

**ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРОТЛАШТИРИШ АГЕНТЛИГИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**Радиотехника ва
радиоалоқа
кафедраси**

Ахборот узатиш радиотехник тизимлари

курси бўйича маърузалар тўплами

**«5522000 - Радиотехника»
йўналиши талабалари учун**

Тузувчи: А.А. Ярмухамедов

Тошкент 2011 й.

МУНДАРИЖА

1.	1-Маъруза. Ахборот узатиш радиоалоқа тизимларининг вазафаси ва ўрни. АУРТ ҳақида қисқа тарихий маълумотлар. Ахборот, хабар, сигнал. АУРТ структуравий схемаси ва унинг қисмлари бажарадиган вазифалар. АУРТ ларини классификациялаш. Асосий характеристикалари.....	4
2.	2-Маъруза. Хабарларнинг математик моделлари. Хабар ва сигналларни вектор шаклида тасвирлаш.....	10
3.	3-Маъруза. Узлуксиз сигналларни дискретизациялаш ва қайта тиклаш. Узлуксиз сигналларни рақамли сигналга айлантириш.....	25
4.	4-Маъруза. Алоқа каналлари. Умумий тушнучалар. Узлуксиз каналларда сигналларнинг бузилиши. Алоқа каналларида ҳалақитлар. Алоқа каналларнинг математик моделлари.....	34
5.	5-Маъруза. Ахборот назариясининг асосий вазифалари. Дискрет хабарларда ахборот миқдори. Дискрет хабар манбаи энтропияси. Хабарларнинг ортиқчалиги.....	40
6.	6-Маъруза. Дифференциал энтропия. Эпсилон – энтропия. Узлуксиз хабарларда ўзаро ахборот. Ҳалақитли дискрет каналларнинг хабар ўтказиш қобилияти.....	46
7.	7-Маъруза. Аддитив шовқинли узлуксиз алоқа каналининг хабар ўтказиш қобилияти. Ҳалақитли каналлар учун кодлаш теоремаси.....	54
8.	8-Маъруза. Статистик назария асосида қарор қабул қилишга асосланган сигналларни оптимал фарқловчини синтез қилиш. Сигнални когерент ишлаш асосида хабар узатиш тизими. Сигнални некогерент ишлаш асосида хабар узатиш тизими. Фаза модуляцияси орқали хабар узатиш тизими.....	62
9.	9-Маъруза. Сўнишли алоқа каналларида сигналларни яқкалаб қабул қилишнинг ҳалақитбардошлиги ва мустаҳкамлиги. Сўнишли каналларда мураккаб сигналлардан фойдаланиш. Оқ шовқинсиз каналлар орқали ахборотни адаптив узатиш радиотизими.....	91
10.	10-Маъруза. Хатоликни тузатувчи кодларни яратиш усуллари. Кодларни турларга ажратиш. Блокли кодларнинг хатоликни тузатиш хусусиятлари ва асосий характеристикалари. Блокли кодлар. Кодларни қуриш. Йиғма кодлар.....	103
11.	11-Маъруза. Кенг полосали шовқинсимон сигналлар узатишга асосланган радиотехник тизимларнинг ҳалақитбардошлиги.....	112
12.	12-Маъруза. Тасодикийсимон кодлар кетма – кетлиги. Кенг полосали сигналлардан алоқа ва бошқарув тизимларида фойдаланиш.....	120
13.	13-Маъруза. Кўп станция орқали алоқа ўрнатиш принципини сигналларни вақт бўйича ажратиш тизими. Сигналларни частоталари орқали ажратиш. Асинхрон манзилли тизимлари.....	126
14.	14-Маъруза. Синхронизациялаш тизимининг тузилиши ва асосий характеристикалари. Синхронизация тизимининг ишлашини алоқа	

	тизими ишлаш сифатига боғлиқлиги. Фаза синхронизацияси. Такт синхронизацияси. Даврий синхронизация. Кадр синхронизацияси. Кенг полосали сигналлар алоқа тизимида синхронизация.....	141
15.	15-Маъруза. Сунъий йўлдош орқали алоқа тизими таркиби ва фойдаланиш соҳалари. Ер сунъий йўлдоши орбитаси ва унинг хизмат кўрсатиш ҳудуди.....	149
16.	16-Маъруза. Алоқа тизимида кўп станциялар орқали кириш ва сигналларни ажратиш усуллари.....	167
17.	17-Маъруза. Сунъий йўлдош орқали алоқа линиялари энергетикаси. СЙА тизимида бортдаги қабуллаш ва қайта узатиш қурилмаси. СЙА тизимидаги Ер станциялари. VSAT станциялари алоқа тармоғи. Шахсий ҳаракатдаги СЙА тизими. СЙА тизимининг келажак ривож ва умумлашган характеристикалари.....	184
18.	18-Маъруза. Сотали алоқа тизимининг ривожланиш босқичлари. Сотали алоқа тизимининг ишлаш принципи. Сотали ҳаракатдаги алоқа тизимларида сигналларнинг кўп нурли тарқалиши таъсирига қарши тадбирлар. Сотали ҳаракатдаги аналог тизимлар. Сотали ҳаракатдаги рақамли тизимлар. Сотали ҳаракатдаги CDMA тизими.....	212
19.	ҚИСҚАРТМА ЛУҒАТЛАР.....	256
20.	АДАБИЁТЛАР.....	257

1-МАЪРУЗА.

АХБОРОТ УЗАТИШ РАДИОАЛОҚА ТИЗИМЛАРИНИНГ ВАЗАФАСИ ВА ЎРНИ. АУРТ ҲАҚИДА ҚИСҚА ТАРИХИЙ МАЪЛУМОТЛАР. АХБОРОТ, ХАБАР, СИГНАЛ. АУРТ СТРУКТУРАВИЙ СХЕМАСИ ВА УНИНГ ҚИСМЛАРИ БАЖАРАДИГАН ВАЗИФАЛАР. АУРТ ЛАРИНИ КЛАССИФИКАЦИЯЛАШ. АСОСИЙ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ.

РЕЖА:

1. Ахборот узатиш радиоалоқа тизимларининг вазафаси ва ўрни.
2. АУРТ ҳақида қисқа тарихий маълумотлар.
3. Ахборот, хабар, сигнал.
4. АУРТ структуравий схемаси ва унинг қисмлари бажарадиган вазифалар.
5. АУРТ ларини классификациялаш.
6. Асосий характеристикалари.

Ахборот – бу бирор бир объект тўғрисида маълумотлар йиғиндисидир. Ахборотни сақлаш, ишлов бериш ва ўзгартириш учун ахборотни у ёки бу шаклда тақдим этиш имконини берувчи шартли белгилардан фойдаланилади (масалан, ҳарфлар, математик белгилар, расмлар, тўлқин чизиқлар, сўзлар).

Муайян шаклида ифодаланган узатиш учун мўлжалланган ахборот хабар дейилади (телефондаги хабар, телеграф ҳарфлари ва рақамлари ва ҳ.з.)

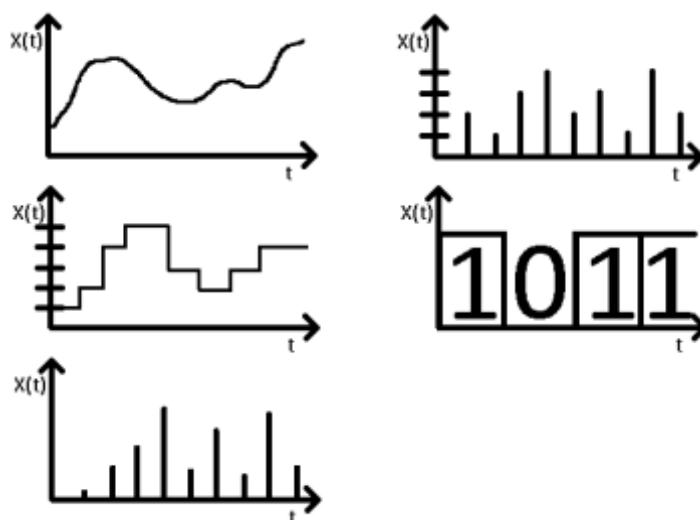
Манбадан қабул қилувчига хабарларни узатиш учун физик жараёнлардан, масалан, товуш ва электромагнит тўлқинлар, ток ва ҳ.з.

Хабарни акс эттирувчи физик жараён сигнал, деб аталади. Табиатига кўра сигналлар электр, товушли, нузли ва шунга ўхшаш бўлиши мумкин. Маълумотларни узатиш радио техник тизимларда электр сигналлардан фойдаланилади.

Шунинг учун электриклик хусусиятга эга бўлмаган хабарларни узатишда улар ўзгартирувчилар (микрофонлар, узатувчи телевизион трубкалар, ҳарорат датчиклари, босим датчиклари ва ҳ.з.) ёрдамида электр тебранишларга ўзгартирилади. Бу электр сигналлар бирламчи сигналлар деб аталади.

Исталган бирламчи сигнал $X(t)$ вақт функцияси ҳисобланади. Сигналларнинг қуйдаги турлари мавжуд(1.1-расм):

- 1) сатхи ва вақтига кўра узлуксиз (аналогли);
- 2) сатхи бўйича узлуксиз ва вақтига кўра дискрет;
- 3) сатх бўйича дискрет ва вақти бўйича узлуксиз;
- 4) сатхи ва вақтига кўра дискрет;
- 5) рақамли.

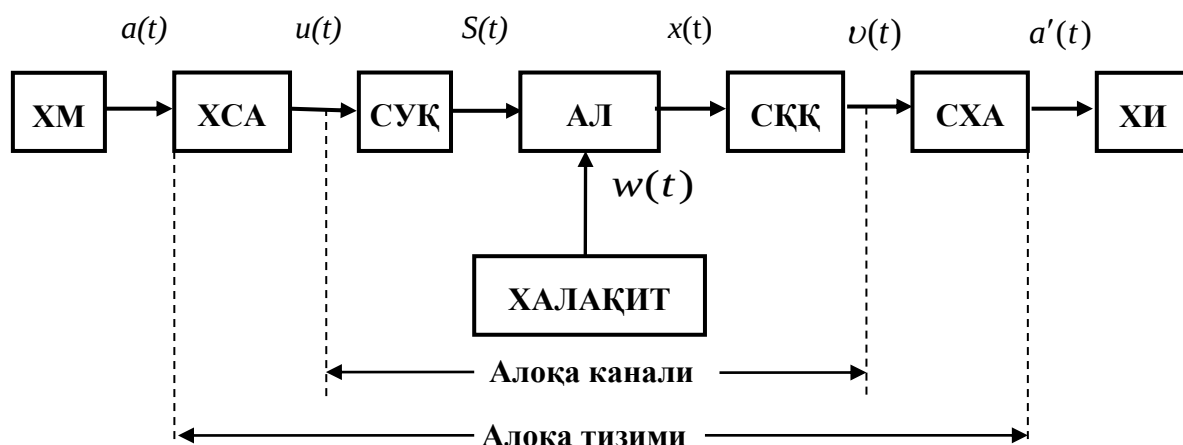


1.1-расм. Бирламчи сигналларни турлари.

Узатилиши керак бўлган хабарлар, ё тасодифий катталиқ, ёки тасодифий функция бўлиши мумкин. Олдиндан маълум хабарлар ҳеч қандай ахборотга эга эмас ва уларни узатиш шарт эмас.

Ахборотни манбадан ахборот олувчига етказиб бериш учун фойдаланиладиган техник қурилмалар алоқа тизими деб аталади (1.2-расм). Алоқа тизими: хабар манбаи (ХМ), хабарни электр сигналга айлантириш қурилмаси (ХСА), сигнал узатиш қурилмаси (СУҚ), алоқа линияси (АЛ), сигнал қабуллаш қурилмаси (СҚҚ), электр сигнални хабарга айлантириш (СХА) қурилмаси ва хабар истеъмолчи (ХИ)дан иборат.

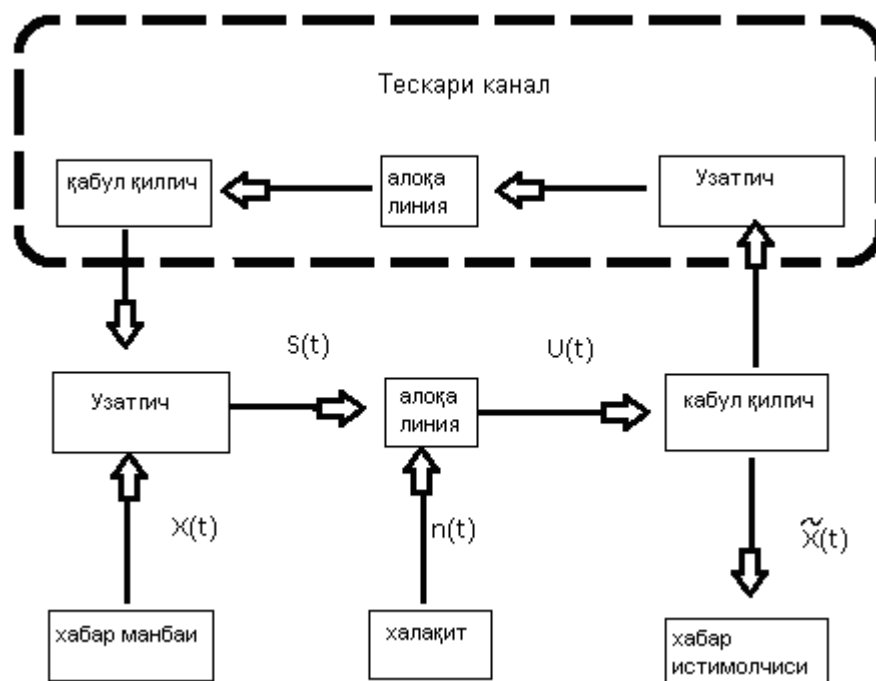
Умумий кўринишдаги алоқа тизимисининг структуравий схемаси кўйидаги кўринишга эга:



1.2-расм. Алоқа тизимининг структуравий схемаси.

ХМ – Хабар манбаи;
ХСА – Хабарни сигналга айлантиргич;
СУҚ – Сигнал узатиш қурилмаси;
АЛ – Алоқа линияси;
СҚ Қ – Сигнал қабуллаш қурилмаси;
СХА – Сигнални хабарга айлантиргич;
ХИ – Хабар истеъмолчиси;
АТ – Алоқа тизими;
 $a(t)$ – Узатилган хабар;
 $u(t)$ – Бирламчи электр сигнали;
 $S(t)$ – Алоқа линияси орқали узатиладиган сигнал;
 $x(t)$ – Сигнал ва ҳалақит;
 $v(t)$ – Сигнал қабуллаш қурилмаси чиқишидаги сигнал;
 $a'(t)$ – Қабул қилинган хабар.

Ахборотни узатишнинг радиотехник тизимларининг умумлаштирилган структуравий схемасини кўриб чиқамиз (1.3-расм).



1.3-расм. Ахборотни узатишнинг радиотехник тизимларининг умумлаштирилган структуравий схемасини.

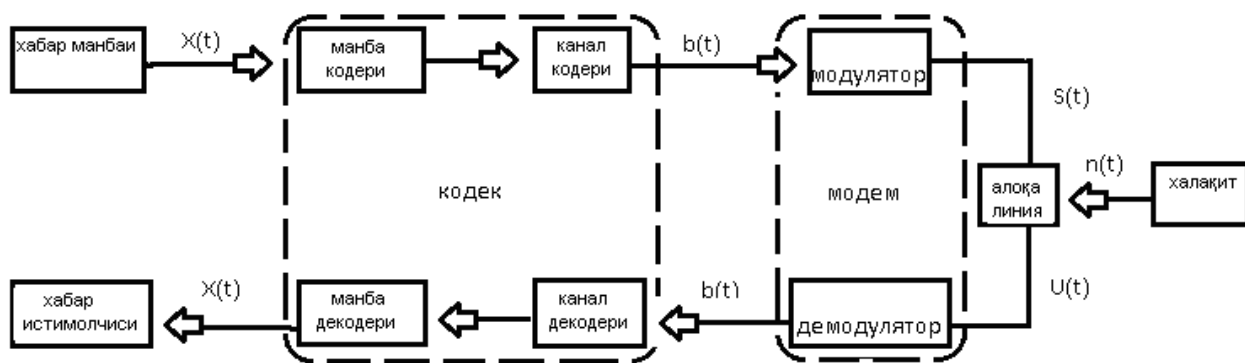
Алоқа тизими деганда ахборотни узатиш учун мўлжалланган техник воситалар тўплами (бунга хабар манбаи ва хабарни қабул қилувчи ҳам киради) тушунилади.

Хабар манбаи - бу хабарлар ансамбли ичидан хабарни танлаб олувчи қурилма (датчик, ЭХМ, инсон ва ҳ.з.)

Хабарлар турига кўра дискрет ва узлуксиз хабарлар мавжуд.

Узатувчи қурилма $X(t)$ хабарни $S(t)$ сигналга айлантиради ва у алоқа линияси бўйича тарқалади. Умумий ҳолларда бу қурилма кодлаш тури ва модуляция операцияларини бажаради.

Дискрет хабарларни узатиш тизимининг структуравий схемаси (1.4-расм).



1.4-расм. Дискрет хабарларни узатиш тизимининг структуравий схемаси.

Узлуксиз хабарларини рақамли усул билан узатиш учун узатувчи қурилма вақт бўйича дескретизация ва даража бўйича квантлаш операцияларини амалга оширади.

Тор маънода кодлаш дискрет хабарни муайян қоида бўйича амалга оширадиган кодли сигналлар кетма-кетлигига ўзгартиришни англатади.

Кодлаштиришнинг ушбу қоидаси бўйича амалга ошириладиган кодли кетма – кетликнинг барчаси кодни ҳосил қилади.

Кодлаштиришда қўланиладиган символлар тўплами кодли алфавит дейилади, уларнинг сони эса коднинг асоси деб аталади.

Кодли комбинацияда символлар сони бир хил ёки турлича бўлиши мумкин. Шунинг учун бир текис ва бир текис бўлмаган кодлар мавжуд. Бир текис коднинг кодли комбинациясида символлар сони код узунлиги дейилади. Хабарларнинг бир хил ансамблини турли усулар билан кодлаштириш мумкин.

Табиийки, энг яхши код деб, - биринчидан, кодли комбинация бўйича бирламчи хабарни қайта тиклаш имкони бўлган, иккинчидан битта хабарни тақдим этиш учун минимал сонли сигналлар талаб қилинади.

Биринчи талабни қондирувчи, барча кодли комбинациялари бир-биридан фарқ қилувчи ва тегишли хабарларга боғлиқ кодлар дейилади.

Иккинчи талабни қондирувчи кодлар тежамкорлиги билан фарқланади.

Шундай қилиб хабарларни тежамлиги код билан тақдим этиш мақсадга мувофиқ бўлар эди. Кодлаштириш ахборотни узатиш ишончилигини таъминлайди. Барча кодлар оддий ва хатога бардошли турларга бўлинади.

Оддий кодлар мавжуд барча кодлардан тузлган. Ушбу кодлар битта символнинг иккинчи символга айланиши бошқа комбинацияга олиб келади, яъни аниқлаб бўлмайдиган хатонинг пайдо бўлишига олиб келади.

Хатога бардошли кодларда мавжуд барча кодли комбинацияларнинг маълум бир қисмигина қўлланилади. Шу сабабли қабул қилинган комбинацияларда хатони топиш ва уни тузатиш имкони пайдо бўлади, бу эса ахборотни узатиш ишончлилигини оширишга ёрдам беради.

Кодлаштириш вазифаларига кўра кодлаштирувчи қурилмалар (кодерлар) икки хил бўлади: манба учун кодерлар ва канал учун кодерлар.

Манба учун кодерларнинг вазифаси – хабарларни тежамли тақдим этиш, иккинчи кодерларнинг вазифаси хабарларни ишончли узатишни таъминлаш.

Бирламчи сигналларнинг, қоидага кўра частотаси паст бўлади ва уларни фақат симли алоқа линиялари орқали узатиш мумкин.

Хабарларни радиоканаллар орқали узатиш учун юқори частотали тебранишлардан фойдаланилади. Бунинг учун модулятор ёрдамида модуляция операцияси амалга оширилади, яъни бир ёки бир неча юқори частотали тебранишлар параметрлари узатилаётган хабар қонуни бўйича ўзгаради.

Алоқа линияси – сигналларини узатиш учун қўлланиладиган муҳит. Радиолинияларда электромагнит тўлқинлар передатчик (узатувчи қурилма)дан приёмник (қабул қилувчи қурилма)дан тарқаладиган муҳитнинг қисми муҳит сифатида хизмат қилади.

Реал тизимда сигнал ҳалақитлар мавжуд бўлса узатилади. Сигнал ҳалақит берувчи ва унинг қабул қилинишини қийинлаштирувчи исталган таъсир ҳалақит (шовқин) дейилади. Агар сигнал билан қўшилса аддитив деб аталади:

$$U(t) = S(t) + n(t) \quad (1.1)$$

Агар кўпайтирилса мультипликатив, деб аталади:

$$U(t) = M(t) * S(t) \quad (1.2)$$

Реал алоқа линияларида ҳам аддитив, ҳам мультипликатив ҳалақитлар амал қилади;

$$U(t) = M(t) * S(t) + n(t) \quad (1.3)$$

Ҳалақитлар қуйидагича таснифланади:

- 1) Флуктуацион;
- 2) Импульсли;
- 3) Гармоник (тор полосали);

Қабул қилувчи қурилманинг асосий вазифаси – узатилаётган хабарни қабул қилинган сигналдан ажратиб олиш. Умумий ҳолларда бу қабул қилинган сигнал устида демодуляция ва декодлаш операцияларини бажариш билан амалга оширилади.

Ахборотни узатиш тизимлари қуйидаги белгилар асосида таснифланади:

Каналлар сонига қараб:

- а) бир каналли
- б) кўп каналли

каналлардан фойдаланиш режимига қараб:

- а) бир тарафлама алоқа тизими,
- б) симплекс алоқа тизими,
- в) икки ёқлама (дуплекс) алоқа тизими,

Узатилаётган хабарлар тури бўйича:

- дискрет хабарларни узатиш тизими;
- узлуксиз хабарларни узатиш тизими,

Узатилаётган хабарларнинг вазифасига кўра:

- телефон орқали;
- телеграф орқали;
- фототелеграф орқали;
- телевизион;
- телеметрик;
- телебошқариш;
- маълумотларни узатиш тизими.

Радиотўлқинларнинг тарқалиш механизмига кўра:

- ноносферали;
- троносферали;
- метеорли;
- космик.

Хабарлар, сигналлар ва ҳалақитларни тақдим этиш ва ўзгартириш усуллари.

Назорат саволлари.

1. Ахборот узатиш радиоалоқа тизимларининг вазафаси ва ўрни.
2. АУРТ ҳақида қисқа тарихий маълумотлар.
3. Ахборот, хабар, сигнал.
4. АУРТ структуравий схемаси ва унинг қисмлари бажарадиган вазифалар.
5. АУРТ ларини классификациялаш.
6. Асосий характеристикалари.
7. Ахборот, хабар, сигнал деганда нимани тушунасиш?
8. Сигналлар вақт функцияси сифатида қандай турларга бўлинади?
9. Сигналлар қайси кўрсаткичлари билан баҳоланади?
10. Рақамли сигнал деганда нимани тушунасиш?
11. Дискретизация ва квантлаш нима?
12. Алоқа каналларининг асосий хоссалари нималардан иборат?
13. Кодлаш нима? Код асоси деганда нимани тушунасиш? Декодлаш нима?
14. Модуляция, демодуляция деганда нимани тушунасиш?
15. Ташувчи сифатида қандай сигналлардан фойдаланиш мумкин?
16. Ҳалақитбардошлик деганда нимани тушунасиш?
17. Ҳалақитнинг қандай турларини биласиз?
18. Аддитив ҳалақит нима? Ҳалақитнинг қайси турлари аддитив ҳалақитга киради? Мультипликатив ҳалақит нима?

2-МАЪРУЗА.

ХАБАРЛАРНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАРИ. ХАБАР ВА СИГНАЛЛАРНИ ВЕКТОР ШАКЛИДА ТАСВИРЛАШ.

РЕЖА:

- 1.Хабарларнинг математик моделлари.
- 2.Хабар ва сигналларни вектор шаклида тасвирлаш.

Ахборотни узатиш тизимларини анализ ва синтиз қилиш масалаларини ҳал қилишда хабарларнинг математик моделлари кенг қўлланилади. Дискрет хабарларнинг математик модели сифатида тасодифий дискрет кетма – кетлигик хизмат қилади $\{ X_j \}$, унинг тасодифий жараёни, аниқланиши ва қийматлари соҳаси дискрет кўпликни ташкил этади: $\{ X_j \} = a_1, a_2 \dots a_n$

Хотирасиз дискрет манба учун Бернулли кетма-кетлиги асосидаги математик моделдан фойдаланилади.

Ушбу кетма-кетлик учун X_j тасодифий катталиклар мустақил бўлиб, эҳтимоллик алфавитидаги қийматларни олади:

$$P(a_r) = P_{r,r} = 1, \dots, m \quad (2.1)$$

Хотирали дискрет манба учун тобё элементли тасодифий дискреткетликдан фойдаланилади ва эҳтимоллар тизимига соزلанади:

$$P(X_{j+1}, X_{j+2}, \dots, X_{j+n}) = P(X_{j+2}/X_{j+1}) \dots P(X_{j+1}/X_{j+N-1}, \dots, X_{j+1}) \quad (2.2)$$

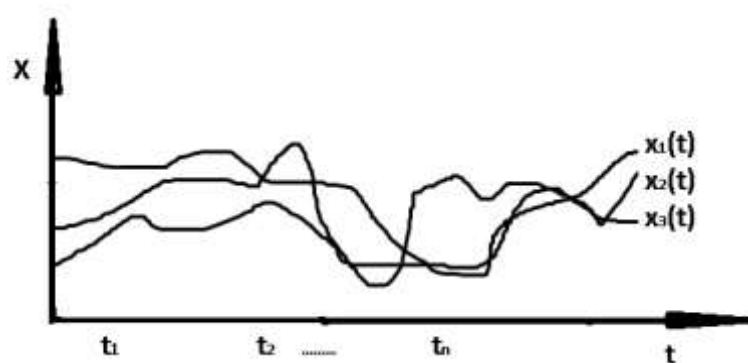
Бу ерда, $x_{j+k}^{(rk)}$ - кетма - кетлик элементи, j - дискрет вақтнинг бошланғич лаҳзаси, $P(x_{j+k}^{(rk)}/x_{j+k-1}^{(rk-1)}, \dots, x_{j+1}^{(r1)}) = a_{rk}$ дв сигнали манбаи чиқишида t_{j+k} вақт лаҳзасининг $a_{rk-1}, \dots, a_{r1}$ кетма-кетлик олдинги символлари бўлганлиги шарти бажарилгандаги пайдо бўлиш эҳтимоли юқори индекс символининг алфавитдаги тартиб рақами, пастки индекс вақтни билдиради.

Агар статистик таъриф j вақтни ҳисоблаш бошига боғлиқ бўлмаса дискрет манба стационар дейилади.

Узлуксиз хабар узлуксиз тасодифий жараённинг $x(t)$ математик модели ҳисобланади. Уни таърифлаш учун n -ўлчовли тақсимот функцияси ёки $n \rightarrow \infty$ бўлганда эҳтимоллик зичлигидан фойдаланилади (2.1-расм).

Тақсимлаш функцияси:

$$F_n(X_1, X_2, \dots, X_n; t_1, \dots, t_n) = P\{x(t_1) \leq X_1, x(t_n) \leq X_n\} \quad (2.3)$$



2.1-расм. Тасодикий жараёнлар.

Тақсимлашнинг кўп ўлчамлиги қонунларини аниқлаш қийин, кўпинча эса бунинг умуман иложи йўқ. Кўп ҳолларда амалий вазифаларни ечиш учун бир ўлчамли ёки икки ўлчамли қонунларни билиш кифоя бўлади.

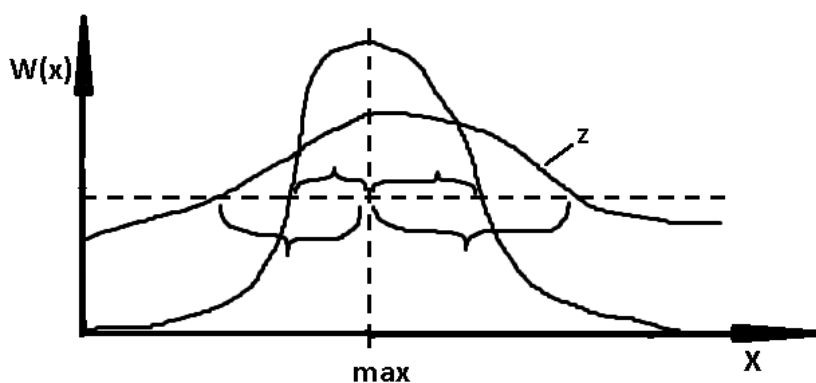
$$F(x, t) = P\{x(t) \leq x\} \quad (2.4)$$

$$F_2(x_1, x_2; t_1, t_2) = P\{x(t_1) \leq x_1, x(t_2) \leq x_2\} \quad (2.5)$$

$$W_2(x_1, x_2; t_1, t_2) = \frac{\partial^2 F(x_1, x_2; t_1, t_2)}{\partial x_1 \partial x_2} \quad (2.6)$$

Айрим ҳолларда тасодикий жараённинг соддароқ характеристикаси-лаҳзалик функциясидан фойдаланиш етарли бўларди. Реал хабарлар, қоидага кўра ностационар ҳисобланади, яъни унинг статистик таърифи (тақсимлаш функцияси, эҳтимоллик зичлиги) вақтнинг бошланғич ҳисобида боғлиқ бўлади, бироқ реал хабарларни хабарларни яхши тасвирлайди. Хабарларни стационар модели сифатида кўпинча Гаус тасодикий жараён қўлланилади (2.2-расм).

$$W(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \cdot e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} \quad (2.7)$$



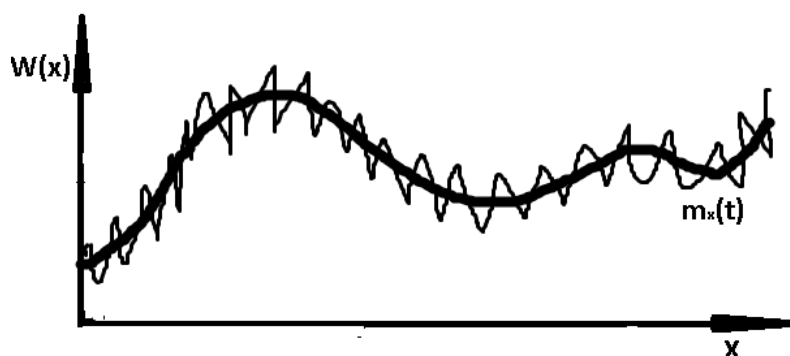
2.2-расм. Гаус тақсимот қонуни.

Ушбу модел нуткли ва телевизион хабарларни, шунингдек телеметрлаштирилган жараёнларнинг айрим турларини яхши тасвирлайди. Лаҳзалик функциялар орасида қуйидагилар кенг қўлланилади:

1. Тасодифий жараённинг математик кутилиши.
2. Тасодифий жараён дисперсияси.
3. Тасодифий жараённинг корреляцион функцияси.

Тасодифий жараённинг математик кутилиши (2.3-расм).

$$m_x(t) = M\{x(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) * W(x, t) dx \quad (2.8)$$



2.3-расм. Тасодифий жараённинг ўрта қиймати.

Тасодифий жараён дисперсияси.

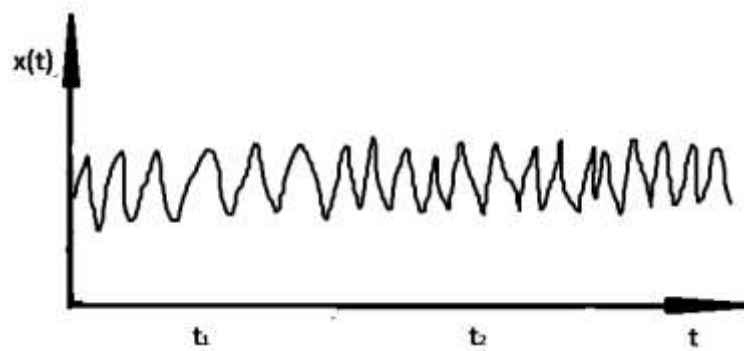
$$D_x(t) = M\{x(t) - m_x(t)^2\} = \int_{-\infty}^{+\infty} (X(t) - M_x(t))^2 w(X; t) dx \quad (2.9)$$

Коррекция функция:

$$R_x(t_1, t_2) = \iint_{-\infty}^{\infty} [x(t_1) - m_x(t_1)][x(t_2) - m_x(t_2)] W(x_1, x_2, t_1, t_2) dx_1 dx_2 \quad (2.10)$$

Автокорреляцион функция:

$$R_x(t_1, t_2) = \iint_{-\infty}^{\infty} x(t_1) * x(t_2) W(x_1, x_2, t_1, t_2) dx_1 dx_2 \quad (2.11)$$



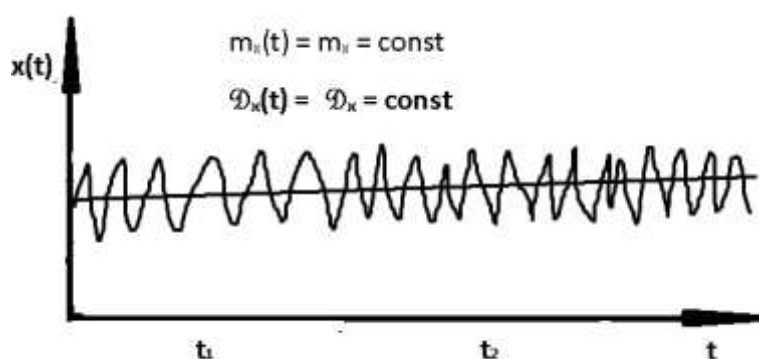
2.4-расм. Тасодифий жараённинг автокорреляцион функцияси аниқлаш учун вақт диаграмма.

Тасодифий жараённинг автокорреляцион функцияси битта жараённинг икки кесишмасинининг статистик боғлиқлиги (ўхшашлиги) даражасини кўрсатади (2.4-расм). Бундан ташқари иккита тасодифий жараённинг статистик боғлиқлигини аниқлаш учун ўзаро корреляцион функциядан фойдалланилади:

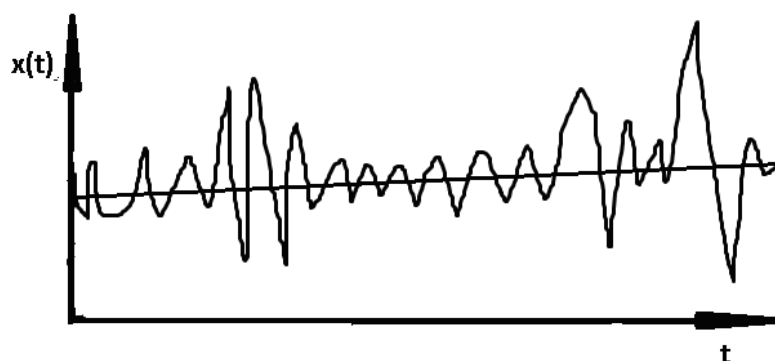
$$R_{xy}(t_1, t_2) = \iint_{-\infty}^{\infty} x(t_1) * y(t_2) W(x, y, t_1, t_2) dx dy \quad (2.12)$$

Стационар тасодифий жараёнлар учун қуйидаги тенгламалар бажарилади (2.5-расм):

$$\begin{aligned} m_x(t) &= m_x = \text{const} \\ D_x(t) &= D_x = \text{const} \\ R_x(t_1, t_2) &= R_x(t_1 - t_2) = R_x(\tau) \end{aligned} \quad (2.13)$$



2.5-расм. Стационар тасодифий жараён.



2.6-расм. Ностационар тасодифий жараён.

Ностационар тасодифий жараён.

Сигналлар вава шовқинлар хабарлари модели сифатида кўпинча “эргодик” тасодифий жараёнлардан фойдаланилади.

Унинг учун статистик ўртачалаш йўли билан топилган барча характеристикалар вақт бўйича ўртачалаш йўли билан топилган битта реализацияланган характеристикасига мос келади:

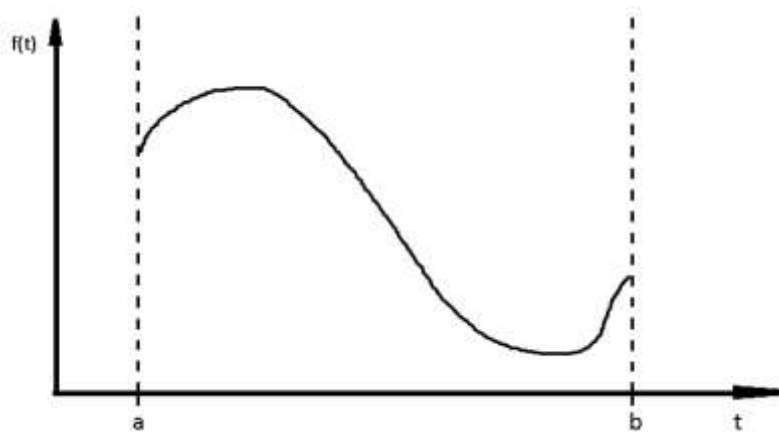
$$m_x(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) dt \quad (2.14)$$

$$D_x(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T/2}^{T/2} [x(t) - m_x(t)]^2 dt \quad (2.15)$$

$$R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T/2}^{T/2} [x(t) - m_x(t)] * [x(t + \tau) - m_x(t)] dt \quad (2.16)$$

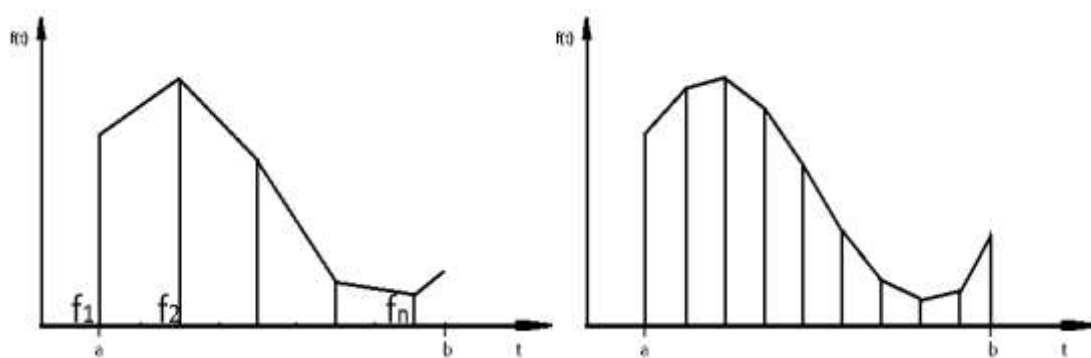
Хабар ва сигналларни вектор шаклида тасвирлаш.

Ахборатнинг замонавий назариясида хабарлар ва сигналларни таҳлил қилиш ва уларни ўзгартириш учун геометрик тақдимот кенг қўлланилади. Бунда сигнал муайян бир фазо элементи сифатида кўриб чиқилади. $f(t)$ аналогли сигнал $[a,b]$ интервалда берилган бўлсин (2.7-расм):



2.7-расм. $f(t)$ аналогли сигнал $[a,b]$ интервалда.

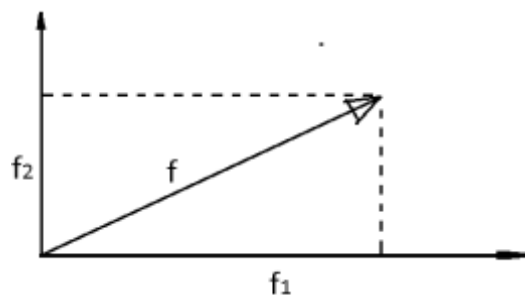
Агар $[a,b]$ вақт оралиғини бир хил бўлакка бўлсак ва ушбу сигнал ҳисобларини олсак, рақамли шаклга ўтказиб M нуқталар, $f=(f_1, f_2, \dots, f_n)$ қийматлар қатори кўринишда ёзиб чиқсак, унда f ни n – ўлчамли вектор сифатида тақдим этиш мумкин (2.8-расм):



2.8-расм. Дискрет сигналларнинг вақт диаграммалари.

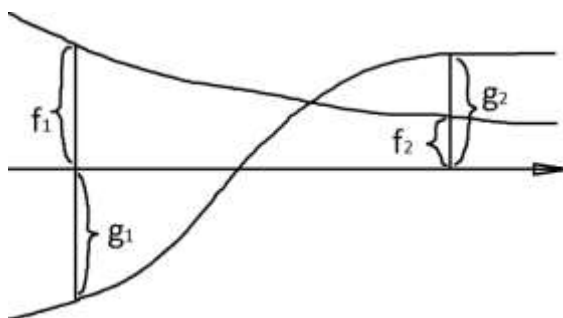
Кўриниб турганидек, n даража катталашиши билан $f(t)$ функцияга яқинлашади, агар n ни чексиз катта сонга оширсак, $f(t)$ да мавжуд барча ахборот f векторга ўтади.

Икки ўлчамли фозода жойлашган икки ўлчамли векторни кўриб чиқамиз. f_1 ва f_2 вектор компонентлари деб аталади (2.9-расм).



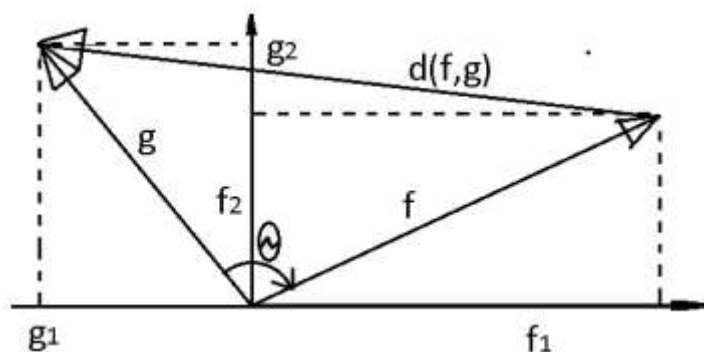
2.9-расм. Икки ўлчамли фозода жойлашган икки ўлчамли вектор.

Иккита $f(t)$ ва $g(t)$ сигналлар берилган бўлсин, ушбу сигналлардан иккитадан f_1 ва f_2 қийматларни оламиз (2.10-расм).



2.10-расм. Икки сигнал диаграммаси.

Ҳар бир сигнал 2тадан элементга эга икки ўлчамли f ва g векторларни аниқлаймиз (2.11-расм).



2.11-расм. Икки сигнал вектори.

F ва g векторларнинг вектор нормаси деб ҳам аталувчи абсолют қийматни аниқлаймиз.

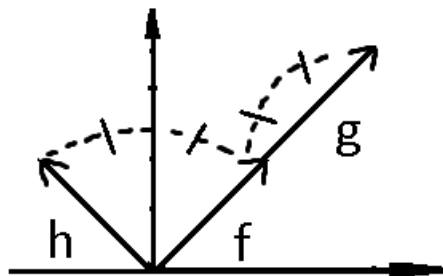
$$\|f\| = \sqrt{f_1^2 + f_2^2} \qquad \|g\| = \sqrt{g_1^2 + g_2^2} \qquad (2.17)$$

F ва g векторлар орасидаги масофани аниқлаймиз:

$$d(f, g) = \|f - g\| = \sqrt{(f_1 - g_1)^2 + (f_2 - g_2)^2} \quad (2.18)$$

Масофа – бу векторлар орасидаги алоқа кучини аниқловчи параметрлардан биридир.

Эта f , g и h , векторларни кўриб чиқамиз, ва g и h векторлари f вектордан бир хил узоқликда жойлашган (2.12-рasm) g ва h векторларнинг f вектордан узоқлиги бир хил бўлса ҳам f ва g векторлар ўртасидаги алоқа кучли, чунки g ва f векторларнинг йўналиши бир хил векторлар орасидаги алоқани ифодалаш учун f ва g векторлар ўртасидаги скаляр кўпайтмадан фойдаланилади.



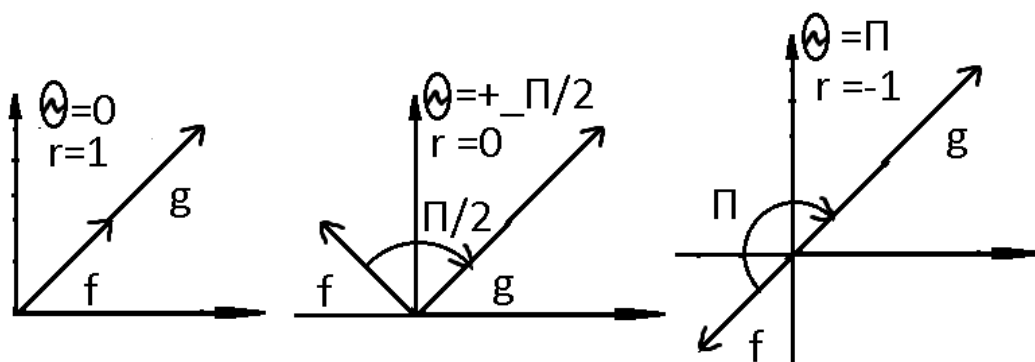
2.12-рasm. Учта вектор кўриниши.

$$\langle f, g \rangle = \|f\| * \|g\| * \cos \theta \quad (2.19)$$

$$\cos \theta = \frac{\langle f, g \rangle}{\|f\| * \|g\|} \quad (2.20)$$

$$r = \cos \theta = \frac{\langle f, g \rangle}{\|f\| * \|g\|} \quad (2.21)$$

r катталиқ коррелция коэффициентини деб аталади ва у f ва g векторлар ўртасидаги кучни алоқанинг улар орасидаги бурчак орқали ифодалайди (2.13-рasm).



2.13-расм. Вектор орқали коррелция коэффициентини аниқлаш.

Векторлар ўртасидаги скаляр кўпайтмани уларнинг компонентлари орқали ифодалаш мумкин.

$$\langle f, g \rangle = f_1 g_1 + f_2 g_2 \quad (2.22)$$

Векторнинг ўзига скаляр кўпайтмаси норма квадратига тенг:

$$\langle f, f \rangle = f_1^2 + f_2^2 = \|f\|^2 \quad (2.23)$$

$$r = \frac{f_1 g_1 + f_2 g_2}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2} \cdot \sqrt{g_1^2 + g_2^2}} \quad (2.24)$$

Ўзаро перпендикуляр векторлар жуфтлиги $\{\bar{v}_1, \bar{v}_2\}$ нинг скаляр кўпайтмаси 0. $\langle \bar{v}_1, \bar{v}_2 \rangle = 0$. га тенг бўлса ортогонал базис деб аталади. Бундан ташқари, агар $\|\bar{v}_1\| = \|\bar{v}_2\| = 1$ бўлса, унда бу жуфтлик ортонормалаштирилган базис деб аталади.

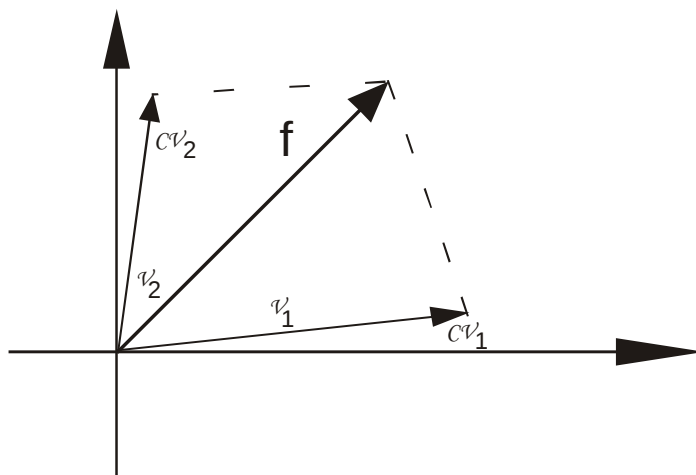
$\bar{f}$ векторни $\bar{v}_1$ и $\bar{v}_2$ ортонормалаштирилган базис векторлари ва C_1 ва C_2 коэффициентлари орқали ифодалаш мумкин.

$$\bar{f} = C_1 \bar{v}_1 + C_2 \bar{v}_2 \quad (2.25)$$

$C_1 \bar{v}_1$ ва $C_2 \bar{v}_2$ векторлари векторларининг проекцияси ҳисобланади (2.14-расм).

$$C_1 = \langle \bar{f}, \bar{v}_1 \rangle$$

$$C_2 = \langle \bar{f}, \bar{v}_2 \rangle$$



2.14-расм. Векторларнинг проекцияси.

N ўлчамли фазонинг $\vec{f} (f_1, f_2, \dots, f_N)$ вектори нормаси қуйидагича аниқланади:

$$\|f\| = \sqrt{f_1^2 + f_2^2 + \dots + f_N^2} = \sqrt{\sum_{k=1}^N f_k^2} \quad (2.26)$$

N-фазонинг ўлчамлик таъсиридан холи бўлиш учун норма меъёрлаштирилади ва N- ўлчамли фазонинг нормаси қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$\|f\| = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N f_k^2} \quad (2.27)$$

N-ўлчамли фазода ва векторлар формуласига масофа қуйидагича аниқланади:

$$d(f, g) = \|f - g\| = \sqrt{\sum_{k=1}^N (f_k - g_k)^2} \quad (2.28)$$

Векторларнинг скаляр кўпайтмаси:

$$\langle f, g \rangle = \|f\| \cdot \|g\| \cos \theta = \sum_{k=1}^N f_k g_k \quad (2.29)$$

Коррелляция коэффициенти:

$$\langle f, g \rangle = \|f\| \cdot \|g\| \cos \theta = \sum_{k=1}^N f_k g_k \quad (2.30)$$

Чексиз фазо ҳолатида ($a \leq t \leq b$) интервалида $f(t)$ функция нормаси қуйидаги нисбат орқали аниқланади:

$$\|f(t)\| = \sqrt{\int_a^b f^2(t) dt} \quad (2.31)$$

Бироқ $[a, b]$ интервал қанча катта бўлса, норманинг қиймати шунчалик катта бўлади, шунинг учун функция нормасини қуйидагича меъёрлаштириш қулай бўлади:

$$\|f(t)\| = \sqrt{\frac{1}{b-a} \int_a^b f^2(t) dt} \quad (2.32)$$

$F(t)$ ва $g(t)$ функциялар ўртасидаги масофа қуйидагича аниқланади:

$$d(f(t), g(t)) = \sqrt{\frac{1}{b-a} \int_a^b (f(t) - g(t))^2 dt} \quad (2.33)$$

$f(t)$ ва $g(t)$ функцияларнинг скаляр кўпайтмаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\langle f(t), g(t) \rangle = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(t) \cdot g(t) dt \quad (2.34)$$

$$\langle f(t), f(t) \rangle = \|f(t)\|^2 \quad (2.35)$$

$$r = \cos \theta = \frac{\langle f(t), g(t) \rangle}{\|f(t)\| \cdot \|g(t)\|} \quad (2.36)$$

$$r = \frac{\frac{1}{b-a} \int_a^b f(t) \cdot g(t) dt}{\sqrt{\frac{1}{b-a} \int_a^b f^2(t) dt} \cdot \sqrt{\frac{1}{b-a} \int_a^b g^2(t) dt}} \quad (2.37)$$

$\varphi_m(t)$, $k=0,1,2,\dots$, функциянинг чексиз сонига эга бўлайлик. Агар функцияларнинг ушбу оиласидаги исталган иккита функцияси $[a,b]$ интервалда ўзаро перпендикуляр бўлса, яъни $\langle \varphi_m(t), \varphi_n(t) \rangle = 0$, ($m \neq n$), унда ушбу функциялар оиласи ортогонал функциялар тизими деб аталади, нормаси 1га тенг бўлган функциялар бундан мустасно.

$\|\varphi_m(t)\| = 1$ бўлса, функцияларнинг ушбу функцияси ортонормалаштирилган тизим деб аталади. Функцияларнинг ортонормалаштирилган тизими ёрдамида $f(t)$ функцияни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$f(t) = C_0 \varphi_0(t) + C_{01} \varphi_1(t) + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} C_k \cdot \varphi_k(t) \quad (2.38)$$

$$C_k = \langle f(t), \varphi_k(t) \rangle = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(t) \cdot \varphi_k(t) dt, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (2.39)$$

Агар функцияларнинг ортонормалаштирилган тизими сифатида $\sin k\Omega t$ и $\cos k\Omega t$ ва функциялардан фойдалансак, унда исталган даврий сигнални Фурье қаторида жойлашиши кўринишида тасвирлашмиз мумкин. Фурье қаторларининг 3та шакли мавжуд:

1. Классик $\sin - \cos$ Фурьининг нотригонометрик қатори:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\Omega t + b_k \sin k\Omega t) \quad (2.40)$$

$$\Omega = 2\pi/T \quad (2.41)$$

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt \quad (2.42)$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cdot \cos k\Omega t dt \quad (2.43)$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cdot \sin k\Omega t dt \quad (2.44)$$

2. Фурьенинг амплитуда фазавий тригонометрик қатори:

$$f(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\Omega t - \varphi_k) \quad (2.45)$$

$$A_0 = a_0$$

$$A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \quad (2.46)$$

$$\varphi_k = \arctg b_k/a_k \quad (2.47)$$

3. Фурьенинг комплекс қатори:

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k \cdot e^{jk\Omega t}$$

$$C_k = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cdot e^{-jk\Omega t} dt \quad (2.48)$$

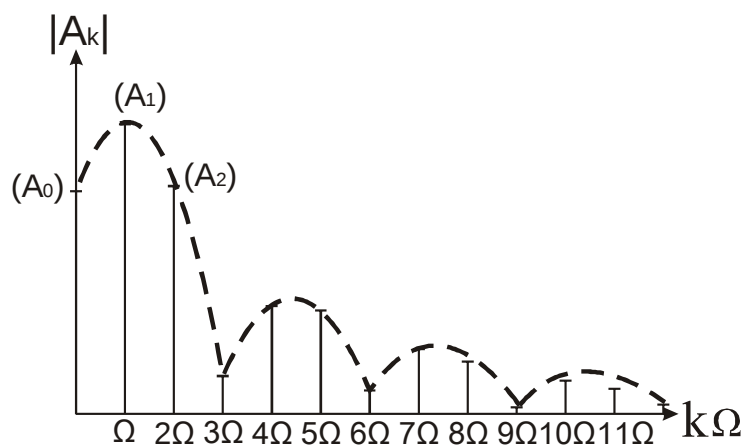
$$C_k = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cos k\Omega t - j \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin k\Omega t dt$$

$$|C_k| = \frac{\sqrt{a_k^2 + b_k^2}}{2} \quad (2.49)$$

$$C_k = \begin{cases} \frac{1}{2}(a_k - b_k), & k = 1, 2, 3, \dots \\ \frac{1}{2}a_0, & k = 0 \\ \frac{1}{2}(a_k + b_k), & k = -1, -2, -3, \dots \end{cases} \quad (2.50)$$

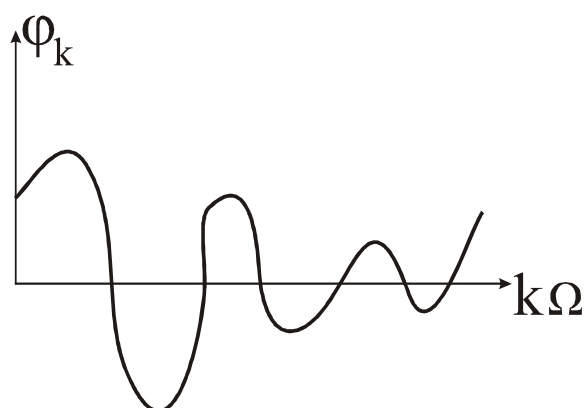
Юқорида қайд этилган Фурье қаторлари асосида даврий сигналларнинг спектрал тахлилини ўтказиш мумкин. Сигнал спектрининг 3та тури мавжуд.

1. Амплитуда спектри (2.15-расм).



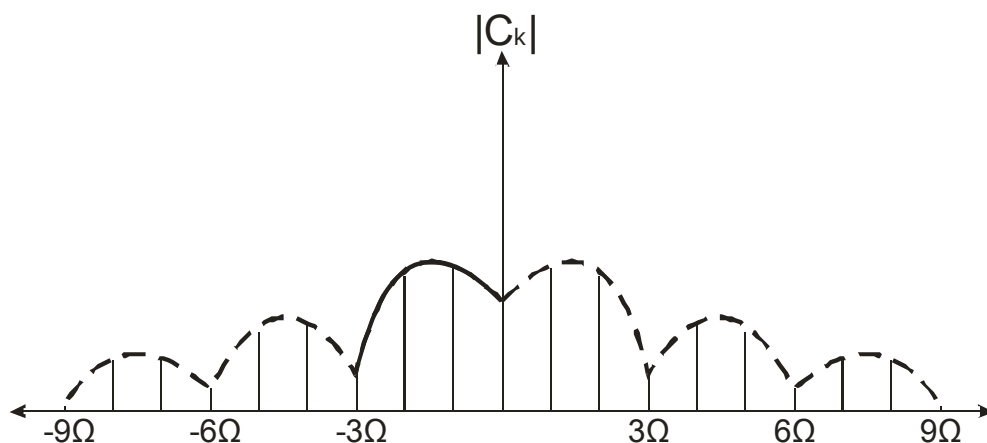
2.15-расм. Амплитуда спектри.

2. Фаза спектри (2.16-расм).



2.16-расм. Фаза спектри.

3. Қувват спектри (2.17-расм).



2.17-расм. Қувват спектри.

Назорат саволлари.

1. Тасодифий жараён деб қандай жараёнга айтилади?
2. Тасодифий жараённинг сонли характеристикаларини келтиринг?
3. Математик кутилманинг физик маъносини тушинтиринг?
4. Дисперсиянинг физик маъносини тушинтиринг?
5. Ўзаро корреляцион функция?
6. Автокорреляцион функция?
7. Тақсимот функцияларни келтиринг?
8. Нормал тақсимот қонунини математик ифодасини келтиринг?
9. Релей тақсимот қонунини математик ифодасини келтиринг?
10. Интеграл тақсимот қонунини математик ифодасини келтиринг?
11. Нормал тақсимот қонунига сигналларга зарраларни таъсирини флуктуацион шовқиннинг оний қийматлари бўйсунди.
12. Хабарларнинг математик моделлари.
13. Хабар ва сигналларни вектор шаклида тасвирлаш.
14. Даврий сигналларнинг спектрлари.
15. Стационар тасодифий жараёнлар деб қандай жараёнга айтилади?
16. Эргодик стационар жараёнлар деб қандай жараёнга айтилади?
17. Стационар тасодифий жараёнларнинг спектри?
18. Винер-Хинчен теоремаси ни келтиринг?
19. Фурьенинг тўғри алмаштириши?
20. Фурьенинг тескари алмаштириши?
21. Тасодифий жараённинг спектрал зичлиги?

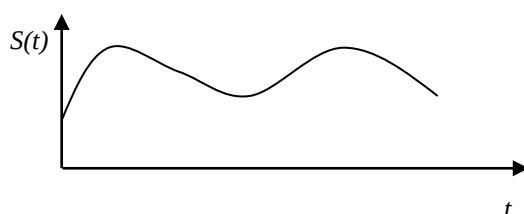
3-МАЪРУЗА.

УЗЛУКСИЗ СИГНАЛЛАРНИ ДИСКРЕТИЗАЦИЯЛАШ ВА ҚАЙТА ТИКЛАШ. УЗЛУКСИЗ СИГНАЛЛАРНИ РАҚАМЛИ СИГНАЛГА АЙЛАНТИРИШ.

РЕЖА:

1. Узлуксиз сигналларни дискретизациялаш ва қайта тиклаш.
2. Узлуксиз сигналларни рақамли сигналга айлантириш.

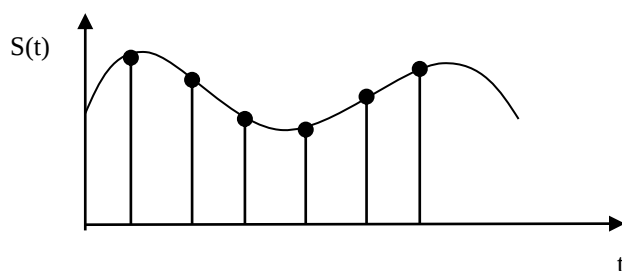
Узлуксиз сигнал берилган бўлсин (3.1 –расм).



3.1 –расм. Узлуксиз сигнал.

Умумий ҳолда узлуксиз сигналлар вақтнинг ҳар бир моментида узлуксиз узатилади.

Ҳар қандай $S(t)$ узлуксиз сигнални T интервалдан аниқ қабул қилиш (тиклаш) учун, унинг T интервалдаги ҳамма вақт нуқталаридаги оний қийматларини билиш лозимдир. Лекин маълум шартлар бажарилганда узлуксиз сигнални Δt ораликда олинган оний қийматлари тўплами бу узлуксиз сигнални тўлиқ ифодалаши мумкин (3.2 –расм).



3.2- расм. Вақт бўйича дискретланган сигнал

Маълум шартлар бажарилиб $K\Delta t$ вақт моментларида олинган сигналнинг оний қийматларида вақт бўйича дискретланган сигнал дейилади. Бундай дискретланган сигналлардан узлуксиз сигналларни қайта тиклаш мумкин.

Бу оний қийматлар узлуксиз сигнални керакли аниқлик билан ифодалаши (характерлаши) учун бу сигналнинг оний қийматлари тенг Δt ораликларида керакли частота (тезлик) билан олиниши лозим.

Δt оралық кандай олинши керек деган саволга Котельников теоремаси жавоб беради.

Котельников теоремаси.

Спектри чекланган (F_m , F_{max}) кандай узлуксиз сигналларни уларнинг $S(K\Delta t)$ санокли оний кийматлари орқали тўлиқ қайта тиклаш мумкин, агар Δt дискретлаш интервали қуйидагича аниқланса (олинса):

$$\Delta t = \frac{1}{2F_m} \quad (3.1)$$

F_m - узлуксиз сигнал спектрининг энг юқори частотаси.

$$f_o = \frac{1}{\Delta t} = 2F_m \quad - \text{дискретлаш частотаси.}$$

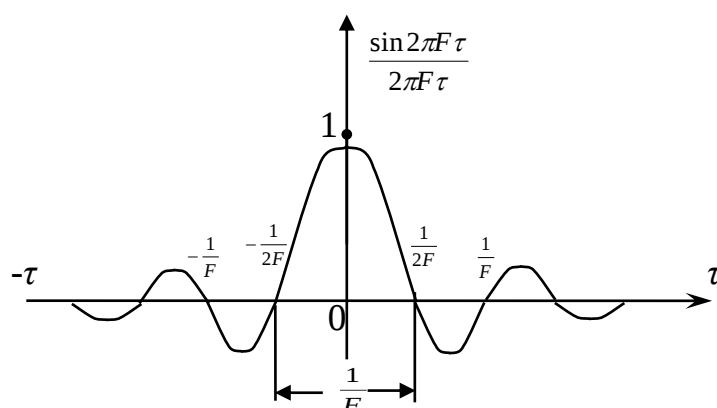
Бу теорема асосида узлуксиз сигналларни Котельников қатори кўринишда ифодалаш мумкин:

$$s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} S(k\Delta t) * \frac{\sin 2\pi F_m(t-k\Delta t)}{2\pi F_m(t-k\Delta t)} \quad (3.2)$$

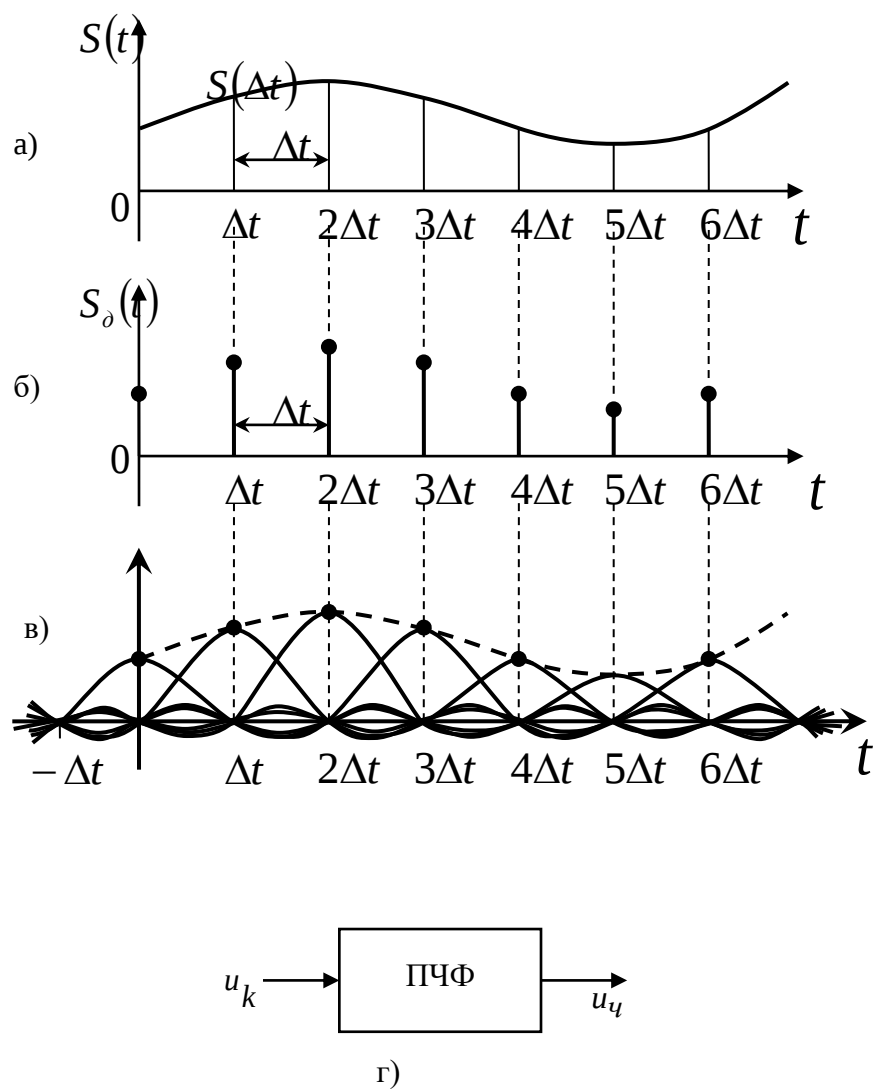
$S(K\Delta t)$ —Котельников қатори коэффициентлари ёки $K\Delta t$ вақт нуқталаридаги узлуксиз сигналнинг оний кийматлари.

$$\varphi_k(t) = \sum_k \frac{\sin 2\pi F_m(t-k\Delta t)}{2\pi F_m(t-k\Delta t)} \quad (3.3)$$

$\varphi_k(t)$ —Котельников қаторининг базис функциялари (3.3 –расм).

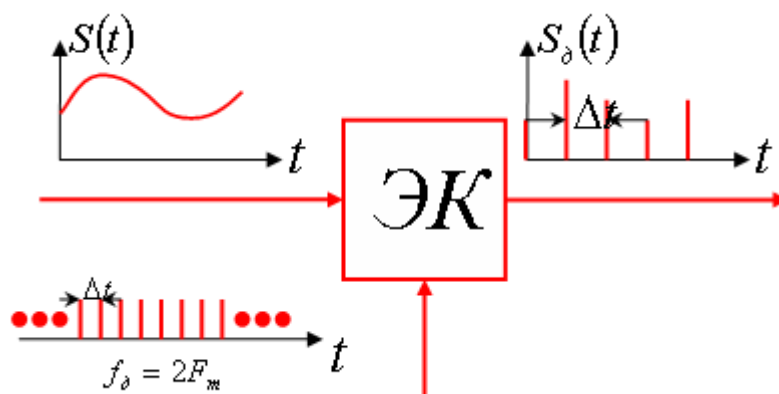


3.3-расм. Базис функциясининг графиги



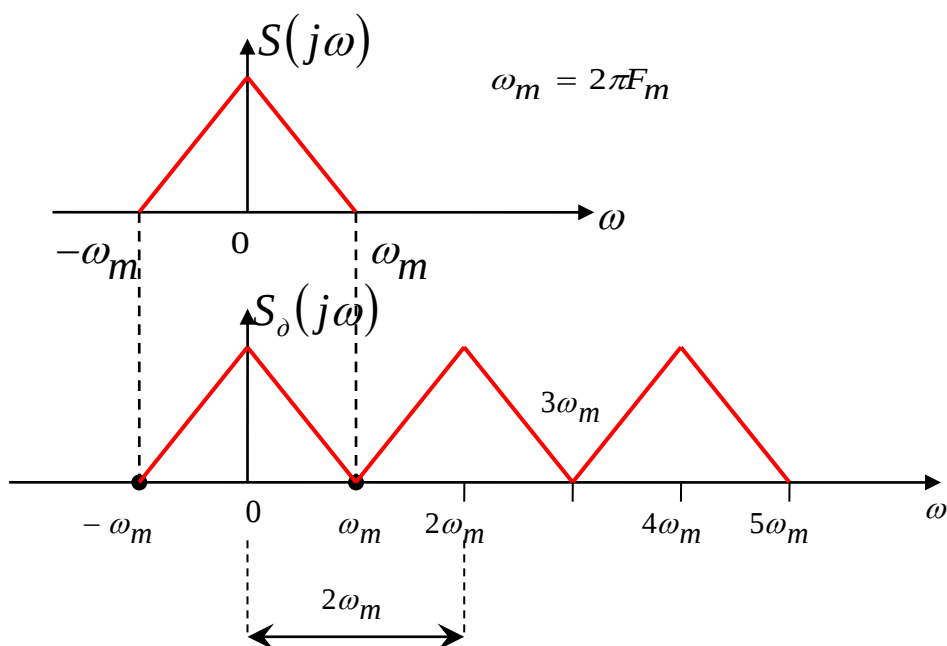
3.4- расм. а) узлуксиз сигнал, б) дискретланган сигнал, в) бирламчи сигналнинг қайта тикланиши, г) паст частоталар идеал фильтри.

Вақт бўйича дискретланган сигналлар ўзликсиз сигналлардан электрон калит ёрдамида ҳосил қилинади (3.5-расм).



3.5- расм. Электрон калит ёрдамида вақт бўйича дискретлаш жараёни

Вақт бўйича дискретланган сигнал спектрини кўриб чиқамиз (3.6-расм).



3.6-расм. Вақт бўйича дискретланган сигналларнинг спектр кўриниши.

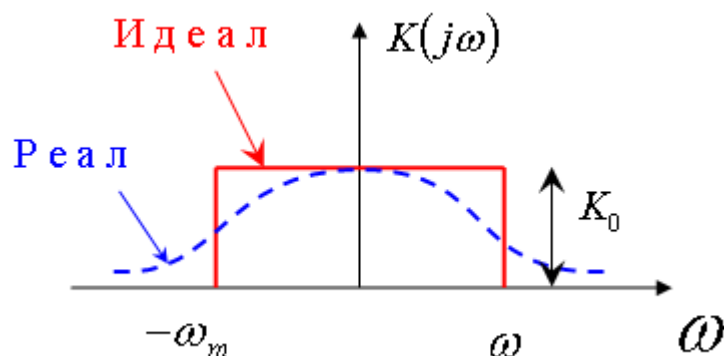
Юқори расмдан кўришиб турибдики вақт бўйича дискретланган сигналнинг спектри ўзликсиз сигналнинг спекторининг чексизта

копияларни йиғиндисидан иборат экан. Бу копиялар бир – бирдан $2\omega_m$ оралиқдан жойлашган экан.

Вақт бўйича дискретланган сигналлардан узлуксиз сигналларни қайта тиклаш.

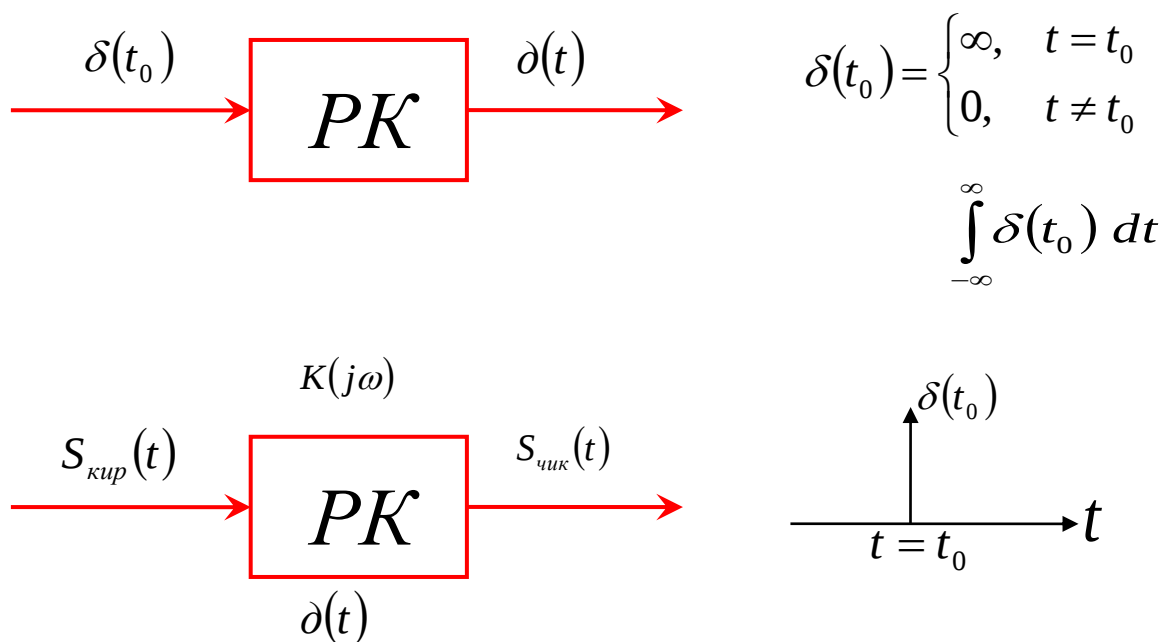
Вақт бўйича дискретланган сигналлардан ўзликсиз сигналларни қайта тиклаш учун идеал паст частотали филтр ишлатилади. Идеал паст частотали филтрнинг ўзатиш коэффиценти қўйидаги ифода ёрдамида аниқланади (3.7-расм):

$$K(j\omega) = \begin{cases} K_0, & -\omega_m \leq \omega \leq \omega_m \\ 0, & \omega < -\omega_m; \omega > \omega_m \end{cases} \quad (3.4)$$



3.7- расм. ИПЧФ нинг амплитуда – частота характеристикаси

Ҳар қандай радиотехник кўрилманинг импульс характеристикаси деб радиотехника кўрилманинг киришига $\delta(t_0)$ берилганда чиқишида ҳосил бўлган жовоб сигналига радиотехника кўрилманинг импульс характеристикаси деб аталади.



