki tabiiy baland inshootda (bino, machta, do'nglik) retranslyator o'rnatiladi. Deyarli hech bir zamonaviy aloqa tizimi retranslyatorsiz ishlay olmaydi. Retranslyatsiyalash tamoyili 1.3- rasmda keltirilgan.

1.3- rasmdan nima uchun yarim dupleks (ikkita chastotali simpleks) aloqa kerakligi ko'rinib turibdi. Retranslyator qabul qilingan signallarni uzluksiz uzatadi (dupleks), u holda u buni o'sha bitta



chastotada amalga oshira olmaydi (uzatkichning signallarini shu yordayoq qabullagich qabul qiladi, yopiq aylana hosil bo‘ladi). Shuning uchun dupleks retranslyator nominallari ma’lum qiymatlarga farqlanishi kerak bo‘ladigan turli chastotalarda ishlaydi (qurilmaga, tizimga va boshqalarga bog‘liq bo‘ladi). Mos ravishda abonentlar radiostansiyalarida o‘sha chastotalar, lekin “teskari” ko‘rinishda ishlatilishi kerak (retranslyatorning qabul qilish chastotasi radiostansiyaning uzatish chastotasiga va aksincha mos kelishi kerak). Barcha abonentlar radiostansiyalarida uzatish va qabul qilish chastotalari bir xil bo‘ladi, u holda ular orasidagi to‘g‘ri bevosita aloqa bo‘lishi mumkin emas.



1.3- rasm. Retranslyatsiyalash tamoyili

Demak, retranslyator qabul qilinadigan signalni uzluksiz nurlantiradi, abonentlar radiostansiyalarida esa qabul qilish/uzatish rejimlari qayta ulanishi kerak. Vaqtning bir momentida gapirish yoki eshitish mumkin bo‘ladi. Retranslyatorning sezgirliги va quvvati qanchalik yuqori va antenna yuqori o‘rnatilgan bo‘lsa, shunchalik katta zonani barqaror radioaloqa bilan qamrab olish mumkin.

Agar chastotalar, mablag‘ yoki unisiyam va bunisiyam etishmasa (eng keng tarqalgan hol), u holda faqat simpleks aloqani ishlatish mumkin. Bunday holda abonentlar qurilmasi shunday qoladi, faqat unda bir xil qabul qilish va uzatish chastotalari dasturlashtiriladi.

Retranslyator sifatida oddiy abonentlar qurilmasi ishlatilishi mumkin. Ammo u bir vaqtda qabul qila va uzata olmaydi, bu esa talab qilinmaydi (yuqorida ko‘rib chiqilganidek mumkin ham emas).

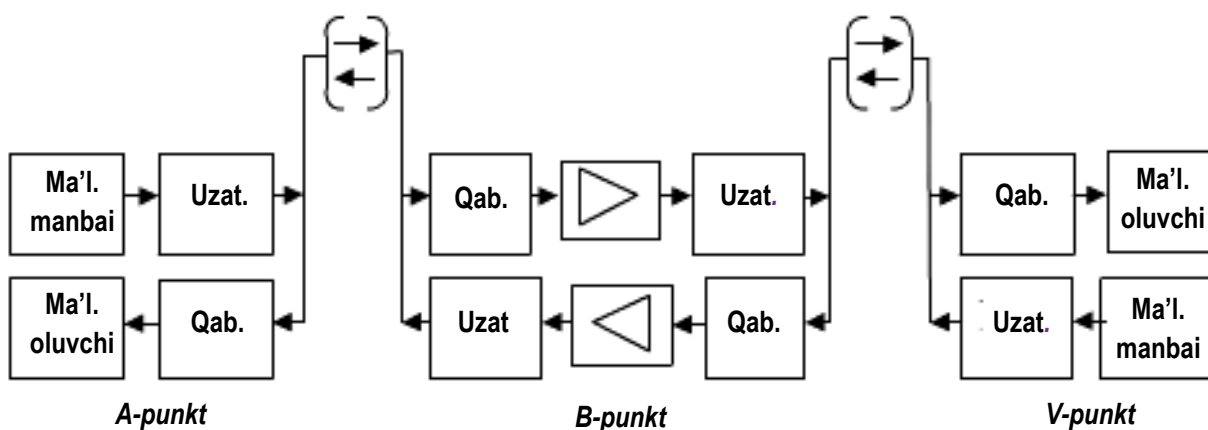
Bunday retranslyatorning ishlashi uchun (u odatda simpleks retranslyator deyiladi) maxsus qurilma - simpleks retranslyator kontrolleri talab qilinadi. Qurilma qabul qilinadigan xabar efirda bo‘lguncha (yoki “tasma” tugaguncha) uni yozib oladigan raqamli magnitofon hisoblanadi. Signal yo‘qolganidan keyin kontroller radiostansiyani uzatish rejimiga qayta ulaydi va yozib olingan xabar efirda qayta eshittiriladi. Shunday qilib, bitta chastota va bitta radiostansiya (dupleks emas) yetarli bo‘ladi.

Usulning barcha oddiyligida va nisbatan arzonligiga qaramasdan, unda jiddiy kamchilik mavjud. Abonent xabarni aytishi va keyin uni efirda qayta eshittirilishini kutishi kerak. Shunday qilib, simpleks retranslyator ishlatilganida radio so‘zlashuvlarga dupleks rejim ishlatilganidagiga qaraganda ikki marta ortiq vaqt talab qilinadi. Agar mablag‘ va radiochastotalar miqdori aniqlovchi omil bo‘lsa va operativlikni yo‘qotilishiga ko‘nish mumkin bo‘ladi, u holda simpleks retranslyatorlarning qo‘llanilishi (yana ular «simplekserlar», «exorepiterlar», «kakuqushlar» yoki «to‘tiqushlar» deyiladi) masalani hal etilishining eng oqilona yo‘li bo‘ladi.

Shunday qilib, dupleks rejimi uzluksiz retransyalatsiyalashda, simpleks rejimi esa to‘g‘ri bevosita aloqada (retranslyatorlarsiz) yoki simpleks retranslyatsiyalashda ishlatiladi.

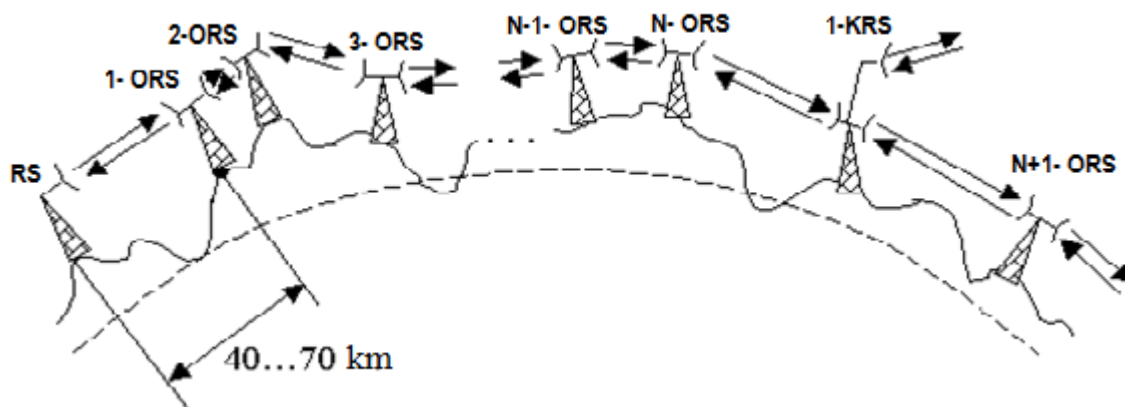
Radioaloqa liniyasi bir necha yoki ko‘plab oraliqlardan iborat bo‘lishi mumkin, ularning chegaralarida radiosignallarni uzatish qabul qilish-uzatish qurilmalari jamlanmalari orqali ta‘minlanadi. Bitta punktdan signallar boshqa punktda qabul qilinadi, kuchaytiriladi va keyin uchinchi punktga uzatiladi, u yerda yana kuchaytiriladi va to‘rtinchi punktga uzatiladi va h.k.. Radioliniyaning bunday qurilishi radioreleli aloqa liniyasi (1.4-rasm) deyiladi, uning shartli tasvirlanishi 1.5-rasmda keltirilgan.

Shunga o‘xshash tarzda aloqa yer sun‘iy yo‘ldoshlari (1.6- rasm) orqali amalga oshiriladi. Bitta yer usti stansiyasidan signal yerning sun‘iy yo‘ldoshida (ESY) qabul qilinadi, kuchaytiriladi va yo‘ldoshning uzatkichi orqali birinchi yer usti stansiyasidan katta masofalarda joylashgan boshqa yer usti stansiyasiga uzatiladi.

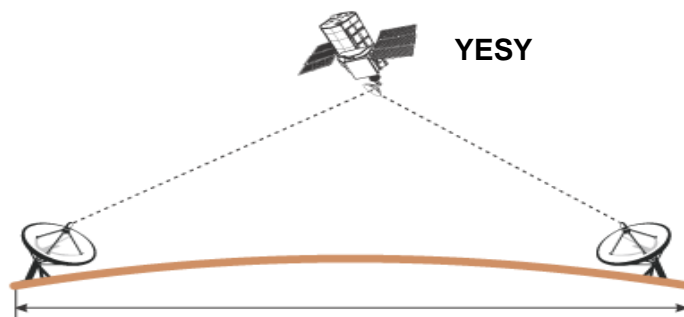


1.4- rasm. Radioreleli aloqa liniyasining qurilishi

RRL sun'iy yo'ldoshli aloqa liniyalari kabi oxirgi punktlarda zichlashtirish apparaturasiga ega va ma'lumotlar katta oqimlarini uzatishga imkon beradi.



1.5- rasm. Radioreleli aloqa liniyasining shartli tasvirlanishi



1.6- rasm. Sun'iy yo'ldoshli aloqa liniyasi

## 1.2. Kanallar va to'liqlarning tarqalishi

**Radiochastotalarning tasniflanishi.** Barcha aloqa tizimlari odatda uzatiladigan alohida yoki guruhli signal bilan modulyatsiyalangan garmonik YUCH tebranishlar ko'rinishidagi (sinusoidal) radiosignallarni ishlatadi. Har bir aloqa liniyasiga ma'lum polosa ajratiladi. Ajratilgan polosaning o'rta chastotasi uzatuvchi radiostansiyaning nominal chastotasi deyiladi. Xalqaro radioaloqa reglamentiga muvofiq radiochastotalar 9ta diapazonlarga bo'lingan, ularda radioto'liqlarning tarqalishi sharoitlari bir xil va 4 dan 12 gacha nomerlar bilan belgilanadi. N nomerli diapazon pastdan  $0,3 \cdot 10^N$  Gs va yuqoridan  $3 \cdot 10^N$  Gs chastota bilan chegaralangan. Diapazonlarga quyidagi nomlar berilgan (1.1- jadval).

Bu yerdan ko'rinish turibdiki, diapazonning nomeri ortishi bilan chastotalar diapazoni kengligi oshadi, masalan: № 4da  $\Delta f_4=27$  kGs, №12da esa  $\Delta f_{12}=2700$  kGs. Diapazonning chegaralarida radioto'liqlarning tarqalishi sharoitlari taxminan bir xil. Uzatish joyidan qabul qilish joyiga xabarlarini tashish uchun radioaloqa liniyasining ishchi chastotasi yoki tashuvchi chastota quyidagi talablarni hisobga olish orqali tanlanadi:

1. Ishlaydigan, nurlanishlari rejalashtiriladigan liniyaning kerakli punktlarida radioqabul qilishga halaqit qiladigan radiostansiyalarning mavjud emasligi;

2. Bu chastotada ishlashi yangi uzatkichni ishlashiga halaqit qilishi mumkin bo'lgan radioaloqa va uzatish tizimlarining mavjud emasligi;

3. Tanlanadigan chastota mavjud radiochastotalarni taqsimlanishi rejalarini bo'yicha bu radioaloqa turi uchun ajratilgan diapazonda bo'lishi kerakligi;

4. Uzatiladigan radiosignallar spektri kengligiga mos keladigan etarlicha katta keng chastotalar polosalarini egallash imkoniyati bo'lishi kerakligi.

Keltirilgan talablarni tahlil qilish bilan ko'rsatish mumkinki, ko'p kanalli radiokanalni qurish barcha 9ta diapazonlarning hammasida ham maqsadga muvofiq bo'lavermaydi. Masalan, №4 diapazonda AM qo'llanilganda faqat 3- kanalli TLF radioliniyalarini tashkil etish mumkin ( $\Delta F_{uf}= 0,3 \div 3,4$  kGs,  $\Delta f_p = 8$  kGs,  $\Delta f_4 = 27$  kGs). Bu diapazonda hatto bitta uzatish ( $\Delta F_{uzat} = 15$  kGs) va TV ( $\Delta F_{TV} = 6$  MGs) kanalini yuqori sifatli uzatilishini tashkil etish

mumkin emas. TV uzatish uchun №8 diapazon, radioeshittirish uchun, ko'p kanalli radioliniyani tashkil etish uchun esa odatda UQT diapazon (8 va undan yuqori diapazonlar) ishlatiladi. RRL ko'p kanalli hisoblanadi, u holda tashuvchi chastotalar ESY orqali aloqa tizimlarida bo'lganidek UQT diapazonida tanlanadi.

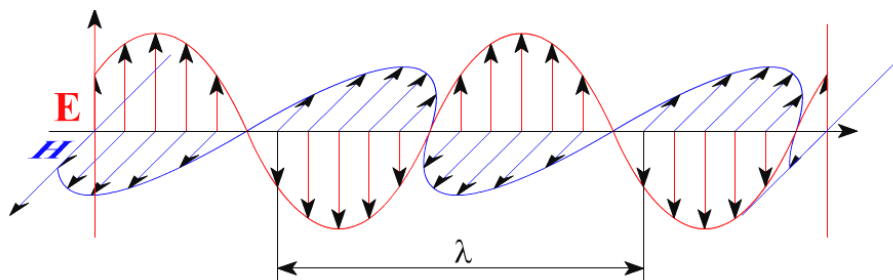
**Radioto'lqinlarning umumiy xossalari.** Radioto'lqinlar tarqalishi jarayonida qator sabablarga bog'liq bo'ladigan so'nishga uchraydi. Uzatkichdan uzoqlashishi bilan energiya yanada katta hajmda tarqaladi, natijada, energiya oqimining zichligi kamayadi.

1.1-jadval

Radiochastotalar diapazonlari

Chastotalar	To'lqin uzunliklari	To'lqin uzunligining metrik nomi	Chastotalar diapazoni nomi	To'lqinlar nomi diapazoni
4 - 3...30 kGs	100...10 km	Miriametrli	Juda past (JPCH)	O'ta uzun (O'UT)
5 - 30...300 kGs	10...1 km	Kilometrli	Past (PCH)	Uzun (UT0)
6 - 0,3..3 MGs	1km....100 m	Gektometrli	O'rta (O'CH)	O'rta (O'T)
7 - 3...30 MGs	100...10 m	Dekametrli	YUqori (YUCH)	Qisqa (QT)
8 - 30... 300MGs	10...1 m	Metrlil	Ultra yuqori (UYUCH)	Ultra qisqa (UQT)
9 - 0,3...3 GGs	1 m...1 dm	Detsimetrli	O'ta yuqori (O'YUCH)	
10 - 3..30 GGs	10...1 sm	Santimetrli	Juda yuqori (JYUCH)	
11 - 30.. 300 Gs	10...1 mm	Millimetrli		
12 - 300... 3000 GGs	1... 0,1 mm	Detsimillimetrli		

Radiotoʻlqinlar tarqaladigan muhit ham ularning soʻnishini keltirib chiqaradi. Bu issiqliq yoʻqotishlari tufayli energiyaning yutilishi va yer sharining qavariqligi yoki yerdagi doʻngliklar koʻrinishidagi toʻsiqlardan aylanib oʻtishida toʻlqin maydoni kuchlanganligining kamayishiga bogʻliq. Elektromagnit toʻlqin elektr va magnit maydonlardan tashkil topgan (1.7- rasm).



1.7- rasm. Elektromagnit toʻlqinning tuzilishi

Fazoning har bir nuqtasida toʻlqining E elektr maydon kuchlanganligi vektori N magnit maydon kuchlanganligi vektoriga perpendikulyar va har ikkala vektorlar ham toʻlqinning tarqalishi yoʻnalishiga perpendikulyar boʻladi. Radiotoʻlqinlarning tarqalishi quyidagi maʼlum qonunlarga boʻysunadi:

1. Bir jinsli muhitda toʻgʻri chiziqli tarqalish, yaʼni xossalari barcha nuqtalarida bir xil boʻlgan muhitda tarqalishi.

2. Bitta muhitdan boshqasiga oʻtishda qaytish va sinish. Tushish burchagi qaytish burchagiga teng.

3. Difraksiya. Oʻz yoʻlida tiniqmas jismga duch kelish bilan radiotoʻlqinlar undan aylanib oʻtadi. Difraksiya toʻsiqning geometrik oʻlchamlari va toʻlqin uzunliklari nisbatlariga bogʻliq ravishda turli darajalarda namoyon boʻladi.

4. Refraksiya. Xossalari nuqtadan-nuqtaga asta-sekin oʻzgaradigan bir jinsli boʻlmagan muhitlarda radiotoʻlqinlar egri chiziqli traektoriyalar boʻyicha tarqaladi. Muhitning xossasi qanchalik keskin oʻzgarsa, traektoriyaning egriligi shunchalik katta boʻladi.

5. Toʻliq ichki qaytish. Agar optik zichroq muhitdan kam zichlikli muhitga oʻtishda tushish burchagi qandaydir chegaraviy qiymatdan oshsa, u holda nur ikkinchi muhitga oʻtmaydi va muhitlarning chegarasidan toʻliq qaytadi. Chegaraviy tushish burchagi toʻliq ichki qaytish burchagi deyiladi.

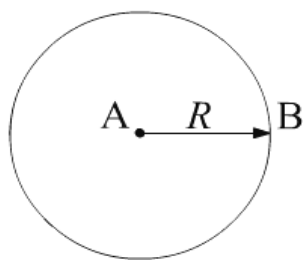
6. Interferensiya. Bu hodisa fazoda bir qancha to‘lqinlarning qo‘shilishida kuzatiladi. Fazoning turli nuqtalarida qo‘shiladigan to‘lqinlarning fazalari nisbatiga bog‘liq ravishda natijaviy to‘lqin amplitudasining ortishi yoki kamayishi kuzatiladi.

Yer sirtida tarqaladigan va yer sharining qavariqligi qisman og‘diradigan difraksiya tufayli radioto‘lqinlar sirt to‘lqinlari deyiladi. Sirt to‘lqinlarining tarqalishi yer shari sirtining xossalariga kuchli bog‘liq bo‘ladi. Atmosferada yuqori balandliklarda tarqaladigan va atmosferaning bir jinshliklari tufayli yerga qaytadigan radioto‘lqinlar fazoviy to‘lqinlar deyiladi.

**Bo‘shliqda (ochiq fazoda) radioto‘lqinlarning tarqalishi.** Bo‘shliq deganda molekular, atomlar, erkin zaryadlar bo‘lmagan bir jinsli cheksiz fazo tushuniladi. Bunday bo‘shliq tushunchasini kiritilishi maydonning radioto‘lqinlarni tarqalishining istalgan mexanizmiga xarakterli bo‘lgan umumiy xossalarini aniqlashga imkon beradi.

Agar bo‘shliqning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi  $\epsilon_0=1$  va nisbiy magnit singdiruvchanligi  $\mu=1$  ega bo‘lgan A nuqtasiga yo‘naltirilmagan nurlantirgich joylashtirilsa, u holda nurlantirgichdan **R** masofadagi elektr maydon kuchlanganligini  $E_0$  quyidagicha tarzda aniqlash mumkin:

A nuqta atrofida **R** radiusli aylanani o‘tkazamiz (1.8-rasm).



1.8- rasm. Elektr maydon kuchlanganligini aniqlashga doir

U holda sfera sirtining birligiga to‘g‘ri keladigan quvvatni, ya‘ni bitta davrda Poyting vektori modulining  $|P|$  o‘rtacha qiymatini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$|P| = P / 4\pi R^2,$$

bu yerda **R** – nurlantirgichga beriladigan quvvat.

Poyting vektori bu  $E_0$  elektr maydon kuchlanganligini  $N_0$  magnit maydon kuchlanganligiga vektor ko'paytmasi sifatida hisoblanadi:

$$P = [E_0; H_0] \text{ yoki } E_0 \perp H_0 \text{ ekan, u holda } |P| = |E_0| \cdot |H_0|.$$

Poyting vektorining yo'nalishi bu nuqtadagi energiyaning tarqalishi yo'nalishi bilan mos tushadi.

Nurlantirgichdan etarlicha katta masofalarda u nurlantiradigan qabul qiluvchi antenna egallaydigan uncha katta bo'lmagan maydon chegaralaridagi sferik to'lqinni tekis deb hisoblash mumkin, sferik to'lqin uchun quyidagi nisbat mavjud:

$$\frac{|\bar{E}_0|}{|\bar{H}_0|} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi, \text{ Om}$$

Bu tenglik bo'shliqning to'lqin qarshiligi deyiladi. U xolda quyidagini hosil qilamiz,

$$\frac{P}{4\pi R^2} = \frac{|\bar{E}_0|^2}{120\pi},$$

$$|\bar{E}_0| = \sqrt{\frac{P \cdot 120\pi}{4\pi R^2}} = \sqrt{\frac{30P}{R}},$$

ya'ni nurlantirgichdan  $R$  masofadagi  $E_0$  elektr maydon kuchlanganligini aniqlay olamiz

$E_0$  vektorning fazasi to'lqin  $R$  masofani bosib o'tganida  $\varphi = (2\pi/\lambda) \cdot R$  qiymatga ega bo'ladi, bu yerda  $\lambda$  –to'lqin uzunligi.

**UQT diapazonning o'ziga xos xususiyatlari.** O'zining kichik uzunligi tufayli UQT to'lqinlar yerning sferik sirti va yerning yirik notekisliklari yoki boshqa to'siqlar atrofida yomon difraksiyalanadi. Shuning uchun UQT diapazonda antennalarni yer sirtidan sezilarli balandlikda joylashtirishga uriniladi, chunki bunda birinchidan, to'g'ridan to'g'ri ko'rish masofasi ortadi, ikkinchidan antenning yaqinida joylashgan mahalliy predmetlarning ekranlashtiruvchi ta'siri kamayadi. Shunday qilib, UQT diapazonda antenning joylashish balandligi to'lqin uzunligidan ko'p marta ortiq bo'ladigan shart



bajariladi va maydon kuchlanganligini hisoblashni interferension formulalar bo'yicha o'tkazish mumkin bo'ladi.

UQT diapazonda yer sirti ideal dielektrik sifatida qaralishi mumkin. Shuning uchun gruntning o'tkazuvchanlik xossalarining o'zgarishi UQTni tarqalishiga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi.

Shu bilan birga, yer sirtining uncha katta bo'lmagan notekisliklari UQTni yer sirtidan qaytishi shartini sezilarli o'zgartiradi.

To'g'ridan to'g'ri ko'rinish chegarasida aniq kichik bo'lgan uncha katta bo'lmagan  $l < 0,2 \cdot l_0$  masofalarda UQT diapazonda yerning sferikligini va troposferadagi radioto'lqinlarning refraksiyasi ta'sirini hisobga olmaslik mumkin. Bunda UQTni tarqalishining xarakterli o'ziga xos xususiyati katta barqarorlik va vaqt bo'yicha signal sathining o'zgarmasligi hisoblanadi.

$0,2l_0 < l < 0,8 \cdot l_0$  chegaralarda yotadigan sezilarli masofalarda yerning sferikligini hisobga olish zarur bo'ladi. Shu bilan birga refraksiyaning ta'sirini yerning ekvivalent radiusidan foydalanish yo'li bilan hisobga olish kerak bo'ladi.

Bunday masofalarda UQTni tarqalishi uchun metrologik sharoitlar ta'sir qiladi. Troposferaning sindirish koeffitsientining o'zgarishi bilan to'lqin traektoriyasining egriligi o'zgaradi, binobarin, to'g'ri va yer sirtidan qaytgan nurlar uchun bu o'zgarishlar turlicha bo'lishi mumkin. Natijada to'g'ri va qaytgan nurlar orasidagi fazalar farqi o'zgaradi, buning natijasida radioto'lqinlar maydonlari sathi o'zgaradi, signalning so'nishi ro'y beradi. Masofaning ortishi bilan so'nishlarning halaqit qiluvchi ta'siri ortadi [1-3].

**Radioqabul qilishga halaqitlar.** Radioqabul qilish shartlari signal maydoni kuchlanganligini absolyut qiymatlari orqali emas, balki signal maydoni kuchlanganligini shovqin maydoni kuchlanganligiga nisbati orqali aniqlanadi.

Turli aloqa turlari – radiotelefon, radiotelegraf, radioeshittirishni va boshqalarni amalga oshirish uchun ma'lum minimal signal/halaqit nisbati talab qilinadi. Bu joyda va berilgan to'lqin diapazonida halaqitlar sathini aniqlashni bilish katta amaliy ahamiyatga ega. Binobarin, ma'lum halaqitlar sathi bo'yicha talab qilinadigan maydon kuchlanganligini aniqlash mumkin.

Biz faqat tashqi halaqitlarni ko'rib chiqamiz, radioappaturalarning ichki shovqinlari esa qabullash qurilmalari fanida ko'rib chiqiladi.

**Sanoat va atmosfera halaqitlari.** Sanoat halaqitlari manbalari birinchidan, ishlashi uchqunlash bilan bog'liq bo'ladigan turli xil elektr qurilmalar, ikkinchidan, qisqaroq to'liqlik stansiyalarning ishchi diapazoniga tushadigan asosiy chastotaning yuqori garmonikalarini nurlantiradigan radiostansiyalar hisoblanadi. Sanoat halaqitlari, ayniqsa 2000 ÷ 10000 m to'liqlik uzunliklarida halaqitlar maydoni kuchlanganligi 1000 mkV/mga yetadigan katta shaharlarda sezilarli bo'ladi. Qisqaroq to'liqliklarda sanoat halaqitlari kamayadi.

Sanoat halaqitlari har bir holda maxsus o'lchagichlar yordamida aniqlanadi.

Sanoat halaqitlarini ularning vujudga kelishi joylarida ham radioto'liqliklarni nurlanishiga, ham ularning ta'minot o'tkazgichlari bo'yicha tarqalishiga to'siq qiladigan filtrlash va ekranlashning qo'llanilishi yo'li bilan so'ndirish amalga oshiriladi.

Atmosfera halaqitlarining asosiy manbai yashinlar hisoblanadi. Yashin razryadi vaqtida aperiodik xarakterga yoki so'nuvchi tebranishlar xarakteriga va  $t = 0,1 \div 3$  msek uzunlikka ega bo'lgan quvvatli tok impulsi vujudga keladi. Bunday impuls uzluksiz chastotalar spektrini hosil qiladi, binobarin, spektrning sinusoidal tashkil etuvchilari amplitudasini chastotaga teskari proporsional kamaytiradi.

Eng katta amplituda qiymatiga  $f_g = 1/t_2$  chastotada, ya'ni 300 ÷ 10000 Gs diapazonda erishiladi.

Yashin razryadi vaqtida vujudga keladigan turli uzunliklardagi radioto'liqliklar mos diapazonlar to'liqliklariga o'xshash tarqaladi va qabulash qurilmalariga halaqitlar ko'rinishida ta'sir qiladi.

Atmosfera halaqitlariga o'rta to'liqliklar sohalarida va qisman qisqa to'liqliklar sohalarida yotadigan diapazonlar eng ko'p uchraydi.

UQT diapazonida atmosfera halaqitlarining ta'siri sanoat halaqitlari kabi sezilarli emas.

**Kosmik halaqitlar.** Yerdan tashqi manbalar hosil qiladigan radionurlanishlar kosmik radionurlanishlar, bu nurlanishlar hosil qiladigan halaqitlar esa kosmik halaqitlar deyiladi.

Radionurlanishlarning asosiy manbai unga ko'plab diskret manbalarning nurlanishlari qo'shiladigan radionurlanish fonini hosil qiladigan galaktika hisoblanadi. Quvvatli radionurlanishlar asosiy

manbalari Quyosh, Yupiter, Saturn, Venera, Oy, Yulduzlar hisoblanadi.

Galaktikaning radionurlanishlari barcha yoʻnalishlarda kuzatiladi, lekin ayniqsa uning ekvotrial tekisligida galaktikaning markaziga yoʻnalishda intensiv hisoblanadi.

Galaktikadagi halaqitlar  $18 \div 30$  MGs diapazonda eng intensiv hisoblanadi. Bu halaqitlar sathi juda doimiy, lekin yerning aylanishi hisobiga yer sirtining bu nuqtasida halaqitlar sathining sutkalik oʻzgarishi kuzatiladi.

Quyosh va planetalarning radionurlanishlari galaktikaning radionurlanishlariga qaraganda ikkinchi darajali ahamiyatga ega, chunki u faqat antenna nurlanish manbaiga yoʻnaltirilganida sezilarli halaqitlarni hosil qiladi.

Quyoshning nurlanishi spektri murakkab va oʻzgaruvchan. Nurlanish intensivligi Quyoshdagi portlashlar va qoʻzgʻalishlar vaqtida keskin ortadi. Binobarin, bu eng kuchli qisqa toʻlqinlar diapazonida namoyon boʻladi.

**Yer sirti va atmosferasi hosil qiladigan halaqitlar.** Yer ham radionurlanishlar manbai hisoblanadi. Yerning radionurlanishlari Yerda joylashgan antennalar yoki Yer bilan aloqada kosmik kemalar antennalarining yoʻnaltirilganlik diagrammalari yon yaproqchalari orqali qabul qilinishi mumkin.

Yerning issiqlik radionurlanishlaridan tashqari, halaqitlar Yer atmosferasining nurlanishlari orqali hosil qilainadi. Fizikadan maʼlumki, agar gaz qanday chastotada nurlanishni selektiv yutsa, u holda u oʻsha chastotada nurlanishni chiqaradi.

Santimetrli toʻlqinlar diapazonida Quyosh nurlanishi kislorod va suvning bugʻlari orqali yutiladi va qayta nurlantiriladi.

Atmosfera shovqinlari  $1000 \div 20000$  MGs diapazonda namoyon boʻladi. Bu diapazonda u galaktik shovqindan katta boʻladi va tashqi shovqinlarning deyarli yagona turi hisoblendi.

### **1.3. Simsiz aloqada antennalar**

Radiotoʻlqinlarni uzatish va qabul qilish uchun moʻljallangan qurilma antenna deyiladi. Oʻzgaruvchan tokni oʻtkazadigan har qanday jism elektromagnit toʻlqinlarni nurlantira oladi. Bu nurlanish sezilarli boʻlishi va amaliy maqsadlarga xizmat qila olishi uchun

jismning o'lchamlari nurlantiriladigan tebranishlarning to'liq uzunliklari bilan tenglashtirsa bo'ladigan bo'lishi kerak [4].

Kvazistatsionar tizimlarda bunday elementlar, masalan, uzunligi to'liq uzunligiga qaraganda kichik bo'ladigan induktivlik g'altaklari, kondensatorlar hisoblanadi, ular bo'ylab tebranishlarning tarqalishini hisobga olmasa ham bo'ladi (juda qisqa to'liqlardan tashqari). Agar bunda energiyaning issiqlik yo'qotishlari hisobga olinmasa, u holda bunday tizimlarda tok va kuchlanish orasidagi fazalarning surilishi  $90^\circ$ ni tashkil etadi va bu tizimlar aktiv quvvatni yutmaydi, natijada nurlantirmaydi ham. Agar u yoki bu tizim bo'ylab tebranishlarning tarqalishi qandaydir vaqt oralig'iga kechiksa, u holda tizimning uchlarida  $90^\circ$ ga qo'shimcha tok va kuchlanish orasidagi fazalarning surilishi (**sos j**) paydo bo'ladi. **sos j** noldan farqli bo'lib qolishi bilan tizim tok manбайдan energiyaning iste'mol qiladi va uni nurlantirishga sarflaydi.

Uzunligini to'liq uzunligi bilan tenglashtirsa bo'ladigan o'tkazadigan jism nurlantirish tizimi sifatida qo'llanilishi eng qulay bo'ladi. Bu holda tok va kuchlanish orasidagi fazalarning surilishi ortadi, bunda o'tkazgichning nurlantirish qobiliyati ortadi.

Uzatuvchi antenna generator hosil qiladigan yuqori chastotalar toklari energiyasini elektromagnit to'liqlar energiyasiga o'zgartiradi.

Qabul qiluvchi antenna teskari vazifani bajaradi, qabullagichning chiqishida yuqori chastotalar kuchlanishini hosil qiladi.

O'zarolik tamoyiliga asosan istalgan uzatuvchi antenna u qabul qilish antenasi sifatida ishlatilganida konstruktiv jihatdan farqlanishi mumkin bo'lsada, o'z asosiy xarakteristikalarini saqlaydi. O'zarolik tamoyili qabul qilish va uzatish antenalarini qaytar xossasiga egaligidan iborat. Har qanday antenna ham qabul qilish, ham uzatish antenasi bo'lishi mumkin. Antenna radiochastotalar energiyasini qanchalik yaxshi nurlantirsa, u shunchalik uni yaxshi qabul qiladi. Modomiki, uzatish antenalarining nazariyasi va hisoblash usullari oddiy va yaxshi ishlab chiqilgan ekan, u holda istalgan qabul qilish antenasi uzatish antenasi sifatida hisoblash mumkin va o'zarolik tamoyiliga asosan olingan natijalarni qabul qilish rejimi uchun qo'llash mumkin.

Zamonaviy radioelektron apparaturalar millimetrning ulushlarida o'n minglab metrlardagi to'liq uzunliklari diapazonlarida ishlaydi. Antennalarning konstruktiv o'ziga xos xususiyatlari, shuningdek

ularning xarakteristikalari sezilarli darajada antennalar ishlashi kerak boʻladigan toʻlqinlar diapazonlariga bogʻliq boʻladi.

Vazifasi boʻyicha antennalar shartli ravishda quyidagi turlarga boʻlinadi:

- radiouzatish tizimlarining antennalari;
- radioaloqa stansiyalari (shu jumladan RRL) antennalari;
- radiolokatsion antennalar;
- televizion antennalar;
- radioastronomik antennalar.

Bu guruhlardan har biri turli konstruktiv yigʻilgan antennalarga ega boʻlishi mumkin.

Ishlash tamoyili va konstruktiv bajarilishi boʻyicha antennalar quyidagilarga boʻlinadi:

- simli (vibrator) antennalar, ular ayrim hollarda diametrlari toʻlqin uzunligi bilan tenglashtirsa boʻladigan ingichka simlar yoki yoʻgʻon quvurlardan (toʻlqin uzunligiga taqqoslaganda) tayyorlanadi;
- optik turdagi antennalar (metall oyna-reflektorlar va linzalar);
- akustik turdagi antennalar (metall ruporlar);
- sirt toʻlqinlari antennalari (dielektrik antennalar, dielektrik qoplamali yoki davriy tuzilmali metall sterjen yoki tekis antennalar);
- tirqishli (difraksion) antennalar;
- aylanadigan polyarizatsiyali elektromagnit toʻlqinlarni nurlantiradigan antennalar (spiralli, xochsimon va boshqalar).

Koʻplab antennalarda asosiy nurlantiruvchi elementlar sifatida simmetrik vibratorlar qoʻllaniladi.

**Izotrop nurlantirgich.** Izotrop nurlantirgich deganda elektromagnit energiyani barcha tomonlarga bir tekis va bir xil nurlantiradigan qurilma tushuniladi. Lekin amalda yoʻnaltirilmagan nurlantirgichlar mavjud emas. Har bir uzatish antenasi, hatto eng oddiy energiyani notekis nurlantiradi va maksimum energiya nurlantiriladigan yoʻnalish doimo mavjud boʻladi.

Eng oddiy yoki elementar nurlantirgich simning istalgan nuqtasidagi amplitudasi va fazasi bir xil boʻlgan elektr toki oqib oʻtadigan, toʻlqin uzunligiga qaraganda juda qisqa simdan tashkil topgan elektromagnit elektr vibrator hisoblanadi. Elementar vibratorning amaliy modeli Gers dipoli hisoblanadi. Gers dipoli nurlanishi maydoning tuzilmasi dipolga perpendikulyar boʻlgan toʻgʻri

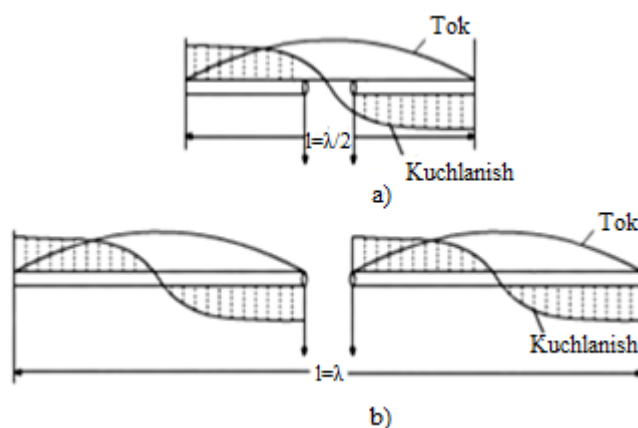
chiziqda yotadigan nuqtada maksimumga ega bo‘ladi. Dipol bo‘ylab maydon nolga teng bo‘ladi.

**Simmetrik vibrator.** Bir xil uzunlikdagi ikkita o‘tkazgichlardan tashkil topgan bo‘lib, ular orasiga antenna bilan uzatkichni ulaydigan ta’minot liniyasi – fider ulanadi.

Ko‘pincha  $l$  uzunlikni yarmiga teng  $\lambda$  uzunlikli yarim to‘lqinli vibrator deyiladigan simmetrik vibratorlar qo‘llaniladi (1.9a- rasm).

Antennalarning simlari uchlaridan toklar va kuchlanishlarning qaytishi tufayli simlar bo‘ylab tok va kuchlanishlar turg‘un to‘lqinlari hosil bo‘ladi.

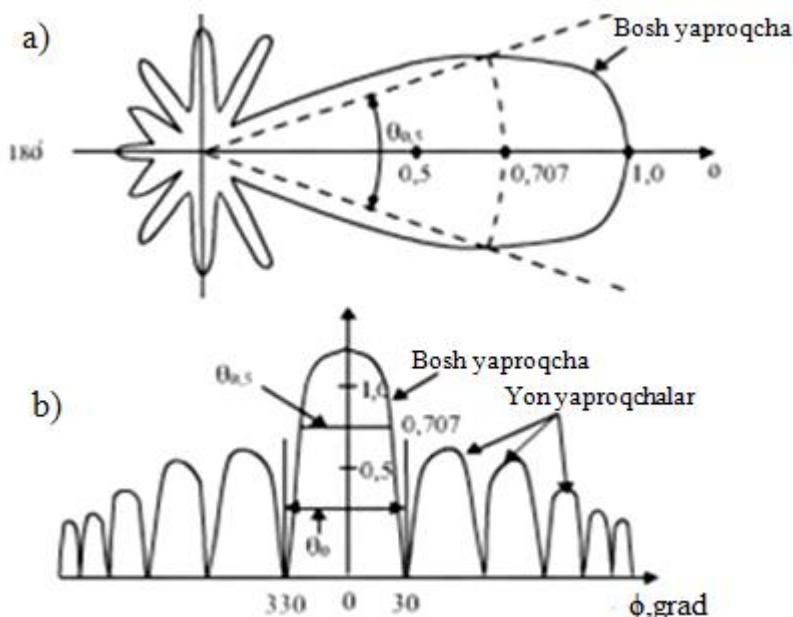
Yarim to‘lqinli vibrator bo‘ylab tok va kuchlanishlarning yarim to‘lqini, vibrator bo‘ylab to‘lqin uzunligiga – 1.9b- rasmdagi tok va kuchlanishlarning to‘lqiniga o‘rnatiladi. Lekin istalgan holda uchlarda tok tuguni va kuchlanishning tutamligi o‘rnatiladi.



1.9- rasm. Simmetrik vibratorlar

**Antennalarning asosiy xarakteristiklari.** Antennalarning yo‘naltirilganligi amplitudaviy xarakteristikasi. Antennalarning yo‘naltirilganlik xarakteristikalarini yo‘naltirilganlik amplitudaviy xarakteristikasi, ya’ni masofa o‘zgarmas bo‘lganida kuzatish nuqtasida antenna nurlantiradigan  $E(q, j)$  maydon kuchlanganligiga bog‘liqlik orqali aniqlash qabul qilingan. Yo‘naltirilganlik amplitudaviy xarakteristikasining grafik tasvirlanishi yo‘naltirilganlik diagrammasi deyiladi, u uzunligi har bir yo‘nalishda  $F(q, j)$  funksiyaga proporsional bo‘lgan koordinatalar boshida chiqadigan radius-vektor orqali tavsiflanadigan sirt ko‘rinishida

tasvirlanadi. Yoʻnaltirilganlik diagrammasi ham qutbiy (1.10a- rasm), ham toʻgʻri burchakli (1.10b- rasm) koordinatalar tizimlarida quriladi.



1.10-rasm. Antennalarning yoʻnaltirilganlik diagrammalari

Antennalarning maksimal nurlantirishi yoʻnalishi bosh yoʻnalish deyiladi. Unga mos yaproqcha esa bosh yaproqcha deyiladi. Qolgan yaproqchalar yon yaproqchalar deyiladi. Antenna qabul qilmaydigan va uzatmaydigan yoʻnalishlar yoʻnaltirilganlik diagrammalari nollari deyiladi.

Bosh yaproqcha  $q_{0.5}$  yarim quvvat boʻyicha kenglik va  $q_0$  nollar boʻyicha kenglik orqali xarakterlanadi.  $q_{0.5}$  kenglik yoʻnaltirilganlik diagrammasidan (YD) 0,707 sathda aniqlanadi, u 0,5 sathdagi quvvat va 0,707 sathdagi maydon kuchlanganligi quyidagi nisbat orqali bogʻlanishidan kelib chiqish bilan olingan:

$$R_{0.5} / R_{\max} = E_{0.707}^2 / E_{\max}^2 = 0,5$$

Yoʻnaltirilgan ish koeffitsienti (YIK) antenaning nurlantirilgan elektromagnit nurlanishni qandaydir yoʻnalishda jamlash qobiliyatini xarakterlaydi. U antenna bu yoʻnalishda nurlantiradigan quvvat oqimining zichligini barcha yoʻnalishlar boʻyicha oʻrtachalashtirilgan quvvat oqimining zichligiga nisbati hisoblanadi. Boshqacha aytganda, YIKni aniqlashda antenna koʻrib chiqiladigan antennadagi oʻsha

quvvatni nurlantiradigan tasavvur qilinadigan, absolyut yoʻnaltirilmagan yoki izotrop antenna bilan taqqoslanadi.

Aperturali antennalar uchun

$$K_{yi} = 4\pi K_{sfk} S_a / l^2 ,$$

bu yerda  $K_{sfk}$  – nurlantirish sirtidan foydalanish koeffitsienti;

$S_a$  – antenaning ochilish maydoni.

Koʻplab RRL va sunʻiy yoʻldoshli uzatish tizimlari antennalarida vertikal tekislikdagi yarim quvvat boʻyicha YD kengligi taxminan gorizontal tekislikdagi digrammaning kengligiga teng boʻladi.

Real antenaning FIKini baholash uchun antenaning KK kuchaytirish koeffitsienti tushunchasi kiritiladi, u quyidagi munosabat orqali aniqlanadi:

$$G = h_a K_{yi} ,$$

bu yerda  $h_a = R_s / R_0$  – antenaning FIKi;

$R_s$  – antenna nurlantiradigan quvvat;

$R_0$  – antennaga beriladigan quvvat.

Antenaning kuchaytirish koeffitsienti qabul qilish nuqtasida maydon kuchlanganligi oʻzgarmas qolishi uchun 1 ga teng FIKli izotrop nurlantirgichga beriladigan quvvatga qaraganda antennaga beriladigan quvvatni necha marta kamaytirish kerakligini koʻrsatadi.

Detsimetrli va santimetrli toʻlqinlar diapazonlarida  $h_a \gg 1$ , shuning uchun  $G = K_{yi}$ .

HIK himoya ishi koeffitsienti yoni yoʻnalishlarda qabul qilingan signallarni antenaning kuchsizlantirishi darajasi xarakteristikasi uchun kiritiladi va quyidagi formula boʻyicha hisoblanadi:

$$K_{hi} = G_{max} / G_{yon} ,$$

bu erda  $G_{max}$  va  $G_{yon}$  – antenaning YD bosh yaproqchasi yoʻnalishida va yon yoʻnalishda kuchaytirish koeffitsientlari.

Nurlanish qarshiligi. Antenaning  $R_{nurl}$  nurlanish qarshiligi bu qarshilik oʻlchamiga ega boʻlgan va  $R_{nurl}$  nurlantiriladigan quvvatni antenaning qandaydir kesimidan oqib oʻtadigan  $I_A$  tok bilan bogʻlaydigan koʻrsatkich hisoblanadi:



$$R_{\text{nurl}} = R_{\text{nurl}} / I_A^2$$

Antennaning uzunligi bo'yicha tok va kuchlanishlar notekis taqsimlangan, u holda  $R_{\text{nurl}}$  qiymatini yaxlitlash uchun ko'p hollarda nurlantiriladigan quvvat tokning maksimal amplitudasi kvadratiga yoki antennaning chiqish uchlaridagi tokning kvadratiga bo'linadi.

$R_{\text{nurl}}$  qiymat antennaning o'lchamlari va to'lqin uzunligi orasidagi nisbatlarga, antennaning shakllariga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Yakkalashtirilgan simmetrik vibratorning uzunligini  $l = \lambda$  gacha oshirilishi nurlanish qarshiligini ortishiga olib keladi. Lekin u keyinchalik kamayadi, keyin yana ortadi. Umumiy holda  $R_{\text{nurl}}$  kompleks xarakterga ega. Masalan, ingichka yarim to'lqinli vibrator uchun  $R_{\text{nurl}} = 73,1 \text{ Om}$  va  $X_{\text{nurl}} = 42,5 \text{ Om}$ . Vibratorning qalinligini oshirish to'lqin qarshiligini kamayishiga olib keladi

Antennaning to'lqin qarshiligi. Antennaning  $Z_{\text{OA}}$  to'lqin qarshiligi muhim parametrlardan biri hisoblanadi. Simmetrik vibrator ko'rinishidagi antenna kiritilishi mumkin bo'lgan  $l$  uzunlikli bittali silindrik sim uchun hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Z_{\text{OA}} = 120 \left( \ln \frac{l}{r_{\text{ii}}} - 1 \right),$$

bu yerda  $r_p$  – simning radiusi.

Kirish qarshiligi. Antennaning kirish qarshiligi antennaning uchlaridagi kuchlanishning ular orqali oqib o'tadigan tokka nisbatidan iborat ko'rsatkich hisoblanadi. Umumiy holda bu qarshilik kompleks xarakterga ega bo'ladi:

$$Z_{\text{Akir}} = R_{\text{Akir}} + iX_{\text{Akir}}$$

bu yerda  $R_{\text{Akir}}$  – kirish qarshiligini aktiv tashkil etuvchisi;

$X_{\text{Akir}}$  – kirish qarshiligini reaktiv tashkil etuvchisi.

*Yo'qotishlar qarshiligi.* Yo'qotishlar qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_p = R_n + R_i + R_{\text{yer}},$$

bu yerda  $R_q$  – simlarning qizishiga yo'qotishlar qarshiligi;

$R_i$  – antenaning izolyatorlaridagi yo‘qotishlar qarshiligi;  
 $R_{yer}$  – yer va yerga ulash tizimlaridagi yo‘qotishlar qarshiligi.

Antenaning samarali maydoni. Antenaning samarali maydoni antenna radiochastotalar energiyasini “ajratadigan” frontning o‘sha qismini xarakterlaydi. Antenaning samarali maydoni tushunchasi bir vibratorli, ko‘p vibratorli va boshqa murakkab qabul qilish antennalari uchun qo‘llaniladi. Miqdoran u antenna bilan moslashtirilgan qabulagichning kirishiga antennadan keladigan quvvatni  $R_{mos}$  quvvatini qabul qilish nuqtasidagi radioto‘lqinning quvvati oqimi zichligiga nisbati sifatida aniqlanadi:

$$A_e = R_{mosl} / S.$$

Taqsimlangan sirtli ko‘p vibratorli, parabolasiimon, linzali va boshqa antennalar uchun  $A_e$  qiymat ularning  $S_A$  geometrik maydoni bilan quyidagicha bog‘langan:

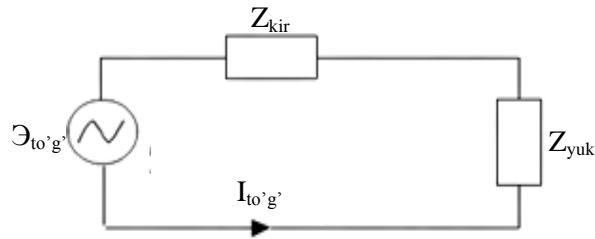
$$A_e = K_A S_A,$$

bu yerda  $K_A$  – tok amplitudasi va fazasi antenaning sirtida taqsimlanishi xarakteriga va antenaning tayyorlanishi aniqligiga bog‘liq bo‘lgan maydondan foydalanish koeffitsienti. Yo‘naltirilgan antennalarning katta qismi uchun  $K_A \sim 0,8$ , lekin 0,5 dan 0,9 gacha o‘zgarishi mumkin.

Antenaning samarali maydon va yo‘naltirilgan ish koeffitsienti orasida quyidagi bog‘lanish mavjud:

$$A_e = l^2 D / 4p .$$

Antenaning ekvivalent sxemasi. Antenaning ekvivalent sxemasi 1.11-rasmdagi ko‘rinishga ega. Bu yerda qabul qilish antenasi yuklamaga nisbatan ( $E_{to'g'}$ ) EYUK hosil qiladigan va bu antenna uzatish rejimida ishlagandagi kirish qariligiga teng bo‘lgan ichki qarshilikka ega bo‘lgan generator sifatida qaraladi. Ma’lumki, generator, agar yuklama qarshiligi va generatorning ichki qarshiligi kompleks uyg‘unlashtirilgan hisoblansa, yuklamagan maksimal quvvatni beradi



1.11-rasm. Antennaning ekvivalent sxemasi

Bu holda yuklamga maksimal quvvatni uzatilishi sharti  $Z_{kir} = Z_{yuk}$  ko‘rinishga ega bo‘ladi, ya’ni antennaning kirish qarshiligi va yuklamaning qarshiligi (fiderning to‘lqin qarshiligi) teng bo‘lishi kerak.

Antennaning shovqin harorati. Yuqori sezgirlikli qabullagichlarga ulangan o‘ta yo‘naltirilgan qabul qilish antennalari uchun ko‘pincha antennaning  $T_{ASH}$  shovqin haroratini bilish zarur bo‘ladi. U qabullagichning kirishiga ulanganida unda antennaning o‘zidagi kabi o‘sha quvvatni ajratadigan antennaning kirish qarshiligiga teng bo‘lgan qarshilikli rezistorning harorati sifatida aniqlanadi. O‘z issiqlik shovqinlariga bog‘liq bo‘lgan antennaning shovqinlar quvvati unchalik yuqori emas. Antennaning shovqinlari asosan qabullagichning kirishiga keladigan kosmik manbalardan radionurlanishlar, shuningdek yer atmosferasi va antenna yaqinida joylashgan predmetlardan issiqlik nurlanishlari orqali aniqlanadi:

$$R_{ASH} = KT_{ASH} Df,$$

bu yerda  $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Vt s/grad;

$Df$  – qabul qilish trakti chiziqli qismining o‘tkazish polosasi, Gs.

Tikkaga yo‘naltirilgan o‘tkir yo‘naltirilgan antenna uchun  $T_{ASH}$   $100^0$  Kga va hatto undan kichikka yetishi mumkin, shu bilan bir vaqtda yer sirtiga yo‘naltirilganda  $T_{ASH} \geq 300^0$  K bo‘ladi.

**RRLda ishlatiladigan antennalar.** RRL uchun antenna turini tanlash asosan ishchi to‘lqinlar diapazoni, ishchi chastotalar kengigi bog‘liq bo‘ladigan liniyaning sig‘imi, chastotalarning taqsimlanishi (ikki chastotali, to‘rt chastotali) sxemasi orqali aniqlanadi [3].

Odatda kichik sig‘imli liniyalarda ishlatiladigan metrli to‘lqinlar diapazonida ko‘p vibratorli sinfaz antennalar qo‘llaniladi. Detsimetrli

to‘lqinlarda, shuningdek kichik sig‘imli liniyalarda bu turdagi antennalar, shuningdek parabolasion antennalar qo‘llanilishi mumkin.

Parabolasion antennalar o‘rtacha sig‘imli liniyalardagi detsimetrli diapazonda keng qo‘llaniladi. Kichik va o‘rta sig‘imli santimetrli diapazonda asosan parabolasion antennalar qo‘llaniladi.

Santimetrli diapazonda ishlaydigan katta sig‘imli va katta masofali magistral RRLlarda parabolasion, rupor-parabolasion, nurlantirgichi chiqarilgan parabolasion va ikki oynali antennalar qo‘llaniladi. Bitta RRL antenasi bir vaqtda ham uzatish, ham qabul qilish uchun ishlatiladi.

**Mobil aloqa tizimlari antennalari.** Nisbatan uncha katta bo‘lmagan kuchaytirishi, uncha katta bo‘lmagan hajmlari va vazni tufayli shtirli antennalar vaqtinchalik yoki harakatdagi bazaviy stansiyalarda qo‘llaniladi. Zamonaviy sotali tizimlarda statsionar bazaviy stansiyalarda asosan chastotalarning takrorlanishi afzalliklari tufayli sektorli antennalar qo‘llaniladi. Gorizontal tekislikda sektorli YDni, masalan, burchakli reflektorli yarim to‘lqinli vibratorlardan foydalanish orqali olish mumkin. Sektorli YDni har bir qavatda parallel vibratorlardan antennalar panjarasidan foydalanish orqali ham olish mumkin.

Sotali telefoniya texnologiyasida ishlatiladigan ko‘plab nurlantirgichlar shleyfli simmetrik vibrator, spiralli antenna, chorak to‘lqinli shtir va past profilli antennalar hisoblanadi [1].

#### **1.4. Ko‘p tomonlama ulanish texnologiyalari**

Ko‘p tomonlama ulanish tushunchasi bu tizimga ajratilgan chastota-vaqt resurslari doirasida ko‘plab foydalanuvchilarni parallel ishlashini ta‘minlash bo‘yicha choralar majmuini ko‘zda tutadi. Har bir abonentni qandaydir fizik kanalga tenglashtirish bilan aytish mumkinki, aniq bir ko‘p tomonlama ulanish texnologiyasi bu kanallar orasida cheklangan chastota-vaqt resursini taqsimlash usuli hisoblanadi.

$s(t)$  uning yordamida  $i$ -nchi aloqa kanali ishlatiladigan signal bo‘lsin ( $i = 1, 2, \dots, k$ , bu yerda  $k$ -tizimning to‘liq kanallari soni). Buni matnda sezilarsiz ko‘p nurlilik samarasini inkor qilish va birga bo‘ladigan  $n(t)$  shovqinni aditiv hisoblash, fizik tarqalish muhitining chiziqli modelini saqlash bilan qabul qilish tomonida kuzatiladigan

tebranishni mos ravishda t-nchi signalni tarqalish trassasida soʻnish va kechikish shaklida tasavvur qilish mumkin. Qabul qilish tomonining vazifasi aniq bir abonentning xabarini ajratishdan iborat, binobarin, tashqi signallar bunda halaqitlar rovida qatnashadi.

Maʼlumki, signallar superpozitsiyasining istalgan komponentini qolgan komponentlarning taʼsirini yoʻqotish bilan chiziqli seleksiyalash uchun barcha signallarning chiziqli bogʻliq emasligi zarur va etarli. Chiziqli bogʻliq emas ortogonal signallar oʻzaro halaqitlarsiz oddiy korrelyasion qabullagich orqali boʻlinadi.

Kanallar signallarining ortogonaligi chastota yoki vaqt boʻyicha ajratish yoki toʻgʻri keladigan kodlash hisobiga taʼminlanishi mumkin. Shunga muvofiq, koʻp tomonlama ulanish usullarini tasniflash ham oʻrnatilgan.

Barcha mobil radioaloqa tizimlari ikkita umumiy katta analog va raqamli toifalarga boʻlinadi. Bunda ularda uchta asosiy koʻp tomonlama ulanish usullari **KChAKTU (FDMA)**, **KVAKTU (TDMA)** va **KKAKTU (CDMA)** ishlatiladi [1,3].

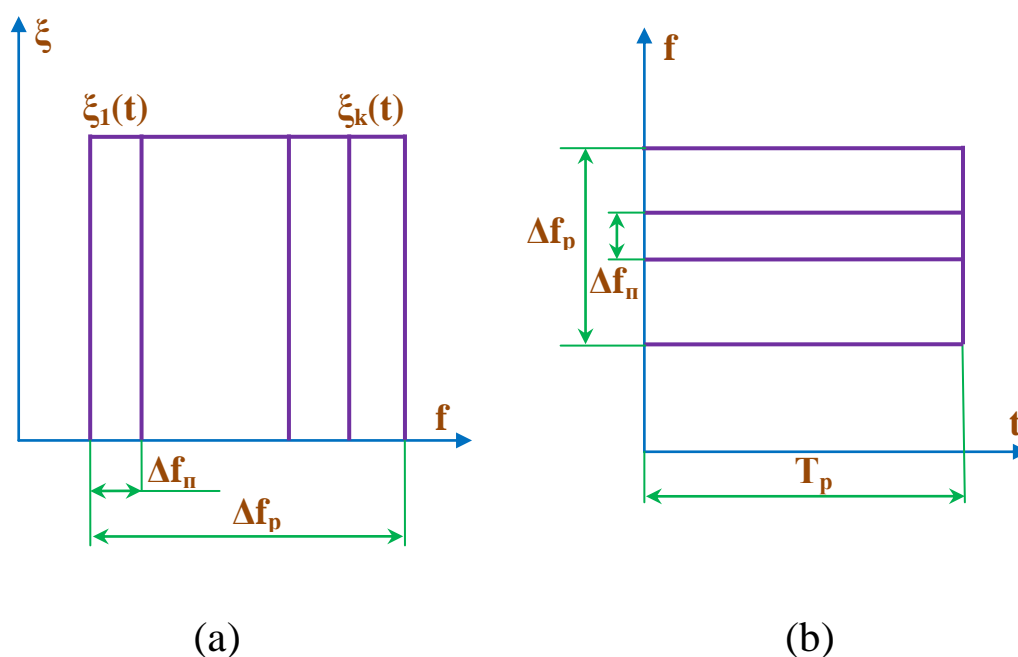
Keyinchalik koʻp stansiyali ulanishni sotali aloqa tizimlari qoʻllaniladigan koʻrib chiqamiz

**Kanallar chastota boʻyicha ajratiladigan koʻp tomonlama ulanish (KChAKTU).** Bu koʻp tomonlama ulanish texnologiyasi dastlab mumkinligi va ishlatishdagi oddiyliги tufayli analog sotali aloqa tizimlarida ishlatilgan. KChAKTU (FDMA) tizimlari shunday tarzda quriladiki, har bir abonentga aloqa seansi vaqtida oldin aktiv abonentlarga taqdim etilgan kanallardan hech biri bilan mos tushmaydigan, tizimning umumiy  $\Delta f_r$  chastotalar diapazoni chegaralarida  $\Delta f_p$  polosali chastota kanali ajratiladi. Bunda kanallar signallari spektrlari qoplanib qolinmaydi (1.12a- rasm) va bu bilan ortogonallik sharti bajariladi.

1.12b- rasmdagi  $\Delta f_r$  va  $T_r$  tomonlarli toʻgʻri toʻrtburchak tizimning umumiy chastota-vaqt resursini xarakterlaydi. Koʻrinib turibdiki, KChAKTUda bu umumiy resurs har biri butun mumkin boʻlgan vaqt resursini va chastota resursining faqat  $k$ -nchi qismini egallaydigan  $k$  gorizontali yoʻlakchalarga “qirqiladi”. Shunday qilib, chastota boʻyicha ajratilgan tizimdagi abonentlar kanallari efirdagi radiostansiyalarga oʻshash boʻladi.

KChAKTU usuli barcha analog SMAT tizimlari, yaʼni birinchi avlod tizimlarida ishlatiladi, binobarin, ular uchun abonentlar kanallarining polosasi kengligi  $\Delta f_p = 10 \dots 30$  kGsni tashkil etadi.

Masalan, AMPS standartida tizimga ajratiladigan chastotalar resursi ikkita BTSdan MSga (to‘g‘ri kanal) ma‘lumotlarni uzatish uchun 869...894 MGs diapazon va teskari yo‘nalishda (teskari kanal) ma‘lumotlarni uzatish uchun 824...849 MGs diapazoni hisoblanadi. Shunday qilib, chastota bo‘yicha dupleks ajratish 45 MGsni tashkil etadi. Har bir chastotalar kanaliga  $\Delta f_p = 30$  kGs polosa ajratiladi, shunday ekan, himoya intervallarini hisobga olganda ajratilgan diapazon chegaralarida 832 ta kanal joylashadi va 1 dan 799 gacha va 991 dan 1023 gacha nomerlar beriladi.



1.12- rasm. Kanallar signallari spektrlari (a) va abonentlar orasida chastota-vaqt resurslarini taqsimlanishi (b)

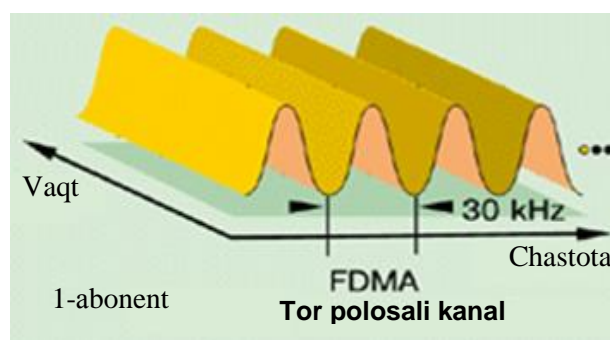
To‘g‘ri (downlink) va teskari (uplink) kanallar spektral ajratishga ega bo‘lish bilan kanallarni bir-birlariga ta‘sir etishini faqat nazariy to‘liq yo‘qotadi. Amalda esa kanallararo (ichki tizimli) halaqitlarning vujudga kelishini qabullagichdagi ajratish filtrlarini noidealligi tufayli oldini olish mumkin emas, buning natijasida bitta kanaldan energiyaning qismi qo‘shni kanalga o‘tib ketadi. Kanallararo halaqitlar ta‘sirini kuchsizlantirish mos signallarni manipulyatsiyalash (“polosadan tashqi” nurlanishlarni kamaytirish) va filtrlarni (qo‘shni kanalda so‘ndirishni yaxshilash) tanlash orqali bo‘lishi mumkin. O‘zaro halaqitlar sathini kamaytirishning yana bir usuli chastotalar

kanallari orasiga himoya intervallarini kiritish hisoblanadi, bu lekin aloqa uchun ishlatiladigan chastotalar polosasini kamayishiga, ya'ni spektrdan foydalanish samaradorligini kamayishiga olib keladi.

Ta'kidlash kerakki, dupleks aloqada, qat'iy aytganda ikkita  $\Delta f_p$  polosalar – bittasi to'g'ri kanallar uchun, boshqasi teskari kanallar uchun ishlatiladi.

KChAKTU (FDMA) tizimining asosiy afzalligi ajratilgan o'tkazish polosasini abonent orqali to'liq ishlatilishi hisoblanadi. Kamchiligi esa, ravshanki, bitta abonentga hisoblaganda chastota va energetik resurslardan foydalanishning past samaradorligi hisoblanadi. Bundan tashqari, ta'kidlash kerakki, analog standartlarga halaqitlardan past himoyalanganlik, atrof landshafti, binolarning ta'siri ostida yoki abonentlarning harakatlanishi tufayli signallarning so'nishi bilan kurashish samarali usullarining yo'qligi, shuningdek ebirda abonentlar kanallari yashirincha eshitilishidan past himoyalanganlik (ko'pincha ular to'liq bo'lmaydi) xos bo'ladi. Bu yerdan nisbatan yuqori zarur 15 dBgacha signal/shovqin nisbati kelib chiqadi, bu qabullagichning katta quvvatini ishlatilishini va tizimning istalgan radiotelefon kanalini yasalgan UQT-CHM qabullagichda qabul qilish imkoniyatini shartlaydi. Analog tarmoqlardagi qo'shimcha xizmatlar to'plami ham raqamli tizimlardagiga qaraganda juda yuqori. FDMA tizimini ishlatadigan ko'plab analog standartlardan biri **NMT** va **AMPS** hisoblanadi.

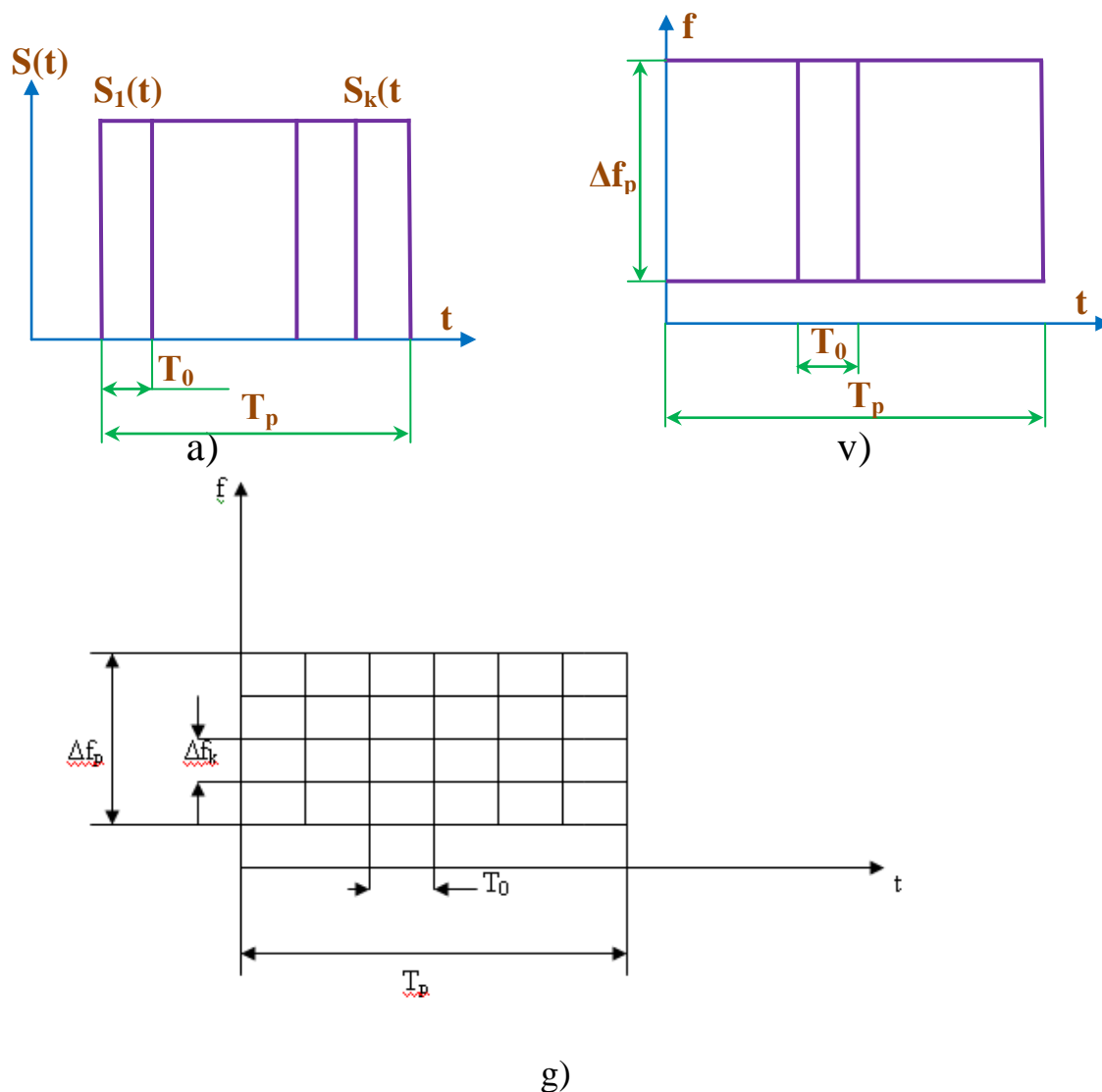
1.13- rasmda 4 ta abonentlar orasida ajratilgan chastotalar diapazonini taqsimlanishiga misol keltirilgan. Abonentlardan har biriga 30 kGsdan kenglikdagi polosa taqdim etilgan.



1.13- rasm. Ajratilgan chastotalar diapazonini taqsimlanishi

**Kanallar vaqt bo'yicha ajratiladigan ko'p tomonlama ulanish (KVAKTU)** an'anaviy tushunishda shundan iboratki,

tizimning har bir abonentiga aloqa seansi vaqtida oldin aktiv abonentlarga taqdim etilgan intervallardan hech biri bilan mos tushmaydigan, tizimning umumiy  $T_r$  vaqt resurslari (tizimning  $T_i$  sikli yoki kadri) chegaralarida  $T_0$  vaqt intervali (yoki  $T_k$  vaqt kanali) ajratiladi. Bu bilan har bir kanallar signali boshqalari qoplamasdan, o'z individual oynasida (so'zida) joylashadi (1.14a- rasm).



1.14- rasm. Kanallar signallarining vaqt bo'yicha joylashishi (a), abonentlar orasida chastota-vaqt resurslarini taqsimlanishi (v) va KCHAKTU/KVAKTU chastota va vaqt bo'yicha ajratish kombinatsiyasi (g)

Shu bilan birga, abonentlar signallari spektri tizimga ajratilgan butun  $\Delta f_r$  chastotalar polosasini egallashi va to'liq qoplanishi mumkin. Bunday resurslarni taqsimlanishini ko'rsatilishiga 1.14v-rasm xizmat qiladi, undan ko'rinib turibdiki, yig'indi chastota-vaqt resursi  $k$



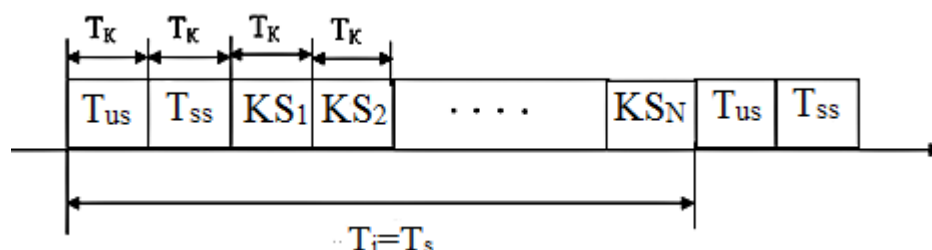
vertikal polosalar ko‘rinishida “qirqilgan” bo‘lib, ulardan har biri butun mumkin bo‘lgan chastotlar diapazonini va jratilgan vaqtning faqat  $k$  – qismini ( $T_k$ ) egallaydi.

Har bir abonent traktga davriy ravishda  $T_i$  davrda ulanadi va guruhli traktga o‘z kanallar signalini (KS) jo‘natadi. KSning davomiyligi  $T_k < T_i$  bo‘lishi kerak.  $N$  abonentlarda  $T_k \leq T_i/N$  va  $N$  qanchalik katta bo‘lsa KS shunchalik kichik (qisqa) bo‘lishi kerak.

Qabul qilishda ajratilganidan keyin har bir KS bo‘yicha dastlabki ma’lumot qayta tiklanadi, ya’ni interpolyasiyalash amalga oshiriladi. Natijadan kanallar vaqt bo‘yicha ajratiladigan (KVA) tizimlarda  $T_i$ ga teng sikllarli uzatish amalga oshiriladi. Binobarin, sinxron kommutatsiyalash uchun siklda sikl signali uzatiladi. Bundan tashqari, siklda KS xizmat ma’lumotlarini uzatish uchun vaqt ajratiladi, u holda bitta  $T_k$  kanali uchun ajratiladigan vaqt quyidagiga teng bo‘ladi:

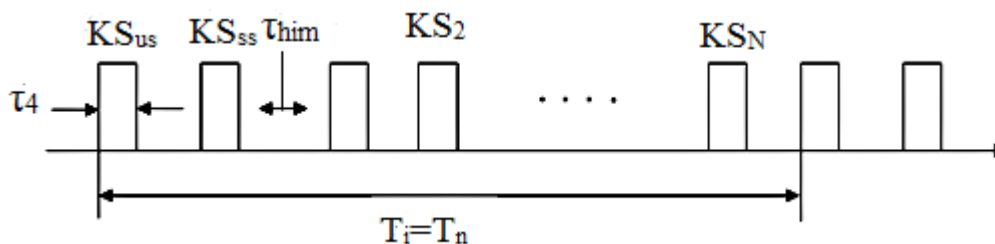
$$T_x = \frac{T_i}{N + T_{uc} + T_{cc}}$$

Odatda  $T_k = T_{us} = T_{ss}$ , demak (1.15-rasm):



1.15- rasm. KVAdagi uzatish sikli

KS ikkilik jo‘natish orqali uzatiladi va  $\tau_i = \tau_{him}$ , u holda 1.16-rasm:

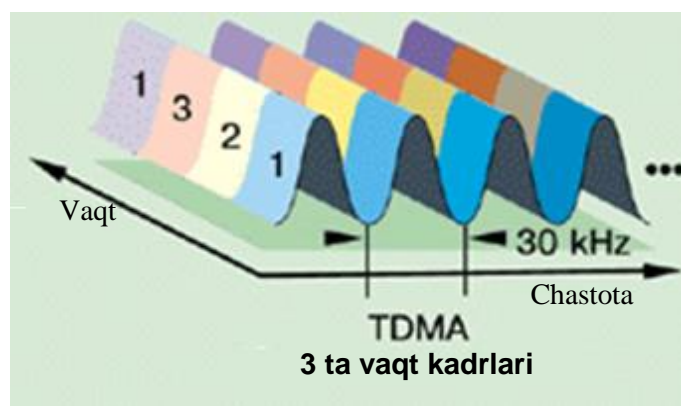


1.16- rasm. KVAda kanallar impulslarini uzatish

KSning shakli turlicha bo'lishi mumkin, ko'pincha qo'ng'iroqsimon impulslar qo'llaniladi, chunki ularni shakllantirish oson bo'ladi. Shunday qilib, FDMA dan asosiy farqlanish – sinxronlashtirish zarurati vujudga keladi.

Ideal holda kanallar signallarning vaqt bo'yicha mos tushmasligini ularning ortogonalligi ta'minlaydi, demak ularning bir-birlariga ta'sirini oldini oladi. Real holda tizimning polosasini cheklanganligi tufayli oldingi kanallardan keyingi kanallarni paydo bo'lishini boshlanishiga signallardan o'tish jarayonlari tugallanmasligi va oxirgilari bilan qo'shib borishi bilan kesishma (kanallararo) halaqitlarni hosil qilishi mumkin. Qo'shni kanallarning ta'sirini, ya'ni kanallararo halaqitlar sathini kamaytirishga himoya vaqt intervallarini kirtish yo'li bilan erishiladi, bu o'z navbatida, ma'lumotlarni uzatilishi mumkin bo'lgan diapazonning kamayishiga, ya'ni uzatish tezligini haqiqiy kamayishiga olib keladi.

Sotali aloqa tizimlarida samaradorlikni oshirish maqsadlarida tor polosali **TDMA** (*NB TDMA* yoki *MC/TDMA*) – birlashtirilgan FDMA va TDMA ishlatiladi. Bunda ajratilgan chastotalar diapazoni FDMA dagi kabi tashuvchilar alohida polosalarga bo'linadi. Har bir chastotalar polosalarida esa abonentlarni vaqt bo'yicha ajratish amalga oshiriladi. Bu usul raqamli tizimlarda (**GSM, D-AMPS**) qo'llaniladi. 1.17- rasmda ajratilgan diapazonni 4 ta nimtashuvchilarga har bir polosalar chagaralarida maksimum 4 ta abonentlarga bir vaqtda aloqa taqdim etiladigan ajratish keltirilgan. Shunday qilib, tor polosali TDMA usulini ishlatish bilan o'sha bir chastotalar diapazonida FDMA dagiga qaraganda 4 marta ko'p abonentlar ishlashi mumkin. Va shuning uchun TDMA ni ishlatadigan tarmoqlarning sig'imi FDMA ga qaraganda 3-6 martaga ortiq bo'ladi.



1.17- rasm. Ajratilgan chastotalar diapazonini bo'lish

TDMAning kamchiliklariga sinxronlashtirishning uzilishiga sezgirlikni kiritish mumkin. Sinxronlashtirishga ega bo'lmagan analog standartlarda amalda sotaning radiusi 35-40 kmni tashkil etadi, bunda radioaloqaning "qattiq baqirsa uzoqqa eshitiladi" tamoyiliga muvofiq, ya'ni uzatkichning chiqish quvvatini oshirilishi bilan uni 60 kmgacha yoki hatto 80 kmgacha (nazariy) oshirish mumkin. Raqamli standartlarda esa kamida TDMA texnologiyasida amalga oshirilgan absolyut kechikish vaqtini kompensatsiyalash tizimi 250 mksgacha intervalda ishlay oladi, bu sotaning 35 km maksimal radiusiga mos keladi.