3.8- расм. РК га сигналларни таъсири

Ҳар қандай радиотехника кўрилманинг ўзатиш коэффиценти билан импульс характеристикаси бир – бирлари билан Фурье алмаштиришлар орқали боғланган.

$$K(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) \cdot e^{-j\omega t} dt \quad (3.5)$$

$$\delta(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega) \cdot e^{j\omega t} dt \quad (3.6)$$

Идеал паст частотали фильтрнинг импульс характеристикасини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned}
\vartheta(t) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K_0 \cdot e^{j\omega t} d\omega = \frac{K_0}{2\pi} \int_{-\omega_m}^{\omega_m} e^{j\omega t} d\omega = \frac{K_0}{2\pi} \cdot \frac{1}{jt} e^{j\omega t} \Big|_{-\omega_m}^{\omega_m} = \\
&= \frac{K_0}{2\pi} \cdot \frac{1}{jt} \left[e^{j\omega_m t} - e^{-j\omega_m t} \right] = \frac{K_0}{\pi t} \left[\frac{e^{j\omega_m t} - e^{-j\omega_m t}}{2j} \right] = \frac{K_0}{\pi t} \sin \omega_m t = \\
&= \frac{K_0}{\pi} \omega_m \frac{\sin \omega_m t}{\omega_m t}
\end{aligned} \tag{3.7}$$

$$K_0 = \frac{\pi}{\omega_m}; \quad \vartheta(t) = \frac{\sin \omega_m t}{\omega_m t} \tag{3.8}$$

Идеал паст частотали филтърнинг киришига келаётган вақт бўйича дискретланган сигнални математик ифодасини қўйидаги курунишда ёзиш мумкин:

$$S_{\delta}(t) = S(t) \cdot \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - k\Delta t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} S(k\Delta t) \cdot \delta(t - k\Delta t) \tag{3.9}$$

Идеал паст частотали филтърнинг чиқишидаги сигналнинг ифодасини аниқлаш учун Дюамель интегралдан фойдалинамиз:

$$S_{\text{чик}}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S_{\delta}(\tau) \cdot \vartheta(t - \tau) d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} S(k\Delta t) \cdot \delta(\tau - k\Delta t) \cdot \frac{\sin \omega_m(t - \tau)}{\omega_m(t - \tau)} d\tau \tag{3.10}$$

Ушбу интегрални ечиш учун $\delta(t_0)$ нинг филтёрлаш ҳоссасидан фойдалинамиз:

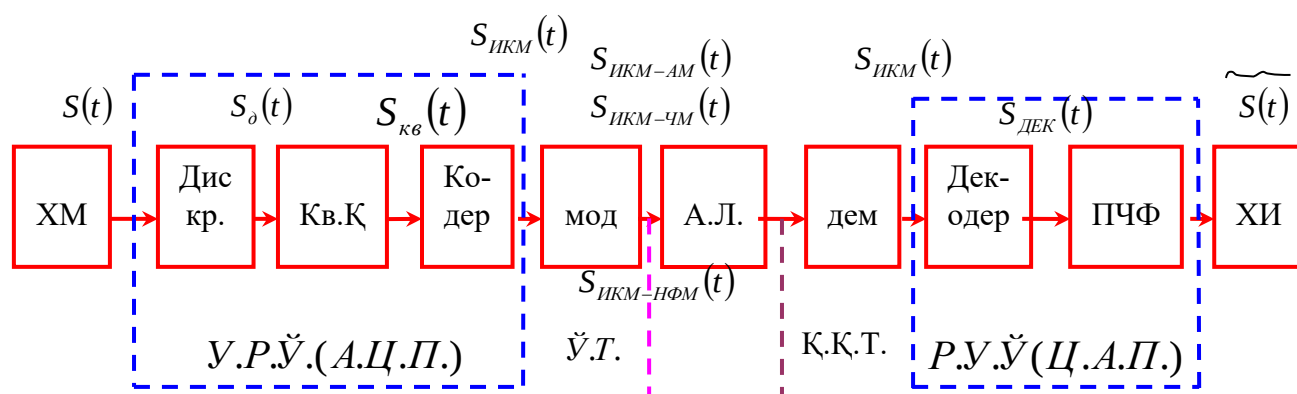
$$\int_{-\infty}^{\infty} S(t) \cdot \delta(t_0) dt = S(t_0) \tag{3.11}$$

$$S_{\text{чик}}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} S(k\Delta t) \cdot \frac{\sin \omega_m(t - k\Delta t)}{\omega_m(t - k\Delta t)} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} S(k\Delta t) \cdot \frac{\sin 2\pi F_m(t - k\Delta t)}{2\pi F_m(t - k\Delta t)} = S(t) \tag{3.12}$$

Ўзликсиз сигналларни рақамли холда ўзатиш учун рақамли модуляция тўрлари ишлатилади:

- 1) Импульс кодли модуляция – ИКМ.
- 2) Дельта модуляция – ДМ.
- 3) Деференциал импульс кодли модуляция – ДИКМ.
- 4) Адаптив дельта модуляция – АДМ.

ИКМ ўзатиш алоқа системаси структуравий схемасини кўриб чиқамиз (3.9- расм):



3.9- расм. ИКМ тизимининг структуравий схемаси.

- ХМ – Хабар манбаи.
- Дискр – Дискретизатор.
- КвҚ – Квантловчи қурилма.
- Мод – Модулятор.
- АЛ – Алоқа линия.
- Дем – Демодулятор.
- ПЧФ – Паст частотали филтер.
- ХИ – Хабар истемолчи.
- АРЎ – Аналого рақамли ўзгартиргич.
- РАЎ – Рақамли аналог ўзгартиргич.

Дискретизатор Котельников теоремасига асосланиб ўзликсиз сигнални вақт бўйича дискретланган сигналга айлантириб беради. Аммо бу сигналнинг оний қийматлари ўзликсиз қийматлар. Квантловчи қурилма вақт бўйича дискретланган сигналнинг ўзликсиз оний қийматларни сатҳи бўйича квантлаб ҳам. Сатҳ бўйича ҳам вақт бўйича дискрет сигналларга айлантириб беради.

Кодер ҳам сатҳ, ҳам вақт бўйича квантланган сигнални иккиламчи код ёрдамида кодлайди, яъни уни ИКМ. рақамли сигналга айлантириб беради.

Сигнални ўзоқ масофаларга ўзатиш учун ИКМ сигнал кушимча дискрет модуляция қилинади.

(ИКМ – АМ ; ИКМ – ЧМ ; ИКМ – НФМ).

Ўзатишган ва қабул қилинган ўзликсиз сигналлар умуман олганда улар айнан тенг эмасдирлар. Чунки ўзликсиз сигнал рақамли сигналга айлантираётган пайта сигналга дискретлаш квантлаш хатоликлари олдиндан киритилади.

Назорат саволлари.

1. Ўзликсиз сигналлар деб қандай сигналларга айтилади.
2. Ўзликсиз сигналларни вақт бўйича дискретлаш жараёни деб қандай жараёнига айтилади?
3. Вақт бўйича дискретлаш интервали сигналнинг қайси параметрига боғлиқ?
4. Дискретлаш частотаси қандай аниқланилади?
5. Дискретлаш жараёни оддий кўринишини келтиринг?
6. Дискрет сигналларни қайта тиклаш жараёнини тушинтиринг?
7. Базис функциясини ифодасини келтиринг?
8. Котельников теоремасини келтиринг?
9. Котельников қаторини ифодасини келтиринг?
10. Дискрет сигналларни қайта тиклаш учун қандай қурилма ишлатилади?
11. Ўзликсиз сигналларни қайта тиклаш.
12. Ўзликсиз сигналларни рақамли сигналга айлантириш.
13. Импульс кодли модуляция.
14. Дельта модуляция.
15. Деференциал импульс кодли модуляция.
16. Адаптив дельта модуляция.

4-МАЪРУЗА.

АЛОҚА КАНАЛЛАРИ. УМУМИЙ ТУШНУЧАЛАР. УЗЛУКСИЗ КАНАЛЛАРДА СИГНАЛЛАРНИНГ БУЗИЛИШИ. АЛОҚА КАНАЛЛАРИДА ҲАЛАҚИТЛАР. АЛОҚА КАНАЛЛАРНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАРИ.

РЕЖА:

1. Алоқа каналлари.
2. Умумий тушунчалар.
3. Узлуksиз каналларда сигналларнинг бузилиши.
4. Алоқа каналларида ҳалақитлар.
5. Алоқа каналларнинг математик моделлари.

Алоқа каналлари.

Алоқа каналлари худди сигналлардек асосан учта кўрсаткич билан баҳоланади. Булар: T_k – канал орқали хабар узатилиш вақти; D_k – канал динамик диапозони ва F_k – канал сигнал спектрини ўтказиш кенглиги.

Канал учта асосий кўрсаткичлари кўпайтмаси $T_k \cdot D_k \cdot F_k = V_k$ алоқа канали ҳажми деб аталади ва каналнинг хабар ўтказа олиш имкониятини белгилайди.

Сигнални алоқа канали орқали узатиш учун қуйидаги шартлар бажарилиши керак:

$$T_k \geq T_c; D_k \geq D_c; \text{ ва } F_k \geq F_c \text{ ёки } V_k \geq V_c \quad (4.1)$$

кўриниб турибдики сигналнинг ёки каналнинг бир параметрини иккинчисига алмаштириб алоқа канали орқали сигнални узатиш мумкин.

Ҳозирда турли радиоалоқа каналлари мавжуд. Булар узун ва қисқа тўлқинли радиоалоқа каналлар; радиорелье алоқа канали; сунъий йўлдош орқали алоқа канали; тропосфера алоқа канали; космик алоқа канали; мобил алоқа канали ва бошқалар.

Ҳар қандай алоқа каналлар қуйидаги асосий хусусиятларга эга:

1. Алоқа каналларини чизикли тизим деб ҳисоблаш мумкин, чунки канал чиқишидаги сигнал канал киришидаги сигналлар йиғиндисига тенг, яъни суперпозиция принципага бўйсунади;

$$\sum_{i=1}^n s(t) = k \left[s_{1k}(t) + s_{2k}(t) + \dots + s_{nk}(t) \right] \quad (4.2)$$

2. Ҳар қандай алоқа каналида, фойдали сигнал бўлиш бўлмаслигидан қатъий назар ҳалақит сигнали мавжуд, яъни

$$x(t)=s(t)+w(t) \quad (4.3)$$

3. Сигнал алоқа каналидан ўтганда у бироз кечикади ва унинг сатҳи камаяди.
4. Сигнал алоқа каналидан ўтганда унинг шакли бузилади. Шундай қилиб канал чиқишидаги сигнал қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$x(t)=\mu(t)\cdot s(t-\tau)+w(t) \quad (4.4)$$

бунда μ ва τ сигнал сўниши ва кечикишини кўрсатувчи катталиклар.

Агар μ ва τ вақт давомида ўзгармаса, бундай алоқа канали доимий кўрсаткичли канал деб аталади. μ ва τ лардан бири ёки иккаласи вақт давомида ўзгариб турса, бундай канал кўрсаткичлари ўзгарувчан канал деб аталади. Масалан: ер усти радиоэшиттириш ва телевидение канали кўрсаткичлари ўзгармас каналга мисол бўлади. Ҳаракатдаги алоқа тизими каналлари: уяли алоқа; учаётган самолёт ёки космик кема билан ва қисқа тўлқинли радиоалоқа канали ўзгарувчан кўрсаткичли алоқа каналига мисол бўла олади.

Умумий тушунчалар.

Алоқа каналларини турли кўрсаткичлар бўйича таскифлаш мумкин масалан алоқа каналлари кириши ва чиқишидаги характер бўйича.:

1. Узлуксиз.
2. Дискретли.
3. Дискретли узлуксиз.

Вазифасига кўра:

1. Телефонли
2. Телеграфли
3. ТВ
4. Телеметрик ва х.к.

Қўлланиладиган частоталар диапазони бўйича:

1. Ўта паст -30-300 Гц (тўлқин узунлиги $\lambda = 1000 \dots 10000$ км)
2. Инфра паст -300-3000 Гц ($\lambda = 100 - 1000$ км).
3. Жуда паст-3-30 кГц ($\lambda = 10 - 100$ км) – микрометрли
4. Паст -30-300 кГц ($\lambda = 1 - 10$ км) – километрли
5. Ўртача - $\lambda = 100 - 1000$ м) 300-3000 кГц - декаметрли
6. Баланд-3-30 МГц ($\lambda = 10 - 100$ м) - декаметрли
7. Жуда баланд- 30-300МГц ($\lambda = 1 - 10$ м) - метрли
8. Ультра баланд-300-3000 МГц ($\lambda = 10 - 100$ см) - децаметрли
9. Ўта баланд-3-30 ГГц ($\lambda = 1 - 10$ см) - сантиметрли.
- 10.Чексиз баланд-30-300 ГГц ($\lambda = 1 - 10$ мм) - миллиметрли.

11. Гипербаланд-30-3000 ГГц (0,1-1 мм) – децимиллиметрли.

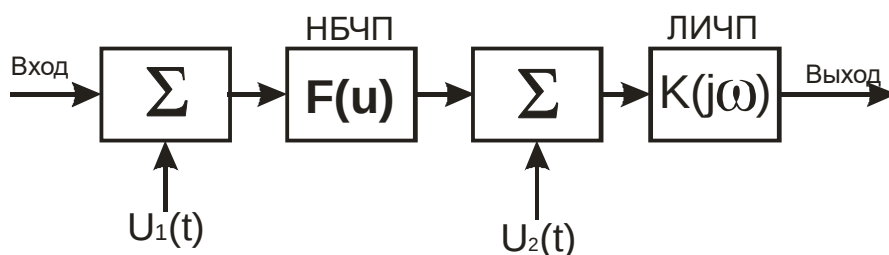
Тарқалишига кўра тўлқинлар очик тарқаладиган ва ёпиқ тарқаладиган бўлиши мумкин. Ёпиқ тарқаладиган алоқа каналларида э/м энергия йўналишли чизиқлар бўйича тарқалади.

Узлуксиз каналларда сигналларнинг бузилиши.

Ахборотни узатиш радиотехник тизимлари ишни тахлил қилишда узлуксиз канал энг катта қизиқиш уйғотади ва у ўз тартибига модуляторни чиқиши демодуляторнинг кириш орасида жойлашган техник воситаларни олади. Узлуксиз алова каналдан ўтаётган сигнал сусаяди, бузилади ва хато кетади. Алохида ҳолатларда сигнал ва хато аралаш бузилади, масалан қабул қилувчи ускунанинг кирувчи занжирларида ёки радиорелели линияларда ретрансляция пайтида.

Алоқа тизимини тахлил қилишда бузилишлар характерини яхши билиш ва уни модуллаштира олиш керак.

Реал бузилишлар мураккаб характерга эга, бироқ масалани хал қилиш учун узлуксиз канални кетма-кет кўшилган чизиқли инерцион ёки чизиқли ноинерцион 4-кутблилик кўринишида моделлаштириш мумкин бўлиб, улар сигналларнинг чизиқли ва ночизиқли бузилишларни келтириб чиқаради.



4.1-расм. Узлуксиз алоқа канали модели.

Узлуксиз алоқа канали моделини қуйидагича тасаввур қилиш мумкин (4.1-расм). Чизиқли бузилишлар сигналлар ва хатолар спектрнинг ўзгаришида акс этади. Чизиқли бузилишлар детерминал ва тасодикий бузилишларга бўлинади. Детерминал чизиқли бузилишлар реал каналларда приёмник киришида частота танловчи занжирлар, передатчик чиқишида коаксиал ва тўлқинли антенна трактлари мавжудлиги билан боғлиқ. Тасодикий чизиқли бузилишлар тарқалиш мухити билан аниқланади ва асосан сигналнинг узатувчи антеннадан қабул қилувчи антеннага турли нур йўллар билан ҳосил бўлишига боғлиқ. Ушбу эффект сигналнинг тарқалаши дейилади. Сигнал тарқалишининг икки тури мавжуд- кўшни нурларнинг сигналлари орасидаги кечикши аниқ қийматга эга бўлган дискрет ёйилиш ва кўшни нурлар орасидаги кечикши чексиз кичик ёки катта бўлган сигналлар тарқалашидир.

Ночизиқли бузишлар сигналнинг бўғинлар бўйича энг кичик амплитуда тавсифи $F(u)$ билан ўтиши натижасида ҳосил бўлади, чунки

тарқалиш мухити қоидага биноан чизиқли бўлса, ночизиқли бузилишлар эса алоқа каналига кирувчи техник қурилма билан аниқланади. Сигналнинг ночизиқли бузилишлари янги спектрал таркибий қисмларнинг пайдо бўлиши ва эгилувчиси сигналнинг ўзгаришига олиб келади.

Алоқа каналларида ҳалақитлар.

Хабарларни қабул қилиш вақтида ҳосил бўлувчи хатоликларнинг тури ва жадалигига боғлиқ. Хатоликлар манбасининг жойлашган ўрнига қараб ички ва ташқи хатоликлар мавжуд. Ички хатоликлар алоқа тизимининг ўзида ҳосил бўлади: қабул қилувчи антенна приёмникга кирувчи каскадларнинг шовқинларидир. Заряд ташувчиларнинг тартибсиз ҳаракатлари натижасидаги ички шовқин бартараф этилган (сифатли тугунлар ва деталларнинг қўлланилиши камайган ишчи температура пасайган бўлса ҳам)

Иссиқлик ва сочма шовқинлар.

Иссиқлик шовқин заряд ташувчининг иссиқлик ҳаракати натижасида ҳосил бўлади. Бу Гауссов тасодифий жараён бўлиб, γ нолинчи, қрточа ва спектрал қувват зичлигига эга:

$$N_0(f) = \frac{hf}{\exp\left(\frac{hf}{kT^0}\right) - 1} \quad (4.5)$$

$$hf \ll kT^0 \quad N_0(f) = kT^0 = N_0 \text{ Вт/Гц}$$

бу ерда $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж*С -

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град

T^0 – шовқин манбаининг абсолют температураси

f - частота.

Радиочастоталар диапазони учун $Lf \ll kT^0$ ва шунинг учун $N_0(f) = kT^0 = N_0$ Вт/Гц, яъни иссиқлик шовқинини бир томонлама спектрал зичлиги $N_0 = kT^0$ оқ шовқин сифатида кўриб чиқиш керак. Реал тизимларда ўтказиш частотаси поласали чекланган ва шовқин қуввати $P_{ш} = N_0 F$ га тенг.

Сочма шовқин электр вакуум ва ярим ўтказувчи асбобларда ҳосил бўлади ва заряд ташувчининг дискрет табиати натижасида ҳосил бўлади ва унинг статистик характеристика тепловодникига ўхшаш. Ташқи хатоликлар атмосфера, космик фазода руй бераётган турли э/м жараёнлар инсоннинг техник фаолияти натижасида ҳосил бўладиган сунъий хатоликлар туфайли содир бўлади.

Халакитлар қуйидаги гуруҳларга бўлинади:

1. Флуктацион.
2. Спектр бўйича гармоник чекланган.
3. Вақт бўйича чекланган.

Алоқа каналларнинг математик моделлари.

Хатоликларсиз идеал канал амплитуданинг ўзгариши ва сигналнинг вақтинча ҳолати билан боғлиқ детерминлашган бузилишларни ҳосил қилади. Узатилган сигнал янги вақт ҳисобидан қабул қилувчи томонда тўлиқ қайта тикланади. Ушбу модел ёпиқ тарқалишли давомийлиги кичик бўлган каналларни тасвирлашда ишлатилади. Оқ шовқинли Гауссов канали идеал канал бўлиб, унда сигналга хатолик юкланади.

$$U(t)=\mu S(t-\tau)+n(t) \quad (4.6)$$

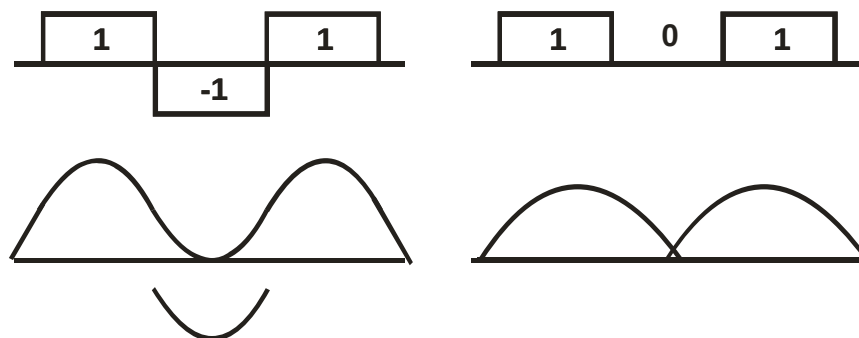
Бу ерда μ – алоқа каналининг узатиш коэффиценти, τ – сигналнинг кечикиш вақти. Бундай турдаги канал учун μ – узатиш коэффиценти ва τ – кечикиш доимий ва қабул қилиш нуктасида маълум. Каналнинг бундай тури тўғри кўринишли чегарада ишловчи радиоканалларга мос келади. Сигнали номаълум фазали Гауссов канали олдингиларидан шуниси билан фарқ қиладики, унда қабул қилиш нуктасида тебранишни фазаси тақсимлашнинг тасодикий зичлигини назарда тутати. $\omega(\varphi)$ - $-\pi \leq \varphi \leq \pi$ интервалида тақсимланган. Ушбу номаълумлик иккита сабаб туфайли келиб чиқади: баҳолаш қурилмасининг ва фазани олдиндан айтиш имкониятининг йўқлиги ёки иш жараёнида фазани баҳолашда йўл қўйиладиган хатолар. Фаза флуктацияси тезлигини билиш жуда муҳим. Дискрет тизимларда тез флуктацияли каналлар ва секин флуктацияли каналлар мавжуд.

Тез флуктуацияли узатиш давомийлигидан кичик. Секин флуктуацияли каналларда эса ушбу шарт бажарилмайди.

Амплитудаси ва фазаси чекланмаган Гауссов канали сигналга флуктациялар билан бир қаторда фазалар ва амплитуда флуктацияларини μ узатиш коэффицентининг тасодикий ўзгариши туфайли киритади. Флуктуациялар тез ва секин бўлиши мумкин. Математик моделни аниқлаш учун $\omega(A)$ тақсимлашиш зичлигини киритиш керак $R_{\mu}(T)$ флуктуация функцияси. Чизиқли бузилишли Гауссов канали. Сигнал шакли танланган занжирларнинг борлиги туфайли ўзгаради. Умумий ҳолларда чизиқли бузилишлар тасодикий характерга эга. $k(j\omega t)$ каналнинг частотавий характеристикаси F_c сигнали частотаси полосасида нотекис бўлади ва вақт бўйича ўзгаради. $h(t, T)$ импульс характеристика эса $1/F_c$ катталиқдан ошувчи t_n давомийликка эга. Бундай модель сигнали тарқалувчи каналлардан фойдаланадиган тизимларда фойдали. Чизиқли бузилишли каналлар чизиқишидаги сигнал қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$u(t) = \int_0^t h(t, \tau) S(t - \tau) d\tau + n(t) \quad (4.7)$$

τ_n - каналнинг ҳотира вақти T_c жўнатиш давомийлиги билан ўлчанадиган дискрет ахборотни радиотизимларда узатиш чизиққа эга бўлса, тимсоллараро интерференция бир - бирига қарама – қарши ҳолатда ифодаланади (4.2-расм).



4.2-расм. Дискрет ахборот узатиш радиотизимлаирда интерференция.

Тимсоллараро интерференциянинг ҳосил бўлиши сабабларидан бири узатиш тезлигининг каналнинг ўтказиши полосаси чекланган бўлганда катталашишидир. Сигнали чизиқли бузилишли бўлган Гауссов каналида аддитив хатолик Гауссов оқ шовқини кўринишида назарда тутилади. Бирок хатолик ва сигналлар аралашмаси каналдан ўтар экан ночизиқли бузулишларни бошидан кечиради, шу сабабли приёмник киришида:

$$u(t) = F(S(t) + n(t)) \quad (4.8)$$

Бу ерда $F(S(t) + n(t))$ каналнинг ночизиқли бузилишнинг амплитудавий характеристикаси.

Назорат саволлари.

1. Алоқа каналлари.
2. Алоқа каналларининг параметрлари.
3. Узлуксиз каналларда сигналларнинг бузилиши.
4. Алоқа каналларида ҳалақитлар.
5. Алоқа каналларнинг математик моделлари.
6. Флукутацион ҳалақитлар.
7. Спектр бўйича гармоник чекланган ҳалақитлар.
8. Вақт бўйича чекланган ҳалақитлар.
9. Узлуксиз алоқа канали модели.
10. Радио частоталар диапазони.

5-МАЪРУЗА.

АХБОРОТ НАЗАРИЯСИНИНГ АСОСИЙ ВАЗИФАЛАРИ. ДИСКРЕТ ХАБАРЛАРДА АХБОРОТ МИҚДОРИ. ДИСКРЕТ ХАБАР МАНБАИ ЭНТРОПИЯСИ. ХАБАРЛАРНИНГ ОРТИҚЧАЛИГИ.

РЕЖА:

1. Ахборот назариясининг асосий вазифалари.
2. Дискрет хабарларда ахборот миқдори.
3. Дискрет хабар манбаи энтропияси.
4. Хабарларнинг ортиқчалиги.

Ахборот назариясининг асосий вазифалари. Дискрет хабарларда ахборот миқдори.

Чиқишида эҳтимоллиги $p(a_1), p(a_2), \dots, p(a_k), \dots, p(a_n)$ билан пайдо бўлиши мумкин бўлган $a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_n$ хабарлар манбаини кўриб чиқамиз. Бунда биринчи навбатда $a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_n$ хабарларидан қандайдир биттасини қабул қилинганда, қандай миқдордаги ахборот оламиз деган савол туғилади. Мисол учун $p(a_1)=1$ бўлсин, у ҳолда $p(a_k)=0, k \neq 1, 2, 3, \dots, n$ бўлади. Бу ҳолда a_1 хабарнинг СҚҚ чиқишида пайдо бўлиши аввалдан маълум бўлади ва ушбу хабар олиб келган ахборот миқдори нольга тенг бўлади. Агар хабарлар СҚҚ чиқишида турли эҳтимоллик билан пайдо бўлса, у ҳолда узатилиши эҳтимоллиги энг кам бўлган хабар энг кўп ахборот олиб келади. Демак, ахборот миқдори уни олиб келадиган хабарнинг СҚҚ чиқишида пайдо бўлиш эҳтимоллиги билан боғлиқ бўлган катталиқ бўлиши керак, яъни

$$I(a_k) = \Phi[p(a_k)]. \quad (5.1)$$

Бу ҳолда қуйидаги табиий талабларнинг бажарилиши лозим:

1. Ахборот миқдори аддитивлик хусусиятига эга бўлиши керак, яъни бир ёки бир неча хабарлар қабул қилинганда олинган ахборот миқдори, уларнинг ҳар бири орқали алоҳида олинадиган ахборотлар миқдори йиғиндисига тенг бўлиши керак.

2. Аввалдан маълум хабардан олинадиган ахборот нольга тенг бўлиши керак.

Ушбу талабларга логарифмик функция тўлиқ мос келади. Бу ҳолда қабул қилинган қандайдир a_k хабар олиб келган ахборот миқдори қуйидагича аниқланади:

$$I(a_k) = -\log_x p(a_k) \geq 0. \quad (5.2)$$

Ҳақиқатдан ҳам юқорида келтирилган икки талабга ушбу функция жавоб беради, чунки:

$$I(a_k) = -\log_x p(a_k) = 0, \text{ агар } p(a_k)=1 \text{ бўлса, ва}$$

$$I(a_i, a_k) = I(a_i) + I(a_k) = -[\log_x p(a_i) + \log_x p(a_k)], \text{ бунда } i \neq k. \quad (5.3)$$

Бунда логарифмнинг асосини танлаш муҳим аҳамиятга эга эмас, аммо логарифм асоси $x=2$ бўлса қулай бўлади, чунки телекоммуникация – электр алоқа ва ҳисоблаш техникасида асосан иккилик сигналлардан фойдаланилади. Бу ҳолда ахборот миқдори бирлиги “бит” деб аталади (инглизча binary digit – иккилик рақам ёки иккилик бирлиги binary unit сўзларини қисқартириб олинган).

Баъзан назарий илмий ишларда натурал логарифмдан фойдаланилади. Бунда $\log_2 e = 1,443$ бит бўлиб, “нат” деб юритилади. Бундан сўнг ахборот миқдорини аниқлашда логарифм асосини иккига тенг деб ҳисоблаймиз, яъни $-\log p(a_k)$ кўринишидаги ёзув иккилик логарифмдан фойдаланилаётганлигини англатади.

Хулоса қилиб айтганда, ахборот миқдори тушунчасининг киритилиши натижасида ахборот атамаси икки маънога эга бўлди: абстракт ва аниқ, яъни сифат ва миқдор мазмунига эга бўлди. Бир томондан, ахборот деганда хабар орқали олинган маълум (аниқ) бир ахборотни англатади; иккинчи томондан унинг миқдорини, яъни бизни қизиқтирган хабардаги битлар орқали олинадиган абстракт ахборот миқдорини англатади.

“Ахборот” атамасидан аниқ ахборот таърифлашда ва “ахборот миқдори” атамасидан хабар орқали олинган абстракт ахборотнинг миқдорини сонлар орқали ифодалашда фойдаланилади.

Дискрет хабар манбаи энтропияси.

Ахборот манбаи доимий равишда (стационар) ҳар бирининг узунлиги $n\tau_0$ бўлган N та турли дискрет хабар ишлаб чиқаради. Уларнинг ҳар бири ахборот манбаи чиқишида тасодифий эҳтимоллик $p(a_k)$, ($k=2,3,...N$) билан пайдо бўлади. Умуман ҳар бир N та дискрет хабар турли эҳтимоллик билан ахборот манбаи чиқишида пайдо бўлиши мумкин, яъни $p(a_1), p(a_2), \dots p(a_N)$.

Бу эҳтимолликларнинг йиғиндиси $\sum_{k=1}^N p(a_k) = 1$ бўлади. Шунинг учун ҳар бир дискрет хабар етказадиган ахборот миқдори ҳам тасодифий катталиқ бўлади. Энтропия – ахборот миқдорини баҳолаш учун қулай тавсиф бўлиб, у ахборот манбаи ишлаб чиқараётган ахборот ўртача миқдорини тарифлайди.

Ушбу ахборот ўртача миқдорини битта хабар етказадиган ахборот ўртача математик миқдори орқали аниқлаш қабул қилинган:

$$H(A) = M \{-\log p(a_k)\} = \sum_{k=1}^N p(a_k) \log \frac{1}{p(a_k)}. \quad (5.4)$$

Ушбу (4) ифода физика фани термодинамика йўналишидаги “энтропия” учун ифода билан бир хил кўринишда бўлиб, у термодинамикада тизимнинг маълум бир вақтда ноъмалум ҳолатда бўлишини англатади. $H(A)$ ни ҳам хабар олингунча бўлган ноаниқлик миқдори деб қараш мумкин. Бошқача қилиб айтганда манба ишлаб чиқараётган хабарнинг “кутилмаганлик” ёки “аввалдан башорат қилина олмаслик” миқдоридир. (5.4) ифода манба ишлаб чиқараётган хабарлар ўзаро статик боғлиқ бўлмаган ҳолат учун ҳақиқий ҳисобланади. Масалан, ёзув машинкаси ёки компьютер клавиатурасини тартибсиз босиш бунга мос келади. Акс ҳолда машинка ёки компьютерда маълум бир матнни теришдаги дискрет элементлар биридан сўнг кейингиси мантиқан боғланган ҳолда пайдо бўлади. Биринчи ҳолда дискрет хабар элементлари бир-бирига боғлиқ эмас – хотирасиз; иккинчи ҳолда ноаниқлик камроқ ёки тўғри башорат қила олиш эҳтимоллиги кўпроқ. Натижада энтропия қиймати камаяди.

Энди энтропия хоссаларини кўриб чиқамиз.

1. Ҳар қандай хабар манбаининг энтропияси мусбат катталиқ $H(A) \geq 0$, чунки $0 \leq p(a_k) \leq 1$, $\log p(a_k) \leq 0$, $-p(a_k) \log p(a_k) \geq 0$. Агар манба фақат битта хабарни $p(a_k)=1$ эҳтимоллик билан чиқарса ва қолганлари чиқиш эҳтимоллиги нольга тенг бўлса, у ҳолда $H(A) = 0$ бўлади.

2. Агар хотирасиз хабар манбаи чиқишида турли N -дискрет хабарлар бир хил эҳтимоллик билан пайдо бўлса, у ҳолда бундай манба энтропияси ўзининг энг катта (максимал) қийматига эга бўлади, яъни

$$H_{maz}(A) = \log N, \text{ агар } p(a_1)=p(a_2)=\dots=p(a_n). \quad (5.5)$$

Хусусий ҳолда, агар хабар манбаи фақат 2 та хабар “1” ва “0” ни чиқарса, энтропия энг катта (максимал) қиймати 1 битга тенг бўлади, яъни $p(0)=P(1)=0,5$.

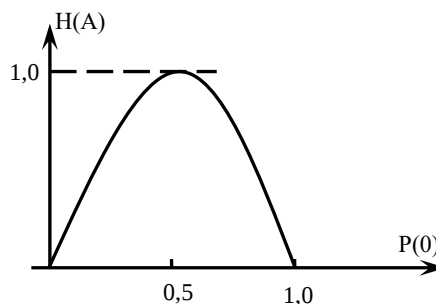
Ушбу манба икки хил дискрет хабар ишлаб чиқишидаги энтропияни аниқлаймиз. Бунда $p(0)=P$, $p(1)=1-P$ деб белгилаймиз, у ҳолда

$$H(A) = -p(0) \log p(0) - p(1) \log p(1) = -P \log P - (1-P) \log(1-P). \quad (5.6)$$

(15.6) ифодадан кўринадики $p(0)=0$ ва $p(1)=1$ бўлганда ёки $p(0)=1$ ва $p(1)=0$ бўлганда, энтропия $H(A)=0$ бўлади. Агар $p(0)=p(1)=0,5$ бўлса энтропия ўзининг энг катта (максимал) қийматига эришади, яъни

$$H_{maz}(A) = 0,5 \log 2 + 0,5 \log 2 = 1 \text{ бит}. \quad (5.7)$$

Ушбу хабар манбаи энтропиясининг $p(0)=1-p(1)$ га боғлиқлиги 5.1-расмда келтирилган.



5.1-расм. Хотирасиз иккилик хабар манбаи энтропияси.

3. Энтропиялар арифметик қўшилади. ζ ва η - икки бир-бирига боғлиқ бўлмаган манбалар ишлаб чиққан хабар. Бу икки хабарнинг олиниши натижасида энтропия $H(\zeta, \eta)$ уларни ҳар-бирини алоҳида-алоҳида олиниши натижасида “ноаниқлик”нинг камайишини кўрсатувчи катталиклар йиғиндисига тенг, яъни

$$H(\zeta, \eta) = H(\zeta) + H(\eta). \quad (5.8)$$

Бу логарифмик функция хоссасидан келиб чиқади.

Хабарларнинг ортикчалиги.

Хабар манбаи сифатида компьютер клавиатураси орқали рус тилидаги матнни киритишни кўриб чиқамиз. Маълумки матнда ҳарфлар турли эҳтимоллик билан учрайдилар. Масалан А ҳарфи Ц ёки Ю га нисбатан кўпроқ учрайди. Бундан ташқари кўп ҳолларда навбатдаги ҳарф ундан олдинги ҳарфга боғлиқ бўлади, ҳамда матнда бир ҳарфнинг уч марта такрорланиш эҳтимоллиги ҳам жуда кам. Шундай қилиб, хотирали хабар манбаи чиқишида у ёки бу хабарнинг пайдо бўлиш эҳтимоллиги, хотирасиз хабар манбаида у ёки бу хабарнинг пайдо бўлиш эҳтимоллигига нисбатан катта бўлади. Натижада матндаги ҳар бир ҳарф етказадиган ахборот ўртача миқдори камаяди. Демак хотирали ва хотирасиз хабар манбаиларидан бир хил миқдордаги ахборот узатиш керак бўлса, хотирали манба чиқишидаги ҳарфлар ёки символлар сонини ошириш керак бўлади.

Шундай қилиб, хабар манбаининг “ортиқчалиги” деган тушунчага аниқлик киритиш ва уни аниқлаш имкониятига эга бўлдик, у қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$B = \frac{\log N - H(A)}{\log N} = 1 - \frac{H(A)}{\log N}. \quad (5.9)$$

(5.9) ифодадан кўринадики энтропия қанча катта бўлса ортиқчалик шунча кам бўлади ва аксинча. Бундан ташқари ортиқчалик $0 \leq B \leq 1$ оралиғида бўлади.

Ушбу ортиқчалик катталиги ҳарфлар бир хил эҳтимолликда ва бири-бирига боғланмаган бўлган ҳолда, маълум бир миқдордаги ахборотни манба ишлаб чиқариши учун талаб қилинадиган ҳарфлар (символлар) сони $n_{\min}$ га нисбатан хабар манбаи ишлаб чиқарган ҳарф (символ)лар сони n нисбати орқали аниқланади.

Ортиқчаликни қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$B = (n - n_{\min}) / n = 1 - \frac{n_{\min}}{n}, \quad (5.10)$$

$\mu = H(A) / \log N = \frac{n_{\min}}{n}$ катталикини сиқиш коэффициенти деб аталади.

Бу тушунча узатилаётган ахборотни йўқотмасдан сақлангани ҳолда узатиш учун хабарни қандай катталиқда сиқиш мумкинлигини кўрсатади. Мисол учун, телеграмма юборганда тиниш белгилари ва боғловчилар узатилмайди, аммо матнни тўғри англаш мумкин.

Ортиқчалик алоқа канали орқали хабар узатиш давомийлигини оширади, каналдан фойдаланиш самарадорлиги камаяди. Шу билан бирга ҳамма вақт ҳам хабар манбаи ортиқчалигига уни мукаммаллашмаганлиги сабаб деб қараш керак эмас. Баъзи ҳолларда у фойдали ҳисобланади. Мисол учун, ортиқча ҳарф ёки символлардан алоқа каналидаги ҳалақитлар маълум миқдордан ошганда ахборотни тўғри қабуллаш учун фойдаланиш мумкин.

Хабар манбаининг яна бир асосий кўрсаткичларидан бири, унинг ахборот ишлаб чиқариш имконияти ҳисобланади. Ахборот ишлаб чиқариш имконияти агар манба маълум бир тезлик $V_m = \frac{1}{T_m}$ символ/секунд билан хабар чиқарса, вақт бирлигида энтропиянинг ўзгариши сифатида аниқланади

$$H'(A) = V_m H(A). \quad (5.11)$$

Агар энтропия энг катта (максимал) қийматга эга бўлиб, $\log N$ га тенг бўлса,

$$R_m = \frac{\log N}{T_m}, \text{ бит/с} \quad (5.12)$$

хабар манбаининг ахборот ишлаб чиқариш тезлиги деб аталади. Ахборот ишлаб чиқариш имконияти манба бир секунд узлуксиз ишлаши натижасида чиқарган ахборот билан баҳоланади.

Назорат саволлари.

1. Хабардаги ахборот миқдори нимага боғлиқ?
2. Нима учун ахборот миқдори хабар узатилиш эҳтимоллиги билан логарифмик боғлиқликда бўлиши керак?
3. Эҳтимоллиги бир хил ва бир-бирига боғлиқ бўлмаган дискрет хабарлар манбаи энтропияси нимага тенг?
4. Хабар манбаи алфавити ортиқчалиги деб нимага айтилади?
5. Иккилик хабар манбаи ортиқчалигини аниқланг, бунда “0” ва “1” ларнинг пайдо бўлиш эҳтимоллиги $p(0)=0,1$; $p(1)=0,9$ деб қабул қилинг.
6. Энтропия деб нимага айтилади?
7. Ахборот назариясининг асосий вазифалари.
8. Дискрет хабарларда ахборот миқдори.
9. Дискрет хабар манбаи энтропияси.
10. Хабарларнинг ортиқчалиги.

6-МАЪРУЗА.

ДИФФЕРЕНЦИАЛ ЭНТРОПИЯ. ЭПСИЛОН – ЭНТРОПИЯ. УЗЛУКСИЗ ХАБАРЛАРДА ЎЗARO АХБОРОТ. ҲАЛАҚИТЛИ ДИСКРЕТ КАНАЛЛАРНИНГ ХАБАР ЎТКАЗИШ ҚОБИЛИЯТИ.

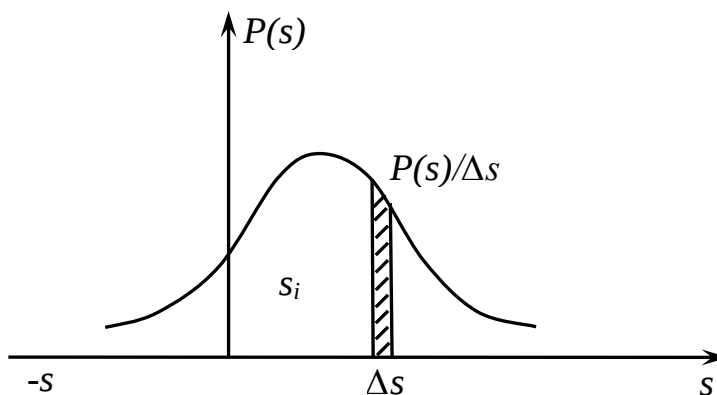
РЕЖА:

1. Дифференциал энтропия. Эпсилон – энтропия.
2. Узлуксиз хабарларда ўзаро ахборот.
3. Ҳалақитли дискрет каналларнинг хабар ўтказиш қобилияти.

Дифференциал энтропия. Эпсилон – энтропия.

Чиқишида ҳар бир онда қиймати ўзгарувчи $s(t)$ сигнал ҳосил бўлувчи узлуксиз хабар манбаини кўриб чиқамиз. Ушбу сигналлар чексиз кичик эҳтимоллик билан чексиз кўп қийматлардан бирини қабул қилади. Агар хабарларни алоқа каналлари орқали абсалют (ҳеч) хатосиз, бузилишларсиз узатиш мумкин бўлганда эди, улар чексиз катта миқдордаги ахборот етказган бўлар эдилар. Каналларда ҳалақитлар ва бузилишлар содир бўлишлиги учун манбадан олинаётган ахборот, ахборот олинганигача ва олингандан кейинги энтропиялар фарқи орқали аниқланади. Ушбу фарқ узлуксиз хабар манбаи ишлаб чиқарган ахборот абсалют қийматидан кичик катталиқ бўлади.

Узлуксиз хабар манбаидан олинган ахборот миқдорини аниқлаш учун дискрет хабарлар учун энтропия тушунчасидан табиий равишда $N \rightarrow \infty$ учун умумлаштирамиз. Ҳар бир онда сигнал $s(t)$ қабул қиладиган қийматлар эҳтимолликлари зичлиги тақсимооти $p(s_i)$ нинг кўриниши 6.1-расмда келтирилган.



6.1-расм. Қабул қилинадиган сигналлар эҳтимоллиги зичлиги тақсимооти.

6.1-расмдаги юза S ни ΔS ораликда дискретлаймиз. Бунда сигнал $s_i(t)$ нинг қиймати маълум ΔS ораликда бўлиши эҳтимоллиги қуйидагича:

$$p(s_i) \approx p(s_i)\Delta S. \quad (6.1)$$

ифоданинг бажарилиш аниқлиги ΔS оралиқ қийматига боғлиқ бўлиб, ΔS қанча кичик бўлса бу эҳтимоллик шунча катта бўлади. Бундай дискретланган сигнал энтропияси қуйидагича аниқланади:

$$M\left\{\log\frac{1}{p(s_i)\Delta S}\right\} = \sum_{i=1}^k p(s_i)\Delta S \log\frac{1}{p(s_i)\Delta S}. \quad (6.2)$$

(6.2) ифодадаги ΔS ни нольга интиштириб ($\Delta S \rightarrow 0$) узлуксиз сигнал энтропиясини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} H(S) &= \lim_{\Delta S \rightarrow 0} M\left\{\log\frac{1}{p(s_i)\Delta S}\right\} = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \sum_i p(s_i)\Delta S \log\frac{1}{p(s_i)}\Delta S + \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \log\frac{1}{\Delta S} \sum_i p(s_i)\Delta S = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} p(s) \log\frac{1}{p(s)} ds + \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \log\frac{1}{\Delta S} \int_{-\infty}^{\infty} p(s) ds \end{aligned} \quad (6.3)$$

Ушбу (6.3) ифодада $\int_{-\infty}^{\infty} p(s) ds = 1$ лигини эътиборга олиб, уни соддалаштирамиз, у ҳолда

$$H(S) = \int_{-\infty}^{\infty} p(s) \log\frac{1}{p(s)} ds + \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \log\frac{1}{\Delta S} \quad (6.4)$$

(6.4) ифоданинг биринчи қисми эҳтимоллик зичлиги тақсимооти $p(s)$ га боғлиқ катталиқ бўлиб, уни дифференциал энтропия деб аталади. Одатда, ундан ҳисобларда ёрдамчи катталиқ шаклида фойдаланилади. (6.4) ифоданинг иккинчи қисми эҳтимоллик зичлиги тақсимооти қиймати $p(s_i)$ қандай бўлишидан қатъий назар, $\Delta S \rightarrow 0$ бўлганда чексизликка интилади. Бу дискрет сигналдан узлуксиз сигналга ўтганда энтропия чексиз катталашади. Бу узлуксиз хабар қийматининг $\Delta S \rightarrow 0$ ораликда бўлиш эҳтимоллиги чексиз кичик бўлади. Натижада, узлуксиз хабар қийматларининг “кутилмаганлик” ёки “олдиндан башорат қила олиш” эҳтимоллиги кескин камаяди.

Мисол сифатида, ўртача қиймати нолга ва дисперсияси σ^2 га тенг Гаусс қонунига бўйсунувчи шовқин дифференциал энтропиясини

аниқлаймиз. Бу шовқин эҳтимоллик зичлиги тақсимои қуйидагича аниқланади:

$$p(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{w^2}{2\sigma^2}}. \quad (6.5)$$

(6.5) ифодани дифференциал энтропияни ҳисоблаш формуласига қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$\begin{aligned} h(w) &= \int_{-\infty}^{\infty} w(x) \log \left(\sqrt{2\pi\sigma^2} \exp \left(-\frac{w^2}{2\sigma^2} \right) \right) dw = \log \sqrt{2\pi\sigma^2} \int_{-\infty}^{\infty} p(w) dw + \\ &+ \frac{\log e}{2\sigma^2} \int_{-\infty}^{\infty} p(w) w^2 dw. \end{aligned} \quad (6.6)$$

(6.6) ифодада биринчи интеграл $\int_{-\infty}^{\infty} p(w) dw = 1$ ва иккинчи интеграл дисперсия σ^2 га тенг. Натижада дифференциал энтропия учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$h(w) = \log \sqrt{2\pi\sigma^2} + \frac{\log e}{2} = \log \sqrt{2\pi e \sigma^2}. \quad (6.7)$$

(6.7) ифодадн кўринадики Гаусс шовқини дифференциал энтропияси фақат дисперсия σ^2 га боғлиқ, унинг ошиши билан узлуксиз ошиб боради.

Оний қийматлари ҳар қандай тасодифий тақсимои зичлигига бўйсунувчи тасодифий жараёнлар ичида (агар уларнинг дисперсияси бир хил бўлса) Гаусс тақсимои қонунига бўйсунувчи тасодифий жараёнларнинг дифференциал энтропияси энг катта қийматга эга бўлади. Тасодифий жараён ζ нинг ҳар қандай эҳтимоллик зичлиги тақсимои $p(\zeta)$ бўлса, қуйидаги ифода ҳамма вақт сақланиб қолади:

$$h(\zeta) = \int_{-\infty}^{\infty} p(\zeta) \log \frac{1}{p(\zeta)} d\zeta \leq \log \sqrt{2\pi e \sigma^2}. \quad (6.8)$$

(6.8) ифодадаги тенгсизлик тасодифий жараён фақат Гаусс тақсимои қонунига бўйсунганда тенгликка айланади.

Узлуксиз хабарларда ўзаро ахборот.

Киришида A ва чиқишида B узлуксиз хабарлар тўпламаси (ансамбли) бўлган хотирасиз дискрет канал орқали узатиладиган ахборот миқдорини аниқлаймиз. Аниқроғи a_i хабар узатилганда қабул қилинган b_j хабардаги ахборот миқдорини аниқлаш керак. Бунда a_i ва b_j ларнинг бир вақтда содир бўлиш эҳтимоллиги $p(a_i, b_j)$ ва канал чиқишида b_j хабар бўлганда, ҳақиқатда унинг киришида a_i сигнал бўлгани эҳтимоллиги $p(a_i / b_j)$ деб ҳисоблаймиз. Эҳтимолликларни қўпайтириш теоремаси асосида қуйидаги ифодани оламиз:

$$p(a_i, b_j) = p(a_i)p(b_j / a_i) = p(b_j)p(a_i / b_j). \quad (6.9)$$

Шартли энтропия тушунчасини киритиб, уни хабар манбаи энтропиясини аниқлаганга ўхшаш усул билан, унинг ўртача қиймати орқали аниқлаймиз:

$$H(A/B) = \sum_i \sum_j p(a_i, b_j) \log \frac{1}{p(a_i / b_j)}. \quad (6.10)$$

Шартли энтропия қуйидаги ҳоссаларга эга:

1. Шартли энтропия учун ҳамма вақт $H(A/B) \geq 0$;
2. Дискрет канал учун шартли энтропия, унинг киришидаги манба энтропиясидан кичик ёки унга тенг, яъни

$$H(A/B) \leq H(A). \quad (6.11)$$

Бунда (6.10) ифода фақат a_i ва b_j ўзаро корреляцияси нольга тенг бўлганда, яъни $a \in A$ ва $b \in B$ ҳамма қийматлари учун $p(a_i / b_j) = p(a_i)$ бўлган ҳолатда тенгликка айланади. Буни қуйидагича тушуниш керак: b_j хабар олинганда a_i хабар тўғрисида ҳеч қандай ахборот келиб тушмайди, яъни ноаниқлик камаяди. Ушбу ҳолат алоқа каналидаги ҳалақит таъсирида ахборотнинг тўлиқ йўқотишига мос келади.

Шартли ахборотни кўп ҳолларда каналлардаги ҳалақит таъсирида йўқотилган, хабар олувчига етиб келмаган ахборот миқдори деб ҳам юритилади. Ахборотнинг тўлиқ йўқотилиши жуда кам учрайдиган ҳодиса, ҳақиқатда бундай ҳолат жуда кам учрайди. $H(A/B)$ ни баъзан “ишончсизлик” деб ҳам аталади.

Энди алоқа канали орқали узатилган ахборот миқдори $I(A, B)$ ни, алоқа канали киришидаги ахборот миқдорига тенг бўлган манба энтропияси $H(A)$ ва шартли энтропия $H(A/B)$ - йўқотилган ахборот фарқи шаклида

аниқлаймиз. Баъзан $I(A, B)$ ни ўзаро ахборот деб ҳам аталади ва қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$I(A, B) = H(A) - H(A/B), \quad (6.12)$$

ёки

$$I(A, B) = M \left\{ \log \frac{1}{p(a_i)} \right\} - M \left\{ \log \frac{1}{p(a_i/b_j)} \right\} = M \left\{ \log \frac{p(a_i/b_j)}{p(a_i)} \right\}. \quad (6.13)$$

Эҳтимолликларни кўпайтириш теоремаси асосида қуйидаги ифодани оламиз:

$$I(A, B) = M \left\{ \log \frac{p(b_j)p(a_i/b_j)}{p(b_j)p(a_i)} \right\} = M \left\{ \log \frac{p(a_i, b_j)}{p(b_j)p(a_i)} \right\}. \quad (6.14)$$

(6.13) ифодани ёйиб ўзаро ахборот учун симметрик ифодани оламиз:

$$I(A, B) = \sum_i \sum_j p(a_i, b_j) \log \frac{p(a_i, b_j)}{p(b_j)p(a_i)}. \quad (6.14)$$

Ўзаро ахборотнинг асосий хоссаларини кўриб чиқамиз:

1. $I(A, B) \geq 0$ бўлиб, бу энтропиянинг хоссасидан келиб чиқади. Агар каналда узилиш юз берса ёки ҳалақит таъсирида ҳамма ахборот йўқотилса $I(A, B) = 0$ бўлади;
2. $I(A, B) \leq I(B, A)$, алоқа каналида ҳалақит йўқ бўлса, у ҳолда яъни $H(A/B) = 0$ бўлганда тенгсизлик тенгликка айланади;
3. $I(A, B) = I(B, A) = H(B) - H(B/A)$ бўлади, бунда $H(B)$ канал чиқишидаги энтропия ва $H(B/A)$ шартли энтропия. Ўзаро ахборотнинг ушбу хоссаси унинг симметрик ифодасидан келиб чиқади;
4. $I(A, B) \leq H(B)$. Ушбу хосса аввалги хоссадан келиб чиқади. $H(B/A) = 0$ бўлса, тенгсизлик тенгликка айланади;
5. Агар ўзаро ахборот ифодасида $A = B$ деб ҳисобласак, у ҳолда $H(A/A) = 0$, ва $I(A, A) = H(A)$ бўлади. Шундай қилиб, энтропияни манба хабарлари ансамбли Анинг хусусиф ахборотлари миқдори деб ҳисоблаш мумкин.

Алоқа канали орқали вақт бирлигида ахборот узатиш тезлигини манба хабар ишлаб чиқариш имкониятини аниқлашга ўхшаш усулдан фойдаланиб, ҳамда битта хабар узатиш учу керакли вақт T деб ҳисоблаб аниқлаймиз

$$I'(A, B) = \frac{1}{T} I(A, B) = V_k I(A, B), \quad (6.15)$$

бунда, $V_k = \frac{1}{T_m}$ - тезлик, бу бир секунд давомида канал киришидаги элементар символлар сони бўлиб, бит/сек билан ўлчанади.

Ҳалақитли дискрет каналларнинг хабар ўтказиш қобилияти.

Дискрет алоқа канали орқали узатилаётган ахборот миқдори қуйидагиларга боғлиқ:

- хабар манбаи хоссаларига ёки унинг энтропиясига $H(A)$;
- алоқа каналларининг $H(A/B)$ ишончилигига ва унинг бошқа хоссаларига.

Шундай қилиб ўзаро ахборот миқдори алоқа каналини хабар узатиш хусусиятини тўлиқ ифодаламайди. Каналнинг хабар узатиш имконияти уни нисбатан тўлиқ баҳолаш имкониятини беради.

Дискрет канал киришига турли манбалардан, турли эҳтимоллик тақсимотига $p(A)$ бўйсунувчи хабар берилади деб ҳисоблаймиз. Бунда ҳар бир манба маълум миқдордаги ахборотни узатади. Каналнинг ахборот узатиш имкониятини (ахборот ҳажми) у орқали ўтказилиши мумкин бўлган энг катта (максимал) ахборот миқдори орқали аниқланади. Бунда каналнинг ахборот ўтказиш имконияти уни киришига хабар етказиб берувчи турли манбаларнинг фаоллиги эҳтимоллиги асосида ҳисобланади

$$C_{\max} = \max_{I'(A)} I(A, B). \quad (6.16)$$

Вақт бирлигида канал орқали ўтказилиши мумкин бўлган ахборот миқдори узатиш тезлиги C' бит/сек да ўлчанади ва қуйидагича аниқланади:

$$C' = V_k C = \max_{I'(A)} I'(A, B) \quad (6.17)$$

бунда, V_k - канал орқали символлар узатиш тезлиги.

Алоқа каналининг ахборот ўтказиш имконияти хоссаларини кўриб чиқамиз:

1. $C' \geq 0$, каналда узилиш бўлса, у ҳолда $C' = 0$ бўлади;
2. $C' \leq V_k \log N$ (бунда N - хабар манбаи алфавити ҳажми), каналда ҳалақитлар бўлмаса $C' = V_k \log N$ бўлади.

Алоқа каналининг ахборот узатиш имконияти, бу у орқали узатилиши мумкин бўлган ахборотнинг энг катта қийматига тенг, ундан ортиқ

информация узатиш имконияти йўқ. Шундай қилиб, у каналнинг ахборот узатиш чегаравий (потенциал) имкониятини белгилайди.

Мисо тариқасида, иккилик хабарларни узатишга мўлжалланган, хотирасиз алоқа каналининг ахборот узатиш имкониятини аниқлаймиз. Ушбу канал учун $p(b_j / a_i)$ берилган, яъни

$$p(b_j / a_i) = \begin{cases} q = 1 - p, & i = j, \\ p, & i \neq j. \end{cases} \quad (6.18)$$

Ахборот ўтказиш имкониятини ҳисоблаш учун, ўзаро ахборот хоссаларидан фойдаланамиз:

$$C = \max_{P(A)} I(A, B) = \max_{P(A)} [H(B) - H(B/A)]. \quad (6.19)$$

Хотирасиз иккилик канал учун шартли ахборотни миқдорини аниқлаймиз:

$$H(B/A) = M \left\{ \log \frac{1}{p(b_j / a_i)} \right\} = (1 - p) \log \frac{1}{1 - p} + p \log \frac{1}{p}. \quad (6.20)$$

(6.19) эътиборга олсак, (6.20) қуйидаги шаклга келади:

$$C = \max_{P(A)} \left[H(B) - (1 - p) \log \frac{1}{1 - p} - p \log \frac{1}{p} \right]. \quad (6.21)$$

(6.21) ифодада $H(B)$ эҳтимолликлар тақсимотига боғлиқ бўлиб, узатилаётган ахборотнинг максимал миқдори $H(B)$ нинг энг катта қийматига мос келади. $H(B)$ нинг энг максимал қиймати $N = 2$ бўлганда $\log 2 = 1$ бит бўлиб, b_j ларнинг канал чиқишидаги эҳтимолликлари бир ҳил ва ўзаро бирига боғлиқ бўлмаган ҳолатга мос келади. Бундан ташқари алоқа канали киришидаги символлар ҳам ўзаро боғлиқ бўлмаслиги ва бир хил эҳтимолликка, яъни $p(a_1) = p(a_2) = 0,5$ бўлиши керак.

Тўлиқ эҳтимоллик формуласига асосан:

$$p(b_j) = \sum_{i=1}^2 p(a_i) p(b_j / a_i) = 0,5 \sum_{i=1}^2 p(b_j / a_i) = 0,5[(1 - p) + p] = 0,5. \quad (6.22)$$

Бу ҳолда $\max_{P(B)} H(B) = \log 2 = 1$ бўлиши шарт ва шунга мос равишда бир символ (бит) учун ахборот ўтказиш имконияти

$$C = 1 + P \log P + (1 - p) \log(1 - p) \quad (6.23)$$

ёки

$$C' = V_k [1 + P \log P + (1 - p) \log(1 - p)] \quad (6.24)$$

Юқоридаги (6.23) ва (6.24) ифодалар таҳлили шуни кўрсатади: агар $p = 0,5$ бўлса $C = 0$, чунки бунда чиқиш символларини тахминан танлаш мумкин, бу ҳолат алоқа каналида узилишга мос келади. Агар $p = 1$ ёки $p = 0$ бўлса, яъни канал ҳалақитсиз бўлса, унда каналнинг ахборот ўтказиш имконияти $C = 1$ бўлади, чунки бунда символни тўғри қабуллаш учун канал чқишидаги символлар кетма-кетлигини тескарисига алмаштириш мумкин.

Назорат саволлари.

1. Энтропия деб нимага айтилади?
2. Узлуксиз хабар энтропияси нимага тенг? Узлуксиз сигнални хабар ўтказиш имконияти чекланган алоқа канали орқали аниқ узатиш мумкинми?
3. Дифференциал энтропия деганда нимани тушунаси?
4. Ўзаро информация деганда нимани тушунаси?
5. Алоқа каналининг ахборот ўтказиш имконияти деганда нимани тушунаси ва у қандай аниқланади?
6. Бир неча ахборот ўтказиш имконияти турли бўлган алоқа каналлари кетма-кет уланганда натижавий ахборот ўтказиш имконияти нимага тенг? Агар улар параллел уланса, унинг ахборот ўтказиш имконияти нимага тенг бўлади?
7. Узлуксиз сигнал дискретлаш орқали узатилганда ахборот миқдори ўзгарадими?
8. Дискрет канал орқали узатиладиган ахборот миқдори.
9. Ҳалақитли дискрет каналларнинг хабар ўтказиш қобилияти.

7-МАЪРУЗА.

АДДИТИВ ШОВҚИНЛИ УЗЛУКСИЗ АЛОҚА КАНАЛИНИНГ ХАБАР ЎТКАЗИШ ҚОБИЛИЯТИ. ҲАЛАҚИТЛИ КАНАЛЛАР УЧУН КОДЛАШ ТЕОРЕМАСИ.

РЕЖА:

1. Аддитив шовқинли узлуксиз алоқа каналининг хабар ўтказиш қобилияти.
2. Ҳалақитли каналлар учун кодлаш теоремаси.

Аддитив шовқинли узлуксиз алоқа каналининг хабар ўтказиш қобилияти.

Ўзгармас параметрли, Гаусс ҳалақити таъсирида бузилган $s(t)$ сигнал канал чиқишида қуйидагича ифодаланади:

$$x(t) = s(t) + w(t) \quad (7.1)$$

бунда, $s(t)$ -канал чиқишидаги фойдали сигнал, $w(t)$ - аддитив ҳалақит.

Узлуксиз хабар манбаи чиқишидаги энтропияни аниқлашга ўхшаш усул билан узлуксиз алоқа канали чиқишидаги ахборот миқдорини аниқлаймиз. Бунинг учун $s(t)$ ва $w(t)$ сигналлар қийматларини ΔS ва ΔW аниқликда квантлаймиз. Бу ҳолда уларнинг эҳтимолликлари тақсимооти қуйидаги кўринишни олади:

$$\begin{aligned} p(s_i) &= p(s_i \leq s \leq s_i + \Delta S) \approx p(s_i) \Delta S, \\ p(w_i) &= p(w_i \leq w \leq w_i + \Delta W) \approx p(w_i) \Delta W. \end{aligned} \quad (7.2)$$

Киришдаги s_i ва чиқишдаги w_i символларнинг бир вақтда дискретланган канал чиқишида пайдо бўлиш эҳтимоллиги қуйидагича аниқланади:

$$p(s_i, w_i) = p(s_i \leq s \leq s_i + \Delta S, w_i \leq w \leq w_i + \Delta W) \approx p(s_i, w_i) \Delta S \Delta W. \quad (7.3)$$

ΔS ва ΔW ларни нольга интилтириб ($\Delta S \rightarrow 0, \Delta W \rightarrow 0$) узлуксиз $s(t)$ ва $w(t)$ лар орасидаги ўзаро ахборот миқдорини аниқлаймиз:

$$I(s, w) = \lim_{\substack{\Delta S \rightarrow 0 \\ \Delta W \rightarrow 0}} M \left\{ \log \frac{p(s_i, w_i) \Delta S \Delta W}{p(s_i) \Delta S p(w_i) \Delta W} \right\} = M \left\{ \log \frac{p(s_i, w_i)}{p(s) p(w)} \right\}. \quad (7.4)$$

$p(s_i, w_i) = p(w)p(s/w)$ ни эътиборга олиб (7.4) ифодани қуйидаги шаклга келтирамиз:

$$\begin{aligned} I(s, w) &= \lim_{\substack{\Delta S \rightarrow 0 \\ \Delta W \rightarrow 0}} M \left\{ \log \frac{p(x)p(s/x)}{p(s)p(x)} \right\} = M \left\{ \log \frac{1}{p(s)} - \log \frac{1}{p(s/x)} \right\} = \\ &= M \left\{ \log \frac{1}{p(s)} \right\} - M \left\{ \log \frac{1}{p(s/x)} \right\} = \int_{-\infty}^{\infty} p(s) \log \frac{1}{p(s)} ds - \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p(s, x) \log \frac{1}{p(s/x)} ds dx. \end{aligned} \quad (7.5)$$

(7.5) ифодани биринчи ташкил этувчиси аввал ҳам аниқланган бўлиб уни $h(s)$ билан белгилаб, дифференциал энтропия деб атаган эдик. Иккинчи ташкил этувчисини $h(s/x)$ орқали белгилаб, уни шартли дифференциал энтропия деб атаймиз. У ҳолда (7.5) ифода ўрнига қуйидаги ихчам ифодани оламиз:

$$I(s, w) = h(s) - h(s/x). \quad (7.6)$$

Узлуксиз каналдаги ўзаро ахборот учун қуйидаги хоссалар ўринли:

1. $I(s, x) \geq 0$. Агар алоқа канали узилган бўлса, яъни унинг кириши ва чиқиши бир-бирига боғланмаган бўлса $p(s/w) = p(s)p(w)$, $I(s, w) = 0$ бўлади;
2. $I(s, x) = I(x, s)$, бу каналнинг ўзаро ахборот учун симметриклик хоссасидан келиб чиқади;
3. $I(s, x) = \infty$. Бу ҳол каналдаги ҳалақит $w(t) = 0$, яъни $x(t) = s(t)$ бўлганда ўринли бўлади.

Ўзаро ахборотнинг иккинчи хоссасига асосланиб қуйидаги ифодани олиш мумкин:

$$I(s, x) = h(x) - h(x/s). \quad (7.7)$$

(7.7) ифода кўрилатган аддитив ҳалақитли алоқа канали учун қуйидаги кўринишни олади:

$$I(s, x) = h(x) - h(w), \quad (7.8)$$

бунда $h(w)$ - аддитив ҳалақит дифференциал энтропияси.

(7.8) ифодадан қуйидаги ҳулосани чиқариш мумкин. Агар узатилаётган сигнал $s(t)$ маълум бўлса, унинг қабул қилинишидаги ноаниқлик фақат ҳалақит $w(t)$ га боғлиқ.

Энди частота ўтказиш полосаси F_n бўлган узлуксиз алоқа каналининг ахборот ўтказиш имкониятини аниқлаймиз. Уни канал киришидаги ва чиқишидаги сигналлар $s(t)$ ва $x(t)$ ларнинг $\Delta t = \frac{1}{2F}$ оралиқда олинган оний қийматларидан фойдаланиб амалга оширамиз. Дастлаб $k\Delta t$ вақтга тўғри келувчи оний қийматдаги ахборот қийматини аниқлаймиз. Сўнгра давомийлиги T_c бўлган сигнал олиб келиши мумкин бўлган ахборот миқдорини унинг $n = \frac{T_c}{\Delta t}$ та оний қийматлари ахборот ўтказиш имкониятлари йиғиндиси шаклида аниқлаймиз.

Кириш сигналининг эҳтимоллиги турли тақсимотлари орқали унинг битта оний қиймати ахборот ўтказиш имконияти максимал қиймати $I(s, x)$ ни аниқлаймиз:

$$C_{OK} = \max_{p(s)} I(s, x) = \max_{p(s)} [h(x) - h(x/s)]. \quad (7.9)$$

Алоқа каналдан ўтаётган фойдали сигнал $s(t)$ қувватини P_c ва ушбу каналдаги ҳалақит қувватини P_x га тенг деб ҳисоблаб, алоқа каналининг ахборот ўтказиш имкониятини ҳисоблаймиз. Бунинг учун аввал аниқланган Гаусс тасодифий катталикларининг дифференциал энтропияси $h(w)$ дан фойдаланамиз, яъни

$$h(w) = \log \sqrt{2\pi e p_x}. \quad (7.10)$$

(7.10) ифодани эътиборга олиб, (7.9) ифодани қуйидаги шаклга келтирамиз.

$$C_{OK} = \max_{p(s)} [h(x) - \log \sqrt{2\pi e p_x}]. \quad (7.11)$$

Сигнал ва ҳалақит ўзаро боғлиқ бўлмагани учун уларнинг канал чиқишидаги дисперсияси $D(x) = p_c + p_x$ бўлади. Ҳалақитнинг дифференциал энтропияси $h(w)$ маълум бўлса, у ҳолда алоқа каналининг максимал ахборот ўтказиш имконияти $x(t) = s(t) + w(t)$ Гаусс тақсимот қонунига бўйсунган ҳолга тўғри келади. Бунинг учун на фақат ҳалақит, шу билан бирга $s(t)$ ҳам Гаусс тақсимотига бўйсунгани керак бўлади, маълумки икки Гаусс тақсимоти қонунининг йиғиндиси ҳам Гаусс тақсимотига бўйсунди. Шундай қилиб,

$$\max_{p(s)} h(x) = \log \sqrt{2\pi e (p_s + p_x)}. \quad (7.12)$$

бўлади, у ҳолда

$$C_{OK} = \log \sqrt{2\pi e(p_s + p_x)} - \log \sqrt{2\pi e p_y} = \frac{1}{2} \log \left(1 + \frac{p_c}{p_x} \right). \quad (7.13)$$

Узлуксиз алоқа каналининг тўлиқ ахборот ўтказиш имкониятини, Котельников теоремасига асосан унинг $n = \frac{T_c}{\Delta t} = 2F_n$ та оний дискрет қийматлари ахборот узатиш имкониятлари йиғиндиси сифатида аниқлаймиз, яъни

$$C = 2FC_{OK} = F_n \log \left(1 + \frac{p_c}{p_x} \right). \quad (7.14)$$

(7.14) ифода Шенон формуласи деб аталади. Бу формула орқали частота ўтказиш полосаси F_n , фойдали сигнал ўртача қуввати P_c ва ҳалақит қуввати P_x бўлганда узлуксиз Гаусс канали узатиладиган ахборот миқдори ҳисобланади. Бу формула ахборот назариясида муҳим ўрин эгаллайди, чунки у сигнал қуввати P_c ни канал частота ўтказиш полосаси F_n га ва аксинча F_n ни P_c га алмаштиришни кўрсатади. (7.14) ифодадан кўринадики, каналнинг ахборот узатиш имконияти унинг частота ўтказиш полосаси F_n га тўғри пропорционал – чизиқли боғланишга эга ва P_c/P_x нисбатига логарифмик боғланган. Шунинг учун, сигнал қувватини чеклаб, унинг спектрини кегайтириш самарадор ҳисобланади.

Канал частота ўтказиш полосаси F_n нинг унинг ахборот ўтказиш имкониятига таъсирини тўлиқроқ билиш учун, ҳалақит қувватини унинг бир томонлама спектри қувват зичлиги N_0 орқали ифодалаймиз:

$$p_x = F_n N_0. \quad (7.15)$$

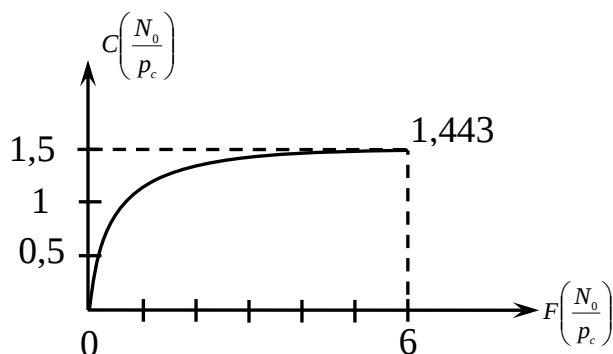
(7.15) ифодани Шенон формуласи (15.51) га қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$C = F_n \log \left(1 + \frac{p_c}{F_n N_0} \right) = F \log e \ln \left[1 + \frac{p_c}{F_n N_0} \right]. \quad (7.16)$$

(7.16) ифоданинг таҳлили шуни кўрсатадики F_n катталашиши билан каналнинг ахборот узатиш имконияти дастлаб тез ошади, сўнгра бу ўсиш ахборот узатиш имконияти энг катта қиймати C_{max} га яқинлашган сари секинлашади.

$$C_{\infty} = \lim_{F \rightarrow \infty} C = \frac{p_c}{N_0} \log C \approx 1,44 \frac{p_c}{N_0} \text{ бит/сек.} \quad (7.17)$$

(7.17) ифода асосида чизилган $C=\Phi(F_n)$ графигидан кўринадикки, каналнинг ахборот узатиш имконияти чексиз катта бўлмайди, у доимий катталиққа интилади (7.1-расм).



7.1-расм. Алоқа канали ахборот ўтказиш имконияти нисбий қийматининг частота ўтказиш полосасига боғлиқлиги.