**KKAKTU kanallar kod bo'yicha ajratiladigan ko'p tomonlama ulanish** (CDMA – Code Division Multiple Access). Uning asosida an'anaviy tor polosali tizimlardagiga qaraganda uzatiladigan xabarning polosasini atayin va ko'p marttali kengaytirilishini ko'zda tutadigan ma'lumotlarni uzatish tizimini keng polosali qurish (spread spectrum) g'oyasiga yo'nalish yotadi.

Bu usulning nazariyasi 1935 yildayoq ishlab chiqilgan, lekin amaliy ishlatilishni FDMA va TDMAlardan sezilarli keyin oldi. U ishlatilganida barcha abonentlar orqali doimo tizimga aloqa uchun ajratilgan butun mumkin bo'lgan diapzonning kengligi ishlatiladi. Bu texnologiyaning asosi trafik kanallarini Uolsh funksiyalari orqali ortogonal bo'lish hisoblanadi. Ular faqat 64 ta aniqlangan. Shunday qilib, nazariy jihatdan bitta bazaviy stansiya 64 ta abonentlarga ishlashini tashkil etish mumkin. Lekin halaqitlarning ta'siri, shuningdek «**soft handover**»- sotalar orasida "yumshoq" qayta ulanish zarurati (umuman CDMA usulining afzalliklaridan biri hisoblanadigan) tufayli amalda qayd etilgan aloqa uchun 45 tagacha, harakatdagi aloqa uchun 25 tagacha ishlatiladi.

CDMAni ishlatadigan aloqa tizimlari TDMA ishlatilgandagi kabi sinxronlashtirishni talab qiladi. Lekin bu yerda sinxronlashtirish bo'g'ini sifatida Global Pozitsiyalash Tizimi (GPS) qatnashadi. CDMA tamoyillari asosida qurilgan aloqa tizimlarining afzalligi boshqa usullarni ishlatishda samarali ishlash uchun zarur bo'ladigan chastotaviy rejalashtirishning yo'qligi hisoblanadi. Bundan tashqari, signal/shovqin nisbati (ideal holda 3-5 dB) past va CDMA tamoyilining ishlatilishini o'zi (shovqin sifat signallarning ishlatilishi) boshqa standartlarga qaraganda uzatkichlarning 2-3 tartibga kam nurlantirish quvvatilarini ishlatishga imkon beradi, bunda u atigi

10 mVt va undan pastni tashkil etadi. TDMA dan farqli ravishda CDMA asosidagi tizimlarning xizmat ko'rsatish zonasi asosan abonentlar stansiyalarining quvvatiga bog'liq bo'ladi. Bu texnologiya asosidagi tarmoqning sig'imi TDMA dagiga qaraganda o'rtacha 5 marta va FDMA dagiga qaraganda esa 10 marta ortiq. Bunda uni qurish uchun o'sha qamrab olishdagi TDMA texnologiyasi asosidagi tarmoqqa qaraganda taxminan 40% bazaviy stansiyalar soni zarur bo'ladi.

CDMA usulining ishlatilishi birlamchi signal (abonentning ovozi) bazasini sezilarli sun'iy kengaytirishdan iborat, u quyidagi ikkita asosiy usullarda amalga oshiriladi:

- to'g'ri kengaytirish - direct sequence spread spectrum (DSSS);
- tashuvchi chastotani sakrashsimon o'zgartirish - frequency hop spread spectrum (FHSS).

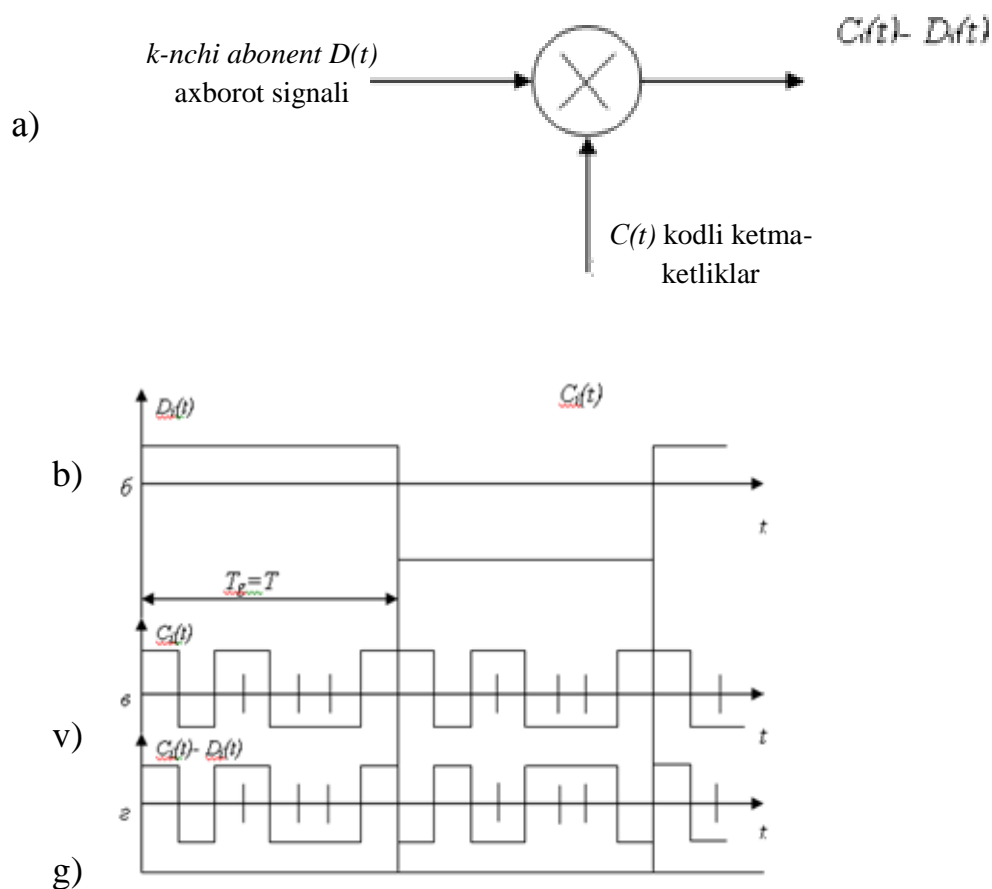
Birinchi variantda axborot xabari  $T$  davomiyligidagi elementlardan (chiplardan) tashkil topgan psevdotasodifiy ketma-ketlikni (PTKK) manipulyatsiyalaydi, binobarin, chiplarning davomiyligi uzatiladigan axborot biti yoki simvolining  $T$  davomiyligidan ko'p marta ( $N$  marta) kichik bo'ladi.  $N$  qiymat to'g'ridan-to'g'ri birlamchi xabarning polosasiga qaraganda uzatish polosasining kengaytirilishi darajasini xarakterlaydi va shuning uchun spektrni kengaytirish koeffitsienti deyiladi (ingliz tilidagi matnlarda spreading factor yoki processing gain).

Aytib o'tilgan uzatiladigan  $D(t)$  oqim bilan  $c(t)$  PTKK manipulyatsiyalash odatda oddiy ko'paytirish orqali amalga oshiriladi (1.18a- rasm).

1.18b- g-rasmlardagi diagrammalar ikkilik uzatish va binar PKTT misoli uchun to'g'ri kengaytirish protsedurasining tarkibini ko'rsatadi.

1.18v- rasmda davriy binar PTKK tasvirlangan bo'lib, uning  $N = 8$  chiplardan iborat davri bitta xabar jo'natmasi davomiyligiga mos keladi (umumiy holda PTKK davri ixtiyoriy, xususan, axborot jo'natmasining davomiyligidan sezilarli katta bo'lishi mumkin, buning ustiga PTKK umuman aperiodik bo'lishi mumkin). To'g'ri kengaytirish natijasi, agar axborot jo'natmasi nolinch bitni tashisa (1.18b-rasmdagi  $D(t)$  musbat qutb) ravshan bo'ladi (1.18g-rasm), qayta ko'paytirgich chiqishidagi PTKKning boshlang'ich versiyasi bo'ladi. Jo'natma orqali joriy bitning 1 qiymati uzatilganida PTKKning qutbliligi qarama-qarshisiga o'zgaradi. Qayta

ko‘paytirgichdan keyin signal standart tashuvchi modulyatoriga (BFM, KFM va h.k.) beriladi.



1.18- rasm. Ikkilik uzatish va binar PKTT uchun spektrni to‘g‘ri kengaytirish protsedurasi

Ko‘rish mumkinki, spektrni to‘g‘ri kengaytirish protsedurasi uzatiladigan bitning 0 va 1 qiymatlariga javob beradigan qarama-qarshi signallarni qoldirish bilan ikkilik uzatishning gauss kanalidagi halaqitbardoshligini yomonlashtirmaydi.

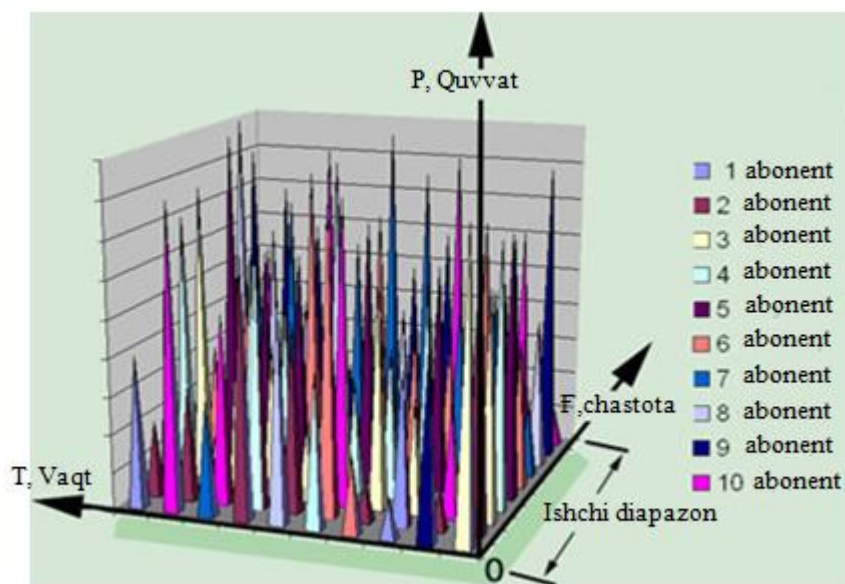
Spektrni kengaytirishning ikkinchi usuli ishlatilganida axborot jo‘natmasining har bir simvoli ma’lum ketma-ketlikda beriladigan diskret chastotalar to‘plami yordamida uzatilishi kerak.

Mavjud va istiqbolda ishlab chiqiladigan sotali aloqa tizimlarida sinxron yoki asinxron variantda amalga oshiriladigan spektrni to‘g‘ri kengaytirish ustun ishlatiladi. Bu ikki modifikatsiyalarning farqi juda sezilarli. Birinchisi qabul qilish tomonida turli abonentlarning signallari o‘zaro vaqt surilishlariga ega bo‘lmasligi uchun alohida abonentlarga tayinlanadigan barcha individual manzillar ketma-

ketliklarini (signaturalarini) o‘zaro sinxronlashtirish imkoniyati bo‘lganida qo‘llanilishi mumkin. Bunday vaziyat SMAT “pastga” (BTSdan MSga) liniyasi uchun xarakterli, chunki turli MSlarga qat’iy bir vaqtda jo‘natilgan BTS signallari alohida MSga o‘sha bir trassa bo‘yicha, ya’ni o‘zaro kechikishlarsiz keladi.

“Yuqoriga” liniyasida BTS qabul qiladigan turli MSlardan signallar sinxronlashtirishini ta’minlash nazariy inkor etilmasada, yetarlicha qiyin va MSning BTSga nisbatan sotaning chegaralarida tasodifiy joylashishi va natijada signallarning o‘zaro tasodifiy kechikishi tufayli hamma vaqt ham texnologik o‘zini oqlayvermaydi. Bunday vaziyatlar uchun signaturalarning individual abonentlarga vaqtinchalik o‘zaro bog‘lab qo‘yilishini ko‘zda tutmaydigan DSSS asinxron versiyasining qo‘llanilishi xarakterli hisoblanadi.

Yuqorida ko‘rsatilganidek, uzatishda axborot signalining bazasining kengayishi bo‘lib o‘tadi, u butun ishchi diapazon bo‘yicha “chaplangedek” bo‘ladi. Tor polosali TDMA dan farqli ravishda kod bo‘yicha ajratish nafaqat chastota va vaqt bo‘yicha ajratishni, balki signalning oniy quvvati bo‘yicha ajratishni hisobga oladi (1.19- rasm). Oniy chastota, vaqt va quvvat kodning tarkibiy elementlari sifatida qatnashadi.



1.19- rasm. Signalni oniy quvvati bo‘yicha ajratish

Abonentda qabul qilishda esa kod yordamida butun diapazon bo‘ylab signalni “o‘rash” amalga oshiriladi, bunda boshqa uzatkichlarning signallari “ochiq” qoladi va qabullagich uchun ideal halaqit turi – oq gauss shovqini (*OSSH*) hisoblanadi.

Bu texnologiyani turli tillarda so‘zlashadigan bir necha insonlar juftliklari bo‘lgan xona yordamida ko‘rsatish mumkin. Ular faqat bir-birlari bilan so‘zlashadi va boshqalar bilan qiziqishmaydi. Agar har bir juftlik faqat bitta tilni bilsa va uni ishlatsa, barcha tillar esa turlicha bo‘lsa, u holda xonaning havosi ularning ovozlari uchun “tashuvchi” bo‘lishi mumkin. O‘xshatish shundan iboratki, xonadagi havo keng polosali kanal hisoblanadi, tillar esa kodlar ko‘rinishida tarqaladi. Shunday qilib, ispancha so‘zlaydigan inson ispan tilidan boshqa hech bir tilni eshitmaydi va tushunmaydi.

Juftliklar sonini oshirish umumiy fon so‘zlashuv imkoniyatini cheklamaguncha bo‘lishi mumkin. Barcha abonentlarning ma‘lum qiymatdan ortishi kerak bo‘lmagan signallari quvvatlarini rostlash orqali nutqning yuqori sifati saqlanadigan ko‘p sonli abonentlarning aloqasi ta‘minlanishi mumkin.

Foydalanuvchilar yoki trafik kanallarining maksimal soni har bir kanalni intensiv ishlatilishiga bog‘liq va shuning uchun ma‘lum hisoblanmaydi. Bu “yumshoq qayta yuklanish” (soft overload) konsepsiyasida aks etadi, unga muvofiq qo‘shimcha abonent boshqa abonentlar uchun halaqitlarning qandaydir ortishi hisobiga ulanishni olishi mumkin. Yakunda CDMA standarti ishlatilganida tarmoqni ishlab chiqishda umumiy halaqitlar sathini minimumga keltirish zarur, chunki boshqa abonentlar va bazaviy stansiyalar hosil qiladigan halaqitlar bilan birga ular o‘tkazish qobiliyatining yuqori bo‘lagini aniqlaydigan omil hisoblanadi.

CDMA tamoyilida qurilgan sotali aloqa tarmoqlari TDMAda amalga oshirilgan raqamli standartlar uchun an‘anaviy bo‘lgan qo‘shimcha xizmatlarga ega.

KKAKTuning KChAKTUva KVAKTUGa qaraganda afzalliklarini shartli ravishda ikkita guruhga bo‘lish mumkin. Ulardan birini istalgan keng polosali (spread spectrum) tizimlarni ajratib turadigan yo‘naltirilgan va keng polosali (shu jumladan atayin uyushtirilgan) halaqitlarga yuqori halaqitbardoshlik, ko‘p nurli tarqalish sharoitlarida samarali ishlash imkoniyati, mumkin kriptohimoyalash choralarning keng diapazoni, chastota-vaqt parametrlarining o‘lchashning yuqori aniqligi, radioaloqa va uzatish

tizimlari bilan yaxshi elektromagnit moslashuvchanlik va boshqalar tashkil etadi. Ikkinchi guruh to'g'ridan-to'g'ri ko'p tomonlama ulanish jihatlari bilan bog'langan, ularga sotaga (sektorga) katta abonentlar sig'imi, trafikning intensivligi ortganida aloqa sifatini kamayishining "yumshoq" xarakteri, "yumshoq" estafetali uzatish rejimini ishlatilishining oddiyligi kiradi.

### **Mobil radioaloqa sotali tizimlarining real abonentlar sig'imi.**

Turli harakatdagi radioaloqa tizimlarini tavsiflashda ularning abonentlar sig'imi, ya'ni xizmat ko'rsatiladigan abonentlar soni noyaqqol tarzda radioaloqa kanallarining soni orqali aniqlanadi. Mutlaqo ravshanki, bu ikki tushunchalar ayniyat hisoblanmaydi. Xizmat ko'rsatiladigan abonentlar sonini aloqa kanallari bilan cheklash noratsional hisoblanadi, chunki tizimning abonentlarini bir vaqtda aloqaga chiqishi ehtimolligi odatda kam bo'ladi. Demak, aloqa kanallari bo'lganida ayrim hollarda abonentlar ulanishni olmasligi ehtimolligi mavjud bo'lsada va abonentlar soni kanallar soniga qaraganda qanchalik katta bo'lsa bu ehtimollik shunchalik katta bo'lsada, tizim  $k$  abonentlardan ortiqqa xizmat ko'rsata oladi. Bu yerdan bir butun masala kelib chiqadi, uning sharti quyidagi tarzda ta'riflanishi kerak: ulanishga rad etishning berilgan ehtimolligida qayd etilgan aloqa kanallari soniga ega bo'lgan tizim qancha abonentlarga xizmat ko'rsatishi mumkin yoki ulanishga qayd etilgan rad etishlar ehtimolligida berilgan abonentlar soniga xizmat ko'rsatish uchun tizimda qancha aloqa kanallari bo'lishi zarur. Qo'yilgan masalani echish ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi qoidalariga asoslangan. Haqiqatan, mobil radioaloqa o'z ma'nosi bo'yicha ommaviy xizmat ko'rsatish tizimiga, ya'ni tasodifiy chaqiruvlar oqimili, tasodifiy xizmat ko'rsatish (aloqa seansasi) davomiyligili oxirgi xizmat ko'rsatish (aloqa) kanallari soni tizimlarga misol hisoblanadi.

Tasodifiy chaqiruvlar oqimlarining eng umumiy xarakteristikalarini vaqt birligidagi chaqiruvlar soni bilan (masalan, chaqiruvlar/soat) o'lchanadigan ularni kelishining  $u$  o'rtacha chastotasi va vaqt birliklarida ifodalanadigan aloqa seansining  $T$  o'rtacha davomiyligi hisoblanadi.  $A = yT$  ko'paytma Erlanglarda o'lchanadigan (teletrafika nazariyasi sohasidagi o'z ishlari bilan mashhur bo'lgan daniyalik olim A. K. Erlang sharafiga) o'rtacha trafikni aniqlaydi. Ta'kidlash kerakki, aloqa kanaliga  $u$  va  $T$  yuklama xarakteristikalarini odatda tizimning uncha katta bo'lmagan yuklanganlik intervalida, ya'ni tig'iz paytda baholanadi.



t qayd etilgan vaqt mobaynidagi chaqiruvlar soni odatda Puasson taqsimoti - t vaqt ichida k chaqiruvlarning kelishi ehtimolligi orqali tavsiflanadigan diskret tasodifiy kattalik hisoblanadi. t aloqa seansi davomiyligi (bitta kanalning bandligi vaqti) uzluksiz tasodifiy kattalik hisoblanadi, uning ehtimolligi zichligi odatda eksponensial ( $T$ -o'rtacha qiymat) qabul qilinadi.

Yangi chaqiruv kelgan momentda bo'sh kanallarga ega bo'lmagan tizim o'zini qanday tutishiga bog'liq ravishda uning quyidagi modellariga ajratiladi:

- cheklangan vaqtda kutishli tizim (Erlang A modeli), unga muvofiq bo'sh kanal bo'lmaganida chaqiruv navbatga qo'yiladi va agar  $T$  qayd etilgan vaqt tugashi bilan band kanallardan hech biri bo'shamasa, u bekor qilinadi;

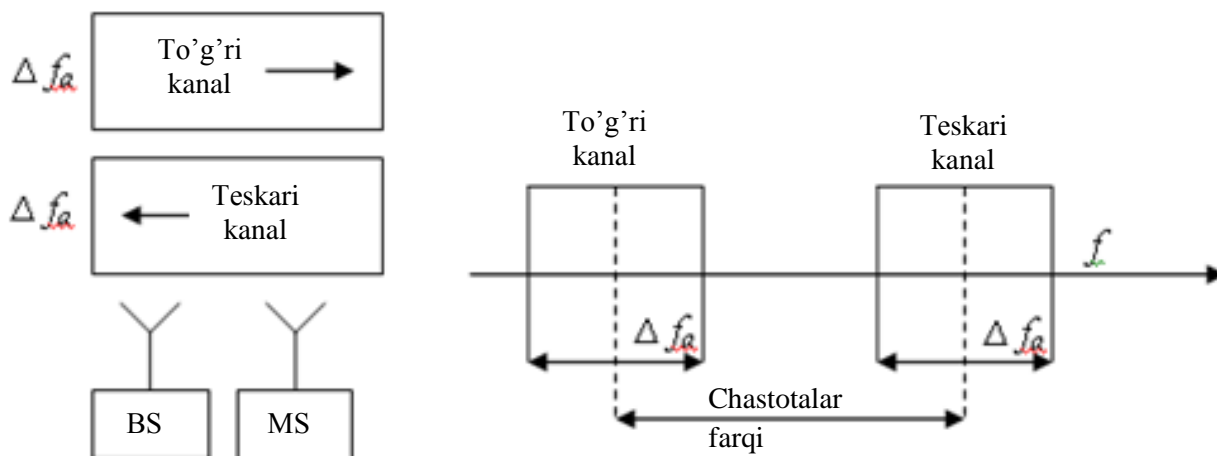
- rad etishli tizim, ya'ni bo'sh kanallar bo'lmaganida kelgan chaqiruvlar bekor qilinadi (Erlang V modeli);

- kutishli tizim, ya'ni chaqiruvlar navbatga qo'yiladi va uzoq vaqtda davomida kanalning bo'shashini kutishi mumkin (Erlang S modeli).

Tizimga ulanishga rad etish ehtimolligini aniqlaydigan formulalar mavjud. Lekin ular juda katta va deyarli ishlatilmaydi. Amalda berilgan to'silishi ehtimolliklarida kanallarli aloqa tizimlari uchun yo'l qo'yiladigan yuklamani Erlanglarda hisoblash uchun uning grafik ko'rinishidagi yoki jadval ko'rinishidagi berilishi ishlatiladi, ular mos texnik adabiyotlarda keltiriladi.

**Mobil tizimlarda dupleks rejimini tashkil etish.** Aniq bir tizimga berilgan yig'indi chastota-vaqt resursini nafaqat ko'p tomonlama ulanishni tashkil etishga, balki dupleks rejimni, ya'ni har ikkala tizimdan abonenga va teskari tomonga yo'nalishlarda parallel axborot almashinuvini ta'minlashga sarflashga to'g'ri keladi. Mobil radioaloqa tizimlarida chastota va vaqt bo'yicha dupleks rejimlari qo'llaniladi. FDD (frequency division duplex) deyiladigan birinchi variantda dupleks juftlik chastota bo'yicha dupleks ajratilgan deyiladigan qandaydir himoya intervali bilan ajratilgan abonentlar kanali polosasi kengligining ikkita chastotalar polosalarini egallaydi. Shunday qilib, abonentlar orasida ma'lumotlarni uzatish va qabul qilish turli chastotalarda amalga oshiriladi. FDDning ishlash tamoyili 1.20- rasmda tasvirlangan.

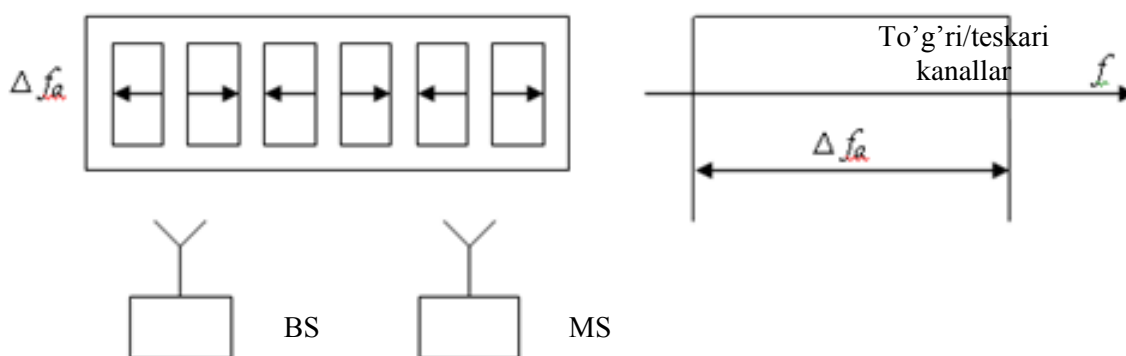
FDD asosida birinchi va ikkinchi avlodlar tizimlari (AMPS, DAMPS, GSM, IS-95 va boshqa standartlar) qurilgan.



1.20- rasm. Chastotalarning dupleks ajratilishini tashkil etish tamoyili

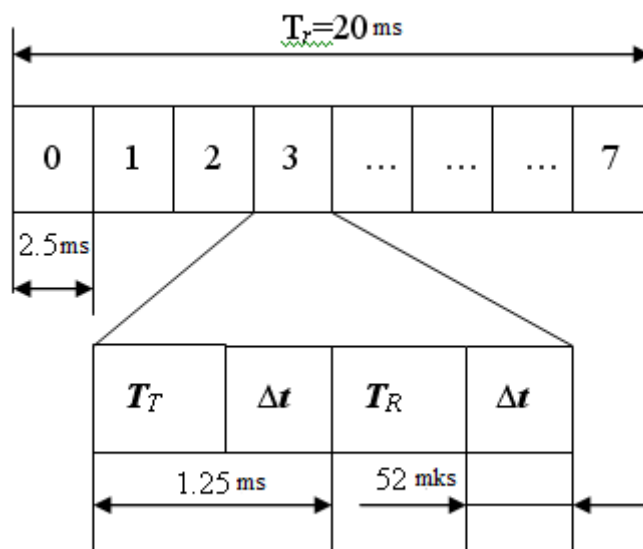
Vaqt bo'yicha dupleksda (TDD — time division duplex) ikki tomonlama aloqa uchun uzatish va qabul qilish kanallari vaqt bo'yicha ajratiladigan o'sha bir tashuvchi ishlatiladi (1.21- rasm). TDD rejimi mavjud sotali aloqa tizimlari uchun xarakterli emas, lekin simsiz telefon standartlarida (CT2, DECT va boshqalar) keng tarqalgan. Bundan tashqari, unga uchinchi avlod UMTS va CDMA2000 standartlarida ham ma'lum joy ajratilgan.

CDMA2000 loyihasi asosiga qo'yilgan raqamlar aniqligiga asoslanish bilan TDDli tizimlar kanallarining namunaviy tuzilmasini ko'rib chiqamiz.



1.21- rasm. Vaqt bo'yicha dupleks ajratishni tashkil etish tamoyili

BTS kanal arxitekturasi asosiy elementi  $T_k = 20 \text{ ms}$  bo'lib (1.22-rasm), u dupleksni tashkil etishga mo'ljallangan 8 juft intervallarga bo'linadi.



1.22- rasm. CDMA2000 tizimi TDDli aloqa kanali kadrining tuzilmasi

Juftlikning birinchi intervali  $T_t$  davomiylikka ega va uzatish uchun ajratiladi. Ikkinchi intervalda ( $T_R$  davomiylikdagi) MS signali qabul qilinadi. Istalgan yonma-yon intervallar xizmat ko'rsatish zonasining uzunligi orqali aniqlanadigan  $\Delta t$  davomiylikdagi himoya oraliqlari bilan ajratiladi. Uncha qiyin bo'lmagan hisob ko'rsatadiki, 52 mks himoya intervalida va bazaviy stansiyada vaqt intervallarini +3 mks sinxronlashtirish aniqligida xizmat ko'rsatish zonasining maksimal radiusi 14 km ni tashkil etadi.

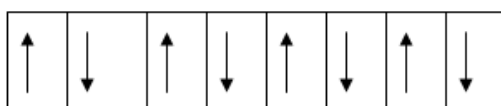
Mobil stansiyalar o'xshash kadrning tuzilmasiga ega bo'ladi, lekin qabul qilish va uzatish intervallari joylarini almashadi.

Duplekslashning ikkita variantlarini taqqoslash shunday xulosaga olib keladiki, FDD rejimi sotalarning katta o'lchamlarida va abonentlarning yuqori harakatlanishi tezliklarida samaraliroq, u holda TDDli variant katta darajada mikrosotalarda, ya'ni uncha yuqori bo'lmagan tezliklarda harakatlanadigan abonentlarga xizmat ko'rsatish kichik zonalarida qo'llanish uchun to'g'ri keladi. Binobarin, TDDla "yuqoriga" va "pastga" liniyalari o'sha bir chastotlalar polosasini egallar ekan, ulardagi so'nishlar xarakteristiklari yuqori korrelyasiyalash darajasiga ega bo'ladi, bu nurlantiriladigan quvvatni

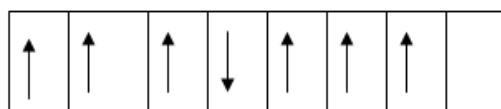
rostdash va fazoviy ajratish jarayonlarini soddalashtirish uchun ishlatilishi mumkin.

Bundan tashqari, TDDga xususiyatli bo‘lgan tez moslashuvchan tuzilma, to‘g‘ri va teskari kanallardagi asimmetrik ma’lumotlar oqimlarida vaqt resurslarini samarali qayta taqsimlashga imkon beradi. Bunday asimmetriya mobil terminallarga Internet tarmog‘i bilan aloqa funksiyalari yuklatilishi bilan uchinchi avlod tizimlarida juda xususiy hodisa bo‘lib qoladi. Bunday kontakt mobaynida “pastga” liniyadagi trafik teskari yo‘nalishdagiga qaraganda aniq to‘yingan bo‘ladi. Bunda 1.23- rasmda ko‘rsatilganidek amal qilish mumkin, u “yuqoriga” va “pastga” liniyalari orasida vaqt resurslarini simmetrik taqsimlanishidan (1.23a- rasm) “pastga” ko‘rsatkich MS ma’lumotlarini qabul qilishga, “yuqoriga” ko‘rsatkich esa uzatishga javob beradigan vaqt resurslarini asimmetrik taqsimlanishiga (1.23b- rasm) o‘tishni sxematik tasvirlaydi.

TDD variantining avzalligi sifatida abonentlar terminalining oddiyroq bir rejimli TDD ishlatilishi imkoniyati ham ko‘rilishi mumkin. Har ikkala duplekslash variantlariga mo‘ljallangan ikki rejimli (FDD/TDD) apparatli murakkablashtirishga kelinsa, u holda oddiy FDD-terminalga qaraganda u juda sezilarli emas va iqtisodiy ko‘rsatkichlarga chegaraviy ta’sir o‘tkazmaydi.



a)



b)

1.23- rasm. Aloqa kanalida “yuqoriga” va “pastga” liniyalari orasida vaqt resurslarini simmetrik taqsimlanishi (a) va asimmetrik taqsimlanishi (b)

Yuqorida keltirilganlardan kelib chiqadi, har ikkala ko‘rib chiqilgan duplekslash rejimlarining birlashtirilishi bo‘yicha Yevropa UMTS loyihasi tavsiyalari juda ratsional hisoblanadi. Bunday yechim

tizimga ajratilgan spektral diapazonidan foydalanish qismida tez moslashuvchanlikni beradi va o'tkazish polosasini ishlatish sharoitlariga va xizmatlar xarakteriga moslashtirishga imkon beradi. 230 MGs kenglikdagi spektr kengliklari oraliqlarida ikkita ajratilgan WARC-92da uchinchi avlod tizimlarini qurish Yevropa konsepsiyasiga muvofiq: 1885...2025 va 2110...2200 MGs, 1920...1980 va 2110...2170 polosalar chastota bo'yicha dupleksli SMAT uchun, 1900...1920 va 2010...2025 MGs polosalar esa vaqt bo'yicha dupleksli SMAT uchun mo'ljallanadi.

### 1.5. Signalni modulyatsiyalash turlari

Istalgan aloqa tizimini qurishdagi markaziy muammo uzatish nuqtasida fizik tashuvchiga uzatiladigan ma'lumotlarni kiritilishi va qabul qilish nuqtasida bu ma'lumotlarni ajratilishi usullarini tanlash va texnik amalga oshirish hisoblanadi. Bu modulyasiyash va demodulyatsiyalash muammosi sifatida ma'lum bo'lgan eng murakkab masala hisoblanadi [1,3,9].

**Modulyatsiyalash** bu ma'lumotlar manbaidan olinadigan ma'lumotlarni aloqa kanali bo'yicha uzatish uchun eng qulay shaklga kodlash jarayoni hisoblanadi. Umumiy holda bu jarayon signalni modulyatsiyalaydigan  $\Delta F$  asosiy chastotalar polosasini yuqori chastotalar polosasiga o'tkazilishini ko'zda tutadi. Modulyatsiyalash natijasida paydo bo'lgan  $s[t, u(t)]$  radiosignal  $2\Delta F$  kenglikdagi polosani egallaydi, uning  $f_0$  markaziy chastotasi modulyatsiyalaydigan signal spektri  $f_{yu}$  yuqori chegaraviy chastotasidan ancha yuqori bo'ladi. Ma'lumotlarni tashuvchi sifatida  $s(t) = A \cdot \cos(2\pi f_0 t + \varphi)$  garmonik tebranish ishlatiladi. Uning modulyatsiyalash uchun ishlatiladigan asosiy parametrlari  $A$  amplituda,  $f_0$  chastota va  $\varphi$  faza hisoblanadi.

Deyarli barcha zamonaviy aloqa tizimlarida raqamli modulyatsiyalash usullari va demodulyatsiyalashda signallarga raqamli ishlov berish ishlatiladi. Bunday tizimlarni analog modulyatsiyalash va analog demodulyatsiyalash ishlatiladigan analog tizimlardan farqli ravishda raqamli uzatish tizimlari deb qabul qilingan. Radioelektronikaning zamonaviy yutuqlari aloqa tizimining uzatkichi va qabullagichida elektr signallarga raqamli ishlov berishining etarlicha murakkab algoritmlarini ishlatilishi imkoniyatini ta'minlaydi. Natijada raqamli tizimlardagi istalgan xabarlarining uzatilishi sifati bu xabarlarini

analog aloqa tizimlarida yordamida uzatilishi sifatiga qaraganda yuqori bo‘ladi.

Raqamli uzatish tizimlari (RUT) quyidagi eng muhim o‘ziga xos xususiyatlarga ega:

- istalgan xabar raqamli shaklda, bitalar ketma ketliklari  $a_i, i = \{\dots, -1, 0, +1, \dots\}$  ko‘rinishida taqdim etiladi,  $i$  indeksning har qanday qiymatida  $a_i$  simvol  $\{0, 1\}$  alifbodan qiymatlarni qabul qiladi;

- tizimning uzatkichi kanal simvolari deyiladigan shakl bo‘yicha farqlanadigan signallarning  $\{s_m(t), t = 1, 2, \dots, M\}$  oxirgi sonini shakllantiradi va navbat bo‘yicha kanalga uzatadi;

- kanal simvolining davomiyligini  $T_{ks}$  sifatida belgilaymiz;

- bitta kanal simvoli uzatilishi kerak bo‘lgan bitta bit yoki undan ortiq bitlar sonini “tashiydi”;

- agar  $M = 2$  bo‘lsa, u holda uzatish tizimi ikkilik tizim deyiladi;

- agar  $M > 2$  bo‘lsa, u holda uzatish tizimi  $M$ -lik tizim deyiladi.

Shunday qilib, raqamli tizimlar orqali xabarlar ketma-ketliklarini uzatish ularni kanal simvollarini ketma-ketliklariga o‘zgartiriladigan bitlar ketma-ketliklariga o‘zgartirish yo‘li bilan amalga oshiriladi.

Turli TUTlardagi ishlatiladigan  $M$  kanal simvollarini soni va ularning shakli turli xil, lekin ular qabul qilish joyida ma’lum bo‘ladi. Shuning uchun qabullagichning, aniqrog‘i demodulyatorning asosiy funksiyasi  $T_{ks}$  davomiylikdagi navbatdagi vaqt intervalida uzatkich orqali qaysi simvollar (signallar) uzatilishi mumkinligini baholashdan iborat.

Simvollarini (signallarni) baholash muammosi shuning uchun kelib chiqadiki, uzatish tizimi uzatkich kanal simvollarini nurlantiradigan, qabullagich esa ularni minimal bo‘lishi mumkin energiyali to‘g‘ri qabul qiladigan loyihalashtirilishi kerak. Uzatish tizimida kanal simvollarining energiyasi eng kam bo‘ladigan chegaraviy joy qabullagichning kirishi hisoblanadi. Qabul qilinadigan simvolning  $E_s$  energiyasi bunda qandaydir bo‘lag‘aviy qiymatdan kam bo‘lishi kerak, u beriladigan signal-shovqin nisbati (SSHN)  $q_{bo’s}$  bo‘lag‘aviy qiymati orqali niqlanadi.

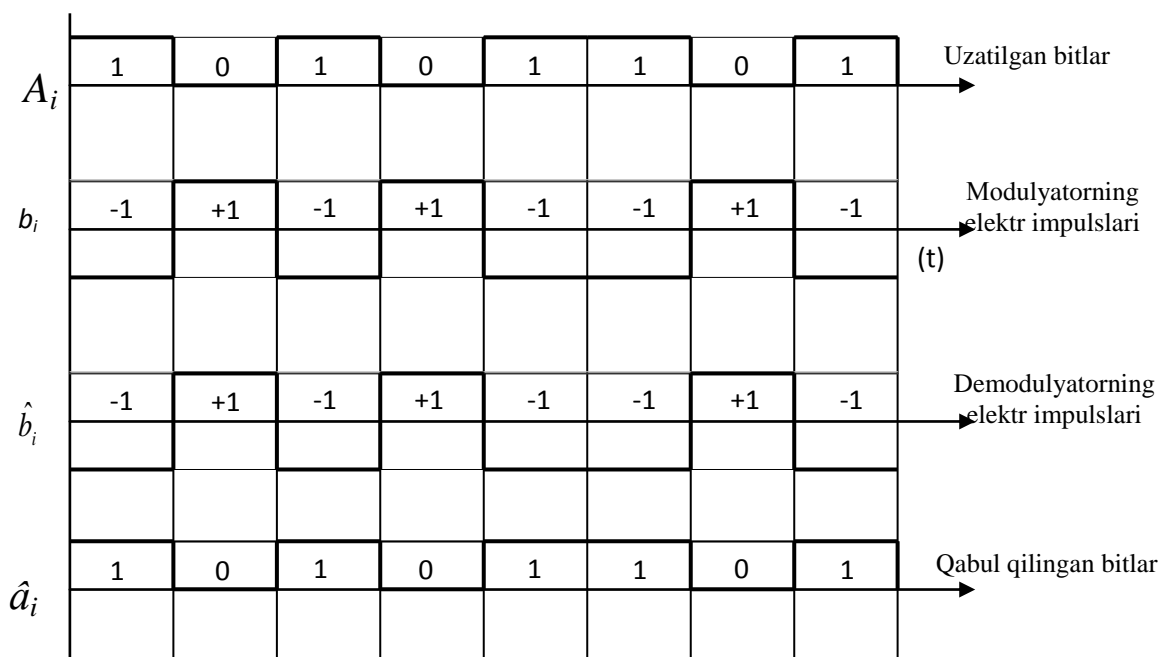
Uzatilishi kerak bo‘lgan kanal simvollarini shakllantirilguncha bitlar dastlab to‘g‘ri burchakli shakldagi davomiylikdagi  $T_s$  manfiy va musbat elektr impulslar ketma-ketligiga o‘zgartiriladi, ular uchun  $v(t)$  belgilash qabul qilinadi, bunday usulda olingan impulslar modulyatsiyalovchi signal deyiladi. Bitlar ketma-ketliklarini elektr impulslar ketma-ketligiga o‘zgartirish  $0 \geq bv(t), 1 \geq -bv(t)$  qoida

bo'yicha amalga oshiriladi, bu yerda  $b > 0$  – impuls amplitudasi. Bunda modulyatsiyalovchi signal

$$u(t) = \sum_i b_i v(t - iT_c). \quad (1.1)$$

(1.1) formulada qo'shib chiqish  $i$  indeksning barcha bo'lishi mumkin qiymatlari bo'yicha amalga oshiriladi,  $b_i$  ko'phad esa  $+b$  yoki  $-b$  qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

1.24- rasmda raqamli modulyatsiyalashdagi signallarni ishlatilishiga misollar keltirilgan:  $\{a_i\}$  uzatilgan bitlar ketma-ketligi, modulyator  $\{b_i\}$  to'g'ri burchakli shakldagi va turli qutblardagi elektr impulslari ketma-ketligi, qabullagichda qayta tiklangan demodulyator  $\{\hat{b}_i\}$  elektr impulslari ketma-ketligi va qabul qilingan  $\{\hat{a}_i\}$  bitlar ketma-ketligi. Bu erda kanal simvollarini berilmagan. Simvollar ustidagi belgisi bilan ularning baholash belgilangan.



1.24- rasm. RUT qurilmalaridagi signallarning vaqt diagrammalari

Quyidagi ikkita muhim holatni ta'kidlash kerak:

- signal shaklining buzilishi;
- uzatish kanali orqali o'tishda vaqtni bo'yicha kechikish.

Signalning buzilgan shaklining quyidagi ikkita omillar keltirib chiqaradi:

– qabullagich va uzatkichda elektr signallarni shakllantirish va ularga ishlov berish maxsus qurilmalarining mavjudligi;  
uzatish kanalida halaqitlarning mavjudligi.

Uzatkichda odatda modulyatsiyalovchi signal impulslarining kerakli shaklini olish uchun maxsus qurilmalar koʻzda tutiladi. Bunda kanal simvollari oqimi tashqi polosali nurlanishlar yoʻl qoʻyiladigan qiymatga ega boʻladi.

Qabullagichning asosiy elementi demodulyator boʻlib, u har bir qabul qilinadigan signalni eng yaxshi tarzda baholaydi. Buning uchun qabul qilish joyida maʼlum boʻlgan kanal simvolining shakli emas, balki uning  $t$  nomeri muhim. Uzatilgan signalga nisbatan qayta tiklangan signalning kechikishi ham radiotoʻlqinlarning oʻzini tarqalishi, ham bu signalarni shakllantirish va ularni ishlov berilishini taʼminlaydigan uzatish tizimi elementlarida elektr signallarni qoʻshimcha kechikishlari bilan shartlanadi.

Uzatish kanalidagi halaqitlarni qabullagich elementlarining issiqlik shovqinlari va tabiiy va sunʼiy kelib chiqishdagi tashqi nurlanishlar manbalari keltirib chiqaradi. Ayniqsa, tashqi polosali nurlanishlari uzatish tizimining chastotalar polosasiga tushadigan qoʻshni chastotalar kanallarida ishlaydigan uzatkichlarning nurlanishlarini taʼkidlash zarur. Bu halaqitlarni qoʻshni kanal halaqitlari deb atash qabul qilingan.

Zamonaviy RUTlarda tashqi polosali nurlanishlar darajasiga (sathiga) etarlicha qatʼiy talablar qoʻyilgan, ularni raqamli qurilmalar yordamida maxsus koʻrinishdagi kanal simvollarini murakkab generatsiyalash usullarini qoʻllash bilan bajarishga erishiladi. Oʻsha chastotada ishlaydigan, lekin boshqa kanal simvollarini ishlatadigan uzatkichlardan ham halaqitlar boʻlishi mumkin. Bunday halaqitlar ichki tizim halaqitlari deyiladi.

Shovqinlar va halaqitlarning boʻlishi navbatdagi vaqt intervalida  $M$  kanal simvollaridan qaysi biri uzatilganini haqida qabullagichga toʻgʻri echimlarni qabul qilishni qiyinlashtiradi. Halaqitlarning past sathida va katta signal-shovqin nisbatida qabullagichning demodulyatori juda kam xato qiladi, yaʼni bitta simvolni qabul qilishdagi xatolik ehtimolligi  $10^{-3}$  va undan kamni tashkil etadi. Natijada RUT katta signal-shovqin nisbatlarda qabul qilish joyida uzatilgan bitlarning deyarli aniq qayta tiklanishini taʼminlaydi. Bu dastlabki signalning deyarli aniq qayta tiklanishini bildiradi, bu analog uzatish tizimlaridan foydalanishda mumkin emas.



Agar SSHN uncha katta bo‘lmasa, u holda qabullagichning demodulyatori tez-tez xato qiladi, noto‘g‘ri qabul qilingan simvollar paydo bo‘ladi. Raqamli uzatish tizimining sifat xarakteristikasi uchun ko‘p ishlatiladigan foydali parametr bitta simvolni qabul qilishdagi xatolik ehtimolligi hisoblanadi:

$$r_s = R \{ s_n \text{ simvol qabul qilindi} \mid s_m \text{ simvol uzatildi}, n \neq t, \quad (1.2)$$

yoki bitga xatolik ehtimolligi hisoblanadi.

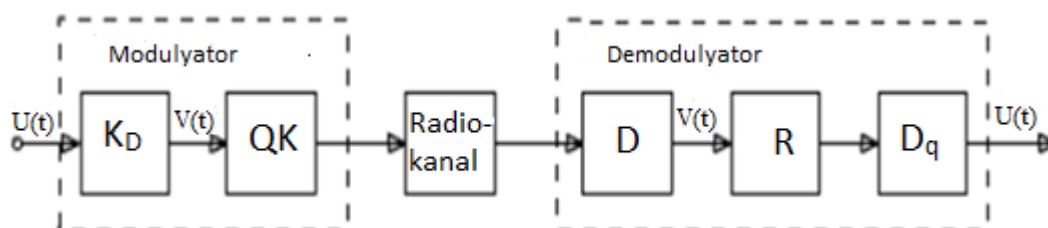
$$r_b = R \{ d \text{ qiymatli bit qabul qilindi} \mid e \text{ qiymatli bit uzatildi},$$

$$d \in \{0,1\}, e \in \{0,1\} \text{ va } d \neq e \quad (1.3)$$

Zamonaviy simsiz aloqa tizimlari uzatiladigan ma’lumotlarning bir bitiga bitta xatolikning bo‘lishiga yo‘l qo‘yadi, bunda bu holda bitta bitni qabul qilishdagi yo‘l qo‘yiladigan xatolik ehtimolligi  $10^{-3}$  ga teng bo‘ladi. Bunda insonning insonning qulog‘i abonentning tovushini identifikatsiyalay oladi, ya’ni eshituvchi so‘zlovchini taniydi. Shu bilan bir vaqtda ko‘plab axborot tizimlari uzatishda faqat 100 000 000 bitga bitta xatolikka, ya’ni  $r_b = 10^{-8}$  ga yo‘l qo‘yilishi bilan raqamli tizimlarga sezilarli qat’iy talablarni qo‘yadi.

Yuqorida ta’kidlanganidek, modulyatsiyalovchi (manipulyatsiyalovchi) ssignalning M darajalari (sathlari) soniga bog‘liq ravishda ikki sathli (ikkilik) va ko‘p sathli manipulyatsiyalashga bo‘linadi.

Raqamli radiokanalning umumlashtirilgan tuzilish sxemasi 1.25-rasmda keltirilgan.



1.25- rasm. Raqamli radiokanalning umumlashtirilgan tuzilish sxemasi

Bu yerda quyidagi belgilashlar qabul qilingan:

$U(t)$  – uzatiladigan raqamli signalning kuchlanishi;

$K_D$  –modulyatorning koderi;  
 $QK$ –quvvat kuchaytirgich;  
 $D$  – detektor;  
 $R$  – regenerator;  
 $D_q$  – demodulyatsiyalash qurilmasi;  
 $V(t)$  – qayta kodlangan raqamli signal.

RUTda qo‘llaniladigan ko‘plab manipulyatsiyalash turlari uchun uzatiladigan dastlabki  $U(t)$  ikkilik signaldan tuzilmasi bo‘yicha farqlanadigan  $V(t)$  manipulyatsiyalovchi signallarni ishlatish zarur bo‘ladi. Bunday qayta kodlash uchun modulyator koderi, teskari o‘zgartirish uchun esa demodulyator dekoderi ishlatiladi. Boshqa qurilmalarni ishlatilishi tushuntirishni talab qilmaydi.

**Fazaviy manipulyatsiyalash.** Zamonaviy raqamli mobil radioaloqa tizimlarida  $M$ -lik fazaviy manipulyatsiyalash (ikkilik, 4-sathli va h.k.) tizimlari qo‘llaniladi.

Fazaviy modulyatsiyalashda radiosignal fazasining oniy qiymati modulyatsiyalanmagan tashuvchi tebranish fazasidan modulyatsiyalovchi signal oniy qiymatiga bog‘liq bo‘lgan qiymatga og‘adi:

$$s[t, u(t)] = A \cdot \cos\{2\pi f_0 t + \varphi[u(t)]\} = \operatorname{Re}[A \cdot \exp\{j\varphi[u(t)]\} \exp\{j2\pi f_0 t\}] \quad (1.4)$$

Bu ifodadan kelib chiqadiki,  $u(t)$  modulyatsiyalovchi signalda bo‘lgan uzatiladigan ma’lumotlar  $s[t, u(t)]$  uzatiladigan signalning kompleks og‘masiga kodlangan:

$$\dot{A}(t) = A \cdot \exp\{j\varphi[u(t)]\} \quad (1.5)$$

Kompleks og‘ma tushunchasi raqamli aloqa ham nazariyasi, ham texnikasi uchun juda muhim hisoblanadi va sezilarli rolni o‘ynaydi.

Raqamli fazaviy modulyatsiyalashda tashuvchi modulyatsiyalanmagan tashuvchi tebranish joriy fazasidan turli qiymatlar yakuniy soniga farq qilishi mumkin. Ikkilik fazaviy manipulyatsiyalashda (FM-2) bunday qiymtlar sifatida odatda  $0^\circ$  va  $180^\circ$  tanlanadi. Zamonaviy aloqa tizimlarida ko‘pincha bitta kanal simvolida uzatiladigan ma’lumotlarning birdaniga bir necha bitlarini taqdim etish uchun fazaviy burchaklarning katta to‘plami ishlatiladi. Masalan, ikkita bitlardan bo‘lishi mumkin ketma-ketliklar qiymatlarini taqdim etish uchun to‘rtta turli xil  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $-45^\circ$ ,  $-135^\circ$  fazaviy

burchaklar ishlatilishi mumkin (FM-4 tizimi). Uch bitli soʻzning boʻlishi mumkin qiymatlarini toʻrtta bitli soʻzning sakkizta turli fazaviy burchaklaridan guruh (FM-8 tizimi) – 16 ta fazaviy burchaklardan guruh bilan (FM-16 tizimi) va h.k. taqdim etish mumkin.

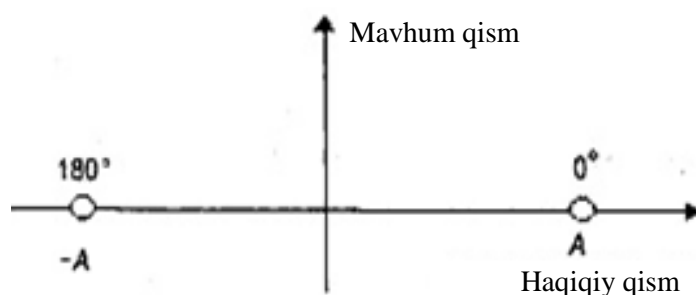
**Ikkilik fazaviy manipulyatsiyalash.** Raqamli fazaviy modulyatsiyalashning eng oddiy shakli FM-2 tizimi hisoblanadi. Bu usul koʻpincha modulyatsiyalovchi signal psevdotasodifiy ikkilik ketma-ketlik hisoblanadigan spektrlarning toʻgʻri kengaytirishli tizimlarda ishlatiladi. FM-2da modulyatsiyalovchi signalning qiymatiga bogʻliq ravishda signal fazasining modulyatsiyalanmagan tashuvchi tebranish fazasidan ogʻishi  $0^\circ$  yoki  $180^\circ$ ga teng boʻladi. Agar fazaviy modulyatsiyalangan signal (FM signal) uchun (1.4) va (1.5) ifodar koʻrinishidagi umumiy tavsif qabul qilinsa, u holda FM-2 signal uchun quyidagi tengsizlik bajarilishi kerak:

$$\varphi[u(t)] \equiv 0 \quad u(t) \equiv 1 \text{ boʻlganida, } \varphi[u(t)] \equiv \pi \quad u(t) \equiv -1 \text{ boʻlganida;} \\ 0 \leq t \leq T_c.$$

Signalning kompleks ogʻmasi bu vaqt intervalida oʻzgarmaydi va quyidagi ikkita qiymatni qabul qilishi mumkin:

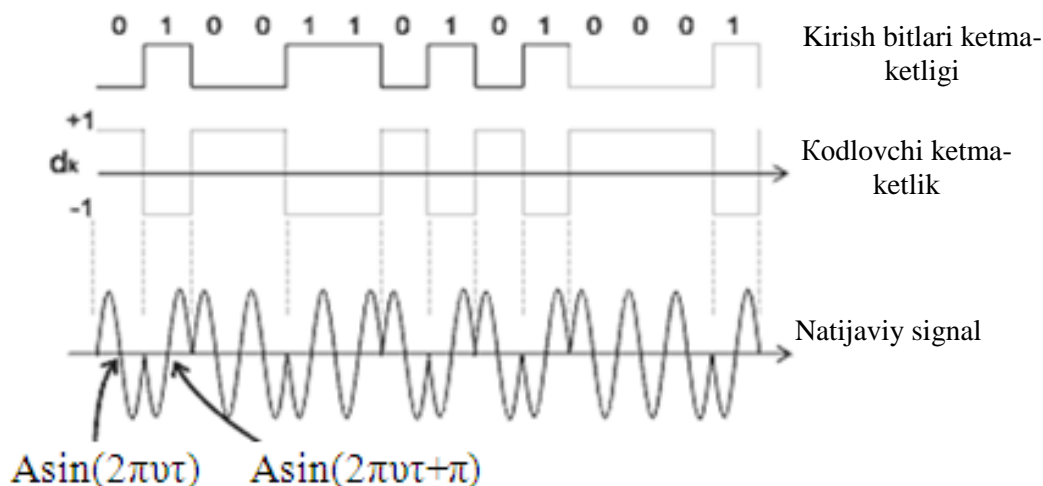
$$\dot{A}(t) = A \quad i(t) = 1 \text{ boʻlganida, } \dot{A}(t) = -A \quad i(t) = -1 \text{ boʻlganida;} \\ 0 \leq t \leq T_c. \quad (1.6)$$

Bu ogʻmaning kompleks tekislikda boʻlishi mumkin qiymatlarini grafik taqdim etilishi foydali va yaqqol hisoblanadi. Koʻrib chiqilayotgan signal uchun signalning kompleks ogʻmasi 1.26-rasmda tasvirlangan faqat ikkita qiymatlarni qabul qiladi. Bunday tasvir signallar turkumi deyiladi.



1.26- rasm. FM-2 signallar turkumi

1.27- rasmda BPSK ikkilik fazaviy modulyatsiyalash vaqt diagrammalari keltirilgan.



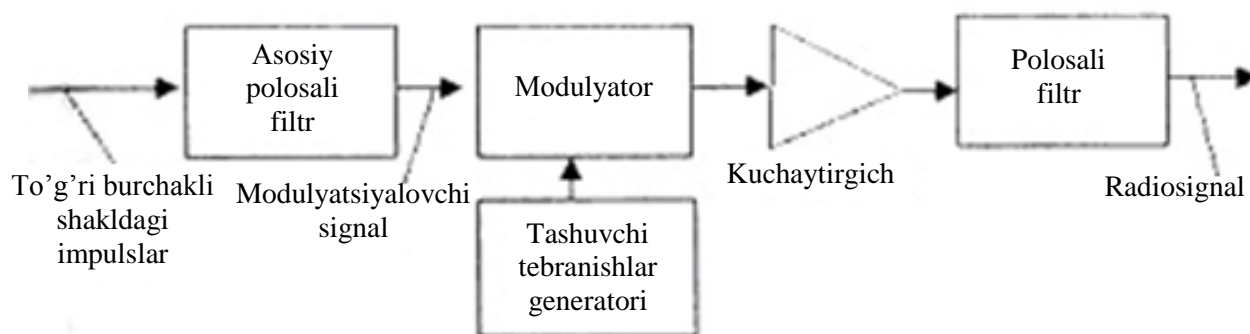
1.27- rasm. BPSK vaqt diagrammalari

Bu radiosignalning asosiy o‘ziga xos xususiyati shundan iboratki, uning joriy fazasi modulyatsiyalovchi signalning qutblari o‘zgarishi momentlarida uzilishlarga (sakarashlarga) ega bo‘ladi. Bu fazaning  $180^\circ$ ga sakrashlari radiokanalda FM-2 signal quvvatining spektrali zichligi juda keng chastotalar polosasida noldan sezilarli farqli bo‘lishiga asosiy sabab hisoblanadi. Shuning uchun bunday ko‘rinishda FM-2 signallar deyarli ishlatilmaydi. Ular egallaydigan polosani kamaytirish uchun filtrlanadi.

Bu signallarni modulyatordan keyin yuqori chastotada filtrlashni amalga oshirish qiyin, chunki har bir tashuvchi chastota tebranishlari uchun top polosali yuqori asllikli filtrlar talab qilinadi. Harakatdagi obyektlarli zamonaviy raqamli aloqa tizimlarida bunday chastotalar soni bir necha o‘nlablarga etishi mumkin. Shuning uchun filtrlash operatsiyasi deyarli doimo modulyatsiyalashgacha modulyatsiyalovchi signal ustida bajariladi. Mos filtr yetarlicha murakkab bo‘lsada, past chastotali filtr hisoblanadi. Radioelektronikaning zamonaviy yutuqlari uning ishlatilishini ta’minlaydi, bu holda chastotalar kanallarining katta sonini esa, agar mos chastotalar to‘plamli tashuvchi chastotalarni ishlatilishi orqali olish mumkin. Bunday filtr asosiy polosali filtri deyiladi.

FM-2 radiosignal egallaydigan chastotalar polosasi kamayganida signalni filtrlashda bunda vujudga keladigan simvollararo interferensiya muammosini hisobga olish zarur bo‘ladi.

1.28- rasmda FM-2 radiosignalni shakllantiradigan uzatkichning funksional sxemasi keltirilgan. Bu yerda modulyatoridan keyin radiosignal quvvatini kuchaytirgich va tor polosali yuqori chastotali filtr qo‘yilgan. Filtrning asosiy vazifasi tashuvchi tebranishning asosiy chastotasiga karrali bo‘lgan chastotalardagi uzatkichning nurlantirishini kuchsizlantirishdan iborat. Bunday nurlanishlarning xavfi quvvat kuchaytirgichida o‘z o‘rniga ega bo‘lgan va bu kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti ortganida kuchayadigan nohiziqli samaralar bilan shartlanadi. Ko‘pincha bunday filtr bir vaqtda qabullagich uchun ham ishlatiladi, u foydali radiosignallar chastotalar polosalaridan tashqaridagi kuchli tashqi signallarni “pastga” chastotani o‘zgartirishgacha so‘ndiradi.



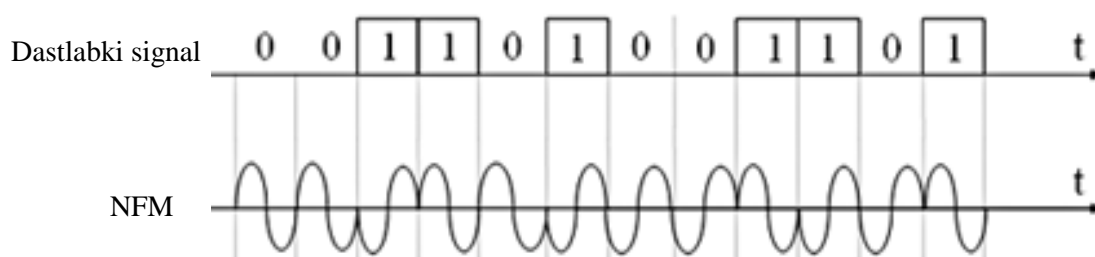
1.28- rasm. FM-2 radiosignalni shakllantiradigan uzatkichning funksional sxemasi

**Demodulyatsiyalashda** FM radiosignalning fazasi qabul qilish uchida qayta tiklangan tayanch tebranishi (tashuvchi) fazasi bilan taqqoslanadi. Radiosignalning tasodifiy buzilishlari tufayli qayta tiklangan tashuvchining fazasini noaniqligi o‘z o‘rniga ega, bu ikkilik jo‘natmalar «negativ» sifatida qabul qilinadigan teskari ishlashning sababi hisoblanadi. Bu hodisani yo‘qotish uchun uzatiladigan radioimpulslarning fazalarini farqli kodlash qo‘llaniladi. Fazani bunday manipulyatsiyalash fazalar farqili yoki NFM nisbiy fazaviy manipulyatsiyalash deyiladi.

NFMliraqamli RRLlarda ma'lumotlarni uzatilishida radiosignal fazasining o'zi emas, balki ikkita qo'shni radioimpulslarning fazalari farqi (fazalari surilishi) kodlanadi.

NFMda kodlash qoidasi 1.29- rasmda keltirilgan.

Ikkilik NFMda radioimpulsning davomiyligi  $\tau=T$  bo'ladi. Ko'p sathli manipulyatsiyalashda ( $M>2$ )  $T$  davomiyligidagi ikkilik elementlarning dastlabki ketma-ketligi modulyator koderi yordamida  $\tau=2T$  ( $M=4$  bo'lganda) yoki  $\tau=3T$  ( $M=8$  bo'lganda) davomiyliklardagi ikkita ( $M=4$  bo'lganda) yoki uchta ( $M=8$  bo'lganda) ikkilik elementlar ketma-ketliklariga birligiga o'zgartiriladi.



1.29- rasm. Kodlangan NFM signal

Bu erda:

o'tish

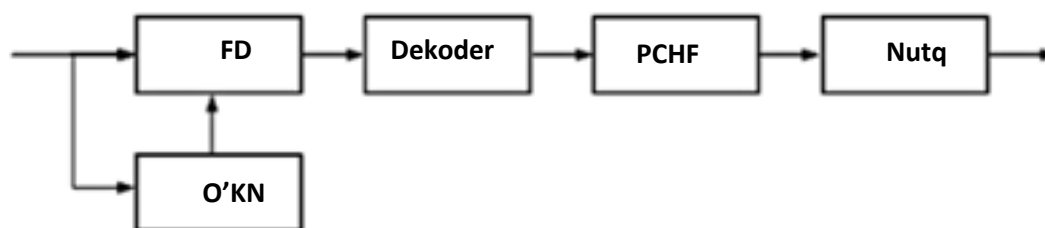
$1 \rightarrow 1$  - fazalar sakrashi avjud

$1 \rightarrow 0$  - fazalar sakrashi yo'q

$0 \rightarrow 0$  - fazalar sakrashi yo'q

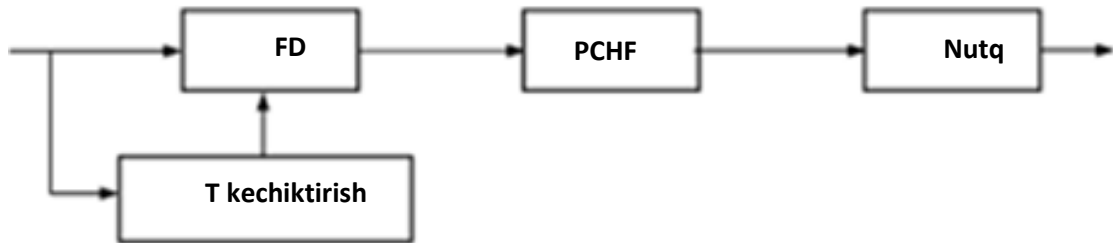
$0 \rightarrow 1$  - fazalar sakrashi mavjud

NFM radiosignallarni ikkita demodulyatsiyalash usullari qo'llaniladi. Birinchisida dastlab tashuvchi qayta tiklanadi va OFM radiosignal kogerent detektorlanadi, keyin qabul qilingan signallar farqli (differensial) kodlanadi (1.30-rasm).



1.30- rasm. Tashuvchi qayta tiklanadigan OFM demodulyatsiyalash

Ikkinchi usul NFM radiosignallarni differensial-kogerent (avtokorrelyasion) detektorlashni koʻzda tutadi, bunda tayanch tebranishi sifatida oldingi radioimpuls ishlatiladi. Bunda detektorlash va dekodlash operatsiyalari birlashtiriladi (1.31-rasm).



1.31- rasm. NFM radiosignallarni differensial-kogerent (avtokorrelyasion) detektorlash

**Kvadraturali fazaviy modulyatsiyalash (KFM).** FM-2da bitta kanal simvoli bitta uzatiladigan bitni tashiydi. Lekin bitta kanal simvoli koʻp sonli axborot bitlarini ham tashishi mumkin. Masalan, bir-birlaridan keyin keladigan bitlar juftligi toʻrtta  $\{0\ 0\}$ ,  $\{0\ 1\}$ ,  $\{1\ 0\}$ ,  $\{1\ 1\}$  qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

Agar har bir juftlikni uzatish uchun bitta kanal simvoli ishlatilsa, u holda toʻrtta, masalan,  $\{s_0(t), s_1(t), s_2(t), s_3(t)\}$  kanal simvollari talab qilinadi, shunday ekan  $M = 4$  boʻladi. Bunda aloqa kanalida simvollarni uzatilishi tezligi modulyator kirishiga axborot bitlarini kelishi tezligiga qaraganda ikki marta past boʻladi va har bir kanal simvoli endi  $T_{ks} = 2T_s$  davomiylikdagi vaqt intervalini egallashi mumkin. Xususan, fazaviy modulyatsiyalashda kanal simvollari sifatida quyidagi signallarni tanlash mumkin:

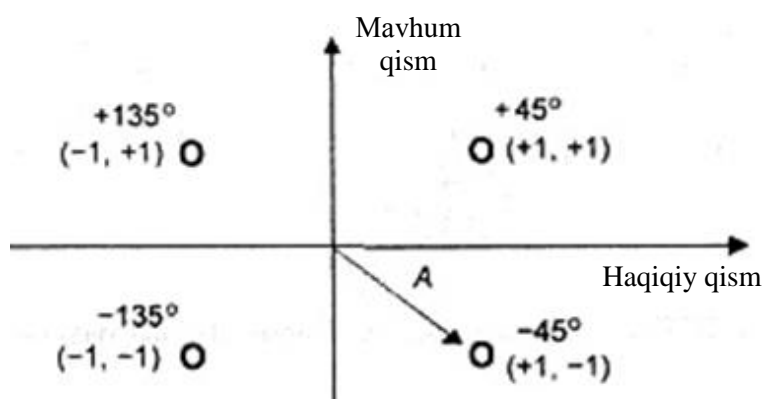
$$s_i(t) = s[t, \varphi_i(t)] = A \cdot \cos[2\pi f_0 t + \varphi_i(t)] = \\ = \text{Re}[A \exp\{j\varphi_i(t)\} \exp\{j2\pi f_0 t\}], \\ 0 < t < 2T_s,$$

bu yerda  $\varphi_i(t) \equiv \pi(2i+1)/4$  –  $i$  nomerli signal fazasini modulyatsiyalanmagan tashuvchi tebranish fazasidan ogʻishi;

$A_i(t) = A \cdot \exp\{j\varphi_i(t)\}$  –  $i = 0, 1, 2, 3$  uchun bu signalning  $[0, 2T_s]$  vaqt intervalidagi kompleks amplitudasi.

Keyinchalik toʻrtta kanallar simvolari yoki toʻrtta radiosignallar oʻrniga bitta radiosignal haqida soʻzlaymiz, uning kompleks

amplitudasi 1.32-rasmda signallar turkumi ko‘rinishida tasvirlangan to‘rtta ko‘rsatilgan qiymatlarni qabul qilishi mumkin.



1.32- rasm. FM-4 radiosignal signallar turkumi

Ikki bitlardan har bir guruh mos fazaviy burchakdan iborat bo‘ladi barcha fazaviy burchaklar bir-birlaridan  $90^\circ$ ga ortda qoladi. Ko‘rinib turibdiki, signal nuqtasi haqiqiy yoki mavhum o‘qdan  $45^\circ$ ga ortda qoladi.

Bu modulyatsiyalash usuli quyidagi tarzda ishlatilishi mumkin. 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, ... uzatiladigan bitlar ketma-ketligi ikkita juft 0, 1, 0, 0, 1, 0, ... va toq 1,0,1,1,1,0,... ketma-ketliklarga bo‘linadi.

Bu ketma-ketliklardagi bir nomerli bitlar juftliklarni tashkil etadi, ularni kompleks bitlar sifatida qarash mumkin. Kompleks bitning haqiqiy qismi toq nimketma-ketligi, mavhum qismi esa juft nimketma-ketligi bo‘ladi. Bunday usulda olingan kompleks bitlar  $\exp\{j2\pi f_0 t\}$  tshuvchi tebranishni modulyatsiyalash uchun ishlatiladigan ularning haqiqiy va mavhum qismlari +1 yoki -1 qiymatlarili  $2T_c$  davomiylidagi to‘g‘ri burchakli elektr impulslar kompleks ketma-ketligiga o‘zgartiriladi. Buning natijasida FM-4 (KFM) radiosignal olinadi.

Bitta kompleks bitni ko‘rib chiqamiz.  $I$  simvol bilan bu bitning haqiqiy qismidan olingan bitni (bu toq nimketma-ketlik qiymati),  $Q$  simvol bilan esa bu kompleks bitning mavhum qismidan olingan bitni (bu juft nim ketma-ketlik qiymatiga mos keladi) belgilaymiz.  $I$  va  $Q$  simvollar +1 yoki -1 qiymatlarni qabul qilishi mumkin. Quyidagi ma’lum tengsizliklarni yozish mumkin:



$$I \cos(2\pi f_0 t) = I \left[ \frac{\exp\{j2\pi f_0 t\} + \exp\{-j2\pi f_0 t\}}{2} \right],$$

$$Q \sin(2\pi f_0 t) = Q \left[ \frac{\exp\{j2\pi f_0 t\} - \exp\{-j2\pi f_0 t\}}{2j} \right].$$

U holda quyidagi signalni shakllantirish mumkin:

$$s(t) = I \cos(2\pi f_0 t) + Q \sin(2\pi f_0 t) = \frac{1}{2} [(I - jQ) \exp\{j2\pi f_0 t\} + (I + jQ) \exp\{-j2\pi f_0 t\}].$$

Agar endi quyidagi belgilash kiritilsa:

$$I + jQ = \sqrt{I^2 + Q^2} e^{j\varphi}, I - jQ = \sqrt{I^2 + Q^2} e^{-j\varphi}, \varphi = \arctg(Q/I),$$

U holda

$$s(t) = \sqrt{I^2 + Q^2} \left[ \frac{\exp(j2\pi f_0 t - \varphi) + \exp(-j2\pi f_0 t + \varphi)}{2} \right] = \sqrt{I^2 + Q^2} \cos(2\pi f_0 t - \varphi).$$

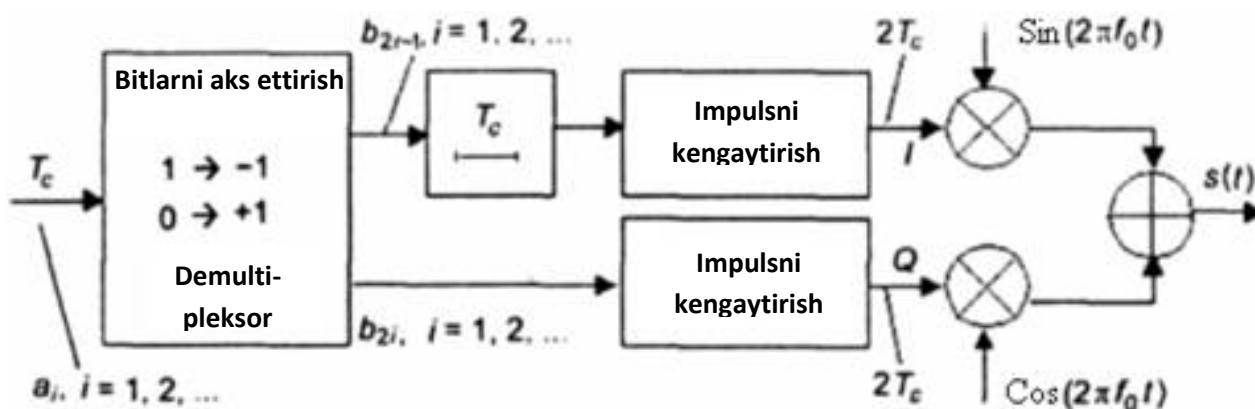
Shunday qilib,  $I$  va  $Q$  simvollar qiymatlarini o'zgartirish bilan amplitudaviy va fazaviy modulyatsiyalashni olish mumkin. Xususan, agar  $I$  va  $Q$  simvollar  $+1$  yoki  $-1$  qiymatlarni qabul qila olishi qabul qilinsa, u holda bu signalning amplitudasi o'zgarmas va  $\sqrt{2}$  ga teng bo'ladi,  $\varphi$  faza esa  $+45^\circ$ ,  $-45^\circ$ ,  $+135^\circ$ ,  $-135^\circ$  qiymatlarni qabul qiladi. Natijadan bunday modulyatsiyalashli yuqori chastotali signal kompleks amplitudasi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$A(t) = \sqrt{2} A \exp \left[ j \frac{\pi}{4} (2i+1) \right], i = 0, 1, 2, 3, 0 < t \leq 2T_c. \quad (1.8)$$

Olingan nisbatlar funksional sxemasi 1.33-rasmda keltirilgan qurilma yordamida FM-4 signallarni shakllantirishga imkon beradi.

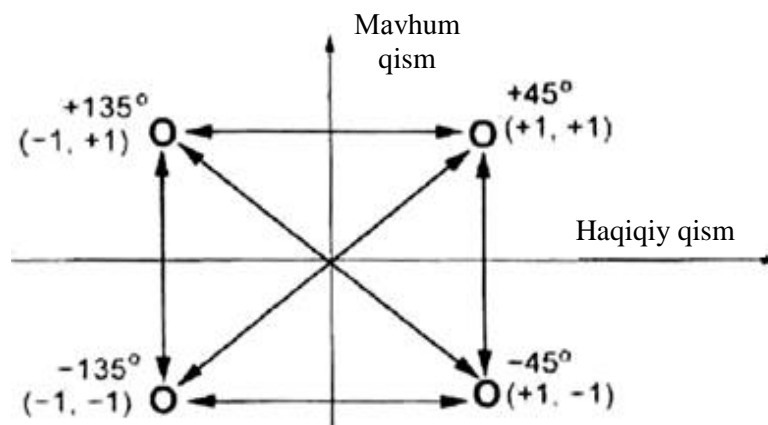
Birinchi blok kirishiga  $T_s$  davomiylikdagi musbat va manfiy qutbli to'g'ri burchakli impulslar ketma-ketligiga o'zgartiriladigan axborot bitlari beriladi. Bu ketma-ketlik demultipleksorda toq va juft nomerlarli ikkita impulslar ketma-ketliklariga bo'linadi. Toq nomerli impulslar sinfaz tarmoqda  $T_s$  vaqtga kechiktiriladi. Keyin har bir nimketma-ketliklar impulslarining  $2T_s$  davomiyliklari qiymatgacha oshiriladi, bundan keyin har bir tarmoqda  $f_0$  chastotaga o'tkazish

amalga oshiriladi va ko‘paytirish amalga oshiriladi. Qayta ko‘paytirishlar natijalarini qo‘shish FM-4 radiosignalni shakllantirish jarayonini yaunlaydi.



1.33- rasm. FM-4 radiosignallarni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi

Modulyatsiyalangan signallar xossalarini xarakterlash uchun fazaviy o‘tishlar diagrammalari ishlatiladi, ular bitta uzatiladigan simvoldan boshqasiga o‘tishda signallar turkumida signallar nuqtalarini harakatlanishi traektoriyalarini grafik tasvirlash hisoblanadi (1.34-rasm).



1.34- rasm. FM-4 radiosignal uchun fazaviy o‘tishlar diagrammalari

Bu diagrammada (+1,+1) koordinatali signal nuqtasi koordinatalar o‘qlari bilan +45° burchakni hosil qiladigan chiziqda joylashgan va modulyatorning kvadraturali kanallarida +1 va +1 simvollarni uzatilishiga mos keladi. Agar navbatdagi simvollar juftligi +135° burchak mos keladigan (-1,+1) bo‘lsa, u holda (+1,+1)

nuqtadan  $(-1,+1)$  nuqtaga radiosignal fazasini  $+45^\circ$  qiymatdan  $+135^\circ$  qiymatga o'tishini xarakterlaydigan ko'rsatkichni o'tkazish mumkin.

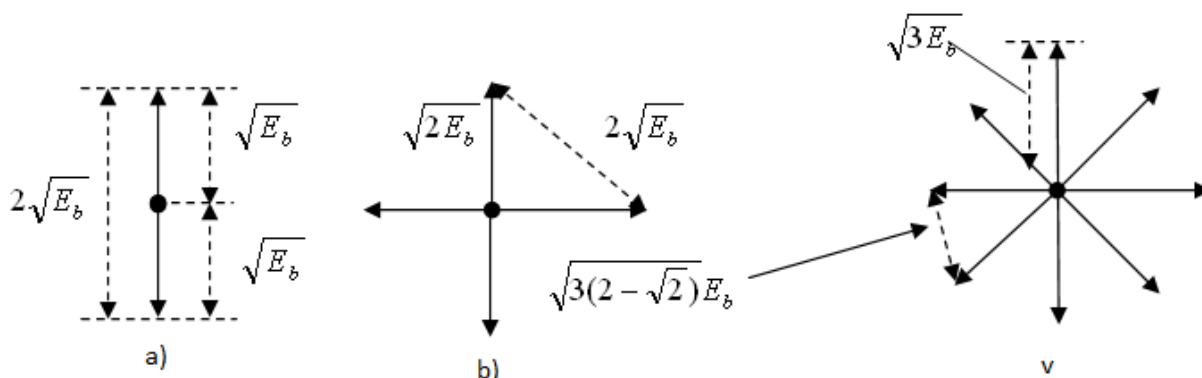
Bunday diagrammaning foydaliligini quyidagi misolda ko'rsatish mumkin. 1.34-rasmdan ko'rinib turibdiki, to'rtta fazaviy traektoriyalar koordinatalar boshi orqali o'tadi. Masalan, signallar turkumi  $(+1,+1)$  nuqtasidan  $(-1, -1)$  nuqtaga o'tish yuqori chastotali tashuvchi tebranish oniy fazasini  $180^\circ$ ga o'zgarishini bildiradi. Modulyator chiqishida odatda tor polosali yuqori chastotali filtr o'rnatiladi, u holda signal fazasini bunday o'zgartirilishi bu filtrning chiqishida, demak butun uzatish liniyasida signaning og'masi qiymatlarining sezilarli o'zgarishi bilan bo'ladi. Raqamli uzatish tizimlarida radiosignalning og'ma qiymatlarining o'zgarmas emasligi ko'p sabablarga ko'ra kerak emas hisoblanadi.

Ko'rinib turibdiki, FM-4 chastotalar resurslaridan foydalanish nisbatida FM-2ga qaraganda 2 marta tejamli, chunki o'sha shakldagi, lekin jo'natmaning ikki karrali cho'zilishi hisobiga ikki marta toraytirilgan spektrga ega bo'ladi. Ta'kidlash kerakki, ko'rsatilgan yutuqqa qabul qilish halqitbardoshligini yomonlashtirmasdan erishilgan. Aslida FM-2da jo'natma energiyasi  $E_b$ ga teng bo'lsin, u holda jo'natmalarni xato qabul qilinishi ehtimolligini aniqlaydigan qarama – qarshi jo'natmalar rasidagi evklid masofasi (geometrik  $\sqrt{E_b}$  uzunlikdagi qarama-qarshi vektorlarni beradigan)  $2\sqrt{E_b}$  ni tashkil etadi (1.35a-rasm).

FM-4da to'rtta jo'natmalarga  $2\sqrt{E_b}$  uzunliklardagi to'rtta biortogonal vektorlar mos keladi (1.35b- rasm) va o'zgarish quvvatda  $E_q$  jo'natma energiyasi BFMdagiga qaraganda uzunlikning ikki marta oshishi hisobiga  $E_q = 2\sqrt{E_b}$  ikki marta ortadi. Bunda jo'natmalarni xato qabul qilish ehtimolliklaridan eng kattasini aniqlaydigan qo'shni vektorlar orasidagi masofa oldingidek ( $2\sqrt{E_q} = 2\sqrt{E_b}$ ) qoladi, bu FM-2dan FM-4ga o'tishda qabul qilish halaqitbardoshligining qandaydir sezilarli yomonlashishi bo'lmasligini bildiradi.

Rasmlardan ko'rinib turibdiki, jo'natmaning davomiyligini keyingi oshirilishida ma'lumotlarni uzatilish tezligini saqlash talabi qo'shni vektorlarning yaqinlashishiga olib keladi. Jo'natmaning davomiyligini tezlikni kamaytirmasdan uch marta oshirilishi bitta jo'natma orqali sakkizta xabarlarni uzatilishini bildiradi, ya'ni BFMga qaraganda jo'natma energiyasining uch marta oshirilishi qo'shni

kanallar orasidagi burchakni  $45^\circ$ gacha kamaytirilishi (1.35v- rasm), ya'ni minimal evklidlarni  $\sqrt{3E_b(2-\sqrt{2})}$  masofagacha kamaytirish bilan kompensatsiyalanadi.



1.35- rasm. Fazaviy manipulyatsiyalashni geometrik talqin etish

Shunday qilib, polosadagi uch marttalik yutuq 3,5 dB tartibdagi energetik yo'qotishlar bahosiga (vektorlarning yaqinlashishini kompensatsiyalaydigan va xatolik ehtimolligini oldingi darajagacha kaytiradigan energiyaning ortishi aynan shunday bo'lishi kerak) olinadi. Bunday usulda spektral samaradorlikni keyingi oshirish energiya sarflari maqsadlarida befoyda bo'lib qoladi. Polosadagi M-karrali yutuq 2M-lik FMda quyidagicha energetik yutqazishli bo'ladi:

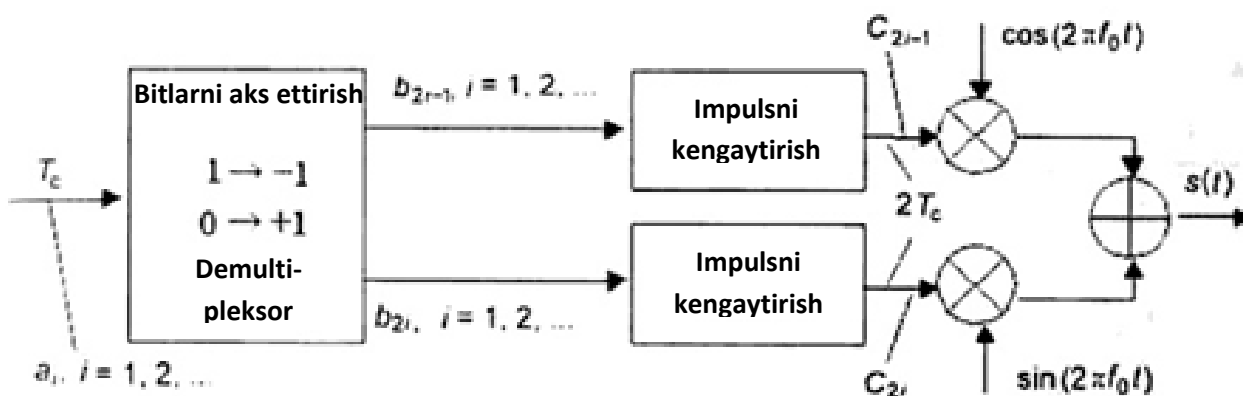
$$y = \frac{2}{M \left( 1 - \cos \frac{\pi}{2^{M-1}} \right)} \text{ marta}$$

Prinsip jihatdan signallar vektorlari orasidagi minimal masofani maksimallashtiradigan tekislikda signallar vektorlarini optimallashtirish hisobiga aytib o'tilgan energetik yo'qotishlarni ma'lum kamaytirish imkoniyati mavjud. Bunda vektorlar bir xil bo'lmagan uzunlikka ega bo'ladi, ya'ni fazaviy manipulyatsiyalash parallel ravishda amplitudaviy manipulyatsiyalash bilan to'ldiriladi. Amplitudaviy-fazaviy va kvadraturali amplitudaviy manipulyatsiyalash (AFM va KAM) nomlari bilan ma'lum bo'lgan bunday usullar telekommunikatsion tarmoqlarda (kabelli, radioreleli aloqa va h.k.) keng tarqalgan. Lekin simsiz mobil telefoniya tizimlarining o'ziga xosligi portativ terminalning avtonom ishlashi

muddatini (zaryadlamasdan yoki batareyalarni almashtirmasdan) uzaytiradigan va uning hajm-ogʻirlik xarakteristiklarini tijorat oʻziga tortishiga koʻmaklashadigan samarali energiya tejamorligining juda muhimligidan iborat. Bu sabablarga koʻra, koʻp karrali FM (16 va undan ortiq fazalar sonli) AFM va KAM bilan bir qatorda mobil aloqa tizimlari radiointerfeyslarida ishlatilmaydi va faqat sakkiz darajali FM (8-PSK) maʼlumotlar tezligini oshirish maqsadida EDGE spetsifikatsiyasi doirasida ikkinchi avlod tizimlari uchun tavsiya etilgan. Lekin sotali radioaloqa uchinchi va toʻrtinchi avlodlari tizimlari uchun uzatish tezliklariga ortgan talablar tufyili yuqoriroq tartibli FMni ishlatishga toʻgʻri keladi.

**Fazaviy modulyatsiyalashda** yuqori chastotali tashuvchi tebranishlar fazalarining oniy qiymatlari  $+180^\circ$ ga oʻzgarishi mumkin, buning natijasida radiosignal ogʻmasining qiymatlarini sezilarli oʻzgarishi vujudga kelishi mumkin. Bu oʻzgarishlar surilishli kvadraturali fazaviy modulyatsiyalanadigan signallar uchun sezilarli boʻlmaydi.

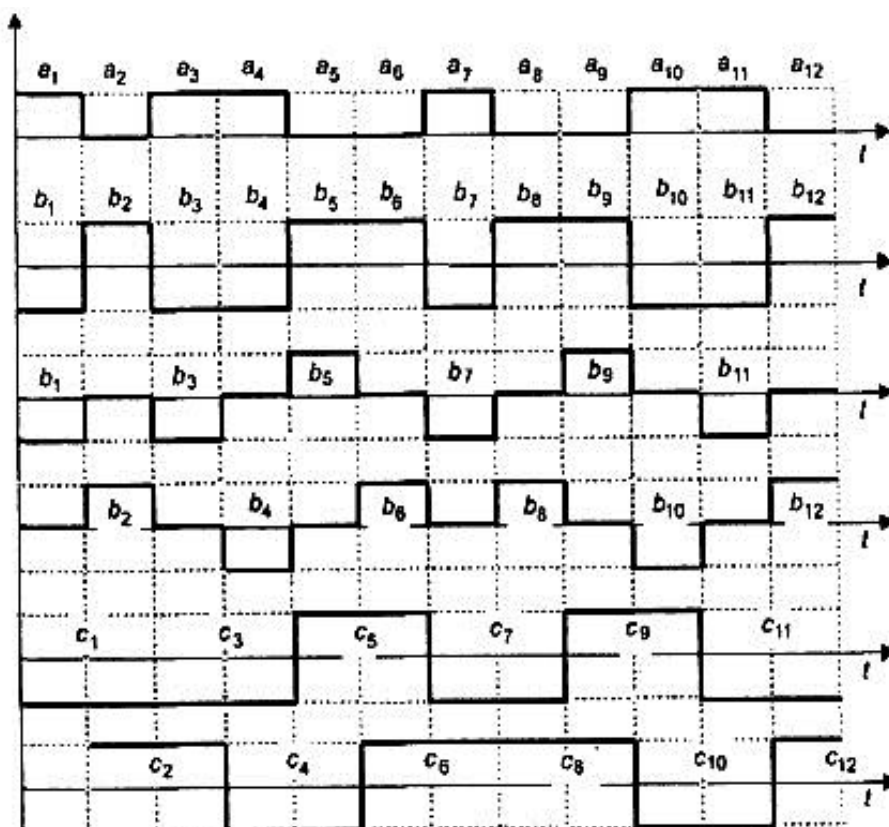
**Surilishli kvadraturali fazaviy modulyatsiyalash.** Bunday radiosignalni shakllantirish qurilmasining sxemasi 1.36-rasmda keltirilgan. Bu signalni shakllantirish usuli FM signalni shakllantirish kvadraturali usuliga deyarli oʻxshash boʻlib, farq shundan iboratki, kvadraturali tarmoqdagi nimketma-ketlik vaqt boʻyicha  $T_s$  vaqtga yoki kanal simvoli davomiyligini yarimiga ekvivalentga suriladi (kechikadi).



1.36- rasm. Surilishli FM-4 radiosignallarni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi

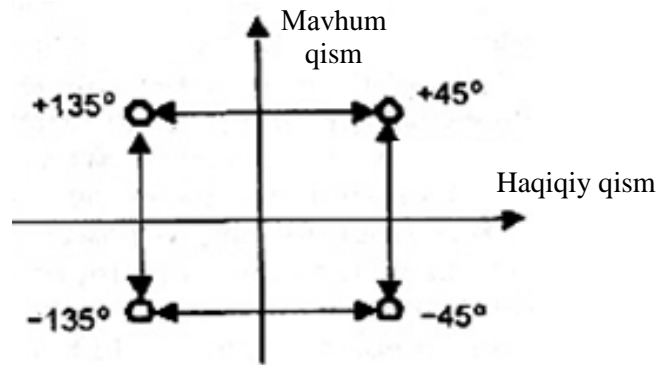
Bu usulni ishlatilishi uchun 1.33-rasmdagi sxemani 1.36-rasmda ko'rsatilganidek sezilarsiz modifikatsiyalash yetarli bo'ladi, sinfaz tarmoqda  $T_s$  vaqtga kechiktirish elementini olib tashlash zarur bo'ladi. Bunday o'zgaririshda kanallar simvollarini kvadraturali nimketma-ketligi sinfaz nim ketma-ketlikka nisbatan  $T_s$  vaqtga kechiktiriladi.

1.37- rasmda axborot bitlari ketma-ketliklarining vaqt diagrammalari va bu funksional sxema uchun mos kanallar simvollarini tasvirlangan. Bu diagrammalarni asosiy farqi shundan iboratki, endi kengaytirgichlar chiqishidagi kvadraturali kanallarda signal sathlarini o'zgartirish bir vaqtda bo'la olmaydi. Buning natijasida bu modulyatsiyalash usuli uchun fazaviy o'tishlar diagrammasida koordinatalar boshi orqali o'tadigan traektoriya bo'lmaydi. Bu radiosignalning oniy fazasi  $+180^\circ$ ga sakrashlarga ega bo'lmashligini bildiradi va demak bu signalning og'masi FM-4 kvadraturali fazaviy modulyatsiyalashdagi kabi chuqur botiqliklarga ega bo'lmaydi.



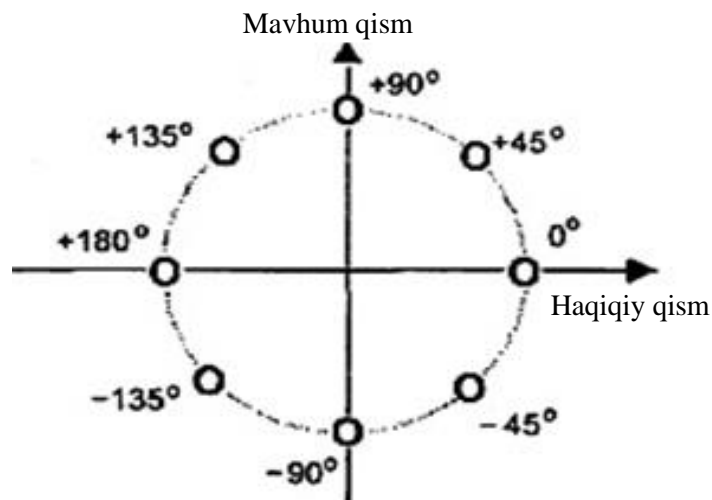
1.37- rasm. Surilishli FM-4 radiosignallarni shakllantirishdagi vaqt diagrammalari

Surilishli FM-4 radiosignallar fazaviy o'tishlari diagrammalari 1.38-rasmda keltirilgan.



1.38- rasm. Surilishli FM-4 radiosignallar fazaviy o'tishlari diagrammalari

**FM-8 signallar.** Modulyator kirishiga beriladigan axborot bitlari oqimini keyin FM-8, FM-16 va h.k. signallarni hosil qilish bilan 3 tadan, 4 tadan bitlarli guruhlarga bo'lish mumkin. 1.39-rasmda FM-8 radiosignal uchun signallar turkumi tasvirlangan.



1.39- rasm. FM-8 radiosignal uchun signallar turkumi

Bu modulyatsiyalash usuli uchun boshlang'ich fazalari modulyatsiyalanmagan tashuvchi tebranish oniy fazasidan 45°ga karrali bo'lgan burchakka farqlanadigan sakkizta kanallar simvollariga ega bo'lish zarur. Agar barcha kanallar simvollarining amplitudlari bir xil bo'lsa, u holda signallar nuqtalari aylana bo'ylab joylashadi. Bu simvollar kompleks amplitudalarining mavhum va haqiqiy qismlarining bo'lishi mumkin qiymatlari bunda quyidagi ko'plikdan qiymatlarni qabul qiladigan  $I$  va  $Q$  koeffitsientlarga proporsional bo'ladi:

$$\left\{ -\frac{\sqrt{2}}{2}, -1, 0, +1, +\frac{\sqrt{2}}{2} \right\}. \quad (1.9)$$

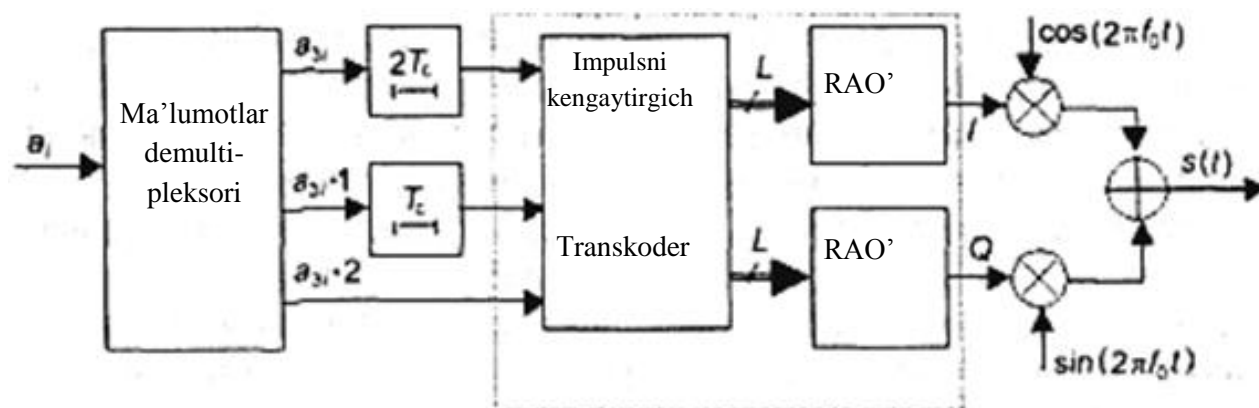
Signallar turkumlari va axborot bitlari uchliklari orasida moslikni oʻrnatish oson emas hisoblanadi. Bu jarayon odatda signalli kodlash deyiladi. 1.2-jadvalda bunday moslikka misol keltirilgan boʻlib, u boʻlishi mumkin, lekin eng yaxshi hisoblanmaydi, chunki eng yaxshi moslikni oʻrnatilishi uchun dastlab bunday signalni demodulyatsiyalanishi usulini halaqitlarning mavjudligiga aniqlash, keyin esa bitta kanal simvolini qabul qilish yoki bitta axborot bitini qabul qilishda xatolik ehtimolligini hisoblash zarur.

1.2-jadval

Signalli kodlarda moslikning oʻrnatilishi

FM-8da boshlangʻich fazaning qiymati	Koeffitsientlar qiymatlari		Uchta axborot simvollaridan (bitlaridan) guruhlar
	$I$	$Q$	
$0^\circ$	1	0	011
$+45^\circ$	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}/2$	001
$+90^\circ$	0	1	000
$+135^\circ$	$-\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}/2$	100
$+180^\circ$	-1	0	101
$-135^\circ$	$\sqrt{2}/2$	$-\sqrt{2}/2$	111
$-90^\circ$	0	-1	110
$-45^\circ$	$-\sqrt{2}/2$	$-\sqrt{2}/2$	010

1.40- rasmda FM-8 radiosignalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi tasvirlangan boʻlib, bu yerda asosiy oldin koʻrib chiqilgan modulyatorlar qurilmalariga oʻxshash qurilmalar hisoblanadi.

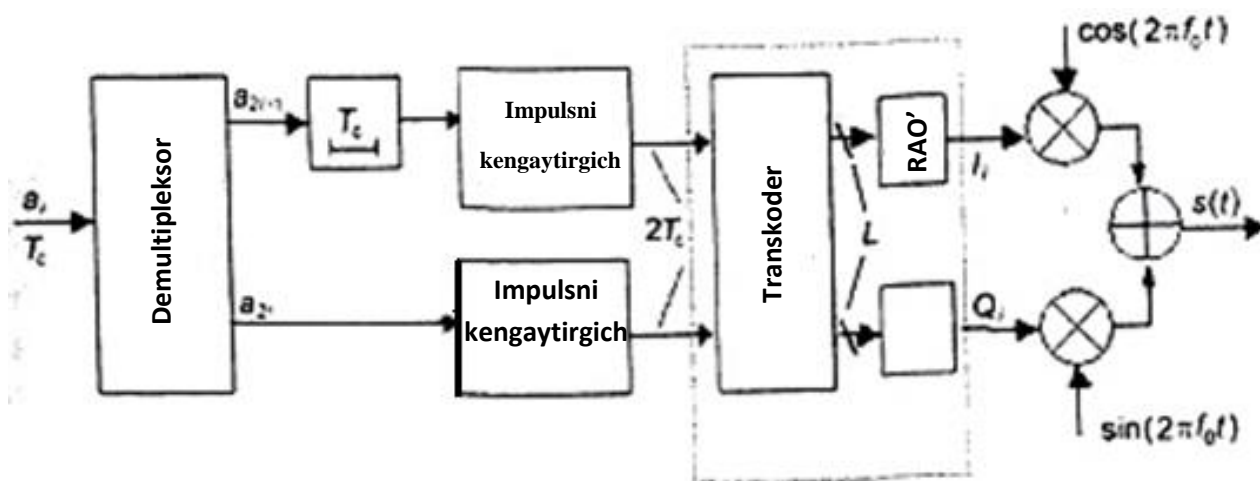


1.40- rasm. FM-8 radiosignallarni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi



Demultipleksor  $T_s$  davomiylidagi kirish axborot bitlari oqimini uchta nim ketma-ketliklarga taqsimlaydi, kechiktirish elementlari bu nim ketma-ketliklarni tekislaydi, kengaytirgichlar har bir simvolning davomiyligini kanal simvoli davomiyligini  $T_{ks} = 3T_s$  qiymatigacha oshiradi. Signalli kodlash bu holda FM-8 radiosignal kompleks ogʻmasining sinfaz va kvadraturali komponentlari qiymatlarini hisoblashga keltiriladi. Bu operatsiya signallar koderi orqali bajariladi, uning tarkibiga L-bitli soʻzlarli ikkita raqamli chiqishlarga ega boʻlgan transkoder kiradi, L-bitli soʻzlar RAOʻda koʻplikdan talab qilinadigan qiymatlarli analog qiymatlarga oʻzgartiriladi.

**$\pi/4$ -kvadraturali nisbiy fazaviy modulyatsiyalash.** Surilishli kvadraturali FM-4 va FM-4larda radiosignal oniy fazasining maksimal oʻzgarishlari mos ravishda  $180^\circ$  va  $90^\circ$  larga teng boʻladi. Hozirgi vaqtda  $\pi/4$ -kvadraturali nisbiy fazaviy modulyatsiyalash etarlicha keng ishlatiladi, bunda fazaning maksimal sakrashi  $135^\circ$ ga teng, radiosignal oniy fazasining barcha boshqa qiymatlari esa  $\pi/4$  qiymatga karrali boʻladi. Bu modulyatsiyalash usuli uchun hech bir fazaviy oʻtishlar traektoriyalari koordinatalar boshidan oʻtmaydi. Natijadan radiosignal ogʻmasi kvadraturali fazaviy modulyatsiyalashga qaraganda kam botiqliklarga ega boʻladi. Bunday radiosignalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi 1.41- rasmda keltirilgan.



1.41- rasm.  $\pi/4$ -kvadraturali nisbiy fazaviy modulyatsiyalangan radiosignalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi

$\{a_i, i = 1, 2, \dots\}$  axborot bitlari ketma-ketligi ikkita toq  $\{a_{2i-1}, i = 1, 2, \dots\}$  va juft  $\{a_{2i}, i = 1, 2, \dots\}$  nim ketma-ketliklarga

bo‘linadi, ulardan bitlar juftlab tanlanadi. Har bir yangi bitlar juftligi tashuvchi tebranishning fazasini 1.3-jadval qiymatlariga muvofiq  $\Delta\varphi_i$  qiymatga ortishini aniqlaydi.

Agar oldingi intervaldagi modulyatsiyalanmagan tashuvchi tebranishning fazasidan radiosignal fazasining og‘ishi uchun  $\varphi_{i-1}$  belgilash kiritilsa, u holda bu signal fazasining og‘ishi va joriy intervaldagi kompleks amplitudaning yangi qiymatlari quyidagi tengliklar orqali aniqlanadi:

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} + \Delta\varphi_i, \quad \dot{A}_j = Ae^{j\varphi_i}.$$

1.3- jadval.

Tashuvchi tebranishlar fazalarining o‘zgarishlari

Axborot bitlarining qiymatlari		Tashuvchi tebranishlar fazalarining ortishi, ( $\Delta\varphi_i$ )
$a_{2i-1}$	$a_{2i}$	
0	0	$\pi/4$
1	0	$3\pi/4$
1	1	$-3\pi/4$
0	1	$-\pi/4$

U holda bu signal kompleks og‘masining haqiqiy va hayoliy qismlari joriy  $2T_c$  davomiylikdagi vaqt intervalida quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\begin{aligned} I_i &= A\cos(\varphi_i) = A\cos(\varphi_{i-1} + \Delta\varphi) = A\cos(\varphi_{i-1})\cos(\Delta\varphi_i) - A\sin(\varphi_{i-1})\sin(\Delta\varphi_i) = \\ &= I_{i-1}\cos(\Delta\varphi_i) - Q_{i-1}\sin(\Delta\varphi_i); \end{aligned} \quad (1.10)$$

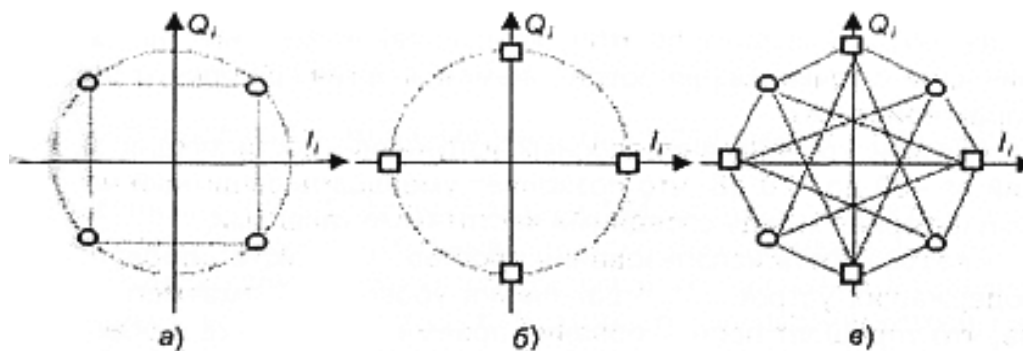
$$\begin{aligned} Q_i &= A\sin(\varphi_i) = A\sin(\varphi_{i-1} + \Delta\varphi) = A\sin(\varphi_{i-1})\cos(\Delta\varphi_i) + A\cos(\varphi_{i-1})\sin(\Delta\varphi_i) = \\ &= Q_{i-1}\cos(\Delta\varphi_i) + I_{i-1}\sin(\Delta\varphi_i). \end{aligned} \quad (1.11)$$

(1.10) va (1.11) ifodalarni kanallar simvollari kompleks amplitudalari qiymatlari uchun yaqqolroq shaklda ( $i - 1$ ) va  $i$  nomerlarli ikkita intervallarda quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{aligned} \dot{A}_i &= A\exp\{j\phi_i\} = A\exp\{j[\phi_{i-1} + \Delta\phi_i]\} = \\ &= A\exp\{j\phi_{i-1}\}\exp\{j\Delta\phi_i\} = \dot{A}_{i-1}\exp\{j\Delta\phi_i\}. \end{aligned} \quad (1.12)$$

So‘nggi ifodadan kelib chiqadiki,  $i$  nomerli intervaldagi fazaning qiymati  $(i - 1)$  nomerli intervaldagi radiosignal fazasining qiymatiga bog‘liq bo‘ladi. 1.3- jadvalga muvofiq, yangi qiymatlar  $\pi/2$  qiymatga karrali bo‘ladi.

1.42a- rasmda agar  $\varphi_{i-1} = k\pi / 2$  bo‘lsa,  $i$  nomerli interval uchun bo‘lishi mumkin signallar nuqtalari signallar turkumi tasvirlangan.



1.42- rasm.  $\pi/4$ -kvadraturali nisbiy fazaviy modulyatsiyalangan radiosignal signallar turkumi

$\varphi_{i-1} = k\pi / 2 + \pi / 4$  bo‘lgandagi o‘xshasha signallar turkumi 1.42b- rasmda tasvirlangan. Bu modulyatsiyalash usuli uchun umumiy signallar turkumi 1.42v- rasmda tasvirlangan. U 1.42a- rasmni 1.42b- rasmga qo‘yish yo‘li bilan olinadi

1.42v- rasmda o‘tishlar yo‘nalishlari ko‘rsatkichlari ko‘rsatilmagan, chunki har bir o‘tish uchun har ikkala tomonlarga yo‘nalishlar bo‘lishi mumkin.

Shuningdek bilish muhimki, bu modulyatsiyalash usulida har bir yangi axborot bitlari juftligi tashuvchi tebranishning to‘liq bo‘lmagan fazasini aniqlaydi, faqat  $i$  nomerli interval uchun bu fazaning  $(i - 1)$  nomerli intervaldagi kompleks og‘masi to‘liq fazasiga nisbatan ortishini aniqlaydi. Bunday modulyatsiyalash usullari nisbiy usullar deyiladi.

**Kvadraturali amplitudaviy modulyatsiyalash (KAM).** M-lik fazaviy modulyatsiyalashda tashuvchi tebranish amplitudasi va chastotasi aloqa seansi vaqtida o‘zgaras qoladi. Faqat har bir kanal simvolining boshlang‘ich fazasi o‘zgaradi.

Kvadraturali amplitudaviy modulyatsiyalashda har bir kanal simvolining amplitudasi qiymati va boshlang‘ich fazasi o‘zgaradi. Agar bu parametrlarning bo‘lishi mumkin qiymatlari diskret va yakuniy bo‘lsa, u holda bu modulyatsiyalash turi raqamli

modlyasiyalash hisoblanadi. Signalning bitta kanal simvolini bunday modulyatsiyalash usulida quyidagi ifoda orqali berish mumkin:

$$s_m(t) = A_m \cos(2\pi f_0 t + F_t) = \operatorname{Re}[A_m \operatorname{exr}\{jF_m\} \exp\{2\pi f_0 t\}], \\ (i-1)T_c < t \leq iT_c, \quad (1.13)$$

bu erda  $\dot{A}_m = A_m \operatorname{exr}\{jF_m\}$  – kanal simvolining kompleks amplitudasi,

$$t = 1, 2, \dots, M.$$

Bunday signalning signallar turkumini qurish uchun kompleks amplitudaning haqiqiy va hayoliy qismlarini ishlatish qulay:

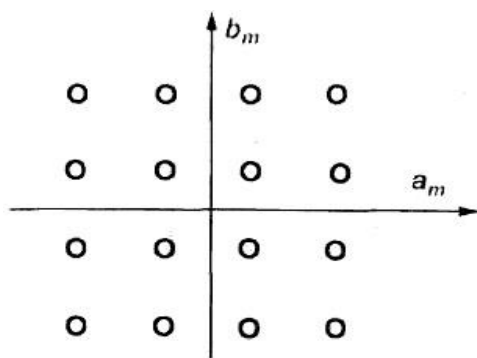
$$s_m(t) = A_{mi} \cos(2\pi f_0 t + F_t) = A_t \cos(F_m) \cos(2\pi f_0 t) + A_t \sin(F_m) \sin(2\pi f_0 t) = \\ = a_t \cos(2\pi f_0 t) + b_m \sin(2\pi f_0 t), \quad (I-1) < t \leq iT_c. \quad (1.14)$$

bu yerda  $a_m$  va  $b_m$  – KAM signal signallar turkumi  $t$ -nchi nuqtasining koordinatalari.

1.43-rasmda KAM-16 signallar turkumi tasvirlangan. Bu signalning turli kanallar simvollari turli energiyaga ega bo‘ladi, turli signallar nuqtalari orasidagi masofa turlicha bo‘ladi. Shuning uchun qabullagichda simvollarni chalkashtirish ehtimolligi turli simvollar uchun turlicha bo‘ladi.

Bunday signalning bitta kanal simvoli  $\log_2 M$  axborot bitlarini tashishi mumkin. Xususan,  $M = 16$  uchun  $t = 4$ ga ega bo‘lamiz. Shuning uchun agar haligacha bitta bitning davomiyligi  $T_s$  ga teng hisoblansa, u holda KAM signal bitta kanal simvolining davomiyligi  $T_{ks} = tT_s$  ga teng bo‘ladi. Natijada bu signalni shakllantirishda axborot bitlari oqimi  $m$  bitlardan bloklarga guruhlantirishi kerak bo‘ladi. Har bir blokka bitta kanal simvoli mosligi qo‘yilishi kerak. Bunday moslikning o‘rnatilishi signalli kodlash deyiladi.

1.43-rasmdagi signallar turkumi tugunlarida signallar nuqtalari joylashadigan kvadrat yoki kvadrat panjarasi shakliga ega bo‘ladi. Bu signallar turkumining yagona bo‘lishi mumkin shakli emas. Signallar turkumi, masalan, xoch, aylana shakliga bo‘lishi mumkin, bu ko‘pincha katta  $M$  qiymatlarida zarur bo‘ladi. Zamonaviy aloqa tizimlarida bu parametrning qiymati 1024 dan ortiq bo‘lishi mumkin.



1.43- rasm. M-lik KAM signal ( $M = 16$ ) uchun signallar turkumi

Katta  $M$  qiymatlarida signalli turkumlar bo'lishi mumkin koordinatalari ko'pligini signallar nuqtalarini koordinatalar boshidan nomerlash bilan butun sonlar yordamida berilishi oddiy bo'ladi. Masalan, 1.43-rasmdagi kvadrat signallar panjarasi uchun koordinatalar boshiga yaqin nuqtalar koordinatalari uchun  $a_{min}$  va  $b_{min}$  belgilashlarni kiritish mumkin. U holda agar barcha qo'shni nuqtalar o'zaro har bir o'q bo'yicha bir xil masofalarga ega bo'lsa, u holda qolgan nuqtalar koordinatalarini quyidagi munosabatlar yordamida yaqindagi nuqtalar kordinatalari qiymatlari orqali ifodalash mumkin:

$$a_k = \pm k a_{min}, \quad b_l = \pm l b_{min},$$

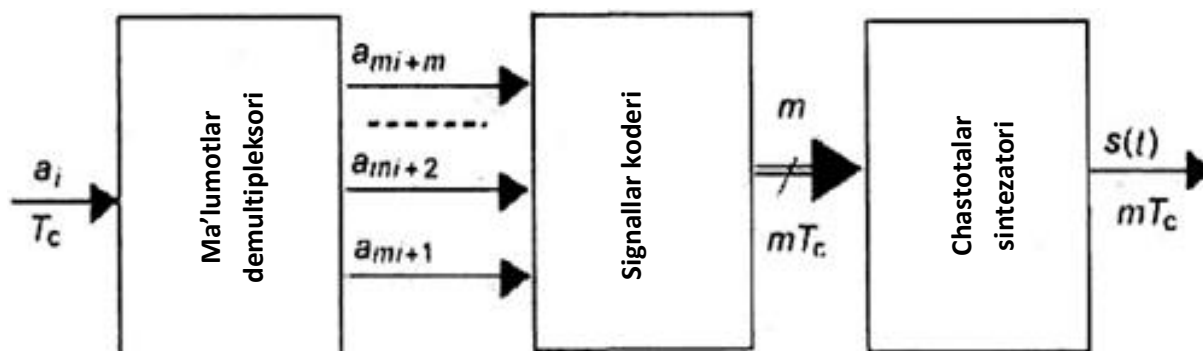
bu yerda  $k$  va  $l$  indekslar butun sonli qiymatlarni qabul qiladi.

Masalan, 1.43-rasmdagi signallar turkumi uchun indekslar qiymatlari  $\{-3, -1, +1, +3\}$  ko'plikka tegishli bo'ladi. Bu signallar turkumi barcha nuqtalaririning birligi matritsa yordamida berilishi mumkin:

$$\{k, l\} = \begin{bmatrix} (-3,+3) & (-1,+3) & (+1,+3) & (+3,+3) \\ (-3,+1) & (-1,+1) & (+1,+1) & (+3,+1) \\ (-3,-1) & (-1,-1) & (+1,-1) & (+3,-1) \\ (-3,-3) & (-1,-3) & (+1,-3) & (+3,-3) \end{bmatrix}.$$

1.44- rasmda KAM signalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi tasvirlangan. Bu sxema deyarli 1.40- rasmda

tasvirlangan FM-8 signalni shakllantirish qurilmasidagi elementlarga ega bo‘ladi.



1.44- rasmda M-lik KAM signalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasi

Bu signal spektrining kengligi taxminan M-lik FM signaldagi kabi bo‘ladi. Lekin bu modulyatsiyalash usuli uzatiladigan bir bitga xatoliklar kam ehtimolligini ta‘minlashi mumkin va shuning uchun ba‘zan avzal bo‘lishi mumkin. Lekin nazarda tutish kerakki, KAM signal o‘zgarmas amplitudaga ega emas, u holda bu modulyatsiyalash usulining qo‘llanilishi uzatish kanalining chiziqliligiga talablarning ortishi bilan bo‘ladi.

### Nazorat savollari

1. Radioaloqani tashkil etilishi prinsipini tushuntiring, bir tomonlama va ikki tomonlama radioaloqaning tuzilish sxemalarini keltiring?
2. Simpleks, yarim dupleks va dupleks radioaloqa qanday tashkil etiladi?
3. Radioreleli radioaloqa tizimlari qanday tashkil etiladi?
4. Sun‘iy yo‘ldoshli radioaloqa tizimlari qanday tashkil etiladi?
5. Radiochatotalarning tasniflanishini keltiring va radioaloqa liniyasi tashuvchi chastotasini tanlash qanday amalga oshiriladi?
7. Radioto‘lqinlarni tarqalishi qanday umumiy qonunlarga bo‘ysunadi?
8. Qanday uzunlikdagi to‘lqinlar UQT diapazoniga kiradi va ular qanday tarqaladi?
9. Radioqabullashga qanday halaqitlar mavjud?

10. Antennaga umumiy tushuncha bering.
11. Izotrop nurlantirgich va simmetrik vibrator deganda nima tushuniladi?
12. Fazaviy manipulyasiyalashni talqin etilishini keltiring va tushuntiring.
13. FM-8 radiosignalni shakllantirish prinsipini tushuntiring va qurilmaning funksional sxemasini keltiring.
14.  $\pi/4$ -kvadraturali nisbiy fazaviy modulyasilangan radiosignalni shakllantirish qurilmasining funksional sxemasini keltiring va tushuntiring.
15. Kvadraturali amplitudaviy modulyasiyalashni tushuntiring.

## 2- Bob. MOBIL RADIOTELEFON ALOQASI

### 2.1. Sotali aloqa tizimlarining rivojlanishi

Barcha xohlovchilarga xizmatlarni taqdim etgan birinchi radiotelefon aloqasi tizimi o'z ishlashini 1946 yilda Sent-Luis (AQSh) shahrida boshlagan. Bu tizimda qo'llanilgan radiotelefonlar oddi qayd etilgan kanallarni ishlatgan. Agar kanal band bo'lsa, u holda abonent qo'lda boshqa bo'sh kanalga qayta ulangan. Apparatura ishlatishda juda katta noqulay bo'lgan. Markaziy radiobog'lama juda katta quvvatli yuqori chastotali signallarni 100 kmga uzatgan. Xizmat ko'rsatish eng yaxshi holda mos bo'lgan. Telefon tizimi 40 MGs chastotalar polosalari kengligi chastotaviy modulyatsiyalash tamoyili bo'yicha ishlaydigan 11 ta kanallarni taqdim etgan. Keyin mos ravishda 152- va 454-MGs chastotalar polosalari kengligi 11 va 12 ta kanallarni egallaydigan ikkita yaxshilangan (IMTS-MJ va -MK) tizimlari taqdim etilgan. Chastotaviy modulyatsiyalash texnologiyasi va undan foydalanish takomillashtirilgan, radiokanallar torroq bo'lgan. Eng oldingi mobil telefonlarga 3kGs chastotali ovoz signalini uzatilishi uchun 120 kGs chastotalar spektri zarur bo'lgan

Texnikaning rivojlanishi bilan radiotelefon aloqasi tizimlari takomillashib bordi, qurilmalarning hajmlari kamaydi, yangi chastotalar diapazonlari o'zlashtirildi, asosiy va kommutatsion qurilmalar yaxshilandi, xususan, bo'sh kanalni avtomatik tanlash funksiyasi (trunking) paydo bo'ldi. Lekin radiotelefon aloqasiga juda katta ehtiyojlarda muammolar ham vujudga keldi [1,6].

Ulardan eng asosiysi chastotalar resursining cheklanganligi bo'ldi, ma'lum chastotalar diapazonida qayd etiladigan chastotalar soni cheksiz ortishi mumkin emas, shuning uchun ishchi kanallar chastotalari bo'yicha yaqin bo'lgan radiotelefonlar o'zaro halaqitlarni hosil qila boshlaydi.

Turli davatlardan olimlar va muhandislar bu muammoni yechishga urinishdi. 40-nchi yillarning o'rtalarida AT&T Amerika kompaniyasining Bell Laboratories tadqiqotlar markazi butun xizmat ko'rsatiladigan terrioriyani uncha katta bo'lmagan oraliqlarga bo'lib chiqish g'oyasini taklif etdi, bu oraliqlar *sotalar* (ingl. *Cell* – yacheyka, sota) deyila boshlandi. Har bir sota cheklangan ishlash radiusli va qayd etilgan chastotali uzatkichlar orqali xizmat ko'rsatishi kerak bo'ldi. Bu hech qanday o'zaro halaqitlarsiz o'sha bir chastotani



boshqa yacheykada takroran ishlatilishiga imkon berdi. Lekin bunday aloqani tashkil etilishi tamoyili apparatli ishlatilishiga 30 yildan ortiq vaqt sarflandi. Binobarin, bu yillarda sotali aloqa tamoyilini ishlab chiqish turli davlatlarda o'sha bir yo'nalish bo'yicha olib borildi.

Mobil telefoniya va PMR (private dispatched mobile radio-personal mobil radioaloqa) xavfsizligini yaratish bo'yicha urinishlar Aloqa Federal Qo'mitasiga (FCC) yuklangan, u qator radiouzatish xizmatlarini eng ijtimoiy ma'sul sifatida ko'rib chiqdi. Siyosiy ta'sir 1968 yilda qo'mita mobil telefoniya ehtiyojlari uchun 70-83 yuqori chastotali telekanallarni (800 MGs chastotalar polosalari kengligi) ishlatilishi imkoniyatlarini ko'rib chiqishga rozi bo'lganida mobil telefoniya va PMRning ommaviyligini ortishiga ko'maklashdi. Bu vaqtga kelib AQShda 70 000 dan ortiq mobil telefonlar foydalanuvchilari bo'lgan.

1971 yilda AT&T Bell Laboratories, Murray Hill, N.J. mobil telefon tizimining afzal arxitekturasi sifatida sotali tizim konsepsiyasini (AMPS) taklif etdi. G'oya qiziqtiradigan bo'lgan va asosiy stansiyani tog'ni tepasiga katta balandlikka, pastroq quvvatli nusxalarini yerga yaqin keng tekisliklarga joylashtirish bo'lgan. Har bir yacheyka jamlanma radioqurilmalar nusxalari bo'lgan, ularning aloqa liniyalari kanallari yuklamasi mo'ljallangan boshqarish kanallari bo'yicha kontrollerning komandalari jamlanmasidan o'tgan.

Sotali konsepsiya oddiy chastota-jamlash qurilmasiga fazoviy o'lchashni qo'shgan. Tekis past quvvatli yacheykalar qayta ulovchi markaz va boshqarish funksiyasi orqali bog'langan.

Har bir yacheykanining ishlash sohasini kamaytirish chastotalarni takrorlanishini talab qilgan. O'sha bir radiokanallar to'plamini ishlatadigan yacheykalar, agar ular bir-birlaridan yetarlicha yaqin masofalarda bo'lsa, o'zaro aralashuvni oldini ola olgan. Yacheykalarning aralashuvi ular orasidagi masofaga emas, balki bu masofaning yacheykaning radiusiga nisbati koeffitsientiga proporsional bo'ladi. Yacheyka radiusi uzatkichning quvvatiga proporsionl bo'lganidan keyin tizim ishlab chiquvchilari mijozlar uchun zarur bo'ladigan radiokanallar sonini aniqlashda katta erkin ishlashga ega bo'ldi. Ko'p sonli radiokanallar tizimga oddiy yacheykaning uzatish quvvatini kamaytirish, yacheykaning o'lchamlarini kamaytirish va bo'sh sohalarni yangi yacheykalar bilan to'ldirish orqali qo'shilishi mumkin bo'ldi.

70- yillarning oxirida 5ta Shimoliy Yevropa davlatlari - Shvetsiya, Finlyandiya, Islandiya, Daniya va Norvegiya uchun yagona sotali aloqa standartini yaratish bo'yicha ishlar boshlandi. U NMT-450 (Nordic Mobile Telephone) nomini oldi va 450 MGs diapazonda ishlash uchun mo'ljallandi. Bu standartning birinchi sotali aloqa tizimlarini ishlatish 1981 yilda boshlandi. Lekin bundan bir oy oldin NMT-450 standartining sotali aloqa tizimi Saudiya Arabistonida ishlatila boshlandi.

NMT-450 standarti va uning modifikatsiyalangan versiyalari asosidagi tarmoqlar Avstriya, Gollandiya, Belgiya, Shveysariya, shuningdek Janubiy-Sharqiy Osiyo va Yaqin Sharq davlatlarida keng ishlatila boshlandi. 1985 yilda bu standart asosida 900 MGs diapazondagi NMT-900 standarti ishlab chiqildi, u tizimning funksional imkoniyatlarini kengaytirishga va tizimning abonentlar sig'imini oshirishga imkon berdi.

1983 yilda AQShda, Chikago tumanida qator muvaffaqiyatli dala sinovlaridan keyin AMPS (Advanced Mobile Phone Service) standarti tarmog'i tijorat ishlatilishiga kiritildi bu standart Bell Laboratories tadqiqotlar markazida yaratildi.

1985 yilda Buyuk Britaniyada milliy standart sifatida AMPS Amerika standarti asosida ishlab chiqilgan TACS (Total Access Communications System) standarti qabul qilindi. 1987 yilda Londondagi sotali aloqa abonentlari sonining keskin ortishi bilan ishchi chastotalar polosasi kengaytirilgan. Bu sotali aloqa standartining yangi versiyasi ETACS (Enhanced TACS) nomini oldi.

Boshqa davlatlardan farqli ravishda Fransiyada 1985 yilda Radiocom-2000 standarti qabul qilindi. 1986 yilda Skandinaviya davlatlarida NMT-900 standarti qo'llana boshlandi.

Barcha yuqorida sanab o'tilgan standartlar analog hisoblanadi va sotali aloqaning birinchi avlodiga kiradi. Turli sotali aloqa standartlarining ishlatilishi va ajratilgan chastotalar diapazonlarining o'ta yuklanishi uning keng qo'llanilishiga to'sqinlik qila boshladi. Ayrim hollarda o'sha bir telefon bo'yicha hatto ikkita qo'shni davlatlarda (ayniqsa Yevropada) bo'lgan abonentlarga so'zlashish o'zaro halaqitlar tufayli mumkin bo'lmay qoldi. Abonentlar sonini oshirish faqat ikkita yo'llar - chastotalar diapazonini kengaytirish (masalan, Buyuk Britaniyada ETACS bilan amalga oshirilganidek) yoki o'sha bir chastotlarni ancha tez-tez ishlatilishiga imkon beradigan oqilona chastotaviy rejalashtirishga o'tish bilan mumkin bo'ldi.

Aloqa va signallarga ishlov berish sohasidagi yangi texnologiyalar va ilmiy kashfiyotlar 80- yillarning oxirlarida sotali aloqa tizimlarini rivojlanishining yangi bosqichiga – signallarga raqamli ishlov berish usullariga asoslangan ikkinchi avlod tizimlarini yaratishga imkon berdi.

900 MGs diapazon ajratilgan yagona evropa sotali aloqa raqamli standartini ishlab chiqish maqsadida 1982 yilda 26 ta davlatlar aloqa ma'muriyatlarini birlashtirgan Evropa Pochta va Elektr aloqa Ma'muriyatlari Konferensiyasi (*SERT*) tashkiloti *Groupe Special Mobile* maxsus guruhini tashkil etdi. GSM qisqartmasi yangi standartga nom berdi (keyinroq bu standartning butun dunyoda keng tarqalishi bilan GSM Global System for Mobile Communications sifatida yoyila boshlandi). Bu guruhning ishlari natijasi 1991 yilda e'lon qilingan GSM standarti sotali aloqa tizimlariga talab bo'ldi, ularda etakchi ilmiy-texnik markazlarning eng zamonaviy ishlanmalari ishlatildi. Ularga, xususan, kanallarni vaqt bo'yicha ajratish, xabarlarini shifrlash va abonentlar ma'lumotlarni himoyalash, blokli va o'rama kodlash, yangi GSMK (Gaussian Minimum Shift Keying) modulyatsiyalash turini ishlatilishi kiradi.

1990 yilda AQShda aloqa sohasidagi Amerika Sanoat Uyushmasi TIA (Telecommunications Industry Association) raqamli sotali aloqa milliy IS-54 standartini tasdiqladi. Bu standart D-AMPS yoki ADC qisqartmasi ostida ma'lum. Yevropadan farqli ravishda AQShda yangi chastotalar diapazonlari ajratilmadi, shuning uchun tizim oddiy AMPS bilan umumiy chastotalar polosasida ishlashi kerak bo'ldi.

Bir vaqtda Qualcomm Amerika kompaniyasi shovqinsifat signallar va kanallarni kodli ajratish texnologiyasi - CDMAga (Code Division Multiple Access) asoslangan yangi sotali aloqa standarti aktiv ishlab chiqishni boshladi.

1991 yilda yevropada GSM standarti asosida yaratilgan DCS-1800 (Digital Cellular System 1800 MGs) standarti paydo bo'ldi. Buyuk Britaniyada konsepsiyada aytilgan PCNni ishlab chiqish uchun bu standartni asos sifatida qabul qildi, bu yer sharining qit'alari bo'ylab zafarli yurishining boshlanishi bo'ldi.

Evropa va AQShdagi sotali aloqaning rivojlantirishdan Yaponiya ham ortda qolmadi. Bu davlatda o'zining ko'rsatkichlari bo'yicha D-AMPS Amerika standartiga yaqin bo'lgan o'z sotali aloqa JDC (Japanese Digital Cellular) standarti ishlab chiqildi. JDC

standarti 1991 yilda Yaponiya Pochta va Aloqa Vazirligi tomonidan tasdiqlangan.

1992 yilda Germaniyada birinchi tijorat GSM standarti sotali aloqa tizimi ishga tushirildi.

1993 yilda AQShda TIA aloqa sohasidagi Amerika Sanoat Uyushmasi qator muvaffaqiyatli sinovlardan keyin CDMA standartini ichki raqamli sotali aloqa standarti sifatida uni IS-95 nomlash bilan qabul qildi. 1995 yilning sentyabrida Gongkongda birinchi IS-95 standarti tarmog'ining tijorat ishlatilishi ochildi. Buyuk Britaniyada birinchi DCS-1800 One-2-One tarmog'i ishga tushirildi, u hozirda 500 mingdan ortiq abonentlarga ega.

O'zbekistonda Toshkent shahrida birinchi NMT-450 standarti paydo bo'ldi. Keyin qabul qilingan quruqlikdagi harakatdagi aloqa tarmoqlarini rivojlantirish konsepsiyasi milliy ko'lamlarda sotali aloqani keyingi rivojlantirishga kuchli turtki bo'ldi. Va agar NMT va keyin standartlarini joriy etilishi bilan O'zbekiston o'n yilga ortda qolgan bo'lsa, u holda GSM standartini milliy standart sifatida e'lon qilinishi bu vaqt farqini taxminan uch yilgacha qisqartirdi.

Rivojlangan jahon texnologiyalariga aniq yo'nalish olish O'zbekistonga zamonaviy harakatdagi sotali radioaloqa tizimlarini rivojlantirishda jahonning etakchi davlatlaridan ortda qolmaslik imkoniyatini beradi. O'zbekiston CDMA standartini joriy etish bo'yicha ham ortda qolayotgani yo'q.

Harakatdagi sotali radioaloqa tizimlarini keyingi rivojlantirish uchinchi avlod tizimlari (3G) loyihalarini yaratish doirasida amalga oshirilmoqda.

3G bu IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) qisqartmasi ostida beshta W-CDMA, CDMA2000, TD-CDMA/TD-SCDMA, DECT, UWC-136 standartlarni birlashtiradigan mobil raqamli aloqa standarti hisoblanadi. Yuqorida sanab o'tilgan 3G tarkibiy qismlaridan faqat birinchi uchtasi uchinchi avlod to'laqonli sotali aloqa standartlari hisoblanadi, DECT va UWC-136 esa yordamchi rolni o'ynaydi. DECT bu uchinchi avlod mobil texnologiyalari doirasida bu tarmoqlarga qaynoq ulanish nuqtalarini (xot-spotlarni) tashkil etish uchun uy yoki ofis maqsadlaridagi simsiz telefoniya standarti hisoblanadi. UWC-136 standarti bu EDGE texnologiyasiga o'xshash bo'lib, 2,5G tarmoqlarga kiradi.

3G mobil aloqa haqida taraqqiyot timsoli sifatida ko'p aytilmoqda, lekin 4G deyiladigan sotali aloqaning keyingi avlodi oldinga intilmoqda.

4G oilasiga 100 Mbit/sekunddan ortiq tezlikli sotali tarmoqlarda ma'lumotlarni uzatishga imkon beradigan texnologiyalar kiradi. Keng tushunishda 4G bu paketli kommutatsiyalash, ko'p darajali modulyatsiyalash, adaptiv modulyatsiyalash va kodlash, tarmoqning abonentlari orasida chastota-vaqt resurslarini dinamik taqsimlash, IP-interfeyslar, qabul qilish va uzatishda ko'p antennali ajratish, bog'lanishning berilgan sifatini kafolatli ta'minlash va boshqalar kabi mobil aloqaning tamoyilial yangi konsepsiyalarini jamlaydigan sotali aloqa tizimlarining nomlanishi hisoblanadi. To'rtinchi avlod aloqa tizimlarida ma'lumotlarni uzatish asosiy servis turi hisoblandi, ovozni uzatish esa ma'lumotlarni uzatish kanalida IP-telefoniya tamoyili bo'yicha ishlatiladi.

Jahonda mavjud bo'lgan to'rtta mobil aloqa avlodlariga 2020 yilda beshinchi avlodning qo'shilishi kutilmoqda [7]. Hozirgi vaqtda olib borilayotgan dasturlarda beshinchi avlod standartining qiyofasi ishlab chiqilmoqda. Shuning uchun 5Gga aniq tavsif berish hozircha mumkin emas, faqat 2020 yildan keyin mobil tarmoqlar qanday bo'lishini taxmin qilish mumkin.

Katta ehtimollikda 5G tarmoqlari ko'p sonli turli tarmoqlardan iborat bo'ladi va ulardan ko'pchiligi "doimo onlayn" rejimida ishlaydi. Bunda tarmoqning eng muhim talablaridan biri qurilmalarning past energiya iste'molini ta'minlash bo'ladi.

5G tarmoqlarga shakllantirilgan umumiy talablar sifatida quyidagilarni hisoblash mumkin:

- tarmoqning o'tkazish qobiliyati 10 Gbit/sekunddan yuqori bo'lishi kerak;
- bir km<sup>2</sup>ga 100 milliontagacha qurilmalarni bir vaqtda ulanishini qo'llash;
- radiointerfeysga ma'lumotlarni uzatilishining 1 msdan ortiq bo'lmagan kechikishi.

5G tarmoqlarda quyidagi xizmatlar ko'rsatilishi kutilmoqda:

- o'ta keng polosali mobil aloqa (Extreme Mobile Broadband, xMBB) - "og'ir" kontentni uzatish maqsadida ultra keng polosali aloqaning ishlatilishi;

- ommaviy mashinalararo aloqa (Massive Machine-Type Communications, mMTC) – Internet-ashyolarni qo‘llash (ultra tor polosali aloqa);

- o‘ta ishonchli mashinalararo aloqa (Ultra-reliable MTC, uMTC) - juda kichik kechikishlarli alohida xizmatlar turini ta‘minlash.

5G doirasida turli tashkilotlar tomonidan o‘tkaziladigan tadqiqotlar ishlari asosan yangi radiointerfeysni qidirishga qaratilgan. Uning spektral samaradorligini to‘rtinchi avlod (4G) tarmoqlaridagiga qaraganda 3 marta oshirish rejalashtirilmoqda, bu o‘sha bir polosaning kengligida 3 marta ko‘p ma‘lumotlarni o‘tkazilishini bildiradi, ya‘ni 1 Gsga 6 bit/sekundni tashkil etadi. Bundan tashqari, yangi radiointerfeys tez moslashuvchan, oson konfiguratsiyalanadigan va 4G va 3G tarmoqlar bilan teskari moslashuvchan bo‘lishi kerak [8].

## **2.2. Mobil radioaloqa tizimlarida tasniflash, qurish tamoyillari va chastotaviy rejalashtirish**

**Mobil radioaloqa tizimlarining tasniflanishi.** Ehtiyoj yildan-yilga ortib borayotgan harakatdagi obyektlar bilan radioaloqa tizimlari shartli ravishda quyidagicha bo‘linadi:

- personal radiochaqiruv tizimlari (Paging Systems);
- harakatdagi radioaloqa professional (xususiy) tizimlari (PMR, PAMR);
- harakatdagi sotali radioaloqa tizimlari (HSAT – Cellular Radio Systems);
- simsiz telefonlar tizimi (Cordless Telephony);
- ESYdan foydalaniladigan personal aloqa tizimlari.

Personal mobil aloqa birinchi tizimlaridan biri deb «Multiton» personal chaqiruv tizimini hisoblash mumkin. Bu tizimda dispetcher xodimni personal qabullagich bo‘yicha chaqiradi. Akustik chaqiruvni olishi bilan xodim TLFni topadi va dispetcherga qo‘ng‘iroq qiladi.

Servisning navbatdagi darajasi xodim nafaqat chaqiruvni qabul qiladi, balki individual qabullagining displeyida chaqiruvchi abonentning TLF nomerini ko‘radi, lekin u bilan faqat statsionar TLF (Paging Systems) orqali bog‘lanish mumkin bo‘ladi.

Bunday tizimning oliy darajasi tizimning ichidagi individual radiotelefondan so‘zlashuvlarni amalga oshirishga va dispetcher orqali umumiy TLF tarmog‘iga chiqish imkoniyatini beradi. Bunday tizimlar

bilan (PMR, PAMR) korxonalar, shifoxonalar, ishlab chiqarish komplekslari va boshqalar jihozlanadi. RMR abonentlar radio qamrab olish zonalari chegaralarini kesib o'tganida aloqaning uzluksizligini ta'minlamaydigan xususiy harakatdagi radioaloqa tizimlari sifatida tushunadi, avtomatik roumingga ega emas, boshqa tizimlar abonentlariga mavjud aloqa xizmatlari to'plamini, shu jumladan to'lov masalalarini kafolatlamaydi. RMRdan farqli ravishda RAMR harakatdagi abonentlarni umumiy foydalanishdagi telefon tarmoqlari abonentlari bilan bog'lanishini ta'minlaydi.

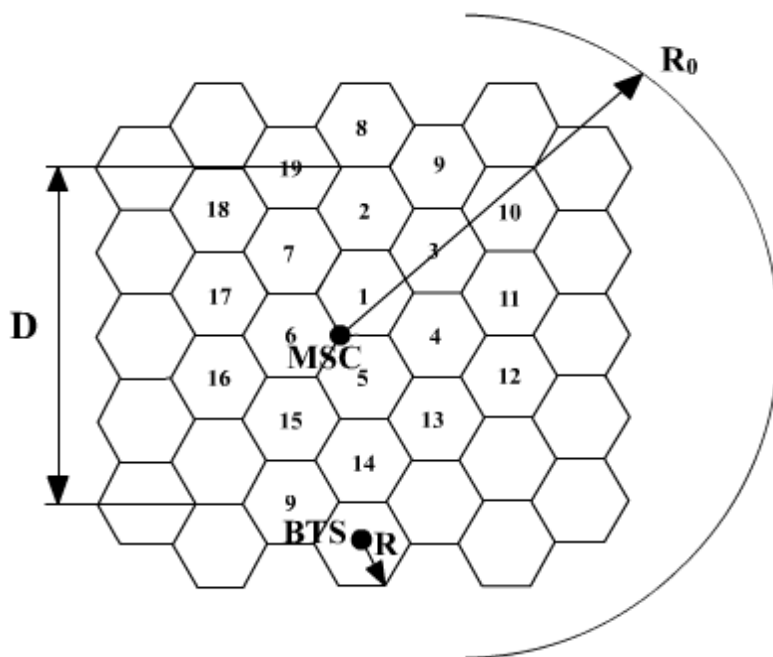
Harakatdagi tizimlarni loyihalashtirishdagi asosiy kuchlar radiotelefon xabarlarini qabul qilish yuqori yuqori halaqitbardoshligini ta'minlashga yo'naltirildi, shuning uchun bu yo'nalishda ma'lum yutuqlarga erishildi, ular harakatdagi radioaloqani qabul qilinadigan ma'lumotlarning sifati bo'yicha simli TLF aloqa darajasiga yaqinlashtirdi. Bu harakatdagi radioaloqaga ajratilgan chastotalar resursi radioabonentlarning ommaviy oqib kelishi tufayli tugashiga olib keldi, bu ishlab chiquvchilarni yuqori o'tkazish qobiliyatli tizimlarni yaratish va ajratilgan chastotalar spektridan samarali foydalanish sohasida jadal tadqiqotlarni olib borishga undadi. Bu nisbatda tamoyilial yangi qurish tuzilmaga va aloqani tashkil etilishiga ega bo'lgan, aynan ko'plab bazaviy stansiyalar (BTS) yagona tarmoqqa birlashtiradigan sotali harakatdagi aloqa tizimlari (HSAT) eng istiqbolli deb tan olindi. Harakatlanish vaqtida abonent stansiyasi (MS) bitta BTSdan boshqasiga, uning komandalari bo'yicha avtomatik qayta ulanish bilan "estafetali uzatiladi", bu aloqaning uzluksizligini ta'minlaydi. HSATda ajratilgan chastotalar kanallari bir-birlaridan zarur himoya masofasiga ajratilgan yacheykalarda abonentlar orqali ko'p karrali ishlatiladi. Bunday qurish tamoyilida aktiv chastotalar kanallari soni ortadi, bu yuqori o'tkazish qobiliyatini va chastotalar spektridan yanada samarali foydalanishni (Cellular Radio Systems) ta'minlaydi

**Sotali aloqa konsepsiyasi va qurish tamoyillari.** 1947 yilda Bell laboratories birinchi marta sotali aloqani qurish tamoyilini taklif etdi. Uning ma'nosi shundan iboratki,  $R_0$  radiusli butun xizmat ko'rsatiladigan zona (hudud)  $R$  radiusga ega bo'lgan yacheykalarga shartli bo'linadi. Yacheykaning ideal shakli aylana, lekin maydonlar va o'zaro ta'sirlarni hisoblash oddiy bo'lishi uchun asosga to'g'ri olti burchaklik olingan. Real jihatdan yacheyka joyning reliefi, qurilishlar

va boshqa omillarning ta'siri tufayli noto'g'ri aylana shakliga ega bo'ladi (2.1-rasm) [1,6,10].

Yacheykalarda bo'lgan harakatdagi abonentlarga BTSlar xizmat ko'rsatadi, ular har bir MSga undan chaqiruv kelganida bo'sh chastotalar kanalini taqdim etadi. Barcha BTSlar kommutatsion tizim yordamida bir-birlari bilan ulanishi mumkin, shuningdek oddiy TLF tarmoqqa chiqishga ega bo'ladi.

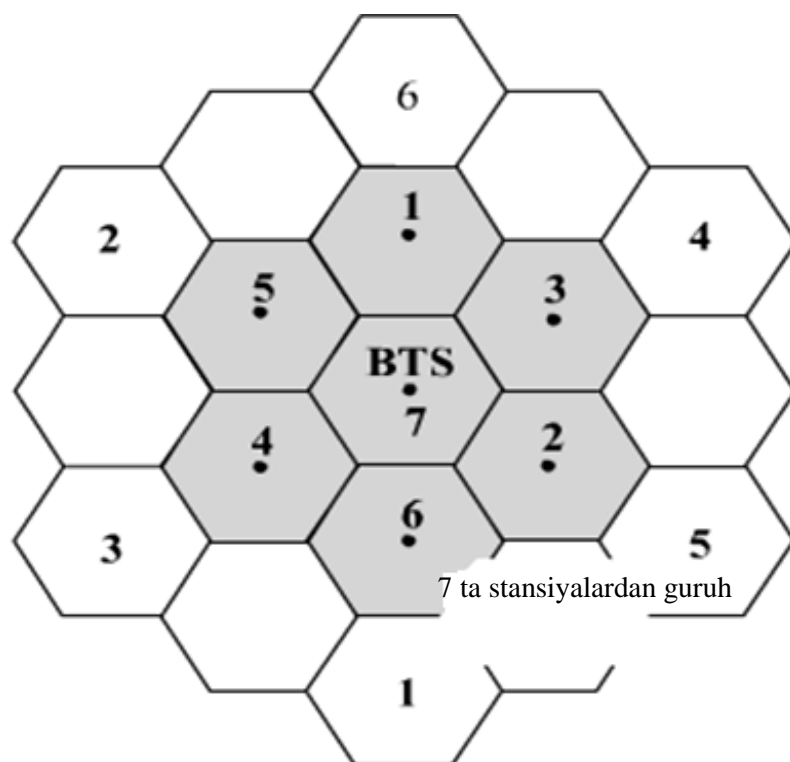
Kommutatsion tizim MS ko'rinishida jamlangan yoki taqsimlangan bo'lishi mumkin, bu bunday xizmat ko'rsatish turiga dastlabki xarajatlarni kamaytirishga imkon beradi. Taqsimlangan holda kommutatsiyalash tugunlari BTSga o'rnatiladi. Qabul qilish-uzatish qurilmalari bilan jihozlangan har bir BTS orqali chastotalar kanallari to'plami beriladi, binobarin, himoya intervali bilan ajratilgan har bir BTSlarda o'sha bir kanallar takroran ishlatiladi, bu HSATning asosiy tamoyili bo'lib, u tizimning yuqori chastotaviy samaradorligini aniqlaydi. Turli chastotalar kanallarini ishlatadigan yonma-yon BTSlar S stansiyalardan guruhni hosil qiladi (2.2- rasm).



2.1- rasm. HSAT xizmat ko'rsatish hududi

S qiymat tizimning chastotaviy parametri (klasteri) hisoblanadi va SHATning bo'lishi mumkin kanallari sonini aniqlaydi.





2.2-rasm. Yonma-yon stansiyalar guruhi

Agar har bir BTSda to'plam  $F_k$  polosasi kengligi  $L$  kanallardan tashkil topsa, u holda HSATning uzatish yo'nalishidagi polosasining umumiy kengligi  $F_c = F_k \ell C$  ni tashkil etadi.  $R_0$  radiusli xizmat ko'rsatish hududidagi BTSlar soni ( $L$ ) taxminan quyidagicha aniqlanadi:

$$L = 1,21 (R_0/R)^2$$

U holda butun xizmat ko'rsatish hududidagi aktiv abonentlar soni  $N = L \ell$  kabi, chastotalar spektridan foydalanish samaradorligi esa quyidagicha aniqlanadi:

$$G = N/F_c = L/F_k S = 1,21 R_0^2 / F_k C R^2$$

ya'ni u  $\ell$  to'plamdagi kanallar soniga bog'liq bo'lmaydi va yacheykaning  $R$  radiusi kamayishi bilan ortadi. Bu yerdan kelib chiqadiki, yacheykaning  $R$  radiusi qanchalik kichik bo'lsa, chastotalarni shunchalik tez-tez takrorlash, ya'ni ulardan bir vaqtda

foydalanish mumkin bo‘ladi. Bundan tashqari, S chastota parametrining kichikroq qiymatini tanlash kerak bo‘ladi.

Yacheykalarining shakli olti burchakli shaklga ega bo‘lganida S kattalik va D interval (takrorlanadigan chastotalar orasidagi interval) orasidagi optimal nisbat o‘z o‘rniga ega bo‘ladi:

$$C=(D/R)^2/3$$

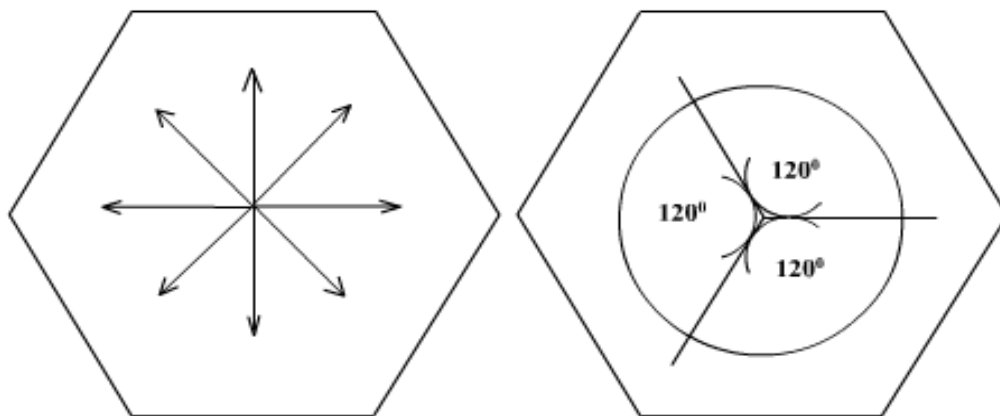
Bundan tashqari. yacheykalarining shakli olti burchakli shakli MS uzatkichining cheklangan quvvatili va chastotalar kanallarining taqsimlanishini tizimlashtirish imkoniyatli tizimdagi doiraviy zonaning eng yaxshi approksimatsiyalanishini ta‘minlaydi.

Ko‘rib chiqilgan hududni ikki o‘lchamli qamrab olish sxemasi yacheykalarni bitta uzun liniya bo‘ylab chiziqli joylashishi sxemasidan biroz farqlanadi. Chiziqli joylashish tizimlarni radial yo‘nalishda, masalan, avtomagistrallar bo‘ylab qurishda eng katta qiziqishni uyg‘otadi. Bunda chastotalar kanallarining minimal zarur soni  $S = D/2R$  sifatida aniqlanadi.

Ishlatish tajribasi va hisoblashlar ko‘rsatadiki, R va D/R nisbatni kamaytirish HSATda yuqori o‘tkazish qobiliyati va chastotaviy samaradorlikka erishishga imkon beradi. Lekin, yacheyka radiusini o‘ta kamaytirish abonentlarning harakatlanishida yacheykalarining shartli chegaralarini kesishilari sonini keskin ortishiga olib keladi. Shunga ko‘ra, ishlov berishni talab qiladigan ma‘lumotlar oqimi ortadi, bu boshqarish va kommutatsiyalash nimitizimlarining o‘ta yuklanishiga va buning natijasida tizimning rad etishiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, R ning kichik qiymatlarida real joy sharoitlaida BTS antenasining aniq joylashishidan og‘ishi o‘z o‘rniga ega bo‘lishi mumkin. Hisoblashlar ko‘rsatadiki,  $R = 1,6$  km da BTS antenasining geometrik markazga nisbatan chorak radiusga surilishi BTS qabullagichi kirishidagi signal/shovqin nisbatini 10 % ga kamayishiga olib keladi.

D/R qiymat o‘zaro halaqitlarning berilgan sathi orqali aniqlanadi, D/Rning kichik qiymatlarida qabul qilishning yuqori halaqitbardoshligini saqlashga yo‘naltirilgan maxsus choralarn ko‘rish talab qilinadi. Halaqitbardosh qabul qilishni oshirish usullaridan biri yo‘naltirilgan antennalardan foydalanish hisoblanadi. Masalan, AMPS (AQSH) tizimida qabullagich kirishidagi berilgan signal/shovqin nisbatida yo‘naltirilmagan antennalar o‘rniga uchta 120°li

antennalarning qo‘llanilishi (2.3- rasm) chastota parametrini  $S=7$  gacha kamaytirishga (yo‘naltirilmagan antennalar uchun  $S=12$ ) imkon beradi.



2.3- rasm.AMPS tizimidagi antennalar

**HSATda chastotaviy rejalashtirish.** Kanallarni taqsimlash usullaridan biri ikkilangan tuzilma usuli hisoblanadi. Bu usulning eng oddiy qoidasiga muvofiq, BTSga  $k, k + \ell, k + \ell S$  nomerlarga ega bo‘lgan kanallar to‘plam ajratiladi, bu yerda  $k$  – turli to‘plamlarni ishlatadigan stansiyalar guruhidagi BTSning nomeri, ya‘ni  $k = 1, 2 \dots S$ . Masalan, 3 raqami bilan belgilangan yacheykalarda  $k = 7$  da 3, 10, 17, 24 ... va h.k. kanallar ishlatiladi.

Yo‘naltirilgan antennalarli tizimda simvollararo halaqitlarni so‘ndirish yonma-yon kanallar antennalarining mos fazoviy yo‘naltirish hisobiga yanada samarali bo‘ladi.

Bunday chastotaviy rejalashtirishning (qayd etilgan) boshqa usullari simvollararo halaqitlar darajasini ta‘minlash bo‘yicha taxminan o‘sha natijani beradi.

Chastotalar kanallarini qayd etilgan taqsimlash usulidan tashqari, dinamik taqsimlash usuli ma‘lum, uning asosiy vazifasi kanallardan foydalanish samaradorligini oshirish va bu yacheykaning barcha kanallari band bo‘lganida chaqiruvni blokirovkalanishi ehtimolligini kamaytirish hisoblanadi. Bunda barcha kanallari band bo‘lgan BTSlarga aloqa seansi vaqtiga qo‘shni yacheykalardan kanallar taqdim etiladi.

Shuningdek kanallarni taqsimlashning aralash usullarini ham ishlatish mumkin. Bunday tizimlarda har bir BTSga qayd etilgan kanallar soni, shuningdek bir qancha dinamik taqsimlangan kanallar

ajratiladi. Bunday qurishda chaqiruvni blokirovkalanshi ehtimolligi ham mavjud bitta kanalga yuklamaga, ham qayd etilgan va dinamik kanallar sonlari orasidagi tanlangan nisbatga bog'liq bo'ladi.

Dinamik va aralash taqsimlashning muhim avzalligi ular bitta kanalga telefon yuklamasini, agar uning zichligi o'zgarmas bo'lmasa, tenglashtirishni amalga oshirishga imkon berishi hisoblanadi. Qayd etilgan taqimlashda bunga yacheykaning radiusini kamaytirish, shuningdek yuqori trafikli joylarda BTSga kanallar sonini oshirish yo'li bilan erishiladi. Bunday tamoyil bo'yicha tizimning dastlabki ishga tushirilishi amalga oshiriladi, ya'ni dastlab yirik yacheykalarli bir necha BTSlar kiritiladi, keyin esa sotali panjaraning bosqichma-bosqich bo'linishi yo'li bilan tizim maksimal o'tkazish qobiliyati rejimiga o'tadi.

HSATni loyihalashtirishda nafaqat chastotaviy rejalashtirish va kanallarni taqsimlash masalalarini o'rganish, balki UQTni shahar va shahar oldi zonalarini tarqalishin tadqiq qilish muhim ahamiyatga ega. Ko'p karrali qaytish (ko'p nurlilik) mumkin bo'lgan shahar va qishloq joylari sharoitlarida UQTning tarqalishini o'tkazilgan ko'p sonli tadqiqotlari ko'rsatdiki, radioto'lqinlarning so'nishi sezilarli tarzda faqat BTS antenasining h balandligiga bog'liq bo'ladi va uning ortishi bilan kamayadi. Bundan tashqari, signalning quvvati antennalar orasidagi masofaga bog'liq ravishda deyarli bir xil o'zgaradi.