Шунинг учун Гаусс алоқа каналининг ахборот ўтказиш имкониятини ошириш учун унинг частота ўтказиш полосасини чексиз кенгайтириш самарасиз ҳисобланади. Канал частота ўтказиш полосасини тахминан $F_n \approx \frac{P_c}{N_0}$ га тенг қилиб танлаш мақсадга мувофиқ бўлади. Бунда ахборот узатиш имконияти энг катта қиймати сигнал-ҳалақит нисбати билан аниқланади ва канал полосасига боғлиқ бўлмайди.

Хабарни узатиш учун T_c вақт сарфланади деб ҳисоблаб, алоқа каналидаги сигнал-ҳалақит нисбатини аниқлаймиз. Бу ҳолда узатилган ахборот ўртача қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$T_c I'(s, x) < T_x C_\infty = \frac{P_c T_c}{N_0} \log e. \quad (7.18)$$

Натижада 1 бит ахборотни узатиш учун талаб этиладиган энергия миқдорини аниқлаймиз:

$$P_c T_c > N_0 / \log e = N_0 \ln 2 \approx 0,693 N_0, \text{ ёки } q^2 \geq 0,693, \quad (7.19)$$

бунда, $q^2 = \frac{P_c}{P_x}$ - қувват сигнал-ҳалақит нисбати.

Ҳалақитли каналлар учун кодлаш теоремаси.

Канал ахборот узатиш имкониятини унинг чегаравий (потенциал) имкониятларини умумлашган шаклда тавсифлайди. Каналнинг ахборот ўтказиш имконияти К.Шеноннинг теоремаларида тўлиқ ёритилган. Дастлаб дискрет хабар манбаи учун асосий кодлаш теоремаси номи билан маълум теоремани келтирамиз. Ушбу теоремага асосан “агар манбанинг хабар ишлаб чиқариш имконияти $H'(A)$ ҳалақитли дискрет алоқа канали ахборот узатиш имкониятидан кичик, яъни

$$H'(A) < C', \quad (7.20)$$

бўлса, шундай кодлаш ва декодлаш усули мавжуд бўлиб, хабар истемолчига (олувчига) хатолик эҳтимоллиги δ дан кичиклигини таъминлаб етказиб берилади. Агар $H'(A) > C$ бўлса, бунда уни берилган δ хатолик билан узатиш учун кодлаш ва декодлаш усули мавжуд эмас”.

Шуни таъкидлаш керакки, ушбу теоремада кодлаш деганда хабарни сигналга айлантириш ва декодлаш деганда сигнални хабарга айлантириш назарда тутилган. Ушбу теоремадан кўринадики, бунда ахборот узатиш имконияти, канал орқали ахборотни хатосиз узатиш тезлигининг чегаравий — энг катта қийматини англатади. Аммо теорема бирон-бир аниқ кодлаш ёки декодлаш усулини кўрсатиб бермайди. Шунга қарамай бу теорема катта аҳамиятга эга, чунки у шу вақтгача ахборот узатиш техникасига бўлган муносабатни тубдан ўзгартиради.

Авваллари, хабарларни хатосиз узатиш учун, албатта уни узатиш тезлигини камайтириш керак деган тушунча бор эди, яъни узатиш тезлиги $V \rightarrow 0$ бўлганда $p_x \rightarrow 0$ деб фикр юритилар эди. Бу усул билан хотирасиз каналлар орқали ахборот узатишда йиғиш (жамлаш) усулидан фойдаланиб узатиш аниқлигини ошириш мумкин. Бу жуда оддий усул бўлиб, бунда ҳар бир “1” ва “0” элементар символлар, бир неча “ноль” ва “бир” лардан иборат a_1 ва a_2 кодлар комбинацияси ёрдамида узатилади, яъни

$$a_1 = \underbrace{000\dots 0}_n, \quad a_2 = \underbrace{111\dots 1}_n.$$

“0” ва “1” лар алоқа канали бўйича бир хил эҳтимоллик билан узатилади, яъни $p(0) = p(1) = 0,5$. Қабуллаш томонида узатилган символлар “0” ва “1” ларнинг кодлар комбинациясида кўплигига қараб рўйхатга олинади (бу усул — можоритар кодлаш усули деб аталади). Бунда хато рўйхатга олиш a_1 ва a_2 кодлар комбинациясидаги “1” ёки “0” лардан $n/2$ ва ундан кўпи ҳалақит таъсирида тескарисига алмашса рўй беради. Демак, кодлар комбинациялари a_1 ва a_2 даги элементар символлар сонини ошириб,

$n \rightarrow \infty$ бўлганда ҳар қандай юқори аниқлик билан хабар узатиш мумкин. Бу ҳолда сигнал узатиш тезлиги $V = \frac{1}{n}$ бўлиб, чексиз кичик бўлади.

Шенон теоремасидан кўринадик, юқоридаги йиғиш (жамлаш) усулидан фойдаланмасдан, хабар узатишни секинлаштирмасдан хабарни юқори аниқликда узатувчи кодлаш ва декодлаш усули мавжуд. Аммо теорема кодлашнинг аниқ бир усулини тавсия этмайди. Шунинг учун кодлаш ва декодлашнинг аниқ бир усулини амалга ошириш катта аҳамиятга эга.

Юқорида келтирилган Шенон теоремасининг исботи анча мураккаблиги учун уни келтирмадик. Шенон ушбу теоремасини исботлаш натижасида декодлашдаги ўртача хатолик учун қуйидаги ифодани олди

$$p_x \leq 2^{-T[C' - H'(A)]}, \quad (7.21)$$

бунда, T – узатилаётган сигнал (кодлар комбинацияси) давомийлиги.

(7.21) формуладан кўринадик T катталашган сари хатолик кичиклашиб боради ва нольга интилади. Эслатиб ўтамиз теорема шартига асосан $C' - H'(A) > 0$. Шунинг учун, кодлар комбинацияси қанча узун бўлса, хатолик шунча кичик бўлади. Аммо бу ҳолда хабарни узатиш учун сарфланадиган вақт ошади, чунки қабул қилинган кодлар комбинациясини декодлаш керак бўлади. Хабарни кечиктирмасдан етказиш талаб этилган ҳолда алоқа канали ахборот узатиш имкониятидан тўлиқ фойдаланмаслик керак бўлади.

Шенон теоремасидан дискрет хабарларни узлуксиз алоқа каналлари орқали узатишда ҳам фойдаланиш мумкин. Бунда узлуксиз сигнал $s(t)$ нинг давомийлиги T га тенг қисмлари уларга мос равишда танланган символлар кетма-кетлиги билан алмаштирилади. Декодлаш натижасида декодер чиқишида хабар манбаи ушбу T вақт давомийлигига мослари билан алмаштирилади.

Узлуксиз алоқа канали орқали дискрет хабарларни узатиш ҳақидаги Шенон теоремаси қуйидагича тарифланади: агар $H'(A) < C'$ бўлса, ҳар қандай дискрет хабар ишлаб чиқариш имконияти $H'(A)$ манба чиқишидаги хабарни узлуксиз сигнал $s(t)$ билан кодлаб, уни ахборот узатиш имконияти C' бўлган канал орқали ҳар қандай кичик хатолик эҳтимоллиги билан узатиш мумкин. Агар $H'(A) > C'$ бўлса, бундай дискрет хабарни эҳтимоллиги кичик хатолик билан узатиб бўлмайди.

Дискрет хабарларни узлуксиз алоқа канали орқали узатишдаги хатолик эҳтимоллигини ҳам (7.21) формула орқали аниқлаш мумкин.

Узлуксиз каналлардан фарқли, дискрет каналлар орқали хабарлар узатилганда кодлаш икки босқичда амалга оширилади. Дастлаб дискрет хабарлар код символлари кетма-кетлиги билан алмаштирилади, сўнгра ҳар бир символ сигнал элементлари билан алмаштирилади. Декодлаш ҳам икки босқичда амалга оширилади.

Узлуксиз алоқа каналларида кодлаш нисбатан яхши натижа беради, чунки бунда қўшимча алмаштириш босқичи йўқ, натижада ахборот кам йўқотилади. Аммо бу кодлашни амалга ошириш мураккаброқ, шунга қарамадан дискрет алоқа канали орқали ахборотларни узатиш нисбатан осонроқ.

Назорат саволлари.

1. Узлуксиз хабар энтропияси нимага тенг? Узлуксиз сигнални хабар ўтказиш имконияти чекланган алоқа канали орқали аниқ узатиш мумкинми?
2. Ўзаро информация деганда нимани тушунасиз?
3. Алоқа каналининг ахборот ўтказиш имконияти деганда нимани тушунасиз ва у қандай аниқланади?
4. Бир неча ахборот ўтказиш имконияти турли бўлган алоқа каналлари кетма-кет уланганда натижавий ахборот ўтказиш имконияти нимага тенг? Агар улар параллел уланса, унинг ахборот ўтказиш имконияти нимага тенг бўлади?
5. Узлуксиз сигнал дискретлаш орқали узатилганда ахборот миқдори ўзгарадими?
6. Нима учун алоқа каналининг ахборот узатиш имкониятини билиш зарур?
7. Ахборот ўтказиш имкониятини аниқлашга тегишли Шенон формуласини ёзинг ва уни тушунтириб беринг.
8. Хабар узатиш тезлиги деб нимага айтилади ва у қандай аниқланади?
9. Аддитив шовқинли узлуксиз алоқа каналининг хабар ўтказиш қобилияти.
10. Ҳалақитли каналлар учун кодлаш теоремаси.

8-МАЪРУЗА.

СТАТИСТИК НАЗАРИЯ АСОСИДА ҚАРОР ҚАБУЛ ҚИЛИШГА АСОСЛАНГАН СИГНАЛЛАРНИ ОПТИМАЛ ФАРҚЛОВЧЕНИИ СИНТЕЗ ҚИЛИШ. СИГНАЛНИ КОГЕРЕНТ ИШЛАШ АСОСИДА ХАБАР УЗАТИШ ТИЗИМИ. СИГНАЛНИ НОКОГЕРЕНТ ИШЛАШ АСОСИДА ХАБАР УЗАТИШ ТИЗИМИ. ФАЗА МОДУЛЯЦИЯСИ ОРҚАЛИ ХАБАР УЗАТИШ ТИЗИМИ.

РЕЖА:

1. Статистик назария асосида қарор қабул қилишга асосланган сигналларни оптимал фарқловчини синтез қилиш. Сигналларни оптимал қабуллаш мезонлари.
2. Иккилик алоқа каналларида сигналларни қабуллашда статистик ҳатоликлар.
3. Дискрет хабарларни оптимал қабуллаш
4. Сигнални когерент ишлаш асосида хабар узатиш тизими.
5. Сигнални некогерент ишлаш асосида хабар узатиш тизими.
6. Фаза модуляцияси орқали хабар узатиш тизими.

Статистик назария асосида қарор қабул қилишга асосланган сигналларни оптимал фарқловчини синтез қилиш. Сигналларни оптимал қабуллаш мезонлари

Қарор қабул қилиш схемаларидан қайси бири оптималлигини аниқлашда, уларнинг қайси маънода (мезонлари) оптималлигига алоҳида эътибор бериш керак. Қарор қабул қилиш мезонлари турлича бўлиб, у алоқа тизимига қўйилган вазифа ва унинг ишлаш шароитига боғлиқ.

СҚҚ киришига фойдали сигналлардан бири $\hat{s}_k(t)$ ва эҳтимоллик қонуни маълум бўлган ҳалақит $W(t)$ аддитив қўшилган деб, яъни

$$x(t) = \hat{s}_k(t) + w(t), \quad (8.1)$$

деб ҳисоблаймиз. Сигнал $s_k(t)$ нинг узатилиш априор эҳтимоллиги тасодифий бўлиб $P(s_k)$ га тенг. СҚҚ $x(t)$ га ишлов бериш натижасида s_i сигнални чиқаради. Кириш сигнали таркибида ҳалақит $w(t)$ бўлгани учун унинг чиқишидаги сигнал $s_i(t)$ аниқ киришидаги сигнал эмас. СҚҚ киришидаги $x(t)$ га ишлов бериб $x(t)$ ни узатилиши мумкин бўлган сигналлардан бири эканлиги ҳақидаги апостериор эҳтимоллик тақсимотини $P(s_i/x)$ ни ҳисоблаб чиқади. Ушбу эҳтимоллик тақсимоти қонунига асосланиб, узатилиши мумкин бўлган сигналдан қайси бири СҚҚ га $x(t)=s_i(t)+w(t)$ шаклида келганлиги ҳақида қарор қабул қилиш керак.

Дискрет (рақамли) сигналларни узатишда Котельников тамойилидан кенг фойдаланилади. Ушбу тамойилга асосан қарор қабул қилиш қурилмаси

чиқишида апостериор эҳтимоллиги энг катта бўлган сигнал $s_i(t)$ рўйхатдан ўтади (акс этади), $P(s_i/x) > P(s_j/x)$, $i \neq j$ бўлса $s_i(t)$ сигнал акс эттирилади. Ушбу тамойилдан фойдаланилган хатолик тўлиқ эҳтимоллиги P_x энг кичик қийматга эришади, яъни $P_x = P_{x\min}$ бўлади,

$$P_x = 1 - P(s_i/x). \quad (8.2)$$

(8.2) ифодадан кўринадикки апостериор эҳтимолликнинг $P_{\max}(S_i/x)$ максимал қийматига хатоликнинг минимал қиймати $P_{x\min}$ тўғри келади.

Агар СКҚ томонидан $s_i(t)$ ва $s_j(t)$ сигналларнинг узатилиш априор эҳтимоллиги маълум бўлса, $s_i(t)$ ёки $s_j(t)$ сигнални рўйхатдан ўтказиш хатолиги янада камаяди. Байс формуласига асосан

$$P(s_j/x) = \frac{P(s_i)P(s_i/x)}{P(s_j)} \rightarrow s_i. \quad (8.3)$$

(8.3) формулани қуйидаги шаклда ҳам ёзиш мумкин:

$$P(s_i)P(s_i/x) > P(s_j)P(s_j/x) \rightarrow s_i, \quad (8.4)$$

ёки

$$\frac{P(s_i/x)}{P(s_j/x)} = \frac{P(s_j)}{P(s_i)} \rightarrow s_i. \quad (8.5)$$

(8.3), (8.4) ёки (8.5) тенгсизликлар бажарилмаган ҳолда (S_j) сигнали рўйхатга олинади (акс этади).

$P(S_i/x)$ ва $P(S_j/x)$ лар $x(t)$ нинг $s_i(t)$ ва $s_j(t)$ га ўхшашлик функциялари деб аталади. Ўхшашлик функцияси қанча катта бўлса $x(t)$ нинг $s_i(t)$ ва $s_j(t)$ эканлиги эҳтимоллиги шунча катта бўлади, хатолик шунча кичик бўлади.

$$\frac{P(s_i/x)}{P(s_j/x)} = \Lambda \quad \text{ўхшашлик нисбати деб аталади ва унга асосан}$$

Котельников тамойили асосида қарор қабул қилишда қуйидаги ифодадан фойдаланиш мумкин:

$$\Lambda > \frac{P(s_i/x)}{P(s_j/x)} \rightarrow s_i. \quad (8.6)$$

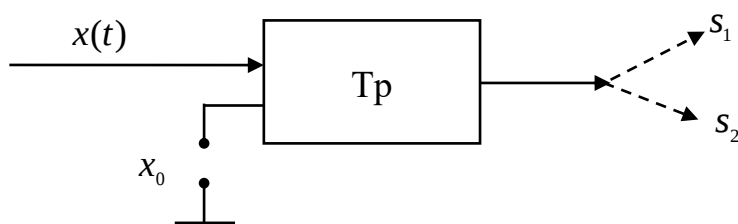
(8.6) шарт бажарилса S_i сигнал рўйхатдан ўтади. Агар турли сигналларни узатиш апостериор эҳтимоллиги бир хил бўлса, яъни $P(S_i) = P(S_j) = \frac{1}{m}$, бунда m -турли сигналлар сони, у ҳолда қарор қабул қилиш шарти (тамойили) соддалашади;

$$\Lambda > 1 \rightarrow s_i. \quad (8.7)$$

Шундай қилиб, идеал кузатувчи тамойили (шарти) ўхшашлик функцияларини таққослаш билан алмашади. Ушбу шарт умумийроқ бўлиб, максимал ўхшашлик тамойили (критерий) деб аталади.

Иккилик алоқа каналларида сигналларни қабуллашда статистик хатоликлар.

Алоқа канали орқали узатиладиган $s_1(t)$ ва $s_2(t)$ сигналлар, коднинг икки a_1 ва a_2 элементар сигналлари 1 ва 0 га мос келади деб ҳисоблаймиз. СҚҚ кўринишдаги сигнал $x(t)$ га ишлов бериш натижасида s_1 ва s_2 ни акс эттириш “бўсаға” усулида ҳал этилади, бунда $x < x_0$ бўлса s_1 сигнал ва $x \geq x_0$ бўлса, s_2 сигнал рўйхатга олинади (бунда x_0 – триггер бўсағаси сатҳ қиймати). 8.1-расмда триггер (Тр) ёрдамида қарор қабул қилиш қурилмасининг чизмаси келтирилган.



8.1-расм. Қарор қабул қилиш соддалашган схемаси.

$x(t)$ сигнални қабуллашда 2 ҳил хатолик содир бўлиши мумкин:

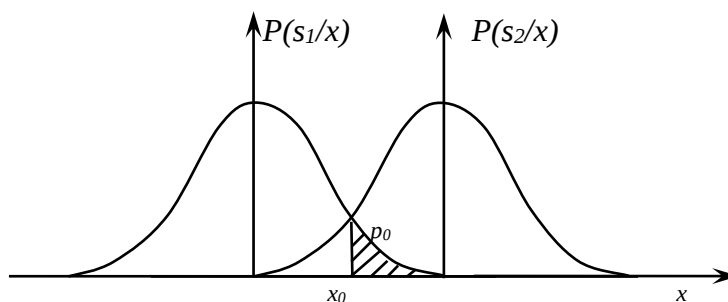
1. s_1 сигнал узатилганда s_2 ;
2. s_2 узатилганда s_1 сигнал рўйхатдан ўтиши (акс этиши мумкин).

Ушбу хатоликларнинг содир бўлиш эҳтимоллиги

$$P_{12} = P(s_1 / s_2) = \int_{-\infty}^{x_0} P\left(\frac{s_2}{x}\right) dx \quad (8.8)$$

$$P_{21} = P(s_2 / s_1) = \int_{x_0}^{\infty} P\left(\frac{s_1}{x}\right) dx \quad (8.9)$$

Ушбу (8.8) ва (8.9) интеграллар эҳтимолликлар тақсимооти графигининг юзаси шаклида ҳисобланиши мумкин (8.2-расм).



8.2-расм. Интеграллар эҳтимолликлар тақсимоти.

Биринчи ва иккинчи тур хатоликлар s_1 ва s_2 сигналларнинг узатилиш априор эҳтимоллигини эътиборга олиш натижасида қуйидаги кўринишни олади.

$$P_I = P(s_2)P(s_1 / s_2) = P_2 P_{21} \quad (8.10)$$

$$P_{II} = P(s_1)P(s_2 / s_1) = P_1 P_{12} \quad (8.11)$$

Ҳато содир бўлиш тўлиқ эҳтимоллиги

$$P_0 = P_I + P_{II} = P_1 P_{12} + P_2 P_{21} \quad (8.12)$$

Агар s_1 ва s_2 сигналларнинг узатилиш априор эҳтимолликлари $P_1 = P_2$ бўлса, у ҳолда умумий ҳатолик

$$P_0 = \frac{1}{2} (P_{12} + P_{21}). \quad (8.13)$$

Умумий ҳатолик P_0 априор эҳтимолликлар $P_0 = P_1$ бўлганда ўзининг энг кичик қийматига эришади, унда қарор қабул қилиш схемасидаги «бўсаға» сатҳи x_0 га тенг бўлиши керак. Ушбу бўсаға сатҳида $P_0 = P_{12} = P_{21}$. 8.1-расмда ҳатолик P_0 штрихланган юзага тенг. Қарор қабул қилиш бўсағасининг ҳар қандай $x \neq x_0$ қийматида умумий ҳатолик P_0 ошади.

Котельников тамойили (критерийси) табиий соддалигига қарамасдан қуйидаги камчиликларга эга: биринчидан ҳамма ҳолларда ҳам сигнал қабуллаш томонда узатилаётган сигналлар априор эҳтимолликлари маълум эмас; турли хатоликлар бир хил натижага эга, бир хил йўқотишларга олиб келади деб қабул қилинган.

Бази ҳолларда бундай тасаввур хатоликларга олиб келади. Мисол учун: канал орқали маълум бир рақамни узатганда, рақамнинг қайси бир элементи хато қабул қилингани турли даражадаги йўқотишларга олиб келади. Масалан: А манзилдан В манзилга 1111 жўнатилса қуйидаги тур хатоликлар

содир бўлиши мумкин: 0111, 1011, 1101 ёки 1110. Келтирилган тўрт ҳолатда $x(t)$ таъсирида 1 нинг 0 га алмашиши турли қийматларга олиб келади. Хатоликнинг оқибати турлича. Радиолокацияда ва фавқулодда ҳолатларда команданинг ўтказиб юборилиши ва ёлғон тайёргарлик эълон қилиш.

Умуман, қарор қабул қилишда биринчи ва иккинчи тур хатоликларнинг қандай оқибатларга олиб келагини албатта эътиборга олиш керак. Ушбу хатолик оқибатини махсус коэффициентлар киритиб эътиборга олиш мақсадга мувофиқ бўлади. Биринчи ва иккинчи тур хатоликларнинг бир-бирига мувофиқлаштирувчи L_{12} ва L_{21} коэффициентларни киритиб, кутиладиган оқибат (йўқотиш) ёки ўртача таваккални аниқлаймиз

$$r = L_{12}P_1 + L_{21}P_{\Pi} = L_{12}P_1P_{12} + L_{21}P_2P_{21} \quad (8.14)$$

Қайси бир қарор қабул қилиш тамойили энг кам ўртача йўқотиш ёки таваккални таъминласа шуниси энг оптимал ҳисобланади, минимал таваккал тамойили Байс (критерийлари) меъзонлари қаторига киради.

Радиолокация ва гидролокацияда Нейман-Пирсон тамойилидан фойдаланилади. Ушбу тамойилни танлашда объектни (идеал) ўтказиб юбориш ва ёлғондан сафарбарлик эълон қилиш оқибатида турлича эканлигини эътиборга олинган, бундан ташқари “объект” нинг пайдо бўлиши эҳтимоллиги аввалдан (априори) номаълум деб ҳисобланади.

Агар “объект” ўтказиб юбориш ёмон оқибатларга (йўқотишларга) олиб келса, у ҳолда ёлғон безовта (сафарбар) қилиш эҳтимоллиги $\beta_{\text{сб}}$ ни киритиш ва қарор қабул қилувчи схема тўғри қабул қилиш эҳтимоллигини максималлаштирувчи ҳолатда ишлашини таъминлаш талаб қилиниши керак, яъни P_T –топиш (аниқлаш) эҳтимоллигини ошириш ёки “объект” топилмасини (аниқланмай қолиши) эҳтимоллигини камайтириши керак.

Нейман-Пирсон тамойили бўйича СКҚ оптимал деб ҳисоблаш учун, берилган “ёлғон” сафарбарлик эҳтимоллигида $\beta_{\text{сб}}$ да, сигнал борлигини аниқлашнинг энг катта эҳтимоллигини таъминлаши керак, яъни

$$P_{\text{сб}} = \int_{x_0}^{\infty} P(x/0)dx = \beta_{\text{сб}} \quad \text{ва} \quad P_{\text{ан}} = 1 - P_{\text{аниқланмаган}} = 1 - \int_{\infty}^{x_2} P(x/s)dx \quad (8.15)$$

Нейман-Пирсон тамойили қуйидаги қарор қабул қилиш тавсия этади. “Объект” қуйидаги ҳолда аниқланган (топилган) ҳисобланади:

$$\Lambda = \frac{P(x/s)}{P(x/0)} > \lambda, \quad (8.16)$$

бунда, λ –ёлғон сафарбарлик рухсат этилган эҳтимоллиги орқали аниқланувчи катталик.

Дискрет хабарларни оптимал қабуллаш

Дискрет хабарлар манбаи чиқишида $u_1, u_2, u_3 \dots u_i$ хабарларни $P(u_1), P(u_2), P(u_3) \dots P(u_i)$ эҳтимоллик билан пайдо бўлади. Узатиш томонида модуляция натижасида ушбу хабарлар мос сигналлар $s_1(t), s_2(t), s_3(t) \dots s_i(t)$ сигналларга айлантирилади, уларнинг узатиш қурилмаси чиқишида пайдо бўлиш эҳтимоллиги $u_1, u_2, u_3 \dots u_i$ хабарларнинг пайдо бўлиш эҳтимоллигига тенг, яъни $P(s_1), P(s_2), P(s_3) \dots P(s_i)$ бўлади. Бунда табиийки, $s_1(t), s_2(t), s_3(t) \dots s_i(t)$ сигналларнинг пайдо бўлиш эҳтимоллиги хабарларнинг пайдо бўлиш априор эҳтимоллигига тенг, яъни $P(s_1)=P(u_1), P(s_2)=P(u_2) \dots P(s_i)=P(u_i)$ бўлади. Узатиш жараёнида сигнал $s_i(t)$ га ҳалақит $w(t)$ таъсир этади, натижада СКҚ киришига $x(t)=s_i(t)+w(t)$ шаклидаги фойдали сигналлардан бирига аддитив қўшилган $G_x(\omega)=N_0/2$ спектори бўйича бир текис тарқалган қувватга эга ҳалақит таъсир этади.

Фойдали сигнал $s_i(t)$ ҳалақит $w(t)$ ва $x(t)$ маълум бир оралик, $(0 < t < T)$ да мавжуд бўлганлаклари учун уларни ортогонал ташкил этувчиларга алоҳида – алоҳида ёйиш мумкин, бунда

$$s_1(t) = \sum_{i=1}^n s_{ie} \varphi_e(t) \quad (8.17)$$

$$w_1(t) = \sum_{i=1}^n w_{ie} \varphi_e(t) \quad (8.18)$$

$$x(t) = \sum_{i=1}^n x_{ie} \varphi_e(t) \quad (8.19)$$

бунда,

$$x_i = s_{il} + w_i; \quad s_{il} = \int_0^T s_i(t) \varphi_l(t) dt; \quad w_i = \int_0^T w(t) \varphi_l(t) dt \quad (8.20)$$

СКҚ киришидаги ҳалақит $w(t)$ эҳтимоллик нормал тақсимот қонунига бўйсунгани учун $w(t)$ нинг ортогонал ташкил этувчилари Фурье коэффицентлари ҳам ўртача қиймати нолга тенг бўлган нормал тақсимот қонунига бўйсунди ва унинг дисперцияси $\delta_i^2 = w_l^2 = \frac{N_0}{2}$ га тенг бўлади, яъни

$$P(w_l) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \exp\left(-\frac{w_l^2}{N_0}\right) \quad (8.21)$$

Сигнал ва ҳалақитнинг йиғиндиси x_e ҳам сигнал ўртача қиймати S_{ie} бўлган нормал тақсимот қонунига бўйсунди ва дисперсияси ҳалақит дисперциясига тенг бўлади, яъни

$$P(x_l / s_{il}) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \exp \left[-\frac{(x_l - s_{il})^2}{N_0} \right] \quad (8.22)$$

Ҳалақит $w(t)$ ташкил этувчилари w_c лар бир-бирига боғлиқ бўлмаганликлари учун x_l нинг кўп ўлчамли эҳтимоллик шартли тақсимоти $P(s_i/x)$ унинг бир ўлчамли тақсимотлари (8.22) кўпайтмасига тенг бўлади.

$$P(s_i / x) = \prod_{e=l_1}^{l_2} P(s_{il} / x) = \pi N_0^{-n/2} \exp \left[-\frac{1}{N_0} \sum_{e=l_1}^{l_2} (x_l - s_{il})^2 \right] \quad (8.23)$$

Ушбу (8.23) ифодани Байс формуласи

$$\frac{P(s_i / x)}{P(s_j / x)} > \frac{P(s_i)}{P(s_j)} \rightarrow s_i \quad (8.24)$$

га киритиб Котельников оптимал СКҚ шартини учун қуйидаги тенгсизликни оламиз

$$\frac{P(s_i / x)}{P(s_j / x)} = \frac{\exp \left[-\frac{1}{N_0} \sum_{e=l_1}^{l_2} (x_l - s_{il})^2 \right]}{\exp \left[-\frac{1}{N_0} \sum_{e=l_1}^{l_2} (x_l - s_{jl})^2 \right]} > \frac{P(s_i)}{P(s_j)} \quad (8.25)$$

(8.25) ифодани логарифмлаш натижасида қуйидагини оламиз

$$\sum_{e=l_1}^{l_2} (x_l - s_{il})^2 - \sum_{e=l_1}^{l_2} (x_l - s_{ol})^2 < N_0 \ln \frac{P(s_i)}{P(s_j)} \quad (8.26)$$

(8.17), (8.18) ва (8.19) ифодаларни эътиборга олиб,

$$\sum_{e=l_1}^{l_2} (x_l - s_{il}) \varphi_l(t) = x(t) - s_i(t) \quad (8.27)$$

$$\sum_{e=l_1}^{l_2} (x_l - s_{jl}) \varphi_l(t) = x(t) - s_j(t) \quad (8.28)$$

(8.27) ва (8.28) ифодаларни квадратга ошириш, вақт бўйича ўрталаштириш ва $\varphi_i(t)$ функцияларнинг ортогоналлигини эътиборга олсак, қуйидаги ифодани оламиз

$$\int_0^T [x(t) - s_i(t)]^2 dt = \sum_{e=l_i}^{l_2} (x_l - s_{il})^2 \quad (8.29)$$

Юқоридагиларни эътиборга олганда Котельников оптимал СҚҚ шarti қуйидаги шаклга келади.

$$\int_0^T [x(t) - s_i(t)]^2 dt - \int_0^T [x(t) - s_j(t)]^2 dt = N_0 \frac{P(s_i)}{P(s_j)} \quad (8.30)$$

(8.30) шарт бажарилганда СҚҚ чиқишида $s_i(t)$ сигнал, акс ҳолда $s_j(t)$ сигнал акс этади.

Агар алоқа канали орқали узатилаётган турли сигналларнинг узатилиш априор эҳтимолликлари бир хил, яъни $(p(s_1) = p(s_2) = \dots = p(s_m) = \frac{1}{m})$ деб ҳисобласак, Котельников СҚҚ оптимал шarti янада соддалашади.

$$\int_0^T [x(t) - s_i(t)]^2 dt < \int_0^T [x(t) - s_j(t)]^2 dt, \quad i \neq j \quad (8.31)$$

(8.31) шарт бажарилганда СҚҚ чиқишида $s_i(t)$ сигнал, акс ҳолда $s_j(t)$ сигнал акс этади.

Шундай қилиб узатилаётган сигналларнинг узатилиш эҳтимолликлари бир хил бўлса, оптимал СҚҚ чиқишида қабул қилинган $x(t) = s_m(t) + w(t)$ дан энг кам ўртача квадратик фарқланувчи сигнал $s_i(t)$ акс этади.

(8.31) тенгсизлик квадрат ва қавсларни очиш натижасида қуйидаги кўринишни олади:

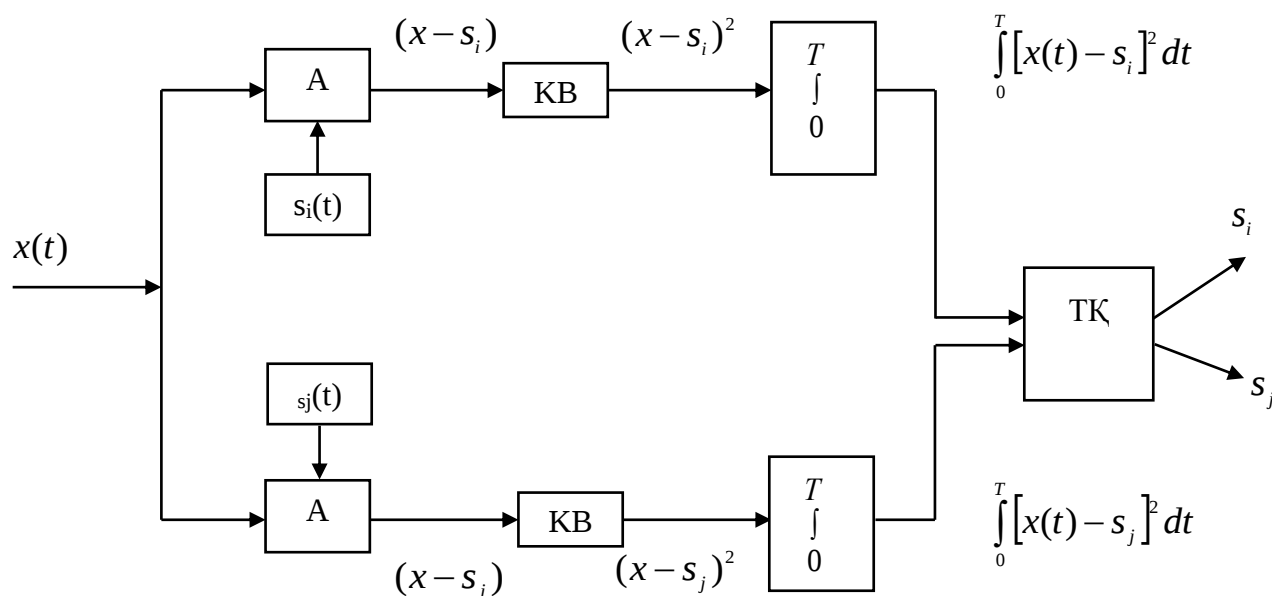
$$\int_0^T x^2(t) dt + \int_0^T S_i^2(t) dt - 2 \int_0^T x(t) S_i(t) dt < \int_0^T x^2(t) dt + \int_0^T S_j^2(t) dt - 2 \int_0^T x(t) S_j(t) dt \quad (8.32)$$

Агар узатиладиган сигналларнинг энергияси бир хил бўлса, яъни $\int_0^T S_i^2(t) dt = E_i$, $\int_0^T S_j^2(t) dt = E_j$, $E_i = E_j$ бўлса, у ҳолда (8.30) ифода янада соддалашади,

$$\int_0^T x(t) S_i(t) dt > \int_0^T x(t) S_j(t) dt \quad (8.33)$$

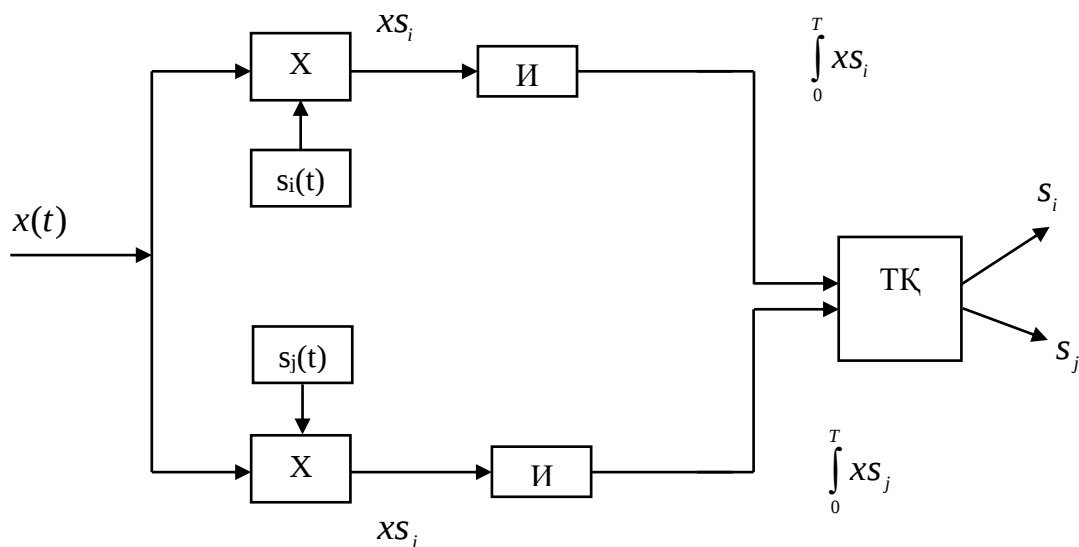
Бу ҳолда Котельников оптимал СҚҚ чиқишида қабул қилинган $x(t) = S_m(t) + w(t)$ сигнал билан энг катта ўзаро коррекцияга эга бўлган, узатилиши эҳтимол бўлган сигналлардан бири акс этади.

Алоқа канали орқали $s_1(t)$ ва $s_2(t)$ сигнали узатилиши мўлжалланган бўлса (8.31) ифодада келтирилган алгоритмни бажаришга асосланган Котельников оптимал СҚҚ қуйидаги кўринишга эга бўлади (8.3-расм).



8.3-расм. Котельников оптимал СҚҚ структуравий схемаси. А-айириш, КВ-квадратга ошириш, ТҚ-таққослаш қурилмалари.

Иккилик сигнал узатиш алоқа тизими учун (8.31) ифодада келтирилган алгоритмни бажаришга асосланган Котельников оптимал СҚҚ қуйидаги кўринишга эга бўлди (8.4-расм).



8.4-расм. Котельников корреляцион оптимал СҚҚ структуравий схемаси. Х-кўпайтиргич, И-интегратор, ТҚ-таққослаш қурилмаси.

Иккилик сигнал узатиш алоқа тизимида (8.31) ифодадаги қавсни очиб Котельников оптимали СҚҚ учун қуйидаги шартни олиш мумкин

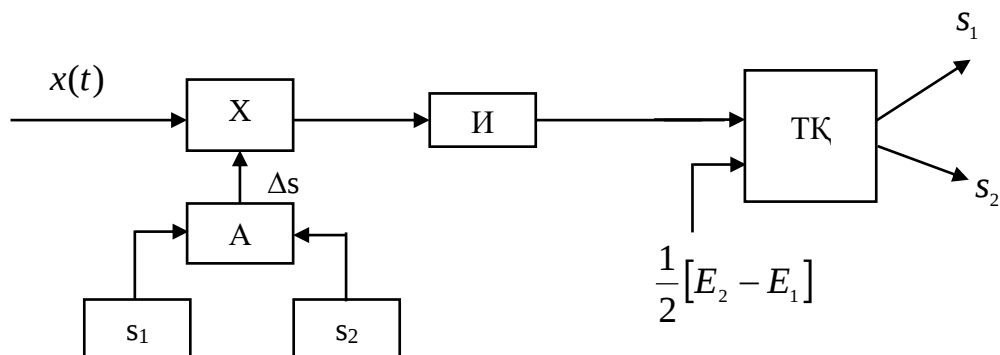
$$-\int_0^T x(t)S_2(t)dt + \int_0^T S_2^2(t)dt < -2\int_0^T x(t)S_1(t)dt + \int_0^T S_1^2(t)dt \quad (8.34)$$

ёки

$$\int_0^T x(t)[S_1(t) - S_2(t)]dt > 1/2[E_2 - E_1] \quad (8.35)$$

бунда E_1 ва E_2 сигналлар $S_1(t)$ ва $S_2(t)$ энергиялари.

Иккилик сигнал узатиш алоқа тизими учун оптимал СҚҚ (8.34) алгоритм асосида амалга оширилса қуйидаги кўринишга эга бўлади (8.5-расм).



8.5-расм. Сигналларни фарқлашга асосланган оптимал СҚҚ структуравий схемаси. Х-кўпайтиргич, И-интеграллаш, ТҚ-таққослаш, А-айириш қурилмалари.

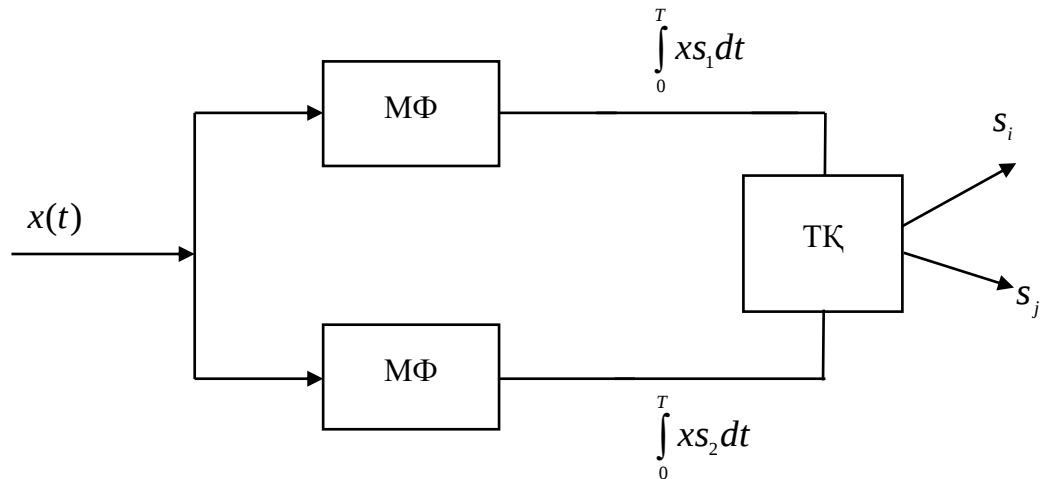
Бу алгоритм амалга оширилганда ТҚ интегратор чиқишидаги қийматни $S_1(t)$ ва $S_2(t)$ сигналлар энергиялари фарқининг ярмига тенг сатҳ билан таққослаш натижасида қарор қабул қилади. Агар сигналлар энергияси бир хил бўлса, унда ТҚ таққослаш бўсағаси нолга тенг бўлади, оптимал СҚҚ структуравий схемаси янада соддалашади (8.5-расм).

$$\int_0^T x(t)S_1(t)dt < \int_0^T x(t)S_2(t)dt \rightarrow S_2 \quad (8.36)$$

Шундай қилиб, оптимал СҚҚ оддий корреляцион когерент қабул қилишга эквивалент экан.

Оптимал СҚҚни мослашган (оптимал) триггерлар ёрдамида ҳам амалга ошириш мумкин, бунда хар бир $S_1(t)$ ва $S_2(t)$ сигнал билан мослашган,

импульс акс тасирлари $q_1(t) = Cs_1(T-t)$ ва $q_2(t) = Cs_2(T-t)$ бўлган МФ₁ ва МФ₂ лардан ва ТҚдан иборат бўлади (8.6-расм).

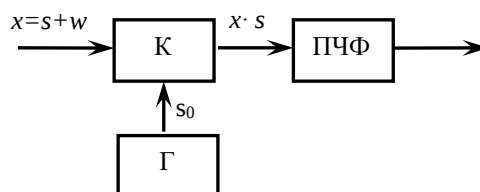


8.6-расм. Мослашган филтрлар ёрдамида оптимал СҚҚ структуравий схемаси.

Агар канал орқали m -та турли сигнал $s_m(t)$ узатилиши режалаштирилган бўлса, оптимал СҚҚ шунга мос равишда m -та каналли корреляторлардан ёки m -та мослашган филтрлардан иборат бўлади. Бундай оптимал СҚҚ чиқишида қайси бир коррелятор чиқишида бошқаларга нисбатан энг ката қиймат, яъни ўзаро корреляция натижаси ҳосил бўлса, ёки мослашган m -филтрларнинг қайси бири чиқишида энг катта кучланиш пайдо бўлса шу сигнал рўйхатдан ўтади. Одатдаги рақамли тизимларда 2 хил $s_1(t)$ ва $s_2(t)$ сигнал (0 ва 1) АМ, ЧМ, НФМ сигналлар ёрдамида узатилади, натижада оптимал СҚҚ икки каналли бўлади.

Сигнални когерент ва некогерент ишлаш асосида хабар узатиш тизими.

Сигналларни когерент қабуллаш қурилмасининг умумлашган структуравий (таркибий) схемаси 8.7–расмда келтирилган бўлиб, у кириш сигнали x –ни генератор (Г) ишлаб чиқарилган фойдали сигнал нусхаси s_0 билан кўпайтиргич (К) дан ва паст частоталар филтридан иборат.



8.7 –расм. Сигналларни когерент қабуллаш қурилмасининг умумлашган структуравий схемаси.

Агар киришдаги фойдали сигнал частотаси ва фазаси маълум бўлса, бундай қабуллаш қурилмасида синхрон детектордан фойдаланиш мумкин. Паст частоталар фильтри интегратор вазифасини бажаради, унинг чиқишидаги кучланиш узатувчиси киришдаги юқори частотали сигнал ўровчиси шаклини такрорлайди.

Нокогерент қабуллашда қабуллаш томонида қабулланаётган сигнал фазаси аввалдан (априори) маълум бўлмайди, шунинг учун синхрон детекторлаш усулидан фойдаланиб бўлмайди, оддий амплитуда детекторидан фойдаланилади.

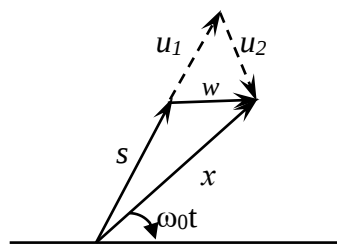
Қабуллаш қурилмасига фойдали гармоник шакилдаги сигнал $S(t) = A_0 \cos \omega t$ ва ҳалақит $w(t)$ таъсир этмоқда деб ҳисолаймиз. Бунда ҳалақитнинг спектори фойдали сигнал ўртача частотаси атрофида симметрик жойлашган бўлади, уни квазигармоник кўринишига эга деб ҳисоблаш мумкин, яъни:

$$w(t) = U_1 \cos \omega_0 t + U_2 \sin \omega_0 t = U \cos[\omega_0 t + \varphi(t)], \quad (8.37)$$

Бунда u_1 ва u_2 дисперсиялари $\sigma_x^2 = \overline{U_1^2(t)} = \overline{U_2^2(t)} = N_0 F$ нормал тахсимот қонунига бўйсунувчи тасодифий жараён бўлиб. —ҳалақит спектори қуввати зичлиги, N_0 —ҳалақит спектори қуввати зичлиги, F —ҳалақит спектри эффектив кенглиги. Сигнал ва ҳалақит йиғиндиси қуйидагига тенг:

$$x(t) = S(t) + w(t) = (A_0 + U_1) \cos \omega_0 t + U_2 \sin \omega_0 t, \quad (8.38)$$

(8.38) ифоданинг вектор диаграммаси 8.8–расмда келтирилган. 8.7–расмдан кўринадикки ҳалақит $w(t)$ фойдали сигнал $S(t)$ га нисбатан икки ташкил этувчи икки квадратик ташкил этувчидан: синхрон U_1 ва ортогонал U_2 ташкил этувчилардан иборат. Фойдали сигнални синхрон қабуллашда ҳалақитнинг фақат синфазали (фазаси мос) ташкил этувчиси детекторга таъсир қилади. Бунда ҳалақит квадратик ташкил этувчиси u^2 детекторга таъсир этмайди. Бу усул билан қабуллашда ҳатолик ҳалақит синхрон ташкил этувчиси амплитудаси тасодифий равишда нормал тахсимоми қонуни асосида ўзгариши натижасида ҳосил бўлади.



8.8–расм. Сигналларнинг вектор диаграммаси.

Сигнал $x(t) = s(t) + w(t)$ ни нокогерент қабул қилишда ҳалақитнинг ҳар икки $U_1(t)$ ва $U_2(t)$ ташкил этувчиси фойдали сигнал $S(t)$ га таъсир қилади.

Детектор чиқишида $x(t)=s(t)+w(t)$ сигнал ўровчисига мос кучланиш ҳосил бўлади. Бунда ҳатолик $x(t)=s(t)+w(t)$ нинг Рэле умумлаштирилган қонуни асосида тасодифий ўзгарувчи ўровчиси $U(t)$ қийматларига боғлиқ.

Фойдали сигнал ва ҳалақит йиғиндисини квадратик режимда ишловчи детектор ёрдамида детекторлашни кўриб чиқамиз. Детекторнинг берилган $y=\phi(x)$ тавсифи асосида у орқали ўтувчи (ток ёки кучланишнинг) ўртача қиймати y^n ни аниқлаймиз:

$$\overline{y(t)} = \int_{-\infty}^{\infty} \phi(S + w)P(w)dw, \quad (8.39)$$

Чиқиш сигнали доимий ташкил этувчисини топиш учун $\overline{y(t)}$ ни вақт бўйича ўртача қийматини аниқлаймиз:

$$y_0 = \overline{\overline{y(t)}} = \int_{-\infty}^{\infty} \phi(s + \overline{w})\overline{P(w)}dw \quad (8.40)$$

Детектор чиқишидаги сигналнинг флуктуацион ташкил этувчиси $\xi = y - \overline{y}$, доимий ўзгарувчан ташкил этувчиси $b=y-y_0$ га тенг бўлиб, детектор чиқишидаги фойдали сигнал деб b нинг паст частотаси ташкил этувчиси ёки детектор киришига сигнал берилганда унинг доимий ташкил этувчисининг ўзгариши тушунилади. Шундай қилиб детектор чиқишидаги сигнални куйидагича йиғинди сифатида ифодалаш мумкин:

$$y = y_0 + b + \xi, \quad (8.41)$$

(8.41) ифода биринчи ташкил этувчиси Y_0 —чиқиш сигнали доимий ташкил этувчиси; иккинчиси b —даврий ташкил этувчиси (фойдали сигнал) ва ниҳоят учинчиси ξ —детектор чиқишидаги ҳалақит.

Детектор чиқишида фойдали сигнални ҳалақитга нисбати нинг дисперсия $D\xi$ га нисбати шаклида аниқлаймиз:

$$q_{\text{чи}\xi} = \frac{b^2}{D\xi}, \quad (8.42)$$

Детекторнинг тавсифини шаклида $y=\phi(x^2)$, яъни $x(t)=s(t)+w(t)$ детектор нозизиқли элементини бошланғич қисмига таъсир этади деб ҳисоблаймиз ва унинг чиқишидаги $y(t)$ ни аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} y(t) &= [S(t) + w(t)]^2 = \{A_0 \cos \omega_0 t + U(t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t)]\}^2 \\ &= A_0^2/2 + \frac{U^2(t)}{2} + A_0 U(t) \cos \varphi(t) + Y_{\text{пч}}(t) = Y_{\text{юч}}(t), \end{aligned} \quad (8.43)$$

Чиқиш сигнали $Y_{\text{юч}}$ ташкил этувчилари паст частоталар филтритдан ўтмайди, натижада паст частоталар филтри чиқишида қуйидаги сигнални оламиз:

$$y_{\text{пч}}(t) = \frac{A_0^2}{2} + \frac{U^2(t)}{2} + AU(t)\cos\varphi(t), \quad (8.44)$$

(8.44) ифоданинг биринчи ташкил этувчиси $\frac{A_0^2}{2} = b$ фойдали сигнал; иккинчи ва учинчиси $\xi = \frac{U^2(t)}{2} + AU(t)\cos\varphi(t)$ —детектор чиқишидаги ҳалақит. Детектор чиқишидаги ҳалақит дисперсиясини аниқлаймиз[^]

$$\Delta\xi = (\xi - \bar{\xi})^2 = \sigma_x^2 + A_0^2\sigma_x^2, \quad (8.45)$$

(8.45) ифодани олишда $U^2(t) = 2\sigma_x^2$ ва $U(t)\cos\varphi(t)=0$ эканлиги эътиборга олинган.

Квадратик режимда ишловчи амплитуда детектори чиқишидаги сигнал қувватининг ҳалақит қувватиги нисбати қуйидагига тенг:

$$q_{\text{чиқ}} = \frac{b^2}{D\xi} = \frac{A_0^4}{4(\sigma_x^4 + A_0^2\sigma_x^2)} = \frac{q_k^2}{1 + 2q_2}, \quad (8.46)$$

унда, $q_k = \frac{A_0^2}{2\sigma_x^2}$ -киришдаги сигнал қувватининг ҳалақит қувватиги нисбати.

Агар детектор киришида с/х нисбати $q_k \gg 1$ бўлса $q_{\text{ч}} \approx \frac{1}{2}q_k$, нисбат $\frac{q_{\text{ч}}}{q_k} = 0.5$, икки марта камаяди $q_k \ll 1$, бўлса, $q_{\text{ч}} \approx q_k^2$ бўлади. Мисол учун кириш сигнали нисбатан кучсиз ва $q_k = 10$ бўлса, $q_{\text{ч}} = 5$ бўлади ва $q_k = 0.1$ бўлса, $q_{\text{ч}} = 0.01$ га тенг бўлади. Детекторнинг бу иш режимида кучсиз сигнал ҳалақит таъсирида унинг чиқишида яна ҳам кучсизланади.

Сигнални когерент қабуллаш

Сигнал ва ҳалақитни когерент (синхрон) қадул қилишда таянч генератор ишлаб чиқараётган сигнал $s_0(t)$ фодали сигнал $s(t)$ га частотаси ва фазаси бўйича мос келиши керак. Детектор чиқишида кириш сигнали $x(t)$ ва таянч генератори сигнали $s_0(t)$ кўпайтмаси ҳосил бўлади, яъни

$$y(t) = x(t) \cdot S_0(t), \quad (8.47)$$

(8.47) ифодаги кириш сигнали ва $S_0(t) = B_0\cos\omega_0 t$ ларни киритиб қуйидагига эга бўламиз:

$$\begin{aligned}
y(t) &= \{A_0 \cos \omega_0 t + U \cos[\omega_1 t + \varphi(t)]\} B_0 \cos \omega_0 t = A_0 B_0 \cos^2 \omega_0 t + A_0 U \cos \omega_0 t \cdot \cos[\omega_0 t + \varphi(t)] \\
&= \frac{A_0 B_0}{2} + \frac{1}{2} A_0 B_0 \cos 2\omega_0 t + \frac{B_0 U}{2} \cos(2\omega_0 t + \varphi) + \frac{1}{2} B_0 U \cos \varphi(t) \\
&= y_{\text{пч}}(t) + y_{\text{юч}}(t), \quad (21)
\end{aligned} \tag{8.48}$$

(8.48) ифодадан паст частотали ташкил этувчиларни ажратиб оламиз:

$$y_{\text{пч}}(t) = \frac{A_0 B_0}{2} + \frac{1}{2} B_0 U \cos \varphi(t) = b + \xi, \tag{8.49}$$

бунда, $b = \frac{A_0 B_0}{2}$ -чиқишдаги сигнал фойдали ташкил этувчиси;
 $\xi = \frac{1}{2} B_0 U \cos \varphi(t)$ чиқиш сигнали таркибидаги ҳалақит.

Ҳалақит ξ дисперсияси $D\xi$ ни аниқлаймиз:

$$D\xi = \frac{1}{4} \overline{B_0^2 U^2 \cos^2 \varphi(t)} = \frac{1}{8} \overline{B_0^2 U^2} = \frac{1}{4} B_0^2 \cdot \sigma_x^2, \tag{8.50}$$

Детектор чиқишидаги сигнал қувватини ҳалақит қувватиги нисбатини аниқлаймиз:

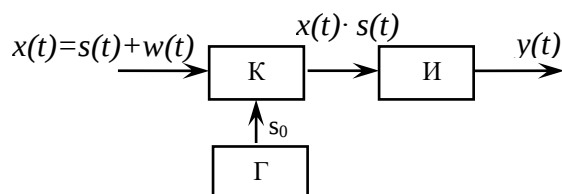
$$q_{\text{ч}} = \frac{b^2}{D\xi} = \frac{A_1^2}{\sigma_n^2} = 2_{\text{қк}}, \tag{8.51}$$

Когерент (синхрон) детектор чиқишида $q_{\text{чиқ}}$ киришдагидан 2 марта катта бўлиб, киришдаги сигнал $x(t)$ сатҳига боғлиқ эмас, фойдали сигнал ҳалақит таъсирида сусаймайди. Когерент қабул қилиш юқори ҳалақитбардошликни таъминлайди.

Юқорида олинган натижалар фойдали сигнал $s(t)$ гармоник шаклида ҳалақит олинган бўлиб, унинг натижалари модуляцияланган (манипуляцияланган) учун ҳам таалуклидир.

Сигнални корреляцион усулда қабуллаш

Корреляцион қабуллаш қурилмаси структуравий схемаси 8.9–расмда келтирилган бўлиб, у таянч сигнали генератори Γ , кириш сигнали $x(t)$ таянч генератори сигнали $S_0(t)$ кўпайтириш ав интегратордан иборат.



8.9–расм. Корреляцион қабуллаш қурилмаси структуравий схемаси.

Сигнални кореляцион қабул қилишда маълум бир вақт T да $x(t)$ ва $s_0(t)$ сигналлар ўзаро корреляцияси $Y(T)$ ўлчанади. Агар фойдали сигнал $s(t)$ таянч сигналга тўлиқ ўхшаш бўлса, унда ўзаро корреляциани қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$y(T) = \frac{1}{T} \int_0^T \dot{s}(t) \ddot{s}(t) dt = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) S(t) dt + j \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \hat{S}(t) dt, \quad (8.52)$$

бунда, $\dot{x}(t)$ ва $\dot{s}(t)$ —аналитик сигнал $x(t)$ ва $s(t)$ га мос бўлиб, $\hat{S}(t)$ функция $s(t)$ билан комплекс мослашган сигнал.

Чиқиш сигналини рўйхатга олиш усулига қараб корреляция қабуллаш когерент ва некогерент бўлиши мумкин. Когерент қабулда маълум вақт T да $\dot{y}(t)$ функциянинг ҳақиқий қиймати ҳисобланади, яъни:

$$Re \dot{Y}(t) = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cdot S(t) dt, \quad (8.53)$$

Нокогерент қабулда $\dot{Y}(t)$ функциянинг модули ҳисобланади, яъни:

$$|\dot{y}(T)| = \frac{1}{T} \left| \int_0^T \dot{x} \dot{s}(t) dt \right| = \sqrt{\left[\int_0^T x(t) S(t) dt \right]^2 + \left[\int_0^T x(t) \cdot \hat{S}(t) dt \right]^2}. \quad (8.54)$$

Корреляцион қабуллаш қурилмаси чиқишидаги сигнал ҳақиқий қийматини икки ташкил этувчи йиғиндиси шаклида ифодалаймиз,

$$y = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot S(t) dt = b + \xi, \quad (8.55)$$

бунда, $b = \frac{1}{T} \int_0^T S^2(t) dt = P_c$ -фойдали сигнал; $\xi = \frac{1}{T} \int_0^T S(t) \cdot w(t) dt$ қабуллаш қурилмаси чиқишидаги сигнал ҳақиқий қийматини дисперсиясини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} D\xi &= \left[\frac{1}{T} \int_0^T S(t) w(t) dt \right]^2 = \frac{1}{T^2} \int_0^T \int_0^T \overline{S(t) \cdot S(t_1) w(t) w(t_1)} dt \cdot dt_1 \\ &= \frac{1}{T^2} \int_0^T S(t) dt \int_0^T \overline{S(t_1) w(t) w(t_1)} dt_1 = \frac{1}{T^2} \int_0^T S^2(t) dt \int_0^T B_w(t - t_1) dt \end{aligned} \quad (8.56)$$

Агар ҳалақит спектри фойдали сигнал ҳалақитидан анча кенг бўлса, $\Delta\tau$ - корреляция интервали жуда кичик бўлади ва бу вақт ичида сигнал қиймати деярли ўзгармай қолади. Шунинг эътиборга олиб (8.56) ифодани қуйидаги кўринишга келтириш мумкин:

$$D\xi \approx \frac{1}{T^2} \int_0^T S^2(t) dt \int_0^T B_w(t-t_1) dt_1 \approx \frac{\Delta\tau}{T} P_c \cdot P_x, \quad (8.57)$$

бунда $P_x = B_w(0)$ —қабуллашм қурилмаси киришидаги ҳалақит қуввати.

Сигнални корреляцион когерент қабул қилинганда унинг чиқишидаги С/Х–нисбати қуйидагича аниқланади:

$$q_{\text{ч.к}} = \frac{b^2}{D\xi} = \frac{T}{\Delta\tau} q_k \approx 2TF_x q_k. \quad (8.58)$$

Сигнални корреляцион нокогерент қабул қилинганда унинг чиқишидаги с/х–нисбати қуйидагига тенг бўлади:

$$q_{\text{н.к}} = \frac{b^2}{2D\xi} = \frac{1}{2} \frac{T}{\Delta\tau} q_k \approx TF_x \cdot q_k \quad (8.59)$$

Нокогерент ишлов беришда ҳалақитнинг ҳар икки фазаси мос ва ортогонал ташкил этувчиси. Ҳалақитбардошликни, когерент ишлов беришга қараганда икки маротаба камайтиради. Сигнални корреляцион қабул қилиш интеграллаш усулини ҳар қандай шакилдаги сигналларга қўллашнинг умумлашган усули деб ҳисоблани мумкин.

Иккилик сигналларни когерент қабуллашда ҳатолик эҳтимоллиги.

Иккилик сигналларни когерент қабуллашда ҳатоликни аниқлаймиз. Бу ҳатолик оптимал қабуллашдаги ҳатоликка тенг бўлади. Ушбу ҳатолик энг кичик минимал бўлиб, ушбу сигнал узатиш модуляция тури учун потенциал ҳалақитбардошликни баҳолайди. Реал СҚҚ ҳалақитбардошлиги потенциал ҳалақитбардошликка тенг бўлиши мумкин, аммо ундан катта бўлмайди.

СҚҚ киришида $s_1(t)$ сигнал $P(s_1)$ ва $s_2(t)$ сигнал $P(s_2)$ эҳтимоллик билан пайдо бўлса, у ҳолда ҳатолик $s_1(t)$ узатилганда СҚҚ нинг чиқишида $s_2(t)$ ёки тескарис $s_2(t)$ узатилганда $s_1(t)$ ҳатолик юз беришдан иборат бўлади. Бу ҳол учун Котельников мезони асосида ишловчи оптимал СҚҚ алгоритми қуйидагидан иборат:

$$\int_0^T [x(t) - s_1(t)]^2 dt - \int_0^T [x(t) - s_2(t)]^2 dt > N_0 \ln \frac{P_1}{P_2}. \quad (8.60)$$

Бу ифода $x(t) = s(t) + w(t)$ лигини эътиборга олсак, қуйидаги кўринини олади

$$\int_0^T w^2(t)dt - \int_0^T [s_1(t) - s_2(t) + w(t)]^2 dt > N_0 \ln \frac{P_1}{2} \quad (8.61)$$

ёки

$$\int_0^T w(t)dt[s_1(t) - s_2(t)]dt < \frac{1}{2} N_0 \ln \frac{P_2}{P_1} - \frac{1}{2} \int_0^T [s_1(t) - s_2(t)]^2 dt \quad (8.62)$$

(8.62) ифодани бир қисмини $w(t)$, $s_1(t)$ ва $s_2(t)$ ларни ортогонал қаторга ёйишдан фойдаланиб қуйидаги кўринишга келтирамиз

$$\zeta(t) = \int_0^T w(t)dt[s_1(t) - s_2(t)]dt = \sum_l w_l(s_{1l} - s_{2l}) \quad (8.63)$$

Ҳалақит $w(t)$ нинг ҳар бир коэффиценти w_l ўртача қиймати нолга тенг нормал тақсимот қонунига бўйсунгани учун (12.42) ифодага ўнг томонидаги йиғинди ҳам нормал тақсимот қонунига бўйсунди, ζ нинг ўртача қиймати нолга тенг бўлади, дисперсияси қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$D\zeta = \bar{\zeta}^2 = \sum_l w_l^2(s_{1l} - s_{2l})^2 = \frac{1}{2} N_0 \int_0^T [s_1(t) - s_2(t)]^2 dt = \sigma_\zeta^2. \quad (8.64)$$

Тасодикий катталик ζ нинг эҳтимоллиги зичлиги

$$P(\zeta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\zeta^2}} \exp\left(-\frac{\zeta^2}{2\sigma_\zeta^2}\right) \quad (8.65)$$

(8.62) ифодага мувофиқ агар $s_1(t)$ алоқа канали орқали узатилган бўлса, қуйидаги шарт бажарилганда содир бўлади:

$$\zeta < A = \frac{1}{2} N_0 \ln \frac{P_2}{P_1} - \frac{1}{2} \int_0^T [s_1(t) - s_2(t)]^2 dt \quad (8.66)$$

$s_1(t)$ сигнал ўрнига $s_2(t)$ сигналнинг рўйхатга олиниши ҳатолик

$$P_{12} = P(\zeta < A) = \int_{-\infty}^A P(\zeta)d\zeta = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\zeta^2}} \int_{-\infty}^A \exp\left(-\frac{\zeta^2}{2\sigma_\zeta^2}\right)d\zeta \quad (8.67)$$

Ҳалақитнинг нисбий катталиги $U = \frac{\zeta}{\sigma_\zeta}$ тушунчасини киритиб P_{12} ҳатолик учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$P_{12} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{A}{\sigma_\zeta}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi\left(\frac{A}{\sigma_\zeta}\right) \right] \quad (8.68)$$

бунда,

$$\frac{A}{\sigma_\zeta} = \frac{\frac{1}{2} N_0 \ln \frac{P_2}{P_1} - \frac{1}{2} \int_0^T [s_1(t) - s_2(t)]^2 dt}{\sqrt{\frac{1}{2} \int_0^T [s_1(t) - s_2(t)]^2 dt}} \quad (8.69)$$

(8.69) ифодани қуйидаги белгилашларни киритиб, уни анча содда шаклга келтирамиз:

$$\alpha^2 = \frac{1}{2N_0} \int_0^T [s_1(t) - s_2(t)]^2 dt \quad (8.70)$$

$$\alpha_{21} = \alpha + \frac{1}{2\alpha} \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (8.71)$$

$$P_{12} = \frac{1}{2} [1 - \Phi(\alpha_{12})] \quad (8.72)$$

(8.72) ифода орқали $s_1(t)$ сигнал ўрнига $s_2(t)$ сигнал рўйхатга ўтиши P_{12} аниқланади ва аксинча $s_2(t)$ ўрнига $s_1(t)$ рўйхатга олиниш эҳтимоллиги P_{21} қуйидагича аниқланади:

$$P_{21} = \frac{1}{2} [1 - \Phi(\alpha_{21})] \quad (8.73)$$

бунда,

$$\alpha_{21} = \alpha + \frac{1}{2\alpha} \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (8.74)$$

Иккилик алоқа каналидаги умумий ҳатолик

$$P_0 = P_1 P_{12} + P_2 P_{21} \quad (8.75)$$

ёки

$$P_0 = \frac{1}{2}[1 - \Phi(\alpha_{12})] + \frac{1}{2}[1 - \Phi(\alpha_{21})] \quad (8.76)$$

Юқорида олинган (8.76) ифодадан шундай хулоса чиқариш мумкин, иккилик сигналларни оптимал қабуллашдаги потенциал ҳалақитбардошлик α^2 га ва $\frac{P_2}{P_1}$ га боғлиқ бўлиб, булардан биринчиси α^2 сигнал энергияси

фарқининг ҳалақит қиймати N_0 нисбати орқали аниқланади; иккинчиси $\frac{P_2}{P_1}$

хабарларни узатилиш эҳтимоллиги статистик хусусиятларига боғлиқ.

Агар $s_1(t)$ ва $s_2(t)$ сигналларнинг узатилиш априор эҳтимоллиги $P_1 = P_2 = 0,5$ бўлса, иккилик каналдаги ҳатолик қуйидагича аниқланади:

$$P_0 = \frac{1}{2}[1 - \Phi(\alpha)] \quad (8.77)$$

Ҳалақит қиймати кичик бўлса (8.71) ва (8.74) формулалардаги иккинчи ҳадни эътиборга олмаса бўлади, бунда (8.75) формула (8.77) формула кўринишини олади. Бу ҳолда ҳатолик эҳтимоллиги P_1 ва P_2 априор эҳтимолликларга деярли боғлиқ бўлмайди. Ҳалақит қиймати N_0 катталашган сари α коэффициент кичик бўлади ва ҳатолик P_0 эҳтимоллиги сигналлар узатилиш априор эҳтимоллиги P_1 ва P_2 га боғлиқлиги сезиларли бўлади ва аста-секин катталашиб боради.

Шундай қилиб, агар $s_1(t)$ ва $s_2(t)$ сигналларнинг узатилиш априор эҳтимоллиги $P_1 = P_2 = 0,5$ бўлса, сигнал қабул қилишдаги умумий ҳатолик α коэффициентига ва ҳалақитнинг энергетик спектри қуввати N_0 га боғлиқ бўлади.

Дискрет хабарларни нокогерент қабуллаш.

Нокогерент қабуллаш СҚҚ киришида фойдали сигналнинг бошланғич фазаси аввалдан номаълум бўлганда қўлланади. Бундан ташқари сигнал $s(t)$ қазаси параметрлари вақт бўйича ўзгариб турувчи каналдан ўтганда тасодифий шаклда ўзгаради ва уни аниқлаш сезиларли қийинчиликларга олиб келади, баъзан эса сигнал $s(t)$ доимий параметрли каналлар орқали узатиладиган ҳолатда СҚҚ схемасини соддалаш мақсадида нокогерент қабуллаш усулидан фойдаланилади.

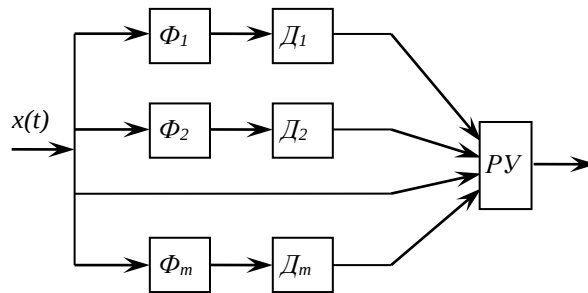
Оптимал нокогерент СҚҚ да кириш сигнали $x(t)$ нинг функцияси модули (ўровчиси) ҳисобланади, яъни

$$y_k = \left| \int_0^T x(t) \dot{s}_k^*(t) dt \right| \quad (8.78)$$

аниқланади, ва y_k қайси бир узатилиши мумкин бўлган $s_k(t)$ сигнал билан $t = t_0$ вақтда энг катта қийматга эришса шу сигнал қайд этилади. Агар $s_1(t)$ сигнали узатилган бўлса, ҳатолик $y_1 < y_k$ (бунда $k \neq 1$) бўлган ҳолатда содир бўлади, яъни

$$\left| \int_0^T \dot{x}(t) \dot{s}_1^*(t) dt \right| < \left| \int_0^T \dot{x}(t) \dot{s}_k^*(t) dt \right|, \quad (k \neq 1, k = 2, 3, \dots, m) \quad (8.79)$$

(8.79) шартни амалга оширувчи СҚҚ структуравий схемаси 8.10-расмда келтирилган. Бу СҚҚ m -та мослашган филтрдан, амплитуда детекторидан ва таққослаш қурилмасидан иборат. Ҳар бир мослашган филтр (МФ) чиқишида кириш сигнали $x(t)$ ва узатилиши мумкин бўлган фойдали сигналлар $s_m(t)$ орасидаги ўзаро корреляция функциясига пропорционал чиқиш кучланиши ҳосил бўлади ва амплитуда детектори АД ушбу кучланишнинг ўровчисини ажратади.



8.10-расм. m -сигналларни некогерент қабуллаш қурилмаси структуравий схемаси.

(8.79) Маълумки, сигналларни некогерент қабуллашда маълум бир T -вақтда $x(t)$ ва $s_1(t)$ сигнал модули ҳисобланади, яъни

$$y_k^2 = \left| \int_0^T \dot{x}(t) \dot{s}_k^*(t) dt \right|^2 = \left[2 \int_0^T x(t) s_k(t) dt \right]^2 + \left[2 \int_0^T x(t) \hat{s}_k(t) dt \right]^2 \quad (8.80)$$

Агар $s_1(t)$ сигнал узатилган бўлса, $x(t) = s_1(t) + w(t)$ бўлади ва натижада (8.80) қуйидаги кўринишни олади:

$$y_k^2 = \left| 2 \int_0^T [s_1(t) + w(t)] s_k(t) dt \right|^2 + \left| 2 \int_0^T [s_1(t) + w(t)] \hat{s}_k(t) dt \right|^2 =$$

$$4 \left| \int_0^T s_1(t) s_k(t) dt + \int_0^T w(t) s_k(t) dt \right|^2 + 4 \left| \int_0^T s_1(t) \hat{s}_k(t) dt + \int_0^T w(t) \hat{s}_k(t) dt \right|^2 \quad (8.81)$$

$s_k(t)$ сигналларнинг узатилиш эҳтимолликлари бир хил, бир хил энергияга эга ва улар ўзаро кучайган даражада ўзаро ортогонал (яъни сигналлардан бирини унинг комплекс мослашганигига алмашганда ҳам ортогоналлик ҳусусияти сақланса) бўлса, у ҳолда

$$y_k^2 = \left[2 \int_0^T w(t) s_k(t) dt \right]^2 + \left[2 \int_0^T w(t) \hat{s}_k(t) dt \right]^2 = \varsigma_k^2 + \eta_k^2, \quad (8.82)$$

$$y_1^2 = (2E + \varsigma_1)^2 + \eta_1^2;$$

$$\text{бунда, } \varsigma_k = 2 \int_0^T w(t) s_k(t) dt, \quad \eta_k = 2 \int_0^T w(t) \hat{s}_k(t) dt.$$

Тасодикий катталиклар ς_k ва η_k ўртача қиймати нольга, дисперсияси $\sigma^2 = \sigma_{\varsigma}^2 = \sigma_{\eta}^2$ ($\sigma^2 = 2N_0E$) бўлган эҳтимоллиги нормал тақсимот қонунига бўйсунади. Юқоридагиларга асосан $y_k^2 = \varsigma_k^2 + \eta_k^2$ ҳам ўртача қиймати нольга тенг, дисперсияси $\sigma_y^2 = \sigma_{\varsigma}^2 = \sigma_{\eta}^2 = 2N_0E$ га тенг нормал тақсимот қонунига бўйсунади ва қуйидагича ифодаланади:

$$P(y_k) = \frac{y_k}{2N_0E} \exp\left(-\frac{y_k^2}{4N_0E}\right) \quad (8.83)$$

Тасодикий катталик y_1^2 ни икки вектор йиғиндиси деб тасаввур этиш мумкин, булардан бири узунлиги $L = 2E$ бўлиб, икинчиси бир-бирига боғлиқ бўлмаган нормал тақсимот қонунига бўйсунувчи дисперсияси $\sigma_1^2 = 2N_0E$ га тенг вектордир. Шунинг учун y_1^2 Реле умулашган тақсимот қонунига бўйсунади,

$$P(y_1) = \frac{y_1}{2N_0E} \exp\left(-\frac{y_1^2 + L^2}{4N_0E}\right) I_0\left(\frac{y_1 L}{2N_0E}\right) \quad (8.84)$$

y_k қиймат, сигнал $s(t) = 0$ бўлса, СКҚ киришидаги ҳалақит ўровчисига мос келади. Ҳалақит Гаусс қонунига бўйсунгани учун y_k^2 Реле тақсимот қонунига бўйсунади. Тасодикий катталик y_1 сигнал $s_1(t)$ ва

халақит $w(t)$ ларнинг йиғиндиси ўровчиси бўлганлиги учун Реле умумлашган тақсимот қонунига бўйсунди.

Энди нокогерент СҚҚ даги ҳатолик эҳтимоллигини аниқлаймиз, у умумий ҳолда қуйидагига тенг:

$$P_{\text{хнкг}} = 1 - P(y_1 > y_2, y_3 < y_m) \quad (8.85)$$

Иккилик (бинар) алоқа канали учун $m=2$

$$P_{\text{хнкг}} = 1 - P(y_1 > y_2) = P(y_2 > y_1) \quad (8.86)$$

$s_1(t)$ сигналнинг ҳато қабул қилиниши эҳтимоллигини ҳисоблаш учун y_1 нинг маълум бир қиймати учун $y_2 > y_1$ нинг эҳтимоллигини аниқлаймиз. Бу эҳтимоллик қуйидаги интеграл билан аниқланади:

$$I(y_1) = \int_{y_1}^{\infty} P(y_2) dy_2 \quad (8.87)$$

$I(y_1)$ - қиймати y_1 га боғлиқ бўлиб, унинг қийматини, яъни тўлиқ ҳатолик қийматини y_1 нинг ҳамма қийматларини $P(y_1)$ зичлик тақсимотини эътиборга олган ҳолда аниқланади. Шундай қилиб,

$$P_{\text{хнкг}} = P(y_2 > y_1) = \int_0^{\infty} I(y_1) P(y_1) dy_1 = \int_0^{\infty} P(y_1) dy_1 \cdot \int_{y_1}^{\infty} P(y_2) dy_2 \quad (8.88)$$

(8.88) ифодада $P(y_1)$ ва $P(y_2)$ ифодалари (8.82), (8.83) ларни киритиб ва интеграллаш натижасида оптимал нокогерент қабулда ҳатолик эҳтимоллиги учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$P_{\text{xz}} = \frac{1}{2} e^{-\frac{q_0}{2}}, \quad \text{б унда } q_0 = \frac{E}{N_0} \quad (8.89)$$

М-та сигнал узатилиши мумкин бўлган алоқа каналида сигнални оптимал нокогерент қабуллаш ҳатолиги қуйидагига тенг бўлади:

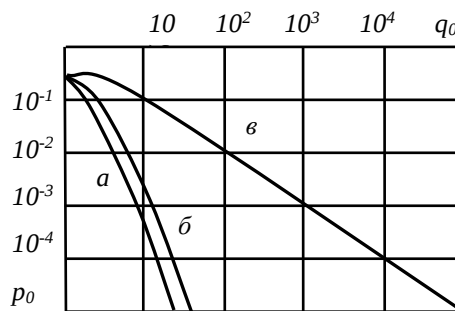
$$P_{\text{хнкг}} \approx \frac{m-1}{2} e^{-\frac{q_0}{2}} \quad (8.90)$$

М-позицияли (турли) сигналларни оптимал когерент қабуллашдаги ҳатоликни, ушбу сигналларни нокогерент оптимал қабуллаш натижаларини

таққослаш шуни кўрсатадики, бу ҳатоликлар иккилик каналдаги ҳатолик учун қуйидаги ифодаalar орқали аниқланади.

$$P_{\text{хм}} \approx (m-1)P_{\text{х2}} \quad (8.91)$$

8.11-расмда иккилик сигналларни оптимал когерент қабуллаш ва оптимал нокогерент қабуллашдаги ҳатоликлар эҳтимолликлари чизмаси келтирилган. Ушбу боғланишларни таҳлили оптимал нокогерент қабулдаги ҳатолик эҳтимоллиги оптимал когерент қабуллашдаги ҳатолик эҳтимоллигидан кўп фарқ қилмайди. Бу фарқ $q < 1$ кичик ва сигнал нооптимал қабул қилинганда катта бўлади.



8.11-расм. Иккилик сигналларни оптимал когерент ва оптимал нокогерент қабуллашдаги ҳатоликлар эҳтимолликлари чизмаси.

Фаза модуляцияси орқали хабар узатиш тизими.

Фазаси манипуляцияланган сигналларнинг ҳалақитбардошлиги.

ЧМп сигналлар сингари фазаси манипуляцияланган (ФМп) сигналлар ҳам актив паузали сигналлардан ҳисобланади. Оддий ФМп сигналлар фазаси узатилаётган хабар кодларига мос равишда (1 ёки 0) фазаси 180° га ўзгаради.

ФМп сигнал аналитик ифодаси $(0; T)$ оралиқда қуйидаги функциялардан бирига тенг бўлади:

$$\begin{aligned} s_0(t) &= U_c \cos(\omega_0 t + \varphi) \\ s_1(t) &= U_c \cos(\omega_0 t + \varphi + \pi) = -U_c \cos(\omega_0 t + \varphi) \end{aligned} \quad (8.92)$$

(8.92) ифодадан $s_0(t)$, $s_1(t)$ сигналлар бир-бирига қаршилиги тасдиқланади, яъни $s_0(t) = -s_1(t)$. Бундай сигналлар қарама-қарши сигналлар деб аталади.

АМп, ЧМп ва ФМп сигналлар вақт диаграммаларини таққослаш шуни кўрсатадики, уларнинг энергияси бир хил бўлганда, улар орасидаги масофа ФМп учун максимал (энг катта) бўлади. Шунинг учун алоқа каналидан узатилаётган сигналлар энергияси бир хил ва уларга таъсир этаётган флуктуацион ҳалақит қуввати бир хил бўлган ҳолда, ФМп сигнал бошқа модуляция турларига қараганда юқори ҳалақитбардошликка эга бўлиши табиий. ФМп сигнал эквивалент энергиясини аниқлаймиз

$$E_{\text{ЭФМп}} = \int_0^T [s_0(t) + s_1(t)]^2 dt = 4 \int_0^T s_0^2(t) dt = 4E \quad (8.93)$$

Дискрет хабар ФМп сигналлар ёрдамида узатилганда потенциал ҳалақитбардошлик қуйидагича аниқланади:

$$P_{\text{ХФМ}} = 1 - \Phi \left[\sqrt{\frac{4E}{2N_0}} \right] = 1 - \Phi \left[\sqrt{2q^2} \right] \quad (8.94)$$

АМп, ЧМп ва ФМп сигналларнинг ҳалақитбардошлигини таққослаш шуни кўрсатадики, булар орасида ЧМп сигнал ўрта ўринни эгаллайди. ЧМп ортогонал сигналлардан ФМп қарама-қарши сигналларга ўтиш унинг энергияси 2 марта оширади ва АМп сигналга ўтиш аксинча икки маротаба камайтиради.

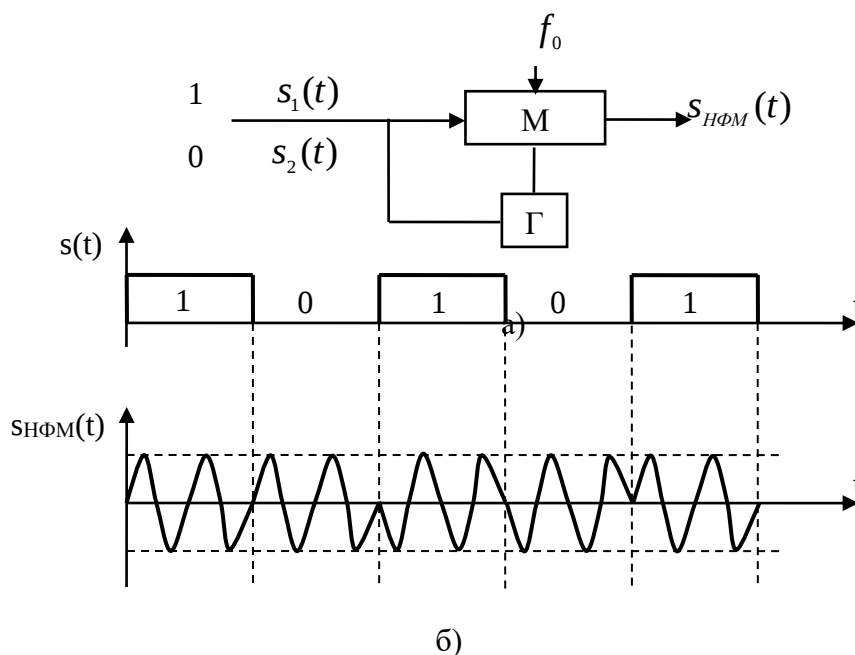
ФМп сигнал юқори ҳалақитбардошлигини амалда таъминлаш учун когерент қабул усулини таъминлашни талаб қилади, бунинг учун қабул қилинаётган $s_1(t)$ ва $s_0(t)$ сигналлар билан фазаси мос келувчи эталон (таянч) сигналинини МКҚда бўлишини таъминлаш керак бўлади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки қабул қилинадиган ФМп сигнал таркибида ташувчи частотаси f_0 га тенг спектр ташкил этувчиси йўқ, шунинг учун ундан таянч сигналинини шакллантиришда фойдаланиб бўлмайди.

Замонавий алоқа тизимларида ФМп сигналлардан фойдаланилмайди, чунки уни қабул қилишда яна бир неча муаммолар пайдо бўлади. Оддий ФМп сигнал ўрнига фазаси нисбий манипуляцияланган НФМп сигналлардан фойдаланилади.

Фазаси нисбий манипуляцияланган сигналларнинг ҳалақитбардошлиги.

НФМп сигнал оддий ФМп сигналларга ҳос бўлган тескари ишлаш ходисасини тўлиқ йўқотиш имкониятини беради. Бунда узатилаётган хабар сигнали фазасининг ўзгариши ундан аввал узатилган элементар сигнал 1 ёки 0 лигига боғлиқ. Сигнал фазаси “0” билан манипуляция қилинганда унинг фазаси аввалгисидек ўзгаришсиз қолади ва “1” билан манипуляция амалга

оширилганда сигнал фазаси 180° га ўзгаради. Ушбу манипуляцияни амалга ошириш қурилмаси структуравий схемаси ва сигналлар вақт диаграммалари 8.12-расмда келтирилган.

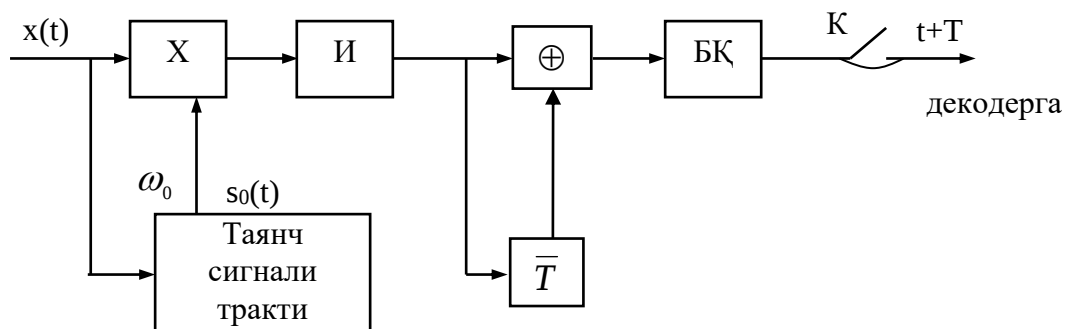


8.12-расм. а) НФМп сигнал олиш қурилмасининг структуравий схемаси, б) кириш сигнали $s(t)$ ва $s_{HFM}(t)$ сигналлар вақт диаграммалари.

НФМп ни кодлаш ва ФМп деб қараш мумкин. НФМп да кодлар комбинациясидаги элементар символлар қуйидаги қоида асосида қўшимча кодлашдан ўтади: $a_k = (0,1)$, $k = 1,2,\dots$ кодлар $a'_k = a'_{k-1}$ га, агар $a_k = 0$ бўлса ва $a'_k = 1 - a'_{k-1}$ га агар $a_k = 1$ бўлса. Бунда дастлабки a_0 символ хабар ташимайди, у қўшимча жараёнини бошлаш учун керак. Ушбу тадбирдан кейин оддий ФМп амалга оширилади, бунда манипуляцияловчи элементар сигналлар вазифасини қўшимча кодланган элементар сигналлар a'_k лар бажаради.

Тўлиқ маълум НФМп сигналлар қабуллаш қурилмаси ФМп сигналларни когерент оптимал қабуллашга ўхшаш шаклда амалга оширилади. Бундай НФМп сигналлар қарор қабуллаш қурилмаси киришига берилишидан аввал тескари қайта ишлаш жараёнидан ўтади, яъни $a'_1, a'_2, \dots, a'_k$ кетма-кетлик 2-модул бўйича аввалги символ билан таққослаш асосида ҳосил бўлади ($a'_k = a'_k \oplus a'_{k-1}$, $\oplus$ - икки модули асосий қўшиш амалини англатади). Тескари қайта ишлов бериш битта аввалги Т-вақтга кечиктирилган элементар сигнални a'_{k-1} ни ҳозирда киришдаги символ a'_k билан таққослаш асосида амалга оширилади. Таққосланаётган элементар сигналлар бир-бирига мос бўлса “0” симболи қайд этилади ва акс ҳолда “1” симболи қайд этилади. Ушбу асосда ишловчи СҚҚ таққослаш усулида қабуллаш усули деб аталади.

НФМп сигналларни оптимал қабуллаш қурилмаси структуравий схемаси 8.13-расмда келтирилган.



8.13-расм. НФМп сигналларни оптимал қабуллаш қурилмаси структуравий схемаси.

X – кўпайтиргич, I – интегратор, $\bar{T}$ – сигнални кечиктиргич, $\oplus$ – икки модул бўйича қўшиш, БҚ – бўсағавий қурилма, К – калит ($t = T$ да декодерга уланади).

Таянч сигнали $s_0(t)$ кириш сигнал частотасини иккига кўпайтириш, филтрлаш ва иккига бўлиш асосида Пистилькорс усулида амалга оширилади. НФМ сигналларни бу усулда қабуллашда “1” ни “0” га ва аксинча узатилаётган код элементар ташкил этувчиларидан фақат биттаси ҳато қайд этилишига олиб келади, кейингилари тўғри қайд этилади. НФМп ни оддий ФМп билан таққослаш 8.14-расмда келтирилган. Бу расмда стрелка (мил) юқорига йўналган ҳолат “0” га ва стрелка (мил) пастга йўналган бўлса “1” га мос келади. Расмдаги * белгиси элементар сигнал фазаси 180° га ўзгариб ФМп ҳато қабуллаш бошланган вақтга тўғри келади. НФМп да эса фақат битта элементар символ ҳато қайд этилади, кейингилари тўғри қайд этилади.

	НФМп	ФМп
Ахборот a_k	0111001010	0111001010
Қўшимча кодланган символ a_k	00101110011	
Сигнал фазаси	↑↑↓↑↓↑↓↑↑↓	↑↓↓↑↑↑↓↑↑↑
Қабулда сигнал фазаси	* ↑↑↓↑↑↑↑↑↓↑↑	* ↑↓↑↑↓↑↓↑↑↓
Қабул қилинган символлар a_k	0110001010	0110110101

8.14-расм. НФМп сигнални ФМп сигналга айлантиришга оид чизма.

НФМп сигналга адитив флуктуацион ҳалақит таъсир этганда унинг потенциал ҳалақитбардошлигини аниқлаймиз.

Бунда ҳатолик a'_k – элементар сигнал ҳато ва a'_{k-1} – элементар сигнал тўғри қабул қилинган ҳолда ҳосил бўлади, ёки аксинча ҳолатда содир бўлади.

Узатилаётган элементар символлар ҳалақит таъсирида бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда ҳато ёки бўғри қабул қилинади, яъни $P_{\Phi M}(1 - P_{\Phi M})$, бунда $P_{\Phi M}$ - ФМ сигналнинг ҳато қабулланиш эҳтимоллиги. Натижада НФМп потенциал ҳалақитбардошлиги учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$P_{НФМ} = 2P_{\Phi M}(1 - P_{\Phi M}) = 2\left[1 - \Phi(\sqrt{2q_k^2})\right]\Phi(\sqrt{2q_k^2}) \approx 2P_{\Phi M} \quad (8.95)$$

НФМп сигнал потенциал ҳалақитбардошлиги оддий ФМп ҳалақитбардошлигидан тахминан 2 марта кичикроқ, аммо ҳалақитбардошликнинг камайиши оддий ФМп сигналларни қабуллашдаги тескари ишлаш ҳодисаси юз бермайди.

Дискрет хабарларни узатишда хабар ҳар бир дискрет элементига бир неча элементар сигналлар комбинациясидан иборат бўлган кодлар комбинацияси билан алмашади. Агар кодлар комбинацияларидаги m -та элементар сигналлар бир-бирига боғлиқ бўлмаса, у ҳолда код комбинациясининг тўғри қабул қилиниши эҳтимоллиги қуйидаги ифода орқали аниқланади

$$P_{ХКК} = 1 - (1 - P_X)^m \quad (8.96)$$

бунда P_X - элементар сигнални ҳато қабул қилиш эҳтимоллиги.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ҳалақитбардошлик сигнал энергиясининг ҳалақит қуввати спектри зичлигига нисбати боғлиқ бўлиб, сигнал шаклига боғлиқ эмас.

Агар ҳалақит энергетик спектри частота бўйича бир текис тақсимланан бўлмаса сигнал спектри, яъни унинг шаклини ўзгартириб ҳалақитбардошликни ошириш мумкин.

Назорат саволлари.

1. Сигналларни когерент қабуллаш асосий шартини айтинг.
2. Сигналлар қайси ҳолларда некогерент қабул қилинади? Нокогерент қабуллаш қурилмаси чиқишида с/х қандай катталикларга эга бўлади?
3. Корреляцион қабуллаш қурилмаси структуравий схемасини чизинг ва ишлаш жараёнини тушунтиринг.
4. Автокорреляцион қабуллаш қурилмаси структуравий схемасини чизинг ва ишлаш жараёнини тушунтиринг.
5. Гармоник сигнал ва функтуацион ҳалақит йиғиндисини автокорреляцион қабуллаш вақт диаграммаларини чизинг.
6. Корреляцион ва автокорреляцион қабуллаш усуллари ҳалақит бардошлигини таққосланг.
7. Ҳалақитбардошлик нима?
8. Априор ва апастериор эҳтимоллик нима?

9. Симметрик канал деб қандай каналларга айтилади?
10. Бир таркибли канал деб қандай каналга айтилади?
11. Идеал қарор қабул қилиш мезони деб нимага айтилади?
12. Байс формуласини ёзинг ва уни шарҳлаб беринг.
13. Ўхшашлик функцияси нима?
14. Иккилик каналда қандай хатоликлар содир бўлади?
15. Иккилик каналда умумий хатолик нимага тенг?
16. Идеал сигнал қабуллаш қурилмаси нима?
17. Оптимал сигнал қабуллаш қурилмаси деб қандай қурилма тушунилади?
18. Котельников оптимал СҚҚ структуравий схемасини чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.
19. Иккилик сигнал учун оптимал корреляцион СҚҚ структуравий схемасини чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.
20. Иккилик сигналларни мослашган филтрлар ёрдамида оптимал қабуллаш қурилмаси структуравий схемасини чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.
21. Статистик назария асосида қарор қабул қилишга асосланган сигналларни оптимал фарқловчини синтез қилиш. Сигналларни оптимал қабуллаш мезонлари.
22. Иккилик алоқа каналларида сигналларни қабуллашда статистик хатоликлар.
23. Дискрет хабарларни оптимал қабуллаш.
24. Сигнални когерент ишлаш асосида хабар узатиш тизими.
25. Сигнални некогерент ишлаш асосида хабар узатиш тизими.
26. Фаза модуляцияси орқали хабар узатиш тизими.

9-МАЪРУЗА.

СЎНИШЛИ АЛОҚА КАНАЛЛАРИДА СИГНАЛЛАРНИ ЯККАЛАБ ҚАБУЛ ҚИЛИШНИНГ ҲАЛАҚИТБАРДОШЛИГИ ВА МУСТАҲКАМЛИГИ. СЎНИШЛИ КАНАЛЛАРДА МУРАККАБ СИГНАЛЛАРДАН ФОЙДАЛАНИШ. ОҚ ШОВҚИНСИЗ КАНАЛЛАР ОРҚАЛИ АХБОРОТНИ АДАПТИВ УЗАТИШ РАДИОТИЗИМИ.

РЕЖА:

- 1.Сўнишли алоқа каналларида сигналларни яккалаб қабул қилишнинг ҳалақитбардошлиги ва мустаҳкамлиги.
2. Сўнишли каналларда мураккаб сигналлардан фойдаланиш.
- 3.Оқ шовқинсиз каналлар орқали ахборотни адаптив узатиш радиотизими.

Сўнишли алоқа каналларида сигналларни яккалаб қабул қилишнинг ҳалақитбардошлиги ва мустаҳкамлиги.

Амалда сигналлар каналлар орқали узатилганда уларнинг шакли бузилади ва хатолик билан қайта акс эттирилади. Сигналнинг хатолик билан қабул қилинишига сабаб канал киритадиган бузилишлар ва сигналга таъсир этувчи ҳалақитлардир.

Каналнинг амплитуда частотаси ва вақт характеристикалари сигналга чизиқли бузилишлар киритади. Бундан ташқари сигналга каналдаги ночизиқли режимда ишлаётган функционал узеллар ночизиқли бузилишларни қўшади. Чизиқли ва ночизиқли бузилишлар каналнинг маълум параметрларига боғлиқ бўлганлиги учун, пайдо бўлиш сабаби маълумлиги сабабли уларни коррекциялаш орқали йўқотиш ёки камайтириш мумкин.

Сигнални чизиқли ва ночизиқли бузилишидан, унинг тасодифий ҳалақит таъсирида бузилишини ажрата билиш шарт. Чунки ҳалақитнинг сигналга таъсирини тўлиқ йўқотиш мумкин эмас, унинг параметрлари аввалдан маълум эмас.

Фойдали сигналга қўшилиб уни хатолик билан акс эттирилишига олиб келувчи ҳар қандай таъсир ҳалақит деб аталади. Ҳалақитлар пайдо бўлиш сабаблари ва физик хоссалари бўйича турлича бўлади. Ҳалақитлар пайдо бўлиш жойига қараб ички ва ташқи ҳалақит турига бўлинади. Ички ҳалақитлар радиоэлектрон қурилмалар актив ва passив элементларидан қатъий бир қийматга эга ток ўтмаслиги, яъни вақт бирлигида ўтказгичдан ўтаётган электронлар сони ўзгарувчанлиги сабабли пайдо бўлади.

Ташқи ҳалақитларга атмосферада юз берадиган электр жараёнлари, шу жумладан момақалдироқлар натижасида ҳосил бўлади. Бу ҳалақитлар қуввати асосан узун ва ўрта тўлқин диапазонида тўпланган. Кучли ҳалақитлар пайдо бўлишига саноат қурилмалари ишлаши ҳам сабаб бўлади. Улар саноат электр қурилмаларида ток қийматининг кескин ўзгариши, электр

транспорт (трамвай, троллейбус) электр олгич қисмларининг манба симига жипс ёпишмаслиги, электр моторлар, медицина диагностика (ташҳис қилиш) ва даволаш қурилмалари тарқатаётган электромагнит нурланишлари сабаб бўлади.

Бегона радиостанциялар нурланишлари, улар томонидан ажратилган ишчи частоталардан фойдаланиш қоидаларининг бузилиши, иш частотасининг барқарорсизлиги, нурлантираётган фойдали сигнал гармоникалари ва субгармоникалари қиймати техник талабдагидан юқорилиги сабаб бўлади. Шунингдек радиоканалларда ҳалақит – кўчма модуляция натижасида ҳам пайдо бўлади.

Умуман олганда ҳар қандай радиоканалда ички ва ташқи ҳалақитлар мавжуд бўлиб, уларнинг катталиги фойдаланилаётган радиочастоталар диапазонида ҳам боғлиқ.

Ҳалақит $w(t)$ фойдали сигнал $s(t)$ га икки турда таъсир этиши мумкин. Агар ҳалақит $w(t)$ сигнал $s(t)$ қўшилча, яъни

$$s(t)+w(t)=x(t). \quad (9.1)$$

Бундай ҳалақит аддитив ҳалақит деб аталади. Агарда ҳалақит таъсиридаги сигнал

$$x=\mu s(t) \quad (9.2)$$

математик ифода билан акс эттирилса, бундай ҳалақит мультипликатив ҳалақит деб юритилади. Бунда μ – ҳалақит таъсирида фойдали сигнал сатҳи ўзгаришини кўрсатувчи коэффицент. Ҳалақит бўлмаганда бу коэффицент бирга тенг бўлади ($\mu=1$). Умуман $\mu=(-\infty \div +\infty)$ – оралиғи ўзгариши, сигнал сатҳини камайишига олиб келиши мумкин. Агар μ - фойдали сигнал $s(t)$ га нисбатан аста-секин ўзгарса, бу ҳодиса сўниш деб аталади.

Реал радиоканалларда ҳар икки турдаги ҳалақитлар бир вақтда сигналга таъсир этади, натижада

$$x(t)=\mu(t)\cdot s(t)+w(t), \quad (9.3)$$

яъни қабул қилиш қурилмаси киришига вақт бўйича сатҳи аста-секин ўзгарувчи ва ҳалақит $w(t)$ қўшилган $x(t)$ сигнал таъсир этади.

Аддитив ҳалақитларга: флуктуацион, импульсли ва квазигармоник ҳалақитлар киради.

Флуктуацион ҳалақит бошқа ҳалақит турларига нисбатан яхши ўрганилган, у радиотехник қурилмага бир вақтда бир неча тасодикий катталиқдаги, улар таъсиридаги электр занжирларидаги ўтиш жараёни бир-бирига қўшилиб кетиши натижасида пайдо бўлади. У ҳамма частоталар диапазонида учрайди, унинг спектри чексиз кенг.

Импульсли ҳалақит баъзан вақт бўйича тўпланган ҳалақит деб ҳам аталади. Чунки у бир-биридан анча катта тасодикий вақт оралиғида қисқа

вақт давомийлигида радио қабул қилиш қурилмасига таъсир этади. Унинг таъсирида радио қабул қилиш қисмларида юз берадиган ўтиш жараёни бири-бирига қўшилмайди, навбатдаги импульсли ҳалақит таъсир этгунча аввалгисининг таъсири тугайди. Бу турдаги ҳалақитларга саноат қурилмаларининг ҳалақитлари киради: пайвандлаш ускуналари; электр транспорт; автомобиль ўт олдириш қисмлари ва бошқалар.

Ҳалақитларни флукуацион ва импульсли ҳалақитларга ажратилиши шартли бўлиб, импульсли ҳалақит такрорланиш частотасига қараб тор полосали радио қабул қилиш қурилмасига флукуацион, кенг полосали қабул қилиш қурилмаси учун импульс ҳалақит сифатида таъсир этиши мумкин.

Импульсли ҳалақит дискрет тасодифий жараён бўлиб, пайдо бўлиш вақти ва амплитудаси тасодифий тақсимланган. Импульсли ҳалақит ҳам назарий нуктаи назардан чексиз кенг спектрга эга.

Квазигармоник ҳалақит баъзан спектри бўйича жамланган ҳалақит деб аталади, бу ҳалақит турли радио узатиш қурилмалари тарқатаётган электромагнит тўлқинлар, тор полосада ҳалақит қилувчи турли саноат асбоб-ускуналаридан иборат. Бундай ҳалақит радиоқабул қилиш қурилмаси ўтказиш полосасини тўлиқ эгаллаши мумкин. Қисқа тўлқин диапазонидаги квазигармоник ҳалақит асосий ҳалақит ҳисобланади.

Қабул қилинган сигналнинг аслига мослиги ва узатиш тезлиги алоқа каналининг ишлаш сифатини ва вақт бирлигида узатилган ахборот миқдорини аниқлайди.

Қабул қилинган сигналнинг аслига мослиги бузилишлар ва ҳалақитлар таъсирида камаяди. Алоқа тизими қурилмаларини тўғри лойиҳалаш ва созлаш натижасида сигналнинг аслига мослигини юқори даражада таъминлаш, хатоликни камайитириш мумкин. Бу ҳолда сигналнинг аслига мос эмаслиги – хатолик даражаси ҳалақитга, алоқа тизимининг ҳалақитбардошлигига боғлиқ деб ҳисобланади.

Ҳалақитбардошлик деб, одатда алоқа тизимининг ахборот узатишда ҳалақитга бардош бериш қобилиятига айтилади. Қабул қилинган сигналнинг аслига мослигини унинг ҳалақитбардошлиги орқали баҳолаш мумкин. Алоқа тизими (қурилмаси) ҳалақитбардошлиги узлуксиз ва дискрет сигналлар учун турлича аниқланади.

Дискрет хабар узатиш тизими учун ҳалақитбардошлик N та узатилган элементар сигналлар $(0;1)$ дан тўғри қабул қилингани – M ни, умумий узатилган элементар сигналларга нисбати билан баҳоланади, яъни

$$P_T = M/N \quad (9.4)$$

бунда P_T – тўғри қабул қилиш эҳтимоллиги. Одатда ҳалақитбардошлик P_T нинг тескариси P_x – хато қабул қилиш эҳтимоллиги орқали баҳоланади, яъни $P_x = 1 - P_T$.

Узлуксиз аналог хабарларни узатишдаги ҳатолик узатилган $u(t)$ сигнални қабул қилинган $v(t)$ сигналдан фарқи ε_x билан баҳоланади. Кўпчилик ҳолатда ўртача квадратик хатолик

$$\bar{\varepsilon}_x^2 = \frac{1}{T_c} = \int_0^T \left[\overline{v(t) - u(t)} \right]^2 dt \quad (9.5)$$

шаклида аниқланади, бунда $\tilde{\varepsilon}_x^2$ талаб қилинадиган хатолик $\tilde{\varepsilon}_{TX}^2$ дан кичик ёки тенг бўлиши керак, яъни

$$\tilde{\varepsilon}_x^2 \leq \tilde{\varepsilon}_{TX}^2, \quad (9.6)$$

ёки $\tilde{\varepsilon}_x^2$ маълум эҳтимоллик даражасида $\tilde{\varepsilon}_{TX}^2$ дан кичик ёки тенг бўлиши керак

$$Q = P(\tilde{\varepsilon}_x^2 \leq \tilde{\varepsilon}_{TX}^2). \quad (9.7)$$

Қабул қилинган сигналнинг аслига мослик даражаси алоқа каналидаги сигнал қувватини ҳалақитга нисбати га боғлиқ, яъни

$$q = P_c / P_x. \quad (9.8)$$

Ҳалақитнинг маълум миқдорда аслига мослик хабар узатишда фойдаланилаётган сигналларнинг бир-биридан фарқ қилиш даражасига боғлиқ. Масалан: фазаси манипуляцияланган сигналларнинг бир-биридан фарқи амплитудаси ёки частотаси манипуляцияланган сигналларникига нисбатан катта, шунинг учун ФМп сигнал, АМп ва ЧМп га нисбатан юқори ҳалақитбардошлик, аслига мосликни таъминлайди.

Аслига мослик сигнални қабул қилиш турига ҳам боғлиқ. Қабул қилишни шундай турини танлаш керакки, у ҳалақит таъсиридаги сигналларнинг ўзаро фарқини иложи борида яхши ажрата олсин. Тўғри лойиҳаланган қабул қилиш қурилмаси $q = P_c / P_x$ ни сезиларли даражада яхшилаши мумкин.

Узлуксиз ва дискрет хабар узатиш алоқа тизими орасидаги қуйидаги катта фарққа эътибор бериш керак. Узлуксиз хабар (сигнал) лар узатиш тизимида ҳар қандай ҳалақит қабул қилинган сигнални юборилган сигналдан фарқланишига, хатоликка олиб келади. Дискрет сигналлар узатиш алоқа тизимида ҳалақитнинг фақат фойдали сигнал элементлари (1 ва 0) ни унинг тескарисига айлантирувчи катталиқда бўлишигина хатоликка олиб келади.

Дискрет алоқа тизимининг бузилган сигналларни тўғри қабул қилиш хусусияти – хатони тузатиш қобилияти деб аталади.

Ҳалақитбардошлик билан бир қаторда алоқа тизимининг хабар узатиш тезлиги ҳам унинг асосий кўрсаткичларидан бири ҳисобланади. Дискрет алоқа тизими учун узатиш тезлиги бир сонияда узатилган иккилик символлар сони R билан ўлчанади, яъни

$$R = \log m / \tau_0, \quad (9.9)$$

бунда τ_0 – элементар символ давомийлиги, m – код асоси. Агар $m=2$ бўлса, яъни иккилик код учун

$$R = 1 / \tau_0. \quad (9.10)$$

Ҳар қандай алоқа канали учун берилган чегаравий қийматларда – энг катта узатиш тезлиги мавжуд, уни алоқа каналининг сигнал узатиш қобилияти деб аталади ва одатда C ҳарфи билан белгиланади.

Амалда фойдаланиладиган алоқа тизимларида узатиш тезлиги R , канал узатиш қобилияти C дан кичик, яъни $R < C$.

$R \leq C$ бўлганда, сигнал узатиш ва қабул қилишнинг юқори даражада аслига мослигини таъминлаш мумкинлиги тасдиқланмоқда.

Сўнишли каналларда мураккаб сигналлардан фойдаланиш.

Кўп ҳолларда қабул қилинадиган сигналлар учун уларнинг ташувчиси частотаси f_0 дан ташқари, модуляция тури ва кодлаш тури маълум ҳисобланади. Сигналга ташқи ва ички ҳалақитлар таъсир этганда уни тўғри қабул қилиш эҳтимоллигини, ҳалақитбардошлигини таъминлаш талаб этилади. Модуляция ва кодлаш туридан қатъий назар сигналлар турли усуллардан фойдаланиб қабул қилиниши мумкин. Сигнал қабул қилишнинг қайси усуллари ҳалақитбардошлик нуқтаи назаридан энг (маъқул, мутаносиб) оптимал ҳисобланади? Бу саволларга В.А. Котельников томонидан яратилган ҳалақитбардошлик назариясидан жавоб топиш мумкин.

Қабул қилиш қурилмаси (tizimi) нинг сигнални маълум бир мутаносиблик (аниқлик) билан қайта акс эттира олиш имконияти (қобилияти) унинг ҳалақитбардошлиги деб аталади.

Алоқа тизимининг тўлиқ ҳалақитбардошлигини аниқлаш кўп ҳолларда мураккаб бўлгани учун одатда унинг айрим қисмлари: узатиш қисми, сигнал қабул қилиш қурилмаси; кодлаш ва декодлаш ёки алоқа тизимининг маълум икки нуқтаси орасидаги қисмлари ҳалақитбардошлиги аниқланади.

Ҳалақитбардошликнинг эришилиши мумкин бўлган энг катта чегаравий қиймати Котельников ифодаси бўйича потенциал ҳалақитбардошлик деб аталади.

Яратилган реал алоқа қурилмалари ҳалақитбардошлиги потенциал ҳалақитбардошликдан кичик, аммо унга қанча яқин бўлса тизим ёки қурилма шунча мукамал ҳисобланади.

Ҳақиқий (реал) ҳалақитни потенциал ҳалақитбардошлик билан таққослаш тизим (қурилма)ни маълум модуляция ва кодлаш усулидан фойдаланганда қабул қилиш қурилмаси киришидаги сигнал/ҳалақит нисбати берилганда унинг ҳалақитбардошлигини потенциал ҳалақитбардошликни таъминлашга яқинлаштириш қўшимча чора-тадбирларини танлаш имкониятини беради.

Идеал ҳолатда агар сигнал қабуллаш қурилмасига фақат фойдали сигнал $s(t)$ таъсир этса, яъни ҳалақит $w(t)=0$ бўлса унда қабул қилинган сигнал $v(t)$ узатилган сигнал $u(t)$ га тенг бўлади. Бунда қурилмадаги чизикли ва ночизикли бузилишлар йўқ деб ҳисоблаймиз. Сигнал қабуллаш қурилмаси (СҚҚ) киришига рақамли икки хил элементар сигнал $s_1(t)$ ёки $s_2(t)$ ва ҳалақит $w(t)$ таъсир этган ҳалақитни кўриб чиқамиз (9.1-расм).



9.1-расм. Умумлаштирилган сигнал қабуллаш қурилмаси.

СҚҚ қурилмаси киришидаги $x(t)$ сигналга ишлов бериш натижасида киришдаги сигналнинг узатилиши кутилаётган $s_1(t)$ ёки $s_2(t)$ сигналлардан қайси бири кузатилган $0 \leq t \leq T$ орасида унинг киришига таъсир этганлиги ҳақидаги апостриор (сигнални кузатиш ва ишлов бериш натижасида) эҳтимоллигини ҳисоблаб беради, яъни $P(s_1/x)$ ва $P(s_2/x)$.

Агар $s_1(t)$ ва $s_2(t)$ сигналларнинг шу жумладан ҳалақитнинг статистик хоссалари бузилган бўлса, сигнал қабуллаш қурилмаси уларнинг апостеорик тақсимот қонунларини таҳлил этиб $s_1(t)$ ёки $s_2(t)$ сигналлардан бири унинг киришига таъсир этгани ҳақида маълум бир мезон (критерий, қонун) асосида қарор қабул қилади.

Масалан, ўрнатилган – қабул қилинган мезон (критерий) асосида узатилган хабарни энг яхши шаклда акс эттириши керак. Ушбу ўрнатилган, танланган мезон асосида СҚҚ оптимал қабул қилгич маълум усулда узатилган хабарни қабул қилишда энг юқори ҳалақитбардошликни таъминлайди.

Агар қабул қилинган сигналлар n та бўлса, x_i -юза n та қисмга бўлинади ва ҳар гал x_i -нинг қиймати x_i юзадан бирига мос келса s_i сигнал ҚҚ киришига таъсир этди деган апостериор эҳтимоллик $P(s_i/x)$ маълум бўлади. Бунда канал орқали ҳақиқатда s_i сигнал узатилган бўлса, у тўғри қабул қилинган ҳисобланади ва ҳато қабул қилинганлик эҳтимоллиги P_x қуйидагича аниқланади:

$$P_x = \sum_{i \neq j} P(s_j / x) = 1 - P(s_i / x) \quad (9.11)$$

(9.11) ифодадан кўринадики, сигнал s_i нинг тўғри қабул қилинганлиги максимал қийматига ҳато қабул қилинганлиги қийматининг энг кичик эҳтимоллиги мос келди. Агар алоқа канали бўйича фақат 2 хил сигнал $s_1(t)$ ва $s_2(t)$ узатилса (1 ёки 0 рақамли сигнал), у ҳолда (9.11) ифода соддалашади,

$$P_{x_{\min}} = P_{\min}(s_2 / x) = 1 - P_{\max}(s_1 / x) \quad (9.12)$$

Агар алоқа канали киришидаги ва чиқишидаги сигналлар дискрет (рақамли) бўлса, бундай канал дискрет ёки рақамли алоқа канали деб аталади. Алоқа канали киришидаги ва чиқишидаги сигнал узлуксиз бўлса, бундай канал узлуксиз канал деб аталади. Агар кириш ёки чиқиш сигналларидан бири дискрет иккинчиси узлуксиз бўлса бундай каналлар дискрет-узлуксиз, узлуксиз-дискрет ёки аралаш сигналлар канали деб аталади.

Дискрет (рақамли) алоқа канали учун код кириш сигналлари a_i ($i=1,2,\dots,m$) ва чиқиш сигналлари a_j ($j=1,2,\dots,m$) сигнал узатиш тезлиги V ва a_i ни a_j га ўтиш эҳтимоллиги $P_{ij}=P(a_j/a_i)$ маълум бўлса, бундай каналнинг ҳоссалари аввалдан маълум ҳисобланади. Умуман олганда кириш ва чиқишдаги элементлар сони бир-биридан фарқланиши ($m_i \neq m_j$) мумкин.

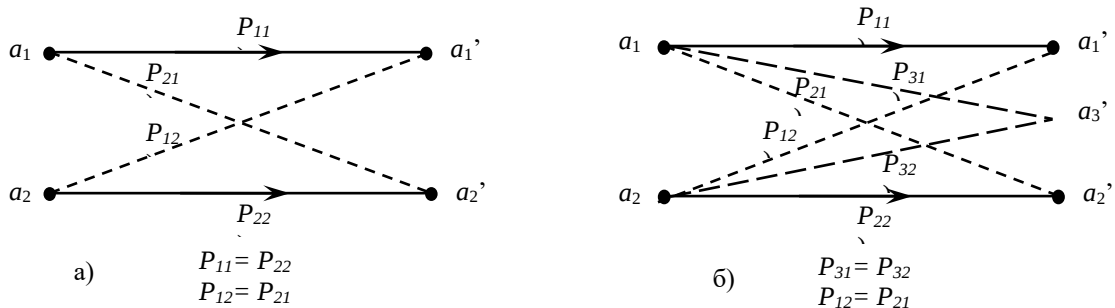
Агар дискрет (рақамли) канал учун a_i ни a_j га алмашиб қолиши эҳтимоллиги $P(a_j/a_i)$ вақтга боғлиқ бўлмаса ва ушбу элементар сигналдан қандай элементар сигнал берилганлигига боғлиқ бўлмаса, хотирасиз бир турли канал деб аталади. Агар $P(a_j/a_i)$ вақтга боғлиқ бўлса, бундай канал бир турли бўлмаган канал деб аталади ва a_i ни a_j га ўтиш эҳтимоллиги, ушбу элементдан аввал қайси элементар сигнал берилганлигига боғлиқ бўлса, бундай канал хотирали канал деб аталади. Бундай канал математик ифодаси Марков дискрет кетма-кетлигига асосланган бўлади.

Агар бир турли дискрет каналида кириш ва чиқишларидаги код символлари (элементлар) сони бир хил бўлиб, уларнинг бирининг иккинчисига ўтиш эҳтимоллиги $P(a_j/a_i)=P_0=\text{const}$, бўлса бундай каналлар симметрик канал деб аталади (9.2а-расм).

Мисол тариқасида иккилик дискрет канални келтирамиз.

Алоқа каналлари орасида кириш ва чиқиш код сигналлари бир хил эмаслари ҳам учрайди, бунда кириш алфавити $m < m'$ бўлиб, ҳамма $N=n^m$ кодлар икки гуруҳга бўлинади $N=N_p+N_T$. Хабарлар узатиш учун фақат N_p

рухсат этилган кодлар комбинациясидан фойдаланилади ва қабул томонда N_T тақиқланган кодлар комбинацияси пайдо бўлса, ҳалақитлар таъсири натижасида бу кодлар комбинацияси «ўчирилади» рўйхатга олинмайди. Бундай алоқа каналлари «ўчириш»ли каналлар деб аталади (9.2б-расм).



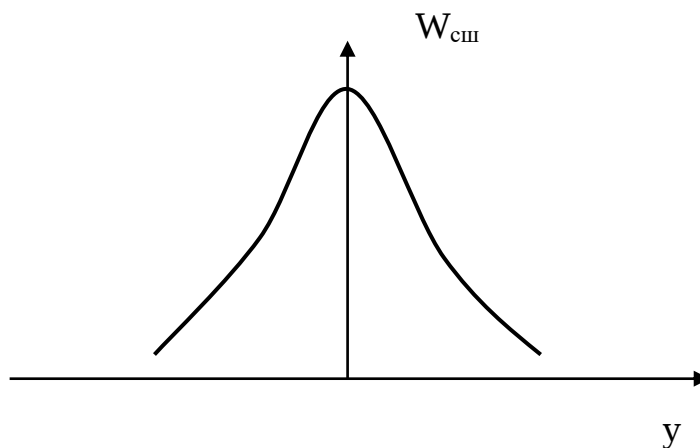
9.2-расм. Иккилик алоқа канали ишлашининг график тасвири.
а) симметрик канал, б) носимметрик канал.

«Ўчирувчи» хусусиятли алоқа каналларида декодер N_T тақиқланган кодлар комбинациясини декодламайди.

Агар алоқа каналида ҳалақитлар йўқ бўлса ($w(t)=0$), у ҳолда кириш кодлар комбинацияси ўзига мос чиқиш кодлар комбинацияси ҳосил бўлиш эҳтимоллиги $P(a_i/a_j)=1$ бўлади. Бундай кодлар комбинацияси декодер томонидан дискрет хабар элементларидан бири u_i га айлантирилади.

Оқ шовқинсиз каналлар орқали ахборотни адаптив узатиш радиотизими.

α параметрини юқори частотали ўлчамлар хатолигини кўриб чиқамиз. Бунда сигналларнинг бошқа параметрлари (аниқланган) маълум деб қаралади. Нормал “оқ шовқин” аддитив таъсирида $W_{\text{сш}}(\alpha/y)$ апостриор эҳтимоллик зичлиги унинг максимуми бўйича симметрик бўлади, (9.3-расм) яъни:



9.3- расм. Нормал “оқ шовқин” эҳтимоллик зичлиги

α параметрини оптимал баҳолаш максимал ўхшашлик меъзони функцияси орқали амалга оширилади:

$$\Lambda(y|\alpha) = \frac{w_{\text{см}}(y|\alpha)}{w_{\text{см}}(y)} \quad (9.13)$$

Бу ерда $W_{\text{см}}(y)$ - $y(t)$ реализацияга битта шовқин таъсиридаги қабул қилиш эҳтимоллик зичлиги.

(9.13) ифодани ечимини аниқлашда $y(t)$ – m ўлчовли дискретлар танловларидан иборат деб қаралади. (9.13) ифоданинг касри α параметрига боғлиқ бўлмаган учун уни қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\Lambda(y|\alpha) = \frac{w_{\text{см}}[y(t) - u(t, \alpha)]}{w_{\text{см}}[y(t)]}, \quad (9.14)$$

Бу ерда $W_{\text{см}}(\alpha/y)$ - $y(t) = u(t, \alpha) + n(t)$ аниқланаётган реализациянинг эҳтимоллик зичлиги;

$n(t) = y(t) - u(t, \alpha)$ – шовқин реализациясининг эҳтимоллик зичлигига эквивалентлиги эътиборга олинган.

Сигналларни бинар аниқлашда $u_1(t) = u(t, \alpha)$, $u_1(t) = 0$ бўлганида (9.14) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\ln \Lambda(y|\alpha) = - \frac{1}{N_0} \int_{-\infty}^{\infty} \{ [y(t) - u(t, \alpha)]^2 - y^2(t) \} dt \quad (9.15)$$

Интегралнинг ченаралари $-\infty$ дан ∞ деб олинган ифодани ечимини чиқаришда қийинчиликлар келтириб чиқаради ва бу интеграл фақат аниқланилаётган сигналнинг мавжудли вақтида олиниши керак:

$$\ln \Lambda(y|\alpha) = - \frac{1}{N_0} \left[\int_{-\infty}^{\infty} u^2(t, \alpha) dt - 2 \int_{-\infty}^{\infty} u(t) u(t, \alpha) dt \right] = \quad (9.16)$$

$$= \frac{2B(\alpha) - E(\alpha)}{N_0},$$

Бу ерда

$$B(\alpha) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) u(t, \alpha) dt$$

Берилган α параметрида

сигналнинг энергияси

$$E(\alpha) = \int_{-\infty}^{\infty} u^2(t, \alpha) dt$$

α параметрини билан

оптимал баҳолаш қуйидаги шарт баҳоланади:

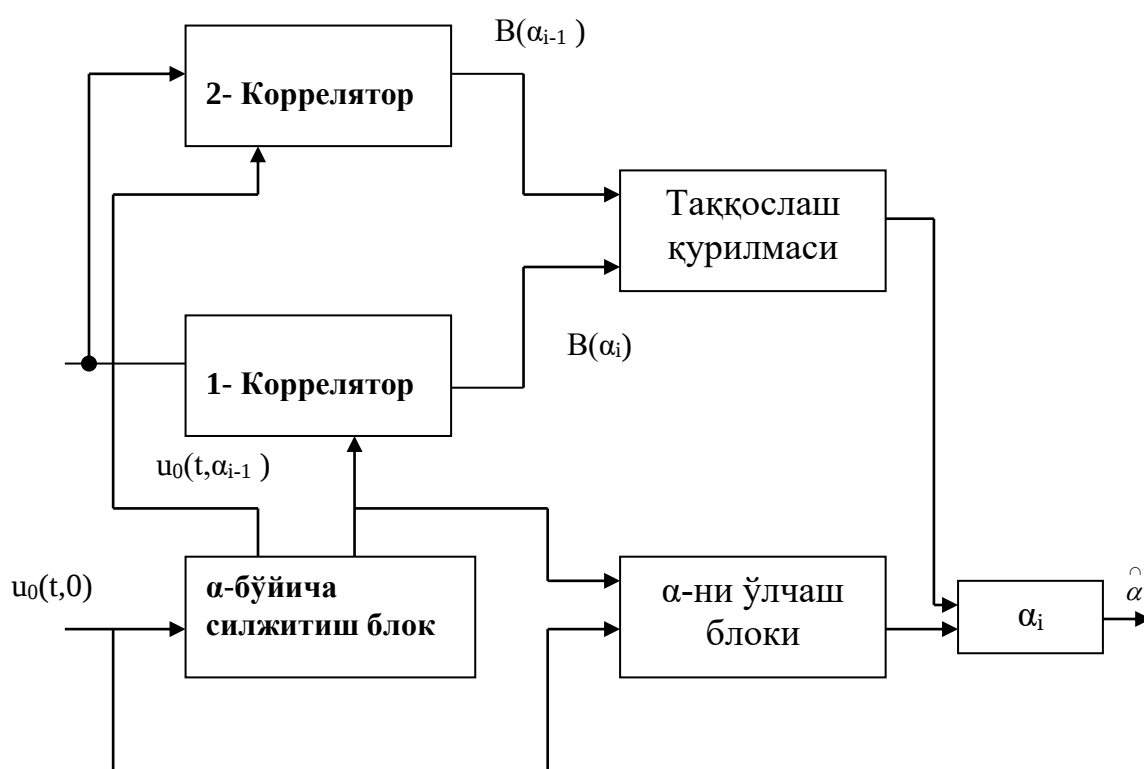
$$\frac{d}{d\alpha} \left[\frac{2B(\alpha)}{N_0} - \frac{E(\alpha)}{N_0} \right] = 0 \quad (9.17)$$

α параметрини оптимал баҳолаш тадбиқ этилагн корреляцион қабул қилгичнинг функционал схемасини келтирамиз:

9.4–расмда келтирилган 1- корреляторда қуйидаги корреляцион интегрални аниқланилади:

$$B(\alpha_i) = \int_{iT}^{(i+1)T} y(t) u_0(t, \alpha_i) dt \quad (9.18)$$

2- корреляторда α - параметрини битта қадамга силжиган $u_0(t, \alpha_{i-1})$ - таянч сигналига мос келувчи корреляцион интеграл хисобланади.



9.4-расм. α параметрини оптимал баҳолаш тадбиқ этилагн корреляцион қабул қилгичнинг функционал схемасини

α - параметрини айрим қийматларида қабул қилинган $y(t)$ ва $u_0(t, \alpha)$ – таянч сигналлари учун корреляцион интегрални иф одасини келтирамиз:

Бу ерда
$$B(\alpha) = \int_{-\infty}^{\infty} [u(t) + n(t)] u_0(t, \alpha) dt = B_0(\alpha) + B_n \quad (9.19)$$

Интегралнинг сигнал ташкил этувчиси

$$B_0(\alpha) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) u_0(t, \alpha) dt \quad (9.20)$$

Интегралнинг шовкин ташкил этувчиси

$$B_n = \int_{-\infty}^{\infty} n(t) u_0(t, \alpha) dt \quad (9.21)$$

$E \gg N_0$ – кучлий сигналлар учун α - параметрини потенциал аниқлашни кўриб чиқамиз.

α - параметри учун апостриор $W_{cm}(\alpha/y)$ - тақсимот қонунини аниқлаймиз. Юқорида кўриб ўтилганидек юқори частотали ўлчашларда $W_{cm}(\alpha/y)$ - тақсимот қонунини ўхшашлик функциясига пропорционалдир.

$$\exp \left\{ -\frac{1}{N_0} \int_{-\infty}^{\infty} [y(t) - u(t, \alpha)]^2 dt \right\} \quad (9.22)$$

Сигналнинг энергияси α - параметрига боғлиқ эмас:

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} u^2(t, \alpha) dt \equiv \int_{-\infty}^{\infty} y^2(t) dt \quad (9.23)$$

(9.23)- ифодани эътиборга олиб, $W_{cm}(\alpha/y)$ - апостриор тақсимот қонунини келтирамиз:

$$w_{cm}(\alpha|y) = k \exp \left\{ -\frac{1}{N_0} \left[\int_{-\infty}^{\infty} y^2(t) dt - 2 \int_{-\infty}^{\infty} y(t) u(t, \alpha) dt + \int_{-\infty}^{\infty} u^2(t, \alpha) dt \right] \right\} = k \exp \left\{ \frac{1}{N_0} [2E - 2B(\alpha)] \right\} = k_1 \exp [2B(\alpha)/N_0] \quad (9.24)$$

$\hat{\alpha}$ - оптимал баҳолаш чегарасида $B'(\hat{\alpha})=0$ ни эътиборга олиб, $B(\alpha)$ функциясини Тейлор функциясига ёйямиз:

$$B(\alpha) = B(\hat{\alpha}) + \frac{B''(\hat{\alpha})}{2} (\alpha - \hat{\alpha})^2 + \dots \quad (9.25)$$

У ҳолда (9.25) ифода қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$w_{cm}(\alpha|y) = k_1 \exp [2B(\hat{\alpha})/N_0] \exp \{ [B''(\hat{\alpha})/N_0] (\alpha - \hat{\alpha})^2 \} = \\ = c \exp \{ [B''(\hat{\alpha})/N_0] (\alpha - \hat{\alpha})^2 \}, \quad (9.26)$$

У ҳолда баҳолаш параметрининг дисперсиясини ифодасини келтирамиз:

$$\sigma_{\alpha}^2 = -\frac{1}{2B''(\alpha)/N_0} = \frac{1}{(2E/N_0) \rho''(\alpha)}, \quad \rho(\alpha) = B(\alpha)/E$$

Хатоликни баҳолаш тақсимланиш қонуни қуйида ифода билан аниқланилади:

$$w_{\text{см}}(\alpha|y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\alpha}} e^{-(\alpha - \hat{\alpha})^2 / 2\sigma_{\alpha}^2} \quad (9.27)$$

Назорат саволлари.

1. Сўнишли алоқа каналларида сигналларни яккалаб қабул қилишнинг ҳалақитбардошлиги ва мустаҳкамлиги.
2. Сўнишли каналларда мураккаб сигналлардан фойдаланиш.
3. Оқ шовқинсиз каналлар орқали ахборотни адаптив узатиш радиотизими.
4. $u_1(t)$ ва $u_0(t)$ сигналлари учун фарқлаш коэффицентини аниқлаш ифодасини келтиринг?
5. Таваккаллик коэффицентини нима?
6. Таваккаллик ифодасини келтиринг?
7. Ҳалақитбардошлик деганда нимани тушунасиз?
9. Ҳалақитнинг қандай турларини биласиз?
10. Аддитив ҳалақит нима? Ҳалақитнинг қайси турлари аддитив ҳалақитга киради? Мультипликатив ҳалақит нима?
11. “Оқ шовқин” ҳақида тушинча беринг?
12. Тенг эҳтимолли сигналлар деганда қандай сигналлар тушинилади?
13. Шовқиннинг тақсимот қонуни қандай аниқланилади?

10-МАЪРУЗА.

ХАТОЛИКНИ ТУЗАТУВЧИ КОДЛАРНИ ЯРАТИШ УСУЛЛАРИ. КОДЛАРНИ ТУРЛАРГА АЖРАТИШ. БЛОКЛИ КОДЛАРНИНГ ХАТОЛИКНИ ТУЗАТИШ ХУСУСИЯТЛАРИ ВА АСОСИЙ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ. БЛОКЛИ КОДЛАР. КОДЛАРНИ ҚУРИШ. ЙИҒМА КОДЛАР.

РЕЖА:

1. Хатоликни тузатувчи кодларни яратиш усуллари.
2. Кодларни турларга ажратиш.
3. Блокли кодларнинг хатоликни тузатиш хусусиятлари ва асосий характеристикалари.
4. Блокли кодлар. Кодларни қуриш. Йиғма кодлар.

Хатоликни тузатувчи кодларни яратиш усуллари. Кодларни турларга ажратиш

Ҳалақитбардош кодлардан фойдаланиш оддий кодларга ортиқча элементар символлар киритиш орқали амалга оширилади ва узатилаётган хабарларнинг аслига мослик даражасини оширади. Натижада кодлар комбинациясининг ортиқчалиги хабар манбаи ортиқчалигига нисбатан ошади. Натижада узатилган хабардаги хатони топиш ва уни тузатишга имконият яратилади.

Ҳозирда маълум бўлган турли ҳалақитбардош (коррекцияловчи) кодлар турли хусусият (белги) ларига қараб бир-биридан фарқланади.

Ушбу белгилардан бири коднинг асоси – m бўлиб, кодлар комбинациясидаги бир-биридан фарқланувчи элементар сигналлар сони билан аниқланади, баъзан код алфавити деб ҳам аталади. Энг кенг тарқалган кодлар иккилик кодлар бўлиб, уларнинг асоси $m=2$.

Бундан ташқари кодлар, блокли ва узлуксиз кодларга бўлинади. Блокли кодларда хабар навбатдаги ҳар бир белгиси бир неча код символлари (кодлар комбинацияси, код сўзи) билан алмаштирилади. Узлуксиз кодларда кодлар алоҳида блокига ва сўзига ажратилмайди. Бунда кодлар симболи хабар белгилари кетма-кетлиги билан аниқланади.

Блокли кодлар учун код сўзи узунлиги тушунчаси алоҳида аҳамиятга эга. Иккилик кодлар учун код блоки давомийлиги кодлар комбинациясидаги “1” ва “0” лар сони билан аниқланади. Агар ҳамма кодлар комбинацияси узунлиги бир хил бўлса, яъни элементар сигналлар сони n бир хил бўлса, бундай кодлар бир текис кодлар, акс ҳолда нотекис кодлар деб аталади. Бир текис кодларга МТК-2, МТК-5 ва нотекис кодларга Морзе коди мисол бўлади. Агар кодлар комбинацияси асоси m га тенг ва ундаги элементар сигналлар сони n та бўлса, у ҳолда

$$M \leq m^2, \quad (10.1)$$

кодлар блокини ҳосил қилиш мумкин. Агар фойдаланиладиган кодлар комбинацияси сони дискрет хабар элементлари сонига тенг бўлса, бундай кодлар оддий кодлар деб юритилади. Баъзан бундай кодлар тежамкор кодлар деб ҳам аталадилар. Бундай кодлар ҳалақитбардош бўлмайди, чунки уларда хатони топишга ва уни тузатишга хизмат қиладиган ортиқча символлар йўқ, ҳамма кодлар комбинациясидан дискрет хабарларни узатиш учун фойдаланилади.

Кодлар комбинацияси Ъ дискрет хабар элементлари сонидан кўп бўлса, бундай кодлар ортиқчали ёки ҳалақитбардош кодлар деб аталадилар. Бунда ҳамма кодлар комбинацияси дискрет хабар элементларига бириктирилган – рухсат этилган кодлар комбинациясига ва хабар узатиш учун фойдаланилмайдиган – таъқиқланган кодларга бўлинади. Хабарни қабуллаш декодлаш томонида қайси кодлар комбинацияларидан хабар узатиш учун фойдаланишлиги маълум бўлиши керак. Фойдаланишга рухсат этилган кодлар комбинацияси ҳалақитлар таъсирида таъқиқланган кодларга алмашилиб қолса, бу ҳолда декодер хатоликни топади. Кодлар комбинациясидаги ортиқча элементлар сонини ошириб, нафақат хатоликни топиш балки уни тузатиш имкониятини ҳам яратиш мумкин.

Кодлар юқорида келтирилган белгилари, кўрсаткичларидан ташқари яна бошқа хусусиятлари билан бир-биридан фарқ этиши мумкин.

Ҳозиргача маълум ва яхши ўрганилган кодлардан бири чизиқли блокли коррекцияловчи (тузатувчи) кодлардир. Бу кодларни куриш олий алгебра фанининг дискрет элементлар тўплами ва улар устида бажариладиган амалларга асосланган. Улар бундан ташқари рақамли мантиқ микросхемалари ёрдамида осон амалга оширилади, шунинг учун бундай кодлардан фойдаланиш кенг тарқалган.

Фақат бир нечта ноллар кетма-кетлигидан иборат (000...0) кўплик ва ушбу кетма-кетлик ҳар қандай бир жуфтнинг иккилик модул бўйича йиғиндиси ҳам ушбу кўплик элементи бўладиган узунлиги n га тенг бўлган иккиликлар кетма-кетлиги тўплами чизиқли иккилик блокли код деб аталади. Баъзан бундай кодлар гурухли кодлар деб аталади, чунки улар узунлиги n бўлган иккилик кетма-кетликлари гуруҳининг бир қисмини ташкил этади.

Чизиқли кодлар орасида (n, k) систематик кодлар алоҳида қизиқиш туғдиради. Бу кодларда кодлар комбинациясидаги дастлабки k та символлар информатсион символлар бўлиб, қолган $r=n-k$ символлар текширувчи (ортиқча) символлар информатсион символлар устидан чизиқли амаллар (иккилик модул бўйича қўшиш) бажариш асосида шакллантирилади.

Чизиқли боғлиқмаслик тушунчасидан фойдаланиб чизиқли кодларни куриш асосларини тўлароқ кўриб чиқамиз. Маълумки, α_i нинг барча $(0,1)$ дан ташқари бошқа қийматлари $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_k = 0$ бўлса, у ҳолда $v_1, v_2, \dots, v_k$ код комбинациялари чизиқли боғлиқ эмас деб аталади, агар

$$\alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2 + \dots + \alpha_k v_k \neq 0, \quad (10.2)$$

шарти бажарилса.

Кодлаш назарияси умумий $M = 2^k$ чизиқли код рухсат этилган кодлар комбинацияси тўпламидан, хоҳлаган k та чизиқли боғлиқ эмаслик хоссасига эга бўлган кодлар комбинацияси тўпламини танлаш мумкин. Бу кодлар комбинацияси тўплами чизиқли базавий кодлар комбинацияси деб аталади. Бу жаратилган код комбинациялари тўплами ҳар икки ташкил этувчилари бир-бири билан иккилик модули асосида қўшилиши натижасида, яъни код комбинациялари тўпламини ҳосил қилади. Бундай код комбинациялари сони 2^k та бўлиб, рухсат этилган код комбинациялари сонига тенг бўлади. Шундай қилиб чизиқли блокли код k та чизиқли боғланишда бўлмаган базис элементлар ёрдамида аниқланиши мумкин.

Бундай код комбинациялари тўғри бурчакли $G_{n,k}$ келтириб чиқарувчи матрица шаклида ёзиш қабул қилинган. Ушбу матрица k та сатр ва n та устундан ташкил топган бўлади ва уни қуйидаги кононик шаклда ифодалаш мумкин:

$$G_{n,k} = [I_k B_{k(n-k)}]. \quad (10.3)$$

Ёки (10.3) ни ёйилган шакли қуйидаги кўринишда бўлади:

$$G_{n,k} = \begin{vmatrix} 100\dots 0 & b_{1,k+1}\dots b_{1,n} \\ 010\dots 0 & b_{2,k+1}\dots b_{2,n} \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \underbrace{000\dots 1}_n & \underbrace{b_{k,k+1}\dots b_{k,n}}_{r=n-k} \end{vmatrix} \quad (10.4)$$

(10.4) ифодада I_k - ўлчами $k \times k$ бўлган бирлик матрица бўлиб, “1” лари асосий диагоналда ва бошқа жойларида ноль бўлади. Бу матрицанинг сатрлари узунлиги k бўлган хабар манбаи ишлаб чиқарадиган информацион элементлар кетма-кетлигини ифодалайди. $B_{k(n-k)}$ матрица сатрлари коррекцияловчи коднинг текширувчи символини ифодалайди.

k та чизиқли боғлиқ бўлмаган код комбинацияларини келтириб чиқарувчи код матрицаси, кононик шакли ёзилмаслиги мумкин. Аммо ушбу келтириб чиқарувчи матрицанинг сатрларини ўзгартириш, яъни ўрин ўрин алмашлаш ва иккилик модул асосида бир-бирига қўшиш йўли билан уни кононик шаклга келтириш мумкин.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, агар матрица устунларини ўзгартириш, яъни ўрин алмашлаш ва иккилик модул асосида бир-бирига қўшиш натижасида янги коррекцияловчи код олинади. Бу код хоссалари дастлабки уни келтириб чиқарган код хоссаларидан фарқ қилади. Агар матрица устунлари фақатгина ўзаро алмаштирилса, бу ҳолда код комбинациясининг вазни ўзгармайди, натижада дастлабкига эквивалент бўлган янги чизиқли код олинади.

Келтириб чиқарувчи матрица (код сўзлари) устида юқорида кўрсатиб ўтилган амаллар, ноллар комбинациясини келиб чиқишига олиб келиши мумкин, бу код комбинацияси ҳам дастлабки бирламчи код таркибига киради. Агар ноль бўлмаган бир жуфт код комбинациялари v_i ва v_j ни танласак, у ҳолда улар орасидаги Хемминг оралиғи $d(v_i, v_j)$, қандайдир учинчи v_k код комбинацияси вазни $\Phi(v_k)$ га тенг бўлади, бу код комбинацияси ҳам ўз навбатида ушбу дастлабки код таркибига киради.

Кетма-кет танлашлар асосида шундай код комбинациясини топиш мумкинки, у нолинчи код комбинациясига нисбатан энг кичик (минимал) Хемминг оралиғига эга бўлади. Бундан шундай муҳим хулоса чиқариш мумкин, яъни чизиқли коррекцияловчи код минимал оралиғи унинг ноллардан иборат бўлмаган кодлар комбинацияси вазнига тенг бўлади, яъни $d = \min_{v_i \in V} \Phi(v_i)$, агар $v_i \neq 0$ бўлса.

Шундай қилиб, чизиқли коррекцияловчи код учун код оралиғининг минимал қийматини аниқлаш талаб этилса, уни код комбинациялари вазни рўйхати орқали аниқлаш мумкин. Шуни ҳам таъкидлаш лозимки, келтириб чиқарувчи матрица маълум бўлган чизиқли коррекцияловчи кодлардан фойдаланиш, кодлаш жараёни мураккаблигини камайтиради. Ҳақиқатдан ҳам кодлаш қурилмаси хотирасида ҳамма $M = 2^k$ давомийлиги n -символдан ташкил топган кодни ёки $n2^k$ бит ахборотни сақлаш ўрнига, $nk = \log M$ бит ҳажмдаги код келтириб чиқарувчи матрицани хотиради олиб қолиш етарли ҳисобланади.

Мисол учун, (7,4) чизиқли коррекцияловчи кодни ҳосил қилишни кўриб чиқамиз. Унинг таркибида $M = 2^4 = 16$ рухсат этилган кодлар комбинацияси бор:

1.0001110	5.1001001	9.1010010	13.1011100
2.0010101	6.1100100	10.0101101	14.1101010
3.0100011	7.0011011	11.1110011	15.1111111
4.1000111	8.0110110	12.0111000	16.0000000

Ноль бўлмаган, код комбинациялари вазни $\Phi(v_i) = 3$, демак $d=3$. демак ушбу код битта хатоликларни тўғрилашга тўлиқ кафолат беради.

Ушбу кодни, келтириб чиқарувчи матрицаси каноник кўринишда бўлган шаклга олиб келиш учун биринчи тўртта кодлар комбинациясини танлаймиз:

$$G_{7,4} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}. \quad (10.5)$$

Бундан ташқари кодлаш назариясида яна бир усулдан кенг фойдаланилади, унинг асосини текширувчи матрицадан фойдаланиш усули ташкил этади:

$$H_{n,k} = [A_{(n-k)k} I_{n-k}], \quad (10.6)$$

бунда $A_{(n-k)k} = B_{k(n-k)}^T - (n-k)$ сатр ва k устунлардан иборат матрица, T -белгиси B матрицани транспонирлаш (сатр ва устунлари ўрнини алмаштириш), I_{n-k} - бу $(n-k)$ сатрли ва шунча устунли бирлик матрица.

Текширувчи матрица ёйилган шаклда қуйидаги кўринишни олади:

$$H_{n,k} = \begin{bmatrix} a_{1,1} \dots b_{1,k} & 100 \dots 0 \\ a_{2,1} \dots b_{2,k} & 010 \dots 0 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ a_{(n-k),1} \dots a_{(n-k),k} & 000 \dots 1 \end{bmatrix}. \quad (10.7)$$

Код текширувчи матрицасини қуйидагича қуриш мумкин. Дастлаб бирлик матрица I_{n-k} ёзилади, сўнгра унинг чап томонига $B_{n(n-k)}$ матрица устунларидан олинган символларни акс эттирувчи $A_{(n-k)n}$ матрица ёзилади. Ушбу символлар кодлар комбинацияларида текширувчи (ортиқча) ҳисобланади. Кўрилатган (7,4) код учун текшириш матрицаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$H_{7,4} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10.8)$$

Текширувчи матрицадан қуйидагиларни аниқлаш мумкин: нольдан фарқланувчи, кодлар комбинациясидаги ахборот ташувчи элементларга мос келувчилари, текширувчи элемент қайси бир ахборот элементи асосида шаклланганлигини билдиради. Текширувчи элементнинг мос позицияларида

жойлашган ноль бўлмаган элементлар, текширувчи элемент қайси бир ахборот элементи асосида шаклланганлигини билдиради.

Юқорида келтирилганларни ва чизиқли (7,4) код текширувчи матрицаси (10.8) ни эътиборга олган ҳолда, ҳар қандай код комбинацияларида текширувчи элементларни шакллантириш қоидасини, яъни $v_i = v_1, v_2, \dots, v_7$ ва $i = 1, 2, \dots, 16$ учун:

$$\begin{aligned} v_5 &= v_1 + v_3 + v_4, \\ v_6 &= v_1 + v_2 + v_4, \\ v_7 &= v_1 + v_2 + v_3. \end{aligned} \quad (10.9)$$

Бунда қўшиш амали иккилик модул асосида қўшиш қоидаси асосида бажарилади. Олинган натижаларни 0101 кетма-кетлигини кодлаш учун қўллаймиз. Кодлар комбинацияларининг инфомацион элементлари $v_1 = 0; v_2 = 1; v_3 = 0; v_4 = 1$, бу ҳолда текширувчи элементлар қуйидаги қийматларга эга бўлади: $v_5 = 0 + 0 + 1 = 1$; $v_6 = 0 + 1 + 1 = 0$; $v_7 = 0 + 1 + 0 = 1$. Шундай қилиб, 0101101 код комбинациясини оламиз, у (67) ифодадаги 10-чи код комбинациясига мос келади. Қолган код комбинациялари ҳам шу усул билан текширувчи элементлар билан тўлдириб чиқилади.

Агар G ва H матрицаларга (10.7) ва (10.8) яна бир назар ташласак, уларнинг ҳар бири чизиқли боғлиқ бўлмаган комбинациялардан ва векторлардан ташкил топганлигини кўрамиз. Шунинг учун ушбу G ва H матрицаларни ҳар бирининг узунлиги n га тенг бўлган векторлардан ташкил топган чизиқли фазо деб қараш мумкин. бундан ташқари G ва H матрицалар ўзаро ортогонал, яъни G матрица сатрининг H матрица сатрига скаляр кўпайтмаси нольга тенг, яъни

$$HG^T = 0. \quad (10.10)$$

Шунинг учун G ва H матрицалар ўрнини алмаштириб G матрицадан текширувчи H матрицадан ахборот ташувчи қисм шаклида фойдаланиладиган янги бир код олиш мумкин. ушбу олинган коррекцияловчи код бирламчиси билан дуал (икки томонламалик хоссаси) бўлади. H матрицага мос келувчи векторлар фазоси G ахборот матрицаси векторлари фазосига нисбатан нолинчи фазо деб аталади.

Блокли кодларнинг хатоликни тузатиш хусусиятлари ва асосий характеристикалари. Кодларни қуриш. Йиғма кодлар.