HSATga, bir tomondan aralash kanallarli yacheykalarining o'zaro halaqatlari, boshqa tomonda kanallararo halaqitlarning mavjudligi bilan shartlanadigan ichki tizimli halaqitlar ham xususiyatli hisoblanadi. O'zaro halaqitlar sathi S va D tarmoqlarning tanlangan parametrlari orqali aniqlanadi, ular berilgan o'tkazish qobiliyati va ajratilgan chastotalar polsida halaqit qiluvchi stansiyalar sonin aniqlashga imkon beradi. Agar umumiy BTSlar soni katta bo'lmasa, ya'ni  $L \ll S$  qiymatdan sezilarli ortiq bo'ladi, u holda tizimda bir yoki bir necha halaqit qiluvchi stansiyalar bo'lishi mumkin.

Ichki tizimli halaqitlarni hisoblashning turli uslublari mavjud. Ular bo'yicha hisoblash natijalari taxmnan bir xil. Bunday hisoblashlarni tahlil qilish ko'rsatdiki, halqitbardoshlikni oshirish va spektrdan yanada samarador foydalanish uchun BTSga yo'naltirilgan  $120^\circ$  - antennalarning o'rnatilishi maqsadga muvofiq bo'ladi. Bu holda har bir BTS olti burchakli yacheykaning burchaklaridan biriga joylashtiriladigan va shunday tarzda bir vaqtda uchta yacheykani

qamrab oladigan uch sektorli antennaga ega. Har bir yacheykaga uchta BTSlardan uchta sektorlar to'g'ri keladi, u holda BTSlarning umumiy soni tizimning yacheykalari soniga teng bo'ladi. MS olti burchakli yacheykaning burchaklaridan biriga joylashadigan yomon hol uchun  $S=1$ da, qabullagich kirishidagi signal/halaqit nisbati 1,7 dB qiymatgacha ortadi. Umumiy holda ko'rinadiki, yo'naltirilgan nurlanish HSATda o'zaro halaqitlar darajasni kamaytirishning samarali chorasi hisoblanadi.

### **2.3. Harakatdagi radioaloqa sotali tizimlari standartlari. Ikkinchi avlod standartlari**

Birinchi avlod (1G) analog SHATlarning to'qqizta asosiy standartlari eng ma'lum hisoblanadi. O'zRda ulardan NMT – 450 va AMPS ishlatilgan. Lekin analog SHATlar ko'p sonli kamchiliklari tufayli axborot texnologiyalarinin zamonaviy rivojlanishini qoniqtirmay qo'ydi, bu kamchiliklardan asosiylari “standartlarning moslashuvchan emasligi”, cheklangan ishlash zonasi, past aloqa sifati, xabarlarni maxfiylashtirishni va ISDN xizmatlar integratsiyalanishi raqamli tizimlari bilan o'zaro ta'sirlashishini va ma'lumotlarni paketli uzatilishini (PDN) yo'qligi bo'ldi [1,6].

**2G standartlari.** 80-yillarda rivojlangan davlatlarda istiqbolli SHATlarni qurish tamoyillarini jadal o'rganishga kirishildi va tarmoqlarning makrosotali topologiyali va 35 kmgacha radiusli sotalarli bunday tizimlarning uchun uchta standartlari ishlab chiqildi (2.1- jadval):

- GSM – umumiy yevropa standarti;
- ADS (D – AMPS) – Amerika standarti;
- JDS – yapon standarti.

**GSM standarti raqamli HSATlari.** Raqamli HSATlarni 900 MGs diapazonda yaratilishini ko'zda tutadigan dunyodagi ularga birinchi standart mikrosotali tuzilmali DCS – 1800 (1800 MGs diapazoni) HSAT sandarti asosiy hisoblanadigan va hozirgi vaqtda Yevropada qabul qilingan GSM standarti hisoblanadi. GSM standarti hozirgi vaqtda Shimoliy Amerikada ham 1900 MGs (PCS – 1900) diapazonda ishlatilmoqda.

## Tarmoqlarning makrosotali topologiyali tizimlar standartlari

Standartning xarakteristikasi	GSM, DCS-1800, PCS -1900	ADC	JDS
Ulanish usuli	TDMA(VAUU)	TDMA (VAUU)	TDMA (VAUU)
Chastotalarni surilishi	200 kGs	30 kGs	25 kGs
Tashuvchiga nutq kanallari sifati	8 (16)	3	3 (6)
Nutqni o'zgartirish tezligi	13 kbit/s(6,5kbit/s)	8 kbit/s	11,2 kbit/s(5,6 kbit/s)
Nutqni o'zgartirish algoritmi	RPE-LTP	VSELP	VSELP
Umumiy uzatish tezligi	270 kbit/s	48 kbit/s	42 kbit/s
Ajratish usuli	Chastota bo'yicha sakrash	Yonma-yon	Yonma-yon
Nutq kanaliga chastotalar ekvivalent polosasi	25 kGs (12,5 kGs)	10 kGs	8,3 kGs; 4,15 kGs
Modulyatsiyalash turi	0,3 GMSK	$\pi/4$ DQPSK	$\pi/4$ DQPSK
Talab qilinadigan tashuvchi/interferensiya (C/I) nisbati	9 dB	16 dB	13dB
Ishchi chastotalar diapazoni	935-960 MGs 890-915 MGs	824-840 kGs 869-894 kGs	810-826 MGs 840-956 MGs 1429-1441 MGs 1447-1489 MGs 1453-1465 MGs

			1501-1513 MGs
Sotaning radiusi	0,5-35 km	0,5-20 km	0,5-20 km

Yuqorida ko'rsatilgan raqamli HSATlardagi standartlar o'z xarakteristikalari bilan farqlanadi, lekin ular yagona tamoyillar va konsepsiyalarda qurilgan va zamonaviy axborot texnologiyalari talablariga javob beradi. GSMda ishlab chiqilgan tizim va texnik echimlar barcha istiqbolli raqamli HSATlar uchun ishlatilishi mumkin.

SERT tavsiyalariga muvofiq 1980 yilda GSM standartidagi harakatdagi aloqa uchun 862 – 960 MGs diapazondagi chastotalar spektri ajratilgan. Binobarin, harakatdagi stansiyalar uzatkichlari uchun 890 – 915 MGs va bazaviy stansiyalar uzatkichlari uchun 935 – 960 MGs chastotalar spektri ajratilgan. GSM standartida tor polosali VAUU (NB TDMA) ishlatiladi. Kadrlarning tuzilmasida har bir 124 ta tashuvchilarda 8 ta vaqt pozitsiyalari mavjud bo'ladi.

Axborot paketi uzatilishining halaqitbardoshligini oshirish uchun navbatlashtirishli blokli va o'rama kodlash qo'llaniladi. Harakatdagi stansiyalarning harakatlanishining past tezliklaridagi kodlash va navbatlash samaradorligi aloqa seansi jarayonida sekundiga 217 ta sakrashlar tezligida ishchi chastotalarni sekin qayta ulanishi (SFH) bilan ortadi. Shahar sharoitlarida radioto'lqinlarning ko'p nurli tarqalishi o'z o'rniga ega, ular qabul qilinadigan signallarning interferensiyasi so'nishlariga olib keladi. Bu hodisa bilan kurashish uchun impulsli signallarni 16 mksgacha vaqt bo'yicha kechiktirishni o'rtacha kvadratik og'ish bilan tekislaydigan ekvalayzerlar ishlatiladi.

Ishlatiladigan sinxronlashtirish tizimi signalni kechikishining 233 mksgacha absolyut vaqtini kompensatsiyalashga imkon beradi, bu 35 kmga teng sotaning maksimal radiusiga mos keladi.

GSM standartida minimal chastotaviy surilishli gauss chastotaviy manipulyatsiyalash (GMSK) ishlatiladi. So'zlashish signaliga ishlov berish nuqtani uzilishli uzatilishi yo'li (DTX) bilan amalga oshiriladi, bunda uzatkich faqat signal bo'lganida yoqiladi, so'zlashuv pauzalari va yakunlanishida uzatkich o'chiriladi. Buning uchun muntazam impulsli qo'zg'atishli, uzoq vaqt oldindan aytishli va oldindan aytishli chiziqli kesimli kodlashli kodek (RPE/LTR –LTR –

kodek) ishlatiladi. Nutq signalini o'zgartirishning umumiy tezligi 13 kbit/sga teng.

GSM standartida aloqaning maxfiyligini ta'minlash uchun ochiq kalitli algoritm bo'yicha shifrlash (RSA) qo'llaniladi. Umumiy holda GSM standarti foydalanuvchilarga umumiy foydalanishdagi telefon tarmoqlariga (PSTN), ma'lumotlarni uzatish tarmoqlariga (PDN) va xizmatlar integratsiyalandigan raqamli tarmoqlarga (ISDN) ulanishli xizmatlarning keng diapazonini taqdim etadigan tarmoqni yaratishga imkon beradi. GSM standartining asosiy xarakteristikalari 2.1-jadvalda keltirilgan.

**Kanallar kod bo'yicha ajratiladigan raqamli HSATlar.** CDMA bu umumiy foydalanishdagi abonentlarni kod bo'yicha ajratishli harakatdagi radioaloqa tizim bo'lib, birinchi marta Qualcomm (AQSh) firmasi tomonidan ishlab chiqilgan va MOTOROLA firmasi tomonidan muvaffaqiyatli rivojlantirilmoqda [1,6]. AQShda CDMA tizimlariga IS-95 nomini olgan standart qabul qilindi. Dunyoda birinchi marta kanallar kod bo'yicha ajratiladigan (CDMA) tijorat tizimi 1995 yilda Hutchison Telephone (Gonkong) kompaniyasi tomonidan joriy etilgan. Bu tarmoq Motorola firmasining SC9600 turdagi bazaviy stansiyalar va EMX2500 turdagi kommutatsion stansiyalari qurilmalarida qurilgan.

CDMA tizimlarda har bir ovozli oqimni o'z noyob kodi belgilangan va bir vaqtda bitta kanalda ko'plab boshqa kodlangan ovozli oqimlar bilan birga uzatiladi. Qabul qiluvchi tomon shovqinni signaldan ajratib olish uchun o'sha kodni ishlatadi. Ko'plab ovozli oqimlar orasidagi yagona farq bu noyob kod hisoblanadi.

Kanal juda keng va har bir ovozli oqim diapazonning butun kengligini egallaydi. Bu tizim 1.23 MGs kenglikdagi kanallar to'plamini ishlatadi. Ovoz 8.55 kbit/s tezlikda kodlanadi, lekin ovozning aktivligini aniqlash va turli kodlash tezliklari 1200 bit/sgacha ma'lumotlar oqimini kesishi mumkin.

CDMA tizimlarda signal quvvatining past qiymatiga, nazariy jihatdan signal shovqin sathidan kuchsizroq bo'lishi mumkinligiga qaramasdan juda mustahkam va himoyalangan bog'lanishlar o'rnatilishi mumkin.

CDMA tamoyili oddiy xabarlarini uzatilishi uchun zarur bo'lgan chastotalar polosasidan sezilarli ortiq bo'lgan keng polosali signallarni (KPS) ishlatilishiga asoslangan.



## 2.4. Uchinchi avlod sotali tizimlari

**3G HSAT konsepsiyasining asosiy qoidalari.** 3G bu nafaqat Internetga tezkor ulanish, bu muloqot qilishga, ma'lumotlarga ruxsat etishga va boshqalarda tubdan yangi yondashish hisoblanadi. Boshqacha aytganda, an'anaviy faqat statsionar qaraladigan imkoniyatlar va qurilmalari mobil bo'lib qoladi. Foydalanuvchi nafaqat o'z suhbatdoshi bilan so'zlashishi, balki videotelefon yordamida uni ko'rishi, Internet tarmog'i bo'yicha sayr qiishi, biznesni yuritishi, o'rganishi, ko'ngil ochishi mumkin va bularning barchasi bugungi kunda sotali telefon - uncha katta bo'lmagan qurilma yordamida mumkin bo'ladi. Tabiiyki, bunday xizmatlar yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatilishini talab qiladi. Buning uchun dastlab ma'lumotlarni tor polosali uzatilishiga mo'ljallangan mavjud mobil aloqa tarmoqlarini multimedia mobil xizmatlari va Internetga ulanish uchun zarur tezlikni ta'minlaydigan keng polosali tarmoqlargacha qadamma-qadam modernizatsiyalash ko'zda tutilmoqda [11].

Uchinchi avlod mobil aloqaning asosi IP texnologiya hisoblanadi, u ma'lumotlarni paketli uzatishga asoslangan, bu abonentning doimo on-line rejimida bo'lishini bildiradi. Bunda bog'lanish vaqtiga emas, balki faqat uzatilgan yoki qabul qilingan ma'lumotlar hajmiga haq to'lanadi.

Butun telekommunikatsiyalar industriyasi uchun tugal maqsad keng polosali tizimlarni qo'llaydigan va global mobillikni ta'minlaydigan yagona mobil aloqa butundunyo muhitini yaratish hisoblanishiga qaramasdan, uchinchi avlod xizmatlarini ta'minlaydigan bir qancha standartlar tizimlari vujudga keldi.

3G nima berishi haqidagi ko'plab turli talqin etishlar mavjud, lekin universal qabul qilinadigan yagona tavsif Xalqaro elektr aloqa ittifoqi (ITU) e'lon qilgan tavsif hisoblanadi. ITU butundunyo bo'ylab sanoat tashkilotlari bilan ishlaydi, texnik talablar va standartlarni, shuningdek IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) dasturi doirasida 3G tizimlar uchun spektrdan foydalanishi qoidalarini aniqlaydi va tasdiqlaydi. IMT-2000 bu Xalqaro elektr aloqa ittifoqi (ITU) tomonidan ishlab chiqilgan tavsiyalar bo'lib, ular butun uchinchi avlod standartlari oilasi uchun chastotalar spektridan foydalanish va texnik o'ziga xos xususiyatlari masalalariga tegishli hisoblanadi. Tavsiyalar dunyodagi mavjud ikkinchi avlod standartlarini uchinchi avlod standartlariga evolyusiyalanishi

yo‘llarini tavsiflaydi. ITU IMT-2000 (3G) tarmoqlari, shuningdek 2G tizimlari uchun tizimning yaxshilangan sig‘imini va spektridan foydalanish samaradorligini va mobil rejimda ishlatilganida (binolardan tashqarida) minimum 144 kbit/s, mobil bo‘lmagan sharoitlarda (binolarda) maksimum 2 Mbita/s tezliklarli ma’lumotlarni uzatish servislarini qo‘llanilishini talab qiladi.

Bu talablarga asoslanish bilan ITU 1999 yilda ITU-R M.1457 tavsiyalarining qismi sifatida IMT-2000 standartlari uchun beshta radiointerfeyslarni (W-CDMA, CDMA2000, TD-CDMA/TD-SCDMA, DECT, UWC-136) ma’qulladi. Sanab o‘tilgan 3G tarkibiy qismlaridan faqat birinchi uchasi uchinchi avlod to‘laqonli sotali aloqa standartlari hisoblanadi, DECT va UWC-136 esa yordamchi rolni o‘ynaydi. DECT bu uchinchi avlod mobil texnologiyalari doirasida bu tarmoqlarga qaynoq ulanish nuqtalarini (xot-spotlarni) tashkil etish uchun uy yoki ofis maqsadlaridagi simsiz telefoniya standarti hisoblanadi. UWC-136 standarti bu EDGE texnologiyasiga o‘xshash bo‘lib, 2,5G tarmoqlarga kiradi.

1998 yilning 29 yanvarida European Telecommunications Standards Institute (ETSI) a’zolari uchinchi avlod (3G) mobil aloqa standartlariga nisbatan kelishuvga erishdi. Bu standart universal mobil kommunikatsion tizim (Universal Mobile Communications System) bo‘lib, uning uchun yechim UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) deyiladi va u har ikkala W-CDMA (keng polosali Code Division Multiple Access) va TD-CDMA (Time Division Multiple Access CDMA) takliflarga asoslanadi. W-CDMA ilovalar keng spektri uchun ishlatiladi, u holda TD-CDMA yuqori mobillikni ta’minlash talab qilinmaydigan binolar uchun avzal ishlatiladi. Bu standart, kutilganidek, jahon bozorida yangi joyni hosil qiladi va uchinchi avlod tarmoqlari uchun eng keng ishlatiladigan standart bo‘lib qoladi.

Bugungi kunda jahonda raqobatlashadigan ikkita asosiy 3G konsepsiyalari mavjud:

- UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems — universal mobil telekommunikatsion tizim), evropa davlatlarida qo‘llanadi;

- CDMA 2000ning (Code Division Multiple Access — kanallar kodli ajratiladigan multiulanish) tarafdorlari Osiyo mamalakatlari va AQSh hisoblanadi.

Prinsip jihatdan bu ikkala texnologiyalar ikkita turli 3G tarmoqlarni tashkil etishga revolyusion (UMTS) va evolyusion

(CDMAning CDMA2000, CDMA2000 1X, CDMA2000 1X EV-DO turlari) yondashishlarni ko'zda tutadi. Evolyusion yo'l chastotalarning saqlanishi va yangi texnologiyalarga operatorning texnik quvvatlarini oshirish yo'li bilan bosqichma-bosqich o'tishni ko'zda tutadi. UMTS bu mutlaqo yangi standart, shu bilan bir vaqtda 3G uchun taqdim etilgan CDMAning ko'rinishi sifatida hozirda dunyoda ishlatilayotgan ikkinchi avlod cdmaOne (IS-95) texnologiyalarining rivojlanishi hisoblanadi. Hozirgi vaqtda 3G tarmoqlar deyarli butun dunyoda ishlatilmoqda.

Asosida uchinchi avlod aloqa tarmoqlari quriladigan sotali aloqa asosiy standartlarini ko'rib chiqamiz.

**CDMA-2000** bu ITU IMT-2000 aniqlaganidek, 3G sotali aloqa uchinchi avlod xizmatlarini ta'minlaydigan simsiz radioulanish hisoblanadi.

Dastlab cdma-2000ni ishlab chiqishda quyidagi shartlar qo'yildi:

- 3Gga ITU talablariga aloqa xizmatlarining hajmi va sifatining mos kelish;

- operatorlik kompaniyalarining kapital qo'yimlarini xavfini kamaytirish va himoyalash;

- tarmoqlarni qurish bo'yicha operatorlik kompaniyalarining ishini engillashtirish.

cdma-2000 sotali tarmoqlar cdmaOne (IS-95) raqamli tarmoqlar bilan to'liq moslashuvchan, bu yangi simsiz aloqa avlodiga oddiy va qimmat bo'lmagan o'tishni ta'minlaydi va bu bilan operatorlik kompaniyalarining kapital qo'yimlarini himoyalashni ta'minlaydi.

cdma-2000 sotali tarmoqlar ovoz sifatini sezilarli yaxshilanishini, yuqori tezliklardagi ovoz kanallarining sig'imini va ma'lumotlarni uzatilishi multimedialiligini oshirilishini ta'minlaydi. cdma2000ga evolyusion o'tish 1X va 3X sifatida ma'lum bo'lgan ikkita fazalarga bo'linadi. IMT-2000ga evolyutsion o'tishni amalga oshirish uchun 1,25 MGs chastotalar polosasida standartning yana bir rivojlanishi 1XEV ko'rib chiqiladi, u 1Xdan yuqori cdma2000 imkoniyatlarini kengaytirishga imkon beradi. Gonkongda bo'lib o'tgan CDMA kongressida bu standartlarga oldin butun dunyodagi operatorlardan to'plangan va CDGda umumlashtirilgan talablar qabul qilindi.

**CDMA-2000 1X.** cdma-2000 1X tarmoqlari cdmaOne kabi o'sha chastotalar polosalarida ishlaydi, lekin ular ovoz kanallarining 2 martta katta o'tkazish polosasiga va 144 Kbit/s ma'lumotlarni uzatish

tezligiga ega. cdma-2000 1X va cdmaOne tarmoqlari to'liq moslashuvchan, ularga bir tarmoqning boshqasiga keyingi takomillashtirilishi sifatida qarash kerak. TIA cdma-2000 1Xni kak IS-2000 standarti sifatida e'lon qildi. 1X nom 1XRTT texnik atamasidan kelib chiqadi, u 1,25 MGs chastotalar polosasi spektrini egallaydigan cdma-2000 tarmoqlariga kiradi. 1X 1,25 MGs polosada radiouzatish texnologiyasini bildiradi. 1X chastotalar spektrining turli oraliqlarida 1,25 MGs polosani egallashi mumkin.

**CDMA-2000 1XEV.** Bu standart 1X standartning keyingi takomillashtirilishi hisoblanadi. Uning yordamida chastotalar spektridan eng samarali foydalanishga erishiladi, ma'lumotlarni uzatish o'tkazish qobiliyati oshadi, o'sha bir 1,25 MGs chastotalar polosasida eng yuqori 2 dan 5 Mbit/sgacha ma'lumotlarni uzatish tezligiga erishiladi. Bunda xavf kamayadi va operatorlik kompaniyalarining kapital qo'yimlari himoyalanaadi. Operatorlarning ehtiyojlarini aniqlash bilan 1XEVda takomillashtirishning ikkita bosqichi ko'rsatiladi. Birinchi bosqichning borishida ma'lumotlarni samaraliroq uzatish usuli uchun 2,4 Mbit/sdan ortiq ma'lumotlarni uzatish tezligiga erishish talab qilinadi. Ikkinchi bosqichning amalga oshirilishida real vaqt ko'lamida ovoz va ma'lumotlarni uzatish tezligiga erishiladi.

**CDMA-2000 3X.** Bu cdma-2000 standartining ikkinchi fazasi hisoblanadi. Bu fazadagi takomillashtirish 1Xda erishilgan ma'lumotlarni uzatish tezligini 2 Mbit/sgacha oshirilishi ko'p kanalli tizimdan foydalanish orqali ta'minlanadi. 3X nom 3XRTT atamadan kelib chiqadi, ya'ni 3G xizmatlarni taqdim etish uchun uchta 1,25 MGsdan kanallar ishlatiladi

**CDMA 450** uchinchi avlod aloqa standarti hisoblanadi. U CDMA 2000, shu jumladan CDMA 2000 1x EV-DO standartini rivojlantirishning barcha yo'nalishlarini qo'llaydigan Xalqaro elektr aloqa ittifoqi tomonidan tasdiqlangan. CDMA 2000 1x EV-DO tarmoq ma'lumotlarni juda katta 2, 4 Mb/sgacha tezlikda uzatilishiga imkon beradi. CDMA 450 standarti, hatto 1, 8 MGs kabi tor chastotalar polosasida joriy etilishi mumkin. Uning afzalligi chastotalar spektridan samarali foydalanish, shuningdek ma'lumotlarni yuqori tezlikli uzatilishi imkoniyati hisoblanadi. Pastroq chastotalar diapazonini ishlatilishi esa qamrab olish zonasini kengaytirishga imkon beradi. 450 MGs diapazonda ishlaydigan sotalar yuqoriroq chastotalarda ishlaydigan bazaviy stansiyalarning qamrab

olish zonasidan ikki marttaga ortiq bo‘ladi. Shuning uchun CDMA 450 yechimi qishloq joylarida, aholining zichligi uncha katta bo‘lmagan hududlarda simsiz aloqani quradigan operatorlar uchun foydali bo‘ladi.

Kam aholili va borish qiyin bo‘lgan hududlar uchun CDMA 450 standarti iqtisodiy foydali va an’anaviy simli telefoniyaga muqobil hisoblanadi. Bu yechim CDMA 2000 texnologiyalarining barcha asosiy afzalliklarini taqdim etishi tufayli operator va uning abonentlari uchun foydali bo‘lib, aynan u uchinchi avlod yangi xizmatlarini keyingi joriy etish, masalan, abonentning joylashish o‘rnini aniqlash (LBS) imkoniyatini yaratadi. Shuningdek alohida operatorlar tarmoqlarida ishlayotgan multimediali xizmatlar va Push-to-Talktm («Bos va gapir», ya’ni telefonni ratsiyadan foydalanishga yaqin rejimda ishlatish) texnologiyalari bo‘lishi mumin.

CDMA 450 bu turli tarmoq ehtiyojlari uchun ideal yechim hisoblanadi. Telekommunikatsiyalar universal xizmatlari konsepsiyasi istalgan aholi punktida har qanday abonentga berilgan muddatda o‘rnatilgan sifatidagi va baholar darajasida bo‘lgan aloqa xizmatlarini ko‘rsatilishini ko‘zda tutadi. Bundan tashqari CDMA 450 standarti asosida davlat organlari manfaatlarida maxsus aloqa tarmoqlari qurilishi mumkin. CDMA 2000 standartining yuqori tezlikli ma’lumotlarni uzatish bo‘yicha imkoniyatlari 450 MGs diapazondagi operatorlar uchun real qiziqishni beradi va keng polosali DSL-ulanishga muqobil bo‘ladi.

CDMA 450 aholini ma’lumotlarni olishini (xususan, Internet orqali), ayniqsa kabelni o‘tkazilishi o‘zini oqlamaydigan olisdagi hududlarda soddalashtirishga imkon beradi.

CDMA 450 tizimining ishlatilishi dispetcherlik aloqasi yoki TETRA kabi maxsus maqsadli tizimlar uchun foydali bo‘lishi mumkin. Yuqori ulanish tezligi bilan birga Push-to-Talktm funksiyasining qo‘llanilishi bilan CDMA 450 tizimlari huquqni muhofaza qilish, tez tibbiy yordam, yong‘in-himoya xizmati va maxsus xizmatlar masalalarini tezkor va sifatli echilishiga imkon beradi.

CDMA 2000 texnologiyalarini, ayniqsa 450 MGs diapazonning ishlatilishi “elektron hukumat” tizimlarini yaratilishini sezilarli engillashtirishi mumkin. Bu standart Hukumat, davlat xavfsizligi diqqat markazida turli ilovalarni yaratish va ishlashi uchun juda yaxshi tanlov hisoblanadi. Chunki texnologiya sanab o‘tilgan

afzalliklardan tashqari, autentifikatsiyalash, kodlash va ma'lumotlarning yaxlitligini ta'minlash yordamida uzatishda ma'lumotlarni himoyalashning yuqori darajasini ta'minlaydi.

Bularning barchasi CDMA 450 standartini Hukumat uchun, shuningdek huquqni muhofaza qilish va xavfsizlikni ta'minlash turli loyihalarida qo'llanilishi uchun ideal standart bo'lishini ta'minlaydi.

Bugungi kunga kelib CDMA 450 standartining 14ta tijorat tarmoqlari O'zbekiston, Rossiya, Ruminiya, Belorussiya, Chexiya, Gruziya, Latviya va boshqa davlatlarda ishlaymoqda. Yana bir nechta tarmoqlar ishga tushirishga tayyorlanmoqda. Hozirgi kunda CDMA 450 standartidan O'zbekistonda 1.000.000 kishidan ortiq abonentlar foydalanmoqda. yetakchi mobil terminallar ishlab chiqaruvchi kompaniyalar iste'molchilarga 15 tadan ortiq telefonlar modellarini taklif etmoqda.

**UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)**  
Mobil Telekomunikatsiyalar Universal Tizimi bo'lib, u Yevropada 3G texnologiyalarni joriy etish uchun Telekomunikatsiyalar Standartlari Yevropa Instituti (ETSI) ishlab chiqadigan standartlardan biri hisoblanadi. Bugungi kunda mobil aloqaning rivojlanishini aniqlaydigan asosiy omil ovozli telefoniya hisoblanadi. GPRS va EDGE texnologiyalarning paydo bo'lishi, keyin esa UMTSga o'tish ovozli aloqadan tashqari, ko'plab qo'shimcha imkoniyatlarga yo'l ochadi. UMTS bu ma'lumotlarni yuqori tezlikli uzatish, Mobil Internet, Internet, intranet va multimedia asosidagi turli ilovalar hisoblanadi. UMTS uchun asosiy texnologiya Kod bo'yicha Ajratishli Keng plosali Ko'p stansiyali Ulanish (WCDMA) hisoblanadi. Bu Telekomunikatsiyalar Standartlari Yevropa Instituti (ETSI) 1998 yilning sentyabrida tanlagan revolyusion radioulanish texnologiyasi barcha 3G multimediali xizmatlarini ta'minlaydi.

WCDMA/UMTS tizimlari takomillashgan GSM asosiy tarmog'i va WCDMA texnologiyasi bo'yicha radiointerfeysni o'z ichiga oladi. Mobil abonent uchun radiokanalidagi uzatish tezligi 2 Mbit/sgacha etadi. WCDMA 2 GGs chastotalar diapazonida ishlaydigan tizimlarda foydalanish uchun mo'ljallangan bo'lib, bu diapazon bu texnologiyaning barcha afzalliklarini to'liq darajadan ishlatilishiga imkon beradi. Masalan, 5 MGs kenglikdagi WCDMA bitta tashuvchisi 8 kbit/sdan 2 Mbit/sgacha ma'lumotlarni uzatilishi tezligini talab qiladigan aralash xizmatlarni taqdim etilishini ta'minlaydi. WCDMA bilan moslashuvchan mobil terminallar esa

ITU tavsiyalariga muvofiq birdaniga bir necha xizmatlar bilan ishlay oladi.

**HSAT (1G), (2G, 2.5G) va (3G) avlodlari taqdim etadigan xizmatlar imkoniyatlarini taqqoslash 2.2-jadvalda keltirilgan.**

2.2- jadval

HSAT (1G), (2G, 2.5G) va (3G) avlodlari taqdim etadigan xizmatlar imkoniyatlarini taqqoslash

Avlod	1G	2G	2.5G	3G
Foydalanilgan davri	80-90 yy	2000 y gacha	2001-2002 yy	2003 illari
Xizmatlar	Telefon (ma'lumotlarni analog uzatish)	Telefon (nutqni raqamli uzatish), Qisqa elektr xabar-larni qabul qilish-jo'natish, O'yinlar, Ovozli pochta, Internet	Telefon Konferensiyalar Davomli elektr xabarlarni qabul qilish-jo'natish, Ovozli tasvirlarni qabul qilish-jo'natish, Fakslarni qabul qilish-jo'natish, Ovozli pochta, Internet, Mijozning joylashish o'rniga bog'liq xizmatlar, Mobil banking, Radio/MP3 Pleyer, Karaoke Multi-o'yinlar, Foto suratga olish	Telefon (nutqni raqamli uzatish ) Videotelefon Konferensiyalar Videokonferensiyalar Elektr xabarlarni qabul qilish-jo'natish, Ovozli tasvirlarni qabul qilish-jo'natish, Fakslarni qabul qilish-jo'natish, Ovozli pochta, Video pochta Internet xizmatlarga yuqori tezlikli ulanish, Mijozning joylashish o'rniga bog'liq xizmatlar, Mobil banking, Radio/MP3 Pleyer, Karaoke Multi-o'yinlar, TV/Video Pleyer Olisdan tibbiy diagnostika, ta'lim olish, Avtomobil navigatsiyasi, shahar navigatsiyasi Video/foto suratga olish
Ma'lumotlarni uzatish	-	9.6 Kbit/s dan 4.4 Kbit/sgacha	57.6Kbit/sdan 115Kbit/sgacha	144Kbit/sdan 2Mbit/sgacha

Uchinchi avlod xizmatlari to'plamiga videotelefon, videokonferensiyalar, video-pochta, Internetga yuqori tezlikli ulanish, TV/video pleer, olisdan tibbiy diagnostika, o'qish, avtomobil va shahar navigatsiyasi, video/foto suratga olish qo'shiladi. Ma'lumotlarni uzatish tezligi sezilarli ortadi.

## **2.5. 4G sotali aloqa tizimlari konsepsiyasi**

Xalqaro telekommunikatsiyalar ittifoqi 4G texnologiyani manba yoki qabullagich harakatlanadigan sharoitlarda 1Gbit/sgacha va ikkita mobil qurilmalar orasida ma'lumotlarni almashlashda 100 Mbit/sgacha ma'lumotlarni uzatilishi tezliklarini ta'minlaydigan simsiz kommunikatsiya texnologiyasi sifatida aniqlaydi. 4G texnologiyada ma'lumotlarni qayta uzatish IPv6 bo'yicha amalga oshiriladi. Bu tarmoqlarning ishlashini, ayniqsa, agar ular har turlarda bo'lsa engillashtiradi. Zarur tezlikni ta'minlash uchun 40 va 60 GHz chastotalar ishlatiladi [13].

4G uchun qabul qilish-uzatish qurilmalarini yaratuvchilar raqamli uzatishda signalgan usul – OFDM chastotalarni ortogonal ajratishli multiplekslash usuli qo'llanishdi. Signalni bunday manipulyatsiyalash uslubi o'zaro halaqitlarsiz va buzilishlarsiz ma'lumotlarni sezilarli zichlashtirishga imkon beradi. Bunda ortogonallikka rioya qilinadigan chastotalar bo'yicha bo'lish bo'lib o'tadi. Har bir tashuvchi to'lqin maksimumi qo'shnilar nolgacha teng bo'lgan momentda keladi. Bu bilan ularning o'zaro ta'sirlashishini oldi olinadi, shuningdek chastotalar spektri samaraliroq ishlatiladi, "interferensiyaga qarshi" himoya polosalari kerak bo'lmaydi.

Signalni uzatish uchun vaqt oralig'ida ko'p ma'lumotlar qayta uzatiladigan fazalar suriladigan modulyatsiyalash (PSK va uning turlari) yoki zamonaviyroq va kanalning o'tkazish polosasida maksimumni chiqarishga imkon beradigan kvadraturali amplitudaviy modulyatsiyalash (QAM) qo'llaniladi. Aniq bir tur talab qilinadigan tezlik va qabul qilish sharoitlariga bog'liq tanlanadi.

Signal uzatishda ma'lum parallel oqimlar soniga bo'linadi va qabul qilishda yig'iladi.

O'ta yuqori chastotalarda ishonchli qabul qilish va uzatish uchun aniq bir bazaviy stansiyaga sozlana oladigan adaptiv antennalarning qo'llanilishi rejalashtiriladi. Lekin shahar sharoitlarida bunday antennalarga to'g'ri yo'nalishni aniqlashga signalni tarqalishi



jarayonida vujudga keladigan soʻnishlar – uning buzilishi halaqit berishi mumkin. Bu yerda OFDMning yana bir oʻziga xos xususiyati – soʻnishlarga barqarorlik (har xil modulyatsiyalash turlari uchun soʻnishlarga oʻz zahirasi mavjud) qutqaradi.

Toʻgʻri koʻrinish boʻlmaganida ham ishlash imkoniyati mavjud, bu GSM standarti telefonlariga halal beradi. OFDMning kamchiliklari bu dopler buzilishlarning sezgirlik va elektron komponentlar sifatiga talablar hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda 4G sotali tizimlarini qurish uchun asosiy nomzod sifatida shahar sharoitlarida IP tarmoqlaridan foydalanish hisobiga infratuzilmaning past narxi, radiochastotalar resurslarini tejash, yuqori aloqa sifatiga ega boʻlgan LTE texnologiyasi koʻrilmoqda. LTE texnologiyasi fizik darajasining asosi koʻp tomonlama ulanishni tashkil etish uchun paketli uzatish, adaptiv koʻp darajali modulyatsiyalash va OFDMA texnologiyasi hisoblanadi. Aynan bu texnologiya birinchi navbatda maʼlumotlarni uzatish boʻicha revolyusion imkoniyatlarni ishlatilishiga imkon beradi.

Eng texnik rivojlangan davlatlar hozirgi vaqtda 3Gdan foydalanishga aktiv oʻtishmoqda, koʻplab tarmoqlarda esa hozirning oʻzida 3,5G belgilashni olgan texnologiyalar qoʻllanilmoqda. Hozirda tijorat ishlatilishida 90 tadan ortiq bunday tarmoqlar mavjud. Lekin telekommunikatsion industriya tahlilchilarining fikricha, yaqinda uchinchi avlod tarmoqlarini joriy etish zaruratiga kelgan qator davlatlar, endi 4Gni qisman ishlatish bilan bir avlodga “sakrashni” afzal koʻrishmoqda.

2005 yildayoq NTT DoCoMo yapon simsiz aloqaning yangi standarti ustidagi ishlardagi muavffaqiyatlar - 4G tarmoqlari simsiz kanallari boʻyicha 100 Mbit/sek tezlikda maʼlumotlarni uzatish boʻyicha muvffaqiyatli eksperimentlar oʻtkazilganligi haqida xabar qildi. SHunday qilib, NTT DoCoMo raqobatchilardan kamida 4 yilga ilgari ketgani maʼlum boʻlib qoldi. Lekin faqat 2006 yilning ikkinchi yarmida yirik milliy va xalqaro operatorlar 4G standartini ishlab chiqish uchun rasmiy hamkorlikni boshladi.

Next Generation Mobile Network Cooperation (NGMNC) ishchi guruhi butun dunyodan GSM- va CDMA-operatorlarini, ularning toʻrtinchi avlod mobil aloqa tizimlariga talablarni aniqlash uchun birga toʻpladi. Guruhni asosiy aʼzolari Sprint Nextel, T-Mobile, Vodafone, KPN va Orange boʻldi, ularga NTT DoCoMo va China Mobile qoʻshildi. Bu birlashma Buyuk Britaniya korxonasi ochdi, u

2007 yilning iyulida ma'lumotlar paketli kommutatsiyalanadigan to'liq masshtabli tarmoqni ishlab chiqishni boshladi. Guruhning texnologik masalalaridan biri barcha 3G-texnologiyalarda, shu jumladan UMTS va EV-DOlardan 4Gga asta-sekin o'tishga tayyorlash hisoblanadi.

Xitoyda sotali aloqa tarmoqlarini rivojlantirishga boshqacha nazar bilan qaraladi. 2007 yilning yanvarida bir necha oylar sinovlardan keyin SHanxayning CHangning hududida dunyodagi birinchi to'rtinchi avlod mobil kommunikatsiyalar tarmog'i rasman ishga tushirildi. Tizim 100 Mbit/s ma'lumotlarni simsiz uzatish tezligini ta'minlaydi, buni optik tolali texnologiyalar yoki qisqa masofalarda mis kabellar olishga imkon beradigan tezlikka tenglashtirsa bo'ladi. Ta'kidlash kerakki, 3Gdan 4Gga o'tish bo'yicha tadqiqotlar loyihasi Xitoy tomonidan 2001 yildayoq ishga tushirilgan. Amaldagi tizimni ishga tushirish 19,2 million dollarga tushdi. 4Gni keng joriy etish 2008 yilda Pekinda boshlandi.

Evropada ham to'rtinchi avlod birinchi mobil aloqa tarmoqlarini ishga tushirishga kirishildi. LTE (Long-Term Evolution) loyihasida qatnashishga o'z istaklarini T-Mobile International, Orange va Vodafone Group yirik evropa operatorlari, shuningdek Alcatel-Lucent, Nokia Siemens Networks, Nortel Networks va Ericsson mobil qurilmalar ishlab chiqaruvchilari bildirdi. LTEni testli ishga tushirish 2007 yilning mayida boshlandi, tijorat ishlatishga esa birinchi tarmoqlar 2009-2010 yillarda ishga tushirildi.

Mutaxassislar hozirning o'zida aminki, 4G xizmatlari evropa abonentlari uchun yaqin yillarda ommaviylashishi ehtimoli kam. Axir hatto birinchi tarmoqlari ishga tushirilganidan 7 yil o'tgan bo'lsada, ular o'z imkoniyatlaridan yarimidan kamida ishlatilmoqda. Tahlilchilar buni uchinchi avlod xizmatlariga oshirilgan tariflarga bog'lashmoqda. Shunday qilib, 4Gning muvaffaqiyatida muhim rolni evropa operatorlarining narx siyosati o'ynaydi. Axir, aslida, barcha foydalanuvchilarni yuqori tezlikli Internet va unga bog'liq xizmatlar qiziqtiravermaydi, ko'pchilikka oddiy ovozli aloqa kerak. 3Gning muammolarini hisobga olinganda telekommunikatsion xizmatlar bozoriga to'rtinchi avlod texnologiyalarining ta'siri Yevropada faqat 2020 yilga kelib bilinadi.

Hozirda AQShda Nextel mobil aloqa operatori Flarion kompaniyasining 4G tizimi foydasiga 3Gni rad etish imkoniyatini ko'rib chiqmoqda. Nextel testlash sohasini kengaytirish bilan xabar

qiladiki, «4G hayot faoliyatini tekshirish Amerika janubidagi yirik shaharlarlardagi 150 ta bazaviy stansiyalarni qamrab oladi». Ispaniya operatori esa uchinchi avlod tarmoqlarini joriy etishdan voz kechmayapdi, faqat “bitta avlod sakrashni” mo‘ljalash uchun ularning qo‘llanishi ko‘lamlarini cheklayaptdi. Agar Yangi Dunyoda faqat Flarion kompaniyasining echimlari yaxshi kutib olingan bo‘lsa, bu yerda IPwireless ishlanmalariga afzallik berilmoqda, bu yuzaga kelgan vaziyatda juda qulay, chunki 3G joriy etishdan tegishli ishlatiladi.

Tahlilchilar ta’kidlashadiki, 4G tarmoqlarni ishlatishga kiritish yo‘lida qator muammolar mavjud. Birinchidan, bozorda abonentlar qurilmalari mavjud emas. Bunday telefonlar agar bo‘lganida juda ko‘p energiya talab qilar edi va akkumulyatorlarda uzoq ishlay olmas edi (hozirda bu muammolar 3G-qurilmalarda ham mavjud). Ikkinchidan, Internetga tezkor ulanish va videoservislar hozirda telefonlarga o‘rnatilganlariga qaraganda o‘lchami bo‘yicha katta va sifatliroq displeylarni talab qilar edi.

Lekin asosiy muammo tamoyilial boshqa xarakterga ega. Bu shundan iboratki, to‘rtinchi avlod tarmoqlari qurishga kapital qo‘yilmalar 2G va hatto 3G tarmoqlardagiga qaraganda ancha salmoqli bo‘lishi kerak. Shu bilan birga investorlar hozircha ehtiyotkorlik qilishmoqda, ular 4G-loyihalarning kerakli iqtisodiy samara berishiga ishonch hosil qilishmagan. Buning ustiga ayrim ishlab chiqaruvchilar 4G va simsiz keng polosali tarmoqlarni inkor qilishni taklif etishmoqda. Turli vaziyatlarda foydalanuvchilar eng to‘g‘ri keladigan ulanish usulini tanlash imkoniyatiga ega bo‘ladi. Lekin har qanday holda 4G dan foydalanishning asosiy variantida Wi-Fi texnologiya shafqatsiz raqobatchini oladi.

4G texnologiyalari guruhi orqali taqdim etadigan juda katta ma’lumotlar oqimlarini uzatishdagi yangi imkoniyatlar hozirning o‘zida mobil kontentni etkazib beruvchilarda o‘z biznesini kengaytirish haqida o‘ylashga majburlamoqda. Agar bugungi kunda bu bozordagi asosiy tovar musiqa va oddiy o‘yinlar bo‘lsa, u holda 4Gning paydo bo‘lishi mobil televidenie, so‘rov bo‘yicha video (Video-On-Demand, VOD), «ilg‘or» o‘yinlar va boshqalarni ancha dolzarb qiladi. Bundan tashqari, 4G tufayli mobil videokonferensiyalar (videochatlar) va mobil peer-to-peer-tarmoqlar mumkin bo‘ladi.

Mobil o‘yinlar bozorining hajmi hozirgi vaqtda 1,6 milliard evroni tashkil etadi, binobarin, bu summaning 50 foizi Janubiy Koreya

va Yaponiyaga to‘g‘ri keladi. 2017 yilga kelib bozor bozor birmuncha ortadi va 2 milliard evro baholanadi. Bunday sezilarsiz ortishni sababini Screen Digest mutaxassisilari sotali operatorlarning o‘yinlarga emas, balki musiqiy va televizion mobil servislarga e‘tibor qaratishiga urinishi deb aytishmoqda. Musiqiy mobil kontent bozorida aksincha, navbatdagi besh yil davomida keskin ortish kuzatiladi. Bozorning hajmi 2006 yildagiga qaraganda 8 martta ortadi va 1,47 milliard evroni tashkil etadi. O‘shning asosiy omillaridan biri foydalanuvchilarga nafaqat audiotreklar, balki bir vaqtda bo‘ladigan (shu jumladan multimediali) materiallarni taqdim etadigan obuna bo‘ladigan servislarning mumkinligi bo‘lib qoladi. 2017 yilga kelib bugungidek sotali abonentlar ko‘plat musiqiy kompozitsiyalarni mobil telefonlarga personal kompyuterlardan yuklanadi.

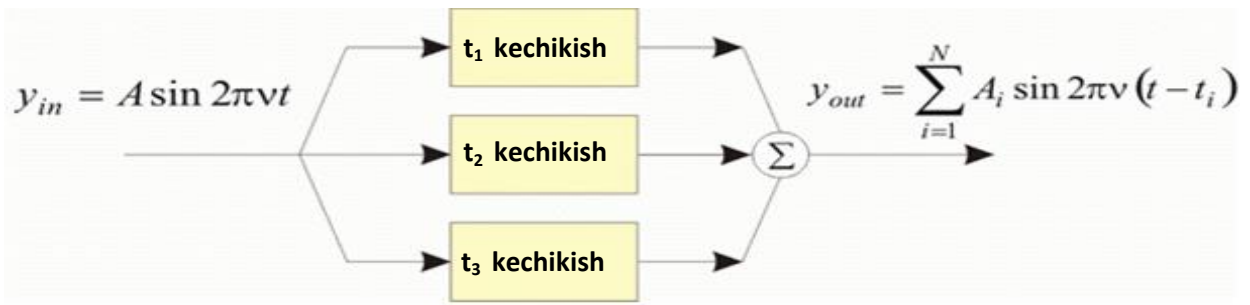
## 2.6. OFDM va OFDMA texnologiyalari

**OFDM texnologiyalari.** Keng polosali radiotizimlarda raqamli kanal uchun asosiy buzuvchi omil ko‘p nurli qabul qilishdan halaqitlar hisoblanadi. Bu halaqitlar turi ko‘p qavatli inshootli shaharlarda radiosignalni binolar va boshqa inshootlardan ko‘p martalik qaytishi tufayli efirli qabul qilish uchun juda xarakterli hisoblanadi. Bunday qaytishlar natijasida o‘sha bir signal qabullagichga turli yo‘llar orqali tushishi mumkin. Turli tarqalish yo‘llari turli uzunliklarga ham ega va shuning uchun signalning kuchsizlanishi bir xil bo‘lmaydi. Natijada qabul qilish nuqtasidagi natijaviy signal turli amplitudali va bir-birlaridan nisbatan vaqt bo‘yicha surilgan ko‘plab signallarning superpozitsiyadan (interferensiyasidan) iborat bo‘ladi, turli fazali signallarni qo‘shilishiga ekvivalent bo‘ladi. Agar uzatkich tashuvchisi  $\nu$  chastotali va  $A$  amplitudali  $y_{in}=A\sin 2\pi\nu t$  garmonik signalni tarqatayotgan bo‘lsa, u holda qabullagichda quyidagi signal qabul qilinadi:

$$y_{out} = \sum_{i=1}^N A_i \sin 2\pi\nu (t - t_i)$$

bu yerda  $t_i$  –  $i$ -nchi yo‘l bo‘yicha signalning tarqalishini kechikishi (2.4-rasm).

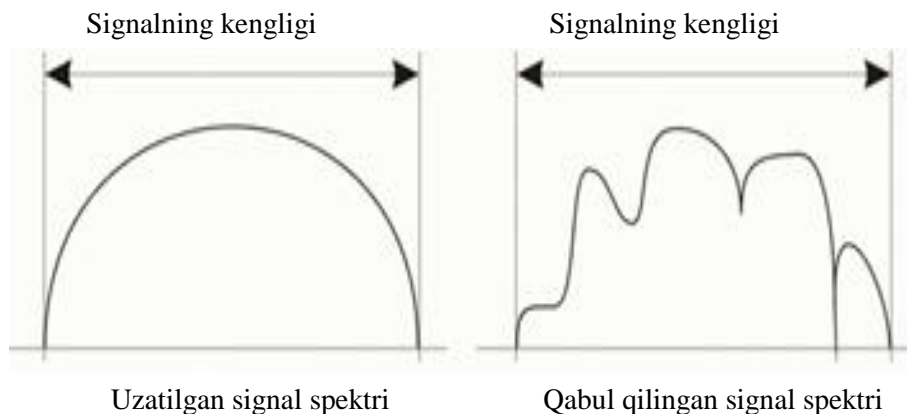
Ko‘p nurli interferensiyaning natijasi qabul qilinadigan signalning buzilishi hisoblanadi.



2.4- rasm. Signalni ko‘p nurli tarqalishi modeli

Ko‘p nurli interferensiya har qanday signallar turlari uchun xarakterli bo‘lib, ayniqsa u keng polosali signallarga salbiy ta‘sir qiladi. Ish shundan iboratki, keng polosali signal ishlatilganida interferensiya natijasida ma‘lum chastotalar sinfaz qo‘shiladi, bu signalning ortishiga olib keladi, ayrimlari esa, aksincha, qarama qarshi-fazada qo‘shiladi va bu chastotadagi signallarni kuchsizlanishiga olib keladi (2.5- rasm).

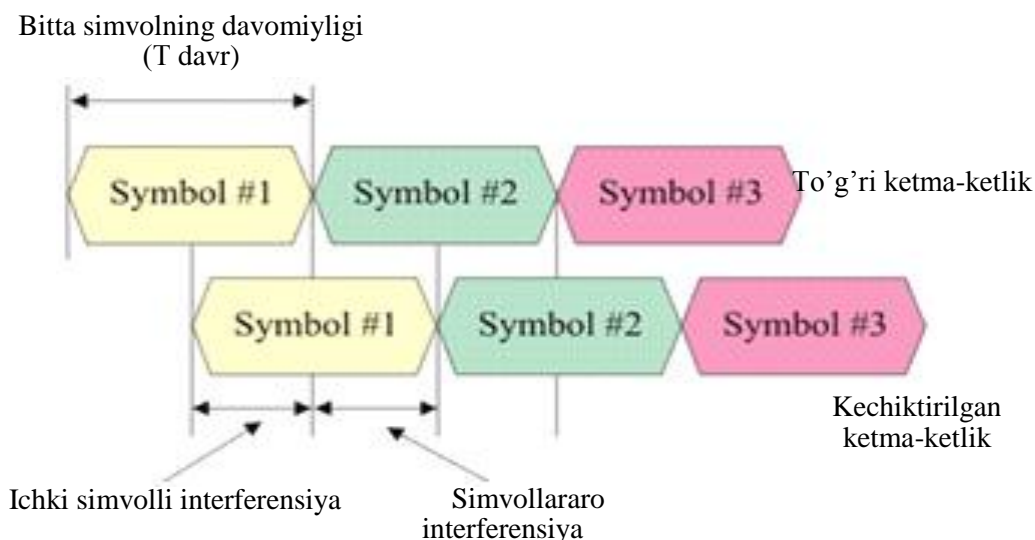
Signallarni uzatilishida vujudga keladigan ko‘p nurli interferensiya haqida gapirilganida ikkita chegaraviy holga ajratiladi.



2.5- rasm. Ko‘p nurli interferensiyaning mavjudligi hisobiga signalning buzilishi

Birinchi holda turli signallar orasidagi maksimal kechikish bitta simvolning davomiyligi vaqtidan ortiq bo‘lmaydi va interferensiya bitta uzatiladigan simvol chegaralarida vujudga keladi. Ikkinchi holda turli signallar orasidagi maksimal kechikish bitta simvolning davomiyligi vaqtidan ortiq bo‘ladi va interferensiya natijasida turli

simvollariga ega bo'lgan signallar qo'shiladi va simvolaro interferensiya (Inter Symbol Interference, ISI, 2.6- rasm) vujudga keladi.



2.6- rasm. Simvolaro interferensiya va simvollar ichki interferensiyaning vujudga kelishi

Signalning buzilishiga simvollararo interferensiya eng salbiy ta'sir ko'rsatadi. Modomiki, simvol bu tashuvchi chastotasi, amplitudasi va fazasi qiymatlari orqali xarakterlanadigan signalning diskret holati ekan, u holda turli simvollar uchun signalning amplitudasi va fazasi o'zgaradi, shuning uchun dastlabki signalni qayta tiklash juda murakkab bo'ladi. Buni oldini olish, aniqrog'i, ko'p nurli tarqalish samarasini qisman kompensatsiyalash uchun chastotaviy ekvalayzerlar qo'llaniladi, lekin simvollar tezligini ortishi hisobiga yoki kodlash sxemasining murakkablashishi hisobiga ma'lumotlarni uzatish tezligini ortishi bilan ekvalayzerlardan foydalanish samaradorligi kamayadi.

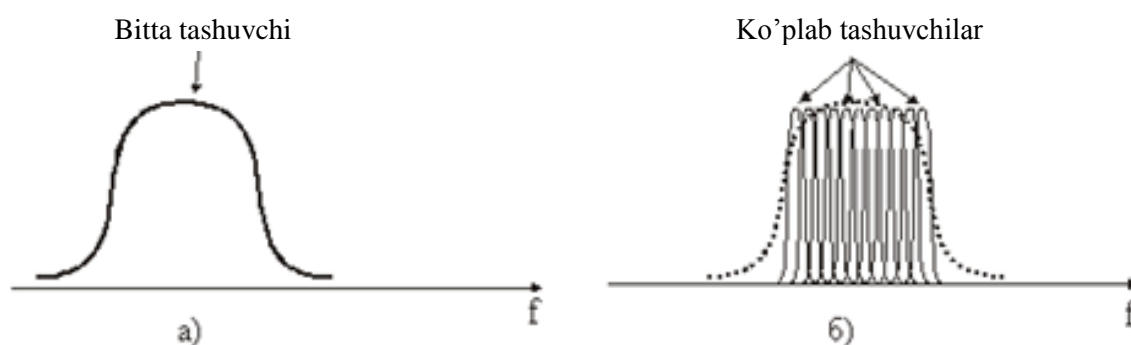
Shuning uchun 4G standartlarda tamoyilial boshqa ma'lumotlarni kodlash usuli ishlatiladi, u shundan iboratki, uzatiladigan ma'lumotlar oqimi chastotalar nimkanallari ko'pligi bo'yicha taqsimlanadi va uzatish bu barcha nimkanalarda parallel olib boriladi (2.7- rasm) [14].

Bunda yuqori ma'lumotlarni uzatish tezligiga aynan barcha kanallar bo'yicha ma'lumotlarni bir vaqtda uzatilishi hisobiga erishiladi, alohida nimkanaldagi uzatish tezligi esa yuqori bo'lmasligi ham mumkin. Agar  $i$ -nchi kanaldagi uzatish tezligi  $S_i$  bilan belgilansa,

u holda  $N$  kanallar orqali umumiy uzatish tezligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$S = \sum_{i=1}^N S_i$$

Binobarin, chastotalar nimkanallaridan har birida ma'lumotlarni uzatish tezligini uncha yuqori bo'lmagan qilish mumkin, bu simvollararo interferensiyani samarali so'ndirish uchun zamin yaratadi.



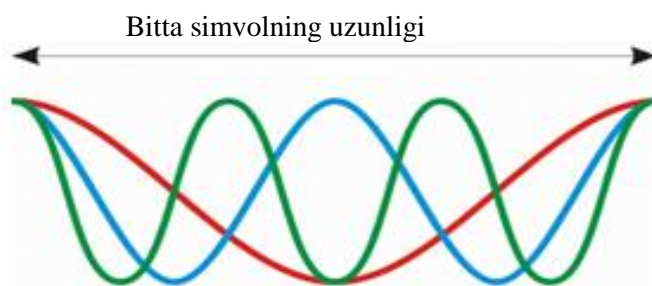
2.7- rasm. Bitta tashuvchili (a) va OFDM(b) radiosignal spektri

Kanallar chastota bo'yicha ajratishda alohida kanalning kengligi bir tomondan, alohida kanal chegaralarida signalning buzilishini minimallashtirish uchun etarlicha tor, boshqa tomondan esa talab qilinadigan uzatish tezligini ta'minlash uchun yetarlicha keng bo'lishi kerak. Bundan tashqari, nimkanallarga bo'linadigan kanalning butun polosasidan tejamli foydalanish uchun iloji boricha chastotalar nimkanallarini zich joylashtirish kerak, lekin bunda kanallarning bir-birlariga to'liq bog'liq bo'lmasligini ta'minlash uchun kanallararo interferensiyani oldini olish kerak. Sanab o'tilgan talablarni qoniqtiradigan chastotalar kanallari ortogonal kanallar deyiladi. Barcha chastotalar nimkanallaridagi tashuvchi signallar (aniqrog'i, bu signallarni tavsiflaydigan funksiyalar) bir-birlariga ortogonal bo'ladi. Matematik nuqtai nazardan funksiyalarni ortogonalligi qandaydir intervalda o'rtachalashtirilgan ularning ko'paytmasi nolga teng bo'lishini bildiradi. Bu holda bu oddiy quyidagi munosabat orqali ifodalanadi:

$$\int_0^T \sin 2\pi f_l t \sin 2\pi f_k t dt = 0, k \neq l$$

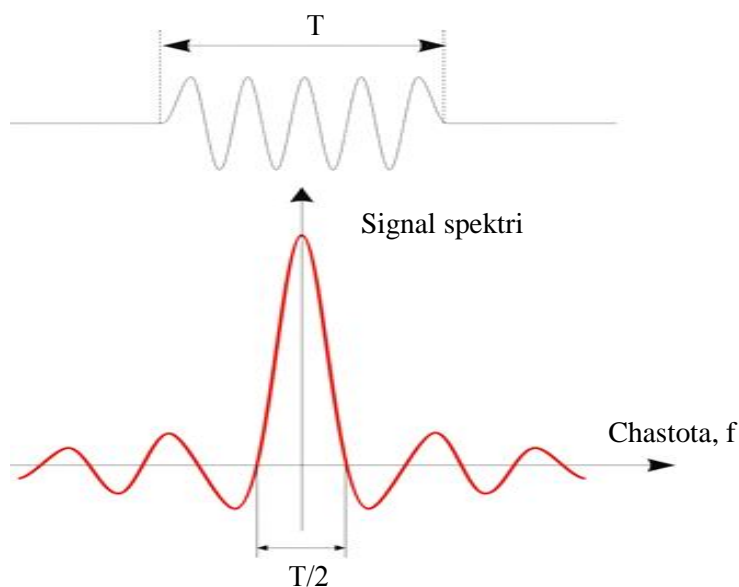
bu yerda  $T$  – simvolning davri,  $f_k, f_l$  –  $k$  va  $l$  kanallar tashuvchi chastotalari.

Tashuvchi signallarning ortogonalligini, agr bitta simvol davomiyligi vaqtida tashuvchi signal tebranishlar butun sonini amalga oshirsa ta'minlash mumkin. Bir necha ortogonal tebranishlarga misollar 2.8-rasmda tasvirlangan.



2.8- rasm. Ortogonal chastotalar

$T$  uzunlikdagi har bir uzatiladigan simvol vaqt bo'yicha cheklangan sinusoidal funksiya orqali uzatilishini hisobga olish bilan bunday funksiyaning spektrini ham topish qiyin emas (2.9- rasm).



2.9- rasm.  $T$  davomiyligidagi simvol va uning spektri

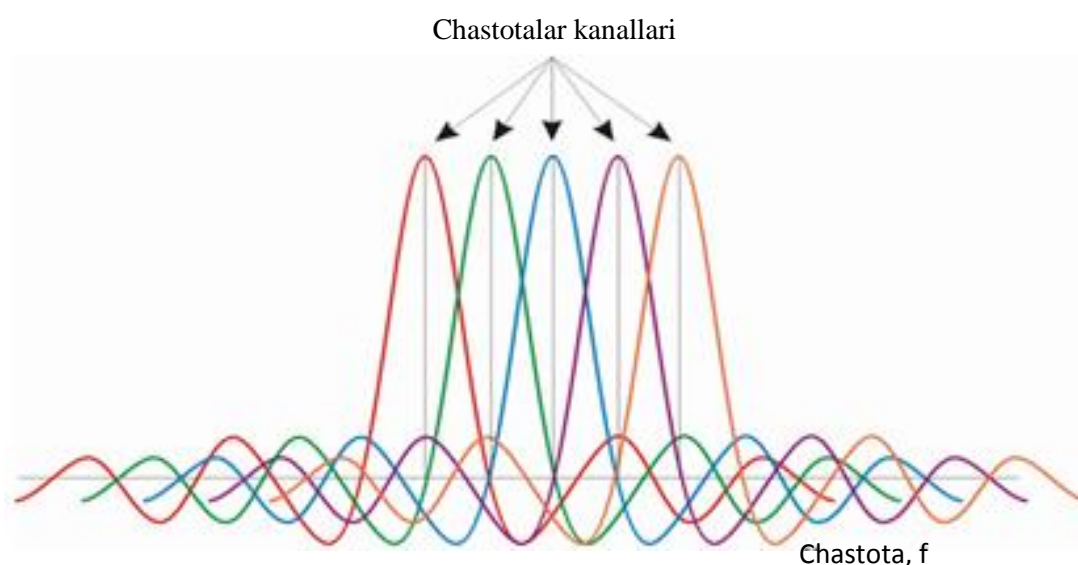


U quyidagi funksiya orqali tavsiflanadi

$$\frac{\sin 2\pi(f - f_i)}{2\pi(f - f_i)}$$

bu yerda  $f_i$  –  $i$ -nchi kanal markaziy (tashuvchi) chastotasi.

Chastotalar nimkanalining shakli ham shunday funksiya orqali tavsiflanadi. Bunda chastotalar nimkanallarning o‘zlari bir-birlarini qoplab qolsada, tashuvchi signallarning ortogonalliklari kanallarning bir-birlariga bog‘liq bo‘lmasligini kafolatlashi, demak, kanallararo interferensiyaning bo‘lmasligi muhim (2.10-rasm).

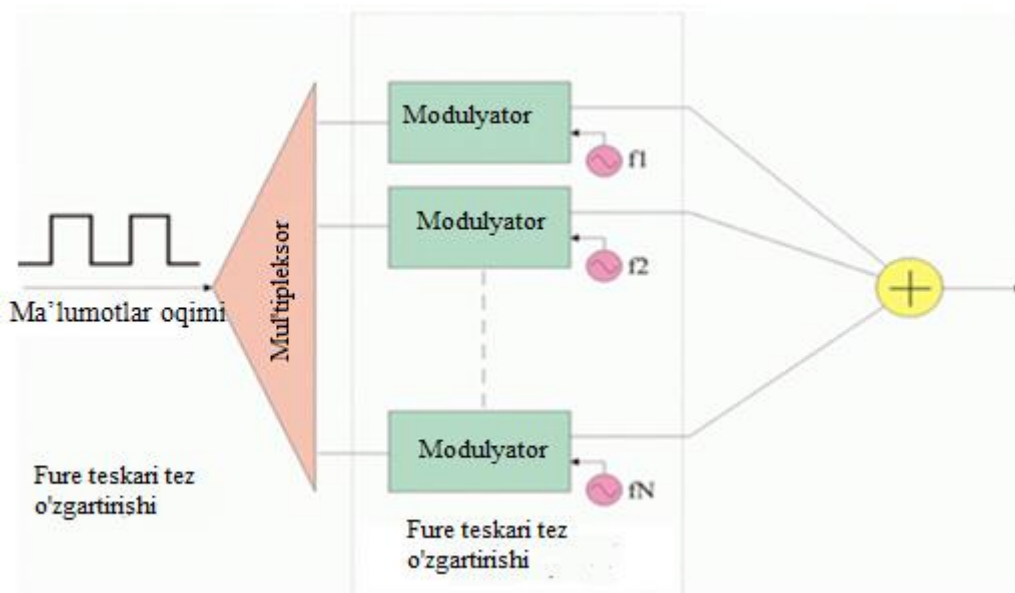


2.10- rasm. Ortogonal signallar tashuvchilarili kanallarni chastota bo‘yicha ajratish

Ko‘rib chiqilgan keng polosali kanalni ortogonal chastotalar nimkanallariga bo‘lish usuli multiplekslashli ortogonal chastota bo‘icha ajratish (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) deyiladi. Uning uzatish qurilmalarida ishlatilishi uchun oldindan  $N$ -kanallarga multiplekslangan signalni vaqt bo‘yicha berishdan chastota bo‘yicha berishga  $f(t) \rightarrow F(\omega)$  o‘tkazadigan Fure teskari tez o‘zgartirishi ishlatiladi (IFFT) (2.11- rasm).

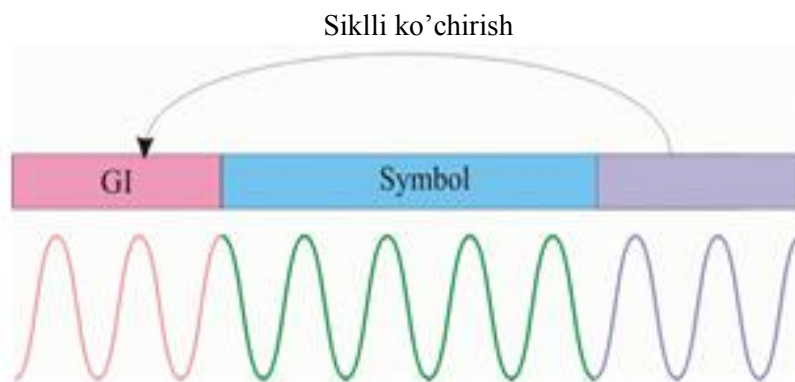
Ta‘kidlanganidek, OFDM usulining asosiy afzalliklaridan biri yuqori uzatish tezligini ko‘p nurli tarqalishga samarali qarshi turish bilan birligi hisoblanadi. Agar aniqroq aytilsa, OFDM texnologiyasi o‘zicha ko‘p nurli tarqalishni yo‘qotmaydi, balki u simvollararo interferensiyani yo‘qotish uchun zaminni yaratadi. Ish shundan

iboratki, OFDM texnologiyasining ajralmas qismi himoya intervali (Guard Interval, GI) tushunchasi hisoblanadi, u simvolning boshiga qo‘yiladigan simvolni uning tugashida siklli takrorlanishi hisoblanadi (2.12- rasm).



2.11- rasm. N ortogonal chastotalar nimkanallarini olish uchun Fure teskari tez o‘zgartirishini amalga oshirish

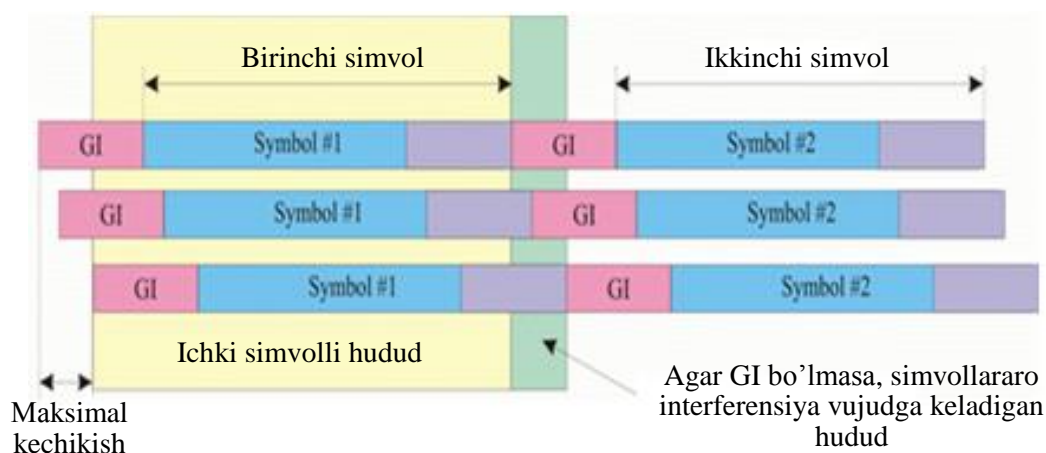
Himoya intervali ortiqcha ma’lumot hisoblanadi va bu ma’noda foydali (axborot) uzatish tezligini kamaytiradi. Bu ortiqcha ma’lumot uzatkichda uzatiladigan ma’lumotlarga qo‘shiladi va simvolni qabullagichda kabul qilinishida tashlab yuboriladi, lekin aynan u simvollararo interferensiyani vujudga kelishidan himoya bo‘lib xizmat qiladi.



2.12- rasm. Simvolning boshlanishiga qo‘yiladigan himoya intervali

Himoya intervalining bo‘lishi alohida simvollar orasida vaqt pauzalarini hosil qiladi va agar himoya intervalining davomiyligi ko‘p nurli tarqalish natijasida signalni kechikish maksimal vaqtdan ortiq bo‘lsa, u holda simvollararo interferensiyani vujudga keltmaydi (2.13- rasm).

Himoya intervalining davomiyligi odatda simvolning o‘zini davomiyligining to‘rt dan bir qismini tashkil etadi.

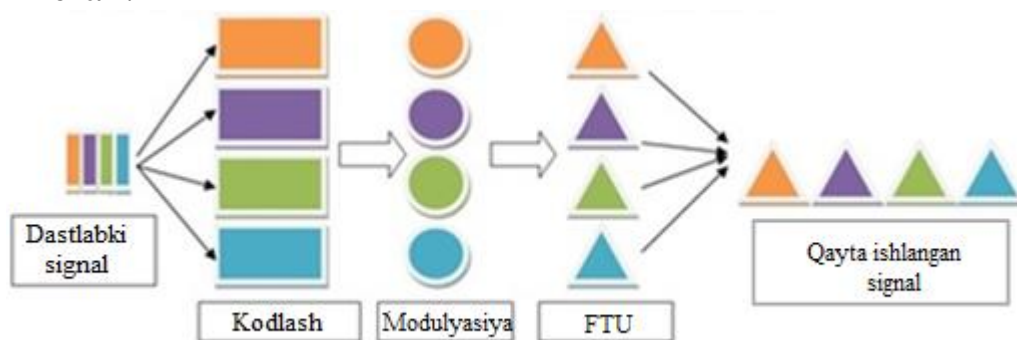


2.13- rasm. Himoya intervali simvollararo interferensiyani vujudga kelishiga to‘sqinlik qiladi

**OFDMA texnologiyalari.** OFDM modulyatsiyalashni OFDMA - Orthogonal Frequency Devision Multiple Access ulanish tamoyili – kanallar ortogonal chastota bo‘yicha ajratiladigan ko‘p tomonlama ulanish aniqlaydi. Uning ma‘nosi shundan iboratki, operatorning ishlashi uchun ajratilgan butun chastota-vaqt maydoni ham chastota bo‘yicha (15 kGs), ham vaqt bo‘yicha (0,5 ms) uncha katta bo‘lmagan bloklarga bo‘linadi. Tarmoq bu bloklarni abonentlar orasida ularning ehtiyojlari va tarmoqning imkoniyatlariga bog‘liq ravishda taqsimlaydi. Shunday qilib, resurslardan maksimal samarali foydalanish ta‘minlanadi (2.14- rasm) [14].

OFDMAda foydalanuvchilar chastotalar nimtashuvchilarini va vaqt slotlarini birgalikda ishlatadi. Bunday yondashish multifoysalanishlik ajratilishini oshiradi, kanallarni foydalanuvchilarga birlashtirilishini rejalashtirishda erkinlikni va bir necha boshqa, lekin ishlatilishidagi muhim afzalliklarini oshiradi. OFDMAning ishlatilishi har ikkala yo‘nalishda sarlavhani uzatish kabi ayrim qo‘shimcha sarflarni talab qiladi, chunki qabullagich ham

foydalanuvchiga qaysi chastotalar nimtashuvchilari biriktirilganligini bilishi kerak.



2.14- rasm. OFDMA – modulyator

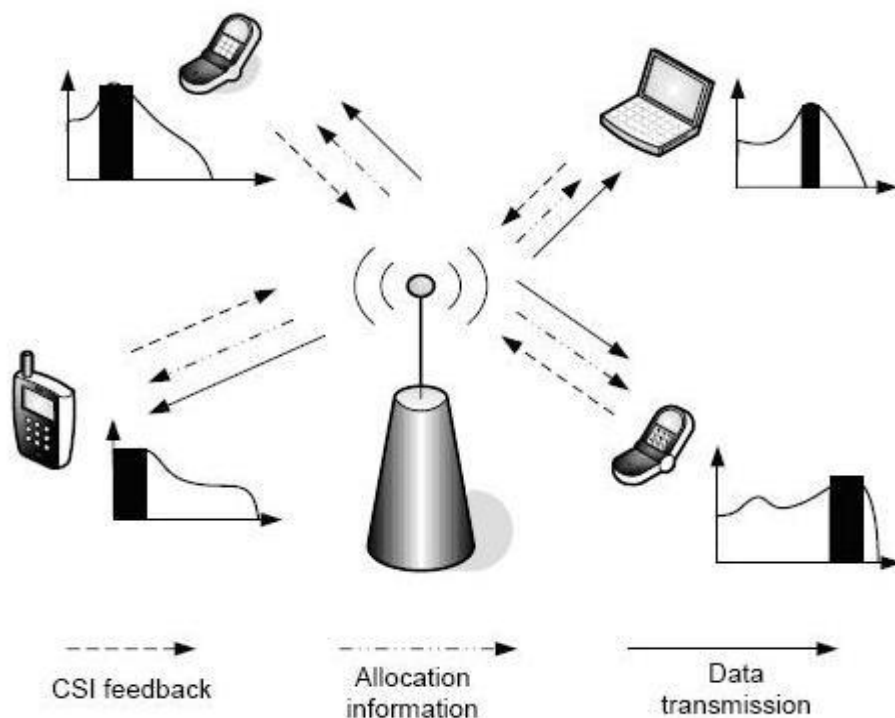
**OFDMAning afzalliklari.** OFDMAda foydalanuvchilarga turli vaqt slotlaridagi chastotalar nimtashuvchilari tayinlanadi (TDMA), ya'ni u ma'nosi bo'yicha FDMA va TDMAarning aralashmasi hisoblanadi. OFDMA afzalliklari ko'p nurlilikni barqaror so'ndirish va chastota bo'yicha ajratish tufayli hatto yagona foydalanuvchi OFDM afzalliklaridan boshlanadi. Modomiki, ko'p stansiyali ulanish raqamli ko'rinishda bajarilgan ekan (Fure tez o'zgartirishigacha – IFFT), chastotalar polosasi kengligini dinamik va samarali taqsimlash mumkin. Bu foydalanuvchilarga yaxshi xizmat ko'rsatish uchun vaqt va chastota slotlarini tanlash algoritmlarini birlashtirishga imkon beradi.

OFDMAning OFDMga nisbatan yana bir sezilarli avzalligi uning uzatish quvvatini kamaytirishning potensial imkoniyatlari, shuningdek matematik kutishga (PAPR – Peak-to-Average Power Ratio) maksimum quvvatga nisban talablarni kamaytirilishi imkoniyati hisoblanadi. PAPR muammosi, ayniqsa, "yuqoriga" yo'nalishda uzatishda o'tkir turibdi, bu yerda quvvat samaradorligi va quvvat amper soatlari narxi katta qiziqtirishga ega.

To'liq chastotalar polosasi kengligini bitta yacheykada ko'plab mobil stansiyalari (MS) orasida taqsimlashda har bir MS faqat uncha katta bo'lmagan nimtashuvchi chastotalar nimto'plamini ishlatadi. Shuning uchun har bir MS pastroq PAPR nisbatli va agar bu to'liq chastotalar polosalari kengligida uzatilganidagiga qaraganda pastroq to'liq quvvatda uzatiladi. Pastroq ma'lumotlarni uzatish tezligi va keskin ortadigan ma'lumotlar OFDM, TDMA yoki CDMA dagiga qaraganda OFDMAda ancha samarali qayta ishlanadi. Maksimal

yuqori quvvatda butun polosalar kengligi bo'yicha OFDMA o'sha bir bir quvvatni ishlatish bilan o'sha tezlikda uzoq vaqt uzatishga imkon beradi.

**Kanallar chastota bo'yicha ajratiladigan ko'p tomonlama ulanish (OFDMA)** turli foydalanuvchilarga ularning o'z nimtashuvchi chastotalar to'plamlarini biriktirish yo'li bilan **OFDM** tizimlarida muvaffaqiyatli ishlatilishi mumkin (2.15- rasm).