Блокли коррекцияловчи кодларни (n, k) орқали белгилаш қабул қилинган, бунда n – кодлар комбинациясидаги элементар сигналларнинг умумий сони, k – ахборот ташувчи элементар сигналлар сони. Кенг тарқалган кодлар комбинацияси блокли етти элементар сигналдан ва ахборот ташувчи тўрт элементар символдан иборат Хемминг коди, қуйидагича белгиланади (7,4).

Ҳар қандай блокли коррекцияловчи кодлар комбинацияси $r=n-k$ та текширувчи (ортиқча) элементар сигналлардан иборат бўлади. Шундай қилиб, умумий $M = m^n$ кодлар комбинациясидан фақат $M_p = m^k$ таси рухсат этилган кодлар комбинациясини ташкил этади ва код ҳажми деб юритилади.

Код тезлиги деб, қуйидаги катталиққа айтилади:

$$R = \frac{\log M}{n \log m}, \text{ агар } m=2 \text{ бўлса, } R = \frac{k}{n}, \text{ бит/сим.} \quad (10.11)$$

Агар ҳар бир код сўзи бир хил эҳтимолликда ва бир-бирига боғланмаган ҳолда узатилса, у ҳолда $\log M$ - ҳар бир код сўзига мос келувчи хусусий ахборот (энтропия)га тенг бўлади. Бу ҳолда R – код битга симболи хусусий информацияси бўлади.

Блокли кодларнинг муҳим кўрсаткичларидан бири код сўзининг вазни бўлиб, у кодлар комбинациясидаги “1” лар сони билан белгиланади.

Икки код комбинациялари орасидаги Хемминг оралиғи, кодлар комбинациялари бир-биридан фарқланадиган позициялар сони билан таққосланаётган кодлар комбинацияларидаги “1” ва “0” лар иккилик модул асосида қўшилиши асосида аниқланади.

10011

Масалан: 01001

11010

Хемминг оралиғи $d=3$, бунда икки таққосланаётган кодлар комбинацияси бир-биридан уч позицияда фарқланади. Хемминг оралиғи турли икки кодлар комбинацияси учун бир хил катталиққа эга эмас. Ҳамма кодлар орасидаги энг кичик оралиқ Хемминг минимал оралиғи деб аталади.

Оддий (тежамкор) кодлар учун Хемминг оралиғи $d=1$. шундай коррекцияловчи кодлар борки, уларнинг ҳар қандай иккитаси орасидаги Хемминг оралиғи бир хил бўлиб, бундай кодлар бир хил оралиқли (эквидистант) кодлар деб аталади.

СҚҚ ҳалақитбардошлиқни аниқлашга ўхшаш усул кодлаш назариясида ҳам декодер қарор қабул қилиш мезони аслига мосликнинг энг катта қиймати

асосида амалга оширилади. v_i - узатилган код сўзи бўлса ва $x(t)$ - қабул қилинган сигналлар блоки – код комбинацияси бўлса, у ҳолда декодлаш қоидасини қуйидаги кўринишда ифода этиш мумкин:

$$p(x/v_i) > p(x/v_j), \quad i \neq j, \quad (10.12)$$

бунда, $i = 1, 2, \dots, M$ ва $j = 1, 2, \dots, M$ ёки

$$\max p(x/v_i), \quad (10.13)$$

мезони асосида қарор қабул қилинади ва v_i га мос дискрет хабар элементи рўйхатга олинади.

Ҳамма код сўзларининг узатилиш эҳтимоллиги бир хил бўлса декодлаш амали энг катта (максимал) ўртача тўғри қабуллаш эҳтимоллигини таъминлайди.

Хотирасиз симметрик алоқа каналларида ҳаққоний ўхшашлик максимумига Хемминг оралиғи минимуми асосида декодлаш мос келади, уни қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$\hat{v}_i = \min d(x, v_i). \quad (10.14)$$

Ушбу қоида бўйича қабул қилинган код сўзидан энг кам фарқланувчи код сўзи қабул қилинди деб ҳисобланади. Агар алоқа канали хотирали ёки носимметрик бўлса, у ҳолда Хемминг оралиғи минимуми асосида қарор қабул қилиш оптимал бўлмайди.

Кодлаш назариясида қаррали хатоликлар тушунчаси муҳим ўрин эгаллайди. Одатда кодлар блокида l та символ бузилган бўлса у ҳолда l – қаррали хатолик содир бўлди деб айтилади. Умуман олганда қаррали хатолик деб қабул қилинган ва узатилган код сўзлари орасидаги Хемминг оралиғи тушунилади.

Кодларнинг хатоларни топиш ва тузатиш имконияти код оралиғи минимал катталиги орқали аниқланади. Агар коррекцияловчи код учун $d > 1$ бўлиб, ундан хатоликларни топиш учун фойдаланилса, унда ҳамма $l \leq d - 1$ қаррали хатоликларни топилиши кафолатланади. Ҳақиқатдан ҳам, қабул қилинган код сўзида қаррали хатоликлар l Хемминг оралиғи d дан кичик, уни рухсат этилган код комбинациялари тўпламига киритиш мумкин эмас, чунки у қолган кодлар комбинациясидан кодлар комбинацияси оралиғи d дан кичик бўлади. Демак бундай кодлар комбинацияси таъқиқланган кодлар комбинацияси тўпламига киради ва хатолик топилади. Агар $l > d$ бўлса, у ҳолда код комбинацияси бошқа бир рухсат этилган код комбинациясига мос келади ва хатолик топилмайди. Албатта бу ҳолларда баъзи хатоликлар топилиши мумкин, аммо бунга кафолат кам бўлади. Кодлар комбинациясидаги ҳар қандай битталик хатоликларни аниқлаш учун кодлар комбинацияси орасидаги оралиқ $d=2$ бўлиши керак.

Агар коррекцияловчи код хатоликларни кафолатли тўғрилаш имкониятига эга бўлиши учун, d – жуфт бўлганда $l \leq \frac{d}{2} - 1$ бўлиши ва d – тоқ бўлганда $l \leq \frac{d-1}{2}$ бўлиши керак. Фақат шу шартлар бажарилганда ҳалақит таъсирида бузилган – таъқиқланган кодлар комбинациясига ўтган комбинациялар декодлаш натижасида Хеминг оралиғи энг яқин бўлган рухсат этилган код коомбинацияси билан алмаштирилади. Ва ниҳоят, агар коррекцияловчи код хатоликларни топиш ва уларни тузатиш имкониятига эга бўлиши учун унинг Хемминг код оралиғи қуйидаги талабларга жавоб бериши шарт, яъни $d > 2l_0 + l_c$, бунда l_0 - тузатилиши кафолатли хатоликлар сони, l_c - тузатилмасдан ўчириладиган (рўйхатга олинмайдиган) хатоликлар сони.

Назорат саволлари.

1. Алоқа каналларининг асосий хоссалари нималардан иборат?
2. Кодлаш нима?
3. Код асоси деганда нимани тушунасиш?
4. Декодлаш нима?
5. Хатоликни тузатувчи кодларни яратиш усуллари.
6. Кодларни турларга ажратиш.
7. Блокли кодларнинг хатоликни тузатиш хусусиятлари ва асосий характеристикалари.
8. Блокли кодлар.
9. Кодларни қуриш.
10. Йиғма кодлар.

11-МАЪРУЗА

КЕНГ ПОЛОСАЛИ ШОВҚИНСИМОН СИГНАЛЛАР УЗАТИШГА АСОСЛАНГАН РАДИОТЕХНИК ТИЗИМЛАРНИНГ ҲАЛАҚИТБАРДОШЛИГИ.

РЕЖА:

1. Шовқинсимон сигналлар ёрдамида хабар узатиш тизими.
2. Кенг полосали шовқинсимон сигналлар узатишга асосланган радиотехник тизимларнинг ҳалақитбардошлиги.

Шовқинсимон сигналлар ёрдамида хабар узатиш тизими.

Юқорида кўриб чиқилган турли ККАТларда ортогонал ва бир-бири билан чизиқли боғланмаган ортогонал сигналлардан фойдаланишга асосланган бўлиб, улар нормал ҳолатда ишлаши учун маълум даражада синхронизацияни, ЧАКларида узатиладиган сигнал спектри канал частоталар полосасига мослигини, ВАКда сигнал узатишда вақт интервалларининг тўлиқ мослигини, ШАКда тракт интервали боши ва охири аниқ билиш уларни актив филтрлар ёрдамида қабуллашда ва мослашган филтрлар ёрдамида қабуллашда ҳар бир элементар сигнал оний қийматларини узатилиш вақтини аниқ билиш талаб этилади.

Кўп ҳолларда синхронизацияни аниқ таъминлаш қийин. Мисол учун, ҳаракатдаги объектлар (автомобил, самолёт ва ҳ.к.) билан алоқа ўрнатишда. Шунга ўхшаш ҳолат сунъий йўлдош орқали алоқа тизимларидан ретранслятор шаклида фойдаланганда ҳам учрайди. Шундай ҳолларда асинхрон кўп каналли алоқа тизимларидан фойдаланишга тўғри келади, бунда ҳамма абонентларнинг сигналлари умумий частоталар полосасида узатилади ва каналлар иши синхронизацияланмаган бўлади. Бундай алоқа тизимларида ҳар бир каналга частоталар полосаси, фойдаланиш вақти оралиғи ва вақти бириктирилмаган бўлиб, улар ҳоҳлаган вақтда алоқа ўрнатишлари мумкин. бундай тизимлар алоқа линиясидан фойдаланиши эркин (чекланмаган) ёки каналлари абонентларга бириктирилмаган алоқа тизимлари деб аталади.

Фойдаланиши частота ва вақт бўйича чекланмаган ҳар бир абонентга маълум бир шаклдаги сигнал бириктирилади, бу унинг “адреси” ҳисобланади. Оддий шакл бўйича ажратишга асосланган алоқа тизимларида ортогоналлик шарти ҳамма каналлар учун тракт интервали юқори даражада синхронизацияланган бўлиши, уларни бир-биридан тўлиқ чизиқли ажратиш имкониятини беради. Умумий алоқа каналидан эркин фойдаланиш тизимида ортогоналлик ёки ўзаро боғлиқ эмаслик алоҳида канал сигналларининг пайдо бўлиш вақти турлича бўлган ҳолда ҳам сақланиши (таъминланиши) керак. Демак, ҳар қандай икки $s_i(t)$ ва $s_k(t)$ сигнал учун ортогоналлик шарти доимо бажарилиши керак, яъни

$$\overline{Ts_i(t)s_k(t-\tau)} = \int_t^{t+T} s_i(t)s_k(t-\tau)dt \equiv 0, \quad (11.1)$$

бўлиши керак, $0 \leq t \leq T$, бунда T – элементар сигнал давомийлиги бўлиб, интеграллаш ҳар қандай t дан $t+T$ вақт оралиғида бажарилади. (11.1) шarti ҳақиқий сигналлар учун улар оқ шовқин шаклида бўлган ҳолатда, яъни улар спектри ва дисперсияси чексиз кенг бўлганда бажарилади. Бу шарт ҳақиқий сигналлар учун бажарилмайди. Шунга қарамасдан (11.1) шарт тахминан бажарилишини таъминловчи сигналларни шакллантириш мумкин. бундай сигналлар учун $s_i(t)$ ва $s_k(t-\tau)$ скаляр кўпайтмаси вақт фарқи τ нинг қийматидан қатъий назар алоҳида сигнал энергиясидан кам бўлади, яъни

$$\overline{Ts_i(t)s_k(t-\tau)} \ll \|s_i^2\| = \|s_j^2\|, \quad (11.2)$$

шarti, агар $0 \leq t \leq T$ бўлса бажарилади.

Бундай сигналларни деярли ортогонал деб ҳисобласа бўлади. Деярли ортогонал сигналлар ўзларининг хоссалари билан оқ шовқинга яқинлашади, шунинг учун уларни шовқинсимон сигналлар деб аталади. Уларнинг корреляцион функциялари ва қувват спектр зичлиги оқ шовқинникига яқин. Шовқинсимон сигналлар мураккаб сигналлар гуруҳига киради, уларнинг базалари $B = 2TF \gg 1$ бўлиб, шакли бўйича ажратилувчи сигналларнинг ривожланиш натижаси ҳисобланади.

Шовқинсимон сигналлар (ШСС) нинг кенг тарқалган турига мисол қилиб, маъулм усулда шакллантирилган тасодифийсимон дискрет сигналлар кетма-кетлигини келтириш мумкин, унинг хусусий кўриниши шаклида иккилик радиоимпульсларни келтириш мумкин. Бунда ШСС базаси дискрет кетма-кетликдаги импульслар сонига тенг бўлади. Ҳар бир каналга, деярли ортогонал иккилик импульслар кетма-кетлиги бириктирилади, ушбу бириктирилган импульслар кетма-кетлиги абонент адреси вазифасини бажаради.

Кенг полосали шовқинсимон сигналлар узатишга асосланган радиотехник тизимларнинг ҳалақитбардошлиги.

Ҳозирги вақтда берилган автокорреляция ва ўзаро корреляция катталикларига жавоб берадиган сигналларни шакллантириш (синтезлаш) устидаги ишлар давом эттирилмоқда.

n -та тўғри бурчакли ± 1 иккилик импульслар кетма-кетлигини таҳлил этиш натижасида $\frac{B(0)}{E} = n$, $\frac{\max|B(\tau \neq 0)|}{E} = \frac{1}{n}$, $E = nE_1$, шartiга жавоб

берувчиларини алоҳида ажратиш мумкин (бунда, E -сигналнинг тўлиқ энергияси, E_1 -битта импульс энергияси).

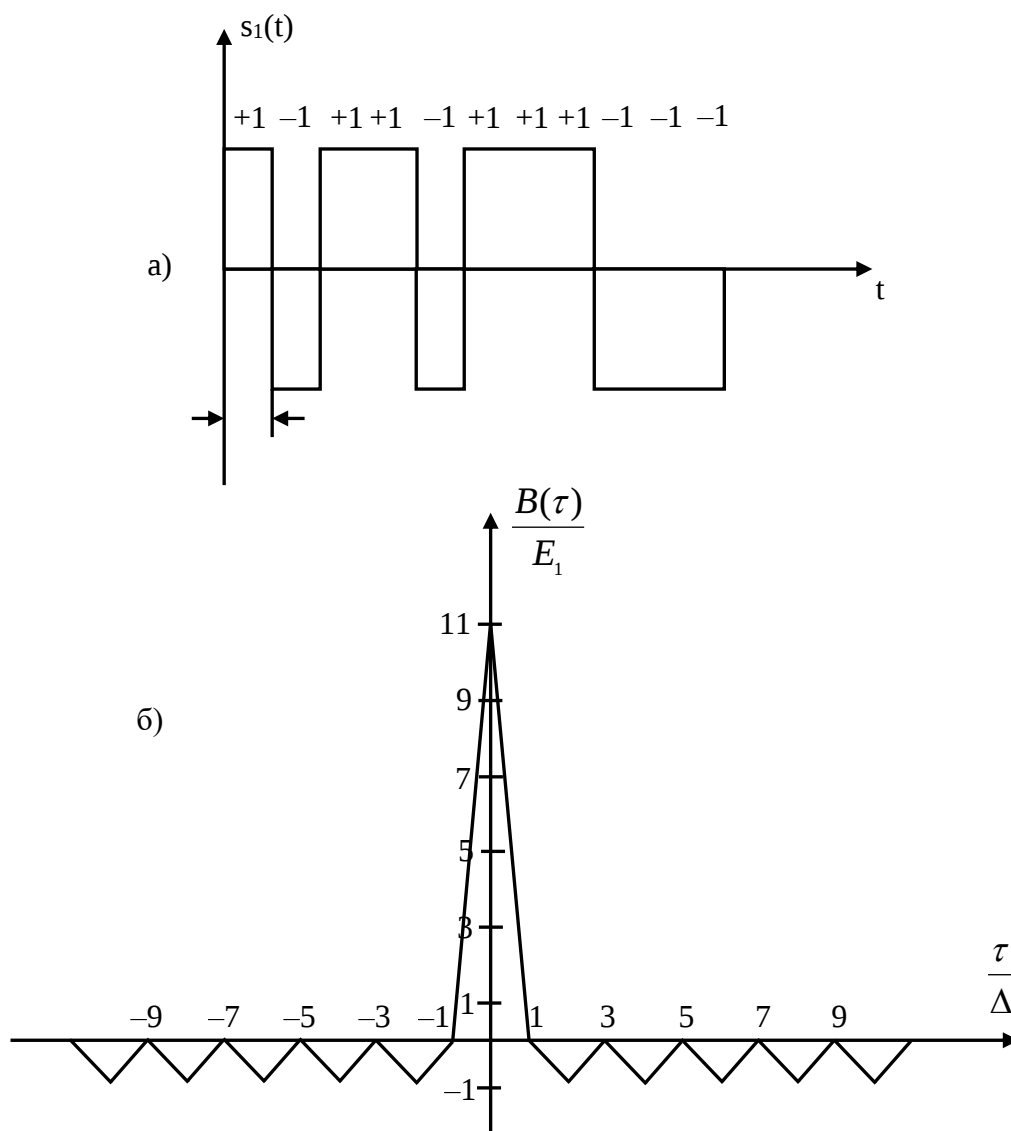
Шундайлар орасида дастлаб Баркер кетма-кетлигини айтиб ўтиш мумкин (11.1-жадвал).

11.1-жадвал.

Импульслар сони	Импульс номери													АКФ нормаллашган модули максимуми	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Асосий	Қўшимча
2	+1	−1												1	1/2
3	+1	+1	−1											1	1/3
4	+1	+1	−1	+1										1	¼
5	+1	+1	+1	−1	+1									1	1/5
7	+1	+1	+1	−1	−1	+1	−1							1	1/7
11	+1	−1	+1	+1	−1	+1	+1	+1	−1	−1	−1			1	1/11
13	+1	+1	+1	+1	+1	−1	−1	+1	+1	−1	+1	−1	+1	1	1/13

Баркер дискрет импульслар кетма-кетлиги, автокорреляция функцияси идеалга яқин бўлиб, ён япроқчалари сони $\frac{1}{n}$ га тенг. 11.1,а-расмда $n=11$ импульсли Баркер кетма-кетлиги (коди) ва 11.10,б-расмда унинг автокорреляция функцияси келтирилган.

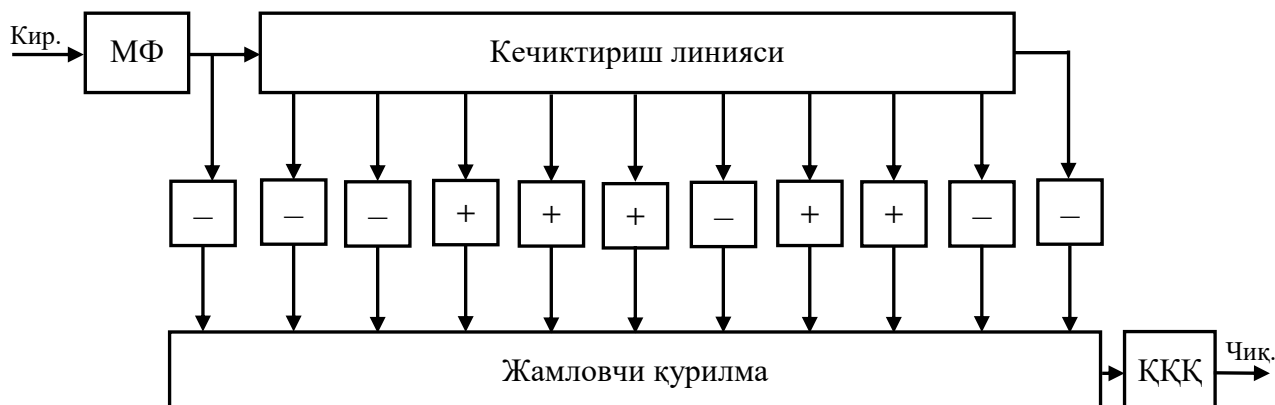
$s_i(t)$ сигнални қабуллаш (1-канал адреси) мослашган трансверсал филтър (11.2-расм) ёрдамида амалга оширилади. Дастлаб Баркер импульслари кетма-кетлиги бир импульс билан мослашган филтър МФ га киритилади, сўнгра ҳар $\Delta\tau$ вақт кечиктиришга мос келувчи чиқишлари бўлган кечиктириш линияси (КЛ) киришига берилади. Ундан кейин фазани тескарисига алмаштирувчи (-), фазани ўзгармас сақловчи (+) узатиш коэффиценти бир хил бўлган каскадларга берилади, сўнгра жамловчи (ЖҚ) ва ниҳоят қарор қабуллаш қурилмаси (ҚҚҚ) киришига берилади. Фазани алмаштирувчи ва ўзгармас сақловчи қурилмалар n та бўлиб, қабул қилиши керак бўлган икки қутбли импульслар кетма-кетлигига тескари бўлган тартибда чапдан ўнга қараб жойлаштирилган (11.1,а-расм).



11.1-рasm. а) $n = 11$ импульсли Баркер кетма-кетлиги (коди), б) Баркер кетма-кетлигининг автокорреляция функцияси.

Биринчи каскад КЗ киришга уланган, охиргиси унинг чиқишига уланган. Қабуллашда n импульслар кетма-кетлиги КЛ орқали ўзгартириб рақамига мос равишда $k\Delta\tau$ га сурилади. Ҳамма импульслар кетма-кетлиги вазнлари КЛ ва жамловчи қурилма орасидаги каскадлар белгисига мос бўлганда ҳамма импульслар бир онда бир-бирига қўшилади. Натижада ҚҚҚ чиқишида энг катта сатҳли импульс пайдо бўлади, мослашган фильтр МФ 1-канал адресини эслаб қолади. Ҳамма бошқа n импульслар кетма-кетлиги таъсирида ҚҚҚ чиқишида сатҳи энг катта сатҳдан n марта кичик сатҳли импульс пайдо бўлади. Текширишлар шуни кўрсатадики Баркер кетма-кетлигидаги импульслар сони $n > 13$ бўлса, унинг автокорреляция функциялари ён япроқлари сатҳи энг максимал қийматининг $\frac{1}{n}$ дан катта

бўлади, шунинг учун бундай ҳолларда ён япроқлар сатҳи катта бўлишига рози бўлишга тўғри келади.

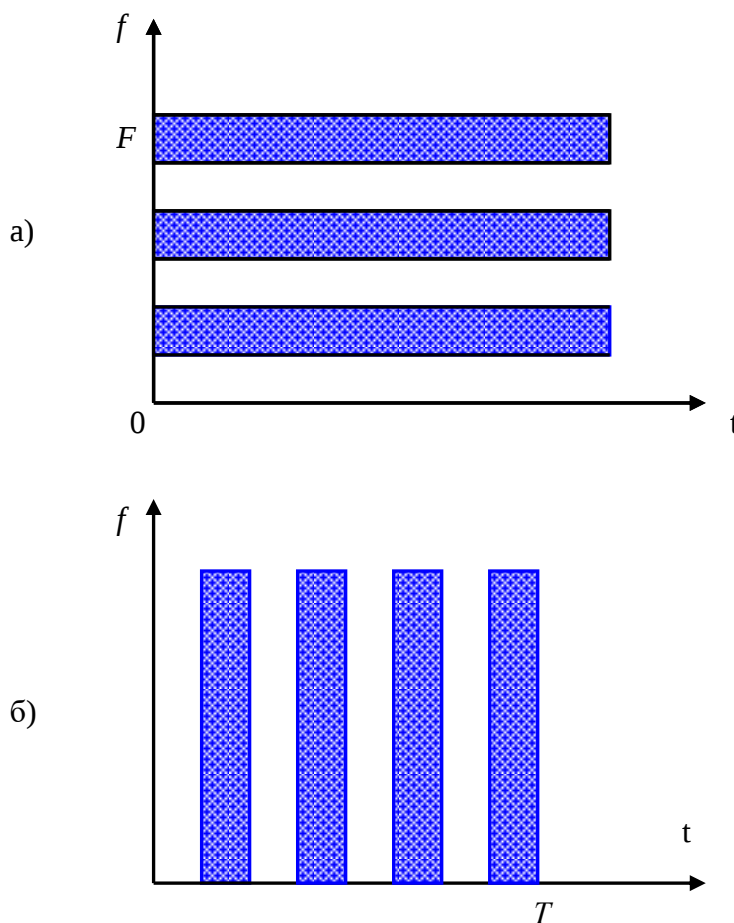


11.2-расм. Баркер кетма-кетлиги учун мослаштирилган филтър.

Баркер кетма-кетлигига нисбатан бироз ёмон автокорреляция функциясига эга бўлишига қарамасдан адрес сигналлари сифатида чизиқли рекурент M – кетма-кетликлар (ЧРК) дан ҳам фойдаланилади. Уларни баъзан максимал давомийли суриш регистри чизиқли кетма-кетлиги деб ҳам аталади. Чизиқли рекурент M -кетма-кетликлар учун автокорреляция функцияси ён япроқчалари унинг максимал (энг катта) қийматига нисбатан $\sqrt{n}$ марта кичик бўлади (n – кетма-кетликдаги импульслар сони).

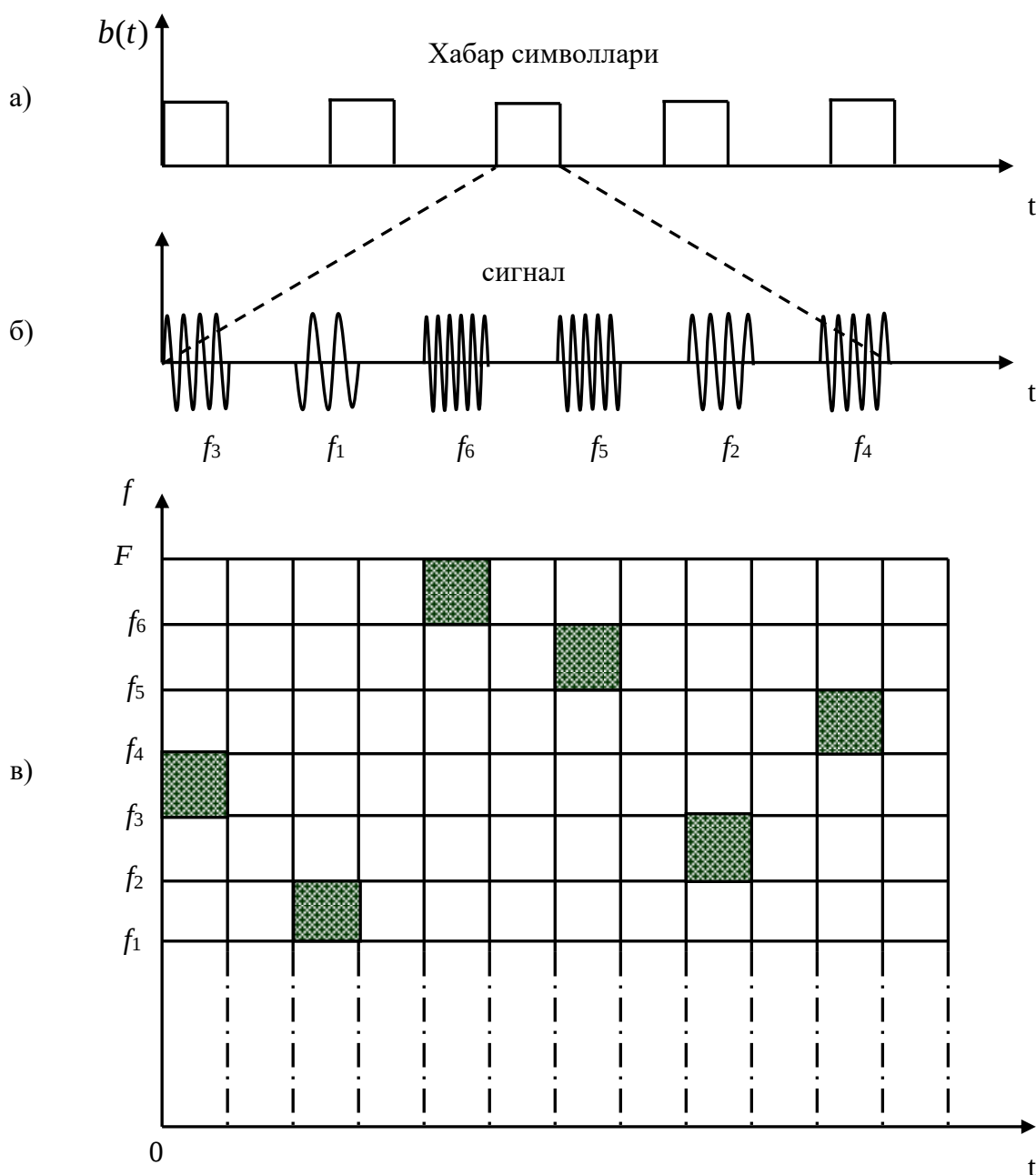
Чизиқли рекурент кетма-кет импульслар тасодикийлик хусусиятига эга. Агар даври $n = 2^M - 1$ импульсдан сўнг такрорланадиган чизиқли рекурент импульслар кетма-кетлигидан ҳар бирида μ та ташкил этувчи символлардан ташкил топган қисмларини ажратсак, биринчидан улар орасида бир-бирига ўхшаши бўлмайди, иккинчидан улар орасида $+1$ ва -1 лар комбинациясидан иборат бўлган μ та ташкил этувчилари бўлади (таъқиқланган ҳаммаси $+1$ дан иборат комбинациядан ташқари). Унинг бу хоссаси тасодикий иккилик сигналлар хоссасига ўхшаш бўлгани учун чизиқли рекурент импульслар кетма-кетлиги тасодикийсимон ёки говқинсимон кетма-кетлик деб аталади. Чизиқли рекурент импульслар кетма-кетлиги автокорреляцион функцияси спектри бироз чекланган оқ шовқинсимон сигнал автокорреляция функциясига яқинлашади. Чизиқли рекурент импульслар кетма-кетлиги иккилик импульслар генераторида суриш регистридан фойдаланиб шакллантирилади. Чизиқли рекурент импульслар кетма-кетлиги мослашган филтър ёки коррелятор ёрдамида қабулланиши мумкин. импульслар тасодикийсимон кетма-кетлигини юқори частотали алоқа каналлари орқали узатишда фаза ёки фазаси нисбий модуляцияланган сигналлардан фойдаланилади.

Адресли асинхрон алоқа тизимларида ШССлар орасида частота – вақт матрица ёрдамида шаклланган сигналлар алоҳида ўрин тутади. Маълумки, ортогонал сигналлардан фойдаланиладиган алоқа тизимларида ҳар бир сигнал энергияси бир-биридан алоҳида ажралиб туради. Бу ҳолни частота-вақт бўйича алоқа тизимидаги частота бўйича (11.3,а-расм) ва вақт бўйича (11.3,б-расм) ажратиш диаграммаларини алоҳида-алоҳида кўрилганда янада ишонарли бўлади.



11.3-расм. а) Каналларни частота бўйича ажратиш, б) каналларни вақт бўйича ажратиш диаграммалари.

Бундай тизимда ҳар бир абонентга маълум бир частота ва вақтга мос келувчи фазо ажратилади, бу унинг адреси (манзили) ҳисобланади. Частота-вақт $F \times T$ майдонни кичик элементар майдончаларга қуйидагича тақсимлаш мумкин. ҳар бир элементар сигнал T вақт давомида узатилади ва ушбу вақт орасида уни юқори частотали ташувчиси маълум кема-кетликда ўз частотасини умумий частоталар диапазонида ўзгартиради. Узатиладиган хабар ушбу турли частотали импульсларнинг бирон-бир параметрини модуляциялаш орқали амалга оширилади. Ушбу адрес импульслари тўплами частота-вақт диаграммаси асосида тузилади (11.4,в-расм). Уларни танлаганда ён япроқчалари сатҳи асосий ақтокорреляция функциясига нисбатан иложи борица кичик бўлишини ва ўзаро корреляция функцияси иложи борица кичик бўлишига алоҳида эътибор бериш керак.



11.4-расм. Частота-вақт матрицаси ёрдамида кўп каналли кенг полосали сигнални олиш диаграммаси. а) иккилик импульслар кетма-кетлиги, б) битта иккилик информацион символни турли частотали радиоимпульслар орқали ифодалаш, в) сигнални частота-вақт матрицаси шаклида ифодалаш.

Ахборот ташувчи импульс ҳолатини вақт бўйича ўзгартириб ва уни тўлдирувчи частоталар кетма-кетлигини ўзгартириб, техник нуқтаи назардан асосига амлага ошириб бир неча минг частота-вақт адресларини олиш мумкин. Албатта ҳамма частота-вақт адреслари юқори даражали автокорреляция функциясига ва энг кичик ўзаро корреляция функциясига эга бўлмайди. Аммо умумий адреслардан $N = FT$ таси учун автокорреляция

функцияси ён япроғи сатҳи $\frac{1}{\sqrt{FT}} = \frac{1}{\sqrt{N}}$ бўлади. Частота-вақт матрицаси асосида шакллантирилган сигналлар ҳам шакли бўйича ажратилувчи сигналлар гуруҳига киради. Одатда, эркин фойдаланиладиган АААТларида 1000÷1500 абонентдан 50÷100 таси фаол абонент деб ҳисобланади.

Назорат саволлари.

1. Шовқинсимон сигналлар ёрдамида хабар узатиш тизими.
2. Кенг полосали шовқинсимон сигналлар узатишга асосланган радиотехник тизимларнинг ҳалақитбардошлиги.
3. Баркер коди нима?
4. Баркер кетма-кетлиги (коди).
5. Баркер кетма-кетлигининг автокорреляция функцияси.
6. Шовқинсимон сигналларга мисол келтиринг.
7. Баркер кетма-кетлиги учун мослаштирилган филтер.
8. Шовқинсимон сигналлар қаерда ва нима мақсадда қўлланилади.

12-МАЪРУЗА

ТАСОДИФИЙСИМОН КОДЛАР КЕТМА – КЕТЛИГИ. КЕНГ ПОЛОСАЛИ СИГНАЛЛАРДАН АЛОҚА ВА БОШҚАРУВ ТИЗИМЛАРИДА ФОЙДАЛАНИШ.

РЕЖА:

1. Тасодифийсимон кодлар кетма – кетлиги.
2. Кенг полосали сигналлардан алоқа ва бошқарув тизимларида фойдаланиш.

Тасодифийсимон кодлар кетма – кетлиги.

Кенгайтирилган спектрли сигналлардан фойдаланишга асосланган кодли фойдалана олиш технологияда одатда, ўзаро «яхши» корреляцияланиш хоссаларига эга бўлган кодли псевдотасодифий кетма-кетлик (ПТК) лар негизида ташкил этилган фазавий манипуляцияланган сигналлар қўлланилади. Турли ПТК лардан фойдалана олиш CDMA тизими абонентларига частоталарнинг умумий полосасида ишлаш ва ҳар қандай каналдан фойдаланиш имконини беради.

CDMA стандарт технологиясининг асосий устунликларига: сигнални ўрамга айлантириш жараёнида оддий шовқинга трансформацияланадиган тор полосали халақитларга нисбатан юқори халақитга чидамлик, радиотўлқинларнинг кўп нурли тарқалишига эга каналларида юқори спектрал эффективлик, абонент бир зонадан бошқасига кўчиб ўтганда каналларни оҳиста алмашиб улаш (*hand over*- хэндовер) киради. Тармоқдаги барча таянч станциялар битта частотада ишлайди, шунинг учун частотавий режалаштириш зарурияти йўқ. Абонент станциялари (мобил станциялар) қувватларининг сочилишига бўлган юқори сезгирлик ва таянч станцияларни синхронлаш зарурияти (IS-95 стандарти) мазкур техногияни жорий этишдаги асосий қийинчиликлардир. Таянч станцияларни синхронлашда GPS (Global position system – Ернинг сунъий йўлдошлари ёрдамида географик жойланишни глобал аниқлаш тизим) дан фойдаланилади. Умумий фойдаланувчи абонентларни код бўйича ажратувчи CDMA сотали кўчма радиоалоқа тизим биринчи бўлиб Qualcomm (АҚШ) фирмаси томонидан ишлаб чиқарилди ва MOTOROLA фирмаси томонидан муваффақиятли ривожланмоқда.

АҚШда CDMA тизимига IS-95 деб номланган стандарт қабул қилинди. Каналларни код бўйича ажратиш билан ишловчи коммерцияли тизим биринчи бўлиб дунёда Hutchison Telephone компанияси томонидан 1995

йилда жорий этилди. Мазкур тармоқ MOTOROLA фирмаси ускуналаридан ташкил топган бўлиб, SC9600 станциялари ва EMX 2500 коммутация станциялари асосида қурилган. CDMA стандартни яратишда сотали алоқа тизимнинг сиғимини аналоглиларга нисбатан камида ўн мартага ошириш, ва ажратилган частота спектридан фойдаланиш эффективлигини шу даражага кўпайтириш асосий мақсад қилиб қўйилган.

Кенг полосали сигналлардан алоқа ва бошқарув тизимларида фойдаланиш.

CDMA принципи хабарларни оддий узатишда қўлланадиган частоталарнинг полосасига қараганда полосаси анча кенгироқ бўлган кенг полосали сигналлардан фойдаланишга асосланган. Бунинг негизида анча аввалги вақтдан бери харбий радиоалоқада шовқинсимон ёки кенг полосали сигналдан (ШСС, КПС) фойдаланган ҳолда қўлланилувчи модуляция услуби ётади (ШСС ёки КПС: инглиз тили адабиётларда *spread spectrum* атама «кенгайтирилган» ёки «ёйилган» спектр маъносини англатади. Яъни фойдали ахборот одатдаги тор полосалига нисбатан анча кенгайтирилган частота диапазони бўйича «ёйилиб» тарқатилади. Бу эса ахборотнинг фойдали битлар кетма-кетлигини анча қисқа бўлган псевдотасодифий кетма-кетликлар импульсларига кўпайтириш усули билан амалга оширилади. Натижада тор полосали модуляциялига нисбатан анча каттарок частотавий диапазонга ва кичик интенсивликга эга бўлган сигнал ҳосил бўлади. Каналларни код бўйича ажратиш билан кўп станцияли фойдалана олиш CDMA стандартида DSSS (*direct-sequence spread spectrum* – «кенгайтирилган спектрнинг тўғри кетма-кетлиги») модуляцияси сингари услуб қўлланилади, яъни шовқинсимон сигналларни.

Кенг полосали (шовқинсимон) сигналнинг базаси билан тавсифланади, ва у спектр кенглиги F нинг унинг давомийлиги T га кўпайтмасидан аниқланади.

$$B = F \cdot T \quad (12.1)$$

Маълумотлар иккилик символлар қуринишда рақамли узатишда кенг полосали (шовқинсимон) сигналнинг (КПС) давомийлиги T ва ўзатиш тезлик ўзаро қуйидагича боғланган:

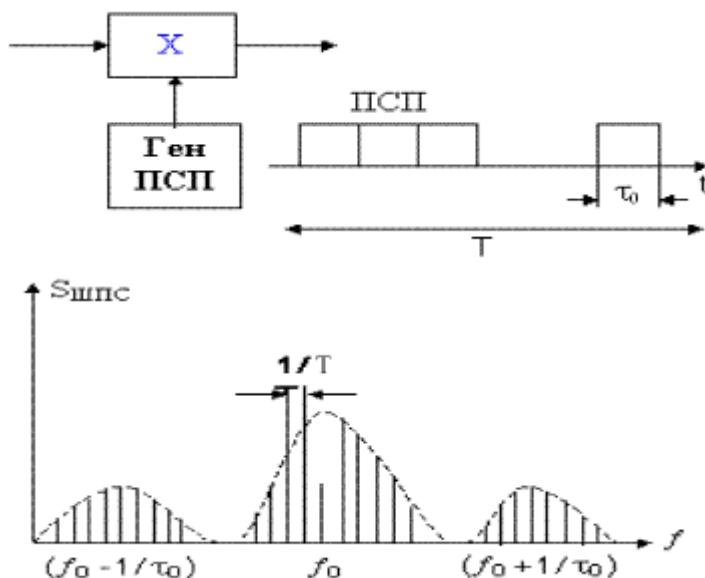
$$T = \frac{1}{C} \quad (12.2)$$

Демак сигналнинг базаси $B = F/C$ кенг полосали (шовқинсимон) сигнал (КПС) спектрининг маълумот спектрига нибатан кенгайишини тавсифлайди, бу эса ўз навбатида иккита услуб билан ёки уларнинг комбинациялаш йўли билан амалга оширилиши мумкин:

1. частоталар спектрини тўғри кенгайтириш услуби;
2. ташувчи частотани сакраш йўли билан ўзгартириш услуби;

Биринчи услубга асосан тор полосали сигнал давомийлиги T га тенг бўлган псевдо тасодикий кетма-кетликга (ПТК) кўпайтирилади. Ўз навбатида ПТК нинг ҳар қайсиси давомийликга эга бўлган N та битлардан ташкил топган. Демак КПС базаси (12.1-расм.) сон жихатидан ПТК элементлари сонига тенг бўлади.

$$B = T/\tau_0 = N \quad (12.3)$$

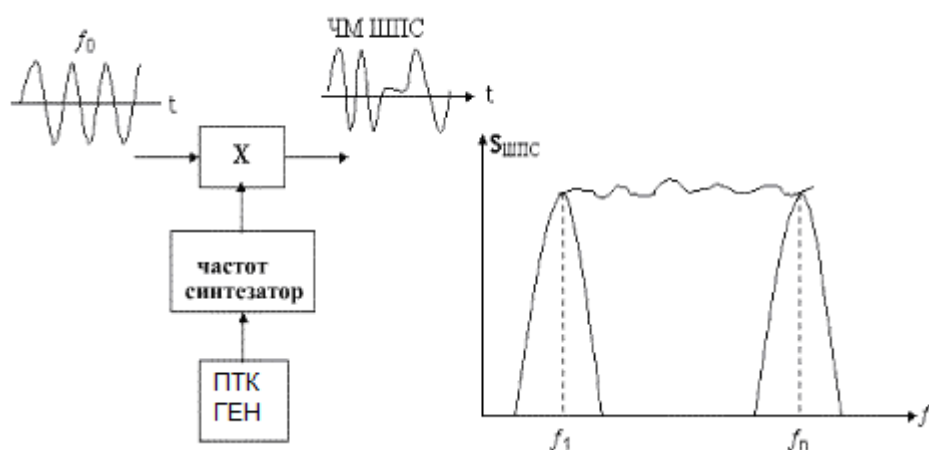


12.1-расм. Частота спектрини тўғридан-тўғри кенгайтириш усули билан кенг полосали (шовқинсимон) сигнални шакллаш.

Ташувчи частотанинг сакрашли ўзгаришида эса, синтезаторнинг чиқиш частотаси ПТК ни шакллантириш қонунига асосан тез қайта ўзгартирилиши амалга оширилади (12.2-расм).

«Частота бўйича сакраш» (ёки FH - *Frequency Hopping*) қуйидагича амалга оширилади: нисбатан кичик вақт интерваллар орасида ҳар бир индивидуал гаплашиш каналларга мос равишда псевдо тасодикий қонун бўйича (код бўйича) айрим белгиланган чегара меёрида узатгичнинг (синтезаторнинг) элтувчи частотаси ўзининг қймати доимий ўзгартиб туради.

Тизимнинг қабул қилгичи ҳам узатгич сингари алгоритмда амал қилади, яъни гетеродин частотаси айнан қайд этилган алгоритмга мувофиқ ўзгартирилиб фақат керакли канални ажратишни ва унинг устида ишлашни таъминлайди. Хозирги вақтда, FH услубидан фойдаланган ҳолда, тор полосали рақамли сотали алоқа тизимларнинг, хусусан, GSM тизимининг техник характеристикасини такомиллаш устида лойҳачилар томонидан иш олиб борилмоқда,.



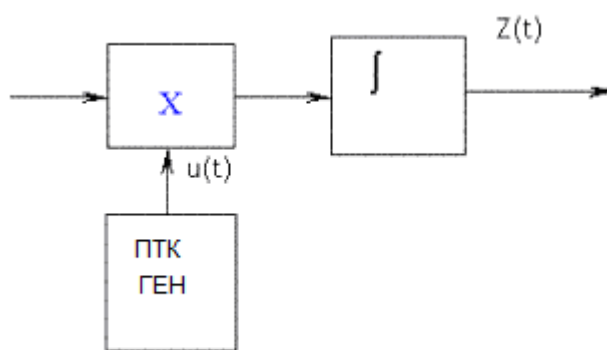
12.2-расм. Элтувчи частотани сакратиб ўзгартириш усули билан кенг полосали (шовқинсимон) сигнални шакллантириш.

Кенг полосали (шовқинсимон) сигнални (КПС) ни қабул қилиш учун оптимал қабул қилгич фойдаланилади, ва у маълум параметрли сигналлар учун корреляцион интегрални ҳисоблаб чиқаради:

$$Z = \int_0^T X(t)u(t)dt, \quad (12.4)$$

Бу ерда $X(t)$ – кириш сигнал бошланғич сигнал $u_c(t)$ ва шовқин $u_{ш}(t)$ ларнинг суммасини ташкил қилади.

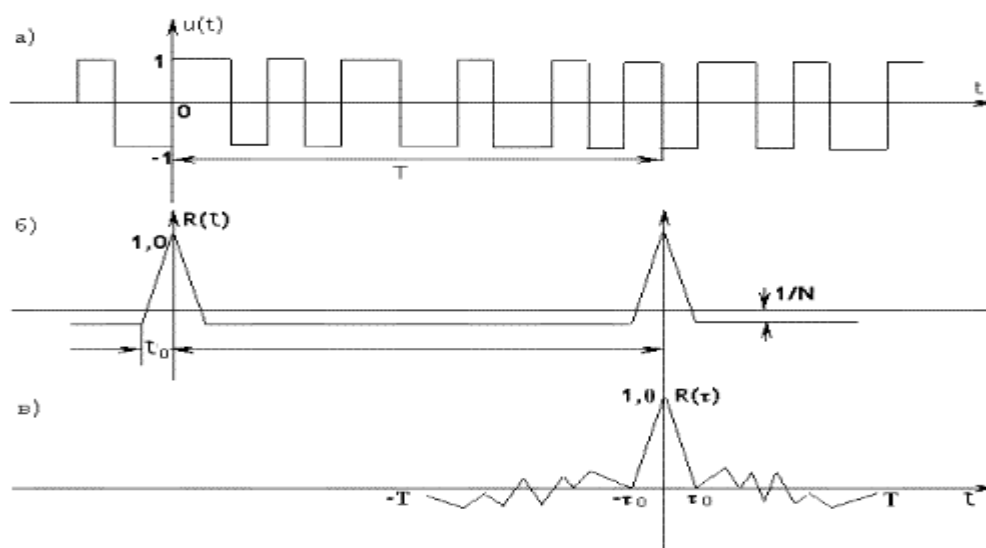
Кейинчалик Z нинг қймати бўсағавий Z_0 қймат билан таққосланади. Корреляцион интегралнинг ҳисобланиши коррелятор ёки мослаштирилган филътр ёрдамида амалга оширилади(12.3-расм.)



12.3-расм. Кенг полосали (шовқинсимон) сигналнинг (ШПС) корреляцион қабул қилгичи.

Корреляторнинг вазифаси кенг полосали кировчи сигнал спектри унинг эталонли нусхасига $U(t)$ кўпайтириш ва кейинчалик $1/T$ полосада филтрлаш йўли билан «сиқишдан» иборат. Бу эса коррелятор чиқишидаги сигнал/шовқин муносабатни киришдагига нисбатан 8 марта оширади.

Кириш сигнал $X(t)$ билан таянч сигнал $U(t)$ корреляторга келиб тушганда, СТК элементининг тенг давомлилиги силжишида чиқиш сигнали амплитудаси пасаяди ва “0” га тенглашади. Корреляторнинг чиқиш сигнал амплитудасининг ўзгариши корреляцион функциянинг тури билан аниқланади. Агар кириш ва таянч СТК орасида силжиш бўлмаса, унда у автокорреляцион функция (АКФ), силжиш бўлганда эса ўзаро корреляцион функция (ЎКФ) деб аталади. $N=15$ ли M - кетма-кетликнинг структураси, унинг даврий АКФ (б) ва нодаврий АКФ (в), яъни даврий вақт бўйича давом этмайдигани 12.4-расмда келтирилган.



12.4 – расм. $N=15$ ли M – кетма-кетликнинг структураси (а), даврий АКФ (б) ва нодаврий АКФ (в)

Бундан келиб чиққан ҳолда, “яхши” автокорреляцион ва ўзарокорреляцион функцияларга эга бўлган сигналлар ансамбилини танлаш, корреляцион қайта ишлаш йўли билан (КПС ўрами) сигналларнинг бўлиб ажратилишини таъминлаши мумкин, бу эса алоқа каналларини кодли ажратиш тизимини қуришнинг асосий принципи бўлиб ҳисобланади.

Амалиётда сотали алоқа тизимларда, асосан спектрни тўғри кенгайтириш йўли билан олинган КПС қўлланилади, каналларнинг фарқи эса частоталар спектрини кенгайтириш учун қўлланилувчи псевдо тасодикий кетма-кетлик шакли билан аниқланади. Бундай шаклланган радиосигнал фаза бўйича манипуляцияланган КПС деб аталади.

ПТК турини танлаш сигналлар ансамбилининг ўзаро ва автокорреляцион тавсифларига, унинг хажмига, қабул қилгичдаги сигналларни ташкил қилувчи ва “сиқувчи” қурилмани амалга оширишнинг соддалигига боғлиқ. Қайд қилинган шартларни чизиқли М-кетма-кетлик ва унинг сегментлари кўпроқ қониқтиради, сигналлар ансамбилининг хажмини кенгайтириш учун эса кўпинча ПТК қисмларига Уолш кетма-кетлигини қўшиш билан амалга оширилади.

CDMA стандартининг КСАТ тизимларини яратишдаги асосий муаммо, бу кичик габаритли, кам қувват сарфловчи ва кўп функцияли КПС «сиқувчи» қурилмаларини ишлаб чиқаришдир. Шу пайтга келиб, бу муаммо турли хил фирмалар томонидан муваффақиятли ечилмоқда, жумладан, Американинг Qualcomm фирмаси тавсияси билан АҚШда CDMAли КСАТ тизими учун IS-95 стандарти қабул қилинди. Европада RASЕнинг турли дастурларида CODIT (code division testted) лойиҳаси ишлаб чиқилди, унинг асосий мақсади CDMA стандартида учинчи авлод UMTS/FPLMTSдан фойдаланиш имкониятидир.

Назорат саволлари.

1. Тасодикийсимон кодлар кетма – кетлиги.
2. Кенг полосали сигналлардан алоқа ва бошқарув тизимларида фойдаланиш.
3. Кенг полосали (шовқинсимон) сигналнинг базаси
4. Кенг полосали (шовқинсимон) сигнални қўлланилиш соҳаси.
5. Частота спектрини тўғридан-тўғри кенгайтириш усули билан кенг полосали (шовқинсимон) сигнални шакллаш.
6. Кенг полосали (шовқинсимон) сигналнинг (ШПС) корреляцион қабул қилгичи.
7. Қандай сигналлар шовқинсимон сигналлар деб аталади?
8. ШСС сигнал асосий хоссаларини айтиб беринг.

13-МАЪРУЗА.

КЎП СТАНЦИЯ ОРҚАЛИ АЛОҚА ЎРНАТИШ ПРИНЦИПИНИ СИГНАЛЛАРНИ ВАҚТ БЎЙИЧА АЖРАТИШ ТИЗИМИ. СИГНАЛЛАРНИ ЧАСТОТАЛАРИ ОРҚАЛИ АЖРАТИШ. АСИНХРОН МАНЗИЛЛИ ТИЗИМЛАРИ.

РЕЖА:

1. Кўп станция орқали алоқа ўрнатиш принципини.
2. Сигналларни частоталари орқали ажратиш.
3. Сигналларни вақт бўйича ажратиш тизими.
4. Асинхрон манзилли тизимлари.

Кўп станция орқали алоқа ўрнатиш принципини.

Замонавий телекоммуникация тизимлари ва тармоқларини қуриш шунинг қўрсатадики, ушбу тизимларнинг энг кўп маблағ сарфланишини талаб қиладиган қисми алоқа линияларидир. Булар, кабелли, оптик толали, сотали мобила алоқа, сунъий йўлдош орқали алоқа, радиореле линиялари, тропосфера алоқа линиялари ва бошқалар. Шунинг учун алоқа линияларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш учун уларнинг ҳар бири орқали бир эмас, бир нечта (юзлаб, минглаб) хабарларни бир вақтнинг ўзида узатишни таъминлаш керак. Албатта кўп каналли хабар узатишни таъминлаш учун алоқа каналининг ахборот узатиш имконияти у орқали узатилиши талаб этиладиган N та ахборот манбаининг вақт бирлигида ишлаб чиқараётган ахборотлари йиғиндисидан катта бўлиши, яъни $C' \geq \sum_{k=1}^N H'_k$ бўлиши шарт, бунда H'_k - ахборот манбаи k нинг ахборот ишлаб чиқариш имконияти.

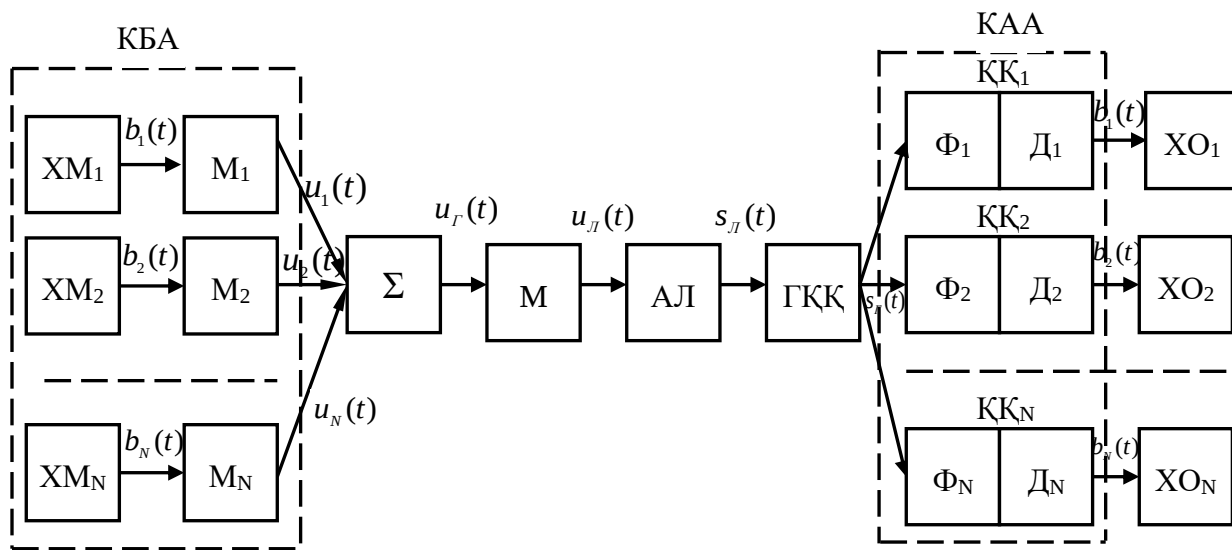
Кўп каналли алоқа тизимлари аналог ва рақамли бўлиши мумкин. Кўп каналли аналог алоқа тизимларини унификациялаш мақсадида асос қилиб стандарт телефон канали – тонал частота канали қабул қилинган бўлиб, у 300÷3400 Гц кенгликдаги спектрга эга бўлган хабарларни узатишни таъминлайди. Кўп каналли рақамли алоқа каналларида 64 кбит/сек тезликда хабар узатишга мўлжалланган каналлар қабул қилинган. Кўп каналли аналог алоқа 12 га қаррали каналларни бирлаштириш асосида шакллантирилади. Рақамли кўп каналли алоқа тизимлари қабул қилинган иерархия (босқич) тартибига қараб шакллантирилади. Европа мамлакатлари иерархиясига мос қилиб бирламчи кўп каналли рақамли узатиш тизими ИКМ-30 қабул қилинган бўлиб, у орқали сигнал гуруҳини узатиш тезлиги 2048 кбит/с. Бизда европа иерархиясидан фойдаланилади.

Кўп каналли хабар узатиш структуравий схемаси 13.1-расмда келтирилган. Бунда хабар манбалари чиқишидаги нисбатан паст частотали $b_1(t)$, $b_2(t)$, ... $b_i(t)$, $b_N(t)$ сигналлар хусусий модуляторлар M_1 , M_2 , ...

M_1, M_N ёрдамида хусусий сигналлар $u_1(t), u_2(t), \dots, u_i(t), u_N(t)$ га айлантирилади. Хусусий канал сигналлари гурухлаш (йиғиш) қурилмаси ёрдамида гурух сигнали $u_r(t)$ га айлантирилади,

$$u_r(t) = \sum_{i=1}^N u_i(t). \quad (13.1)$$

Ва ниҳоят гурух сигнали $u_r(t)$ ажратилган частоталар диапазонида гурух узаткичи модулятори M ёрдамида линия сигнали $u_{\text{Л}}(t)$ га айлантирилади ва алоқа линияси (АЛ) киришига берилади. Ҳозирча, масалани осонлаштириш учун алоқа канали (АК) да ҳалақитлар йўқ ва каналда сигналлар шакли бузилмайди деб ҳисоблаймиз. У ҳолда қабул қилинган сигнал $s(t) = Ku_{\text{Л}}(t)$ га тенг бўлади, бунда K – алоқа каналининг узатиш коэффициенти, ҳозирча $K=1$ деб ҳисоблаймиз. Сигнал қабул қилиш томонида линиядаги сигнал $s_{\text{Л}}(t)$ гурух қабуллаш қурилмаси (ГҚҚ) чиқишида $s_{\text{Л}}(t) = Ku_r(t)$ га айлантирилади, сўнгра хусусий қабуллаш қурилмалари (ҚҚ) гурух сигнали $Ku_r(t)$ дан ҳар бир каналга тегишли $s_i(t) = Ku_i(t)$ ларни ажратади ва уларни детекторлаш натижасида $u_1(t), u_2(t), \dots, u_i(t), u_N(t)$ сигналлар ҳар бир хабар олувчига етказиб берилади.



13.1-расм. Кўп каналли хабар узатиш тизими структуравий схемаси.

Канал узаткичи ва бирлаштириш қурилмаси билан бирга каналларни бирлаштириш аппаратураси (КБА) деб аталади. Гурух узаткичи (ГУ), алоқа линияси (АЛ) ва гурух сигналларини қабуллаш қурилмаси (СҚҚ) бирликда гурух узатиш тракти (ГУТ) деб аталади. Каналларни бирлаштириш аппаратураси (КБА) ва гурух узатиш тракти ҳамда гурух ажратиш аппаратлари мажмуаси кўп каналли алоқа тизимини (ККАТ) ташкил этади.

ККАТнинг хусусий СҚҚ канали гуруҳ сигнали $s_r(t)$ дан ўзига тегишли сигнал $b_i(t)$ ни ажратиш олади ва тегишли $u_i(t)$ ларни хабар олувчиларга етказиб беради. Ушбу жараёнларни амалга оширувчи хусусий СҚҚлари мажмуаси каналларни ажратиш аппаратураси (КАА) деб аталади.

Энди кўп каналли алоқа тизимлари орқали бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолатда ахборот узатиш учун фойдаланиладиган сигналларга қўйиладиган талабларни кўриб чиқамиз. Сигнал ажратиш қурилмаси бир неча канал сигналларини бир-биридан фарқлаши учун уларнинг ҳар бирига хос белгилари бўлиши керак. Синусоидал ташувчиларни модуляциялашда уларнинг частотаси, фазаси ва амплитудаси; импульслар кетма-кетлигини модуляциялашда унинг вақт бўйича ҳолати, давомийлиги ёки шакли унинг асосий белгилари ҳисобланиши мумкин. юқоридаги белгиларга мос равишда сигналларни ажратиш: частота, вақт, фаза ва шакл ва бошқалар бўйича ажратишга асосланади.

Масалан, гуруҳ сигналлари умумий тракти орқали N хусусий каналлар сигналларини узатиш талаб этилсин. Гуруҳ сигналлари умумий тракти ҳар бир i -канал сигнали $u_i(t)$ ни узатиш учун яроқли деб ҳисобласак, у ҳолда

$$u_i(t) = C_i \Psi_i(t), \quad (13.2)$$

бунда, $\Psi_i(t)$ - ташувчи функцияси, C_i - узатилаётган хабарни акс эттирувчи коэффициент. Ҳамма канал сигналлари (гуруҳ сигнали) учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$u_r(t) = \sum_{i=1}^N u_i(t) = \sum_{i=1}^N C_i \Psi_i. \quad (13.3)$$

Гуруҳ сигнали линия сигналига айлантирилади ва узатиш тракти киришига берилади. СҚҚ томонида $s_{\text{л}}(t)$ сигнал қайта гуруҳ сигнали $s_r(t)$ га айлантирилади. СҚҚ томонида N та канал сигналлари бир-биридан ажратиш учун N та ажратиш қурилмаси керак бўлади, бунда ҳар бир k -чи ажратиш қурилмаси фақат ўзига тегишли k -чи канал сигналларини ажратиш олиши керак.

СҚҚ бажарадиган вазифани ажратиш тадбирини Π_k билан белгилаймиз. Идеал ҳолатда k -чи СҚҚ чиқишида фақат шу каналга тегишли сигнал ажралиши керак, қолган сигналлардан таъсирланмаслиги керак. Бундан ташқари СҚҚ тадбири чизикли ҳолда амалга ошириши керак, яъни у бир-бирига боғланмаганлик принципи (суперпозиция) бўйсунуши шарт:

$$\Pi_k(s_i + s_k) = \Pi_k(s_i) + \Pi_k(s_k). \quad (13.4)$$

Сигнал ажратиш тадбири (принципи)ни математик шаклда ифодалаш мумкин. СҚҚсининг k -чи канали чиқишидаги акс таъсири $s'(t)$, унга гуруҳ сигнали $s_r(t)$ таъсири натижасида ҳосил бўлади:

$$\Pi_{\kappa} \{s_{\Gamma}(t)\} = s'_k(t) \quad (13.5)$$

Ҳар бир k -канал СҚҚ киришига бир вақтда ҳамма N -канал сигналлари таъси этади. СҚҚ фақат ўзига тегишли $s_k(t)$ га сезгир бўлиши учун қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$s'_k(t) = \Pi_{\kappa} \left\{ \sum_{i=1}^N s_i(t) \right\} = \sum_{i=1}^N \Pi_{\kappa} \{s_i(t)\} = \begin{cases} s_k(t), & i = k, \\ 0, & i \neq k. \end{cases} \quad (13.6)$$

Ёки ҳамма i ва k лар учун

$$\Pi_{\kappa} \{s_k(t)\} = \begin{cases} s'_k(t), & i = k, \\ 0, & i \neq k. \end{cases} \quad (13.7)$$

(13.2) ифодани (13.7) ифодага қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$\Pi_{\kappa} \{c_i \Psi_i(t)\} = \begin{cases} c_k \Psi_k(t), & i = k, \\ 0, & i \neq k. \end{cases} \quad (13.8)$$

Натижада $s'_k(t) = c_k \Psi_k(t)$.

Олинган натижани ажратиш қурилмасининг $s(t)$ акс таъсири бошқа шаклда бўлиши ҳам мумкин, асосийси бу катталиқ узатилаётган сигнал билан бир қийматли боғлиқ бўлиши талаб этилади. Хусусий ҳолда $s_k(t)$ сигналга акс таъсир c_k билан бир қийматли боғланган катталиқ γ бўлиши мумкин.

$$s_k(t) = \Pi_{\kappa} \{s_{\Gamma}(t)\} = \Pi_{\kappa} \left\{ \sum_{i=1}^N c_i \Psi_i(t) \right\} = \sum_{i=1}^N \Pi_{\kappa} \{c_i \Psi_i(t)\} = \gamma, \quad (13.9)$$

ёки

$$\Pi_{\kappa} \{c_i \Psi_i(t)\} = \begin{cases} \gamma_k, & i = k, \\ 0, & i \neq k. \end{cases} \quad (13.10)$$

(13.7) ва (13.9) ифодалардан қуйидаги ҳулосани чиқариш мумкин. СҚҚ сигнал $s_k(t)$ га нисбатан танловчанлик хусусиятига эга. (13.7) ва (13.9) ифодалардаги математик амаллар чизиқли электр занжирлар асосида амалга ошади, шунинг учун унга тегишли назария чизиқли ажратиш назарияси деб аталади.

Биз идеал ажратиш ҳолатини кўриб чиқдик, амалда сигналларни ажратишда ўтиш ҳалақитлари пайдо бўлади.

Сигналларни чизиқли ажратиш шарти. Чизиқли ажратиш оператори Π_κ ни гуруҳ сигнали $s_\Gamma(t)$ га таъсирини скаляр кўпайтма шаклида ифодалаш мумкин:

$$\Pi_\kappa \{s_\Gamma(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} s_\Gamma(\tau) \eta_\kappa(t, \tau) d\tau, \quad (13.11)$$

бунда, $\eta_\kappa(t, \tau)$ - оператор Π_κ га мос бўлган миқдор (вазн) коэффиценти. (13.4) ифодадаги сигнални чизиқли қурилмалар ёрдамида ажратишнинг асосий шарти уларнинг ўзаро чизиқли боғланмаган бўлиши ҳисобланади. Бу қуйидаги тенглик шарти бажарилган ҳолатда рўй беради, яъни ҳамма коэффицентлар бир вақтда нолга тенг бўлганда,

$$c_1 \Psi_1(t) + c_2 \Psi_2(t) + \dots + c_k \Psi_k(t) + c_N \Psi_N(t) = 0. \quad (13.12)$$

Ҳақиқатдан ҳам (13.7) ва (13.9) ифодалар СКҚнинг танловчанлиги ва ажратилиши шарти бўлиб, қуйидаги шарт бажарилганда амалга ошади:

$$\Pi_\kappa \{\Psi_i(t)\} = \gamma_{ik}, \quad i, k = 1, 2, \dots, N, \quad (13.13)$$

бунда, γ_{ik} - ажратиш қурилмасининг $s_i(t)$ сигналга акс таъсири бўлиб, $\gamma_{ik} = 0$ бўлади, агар $i \neq k$ ва $\gamma_{kk} \neq 0$. Π_κ оператори билан (13.12) ифоданинг ҳар иккала томонига таъсир этиб ва (13) ифодани эътиборга олиб, қуйидагига эришамиз:

$$\Pi_\kappa \left\{ \sum_{i=1}^N c_i \Psi_i(t) \right\} = \sum_{i=1}^N c_i \Pi_\kappa \{\Psi_i(t)\} = c_k \gamma_{kk} = 0. \quad (13.14)$$

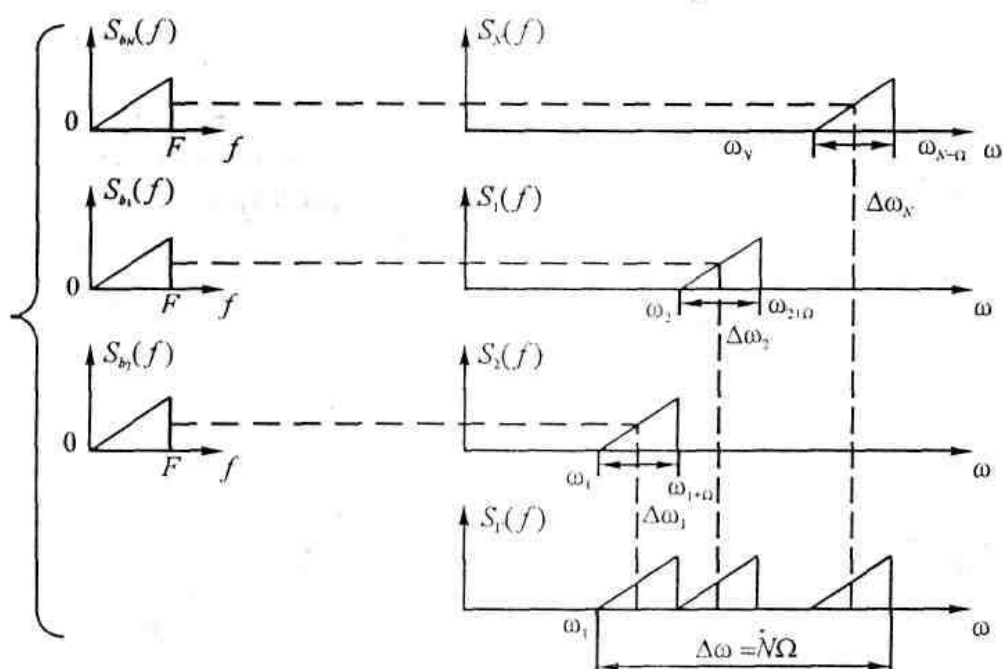
Алоқа каналида ҳалақитлар бўлмаса, ҳар қандай чизиқли боғланишда бўлмаган сигналлар тўплами кўп каналли алоқа тизимида фойдаланиш учун яроқли. Аммо ҳамма реал алоқа каналларида ҳамма вақт ҳалақитлар бор, шунинг учун бошқа ҳар қандай сигналларга қараганда ўзаро ортогонал сигналлар юқори ҳалақитбардошликни таъминлайди. Бу ҳолда канал сигналларини ажратувчи чиқишидаги сигнал вектори, канал сигналига мос келади, ва бундай ажратувчи (танловчи) қурилмалар оддий бўлади.

Ўзаро ортогонал сигналлар тўпламини турли усуллар билан танлаш мумкин. булардан энг кенг тарқалгани частота ва вақт бўйича ажратиш усули бўлиб, бу сигналлар учун ортогоналлик каналлар сигнали спектр ва вақт бўйича бир-биридан ажралиб туради.

Сигналларни частоталари орқали ажратиш.

Кўп каналли алоқа тизими орқали узатиладиган хабар манбаи чиқишидаги сигналлар $b_1(t)$, $b_2(t)$, ... $b_k(t)$ спектри бир диапазонда жойлашган деб ҳисоблаймиз. Мисол учун телефон алоқасида ҳамма хусусий канал сигналлари спектри 300÷3400 Гц орасида жойлашган бўлиб, ҳар бир каналга 4,0 кГц кенгликдаги частоталар полосаси ажратилган. Бирламчи сигналлар спектри $s_1(f)$, $s_2(f)$, ... $s_k(f)$ бирламчи ташувчилар f_k ларни модуляциялайди. Бу амал M_1 , M_2 , ... M_k модуляторлар ёрдамида амалга оширилади. Бирламчи ташувчилар частотаси бир-биридан 4кГц га фарқ қилади. Канал филтрлари Φ_1 , Φ_2 , ... Φ_k чиқишидаги $s_k(f)$ канал сигналлари мос равишда Δf_1 , Δf_2 , ... Δf_k частоталар полосаларини эгаллайди. Кўш каналлар спектри бир-биридан 900Гц кенгликдаги захира полосаси билан ажралиб туради. Частота бўйича ажратишда кўп каналли алоқа тизимларида, одатда бир полосали амплитуда модуляциясидан фойдаланилади. Натижада ҳар бир бирламчи модуляцияланган сигналлар спектрлари Δf_1 , Δf_2 , ... Δf_k бир-бирининг устига тушмайди, ажралиб туради. Бу ҳолда $s_1(t)$, $s_2(t)$, ... $s_k(t)$ сигналлар ўзаро ортогонал бўлади (13.2-расм).

Бирламчи модуляция натижасида олинган сигналлар спектрлари $\dot{s}_1(f)$, $\dot{s}_2(f)$, ... $\dot{s}_k(f)$ бирламчи жамлаш қурилмасида йиғилади ва бу $s_r(f)$ сигнал иккинчи гуруҳ модулятори M_r киришига берилади. Бу модулятор чиқишида ҳам модуляцияланган сигналнинг бир ён полосаси қолдирилади, унинг полосаси кенглиги $\Delta f_r = N\Delta f$ бўлади. Бунда Δf - бирламчи хабар спектри кенглиги F_c га захира частоталар кенглиги Δf_3 йиғиндисига тенг, яъни $\Delta f = F + \Delta f_3 = 4\text{кГц}$. Иккиламчи гуруҳ сигналлари модулятори ташувчиси Δf_r кўп каналли алоқа тизими учун ажратилган частоталар диапазонида мос равишда танланади. Натижада $s_r(t)$ гуруҳ сигнали f_0 частоталар дипазонида жойлашиб линия сигнали $s_{\text{л}}(t)$ ҳосил бўлади. Умуман частота бўйича ажратиш кўп каналли алоқа тизимида бошқа модуляция турларидан ҳам фойдаланиш мумкин.



13.2-рasm. Сигналларни частота бўйича ажратишга оид спектр диаграммалари.

Сигнал қабуллаш томонида линия сигнали $s_L(t)$ ни гуруҳ сигнали демеодулятори киришига берилади. Π_L линия сигнали спектри $s_L(f)$ ни гуруҳ спектри $s_r(f)$ га ўзгартириб беради. Гуруҳ сигнали хусусий сигнал қабуллаш қурилмалари $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_k$ ва уларнинг мос филтърлари $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_k$ ёрдамида яна Δf_k ларга ажратилади ва демеодулятор ёрдамида бирламчи спектрлар $s_1(f), s_2(f), \dots, s_k(f)$ ларга ва улар $b_1(t), b_2(t), \dots, b_k(t)$ хабарларга айлантирилади. Канал сигналлари бир-бирига ҳалакит бермасликлари учун уларнинг мос филтърлари $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_k$ лар орқали фақат уларга тегишли Δf_k сигнал спектри ташкил этувчилари ўтиши керак, қолган ҳамма бошқа канал сигали спектр ташкил этувчилари филтърлар орқали ўтмасликлари керак.