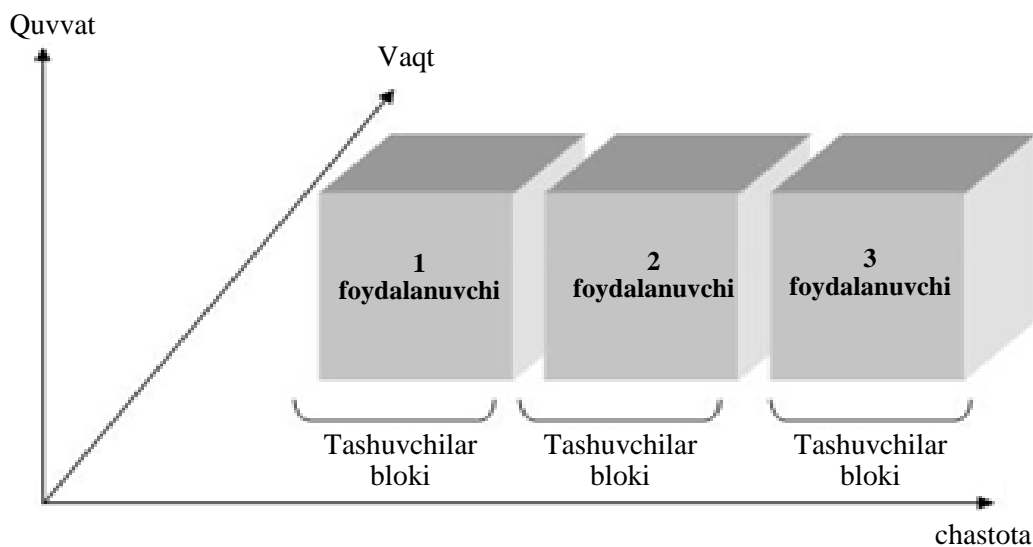


2.15- rasm. OFDMAda bazaviy stansiya har bir foydalanuvchiga kanallarning eng yaxshi parametrlarini beradigan diapazondagi nimtashuvchilar qismini ustun tayinlaydi

Bu taqsimlash bajarilishi mumkin bo'lgan ko'plab usullar mavjud. Eng oddiy usul 2.16- rasmda tasvirlanganidek, har bir foydalanuvchiga nimtashuvchi chastotalarni statik taqsimlash hisoblanadi.

Masalan, tizimning 64 ta nimtashuvchi chastotalaridan 1-foydalanuvchi 1-16 nimtashuvchi chastotalarni 2, 3, va 4-foydalanuvchilar mos ravishda 17-32, 33-48, va 49-64 nimtashuvchi chastotalarni ishlatishi mumkin. Taqsimlash turli foydalanuvchilar uchun uzoq vaqtga multipleksorga xabar qilinadi va Fure tez o'zgartirishini (FFT) ishlashigacha ishlatiladi. Tabiiyki, notekis

taqsimlashga ham yo‘l qo‘yiladi, maslan yuqori tezliklarda ma’lumotlarni uzatadigan foydalanuvchilar uchun pastroq tezlikli foydalanuvchilarga qaraganda ko‘proq nimtashuvchi chastotalar taqsimlanadi.



2.16- rasm. OFDMA shakllanishi

Nimtashuvchi chastotalarni statik taqsimlashning takomillashtirilishi – dinamik taqsimlash kanalning holatini davriy tahlil qilishga asoslanadi. Masalan, chastotaviy holat va so‘nishlarning mavjudligi tufayli 1-foydalanuvchi 33-48 nimtashuvchi chastotalardagi nisbatan yaxshi kanallarga, shu bilan bir vaqtda 3-foydalanuvchi 1-16 nimtashuvchi chastotalardagi nisbatan yaxshi kanallarga ega bo‘lishi mumkin. Ravshanki, statistika asosidagi taqsimlashlarni bunday o‘zgartirish bu foydalanuvchilar uchun o‘zaro foydali bo‘lar edi. Nimtashuvchi chastotalarni dinamik taqsimlanishini bajarilishi uchun yaxshi ishlab chiqilgan nazariya mavjud. Ulardan ayrimlari quyidagilar hisoblanadi:

- multifoydalanuvchilik ajratilishi har bir yangi bog‘lanishga nimtashuvchi chastotalar to‘plamini berishdan iborat. Stansiyaga chastotalarni uzoq vaqt birlashtirilishiga (ko‘p stansiyali ulanish) qaragandagi bu usul beradigan afzalliklar bu mumkin nimtashuvchilar to‘plamidan bu momentda “yaxshi” sharoitlarni ta’minlay oladigan nimtashuvchilarni har bir bog‘lanish uchun tanlash hisoblanadi;

- adaptiv modulyatsiyalash bu eng yuqori ma’lumotlarni uzatish tezliklariga erish uchun yaxshi kanallarni ishlatish uchun vosita

hisoblanadi. OFDMAda unumdorlikni maksimallashtirish uchun nimtashuvchi chastotalarni tanlash va quvvatni taqsimlash kanallarining holatiga asoslanishi kerak.

Shunday qilib, OFDMA ko'p stansiyali ulanish tez moslashuvchan uslubini ta'minlaydi, u ko'plab foydalanuvchilarning ishlashini o'zgaradigan ilovalar, ma'lumotlarni uzatish tezliklari va xizmat ko'rsatish sifati talablarining katta to'plami bilan muvofiqlashtirishi mumkin.

## 2.7. LTE standarti

**LTE standartidagi tarmoqlarini qurish va ishlash tamoyillari.** LTE radiointerfeysi ma'lumotlarni uzatish maksimal tezligi 300 Mbit/sdan ortiq, paketlarni qayta uzatilishi kechikish vaqti 10 m/sdan kam, shuningdek sezilarli yuqoriroq spektral samaradorlikni ta'minlaydi. LTE tizimlari operatorlardagi yangi va mavjud bo'lgan chastotalar polosalarida ishlatilishi mumkin.

LTE texnologiyasi mos apparatli va dasturiy qo'llashga ega bo'lish bilan abonentlar terminalini UMTS, CDMA2000, WiMAX tarmoqlari, shuningdek GSM yoki IS-95 tarmoqlari bilan moslashuvchanligini ta'minlaydi [15].

**LTE tarmoqlarining arxitekturasi** quyidagi umumiy tamoyillarni qoniqtiradi:

- foydalanuvchilar ma'lumotlari va xizmat ma'lumotlarini uzatish transport nimtarmoqlari mantiqiy ajratilgan;

- radioulanish tarmog'i va bazaviy paketli tarmoq bu tarmoqlarda ishlatiladigan transport funksiyalari, manzillashtirish sxemalaridan to'liq ozod etilgan, transport funksiyalarini ishlatilishida foydalaniladigan manzillashtirish sxemalariga bog'liq bo'lmasligi kerak;

- abonentlar va foydalanuvchilar terminallarining mobilliklarini boshqarish to'liq radioulanish tarmog'iga yuklangan;

- radioulanish tarmog'i interfeyslarining funksional ajratilishi bir necha bo'lishi mumkin opsiyalarga ega bo'lishi kerak;

- interfeyslar bu interfeys bilan boshqariladigan blokning mantiqiy modeliga asoslanishi kerak;

- tarmoqning bitta fizik elementi o'zida bir necha mantiqiy bloklarni ishlatilishiga ega bo'lishi kerak.

LTE tarmog'ining arxitekturasi shunday tarzda ishlab

chiqilganki, u choksiz mobillik deyiladigan mobbillikli, paketlarni etkazilishini minimal kechikishili va xizmat ko'rsatish sifatining yuqori ko'rsatkichlarili paketli trafikni qo'llanilishini ta'minlaydi.

Tarmoq funksiyasi sifatida mobillik uning ikkita funksiyalari - diskret mobillik (rouming) va uzluksiz mobillik (xendover) orqali ta'minlanadi. Binobarin, LTE tarmoqlari barcha mavjud tarmoqlar bilan rouming va xendover protseduralarini qo'llashi kerak, LTE-abonentlar (terminallar) uchun hamma joyda simsiz keng polosali xizmatlar qamrab olishi ta'minlanishi kerak.

Paketli uzatish barcha xizmatlarni, shu jumladan foydalanuvchilar ovozli trafigini uzatilishini ta'minlashga imkon beradi. Tarmoq tugunlarining yetarlicha yuqori har xil turiligi va ierarxikligi kuzatiladigan (taqsimlangan tarmoq javobgarligi deyiladigan) oldingi avlodlar ko'plab tarmoqlaridan farqli ravishda LTE tarmoqlari arxitekturasini tekis deb hisoblag mumkin, chunki deyarli butun tarmoq o'zar ta'sirlashish ikkita BS (bazaviy stansiya) va MBB (mobillikni boshqarish boki) tugunlari orasida bo'lib o'tadi. BS texnik spetsifikatsiyalarda B-tugun (Node-B, eNB) deyiladi, MBB (MME, Mobility Management Entity) esa ishlatilishi bo'yicha SH (GW, Gateway) shlyuzni o'z ichiga oladi, ya'ni MME/GW kombinatsiyalangan bloklar o'z o'rniga ega bo'ladi.

Oldingi avlodlar tarmoqlarida juda sezilarli rolni o'ynagan radiotarmoq kontrolleri ma'lumotlar oqimini boshqarishdan ozod etilgan (u hatto tuzilish sxemalarida mavjud bo'lmaydi), uning an'anaviy funksiyalari – radioresurslarni boshqarish, sarlavhalarni siqish, shifrlash, paketlarni ishonchli uzatilishi esa to'g'ridan-to'g'ri BSga yuklangan.

MBB faqat tarmoq signalizatsiyasi deyiladigan xizmat ma'lumotlari bilan ishlaydi, shunday ekan foydalanuvchilar ma'lumotlariga ega bo'lgan IP-paketlar u orqali o'tmaydi. Bunday alohida signalizatsiya blokining bo'lishi afzalligi shundan iboratki, tarmoqning o'tkazish qobiliyatini bog'liq bo'lmagan holda ham foydalanuvchilar trafigi, ham xizmat ma'lumotlari uchun kengaytirish mumkin. MBBning asosiy funksiyasi kutish rejimida bo'lgan foydalanuvchilar terminalini (FT) boshqarish, shu jumladan chaqiruvlarni qayta yo'naltirish va bajarish, mualliflashtirish va autentifikatsiyalash, rouming va xendover, xizmat va foydalanuvchilar kanallarini o'rnatish hisoblanadi.

Barcha tarmoq shlyuzlari orasida XKSh xizmat ko'rsatuvchi



shlyuz (S-GW, Serving Gateway) va paketli tarmoq shlyuzi (P-GW, Packet Data Network Gateway) yoki paketli shlyuz (PSh) alohida ajratilgan. XKSh BSga va u xizmat ko'rsatadigan FTlarga tegishli bo'lgan ma'lumotlar paketlarini qabul qilish va qayta uzatish bilan lokal mobillikni boshqarish bloki sifatida ishlaydi. PSh BS va turli tashqi tarmoqlar to'plamlari orasidagi interfeys hisoblanadi, shuningdek IP-tarmoqlarning manzillarni taqsimlash, foydalanish siyosatini ta'minlash, paketlarni marshrutlashtirish, filtrlash va boshqalar kabi ayrim funksiyalarini bajaradi.

Ko'plab uchinchi avlod tarmoqlaridagi kabi LTE tarmoqlarini qurish tamoyillari asosiga ikkita jihatlar - alohida tarmoq bloklarini fizik ishlatilishi va ular orasida funksional aloqalarni shakllantirishni ajratish qo'yilgan. Bunda fizik ajratish masalasi soha (domain) konsepsiyasidan kelib chiqib hal etiladi, funksional aloqalar esa qatlam (stratum) doirasida ko'rib chiqiladi.

Fizik darajadagi birinchi ajratish tarmoq arxitekturasini foydalanuvchilar qurilmalari sohasiga (UED, User Equipment Domain) va tarmoq infratuzilmasi sohasiga (ID, Infrastructure Domain) bo'lish hisoblanadi. Tarmoq infratuzilmasi sohasi, o'z navbatida, radioulanish nimitzimidagi (E-UTRAN, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) va bazaviy (paketli) nimtarmoqqa (EPC, Evolved Packet Core) bo'linadi.

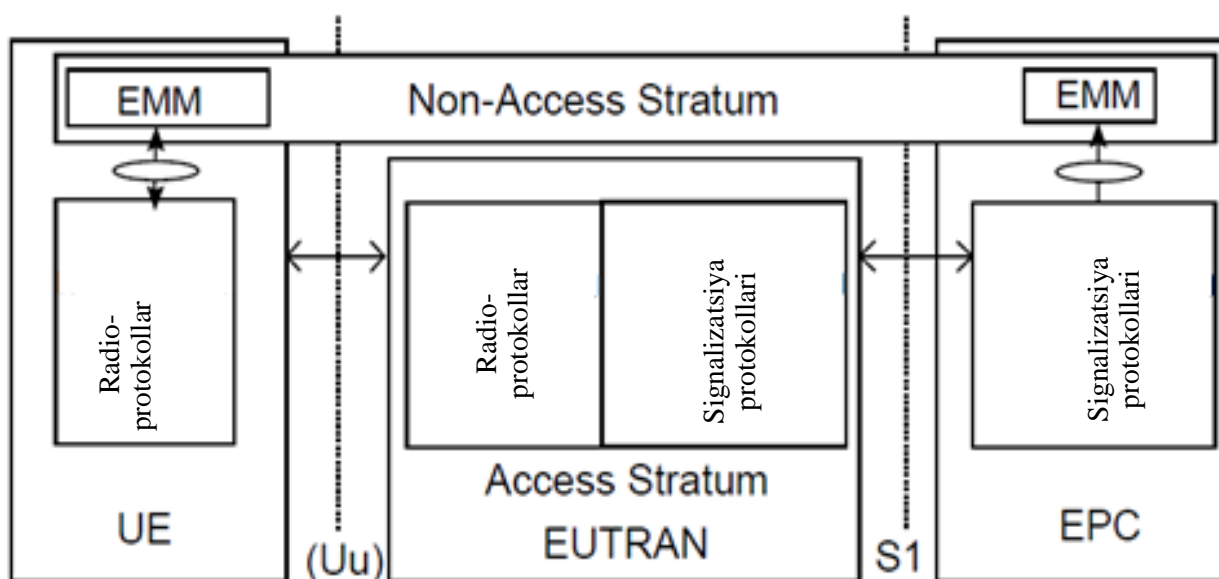
Foydalanuvchilar qurilmalari bu LTE-xizmatlarga ulanish uchun tarmoq abonentlari ishlatadigan turli funksional imkoniyatlari darajalarili FTlar hisoblanadi. Bunda foydalanuvchi terminali sifatida ham misol uchun ovozli trafikdan foydalanadigan real abonent, ham ma'lum tarmoq yoki foydalanish ilovalarini uzatish yoki qabul qilish uchun mo'ljallangan egasiz qurilma bo'lishi mumkin.

2.16-rasmda LTE tarmog'ining umumlashtirilgan sxemasi tasvirlangan, undan funksional aloqalarning ikkita qatlamlari – radioulanish qatlami (AS, Access Stratum) va tashqi radioulanish qatlami (NAS, Non-Access Stratum) ko'rinib turibdi. 2.16-rasmda tasvirlangan ko'rsatkichli ovallar xizmatlarga ulanish nuqtalarini belgilaydi.

UE foydalanuvchilar qurilmalari sohasi va UTRAN radioulanish tarmog'i sohasi orasidagi birlashish Uu-interfeys, radioulanish tarmog'i sohasi va EPC bazaviy soha orasidagi birlashish S1-interfeys deyiladi. Uu va S1interfeyslarga kiradigan turli protokollarning tarkibi va ishlashi foydalanish (UP, User Plane) va boshqarish (CP, Control

Plane) tekisliklariga bo‘lingan.

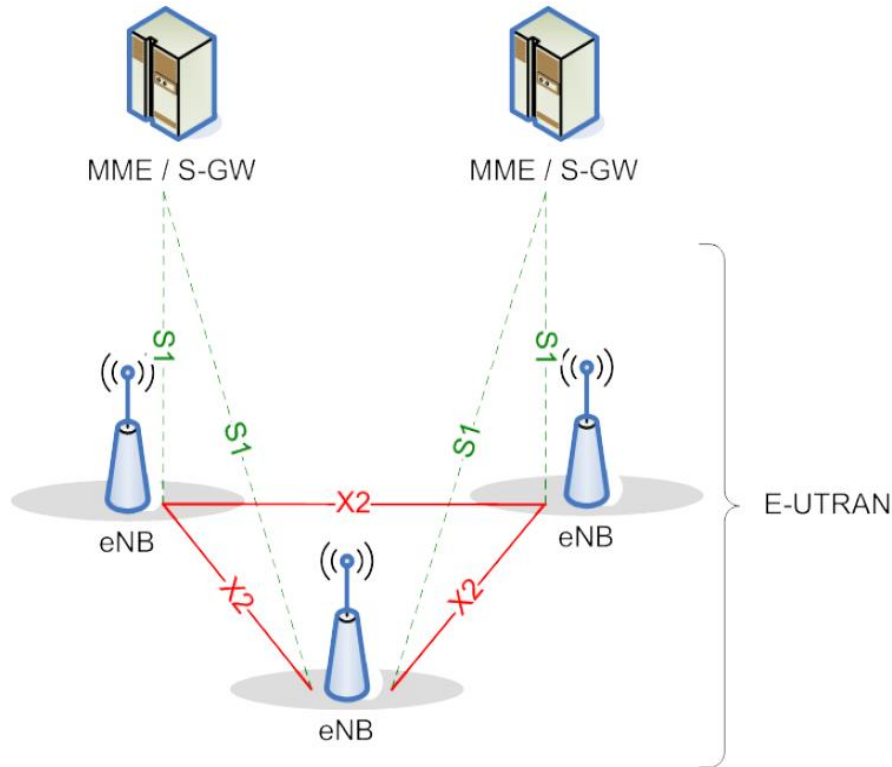
Ulanish qatlamidan tashqarida bazaviy tarmoqda mobillikni boshqarish mexanizmi (EMM, EPC Mobility Management) ishlaydi.



2.17- rasm. LTE tarmog‘ining umumlashtirishgan tuzilish sxemasi

Foydalanish protokolida foydalanuvchilar ma’lumotlarini radiokanal bo‘yicha uzatilishini ta’minlaydigan protokollar ishlatiladi. Boshqarish tekisligiga turli jihatlarida FT va tarmoqning ulanishini ta’minlaydigan protokollar kiradi. Shuningdek bu tekislikka turli xizmatlarni ko‘rsatilishiga tegishli bo‘lgan xabarlarni transparent (ochiq) uzatilishi uchun mo‘ljallangan protokollar kiradi.

Radioulanish tarmog‘i sohasi mantiqan ikki sohalarga – radiotarmoq darajasi (RNL, Radio Network Layer) va transport tarmog‘i darajasiga (TNL, Transport Network Layer) bo‘linadi. Radioulanish tarmog‘i sohasiga kiradigan BSlarning o‘zaro ta’sirlashishi 2.17- rasmda ko‘rsatilganidek X2-interfeys asosida amalga oshiriladi. Bundan tashqari, bazaviy stansiyalar orasida va bazaviy tarmoq bilan mobillikni boshqarish bloki (S1-MM-interfeys) yoki xizmat ko‘rsatish tuguni (S1-U-interfeys) orqali tranzit bog‘lash o‘z o‘rniga ega (2.17- rasmda ko‘rsatilmagan). Shunday qilib, S1-interfeys BSlar va MBB/OTlar to‘plamlarini ko‘plat munosabatlarini ta’minlaydi.



2.18- rasm. Radioulanish tarmog‘i funksional tugunlarining ulanishi

LTE tarmoqlarida bazaviy stansiyalarga quyidagi funksiyalarni bajarish yuklangan:

- kiruvchi va chiquvchi yo‘nalishlarda radioresurslarni boshqarish, radiokanallarni boshqarish, resurslarni dinamik taqsimlash;
- IP-paketlar sarlavhalarini siqish, foydalanuvchilar ma’lumotlari oqimlarini shifrlash;
- oldingi ulanish haqida ma’lumot bo‘lmaganida foydalanuvchi terminalini tarmoqqa ulanishida mobillikni boshqarish blokini tanlash;
- foydalanish tekisligida ma’lumotlar paketlarini xizmat ko‘rsatuvchi shlyuz yo‘nalishi bo‘yicha marshrutlashtirish;
- MBBdan olingan chaqiruv va tarqatish ma’lumotlarini dispatcherlashtirish yoki uzatish;
- MBBdan olingan PWS (Public Warning System, trevogali ogohlantirish tizimi) xabarlarini dispatcherlashtirish va uzatish;
- mobillik va dispatcherlashtirishni boshqarish uchun mos hisoblarni o‘lchash va tuzish.

Mobillikni boshqarish bloki quyidagi funksiyalarni bajarilishini ta’minlaydi:

- xizmatlarga ulanish nuqtalari haqidagi himoyalangan

ma'lumotlarni uzatish va ulanish nuqtalarini himoyalangan boshqarish;

- turli radioulanish tarmoqlari orasida mobillikni boshqarish uchun bazaviy tarmoqqa ma'lumotlarni uzatish;

- kutish, shu jumladan chqairuvlarni qayta yo'naltirish holatida bo'lgan bazaviy stansiyalarni boshqarish;

- turli standartlar radioulanish tarmoqlari uchun xizmat ko'rsatish shlyuzi va paketli tarmoq shlyuzini tanlash;

- xendover bajarilishida yangi mobillikni boshqarish blokini tanlash;

- rouming;

- autentifikatsiyalash;

- radiokanalni, shu jumladan, ajratilgan kanalni o'rnatilishini boshqarish;

- PWS xabarlarini uzatilishini ta'minlash.

Xizmat ko'rsatuvchi tugun quyidagi funksiyalarni bajarilishiga javob beradi:

- xendoverda lokal joylashish o'rnini bog'lash nuqtasini tanlash (Local Mobility Anchor);

- kutish rejimida bo'lgan FTlar uchun mo'ljallangan chiquvchi yo'nalishda ma'lumotlar paketlarini buferlashtirish va xizmatlar so'rash protsedurasini initsializatsiyalash;

- foydalanuvchilar ma'lumotlarini ruxsat etilgan qo'lga kiritish;

- ma'lumotlar pakelarini marshrutlashtirish va qayta yo'naltirish;

- transport darajasi paketlarini belgilash;

- tariflashtirish uchun foydalanuvchilar hisobga olish yozuvlarini va xizmat ko'rsatish sifati sinfi identifikatorini shakllantirish;

- abonentlarni tariflashtirish.

Paketli tarmoq shlyuzi quyidagi funksiyalarni bajarilishini ta'minlaydi:

- foydalanuvchilar paketlarini filtrlash;

- foydalanuvchilar ma'lumotlarini ruxsat etilgan qo'lga kiritish;

- FTlar uchun IP-manzillarni taqsimlash;

- chiquvchi yo'nalishdatransport darajasi paketlarini belgilash;

- xizmatlarni tariflashtirish, ularni saralash.

**MIMO ko'p antennali tizimlarini qo'llash.** LTE tizimlarida bir necha qabul qilish va uzatish antennalari bilan ishlash rejimlari ko'zda tutilgan. Bunday tizimlarning ishlashi ikkita tamoyillar – fazoviy zichlashtirish tamoyili bo'yicha va fazoviy-vaqt bo'yicha

kodlash tamoyili bo'yicha tashkil etilishi mumkin.

Birinchi tamoyilning ma'nosi shundan iboratki, turli uzatish antennalari axborot simvollarini blokining turli qismlarini yoki turli axborot blaklarini uzatadi. Ma'lumotlarni uzatish ikkita yoki to'rtta antennalar orqali parallel olib boriladi. Qabul qilish tomonida turli antennalar signallarini qabul qilish va ajratish amalsha oshiriladi va maxlumotlarni maksimal uzatish tezligi ikki yoki to'rt martrta ortishi mumkin.

Fazoviy-vaqt bo'yicha kodlash tamoyili bo'yich qurilgan tizimlarda barcha uzatish antennalaridan o'sha bir ma'lumotlar oqimi eng yaxshi qabul qilish sifatini ta'minash maqsadlarida oldindan kodlash sxemalaridan foydalanish orqali uzatish amalga oshiriladi. Masalan, ikkita uzatish antennalaridan signalni shakllantirishda OFDMA-signal nimitashuvchilaridan birini modulyatsiyalaydigan kompleks modulyasion simvollar oqimi toq (x1) va juft (x2) simvollarga bo'linadi, ya'ni bu modulyasion simvollar bitta nimitashuvchiga, lekin turli OFDMA-simvollarga mos keladi.

**LTE tarmoqlaridagi xizmatlar.** Yanada ko'p xilma-xil xizmatlarni taqdim etilishini ta'minlaydigan yangi tarmoq texnologiyalarini rivojlantirish jahon telekommunikatsion hamjamiyatiga xizmatlar sifati va ularni boshqarish tizimi masalalariga aloqa xizmatlarini taqdim etish raqobat bozorini samarali rivojlantirishning eng muhim yo'laridan biri sifatida qarashga majburlaydi.

Aloqa xizmatlar sifati (QoS, Quality of Service) tushunchasi Xalqaro elektr aloqa ittifoqi tomonidan rasman E.800 tavsiyalarida (yana umumiy foydalanishdagi telefon tarmoqlari va integral xizmat ko'rsatish raqamli tarmoqlariga qo'llaniladigan) tasdiqlangan va foydalanuvchilarni aloqa xizmatlaridan qoniqishi darajasini aniqlaydigan xizmat ko'rsatish parametrlaridan yig'indi samara sifatida tushuniladi.

Sifatni boshqarish tizimi bu xizmatlar sifatini o'rnatilgan talablarga mos kelishini ta'minlaydigan parametrlar va mexanizmlar birligi hisoblanadi. Bunday tizimni kiritilishidan maqsad xizmatga talabni oshirish uchun taqdim etilgan xizmatdan foydalanuvchini qoniqishini maksimallashtirish hisoblanadi.

Mobil aloqa tarmoqlarida sifatni boshqarish tizimini rivojlantirishni boshlanishini ma'lumotlarni paketli uzatish imkoniyatili modifikatsiyalangan GSM/GPRS tarmoqlari uchun

mo'ljallangan mos Rel'97/98 reliz chiqarilgan 1997 yilni belgilash kerak bo'ladi. Xizmatlar sifatini ta'minlash asosida bo'lishi mumkin xizmatlar va ularni taqdim etish usullariga nisbatan foydalanuvchi yoki terminalning joriy holatini tavsiflaydigan parametrlar to'plamidan iborat bo'lgan PDP-nimmatn (PDP, Packet Data Protocol) tushunchasi yotadi. FTni bazaviy paketli tarmoq bilan ulashda IP-paketlarni FTlar va turli tarmoq tugunlari orasida uzatish uchun mantiqan aloqani o'rnatish maqsadida to'g'ri va teskari yo'nalishlarda PDP-nimmatnni aktivlashtirish bo'lib o'tadi.

Dastlab Rel'97/98 relizga muvofiq bitta terminalga bitta PDP-manzilga bitta PDP-nimmatnga ega bo'lishga ruxsat etildi. Keyin uchinchi avlod mobil tarmoqlari konsiepsiyasini ishlab chiqishda yangi talablarni ta'minlash uchun PDP-nimmatnning yangi konsepsiyasi, aynan bitta PDP-manzilga xizmat ko'rsatish sifati o'z profillariga ega bo'lgan bir necha PDP-nimmatnlardan foydalanish imkoniyati rivojlantirildi. Bunda mos PDP-manzil uchun ochiladigan birinchi PDP-nimmatn birlamchi nimmatn, o'sha i PDP-manzil uchun ochilgan keyingi PDP-nimmatnlar esa ikkilamchi nimmatnlar deyiladi. Lekin ikkilamchi PDP-nimmatnlarning ishlatilishi ular birlamchi PDP-nimmatn APN tarmog'iga ulanish nuqtasi bilan bog'lanishini talab qiladi.

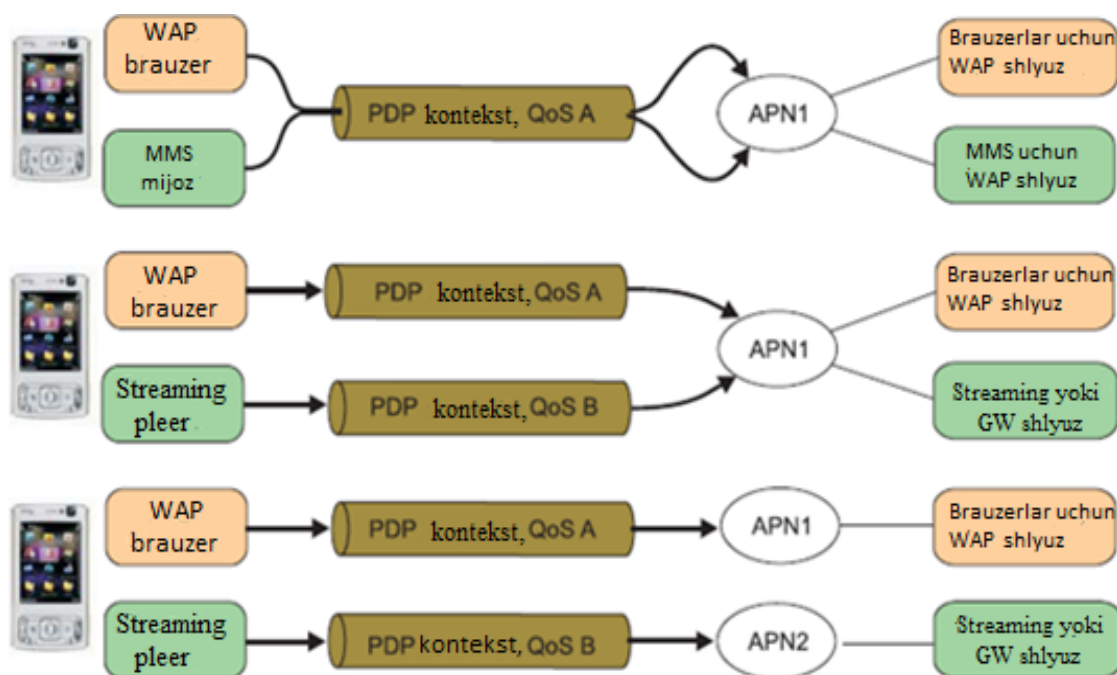
Bunday boshqarish tuzilmasini qurishning asosiy g'oyasi PDP-nimmatn parametrlariga muvofiq xizmat ko'rsatish sifatini darajalashtirish hisoblanadi. Shunday qilib, abonentning bitta PDP-nimmatnni birga ishlatadigan barcha ilovalari bir xil xizmat ko'rsatish profiliga ega bo'ladi. Bir xil xarakteristikalarli bir necha oqimlar xizmat ko'rsatish sifati birgalikdagi profilini hosil qiladi. Uzatiladigan paketlarni QoS talablariga muvofiq darajalashtirilgan qayta ishlash uchun bitta FTga ham birlamchi, ham ikkilamchi nimmatnlar aktivlashtirilishi kerak. PDP-nimmatnlarni tashkil etishga misol 2.19- rasmda keltirilgan.

Foydalanish xizmatlari bozorining rivojlanishi, avvalo, paketli rejimda taqdim etiladigan xizmatlarning ortishiga bog'liq. SHu bilan birga, aytib o'tilganidek, uchinchi va to'rtinchi avlod mobil tarmoqlarda xizmatlarni uzatish, shu jumladan nutq so'zlashuvlari kanallar kommutatsiyalanishida mavjud emas, nutqni paketli uzatilishining ishlatilishi VoIP (Voice over IP) yoki PoC (Push-to-talk over Cellular) texnologiyalariga asoslanadi.

Nutqni paketli uzatilishi bilan bir qatorda asosiy xizmatlar

quyidagilar hisoblanadi:

- internet fayllarni uzatish (web-browsing);
- elektron pochta ni etkazish;
- multimediali xabarlar (MMS, Multimedia Messaging Service), shu jumladan, multimediali uzatish;
- oqimli video (streaming);
- real vaqtdagi interaktiv o‘yinlar.



2.9- rasm. Turli PDP-nimmatnlarni tashkil etish variantlari

**LTE-Advanced (LTE-A)** bu LTE standartning modifikatsiyalangan versiyasi hisoblanadi, uning asosiy avzalligi turli diapazonlardan chastotalarni yagona polosaga birlashtirish imkoniyati va abonentlar uchun ma’lumotlar tezligini oshiradigan katta spektral samaradorlik hisoblanadi. Xususan, LTE-Advancedda maksimal ma’lumotlarni uzatish tezligi abonentga yo‘nalishda 1 Gbit/sni va abonentdan yo‘nalishda LTE uchun xarakterli bo‘lgan 300 va 75 Mbit/sga qaraganda 500 Mbit/sni tashkil etadi. Shuningdek LTE-Advancedda sotaning chetlarida tarmoqning ishlash xarakteristikalarini yaxshilanadi. 2010 yil noyabrining oxirida ITU Xalqaro elektr aloqa ittifoqi LTE-Advancedni to‘rtinchi avlod (4G) standarti sifatida rasman tan oldi.

## 2.8. Mobil aloqaning istiqbolli texnologiyalari

**Mobil aloqaning istiqbolli texnologiyalari.** Zamonaviy mobil aloqa tarmoqlarini rivojlantirishda kelajakda ma'lumotlarni olish oniy amalga oshirilishi, xizmatlarni ko'rsatilishi esa kechikishlarsiz va uzilmasligiga intilish kerak. Ulanadigan qurilmalar soni soni keskin ortib bormoqda. Umumiy an'ana shundan iboratki, yakunda hamma narsa ulanadi, bunda tarmoqqa ulanishdan svetoforlar, maishiy texnikadan boshlab avtomobillar, tibbiyot qurilmalari va elektr ta'minoti tizimlarigacha qurilmalar yutuqqa erishishi mumkin. Bu insonlar, biznes va jamiyat uchun cheklanmagan imkoniyatlar ochadi.

Bunday qurilmalarning tarqalishi butun dunyo bo'yicha tarmoqlarda trafikning eksponensial ortishiga olib keldi va natijada yaqin kelajakda qurilgan 3G va 4G mobil tarmoqlarning imkoniyatlari etarli bo'lmay qoladi. Muammodan chiqish yo'li bitta, hozirning o'zida beshinchi avlod tarmoqlarini qurish konsepsiyasini ishlab chiqish va tasdiqlash kerak.

5G standarti bu individual foydalanuvchilar va qurilmalar uchun tarmoqqa cheklanmagan ulanishni ta'minlaydigan mobil texnologiyalarni rivojlanishining yangi bosqichi hisoblanadi. 5G standartini ishlab chiqishda, ravshanki, LTE va HSPA texnologiyalarining takomillashtirilgan imkoniyatlarini, shuningdek aniq bir vazifalarni echishga mo'ljallangan boshqa radioulash texnologiyalarini hisobga olish zarur bo'ladi [7,32-35].

5Gning imkoniyatlari mobillik va yangi texnologiyalarga bo'linadi. Ko'plab tahlilchilarning fikricha, mobillik yangi dunyoning katalizatori bo'ladi. Biznes-landshaftni o'zgartiradigan vositalarini muhokama qilish bilan "kuchlarning tutashib ketishi" atamasini ishlatish taklif qilinadi, bunda hozirda mavjud bo'lgan to'rtta asosiy texnik trendlar – ijtimoiy o'zaro ta'sirlashish, mobil texnologiyalar, bulutlar va ma'lumotlarga ulanishning konvergenstiyalanishi ko'zda tutiladi. Bunda bulut orqali real vaqtda olinadigan yangi ma'lumotlar hajmlari vujudga keladi. Bunday almashinuvni ta'minlash uchun mos tarmoq zarur bo'ladi.

Texnologiya nuqtai nazaridan, 5G bu barcha yangi imkoniyatlarni ishlatilishining bog'lanishini ta'minlaydi. Bunday tarmoq tuzilmaining alohida fragmentlarini birlashtirish uchun 5G jarayonlarni boshqaradigan insonlarga bog'liq bo'lmagan holda zarur tarmoq bog'lanishlarini ta'minlashi kerak. SHunday qilib, 5G



dunyodagi insonlar, jarayonlar, ma'lumotlar va ob'ektlarni keng qamrab oladigan Internetga birlashtirishda asosiy omil bo'lib qoladi.

NSN taxminlariga ko'ra, 5G tarmoqlari 2010 yidagiga taqqoslaganda 2030 yilgacha tarfikning 10000-karrali ortishi bilan ishlashi kerak. Bu davrda kutiladiki, "aqlli" shaharlar, uylar va energiya tarmoqlaridagi ulangan qurilmalarning soni foydalanuvchilar qurilmalari sonidan 10-100 marttaga ortiq bo'ladi. Yakuniy hisobda turli xil servislar, foydalanish ko'rinishlari va talablarini ta'minlashi zarur bo'ladigan taxminan 50 milliard qurilmalar paydo bo'ladi.

Umuman olganda hisoblash mumkinki, 5G standarti maishiy asboblardan boshlab sanoat korxonalarigacha keng qo'llanilish sohalari diapazoni muammolarini echish va turli talablar uchun mo'ljallangan texnologiyalar integratsiyalangan to'plami hisoblanadi. 5G tavsiflaridan biri tasdiqlaydiki, bu mavjud oldingi avlodlar texnologiyalarining o'rnini bosadigan emas, balki to'ldiriladigan organik integratsiyalangan radioulanish texnologiyalari to'plami hisoblanadi. Binobarin, ular aniq bir ko'rinishlar va ma'lum maqsadlar uchun yangi yechimlar bilan to'ldiriladi.

Mobil tarmoqlarning arxitekturasi 5G standartga o'tish bilan to'liq o'zgaradi, binobarin, "sotali aloqa" tushunchasi yo'qoladi, chunki mobil tarmoqlarning tuzilmasi sotali bo'lmay qoladi. Yangi tarmoq o'ta zich, masshtablanadigan (ko'lamlashtiriladigan) servislarni istalgan vaqtda har qanday joyda ta'minlaydigan o'ta zich bo'ladi.

Ma'lumki, zamonaviy mobil aloqa tarmoqlari sotalarni, ya'ni qamrab olish zonalarini shakllantiradigan bazaviy stansiyalardan tashkil topgan. Bir-birlari bilan yonma-yon turadigan bazaviy stansiyalar tarmoqning qamrab olish zonasini shakllantiradi. Mobil tarmoqlarda yacheykalardan tashkil topgan 5G arxitekturasi qurilmalardan tashkil topgan arxitekturaga almashtiriladi. Tarmoq arxitekturasi markaziy elementlari bazaviy stansiyalar o'rniga bir-birlari bilan to'g'ri ulanadigan mobil qurilmalar va serverlar bo'ladi. Bunday tizimda qurilma (mashina yoki inson) turli jinsli kommunikatsion tugunlar orqali ko'p sonli ma'lumotlar oqimlari bilan almashishi mumkin bo'ladi.

Ishlab chiquvchilar 5G tarmoqlardagi qurilmalar bir necha chastotalar diapazonlarida bitta tarmoqni ma'lumotlarni olish, boshqasini esa ma'lumotlarni uzatish uchun foydalanish bilan parallel ishlay olishi mumkinligini ko'zda tutishmoqda. Yakunda mobil

tarmoq uning ishlash zonasida bo'lgan har bir mobil qurilmalarning so'rovlaridan kelib chiqish bilan "qayta sozlanadi".

O'tkazish qobiliyatini oshirilishini ta'minlaydigan bir necha antennalar yordamida bir vaqtda ma'lumotlarni uzatilishi va qabul qilinishini tashkil etadigan MIMO texnologiyasi, tadqiqotchilarning ko'zda tutishlari bo'yicha tez tarqala boshlaydi. Bu o'z navbatida, baland binolar tomlariga o'rnatiladigan antennalar tizimlarining o'lchamlari ortishiga olib keladi.

5G@Europe sammitida Evropa qo'mitasi 5G Public-Private Partnership Association (5GPPP) uyushmasini shakllantirdi. Uning asosiy vazifasi keyingi avlod sotali aloqa standartlari ustida ishlarni tezlashtirish hisoblanadi. 5G-servislarini ishga tushirishga tayyorgarlik ishlari 2015 yilda boshlandi, keng ko'lamdagi testlashni esa 2017 yilda tashkil etish rejalashtirilmoqda. To'ldirish kerakki, 5GPPP uyushmasi taxminan 35 ta ishtirokchilarga ega, ular orasida Alcatel-Lucent, CEA-LETI, Deutsche Telekom, Ericsson, Huawei, NEC, Nokia Solutions and Networks, Sequans va Telefonica bor.

Bu rejalarni amalga oshirish uchun 5GPPP uyushmasi 11.01.2012 yildan boshlab METIS (Mobile and wireless communications enablers for the twenty-twenty information society – 2020 yil axborot jamiyati uchun mobil va simsiz aloqa eneyblerlari) loyihasi ustida ishlarni boshladi. METIS loyihasining maqsadi quyidagilarni ta'minlay olishi kerak bo'ladigan tizimning konseptini loyihalashtirish hisoblanadi:

- ma'lumotlar mobil trafiginin maydon birligiga 1000 marttaga katta hajmi;
- ulangan qurilmalarning 10 – 100 marttaga ortiq soni;
- foydalanuvchilarga mumkin bo'lgan 10-100 martta ortiq yuqoriroq ma'lumotlarni uzatish tezligi;
- zaryadlanmasdan kichik quvvatli multimedia qurilmalarining 10 marttadan ortiq ishlash davomiyligi;
- ulanishni kechikishining 5-karrali qisqarishi.

Qo'yilgan maqsadlarni amalga oshirilishi uchun quyidagi texnik masalalar hal etilishi kerak:

- loyihaning maq'l narxi va tarqaladigan quvvat darajasi saqlanganida sig'imni doimo kengaytirishga imkon berishi mumkin bo'ladigan samaradorlikka erishish;
- trafikning hajmiga (past yoki yuqori) bog'liq bo'lmagan holda talablarning keng to'plamiga javob beradigan masshtablanuvchanlik;

- turli talablar (masalan, mumkinlikka, mobillikka, xizmatlar sifatiga), shuningdek turli foydalanish ko‘rinishlarini bajarilishi maqsadalarida tez moslashuvchanlik va har tomonlilik.

Loyihaning ishlab chiqilishi natijalari quyidagi uchta guruhdagi masaallarni echilishidan kutilmoqda:

1. "5G" uchun konsepsiya va texnologik echim, aynan:

- bo‘lajak xizmatlarni ko‘rsatish uchun zaraur bo‘ladigan turli talablarni bajarish;

- turli qurilmalarni ulanish imkoniyati;

- trafik ming marttalik ortishini ta‘minlash.

2. Konsensus va global strategiya:

- kelajak aloqa tizimlari sohasida etakchilikni ta‘minlash;

- global konsensusni oldindan ishlab chiqish.

3. Quyidagilarga imkon beradigan noyob ekspertiza:

- loyihaning boshlang‘ich bosqichlarida fundamental tadqiqotlarni o‘tkazish;

- LTE-Ani revolyusion o‘zgartirish kerak bo‘lishini yoki LTE-Ani evolyusion o‘zgartirish doirasida 4Gdan 5Gga o‘tish mumkin bo‘lishini aniqlash.

Loyihaning grafik rejasi bo‘yicha 2015 yilgacha yangi paradigmalar, fundamental asoslar, tizimni konsepti ishlab chiqilishi, 2015 yildan 2018 yilgacha tizimni optimallashtirish, standartlashtirish, masalalarini hal etilishi, bir vaqtda paradigmalarni aniqlashtirish-rivojlantirish bilan sinovlarni o‘tkazilishi taklif etiladi. 2018-2020 yillarning o‘zida tarmoqlarni qurish va dala sinovlarini o‘tkazish kerak bo‘ladi.

**5GIC** loyihasi 2012 yilning oktyabridan UKRPIF (UK Research Partnership Investment Fund) fondi Surreya Universitetiga 11,6 million funtni davlat vossitalarini 5Gni tadqiq qilish bo‘yicha ajratishidan boshlandi. Fondning urinishlarini loyihaga yana 24 million funtni investitsiyalagan ishlab chiqaruvchi kompaniyalar Huawei, Samsung Telefonica Europe, Fujitsu Laboratories of Europe, Rohde & Schwarz va AIRCOM International) qo‘llab-quvvatladi. Surreya Universiteti Buyuk Britaniya universitetlari reytingida sakkizinchi va davlatning telekommunikatsion universitetlari ichida ikkinchi o‘rinda hisoblanadi. 5G konsepsiyasini ishlab chiqish bilan universitetda 15 yildan beri mavjud bo‘lgan aloqa tizimlari bo‘yicha tadqiqotlar markazi (Centre for Communication Systems Research, CCSR) shug‘ullanadi. Bu Evropadagi axborot va telekommunikatsion

texnologiyalar sohasidagi eng yirik tadqiqotlar guruhi hisoblanadi. Markaz eng katta moliyalashtirishni EIdan FP6/7 dasturi doirasida oladi. CCSRda 5G bo'yicha innovatsion markaz (5GIC) yaratildi, u universitetning olimlari va talabalarini jalb etish bilan 5G konsepsiyasini ishlab chiqish bilan shug'ullanadi.

5GIC loyihasi 5G konsepsiyasini quyidagi uchta yo'nalishlar bo'yicha rivojlanirishini ko'zda tutadi:

- ma'lumotlarni uzatish tezligini sotaga 10 Gbit/cgacha oshirish. SHunday qilib, foydalanuvchilarga o'rtacha 200 Mbit/c ma'lumotlarni uzatish tezligi mumkin bo'ladi;

- o'ta yuqori chastotalar (O'YUCH) diapazoni radiochastotalar spektridan (RCHS) foydalanish, bu ultraqisqa chastotalar (UQT) diapazonida spektrning etishmasligi va doimo ortib boradigan o'tkazish qobiliyatiga ehtiyojlar bilan asoslanadi;

- juda katta kichik sotalar soni ta'minlashga operatsion harajatlarni qisqartirish uchun tarmoqning energiya samaradorligini oshirish.

### **ISRA loyihasi**

2013 yilning iyulida Intel Labs ISRA (Intel Strategic Research Alliance) Strategik tadqiqotlr birlashmasini yaratilganligi haqida e'lon qildi. U mobil tarmoqlardagi uzatiladigan ma'lumotlar hajmlarini, shuningdek simsiz qurilmalar sonini va ko'rsatiladigan xizmatlarning xilma-xilligini tez ortishi sharoitlarida foydalanuvchilarga xizmat ko'rsatish sifatini sezilarli yaxshilashi kerak bo'ladigan 5G texnologiyalarni ishlab chiqish maqsadlarida ilmiy laboratoriyalar va mobil operatorlar kuchlarini birlashtirdi.

ISRA loyihasining asosiy vazifasi quyidagilarni ta'minlaydigan 5G texnologiyalarni yaratish hisoblanadi:

- uzatiladigan multimediali ma'lumotlar hajmiga o'sib boryotgan talabni qondirish uchun tarmoqning o'tkazish qobiliyatini ko'p marttalik oshirish, milliardlab yangi qurilmalarni qo'shimcha ulanishlari imkoniyati;

- butun tarmoq bo'yicha foydalanuvchining joylashi o'rni va boshqa foydalanuvchilar hosil qiladigan halaqitlarga bog'liq bo'lmaydigan yuqori xizmat ko'rsatish sifatiga erishish;

- tarmoqda foydalanuvchilar ishlatadigan ilovalarga xizmatlar sifatini moslashtirish bilan ma'lumotlarni uzatilishining maksimal samaradorligini ta'minlash.

ISRA birlashmasi turli davlatlardan, shu jumladan, Janubiy Kaliforniya Universiteti, Nyu-York Universiteti, Princeton Universiteti, Stenford Universiteti, Illinois Universiteti, Texas Universiteti, Pompeu Fabra (Barselona, Ispaniya) Universiteti, Perdyu Universiteti, Kornell Universiteti, Hind texnologiyalar instituti (Dehli, Hindiston), Los-Andjelesdagi Kaliforniya Universiteti, Rays Universiteti, Makkuori (Sidney, Avstraliya) Universiteti ilmiy-tadqiqotlar markazlarining juda katta sonini jamladi. Birlashmaning biznes-hamjamiyat tomonidan bosh hamkori Amerika Verizon mobil operatori bo'ldi.

5G mobil aloqa konsepsiyasini ilab chiqishning asosiy muammolaridan biri ularni barchasi amalga oshiriladigan chastotalar diapazonini aniqlash hisoblanadi. Bugungi kunga kelib, ma'lumki rivojlangan mamlakatlarda bo'sh diapazonlar deyarli qolmagan.

NTT DoCoMo yapon mobil operatori 5G tarmoqlar sohasidagi tadqiqotlarni 2010 yildayoq oltita Alcatel-Lucent, Ericsson, Fujitsu, NEC, Nokia va Samsung vendorlari bilan birgalikda boshlagan. 2014 yilning mayida ular 5G tarmoqlarining juda katta sig'imiga erishish uchun nisbatan bo'sh 6 GGsdan yuqori chastotalar diapazonlarini ishlatilishini ko'zda tutishini e'lon qildi.

2015 yilda butun dunyo radiochastotalar konferensiyasi bo'lib o'tdi, unda 5G tarmoqlarda quyidagi radiochastotalar diapazonlarini ishlatish masalalari taxminiy ko'rib chiqildi: 9,9—10,6; 11; 17,1—17,3; 17,7—19,7; 21,2—21,4; 27—29,5; 31—31,3; 31,8—33,4; 36—37,0; 37—39,5; 40,5—50,2; 50,4—52,6; 55,78—57; 57—71; 71—76; 81—86 GGs. Shubhasiz, tanlash mezoni sifatida 40,5 GGsdan past diapazonlardagi bir necha yuzlab megagerslardagi polosadagi va 40,5 GGsdan yuqoridagi 1 GGsdan kam bo'lmagan polosadagi uzluksiz radiospektrning borligi hisobga olindi. Binobarin, radiospektrning ham juft ("yuqoriga" va "pastga" kanallarini chastota bo'yicha ajratish – FDD uchun), ham juft bo'lmagan (TDD) oraliqlari ko'rib chiqildi.

Xulosada ta'kidlash kerakki, umuman 5G texnologiyalari va tarmoqlarini yaratish bo'yicha qator loyihalardagi ishlar haqida ma'lumotlar tez-tez paydo bo'la boshladi. Bu kompaniyalar birinchi 5G tijorat tarmoqlarini yaqin kelajakda qurishni rejalashtirayotganini taxmin qilishga imkon beradi. Asosiysi, barcha manfaatdor ist'emolchilar umib qilganidek, ishlab chiquvchilar umumiy fikrga kelishlari va hozirgi vaqtda ishlatilayotgan barcha mobil aloqa

texnologiyalarini birlashtiradigan yagona “beshinchi avlod” standartini taqdim etadi.

### **Nazorat savollari**

1. Mobil radioaloqa tizimlari qanday tasniflanadi?
2. 1G, 2G, 3G, 4G shaxsiy aloqa tizimlari konsepsiyasining asosiy qoidalari nimalardan iborat?
3. Makrosotali va mikrosotali topologiyali tarmoqlarli tizimlari standartlarining asosiy xarakteristikalarini keltiring?
4. GSM standartining asosiy xarakteristiklari va texnik parametrlarini keltiring.
5. CDMAning asosiy prinsipi nimadan iborat?
7. CDMA-2000 standartlari turlarini keltiring.
8. CDMA 450 standartining o‘ziga xos xususiyatlari nimalardan tashkil topgan?
9. WCDMA texnologiyasining asosiy xarakteristiklarini keltiring.
10. UMTS texnologiyasining asosiy xarakteristiklarini keltiring.
11. OFDMAning avzalliklari nimalardan iborat?
12. LTE tarmoqlarini qurish va ishlash prinsiplari.
13. Mobil aloqada qanday istiqbolli texnologilar kutilmoqda?
14. 5GIC loyihasini tushuntiring?
15. ISRA loyihasini tushuntiring?

### **3-Bob. RADIORELELI VA SUN'IY YO'LDOSHLI ALOQA. SUN'IY YO'LDOSHLI NAVIGATSIYA**

#### **3.1. Radioreleli aloqa. Raqamli RRLlarning tasniflanishi va qo'llanilishi sohalari**

Raqamli radioreleli stansiyalar (RRS) asosidagi RRLlar raqamli elektr aloqa tarmoqlari bo'lgan idoraviy, korporativ, regional, milliy va hatto xalqaro aloqa tarmoqlarining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi [3].

RRL quyidagi o'zaro bog'liq belgilari bo'yicha tasniflanadi:

- tezlik bo'yicha
  - yuqori tezlikli (140 Mbit/sgacha);
  - o'rtacha tezlikli (52 Mbit/sgacha);
  - past tezlikli (10 Mbit/sgacha);
- radioreleli liniyaning sig'imi (ulardagi ustunlar va kanallar soni) bo'yicha:
  - katta sig'imli;
  - o'rtacha sig'imli;
  - kam kanalli.
- radioreleli liniya o'tish oraliqlari bo'yicha:
  - bitta o'tish oralig'ili;
  - ko'p o'tish oralig'ili.

Yuqori tezlikli katta sig'imdagi radioreleli liniyalar ma'lumotlarni uzatish global tarmoqlarida qo'llaniladi va magistral tarmoqlar deyiladi. O'rtacha tezlikli o'rtacha sig'imdagi radioreleli liniyalar hududiy, zonaviy ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarini yaratish uchun ishlatiladi. Kam kanalli radioreleli liniyalar temir yo'l transportida, gaz o'tkazmalarida, neft o'tkazmalarida, elektr uzatish liniyalarida va boshqalarda aloqani tashkil etish uchun keng ishlatiladi. Harakatdagi radioreleli stansiyalar bilan kam kanalli radioreleli liniyalar harbiy maqsadlarda ham ishlatiladi.

RRL radiochastotalar polosalari 2 dan 50 Ggsgacha diapazonda joylashgan va ham ITU (Xalqaro Elektr Aloqa Ittifoqi) tavsiyalari orqali, ham O'zbekiston Respublikasi Radioreglamenti orqali qat'iy belgilanadi.

Raqamli radioreleli liniya orqali aloqani tashkil etishda qabul qilish va uzatish chastotalarini ajratilishi muammosi hal etilgan bo'lishi kerak. Uning hal etilishi O'zR RChDKning vakolatiga kiradi

va barcha maqsadlardagi REVLar uchun bu protsedura «Radiochastotalar polosalarini ajratish tartibi haqidagi qoidalar» va tushadigan radiochastotaga arizalarni oʻrnatilgan tartibda koʻrib chiqish natijalariga muvofiq amalga oshiriladi.

Qator hollarda, masalan, katta shaharlar sharoitlarida ayrim yoʻnalishlarda boʻsh radiochastotalarni olish qiyin, bu boshqa radiotexnik tizimlari (RTT) bilan elektromagnit moslashuvchanlik muammosiga bogʻliq boʻladi.

**Raqamli RRLlarni qurish.** Zamonaviy raqamli radioreleli liniyalarning qoʻllanilishi spektri etarli darajada keng, ular quyidagilarga imkon beradi:

- antenna-machta qurilmalari va va boshqa jihozlardan foydalanish orqali aloqa bogʻlamalari binolarida radioreleli tizimlar qurilmalarini oʻrnatilishi yoʻli bilan aloqa tizimining imkoniyatlarini operativ oshirish, bu radioteleli aloqa liniyalarini qurishga kapital harajatlarni qisqartiradi;

- kuchsiz rivojlangan (yoki mavjud boʻlmagan) infratuzilmali hududlarda, shuningdek murakkab relyefli joylar oraliqlarida koʻp kanalli aloqani tashkil etish;

- yangi kabellarni yotqizilishi juda qimmat yoki mumkin boʻlmaydigan hududlarda, katta shaharlarda va industrial zonalarda tarmoqlashtirilgan raqamli tarmoqlarni qurish;

- tabiiy ofatlar va boshqalar hududlarida aloqani qayta tiklash.

RRT bitta oʻtish oraligʻili, koʻp oʻtish oraligʻili va radioreleli tarmoq sifatida qurilishi mumkin. Bitta oʻtish oraligʻili RRT ikkita hududiy ajratilgan RRTdan tashkil topgan. Bunday liniyalar sotali aloqa bazaviy markazlari, ATS va boshqalarni ulanishi uchun quriladi.

18, 23 va 36 GGs diapazonlar kichik oʻlchamli va tez quriladigan RRSlar keng qoʻllaniladi, ular 25 kmgacha masofaga ham analog (televizion) signallarni, ham raqamli maʼlumotlarni (34 Mbit/sgacha tezlikda) uzata oladi. Bu diapazonlarda raqamli RRSlar mahalliy aloqa, sotali va tranking aloqa tarmoqlarini tashkil etish uchun qoʻllaniladi. Sotali va tranking aloqa tarmoqlarida «bazaviy stansiya» – «bazaviy stansiya» va «bazaviy stansiya» – «kommunikatsion stansiya» bir oʻtish oraligʻili RRL qoʻllaniladi.

RRL uzeli ATSlar va boshqa aloqa obʼektlari orasida aloqa uchun shahar sharoitlarida yaratiladigan keng polosali optik tolali liniyalar oʻrniga ham ishlatiladi. Bunday RRLlar SDH/SONET standartlariga javob beradigan telekommunikatsion tarmoqlarga



oʻrnatilishi mumkin. Bu holda radiolinialarni qoʻllanilishining asosiy yoʻnalishlari quyidagilar boʻlishi mumkin:

- Magistral. RRL shahar SDH/SONET tarmoqlariga kiradi va halqalarni birlashtirish va olisdagi ulanish tugunlarini ulash uchun xizmat qiladi. Liniya ham optik tolaga transport muqobili yoki uni zahiralashtirish uchun ishlatilishi mumkin;

- ATM tarmogʻiga ulanishni tashkil etish. RRL ATM oxirgi tarmoq qurilmasi va ATM ulanish konsentratori bilan ulanadi;

- ATM, FAST INTERNET va boshqa tarmoqlar bilan oʻzaro uygʻunlashtirish.

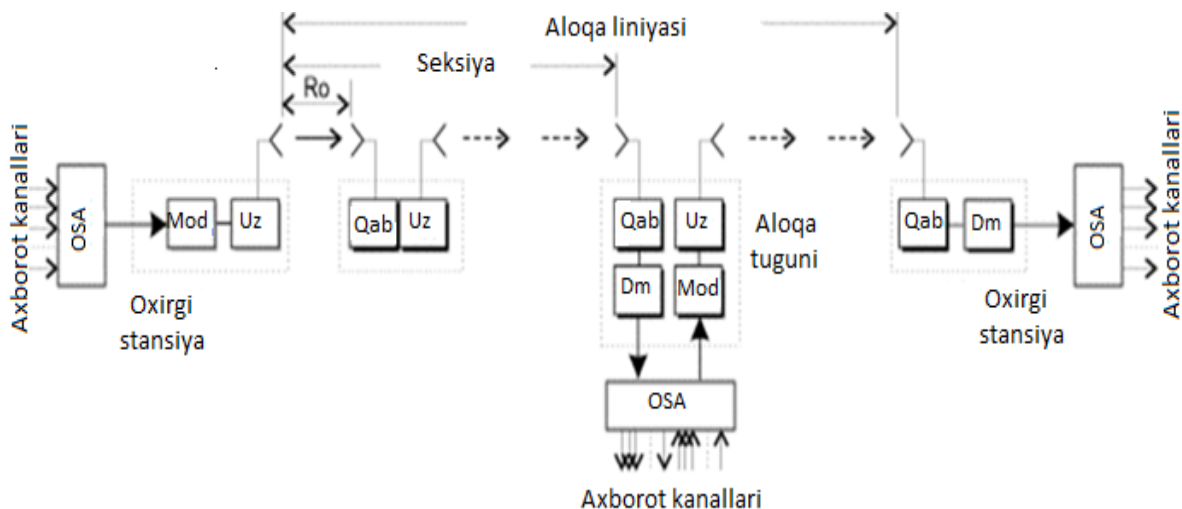
Butun dunyoda infratuzilma istalgan turdagi maʼlumotlarni uzatilishini taʼminlaydigan va simli, radio, radioreleli va sunʼiy yoʻldoshli (kosmik) aloqadan kompleks foydalanishga asoslangan integratsiyalangan birlamchi transport tarmogʻi sifatida rivojlanmoqda. Radioreleli aloqa bu tuzilmada oʻzining munosib oʻrniga egallaydi.

U yoki bu turdagi aloqa turini yoki ularning kombinatsiyasini tarmoq infratuzilmasida qoʻllanilishi masalasi aniq bir geografik sharoitlar, shuningdek iqtisodiy, ijtimoiy va siyosiy omillar, davlatning mudofasi va xavfsizligi ehtiyojlariga bogʻliq ravishda hal etiladi. Texnik aloqa vositalari va ularning qoʻllanilishi usullari yagona tizimga bogʻlanishi kerak. Bu bilan aloqa masalalarini echishga ortib borayotgan eʼtibor va barcha turlardagi, shu jumladan radioreleli aloqa texnik vositalarini keyingi rivojlantirish va ishlatish zarurati bilan shartlanadi.

**Radioreleli aloqa liniyasining tuzilmasi.** Koʻp martalik translyatsiyalash tamoyillariga asoslangan radioreleli aloqa liniyasining soddalashtirilgan tuzilish sxemasi 3.1-rasmda keltirilgan. U oxirgi, oraliq va uzal stansiyalarga boʻlinadi.

Oxirgi stansiyalar aloqa liniyasining chetki punktlariga oʻrnatiladi va signllarni uzatish yoʻnalishlarida modulyatorlar va uzatkichlarga va qabul qilish yoʻnalishlarida demodulyatorlarli qabullagichlarga ega boʻladi. Qabul qilish va uzatish uchun qabul qilish va uzatish traktlari bilan antenna tarmoqlagichi yordamida ulangan bitta antenna ishlatiladi. Signllarni modulyatsiyalash va demodulyatsiyalash standart oraliq chastotalardan (70 - 1000 MGs) birida amalga oshiriladi. Bunda modemlar turli chastotalar diapazonlari ishlatadigan qabullagich-uzatkichlar bilan ishlashi mumkin. Uzatkichlar oraliq chastota signallarini ishchi OʻYUCH

diapazonga o'zgartirish uchun, qabullagichlar esa, teskari o'zgartirish va oraliq chastota signallarini kuchaytirish uchun mo'ljallangan.

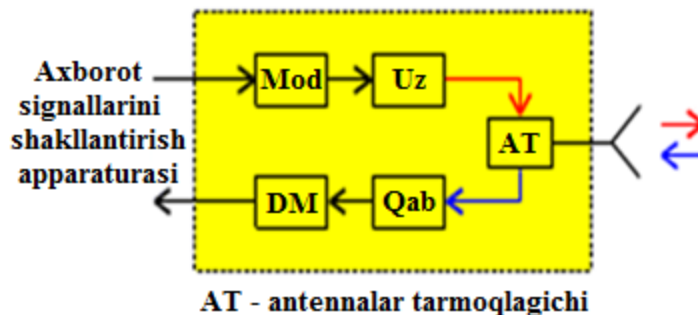


OSA-oxirgi stansiya apparaturalari, Qab-qabullagich,Uz-uzatkich,Mod-modulyator,Dm-demodulyator.

### 3.1- rasm. Radioreleli aloqa bir yo'nalishining tuzilish sxemasi

To'g'ridan-to'g'ri O'YUCH signallar modulyatsiyalanadigan RRLlar mavjud (masalan, Erikom-11 apparaturasi), lekin ular cheklangan tarqalgan.

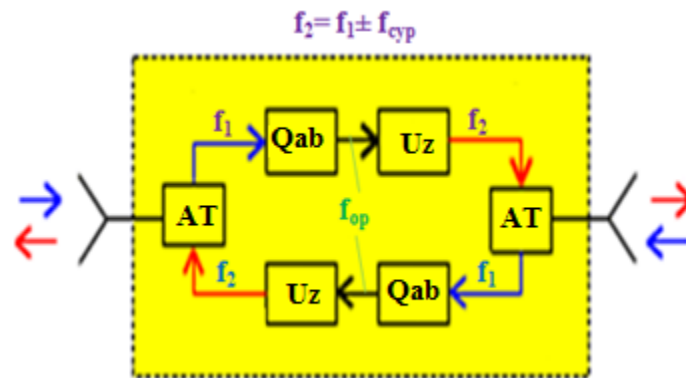
3.2- rasmda oxirgi stansiyaning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi keltirilgan. Oraliq (3.3- rasm) stansiyalar to'g'ri ko'rinishdagi masofada joylashtiriladi va signallarni qabul qilish, ularni kuchaytirish va keyingi aloqa liniyasi bo'yicha uzatishga mo'ljallangan.



### 3.2- rasm. Oxirgi stansiyaning tuzilish sxemasi

Oraliq stansiyalarda signallarni qabul qilish va uzatish yaqin joylashgan antennalardan teskari nurlanishning ta'siri hisobiga qabullagich-uzatkichlardagi parazit aloqalarni yo'qotish uchun turli

chastotalarda amalga oshirilishi kerak. Qabul qilish va uzatish chastotalari orasidagi farq surilish chastotasi ( $f_{sur}$ ) deyiladi.



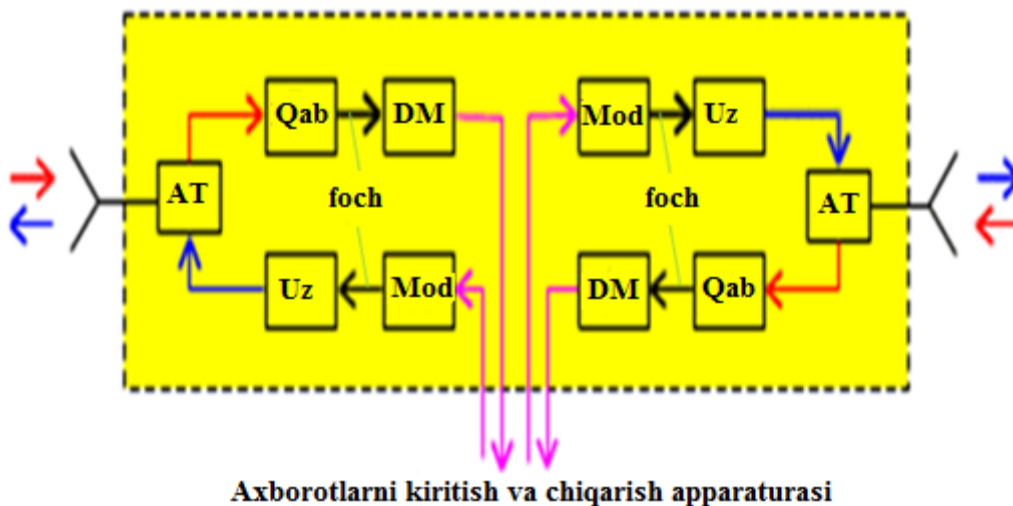
3.3- rasm. Oraliq stansiyaning tuzilish sxemasi

Uzel stansiyalar (3.4- rasm) ham oraliq stansiyalar funksiyalar funksiyalarini, ham axborotlarni kiritish va chiqarish funksiyalarini bajaradi. SHuning uchun ular yirik aholi punktlarida yoki aloqa liniyalarining kesishish (tarmoqlanish) nuqtalarida oʻrnatiladi.

Yaqindagi stansiyalar oraliq idagi masofa RRLning oʻtish oraliq i (intervali) deyiladi. Oʻtish oraliq ining uzunligi koʻplab sabablarga bogʻliq, 6 - 8 GGs chastotalar diapazonlarida oʻrtacha 50-60 kmga va 30 - 50 GGs chastotalar diapazonlarida bir necha kilometrlargacha yetadi.

Oxirgi stansiya va yaqindagi uzal stansiya yoki uzal stansiyalar orasidagi masofa RRL seksiyasi deyiladi, qabul qilish-uzatish qurilmalarining majmui esa RRL stvolini hosil qiladi. Bir yoʻnalishli va ikki yoʻnalishli (dupleks aloqa uchun) stvollarga ajratiladi.

10 GGsdan yuqori diapazonlar uchun radioreleli tizimlar zamonaviy apparaturalari pastroq chastotali apparaturalarga qaraganda konstruktiv bajarilishda maʼlum oʻziga xos xususiyatlarga ega. 10 GGsgacha chastotalar diapazonlarida qabul qilish-uzatish apparaturasi apparatlar xonasiga joylashtiriladigan juda katta ustunlar koʻrinishida bajariladi. Antennalar bilan aloqa sezilarli uzunlikka va natijada sezilarli yoʻqotishlarni kiritadigan fider toʻlqin oʻtkazgichlari orqali amalga oshiriladi. 10 GGsdan yuqori chastotalar diapazonlariga oʻtish apparaturalarning konstruktiv bajarilishini sezilarli oʻzgartirdi. 10 GGsdan yuqori chastotalar diapazonlarida ishlaydigan apparatura uncha katta boʻlmagan oʻlchamlarga ega va antenna bilan yagona blokka birlashtirilgan antennalar tayanchining balandligida joylashtiriladi.



3.4- rasm. Uzel stansiyani tuzilish sxemasi

10 GGsdan yuqori chastotalar diapazonlarida qoʻllaniladigan uncha katta boʻlmagan oʻlchamli va ogʻirlikli ixcham apparatura baland binolarda, tutun quvurlarida yoki baland joylarda oʻrnatish mumkin boʻlgan uchburchakli kesimli fermalar yoki quvursimon konstruksiyalar koʻrinishida bajarilgan engillashtirilgan antennalar machtalaridan foydalanishga yoʻl qoʻyadi.

Qabul qilish-uzatish bloklari koaksial kabellar orqali binoda joylashgan modemlar qurilmalari bilan ulanadi. Zamonaviy modemlar qurilmalari bu markaziy yoki mahaliy kompyuter boshqaruvi ostida ishlaydigan oson transformatsiyalanadigan kompleks hisoblanadi.

Modemlar qurilmalari 1 dan 34 Mbit/sgacha tezliklardagi raqamli oqimlarni shakllantirish va qayta ishlash, oqimlarni multiplekslashni amalga oshirish va istalgan konfiguratsiyadagi aloqa tarmoqlarini shakllantirish rejimlarida ishlashni taʼminlashi mumkin.

### 3.2. Sunʼiy yoʻldoshli aloqani tashkil etish va YSY orbitalari

Aloqa qoʻllanilishidagi yerning sunʼiy yoʻldoshlari (YSY) turli xabarlarini uzatish, TV, telefon, telegraf va boshqa aloqa kanallarini tashkil etish uchun keng qoʻllaniladi [16].

Sunʼiy yoʻldoshli aloqani yaratishning asosiy tamoyili YSYga retranslyatorlarni joylashtirilishidan iborat. Demak, sunʼiy yoʻldoshli aloqa YSYga joylashtirilgan bitta oraliq stansiyali RRLdan iborat boʻladi (3.5- rasm). Sunʼiy yoʻldoshli aloqa tizimlarini qurishda RRLda ishlatiladigan gʻoyalar va tamoyillardan foydalaniladi.

Retranslyatsiyalash usuli bo'yicha yo'ldoshli tizimlar aktiv va passiv retranslyatsiyalashli tizimlarga bo'linadi. Bort apparaturasisiz ishlaydigan tizim passiv yo'ldoshli yoki passiv retranslyatsiyalashli aloqa tizimi deyiladi. Bu holda Yerdan yuborilgan signallar YSY sirtidan dastlabki kuchaytirishsiz orqaga qaytadi. Passiv yo'ldoshlar sifatida ham turli shakllardagi maxsus qaytargichlar (sferik ballonlar, hajmli ko'p qirralilar va h.k.), ham Yerning tabiiy yo'ldoshi Oy ishlatilishi mumkin. Yer usti antennalarining yetarlicha kuchaytirishida va yer stansiyasi (YS) qabullagichi yuqori sezgirligida bu radioaloqa usuli kichik o'tkazish qobiliyatli tizimlarda qo'llanilishi mumkin. Bunday aloqa tizimlarining o'tkazish qobiliyati zamonaviy texnika darajasida ikki-uchta telefon xabarlaridan oshmaydi.

Bort apparaturalari bo'lganida radioaloqa tizimi signal aktiv Retranslyatsiya qilinadigan tizim yoki aktiv sun'iy yo'ldoshli tizim deyiladi. Bunda bort retranslyatorining energiya ta'minoti YSYda joylashgan quyosh batareyalaridan amalga oshiriladi. Aktiv Retranslyatsiya qilish zamonaviy uzatish tizimlarining asosi hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda sun'iy yo'ldoshli TV va radioeshittirish deganda TV va radiodasturlarni shakllantirish markazlari bilan bog'langan bir yoki bir nechta yer usti uzatkichlaridan ham TV signallarni (ovoz bilan birga), ham radiouzatish ovoz signallarini YSY orqali bu dasturlarni yer usti aloqa vositalari (turli quvvatlardagi retranslyatorlar, SKTV, jamoavaiv va individual qabul qilish vositalari) yordamida abonentlarga (teltomoshabinlar yoki radiotinglovchilarga) yetkazilishi uchun bu dasturlarni yer usti qabul qilish va taqsimlash qurilmalari tarmog'iga uzatilishi tushuniladi. Aloqa YSYlariga xizmat ko'rsatish zonasida har xil turlardagi qabul qilish ES'lari joylashtiriladi. YS va YSY orasidagi juda katta masofalar tufayli sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlarida qabul qilinadigan TV va ovoz signallarining yuqori sifatini ta'minlash uchun quyidagi choralar ko'riladi:

- ES uzatkichining quvvati 5...10 kVtga oshiriladi;
- ES qabul qilish-uzatish antennalari murakkablashtiriladi;
- kam shovqinli kuchaytirgichlar ishlatiladi;
- chastota deviatsiyasini oshirilishi hisobiga ChMli qabul qilish samaradorligi oshiriladi.

***SYATning tasniflanishi va asosiy ko'rsatkichlari.*** Radiotelefon aloqasi va ma'lumotlarni uzatish xizmatlarini taqdim etishga mo'ljallangan SYATlarning tasniflanishi asosiga quyidagi belgilar qo'yilgan:

- ***Ishlatiladigan orbitalar turi.*** Bu belgi bo'yicha barcha SYATlar geostatsionar orbitadagi (GEO) va nogeostatsionar orbitadagi kosmik apparatlar (KA) ikkita tizimlarga bo'linadi. O'z navbatida, nogeostatsionar orbitalar past orbitali (LEO), o'rta orbitali (MEO) va elliptik (HEO) orbitalarga bo'linadi. Bundan tashqari, past orbitali aloqa tizimlari ko'rsatiladigan xizmatlar turlari bo'yicha little LEO asosidagi ma'lumotlarni uzatish tizimlari, big LEO radiotelefon tizimlari va mega LEO keng polosali aloqa tizimlariga (adabiyotlarda Super LEO belgilash ham ishlatiladi) bo'linadi.

-***Tizimning xizmatga tegishliligi.*** Radio aloqa Reglamentiga muvofiq uchta asosiy xizmatlarga ajratiladi:

– qayd etilgan sun'iy yo'ldoshli aloqa (QESYA) – bir yoki bir necha sun'iy yo'ldoshlar ishlatilganida ma'lum qayd etilgan punktlarda joylashgan ESlar orasidagi radioaloqa xizmati;

– harakatdagi sun'iy yo'ldoshli xizmat – bir yoki bir necha sun'iy yo'ldoshlar qatnashadigan ESlar orasidagi radioaloqa xizmati;

– radioeshittirish sun'iy yo'ldoshli xizmati (RESYX) – sun'iy yo'ldoshli retranslyatorlar signallari to'g'ridan-to'g'ri aholi qabul qilishi uchun mo'ljallangan radioaloqa xizmati. Bunda abonentlar sifatli nisbatan oddiy va uncha qimmat bo'lmagan qurilmalarga ham individual, ham jamoaviy qabul qilish to'g'ridan-to'g'ri hisoblanadi.

-***Tizimning maqomi (statusi).*** Tizimning vazifasi, xizmat ko'rsatiladigan hududni qamrab olish darajasi, yer usti stansiyalarining joylashtirilishi va tegishliligiga bog'liq. SYATning maqomiga bog'liq ravishda xalqaro (global va hududiy), milliy va idoraviy SYATlarga bo'lish mumkin.

### **YSY orbitalari**

**Geostatsionar orbita.** Ko'plab mavjud SYATlar yo'ldoshlarni joylashtirish uchun eng foydali bo'lgan geostatsionar orbitadan foydalanadi. Uning asosiy afzalliklari global xizmat ko'rsatish zonasida uzluksiz sutkali aloqa imkoniyati va chastotaning surilishini deyarli to'liq yo'qligi hisoblanadi.

Geostatsionar yo'ldoshlar taxminan 36 ming kilometrlarda joylashishi va Yerning aylanish tezligida aylanishi bilan ekvator

joylashadigan yer sirtidan ma'lum nuqtada «osilib» turadi. Haqiqatda geostatsionar KAning orbitadagi holati o'zgarish hisoblanmaydi. U orbitaning degradatsiyalanishini keltirib chiqaradigan qator omillar ta'sirida sezilarsiz "dreyfga" uchraydi. Bunda bir yildagi orbita holatining o'zgarishi  $0,92^\circ$  ga etishi mumkin.

Geostatsionar orbitadagi sun'iy yo'ldoshlar qator kamchiliklarga ega, ulardan eng asosiysi signalning kechikishi hisoblanadi. Geostatsionar orbitadagi sun'iy yo'ldoshlar 250 msli kechikish (har ikkala yo'nalishlardagi) signallarning sifat xarakteristikalariga ta'sir qilmaydigan radio- va televizion uzatish tizimlari uchun optimal hisoblanadi. Radiotelefon aloqasi tizimlari kechikishlarga sezgirroq, chunki bu sinfdagi tizimlardagi yig'indi kechikish taxminan 600 msni (yer usti stansiyalaridagi qayta ishlash va kommutatsiyalashni hisobga olganda) tashkil etadi, hatto zamonaviy aks-sadoni so'ndirish texnikasi hamma vaqt ham yuqori sifatli aloqani ta'minlashga imkon beravermaydi. "Ikkilangan sakrash" holida (yer usti stansiya-shlyuzi orqali Retranslyatsiyalash) kechikish endi 20 % dan ortiq foydalanuvchilar uchun ma'qul bo'lmay qoladi.