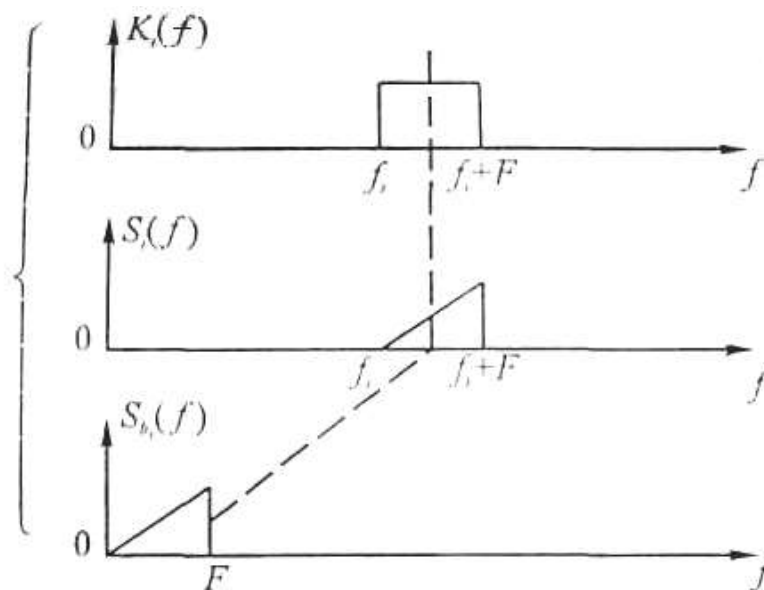
Математик нуқтаи назардан идеал филтър ёрдамида сигналларни ажратиш (13.11) ифодага ўхшаш шаклни олади:

$$s_k(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s_r(\tau) q_k(t - \tau) d\tau, \quad (13.15)$$

бунда, $q_k(t)$ - спектри кенглиги Δf бўлган сигнални бузилишларсиз ўтказувчи идеал полоса филтърининг импульс характеристикаси. (13.15) ифода (13.11) ифодага миқдор (вазн) коэффициенти

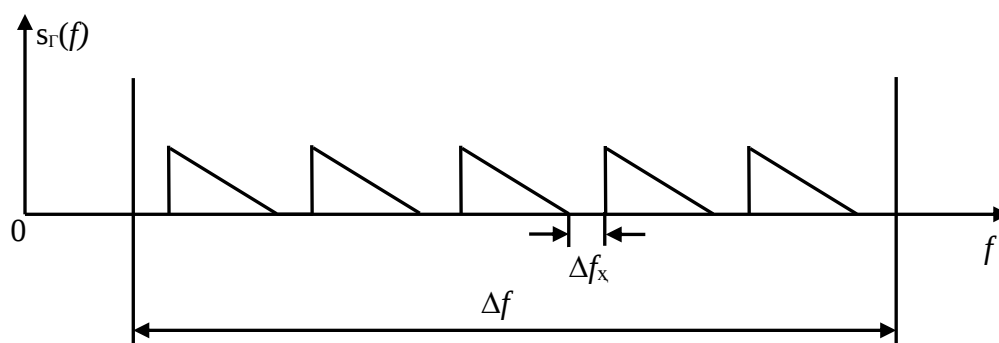
$$\eta_k(t, \tau) = q_k(t - \tau). \quad (13.16)$$

(13.12) ифодадаги частота бўйича ёйиш амали гуруҳ сигнали $s_r(t)$ ни i фильтр П-симон узатиш функциясига кўпайтмасига тенг бўлади (13.3-рasm).



13.3-рasm. Сигналларни частота бўйича ажратишда бирламчи сигнални қайта тиклашга оид спектр диаграммаси.

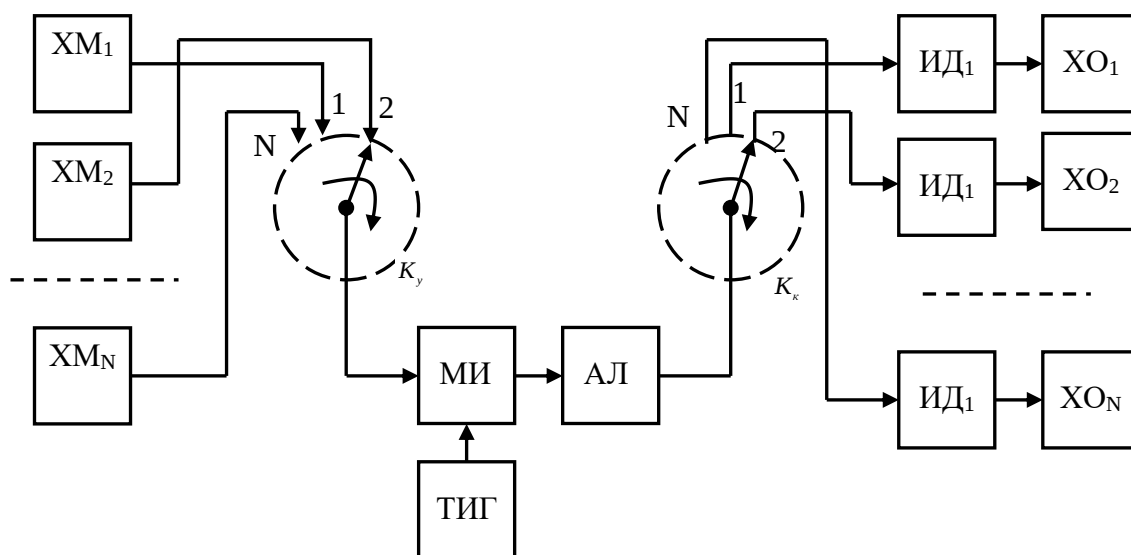
Шундай қилиб, сигналларни частота бўйича идеал сифат билан ажратиш учун қуйидаги шартлар бажарилиши лозим: k канал сигнали спектри шу канал учун ажратилган полоса Δf_k да тўлиқ жойлашган бўлиши ва ажратувчи полоса филтърлар Φ_k характеристикалари идуал бўлиши керак. Аммо бу икки шарт амалда бажарилмайди, натижада каналлар орасидаги ўзаро ҳалақит юзага келади. Шунинг учун каналлар орасида Δf_x - ҳимоя полосаси қолдирилади. Қўшни каналлар орасида 900Гц ҳимоя полосаси қолдирилиши натижасида, частота бўйича сигналларни ажратиш кўп каналли алоқа тизимида узатиш трактидан 80% самара билан фойдаланилади (13.4-рasm).



13.4-рasm. Частота бўйича зичлаштирилган кўп каналли сигнал спектр диаграммаси.

Сигналларни вақт бўйича ажратиш тизими.

Канал сигналларини вақт бўйича ажратиш (КСВА) кўп каналли алоқа тизимида (ККАТ) гуруҳ тракти коммутатор K_y ёрдамида ҳар бир каналга навбатма-навбат уланади (13.5-расм).

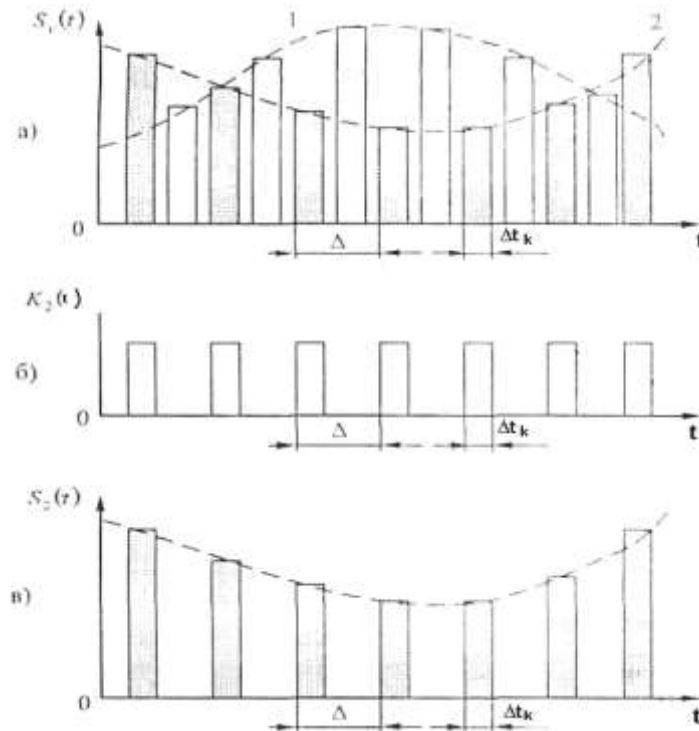


13.5-расм. Сигналларни вақт бўйича ажратиш кўп каналли алоқа тизимининг структуравий схемаси.

Бунда аввал 1-канал сигнали, сўнгра 2-канал ва ҳаказо охирги N-канал сигнали узатилади ва жараён шу тартибда даврий f_d частота билан такрорланади. Сигнал қабуллаш томонида ҳудди шундай K_x коммутатор ҳар бир канал сигнал қабуллаш қурилмаларини навбатма-навбат гуруҳ каналига улайди. i -канал қабуллаш қурилмаси фақат i -сигнал узатилган вақтда уланади, қолган ҳамма қабуллаш қурилмалари узилади. Сўнгра $i+1$ қабуллаш қурилмаси фақат $i+1$ сигнални узатиш даврида уланади ва бу f_d частота билан даврий такрорланади. Тизимнинг барқарор ишлаши учун сигнал узатиш ва қабуллаш томонидаги K_y ва K_x коммутаторлар синхрон ва мос фазада ишлашлари керак.

Канал сигнали сифатида бир-биридан вақт бўйича ажратилган модуляцияланган импульслар кетма-кетлигидан фойдаланилади, масалан, амплитудаси бўйича модуляцияланган импульслар кетма-кетлиги (13.6-расм).

Хусусий сигналлар $s_1(t)$, $s_2(t)$, ... $s_k(t)$ кетма-кетлиги гуруҳ сигналини $s_r(t)$ ташкил этади. 13.6,а-расмда фақат иккита канал сигналлари $s_1(t)$ ва $s_2(t)$ мисол тариқасида келтирилган.



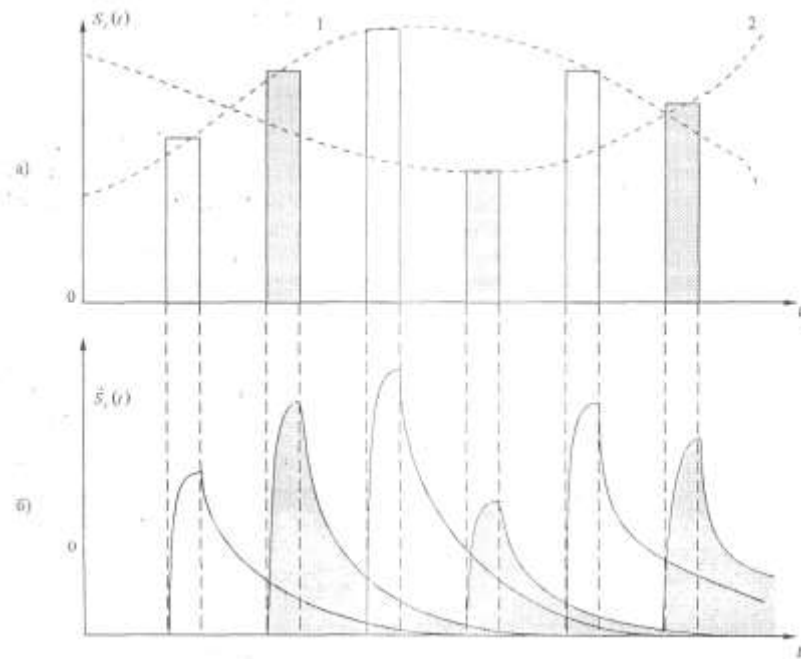
13.6-расм. Сигналларни вақт бўйича ажратишга оид вақт диаграммалари.

Гуруҳ сигнали қабуллаш қурилмаси коммутатори K_k га берилади, уни тегишли канал сигналларини узатиш коэффиценти бирга тенг бўлган вақт фильтри деб аташ мумкин (13.6,б-расм), яъни

$$K_i(t) = \begin{cases} 1, & t \in \Delta t_i \\ 0, & t \notin \Delta t_i \end{cases} \quad (13.17)$$

Вақт бўйича фильтрлаш натижасида i -чи қабуллаш қурилмаси чиқишида фақат i -чи канал имульси пайдо бўлади (13.6,в-расм). қабулланган i -чи канал импульслари кетма-кетлиги демодуляциядан сўнг $b_i(t)$ хабар i -чи хабар олувчига етказилади.

Сигналларни вақт бўйича ажратишда ҳалақитлар пайдо бўлишининг иккита сабаби бор. Биринчидан ҳар қандай амалда фойдаланилган алоқа канали чекланган частоталар полосасини ўтказди, ундан ташқари унинг АЧХ ва ФЧХ идеал эмас. Натижада чизиқли бузилишлар ҳосил бўлади. Ҳақиқатдан ҳам узатишда модуляцияланган сигнал спектрининг давомийлиги чекланса, у ҳолда қабуллаш томонида давомийлиги чекланган импульс ўрнига, давомийлиги чекиз катта бўлган импульсни оламиз (13.7-расм). Бошқача қилиб айтганда каналлар орасида ўзаро ҳалақитлар пайдо бўлади. Бундай хатоликлар синхронизация аниқлиги ёмонлашганда ҳам ҳосил бўлади.



13.7-расм. Сигналларни вақт бўйича ажратишдаги бузилишларга оид вақт диаграммалари.

Ўзаро ҳалақитларни камайитириш учун канал сигналлари орасида ҳимоя оралиғи киритилади. Бу узатилаётган импульслар давомийлигини кичрайтиришга (қисқаритириш) олиб келади, натижада сигнал спектри кенгаяди. Кўп каналли алоқа тизимларида телефон сигнали спектри энг юқори частотаси 3400 Гц бўлиб, Котельников теоремасига асосан дискретизациялаш частотаси $f_o = \frac{1}{\Delta t} = 2F_{ю} = 6800 \text{ Гц}$. Аммо реал алоқа тизимларида импульслар такрорланиш частотаси $f_o = 8000 \text{ Гц}$ чилиб олинади. Бундай импульсларни бир каналли ҳолда узатиш учун энг камида 4 кГц частоталар полосаси керак бўлади. Вақт бўйича ажратишга асосланган кўп каналли алоқа тизимларида вақт оралиғи Δt бир хил бўлиб, Котельников теоремаси асосида (синхронизация бунда эътиборга олинмайди) аниқланади:

$$\Delta f_N = \frac{\Delta t}{N} = \frac{1}{2NF_{ю}} = \frac{1}{2F_y}, \quad (13.18)$$

бунда, $F_y = NF_{ю}$ бўлиб N каналли частота бўйича ажратиш ККАТ полосасига тенг. Назарий жиҳатдан ЧАК ва ВАК тизимларида частоталар полосасидан фойдаланиш самарадорлиги бир хил бўлгани билан, амалда ВАК тизими ЧАК га қараганда нисбатан камроқ самарадорликка эга. Аммо ВАК афзаллиги бу усулда хабар узатишда умумий каналдан навбат билан фойдаланиш жараёнида нозичлики бузилишлар натижасида ўтиш

ҳалақитлари ҳосил бўлмайди. Бундан ташқари вақт бўйича ажратишга асосланган ККАТ аппаратураси частота бўйича ажратишга асосланган ККАТга нисбатан осон амалга оширилади. Частота бўйича ажратишга асосланган ККАТда ҳар бир канал узатишда ўз модуляторига ва қабуллаш томонида частота бўйича ажратувчи фильтр бўлишини талаб қилади. Вақт бўйича ажратиш ККАТда модуляцияланган сигнал динамик диапозони нисбатан кичик. ВАК ККАТдан узлуксиз хабарларни аналог модуляцияланган импульслар ёрдамида (АИМ, ФИМ, ШИМ) узатишда ва ИКМ ёрдамида хабарларни узатишда кенг фойдаланилади.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ККАТда хабарларни талаб этиладиган ҳалақитбардошлик билан узатиш учун талаб этиладиган сигнал умумий қуввати P_{cy} , бир каналли алоқа тизимидагига нисбатан N марта катта бўлади, чунки ККАТдаги умумий ҳалақит қуввати $P_{xy} = NP_1 = NN_0F_k$, бунда N_0 - ҳалақит энергияси спектрал зичлиги, F_k - бир канал полосасининг кенглиги. Ҳақиқатда эса юқоридаги шарт бажарилганда ҳам ККАТ ҳалақитбардошлиги бир каналли алоқа тизими ҳалақитбардошлигидан кам бўлади, чунки частота бўйича ажратишга асосланган ККАТда сигнал умумий қуввати P_{cy} ни ошириш натижасида ўтиш ҳалақитларини камайтириб бўлмайди, чунки ўтиш ҳалақитларининг қуввати ҳам ошади, баъзи ҳолларда ночизиқли бузилишлар натижасида ҳосил бўладиган ҳалақитлар сатҳи сигнал қуввати ошишига нисбатан тезроқ рўй беради.

Асинхрон манзилли тизимлари.

Юқорида кўриб чиқилган турли ККАТларда ортогонал ва бир-бири билан чизиқли боғланмаган ортогонал сигналлардан фойдаланишга асосланган бўлиб, улар нормал ҳолатда ишлаши учун маълум даражада синхронизацияни, ЧАКларида узатиладиган сигнал спектри канал частоталар полосасига мослигини, ВАКда сигнал узатишда вақт интервалларининг тўлиқ мослигини, ШАКда тракт интервали боши ва охирини аниқ билиш уларни актив фильтрлар ёрдамида қабуллашда ва мослашган фильтрлар ёрдамида қабуллашда ҳар бир элементар сигнал оний қийматларини узатилиш вақтини аниқ билиш талаб этилади.

Кўп ҳолларда синхронизацияни аниқ таъминлаш қийин. Мисол учун, ҳаракатдаги объектлар (автомобил, самолёт ва ҳ.к.) билан алоқа ўрнатишда. Шунга ўхшаш ҳолат сунъий йўлдош орқали алоқа тизимларидан ретранслятор шаклида фойдаланганда ҳам учрайди. Шундай ҳолларда асинхрон кўп каналли алоқа тизимларидан фойдаланишга тўғри келади, бунда ҳамма абонентларнинг сигналлари умумий частоталар полосасида узатилади ва каналлар иши синхронизацияланмаган бўлади. Бундай алоқа тизимларида ҳар бир каналга частоталар полосаси, фойдаланиш вақти оралиғи ва вақти бириктирилмаган бўлиб, улар ҳоҳлаган вақтда алоқа

ўрнатишлари мумкин. бундай тизимлар алоқа линиясидан фойдаланиши эркин (чекланмаган) ёки каналлари абонентларга бириктирилмаган алоқа тизимлари деб аталади.

Фойдаланиши частота ва вақт бўйича чекланмаган ҳар бир абонентга маълум бир шаклдаги сигнал бириктирилади, бу унинг “адреси” ҳисобланади. Оддий шакл бўйича ажратишга асосланган алоқа тизимларида ортогоналлик шарти ҳамма каналлар учун тракт интервали юқори даражада синхронизацияланган бўлиши, уларни бир-биридан тўлиқ чизиқли ажратиш имкониятини беради. Умумий алоқа каналидан эркин фойдаланиш тизимида ортогоналлик ёки ўзаро боғлиқ эмаслик алоҳида канал сигналларининг пайдо бўлиш вақти турлича бўлган ҳолда ҳам сақланиши (таъминланиши) керак. Демак, ҳар қандай икки $s_i(t)$ ва $s_k(t)$ сигнал учун ортогоналлик шарти доимо бажарилиши керак, яъни

$$\int_t^{t+T} s_i(t)s_k(t-\tau)dt \equiv 0, \quad (13.19)$$

бўлиши керак, $0 \leq t \leq T$, бунда T – элементар сигнал давомийлиги бўлиб, интеграллаш ҳар қандай t дан $t+T$ вақт оралиғида бажарилади. (13.19) шарти ҳақиқий сигналлар учун улар оқ шовқин шаклида бўлган ҳолатда, яъни улар спектри ва дисперсияси чексиз кенг бўлганда бажарилади. Бу шарт ҳақиқий сигналлар учун бажарилмайди. Шунга қарамасдан (13.19) шарт тахминан бажарилишини таъминловчи сигналларни шакллантириш мумкин. бундай сигналлар учун $s_i(t)$ ва $s_k(t-\tau)$ скаляр кўпайтмаси вақт фарқи τ нинг қийматидан қатъий назар алоҳида сигнал энергиясидан кам бўлади, яъни

$$\int_t^{t+T} s_i(t)s_k(t-\tau)dt << \|s_i^2\| = \|s_j^2\|, \quad (13.20)$$

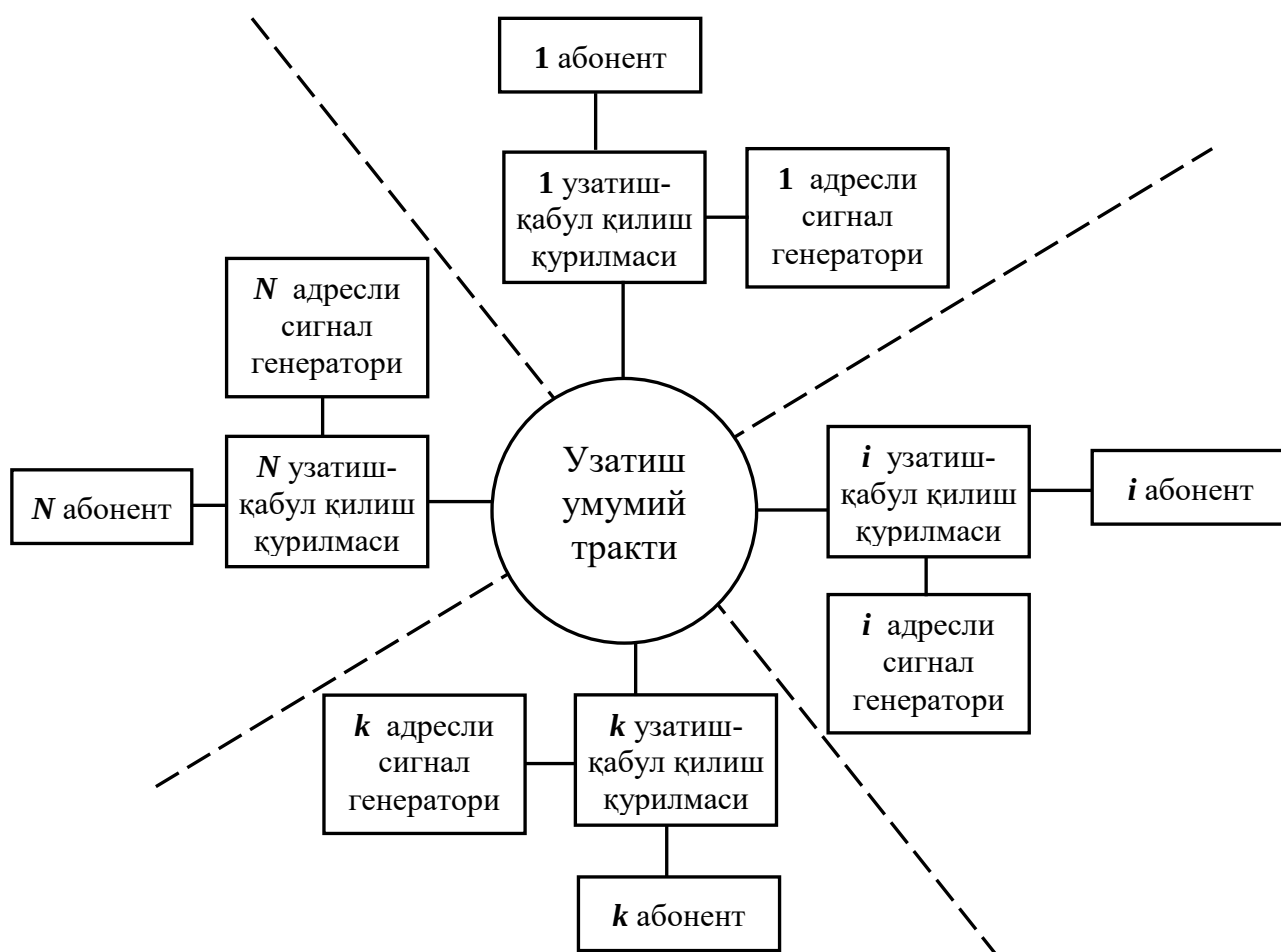
шарти, агар $0 \leq t \leq T$ бўлса бажарилади.

Бундай сигналларни деярли ортогонал деб ҳисобласа бўлади. Деярли ортогонал сигналлар ўзларининг хоссалари билан оқ шовқинга яқинлашади, шунинг учун уларни шовқинсимон сигналлар деб аталади. Уларнинг корреляцион функциялари ва қувват спектр зичлиги оқ шовқинникига яқин. Шовқинсимон сигналлар мураккаб сигналлар гуруҳига киради, уларнинг базалари $B = 2TF \gg 1$ бўлиб, шакли бўйича ажратилувчи сигналларнинг ривожланиш натижаси ҳисобланади.

Шовқинсимон сигналлар (ШСС) нинг кенг тарқалган турига мисол қилиб, маълум усулда шакллантирилган тасодифийсимон дискрет сигналлар кетма-кетлигини келтириш мумкин, унинг хусусий кўриниши шаклида иккилик радиоимпульсларни келтириш мумкин. Бунда ШСС базаси дискрет кетма-кетликдаги импульслар сонига тенг бўлади. Ҳар бир каналга, деярли ортогонал иккилик импульслар кетма-кетлиги бириктирилади, ушбу

бириктирилган импульслар кетма-кетлиги абонент адреси вазифасини бажаради. Натижада асинхрон адресли алоқа тизими (АААТ) номини олади.

АААТнинг энг катта афзалликларидан бири бу тизимга марказий коммутация станцияси керак эмас, ҳамма абонентлар бир-бири билан хоҳлаган вақтда, сигнал узатиш ва қабуллаш қурилмалари частоталарини созлашмасдан алоқа ўрнатишлари мумкин (13.8-расм).



13.8-расм. Кўп каналли асинхрон адресли алоқа тизимининг структуравий схемаси.

Бунда чақирилаётган абонент “адреси” терилса, яъни адрес импульслар кетма-кетлиги шаклини ўзгартириш етарли бўлади.

Частота ва вақт бўйича ажратиладиган ККАТда тизимга янги абонентни киритиш фақат тизимдан бирор-бир абонентни чиқариб юбориш эвазига амалга оширилади. Бу масала АААТда нисбатан осон ҳал қилинади. Бу тизимда бир вақтнинг ўзида умумий N_y – абонентлардан N_a та активи

алоқа ўрнатиши мумкин. актив (фаол) абонентлар сони N_a ни аниқлашда фойдаланилаётган сигналларнинг тўлиқ маънода ортогонал эмаслиги натижасида ўтиш ҳалақитлари (ноортогоналлик шовқини) пайдо бўлади, уларнинг сатҳи фаол абонентлар сони N_a га боғлиқ равишда ошиб боради. Фаол абонентлар сони N_a фойдаланилаётган шовқинсимон сигнал базасига, яъни ундаги элементар иккилик импульслар сонига боғлиқ бўлиб, сигнал базаси қанча катта бўлса фаол абонентлар сони шунча кўп бўлади.

АААТдаги абонентларнинг ҳар бир вақт бирлигидаги фаоллигини аниқлаб, унинг статистикасини ўрганиб, мисол учун, $N_y=1000$ каналли тизимни ташкил этиш мумкин, улардан $N_a=50$ таси бир вақтнинг ўзид алоқа ўрнатиши ва тизимдан фойдаланиши мумкин. бунда тизим имкониятидан кам фаол абонентлар ҳисобига ҳам ошириш мумкин.

Назорат саволлари.

1. Кўп каналли алоқа тизими структуравий схемасини чизинг ва унинг ишлаш тартибини тушунтиринг.
2. Кўп каналли алоқа тизимининг бир каналли алоқа тизимига қараганда афзалликларини айтиб беринг.
3. ККАТда гуруҳ сигналини шакллантириш учун канал сигналларини танлашга бўлган талабларни тушунтириб беринг.
4. Сигналларнинг чизиқли боғлиқ эмаслиги шартини ёзинг ва унинг физик маъносини тушунтиринг.
5. Чизиқли боғлиқ бўлмаган ва ортогонал сигналлар орасидаги фарқ нимада?
6. Частота бўйича ажратишга асосланган ККАТ структуравий схемасини чизинг ва ундаги сигналлар спектр диаграммаларини чизиб кўрсатинг.
7. Вақт бўйича ажратишга асосланган ККАТ структуравий схемасини чизинг ва ундаги функционал қисмлари вазифасини айтиб беринг.
8. Частота бўйича ажратиш ва вақт бўйича ажратишга асосланган ККАТларини таққосланг.
9. Сигналларни шакли бўйича ажратиш ККАТ структуравий схемасини чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.
10. Сигналларни шакл бўйича ажратишга асосланган ККАТда сигналлар қандай танланаи?
11. Асинхрон адресли алоқа тизимининг афзалликларини айтиб беринг.
12. АААТда сигналларга қандай талаблар қўйилади?

14-МАЪРУЗА.

СИНХРОНИЗАЦИЯЛАШ ТИЗИМИНИНГ ТУЗИЛИШИ ВА АСОСИЙ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ. СИНХРОНИЗАЦИЯ ТИЗИМИНИНГ ИШЛАШИНИ АЛОҚА ТИЗИМИ ИШЛАШ СИФАТИГА БОҒЛИҚЛИГИ. ФАЗА СИНХРОНИЗАЦИЯСИ. ТАКТ СИНХРОНИЗАЦИЯСИ. ДАВРИЙ СИНХРОНИЗАЦИЯ. КАДР СИНХРОНИЗАЦИЯСИ. КЕНГ ПОЛОСАЛИ СИГНАЛЛАР АЛОҚА ТИЗИМИДА СИНХРОНИЗАЦИЯ.

РЕЖА:

1. Синхронизациялаш тизимининг тузилиши ва асосий характеристикалари.
2. Синхронизация тизимининг ишлашини алоқа тизими ишлаш сифатига боғлиқлиги.
3. Фаза синхронизацияси. Такт синхронизацияси.
4. Даврий синхронизация. Кадр синхронизацияси. Кенг полосали сигналлар алоқа тизимида синхронизация.

Синхронизациялаш тизимининг тузилиши ва асосий характеристикалари. Синхронизация тизимининг ишлашини алоқа тизими ишлаш сифатига боғлиқлиги.

Ахборотни узатиш радиотехник тизимида, синхронизация тизимлари ёрдамида, умумий ҳолда сигналларни қуйидаги параметрларини аниқлайди:

1. Юқори частотали ташувчи тебранишни фазасини (фазавий синхронизация ФС);
2. Код сўзини бошланишига мос келувчи вақт моментлари (циклик синхронизация ЦС);
3. қабул қилинган посилкаларни чегаравий вақтлар (тактли синхронизация ТС);
4. Кўп каналли ахборот узатиш тизимларидаги гуруҳ сигналларининг бошланиши ва охирига мос келувчи вақт моментлари (кадр синхронизацияси КС);
5. Узатилаётган хабарни боши ва охирига.

Ахборотни узатиш радиотехник тизимида, синхронизация тизимлари ёрдамида бутун умумий тизимни бир миёрада ишлашини, қурилмани ишлаш тартибини кетма-кетлигини, тизимни сифатли иш фаолиятини, фойдали сигналларни оптимал қабул қилинишини тامينлайди ва генератор, частота

синтезаторларининг стабиллигини ҳамда рақамли тизимларни ишга тушиш, иш тугатилиши, ёзиш, хотирага олиш, ўчириш амалларини бажаришда хизмат кўрсатади.

Агар, ахборотни узатиш радиотехник тизимида синхронизация тизими иштирок этмаса ёки у ўрнатилмаган бўлса, у ҳолда тизим бегиланган ҳамда талаб даражасидаги узатиш ва қабул амалларини тўлиқ сифатли бажара олмайди.

Фаза синхронизацияси. Такт синхронизацияси.

Фаза синхронизацияси-фазавий авторостлаш тизими (ФАР), сигнални фазасини кузатиш, яъни ростлаш учун хизмат килади.

Бундай тизимлар куйидаги ҳолларда ишлатилади:

- радиоқабул килувчи курилмаларда:
- тор поласали кузатув филтрларда, ташувчи частота сигнали иштирогида тебранишларни қайта тиклашда:
- Доплер улчов курилмаларида, шовкин ва халакитларни таъсири остида фойдали сигналларни ажратиб олиш мақсадида
- фаза ва частота модуляция сигналларига эга демодуляторларда:
- юкористабил тебранишларни ҳосил килувчи ростланувчи генераторларни яратишда:
- қайта ишловчи ва ёзувчи аудио ва видеомагнитофонларда

ФАР тизими уз ичига асосий блокни, яни фаза дискриминаторини (ФД) олиб, у икки сигнални (берилган сигнал ва ростланувчи генератор ҳосил қилган сигнал) фарқини, яъни ҳатолигини аниқлайди.

ФАР тизимининг ишлаш принципи - ФД биринчи киришига берилган кириш сигнали иккинчи киришига эса ростланувчи генератор чиқишидаги сигналлар берилади. ФД чиқишидаги кучланиш ҳатоликни киймати ва фазани ишорасига боғлиқ бўлади. Ушбу сигнал филтр орқали ростланувчи генераторга узадилади, ростланувчи генератор уз навбатида қабул қилинган бошқарув сигналининг фаза ишорасига ҳамда кийматига асосан частотасини узгартиради.

ФАР тизими кузатиш филтри сифатида ҳам қўлланилади. Қуйида АМ синхрон детекторда АСД кузатиш филтри сифатида ФАР тизимини қўлашдаги структуравий схемаси келтирилган бўлиб АСД да амплитудаси бўйича модуляцияланган сигнал билан тайанч кучланиш сигналлари қўпайтириладилар. Тайанч кучланиш сигнали ФАР тизими ердамида ҳосил қилинади. Ушбу тизим уз ичига фаза детектор ФД паст частотали филтр ПЧФ ростланувчи генератор РГ бунда ФАР тизими тор поласали филтр ролининг уйнаб тизимни киришидаги сигнал ва халакитларни арашмасидан қабул қилинаётган АМ сигнални ташувчи частотасини ажратиб олиш учун хизмат килади. Кузатиш режимида фаза детекторининг чиқишидаги

кучланишни уртача киймати нолга якин булади. Ростланувчи генератор тебранишини фазаси киришдаги сигнални фазасидан 90 градусга фарк килади. Ташувчи тебраниш кучланиши билан таягч кучланишини фазаларини синфазалашда тизимда 90 градусга фаза узгартиргич ишлатилади (14.1-расм).

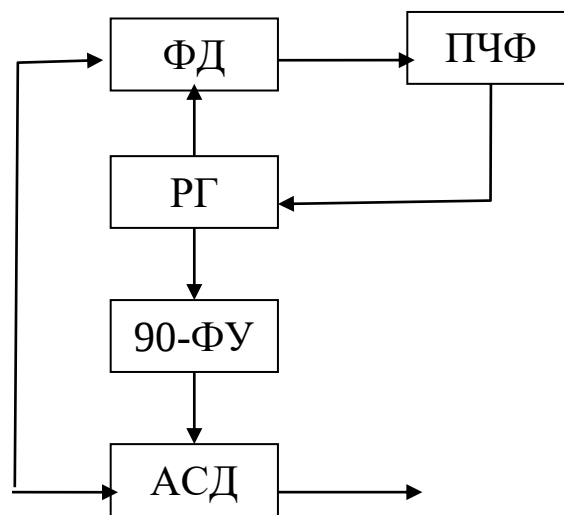
ФД- фаза детектори;

ПЧФ- паст частотали филтер;

РГ- ростланувчи генератор;

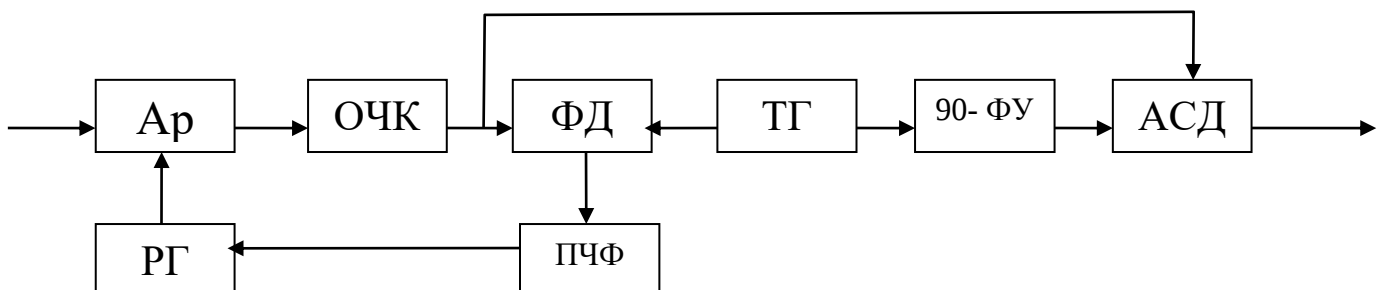
ФУ-0- 90 градусга фаза узгартиргич;

АСД- амплитудавий синхрон детектор.



14.1-расм. ФАР тизимини структуравий схемаси.

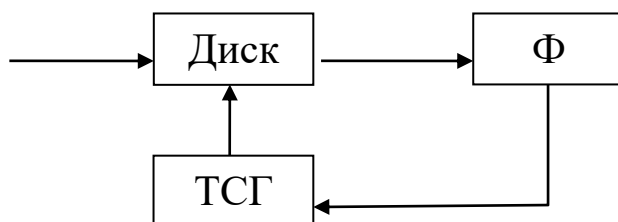
Радиокабул килувчи курилмаларда, оралик частота сигналини стабиллаштиришда таянч гегнератори иштирогида ФАР тизими кулланилади (14.2-расм).



14.2 –расм. ФАР тизими радио қабул қилгичда қўлланилиши.

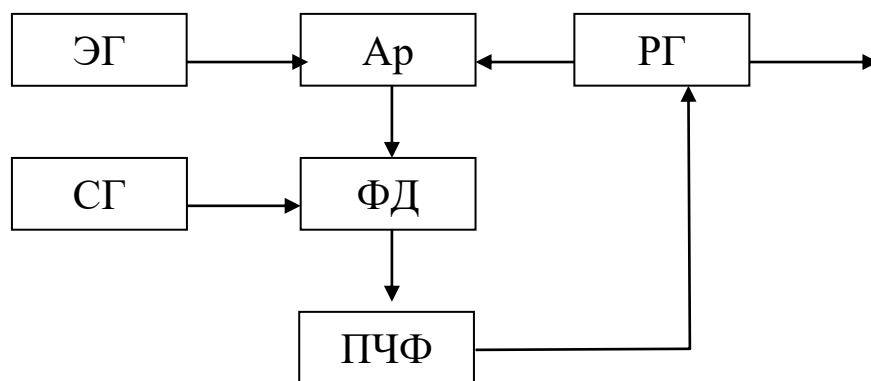
Ушбу тизимда кириш сигнали аралаштиргич курилмаси ердамида оралик частота сигналига узгартирилиб оралик частота кучайтиргичи оркали кучайтирилиб фаза детекторига узатилади. Фаза детектори ОЧК дан қабул килинган сигнал билан таянч кучланиш сигналларини фазалари таккосланади. Фаза буйича хатолик буладиган бўлса, у ҳолда ФД ини чиқишида бошқарилувчи кучланиш шаилланиб, филтр оркали ростланувчи генераторга узатилади РГ қабул қилган сигнал қиймати ва ишорасига асосланиб узини частотасини ҳамда фазасини ростлайди. Қабул қилгичда авторостлагич тизимини қулланилиши, оралик частотани таянч кучланиш сигналига тенглигини доимий ҳолда таъминлаб беради.

Таянч гегнератори иштироғида ФАР тизимини радиоқабул қилувчи курилмада қулланиланилишини структуравий схемаси (14.3-расм).



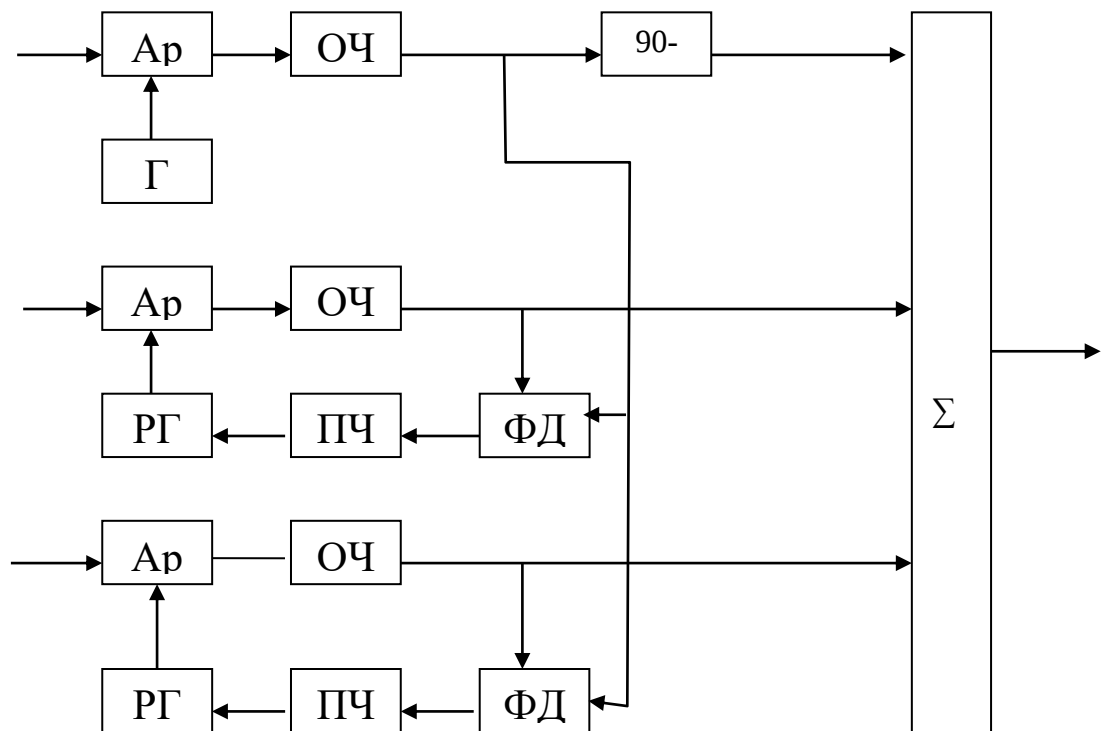
14.3-расм. Таянч гегнератори иштироғида ФАР тизимини радиоқабул қилувчи курилмада қулланиланилишини структуравий схемаси.

ФАР тизими частота буйича қайта ростланувчи юкори стабил тебранишларни ҳам шакиллантиради (14.4-расм). Берилган тизимда эталон генератор ЭГ кучланишининг ва ростланувчи генератор РГ кучланишлари аралаштиргич блоки АР оркали оралик частота сигналига айлантирилади. ФД курилмасига шакилланган оралик частота сигнали билан силжитиш генераторидан ҳосил қилинган сигналлар берилади. Агар берилган сигналлар орасидаги фазалар фарқи, яъни хатолик буладиган бўлса ФД узининг чиқишида бошқарилувчи сигнални шакиллантиради ва ПЧФ оркали ростланувчи генераторга узатади. Ростланувчи генератор қабул қилинган бошқарув сигнали ердамида узини частотасини ростлайди.



14.4-расм. ФАР тизими генератор частотасини стабиллаштиришдаги структуравий схемаси.

Фазалаштирилган антенна панжараларда, панжараларни алохида элементлари ёрдамида қабул килинган сигналларни когерент суммалаштиришда ФАР тизими ҳам ишлатилади. Ушбу тизимнинг структуравий схемаси (14.5-расмда) келтирилган. Бундай суммалаштириш принципи куйидагича амалга оширилади. Антеннани алохида элементлари ёрдамида қабул килинган сигналларни турли ҳар хил фазаларга эга бўлиб, уларни тугридан тугри суммалаштиришда етарли самарадорликни бермайди. Шунинг учун тизимдаги бита канални юқоридагисини таянч канали сифатида олинади. Тизимни киришишидаги сигналлар узларига тегишли бўлган аралаштиргичлар иштироғида оралик частота сигналларига узгартириладилар ва тегишли ОЧК лар ёрдамида кучайтирилиб, фаза детектор қурилмаларига узатиладилар. Натижада ФАР тизимини ишга тушиши муносабати билан фойдали сигналларни фазалари доимий ҳолда ушлаб турилиб таянч кучланиш фазасидан 90 градусга фарк килади.



14.5 –расм. ФАР тизими фазалаштирилган антенна панжараларда қўлланилиши структуравий схемаси.

Вақт бўйича синхронлашнинг зарурияти.

Битта трактдан иккинчисига рақамли ахборотни узатишда синхронлашга зарурият туғилади, ёки узатиш жараёнини бошқариш учун вақт бўйича мослашувликни таъминлаш лозим бўлади. Синхронлаш сигналнинг қандай қиймати узатилганлигини ҳал қилиш учун, келаётган сигнални санаб чиқиш керак бўлган вақт онларини аниқлайди. Қайд қилишнинг оптимал онларини олиш одатда узатилаётган импульсларнинг ўртасига тўғри келади.

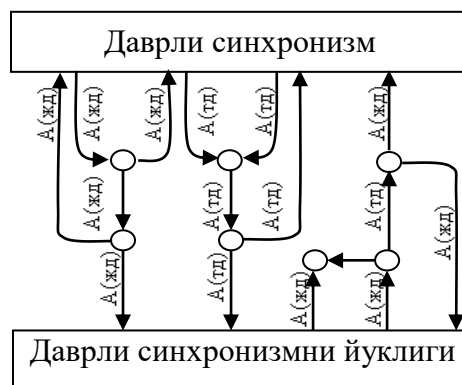
Давр синхронизацияси.

Давр синхронлаш жараёнида вужудга келаётган шароитларга қараб қуйидаги мезонлар ишлатилади. ИКМ – 30 тизими «давр синхронизмидан» чиқиш мезони бу синхросигналга эга бўлган учта даврлар кетма–кетлигидаги давр синхросигналдаги хатоларни топиш ҳисобланади. Даврли синхронлашни тиклаш мезони бўлиб қуйидагилардан сўнг келадиган ҳолат ҳисобланади:

- даврли синхросигнални аниқлаш (n - даврда);
- навбатдаги даврда ($n+1$ - даврда) даврли синхросигналининг мавжуд эмаслигини текшириш;
- навбатдаги даврда ($n+2$ - даврда) даврли синхросигнални топиш.

Икки ёки учта кетма–кет даврдаги даврли синхросигналлар аниқланганда синхронлаш схемаси биринчи қабул қилинган синхросигналдан иккита давр масофада давр синхронлашни излаш жараёнини бошлайди. Синхронлаш схемаси синхросигнални аниқлагандан сўнг уни иккита даврдан кейин топа олмаган ҳолда шундай ҳам ишлайди.

Юқорида келтирилган мезонлар, даврли синхронизмни тиклашга олиб келувчи даврли синхронизация схемаси ишининг ҳар хил вариантларини таърифлаб берувчи графини тушуниш учун билиш зарур. 14.6 – расмда шу граф келтирилган.



14.6 – расм. Даврли синхронизация схемасининг ишлаш графи.

А – даврли синхросигнал;
А – даврли синхросигналнинг йўқлиги;
ЖД – жуфт давр;
ТД – ток давр.

Синхронлашни излашнинг энг қизиқарли ҳолларига қуйидагилар киради:

А,А (ТД), А (ЖД)

А,А (ТД), А (ЖД)

Булардан биринчиси ток даврда (ТД) даврли синхросигнални аниқланганлигини билдиради, яъни у жойлашиши мумкин бўлмаган жойда, шунингдек яна давр синхросигнаolini жуфт даврида (ЖД) топилиши (синхросигнални тўғри жойлашиши).

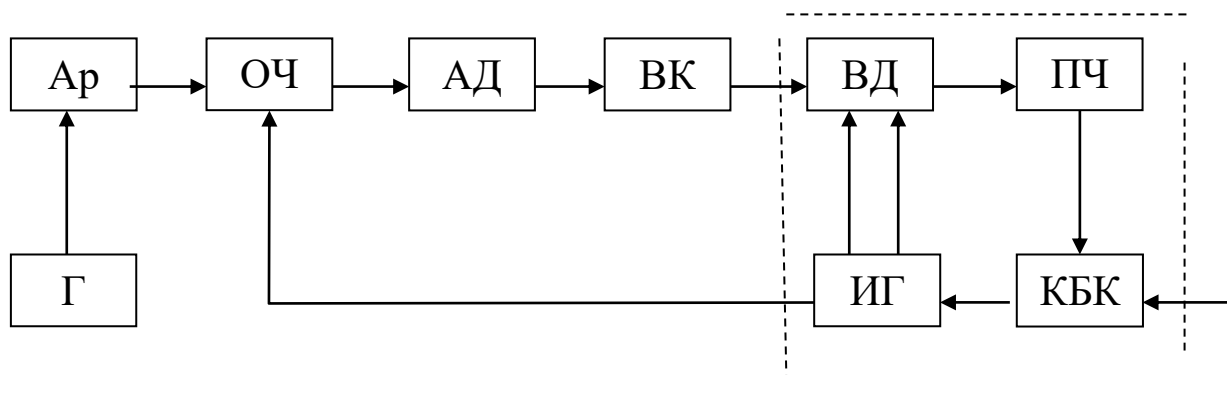
ИКМ– 30 аппаратураси узатувчи ва қабул қилувчи ускунадаги даврли синхронлаш схемасидан ташқари ўта даврли синхронлаш схемаси билан ҳам таъминланган. Ундан ташқари, бу аппаратура маълумотларини узатиш ускунаси билан ҳамкорликда ишлайдиган схемага эга бўлиши мумкин, бу ИКМ – 30 тизими ёрдамида телеахборот сигналларини узатиш имконини беради. Компандерлаш ва аналогли сигналларни рақамига ва рақамлиларни аналоглиларга ўзгартириш масалаларини ечиш бу тизимда ТСК – 24 тизимига нисбатан ўзгачароқ амалга оширилган. Жумладан ИКМ – 30 тизимида линиявий кодловчи ишлатилган, у ҳар бир ТЧ каналнинг дискретли 12 тимсолли рақамли сигналга ўзгартиради, шулардан биринчи тимсол дискрет ишорасини аниқлайди, қолган 11 таси эса максимал катталиқдаги даражалар $2^n = 2048$ билан квантланган амплитудани аниқлайди. Кодланган сигнал рақамли компрессорга келади, у 12 тимсолли комбинацияларни 8 тимсолга ўзгартиради.

Ўхшаш схема бўйича бажарилган қабул қилувчи қисмдаги декадаловчи тескари жараёни амалга оширади, яъни 8 тимсолли кодли комбинацияларни 11 тимсолликларга ўзгартиради.

Кенг полосали сигналлар алоқа тизимида синхронизация.

Даврий импульсли сигналларни, халакитларни фонида ажратиб олишда: импульсли радиоалоқада, радиолокацион қабул қилгичларда ва бошқа қурилмаларда - вақт бўйича жойлашувини кузатувчи тизимлар (масофа бўйича кузатувчи тизимла) қулланиладилар. Бундай тизимларни вақт авто-селекторлари деб аталади (14.7-расм).

Схемадаги қабул қилгич қурилмаси қуйидагилардан ташкил топади: аралаштиргич (Ар), гетеродин (Г), оралик частота кучайтиргичи (ОЧК), амплитуда детектори (АД), видео-кучайтиргич (ВК). Видео-кучайтиргични чиқишида нишонни бурчак ҳолати бўйича ахборот берувчи кучланиш сигналли ҳосил бўлади.



14.7-расм. Вакт авто-селекторининг структуравий схемаси.

Кабул килгичга халакитларни таъсирини камайтириш учун, курилманинг кириши даврий равишда кичик интервал вақт оралигида строб импульс ёрдамида очилади. Ушбу импульслар, импульслар генератори (ИГ) иштирогида шакилланадилар. Вакт авто-селектори уз ичига видео-детектор (ВД), паст частотали фильтр (ПЧФ), ИГ ва кечиктиришни бошқарувчи курилмаларни (КБК) олади.

Назорат саволлари.

1. Синхронизациялаш тизимининг тузилиши ва асосий характеристикалари.
2. Синхронизация тизимининг ишлашини алоқа тизими ишлаш сифатига боғлиқлиги.
3. Фаза синхронизацияси.
4. Такт синхронизацияси.
5. Даврий синхронизация.
6. Даврли синхронизациянинг ўзи нима?
7. Даврли синхронизацияни тиклаш усуллари келтиринг?
8. Даврли синхронизациянинг тимсолларини жойлаштириш усуллари келтиринг?
9. Даврли синхронизацияга қўйилган асосий талабларни келтиринг
10. Кадр синхронизацияси.
11. Кенг полосали сигналлар алоқа тизимида синхронизация.
12. ФАР тизимининг қўлланилиши.

15-МАЪРУЗА.

СУНЪИЙ ЙЎЛДОШ ОРҚАЛИ АЛОҚА ТИЗИМИ ТАРКИБИ ВА ФОЙДАЛАНИШ СОҲАЛАРИ. ЕР СУНЪИЙ ЙЎЛДОШИ ОРБИТАСИ ВА УНИНГ ХИЗМАТ КЎРСАТИШ ХУДУДИ.

РЕЖА:

1. Сунъий йўлдош орқали алоқа тизими таркиби ва фойдаланиш соҳалари.
2. Ер сунъий йўлдоши орбитаси ва унинг хизмат кўрсатиш худуди.

Сунъий йўлдош орқали алоқа тизими таркиби ва фойдаланиш соҳалари.

ТВ, телефон телеграф ва бошқа телекоммуникация каналларини ташкил қилишда Ернинг сунъий йўлдошларидан алоқа воситаси сифатида кенг фойдаланилади.

Йўлдошли алоқа тизимни барпо этишнинг асосий тамойили бўлиб ЕСЙ да ретранслятор жойлаштириш ҳисобланади. Демак, йўлдошли алоқа тизимни ЕСЙ да жойлаштирилган битта оралик станцияли радиорелей линия (РРЛ) касб этади. Радиорелей линиялар (РРЛ) сингари тармоқларни барпо қилиш ғоялар ва тамойиллар йўлдошли алоқа тизимларни яратишда ҳам ишлатилади.

Сигнални ретрансляция қилиш усулларига қараб йўлдошли алоқа тизимлари пассив ва актив турларга бўлинади. Йўлдош бортида аппаратура қўлланилмаса тизим пассив йўлдошли ёки пассив ретрансляцияли алоқа тизим деб аталади. Бу ҳолда Ердан жўнатилган сигналлар ЕСЙ сирти билан кучайтирилмаган ҳолда ёхуд акс эттирилиб орқага қайтарилади. Пассив йўлдошлар сифатида турли хил шаклга эга бўлган махсус қайтаргичлар (сферик баллонлар, кўп қиррали ҳажмга эга бўлган қурилмалар ва бошқалар), ҳамда Ернинг табиий йўлдоши – Ойдан ҳам фойдаланиш мумкин. Ерда жойлашган станция (ЕС) антенналарининг кучайтириш қобилияти етарли ва қабул қилгичининг сезгирлиги юқори даражада бўлган ҳолда мазкур радиоалоқа усул кам канал ўтказувчи тизимларда фойдаланилиши мумкин. Ҳозирги замон техника шароити даражасида шу сингари алоқа тизимларнинг хабар ўтказиш қобилияти 2-3 та телефон каналидан ошмайди.

Йўлдош бортида махсус радио аппаратура ўрнатилган радиоалоқа тизим сигнални актив ретрансляция қилувчи тизим ёки актив йўлдошли тизим деб аталади. Мазкур тизимда борт ретрансляторнинг электр қувват таъминоти ЕСЙ да ўрнатилган қуёш батареяси билан қопланади. Ҳозирги даврда йўлдошли алоқа тизимларда кенг қўлланилувчи актив ретрансляция асосий усул бўлиб ҳисобланади.

Йўлдошли ТВ ва радиоэшиттириш деганда бир ёки бир нечта Ер узатгичлари орқали ТВ сигналларни (товуш билан биргаликда) ҳамда радиоэшиттиришнинг товуш сигналларини ЕСЙ ёрдамида кенг қамровли ҳудудга узатиш тушунилади. Мазкур узатгичлар ТВ ва радиодастурларни тайёрловчи марказлар билан боғланган ҳолда ахборотни махсус ЕСЙ ларга узатади ва улар воситасида Ердаги қабул қилиш қурилмаларга тарқатилади. ЕСЙ дан қабул қилинган теле- ва радиодастурлар турли хил қувватдаги ретрансляторлар, махсус кабель телекўрсатув (СКТВ), жамоа ва хусусий қабул қилиш воситалари ёрдамида абонентларга (телетомошабинлар ва радиотингловчилар) етказилади. Одатда ЕСЙ нинг алоқа хизмат кўрсатиш зонасида турли хил қабул қилувчи ЕС тармоқлари жойлашади. ЕС ва ЕСЙ орасидаги масофа жуда катта бўлганлиги сабабли қабул қилинувчи ТВ ва товуш сигналларининг сифатини юқори даражада таъминлаш мақсадида йўлдошли тизимларда қуйидаги чоралар амалга оширилади:

- 1) ЕС узатгичининг қуввати 5...10 кВт гача оширилади;
- 2) ЕС қабул қилиш-узатиш антенналари янада такомиллаштирилади;
- 3) Кам шовқинли кучайтиргичлар қўлланилади (қабул қилгич киришида аралаштиргичлар);
- 4) Частоталар оғишининг (девиация) кўпайиши ҳисобига ЧМ ли қабул қилиш эффективлиги оширилади.

Йўлдошли алоқа тизимларнинг (ЙАТ) классификацияси ва уларнинг асосий кўрсаткичлари.

Радиотелефонли алоқа ва маълумотларни узатиш хизматларини тақдим этишга мўлжалланган ЙАТ классификацияси асосига қуйидаги хоссалар киритилган:

- Фойдаланилувчи орбиталар тури.

Бу хоссага асосан барча ЙАТ икки синфга бўлинади, яъни геостационар орбитада (GEO) жойлашган, ва геостационар бўлмаган орбиталарда ҳаракатланувчи космик аппаратлар (КА) тизимларига. Ўз навбатида геостационар бўлмаган орбиталар қуйи (LEO), ўрта баландликли (MEO) ва эллиптик орбитали (HEO) турларга бўлинади. Бундан ташқари қуйи орбитали алоқа тизимлар эса тақдим этувчи хизматлар турига қараб бўлинади, яъни little LEO маълумотларни узатиш тизимларга, big LEO радиотелефон тизимларга ва mega LEO (ёки super LEO) кенг полосали алоқа тизимларга тақдим этадиган хизматларнинг турига қараб ажратилади.

- **Тизимнинг хизматга таълуқлиги.** Радиоалоқа Регламентига мувофиқ урта асосий хизматлар мавжуд:
- Қайд этилган (фиксирланган) йўлдошли хизмат (ҚЙХ, рус.ФСС) - бир ёки бир нечта йўлдошлардан фойдаланилган ҳолда алоҳида қайд этилган таянч пунктлардаги Ер станциялари (ЕС) билан ўзаро радиоалоқа хизматлар;
- кўчма (ҳаракатдаги) йўлдошли хизмат - битта ёки бир нечта ЕСЙлар ва ернинг сирти бўйича ҳаракатланувчи ЕС ўртасидаги алоқа хизмат;

- радиоэшиттириш йўлдошли хизмат (РЭЙХ) - йўлдош ретрансляторлар сигналларини аҳоли томонидан бевосита тўғридан тўғри қабул қилиш учун мўлжалланган радиоалоқа хизмати. Бу ерда бевосита қабул қилиш деб нисбатан содда ва арзон қурилмалар воситасида индивидуал, ҳам аммовий қабул қилиш тушунилади.
- **Тизимнинг статуси.** Тизимга юкланган вазифага, мақсадга, хизмат тақдим этиладиган ҳудудни қоплаш даражасига, Ер станцияларнинг жойлаштирилишига ва мансублилигига боғлиқ. ЙАТ статусига боғлиқ равишда халқаро (глобал ва минтақавий), миллий ва муассасага таълуқлилигига қараб бўлинади (7.1- жадвал).

Ер сунъий йўлдоши орбитаси ва унинг хизмат кўрсатиш ҳудуди.

Геостационар. Мавжуд бўлган ЙАТ нинг кўпчилиги ўзларининг йўлдошларини жойлаштиришда кўпроқ афзалликларга эга бўлган геостационар орбиталардан фойдаланадилар. Геостационар орбитанинг асосий афзалликларига унинг глобал зона қўламида алоқани кечаю кундуз узлуксиз таъминлаш имконияти ва Доплер эффекти туфайли ҳосил бўладиган частота силжишнинг амалда бутунлай йўқлиги кирадилар.

Геостационар йўлдошлар экватор ҳудудидан тахминан 36 минг km баландликдаги айлана шаклидаги орбитада жойлашган ҳолда, Ернинг айланиш тезлигида ҳаракатланиб, экваторда жойлашган, ер сиртининг маълум бир нуқтаси устида (йўлдош тагидаги нуқта) гўё «муаллоқ» осилиб туради». Аслида геостационар орбитадаги КА нинг жойланиш ўрнини ўзгармас деб бўлмайди. Орбитанинг деградациясига олиб келувчи айрим факторлар таъсирида йўлдош унча катта бўлмаган «дрейф» оғишга силжйди. Шу сабабли орбита оғишининг ўзгариши бир йилда $0,92^\circ$ га етиши мумкин. Ёнма-ён жойлашган КА лар орасидаги бурчакли тарқокликни белгиловчи асосий параметрларга йўлдош бортидаги ва Ердагиантеналарининг фазовий танловчанлиги, шунингдек КА ни орбитада бир меёрда ушлаб туриш аниқлиги киради.

Таб.15.1 GEO-, MEO- ва LEO-орбиталардаги космик аппаратлардан (КА) фойдаланувчи тизимлар

Кўрсаткич	GEO	MEO	LEO
Орбита баландлиги, km	36 000	5000-15 000	500-2000
Орбита груҳидаги КА сони	3	8-12	48-66
Битта КА нинг Ердагиқоплаш зонаси	34	25-28	3-7

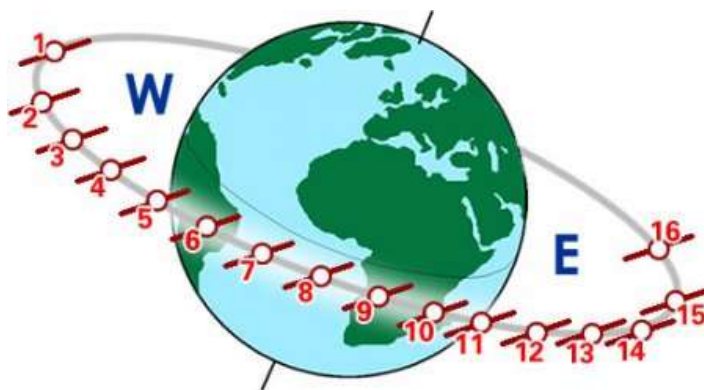
(радиокўриниш бурчаги 50), % Ернинг сиртидан			
КА нинг радиокўриниш зонасида бўлиб туруш вақти (бир суткада)	24 h	1,5-2 h	10-15 мин
Нутқларни узатишда кечикиш вақти, ms			
Минтақавий алоқа	500	80-130	20-70
Глобал алоқа	600	250-400	170-300
Алмашлаб улаш вақти, мин			
Бир йўлдошдан бошқасига	Талаб қилин-майди	50	8-10
Бир нурдан бошқасига	10-15	5-6	1,5-2,0
Нисбий максимал Доплер силжиш	$6 \cdot 10^{-8}$	$66 \cdot 10^{-6}$	$6(1,8-2,4) \cdot 10^{-5}$
КА нинг хизмат кўрсатиш зона чегарасидаги радиокўриниш бурчаги, °	5	15-25	10-15

Йўлдош ва Ер станциянинг бир бирига нисбатан ўзаро кўчиши содир бўлиб турганда ҳам геостационар КА орқали алоқа хизматлар узликсиз таъминланади. Учта геостационар йўлдошдан ташкил топган тизим эса Ер сиртидаги деярли барча ҳудудларни амалда қоплаш имконини таъминлайди. Замоनावий геостационар КА нинг орбитал ресурси юқори даражада етарли бўлиб, тахминан 15 йилни ташкил этади (15.1-жадвал).

Аммо, бундай тизимларда қатор камчиликлар мавжуд бўлиб, уларнинг энг асосийси - сигналнинг кечикишидир. Радио ва телевизион эшиттиришлар учун геостационар орбитали йўлдошлар оптимал ҳисобланади, чунки 250 ms кечикишлар (ҳар бир йўналишда) сигналларнинг сифат тавсифларига таъсир қилмайди. Радиотелефон алоқа тизимлар эса кечикишларга анча сезувчандир. Мазкур тизимлардаги сигналларнинг жами кечикишлар йиғиндиси тахминан 600 ms ташкил қилганлиги (Ер тармоқларида ишлов бериш ва коммутациялашга кетган вақтни ҳисобга олган ҳолда) туфайли хатто акс садони бостирувчи замоनावий техникани қўллаш ҳам юқори сифатли алоқани ҳар доим таъминлаб бера олмайди. Агар ретрансляция Ердагишлюз-станция орқали амалга ошириладиган бўлса («икки марта сакраш») сигнал кечикишлар 20% дан кўпроқ фойдаланувчилар учун қабул қилиб бўлмайдиган сифатни келтириб чиқаради.

Геостационар тизимларнинг архитиктураси ажратилган частоталар полосаларидан такрорий фойдаланиш имкониятларини чеклайди, натижада уларнинг спектрал эффективлиги ҳам чекланади. Геостационар КА нинг камраб олиш зонаси юқори кенгликдаги районларни ($76,5^{\circ}$ ш.к ва ж.к дан юқори) ўз ичига олмайди, яъни, аслида глобал хизмат кўрсатиш кафолатланмайди. Шуни таъкидлаш лозимки, геостационар КА лар шахсий алоқа хизматларни фақат улар томонидан Ернинг сиртида ҳосил қилинувчи хизмат кўрсатиш зонаси қуйиорбитали йўлдошлар томонидан ҳосил қилинган зоналар билан бир хил бўлган тақдирдагина тақдим этиши мумкин.

Йўлдошли алоқанинг жадал рикожланиши, айниқса кейинги ўн йил ичида, шунга олиб келдики, геостационар орбита «тиқилинч, тор» бўлиб қолди ва янги КА жойлаштириш муоммосини келтириб чиқарди. Жорий этилган халқаро нормаларга биноан геостационар КА лар ўртасидаги орбитал тарқоқлик 1° дан кам бўлмаслиги керак. Бу шуни англатадики, орбитада 360 дан кўп бўлмаган йўлдошларни жойлаштириш мумкин. КА ларнинг орбитадаги жойланиш нуқталари орасидаги бурчакли тарқоқликни қисқартиришга келсак, ҳозирги замон техникасининг ривожланиш даражаси ҳолатида ўзаро ҳалақитлар мавжудлиги туфайли амалга ошириш мумкин эмас (15.1 расм). Бу ерда ва кейинчалик қавсларда лойихани амалга ошириш бошланган йил ва бунда қатнашган мамлакатлар сони кўрсатилган.



15.1-расм. GEO орбитасида йўлдошларнинг жойланиши.

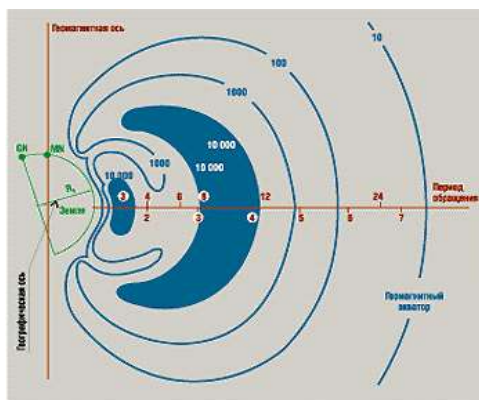
15.2-жадвал.		Халқаро ташкилотларнинг энг катта орбитал гуруҳлари			
Кўрсаткич	Arabsat* (1972, 21)	Eutelsat (1977, 47)	Inmarsat (1979, 79)	Intelsat (1964, 132)	Intersputnik (1971, 26)
Тизим статуси	Минтақавий	Минтақавий	Глобал	Глобал	Глобал
Асосий хизмат кўрсатиш минтақа	Араб мамлакатлари (ғ.у 17° дан ш.у 60° гача)	Европа, Шимолий Африка	Н/п	Н/п	СНГ, Шарқий Европа
Орбитадаги	4 (Arabsat)	5 (Eutelsat-1,	8	25 (Intelsat-	11

КА сони (турлари)	серияси)	-2, -3)	(Inmarsat- 2, -3)	5/5A,- 6,7/7A, - 8/8A)	("Горизонт", "Экспресс")
Геостационар орбитадаги космик аппаратлар жойланишлари Атлантик океан регион.и (AOR)			15,5° Ғ.у., 15,8° Ғ.у., 54,5° Ғ.у.,	1° Ғ.у.18° Ғ.у., 21,3° Ғ.у., 21,5° Ғ.у., 24,5° Ғ.у., 27,5° Ғ.у., 29,5° Ғ.у., 31,4° Ғ.у., 34,5° Ғ.у., 40,5° Ғ.у., 50° Ғ.у., 53° Ғ.у., 55,5°	3° Ғ.у., 6° Ғ.у. 23° Ғ.у.,16° Ғ.у., 32,5° Ғ.у., (эълон қилинган нукталар) + 14° Ғ.у., ("Экспресс")
Хинд океан (IOR) регион.и	20° ш.у., 26° ш.у., 31° ш.у., 31,5° ш.у.,	7,1° ш.у., 10° ш.у., 13° ш.у., 16° ш.у., 21,5° ш.у. ва 48° ш.у. (Sesat).	47° ш.у., 63,7° ш.у.,	33° ш.у., 57° ш.у., 60° ш.у., 62° ш.у., 64° ш.у., 66° ш.у.,	17° ш.у., 27° ш.у., 64,5° ш.у., 67,5° ш.у., (эълон қилинган нукталар) + 80° ш.у. ("Экспресс")
Осиё-Тинч океан (APR) регион.и			63,7° ш.у. , 64,5° ш.у.	72° ш.у. , 157° ш.у. ,	114,5° ш.у. , 153,5°
Тинч океан регион.и			157,2° ш.у. , 178° ш.у.	177° .у, 174° ш.у. 177° ш.у. , 180° ш.у.	
Изоҳ. Н/п – қўллаш мумкин эмас, * бу ерда ва кейинги қавус ичида лоихаларни амалга оширишнинг бошланиш йиллари ва унда иштрок этувчи мамлакатлар кўрсатилган.					

Ўрта баландлик орбитали. Ўрта баландлик орбитадаги йўлдошларни биринчи бўлиб геостационар КА ларни анъанавий ишлаб чиқарувчи компаниялар ишлаб чиқара бошладилар. Ҳаракатдаги абонентларга хизмат кўрсатишда ўрта баландликли тизимлар геостационарлиларга қараганда анча сифатли тавсифларини таъминлайди, чунки абонентнинг «кўриш доирасида» бир вақтнинг ўзида кўп сонли КА лар жойлашган бўлади. Бунинг ҳисобига КА ларнинг минимал бурчакли кўринишларини 25 - 300° гача кўпайтириш имконияти юзага келади.

Масалан, ИСО тизимидаги иккита йўлдошнинг радиокўриниши сутканинг 95 % вақт давомида таъминланади, бунда КА лардан ҳеч бўлмаганда бири 300° кўпроқ бўлган бурчак остида кўринади. Бу эса ўз навбатида яқин бўлган зонадаги (дарахтлар, иморатлар ва бошқа тўсиқлар бўлганда) сигналнинг тарқалиш йўқотишларини компенсациялаш учун керак бўладиган радиолинияларнинг қўшимча энергетика захираларини пасайтириш имконини беради.

Аммо, геостационар бўлмаган орбита гуруҳларга (ОГ) жой танлашда табиий чекланганликни эътиборга олиш лозим. Бунга Ернинг магнит майдони туфайли зарядланган заррачалар тўпламидан ҳосил бўлган камарсимон фазо киради. Ер атрофидаги мазкур фазо Ван- Аллен радиацион «камар»и (пояс) деб аталади (15.2-расм). Юқори даражали радиация зонанинг биринчи барқарор майдони, тахминан 1,5 минг km баландликда бошланади ва бир неча минг километрга чўзилиб, унинг кенглиги экваторнинг ҳар икки томонидан тахминан 300 km ташкил қилади. Биринчи зона сингари юқори радиация интенсивлигига (10 минг импульс бир секундда) эга бўлган иккинчи майдон ҳам 13 дан 19 минг km гача жойлашган бўлиб экваторнинг ҳар иккала томонидан 500 km қамраб олади.