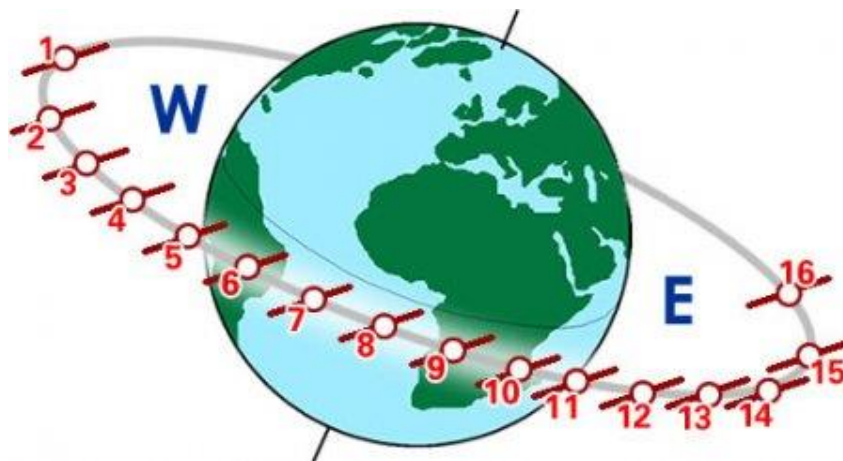
Geostatsionar tizimlar arxitekturasi ajratilgan chastotalar polosasidan takroran foydalanish imkoniyatini, natijada ularning spektral samaradorligini cheklaydi. Geostatsionar KAlar qamrab olish zonasi yuqori kenglikdagi hududlarni (sh.k. va j.k.  $76,5^\circ$  yuqori) o'z ichiga olmaydi, ya'ni haqiqatda global xizmat ko'rsatish kafolatlanmaydi. Shuningdek ta'kidlash kerakki, geostatsionar KAlar personal aloqa xizmatlarini faqat, agar ular Yer sirtida shakllantiradigan xizmat ko'rsatish zonalarini past orbitali sun'iy yo'ldoshlar hosil qiladigan zonalar bilan deyarli bir xil bo'lsa ta'minlay oladi.

Hozirgi vaqtda geostatsionar orbitada juda "tirband" bo'lib qoldi va yangi KAlarni joylashtirish bilan muammolar vujudga keldi. Ish shundaki, texnikaning zamonaviy rivojlanishi darajasida o'zaro halaqitlarning vujudga kelishi tufayli geostatsionar KAlar orasida orbital surilish  $1^\circ$  dan kam bo'lmashligi kerak, ya'ni orbitada 360 tadan ortiq bo'lmagan sun'iy yo'ldoshlarni joylashtirish mumkin (3.5-rasm).

**O'rtacha balandlikli orbita.** O'rtacha balandlikli tizimlar geostatsionar tizimlarga qaraganda harakatdagi abonentlarga xizmat ko'rsatishning sifatliroq xarakteristikalarini ta'minlaydi, chunki abonentning ko'rish maydonida bir vaqtda ko'p sonli KAlar bo'ladi.

Buning hisobiga KAni ko‘rishning minimal burchaklarini  $25^{\circ}$  —  $300^{\circ}$  gacha oshirish imkoniyati paydo bo‘ladi.

Masalan, ICO tizimida ikkita yo‘ldoshlarning radio ko‘rinishi sutkalik vaqtning 95% davomida ta‘minlanadi, binobarin KAlardan biri  $300^{\circ}$  dan ortiq burchak ostida ko‘rinadi. Bu esa, o‘z navbatida, yaqin zonada tarqalishdagi yo‘qotishlarni (unda daraxtlar, binolar va boshqa to‘siqlar bo‘lganida) kompensatsiyalash uchun radioliniyaning qo‘shimcha energetik zahirasini kamaytirishga imkon beradi.



3.5-rasm. Geostatsionar orbitada KAning holatlari nuqtalari

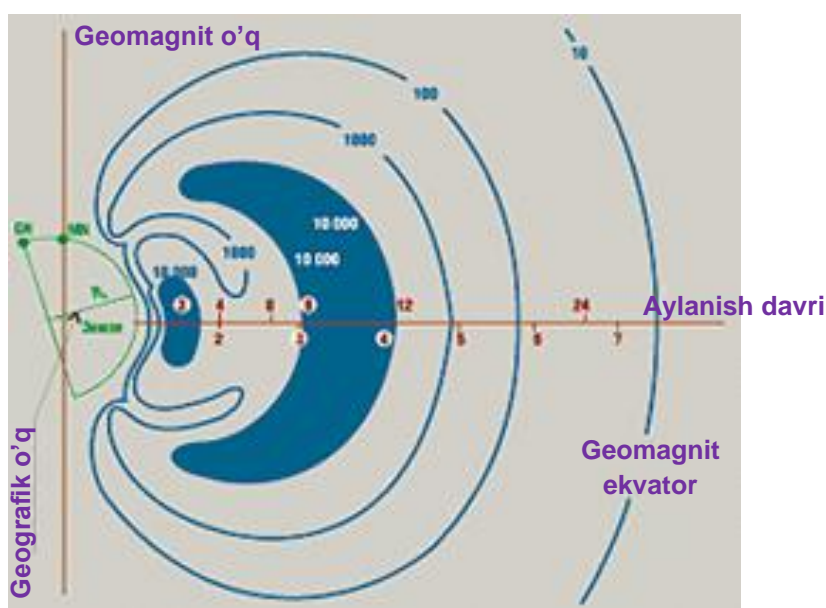
Lekin nogeostatsionar orbital guruhning (OG) joylashish o‘rnini aniqlashda tabiiy cheklashlarni hisobga olish zarur, bu Yerning magnit maydoni qamrab oladigan Van-Allen radiatsion tasmalari deyiladigan zarayadlangan zarrachalarning fazoviy tasmalari hisoblanadi (3.6-rasm). Yuqori radiatsiyasi birinchi barqaror tasmasi taxminan 1500 km da boshlanadi va bir necha minglab kilometr gacha cho‘ziladi, uning “qadami” ekvatorning har ikkala tomoni bo‘yicha taxminan 300 km ni tashkil etadi. Ikkinchi tasma shunday yuqori intensivlikda 10 ming imp./s ekvatorning har ikkala tomoni bo‘yicha taxminan 500 km ni qamrab olish bilan 13 dan 19 ming km gacha balandliklarda joylashadi.

O‘rtacha balandlikli sun‘iy yo‘ldoshlar trassasi Van-Allen birinchi va ikkinchi tasmalari orasidan, ya‘ni 5 dan 15 ming kmgacha balandlikda o‘tadi. Har bir KAning xizmat ko‘rsatish zonasi geostatsionar xizmat ko‘rsatish zonasidan sezilarli kichik, shuning uchun Yer sharining va kemalar qatnaydigan akvatoriyalarning eng ko‘p aholili hududlarini bir martalik qoplash bilan global qamrab olish uchun 8-12 ta sun‘iy yo‘ldoshlardan OG ni yaratish zarur.



Oʻrtacha balandlikli sunʼiy yoʻldoshlar orqali aloqada signalning yigʻindi kechikishi 130 msdan ortiq boʻlmagan vaqtni tashkil etadi, bu ularni radiotelefon aloqasi uchun ishlatishga imkon beradi.

Shunday qilib, oʻrtacha balandlikli sunʼiy yoʻldoshlar geostatsionar sunʼiy yoʻldoshlardan energetik koʻrsatkichlar boʻyicha yutadi, lekin ularga KAni yer stansiyalarining radio koʻrinish zonasida boʻlishi davomiyligi (1,5—2 soat) boʻyicha yutqazadi.



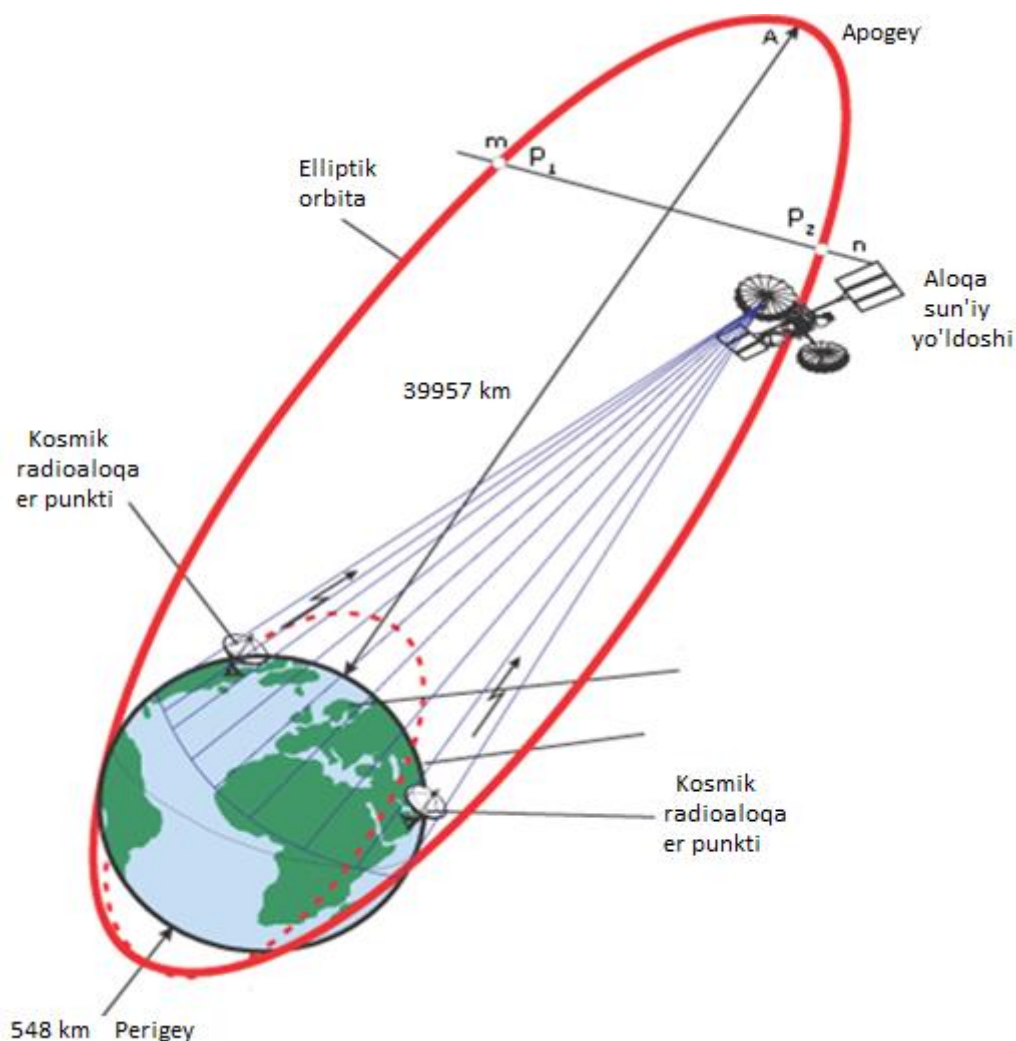
3.6-rasm. Van-Allen zonalaridagi radiatsiya darajalari: GN – geografik shimol; MN – magnit shimol; R/Rz – nisbiy masofa, bu yerda  $R_{\text{yer}} = 6371 \text{ km}$  (Yer radiusi), R – balandlik

**Past aylanishli.** Ekvator tekisligiga nisbatan orbita tekisligining ogʻishi qiymatiga bogʻliq ravishda pastki ekvatorial (ogʻish  $0^\circ$ ), qutbiy (ogʻish  $90^\circ$ ) va ogʻma orbitalarga boʻlinadi. Kichik ogʻishli va qutbiy orbitalarli tizimlar 30 yildan beri mavjud va asosan ilmiy-tadqiqotlar maqsadlari, masofadan zondlash, navigatsiya, metrologik kuzatishlar, Yer sirtini surʼatga olish uchun qoʻllaniladi. Mobil va personal aloqani tashkil etish uchun bu tizimlar faqat soʻnggi 5-7 yillarda ishlatilmoqda. Bugungi kunda 700—1500 km balandliklardagi kichik ogʻishli va qutbiy orbitalarli, shuningdek 2 ming km balandlikdagi pastki ekvatorial orbitalar jadal oʻzlashtirilmoqda.

Past orbitalardagi sunʼiy yoʻldoshlar boshqa KAlarga qaraganda energetik xarakteristikalar boʻyicha sezilarli ustunliklarga ega, lekin ularga aloqa seanslarining davomiyligi va KAning aktiv boʻlishi vaqti

bo'yicha yutqazadi. KAni yer stansiyalarining radio ko'rinish zonasida bo'lishi davomiyligi maksimal vaqti 10-15 minutdan oshmaydi.

**Elliptik aylanishli.** Elliptik orbitaning turini xarakterlaydigan asosiy parametrlar yo'ldoshning Yer atrofida aylanib chiqish davri va eksentrisitetligi (orbitaning elliptiklik ko'rsatkichi) hisoblanadi (3.7- rasm).



3.7- rasm. ESY elliptik orbitasi

Elliptik orbitadagi yo'ldoshlar uchun ularning apogeyidagi tezligi perigeyidagi tezligidan sezilarli kam bo'ladi. Demak, KA ma'lum region ko'rinish zonasida orbitasi aylanali bo'lgan yo'ldoshga qaraganda ko'proq vaqt davomida bo'ladi.

Orbitaga chiqarilgan "Molniya" (apogeyi 40 ming km, perigeyi 460 km, og'ishi  $63,5^\circ$ ) KA 8-10 soatlar davomiyligidagi aloqa

seanslarini ta'minlaydi, binobarin, atigi uchta sun'iy yo'ldoshlardan iborat tizim global sutkali aloqani ta'minlaydi.

Elliptik orbitalardagi KAli tizimlar ham "tabiiy" cheklanishlardan mahrum emas. Elliptik orbitada KAning joylashish o'rnini doimiyligi faqat orbitaning ekvatorga ikkita  $63,4^{\circ}$  va  $116,6^{\circ}$  og'ishlari qiymatlarida ta'minlanadi. Bu Yer gravitatsion maydonining bir jinlimasliklarini ta'siri bilan tushuntiriladi, u tufayli elliptik orbitaning katta o'qi aylantiruvchi momentga uchraydi, bu apogeydagi sun'iy yo'ldosh ostidagi nuqtaning kengligini tebranishlariga olib keladi. Elliptik orbitalarning parametrlarini tanlashga ta'sir qiladigan boshqa omil Van-Allen radiatsion tasmalarining xavfli ta'sirlarini hisobga olish zaruratiga bog'liq, ular KAni orbita bo'yicha o'z harakatlanish vaqtida oldin olib bo'lmaydigan kesib o'tadi.

**Qayd etilgan SYA.** QESYA tizimlari stasionar foydalanuvchilar orasida aloqani ta'minlash uchun mo'ljallangan. Dastlab ular faqat katta uzunlikdagi magistrallarni va regional aloqani tashkil etish uchun qurildi. VSAT turdagi terminallari asosidagi bunday tizimlar elektron tijorat, bank ma'lumotlarini almashlash, ulgurji bazalar, savdo omborlari va boshqalarda ishlatiladi. Bundan tashqari, QESYA tizimlarida ko'pincha personal aloqa va ma'lumotlarni interaktiv almashlash (shu jumladan Internet orqali) qurilmalari qo'llaniladi. QESYA tizimlari uchun C (4/6 GGs), Ku (11/14 GGs) va Ka (20/30 GGs) chastotalar diapazonlari ajratilgan.

QESYA xizmatlarini beshta yirik xalqaro tashkilotlar va 50 atrofidagi regional va milliy kompaniyalar ko'rsatadi. Yirik qayd etilgan aloqa tijorat tizimlariga Intelsat, Intersputnik, Eutelsat, Arabsat va AsiaSat kiradi. Ular orasida Intelsat etakchi hisoblanadi, uning orbital guruhlanishi asosiy to'rtta Atlantika (AOR), Hind (IOR), Osiyo-Tinch okeani (ATR) va Tinch okeani (POR) xizmat ko'rsatish regionlarini qamrab oladi. Intelsat tizimining 30 yillik bo'lishi davomida 8 ta sun'iy yo'ldoshlar avlodlari yaratildi, ulardan har bir keyingisi oldingisidan sezilarli ustun bo'ldi.

Hozirgi vaqtda Intelsat xizmatlarini to'rtta keyingi avlod sun'iy yo'ldoshlari (Intelsat-5, -6, -7/7A, -8 turkumlar) ta'minlamoqda. Bu KAlarning o'tkazish qobiliyati 12 dan 35 mingtagacha telefon kanallarini tashkil etadi, ya'ni Intelsat tizimining 25 ta sun'iy yo'ldoshlari orqali taxminan 2/3 xalqaro telefon trafigi uzatiladi. Yer

usti segmenti o'z ichiga dunyoning 170 ta davlatlarida joylashgan 800 ta yirik stansiyalarni oladi.

Xalqaro Intersputnik tashkiloti hozirgi vaqtda 8 ta KAlardagi 30 ta retranslyatorlarni ijaraga olish bilan Rossiya kosmik segmentini (u "Gorizont" va "Ekspress" turlardagi KAlardan tashkil topgan) ishlatadi. 1999 yilda Yevro-Osiyo hududi ( $75^{\circ}$  sh.k.), Amerika ( $83^{\circ}$  g'.k.), Yevro-Afrika ( $3^{\circ}$  sh.k) va Osiyo-Tinch Okeani ( $130^{\circ}$  sh.k.) hududlariga xizmat ko'rsatish uchun yangi avlod KA ishga tushirilgan (qavslarda KAning holati nuqtalari keltirilgan)

Intelsat va Intersputnik tizimlariga jiddiy raqobatni PanAmSat va Orion xalqaro tijorat sun'iy yo'ldoshli tizimlari hosil qiladi, ular Yer sharining asosiy hududlarini uzluksiz qoplashni ta'minlaydi. Eng yirik hududiy tizimlarga Eutelsat (Evropa va SHimoliy Afrika), Apstar, Asiasat, Optus, Palapa (Osiy-Tinch okeani hududi) va Arabsat (Arab davlatlari) kiradi.

**Harakatdagi SYA.** HSYA tizimlari 30 yil oldin paydo bo'lgan (birinchi mobil radiotelefon aloqasi global tizimi va Marisat geostatsionar KA 70-nchi yillarning o'rtalarida Comsat kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan. Bunga sabab harakatdagi ob'ektlarning past energiya qurollanishi va ularni ishlatilishining qiyinroq sharoitlari (joy reifining ta'siri, antennalarning o'lchamlari bo'yicha cheklashlar va h.k.) bo'ldi.

Oddiy statsionar yer stansiyalari hatto radioko'rinishning  $5^{\circ}$  ishchi burchaklarida barqaror aloqani ta'minlaydi, harakatdagi abonentlar uchun ishonchli aloqani esa faqat sezilarli yuqoriroq qiymatlarda kafolatlash mumkin. KA radioko'rinishining katta burchaklari murakkab relyefli yaqin zonada radioto'lqinlarni tarqalishida so'nishlar bilan asoslanadigan yo'qotishlarni kompensatsiyalash uchun mo'ljallangan radioliniyaning energetik zahirasini kamaytirishga imkon beradi.

HSYA nimitizimlari asosan harakatdagi yer usti stansiyalari bilan ishlashni ta'minlaydigan katta markaziy va bazaviy stansiyalarli radial yoki radial-uzelli tuzilmagan ega bo'lgan tarmoqlar uchun yaratildi. Talab bo'yicha kanallar taqdim etiladigan tarmoqlardagi oqimlar uncha katta bo'lmagan, shuning uchun ularda ko'pincha bir yoki kam kanalli yer usti stansiyalari qo'llanilgan. Odatda bunday tarmoqlar olisdagi harakatdagi ob'ektlar (kemalar, samoletlar, avtomobillar va h.k.) bilan idoraviy va korporativ tarmoqlarni yaratish uchun, davlat

tuzilmalarida, tabiiy ofatlar hududlarida va favqulodda vaziyatlarda aloqani tashkil etish uchun mo'ljallangan.

HSYAning rivojlanishidagi sifatli sakrash ma'lumotlarni raqamli uzatish usullarini joriy etilishi bilan va noqeostatsionar orbitalardagi (past aylanishli va o'rtacha balandlikli) KAlar asosida sun'iy yo'ldoshli tizimlarning birinchi loyihalarini paydo bo'lishi tufayli bo'lib o'tdi. Bunday sun'iy yo'ldoshlarning orbitalari Yer sirtiga yaqin, bu an'anaviy yer usti stansiyalarining o'rniga kichik hajmli terminallar (telefon go'shagi) va uncha katta bo'lmagan antennalarni ishlatilishi imkoniyatini beradi.

Hozirgi vaqtda dunyoda past orbitalardagi KAlardan foydalanadigan 30 tadan ortiq milliy va xalqaro (hududiy va global) loyihalar mavjud. Ulardan eng ma'lumi Globalstar, Iridium, Orbcomm (AQSH), shuningdek Rossiyaning "Gonets" va "Signal" loyihalaridir.

**Radiouzatish** sun'iy yo'ldoshli xizmati televizion va radioeshittirish dasturlarini qabul qilish uchun mo'ljallangan va televizion uzatish (BTU) sun'iy yo'ldoshli televizion uzatish va bevosita sun'iy yo'ldoshli televizion uzatish tizimlarining asosiy xizmati hisoblandi.

Hozirgi vaqtda butun teleradiouzatish tizimi geostatsionar orbitadagi sun'iy yo'ldoshlar asosida qurilmoqda. Tizimga asosiy talab xizmat ko'rsatiladigan hududlarni butunlay qamrab olish bo'lgan telekommunikatsiyaning bu sohasida SYATning boshqa aloqa vositalariga qargandagi afzalliklari eng katta darajada namoyon bo'ladi.

Teleradioeshittirishni rivojlantirishning muhim yo'nalishlaridan biri buyurtma teledasturlarni sun'iy yo'ldoshli kanallar bo'yicha translyasiya qilish va teleko'rsatuvlar jarayonida interaktiv almashinuv imkoniyatlarini taqdim etish yo'li bilan foydalanuvchilarning individual so'rovlarini qondirishga imkon beradigan interaktiv televidenie hisoblanadi. Bu holda foydalanuvchi ma'lumotlarni uzatish passiv iste'molchisidan dasturning aktiv qatnashuvchisiga aylanadi.

Yana bir istiqbolli yo'nalish bu radiokanallar bo'yicha televizion tasvirlarni 30 Mbit/sgacha va Internet ma'lumotlarni 400 kbit/sgacha tezliklarda uzatishga imkon beradigan kompyuterga bevosita sun'iy yo'ldoshli uzatish (Direct PC xizmati) hisoblanadi.

## **VSAT**

Hozirgi vaqtda geostatsionar KAlar asosida korporativ sun'iy yo'ldoshli tarmoqlarni qurish uchun VSAT (Very Small Aperture Terminal) deyiladigan kichik stansiyalar ishlatilmoqda, dunyoda ulardan hozirgi vaqtda 250 mingtadan ortiq. VSAT tarmoqlari geografik olisdagi foydalanuvchilarni yagona raqamli aloqa tarmog'iga birlashtiradi. Lekin global SYATdan farqli ravishda VSAT tarmoqlarining xizmat ko'rsatish zonasi tor parsial zonalarga ajratilgan bo'lib, ulardan har biriga bitta tor nur bilan xizmat ko'rsatiladi [17].

Bort komplekslarining zamonaviy energetik ko'rsatkichlarida VSAT-stansiyalar uncha katta bo'lmasligi, ularning antennalarini o'lchamlari esa 0,5 - 0,6 metrlar (Ka-diapazon) va 1 - 1,5 metrlarni (Ku-diapazon) tashkil etadi. Bunday terminallar foydalanuvchilarning ish joylari yaqinida joylashtirilishi mumkin. 0,5 metrdan kam diametrli antennali yer usti stansiyalari USAT (Ultra Small Aperture Terminal) deyiladi.

### **3.3. Sun'iy yo'ldoshli navigatsiya**

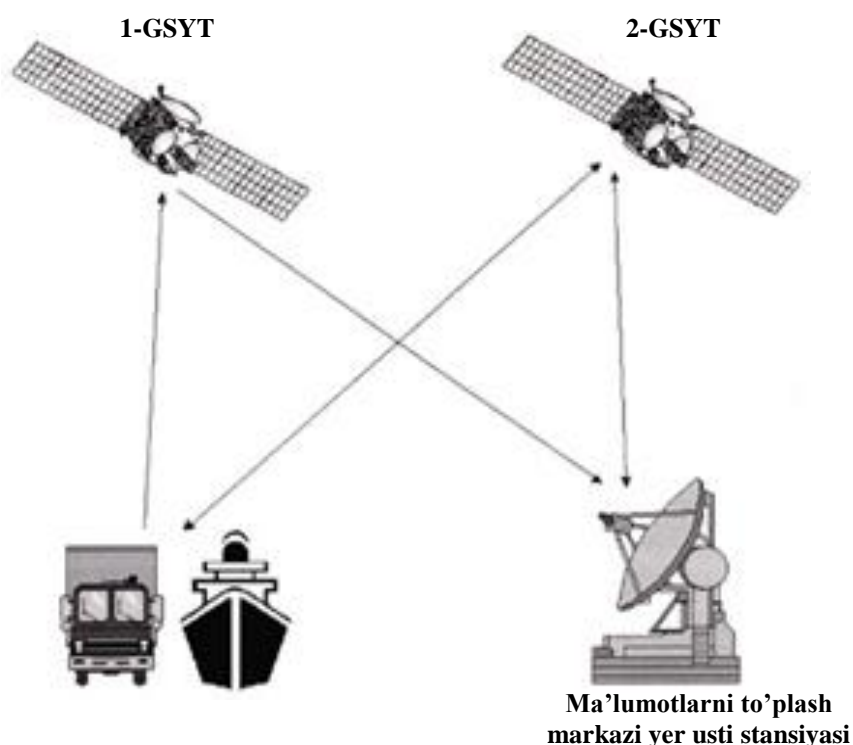
Sun'iy yo'ldoshli radionavigatsion tizim deb, YSY guruhi tayanch radionavigatsion nuqtalar rolini bajaradigan tizimga aytish qabul qilingan. Bunday tizimlarga NAVSTAR (AQSH) i "Glonass" (Rossiya). NAVSTAR (NAVigation System using Timing And Ranging) yoki GPS (Global Positioning System) tizimlari kiradi [18].

Bu tizimlar o'zi aniqlaydigan passiv tizimlar toifasiga kiradi. Ularda faqat navigatsion YSYlar radiouzatkichga ega bo'ladi, harakatdagi obyektida joylashtiriladigan apparatura esa faqat ESY signallari qabullagichi, signallarni qayta ishlash va obyektning koordinatalarini hisoblash qurilmasiga ega bo'ladi. Bunday navigatsion tizimlarda ob'ektning koordinatalarini hisoblash natijasi faqat obyektning o'zida bo'ladi, ya'ni ob'ekt apparaturasining o'zi o'z koordinatalarini aniqlaydi.

Sun'iy yo'ldoshli radionavigatsion tizim asosidagi joyni radioaniqlash va harakatdagi obyektlarni kuzatish tizimlarini qurishning umumlashtirilgan sxemasi 3.8- rasmda keltirilgan.

Obyekt apparaturasi ko'rish zonasida bo'lgan bir necha YSYlardan (4 tadan kam bo'lmagan) bir vaqtda navigatsion

signallarni qabul qilishni amalga oshiradi. YSYdan beriladigan sun'iy yo'ldosh tomonidan nurlantiriladigan signal haqidagi, shuningdek YSYning harakatlanishi orbital parametrlari haqidagi kodli ma'lumotlar bo'yicha KSAS EHMda qo'yilgan algoritmlar bo'yicha harakatdagi ob'ektning geografik koordinatalari, harakatlanish tezligi va yo'nalishi aniqlanadi.



3.8- rasm. Joyni radioaniqlash tizimini qurilish sxemasi

Harakatdagi ob'ektning koordinatalari va tezligi haqidagi ma'lumotlar iste'molchiga vizual shaklda tabloda berilishi va o'lchash vaqti qayd etiladigan xotirada saqlanishi mumkin.

NAVSTAR (NAV igation System using Timing And Ranging) yoki GPS (Global Positioning System) global sun'iy yo'ldoshli radionavigatsion tizim kosmosda, havoda, yerda va suvda harakatlanayotgan obyektlarning yuqori aniqli navigatsion-vaqt ta'minoti uchun yaratilgan.

Uning tarkibiga navigatsion sun'iy yo'ldoshlar, yer usti boshqarish kompleksi va iste'molchilar (foydalanuvchilar) apparaturalari kiradi. Tizimda qo'llaniladigan tamoyil shundan iboratki, iste'molchilarda o'rnatilgan maxsus qabullagichlar bir necha sun'iy yo'ldoshlarga masofani o'lchaydi va bir xil olisdagi sirtlar

kesishmalari nuqtalari bo'yicha o'z koordinatalarini aniqlaydi. Vaqt bo'yicha kechikish qiymati sun'iy yo'ldoshlar nurlantiradigan va qabul qilish qurilmalari generatsiyalaydigan signallar kodlarini ularning mos kelishigacha vaqt bo'yicha surilishi usuli orqali taqqoslash bilan aniqlanadi. Vaqt bo'yicha surilish qabullagichning soati bo'yicha aniqlanadi. Kenglik, uzunlik, balandlik va xatoliklarni bo'lmasligini topish uchun vaqt bo'yicha surilishni aniqlashda foydalanuvchining qabullagichi to'rtta sun'iy yo'ldoshlarni ko'rishi va ulardan navigatsion signallarni qabul qilishi kerak.

Tezlik foydalanuvchining harakatlanishi keltirib chiqaradigan sun'iy yo'ldosh signali tashuvchi chastotasining dopler surilishi bo'yicha aniqlanadi. Dopler surilishi sun'iy yo'ldoshdan qabul qilinadigan va qabullagich generatsiyalaydigan signallar chastotalarini taqqoslashda aniqlanadi.

Navigatsion signallar L-diapazonning (L-band, 390 dan 1550 MGsgacha radiochastotalar polosasi) ikkita 1575,42 MGs (L1) va 1227,6 MGs (L2) chastotalarida nurlantiriladi. L2 chastotada yuqori aniq ma'lumotlarli P(Y) harbiy kodli va imitatsion halaqitlardan himoyalangan signallar nurlantiriladi. L1 chastotada P(Y) harbiy kodli va ko'pincha C/A deyiladigan umumiy foydalanishdagi fuqaro kodli signallar nurlantiriladi. L1 va L2 chastotalardagi signallarni taqqoslash ionosfera orqali radioto'lqinlarning o'tishida vujudga keladigan qo'shimcha kechikishni hisoblashga imkon beradi, bu navigatsion ma'lumotlarni o'lchashning aniqligini sezilarli oshiradi. Avtomobilning koordinatalari 2 dan 5 metrlargacha aniqlikda aniqlanadi.

1994 yilning 28 martida GPS tizimi 6 ta orbital tekisliklardagi 24 ta KAlardagi shtatdagi konfiguratsiyada ishlay boshladi. ESY korpusining o'lchamlari 1.52 m 1.93 m 1.91 mni, quyosh batareyalarining qadami 19.3 mni, maydoni 13.4 m. kvni tashkil etadi. Bort elektr ta'minoti tizimining quvvati ishlatilishi muddati tugashida 1136 Vtni tashkil etadi. Apparatning ishga tushirilishidagi og'irligi 2032 kg ga, ishchi orbitadagi og'irligi 1075 kg ga teng bo'ladi.

24 ta ESYlardan tashkil topgan GLONASS guruhi orbitaga chiqarilgan va fuqaro kodi uchun 50 metrdan ortiq bo'lmagan xatolikli koordinatalarni aniqlashga imkon beradi.



## Nazorat savollari

1. Raqamli RRLlarning tasniflanishi va qo'llanilishi sohalarini keltiring.
2. Bir yo'nalishli radioreleli aloqaning tuzilish sxemasini keltiring va tushuntiring.
3. RRL oxirgi, oraliq va tugun stansiyalarining tuzilish sxemalarini keltiring va tushuntiring.
4. SYATlar qanday tasniflanadi va qanday asosiy ko'rsatkichlari mavjud?
5. ESY qaysi orbitalarda ishlatiladi va ularning asosiy xarakteristikalarini keltiring.
6. Qayd etilgan sun'iy yo'ldoshli aloqa deganda nima tushuniladi?
7. Harakatdagi sun'iy yo'ldoshli aloqani tushuntiring.
8. VSAT tizimi deganda nima tushuniladi?
9. Sun'iy yo'ldosh navigatsiya qanday tashkil etiladi?

## **4- Bob. SIMSIZ KENG POLOSALI ULANISH TEKNOLOGIYALARI**

### **4.1. Wi-Fi (IEEE 802.11) standarti**

Wi-Fi qisqartmasi inglizcha «Wireless Fidelity» soʻzidan kelib chiqadi, u “simsiz aniqlik” maʼnosini bildiradi. Bu nom ancha oldin muomalaga kirgan Hi-Fi (Hi Fidelity) atamasiga oʻxshash maʼlumotlarni simsiz uzatish texnologiyasiga berilgan. Odatiy kabelli tarmoqlardan farqli ravishda WLAN (Wireless Local Area Network) simsiz aloqa tarmoqlarida maʼlumotlarni uzatish uchun yuqori chastotali radiotoʻlqinlar ishlatiladi. Wi-Fi ostida koʻzda tutiladigan IEEE 802.11 standartlari oilasi bir necha 802.11a, 802.11b va 802.11g variantlarni oʻz ichiga oladi, ulardan har biri maʼlumotlarni uzatish tezliklari bilan farqlanadi [2,19,20].

Wi-Fi texnologiyasi 90-yillardan boshlangan. 1999 yilda 802.11b standartni ishlab chiqish yakunlandi, 2000 yilda esa simsiz aloqa uchun birinchi qurilmalar paydo boʻla boshladi. Wi-Fi korporativ kabelli tarmoqlarga muqobil – oddiy va harajatlar boʻyicha tejimli texnologiya sifatida oʻylangan, chunki kabelni yotqizilishini talab qilmaydi, lekin samaradorligi kam emas. Lekin Wi-Fining imkoniyatlar korporativ foydalanuvchilarni oddiy tarmoqqa bilashtirishga qaraganda ancha keng. Shuning uchun bu texnologiyani qoʻllaydigan qurilmalarning paydo boʻlishi bilan jamoat joylari - aeroportlar, mehmonxonalar, kafe va restoranlarda tezkor ulanish nuqtalari (yoki «xot-spotlar») ham paydo boʻldi va bu bilan foydalanuvchilar uchun yangi imkoniyatlar – qayd etilgan ish joyiga bogʻliq boʻlmasdan Internetga ulanishni ochdi.

Wi-Fi texnologiyasi yordamida xuddi ajratilgan liniya yordamida ulanganidek Internetdan foydalanish mumkin. Yagona farq, endi qayd etilgan ish joyiga bogʻliq boʻlmasdan Internetda ishlash bilan birga erkin harakatlanish mumkin.

#### **WLANni qurish tamoyillari va oʻziga xos xususiyatlari.**

WLAN tarmogʻi uzellar orasidagi aloqa va maʼlumotlarni uzatish uchun kabelli liniyalarni emas, balki yuqori chastotali radiotoʻlqinlarni ishlatadigan lokal hisoblash tarmogʻi (LAN) hisoblanadi. Bu maʼlumotlarni uzatish tez moslashuvchan tizimi boʻlib, u bitta bino ichida yoki maʼlum hudud chegaralarida kabelli lokal tarmoqqa kengaytirish yoki muqobil sifatida qoʻllaniladi va

alohida binolarga bog‘liq bo‘lmagan tarmoq va Internetga ulanishni ta‘minlaydi. WLAN tarmog‘i foydalanuvchilarga tarmoqqa ulangan xolda korxonada yoki tashkilot hududi bo‘ylab harakatlanishga imkon beradi.

WLAN uchun tarmoqni kengaytirish va rekonfiguratsiyalash murakkab masala hisoblanmaydi. Foydalanuvchilar qurilmalarini ularga simsiz tarmoq adapterlarini o‘rnatish bilan tarmoqqa integratsiyalash mumkin. Moslashuvchan mijozlar va tarmoq qurilmalarining har xil turlari o‘zaro ta‘sirlashishi mumkin.

Simsiz lokal tarmoqni qurish kabelli tarmoqni qurishga qaraganda oddiy, har ikkala turlardagi tarmoqlarni ma‘murlashtirish bir-birlaridan deyarli farq qilmaydi. WLAN tarmog‘ining mijozlar echimi Plug-and-Play tamoyili asosida qurilgan, u kompyuterlar oddiy bir darajali tarmoqqa (peer-to-peer) ulanishini ko‘zda tutadi.

Radiochastotalarning ishlash masofasi, ayniqsa, binolarning ichida qurilmaning xarakteristiklariga (shu jumladan, uzatkichning quvvatiga), qabullagichning konstruksiyasiga, halaqitbardoshlikka va signalning o‘tish yo‘liga bog‘liq. Radioto‘lqinlarning binoning odiy ob‘ektlari, masalan devorlari, metall konstruksiyalari va hatto insonlar bilan o‘zaro ta‘sirlashishi signalning tarqalishi masofasiga ta‘sir qilishi va shunday tarzda aniq bir tizimning ishlash zonasini o‘zgartirishi mumkin.

Simsiz tarmoqlar radiochastotalarni ishlatadi, chunki radioto‘lqinlar devorlar va to‘siqlar orqali binoning ichiga kiradi. Ko‘plab WLAN tizimlarining qamrab olish sohasi yoki diapazoni uchraydigan to‘siqlar soni va turiga bog‘liq ravishda 160 metrlarga etadi. Qo‘shimcha ulanish nuqtalari yordamida ishlash zonasini kengaytirish va bu bilan harakatlanish erkinligini ta‘minlash mumkin.

WLAN tarmoqlari yuqori ishonchlilikka ega, chunki simsiz texnologiya ildizlari bilan mudofaa sanoatiga ketgan va shuning uchun simsiz qurilmalarning xavfsizligini ta‘minlash ishlanmalarining boshlanishida qo‘yilgan. Shu sababga ko‘ra simsiz tarmoqlar kabelli tarmoqlarga qaraganda ishonchliroq.

WLAN tarmoqlarida Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) texnologiyasi ishlatiladi, u ma‘lumotlarni buzilishiga, halaqitlarga, shu jumladan atayin halaqitlarga va aniqlanishiga yuqori barqarorlik bilan farqlanadi. Bundan tashqari, simsiz tarmoqning barcha foydalanuvchilari tizim identifikatori bo‘yicha autentifikatsiyalashdan o‘tadi, bu ma‘lumotlarga ruxsat etilmagan ulanishni oldini oladi.

Juda zaif ma'lumotlarni uzatish uchun foydalanuvchilar Wired Equivalent Privacy (WEP) rejimini ishlatishi mumkin, bunda signal qo'shimcha algoritm bilan shifrlanadi, ma'lumotlar esa elektron kalit yordamida nazorat qilinadi. Umuman aytganda, alohida uzellarda tarmoq trafigiga ulanishdan oldin o'z xavfsizlik choralari ko'rilishi kerak. 802.11b spetsifikatsiya bo'yicha ishlaydigan WLAN tarmoqlarida tarmoqning yuqoriroq ishonchliligini ta'minlash uchun foydalanuvchini autentifikatsiyalash bilan birga 40-bitli va 128-bitli shifrlash algoritmlari qo'llanilishi mumkin. Atayin va atayin bo'lmagan trafikni qo'lga kiritish deyarli mumkin emas.

WLAN tarmoqlarida ulanish nuqtasi ko'zd tutiladi, u kabelli va simsiz tarmoqlarni bog'laydi va simsiz tarmoq abonentlariga kabelli tarmoq resurslariga ulanishni olishiga imkon beradi. Foydalanuvchilar sotali telefon yordamida tarmoqqa ulanganidagi kabi tarmoq bilan bog'lanishni yo'qotmasdan ulanish nuqtalari orasida harakatlanishi mumkin. Boshqacha aytganda, ulanish nuqtasi dasturiy-apparatli qurilma bo'lib, u simsiz tarmoq mijozi uchun konsentrator rolini bajaradi va kabelli tarmoqqa ulanishni ta'minlaydi.

Tarmoqdagi foydalanuvchilar soni deyarli cheklanmagan va uni yangi ulanish nuqtalarini o'rnatish bilan oshirish mumkin. Turli chastotalarga (kanallarga) sozlangan bir-birlarini qoplaydigan ulanish nuqtalari yordamida simsiz tarmoqni bitta zonadagi foydalanuvchilar sonini oshirilishi hisobiga kengaytirish mumkin. O'zaro halaqitlarni hosil qiladigan bir-birlarini qoplaydigan kanallar bir vaqtda uchtdan ortiq bo'lmagan o'rnatilishi mumkin va ular tarmoq foydalanuvchilari sonini uch martaga oshiradi. Shunday tarzda binoning turli nuqtalarida ulanish nuqtalarini o'rnatish bilan simsiz tarmoqni kengaytirish mumkin. Bu umumiy foydalanuvchilar sonini oshiradi va ularga bino yoki tashkilot hududi bo'yicha harakatlanish imkoniyatini beradi.

Bitta ulanish nuqtasi bir vaqtda ta'minlaydigan foydalanuvchilar soni, birinchi navbatda, trafikning yuklanganligiga bog'liq bo'ladi. WLAN tarmoqlaridan o'tkazish polosasi foydalanuvchilar orasida kabelli tarmoqdagi kabi bo'linadi. Foydalanuvchilar sonidan kelib chiqib, tarmoqning unumdorligi foydalanuvchi bajaradigan vazifalar turiga ham bog'liq bo'ladi.

**IEEE 802.11 standarti va uning 802.11b kengaytmasi.** IEEE 802 standartlari bo'yicha qo'mita 1990 yilda 802.11 simsiz lokal tarmoqlar uchun standartlar bo'yicha ishchi guruhni shakllantirdi. Bu guruh 2,4 GGs chastotada, 1 va 2 Mbps (Megabits-per-second)

ulanish tezliklarida ishlaydigan radioqurilmalar va tarmoqlar uchun umumiy standartni ishlab chiqish bilan shug'ullandi. Standartni yaratish bo'yicha ishlar 7 yildan keyin yakunlandi va 1997 yilning iyunida birinchi 802.11 spetsifikatsiyasi tasdiqlandi. Lekin bu vaqtga kelib, simsiz tarmoqlardagi qo'yilgan dastlabki ma'lumotlarni uzatish tezligi endi foydalanuvchilar ehtiyojlarini qoniqtirmadi, shuning uchun ishlab chiquvchilar yangi standartni yaratishga majbur bo'ldi.

1999 yilning sentyabrida IEEE oldingi standartning kengaytmasini tasdiqladi. IEEE 802.11b deb nomlanishi (shuningdek 802.11 High rate sifatida ma'lum) bilan u 11 Mbps (Ethernetga o'xshash) tezliklarda ishlaydigan simsiz tarmoqlar mahsulotlari uchun standartni aniqlaydi, bu qurilmalarni yirik tashkilotlarda muvaffaqiyatli qo'llashga imkon beradi. Turli ishlab chiqaruvchilar mahsulotlarining moslashuvchanligi Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) deyiladigan mustaqil tashkilot tomonidan kafolatlanadi. Bu tashkilot simsiz aloqa industriyasi etakchilari tomonidan 1999 yilda tashkil etilgan.

Lokal tarmoqlarga simsiz ulanshdagi ehtiyoj noutbuklar va PDAlar kabi mobil qurilmalar sonini ortishi bilan, shuningdek foydalanuvchilarning o'z kompyuterlariga tarmoq simini "tiqish" zaruriyatisiz tarmoqqa ulanish istagini ortishi bilan oshib bormoqda.

Barcha standartlar kabi IEEE 802, 802.11 ISO/OSI modelining ikkita pastki fizik darajasi va kanal darajasida ishlaydi. Har qanday tarmoq ilovasi, tarmoq operatsion tizimi yoki protokoli (masalan, TCP/IP) ham Ethernet tarmog'idagi kabi 802.11 tarmog'ida yaxshi ishlaydi.

802.11a/b/g asosiy arxitekturasi, o'ziga xos xususiyatlari va 802.11a/b/g xizmatlari dastlabki 802.11standartda aniqlanadi. 802.11a/b/g spetsifikatsiyalar atigi yuqoriroq ulanish tezliklarini qo'shish bilan faqat fizik darajaga tegishli bo'ladi.

**802.11 ish rejimlari.** 802.11 ikkita simsiz tarmoq interfeysi kartasi (Network Interface Card, NIC) bilan jihozlangan kompyuter hisoblanadigan mijoz va simli va simsiz tarmoqlar orasida ko'prik rolini bajaradigan ulanish nuqtasi (Access point, AP) qurilmalari turlarini aniqlaydi. Ulanish nuqtasi odatda qabullagich-uzatkich, simli tarmoq interfeysi (802.3), shuningdek ma'lumotlarni qayta ishlash bilan shug'ullanadigan dasturiy ta'minotni o'z ichiga oladi. Simsiz stansiya sifatida ISA, PCI yoki 802.11 standartdagi PC Card tarmoq kartasi yoki o'rnatilgan echimlar, masalan, 802.11 telefon garniturasini

qatnashishi mumkin. IEEE 802.11 standarti tarmoq ikkita "Ad-hoc" va mijoz/server(yoki infratuzilma rejimi – infrastructure mode) ishlash rejimlarini aniqlaydi.

***Infraqizil diapazondgia (IR) uzatish usullari.*** Bu usulning 802.11 standartida ishlatilishi IQ uzatkichdan signalni yoʻnaltirilmagan nurlantirishga (diffuse IR) asoslangan. Nurlantirgich va qabullagichning mos yoʻnaltirilishini talab qiladigan yoʻnaltirilgan uzatish oʻrniga uzatiladigan IQ signal shipga nurlantiriladi. Keyin signalni qaytish va uni qabul qilish boʻlib oʻtadi. Bunda usul yoʻnaltirilgan nurlantirgichlarga qaraganda juda ravshan afzalliklarga ega, lekin sezilarli kamchiliklari ham mavjud, IQ nurlanishni berilgan toʻlqin diapazonida (850 – 950 nm) qaytaradigan ship talab qilinadi, butun tizimning ishlash radiusi 10 metrlar ilan cheklangan. Bundan tashqari IQ nurlanishlar ob-havo sharoitlariga sezgir, shuning uchun usulni faqat binolarning ichida qoʻllash tavsiya etiladi.

Ikkita 1 va 2 Mbps maʼlumotlarni uzatish tezliklari qoʻllanadi. 1 Mbps tezlikda maʼlumotlar oqimi kvartetlarga boʻlinadi, ulardan har biri keyin modulyatsiyalash vaqtida bitta 16-talik impulslarga kodlanadi. 2 Mbps tezlikda modulyatsiyalash usuli birmuncha farqlanadi, maʼlumolar oqimi bitli juftliklarga boʻlinadi, ulardan har biri bitta toʻrttalik impulslarga modulyatsiyalanadi. Uzatiladigan signalning maksimal quvvati 2 Vtni tashkil etadi.

***Taʼminotni boshqarish.*** 802.11 standarti mobil qurilmalar batareyalarining xizmat muddatini uzaytirish uchun energiyani tejash rejimlarini qoʻllaydi. Standart ikkita “davomli ishlash rejimi va “energiyani tejash rejimi” deyiladigan energiya isteʼmoli rejimlarini qoʻllaydi. Birinchi holda radio doimo yoqilgan holatda boʻladi, shu bilan bir vaqtda ikkinchi holda radio ulanish nuqtalari doimo joʻnatiladigan “mayoq” signallarini qabul qilish uchun maʼlum vaqt oraliqlarida davriy yoqiladi. Bu signallar qaysi stansiya maʼlumotlarni qabul qilishiga nisbatan maʼlumotlarga ega boʻladi. Shunday qilib, mijoz mayoq signalini qabul qilishi, maʼlumotlarni qabul qilishi, keyin esa yana “kutish” rejimiga oʻtkazish mumkin.

***Xavfsizlik.*** 802.11b maqsadi simsiz tarmoqlarni simli tarmoqlar xavfsizligi vositalariga ekvivalent boʻlgan xavfsizlik vositalari bilan taʼminlash hisoblanadigan Wired Equivalent Privacy (WEP) sifatida maʼlum boʻlgan ulanishni nazorat qilish va shifrlash mexanizmlarini taʼminlaydi. WEP ulanganida u faqat maʼlumotlar paketlarini himoya qiladi, lekin fizik daraja sarlavhalarini himoya qilmaydi, shunday ekan

tarmoqning boshqa stansiyalari tarmoqni boshqarish uchun zarur bo'ladigan ma'lumotlarni ko'rishi mumkin. Ulanishni nazorat qilish uchun har bir ulanish nuqtasiga ESSID (yoki WLAN Service Area ID) joylashtiriladi, uni bilmasdan mobil stansiya ulanish nuqtasiga ulana olmaydi. Ulanish nuqtasi qo'shimcha ravishda ulanishni nazorat qilish ro'yxati (Access Control List, ACL) deyiladigan ruxsat etiladigan MAS manzillar ro'yxatini saqlaydi, bu bilan faqat MAS manzillari ro'yxatda bo'lgan mijozlarga ruxsat etadi.

Ma'lumotlarni shifrlash uchun standart 40-bitli ajratiladigan kalitli RC4 algoritmidan foydalaniladigan shifrlash imkoniyatini beradi. Bundan keyin stansiya ulanish nuqtasiga ulanishi bilan barcha uzatiladigan ma'lumotlar bu kalitdan foydalanish bilan shifrlanishi mumkin. Shifrlash ishlatilganidan ulanish nuqtasi unga ulanishga urinayotgan istalgan stansiyaga shifrlangan paketni jo'natadi. Mijoz o'zini autentifikatsiyalash va tarmoqqa ulanishni olishi uchun to'g'ri javobni shifrlash uchun o'z kalitini ishlatishi kerak. Ikkinchi darajadan yuqori 802.11b tarmoqlari boshqa 802 tarmoqlari kabi ulanishni nazorat qilish va shifrlash uchun o'sha standartlarni (masalan, IPsec) ishlatadi.

**IEEE 802.11b standartining o'ziga xos xususiyatlari.** Ethernet kabelli tarmoqlar va Radio Ethernet simsiz tarmoqlari orasida ko'plab umumiylik, lekin ko'plab farq ham mavjud. Bu tushunarliki, turli ma'lumotlarni uzatish muhitlari ma'lumotlarni uzatish va kodlash usullariga, ya'ni uzatishga ma'lumotlarni to'g'ridan-to'g'ri tayyorlashga tamoyilial turli yondashishlarni talab qiladi. SHuning uchun kabelli tarmoqlar va simsiz tarmoqlari orasidagi asosiy farq fizik daraja (Physical Layer, PHY) va ma'lumotlarni uzatish muhitiga ulanish nimdarajasida (Medium Access Control, MAC) jamlangan. OSI (Open System Interconnection) tarmoq o'zaro ta'sirlashishlari etalon modeliga muvofiq, aynan bu nimdarajalarda ma'lumotlar tarmoq bo'yicha keyingi uzatilishi uchun kerakli tarzda formatlanadi va kodlanadi.

Radio Ethernet tarmoqlarining ishlash nazariy tomonlari IEEE 802.11 va IEEE 802.11b standartlari orqali belgilangan. Aynan bu standartlarda simli tarmoqlarni ma'lumotlarni uzatish muhitiga ulanish darajasida (MAC-daraja) va fizik darajada (PHY-daraja) tashkil etish tartibi aniqlanadi.

Dastlab IEEE 802.11 standarti radiokanal bo'yicha 1 Mbit/s va opsional 2 Mbit/s tezlikda ma'lumotlarni uzatilishi imkoniyatini

koʻzda tutgan. Keyingi IEEE 802.11b versiyada asosiy standartga amaldagi qoʻshimcha hisoblanadigan 1, 2, 5,5 va 11 Mbit/s uzatish tezliklari aniqlanadi.

**Fizik daraja.** IEEE 802.11b standarti orqali 2,4 dan 2,4835 GGsgacha chastotalar diapazonini ishlatish koʻzda tutilgan boʻlib, u sanoat, fan va tibbiyotda lisenziyasiz foydalanish uchun moʻljallangan. Ruxsat etish ishlab chiqaruvchiga beriladi va buyurtmachiga mahsulot sotib olinganidan keyin sertifikat koʻrinishida uzatiladi. Bu yerda taʼkidlash kerakki, OʻzRda bu chastotalar diapazonidan foydalanish sertifikatlardan tashqari, Radiochastotalar boʻyicha davlat qoʻmitasida (RCHDQ) ruxsatni olinishi talab qilinadi.

Fizik darajada IEEE 802.11 standarti orqali ikkita radiokanallar turlari (DSSS va FHSS) koʻzda tutilgan boʻlib, ular oʻsha bir spektrni kengaytirish texnologiyaini ishlatadi.

## **4.2. WiMAX (IEEE 802.16) standarti**

**IEEE 802.16 standarti arxitekturasini.** 96 ta kompaniyalar tomonidan tashkil etilgan xalqaro sohaviy WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) Konsorsiumi keng polosali simsiz ulanish (KPSU) uchun qoʻllaniladigan barcha qurilmalarni moslashuvchanligiga erishishga koʻpmaklashishni maqsad qilib qoʻygan. Konsorsium tomonidan ishlab chiqilgan birinchi IEEE 802.16 standarti keng polosali simsiz ulanish (Broadband Wireless Access) hududiy taqsimlangan tarmoqlarni shahar koʻlamlarida (Wireless MAN) yaratish uchun moʻljallangan. Standartda KPSU tizimi uchun 2-11 GGs va 10-66 GGs chastotalar diapazonlarida ishlaydigan va oʻnlab kilometrlardagi masofalarda aloqani amalga oshiradigan “nuqta-koʻp nuqta” interfeysi tavsiflanadi [2,19,20].

WiMAX deganda bugungi kunda aholiga multiservisli KPSU yuqori sifatli xizmatlarini taqdim etish boʻyicha muqobilga deyarli ega boʻlmagan operatorlik sinfidagi texnologiya tushuniladi.

Aynan multiservislik va natijada keng polosalik simsiz ulanishni rivojlanishining zamonaviy anʼanalarini xarakterlaydi. Ideal holda zamonaviy foydalanuvchi hozirgi kunda kabelli bogʻlanish orqali mumkin boʻlgan SDH yoki Ethernet kabi istalgan xizmatlar turlariga cheklashlarni boshidan kechirmasligi kerak. WiMAX sertifikatsiyali eng yangi tizimlar keng polosali ulanish tarmoqlari operatorlariga



nafaqat foydalanuvchilarga xilma-xil ham IP, ham E1 xizmatlar turlarini taqdim etish, balki umuman ADSL-ulanish infratuzilmasini va ajratilgan liniyalarni almashtirish koʻzda tutiladi.

Dastlab yangi IEEE boʻlinmasining urinishlari 28 va 30 GGs chastotalar diapazonlariga yoʻnaltirildi, lekin keyin uning tarkibida 2,5 GGs diapazon bilan shugʻullanadigan yangi nimguruh shakllantirildi. Spekrning bu “past chastotali” qismi sunʼiy yoʻldoshli televidenie bilan muvaffaqiyatsiz raqobatlashaayotgan simsiz kabelli video xizmatlariga ajratilgan. U Internetga ulanish ilovalari uchun ham, yana raqamli video uchun ham juda yaraydi. Binobarin, MMDS tarmogʻining ishlash zonasi radiusi taxminan 50 kmga teng, uncha katta boʻlmagan antennalar sonini oʻrnatish bilan yirik shaharning hududini qamrab olish mumkin.

802.16 asosida keskin rivojlanayotgan faoliyat yoʻnalishlaridan biri spektrning litsenziyalanmaydigan sohalariga ulanish uchun foydalanish maqsadiga yoʻnaltirilgan. Bu holda gap 5 va 6 Gs sohasidagi chastotalar haqida bormoqda va bu yerda 802.16 guruhi IEEEning boshqa 802.11 boʻlinmalari bilan aktiv hamkorlik qilmoqda.

802.16 ishchi guruhining vazifasi simsiz (soʻnggi milyani) tashkil etish uchun zarur boʻladigan radiointerfeyslar va qoʻshimcha funksiyalarni standartlashtirish hisoblanadi. Unda shakllantirilgan uchta nimguruhlar quyidagi standartlarni ishlab chiqishmoqda:

- IEEE 802.16.1, u 10 dan 66 Gs gacha chastotalarda ishlaydigan tizimlar uchun radiointerfeysni aniqlaydi;

- IEEE 802.16.2, u keng polosali simsiz ulanish turli tizimlarining moslashuvchanlik masalalarini belgilaydi;

- IEEE 802.16.3, u 1 11 dan Gs gacha litsenziyalanadigan diapazonlarda ishlaydigan tizimlar uchun radiointerfeysni aniqlaydi.

Hozirgi vaqtga kelib eng katta rivojlanish birinchi nimguruh faoliyatida kuzatilmoqda, u operatorlarda katta qiziqish uygʻotmoqda, chunki uning natijalari xozircha band boʻlmagan chastotalar diapazonlariga kiradi.

Barcha uchta spetsifikatsiyalar abstrakt tizim etalon modeliga tayanadi. Boʻlajak 802.16 standartlarga mos servis tarmoq (lokal muassasaviy telefon tarmogʻi yoki IP-telefoniya tarmogʻi), va UFTT yoki Internet tarmogʻi – magistral tarmogʻi bittalik qurilmasi boʻlishi mumkin boʻlgan abonentlar qurilmalari orasidagi aloqani taʼminlaydi.

802.16 arxitekturasi to'rtta darajalar protokollarini aniqlaydi. Ikkita pastki daraja OSI etalon modelining bitta fizik darajasiga mos keladi. Aynan bu yerda signallarni kodlash va dekodlash, paketlar sarlavhalarini generatsiyalash va o'chirish (sinxronlashtirish maqsadlari uchun), alohida bitlarni uzatish va qabul qilish kabi operatsiyalar bajariladi.

802.16 standartida fizik daraja tavsifiga uzatish muhiti parametrlariga va ishlatiladigan chastotalar diapazoniga spetsifikatsiya ham kiradi.

Fizik daraja ostida obunachilarga xizmatlarni taqdim etilishiga javob beradigan protokollar joylashgan. Bu yerga ma'lumotlar paketlarini (kadrlarini) uzatish va ajratiladigan uzatish muhitiga ulanishni nazorat qilish (Media Access Control, MAC) kiradi.

802.16 MAC protokoli abonent yoki bazaviy stansiya tomonidan radiokanal bo'yicha uzatishni initsializatsiyalash protsedurasini aniqlaydi. Binobarin, ayrim yuqorida turadigan darajalar (ATM kabi) ma'lum servis sifatini (QoS) ta'minlanishini talab qiladi, MAS protokoli orqali anaiq bir xizmatlarga radiokanalning yig'indi sig'imidan ma'lum qism ajratilishi ko'zda tutilgan bo'lishi kerak. Chiquvchi yo'nalishda (bazaviy stansiyadan abonentga) trafikni tashishda faqat bitta uzatish stansiyasi mavjud bo'ladi va MAC protokoli darajasida QoSni ta'minlanishini amalga oshirish oddiy bo'ladi. Kiruvchi yo'nalishda trafikni tashishda bir necha abonentlar qurilmalari orasida uzatish muhitiga ulanishga raqobat vujudga keladi, bu MAC protokolini sezilarli murakkablashtiradi.

MASdarajasining ustida konvergentsiyalash darajasi joylashgan bo'lib, uning funksiyasi taqdim etiladigan servisning xarakteriga bog'liq bo'ladi. Unga, xususan, yuqoriroq darjalar kadrlarini yoki ma'lumotlarini 802.16 MAC/PHY kadrlariga inkapsulyasiyalash, manzillar va QoSni aniqlaydigan parametrlarni 802.16 formatiga o'zgartirish, yuqorida turadigan darajalar trafigining vaqt xarakteristiklarini MAS-daraja ekvivalent servislariga moslashtirish yuklanishi mumkin.

Alohida hollarda, masalan, raqamli audio- yoki videotrafik bilan ishlashda konvergentsiyalash darajasisiz mos oqimlarni to'g'ridan-to'g'ri transport darajasiga qayta ishlashga uzatish bilan chetlab o'tish mumkin. Lekin PDU tuzilmani ishlatadigan yuqori darajalar xizmatlari konvergentsiyalash darajasi protokollarining bo'lishini talab qiladi.

802.16 spetsifikatsiyalari aniq bir qurilmalariga qo'yadigan talablar keng polosali servislar qo'llaydigan atamalarda tariflanadi. 802.16 interfeysi ATM yoki IP tarmoqlarida ko'zda tutilgan uzatish tezliklari va QoS darajalarini ta'minlashi yoki ovoz yoki videoni uzatish uchun zarur bo'ladigan o'tkazish qobiliyati va kechikish qiymatini ta'minlashi kerak.

Keng polosali xizmatlarga maxsus talablar 802.16.1 spetsifikatsiyalarda ifodalangan. Bu yerda uchta turdagi kanallarni, o'zgaruvchan uzunlikdagi paketlarni va qayd etilgan uzunlikdagi paketlar/yacheykalarni kommutatsiyalashga asoslangan xizmatlar turlari ko'zda tutilgan. Birinchi turdagi xizmatlarning o'ziga xosligi nomidan ma'lum. O'zgaruvchan uzunlikdagi paketlarli xizmatlar IP, frame relay va MPEG-4 trafik bilan ishlashga mo'ljallangan. Uchinchi xizmatlar turi ATM tarmoqlari bilan moslashuvchanligi ko'zda tutilgan. Keng polosali xizmatlarni tavsiflashda asosiy parametrlar qo'llanadigan ma'lumotlarni uzatish tezligi, uzatish xatoliklari chastotasi va bir tomonlama uzatishning maksimal kechikishi hisoblanadi.

802.16 radiointerfeysi orqali uzatiladigan ma'lumotlar MAC kadrlar ketma-ketligi hisoblanadi. Ularni har biri ma'lum abonentga ajratilgan vaqt slotlari to'plamidan tashkil topgan TDMA (Time Division Multiple Access) kadrlari bilan aralashtirish kerak emas. TDMA vaqt sloti aniq bitta MAC kadri, bir necha bunday kadrlar yoki aksincha kadrning ulushiga ega bo'lishi kerak. Bir necha ketma-ket TDMA kadrlarida joylashgan va bu abonentga tegishli bo'lgan vaqt slotlari mantiqiy kanalni tashkil etadi, bu kanal bo'yicha MAC-kadrlar uzatiladi.

802.11 MAC protokoli bog'anishlarni o'rnatilishi uchun mo'ljallangan. Har bir MAC-kadr bog'lanish identifikatoriga ega bo'lib, u bo'yicha MAC protokol ma'lumotlarni manzilga yetkazadi. Bundan tashqari, bog'lanish identifikatori va servis oqimi orasida o'zaro bir xil moslik ko'zda tutilgan. Servis oqimi QoS (uzatishning maksimal kechikishi, kechikishning nostabilligi, minimal o'tkazish qobiliyati) parametrlarini aniqlaydi, ularni almashlash bu bog'lanishi bo'yicha amalga oshiriladi.

Servis oqimi konsepsiyasi MAC protokolining ishlashi nuqtai nazaridan asosiy hisoblanadi, chunki aynan servis oqimlari kiruvchi va chiquvchi uzatishlar uchun QoSni nazorat qilish mexanizmi

hisoblanadi, xususan, ular bazaviy stansiya alohida servislarga o‘tkazish polosasining ulushlarini ajratishi jarayonida ishlatiladi.

**802.16 standartining rivojlanishi va uning qisqa xarakteristikasi.** 2001 yilning dekabrda qabul qilingan standartning dastlabki versiyasi 10 - 66 GGs chastotlar diapazonini qamrab oladi va bitta tashuvchi chatotada (Single Carrier, SC) modulyatsiyalashni ko‘zda tutadi. Lekin 2003 yilning yanvarida standartga 802.16a to‘ldirish qabul qilingan bo‘lib, u 2 - 11 GGs diapazonlardagi shahar tarmoqlari uchun KPSU qurilmalariga mo‘jallandi. Bitta tashuvchida modulyatsiyalashdan tashqari, murakkabroq modulyatsiyalash turi – ortogonal chastotaviy multiplekslashdan (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) foydalanishga ruxsat etiladi. 802.16a qurilmalari ADSL- va kabelli modemlar bilan muvaffaqiyatli raqobatlashisha olishi ko‘zda tutiladi. Bunday tizimlarni qurish arzon tushishi kerak, chunki simlarga zarurat yo‘qoladi.

802.16 standartining yangi versiyasi 2004 yilning 24 iyunida qabul qilingan. U oldingi versiyaning nomini oldi va IEEE 802.16 – 2004 nomi ostida e‘lon qilindi. Keyin yangi IEEE 802.16e to‘ldirish ishlab chiqildi, u mobil qurilmalar qo‘llab-quvvatlanadigan 802.16 standarti qurilmalarini ta‘minlashga chiqarildi.

Sinab ko‘rilgan OFDM texnologiya yaxshi natijalarni ko‘rsatdi. Yangi texnologiyalarning o‘ziga tortishi shundan iboratki, ular zich shahar qurilishlari sharoitlarida, ya‘ni yirik shaharlar va atrofida KPSU bozori eng tez rivojlanayotgan boshqa millionlab aholili shaharlar ichida foydalanishga mo‘ljallangan 802.16 standarti va uning 802.16a kengaytmasining asosiy texnik xarakteristikalari keltirilgan.

***Abonentlar qurilmalaridan bazaviy stansiyaga*** trafikni uzatish (kiruvchi yo‘nalish deyiladigan uplink) ko‘p stansiyali ulanishning ikkita DAMA (so‘rov bo‘yicha ulanish) va TDMA (kanallar vaqt bo‘yicha ajratiladigan ulanish) usullari kombinatsiyasiga asoslanadi. Fizik daraja paketlari tuzilmasi MAC-daraja paketining o‘zgaruvchan uzunligini qo‘llaydi. Uzatkich randomizatsiyalash, halaqitbardosh kodlash va QPSK, 16 QAM va 64 QAM (oxirgi ikkita modulyatsiyalash usullari opsiyalar sifatida ko‘zda tutilgan) algoritmlari bo‘yicha modulyatsiyalashni amalga oshiradi.

***Bazaviy stansiyadan abonentlar qurilmalariga*** trafikni uzatish (chiquvchi yo‘nalish deyiladigan downlink) bitta sektorning barcha abonentlar qurilmalari uchun yagona oqimdagi vaqt bo‘yicha dupleks

(TDD) rejimida olib boriladi. Uzatkich randomizatsiyalash, halaqitbardosh kodlash va QPSK, 16 QAM va 64 QAM (oxirgi variant bazaviy stansiyalar uchun opsiya sifatida koʻzda tutilgan) algoritmlariga muvofiq modulyatsiyalashni amalga oshiradi.

4.1- jadval

802.16 va 802.16a standartlarining texnik xarakteristikalari

	802.16	802.16a
Diapazon	10 - 66 GGs	2 - 11 GGs
Ishlash sharoitlari	Faqat toʻgʻri koʻrinish	Yaqin zonadagi abonentlar uchun toʻgʻri boʻlmagan koʻrinishda ishlash imkoniyati
Tezlik	32,0 - 134,4 Mbit/s	1,0 - 75,0 Mbit/s
Modulyatsiyalash	QPSK, 16 QAM, 64 QAM Bitta nimitashuvchi	QPSK, 16 QAM, 64 QAM (256 QAM) Bitta nimitashuvchi OFDM 256 ta nimitashuvchi OFDMA 2048 ta nimitashuvchi
Dupleks rejim	TDD/FDD	TDD/FDD
Chastotalar polosasi	20, 25 va 28 MGs	1,25 dan 20 MGsgacha
Sotaning radiusi	Namunaviy: 2 - 5 km	Namunaviy: 4 - 6 km

**Modulyatsiyalash.** 10 - 66 GGs chastotalar diapazonidagi radiotoʻlqinlarni tarqalishining oʻziga xos xususiyatlari toʻgʻri koʻrinish sharoitlari bilan tizimlarning ishlash imkoniyatlarini cheklaydi. Namunaviy shahar muhitida bu bazaviy stansiyadan ishchi masofada boʻlgan abonentlarning deyarli yarimini bogʻlashga imkon beradi. Qolgan 50 foiz abonentlar uchun toʻgʻri koʻrinish boʻlmaydi.

Shunga ko‘ra, IEEE instituti 802.16 standartga to‘ldirishni ishlab chiqdi, u 2-11 GGs chastotalarga tegishli bo‘ldi va bir chastotali uzatishdan (Single Carrier, SC) tashqari, ortogonal chastotaviy multiplekslash (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) va bunday multiplekslash asosidagi ko‘p tomonlama ulanishni (OFD Multiple Access, OFDMA) ko‘zda tutdi.

OFDM rejimida 256 ta nimtashuvchilarni bir vaqtda uzatilishiga ruxsat etiladi. Elementar simvolning uzunligini oshirish hisobiga (taxminan shuncha marta) bir vaqtda to‘g‘ri va to‘siqlardan qaytgan signallarni qabul qilish yoki umuman bazaviy stansiya to‘g‘ri ko‘rinish chegaralaridan tashqaridagi faqat qaytgan signallarda ishlash mumkin.

**Xavfsizlik.** IEEE 802.16 standartida har bir abonentlar kompleksi X.509 raqamli sertifikat bilan imzolangan, u ishlab chiqaruvchi tomonidan qurilmaga “tiqilgan” va hatto sertifikatning 10 yillik amal qilish muddati tugaganidan keyin ham o‘zgartirilishi mumkin emas. Raqamli imzo asosida bazaviy stansiyada abonentlar kompleksini autentifikatsiyalash bo‘lib o‘tadi, bunda bazaviy va abonentlar stansiyalari shifrlangan kalitlar bilan almashadi va xavfsiz (shifrlangan) bog‘lanishni o‘rnatadi. Shifrlash uchun kalitlar to‘plami va 3-DES algoritmining o‘zi hatto qo‘lga kiritishda ochilishning murakkabligini ta’minlaydi. Trafikni shifrlash mexanizmi har bir virtual bog‘lanish uchun bir vaqtda ikkita kalit bilan ishlaydi, bu paketlarni yo‘qotilishi mumkin bo‘lgan muhitda sinxronlashtirishni, bir-birlarini qoplaydigan kalitlar hayoti vaqtlari esa bog‘lanishning ishonchliligini ta’minlaydi.

### **Nazorat savollari**

1. WLAN tarmog‘i nimalardan iboratligi tushuntiring.
2. IEEE 802.11 standartiga umumiy xarakteristikani bering.
3. Infraqizil dipazonda (IR) qanday uzatish usullari ishlatiladi?
4. IEEE 802.11b standartining o‘ziga xos xususiyatlari nimada?
5. IEEE 802.11a standartining chastotalar diapazonini keltiring.
6. IEEE 802.16 standartining arxitekturasini tushuntiring.
7. IEEE 802.16 standartining rivojlanishi qanday bo‘lib o‘tgan va uning qisqa xarakteristikasini bering.

## 5-Bob. BOSHQA SIMSIZ ALOQA TURLARI

### 5.1. Peyjing va tranking aloqa

**Personal radiochaqiruv tizimlari.** Personal radiochaqiruv tizimlari (PRCHT) yoki peyjing abonentlarga operativ va uncha qimmat bo‘lmagan aloqani taqdim etadi. PRCHTning ishlashi ko‘p hollarda ikki tomonlama aloqani tashkil etish zarurati yo‘qligiga, balki faqat qisqa ma’lumotni yoki chaqiruvni uzatilishi etarli bo‘lishiga asoslangan. Bunday masala abonentda peyjer deyiladigan uncha katta bo‘lmagan qabullagich bo‘lganida radiouzatkichlardan foydalanish yo‘li bilan hal etiladi [6].

PRChT ikkita xususiy (lokal) va umumiy foydalanishdagi (uzoq masofali) toifalarga bo‘linadi. Xususiy (lokal) PRChT cheklangan hududda radiochaqiruvni ta’minlaydi, ma’lumotlar foydalanuvchilari guruhi uchun bir yoki bir nechta past quvvatli uzatkichlarni ishlatadi. Chaqiruv umumiy foydalanishdagi telefon tarmog‘i bilan o‘zaro ta’sirlashmasdan dispetcherlik pultlari orqali amalga oshiriladi.

Umumiy foydalanishdagi peyjing tizimlarida umumiy foydalanishdagi telefon tarmog‘i orqali radiokanalda cheklangan hajmli xabar uzatiladi. Zamonaviy peyjing tizimlari umumiy foydalanishdagi telefon tarmog‘i bilan avtomatik o‘zaro ta’sirlashishni amalga oshiradi, chaqiruvni va xabarlarini uzatishning raqamli usulini, oshirilgan uzatish halaqitbardoshligi va o‘tkazish qobiliyatini ishlatadi. Oxirgi qurilmalar kichraytiriladi, bu energiya ta’minotini kamaytirishga imkon beradi. Bunday tizimlarning farqli o‘ziga xos xususiyati davlat ko‘lamlaridagi katta xizmat ko‘rsatish zonasi, shuningdek davlatlararo o‘zaro ta’sirlashish imkoniyati, past narx va ishlatishning odiyligi hisoblanadi.

Birinchi peyjing tizimi 1956 yilda London gospitalarining birida qurilgan. Birinchi uzoq masofali PRTCh 60- yillarni boshlarida AQSh va Kanadada ishlab chiqilgan. Evropada uzoq masofali PRTCh Gollandiya, Belgiya va Shveysariyada 1964 – 1965 yillarda ishga tushirilgan. PRTCh 80 dan 1000 MGsgacha diapazondagi radiochastotalarda ishlaydi.

PRTCh sotali yoki boshqa harakatdagi aloqa tizimlari bilan kombinatsiyalashtirilishi mumkin. Bunday tizimlarda foydalanuvchi telefon qo‘ng‘iroqlari haqida ogohlantirilishi va qulay vaqtda javob

berishi mumkin. Peyjer shuningdek olib yuriladigan qabullagichga o'rnatilishi mumkin.

Hozirgi vaqtda hamma joyda peyjing tizimlari sotali aloqa tizimlari (SMS xabarlarini uzatish) orqali surib chiqarilmoqda. SHuning uchun bunday tizimlarni qurish tamoyillarini atroflicha ko'rib chiqish ma'noga ega emas.

**Tranking aloqa tizimlari.** Harakatdagi UQT radioaloqa radial-zonaviy tizimlari bo'lgan retranslyatorlar aloqa kanallarini abonentlar orasida avtomatik taqsimlanishini (tranking) amalga oshiradigan tranking radioaloqa tizimlari, avvalo, abonentlarni guruhlardagi aloqa rejimining aktiv qo'llanilishi ko'zda tutiladigan turli idoraviy va korporativ aloqa tarmoqlarini yaratishga mo'ljallangan harakatdagi aloqa tizimi sinfi hisoblanadi. Ular turli davlatlarda qurolli kuchlari va huquqni muhofaza qilish tuzilmalari, umumiy xavfsizlik xizmatlari, transport va energetik kompaniyalar tomonidan harakatdagi abonentlarni o'zaro, statsionar abonentlar bilan va telefon tarmog'i abonentlari bilan aloqasini ta'minlash uchun keng ishlatiladi.

Umumiy foydalanishdagi harakatdagi radioaloqa (UM-HRA) tranking tizimlarining bir-birlaridan nutq ma'lumotlarini uzatish usuli (analog va raqamli), ko'p stansiyali ulanishi turi (kanallar chastota bo'yicha ajratiladigan (KChAU), kanallar vaqt bo'yicha ajratiladigan (KVAU) yoki kanallar kod bo'yicha ajratiladigan (KKAU)), kanalni qidirish va tayinlash usuli (markazlashtirilmagan va markazlashtirilgan boshqarishli), boshqarish kanali turi (ajratilgan va taqsimlangan) va boshqa xarakteristiklari orqali farqlanadigan ko'p sonli turli standartlari mavjud.

Tranking tizimlarning asosiy arxitekturaviy tamoyillari 5.1- rasmdagi bir zonali tranking tizimining umumlashtirilgan tuzilish sxemasida keltirilgan.