15.2 –расм. Ван-Аллен зоналаридаги радиация даражаси:

GN – географик шимол; MN - магнитли шимол; R/R_з – нисбий масофа,

Бу ерда R_з (Ернинг радиуси) = 6371 km, R - баландлик

Ўрта баландликдаги йўлдошларнинг трассаси Ван- Алленнинг биринчи ва иккинчи зонаси орасидан ўтади, яъни 5 дан 15 минг km гача. Ҳар бир КА нинг хизмат қилиш зонаси геостационарлигига қараганда анча кичикдир, шунинг учун Ер шарининг аҳоли кўп яшайдиган районларини ва кемалар сузувчи акваторияларни бир қаррали глобал қамраш учун 8-12 йўлдошдан ташкил топган ОГ ни тузиш керак бўлади. Ўрта баландликли йўлдошлар орқали алоқада сигналларнинг жами кечикиш вақти 130 ms дан ошмайди, шу туфайли уларни радиотелефон алоқасида фойдаланиш имкони бор.

Шундай қилиб, ўрта баландликли йўлдошлар геостационарлигига нисбатан энергетик кўрсаткичлари билан ютуқларга эришса, Ер станцияларнинг радиокўриниш зоналарида КА ларнинг бор бўлиб туриш вақтининг давомийлиги бўйича ютқазади (1,5 – 2 s).

Шу билан бирга, ўрта баландликли КА нинг орбитал ресурслари геостационарлигига қараганда бир мунча кичикдир. Ўрта баландликли айлана орбитали йўлдошнинг Ер атрофида айланиб чиқиш даври тахминан 6 соатни ташкил этади (10350 km баландликда), шундан бир неча минутгина КА Ернинг кўринмайдиган (соя) томонида бўлади. Бу эса борт тизимининг электртаъминотида қўлланилувчи технологик ечимни бир мунча соддалаштиради ва натижада КА нинг хизмат қилиш муддатини 12-15 йилга етказиш имконини беради.

Ўрта баландликли КА ли тизимлар қуйидаги афзалликлар натижасида абонентларга хизмат қилишнинг GEO-КА га нисбатан яхшироқ тавсифларни таъминлайди. Уларнинг радиокўриниш бурчаклари каттароқ бўлиб, радиокўриниш зонасида жойлашувчи йўлдошлар сони кўпроқдир, ва алоқа сеансни ўтказиш пайтидаги кечикишлар эса 130 ms дан ошмайди.

Ўрта баландликли орбиталардаги тизимлар тузилиши (ICO, Spaceway NGSO «Ростелесат») бир биридан жуда оз фарқ қилади. Бу тизимларнинг барчасида орбитал гуруҳлар тахминан бир хил (10352-10355 km) баландликда бир бирига ўхшаш орбита параметрлар билан ҳосил қилинади (7.1 жадвал).

Қуйи айлана орбиталар. Орбита текислигининг экватор текислигига нисбатан оғиш катталигига қараб қуйи экваториал (қиялик 0°), қутибли (қиялик 90°) ва қияли орбиталар мавжуд. Қуйи оғишли ва қутибли орбитали тизимлар 30 йилдан бери мавжуд ва улар асосан илмий тадқиқотлар мақсади учун, узоқ масофадан зондаш, навигация, метеорологик кузатишлар, Ернинг устки қатламини суратга олишлар учун қўлланилади. Охирги 5 - 7 йил давомида мобиль ва шахсий алоқаларни ташкил қилиш мақсадида бу тизимлардан қўлланила бошланди. Бугунги кунда 700-1500 km баландликдаги қуйи ва қутибли орбиталар, шунингдек 2 минг km баландликдаги экваториял орбиталар жадал ўзлаштирилмоқда.

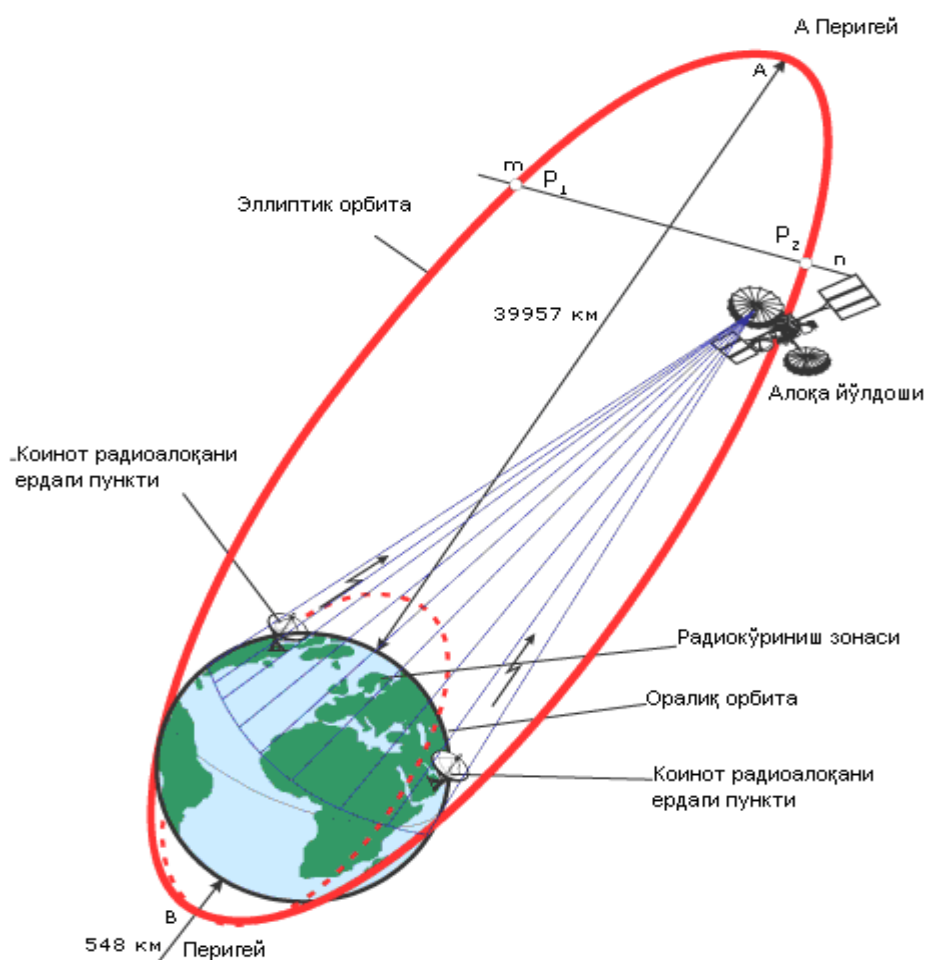
Қуйи орбитадаги йўлдошлар бошқа КА ларга қараганда энергетик характеристикалари бўйича анча катта афзалликка эга, лекин алоқа сеансларининг давомийлиги ва КА ларнинг актив ишлаш муддати бўйича ютқазадилар. Агар йўлдошнинг айланиш вақти 100 min бўлса, унда ўртача ҳисоблаганда умумий вақтнинг 30% да у Ернинг соя томонида бўлади. Бортдаги аккумулятор батареялари бир йилда тахминан 5 минг марта зарядланишлар циклини ўтказишади, бунинг натижасида қоидага асосан уларнинг хизмат қилиш муддати 5-8 йилдан ошмайди.

Қуйи орбитали тизимлар учун баландлик диапозонини 700 km дан 2 минг km оралиғида танлаш бежиз эмас. Бир томондан 700 km дан кам бўлган орбиталарда атмосфера зичлиги нисбатан юқоридир, натижада бу эксцентриситет ўлчамининг тебранишига ва орбитанинг деградациясига (апогей баландлигининг аста секин пасайишига) олиб келди. Бундан ташқари

орбита баландлигининг пасайиши эса тайинланган орбитани сақлаб туриш учун штатли маневрлаш сонини оширишга, натижада йўлдошнинг ёқилғи сарфлашининг ошишига олиб келади. Бошқа томондан Ван-Алленнинг биринчи радиацион зонаси жойлашган 1,5 минг km дан юқори баландликдаги орбиталарда йўлдош электрон аппаратларининг радиация нурланишларидан химоялашда махсус усуллардан фойдаланмасдан туриб, узоқ вақт ишлаши мумкин эмас. Бу усулни қўллаш эса бортдаги аппаратнинг жиддий мураккаблашишига ва КА массасининг ортишига олиб келади.

Аммо, орбита баландлиги қанча паст бўлса, хизмат қилиш муддати шунча кам бўлади, демак глобал қамравни коплаш учун йўлдошларнинг анча кўп сони талаб қилинади. Агар қуйи орбитали тизим узлуксиз хизмат кўрсатиш билан бирга глобал алоқани таъминлаши лозим бўлса, унда орбитал гуруҳ таркибига камида 48 КА киритилган бўлиши лозим. Йўлдошларнинг ушбу орбиталарда айланиш даври 90 минутдан 2 соатгача, КА нинг радиокўриниш зонасида бўлишининг максимал вақт давомийлиги эса 10-15 минутдан ошмайди. (15.1- жадвал).

Эллиптик орбиталар. Эллиптик турдаги орбитани характерловчи асосий параметрларга йўлдошнинг Ер атрофида айланиш даври ва эксцентриситет (орбитанинг эллиптик кўрсаткичи) киради. (15.3-расм.)



15.3-расм.

Хозирги даврда Borealis, Archi-medes, "Молния", "Тундра" (15.3-жадвал) каби катта экцентриситетли эллиптик орбиталарнинг бир неча турлари қўлланилади. Кўрсатиб ўтилган барча орбиталар синхронли хисобланади, яъни бундай орбитага чиқарилган йўлдош Ернинг айланиш тезлиги билан айланади ва айланиш вақти суткага қарралидир.

15.3- жадвал. Эллиптик орбиталар турлари ва уларнинг асосий параметрлари			
Орбита тури	Апогей баландлиги, km	Айланиш даври, h	Бир суткада айланишлар сони
Borealis	7840	3	8
Archimedes	28000	8	3
"Молния"	40000	12	2
"Тундра"	71000	24	1
Барча кўрсатилган турдаги орбиталар перигей баланлиги 500 km ташкил этади.			

Эллиптик орбитадаги йўлдошлар учун характерли томон шундан иборотки, уларнинг тезлиги перигейга қараганда апогейда анча кам бўлади. Демак, айлана орбитали йўлдошга қараганда эллиптик орбитали КА маълум регионнинг кўриниш зонасида анча кўпроқ вақт жойлашиб туриши мумкин.

Масалан, орбитага чиқарилган «Молния» КА (апогей 40 минг km, перигей 460 km, оғиш бурчаги 63,5 °) давомийлиги 8-10 соат бўлган алоқа сеансини таъминлайди, бунинг устига атига учта йўлдошдан ташкил топган тизим кечаю - кундуз глобал алоқани таъминлайди. Анча пастроқ апогейли эллиптик орбиталар, масалан Borealis (апогей 7840 km, перигей 520 km) ёки Archimedes (апогей 26737 km, перигей 1000km) регионал алоқани таъминлаш учун мўлжалланган. Паст апогейли КА лар юқори эллиптик орбиталардаги йўлдошларнинг энергетик характеристикаларига нисбатан ютади, лекин сеанс давомийлиги бўйича уларга ютқазади. Синхронли - қуёшли Borealis орбитасидан фойдаланган холда, кечаю - кундуз узлуксиз алоқани таъминлаш учун камида 8 та КА лар керак бўлади, яъни ҳар икки орбитал текисликда тўрттадан йўлдош жойлаштирилган. Мазкур орбита КА ларининг абонентларга радиокўриниши бурчаги 25° дан кам бўлмаган ҳолатда хизмат кўрсатиш имконини беради.

Шунингдек, эллиптик орбиталарда КА ли тизимлар “табiiй” чекланишлардан холи эмас. КА нинг эллиптик орбитада жойланишининг доимийлиги орбита текислигининг экваторга нисбатан фақат иккита оғиш бурчакларда- 63,4° ва 116,6° таъминланиши мумкин. Бу Ернинг гравитация майдонининг бир жинслимас таъсири билан тушунтирилади, яъни шу сабабли эллиптик орбитанинг катта ўқига қўйилган айлантириш куч моменти йўлдош остидаги апогей нуқта кенглигининг тебранишига олиб

келади. Эллиптик орбиталар параметрларини танлашга таъсир қиладиган бошқа омил, КА нинг орбиталар бўйлаб ҳаракати вақтида Ван-Аллен радиацион зонаси билан кесишиши натижасидаги таъсир хавфини ҳисобга олиш лозимлиги билан боғлиқ.

Йўлдошли алоқа хизматлари. Шунини таъкидлаш лозимки, Радиоалоқа Регламенти асосида киритилган алоқа хизматларни бўлиб тақсимлаш замонавий ЙАТ нинг реал тузилишига тўғри мос келмайди. Алоқани шахсийлаштириш процесси (яъни алоқа воситасини энг охирги фойдаланувчига максимал яқинлаштириш) шундай вазиятга олиб келдики, қайд қилинган (фиксирланган) йўлдошли алоқа (ҚЙА) ва кўчма йўлдошли алоқа (КЙА) ёки ҚЙХ ва радиоэшиттириш йўлдошли хизмат (РЙХ) анъанавий хизматларнинг ўртасидаги тафовут чегаралар аста-секин йўқолиб бора бошлади. Масалан, Ku ёки Ka диапозонида ишловчи узоқ жойлардаги фойдаланувчиларнинг шахсий Ер станциялари ва расмий жиҳатдан ҚЙХ синфига қарашлидир (ҚЙХ учун ажратилган частоталар полосасида ишлаш), лекин ўзининг вазифалари ва бажарадиган функциялари бўйича улар ҳаммасидан кўра ҚЙХ га кўпроқ яқинроқдир. Шунинг учун, шахсий ва кенг полосали алоқа хизматларни тақдим этувчи тизимларни алоҳида кўриб чиқиш лозим бўлади.

Қайд этилган. ҚЙХ (ФСС) тизимлари стационар фойдаланувчилар орасидаги алоқани таъминлаш учун мўлжалланган. Дастлаб улар фақат катта масофадаги магистрал ва минтақавий алоқаларни ташкил қилиш учун ривожландилар. VSAT туридаги терминаллар асосида бундай тизимлар электронли тижорат тармоқларда, банк ахборотлари алмашинувида, улгуржи хўжалик базалар, савдо-сотиқ базалари ва бошқаларда қўлланилади. Бундан ташқари, ҚЙА тизимларида кўпроқ шахсий алоқа ва интерактив ахборот алмашувчи (шунингдек Интернет орқали) ускуналар қўлланилади. ҚЙА тизимлари учун қуйидаги частоталар диапазонлари ажратилган: C(4/6 GHz), Ku (11/14/GHz) ва Ka (20/30 GHz). Ер станциялари ўртасида юқори тезликли каналларни ташкил қилувчи фидер линиялари бўйича алоқалар ҳам ҚЙА турига қарашли деб ҳисобланади. Бу каналлар ҳам худди шу сингари частоталар диапозонида ишлашади.

ҚЙА хизматларини бешта йирик халқаро ташкилотлар ва 50 га яқин минтақавий ва миллий компаниялар тақдим этадилар. Қайд этилган (фиксирланган) алоқаларнинг энг нуфузли тижорат тизимларига Intelsat, Intersputnik, Eutelsat, Arabsat ва Asiasat лар киради. Улар орасида Intelsat халқаро тизими шубҳасиз етакчи ҳисобланади, унинг орбитал гуруҳи хизмат кўрсатиш қўлами бўйича тўртта асосий минтақани қоплайди - Атлантик (AOR), Ҳинд (IOR), Осиё-Тинч океани (ATR) ва Тинч океани (POR). Intelsat тизимининг 30 йиллик фаоллиги давомида йўлдошларнинг 8 та авлоди яратилган, ва уларнинг ҳар бир кейингилари олдингиларига қараганда сезиларли даражада афзалроқдир.

Ҳозирги даврда Intelsat хизматларини энг сўнги тўртинчи авлод йўлдошлари таъминлайди (Intelsat -5, -5, -7/7A, -8 сериялари). Бу КА ларнинг ўтказиш қобилияти 12 дан 35 минг телефон каналларигача, яъни Intelsat

тизимининг 25 та йўлдошлари орқали халқаро телефон трафикнинг тахминан 2/3 қисми узатилади. Ер куъррасидаги сегмент дунёнинг 170 та мамлакатада жойлаштирилган бўлиб 800 та йирик станцияларни ўз ичига олади.

Intersputnik халқаро ташкилот ҳозирги даврда 8 КА даги 30 та ретрансляторларни ижарага олиб, Россиянинг космик сегментида фойдаланади (у "Горизонт" ва "Экспресс" каби КА лардан ташкил топган.). 1999 йилда Европа-Осиё регионига (75° ш.у.), Америкага (83° ш.у.) Европа-Африкага (3° ш.у.) регионларига (қавус ичида КА ларнинг жойланиш нуктаси келтирилган) хизмат кўрсатиш учун янги авлод КА (КМІ- Lockheed Martin Intersputnik) учирилди. Ер шарининг асосий регионларини узлуксиз қоплашни таъминловчи PanAmSat ва Orion йўлдошли тизимлар халқаро тижорат Intelsat ва Intersputnik тизимларига жиддий рақобат ҳосил қилади. Энг йирик регионал тизимлар таркибига Eutelsat (Европа ва шмолий Африка), Arstar, Asiasat, Optus, Palara (Осиё-Тинч океан региони) ва Arabsat (Араб мамлакатлари) киради.

Кучма (ҳаракатдаги) мобил. ҚЙА тизимлар тахминан 30 йил аввал юзага келган. Биринчи глобал мобил радиотелефон алоқа тизими ва геостационар КА Marisat 70-йиллар ўртасида Comsat компанияси томонидан ишлаб чиқарилган, яъни ҚЙА тизимларидан анча кейинроқ. Бунинг сабаблари кўчма ҳаракатланувчи (мобил) объектларга етарли бўлмаган энергия таъминотининг кичиклигидир ва уларнинг ишлатиш шароитларининг жуда нокулайлиги, мураккаблигидир (худуд рельефининг таъсири, антеналар ўлчамларининг чекланганлиги ва бшқ.). Оддий стационар Ер станциялар ишчи радиокўриниш бурчаги 5° бўлганда ҳам барқарор алоқани таъминлайди, ҳаракатланувчи абонентлар учун эса ишончли алоқани фақат бирмунча юқори қийматларда кафолатлаши мумкин. КА лар радиокўринишининг катта бурчакли шароитлари мураккаб рельефли худуднинг яқин зонасида радиотўлқинлар тарқалишидаги тинишлар туфайли ҳосил бўлувчи йўқотишларни компенсацияловчи радиолиниянинг энергетик захирасини пасайтириш имконини беради.

Дастлабки мобил Ер станциялар махсус қўлланишга мўлжалланган тизимлар сифатида ишлаб чиқарилган (денгиз, ҳаво, автомобилда ва темир йўллар учун) ва чекланган миқдордаги фойдаланувчиларга мўлжалланган. Мобил ЙАТ нинг биринчи авлоди тўғри (шаффоф) ретрансляторли геостационар КА лардан фойдаланиб кўрилган эди ва уларнинг ўтказиш қобилияти жуда паст бўлган. Ахборотларни узатиш учун модуляциянинг аналог усулларида фойдаланилган.

ҚЙА қуйи тизимлари асосан Ердагикўчма ҳаракатдаги станцияларнинг ишлашини таъминловчи катта марказий ва таянч станциялар билан радиал ёки радиал-буғунли тузилишга эга бўлган тармоқлар учун ишлаб чиқарилган. Талабга мувофиқ каналларни тақдим этувчи тармоқлардаги оқимлар етарли даражада бўлмагани учун уларда бир ёки кам каналли Ер станциялар қўлланилган. Одатда, бундай тармоқлар узоклаштирилган ва ҳаракатдаги объектлар билан маҳкама ва корпаратив алоқа тармоқларини тузиш, (кемалар, самолетлар, автомобиллар ва бшқ.) давлат тузилмаларида, ҳалокат

районлари ва Ҳавоқулодда ҳодисаларда алоқани ташкил этиш учун мўлжалланган.

КЎХ нинг ривожланишидаги сифатли сакраш фақат нутқ ва маълумотларни узатишда рақамли усулни тадбиқ қилишдан эмас, балки ноеостационар орбиталарда (қуёи айлана ва ўрта баландликдаги) КА лар асосидаги йўлдошли тизимларнинг биринчи лойиҳалари юзага келиши натижасида ҳосил бўлган. Бундай йўлдошларнинг орбиталари Ер сиртига яқин бўлиб, одатдаги Ер станциялар ўрнига арзон кичик ўлчамли терминалларни ва унча катта бўлмаган антеналарни қўллаш имконини беради. Қуёи ва ўрта орбитал гуруҳларни қўллаш фақат геостационар орбиталарнинг ўта юкланганлик муомоларини ечибгина қолмасдан, балки “телефон трубка” терминали ёрдамида фойдаланувчиларни глобал шахсий алоқа билан таъминлаган ҳолда йўлдош тармоқларнинг телекоммуникация хизматлар доирасини ҳам кенгайтиради.

Ҳозирги вақта дунёда қуёи орбитали КА лардан фойдаланувчи 30 дан ортиқ миллий ва халқаро (минтақавий ва глобал) лойиҳалар мавжуд. Globalstar, Iridium, Orbcomm (АҚШ) шунингдек Россиянинг “Гонец” ва “Сигнал” лойиҳалари кўпроқ машҳур ҳисобланади.

Аммо қуёи орбита тизимига ўтишни мобил йўлдошли алоқани ривожлантиришдаги бош йўналиш деб ҳисоблаб бўлмайди. Мазкур тизимларни ривожлантиришда ўрта баландликларни ўзлаштириш ҳам шу сингари муҳим бўлиб қолади. Ва бу ерда ўрта (ICO) эллиптик (Ellipso) орбиталардаги алоқа тизимлар кўпроқ қизиқиш уйғотади. Ҳақиқатда, бундай тизимларнинг барча афзалликларига қарамасдан, геостационар орбиталардаги КА лардан фойдаланувчи традицион тизимлар ўз позицияларидан қайтишга шошмаяптилар, ва бунга далолат бўлиб Inmarsat ва Intelsat лар учун ишлаб чиқарилган янги таклифлардир.

Иккинчи овлод КЎХ тизимининг фарқловчи хусусиятлари қуйидагилардир:

- нутқ ва маълумотларни узатишда рақамли технологияларни қўллаш, алоқа сифатини ва ишонччиликни ошириш, алоқа хизмат доирасини кенгайтириш;
- Ердаги анъанавий кўчма (ҳаракатдаги) мобил алоқа тизимлар билан интеграциялаш (биринчи навбатда - рақамли сотали тизимлар билан);
- ҳаракатдаги йўлдошли радиоалоқа тармоқларининг умумий фойдаланишдаги телефон тармоғи (УФТФ) билан исталган иерархия даражасида мослашувчанлик ва ўзаро таъсири. (маҳаллий, зона ичида, шаҳарлараро);
- турли тоифадаги абонентлик терминналлар турларининг хилма-хиллиги - стационар, портатив, мобиль, хизмат курсатилмайдиган, қабул қилувчи ва ҳ.к..

КЎА тизимлари учун радиоалоқа регламенти томонидан 1 GHz гача частоталар диапазонни, шунингдек L (1,5 /1,6 GHz) ва S (1,9/2,2 ва 2,4/2,5 GHz) диапазонларда частоталар полосаси ажратилган. КЎХ тизимларини ишлаб чиқарувчилар келажакда юқори частотали диапазонлардан КА (20/30

GHz) ва EHF (40-50 GHz) фойдаланишни мўлжалланмоқдалар. Хозирги даврда КЙХ тизимларини ишлаб чиқарувчилар келажакда юқори частотали диапазонлардан КА (20/30 GHz) ва EHF (40-50 GHz) фойдаланишни мўлжалламоқдалар.

Хозирги даврда КЙХ тизимлар узатилувчи ахборот турига қараб радиотелефон алоқа тармоқларига (Inmarsat-A, -B ва -M, AMSC, MSAT, Optus, Aces) ва маълумотларни узатиш тизимларига (Inmarsat-C, Omnitrac, Eutetracs, Prodat) бўлиниши сақланиб қалмоқда. Барча КЙА тизимлар ичидаги энг қудратли орбитал гуруҳ – Атлантик шарқий (AOR-E), Атлантик ғарбий (AOR-W), Хинд (IOR) ва Тинч океанлари (POR) тўртта регионларини қамровчи халқаро Inmarsat тизимига тегишлидир. Уларнинг ҳар бири амалда ишлатилувчи КА лар биттаси хизматидан фойдаланади ва 1-2 та захирадаги йўлдошга эгадир. Inmarsat амалда бутун Ер юзани қоплаш имкониятини таъминлайди, фақат қутб ҳудудлари бундан мустасно.

Inmarsat ни ташкил қилишнинг дастлабки босқичларида Marisat, Marecs ва Intelsat- 5MSC каби бошқа ташкилотлар йўлдошини ижарага олиш йўли билан алоқа амалга оширилган. Хозирги вақтда Inmarsat орбитал гуруҳ олтига Inmarsat йўлдошларидан (тўртта Inmarsat-2, иккита Inmarsat-3 русмли КА) ва эски авлодли (Marisat ва Intelset 5MSC турдаги) бир неча йўлдошлардан ташкил топган.

AMSC ва MSAT (Шимолий Америка региониди хизматларини тақдим этувчи), ACeS ва Optus (Осиё- Тинч океанлар регионларида) радиотелефон алоқа тизимлари Inmarsatга маълум даражада рақобатни келтириб чиқаради. Маълумотларни узатиш тизимлар ичида littleLEO деб номланувчи йўлдошлар асосидаги тармоқлар алоҳида ўринни эгаллайди. Мазкур йўлдошли тармоқ маълумотларни 1,2 дан 9,6 kbit/s гача тезликда узатишга мўлжалланган. Ишлатилувчи частоталар диапазони (1 GHz гача) ва енгил вазнли (50-250 kg) КА лар уларнинг фарқловчи хусусиятлари бўлиб ҳисобланади. Бундан ташқари littleLEO борт аппаратурасига хабарларни етказиш вақти бўйича каттаси талаблар қўйилмаслигидир.

Маълумотларни узатишни амалга ошириш учун бортида электрон “почта кутиси” бўлган битта йўлдош етарлидир. Ер атрофини ҳар бир айланиб чиқишида у глобал қамровни таъминлаган ҳолда Ер шарининг янги ҳудуди устида пайдо бўлади. Аммо бундай хизмат кўрсатишнинг сифати тизимдаги КА лар сони билан аниқланади, маълумотларни электрон почта тартибида узатиш учун 6 тадан 48 тагача КА керак бўлади.

Бу синфдаги тизимлар қуйидаги хусусиятларга эга:

- каналларни талабларга биноан тақдим этиш асосида маълумотлар пакетли режимда (қисқа хабарлар) ёки гуруҳли сўров тартибда узатилади;
- йўналтирилмаган антеннали енгил ва портатив терминалларни қўллаш мумкин;
- вазни енгил бўлганлиги сабабли КА ларни орбитага гуруҳли олиб чиқиш мумкин;
- бошқа тизимларга нисбатан маълумотларни узатиш нархининг пастлиги;

Юкларни ташишда юклаш жойидан то манзилгача тўппа-тўғри назорат қилиб кузатишга, яъни little LEO гуруҳ тизимлари глобал мониторингга мўлжалланган. Мазкур тизимлар кўчма объектларнинг географик жойланиш координаталарини аниқлаши (узоқлик, кенглик, универсал вақт, UTC), атроф - муҳит ҳолати тўғрисидаги маълумотларни тўплашни амалга ошириши, шунингдек ҳаракатдаги объектлар (кема, автомобиль, вагон, самолет) билан алоқани таъминлаши, шу жумладан икки томонлама маълумотлар алмашувини таъминлаши мумкин. Ҳозирги даврда шу сингари орбитал гуруҳларнинг иккита тизими- Orbcomm (АҚШ) ва “Гонец-Д1” (Россия) ишга туширилган.

Йўлдошли радиоэшиттириш хизмат телевизион ва радиоэшитириш дастурларни қабул қилишга мўлжалланган бўлиб, бевосита телевизион эшиттириш (БТЭ), йўлдошли телевизион кўрсатув ва бевосита йўлдошли радиоэшиттиришлар тизимларининг бош хизмати ҳисобланади.

Ҳозирги даврда телерадиоэшиттиришларнинг барча тизимлари геостационар орбитали йўлдошлар асосида қурилади.

Телекоммуникациянинг бу соҳасида тизимга бўлган асосий талаб хизмат кўрсатиладиган ҳудуд кўламини бутунлай қоплашдир. Бу ерда албатта ЙАТ нинг афзаллиги бошқа алоқа воситаларга қараганда юқори даражада намоён бўлади.

Телерадиоэшиттиришни ривожлантиришнинг муҳим йўналишларидан бири фойдаланувчиларнинг индивидуал талабларига мувофиқ телекўрсатувларни трансляция қилиш, шунингдек теледастур намоёиш даврида актив алмашув имконини берувчи интерактив телерадиоэшиттиришдир. Бундай ҳолатда фойдаланувчи абонент ахборотлар эшиттиришининг пассив истеъмолчисидан дастурнинг актив қатнашчисига айланади. Яна битта истиқболли йўналиш - бу компьютерларга (Direct PC) тўғридан-тўғри йўлдошли узатиш бўлиб, радиоканаллар орқали телевизион тасвирларни 30 Mbit/s гача тезликда Интернет ахборотларини 4000 Kbit/s гача тезликда узатиш имконини беради.

Шахсий ва кенг полосали алоқа ҳам геостационар (15.4 жадвал), ҳам яқин орбиталардаги (15.5 жадвал) КА билан кўплаб ЙАТ орқали таъминланади.

big LEO тизимлари глобал масштабда шахсий радиотелефон ва пейджингли алоқани таъминлашга мўлжалланган. Бундай тизимларни ривожлантиришнинг умумий ғойяси йўлдошли радиотелефон ва сотали тармоқнинг турли стандартлари (GSM, AMPS, CDMA, ва бошқалар)ни умумий тармоққа бирлаштириш, шунингдек хизмат кўрсатишнинг максимал тўпламини (маълумотларни, телеканалларни, факсимил қисқа хабарларни узатиш, жойлашган ўрнини аниқлаш ва бошқалар) амалга оширишдир.

15.4-жадвал. Геостационар орбитадаги КА орқали маълумотни ката тезликда узатиш тизимлари

Тизимнинг	КА	Орбиталар позициялари*	Узатиш
-----------	----	------------------------	--------

НОМИ	СОНИ		тезлиги kbit/s
Astrolink	9	29° Ғ.у, 96° .у, 37°ш.у., 114° ш.у., 168° ш.у	М/й
Cyberstar	3	110° Ғ.у, 25,5° ш.у., 105,5° ш.у	384 - 3088
GE*Star	9	106° Ғ.у, 82° з.д, 16° ш.у, 38° ш.у., 108° ш.у	384
Millenium	4	86° Ғ.у, 88° .у, 103° Ғ.у, 105° Ғ.у	384 - 1500
MoningStar	4	69,5° Ғ.у, 148° Ғ.у, 30° ш.у., 107,4° ш.у.,	М/й
Spaceway GEO	8	117° Ғ.у, 69° Ғ.у, 26,2° Ғ.у, 99° ш.у.	384 - 6000
VoiceSpan	12	(2) 93° Ғ.у, (1) 54° Ғ.у, (2) 42° ш.у., (2) 1° .у, (2) 92° ш.у., (2) 116° ш.у.	32 - 1500
Изоҳ. М/й – маълумот йўқ, * қавус ичида КА сони кўрсатилган.			

15.5-жадвал. Радиотелефон ва кенг полосали алоқанинг МЕО- ва LEO-тизимлари (частоталар диапазони 1 GHz дан юқори)					
Тизимнинг номи	КА сони		Баландлик, km	Қияланиш, °	Тизимнинг статуси
	Асосийлар	Захирадагилар			
ECCO	22 35	2 7	2000	0 62	Регионал
Ellipso	8 6	2 1	520/7840 8000	116,5 0	Регионал
Globalstar	48	8	1414	52	Глобал
ICO	10	2	10355	45	Регионал
Iridium	66	6	780	86	Глобал
Skybridge	64	М/й	1457	55	Глобал
Spaceway NGSO	20	М/й	10352	55	Глобал
Teledesic	288	36	1400	98,2	Глобал
"Ростелесат-	24	М/й	10360	82	Глобал

В"					
"Ростелесат-Н"	70	М/й	700	82	Глобал
"Сигнал"	48	М/й	1500	74	Глобал
Изох. М/й – маълумот йўк					

Бу тармоқлар абонентларига хизмат кўрсатиш 48-66 та йўлдошдан ташкил топган тузатиловчи орбитал гуруҳдан фойдаланиш эвазига эришилган реал вақт масштабида амалга оширилади. Абонентлар билан алоқа учун Л-ва С- частоталар диапазонлари қўлланилади. Йўлдошлар оғирлиги 300-700 kg ни ташкил қилади. КА стволининг реал ўтказиш қобилияти, қоидага асосан, КА га нисбатан 1200 та эквивалент телефон каналларидан ортмайди (эквивалент телефон каналларининг ўтказиш қобилияти 2,4 kbit/s) big LEO тизимларига Iridium ва Globalstar тармоқлари киради.

Ўрта баландликдаги орбиталлардаги (МЕО) КА ли тизимлар bigLEO синфи тармоқларининг асосий рақобатчиларидан бири ҳисобланади. Улар бир хил хизмат кўрсатиш бозори глобал радиотелефонли ва пейджингли алоқаларга мўлжалланган. Аммо, глобал алоқани таъминлаш учун bigLEO тизимларида йўлдошлараро Ердагибириктирувчи станциялар (Глобалстар)дан 150-210 таси керак бўлса, МЕО тизимларида эса 10-12 та станция етарлидир. Ушбу синф тизимларининг ўтказиш қобилияти 2,4 kbit/s узатиш тезлигидаги 9-4,5минг телефон каналларига эквивалент бўлиб, бу маълум куйнербитали тизимларга қараганда юқоридир.

КЕО-, МЕО- ва GEO- орбиталарни қўлланувчи кенг полосали алоқа тизимлари юқори сифатли сўзлашув (нутқларни, юқори тезликдаги маълумотларни оқимини, мультимедияли ахборотларни узатишга, интернетга киришни, шунингдек КЙХ тизимлари абонентлари учун ҳозирча эришилмаган хизмат кўрсатишнинг бошқа турларини амалга оширишга мўлжалланган.

Кенг полосали тармоқларнинг кўрсатадигон асосий хизмати интерактив тартибда маълумотлар билан алмашув ҳисобланади. Башорот қилишича, 10-15 йиллардан кейин кенгполосали алоқа воситалари бозори амалдаги торполосали алоқа воситалари бозори сингари катта масштабда бўлади. Бундан ташқари, ЙАТ га қўллаш учун мўлжалланган тавсифлар тўғрисида ўйлаб кўрилганда, улар бу бозор талабининг 20-30 % ни қондириши мумкин. Аммо амалдаги ЙАТ бозор талабини ҳеч бўлмаса минимал даражада таъминлаш учун етарли бўлган ўтказиш қобилиятига эга эмас.

Кенг полосали алоқа тизимлари учун хизмат кўрсатишнинг икки тури кўпроқ характерлидир- шахсий алоқа ва турли вазифалардаги тармоқларда (транкинг ёки сотали) кенг полосали магистрларни тузиш . хизмат

кўрсатишнинг биринчи тури реал вақт тартибида талабга асосан рақамлар билан таъминлаш орқали алоқани амалга оширади (band widthon-demand) , бунда ахборотларни узатиш тезлиги 2-10 Mbit/s гача етади.

Хизмат кўрсатишнинг иккинчи турига синхрон рақамли босқичма-босқичлик (SDN) тармоқлари учун характерли бўлган катта тезликдаги ахборотлар оқимини (155.52 Mbit/s) узатиш киради. Албатта гап толали оптик каналларни алмаштириш тўғрисида кетаётгани йўқ , балки фақат уларнинг узоқда жойлашган фойдаланувчилар билан алоқасини кенгайтириш ва айниқса , етиш қийин булган районларда “ охирги мил ” муаммоларини ечиш тўғрисидадир. Маълумотларни юқори тезликда узатишни амалга ошириш КА фойдаланувчи тизимларда ҳам геостационар орбитада , ҳам урта баландликдаги орбитада кўзда тутилмоқда.

Назорат саволлари.

1. Сунъий йўлдош орқали алоқа тизими таркиби ва фойдаланиш соҳалари.
2. Ер сунъий йўлдоши орбитаси ва унинг хизмат кўрсатиш худуди.
3. Йўлдошли алоқа тизимларнинг (ЙАТ) классификацияси ва уларнинг асосий кўрсаткичлари.
4. Фойдаланилувчи орбиталар тури.
5. Геостационар.
6. Қуйи айлана орбиталар.
7. Эллиптик орбиталар.
8. Йўлдошли алоқа хизматлари.

16-МАЪРУЗА.

АЛОҚА ТИЗИМИГА КЎП СТАНЦИЯЛАР ОРҚАЛИ КИРИШ ВА СИГНАЛЛАРНИ АЖРАТИШ УСУЛЛАРИ.

РЕЖА:

1. Йўлдошли алоқа тизимларида кўп станцияли фойдаланиш.
2. Каналларни вақт бўйича ажратиш билан кўп станцияли фойдаланиш (TDMA).
3. ЕСЙ алоқа тизимларидаги борт ва ердаги аппаратлар.
4. Регенератив ретрансляторлар.

Йўлдошли алоқа тизимларида кўп станцияли фойдаланиш.

Кўп станцияли фойдаланиш – бу ердаги кўп сонли станцияларнинг йўлдошли ретранслятор орқали бир вақтнинг ўзида баравар ишлашидир. У шундай алоқа тармоғини тузишнинг имконини берадики, бунда ҳам магистрал алоқа тармоғини ҳам тузишни ташкил қилиш мумкин. Магистрал тармоқда марказ билан ҳам битта ва кўп каналли алоқа тизими ўрнатиш мумкин. Умумий ҳолатда бу масаланинг ечими ТЛФ алоқа тармоқлари масалалари ечимига ўхшаш, яъни абонент тармоққа эркин ва мустақил кириш имконига эга бўлиб, номер териш ёрдамида боғланишни бошқаради.

Ердаги тармоқлар каби, ЙАТ фойдаланиш усулининг ҳар хил турларини қўллайдилар ва уларни учта гуруҳга бўлиш мумкин. Биринчи иккитаси кўп станцияли киришнинг классик усуллари бўлиб, каналларни частотали (FDMA) ва вақтинча (TDMA) бўлишдир. Учинчи гуруҳга эса каналларни кодли бўлиш (CDMA) технологиясига асосланган усуллар киради.

Кўп станцияли фойдаланиш тизимларига қўйиладиган асосий талаблар:

1. Ретранслятор қувватидан самарали фойдаланиш.
2. Ретранслятор частота поласаларидан максимал имкониятда фойдаланиш.
3. Ўтувчи ҳолатларнинг йўл қўйилган даражаси.
4. Каналларни қайтадан тарқатиш ваиктисодий омилларини ҳисобга олган ҳолда тармоқни бошқаришга мослашганлиги. Мослашувчанликни таъминлаш учун мустаҳкамланмаган каналлар билан ишлаш таъминлаш мақсадга мувофиқдир. Бундай каналлар абонентларнинг талаблари бўйича ердаги станцияларнинг хоҳлаган жуфтликга боғлаш учун вақтинча ташкил қилинади. Табиийки бу қурилманинг мураккаблашишига олиб келади.

Гуруҳли хабарлар кўп адресли ва бир адресли тузилишда бўлиши мумкин. Кўп адресли тузилишда ердаги ҳар бир n станция қолган $n-1$ станцияларга мўлжалланган ҳамма хабарни битта ствол узатади. Қабул

қилишда бу станциялар гуруҳли сигналдан “ўзининг” хабарларини ажратади. Бундай тузилиш ҳар бир станцияда n-1 қабул қилиш қурилмаси комплектни талаб қилади. Бир адресли узатиш тизимида ҳар бир станция ретрансляторнинг ҳар бир алоҳида станцияга мўлжалланган n-1 станцияда “ўзининг” каналини эгаллайди. Қабул қилишда бундай станциянинг барча сигналлари бир томонда жойлашади, бу эса қабул қилувчи ускунанинг хажмини сезиларли кичрайтиради. Аммо бунда узатувчи ускуна сезиларли мураккаблашади.

Каналларнинг аралаш ҳолатларида ретрансляторда кўп адресли тузилишни бир адресли тузилишга ўзгартириш амалга ошади.

Геоқўчмас КА асосидаги тизимларда FDMA тез-тез қўлланилади, бунда ҳар бир каналнинг частотали спектори маълум кенгликдаги қисмлар (участка) га бўлинган. Тизим ичидаги ҳалақитлардан ҳимоя қилиш учун берилган аниқликда ёнма-ён каналлар частоталари чегарасини таъминловчи каналлараро интерваллар мўлжалланган. Алоқа линиясининг етарли даражадаги юқори энергетик кўрсаткичли тармоқларида FDMA дан фойдаланиш кам қувват истеъмол қилувчи оддий абонент ускунасини қуриш имконини беради.

Бу усулнинг камчилиги алоқа каналларида ўтказиш қобилиятининг пастлигидир. Бундан ташқари доплерли силжиш оқибатидаги частотали ноаниқлик ўлчами ҳимоя интервалини оширишни талаб қилади, бу эса айниқса қуйи орбитали КАда фойдаланганда сезиларли даражадаги энергетик йўқотишга олиб келади.

Каналларни вақт бўйича ажратиш билан кўп станцияли фойдаланиш (TDMA).

Iridium, Orbcomm, ICO, "Гонец" ва бошқа тизимларда қўлланилади. Алоқа линиясининг юқори даражада ўтказиш қобилияти TDMA усулининг тарқоқ қабул қилишда каналларнинг фазовий бўлишишларига мос келиши билан таъминланади, замонавий техника эса ҳар бир КА га бир вақтнинг ўзида 100 та ва ундан кўпроқ тор нурларни ҳосил қилишга имкон беради. Шунини таъкидлаш лозимки, вақт ўтиши билан текшириб кўрилган FDMA ва TDMA технологияларини CDMA га қараганда БРТК да амалга ошириш анча қулайроқ, шунинг учун ретрансляторлар бир мунча арзонроқдир.

CDMA технологиясининг абонентлик ускуналари қувватининг юқори эмаслиги ва узатиш қувватини тартибга солиш динамикасига бўлган талабларнинг нисбатан пастлиги, уни “телефон трубкаси” туридаги терминаллардан фойдаланувчи ҳаракатда шахсий радиоалоқани ташкил этиш учун кўпроқ жалб қилади. CDMA нинг асосий афзалликларидан бири – абонентни бир йўлдошдан бошқасига “ўтказишда” қайта уланишнинг “юмшоқлигидир”. CDMA сотали тарқоқ қабул қилиш (ахборотларни қабул қилиш ҳар хил КА орқали қўшиш билан ёки қабул қилинаётган сигналдан

сифатлисини автоматик танлаш билан амалга оширилади) ни таъминлаш учун ҳам яроқлидир, масалан бу Globalstar тизим томонидан қўллаб қувватланади.

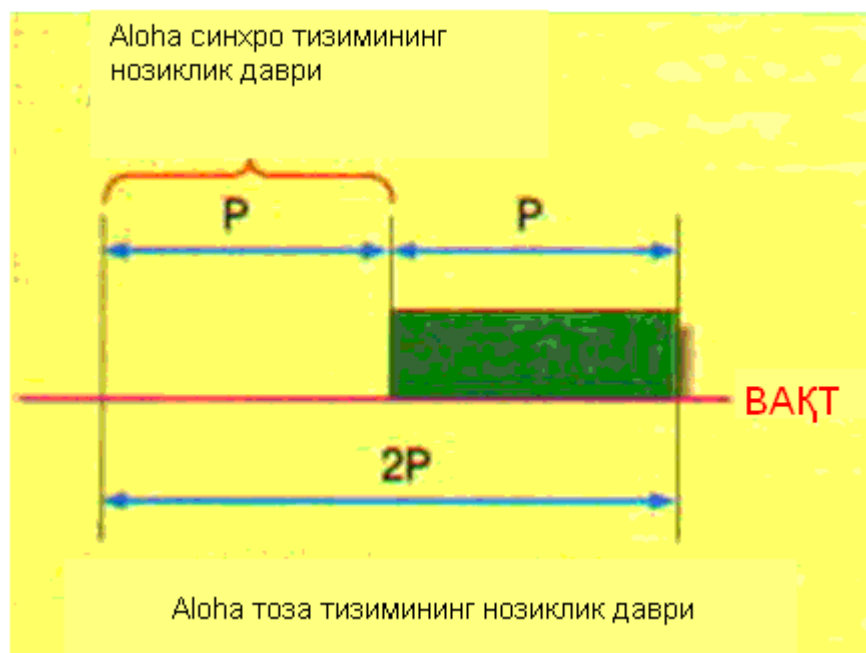
CDMA технологияси мувоффақиятли синаб кўрилган биринчи тижорат, бу юкларни ташиш назоратини таъминловчи Omnitracs тизимидир. Бу технологиянинг кейинги ривожланишлари американинг Global star , Star sys , Ellipse тизимларида , шунингдек SAT-CDMA (жанубий корея) , SW-CDMA ва SW-CTDMA (ESA) каби учинчи авлод тизимлари лойиҳаларида амалга ошди.

Маълумки, каналларни бўлишни техник амалга ошириш йўлдош бортидагига ердаги станцияларга нисбатан арзонроқ бўлади, шунинг учун CDMA технологиясига асосланган тизимларда қоидага кўра шаффоф ретранслятордан фойдаланиш кўзда тутилган.

Aloha тизими. Кўплаб кўринишли Aloha протоколи 1970 йилларнинг бошларида Гавай университетиде ишлаб чиқарилади. Бу тизимда умумий йўлдошли каналда пакетларни узатишдан фойдаланади. Хоҳлаган пайтда ҳар бир ЕС фақат битта пакет узатиш мумкин. Аммо бундай ҳолатда бир вақтнинг ўзида иккита ЕС ретрансляторга пакетларни узатиш мумкин , бу эса қарама қарши тўқнашувларни юзага келтириши мумкин. Натижада ,ечими талаб қиладиган вазият юзага келади.

“Aloha тоза тизим” деган ном билан машҳур Aloha нинг биринчи вариантыга мувофиқ , ЕС хоҳлаган пайтда узатишни бошлаши мумкин. Агар хабар тарқатилгандан кейин маълум бир вақтдан сўнг у “ижобий квитанция” (узатиш мувоффақиятли ўтади) олса, низоли вазиятни четлаб ўтади. Тесқари ҳолатда ЕС қарама-қарши тўқнашувлар (қоплаш амалга оширилди ёки бошқа шовқин манбаи юзага келди) юзага келишини билишади ва узатишни такрорлашади (яъни салбий квитанция олинади). Агар ЕС эшитишдан сўнг узатишни дарров такрорласа яна низоли вазиятга тушиб қолиши мумкин. Низони ечишда қайта узатишда тасодифий кечикишларни киритиш ва низога киришган пакетларни вақт бўйича тарқатиш учун муайян муоалажа керак бўлади.

Aloha тизимининг иккинчи варианты бўйича вақт бўлақларга бўлинади, (окно) дарча узунлиги битта пакетни узатиш узунлигига тенг (ҳамма пакетлар бир хил узунликка эга деб ҳисобланади). Агар пакетларни узатишни фақат дарчанинг бошида бошланиши таълаб қилинса (вақт йўлдошга боғланади) , унда йўлдошли каналдан самарали фойдаланишда икки баравар ютуқа эришиш мумкин , чунки бунда қоплам (положения) битта дарча узунлиги билан чегараланади (Aloha тоза тизимида иккита). Бундай узатиш Aloha нинг синхронли тизими деб аталади (16.1 расм) .



16.1-расм. Aloha тизимининг заифлик даври.

Учинчи вариантга асосан ЕС талабига кўра вақтинчалик дарчалар захираланади.

Aloha тизимида катта интенсив вазифали ЕСлар учун устунлик ҳам кўзда тутилган.

ЕСЙ алоқа тизимларидаги борт ва ердаги аппаратлар.

Бортли ретранслятор комплекс (БРТК)нинг тузилиши унинг вазифаси, ёки майдонни қамраш масштаби (глобал ёки минтақавий алоқа) билан КА бортида ахборотларни қайта ишлаш усули, ретранслятор каналлар сони (қабул қилувчи, узатувчи ёки қабул-қилиб узатувчи), ахборот алмашув тезлиги, шунингдек танланган техник ечимлар ва фойдаланиладиган технологиялар билан аниқланади. БТРК таркибига фақат абонент ретрансляторлари (“истеъмол” турларини ташкил қилишга мўлжалланган), балки фидерли ёки йўлдошлараро линия (хизмат алоқаси) ретрансляторлари ҳам киради.

Ретранслятор ўзининг хизмати ва бажарадиган вазифаларига қараб учта турга бўлинади: шаффов, регенератив ва комбинацияланган.

Шаффоф ретрансляторлар (bent pipe) кирувчи сигналларни бортда ишлов бермасдан қабул қилиш ва қайта ўзгартиришни таъминлайди. Шу билан бирга, шаффоф деб номланувди, лекин ўзининг таркибида каналларни коммутациялаш учун битта ёки бир нечта каналли процессорлар ёки юқори частотали тўлиқ киришли матрицалари бўлган ретрансляторлар ҳам мавжуд. Шунинг учун ретрансляторнинг шаффоф ва регенератив турлари ўртасига чегара қўйиш деярли мумкин эмас.

Бортда сигналларга ишлов берувчи (OBP, On Board Processing) ретрансляторлар сифатидан регенератив ретрансляторларнинг ишлаш тамойили демодуляциялашга асосланган, яъни сигналларнинг бир частотада қабул қилиш, уларни демодуляциялаш ва янгидан модуляциялашдир. Бундай ретрансляторни қўллаш каналларни ташкил қилишда катта мослашувчанликни ва турли хил протоколлардан фойдаланиб терминалларни тезкор боғлашни таъминланган ҳолда бир вақтнинг ўзида кўп сонли терминалларга хизмат кўрсатиш имконини беради. Комбинатцияланган ретрансляторларда фақат айрим сигналлар (ҳамма каналларнинг маълум бир қисми) га ишлов берилади масалан, берилган ташувчи частоталарга мос келади.

Шаффоф ретрансляторлар. Узатишда кенг поласали ва тор поласали сигналлар (Intelsat, Eutelsat ва бошқа)дан тижорат фойдаланувчи ретрансляторларнинг кўпчилиги орқали, ташкил қилишнинг ишлов бермасдан (bent pipe – “тўғри туйник”) ананавий, кўпроқ содда ва кенг тарқалган схемаси бўйича қурилади. Ҳар бир ретрансляторга битта ёки ҳар хил антеналарга уланган бир нечта қабул қилувчи узатувчи аппаратуралар комплекти ўрнатилиши мумкин. Йўлдошли алоқанинг алоҳида қабул қилувчи – узатувчи канали ствол ёки транспондер (transponder) деб аталади.

Замонавий геостационар (геостационар) космик алоқа комплексларда стволлар сони 50 гача ёки ундан ҳам кўп бўлиши мумкин, шунинг учун ретранслятор юқори даражада ўтказиш имконини яратиб беради. 16.1 жадвалда мисол тариқасида гео кўчмас КАлар учун ретрансляцион мажмуаларнинг асосий кўрсаткичлари келтирилган.

16.1-жадвал. GEO-КА ретрансляцион комплексларнинг асосий кўрсаткичлари							
Тизим	КА нинг учирилган вақти	Часто та диапазони	Стволлар сонини **	Қувват, Вт	Частота полосаси, МГц, ***	ЭИИМ, dBW	G/T, dB/K
Koreasat-2 (Южная Корея)	14 январ 1996	Ku	12 (4)	14	36	50,2	13,5
MSAT 1 (Канада)	20 апрел 1996	L; Ku	16 (4); 1 (2)	38; 100	29	57; 37	-4; + 2,3
Telecom 2D (Франция)	8 август 1996	C; X; Ku	10; 5 (3); 11 (4)	11; 20 или 40; 55	50 (6) + 92 (4); 40 (3) + 60 или 80; 36	32,5; 40; 52,5	-12; М/й; 7,5
Arabsat 2 (Саудия Аравия)	13 ноябр 1996	C; Ku	14 (6); 8 (4); 12	15; 57,6; 93-96	36 (12) + 54 (2); 36; 36 (8) + 30 (4)	35; 41; 47	-6; -6; 0
Mabuhay 1 (Филиппин)	10 август 1997	C; Ku	24 + 6; 24	27; 110	36; 36;	35; 55	М/й
Apstar 2R (Гонконг)	16 октябр 1997	C; Ku	28 (8); 16	60; 110	30 (1) + 36 (27); 36 (1) + 54 (15)	39; 53/56	-0,4; 7,4
Galaxy 8i (АҚШ)	8 декабр 1997	C; Ku	24; 32	16; 115	36; 27	М/й	М/й
Inmarsat 3F5 (Inmarsat)	4 феврал 1998	L; C	1 (ГЛ) + 5 (УЛ); 2	12	29 (ПК) + 39 (ОК)	40,5 (ГЛ) + 47,4 (УЛ)	-9,8 (ГЛ); - 4,8

							(УЛ)
Nilesat 1 (Миср)	28 апрел 1998	Ku	12 (6)	105	33	50,3	М/й
Chinastar 1 (Хитой) *	30 май 1998	C; Ku	18 (6); 20 (10)	45; 85/115	36 (12) + 72 (6); 36 (16) + 72 (4)	41; 52/54	1; 5
Intelsat 805 (Intelsat.)	18 июн 1998	C; Ku	26	34,5; 45	36; 72	26-29	-12; - 8,5
Eutelsat 3F2 (Европа)	5 октябр 1998	Ku	34	90	36 (21) + 72 (13)	50	М/й
GE 5 (АҚШ)	28 октябр 1998	Ku	6	55	54	47	М/й
Morelos 3 (Мексика)	6 декабр 1998	C; Ku	24; 24	36; 110	36; 36	38; 46/49	-3,0; 1,5
Brasilsat B3 (Бразилия)	4 феврал 1999	C	28	18	36	38	-2,5
Jcsat 6 (Япония)	16 феврал 1999	Ku	32	60	27 (16) + 36 (16)	м/й	м/й

Изох. * Йўлдошнинг бошқа номи Zhongwei 1; **кавус ичида захирадаги стволлар сони кўрсатилган; *** кавус ичида бир нечта, ҳар хил кенгликдаги ўтказиш полосаларда ҳар турдаги стволлар сони кўрсатилган; ГЛ – глобал нур, ПК - тўғри канал, ОК –тескари канал, УЛ – тор нур, М/й – маълумот йўқ; К/т – қўллаш тақиқланади.

Шаффоф ретрансляторларнинг асосий авзалликлари аппаратларининг ишлаши соддалиги ҳисобланади, чунки уларда оралиқ частотада демодуляциясиз, каналларни филтрламасдан сигналларни фақат гуруҳли қайта тузиш амалга оширилади. Лекин уларнинг бир қатор камчиликлари ҳам мавжуд. Гап шундаки, ердаги бир неча станцияларнинг ишлашда частоталарнинг кенг полосасида албатта чизиксиз эффектлар юзага келади, бу эса кучсиз сигналнинг кучли сигнал томонидан босилишга, шунингдек паразитли амплитудали модуляциялашнинг ўзгариши интер модуляцион ҳалақитга олиб келади.

Чизиксиз эффектларнинг катталигини камайтириш учун шаффоф ретрансляторларда квази чизикли тартибда ишлатиладиган узатгичлар қўлланилади. Шу билан бирга бу чора ҳамма вақт ҳам етарсиз ҳисобланмайди, чунки ишчи полосада ҳатто биттагина кучли “ҳалақит берувчи” сигналнинг пайдо бўлиши ретранслятор аппаратининг бутунлай ишламаслигига олиб келиши мумкин.

Бундай вазиятдан стволнинг ялпи полосасини парциал каналлар қаторига бўлиш билан чиқиш мумкин. “Ташувчига бир канал ” (SCPS , Single Cannel Per Carrier) деб ном олган. Ушбу усул ердаги станциялар ўртасида трафикни тезкор қайта тарқатиш имконини бериш туфайли VSAT тармоқларидан кенг қўлланилади.

Санаб ўтилган камчиликларга қарамасдан, bent-pipe туридаги ретранслятор КА ли замонавий алоқа тизимларида фақат геостационар орбиталардаги эмас, балки бошқа орбиталарда ҳам қўлланилади, чунки уларни амалга ошириш содда ҳисобланади.

SCPS ли шаффоф ретрансляторларни яратишдаги янги техник ечим уларда қувватни кам йўқотишни таъминловчи PIN – диодли переключателни

ва ЎЮЧ асосида интеграл схемалар билан бажарилган юқори частотали коммутирловчи матрицияларни қўллаш ҳисобланади. Бундай коммутатор ишни бошқариш борт процессори ёрдамида, захиралаш эса матрицага қўшимча қаторлар ва устунлар киритиш ҳисобига амалга оширилади.

Комбинацияланган ретранслятор. Битта канал процессорли ретрансляторда қабул қилинган сигнал қабул қилгичнинг чиқишида N каналларга бўлинади ва уларнинг ҳар бирида сигнални шаффоф ўзгартириш амалга оширилади. Бундай БРТК нинг “мутлақо” шаффоф ретранслятордан фарқи шундаки, битта ёки бир нечта каналларда процессор ўрнатилади. Бу ечимнинг асосий афзалликларидан бири саналиб, бу мавжуд шаффоф ретрансляторларни комбинациялаганга содда модернизация қилишдир, чунки сигналларга ишлов берганда, каналлар оддий стволга жойлаштирилади. Бундан ташқари турли узатиш тезликдаги, турли хил кодлаштириш алгоритм каналларини қўллаш мумкин.

Регенератив ретрансляторлар.

Пакетли коммутацияли ретрансляторлар. Йўлдошли мобил алоқа тизимларида сигналларни узатишнинг юқори самарасига кўпинча АТМ ёки IP технологиялари асосида амалга оширувчи коммутаторларни БРТК да қўллаш билан эришилади. Аниқ протоколни танлаш тизимининг архитектурасига ва орбитал гуруҳлашнинг турига боғлиқ. АТМ – коммутатори кўпроқ КА ни геостационар ёки қуйи орбиталарда (Sky Bridge тизим) қўлловчи “юлдуз” топологияли тармоқга мос келади.

Пакетли ишлов беришнинг асосий афзаллиги “юқорига” ва “пастга” линияларда асиметриик каналлардан фойдаланиш имкониятининг мавжудлигидир, яъни интерактив тартибда қўлланилади.

Ахборотларга пакетли ишлов беришни бортда амалга оширса, маршрутловчи ретранслятор кўпроқ мураккаблашади. Бундай турдаги ретрансляторлар big LEO (Iridium) ёки mega LEO (Teledesic) туридаги КА асосида қурилган йўлдошлараро алоқа чизиклари ва тугунли топологияли тизимларда қўлланилади. Уларда каналларни динамик қайта тарқатиш (маршрутлаш) бевосита ретрансляторда амалга оширилади ва IP (Iridium) протоколида асосланади.

Ахборотларга нореал вақтда ишлов берувчи ретрансляторлар. Минтақавий станциялар (масалан, денгиз кемаси бортида) хизмати доирасидаги ташқарида бўлиб қолган, узоқлаштирилган фойдаланувчилар учун little LEO туридаги КА йўлдошли тизимларда бошқа абонентлари билан космик “ почта қутиси ” орқали алоқа имконияти кўзда тутилади.

Электрон “почта қутиси” тартибидан алоқа қуйидагича ташкил қилинади. Абонент ўзининг хабарларини радио кўриниш майдонида ҳеч бўлмаганда битта КА пайдо бўлганда узатиши мумкин. Йўлдош ушбу хабарни қабул қилади ва бортдаги ЗУ (почта қутиси) га ёзиб қўяди. Олувчига

ахборотни мазкур КА унинг минтақасиз етиб бориши билан жўнатади. Транспорт протоколлари абонентлик терминалларида битта хабарга тегишли пакетларни йиғишни таъминлайди, бу пакетларни етказиш маршрути ва уни ташишда иштирок этган КА ва ердаги боғловчи станциялар сонига боғлиқ бўлмайди.

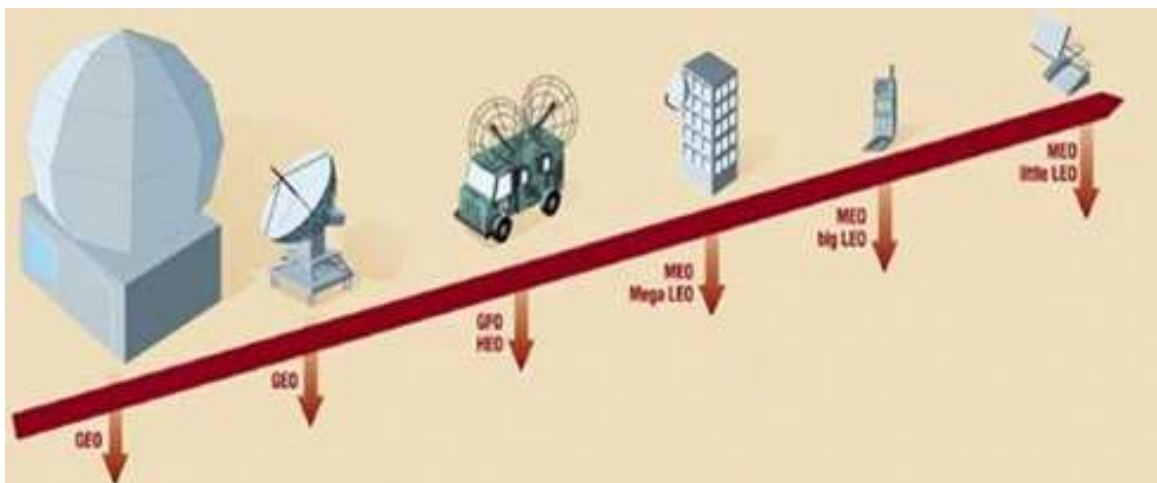
Алоқанинг ҳар хил турлари ва хизматларни таъминловчи Ердаги семент ускуналари аниқ масалаларни ечиш учун керак бўлган кўп сонли техник ечимларни олдиндан аниқлаб беришдир. Фақат маълум бир синф қурилмаларини унификациялаш мумкин, лекин бундайлар кам эмаслиги учун “глобал” унификациялаштириш имкони мавжуд эмас. Шу билан бирга, қайд қилиш лозимки, ердаги сигмент ускунасининг нархи космосникига (коинот) қараганда анча паст.

Тавсия қилинадиган хизматлар ассортиментининг ниҳоятда кенглиги (сўзлашув, маълумотлар, видео ва бошқаларни узатиш) ва ЕС вазифаларининг турли хиллиги сабабли ёрдамчи станциялар ва терминалларнинг номенклатураси кенгдир, натижада улар ҳам хилма-хилдир (кўчмас, портатив, автомобилли, темир йўлларга мўлжалланган, денгизга, самолётларга мўлжалланган). Бундан ташқари ердаги станциялар ердаги сигмент тузилишдаги ўзининг ролига қараб фарқланади: магистрал, VSAT – станциялар, шунингдек боғловчи тугунлар ва минтақада алоқани ташкил қилишни таъминловчи мувофиқлаштирувчи станциялар. Алоқани ташкил этиш усулига қараб ердаги станциялар қабул қилинувчи – узатувчи, қабул қилувчи ва узатувчи станцияларга бўлинади (радиоканаллар ва радио булар)

Ўз навбатида, қабул қилувчи станциялар шахсий ва жамоа бўлиб фойдаланадиган қабул қилувчи телвизион станциялар ва пейджерларга бўлинади.

Алоқа хизматлари истеъмолчилари учун тузилишнинг иккита асосий белгиларини аниқлаб берувчи абонентлик ЕС кўпроқ қизиқтиради. Биринчи белги – ЕС нинг ретранслятордан узоқлиги даражасига мос равишда қўлланиладиган орбиталар тури (GEO, MEO, mega LEO ва little LEO). Иккинчи белги ёрдамчи станциянинг учта йўлдошли хизматлардан қайси бирига қарашли эканлигини кўрсатади: қайд этилган (фиксрланган) – ҚЙХ (ФСС) , телерадио эшиттириш – РЙХ (РСС) ёки ҳаракатдаги (кўчма) – КЙХ (ПСС).

Ушбу белгиларга асосланиб, ердаги станцияларнинг олти асосий синфлари кўрсатилади (16.2 расм).



16.2-расм. Ер станцияларининг классификацияси.

Қайд этилган (фиксирланган) алоқа. Биринчи йўлдошли алоқа тизимлари ФСС хизматига тегишли бўлган. Ушбу синф станциялари геоқўчмас йўлдошлар орқали С (6/4 GHz), Ки (14 GHz) ва Кd (20/30 GHz) частоталар диапазонларида ишлашади ва улар ФСС хизматлари ердаги станциялари радиоалоқаси Регламенти талабларига жавоб беришлари керак. Кузатувчи учли йўналтирилган антенналардан ва катта кувватли узаткичлардан фойдаланиш уларнинг йўлдошли радиоичизиклари юқори ўтказиш қобилиятини таъминлайди. Бажарадиган вазифасига ва узатиладиган ахборотлар оқимининг кувватига қараб қайд қилинган алоқа 3С иккита кичик синфга бўлинади: магистрал ва VSAT.

Магистрал станциялар.

ТҲА хизматининг асосий вазифаси халқаро, магистрал ва майдонли (зоновая) алоқани ташкил қилишдир ва бу алоқани ташкил этишда бош рол марказдан четдаги АТС лар ўртасида тўғридан-тўғри кўп каналли алоқа чизикларини ва “марказ чет жой” каналларини тузувчи магистрал ЕС га тегишлидир.

Станцияларнинг бундай турлари кўп қурилмали гео қўчмас йўлдошлар билан ишлайди. Ҳозирги даврда магистрал станциялар орқали 50 % атрофида халқаро телефон трафиклари узатилади. Аммо, таҳлил қилувчиларнинг башорат қилишлари 2010 йилга келиб, бундай ЕС ларни солиштириш қисми 40 % гача камаяди ва бу магистрал алоқа воситалари бозоридаги ОТАЛ билан рақобатнинг ортаётганини акс эттиради.

Магистрал ЕС нинг асосий тавсифномалари парабола ойнасининг диаметри ва қабул қилувчи ускунанинг сифатлигидир, чунки айнан шулар станциянинг мураккаблиги нархи ва қўлланиш чегарасини аниқлаб беради. (16.2. жадвал)

16.2-жадвал. Intelsat тизимидаги Ер станцияларининг таснифлари.

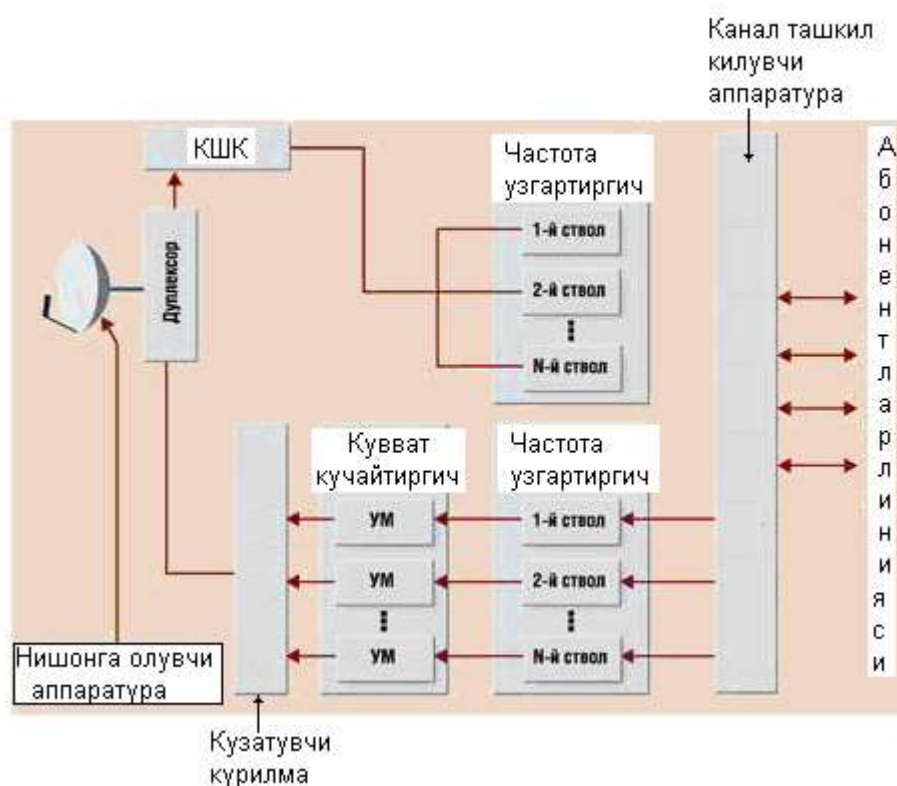
Диапазон	К ласс	G/T, dB/K	Антенна диаметри, м
С-диапазон (4 - 6 GHz)	A	35	15 - 18
	B	31,7	11
	F -3	29	9
	F -2	27	7
	F -1	22,7	4,5 - 5
	" 3,5 м"	19,6	3,2 - 3,5
	Z	16,5	2,4
Ku-диапазон (11 - 14 GHz)	C	37	11 - 13
	E -3	34	8
	E -2	29	5,5
	E -1	25	3,5
	" 1,8 м"	19	1,8
	" 1,2 м"	16	1,2

Йўналтириш диаграммаси шакли хизмат кўрсатиладиган ер юзасига (глобол, тор, ихтисослаштирилган нур ва бошқалар) “келишилган”лиги лозим бўлган бортли антеналардан фарқли равишда магистрал ЕС антеналарига бундай таълаблар қўйилмайди, чунки улар қатъий аниқ КА га йўналтирилади. Ердаги станцияларнинг нархи ва ундан фойдаланишнинг асосий параметрлари қўлланиладиган антенна ўлчамлари билан аниқланади. Антеннанинг диаметри қанча катта бўлса, унинг нархи ва ўтказиш қобилияти шунча юқори бўлади.

Intelsat тизимида аввал диаметри 30 m ва 4-6 GHz частоталар диапазониди асиллиги $G/T=40.7\text{dB/K}$ бўлган антеннали станциялар қўлланилган. КА нинг такомиллашишига ва нурланиш қувватининг ошишига қараб асосий кўрсаткичлар 16-18m гача (антенна диаметри) ва 35 dB/K гача (сифатлилиқ) пасайтирилди. Бундай станциянинг нархи 8млн доллар атрофида, лекин антенна диаметри 5 m гача кичрайтирилганда ЕС нархи 2 млн долларга пасаяди.

Одатда ҳар бир магистрал Ер станциянинг таркибига дуплексли қабул қилиб узатувчи антенна тизими, мўлжалга олиш аппаратураси, қўп стволли

қабул қилувчи ва узатувчи қурилмалар, ҳамда канал ҳосил қилувчи аппаратуралар кирадилар (16.3-расм.).



16.3-расм. Магистрал ЕС нинг тузулиш схемаси.

Қабул қилувчи қурилма кам шовқин қилувчи кучайтиргич (КШК) ёрдамида кирувчи сигналларни олдиндан кучайтириш ва уларни оралик частоталарга ўзгартиришни амалга оширади.

Магистрал ЕС нинг конструктив авзалиги шундаки, КШК асосий хонада эмас балки антеннанинг нурлантирувчиси ёнида жойлаштирилиб фидер трактидаги йўқотишларни камайтириш ва бунинг ҳисобига станциянинг таъсирчанлигини ошириш имконини беради. С-ва Ки –диапазонларида частоталар палосаси кенглиги 500 MHz дан 1 GHzгача) ишлайдиган замонавий КШК ларда эквивалентли шовқин даражаси 50-150к , кучайтириш коэффиценти эса 30-40 dB ни ташкил қилади.

Қувват кучайтиргичининг чиқишдаги (кучайтириш 0.5-3 kW гача керак бўлганда) ёки клистронлар ёки югурувчи тўлқин лампалар (ЮТЛ) қўлланилади. Клистронларнинг асосий афзаллиги – юқори барқарорлик ва шовқин даражасининг паслигидир, лекин ЮТЛ унга нисбатан кўпроқ ўтказиш палосасини таъминлайди. Қувватни 0.5-1 kW бўлган кучайтиргичларда асосан ЮТЛ, каттароқ қувватли (1-3 kW) ларда эса клистронлар қўлланилади. Замонавий қувват кучайтиргичлар электрон истемол тизимларининг тўхтаб қолишидан ҳимоя қилувчи ва ишлаш қобиятини автоматик равишда тикловчи воситалар билан жиҳозланган.

VSAT. Ҳозирги даврда геостационар КА асосидаги йўлдошли корпоратив тармоқларни тузиш учун VSAT (Very Small Aperture Terminal) деб номланган кичик станциялар қўлланилади ва уларнинг бутун дунёдаги сони 250 минг дан кўпроқ. VSAT тармоқлари фақат АҚШ да эмас, балки Европа ва Осиё мамлакатларида ҳам ишлатилади. Россияда РАО “Газпром”, РАО “ЕЭС Россия”, МПС ва РФ марказий банки каби йирик корхоналар ўзларининг шахсий корпоратив VSAT – тармоқларига эга.

VSAT географик узоқлаштирилган фойдаланувчиларни ягона рақамли алоқа тармоғига бирлаштиради. Лекин глобал ЙАТ дан фарқли ҳолда VSAT тармоқлари хизмат қилиш бутун доираси тор парциал майдонларга (зона) бўлинган ва уларнинг ҳар бири битта тор нур хизматидан фойдаланади.