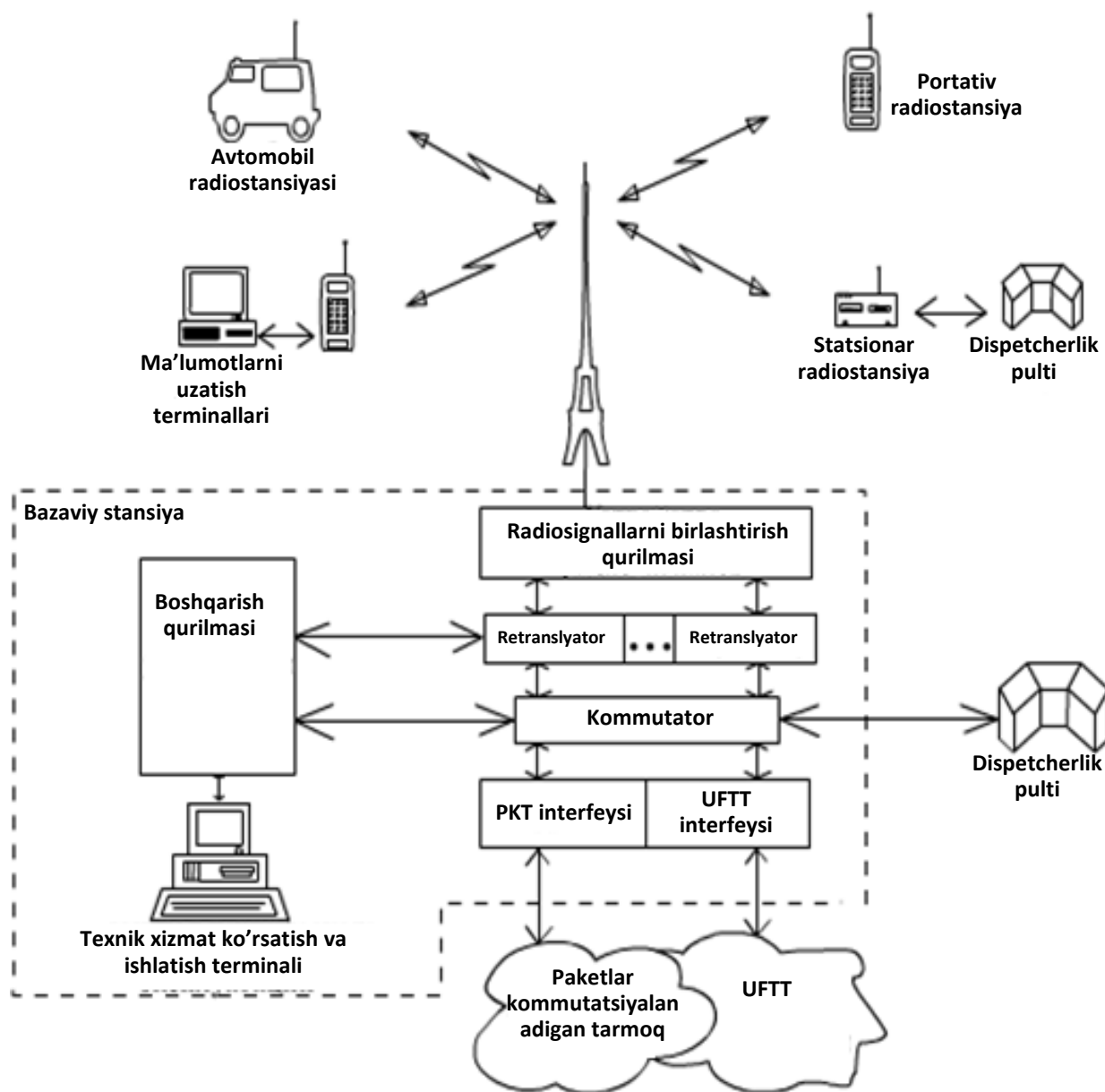
U bazaviy stansiyadan (BS) tashkil topgan va radiochastotaviy qurilmalardan tashqari kommutator, boshqarish qurilmasi va turli tashqi tarmoqlar intefeyslarini o'z ichiga oladi.

Radiochastotaviy qurilmalarga retranslyator, antenna va radiosignallarni birlashtirish qurilmasi kiradi.

Retranslyator. Retranslyator deganda bu holda bir juft tashuvchi chastotalarga xizmat ko'rsatadigan qabul qilish-uzatish qurilmalarining to'plami tushuniladi. Birinchi tranking tizimlarda bir juft tashuvchi bitta trafik kanalini bildirgan. Vaqt bo'yicha zichlashtirishni ko'zda tutadigan TETRA standarti tizimlari va EDAS



ProtoCAL tizimlarining paydo bo'lishi bilan zamonaviy trunking tizimlarda bitta retranslyator ikkita yoki to'rtta trafik kanalini ta'minlashi mumkin.



5.1- rasm. Bitta zonali trunking tizimining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi

Trunking tizimlarda antennalar qanchalik mumkin bo'lsa, shunchalik katta radioqamrab olish zonasini hosil qilishi kerak. Shuning uchun bazaviy stansiyalarning antennalari baland machtalarda yoki inshootlarda joylashtiriladi va doiraviy yo'naltirilganlik diagrammasiga ega bo'ladi. Bazaviy stansiya yagona qabul qilish-uzatish antenasiga, ham qabul qilish va uzatish uchun

alohida antennalarga ega bo'lishi mumkin. Ayrim hollarda bitta machtada ko'p nurli tarqalish keltirib chiqaradigan so'nishlar bilan kurashish uchun bir necha qabul qilish antennalari joylashtirilishi mumkin.

Radiosignallarni birlashtirish qurilmasi o'sha bir antennalar qurilmasini bir necha chastotalar kanallarida qabullagichlar va uzatkichlarning bir vaqtda ishlashi uchun foydalanishga imkon beradi. Tranking tizimlari retranslyatorlari faqat dupleks rejimda ishlaydi, binobarin, qabul qilish va uzatish chastotalarining surilishi 45 MGsdan 3MGsgachani tashkil etadi.

Kommutator ham tarmoq ichida, ham tashqi tarmoqlar bilan bog'lanishlarni ta'minlaydi. BSning barcha uzellarini o'zaro ta'sirlashishini Boshqarish qurilmasi amalga oshiradi. Bundan tashqari, u chaqiruvni qayta ishlaydi, chaqiruvchi abonentlarni identifikatsiyalashni amalga oshiradi, chaqiruvlar navbatini o'rnatadi, vaqtbay to'lov uchun vaqtni hisobga olishni yuritadi, shuningdek zarurat bo'lganida telefon tarmog'i bilan bog'lanishning davomiyligini rostlaydi.

Tranking tizimlarda UFTT interfeysi turli usullarda ishlatiladi. Uncha qimmat bo'lmagan tizimlarda (masalan, SmarTrunk) ulanish ikki o'tkazgichli kommutatsiyalanadigan liniya bo'yicha amalga oshiriladi. Zamonaviyroq tranking tizimlari o'z tarkibida ATS standart nomerlashtirilishi ishlatiladigan tranking tarmog'i abonentlariga ulanishni ta'minlaydigan DID (Direct Inward Dialing) nomeri to'g'ri teriladigan UFTT apparaturasiga ega. YUqori xizmat ko'rsatish sifatini ta'minlaydigan qator tranking tizimlar raqamli IKM – ATS apparaturasi bilan bog'lanishni ishlatadi.

UFTT bilan bog'lanish tranking tizimlar uchun an'anaviy hisoblanadi, lekin so'ngi vaqtlarda paketlar kommutatsiyalanadigan tarmoqlar interfeysi bo'lishi majburiy bo'lib qolishi bilan ma'lumotlarni uzatilishini ko'zda tutadigan ilovalar soni yanada ortmoqda.

Texnik xizmat ko'rsatish terminali (TXKT va E) odatda bazaviy stansiyaga o'rnatiladi va tizimning holatini nazorat qilish, yaroqsizliklarni diagnostika qilish, tarifkatsion ma'lumotlarni hisobga olish, abonentlar ma'lumotlari bazaga o'zgartirishlarni kiritish uchun mo'ljallangan. TXKT va E UFTT yoki paketlar kommutatsiyalanadigan tarmoq orqali ulanishi mumkin.

Tranking tizimlarda zarurat bo'lganida dispetcherlik pultrlari (DP) ham o'rnatilishi mumkin, ulardan boshqarish idoralari, tez tibbiy yordam, yong'in-himoya xizmati va boshqalar foydalanadi. DPni tizimga ulanish, ham abonentlar radiosignali bo'yicha, ham ichki liniyalar bo'yicha to'g'ridan-to'g'ri BS kommutatoriga bo'lishi mumkin. Tranking tizim bir necha mustaqil tarmoqlarni tashkil etishi mumkin, shuning uchun ularda turli tarzda ularga ulangan bir necha DPlari ishlashi mumkin.

Tranking tizimlarda eng qurilmalar to'plami abonentlar qurilmalariga kiradi. Ulardan eng ko'p sonlilari eng katta darajada yopiq guruhlarda ishlatishga to'g'ri keladigan yarim dupleks radiostansiyalar hisoblanadi. Bunday radiostansiyalar ko'pincha cheklangan funksional imkoniyatlarga ega bo'ladi va shuning uchun raqamli klaviaturaga ega bo'lmaydi. Ulardan foydalanuvchilarga guruh ichidagi abonentlar bilan bog'lanish yoki dispetcherga chaqiruvni yuborish etarli bo'ladi. Ayrim yarim dupleks radiostansiyalar kengroq funksional imkoniyatlarga va raqamli klaviaturaga ega bo'ladi, lekin sezilarli darajada qimmat turadi.

Tranking tizimlarda hozirgi vaqtda hatto sotali terminallarga qaraganda katta funkcionallikka ega bo'lgan va UFTT bilan bog'lanishni ulanishini amalga oshirishga, shuningdek yarim dupleks rejimda guruhli ishlashni ta'minlashga imkon beradigan dupleks radiostansiyalar yanada ko'p ishlatilmoqda.

Abonentlar qurilmalari nafaqat portativ yig'iladi, balki avtomobilda ishlatiladigan ko'rinishda ham chiqariladi va chiqish quvvati yuqori bo'ladi.

Abonentlar qurilmalarining yangi sinfi ma'lumotlarni uzatish terminalari hisoblanadi. Ular mos radiointerfeys protokolini qo'llaydigan maxsuslashtirilgan radiomodellarlardan iborat. DPning ulanishi uchun avtomobil radiostansiyalariga o'xshash bo'lgan standart radiostansiyalar ishlatiladi.

Zamonaviy tranking tizimlari ko'p zonali tizimlar sifatida ishlab chiqiladi va taqdim etiladigan xizmatlarning keng xilma-xilligi bilan xarakterlanadi, shuning uchun ular quyidagi asosiy talablarni qoniqtirishi kerak:

1. Berilgan xizmat ko'rsatish zonasida aloqani ta'minlash;
2. Harakatdagi abonentlarning joylashish o'rnini haqida ma'lumotlar bo'lmagan sharoitlarda aloqani o'rnatilishi ehtimolligining yuqori darajasi;

3. Turli guruhlar abonentlarining o‘zaro bog‘lanishi imkoniyati;
4. Aloqaning xavfsizligi;
5. Talab qilinadigan halaqitbardoshlik;
6. Nutq signallarini qabul qilishni tushunarligining yuqori sifati;
7. Chastotalar polosalaridan foydalanish samaradorligi;
8. Mobil stansiyaning past energiya iste‘moli;
9. Aloqani boshqarishning operativligi, shu jumladan, turli darajalarda boshqarishni ta‘minlash, aylanma aloqa imkoniyati, boshqarish markazi orqali aloqani ta‘minlash, aloqa kanallarini ustivorlikli o‘rnatilishi imkoniyati.

## 5.2. Raqamli televideniye va radioeshittirish

**Raqamli televideniye.** Zamonaviy televizion tizimlarda obyektning tasviri fotonishonga – teskari tomoni metallashtirilgan slyuda plastina-izolyatorga yugurtirilgan kumush zarrachalaridan yorug‘likka sezgir mozaikaga proeksiyalanadi. Fotoeffekt natijasida mozaikaning har bir zarrachasida elektr zaryad (videosignal) hosil bo‘ladi. Videosignalning kuchi obyekt tasvirining alohida elementning yorqinligiga mos keladi [16].

Elektron to‘p hosil qiladigan elektron nur mozaika sirti bo‘yicha chapdan o‘ngga va yuqoridan pastga har bir satrning videosignallarini o‘qish bilan harakatlanadi. Nurning harakatlanishini elektron-nur trubka (ENT) og‘ma tizimining elektromagnitlariga beriladigan arrasimon shakldagi elektr toki boshqaradi. Fotonishonning har bir elementiga atigi 0,02 mm diametrli elektronlar tutami tushadi. Bu har bir satrda 820 ta elementlarni o‘qish imkoniyatini beradi. 1948 yilda qabul qilingan standartga muvofiq televideniya 25 kadrlar/s chastotali uzatiladigan tasvirning bitta kadri 625 ta satrlarga ega bo‘ladi. Yoyish satrlari soniga tasvirning aniqligi bog‘liq bo‘ladi. Boshqa davlatlarda qabul qilingan satrlar chastotasi quyidagicha: Buyuk Britaniyada – 405, AQSh va Kanadada - 525, G‘arbiy Yevropada – 819.

Olingan videosignallar videokuchaytirgichga beriladi, bu yerda ular kuchaytirilganidan keyin har bir satr va kadrning boshlanishi va oxirini belgilaydigan sinxronlashtiradigan impulslar bilan aralashtiriladi. Shunday qilib, to‘liq televizion signal shakllantiriladi, keyin u efirga uzatish uchun telemarkazning radiouzatkichiga beriladi.

Analog televizion uzatish an'anaviy 48,5–100 MGs (6,2–3 m) chastotalardagi birinchi kanaldan beshinchi kanalgacha metrli to'liqlarda olib boriladi. Keyin telemarkazga yaqin bo'lgan shaharlarda TV halaqitlarni oldini olish uchun 174 – 230 MGs (1,7 – 1,3 m) chastotalar diapazonidagi yettita kanallar qo'shilgan. Hozirgi vaqtda 12 ta TV-kanallar etarli bo'lmay qoldi va kanalning chastotasi qanchalik yuqori bo'lsa, TV-signalning polosasi shunchalik keng bo'lishidan kelib chiqish bilan ularga 470 – 630 MGs (64 – 47 sm) diapazondagi detsimetrli to'liqlardagi 20 ta kanallar qo'shildi. 25 kadrlar/s chastotali 625 ta satrlarga ega bo'lgan tasvirni uzatilishi uchun 8 MGs atrofidagi chastotalar spektri kerak bo'ladi. Bu bitta TV-kanal chastotalar polosasiga mos keladi.

Televizion qabullagichda efirdan qabul qilingan signal kuchaytiriladi va kineskopga beriladi. TV-signal dan satr va kadr yoyish generatorlarining ishlashini boshqaradigan sinxroimpulslar ajratib olinadi. Kineskopning ekrani lyuminofofor bilan qoplangan bo'lib, u unga elektron proyektor nuri tushganida yorug'lanadi. Kadrlarning satrlari bo'yicha katta tezlikda harakatlanadigan elektron nur ekranning alohida nuqtalarini yoritilishini keltirib chiqaradi. Ko'rishning inersiyasi tufayli bu butun ekranning yoritilishi tasavvurini hosil qiladi. Kadrlarning tasviri shunday hosil qilinadi. Ovoz alohida chastotaviy modulyatsiyalangan kanal bo'yicha uzatiladi.

To'liq TV-signalda rangli tasvirni uzatish uchun rangli signallari qo'shiladi. Buning uchun ob'ektning rangli tasviri uchta ENT uzatadigan uchta bitta rangli (qizil, yashil va moviy ranglar) tasvirga qo'yiladi. Mos ravishda TV-qabullagichda uchta elektron proyektorlar ko'zda tutilgan bo'lib, ularning nurlari niqobdagi tirqish orqali o'tish bilan qizil, yashil va moviy ranglar lyuminofoforlarini yoritilishini keltirib chiqaradi. Niqob 0,25 mm dimetrli 550 mingta tirqishlarga ega bo'lgan yupqa metal listdan iborat. Raqamli kineskop lyuminofofori har bir rangning uchtdan donachalarili guruhlar bilan aniq tirqishlarga qarama-qarshi joylashgan qizil, yashil va moviy yoritilishlar lyuminofoforlarining 1,5 millionta donachalariga ega bo'ladi. Bitta nuqtaga yo'naltirilgan uchta ENTlardan uchta nurlar har bir alohida vaqt momentida bitta lyuminofoforlar guruhiga tushadi, bunda har bir nur "o'z" rangi lyuminofoforining bitta donachasini yoritilishini keltirib chiqaradi. Yoyishda nurlar niqobdagi keyingi tirqishga harakatlanadi, bu ekranda uchta bir rangli tasvirlar signallarini moslashtirishga imkon beradi.

**Raqamli televideniye tizimlari.** Bugungi kunda televideniya navbatdagi texnologik revolyutsiya – raqamli televizion uzatishni ommaviy tarqalishining boshlanishi bo‘lib o‘tmoqda. Raqamli televideniye (RTV) bu tamoyilial yangi imkoniyatlar, interaktivlik, multimediali trafikni etkazish muhiti hisoblanadi. Shuning uchun TV-uzatish formatini o‘zgartirish bu nafaqat murakkab texnik masala, balki bu butun dunyo ko‘lamiidagi iqtisodiy va ijtimoiy tomondan ta’sir qiladigan o‘ta jiddiy omil hisoblanadi

**Raqamli** televideniya ommaviy tomoshabingacha studiya sifatidagi signal deyarli buzilishsiz etadi, analog uzatishga xarakterli bo‘lgan halaqitlar yo‘qoladi. Standart 480-625 satrlar (3:4 format) soniga qaraganda yuqori bo‘lgan 720, 1080 (satrlar va ustunlar nisbati) yoyish satrlari sonili yuqori aniqlikdagi televideniye (TVCh, HDTV) videotasvirlarini uzatish imkoniyati paydo bo‘ldi. Lekin bu yuqori aniqlikni mos xarakteristalarli kineskopga ega bo‘lgan TV qabullagich ekranida ko‘rish mumkin. Shuning uchun muhimki, RTV spektral diapazondan ancha samarali foydalanishga imkon beradi, bitta analog TV-kanal polosasida bir necha TV-kanallarni shakllantirish mumkin, bir vaqtda mumkin bo‘ladigan TV-dasturlar soni bir tartibga ortadi. Nihoyat, raqamli televizion signalni etkazish vositalarining rivojlanishi bugungi kunda jadal ishlab chiqilayotgan “so‘rov bo‘yicha televideniye” muhim qadam bo‘ladi, tomoshabin endi kanalni emas, balki ko‘rishni istagan film yoki ko‘rsatuvni ko‘radi.

Oxirgi foydalanuvchilarga TV-trafikni uzatishning to‘rtta asosiy mexnizmlari - kabelli, sun‘iy yo‘ldoshli, yer usti (efirda uzatish) va sotali usullari ajratiladi. Sotali usul MMDS (Multichannel Microwave Distribution System), LMDS (Local Microwave Distribution System), MWS (Multimedia Wireless System) yuqori chastotali tizimlarni ishlatadi. RTV tizimlarini keng polosali MSUTga misol sifatida ko‘rib chiqamiz, uning xarakterli o‘ziga xos xususiyati trafikning yaqqol asimmertiyasi hisoblanadi. Shu bilan birga, IEEE 802.16 guruhi standartlarining paydo bo‘lishi bilan sotalali televideniye moslashuvchan tizimlarini ham tayyorlash mumkin bo‘lib qoladi. O‘zbek tomoshabini sun‘iy yo‘ldoshli va kabelli RTV bilan hozirda tanish. Lekin davlatdagi televideniye rivojlanish strategik masalasi yer usti uzatilishi hisoblanadi.

Ommaviy uzatish sohasida ikkita signallarni uzatish ATSC (Advanced Television Systems Committee, AQSh) va DVB (Digital

Video Broadcasting, Evropa) standartlari to'qnashishdi. YAponiya ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting) standarti bilan alohida turibdi. Amerika va Yevropa standartlari qarama-qarshiligi O'zbekistonda ortda qolgan masala, chunki ko'rinib turibdiki, yakuniy tanlov DVB foydasiga qilingan. Bu standartlar shu ma'noda o'xshashki, har ikkalasi MPEG-2 va MPEG-4 orqali kodlangan va kompressiyalangan video va audioma'lumotlarni uzatilishiga mo'ljallangan. Ovoz boshqa algoritmlar, masalan, Dolby AS-3 yordamida kodlanishi mumkin. Shuning uchun tasvirning sifati, agar u qabullagich orqali muvaffaqiyatli qabul qilinsa bir yoki boshqa modulyatsiyalash usulini tanlashga kam bog'liq bo'ladi.

AQShda raqamli televizion uzatish tizimini tanlashda asosiy e'tibor tasvirning oshirilgan sifatiga qaratildi. Bunda standart sifatli tasvirli kanallar sonini oshirish ko'rib chiqilmadi. Ravshanki, yuqori ruxsat etishli tasvir 32 dyuymlardan kam bo'lmagan televizorlarda o'zini namoyon qiladi, 55 – 60 dyuymlardagi televizorlarda esa yanada o'zini yaxshi namoyon qiladi.

Evropada DVB raqamli televizion tizimni ishlab chiqishda yuqori aniqlikdagi tijorat televizion uzatish, asosan MAC (Multiplexed analog components) analog YUAT-tizimni qurishga bog'liq bo'lgan o'n yil oldingi ayanchli tajriba hisobga olindi. Shuning uchun standart ruxsat etish qobiliyatli kanallar sonini oshirishga asosiy e'tibor qaratildi. Bu hozirda mavjud bo'lgan televizion qabullagichlar uchun nisbatan arzon tyunerlar chiqariladigan RTVga o'tishni boshlashga imkon berdi. Bundan tashqari, Yevropa standarti eng turli tabiatli ma'lumotlarni uzatishga mo'ljallangan yagona telekommunikatsion tizim uchun asos sifatida ko'rilmogda, bu yerdan past xatoliklar ehtimolliklariga talablar kelib chiqadi. SHu bilan bir vaqtda ATSCda qo'shimcha ma'lumotlarni uzatish opsiyasi mavjud emas.

ATSC yer usti uzatishda 19,28 Mbit/s tezlikli bitta oqimni 6 MGs (NTSC amerika analog TV tizimi kanalining standart kengligi) kenglikdagi polosada va bunday ikkita oqimlarni kabelli televidenie tarmoqlarida translyatsiya qilishga mo'ljallangan. DVB ancha tez moslashuvchan. 8 MGs standart polosada (hududlarda 6 va 7 MGs kenglikdagi kanallar bilan ishlash mumkin) u 4,98 dan 31,67 Mbit/sgacha diapazonda tezlikni tanlashni ta'minlaydi. Mos ravishda bu polosadagi TV-dasturlar soni ham 16 dan 2 tagacha o'zgaradi, binobarin, dasturlarni past ruxsat etishli, lekin yuqori ishonchlikli va

qabul qilish ishonchliligi kamayganida yuqori ruxsat etishli bir vaqtda translyatsiya qilish mumkin. DVBning noyob o'ziga xos xususiyati bu qabullagichning mobilligi hisoblanadi, u 300 km/soatgacha tezliklarda harakatlanishi mumkin, bu poezdlar, shaharlararo yo'lovchilarni tashish avtotransporti, mobil xizmatlar (tez tibbiy yordam, militsiya) va boshqalar bo'lishi mumkin.

Lekin eng muhimi signalni yetkazilish ishonchliligida ATSC DVBga yutqazadi. Buning sababi ATSCda qabul qilingan 8-VSB (satellite-sideband modulation system for broadcast) yon polosada qisman so'ndiriladigan ko'p pozitsion amplitudaviy modulyatsiyalash hisoblanadi. Umuman 8-VSBni yon polosa so'ndiriladigan amplitudaviy modulyatsiyalash tizimlarini texnik ishlatilishining cho'qqisi deyish mumkin. Lekin DVBga qaraganda real sharoitlarda bu mexanizm ishonchlik, tez moslashuvchanlik, qabul qilish antennalariga talablar bo'yicha yutqazadi. Bu standartni atroflicha ko'rib chiqamiz.

**MPEG-2 va MPEG-4 videosignallarni siqish standartlari.** 1993 yilda Xalqaro standartlashtirish tashkilotining tashabbusi bo'yicha ishlab chiqilgan MPEG-2 videosignallarni siqish standarti raqamli televizion sifatli uzatishni bo'lishi uchun harakatlantiruvchi kuch hisoblanadi va ko'plab yillar davomida bu texnika yo'nalishini rivojlantirish yo'lini aniqladi. Deyarli barcha davlatlar ma'lum darajada MPEG-2 imkoniyatlarini kengaytirish va takomillashtirish bilan uni qabul qilishdi. Bu standart bo'yicha ishlab chiqilgan koderlar 5,5 – 6 Mbit/s oqimlar tezligida katta dinamikali televizion tasvirlarni yuqori uzatilishini ta'minlaydi. MPEG-2 sezilarli darajada harakatlanadigan tasvirlar va ovozni kodlash usullaridagi ehtiyojini qoniqtiradi. Bundan tashqari, bu standart videokonferens-aloqa, videotelefonya, ma'lumotlarni saqlash va boshqalarda qo'llaniladi. U o'zgarmas va o'zagruvchan tezlikda ma'lumotlarni uzatilishini ko'zda tutadi. Bunda kanallarning qayta ulanishi, tahrir qilish, tez to'g'ri va tez qayta tiklash, sekin harakatlanish va boshqalar kabi masalalar yechiladi.

Lekin MPEG-2 standarti o'z cheklashlariga ega, shuning uchun videosignallarni siqishni takomillashtirish bo'yicha ishlar davom ettirildi. Hozirgi vaqtda MPEG-4 AVC yoki XEAI tasniflashi bo'yicha H.264/AVC (ISO/EC 14496-10 AVC) standarti etarlicha keng ishlatilmoqda. AVC (Advanced Video Coding) qisqartmasi takomillashtirilgan videokodlash standarti sifatida yoyiladi.



MPEG-2 standartidan MPEG-4 standartinig (yoki uning takomillashtirilgan versiyalarining) asosiy farqi yagona ovoz, vizual yoki audiovizual kontent sifatida «media-ob'ekt» tushunchasidan foydalanishdan iborat bo'ldi. Fazoviy siqishda 16x16 elementlardan joriy mikroblok qo'shni mikrobloklar bilan taqqoslanadi, farq aniqlanadi va faqat u diskret kosinusli o'zgartirish uchun uzatiladi. Har bir mikroblok o'lchami bo'yicha kichik, masalan 4x4 elementlarga bo'linishi mumkin, bu uzatiladigan tasvirning sifatini oshirishga imkon beradi.

Videosignalni siqishda tasvirning sifati bloklarning sezilarligi va bitta blokdan boshqasiga o'tish – bloklik samarasi hisobiga pasayishi mumkin. Blokli samaralarni kamaytirish uchun MPEG-4 AVC standartida dekodlangan tasvirda tasvirlarning yuqori subyektiv sifatini ta'minlaydigan keyingi qayta ishlash (blokdan chiqarish) filtri qo'llaniladi.

MPEG-4 AVC televizion efirli, kabelli va sun'iy yo'ldoshi uzatishni bitta dasturga 2 Mbit/sdan kam oqimlar tezliklarida amalga oshirishga, optik va magnit tashuvchilarga (CD, DVD va boshqalarga) video ma'lumotlarni sifatli yozishni ta'minlashga, TCP/IP tarmoqlar bo'yicha video ma'lumotlarni uzatilishini va multimediali xabarlarni mobil aloqa orqali yetkazilishini sezilarli tezlashtirishga imkon beradi.

Ovoz ma'lumotlari manbalaridan signallar ham raqamli formatga o'zgartiriladi. Bunda dastlab ortiqchalikni yo'qotish amalga oshiriladi, keyin halaqitbardoshlikni oshirish uchun skremblerlash (randomizatsiyalash), undan keyin kanalli kodlash va navbatlashtirish (interliving) amalga oshiriladi.

Ovozni siqishning eng zamonaviy tizimi AAC (Advanced Audio Coding) ovozni kodlash takomillashtirilgan tizimi hisoblanadi, u ISO/IEC 13818 standartning ettinchi qismida spetsifikatsiyalangan. O'zining samaradorligi bo'yicha AAS MPEG-1 II darajasidan ikki marta va III darajasidan 1,4 marta ustun. AAS tizimi stereodasturga 96 kbit/s raqamli oqimlarni uzatish tezligida yuqori sifatli ovozni ta'minlaydi.

AASni barcha raqamli siqish vositalarida – polosali kodlash, notekis kodlash, Xaffman kodi bilan kodlash (Huffman Codeword Reordering), bitlarni taqsimlash maxsus algoritmlari va boshqalar ishlatadi.

**Televizion signallarni uzatish standartlari.** Yevropa va O‘zRda qabul qilingan DVB standarti bu kabelli DVB-C (cable), sun‘iy yo‘ldoshli DVB-S (satellite) va yer usti DVB-T (terrestrial) uzatishni qamrab olgan spetsifikatsiyalar to‘plami hisoblanadi. DVB-T dagi agoritm eng murakkab algoritm hisoblanadi, chunki ishlash sharoitlari va uzatishga talablar yer usti uzatishda eng qat‘iy hisoblanadi.

Koderning kirishiga MPEG-2 (MPEG-4) transport oqimlari 188 baytdan keladi, keyin ular ikkili psevdotasodifiy ketma-ketlik (generator — 15-razryadli surish registri) bilan 2 modul bo‘yicha qo‘shish orqali randomizatsiyalanadi. Randomizatsiyalanganidan keyin paketlar Rid-Solomon kodi bilan himoyalangani, buning natijasida 188 baytga 16 tekshirish baytlari qo‘shiladi. Keyin ichki o‘rama kodlash keladi.

COFDM (Coded Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) standartda modulyatsiyalash – signal oldindan kodlanadigan ortogonal tashuvchilar orqali multiplekslash varianti ishlatilgan. OFDM modulyatsiyalashda butun uzatish kanali diapazoni (Evropada 8 MGs) ko‘plab ortogonal nimtashuvchilarga bo‘linishini ko‘zda tutadi. Ma‘lumotlar oqimi  $N$  suboqimlarga bo‘linadi, ulardan har birining tashuvchisi ancha past tezlikda modulyatsiyalanadi.

DVBda bitta kanalda (Evropada qabul qilingan TV kanalning 8 MGs kengligida) 8 mingtagacha tashuvchilar ( $8 \times 1024 = 8192$  yoki 8K qayta ishlash algoritmlarining talablarini hisobga olganda) bo‘lishi mumkin. Real 1705 ta (2K COFDM rejimi) yoki 6817 ta (8K rejimi) tashuvchilar ishlatiladi. Har bir tashuvchi 4-pozitsion kvadraturali fazaviy manipulyatsiyalash (QPSK) yoki 16- va 64-pozitsion kvadraturali amplitudaviy modulyatsiyalash (QAM) orqali modulyatsiyalanadi. Mos ravishda har bir tashuvchiga bitta modulyatsion simvol 2 dan 4 gacha bitlarni aniqlaydi.

Qabullagichda signal demultiplekslanadi va dekodlanadi. Buning uchun uzatkichning algoritmlariga qo‘shimcha korrelyasion detektorlar, Viterbi algoritimli dekoderlar va boshqalar ishlatiladi. MPEG-2 (MPEG-4) transport paketlarini ham dekodlash va televizor turiga bog‘liq ravishda raqamli yoki analog signalni shallantirishi kerak. Shuning uchun RTV-qabullagich bu yetarlicha murakkab dasturiy-apparatli kompleks hisoblanadi va faqat so‘nggi yillardagi texnologik yutuqlar uni ommaviy ishlab chiqarishda uncha qimmat bo‘lmasligiga imkon bermoqda.

O'zbekistonda kabelli DVB-C (cable), sun'iy yo'ldoshli DVB-S (satellite), yer usti DVB-T (terrestrial) va sotali DVB-N uzatishni qamrab olgan DVB standarti spetsifikatsiyalar to'plami qabul qilingan. Ma'lumki, 625 ta satrlardagi yuqori ruxsat etish bilan xarakterlanadigan DVB-T tarqoq yoyishni ishlatadi, bunda yarim kadrlarning chastotasi 50 Gsni tashkil etadi. DVB-T gorizontal va vertikal bo'yicha ikkilangan ruxsat etishni (bazaviyga nisbatan) ta'minlashi, shuningdek 16:9 tomonlar nisbatili tasvirlarni uzatishi mumkin. DVB-T audiosignalni uzatish uchun MUSICAM satndartini ishlatish bilan Dolby Digital AC-3 formatdagi ovozni ta'minlaydi. Shuningdek DVB-T standartining asosiy afzalliklaridan biri signalning qabul qilish barqarorligi va uning signallarning boshqa qayta qaytishlariga sezgir emasligi hioblanadi. Respublikada 2011 yilning dekabrda HD yuqori aniqlikdagi televideniyeini sinov ishlatilishi ishga tushirildi.

**Raqamli radioeshittirish.** Mavjud analog radioeshittirish tizimlari ancha oldin o'z imkoniyatlarni tugatdi. Chastotali modulyatsiyalash UQT-uzatishda yetarlicha yuqori uzatish sifatini ta'minlaydi, atmosfera halaqitlariga uchramaydi, lekin avtomobilda ko'p nurli qabul qilish va doimiy o'zgaradigan to'siqlardan qaytish burchaklari natijasida signal buzilishi mumkin. Bundan tashqari, ishonchli qabul qilish zonasini uzatkichdan 50 km masofadan oshmaydi. Uzatish zonasini kengaytirish uchun bitta chastotada ishlaydigan uzatkichlar sinxron tarmog'i talab qilinadi. Amplitudaviy modulyatsiyalashli (AM) uzatish katta hududlarni qamrab oladi, lekin atmosfera va industrial halaqitlar ta'siriga uchraydi. Bundan tashqari, AM-uzatkichning foydali ish ko'effitsienti o'rtacha 4 % ni tashkil etadi. Quvvatning katta qismi tashuvchi chastotani nurlantirishga sarflanadi va AM-uzatish energetika uchun anchadan buyon og'ir yuk bo'lib qolgan [21,22].

Bundan tashqari, radioeshittirish uchun ajratilgan diapazonlar juda to'lib ketgan. Chastotalar to'ri qadami Yevropada 9 kGs (UT va O'T), AQShda 10 kGsni (O'T) tashkil etadi. Bu 2x4,5 kGs uzatish polosali 100 dan ortiq chastotalar kanallarini beradi. Bitta chastotalar kanali o'zaro halaqitlar xavfisiz bir-birlaridan olisda bo'lgan uzatkichlarga ajratilishi mumkin, shuning uchun ular aytilgan sondan bir necha marta katta bo'lishi mumkin. Qisqa to'lqinli diapazonlarda to'rlar qadami atigi 5 kGsni tashkil etadi, bu endi kerakli chastotalar polosasidan kichik. QTda radioto'lqinlarning uzoq masofalarga

tarqalishi hisobga olinganida halaqitlar holati yomonlashadi va uzatish sifati tashvishli bo‘ladi.

Bir polosali modulyatsiyalashga o‘tish kanallar sonini ikki martaga va uzatkichlarning tejamkorligini bir necha martalarga oshirishga imkon berar edi. Bundan tashqari, bir polosali uzatishni mavjud qabulagichlarda qabul qilish mumkin emas. Shuning uchun bir polosali radioeshittirishga rejalashtirilgan o‘tish ehtimoli kam, bugungi kunda atigi bir necha QT-radiostansiyalar muntazam uzatishni amalga oshirmoqda. Va bu endi masala texnika emas, balki iqtisodiy va ijtimoiy masala hisoblanadi. Bozorning konservativlik vazni juda katta, yuzlab, millionlab mavjud qabullagichlar har qanday yangi tizimni ishga tushirilishiga qarshilik qiladi.

Bunday sharoitlarda eski uzatish tizimini inkor qilish faqat, agar iste‘molchiga nafaqat sifatning oshirilishi, balki qandaydir yangi, oldin mumkin bo‘lmagan narsa taklif etilsa bo‘lishi mumkin. Tabiiyki, insonning tovarning narxiga arzishiga amin bo‘lmaguncha to‘lashni istamasligi ma‘lum. Raqamli ovozli radioeshittirish (RORE) ovozli dasturlari va ovoz, video, grafik, matnli va boshqa ma‘lumotlar turlarini birlashtiradigan «radiomultimedia» dasturlarini uzatilishida prinsipial yangi imkoniyatlarni ochadi. Bir beriladigan turli xil ma‘lumotlarni qayta uzatish imkoniyati uzatuvchilarga taqdim etilishi mumkin bo‘ladigan servis xizmatlarining spektrini sezilarli kengaytiradi. Musiqiy eshittirishlarning asosiy va ijrochi haqidagi ma‘lumotlar bilan birga bo‘lishi raqamli radioda hozirda an‘anaviy bo‘lib qoldi. Bundan tashqari, sinov loyihalarida qabullagichlar displeylariga eshittirishning matnli tarkibi, estrada ijrochilarining fotosuratlarini va yangiliklar tarkibini ko‘rsatadigan tasvirlarni berilishi sinab ko‘rildi. Lekin ROREda quyidagi muammo mavjud. Ma‘lumki, etalon sifatda ko‘riladigan CDga yozish sifati bu analog signalni bitta kanalga 44,1kGs tanlash chastotasili 16-razryadli chiziqli raqamlashtirish hisoblanadi. Zamonaviy kompressiyalash algoritmlari bu 1,5 Mbit/s oqimni 10 martadan ortiqqa siqish imkoniyatiga ega. Masalan, mashhur MPEG Audio Layer2 uchun asos bo‘lgan Musicam 192 kbit/sgacha siqish imkoniyatiga ega. Bunday oqimni translyatsiya qilish uchun yetarlicha katta spektral polosaga zarur.

Bunday muammoni echishga yagona yondashish mavjud emas, bugungi kunda dunyoda raqamli radioning uchta asosiy texnologiyalari mavjud. Bu Eureka-147 Yevropa tizimi, Amerika

IBOC konsepsiyasi va DRM past chastotali (30 MGsgacha) raqamli uzatish tizimlari hisoblanadi.

**Mavjud raqamli ovozi radioeshittirish tizimlari. «EVRIKA-147/ DAB» tizimi** yer usti, sun'iy yo'ldoshli va kabelli uzatishni tashkil etishga mo'ljallangan va quyidagi texnik afzalliklarga ega:

- ovozni qayta eshittirishning yuqori sifati (kompakt-disklar pleyerlari darajasida);

- raqamli signalni uzatilishi analog signalning uzatilishidan kam quvvatni talab qiladi, yangrash sifati esa signalni qabul qilishi mumkin bo'ladigan momentdan boshlab o'zgarishsiz qoladi;

- 1,54 MGs kenglikdagi tor chastotalar polosasida oltita stereodasturlarni turli xil qo'shimcha ma'lumotlar bilan (kompakt-disklar pleyerlari uchun xarakterli bo'lgan sifatda) birga uzatilishi imkoniyati;

- har bir kanal uchun o'z chastotalar polosasi ishlatiladi va uzatish sifatini uzatish olib borilayotgan joyda dinamik rostdash imkoniyati;

- katta hududlarni bir chastotali tarmoqlarni (ya'ni o'sha bir chastotada sinxron rejimda ishlaydigan uzatkichlardan tashkil topgan tarmoqlarni) tashkil etish yo'li orqali uzatish bilan qamrab olish yoki Yerning sun'iy yo'ldoshlaridan uzatish;

- yer usti va bevosita sun'iy yo'ldoshli uzatish dasturlarini uy sharoitlarida, harakatlanayotgan avtomobilda yoki sayr sharoitlarida yo'naltirilmagan shtirli antennalarli radioqabul qilgichlarda qabul qilishi imkoniyati;

- murakkab ko'p qavatli qurilishlar bo'lgan shahar tumanlarida hatto avtomobillarning tez harakatlanishida stabil qabul qilishga erishishga imkon beradigan halaqitlar darajasi, shu jumladan ko'p nurli tarqalishlar halaqitlar ta'siriga yuqori barqarorlik;

- cheklangan foydalanuvchilar guruhiga ma'lumotlarni uzatish uchun maxsus kanallarning (parolli yopiq kanallar yoki peyjing) mavjudligi;

- yer usti, sun'iy yo'ldoshli, aralash va kabelli uzatish variantlarini ishlatilishida universal qabullagichdan foydalanish imkoniyati.

**DAB standartlari kompleksi** ma'lumotlarni uzatish usullari, egallanadigan chastotalar sohalari, servis xizmatlari to'plami va ularni taqdim etish usullari va boshqalarni aniqlaydi. Tizimli qurilishi va

tizimning texnik xarakteristikalari 1995 yilda qabul qilingan va 1997 yilda to'ldirilgan Yevropa ETS 300401 standartida belgilangan.

DAB-radiodasturlarni translyatsiyalash tamoyili ko'rib chiqilgan radioeshittirish tizimlaridan tamoyilial farq qiladi. Endi bitta emas, balki bir necha turli dasturlar ansambl (ENSEMBLE yoki MULTIPLEX) deyiladigan yagona blokka birlashtiriladi va bitta tashuvchi chastotada uzatiladi. Har bir ansambl 6 ta asosiy dasturlardan, shuningdek dasturlarga bog'liq qo'shimcha ma'lumotlardan tashkil topishi mumkin.

Raqamli efir ma'lumotlarini uzatish uchun COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) tizimidan foydalanish aniqlangan. Bu tizim analog oqimni nafaqat vaqt bo'yicha, balki chastota bo'yicha ham diskretlashtirilishini ko'zda tutadi. Olingan elementlar raqamlashtiriladi, ma'lum tarzda aralashtiriladi va keyin soni uzatiladigan axborot oqimining quvvati orqali aniqlanadigan tashuvchilar majmuiga modulyatsiyalanadi DAB standartida 192 tadan 1536 tagacha tashuvchilar ishlatilishi mumkin. Tashuvchilar orasidagi masofa shunday tarzda tanladiki, qo'shni tashuvchilar spektrlarining kesishishi demodulyatsiyalashda halaqitlar hosil qilmasligi, ya'ni ularning ortogonallik sharti bajarilishi kerak.

Chastota bo'yicha qo'shimcha diskretlashtirish halaqitlarga ma'lumotlarning barqarorligini oshiradigan aralashtirish va o'rama kodlarning qo'llanilishiga imkon beradi. COFDM tizimining yana bir sezilarli afzalligi alohida simvollarni uzatishlar orasida himoya intervallaridan foydalanish hisoblanadi. Bu interval simvolning qaytish signalining ko'zda tutiladigan paydo bo'lishi vaqtini qoplaydi, bu radioto'lqinlarning ko'p nurli tarqalishi keltirib chiqaradigan halaqitlarga sezgirlikni kamaytiradi.

Tashuvchilar soni, ular orasidagi masofa, himoya intervalining uzunligi va FEC (o'rama kodning qo'llanilishi hisobiga himoyalash darajasi) qiymati o'zgaruvchan qiymatlar hisoblanadi. Bunday uzatish tizimining ishlatilishi zich shahar qurilishlari joylarida toza qabul qilish imkoniyatini ta'minlaydi. COFDMni qo'llanilishining yana bir muhim afzalligi mobil qabul qilishning yuqori sifati hisoblanadi, uning asosiy muammolaridan biri qaytgan signallarning konfiguratsiyalarini o'zgarishi tufayli signal quvvatining doimiy o'zgarishlariga qabullagichni moslashishining murakkabligi hisoblanadi.

**DABni rivojlantirish bosqichlari.** Evropa firmalari 1987 yilda prinsipial yangi raqamli DAB radioeshittirish tizimini ishlab chiqish maqsadida Eureka-147 konsorsiumiga asos soldi. Bu loyihaning qatnashuvchilari Buyuk Britaniya, Germaniya, Fransiya, Gollandiya, Italiya, Shvetsiya, Shveysariya, Norvegiya, Finlyandiya, Yaponiya, Kanada, AQSh, Rossiya va qator boshqa davlatlardan taxminan 50 ta firmalar va tashkilotlar hisoblanadi.

1992 yilda butundunyo kelishuviga asosan DAB uchun L- va S-diapazonlar ajratildi. Asosan o'lchash maqsadi uchun birinchi qabullagichlar 1988 yilda yaratildi. 1990 yildan Eureka-147 loyihasining qator a'zolari JESSI loyihasida qatnashdi, uning doirasida tijorat DAB-qabullagichlari uchun birinchi integral mikrosxema ishlab chiqildi. Yevropa davlatlarida hozirda bir necha o'n minglab qabullagichlar ishlatilmoqda.

Buyuk Britaniya hukumati 1994 yilda yer usti DAB uchun 217,5-230 MGs chastotalar diapazonini ajratish haqida qaror qabul qildi. Bu diapazonda yettita ko'p dasturli DAB signallarini («DAB-bloklar» yoki «ansambllar» deyiladigan) joylshtirish mumkin bo'lib, ulardan har biri taxminan 1,55 MGsga teng bo'lgan chastotalar polosasini egallaydi.

1995 yilda Germaniyada Visbadendagi konferensiyada yer usti DAB uchun UQT II diapazondagi (87–108 MGs), III (174–240 MGs) diapazondagi, L-diapazondagi (1452–1467,5 MGs) chastotalardan foydalanish imkoniyati haqida qaror qabul qilindi.

Bugungi kunda bu standartdagi uzatish bilan davlatning 80 foizdan ortiq hududi qamrab olingan. Analog radieshittirishdan raqamli radioeshittirishga to'liq o'tish 2010 va 2017 yillar orasidagi davrda yakunlanadi. Uzatish uchun 12 ta TV kanalda (223-230 MGs, har bir yer uchun bittadan DAB-bloki) va L-diapazonda (1452-1467,5 MGs) ishlaydigan uzatkichlar tarmog'i ishlatiladi, bunda 100 ta DAB-bloklar hududiy dasturlarga beriladi. Bunday taqsimlash Germaniyaning istalgan joyida oddiy shtirli antennali DAB qabullagichi ishlatilganida minimum 12 ta yuqori sifatli ovoz stereodasturlarini va qator qo'shimcha ma'lumotlar kanallarini qabul qilish mumkin bo'ladi.

Rossiyada Sankt-Peterburg shahrida eksperimental uzatish uchun Aloqa Vazirligi 92 – 100 MGs diapazondagi chastotalar polosasini ajratilishi haqida qaror qabul qildi. Tajriba ishlari muvaffaqiyatli o'tkazildi, lekin bu RORE tizimini Rossiya

Federatsiyasi ko‘lamlarida etish uchun bu urinishlar etarli bo‘lmadi. Uzatish muammosini hal etish uchun ko‘plab tashkiliy muammolarni, birinchi navbatda alohida chastotalar diapazonini ajratilishini hal etish zarur.

**IBOC texnologiyasi.** IBOC texnologiyasining asosiy g‘oyasi analog uzatishdan raqamli uzatishga qo‘shimcha kanallardan foydalanilmasdan asta-sekin o‘tishdan iborat. Bugungi kunda amplitudaviy modulyatsiyalashli (AM) uzatishda band bo‘lgan uzun, qisqa va o‘rta to‘lqinlar diapazonlari va chastotaviy modulyatsiyali (FM) 87,5-108 MGs diapazondagi UQT-diapazonlari ko‘rib chiqilmoqda. Ulardan har birida ikkita uzatish rejimlari – aralash va to‘liq raqamli rejimlar ko‘zda tutilgan. Birinchi holda bir vaqtda analog va raqamli uzatish, ikkinchi holda esa faqat raqamli uzatish bo‘lib o‘tadi.

IBOC uzatish tizimi COFDM ortogonal tashuvchilardan foydalaniladigan modulyasyailash texnologiyasida quriladi. Audiosignal raqamli va analog ko‘rinishda parallel translyasiya qilinadi. Raqamli traktga audiokodlash, himoyaviy kodlash va navbatlashtirish bo‘lib o‘tadi, bundan keyin raqamli ketma-ketlik OFDM-modulyatorga beriladi. Analog signal kechikish bilan standart analog traktga beriladi va qayta ishlanganidan keyin OFDM-modulyator raqamli signali bilan aralashtiriladi. Fazaviy-amplitudaviy modulyatsiyalashdan keyin yig‘indi signal standart uzatish moduliga beriladi.

Yevropa tizimiga qaraganda Amerika tizimining asosiy afzalligi bu qurilmalarning, avvalo qabullagichning arzonligi hisoblanadi.

Yer usti uzatish tizimlaridan tashqarida AQShda muhim rol sun‘iy yo‘ldoshli raqamli radioeshittirishga beriladi. Bu yerda Sirins Satellite Radio va XM Satellite Radio kompaniyalarining ikkita tizimlari real raqobatlashadi. Texnik nuqtai nazardan bu sun‘iy yo‘ldoshli tizimlar ko‘p jihatdan noyob. Chunki ular asosan avtomobil radiosi bilan ishlash uchun mo‘ljallangan va ommaviy iste‘molchilar bozoriga yo‘naltirilgan, ularning qabullagichlari oldin chiqarilgan istalgan sun‘iy yo‘ldoshli resiverlarga qaraganda arzon bo‘lishi kerak. Qabul qilish antennalari majburiy yo‘nalitirilmagan va past kuchaytirishli bo‘ladi, chunki qimmat turadigan sun‘iy yo‘ldoshni kuzatish antennalari tizimi ma‘qul emas.

**Butun dunyo raqamli radiosi (DRM)** o‘rta va qisqa to‘lqinlar diapazonlari uchun ishlab chiqilgan, chunki ularni tashkil etishda



sezilarli kam harajatlarda uzoq masofali uzatish uchun imkoniyatlarni beradi, uzatishning texnik sifati esa zamonaviy talablarga javob beradi.

«A tizim» deyiladigan yangi standartning asosiga Thomcast fransuz firmasi tomonidan ishlab chiqilgan Skywave-2000 tizimining to'ldirilgan prototipi qo'yilgan. Format 30 MGsdan past barcha diapazonlarda uni ishlatilishiga imkon beradigan tez moslashuvchan uzatish parametrlari orqali xarakterlanadi. Bir vaqtda u UQT diapazoni uchun ham ishlatilishi mumkin. Yangi tizimni joriy etish uchun mavjud AM-uzatkichlarni modernizatsiyalash mumkin, u o'tish davrining qator muammolarini olib tashlaydi. Asosiy afzalliklari quyidgilar:

- qabul qilish va yangrash sifatini yaxshilanishi;
- barcha diapazonlarda ishlatilishi imkoniyati;
- ma'lumotlar va audiosignalning birgalikda uzatilishi imkoniyati;
- qabul qilishning o'tkazish qobiliyati/sifati va ishonchliligi/barqarorligini optimallashtirish uchun rejimlarni tanlash mavjud;
- spektrdan foydalanishning juda yuqori samaradorligi: 3dan 4 bit/Gs/sgacha;

Tizim keyingi yaxshilash, yangi kompressiyalash usullari va kodlash jarayonlari uchun ochiq. 30 MHzdan past chastotalarda radioeshittirish uchun RCH kanallar uchun hozirgi vaqtda 9 yoki 10 kGs polosalar kengligi ishlatilmoqda.

DRM tizim quyidagi hollarda ishlatilishi mumkin:

- haqiqiy rejalashtirishga muvofiq nominal polosalari kengligi chegaralarida;
- analog AM signal bilan birga uzatish imkoniyati bo'lishi yoki agar kelajakda ruxsat etilsa, uzatishning katta o'tkazish qobiliyatini ta'minlash uchun 4.5 kGs (9 kGsning yarmi) yoki 5 kGsga (10 kGsning yarmi) karrali polosa kengligi kanallar chegaralarida.

### **Raqamli ovozli radioeshittirishni rivojlantirish istiqbollari.**

Tan olish kerakki, raqamli radioeshittirish analog radioeshittirishdan sifati va imkoniyatlari bo'yicha ustun. Lekin hamma vaqt ham sifatdagi ustunlik DAB – standarti bilan bo'lganidek miqdoriy ustunlikka o'tavermaydi. SHuning uchun raqamli uzatish analog uzatishni tez orada almashtirmaydi va an'anaviy radioning yo'qolishi haqida gapirishga hali erta.

Kutildiki, Evropaning barcha rivojlangan davlatlarida 1997-1998 yillardan muntazam DAB-uzatish boshlandi, 2000 yilga kelib esa Evropaning 80 foiz aholisini uzatish bilan qamrab olish yakunlanadi. Lekin qamrab olishning real sur'atlari taxminlardan sezilarli past bo'ldi. Ishlab chiqaruvchilar mos qabullagichlarni chiqarishni ko'paytirishga shoshilishmayapdi, chunki sotish bozoriga ishonishmaydi. Bozor esa yangi qabullagichlarni qabul qilishga tayyor emas, chunki ko'plab tinglovchilar UQTdagi analog uzatish sifatiga qoniqadi va yangi formatning imkoniyatlari ko'rmayapdi. Shuningdek avtomashinalarda radio emas, balki savdolardan daromadlari radiostansiyalarning muallifliklik o'tkazmalaridan sezilarli ortiq bo'lgan yozuvlarni eshutilishidan manfaatdor bo'lgan ovoz yozish studiyalari kompaniyalari tomonidan real raqobat mavjud.

Dastlabki xato shundan iborat bo'ldiki, DAB faqat texnik standart sifatida ko'rildi. Lekin texnika tarixi yaqqol ko'rsatadiki, faqat birgina texnik afzalliklar ommaviy ist'emolchi uchun tovarni tanlashda hal qiluvchi argument hisoblanmaydi, qandaydir boshqa afzalliklar bo'lishi kerak. Bozor nimani yaxshi kutib olishini topish hal etib bo'lmaydigan masala. Ham DAT, DCC yoki minidisk, ham kompakt-kassetani surib chiqarmagan va qattiq jisimli xotiraning shiddati ostida chekingan ovozni yozish formatlarini yodga olish etarli bo'ladi.

DABni ishlab chiqishda qo'shimcha ma'lumotlarni uzatish imkoniyati dastlab qo'yilgan, lekin uzatish konsepsiyasi dastlabki saqlandi, o'sha uzatishni qurilishi tamoyili, o'sha xira reklama bo'ldi. Bugungi kunda mavjud bo'lgan keng uzatishli dasturlar asosan o'z qiyofasiga ega bo'lmagan o'rtacha tinglovchiga mo'ljallangan va umumiy milliy auditoriyaga qaratilgan. Bunday yondashishda auditoriyaning hududiy o'ziga xos xususiyatlarini, mahalliy qiziqishlarni va an'analarni va boshqalarni hisobga olish mumkin emas. DAB standarti lokal, hududiy uzatishga mo'ljallangan va tijorat radiosining manfaatlariga etarlicha javob beradi, lekin strategiyaning almashishi etarlicha sekin bo'lmoqda. Iste'molchini qiziqtirish uchun, bu bilan ishlab chiqaruvchini ham rag'batlantirish uchun BBC birinchi bo'lib raqamli format uchun yangi dasturni yaratdi, unga boshqa radiouzatish kompaniyalari ham ergashdi.

DAB-radioni nafaqat an'anaviy radiodasturlarni (ochiq va kodlangan) translyasiya qilish, balki ish ma'lumotlarini uzatish uchun ham ishlatish rejalashtirilmoqda. U DAB-qabullagichning displeyiga

yoki kompyuterning monitoriga telematn ko‘rinishida chiqariladi. Bunday imkoniyat turli jinsli ma’lumotlarni standart telematn formatiga keltirish uchun ishlab chiqilgan MOT (Multimedia Object Transfer) protokolidan foydalanish tufayli mavjud. Bundan tashqari, DAB-xizmatlarni tor abonentlar doirasi uchun mo‘ljallangan shifrlangan ma’lumotlarni uzatish uchun ishlatilishi ko‘zda tutilmoqda. Bu xizmatdan filiallar orasida ma’lumotlarni tarqatish uchun banklar, sug‘urta idoralari va boshqa tashkilotlar foydalanishi mumkin.

Milliy DAB-loyihalar doirasida rivojlantirish ko‘zda tutilayotgan yana bir xizmat yo‘llardagi holat haqidagi ma’lumotlarni taqdim etish hisoblanadi. Bu DAB-radio mobil qabul qilishga kuchli yo‘naltirilganligi darajasi tufayli ayniqsa dolzarb hisoblanadi. Mos ma’lumotlar keng spektrini taqdim etishdan tashqari raqamli uzatish so‘rov bo‘yicha eshittirishlarni va boshqa interaktiv xizmatlarni tashkil etish imkoniyatlarini ko‘zda tutadi. Mobil qabullagichlarda teskari kanal sifatida GSM tarmoqlaridan foydalanish ko‘zda tutilmoqda

Bo‘lajak DAB qabullagichlarining asosida yotadigan raqamli texnologiyalar DRM signallarni ham qabul qilinishini mumkin qiladi. Radiostansiyalar uchun qisqa, o‘rta va uzun to‘lqinlarda raqamli uzatishga o‘tish qamrab olish radiusi saqlanganida translyasiya qilishga sarflarni sezilarli qisqartirishni (taxminan to‘rttdan uchga) bildiradi. Bunda uzatish stansiyalari mavjud infratuzilmani ishlatishni davom ettiradi.

O‘zbekiston Respublikasida ROREning joriy etilishi mavjud va yangi texnologiyalarni hisobga olganda tizimni tanlash bosqichida turibdi.

### **5.3. Bluetooth, HomeRF, ZigBee, NFC va Wireless USB aloqa texnologiyalari**

**Bluetooth.** Bu to‘g‘ridan to‘g‘ri ko‘rinish bo‘lmaganida simsiz telefonlar, kompyuterlar va turli periferiyalarning aloqasini ta’minlashga imkon beradigan qisqa masofalarga ma’lumotlarni uzatish radiotexnologiyasi hisoblanadi [23,26]. Kompyuterda yoki mobil telefonda mavjud bo‘lgan shtatdagi interfeysning ishlatilishi ko‘p hollarda juda qulay bo‘ladi (5.2- rasm).



5.2- rasm. Bluetooth tizimi

Mavjud qurilmalar uchun standart Bluetooth-bogʻlanish profillarini ishlatadigan uncha qimmat boʻlmagan oʻrnatiladigan radiomodullar taklif etilmoqda. Masalan, simsiz garnituralarda HeadSet profili ishlatiladi, qurilmalar orasida fayllarni almashlash uchun FTP profili ishlab chiqilgan mobil telefonlarda Dial-up Networking Profile profili qoʻllaniladi. Maʼlumotlarni toʻplash va boshqarish tizimlarida koʻpincha SPP ketma-ket porti profili ishlatiladi.

**Bluetooth protokoli** nuqta-nuqta va nuqta-koʻp nuqta topologiyalarini qoʻllaydi. Ikki yoki undan ortiq oʻsha bir kanalni ishlatadigan qurilmalar pikotarmoqni (piconet) tashkil etadi. Bunda qurilmalardan biri asosiy (Master) sifatda, qoganlari esa boʻysunuvchi (Slave) qurilmalar sifatida ishlaydi.

Bluetooth qabullagich-uzatkichlari 2.45 GGs chastotada ishlaydi va FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum – chastotani sakrashsimon qayta sozlanishi) spektrni kengaytirish usulini ishlatadi.

Uzatkichning quvvatiga bogʻliq ravishda Bluetooth® qurilmalar uchta sinflarga boʻlinadi:

- 1-sinf – 100 mVtgacha (ochiq fazoda masofa 100 metrgacha);
- 2-sinf – 2,5 mVtgacha (ochiq fazoda masofa 15 metrgacha);
- 3-sinf – 1 mVtgacha (ochiq fazoda masofa 5 metrgacha).

Uzatiladigan maʼlumotlar tezligi ishlatiladigan spetsifikatsiya versiyasi va Bluetooth profiliga bogʻliq boʻladi. Ketma-ket port profili ishlatilganida maʼlumotlarni uzatish tezligi 704 kbit/c nazariy chegaraga ega boʻladi.

**SPP profili** (Serial Port Profile) oldin simli ketma-ket interfeys bilan bog‘langan ikkita qurilmalar orasida “ochiq” simsiz kanalni juda oddiy tashkil etishga imkon beradi. O‘rnatiladigan Bluetooth-modul simli asinxron ketma-ket kanal bo‘yicha keladigan ma‘lumotlar oqimini SPP (Serial Port Profile) profiliga muvofiq simsiz oqimga o‘zgartiradi. Olisdagi tomonda Bluetooth qabullagich-uzatkichi sifatida personal kompyuterning shtatdagi Bluetooth-adapterini yoki ikkinchi o‘rnatiladigan modulini ishlatish mumkin.

Bunday Bluetooth bog‘lanishda qurilmalardan biri etakchi (master), boshqasi esa yetaklanuvchi (slave) hisoblanadi. Kompyuter tomonida master joylashadi. Shuning uchun o‘rnatiladigan tizimlar uchun ko‘pincha yordamchi sifatida konfiguratsiyalangan Bluetooth-modullar ishlatiladi.

Ketma-ket port profili Bluetooth qurilmalari bilan quyidagi operatsiyalarning bajarilishini ko‘zda tutadi.

- Bluetooth-qurilmalarni topish;
- ikkita Bluetooth-qurilmalarning bog‘lanishini o‘rnatish;
- “ochiq” kanal rejimida ma‘lumotlarni uzatish.

Yordamchi Bluetooth modul ta‘minot yoqilganida topish uchun mumkin holatda bo‘ladi. Etakchi Bluetooth modul ta‘minot yoqilganida yordamchi qurilmalarni qidirishni boshlaydi va bo‘sh yordamchi qurilma topilganida unga ulanishga urinadi. Yordamchi qurilma PIN-kodni so‘raydi, etakchi qurilma javob beradi. Agar PIN-kodlar mos tushsa, u holda qurilmalar o‘z manzillari bilan almashadi, juftlikni tashkil etadi va ma‘lumotlarni almashlashni bajarishi mumkin. Shunday qilib, bog‘lanishni o‘rnatilishi avtomatik bo‘lib o‘tadi.

Yordamchi va etakchi qurilmalar olisdagi modul so‘rovlarga javob bermaganida vaziyatni turlicha qayta ishlaydi. Yordamchi qurilma bu holda bog‘lanish yo‘qotilgan hisoblaydi va yana topish uchun mumkin bo‘ladi. Yetakchi Bluetooth modul oldin o‘rnatilgan bog‘lanishga qoladigan bo‘lib qoladi. U oldingi hamkorini unutishi uchun unga tashqi chiqishga bekor qilishi impulsini berish kerak.

Bluetooth texnologiyasi Bluetooth Special Interest Group (SIG) tijorat uyushmasi tomonidan qo‘llab-quvvatlanadi va rivojlantiriladi. U Bluetooth spetsifikatsiyalarini e‘lon qiladi, qurilmalarning sertifikatlashtirilishini tashkil etadi, Bluetooth savdo belgisini himoya qiladi va texnologiyani targ‘ib qiladi.

Quyidagi spetsifikatsiyalar mavjud:

- 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate) versiya spetsifikatsiyasi bugungi kunda eng keng tarqalgan va ishlatiladigan spetsifikatsiya hisoblanadi. Bu spetsifikatsiya oldingi versiyalarga qaraganda uzatiladigan ma'lumotlar tezligini oshirishga va energiya iste'molini qisqartirishga imkon berdi, ikkita qurilmalar orasida aloqani o'rnatilishi protsedurasini soddalashtirdi;

- Bluetooth 2.1 spetsifikatsiyasida qurilmalarning xarakteristikalarini kengaytirilgan so'rovi texnologiyasi (uyg'unlashtirishda ro'yxatni qo'shimcha filtrlash uchun), shuningdek bitta akkumulyator zaryadlanishidan qurilmalarning ishlash davomiyligini 3-10 marta oshirishga imkon beradigan energiyani tejash Sniff Subrating texnologiyasi qo'shilgan. Bundan tashqari, yangilangan spetsifikatsiya ikkita qurilmalar orasida bog'lanishni o'rnatilishini sezilarli soddalashtiradi va tezlashtiradi, bog'lanish uzilmasdan shifrlash kalitlarini yangilanishini amalga oshirishga imkon beradi, shuningdek ko'rsatilgan bog'lanishlarni Near Field Communication texnologiyasidan foydalanish tufayli himoyalanganroq qiladi;

- 3.0 High Speed (HS) versiyadagi Bluetooth spetsifikatsiyasi Bluetooth SIG kompaniyalar guruhi tomonidan 2009 yilning aprelida tasdiqlangan.

Yangi spetsifikatsiya hozirda ma'lum Wi-Fi texnologiya orqali ishlatiladigan IEEE 802.15.11 standartni ma'lumotlarni simsiz uzatish fizik darajasi sifatida ishlatilishiga ko'rsatma beradi. Bu tanish va ishlatishda oddiy bo'lgan interfeys Bluetooth klassik interfeysini yuqoriroq ma'lumotlarni uzatish tezliklarida ishlatilishiga imkon beradi. 3.0 (HS) spetsifikatsiyaning ikkinchi o'ziga xos xususiyati energiya iste'molini qat'iy nazorat qilishni kiritilishi hisoblanadi, bu olib yuriladigan apparaturalar uchun juda muhim hisoblanadi.

Bluetooth texnologiyasi rivojlanishda davom etmoqda. Batareyalardan bir necha yillar ishlay oladigan ultra past energiya iste'molli Bluetooth qurilmalarini ishlab chiqishga imkon beradigan "Bluetooth Low Energy" spetsifikatsiyaning tasdiqlanishi kutilmoqda.

Sanab o'tiganlardan tashqari, Bluetooth SIG ishchi guruhi ko'plab boshqa standart profillarni aniqladi:

- Generic Access Profile (umumiy foydalanishdagi profil) – qurilmalar orasidagi aloqani ta'minlash, boshqa mumkin profillarni aniqlash, shuningdek xavfsizlikka javob beradigan asosiy Bluetooth® profili hisoblanadi;

- Service Discover Application Profile (xizmatlarni topish ilovalari profili) – qanday Bluetooth® xizmatlari bu qurilma bilan ishlashda mumkin bo‘lishini aniqlash imkoniyatini beradi;

- Serial Port Profile (ketma-ket port profili) – Bluetooth® qurilmalarga PK ketma-ket portini emulyasiyalashga imkon beradi va yuqoriroq darajadagi ko‘plab profillar orqali ishlatiladi;

- Dial-up Networking Profile (sisiz telefoniya profili) – Bluetooth®li sotali telefonlarga mo‘ljallangan va telefonni simsiz "go‘shak" sifatida ishlatilishiga imkon beradi. Bluetooth® ulanish nuqtasi orqali uyda, ofisda, jamoat joylarida va boshqalarda telefon tarmog‘i bilan bog‘lanishini ta’minlaydi;

- Fax Profile (faks profili) – ko‘p tomondan oldingi profilga o‘xshaydi, faksni qo‘llaydigan dasturiy ta’minotga ega bo‘lgan qurilma bilan Bluetooth® orqali bog‘lanishda faks-modemni emulyasiyalashga imkon beradi;

- Generic Object Exchange Profile (obyektlar bilan umumiy almashlash profili) – ilovalarga IRdan foydalanmasdan ma’lumotlar bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri almashlashga imkon beradi;

- File Transfer Profile (faylni uzatish profili) – qurilmaga ftp da amalga oshirilishidagiga o‘xshash boshqa qurilmada saqlanadigan ma’lumotlarga ulanishni olishga imkon beradi;

- Headset Profile (garnitura profili) – dinamik va mikrofon bilan jihozlangan garnitura bilan qurilmalarning simsiz bog‘lanishini ta’minlaydi.

- LAN Access Profile (lokal tarmoqqa ulanish profili) – IP-tarmoqlarni qurish uchun mo‘ljallangan va uncha katta bo‘lmagan Intranet tarmoqlarini qurishga imkon beradi, shuningdek lokal tarmoq yoki Internet tarmog‘i bo‘lsin, kabelli tarmoqlar bilan aloqa uchun ulanish nuqtalari sifatida ishlatiladi;

- Advanced Audio Distribution Profile (A2DP) – radiokanal bo‘yicha audio stereo oqim qanday uzatilishini tavsiflaydi;

- Audio / Video Control Transport Protocol (AVRCP) – hi-fi sinfdagi televizion va ovoz apparaturalarini simsiz o‘zaro ta’sirlashish standart interfeysini, shuningdek bu apparaturalarni simsiz boshqarilishini aniqlaydi

Xulosada ta’kidlash kerakki, Bluetooth texnologiyasiga juda katta qiziqish nomoyon bo‘lmoqda. Sanoat va xalq ho‘jaligining ko‘p sonli bir vaqtda o‘lchanadigan parametrlarini to‘plash va qayta ishlash talab qilinadigan sohalari, masalan, neft mahsulotlarini qayta ishlash,

metallurgiya zavodlari, turar-joy kommunal ho‘jaliklari va boshqa soha uchun eng istiqbolli hisoblanadi.

**HomeRF.** 2001 yilning martida paydo bo‘lgan va HomeRF 2.0 standarti hisoblanadigan litsenzion bo‘lmagan 2.4 GGs ISM diapazonni ishlatadigan texnologiya hisoblanadi [24]. Bu texnologiyani 100 dan ortiq kompaniyalar, shu jumladan HomeRF (<http://www.homerf.org/>) konsorsiumi qo‘llab-quvvatlaydi. Bu kompaniyalardan ko‘plari Bluetooth SIG ma’sus ishchi guruhiga ham kiradi. HomeRF spetsifikatsiyasi qo‘shma simsiz ulanish (Shared Wireless Access Protocol — SWAP) protokoliga asoslangan, u uy chegaralarida ovoz va ma’lumotlarni uzatish uchun simsiz tarmoqlarni qo‘llaydigan umumiy interfeysni aniqlaydi.

SWAP protokoli foydalanuvchilarga ham axborot, ham ovozi oqimlarni qo‘llaydigan tarmoq tugal echimlarini taqdim etish bilan turli ishlab chiqaruvchilardan foydalanuvchilar elektron qurilmalarining o‘zaro ta’sirlashishini, shuningdek umumiy foydalanishdagi kommutatsiyalanadigan telefon tarmog‘i va Internet tarmog‘i bilan o‘zaro ta’sirlashishni ta’minlaydi.

HomeRF texnologiyasida chastotani sakrashsimon qayta sozlashli spektrni kengaytirish usuli (FHSS) ham ishlatiladi. Ovozni uzatishda uzatish muhitiga ulanish usuli sifatida kanallar vaqt bo‘yicha ajratiladigan ko‘p tomonlama ulanish usuli, ma’lumotlarni uzatilishida esa tashuvchi nazorat qilinadigan va konfliktlarni oldi olinadigan ko‘p tomonlama ulanish usuli (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance — CSMA/CA) ishlatiladi. Maksimal uzatish tezligi 20 Mbit/sekundgacha.

5.1- jadvalda HomeRF 2.0 texnologiyaning asosiy texnik parametrlari keltirilgan.

**ZigBee.** Ma’lumotlarni to‘plash va boshqarish tizimlarida ishlatish uchun mo‘ljallangan simsiz texnologiya hisoblanadi [24]. U past energiya iste’moliga, ma’lumotlarni uzatish ishonchliligiga va ma’lumotlarni himoyalashiga ega, turli ishlab chiqaruvchilar qurilmalari bilan moslashuvchan. ZigBee ma’lumotlarni uzatishda kechikishlarga qat’iy talablar qo‘yilmaydigan tizimlarda ma’lumotlarni uzatilishiga yo‘naltirilgan. Bu texnologiya binolar va ko‘p sonli uzelli (standart bo‘yicha 65 mingtagacha) boshqa yirik ob’ektlarni yagona simsiz tarmoq bilan qamrab olishga imkon beradi. Bularning barchasiga xabarlarni marshrutlashtirishning murakkab mexanizmlarini qo‘llanilishi hisobiga erishiladi, bu tarmoqning oxirgi



nuqtasiga o‘nlab oraliq uzellar orqali ma’lumotlarni uzatilishiga imkon beradi.

5.1- jadval

HomeRF 2.0 texnologiyaning asosiy texnik parametrlari

<b>Xususiyatlari/Funksiya</b>	<b>Xarakteristika</b>
Aloqa turi	Spektrni kengaytirish (chastotani sakrashsimon qayta sozlash – FHSS)
Chastotalar diapazoni	2,4 dan 2,4835 GGsgacha
Uzatish quvvati	100 mVt
Ma’lumotlarni uzatish tezligi	20 Mbit/sekundgacha
Masofa	100 – 300 metrlar
Tarmoqdagi qurilmalar soni	127 ta
Ovoz kanallari	Oltitagacha
Ma’lumotlarni himoyalash	Blowfish kodlash algoritmlari
Manzillashtirish	48-bitli MAS manzil

2002 yilda Invensys, Mitsubishi Electric, Philips Semiconductors va Motorola kompaniyalari ZigBee (shuningdek HomeRF lite, Firefly va RF-EasyLink sifatida ma’lum bo‘lgan) nomini olgan yangi simsiz aloqa standartini ilgari surish bo‘yicha uyushma tashkil etishdi. Bugungi kunda ZigBee nomi ostida deyarli IEEE 802.15.4 standartiga protokollar va kengaytmalar to‘plami yashiringan bo‘lib, u tufayli turli ishlab chiqaruvchilar qurilmalarining moslashuvchanligi ta’minlanadi.

IEEE 802.15.4 standarti ZigBee tarmog‘ining radiochastotaviy qismi – modulyatsiyalash turi (BPSK va O-QFSK), chastotalar diapazonlari va ularga mos uzatish tezliklari tavsifiga ega. ZigBee spetsifikatsiyasi 10 dan 75 metrlargacha radiusda 250 kbit/s maksimal tezlikda ma’lumotlarni uzatilishini ko‘zda tutadi. Lekin uncha yuqori bo‘lmagan o‘tkazish qobiliyati o‘ta past energiya iste’moli bilan kompensatsiyalanadi, chunki standart apparatura faqat kam vaqtda efirni eshitishi bilan vaqtning katta qismida uxlash rejimida bo‘lishi hisobiga qurilmalarning maksimal past energiya iste’molini ko‘zda tutadi. ZigBee standariga uchta 2,4 GGs (16 ta kanallar), 915 MGs (10 ta kanallar) va 868 MGs (1 ta kanal) chastotalar diapzonlaridagi 27 ta kanallar birlashtirilgan. Bu efir diapazonlari uchun maksimal ma’lumotlarni uzatish tezliklari mos ravishda 250 kbit/s, 40 kbit/s va 20 kbit/s larni tashkil etadi. Kanalga ulanish tashuvchini nazorat qilish

(Carrier Sense, Multiple Access, CSMA) bo'yicha amalga oshiriladi, ya'ni qurilma dastlab efir band emasligini tekshiradi va faqat bundan keyin uzatishni boshlaydi. 128 bitli kalit uzunligi AES algoritmi bo'yicha shifrlash qo'llanadi. 802.15.4 standarti MAS darajadagi noyob 64-bitli manzilning bo'lishini, shuningdek bu qurilmaning u yoki bu WPANga (Wireless Personal Area Network) tegishlilikini aniqlash uchun qo'shimcha 16-bitli tarmoq manzilini (PAN-ID) bo'lishini ko'zda tutadi.

ZigBeening o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, u nafaqat oddiy "nuqta-nuqta" yoki "yulduz" bog'lanishlari, balki Retranslyatsiya qilish va ma'lumotlarni uzatish samarali marshrutini qidirishni qo'llay oladigan "daraxt" va "yacheykali tarmoq" topologiyalarili murakkab tarmoqlar uchun mo'ljallangan. ZigBee tarmoqlari o'z-o'zidan tashkil bo'ladigan va o'z-o'zidan tiklanadigan tarmoqlar hisoblanadi. O'rnatilgan dasturiy ta'minot tufayli ularning qurilmalari ta'minot yoqilganida o'zlari bir-birlarini topishni biladi. Qandaydir qurilma ishdan chiqqanida ular xabarlarini uzatish uchun yangi marshrutlarni qidira oladi.

ZigBee tarmoqlari uchta asosiy turlardagi uzellar - koordinatorlar, marshrutizatorlar va oxirgi qurilmalarga ega. Koordinator majburiy qurilma bo'lib, u tarmoqni hosil qiladi, tarmoq uchun chastotalar kanali nomerini va identifikatorni tanlaydi. Keyin unga marshrutizatorlar va oxirgi qurilmalar ulanadi, ularning sonini oshirish mumkin.

Texnologiyaning afzalliklari shu hisoblanadiki, ZigBee-qurilmalar 70-80 metrlardan ortiq masofalarga uzatishni ta'minlay olmasada, ular trafik uchun tennel sifatida Wi-Fi va Bluetooth qurilmalari kanallarini (agar ular ko'rinish zonasida bo'lsa) ishlatishi mumkin. Energiya iste'moliga kelganda, bitta uncha katta bo'lmagan batareya nazariy jihatdan ZigBee-qurilmaning ishlash qobiliyatini saqlash uchun bir necha oylar va hatto yil davomida etishi kerak. Standartning boshqa afzalliklari orasidan yaxshi mastablanuvchanlikni, uzilishlar hollarida o'zi tiklanishi imkoniyati va sozlashning oddiyligini aytib o'tish kerak. 64-bitli manzillashtirish qo'llanilganida yagona tarmoqqa 60 mingtadan ortiq ZigBee-qurilmalarni birlashtirish mumkin.

Past o'tkazish qobiliyati va kichik ishlash radiusi ZigBee tarmoqlarni multimediali ma'lumotlarni (oqimli video yoki audio) translyasiyalash uchun yoki olisdagi ofislarning o'zaro aloqasi uchun

qo‘llanilishiga imkon bermaydi. Buning uchun ma’lumotlarning simsiz keng polosali uzatish WiMAX texnologiyasi mavjud. ZigBee-qurilmalarni asosiy qo‘llanilishi sohasi monitoring, xavfsizlik, tibbiyot apparaturalari holatini nazorat qilish tizimlari va boshqalar hisoblanadi. ZigBee kontrollerlarli xabarlagichlar yirik tashkilotlarda texnik qo‘llab-quvvatlash xizmatlarining ishini soddalashtirishi mumkin. Bu holda shtatdan tashqari vaziyat yuz berganida muhandislarga yaroqsizlikning sababini aniqlash uchun sensorlarni, masalan, noutbuk yoki cho‘ntak kompyuteri yordamida tekshirishni tez amalga oshirish etarli bo‘ladi. Shu bilan birga simsiz aloqa va avtonom ta’minot manbalarini qo‘llanilishi himoya tizimlari va monitoring qilish komplekslarining ishonchliligini oshiradi, chunki jinoyatchi bitta kuch kabelini uzish bilan butun simsiz aloqa tarmog‘ini ishdan chiqara olmaydi.

Shuningdek, ZigBee aloqa “raqamli uyning” ajralmas qismi bo‘lishi ko‘zda tutilmoqda. Binobarin, ZigBee kontrollerlarini nafaqat xavfsizlik va signalizatsiya tizimlari xabarlagichlari, balki maishiy texnika, shu jumladan konditsionerlar, videomagnitofonlar, televizorlar va hatto oddiy yoritish o‘chirgichlari oladi. Bu unifikatsiyalangan masofadan boshqarish pulti yoki mobil telefon yordamida barcha asboblarning ishlashini nazorat qilishga imkon beradi.

Bundan tashqari, ZigBee-kontrollerlar aloqa kanallarining o‘tkazish qobiliyatlariga yuqori talablarni qo‘ymaydigan turli kompyuter qurilmalariga o‘rnatilishi mumkin. Ular, masalan, joystiklar, sichqonchalar va boshqalar bo‘lishi mumkin. Tibbiyot sohasida ZigBee simsiz aloqa operatsiyalarni o‘tkazgan bemorlar yoki og‘ir ahvolda bo‘lgan insonlar holatini kuzatib borishga yordam beradi. Simli xabarlagichlar o‘rniga bemorlarning qo‘llariga bosim, harorat, yurak qisqarishlari chastotalari sensorlarli elektron braslet taqilishi va kerakli davriylikda olinadigan ko‘rsatishlar markaziy serverga tashlanishi mumkin, u xavf tug‘ilganida palata va joy nomeri ko‘rsatiladigan ogoxlantirish signalini berishi mumkin.

Tabiiyki, ZigBee-qurilmalar uchun boshqa ko‘plab qo‘llanilish sohalari ham topiladi. Istiqbolda ZigBee simsiz tarmoqlari Bluetooth texnologiyasiga jiddiy raqobatni hosil qilishi kerak. 5.2- jadvalda ZigBee aloqaning asosiy texnik parametrlari keltirilgan.

**Wireless USB.** Bu 7,5 GGs kenglikdagi chastotalar diapazonida MultiBand OFDM Alliance (MBOA) va WiMedia Alliance

uyushmalari tavsiyalari asosidagi o‘ta keng polosali modulyatsiyalash UWB (Ultra-Wideband) texnologiyalarini ishlatilishiga asoslangan butun simsiz interfeyslar seriyasidan bir standart hisoblanadi. UWB asosidagi barcha simsiz interfeyslar IEEE802.15.3 spetsifikatsiyalar asosidagi Open System Interconnection (OSI) modelining kanal va fizik darajalar protokollarini birga tashkil etishga ega [25].

5.2- jadval

ZigBee aloqaning asosiy texnik parametrlari

<b>Xususiyatlari/Funksiya</b>	<b>Xarakteristika</b>
Aloqa turi	Radioto‘lqinlar
Chastotalar diapazoni	868, 902 va 2400 MGs
Kanallar soni	2,4 GGs (16 ta kanallar), 915 MGs (10 ta kanallar) va 868 MGs (1ta kanal)
Batareyaning xizmat ko‘rsatish muddati	100 dan 1000 gacha va undan ortiq kunlar
Uzatish usuli	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) to‘g‘ri ketma-ketlik usulida spektrni kengaytirish
Ulanish vaqti	30 ms
Uzatish quvvati	1 mVt
Ma’lumotlarni uzatish tezligi	250 Kbit/sgacha
Ishlash masofasi	70 mgacha
Tarmoqdagi uzellar soni	65 536 (64-bitli manzillar), 264 (16-bitli manzillar)
Ma’lumotlarni himoyalash	128 bitli kalit uzunligili AES algoritmi bo‘yicha shifrlash
Manzillashtirish	MAS darajadagi noyob 64-bitli manzil, qo‘shimcha 16-bitli manzil (PAN-ID)

UWB bu qisqa 10 metrlargacha masofalarga, yuqori o‘tkazish qobiliyatli (480 Mbit/sgacha) va past iste’mol quvvatli ma’lumotlarni uzatish uchun mo‘ljallangan simsiz texnologiya hisoblanadi. UWB radiokanallari bo‘yicha ma’lumotlarni uzatishda ortogonal tashuvchi chastotalar bo‘yicha multiplekslash (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) texnologiyasi bir necha chastotalar diapazonlari bilan birgalikda ishlatiladi, bu chastotalar keng diapazonlarining ishlatilishini talab qiladi. O‘tkazish keng polosalari

simsiz lokal interfeyslarni tashkil etishda oldin ko'rib chiqilgan Bluetooth texnologiyasidagi tezliklarga cheklashlarni chetlab o'tishga imkon beradi. SHuning uchun UWB bu yuqori sifatli multimediali kontentni, masalan videooqimni simsiz uzatish uchun echim hisoblanadi. Lekin UWB texnologiyaning afzalliklaridan biri shundan iboratki, u boshqa simsiz texnologiyalar uchun halaqitlarni hosil qilmaydi, chunki modulyatsiyalashning o'ziga xos tamoyili va tashuvchi chastotaning yo'qligi signalni butun spektr bo'yicha oddiy fon halaqitalar sathlaridan oshmaydigan "oq shovqin" ko'rinishida o'ziga xos keng polosali "chaplanishiga" olib keladi.

Ma'lumotlar paketlari USB 2.0 tranzaksiyalari tamoyili bo'yicha shakllantiriladi va endi TDMA (Time Division Multiple Access) vaqt bo'yicha kanallar ajratiladigan ko'p tomonlama ulanish protokoli yordamida tashiladi. 4 MGs o'tkazish polosasidagi har bir OFDM-uzatish 100 ta ma'lumotlar paketlarini o'z ichiga oladi. Paketlar formati har qanday ma'lumotlarni uzatish tezligi uchun o'zgarishsiz qoladi. Oltita paketlar 1,875 mks davomiylikdagi asosiy paketni shakllantiradi, u keyinchalik aniq ma'lumotlar bitlariga o'zgartiriladi.

Standart 53,3 Mbit/s, 106,7 Mbit/s va 200 Mbit/s ma'lumotlarni asosiy almashlash tezliklarini, 80 Mbit/s, 160 Mbit/s, 320 Mbit/s, 400 Mbit/s va 480 Mbit/s opsional tezliklarni qo'llaydi. Texnologiyaning yana bir afzalligi trafikni deyarli oniy, masshtablanuvchanligi, ya'ni qurilmalar orasidagi masofaga bog'liq ravishda masshtablanuvchanligi hisoblanadi, tezlik 53,3 Mbit/s dan 480 Mbit/sgacha chegaralarda o'zgarishi mumkin.

Simli USB'larga o'xshashlik bo'yicha, Wireless USB qurilmalari ulanishda olinadigan o'z manziliga ega bo'ladi. Har bir Wireless USB qurilma bir yoki bir necha aloqa kanallarini qo'llaydi. Wireless USB simsiz tarmoq infratuzilmasining asosiy elementlari konsentrator va radial liniyalar hisoblanadi. Bunday topologiyada xost-kontroller unga ulangan qurilmalar orasida ulardan har biriga vaqt intervallari va o'tkazish polosasini ajratish bilan istalgan ma'lumotlar almashinuvini initsializatsiyalaydi. Bog'lanishlar "nuqta-nuqta" turiga kiradi va Wireless USB-xost va Wireless USB-qurilma orasida amalga oshiradi. Unga mantiqiy ulangan qurilmalarli (maksimal 127 tagacha) xost norasmiy Wireless USB-klasterni hosil qiladi. Wireless USB-klasterlar minimal o'zaro halaqitlarli qoplanadigan fazoviy muhitda ishlaydi, bu radionurlantiruvchi qurilmalarning umumiy ishlash zonasi chegaralarida bir necha klasterlarning ishlashiga imkon beradi.

5.3- jadvalda Wireless USB aloqaning asosiy texnik parametrlari keltirilgan.

**NFC.** Bu kichik masofalarga ma'lumotlarni simsiz uzatish texnologiyasi hisoblanadi. Uzatish modeli elektromagnit maydonni hosil qiladigan qurilma-initsiator va qurilma-nishonni o'z ichiga oladi. Qurilma-nishon ham aktiv (masalan, boshqa mobil aloqa qurilmasi yoki to'lov terminali), ham passiv (RFID radio-belgi, kontaktsiz karta yoki jevakcha) bo'lishi mumkin. Radio-belgilar va kontaktsiz kartalarning mavjud formatlari qo'llanadi [26].

5.3- jadval

Wireless USB aloqaning asosiy texnik parametrlari

<b>Xususiyatlari/Funksiya</b>	<b>Xarakteristika</b>
Aloqa turi	Keng polosali radioimpulslar (Shaped pulse)
Chastotalar diapazoni	3,1 – 10,6 GGs diapazondagi ajratiladigan oraliqlar
Kanallar kengligi	500 MGsdan katta; MTO diapazonlarida: 528 MGs
Modulyatsiyalash	Ko'p chastotali OFDMA
Ulanish usuli	CSMA-CA tashuvchini topish va kolliziyalarni oldi olinishli ko'p tomonlama ulanish
Uzatish usuli	Paketli
Uzatish quvvati	Uchta sinfdagi uzatkichlar: 1-sinf – 1 dan 100 mVtgacha, 2-sinf – 0,25 dan 2,5 mVtgacha, 3-sinf – 1 mVtgacha.
Ma'lumotlarni uzatish tezligi	53,3, 80, 106,7, 160, 200, 320, 400, 480 Mbit/s.
Ishlash masofasi	10 metrlargacha
Klasterdagi qurilmalar soni	127 tagacha

Passiv nishon bilan ishlashda qurilma-initsiator uzluksiz nurlantiradi, qurilma-nishon esa faqat bunday tarzda hosil qilingan elektromagnit maydonni modulyatsiyalaydi. Passiv qurilma-nishonni, shunday tarzda, qabullagich-uzatkich (transponder) sifatida ko'rish

mumkin. Aktiv nishon bilan ishlashda qurilmalar o'z nurlanishini javobni kutish vaqtiga uzish bilan uzatish tartibini navbatlashtiradi.

Simsiz kartali tizimlarda ishlashga o'xshash NFC texnologiyasi asosidagi tizimlarda aloqa bir-birlarining yaqin maydonlari chegaralarida bo'lgan ikkita ramkali antennalar orasida o'rnatiladi. Aloqa umumiy mumkin va litsenziyalanmaydigan ISM Band (Industrial, Scientific and Medical radio Band, Sanoat, Ilmiy va Tibbiyot radiochastotalari) radiochastotalar chegaralarida 13,56 MGs tashuvchi chastotada bo'lib o'tadi. Axborot signali energiyasining katta qismi 14kGsdagi chastotalar polosasida bo'ladi, lekin amplitudaviy modulyatsiyalash ishlatilganida polosaning to'liq kengligi 1,8MGsga etishi mumkin.

Standartda ixcham antennalarda maksimal bo'lishi mumkin ma'lumotlarni uzatilishi masofasi 10 smni tashkil etadi.

NFC texnologiyasi orqali signalni ikkita kodlash turi ishlatiladi.

Ulardan birinchisida aktiv qurilma ikkilik ma'lumotlarni 100% amplitudaviy modulyatsiyali ikki darajali kodlash (shuningdek inglizcha adabiyotlarda Miller kodlashi deyiladi) ishlatiladi. Bunday rejimda uzatish tezligi 106 Kbit/sni tashkil etadi.

Ikkinchisida, aktiv qurilma 10% amplitudaviy modulyatsiyali nolinci sathga qaytishsiz kod (manchester kodi deyiladigan) ishlatiladi. Bunday rejimda ma'lumotlarni uzatish tezligi 212 yoki 424 Kbit/sni tashkil etishi mumkin.

Passiv qurilma har doim 10% amplitudaviy modulyatsiyali manchester kodini ishlatadi.

Binobarin, NFC qo'llanadigan qurilmalar bir vaqtda ma'lumotlarni uzatishi va qabul qilishi mumkin, ularga kolliziyalarni aniqlash kerak bo'ladi. Kolliziyalarni aniqlash uzatilgan va olingan signallarning chastotalarini taqqoslashga asoslangan va ular mos tushganida olingan signal yaroqsizga chiqariladi.

NFC texnologiyasi ma'lumotlarni kriptografik himoyalashga standartlarni o'z ichiga oladi va u yuqori darajalar protokollari orqali ta'minlanishi ko'zda tutiladi.

NFC texnologiyasi mobil aloqa qurilmalarida qo'llaniladi. Uchta asosiy ishlatish usullari amalga oshiriladi:

*Kartani emulyatsiyalash:* NFC qo'llanadigan qurilma simsiz kartani emulyatsiyalash uchun ishlatiladi.

*O'qigich rejimi:* NFC qo'llanadigan qurilma aktiv rejimda ishlaydi va passiv qurilmalardan, masalan radio-belgidan ma'lumotlarni o'qiydi.

*Nuqta-nuqta rejimi:* NFC qo'llanadigan ikkita qurilma aktiv rejimda ishlaydi va o'zaro ma'lumotlarni almashlash uchun texnologiyani ishlatadi.

Tavsiflangan rejimlar uchun jamoat transportida yo'l haqini mobil to'lovi, NFC qo'llanadigan mobil qurilmalardan kredit/debet karta sifatida, reklama oynalaridan radiobelgilardan qo'shimcha ma'lumotlarni o'qish uchun foydalanish kabi ko'plab qo'llanishlar bo'lishi mumkin.

NFC texnologiyasidan foydalanish bilan Bluetooth 2.1 yoki Wi-fi kabi boshqa simsiz aloqa texnologiyalaridan foydalaniladigan o'zaro ta'sirlashishni oddiy va tez sozlash mumkin. NFC texnologiyasini poezd, samolyot, konserlar va boshqalarga chiptalarni elektron bron qilish uchun, "elektron pullar" bilan hisoblashish uchun, sayohatchi xaritasi, shaxsni tasdiqlash guvohnomasi, xavfsizlik tizimlarida kontaktsiz kartalar sifatida (shu jumladan mehmonxonalar nomerlari, avtomobillar, maishiy qulflar kalitlari o'rniga) qo'llash mumkin. NFC qo'llanadigan qurilmalarni birja savdosi, kontentni sotib olish, dasturiy arzonlashtirishlar va bonuslar va boshqalar uchun ishlatish mumkin.

**NFC texnologiyasining afzalliklari** bog'lanishni o'rnatilishining yuqori tezligi, past energiya iste'moli va sozlashning oddiyligi hisoblanadi. Hisoblashlarda NFCning o'ziga xos qo'llanilishlari uchun muhim afzalligi himoyalanganlik va ko'p sonli odamlar bo'ladigan savdo markazlarida ishlatilishi oddiyligini ta'minlaydigan uncha katta bo'lmagan ishlash masofasi ham hisoblanadi.

Bundan tashqari, NFC texnologiyasining afzalligi mavjud radiobelgilar standartlarini (RFID) qo'llanilishini ta'minlash hisoblanadi. Lekin tez-tez passiv qurilmalar bilan o'zaro ta'sirlashishda (xuddi RFID yoki o'chirilgan telefonlar) NFC-chiplarning energiya iste'moli sezilarli ortadi.

Bluetooth yoki Bluetooth Low Energy kabi boshqa zamonaviy ma'lumotlarni simsiz uzatish texnologiyalariga qaraganda NFC ma'lumotlarni uzatish tezligi bo'yicha sezilarli yutqazadi. Bundan tashqari, kichik ishlash masofasi ham aynan NFC aktiv qurilmalar



orasida ma'lumotlarni uzatilish uchun ishlatilishidaga kamchilik sifatida qaralishi mumkin.

Elektron hisoblashlar nuqtaini nazaridan NFCning kamchiligi o'rnatilgan kriptografiy ma'lumotlarni himoyalashni yo'qligi hisoblanadi. Bu kamchilik, ammo ishlatiladigan kodlash usullari orqali qisman kompensatsiyalanadi, REK vositalari orqali ma'lumotlarni buzilishidan himoyalashni kafolatlamasada, uzatiladigan ma'lumotlarni rusat etilmagan modifikatsiyalanishidan himoyalaydi.

Hamma joylarda texnologiyani joriy etish hali bo'lib o'tmadi, mobil aloqa operatorlari va boshqa mobil echimlar bozori o'yinchilari faqat NFC asosidagi o'z tijorat yechimlarini testlamoqda. Lekin barcha sanab o'tilgan sohalarda NFCning joriy etilishi savdoda, xavfsizlik tizimlari va reklamada sezilarli o'zgarishlarni bildirishi mumkin. Uncha katta bo'lmagan xaridlarga to'lovlarni soddalashtirish va tezlashtirish, xarid-sotish jarayonidan fizik pullarni chiqarilishi, ayniqsa tijorat banklarining mumkin kredit siyosati bilan birgalikda fizik shaxslar pul aylanmalari vositalari tezligini sezilarli oshirilishini bildiridi, bu o'z navbatida, iqtisodiy o'sish uchun sezilarli potensialni bildiradi.

#### **5.4. Radiochastotaviy identifikatsiyalash**

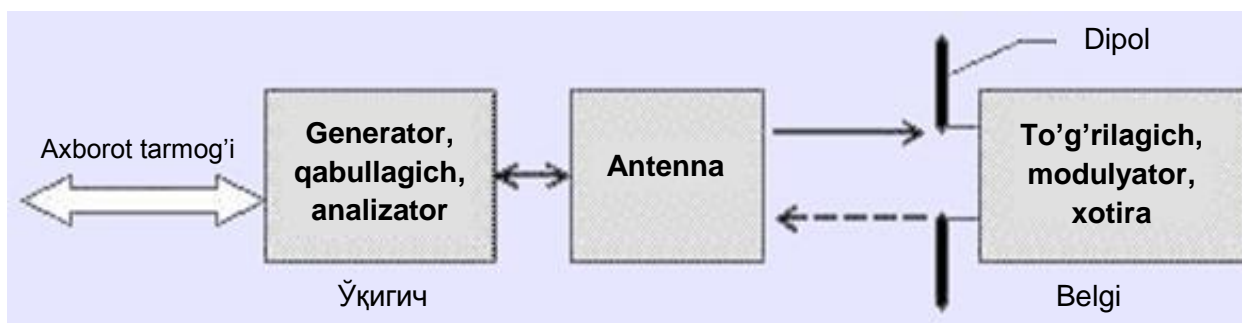
Keng ma'lum bo'lgan tovarlarni shtrixli kodlash texnologiyasi tovarga elimlanadigan kodli belgi va bu kodlar skaneri yordamida amalga oshiriladi. Shtrix-kodlar yordamida belgilash tovarlarni identifikatsiyalash jarayonini avtomatlashtirishga va bu bilan ularni ishlab chiqarish va iste'molchilarga etkazib berish jarayonlarida qayta ishlashga sarflarni keskin qisqartirishga imkon beradi. Lekin ko'pincha identifikatsiyalashning ishonchliligini kamaytiradigan real ishlatish sharoitlari (chang, ifloslanish va h.k.) mavjud. Bundan tashqari, zamonaviy logistika, birinchidan, identifikatsion kodlarni o'qish masofasini bir necha metrlargacha oshirilishini, ikkinchidan, ko'plab belgilarni bir vaqtda o'qish imkoniyatini ta'minlanishini va nihoyat, uchinchidan fodalaniish ma'lumotlarini belgiga yozilishi imkoniyatlarini ishlatilishini talab qiladi. Aynan bu masalalarni RFID texnologiyasi yechadi [28].

Shtrix – kodli texnologiyalar kabi RFID apparaturasi belgi va o‘qigichdan (skanerdan) tashkil topgan. Radiochastotalar diapazoniga bog‘liq ravishda RFID apparaturasi ikkita turli variantlarda ishlatiladi.

Past chastotalardan yuqori chastotalargacha sohada (30 MGsgacha) belgi va o‘qigich birlamchi chulg‘amiga o‘qigich, ikkilamchi chulg‘amiga belgi ulangan transformatoridagi kabi magnit maydon orqali o‘zaro ta’sirlashishadi. Magnit maydon kuchlanganligining keskin tushishi tufayli bunday RFID tizimlarning ishlash masofasi bir necha o‘nlab santimetrlarni tashkil etadi.

Ultra yuqori chastotalar sohasida (UHF diapazon – 300 MGsdan 3 GGsgacha) belgi va o‘qigich orasidagi aloqa elektromagnit to‘lqinlar yordamida amalga oshiriladi va bunday RFID tizimlarning (passiv belgili) ishlash masofasi metrlar birliklarigacha ortadi. Ishlash masofasini keyingi 10...100 metrlargacha oshirilishi yarim passiv va aktiv belgilar qo‘llanilishi bilan erishilishi mumkin.

UHF tizimidagi passiv belgili RFID tizimning blok-sxemasi 5.2- rasmda tasvirlangan.



5.2- rasm. UHF tizimidagi passiv belgili RFID tizimi

Dipoldan tashqari, belgining barcha elementlari yagona mikrosxema – chipga integratsiyalanadi. Shunday qilib, belgi ikkita konstruktiv qismlar – ko‘pincha dipol ko‘rinishidan bajariladigan antenna va 216 baytgacha foydalanish xotirasi hajmili ma’lumotlarga ega bo‘lgan chipdan tashkil topgan. Maksimal uzoq masofalikka va o‘qishning ishonchliligiga erishish uchun belgilarning aniq bir sharoitlarga moslashishi talab qilinadi.

RFID tizimlarining aniq bir ishlash sharoitlarining xilma-xilligi ham (ularning ishlatilishi sharoitlari ham) antennalar va o‘qigichlarning turli variantlarini – qo‘lda boshqariladigan, olib yuriladigan va statsionar o‘qigichlar va programmatorlar, doiraviy va

chiziqli polyarizatsiyali antennalar va antennalar panjaralarini ishlab chiqish va ishlab chiqarishga majburlaydi.

**RFID-tizimlar** turli obyektlarni operativ va aniq nazorat qilish, ularning haakatlanishini kuzatish va hisobga olish talab qilinadigan turli xil hollarda qo'llaniladi.

RFID-texnologiyalarning asosiy afzalliklari:

- RFIDga tegish yoki to'g'ri ko'rinish kerak emas;
- RFID-belgilar tez va aniq o'qiladi (100%-lik identifikatsiyalashga yaqinlashish bilan);
- RFID hatto agressiv muhitda ishlatilishi mumkin, RFID-belgilar esa chang, bo'yoq, bug', suv, plastmassa, yog'och orqali o'qilishi mumkin;
- passiv RFID-belgilar deyarli cheklanmagan ishlatish muddatiga ega;
- RFID-belgilar ko'p miqdordagi ma'lumotlarni tashiydi va intellektual bo'lishi mumkin;
- RFID-belgilarni qalbakilashtirish deyarli mumkin emas;
- RFID-belgilar nafaqat o'qish uchun, balki ma'lumotlar yoziladigan bo'lishi mumkin.

Namunaviy qo'llanilishlari:

- korxonalar hududlarida personalning ulanishini va harakatlanishini elektron nazorat qilish;
- ishlab chiqarish, tovarlar va bojxona omborlari (ayniqsa yiriklari), magazinlarni, tovarlar va moddiy boyliklarni berilishi va harakatlanishini boshqarish;
- ma'lumotlarni avtomatik to'plash va zarurat bo'lganida temir yo'llarda, pulli avtomobil yo'llarida, yuk stansiyalari va terminallarida to'lovni o'tkazish;
- harakatlanishni rejalashtirish va boshqarish, grafikning intensivligini va optimal marshrutlarni tanlashni nazorat qilish;
- jamoat transportida harakatlanishni boshqarish, yo'l haqini to'lash va yo'lovchilar oqimini optimallashtirish;
- barcha transport turlari uchun elektron to'lovlar, shu jumladan pulli yo'llar, yo'l va tranzit haqini avtomatik to'lovi, pulli avtomobillar saqlash joylarini tashkil etish;
- xavfsizlikni ta'minlash boshqa audio- va video nazorat qilish texnik vositalari bilan birga kompleksda, transport vositlarida himoyalash va signalizatsiya;

- ro'yxatga olinadigan pochta jo'natmalarining harakatlanishini nazorat qilish.

## 5.5. Kognitiv radio

**Kognitiv radio** (Cognitive Radio System, CRS) bu o'z ishlatilishi o'ziga xos xususiyatlari haqida ma'lumotlarni ola oladigan va bu ma'lumotlar asosida o'zining ishlashi parametrlarini tuzata oladigan radiotizim hisoblanadi. Bunday tizim alohida radioaloqa xizmati hisoblanmaydi, balki mavjud radioxizmatlardan istalgani doirasida texnologiya sifatida ishlatiladi. Buning uchun u mos chastotalar polosasida birlamchi yoki ikkilamchi asosda ishlatilishi imkoniyati bo'lishi kerak [28,29].

Kognitiv radio texnologiyasi ishlatiladigan radiochastota spektri resurslarini samaraliroq boshqarish uchun terminallar va bir necha radiotizimlar, radioaloqa tizimlari operatorlari orasida bog'lanishlarni rekonfiguratsiyalashda, shuningdek radiochastotalar spektriga yanada tez moslashuvchan ulanishni tashkil etishda va jamoaviy vosita sifatida ishlatilishi mumkin.

Smartfonlarning keskin ortishi tufayli simli tarmoqlarda ma'lumotlarni uzatish chastotalarning halokatli yetishmasligiga uchrashi mumkin, shuning uchun XEAI mobil operatorlarga va tadqiqotlar laboratoriyalariga spektrdan yanada samaraliroq foydalanish uchun yechimlarni qidirish bo'yicha urinishlarni kengaytirishni tavsiya etdi. Bunday yechimlardan biri kognitiv radioning ishlatilishi hisoblanadi, u bu momentda ishlatilmayotgan chastotalar polosasini aniqlashi va ma'lumotlarni uzatilishi uzilmasdan bunday bo'sh kanallar orasida qayta ulanishi mumkin.

Kognitiv radio tamoyilini ishlatadigan va CogRadio deyiladigan bunday qurilmalarning birinchilaridan biri Nyu-Jersida yaratilgan. Ishlab chiqilgan yuqori tezlikli namuna bo'lishi mumkin maksimal 100 MGsdan 7.5 GGsgacha chastotalar diapazonlarida, shu jumladan televidenie, Wi-Fi va GSM uchun chastotalarda ishlashi mumkin va spektrdan samaraliroq foydalanishga imkon beradi. Qurilma band bo'lmagan chastotalarni detektorlay oladi va ular orasida 50 mikrosekundda qayta ulana oladi, alohida hollarda esa videoqimlarni translyasilash uzilmasdan 1 mikrosekundda qayta ulana oladi. Shuningdek qurilma tijorat mahsulotlarida ishlatiladigan dasturiy ta'minotlarni ishlatishi va testlashi mumkin. Ma'lumotlar sekundiga

400 Mbit tezlikda uzatiladi, bu mavjud Wi-Fi qurilmalardagidan ancha tez.

Kognitiv radio butun qator yangi xizmatlarni yaratishi mumkin. Masalan, u sotali qo'ng'iroqlarni Wi-Figa marshrutlashtirishi mumkin, bu bugungi kunda uncha katta bo'lmagan simsiz microcell bazaviy stansiyalarda amalga oshirilmoqda va Internetga ulanish uchun optik toladan foydalanishni inkor etishi mumkin, buning o'rniga esa mavjud 400 MGs diapazondagi televidenie spektri ishlatilishi mumkin.

Barcha bunday loyihalardagi eng katta muammo katta chastotaning tez qayta ulanishi va yuqori o'tkazish qobiliyati hisoblanadi. Katta unumdorlikni ishlatilishi uchun ko'p ishlar - chip dizayni, interfeys va boshqa ko'p ishlarni amalga oshirilishi turgan bo'lsada, kognitiv radio bunday loyihalar uchun ideal to'g'ri keladi

Shu bilan birga, dunyoda ehtirosalar jo'sh urmoqda, chunki mobil tarmoqlarga talablar ortmoqda. Bell Labs 2020 yilga kelib mobil trafik 25 martaga, Cisco 18 martaga oshadi deb hisoblaydi, FCC esa mavjud spektr yaqin yillarda tugashini va bu holda yangi texnologiyalar hayotiy zarur bo'lishini ta'kidlaydi. Bularning barchasi sohani yangi texnologiyalarni rivojlantirishga majburlaydi.

Maxsus chastotalarni ajratilishiga ehtiyoji bo'lmagan va qandaydir qo'shimcha simsiz texnologiyalarga ehtiyoji bo'lmagan **kognitiv radio (*cognitive radio*) asosidagi sotali aloqa tarmog'i** AQShda test rejimida qurilgan. Bu ikkita elementlaridan bir bo'lgan tarmoq yoki simsiz uzal ruxsat etishga (litsenziyaga) ega bo'lgan yoki ega bo'lmagan foydalanuvchilarda o'zaro halaqitlarni olini oladigan samarali va ratsional aloqa uchun o'z uzatish va qabul qilish parametrlarini o'zgartiradigan simsiz kommunikatsiyalash tizimi hisoblanadi. Intellektual aloqaning bunday parametrlarini o'zgartirishi radiochastotalar spektri, foydalanuvchining o'zini tutishi va tarmoqning holati kabi tashqi va ichki radio muhitning bir necha omillarini aktiv kuzatishga asoslangan.

Hozirgi vaqtda rivojlangan davlatlarda butun chastotalar spektri taqsimlangan va qat'iy litsenziyalanadi. Chastotalar doimo etishmaydi, lekin bunda ular juda samarasiz ishlatiladi. Kognitiv radioning (yoki yana intellektual radialoqa deyiladigan) asosiy tamoyili chastotaning yuklanishini dinamik boshqarilishidan iborat. Bu juda murakkab texnik jarayon bo'lib, uning ma'nosi shundan iboratki, bitta aloqa kanalili sotali tarmoqda bitta foydalanuvchi ikkinchi foydalanuvchiga kanal kerak bo'lmaganida undan

foydalanishi mumkin. Oddiy aytganda, kimgadir ajratilgan chastotalar egasiga kerak bo'lmagan momentda ishlatilishi mumkin. Binobarin, yuklanganlik ko'pincha yuqori emas, masalan, abonent ma'lum vaqt mobaynida mobil telefon bo'yicha so'zlashadi, qolgan vaqtlarda esa telefon kutish rejimida bo'ladi, u holda shunday qilib, qo'shimcha chastotalarni qidirish zaruratisiz sezilarli chastotalar resurslari mumkin bo'lib qoladi.

Kognitiv radioning o'ziga xos xususiyatlari turli chastotalardagi signallarni olishi va uzata olishi hisoblanadi. Bunday tizimlarning xususiy hollari taqsimlangan spektr va fazo-vaqt bo'yicha multiplekslash texnologiyalari hisoblanadi. Bunday tizimlarning ishlatilishi alohida oxirgi qurilmalarning funksionalligini oshirish va ularning konvergeniyalanishini ko'zda tutadi, televidenie, mobil aloqa va radio uchun faqat bitta qurilma talab qilinadi. Bu sinfdagi texnologiyalarning alohida nimsinfini «intellektual» radio tashkil etadi, u elektromagnit muhitni tahlil qilishni o'tkazadi va uzatish uchun vaqtincha yoki doimo ishlatilmaydigan chastotalarni topadi, bu har bir bunday chastotada uzatiladigan ma'lumotlar sonini oshirishga imkon beradi. Kognitiv radio bu ma'nosi bo'yicha hisoblash modeli hisoblanadi.

Sinov simsiz tarmog'i Florida shtaning Fort-Loderdeyl shahrida testli rejimda ishga tushirilgan. XG texnologiyasi simsiz "uy" telefonlarida, quloqchinlarda, kompyuter sichqonchalarida va boshqalarda ishlatiladigan 900 MGs diapazonda litsenziyani talab qilmaydigan bo'sh 900 MGs diapazonda ishlaydigan o'z bazaviy stansiyalari va maxsus telefonlarni o'z ichiga oladi.

Xmax sinov simsiz tarmog'i ikkita bazaviy stansiyalar va mobil telefonlardan tashkil topgan. Har bir radiostansiya bo'sh diapazonni sekundiga 33 marta skanerlaydi. Agar boshqa signal topilsa, telefonlar va bazaviy stansiyalar boshqa diapazonlarga qayta sozlanadi va barqaror aloqani saqlaydi. XG turdagi tarmoq standart yacheykasining oltita stansiyalaridan har biri taxminan to'rt kilometr radiusdagi qurilmalarga xizmat ko'rsatish mumkin, buni sotali aloqaning oddiy bazaviy stansiyasi bilan tenglashtirsa bo'ladi.

Simsiz tarmoq 110 ming aholi yashaydigan shahar joyini qamrab oladi. Bunda endi minglab qurilmalar – xavfsizlik, video enagalar simsiz kameralari, simsiz telefonlar va boshqalar ishlaydigan chastotalar ishlatiladi. Shunga qaramay, intellektual tizim shunchalik tez moslashuvchanki, samarasiz ishlatiladigan va umuman 15 %ga

band bo‘lib qolgan, qurilmalar “unutgan” bo‘sh chastotalardan foydalanish bilan litsenziyalangan sotali aloqa bilan tenglashtirsa bo‘ladigan sifatni ta‘minlashga imkon beradi. Barcha diapazonlar turli signallar bilan band bo‘lgan joylarda intellektual radioaloqa band bo‘lmagan “oynalarni” topadi va bitta “oynadan” boshqalariga sakrash bilan barqaror bog‘lanishni ta‘minlaydi. Intellektual aloqadan foydalanish uchun litsenziyalanmagan diapazonlarga band bo‘lmagan chastotalarni ishlatishi mumkin bo‘lgan maxsus telefon zarur bo‘ladi.

Ikkinchi sinov simsiz tarmog‘i Nyu-Meksikodagi AQSh Fort Blis armiya mashq bazasida qurilgan. Harbiylar barcha diapazonlar va aloqa turlarini (ovoz, video, test xabarlar, elektron pochta va ma‘lumotlarga ulanish) ishlata oladigan va jang maydonida barqaror tizimga avtomatik qurila oladigan kommunikatsion tarmoqni yaratilishidan manfaatdor. Nazariy jihatdan bunday tizim buzilgan kommunikatsiyalarni mustaqil qayta tiklaydi va radioelektron qarama-qarshilik sharoitlarida barqaror aloqani ta‘minlaydi.

Kognitiv radio asosida Rossiya Birlashgan asbobsozlik korporatsiyasida yangi strategik bombardimonchi samolyoti uchun aloqa tizimi ishlab chiqilgan. Ishlatilgan yangi texnologiyalar er punktlari bilan dushman aniqlash tizimlari uchun sezilmaydigan ma‘lumotlar almashinuvini ta‘minlaydi.

Kognitiv radio aloqa vositalariga ma‘lumotlarni almashlash uchun mumkin bo‘lgan spektrni tahlil qilishni o‘tkazishga, ishlatilmayotgan chastotalar polosalarini aniqlashga va ularga qayta ulanishning avtomatik amalga oshirishga imkoniyatini beradi. Bu radioelektron so‘ndirish ta‘sirini deyarli so‘ndiradi. Aloqa tizimlari modulli tamoyilni hisobga olish bilan konstruksiyalandi, tizimning bloklari qayta dasturlashtirilish imkoniyatiga ega, istalgan vaqtda zarur vazifaga muvofiq ravishda dasturlar to‘ldirilishi yoki almashtirilishi mumkin.

Intellektual radioaloqaning chastotalar spektridan samaraliroq foydalanilishi tomonidan juda katta potentsiali ko‘plab kompaniyalar va ilmiy laboratoriyalarni bu sohada ishlashni boshlashga undadi. XG tizimlari xuddiy oddiy GSM tarmoqlari kabi qurilishi mumkin. Intellektual radioaloqa ishlashni boshlaydigan birinchi joylar butun chastotalar diapazoni deyarli tugagan hududlar yoki sotali aloqa qamrovi bo‘lmagan qishloq joylari bo‘lishi mumkin.

Tizimni ishlab chiquvchilar mavjud tarmoqlarga qo‘shimcha sifatida XG tamoyillarini joriy etishni istashmoqda. U holda turli

simsiz qurilmalar ham litsenziyalanadigan, ham bo'sh turli diapazonlarga ulanishni dinamik ola oladi. Masalan, Wi-Fi chastotalari yuklanishida ular 900 MGs chastotaga o'tish imkoniyatini oladi. Bundan tashqari, XG tizimi analog teleuzatishlarni translyasiya qilish tugashi tufayli yanada ko'p bo'ladigan litsenziyalanmaydigan chastotalar "bo'sh joylarida" ishlaydigan yangi tarmoqlarning "sig'imini" oshirishi mumkin.

Kognitiv radio yakunda barcha simsiz qurilmalarning birlashtirilishiga olib kelishi mumkin va buning hisobiga foydalanuvchining murakkabroq qurilmalar bilan o'zaro ta'sirlashishi asta-sekin soddalashadi. Kognitiv radioga o'z intellektual imkoniyatlari haqida, shuningdek ular bilan foydalanuvchi bajarishi mumkin bo'lgan amallar spektri haqidagi ma'lumotlar qo'yilgan.

## **5.6. Ochiq optik uzatish tizimlari**

Turli manbalarda infraqizil (IQ) diapazonda ma'lumotlarni simsiz uzatish qurilmalarining turli nomlari ishlatiladi. Lekin O'zRda OOUT – Ochiq Optik Uzatish Tizimi qisqartmasi qabul qilingan, undan biz keyinchalik foydalanamiz.

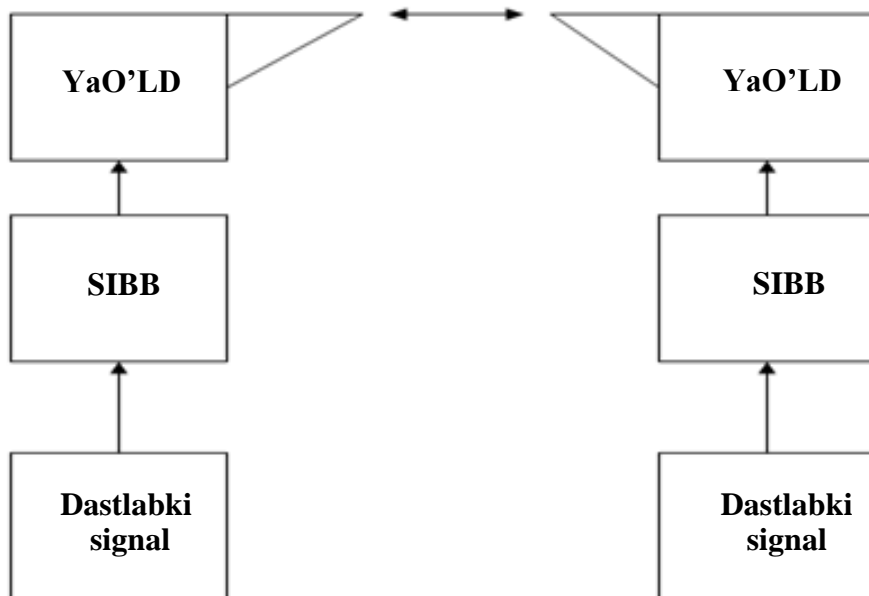
Modulyatsiyalangan yorug'likdan foydalanish bilan atmosfera orqali ma'lumotlarni uzatish konsepsiyasi nisbatan oddiy, uzatish tizimidan yorug'likning ingichka nuri atmosfera orqali o'tadi va qabul qilish tizimiga tushadi. OOUT va tolali optik aloqa tizimlari (TOAT) infraqizil (IQ) to'lqin uzunliklarini ishlatadi va uzatish polosasi bo'yicha bir xil imkoniyatlarga ega, shuning uchun ko'pincha u "tolasiz optika" yoki "simsiz optik aloqa" deyiladi.

Optik spektr yuzlab teragerslar chastotalar sohasida litsenziyalanmaganligini hisobga olish bilan ko'plab OOUT tizimlari oddiy amplitudaviy modulyatsiyalashni, ya'ni raqamli tolali optikada qo'llaniladigan standart kodlash texnikasini ishlatadi. Bunday tizimlarda yorug'ikning bo'lishi birni kodlaydi, uning bo'lmasligi esa nolni kodlaydi. Bu oddiy modulyatsion sxema OOUT tizimlarni fizik daraja chastotaviy va protokolli ochiq bog'lanishlar sifatida konstruksiyalashga imkon beradi.

OOUTning qurilishi tamoyili ishlatiladigan uzatish muhitidan tashqari, optik tolali aloqa liniyalaridagiga o'xshash bo'ladi [36-38].



Texnologiya ma'lumotlarni spektrning IQ qismida modulyatsiyalangan nurlanish orqali uzatishga asoslanadi. OOUTning funksional sxemasi 5.3-rasmda keltirilgan.



5.3- rasm. AOOUTning funksional sxemasi

Manba ham analog, ham raqamli (televizion, faksimil, E1 oqimlari va h.k.) signal bo'lishi mumkin, u Signallarga Ishlov Berish Blokiga (SIBB) beriladi. Keyin signal yarim o'tkazgichli lazerli diodga (YAO'LD) beriladi, undan IQ yorug'lik oqimiga o'zgartiriladi. Keyin IQ nur optik tizimdan o'tishi bilan kerakli kesim shakliga (aperturaga) ega bo'ladi va atmosfera orqali uzatiladi. Qabul qilish uchida IQ nur optik tizimga tushish bilan fotodiodga fokuslanadi va teskari elektr signalga o'zgartiriladi. O'zgartirilgan signal SIBBda kuchaytiriladi va ishlov beriladi va dastlabki signalga qayta tiklanadi.

Infraqizil diapazon atmosfera optik aloqa liniyalari qurilmalari konstruktiv binolardan tashqariga o'rnatish uchun himoya qobiqlarili ikkita bir turdagi bloklar hisoblanadi (5.4- rasm).

Bloklarda qabullagich va uzatkich joylashgan, shuningdek standart interfeyslar (V.35 dan ATM-155 gacha) birlashtirgichlari ko'zda tutilgan. Uzatkichda nurlantirgich sifatida yarim o'tkazgichli lazerli diod ishlatiladi (oddiy yorug'lik diodi bo'lishi mumkin). Shuning uchun atmosfera infraqizil aloqa liniyalari lazerli atmosfera aloqa liniyalari (LAAL) liniyalari, horijiy texnik adabiyotlarda esa FSO - Free Space Optics deyiladi.



#### 5.4- rasm. Atmosfera optik aloqa liniyalari qabullagich-uzatkichi

Qabullagich tezikli r-i-n yoki ko'chkili fotodiod asosida quriladi. Ma'lumki, yarim o'tkazgichli yorug'lik diodi kogerent nurlantirgich hisoblanmaydi va buning natijasida nurlantiriladigan nurlar  $20^\circ$  ga etadigan burchaka tarqaladi, shuning uchun nurlarni ingichka tutamga to'playdigan qurilma zarur bo'ladi. Kichik tarqalish burchakli nurlarni fokuslash uchun qabullagich-uzatkichda quvvatli ob'ektivlar ko'zda tutilgan.

Ikki tomonlama aloqani tashkil etish uchun qabullagich-uzatkichlar uzatkichlardan qabullagichlarga qarama-qarshi yo'nalalarda tarqaladigan ikkita parallel nurlarni ishlatadi, har bir qabullagich-uzatkich blokidagi qabul qilishi va uzatish esa bir vaqtda va mustaqil amalga oshiriladi. Ishlatiladigan nurlanish aniq bir modelga bog'liq ravishda 780 dan 950 nm gacha to'lqinlar diapazonida yotadi.

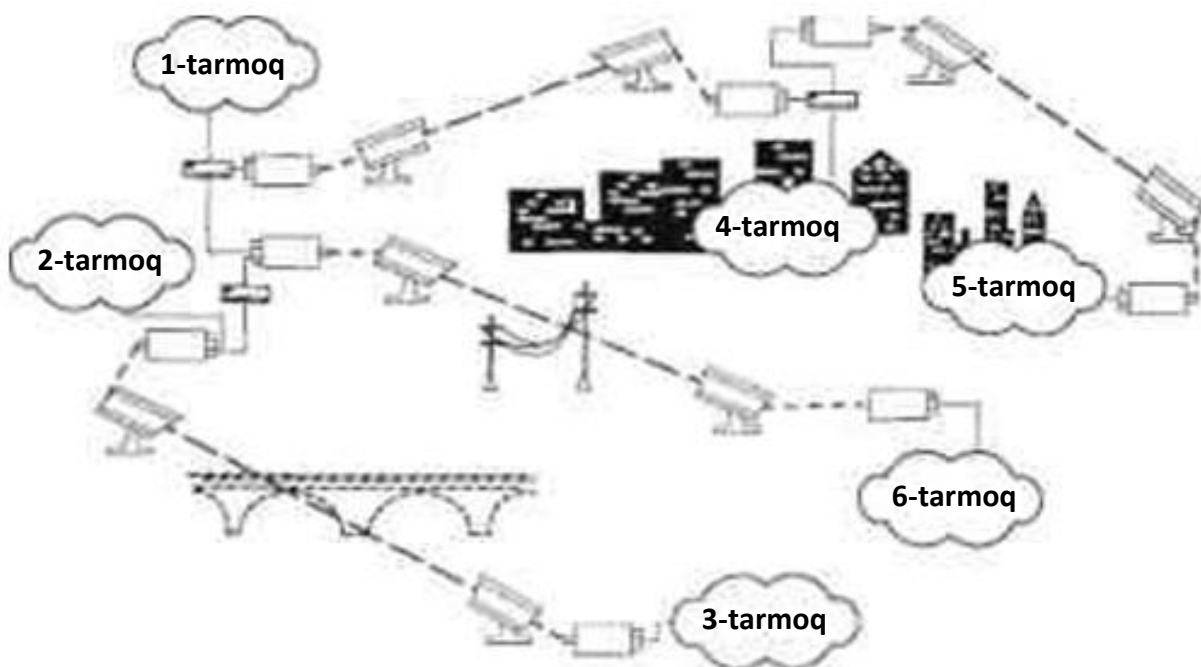
OOUTni iste'molchilarga ulash uchun har bir ishlab chiqaruvchi o'z interfeysini ishlatadi. Lekin ularning barchasi umumiy ulanish g'oyasiga rioya qiladi, u shundan iboratki, atmosfera aloqasi liniyasi kabel bo'lagining emulyasiyalanishi hisoblanadi (ikkita o'rama juftlik yoki optik kabelning ikkita tolasini). Shunday qilib, masalan, ob'ektlarni bog'laydigan kabelli tarmoqda qatnashadigan barcha qurilmalar uchun OOUT "ko'rinmas", ya'ni qurilmalarga hech qanday cheklashlar qo'yilmaydi, hech qanday qo'shimcha aloqa protokollari yoki ularga o'zgartirishlar va to'ldirishlar kiritilmaydi.

OOUTdan foydalaniladigan kompyuter tarmog'ini qurish variantlaridan biri 5.5- rasmda keltirilgan.

OOUT tizimlarning ishlashini ko'rib chiqishda qator muhim parametrlarni hisobga olish zarur, ular ichki va tashqi toifalarga bo'linadi

**Ichki parametrlar** tizimning konstruksiyasiga bog'liq va nurlanish quvvati, to'lqin uzunligi, chastotalar polosasi, qabul qilish tomonidagi tarqalish burchagi va optik yo'qotishlar, qabullagichning

sezgirliги, bitli xatolik (BER), qabul qilish linzalarining diametri, qabullagichning ko‘rish burchagini o‘z ichiga oladi. Atmosfera optik aloqa liniyasining uzunligi, mumkinligi, o‘tkazish qobiliyati va uning narxi aniq bir ilova uchun OOUT tizimlarning optik konstruksiyasini aniqlaydi. Shu bilan birga, ilova o‘rnatgan cheklashlarga bog‘liq bo‘lmagan holda OOUT tizimlarni ishlab chiqishda qabullagich-uzatkichlarning konstruksiyasiga ta‘sir qiladigan fundamental echimlarni qabul qilish arur bo‘ladi. Bunday echimlarga uzatkichlarning xarakteristikalari, avtotrekingning zarurligi, bir yoki ko‘p aperturali qabullagichlar va uzatkichlarni tanlash, nurlanishni muvofiqlashtirish usullari kiradi.



5.5-rasm. Kompyuter tarmoqlarining ulanishi

**Tashqi parametrlari** to‘g‘ri ko‘rinish va atmosfera halaqitlari, aloqa masofasi binolar oynalaridagi yo‘qotishlar va yo‘naltirish yo‘qotishlari, ya‘ni nurlantiriladigan to‘lqin tarqaladigan muhitga bog‘liq parametrlarni o‘z ichiga oladi. Umumiy holda bu parametrlarning ko‘pchiligi o‘zaro bog‘liq va tizimning umumiy ishlashini aniqlaydi. Masalan, tizimning mumkinligi nafaqat aloqaning masofasiga, balki atmosferaning holatiga, yo‘naltirish aniqligiga va qabullagich-uzatkichning konstruksiyasiga bog‘liq bo‘ladi. Iqlim sharoitlari va o‘rnatish joyining fizik xarakteristikalari atrof-muhit parametrlariga kiradi. To‘g‘ri ko‘rinishga ta‘sir qiladigan ob-havo

sharoitlari va o'rnatish parametrlari umuman OOUT tizimning aloqa sifatini aniqlaydi. Amaliyot ko'rsatadiki, mavjud OOUT tizimlar atrof-muhitning har qanday sharoitlarida va to'g'ri ko'rinishda ikki-uch marta ortiq bo'lgan masofalarda ishlay oladi. Tizimning ishlash qobiliyatini aniqlaydigan asosiy omillar atmosferadagi yo'qotishlar, deraza oynalaridagi yo'qotishlar, binoning og'ishlari va harakatlanishlari, quyoshning yoritishi va to'g'ri ko'rinishning qoplanishini o'z ichiga oladi.

**OOUT aloqa masofasini oshirish usullari.** OOUTning asosiy kamchiligi uncha katta bo'lmagan aloqa masofasi hisoblanadi, uni oshirishga urinlarda esa yechilishini talab qiladigan quyidagi muammolar vujudga keladi:

- qabullagichning bo'sag'aviy sezgirligini kamaytirish;
- nurlanishning maksimum quvvatini oshirish;
- qabullagich linzasining diametrini oshirish;
- atmosferadagi yo'qotishlar koeffitsientini kamaytirish;
- nurlanishning tarqalish burchagini kamaytirish.

Qabullagichning bo'sag'aviy sezgirligi fotoqabullagich qurilmasini xarakterlaydi va elementlar asosining zamonaviy holatiga bog'liq bo'ladi.

Uzatkiching maksimum quvvatini oshirish nurlanishning o'rtacha quvvatini oshiradi, bu o'z navbatida, o'rtacha quvvatni 50 mVtdan ortishiga, qurilmalarni sertifikatlashtirish va vakolatli organlardan ruxsat olish zaruratiga olib keladi. Bundan tashqari, dioddan issiqlik ajralishi ortadi, natijada nurlantirgich qiziydi va uning xizmat ko'rsatish muddati sezilarli qisqaradi. Bu muammoni bir vaqtda impulsning uzunligini kamaytirish bilan maksimal quvvatni oshirish bilan erishish mumkin. Bu holda nurlanishning o'rtacha quvvati oldingidek qoladi.

Uzatish tezligini faqat nurlanish impulslari chastotasini oshirish yo'li bilan erishiladi, bu nurlanishning o'rtacha quvvatini ortishiga olib keladi. Demak, nurlantirgich impulslari uzunligini kamaytirish maksimum nurlantirish quvvatini oshirishga va bu bilan aloqa masofasini oshirishga yoki impulslar chastotasini oshirishga va bu bilan uzatish tezligini oshirishga imkon beradi. Shunday qilib, uzatish tezligini aloqa masofasiga ko'paytmasi nurlantirgich impulslari uzunligi bir xil bo'lganda o'zgarmas kattalik hisoblanadi. Bu yerdan kelib chiqadiki, aloqa masofasini tezlikni kamaytirish yoki impulslar uzunligini kamaytirish hisobiga oshirish mumkin. Bunday tasdiqlash uzatish tezligi uchun ham to'g'ri bo'ladi.

Aloqa masofasini oshirishning boshqa yo‘li bu linzaning diametrini oshirish hisoblanadi. Zamonaviy OOUT modellarida linzalar 10 sm tartibdagi diametrga ega, lekin keyingi oshirish tizimning qimmatlashishiga olib keladi. Katta diametrli Frenel linzalarini ishlatish mumkin, lekin ular changlanishga sezgir.

Aloqa masofasini nurlanish to‘lqin uzunligini o‘zgartirish yo‘li bilan atmosferadagi yo‘qotish koeffitsientini kamaytirish hisobiga oshirish mumkin. Oldin ko‘rsatilganidek, atmosfera halaqitlari spektrning turli qismlaridagi nurlanishlarga turlicha ta’sir qiladi. To‘lqin uzunligini ortishi bilan atmosfera halaqitlarining ta’siri kamayadi 1800 nm atrofidagi to‘lqin uzunliklarida esa atmosferaning “shaffoflik oynasi” kuzatiladi. Optik signalni uzatishga yaraydigan quyidagi “shaffoflik oynalari” mavjud: 400-1050 nm, 1200-1300 nm, 1500-1800 nm, 2100-2400 nm, 3300-4200 nm, 4500-5000 nm, 8000-13000 nm [36-38].

Aloqa masofasini uzatkichning tarqalish burchagini kamaytirish bilan ham oshirish mumkin. Lekin bu quyidagi muammolarga bog‘liq:

- uzatkichning tarqalish burchagini kamaytirish OOUTning sozlanishi va to‘g‘rilanishini murakkablashtiradi va mos ravishda tizimni montaj qilish qimmatlashadi;

- ingichka nur qimmatroq obyektiv orqali shakllantiriladi.

Bundan tashqari, ko‘plab OOUTlarda montaj qilish protsedurasini soddalashtirish maqsadida qabul qilish va uzatish bloklari bitta korpusda joylashtiriladi. Lekin bu holda ishlab chiqarish jarayonida korpusning ichida qabullagi va uzatkich optik o‘qlarining parallelligini aniq ta’minlash (aks holda ikki tomonlama aloqa uchun bloklarni sozlash mumkin bo‘lmay qoladi) zarur bo‘ladi.

Ob’ektlar orasida to‘g‘ri ko‘rinish bo‘lmaganida yoki interval uzun bo‘lganida retranslyator o‘rnatilishi mumkin. Retranslyatorga faqat ta’minotni yetkazish va obyektlar orasida to‘g‘ri ko‘rinishni ta’minlash talab qilinadi.

## Nazorat savollari

1. Bir zonali trunking tizimining umumlashtirilgan tuzilish sxemasini keltiring va uning tashkil etuvchilarining vazifalarini tushuntiring.
2. Televizion tasvirni uzatilishi prinsiplarini tushuntiring.
3. MPEG-4 vidiosignallarni siqish standartini tushuntiring.
4. DVB televizion standarti xarakteristikalarini ayting.
5. Raqamli radioeshittirishga o'tish omillari.
6. «EVRKA-147/ DAB» tizimi.
7. Butundunyo raqamli radiosi (DRM).
8. Raqamli ovozli radioeshittirishni rivojlantirish istiqbollari.
9. Kognitiv radioni qanday tushunish kerak?
10. RFID-texnologiyalarning qanday avzalliklari va qo'llanilishi sohalari mavjud?
11. Bluetooth texnologiyasini tushuntiring.
12. HomeRF texnologiyasini tushuntiring.
13. ZigBee texnologiyasini tushuntiring.
14. Wireless USB texnologiyasini tushuntiring.
15. NFC texnologiyasini tushuntiring.

## GLOSSARIY

ATO‘T - antenna – to‘lqin o‘tkazgich trakti  
AMI - antenna – machta inshoatlari  
ATS - avtomatik telefon stansiyasi  
AChX - amplitudaviy - chastotaviy xarakteristika  
RTBM – radiouzatish va televidenie bosh markazi  
MABBM – magistral aloqani boshqarish bosh markazi  
ES - yer usti stansiyasi  
IKM - impulsi - kodli modulyatsiyalash  
AIP - axborot - ijrochi punkt  
KBV – yugurma to‘lqin koeffitsienti  
NCH – nazorat chastotasi  
LATS - liniya - apparat sexi  
EUL – elektr uzatish liniyasi  
MXA – magistral xizmat aloqasi  
MTS – xalqaro telefon stansiyasi  
AP – asosiy polosa  
ORS – oxirgi radioreleli stansiya  
VRTUM – viloyat radiotelevizion uzatish markazi  
Uzat – uzatkich  
Qab – qabullagich  
SXA – stansion xizmat aloqasi  
TIQ – texnik ishlatish qoidalari  
PRI – poleziokron raqamli ierarxiya  
OCH – oraliq chastota  
RRL - radioreleli liniya  
RRCHT – radioreleli chiziqli trakt  
RRS - radioreleli stansiya  
RRTUM - respublika radiotelevizion uzatish markazi  
O‘YUCh – o‘ta yuqori chastota  
XA – xizmat aloqasi  
SRI – sinxron raqamli ierarxiya  
TV - televidenie  
TXK – texnik xizmat ko‘rsatish  
TS - telesignalizatsiya  
TB – teleboshqaruv  
MATT – magistral aloqaning texnik tuguni  
TF - telefoniya

MAHM - magistral aloqa hududiy markazi

TRS - tugun radioreleli stansiyasi

RRRChT - raqamli radioreleli chiziqli trakt

RRRL - raqamli radioreleli liniya

RUT – raqamli uzatish tizimi

FV – favqulodda vaziyat

2,5G (2,5 Generation) – 2-nchi avlod takomillashgan vositalaridan foydalanishga asoslangan, lekin 3-avlod xizmatlarini ta'minlay oladigan o'tish davri texnologiyalari.

3G (3 Generation) - 3-nchi avlod. IMT-2000 dasturi doirasida ishlab chiqilgan mobil aloqa tizimlarining avlodi. Bu avlod radioulanish tarmoqlari yuqori mobillikli abonentlar (harakatlanish tezligi 120 km/soatgacha) uchun 144 kbit/sgacha, past mobillikli abonentlar (harakatlanish tezligi 3 km/soatgacha) uchun 384 kbit/sgacha va 2,048 Mbit/s tezliklarli ma'lumotlarni almashlashni ta'minlaydi.

3GPP (3 Generation Partnership Project, 3-nchi avlod hamkorligi loyihasi) - IMT-2000 dasturi doirasida 3-nchi avlod tizimlarini standartlashtirish bo'yicha amaliy ishlarni o'tkazilishi maqsadlarida 1998 yilning 4 dekabrda tashkil etilgan tashkilot.

3GPP2 (3-rd Generation Partnership Project 2, 3-nchi avlod hamkorligi ikkinchi loyihasi) – Shimoliy Amerikada amalda bo'lgan ANSI-41 magistral bazaviy tarmoqlar asosida qurilgan 3G-standartlar texnik spetsifikatsiyalarini ishlab chiqish bilan shug'ullanadigan tashkilot.

8-PSK (8-Phase Shift Keying) 8 ta pozitsiyali Fazaviy Manipulyatsiyalash, bunda bitta simvol uchta bitlar bilan uzatiladi.

AMPS (Advanced Mobile Phone System) – Takomillashtirilgan Mobil Aloqa Tizimi. FDMAga asoslangan va 800 MGs chastotada ishlaydigan analog tizim. Kanalning kengligi 30 kGs.

Bluetooth – mobil aloqa telefonlari, PK, noutbuklar va boshqa periferiya qurilmalari orasidagi simsiz ulanish standarti. Ilmiy-tibbiy asoslar ishlatadigan 2,45 GGs bo'sh chastotada kichik masofali (10 metrgacha) kanallardan foydalanish ko'zda tutiladi.

BS (Base Station) - bazaviy stansiya.

BSC (Base Station Controller) - bazaviy stansiya kontrolleri.

BTS (Base Transciever Station) - bazaviy stansiya qabullagich-uzatkichi.



CDMA (Code Division Multiple Access) – kod bo'yicha ajratishli ko'p tomonlama ulanish.

CDMA2000 1xEV-DO (CDMA2000 1xData Only) - CDMA2000 1-nchi evolyutsiya, faqat ma'lumotlar.

CDMA2000 1xEV-DV (CDMA2000 1xEvolution Data and Voice) - 1-nchi evolyutsiya, ma'lumotlar va ovoz. Maksimal tezlik 3-5 Mbit/sgacha, 1,25 MGs kanaldagi normal uzatish qobiliyati 1 Mbit/sni tashkil etadi.

CDMAOne – qabul qilish uchun 824-849 MGs chastotalar diapazonini, uzatish uchun 874-899 MGs chastotalar diapazonini ishlatadigan to'liq raqamli diapazon.

Cell - Sota, yacheyka

CEPT (Conference of European Post and Telecommunications) – 19 ta Evropa davlatlari tomonidan 1959 yilda ta'sis etilgan Evropa Pochta va Aloqa Konferensiyasi

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) – simsiz aloqa raqamli mikrosotali tizim

DS-CDMA (Direct Sequence CDMA) – kanallar kod bo'yicha ajratiladigan va spektr to'g'ridan-to'g'ri kengaytirishli ko'p stansiyali ulanish

DSSS (Direct Sequence Spread Sequence) – spektrni to'g'ri ketma-ketlik usuli orqali kengaytirish. Dastlabki ikkilik signal tashuvchini modulyatsiyalash uchun psevdotasodifiy ketma-ketlikka o'zgartiriladigan keng polosali signalni shakllantirish usuli.

EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution), shuningdek UWC-136 (amaliy tezlik - 384 kbit/sek, nazariy erishiladigan tezlik - 473,6 kbit/sek).

FCC (Federal Communication Commission) – Federal aloqa komissiyasi (FAK). 1934 yilda tashkil etilgan va chastotalar resurslarini taqsimlanishiga javobgar AQSh hukumati organi. FCCning shtab-kvartirasi Vashingtonda joylashgan.

FDD (Frequency Division Duplex) – chastota bo'yicha ajratiladigan ikki tomonlama aloqa.

FDMA (Frequency Division Multiple Access) – chastota bo'yicha ajratiladigan ko'p tomonlama ulanish

GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network) – radiulanishli GSM/EDGE tarmog'i.

GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) – bitta simvol bit bilan uzatiladigan Minimal Gauss Manipulyatsiyalash.

GPRS (General Packed Radio Services) – paketlar kommutatsiyalanadigan radio tizimlari. GPRS ko‘pincha GSM-IP (GSM Internet Protocol) sifatida aytiladi.

GPS (Global Positioning System) – global pozitsiyalash tizimi.

GSM (Global System for Mobile communications) – Global mobil aloqa tizimi, mobil aloqa raqamli tizimi. 900, 1800 va 1900 MGs chastotalarni ishlatadigan sotali aloqa standarti. GSM texnologiyasini standartlashtirishga mas’ul Yevropa elektr aloqa standartlashtirish instituti (ETSI). GSM TDMA texnoogiyani ishlatadi.

GSM 1800 - 1800 MGs chastotadagi GSM raqamli standarti, shuningdek DCS 1800 yoki PCN sifatida ma’lum.

GSM 1900 - 1900 MGs chastotadagi GSM raqamli standarti, shuningdek PCS sifatida ma’lum.

GSM 900 - 900 MGs chastotadagi GSM raqamli standarti Yevropa va Osiyoning 100 dan ortiq davlatlarida tarqalgan.

HSWD (High Speed Wireless Data) – yuqori tezlikli ma’lumotlarni simsiz uzatish.

IMT-2000 (International Mobile Telecommunications - 2000) – telekommunikatsiyalar xalqaro mobil qurilmalari 2000. Bu tashabbusga muvofiq IMT xususiy tarmoqlar va umumiy foydalanishdagi tarmoqlarda qayd etilgan va mobil tizimlar foydalanuvchilariga xizmat ko‘rsatadigan sun’iy yo‘ldoshli va yer usti tizimli orqali global telekommunikatsion infratuzilmaga radioulanishni ta’minlash xizmatlari standartini ishlab chiqadi. Boshqacha aytganda, bu uchinchi avlod aloqa xizmatlari hisoblanadi.

IMT-SC (IMT-2000 Single Carrier) UWC-136 standarti loyihasi spetsifikatsiyalariga asoslanadi, unda tizimning juft chastotalar polosalarida ishlashi shartlarida mavjud TDMA tizimining imkoniyatlarini bosqichma-bosqich kengaytirish aniqlangan.

IMT-TC (IMT-2000 Time-Code) – XEAIda taqdim etilgan standart bo‘lib, vaqt bo‘yicha dupleks surilishli (TDD) TDMA/CDMA kanallar kodli-vaqt bo‘yicha ajratilishiga asoslangan va juft bo‘lmagan chastotalar polosalarida aloqani tashkil etish uchun mo‘ljallangan.

IPIU (International Portable User Identity) – xalqaro abonent kodini tanish.

ITU (International Telecommunication Union) – Xalqaro Elektr Aloqa Ittifoqi. Bu tashkilot global telekommunikatsion tarmoqlar va

interfeyslarni davlat va xususiy tashkilotlar foydalanishini boshqaradi. Tashkilotning shtab-kvartirasi Jenevada (SHveysariya) joylashgan.

ITU-R (International Telecommunication Union – Radio communication) - Xalqaro Elektr Aloqa Ittifoqining radioaloqa sektori. 1993 yilda tashkil etilgan va radioaloqa bo'yicha halqaro maslahat qo'mitasining (RHMQ) merosxo'ri hisoblanadi.

ITU-T (International Telecommunication Union - Telecom Standartization) – Xalqaro Elektr Aloqa Ittifoqining telekommunikatsiyalar sohasida standartlashtirish sektori. 1993 yilda tashkil etilgan va telegrafiya va telefoniya bo'yicha xalqaro maslahat qo'mitasining (TTHMQ) merosxo'ri hisoblanadi.

JDC (Japanese digital cellular) – yapon raqamli sotali tizim.

MC-TDMA (Multi-Carrier TDMA) – ko'p chastotali TDMA. Vaqt bo'yicha ajratishli ko'p stansiyali ulanish aralash texnologiyasi, bunda har bir kanal chastotasi va kadrdagi vaqt intervali nomeri bilan xarakterlanadi.

OQPSK (Offset Quadrature Phase-Shift Keying) – surilishli kvadraturali fazaviy manipulyatsiyalash.

$p/4$  DQPSK – to'rtta  $\{-p/4; p/4; -3p/4; 3p/4\}$  simvollardan kodlarni ishlatadigan fazaviy manipulyatsiyalash, ulardan har biriga  $\{00, 01, 10, 11\}$  ma'lumotlar ikkita biti moslikka qo'yiladi.

TDD (Time Division Duplex) – vaqt bo'yicha ajratishli ikki tomonlama aloqa. Bitta kadrning turli vaqt intervallarida qabul qilish va uzatish kanallari zichlashtirilgan bitta aloqa liniyalari bo'yicha ma'lumotlarni almashlash usuli. TDD rejimi piko- va mikrosotalarda qo'llash uchun mo'ljallangan, bunda abonentlar cheklangan bo'shliqda uncha yuqori bo'lmagan tezlikda harakatlanadi.

TDMA (Time Division Multiple Access) - vaqt bo'yicha ajratishli ulanish.

TD-SCDMA (Time Division Synchronous Code Division Multiple Access) – sinxron vaqt-kod bo'yicha ajratishli ulanish.

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) - Tranking radioaloqa. Bu standart vaqt o'tishi bilan barcha mavjud turli tranking aloqa analog standartlarini almashtirish maqsadlarida Yevropa telekommunikatsion standartlar instituti (ETSI) doirasida yaratilgan.

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) - Universal Mobil Telekommunikatsion Tizim bo'lib, unda ma'lumotlarni uzatish tezligi 120km/soatgacha tezlikda harakatlanishda 384 kbit/sekundgacha va 10km/soatgacha tezlikda

harakatlanishda 2 mbit/sekundgachani tashkil etadi. Bu standart Evropa uchun uchinchi avlod sotali aloqa standarti, ETSI ishlab chiqqan.

UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) - UTRA radiointerfeysi asosida qurilgan radioulanish yer usti tarmogʻi.

UWC-136 (Universal Wireless Communications-136 - universal mobil kommunikatsiyalar) – ishlanmani muvofiqlashtirish boʻyicha UWCC shugʻullandi. Standart, u EDGE boʻlib, asosan IS-136 DAMPS/TDMA standartda oʻz xizmatlarini taklif etadigan oʻz xizmatlarini taklif etadigan operatorlarning soddalashtirilgan migratsiyalanishi uchun ishlab chiqilgan. IMT-2000 boʻyicha bu standart IMT-SC deyiladi.

WAP (Wireless Application Protocol) – bepul litsenziyalanmaydigan simsiz aloqa protokoli boʻlib, kengaytirilgan mobil telefoniya tizimlarini yaratishga va mobil telefonlardan Internet sahifalarga ulanishni olishga imkon beradi.

WARC (World Administrative Radio Conference) – Radiochastotalar boʻyicha butundunyo maʼmuriy konferensiyasi (Wideband code division multiple access) – kanallar kod boʻyicha ajratiladigan keng polosali koʻp stansiyali ulanish.

WLL (Wireless Local Loop) – simsiz abonentlar liniyalari. Eng tez-tez ishlatiladigan abonentlar ulanish texnologiyalarini belgilanishi.

## ADABIYOTLAR

1. Ибраимов Р.Р. Мобильные системы связи. Учеб. пос., ТУИТ, 2004.-273 с.
2. Григорьев В.А, Лагутенко О.И., Распаев ЮА. Сети и системы радиодоступа М.: Эко-Трендз, 2005, 384 с.
3. Арипов А.Н., Арипов И.М. Цифровые радиорелейные системы передачи.- Т."Sharq", 2015.-432 с.
4. Павлов Н.М., Устинов С.А. Прошлое, настоящее и будущее атмосферных оптических линий передачи // Вестник связи.-2002. - № 2.- С.56 - 59.
5. Гауэр Дж. Оптические системы связи. Пер. с англ. М.: Радио и связь. 1991г.
6. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. М.: Эко-Трендз Ко, 1997.-238 с.
7. Д Денисов. Технологии 5G-сетей.  
<http://nag.ru/articles/article/30498/tehnologii-5g-setey.html>
8. T. Nakamura. RAN Evolution Beyond Release 12. – NTT DoCoMo, Inc. LTE WorldSummit. 25 June 2013.
9. Зингеренко Ю.А. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. Спб.: СпбГУ ИТМО, 2005. 143 с.
10. Макоева М. М., Шинаков Ю. С. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для вузов – М.: Радио и связь, 2002.
11. Нефдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения. Связь и бизнес, М,2000.
12. Кааранен Х. Сети UMTS: архитектура, мобильность, сервисы. Техносфера, Мир связи 2008.
13. И.Шахнович. Современные технологии беспроводной связи. Техносфера, Москва, 2006.
14. Основы ортогонального доступа с частотным разделением каналов (OFDMA)  
<http://www.intuit.ru/department/network/hscomnet/>
15. V.Tikhvinskiy, S.Terentiev, A.Yurchuk. LTE mobile networks technologies and architecture. Ecotrends, Moscow, 2010.
16. Системы спутниковой связи. Под. ред. Л.Я. Кантора: Учеб. пособие для вузов . – М.: Радио и Связь, 1992.

17. А.Гладченков. Спутниковые технологии VSAT и информационная безопасность сети. Lan №9, 2007/
18. Принципы спутниковой навигации. <https://www.glonass-iac.ru/guide/navfaq.php>
19. Вишневский В., Ляхов А., Портной С, Шахнович И. Широкополосные беспроводные сети передачи информации М.: Эко-Трендз, 2005, 592 с.
20. Цифровое радиовещание.<http://www.onair.ru/>
21. С. Г. Рихтер «Цифровое радиовещание». «Горячая Линия – Телеком» (2012), 352 стр.
22. Хаос персональных радиотехнологий не убивает Bluetooth - <http://www.cnews.ru/reviews/free/wireless2006/articles/bluetooth.shtml>
23. Балонин Н.А., Сергеев М.Б. Беспроводные персональные сети на основе ZigBee. Учебное пособие. Санкт-Петербург. 2012г.
24. Что такое Wireless USB.<https://mcgrp.ru/article/1526-что-такое-wireless-usb>
25. Bluetooth,NFC, RFID.<http://knowledge.allbest.ru/programming/>
26. Стандарты беспроводной связи. <http://mybiblioteka.su/6-90785.html>
27. Технология RFID. <http://hundure.ru/rfid.htm>
28. Когнитивное радио — первые опыты. <https://habrahabr.ru/post/154805/>
29. Петр Чачин. На повестке дня — когнитивное радио. <https://www.pcweek.ru/>
30. Отчета МСЭ-R SM.2152. Что такое когнитивное радио (CRS)? <http://www.rfcmd.ru/pub/2699>
31. Мобильная связь пятого поколения 5G.[www.Rooferrunion.ru](http://www.Rooferrunion.ru).
32. Ericsson. Аналитический доклад. 284 23-3204 Uen|Июнь 2013 г. Технологии мобильной связи пятого поколения (5G).
33. Георгий Орлов. Будущее беспроводных технологий. [www.Infox.ru](http://www.Infox.ru).
34. METIS - европейский проект 5G. [www.metis2020.com](http://www.metis2020.com).
35. Казарян Р.А., Оганесян А.В., Погосян К.П., Милютин Е.Р. Под ред. Р.А. Казаряна. Оптические системы передачи информации по атмосферному каналу. М.:Радио и связь, 1985.-208с.

36. Милютин Е.Р., Гумбинас А.Ю. Статистическая теория атмосферного канала оптических информационных систем. М.: Радио и связь, 2002.

37. Особенности применения атмосферных оптических линий связи// Лазер-информ, №12 (243), 2002, С.13-17.

## Mundarija

Kirish.....	3
1- bob. Simsiz aloqa tizimlari asoslari.....	6
1.1. Radioaloqani tashkil etish tamoyillari.....	6
1.2. Kanallar va to‘lqinlarning tarqalishi.....	12
1.3. Simsiz aloqada antennalar.....	19
1.4 Ko‘p tomonlama ulanish texnologiyalari.....	28
1.5 Signalni modulyatsiyalash turlari.....	45
2- bob. Mobil radiotelefon aloqasi.....	72
2.1 Sotali aloqa tizimlarining rivojlanishi.....	72
2.2. Mobil radioaloqa tizimlarida tasniflash, qurish tamoyillari va chastotaviy rejalashtirish.....	78
2.3. Harakatdagi radioaloqa sotali tizimlari standartlari. Ikkinchi avlod standartlari.....	85
2.4. Uchinchi avlod sotali tizimlari.....	89
2.5. 4G sotali aloqa tizimlari konsepsiyasi.....	96
2.6. OFDM va OFDMA texnologiyalari.....	100
2.7. LTE standarti.....	111
2.8 Mobil aloqaning istiqbolli texnologiyalari .....	120
3- bob. Radioreleli va sun‘iy yo‘ldoshli aloqa. Sun‘iy yo‘ldoshli navigatsiya.....	127
3.1. Radioreleli aloqa. Raqamli RRLlarning tasniflanishi va qo‘llanilishi sohalari.....	127
3.2. Sun‘iy yo‘ldoshli aloqani tashkil etish va ESY orbitalari.....	132
3.3. Sun‘iy yo‘ldoshli navigatsiya.....	142
4- bob Simsiz keng polosali ulanish texnologiyalari.....	146
4.1 Wi-Fi (IEEE 802.11) standarti.....	146
4.2. WiMAX (IEEE 802.16) standarti.....	152
5- bob. Boshqa simsiz aloqa turlari.....	159
5.1. Peyjing va tranking aloqa.....	159
5.2. Raqamli televidenie va radioeshittirish.....	164
5.3. Bluetooth, HomeRF, ZigBee, NFC va Wireless USB aloqa texnologiyalari.....	179
5.4 Radiochastotaviy identifikatsiyalash.....	193
5.5. Kognitiv radio.....	196
5.6 Ochiq optik uzatish tizimlari.....	200
Glossariy .....	207
Adabiyotlar .....	213



## “Simsiz aloqa tizimlari va dasturlari” fanidan darslik

(Telekommunikatsiya texnologiyalari – 5350100 ta’lim yo‘nalishi uchun)

Mobil aloqa texnologiyalari kafedrasida majlisida muhokama etildi (26-majlis bayonnoma, 27.02.2018 y.) va ko‘rib chiqish uchun tavsiya qilindi

Telekommunikatsiya texnologiyalari fakulteti ilmiy-uslubiy kengashida muhokama etildi, nashr etishga va universitet ilmiy-uslubiy kengashi tavsiya qilindi (7-sonli yig‘ilish bayonnoma, 06.03.2018 y.)

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU

ilmiy-uslubiy kengashi tomonidan

chop etishga tavsiya qilindi

( 9(110) sonli bayonnoma, 2018 yil «20»04).

Tuzuvchilar :

R.R.Ibraimov,

D.A. Davronbekov,

M.O.Sultonova,

E.B.Tashmanov

U.T. Aliyev

Korrektor

S.Abdullayeva

Mas’ul muharrir:

T.D. Radjabov

Bosishga ruxsat etildi\_\_\_\_\_

Bichimi 60x84 1/16. bosma tabog‘i

Adadi      Buyurtma №

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

“Nashr-matbaa” bo‘limida chop etildi.

Toshkent shahar, A.Temur ko‘chasi, 108-uy.