Бортли мажмуаларнинг замонавий кўрсаткичларида VSAT станциялари унча катта бўлмасликлари, улар антенналарнинг ўлчамлари эса 0.5 – 0.6 m (Ka – диапазон) ва 1 – 1.5 m (Ku – диапазон). Бундай терминаллар фойдаланувчилар шу жойларга яқин жойда жойлашиши мумкин. Антеннаси диаметри 0.5 m дан кам бўлган ердаги станциялар USAT деб аталади (Ultra Small Aperture Terminal).

VSAT технологиясини қўлланувчи ЙАТ ни фақат юқори иқтисодий кўрсаткичлар билан (гео кўчмас КА асосидаги ЙАТ турлари билан солиштирганда), балки тармоқни бошқаришдаги бор имкониятларини (вазифаларни тарқатиш, устунликни ўрнатиш, тармоқ конфигурациясини ўзгартириш, четдаги станцияларни узоқ масофадан бошқариш), шунингдек алоқа каналларининг юқори сифатдаги ишлари билан ажратиб беради.

VSAT – тармоқлари станциялари доимий хизмат кўрсатувчи ходимни талаб қилмайди, бундай тармоқда етарли даражада юқори бўлиши мумкин. Улар турли-туман алмашув протоколларини қўллаб қувватлашади, шунингдек телевизион узатиш ва ахборотлар учун ҳам.

VSAT – тармоқлари ускуналарининг дунёдаги ўртача нархлари тахминан шундай: асосий станция – 1 млн доллар, ердаги саккиз каналли станция – 15 минг доллар, бир каналли эса 12.7 минг доллар.

Кўчма (ҳаркатдаги) алоқа. Геостационар КА лардан фойдаланувчи кўчма алоқа тизимларида, кўпинча, L – диапазонида ишлайдиган ва телефон ва матбуотларни узатишга қаратилган ердаги станциялар қўлланилади. (Йўлдошнинг хизмат кўрсатиш доираси чегарасида реал вақт масшабиди алоқа таъминланади). Кемаларда, автомобилларда, поездларда, самалётларда станциялар ўрнатилади ва бунда йўлдошларни автоматик тарзда кузатиш кўзда тутилади. Фойдаланувчилар аппаратининг типовой комплекти антенна тизими ва интерфейси ускуна (қоидага кўра, факсимил алоқа учун) ни кузатувчи қабул қилгич (ўлчамли “дипломат” дан катта бўлмаган ва вазни 5 кг гача) ни ўз ичига олади. Терминал фойдаланувчи танланган турли хил антеналар билан жамланади. Кўчма алоқа хизматларини таъминловчи ЙАТ лар сони кам эмас ва ўсишни давом эттирмоқда.

Кўпроқ оммавийлашган (хизмат кўрсатиш турлари бўйича) кўчма алоқа йўлдошли тизимларини кўриб чиқамиз.

Inmarsat. Inmarsat ЙАТ нинг Ердаги сегменти қирғоқли (ҚЕС), координацияловчи (КЙС) станциялардан, эксплуатацион назорат марказидан (ЭНМ), шунингдек денгиз, авиация ва ердаги абонентлик станцияларидан ташкил топган.

Эксплуатацион назорат маркази тизимининг барча элементлари ҳолатлари тўғрисида ахборотларни қабул қилувчи ва ишлов берувчи, космик сегмент тавсифларини назорат қилувчи ердаги кучли станция бўлиб ҳисобланади. Унинг вазифасига Inmarsat (КА ва ЕС) янги техник воситаларни жорий қилиш ва таъминлаш киради.

Қирғоқдаги станциялар Inmarsat тизимининг КА ва абонентлар ўртасидаги алоқани таъминлаб туради, шунингдек ҳалқаро ва миллий телефон ва телеграф тармоқлари билан ҳам.

Inmarsat нинг мобил абонентлари ўзаро тўғридан-тўғри алоқа ўрната олишмайди, уларни боғлаш фақат қирғоқдаги станциялар орқали амалга оширилади.

Inmarsat нинг ҳар бир йўлдош ости майдонида барча стандарт ҚЕС лар ишлайди ва улардан биттаси мувофиқлаштириш вазифасини бажаради.

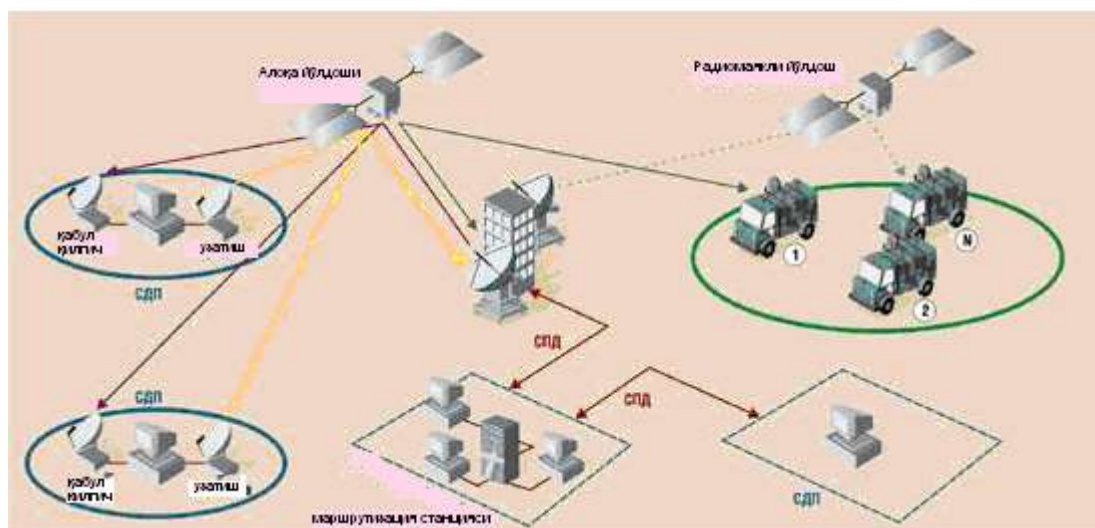
Мувофиқлаштирувчи станция берилган минтақада ЙАТ мониторингни амалга оширади, қирғоқ станциялари ўртасида ретранслятор трафигини тарқатади, шунингдек денгиз кемаларига чақирув сигналларини асосий (1537, 750 MHz) частоталарда узатади ва махсус хабарлар ретрансляторини бажаради.

Inmarsatнинг ҳар бир ҚЕС 22 та телеграф канали билан зичланган олиб ўтувчи бириктирилган. Телефон каналлари аниқ станцияларга бириктирилмаган бўлиб, “умумий фойдаланиш”да жойлашган, лекин БЗС телефон ва телетекст алоқаларнинг халқаро ва миллий тармоқларига чиқишга эга. ҚЕС парабolik антеннасининг диаметри 12-15m. Қирғоқдаги станцияларнинг нархи комплектациясига қараб 1-2.5 млн. долларни ташкил қилади.

Ҳаракатдаги (кўчувчи) объектларда Inmarsat стандартлари шаклида умумлаштирилган махсус талаблар бўйича фарқ қилувчи Inmarsatнинг турли хил абонентлик ускуналаридан фойдаланилади.

Euteltracs. Euteltracs ЙАТ транспорт ташишларни амалга оширувчи Европадаги биринчи тижорат алоқа тизими ҳисобланади. Ўзининг архитектураси ва хизмат кўрсатиш турларига қараб Европанинг Euteltracs тизими Шимолий Америка ва Мексикада ўхшаш хизмат кўрсатишни таъминловчи Американинг Omnitracс тизими билан бир хилдир. У узунлиги 1900 символдан катта бўлмаган гуруҳли ва индивидуал (шунингдек фавқулодда ва шошилиш) хабарларни узатишни таъминлайди.

Euteltracsнинг ердаги сегменти таркибига қуйдагилар киради: марказий станция (МС), маршрутлаштириш станцияси (МС), йўлдошли диспетчерлик пунктлари (ЙДП) ва мобил алоқа терминаллари (МСТ, Mobile Communication Terminal) (16.4 расм).



16.4 -расм. Euteltracs тизимидаги диспетчерли алоқани ташкил этиш схемаси.

Ахборот алмашинуви Францияда жойлашган марказий станция орқали таъминланади, унинг ёнида МСнинг амалдаги почта қўмитаси ҳисобланувчи маршрутлаштириш станция жойлашган. Маршрутлаштирувчи барча қабул қилишган хабарларни таҳлил қилади ва боғланишни ўрнатишга рухсат беради. Йўлдошли диспетчерлик пунктлари ёрдамида абонентлар билан бевосита алоқа ўрнатилади, бунда абонентларда йиғилиб қолган кирувчи ва чақирувчи хабарларнинг маълумотлари олдиндан аниқланади.

Хабарларни маршрутлаштириш станциясига МС орқали телефондан умумий фойдаланиш тармоғига (УФТф) маълумотларни узатиш тармоғи (МУТ) билан боғланган кўчмас диспетчерлик маркази уланган. Диспетчерлик маркази хоҳлаган хабарнинг нусхасини сўраш ва тармоқда барча абоненти ҳақида маълумот жойлашган.

Euteltracs мобил терминали DSP-процессори билан жиҳозланган ва сигналларга ишлов беришнинг барча функцияларини таъминлайди, унга демодуляция ва боғланишни ўрнатиш ҳам киради. Узатилаётган сигнал 19dB кучайтириш коэффиценти билан йўналтирилган антеннада нурланади. Антеннанинг ён барглари қувватининг даражаси 12 dBдан ошмайди. Қабул қилгичнинг чизиқли тракти КШК ва частоталарни ўзгартирувчига эга. Узатгичнинг чиқиш қуввати 1W. Сигналларнинг ҳалақитлардан ҳимояланганлиги 1MHz полосада яъни кенг полосали узатиш ва частоталарни 5 дан 48 MHz гача бўлган полосада сакрашга ўхшаш қайта куриш ҳисобига таъминланади. 1MHz частотали полосага тегишли сигналлар 48 MHz полосада сакрашга ўхшаш қайта қурилади.

Терминалларнинг нархи 4-6 минг доллар, абонентлар тўловлари эса ҳар ойда 40-50 долларни ташкил этади.

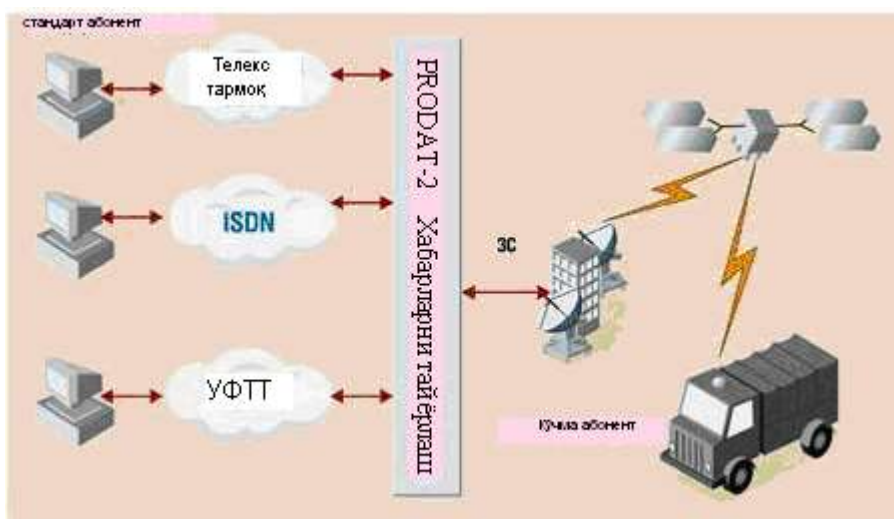
Euteltracs тизими Россия билан биргаликда 15 тадан кам бўлмаган Европа мамлакатлари территорияларида 45минг та транспорт воситаларига

хизмат кўрсатишга қодир. Бугунги кунда ушбу ЙАТнинг миждлари Совтрансавто, Интертрансэкспедиция транспорт компаниялари ва бошқалардир.

Euteltracsнинг ўтказиш қобилитини кейинчалик ўстириш КАларни қўшимча ретрансляторлар билан жиҳозлаш ҳисобига амалга оширилиши мумкин.

Prodat-қуруқликда маълумотларни узатиш. Европа космик агентлиги (ЕКА) ўтказган текширувларнинг тасдиқлашича ЙАТнинг ердаги, денгиздаги ва самалётдаги терминалларига эга бўлган талаблар бир-биридан тубдан фарқ қилади. Денгизда ва ҳавода жойлашган мобил алоқа воситалари учун сигналларни қабул қилиш шароитларини ёмонлатирувчи омил кучли қўп нурли ҳисобланса, ердаги қурилмаларга рельефи жойларда ёки тунелларда ҳаракатланганда ҳосил бўладиган радиотўлқинлар сўниш натижасидаги чуқур қотиб қолишлар билан белгиланган ҳалақитлар қўпроқ таъсир қилади (хатто йўлдошлар билан алоқадаги танаффусгача).

ЕКА томонидан тузилган Prodat тизими (16.5-расм) унинг терминалларини фақат қуруқликдаги транспорт воситаларида фойдаланишга мўлжалланган бўлса, уларнинг маълумотларни узатиш проколлари эса йўлдошли алоқанинг қуруқликда жойлашган объектлар билан алоқаси учун типик ҳалақитларни камайитириш мезонга оптималлаштирилган.



16.5-расм. Prodat ЙАТ тузилиш схемаси.

Prodat мобил терминалларнинг (16.6 расм) йўлдош ва ердаги турли хил тармоқлар (телефонли, телекли ва бошқа) билан алоқасини таъминловчи етарли даражадаги содда архитектурада қурилган.



16.6-расм. Prodat ЙАТ терминаллари.

Prodat тизими иккита частоталар диапазоидан фойдаланади: С-диапазон (4.2 GHz қабул қилиш учун ва 6.4 GHz узатиш учун) марказий станция билан алоқа учун L- диапазон (1631,5-1660,5 MHz “юқори” линияда ва 1530-1559 MHz “пастга” линияда) мобил терминаллар ўртасидаги алоқа учун тўғридан-тўғри каналда (марказдан мобил терминалга) ахборотларни узатиш каналларни вақт бўйича бўлиш тартибида – TDMA (32 та канал бўлиб, уларнинг ҳар бирида маълумотларни 1500 bit/s тезликда узатилади); модуляция – BPSK. Тескарисида кенг поласали сигналлар учун каналларни код билан бўлиш қўлланилади (SS-CDMA) модуляция тури – OQPSK. Тескари каналда маълумотларни узатиш тезлиги – bit/s с, узатилаётган хабарлар ўлчам – 384 бит (48 битдан саккизта блок); ҳалақитга бардошли кодлаштириш Руг – соломоннинг қисқа блокли кодлари асосида амалга оширилади. Истикболда узатиш тезлигини 9.6 Kbit/s гача ошириш режалаштирилмоқда.

Prodat терминали ўрнатилган GPS қабул қилгичи билан жиҳозланган, аммо бошқа навигация тизимлари, масалан “Глонамм” ва Loran-с дан фойдаланиш имконларини беради. Жойлашган ери тўғрисидаги маълумотлар ҳам автоматик тарзда (белгиланган вақти-вақти билан) ҳам талаб асосида узатилиши мумкин. Prodat мобил терминалининг асосий шакли учта блокни ўз ичига олади: антеннали ташқи радиочастотали (ODU), ички алоқа (IDU) ва фойдаланувчининг четки қурилмаси. Кичик габаритли барча йўналишдаги антенна ўнг томонлама айланали қутбланишга эга. Антеннанинг оғирлиги 180 g, баландлиги 130 mm, диаметри 105 mm. У ҳам автомобил томига, ҳам ҳайдовчи кабинасига ўрнатилиши мумкин. Таркибида радиочастотали модуллар бўлганлиги учун ODU блоки транспорт воситасининг ҳам ичкарисида ҳам ташқарисида жойлаштирилиши мумкин бўлиб, бир ярим метрли кабел билан боғланади. IDU блоки микроцессор ва ташқи электрон блок билан 5 м узунликда кабел орқали боғланган маълумотларни узатувчи аппаратуралардан ташкил топган.

Фойдаланувчининг четки қурилмаси сифатида ЖК-дисплейи (40та белгидан саккизта қатор) ўрнатилган 60 клавиатурали ва кичик габаритли принтер хизмат қилади. Клавиатура ўлчамлари 220x210x90 mm, оғирлиги 1.5 kg. Терминал қўшимча “Стандарт хабарлар” (микро – ЭҲМ хотирасида сақланувчи қисқа хабарлар)ни узатиш учун мўлжалланган кичик габаритли бешта кнопкали клавиатура (оғирлиги 150 g дан кўп бўлмаган) билан жиҳозланиши мумкин. Prodat терминалининг асосий параметрлари: ЭИИМ 13 dBw, асиллиги (G/T)-24 dB/K. ODU блоки оғирлиги 4.3 kg, ўлчамлари 250x110x113 mm. Ишчи температура диапазони -20 дан +600 С гача. IDU блоки оғирлиги 4.5 kg, ўлчамларит 335x170x85 mm. Ишчи температура диапазони 0 дан +500 С гача. Ўзгармас ток манбасидан олинувчи кучланиш 24 В. Қабул қилиш режимдаги Терминал истеъмол қиладиган қувват – 25Вт дан кўп эмас.

Назорат саволлари.

1. Йўлдошли алоқа тизимларида кўп станцияли фойдаланиш.
2. Каналларни вақт бўйича ажратиш билан кўп станцияли фойдаланиш (TDMA).
3. ЕСЙ алоқа тизимларидаги борт ва ердаги аппаратлар.
4. Регенератив ретрансляторлар.
5. Комбинацияланган ретранслятор
6. Пакетли коммутацияли ретрансляторлар.
7. Ер станцияларининг классификацияси
8. Магистрал станциялар.

17-МАЪРУЗА.

СУНЪИЙ ЙЎЛДОШ ОРҚАЛИ АЛОҚА ЛИНИЯЛАРИ ЭНЕРГЕТИКАСИ. СЎА ТИЗИМИДА БОРТДАГИ ҚАБУЛЛАШ ВА ҚАЙТА УЗАТИШ ҚУРИЛМАСИ. СЎА ТИЗИМИДАГИ ЕР СТАНЦИЯЛАРИ. VSAT СТАНЦИЯЛАРИ АЛОҚА ТАРМОҒИ. ШАХСИЙ ХАРАКАТДАГИ СЎА ТИЗИМИ. СЎА ТИЗИМИНИНГ КЕЛАЖАК РИВОЖИ ВА УМУМЛАШГАН ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ.

РЕЖА:

1. Сунъий йўлдош орқали алоқа линиялари энергетикаси.
2. СЎА тизимида бортдаги қабуллаш ва қайта узатиш қурилмаси.
3. СЎА тизимидаги Ер станциялари. VSAT станциялари алоқа тармоғи.
4. Шахсий ҳаракатдаги СЎА тизими. СЎА тизимининг келажак ривож ва умумлашган характеристикалари.

Сунъий йўлдош орқали алоқа линиялари энергетикаси.

Ер-Йўлдош-Ер тахминий эталони занжири битта модулятор ва битта демодулятордан ташкил топган. ТВни узатишда, сигналлар ёйилишининг (оқ даражасидан қора даражасигача) шовқинларнинг визометрик кучланишига муносабати хоҳлаган ойнинг 80 % вақтида 61 dB, 99% вақтида 57 dB ва 99.9 % вақтида 49 dB дан кам бўлмаслиги керак. Энергия билан таъминлаш манбалари учун сигналлар ҳалақит муносабатлари 30 dB дан, кўп бўлмаслиги, бошқа вақти-вақти билан бўладиган ҳалақитлар учун эса 50 dBдан кам бўлмаслиги лозим.

Узатишда нол нисбатан даражали нуқтада шовқиннинг психофотетрик куввати ўртача хоҳлаган соатда 10000 pW дан ошмаслиги керак.

Шовқиннинг ўртача минутли микдорининг 1000 pW да хоҳлаган ойнинг 20 % дан кўп бўлмаган вақтида ва 50000 pW хоҳлаган ойнинг 0.3 % дан кўп бўлмаган вақтда ошишига йўл қўйилади. Ўлчамаган шовқиннинг 106 pWда хоҳлаган ойнинг 0.03 %да ошишига йўл қўйилади. ИСЗ ли тизимларда гуруҳли тарқатиш вақтларининг йўл қўйиладиган кечикиши 300 ms дан ошмаслиги керак.

Йўлдошли алоқа тизими иккита қисмдан ташкил топган: Ер - ЕСЙ ва ЕСЙ - Ер. Ҳисоб – китоб иккита интервалга эга бўлган тўғри кўринишли РРТ ҳисоб-китобига ўхшашдир. Лекин йўлдошли тизимларда бу қисмлардаги аппаратлар фарқли хусусиятларини, шунингдек турли энергетик потенцииллар ва бу қисмлардаги шовқинларни ҳисобга олиш лозим.

Ердаги станция қабул қилгичи киришидаги сигнал/шовқин муносабатлари ($P_c/P_{ш}$)вх.

P_0 қабул қилгичи киришидаги сигнал қуввати узатгич қуввати билан куйидаги муносабатда боғланган:

$$P_c = P_{nep} \frac{G_{nep} G_{np}}{\eta_{nep} \eta_{np} V \cdot U} \quad (17.1)$$

G_{nep} ва G_{np} – антенналарнинг кучайтириш коэффициентлари;

η_{nep} η_{np} – антеннали- фидерли трактдаги йўқотишлар;

$V=(4\pi/\lambda)^2$ – эркин кенгликда R масофадаги йўқотишлар;

U - реал кенгликдаги қўшимча йўқотишлар

Ёки шундай ёзиш мумкин:

$$\left(\frac{P_c}{P_{ui}} \right)_{\Sigma} = P_{nep} \frac{G_{nep} G_{np}}{\eta_{nep} \eta_{np}} \cdot \frac{\lambda^2}{(4\pi R)^2} \cdot \frac{1}{U} \cdot \frac{1}{\kappa T_{\Sigma} \Delta f_{ui}} \quad (17.2)$$

$$P_{\Sigma\Sigma} = \kappa T_{\Sigma} \Delta f_{\Sigma}$$

ЕСЙ ли ялпи линиял учун

$$\left(\frac{P_{ui}}{P_c} \right)_{\Sigma} = \left(\frac{P_{ui}}{P_c} \right)_{3-c} + \left(\frac{P_{ui}}{P_c} \right)_{c-3} \quad (17.3)$$

Ер – Йўлдош қисми учун

$$\left(\frac{P_{ui}}{P_c} \right)_{\dot{y}-E} = \frac{(4\pi R)^2 R^2_{E-\dot{y}} \eta_{nep} \eta_{np\dot{y}} \kappa T_{\dot{y}\Sigma} \Delta f_{ui\dot{y}} U_{E-\dot{y}}}{P_{nepE} G_{nepE} G_{np\dot{y}} \lambda^2_{E-\dot{y}}} \quad (17.4)$$

$$\left(\frac{P_{ui}}{P_c} \right)_{\ddot{y}-E} = \frac{(4\pi R)^2 R^2_{\ddot{y}-E} \eta_{nep} \eta_{np\ddot{y}} \kappa T_{\ddot{y}\Sigma} \Delta f_{ui\ddot{y}} U_{\ddot{y}-E}}{P_{nep\ddot{y}} G_{nep\ddot{y}} G_{npE} \lambda^2_{\ddot{y}-E}}$$

ЕСЙ орқали алоқа тизимлари учун тахминан шундай ҳисоблаш мумкин:

$$1. R_{\dot{y}-E} = R_{E-\dot{y}} = R$$

$$2. \eta_{nepE} = \eta_{npE} = \eta_E \quad \text{ва} \quad \eta_{nep\dot{y}} = \eta_{np\dot{y}} = \eta_{\dot{y}}$$

$$3. \Delta f_{ui\dot{y}} = \Delta f_{uiE}$$

$$4. U_{E-\dot{y}} = U_{\dot{y}-E} = 1$$

Шунинг учун ёзиш мумкин:

$$\left(\frac{P_u}{P_c}\right) = 16\pi^2 R^2 \eta_E \eta_{\text{II}} K \cdot \Delta f_{uE} \cdot \left(\frac{T_{a\Sigma}}{P_{\text{пер}E} G_{\text{пер}E} G_{\text{пр}II} \lambda_{E-II}} + \frac{T_{a\Sigma}}{P_{\text{пер}II} G_{\text{пер}II} G_{\text{пр}I} \lambda_{II-E}} \right) \quad (17.5)$$

Ердаги қабул қилгичнинг шовқин температураси шундай аниқланади:

1. Қабул қилувчи қурилманинг ўз шовқинлари ва антенна тўлқин ўтказгич трактининг шовқин қуввати билан.

2. Ернинг атмосферадан иссиқликда нурланиш таъсири билан аниқланувчи антеналарнинг шовқинлари қуввати билан.

3. Қуёш ва бошқа космик манбаларнинг радионурланиш шовқинларининг қуввати билан.

Шундай қилиб

$$T_{32} = T_{\text{пр}} + T_{\text{aft}} + (T_{\text{атм}} + T_{\text{кос}})/n_3,$$

бу ерда:

$T_{\text{пр}}$ – кириш занжирлар ва кам шовқинли ЎЮЧК тури билан аниқланади.

$$T_{\text{aft}} - T_{\text{фат}} = T_o (1-n_3)$$

$T_o = 290 \text{ K}$ - абсолют температура;

$T_{\text{атм}}$ - жой бурчагининг ва частотанинг функцияси ҳисобланади. Жой бурчагининг камайиши атмосфера шовқинларини кескин оширади, шунинг учун $B > 50$;

$T_{\text{кос}}$ - манбанинг ёруғлик температураси $T_{\text{я}}$ билан аниқланади.

Агар нурланиш манбанинг бурчак ўлчамлари Ψ_n антенанинг йўналтириш диаграммалари кенглигидан етарли даражада кам бўлса, α_o у ҳолда.

$$T_{\text{кос}} = T_{\text{я}} \Psi_n / \alpha_o$$

Агар $\alpha_o \leq \Psi_n$ бўлса, у ҳолда $T_{\text{кос}} = T_{\text{я}}$

$T_{\text{кос}}$ осмоннинг антенна йўналтирилган қисмига боғлиқ ва махсус хариталар орқали аниқланади. Шовқиннинг манбаи қуёш ҳисобланади.

ЕСЙ бортидаги қабул қилгич шовқин температураси шундай аниқланади:

$$T_{\text{сн}} = T_3 + T_{\text{атм}} + b T_{\text{кос}} + T_{\text{пр}}$$

T_3 - эквивалент шовқин даражаси;

b - космик шовқинларнинг фақат бортдаги антеннанинг барглари орқали қабул қилишни аниқловчи коэффицент;

$T_{\text{пр.бор}}$ – бортдаги қабул қилгичнинг кириш қурилмаси шовқини даражаси.

Қоидага асосан T_c юқори, аммо ердаги ускунанинг энергетик параметрлари ошириб, T_c нинг катта миқдори мавжуд эмас деб ҳисоблаш мумкин.

СҲА тизимидаги Ер станциялари. VSAT станциялари алоқа тармоғи.

Микро электроника ва радиотехника соҳаларининг дунё бозоридаги тарақиёти эвазига VSAT (Very Small Aperture Terminal) номини олган кичик габаритли ва нисбатан арзон ердаги станциялар пайдо бўлишди, улар мобил эмас, балки тез ёйилувчидир. VSAT технологияси асосида 11/14 GHz диапазонли, диаметри 1-3 m антеннали кучли борт ретранслятордан фойдаланиш ётади, у телефон, EXM лар ўртасида маълумотлар алмашуви ва факсли алоқа турларини таъминлайди. Ахборотларни узатишнинг максимал тезлиги 64 kbit/s гача. Ҳар қандай бундай станция маълумотлари рақамли узатишнинг барча стандартлари билан мослашади, улар иккитадан тортиб то юзлаб абонентларни бирлаштирувчи тизимларни йиғиши мумкин. Ҳозирги даврдаги барча кўрсатаётган VSAT тармоқларни ёки тизимларни бир томонламали (кенг эшиттирувчи) ва интерактивлиларга ажратиш мумкин. Биринчиси кўп сонли абонентларга турли хил ахборотларни тарқатиш учун, иккинчиси эса абонентлар ўртасида ахборот алмашинувини ташкил этиш учун мўлжалланган.

VSAT интерактив тармоқлари (ёки оддий VSAT тармоқлари) хизматлари ва технологиялари ўзининг техник амалга ошириш нуқтай назаридан кўпроқ қизиқиш уйғотади ва катта масштабли корхоналар ва минтақалар иқтисодий ривожланиши учун жуда муҳимдир. Ҳозирги даврда VSAT тармоқларидан ердаги станциялар ўртасида ахборот алмашуви, узоклаштирилган абонентларга маълумотларини узатиш тармоқлари билан алоқа ўрнатиш учун, шунингдек ахборотларни йиғиш ва тарқатиш тизимларида фойдаланилади. VSAT аппаратураларини қўллаш алоқанинг бошқа турларини ташкиллаштириш қийин бўлган, туманларда айниқса самаралидир. Англиянинг Communications System компанияси VSAT аппаратураларини ишлаб чиқариш ва сотиш тўғрисида текширув ўтказди ва статистик ҳисоботни нашр қилди. Текширувлар натижасига биноан 2010 йилга келиб, йўлдошли алоқа халқаро линияларнинг 50 % гача терминал қурилмалари ушбу турдаги аппаратура хизматидан фойдаланишади. VSAT турдаги аппаратурага бўлган енг катта талаб АҚШ ларда кузатилади, аммо йилдан - йилга VSAT аппаратурасидан фойдаланувчилар сони АҚШ дан ташқарида ҳам тўхтовсиз ўсиб бормоқда.

VSAT йўлдошли тармоқлари тузилишининг тамоиллари. Бир томонлама алоқа тизимлари марказий пунктдан антенналар фақат

қабул қилишга созланган кўплаб узоқлаштирилган нуқталарга узатишни амалга ошириш имконини беради. Масалан, маълумотларни кенг эшитириш мақсадида узатиш асосида “Интелнет” тармоғи. Ўз навбатида интерактив алоқа тармоқлари сўзлашув ва маълумотларни узатишда қўлланилади. Видеотасвирни бир томонлама узатишни интерактив тармоқда осонгина қўшиш мумкин.

VSAT тармоқларининг қурилишида фойдаланувчилар томондан йўлдошли транспондер захираларига тўлов маблағларини камайтириш учун кўплаб фойдаланувчилар ўртасида бир нечта йўлдошли каналларни бўлишга асосланади.

VSAT тармоқлари йўлдош тармоқлар қуришнинг энг замонавий технологияларига асосланади улар иккита бир-бирига боғлиқ бўлмаган маълумотларни узатиш тармоқлардан ташкил топган (AA / TDMA ва БОД), улар эса йўлдошли транспондер захираларни бўлишнинг ҳар хил тамоилларига асосланган. VSAT йўлдошли тармоқнинг тузулиши 17.1- расмда тасвирланган.

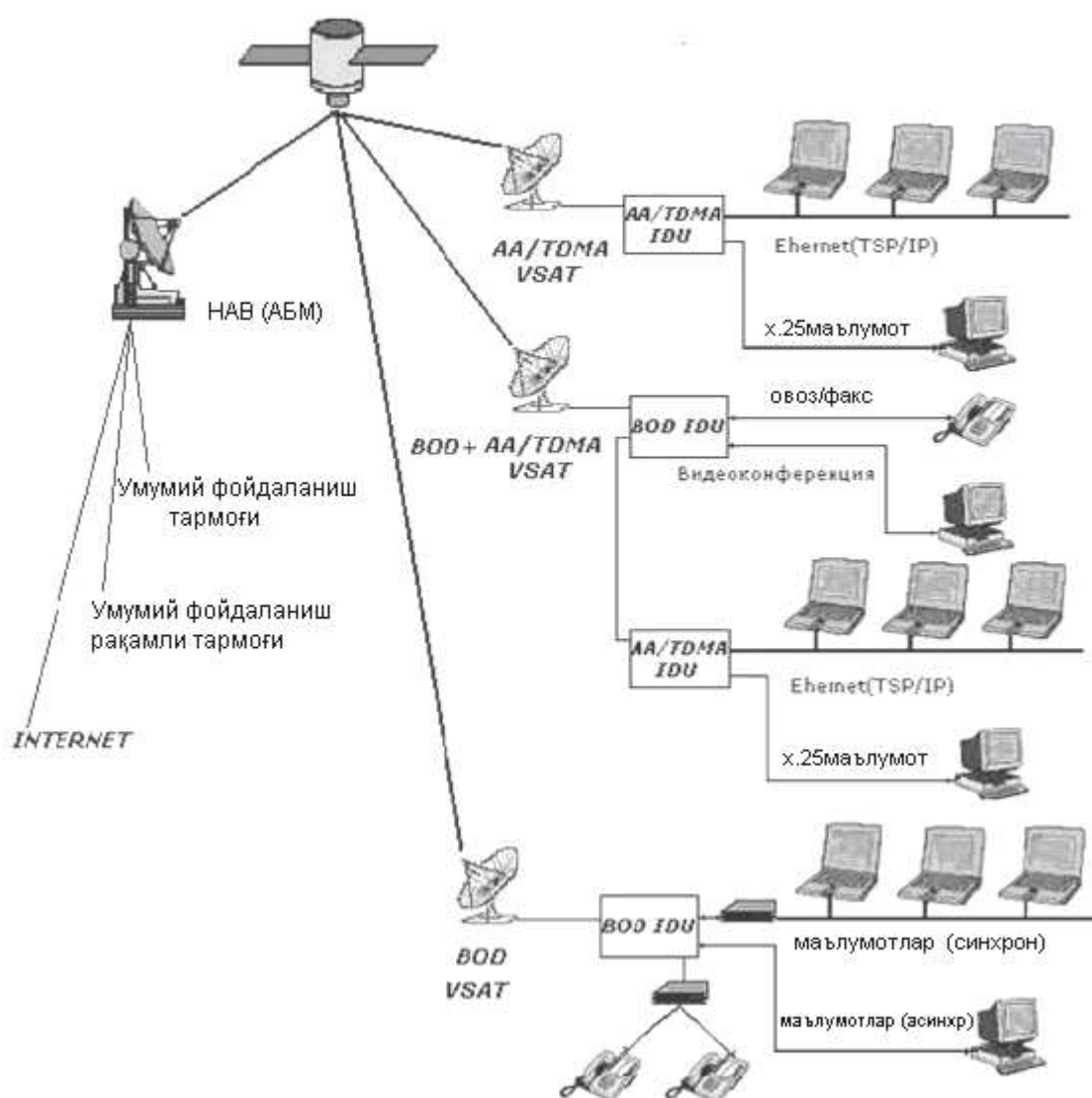
AA/ TDMA тармоғи TDM (Time Division Multiplexing) ва TDMA (Time Division Multiply Access) маълумотларни узатиш каналларини вақтинча зичлаш технологияси асосланган. AA/ TDMA технологияси маълумотларни узатишда фойдаланувчилар тармоқларнинг х 25 ва TCP / IP протоколлари билан таъминлашни ташкил этади. Бевосита фойдаланувчининг ўзида тармоқни бошқарув қурилмасини жойлаштириш орқали тўлиқ мустақил (ташқи киришсиз) тармоқлари тузишга йўл қўйилади. Тармоқдан фойдаланувчиларга интернет тармоғига кириш имкониятини беради. AA/ TDMA (AA/ TDMA IDU) вазифаларини таминловчи VSAT модули X 25 протоколини қўллаб-қувватловчи RS 232 (1,2 -19,2 kbit/s) ва компьютердан тармоқга улаш учун TCP/IP протоколли Ethernet (10 Base 5) учта синхрон интерфейсга эгадир. БОД тармоғи фойдаланувчилар талаби асосида белгиланган ҳар хил тезликда йўлдошли алоқа каналлари орқали маълумотларни узатишни таъминлайди.

БОД (Bandwidth On Demand) тармоғи тузулиши овозли ва факсимил хабарларни узоқ масофали алоқа стандартига мос келтирган ҳолда сифатли икки томонлама узатишни таъминловчи SCPC (Single Carrier Per Channel) технологиясига асосланган. БОД ПАМА (канал билан доимий таминлашга эга бўлган кўп станцияли кириш) (17.2 расм) ва DAMA (талаб асосида канал билан таминловчи кўп станцияли кириш) (17.3 расм) маълумотлари ва овозли хабарларни узатиш тартибини қўллайди. ПАМА тартибида маълумотларни ва овозли хабарларни узатиш учун доимий канал ажратувчи кўп станцияли кириш таъминланади (узатиш тезлиги 2048 bit/s гача)

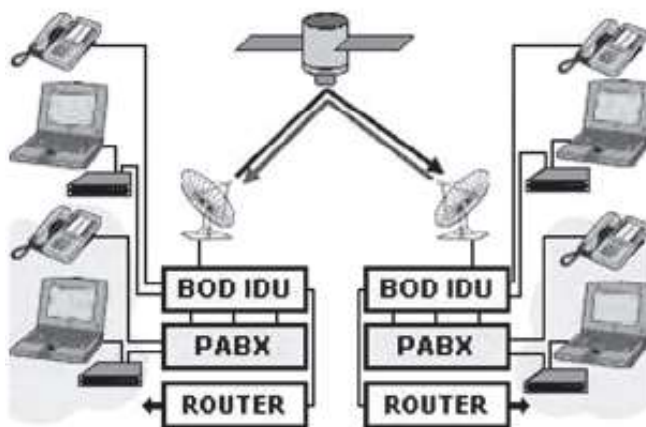
БОД тармоғи DAMA (“талаб асосида” канал) тартибида динамик боғланишни ҳам ва DAMA тартибида жадвал (расписания) бўйича боғланишни ҳам қўллайди. DAMA динамик жараёни хоҳ овоз, хоҳ факсимил хабари ёки фойдаланувчи портидан келган маълумотлар

бўлсин, алоқа ўрнатишга талаб билан юритилади. Бирламчи DAMA - контроллер КА ретрансляторида керакли частоталар полосаларининг мавжудлигига асосланган ҳолда талабларни қабул қилади ёки рад этади. DAMA процессори талаб бўйича частоталарни тайинлайди, шунингдек сўралган боғланиш ўлчамлари (параметри)га боғлиқ равишда ташувчининг эквивалент изотроп нурланиш қувватини бошқаради.

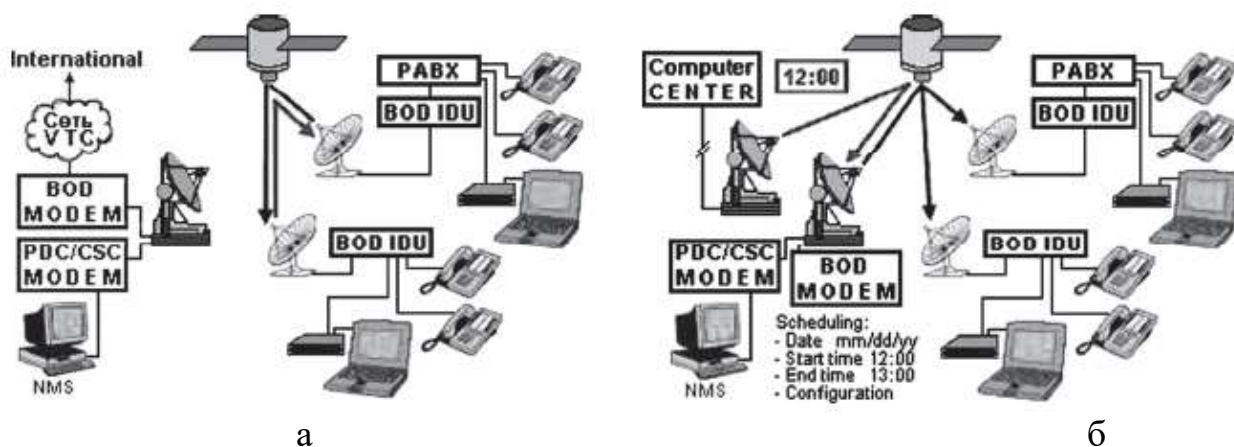
DAMA нинг кундалик жадвали бўйича боғланиши тармоқнинг бошқарув тизимлари жадвалида кўрсатилган куннинг маълум бир вақтида ёки ҳар куни бир вақтда белгиланади ва “нуқта кўп нуқта” ёки “ нуқта-нуқта” боғланиш қўлланилиши мумкин.



17.1-расм. VSAT йўлдошли тармоқнинг тузулиши.



17.2-расм. ПАМА режимда уланиш.



17.3-расм. DAMA режимда уланиш.

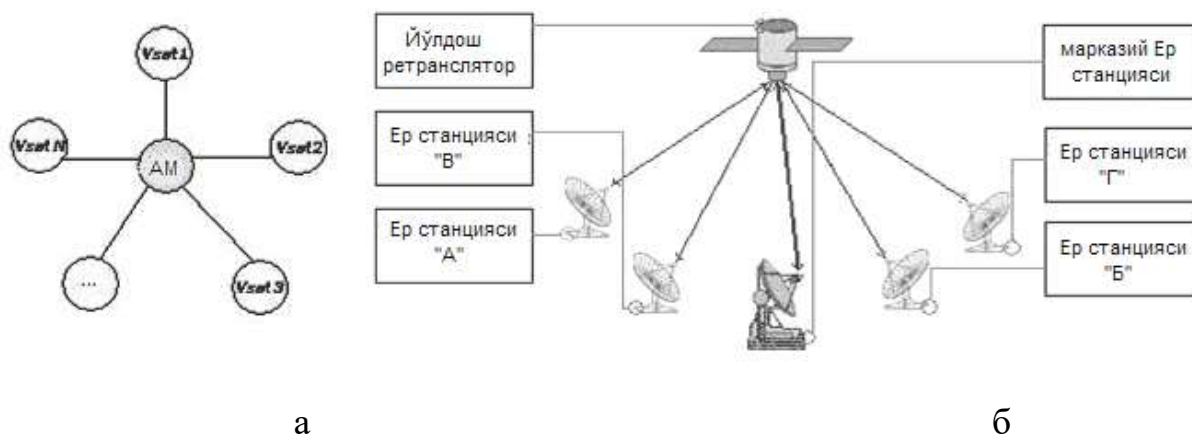
а) «талаб» режимда; б) «кундалик жадвал » режимда.

VSAT тармоқларининг топологияси. Ишлаб чиқараётган ускуналар VSAT тармоқлари учта асосий топологияларига мослашган.

“Юлдуз” (STAR) топологияси. Тармоқнинг ушбу топологияси марказий бошқарув станция (МБС ёки HUB)си билан VSAT нинг узоқлаштирилган терминаллари ўртасида кўп нуқтали алоқани тامينлайди. Тармоқда абонентлик терминаллари ўртасида маълумотлар билан бутун алмашувни фақат ЦУС (17.4- расм) орқали амалга оширилади. Натижада, сигнал VSAT терминалидан VSAT 2 терминалига VSAT

1- КА –МЕС-КА- VSAT 2 йўлини босиб ўтади, бунда “қўшалок сакраш” юзага келиши мумкин ва тарқалиш вақтида 0,6 с гача етади. Бу вазиятда кечикишга таъсирчан бўлган турли ахборотларни ташкил этишга чегара қўяди, аммо маълумотларни узатиш билан боғлиқ кўпчилик иловалар учун қўлланилиши мумкин. Шунинг учун узоклаштирилган станциялар билан марказ ўртасида маълумотларни йиғиш ва икки томонлама узатиш биринчи ўринда туради, сифатли телефонли алоқа эса фақат марказ билан алоҳида узоклаштирилган станциялар ўртасидаги амалга ошириладиган қўшимча хизмат ҳисобланади, (умумий фойдаланиш тармоғига чиқиш ва халқаро боғланишларни ташкил этиш сўзлашув сифатининг ёмонлашувига олиб келади)

Бундай турдаги тармоқ мисолида Американинг М-тел компаниясига қарашли, “Nextar 1” тармоғининг Ки диапазонида ишлаши учун Racal Milgo ва Sky Networks компанияларининг жорий қилинган. “М-Тел” тармоғи хизмат қилиши мумкин. “Юлдуз” туридаги тармоқлар тузук бўлиб, бир нуқтадан кўп сонли нуқталарга алоқа учун фойдаланилади ва айниқса, кўплаб узоклаштирилган станциялар билан марказий станция ўртасида алоқа зарур бўлган вазиятларда жуда яхши ишлайди. Қоидага асосан, ушбу тармоқлар ассиметрик бўлиб, юқори тезлик каналлар асосий станция (МБС) дан VSAT нинг узоклаштирилган ЕС га, паст тезликлари тескари йўналишида йўналтирилган.



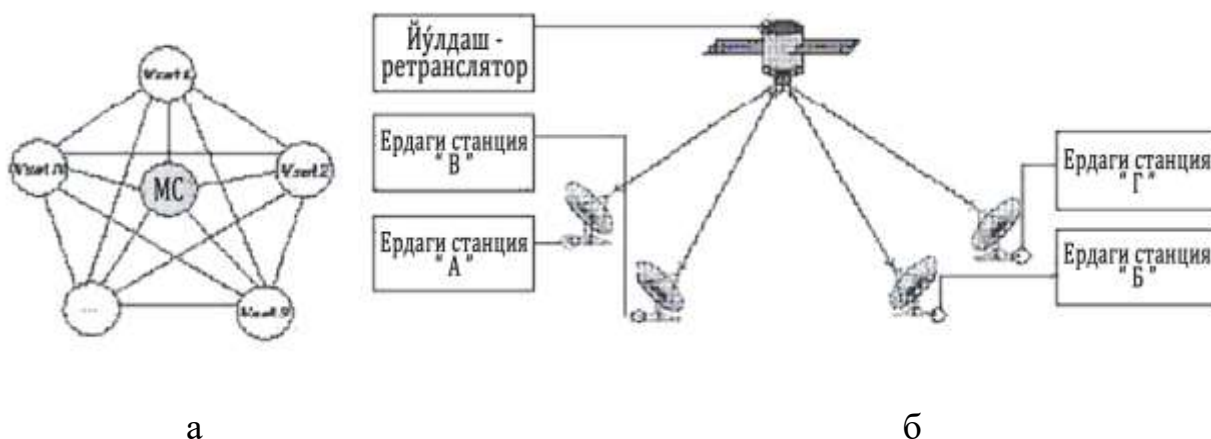
17.4-расм. «Юлдуз» («Star») турдаги VSAT йўлдошли тармоқнинг топологияси. а) умумий схема; б) тармоқ элементларининг ўзаро ишлаш схемси

“Юлдуз” туридаги тармоқларнинг характерли кўрсаткичлари бу нисбатан паст каналли тезлик ва узоклаштирилган VSAT станциялари ҳосил қилган трафикнинг нотекислиги ҳисобланади. Теасом компанияси ускунаси бундай турдаги ускуналарга мисол бўлади.

Бошқа томондан “Star” туридаги тармоқлардан қўшимча сервис сифатида қўшимча ТВ ахборотларни тарқатишни ташкил этиш таклиф қилинади. Масалан, шунга ўхшаш ечимни Shiron компанияси таклиф қилади.

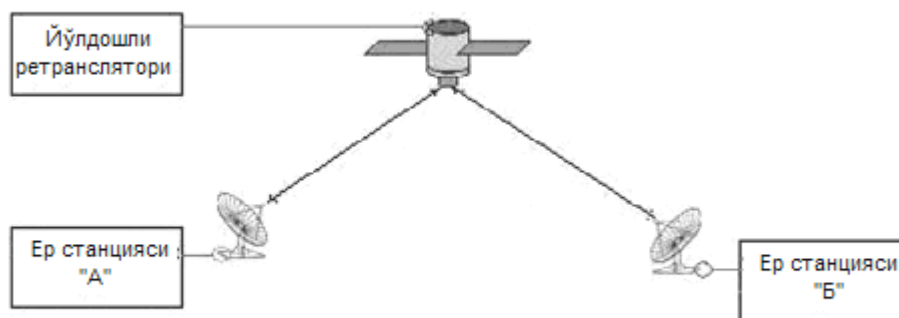
«Ҳар қайсиси ҳар қайси билан» (“Mesh”) топологияси. “Mesh” тармоғи топологияси VSAT станциясининг бир “сакраш”да боғланишини кўзда тутаяди, MEC (ёки тармоқнинг узоклаштирилган станцияси) эса ушбу ҳолатда чақирув ва боғланишни ташкил этишни таъминлайди. Бунда сигналнинг кечикиши икки марта камаяди ва 0.3 дан ошмайди деярли сезилмайди.

“Mesh” турдаги тармоқ умумий ҳолатда узоклаштирилган станциялар ўртасида ўзаро тенг ҳуқуқли алоқани кўзда тутаяди. “Star” топологияси билан солиштирганда, бу ҳолатда алоқа йўналишлари сони кескин ортади. Агар “Star” тармоқларида алоқа йўналишлари сони N тармоғи станциялари сонига тенг бўлса, бу ҳолатда эса йўналишлари сони $N \cdot (N-1)/2$ (17.5- расм) ташкил қилди. Шундай қилиб, “Mesh” туридаги тармоқлар катта функционал имкониятларга эгадир. “Star” туридаги тармоқларда ечиладиган масалалардан ташқари, сифатли телефонли алоқани, видеотелефонни ва ҳатто видеоконференциялар тармоғини ташкил қилиш имкониятлари мавжуд. Бундай тармоқни қуриш асосан минтақавий тарқалган бўлимларга эга бўлган йирик корпорациялар ишларини ташкил этиш учун узоклаштирилган ва етиб бориш қийин бўлган усулларни телефонлаштириш учун долзарбдир. “Mesh” турдаги тармоқлар учун DAMA кўп станциялли фойдаланиш технологиясининг турли хил модификацияларига характерлидир.



17.5-расм. «Ҳар қайсиси ҳар қайси билан» («Mesh») турдаги йўлдошли тармоқнинг топологияси. а) умумий схема; б) тармоқ элементларининг ўзаро ишлаш схемси

“Нуқта-нуқта” (Point-to-point) топологияси. “Нуқта-нуқта” топологияси, кўпроқ катта ва ўрта ўтказиш имкониятига эга бўлган магистрал линиялар космик сегментларга қайд этилган частоталар полосаси асосида иккита узоқлаштирилган VSAT терминаллари ўртасида икки томонлама алоқани таъминлайди. (17.6- расм).



17.6-расм. «Нуқта-нуқта» турдаги йўлдошли тармоқ топологияси.
(тармоқ элементларининг ўзаро ишлаш схемси)

Алоқанинг бундай схемаси каналлар вазифасидан кўп бўлганда (30-40 % кам бўлмаган) айниқса самаралидир. Бундай архитектуранинг афзаллиги алоқа каналларини ташкил этишнинг соддалиги ва турли хил протоколлар алмашувчи учун уларнинг тўлиқ шоффофлигидадир. Шундан ташқари, бундай тармоқ бошқарув тизимларини талаб қилмайди.

VSAT тармоқларни ташкил қилиш учун кўпинча “Ҳар қайси ҳар қайси билан” ва “Юлдуз” (17.4-расм) туридаги топологияли тармоқлар қўлланилади.

VSAT йўлдошли тармоқларида кўп станцияли фойдаланиш. VSAT йўлдошли тармоқларида ахборотни узатишни ташкиллаштиришда кўп станцияли фойдаланишдаги каналларни бўлишнинг учта асосий усуллари таянади, ва айнан: частотавий бўлиш (FDMA), вақт бўйича бўлиш (TDMA), кодли бўлиш (CDMA). Тармоқнинг ўтказиш имконияти ва нархини оптималлаш учун ҳар бир очик вазиятда бу усулларнинг мужассамлиги қўлланилади. “Star” туридаги тармоқ биринчи навбатда, умуман олганда сигналнинг кечикиши муҳим бўлмаган маълумотларни узатиш билан боғлиқ бўлган хизматларни таъминлайди. Бу масалаларни ечиш учун энг кўп тарқалган усул, бу- TDM/TDMA. Ҳар бир VSAT станциядан чиқаётган оқимлар вақт бўйича бўлинган ва МЕС га трансляция қилинади. Ижарага олунувчи частоталар полосасини минималлаштириш мақсадида турли хил “Aloha” протоколлари қўлланилади. Асосий вазифа шундан иборатки, коллизияга, яъни битта вақт мобайнида битта частотага

хар хил VSAT станциялари узатаётган ахборотларнинг бир-бирини қоплашига йўл қўймаслик керак. Бунда “Aloha” протоколи қанча мукамал бўлса, ахборотларнинг кечикиши шунча кўп бўлади.

МЕС да сигналлар тармоқнинг хоҳлаган абонентлик станцияси қабул қилиши учун етарли бўлган TDM (КА ретранслятор)нинг ягона рақамли оқимига коммутацияланади ва мультиплексирланади.

График вақт мобайнида етарли даражада мустаҳкам бўлган ҳолатда SCRC / PAMA технологияси қўлланилади. Бундай ечим реал масштабдаги вақтда фақат маълумотларни узатишни эмас, балки VSAT билан МБС ўртасида телефонли алоқани ҳам таъминлайди. SCRC / PAMA ва TDMA ларнинг мужассамлиги тармоқни икки сотали юлдузлар схемасида амалга ошириш имконини беради, бунда мустаҳкамланган PAMA каналлари магистрал ҳисобланади. “Mesh” тармоқларни ташкил қилишда бошқа масала долзарбдир. Ҳар бир абонентнинг ҳар бири билан алоқасини битта сакрашда таъминлаш зарур. DAMA технологияси кўпроқ тарқалган. У ҳар бир абонентга уларнинг ўзаро актив ишлашлари вақтидаги тармоқ захираларини ажратишни кўзда тутди. Бунда иккита асосий вариант бўлиши мумкин. Улардан биринчиси кўпроқ тарқалган SCPC / DAMA бўлиб, унда абонентнинг талабига кўра частотали канал ажратилган. Иккинчи вариант TDMA / DAMA га абонентнинг сўрови бўйича TDMA кадрида вақтинчалик слотларни динамик тарқатиш кўзда тутилади. Абонентлик станцияси учун канал операторини сўров турли хил усулларда амалга ошириши мумкин.

Шахсий ҳаракатдаги СҲА тизими. СҲА тизимининг келажак ривожи ва умумлашган характеристикалари.

Охирги пайтда Ўзбекистон Республикасида сотали, транкинг ва пейджинг алоқа аппаратлари одатий бўлиб қолди ва шахсий йўлдошли алоқа терминалларининг ҳам кенг тарқалиши кутилмоқда. Шунда ердаги ва йўлдошли тизимларнинг глобал алоқа тизимига бирлашуви амалга ошади, яъни глобал масштабга шахсий алоқа имконияти пайдо бўлади. ТЛФ рақамини териш йўли билан дунёнинг хоҳлаган нуқтадаги абонентга уланиш имконини таъминлаш мумкин бўлади. Бунинг учун йўлдошли алоқа тизимлари синовдан муваффақиятли ўтишлари ва тижоратда фойдаланиш жараёнида билдирилган техник тавсифлар ва иқтисодий кўрсаткичлари лозим.

Шахсий йўлдошли алоқа тизимлари ердаги ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари билан солиштирганда радиоалоқанинг маҳаллий ҳаракатдаги тармоғи хизмат кўрсатиш доирасидан ташқарида ҳам абонентларни алоқа билан таъминлашлари мумкин, чунки улар Ернинг аниқ бир жойига боғлаб

қўйиш бўйича чеклашга эга эмас. Йўлдошли алоқа тизимлари тақдим қилинадиган хизматлар бўйича учта асосий синфларга бўлинади:

- маълумотларни пакетли узатиш тизимлари (циркуляр хабарларни етказиш, турли объектлар ҳолати тўғрисидаги маълумотларни автоматик йиғиш);

- радиотелефонли алоқа тизимлари (сўзлашувли);

- Фойдаланувчилар турган жойининг координатасини аниқлаш тизимлар.

- Маълумотларни пакетли узатиш хоҳлаган ахборотларни рақамли узатиш учун мўлжалланган. Бундай тизимларда маълумотларни узатиш тезлиги секундига бир килобайтдан юз килобайтгача ташкил қилади, узлуксиз хизмат кўрсатиш мавжуд эмас, етказиб беришнинг тезкорлиги эса фойдаланувчи талабларига асосан аниқланади (электрон почта) .

Радиотелефонли алоқанинг йўлдошли тизимларда, қоидага асосан, халқаро стандартларга мувофиқ хабарларни рақамли узатишдан фойдаланилади. Бунда узаткичдан қабул қилгичгача трансляцияда сигналнинг кечикиши 0.3 дан ошмаслиги лозим, алоқа сеанси давомидаги сўзлашувлар эса узилмаслиги лозим. Радиотелефонли алоқанинг йўлдошли тизимида санаб ўтилган талабларни таъминлаш учун қуйидагиларни ҳисобга олиш керак :

- Йўлдош антенна нурларини белгиланган йўналишда ушлаб туриш учун аниқлашнинг юқори частотали тизим билан жиҳозланишлари керак;

- тизимида йўлдошлар сони хизмат кўрсатиш доирасини бутунлай ва узлуксиз қоплашни таъминлаш учун етарли бўлиши керак;

- алоқа каналларининг етарли миқдорини таъминлаш учун юқори частоталарда (1.5 GHz дан юқори) ишлайдиган кўп нурли антеннали тизимларни қўллаш лозим , бу антенналар ва космик аппаратлар (КА) конструкцияларини бир мунча мураккаблаштиради;

- йўлдош орқали алоқанинг кўп нурли антеннали тизимлар билан жиҳозлаш ва кўп сонли қиммат коммуникацион ускуналар тугунли (шлюзли) станцияларнинг мавжудлиги билан таъминланади. Ерда абонентларнинг турган жойлари ёки координатларини аппаратларнинг иккита туридан фойдаланиб, аниқланади:

- стандарт навигацияли аппаратни GPS ГЛОНАСС / НАВСТАР тизими, фойдаланувчилар координаталарини аниқлашнинг юқори аниқлигини таъминлайди.

- Махсус навигацион аппаратни шахсий алоқа ва шлюзли станциялар йўлдошлари сигналлари бўйича фойдаланувчилар координаталарини аниқлаш имконини беради, лекин камроқ аниқликда.

- Махсус навигацион аппаратлардан фойдаланган ҳолатда абонент координаталарини қуйидаги усулларда аниқлаш мумкин:

- шахсий алоқанинг йўлдошлари сигналлари бўйича;

- ердаги шлюзли станциялар сигналлари бўйича;

- йўлдошлар ва шлюзли станциялар бўйича;

Шахсий алоқа йўлдошли тизимларининг замонавий даражаси ва кейинги ривожланиши янги техник жорий қилиш эвазига амалга оширилади . Бундай ечимларга қуйидагилар киради:

- ретранслятор йўлдошли бортидаги сигналга ишлов бериш;
- ахборотлар алмашинувининг истиқболли тармоқли протоколларини яратиш;
- кам қувват истеъмол қилувчи арзон ихчам терминларни ишлаб чиқиш;
- коммуникацион ускуналар функционал қисимларини микроминалаштириш;
- қувватли қуёш батареяларни яратиш ва йўлдош вазни оғирлигини камайтириш;
- махсуслаштирилган БИС да махсус ЭҲМ ни ишлаб чиқиш;
- CDMA каналларининг кодли бўлиш билан қўп станцияли киришнинг ва тараққий парвар (прогрессив) усулларини қўллаш. Шахсий алоқанинг йўлдошли тизимларида турли орбиталарда жойлашган йўлдошлардан фойдаланилади.

ЕСЙ орқали шахсий алоқани ташкил этишда орбиталарнинг ўзига хос хусусиятлари.

КА боғловчилари орбиталари учта белгиси бўйича таснифланади:

- орбита шакли;
- Ернинг устки қатлами нуқталари устидан ўтиш даврийлиги;

Шакли бўйича орбиталар қуйидаги турларга бўлинади:

- айланавий , амалда рўйобга чиқиши қийин ва вақти – вақтида бортдаги двигителлар билан тузатиб туришни талаб қилади,
- айланавийга яқин, КА боғловчиларида жуда кенг қўлланилади , бунда орбиталарда апогей ва перигей баландликлари ўнлаб километрларга фарқ қилади;
- эллиптик, НА апогей ва Н п (перигей баландликлари сезиларли даражада фарқ қилади масалан : 38000-40000 km , Н п=400-500 km).

Йўлдошли алоқа тизимларда қўлланиладиган орбиталар турлари

- геостационар, айланавий экваториал орбиталар КА айланиш даври Ернинг айланиш даврига тенг ($T = 23\text{с } 56\text{ min}$) ; $H_a = H_p = 36000\text{ km}$.

КА ер экватори маълум нуқтаси устида доимий жойлашган ва катта кузатиш майдонига эгадир.

Ернинг устки қатлами нуқталари устидан КА ларнинг ўтиш даврийлигига қараб орбиталар қуйидаги турларга бўлинади:

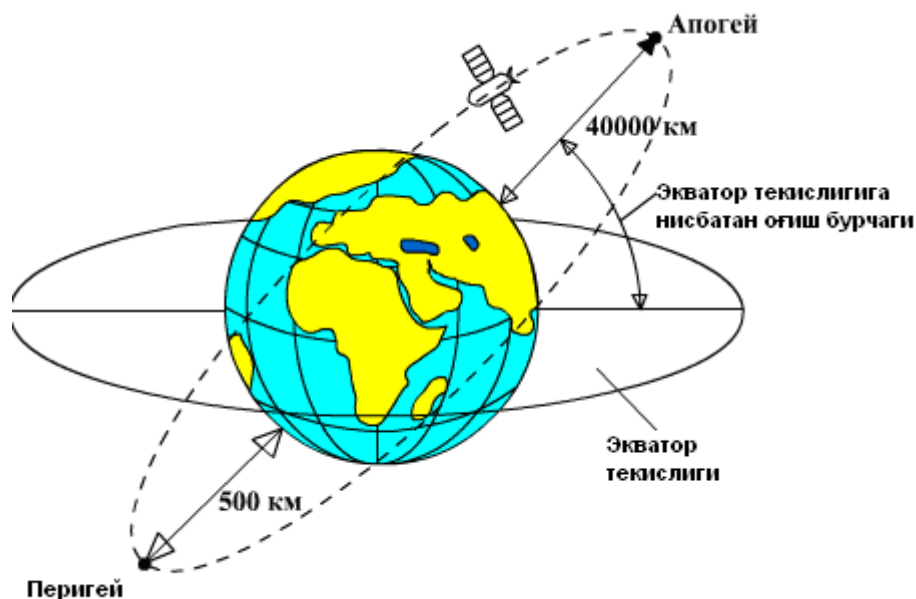
- изомаршрутлилар ва квазимаршрутлиларга бўлинувчи синхронли орбиталар, изомаршрутли шу билан характерланадики, КА орбиталар проекциялари ернинг устки қатлами (трассалар) билан ҳар суткада бир бирини қоплайди, квазимаршрутлида эса бир неча суткада бир марта;
- носинхронли орбиталар шуниси билан характерлики атрофида КА нинг хоҳлаган иккита айланишига мос келувчи трассалар бир бирини қопламайди;

- орбитанинг эгилишида ернинг экватор текислиги билан КА орбиталари ўртасида бурчак ҳосил бўлади (17.7 расм). Бурчак экватор текислигидан

орбита текислигига қараб соат стрелкаси йўналишига тескари йўналишда ҳисобланади ва 0^0 дан 180^0 гача ўзгариши мумкин. бу белги бўйича орбиталарнинг қуйидаги турлари мавжуд:

- тўғри орбиталар (эгилиш $a \geq 90^0$)
- тескари орбиталар (эгилиш $a \geq 90^0$)
- экваториал орбиталар (эгилиш $a = 90^0$)

$a=0^0$ да КА ер айланиши йўналиши бўйича ғарбдан шарқга ҳаракатланади ва геостационар деб аталади, $a = 180^0$ да эса КА ер айланиши йўналишига қарама-қарши шарқдан ғарбга айланади.



17.7-расм.

КА орбиталарининг кейинги ўзига хос хусусияти процессия ҳисобланади бу КА орбиталари текисликларининг ўзгариши (процессияга) (апогей ва перигейларни бирлаштирувчи апогей чизикларнинг ўзгариши) олиб келувчи ернинг нософериклиги ва унинг массасининг нотекис тарқалганлиги туфайлидир. Айтиб ўтилган прецессиялар (ўзгаришлар) тезлиги орбита шаклига, апогей ва перигей баландлигига, шунингдек эгилишига боғлиқдир. Натижада орбита текислигининг прецессияли КА ни дастлаб орбитага олиб чиқилгандаги ҳолатига нисбатан кўтарилувчи ва пасаяувчи тугунлари (узел)нинг силжишига олиб келади. Прецессия ўлчами ернинг гравитацион майдони кучланганлигига боғлиқ. Гравитацион кучланганликнинг ортиши экватор йўналишида КА ҳаракати тезлигининг ортиши эвазига экватор яқинлигида орбитанинг “тўғриланиши” га олиб келади. Бунда тўғри орбитада ҳаракатланаётган КА эса ҳаракат давомида ўнгга оғади, яъни биринчи ҳолатда прецессия ғарб йўналишида , иккинчида эса шарқ йўналишида боради.

КА боғловчи орбиталар баландлиги бўйича қуйидагилар бўлинади.

- қуйи орбитали гуруҳлар (700 – 1500 km)

- ўртабаландликдаги орбиталар (5000 – 1500)
- геостационар космик (36000 km)

Қуйи орбита гуруҳлар баландлик диапазонлари шу билан тушунтириладики, 700 km дан пастда атмосфера зичлиги баланд ва эксцентриситет камайиши юзага келади, шунинг апагей баландлиги секин – аста камайиб боради. Ўз навбатида, орбита баландлигининг камайиши ёнилғи сарфланишининг ортишига ва берилган орбитани ушлаб туриш учун услублар частотасининг ошишига олиб келади. 1500 km дан юқорида биринчи нурланиш минтақаси (радиационный поле) жойлашиб, унда бортдаги электрон аппаратларнинг ишлашининг иложи йўқ.

Қуйи орбиталардаги тизимлар ўрта баландликдаги КА ларда фойдаланувчи тизимлар ўрта баландликдаги ва геостационар орбиталарга караганда радиолинияларининг яхшироқ энергетик тавсифларига эга.

Аммо, уларга КА активлик муддати бўйича бой беради, чунки КА қуйи орбитада 100 минг атрофида айланиш вақтида деярли 30 минг соя жойга тўғри келади ва бўртдаги аккумуляторлар қуёшли батареялардан йилига 5 минг цикл заряд/разряд олади. Ўрта баландликдаги орбиталар учун давр 6 соатни ташкил қилади, соя жойга эса фақат бир неча минут тўғри келади. Қуйи орбитада жойлашган КА нинг яна бир камчилиги у абонентнинг тўғри кўриш майдонига фақат 8-12 минг тушади. Хоҳлаган абонентнинг узлуксиз алоқасини таъминлаш учун шлюзнинг станциялар ёки йўлдошлар аро алоқа каналлари ёрдамида узлуксиз алоқани таъминловчи қўлаб КА ларга эга бўлиши лозим.

Ўрта баландликдаги орбиталар Ван Алленнинг биринчи ва иккинчи нурланиш минтақалари ўртасида жойлашган. Бундай орбиталардаги КА лардан фойдаланувчи тизимларда сигналнинг тарқатилиш вақти 130 мс ни ташкил қилади, бу инсон эшитиши учун сезиларлидир. Бундан ташқари, йўлдош – ретранслятор ва абонент тўғри кўриш майдони қуйи орбитанинг КА дан фойдаланганга нисбатан кам ва шу туфайли узлуксиз алоқани таъминлаш учун йўлдошлар сони камаяди. Орбиталар баландликлари ошиши билан хизмат кўрсатиш майдони ўлчамли ва вақти ошиб боради, натижада бир хил территорияни қоплаш учун кам сонли йўлдошлар талаб қилинади.

Ҳозирги даврда шахсий радиоалоқа масалаларини ечиш учун йўлдошли тизимларда қуйи (айланали ёки айланага яқинроқ), ўрта баландликдаги (айланали ёки эллиптик) ва геостационар орбиталарда жойлашган КА лардан фойдаланилади.

Шахсий алоқа йўлдошли тизимларининг тузилиши.

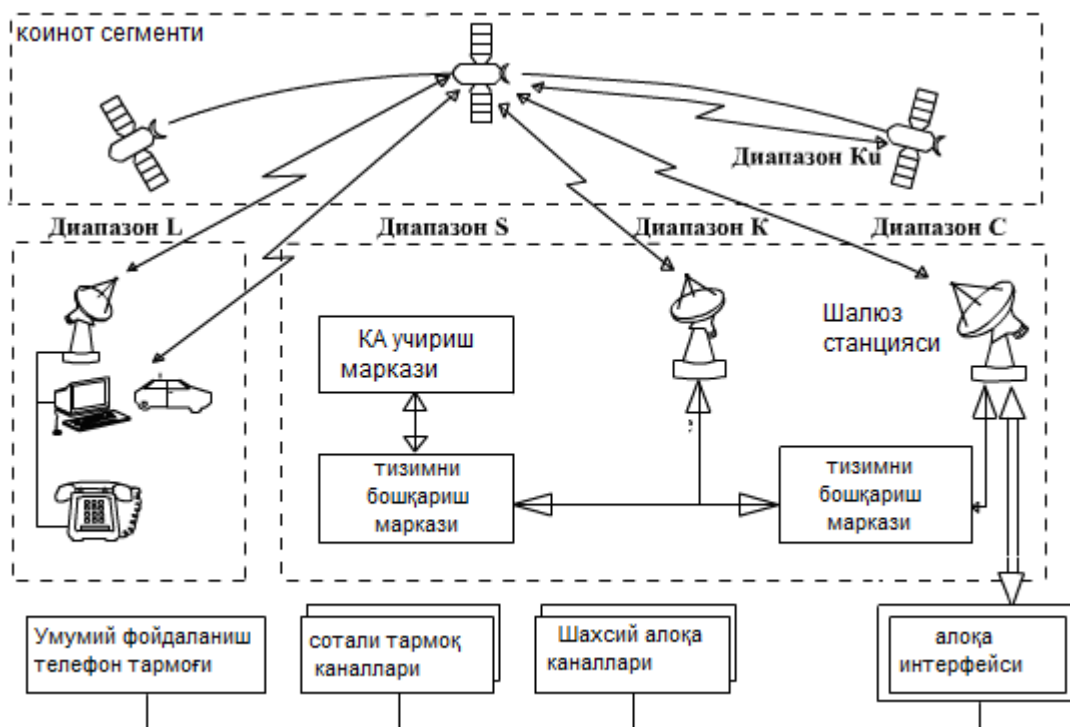
Хоҳлаган йўлдошли алоқа тизими (17.8-расм) таркибига қуйидагилар киради:

- бир нечта йўлдош – ретранслятордан ташкил топган космик сегмент;

- тизимли бошқарув маркази КА ўчириш маркази, қўмондонлик–ўлчов станциялари, алоқани бошқарув маркази ва шлюзли станцияларни ўз ичига олган ердаги сигмент;

- шахсий йўлдошнинг терминлар билан алоқани ташкил этиш учун хизмат қилувчи – абонентли (фойдаланувчи) сигменти;

- ердаги алоқа тармоқлари билан боғловчи йўлдошли тизимларнинг тузулишли (шлюзли) станциялари.



17.8-расм. Шахсий алоқа йўлдошли тизимларининг тузилиши.

Йўлдош – ретронсляторларнинг орбиталарда жойлаштирилиши ва ўзаро ҳалақит бермаслигини таъминловчи частоталардан фойдаланиш радио бўйича халқаро маслаҳат қўмитаси (РХМК) ва частоталарни рўйхатга олиш халқаро қўмитаси (ЧРХК) томонидан ҳал қилинади.

Космический сегмент

Космический сегментга кирувчи йўлдошли ретронсляторлар космический гуруҳни ҳосил қилади ва қоидага асосан, маълум орбиталарда бир текис жойлашади. Йўлдош ретронслятор қуйидаги асосий элементлардан ташкил топган:

- марказий процессор;
- бортдаги ретронсляция мажмуаси радиоэлектрон ускунаси (БРТК);
- антенналар тизимлари;
- мўлжаллаш ва барқарорлаштириш тизимлари;
- ҳаракатлантирувчи қурилма;
- электр таъминот тизимлари (аккумуляторлар ва қуёшли батареялар).

Йўлдошли ретрансляторларнинг умумлаштирилган тузулиш схемаси 17.9-расмда келтирилган.



17.9- расм. Йўлдош-ретрансляторнинг умумий тузилиш схемаси.

Ернинг бутун майдонини ишончли қамраб олиш учун қуйи орбитали гуруҳда асосан ўнлаб йўлларда йўлдошлар керак бўлади (Teledesic лойиҳасида йўлдошлар сони мингтага яқинлашмоқда). Маълумки, орбита баландлиги ошиши билан керакли йўлдошлар сони камаяди, чунки кўриниш вақти ва майдони ошади, бу эса ўз навбатида орбитал гуруҳларнинг нархини пасайтиради. Аммо, бунда масофаларнинг катталашishi туфайли шахсий йўлдошли терминаллар мураккаблaшaди ва нархлари қимматлaшaди. Шундай қилиб, шахсий алоқа йўлдошли тизими танлаганда орбитал гуруҳлар сони ва нархи бир томондан, шахсий йўлдошли терминаллар мураккаблиги ва нархи иккинчи томондан келишишлари лозим бўлади.

КА ни ўчириш ва тизимни бошқарув марказининг ердаги сегменти.

КА ни ўчириш маркази ўчириш дастурини аниқлайди ва ўчириш амалга оширилгандан кейин ўчишини актив қисмида ҳаракат йўлини ўлчайди, кейинчалик тузатиш учун тизимни бошқарув марказига трансляция қилинади. Кейин КА бошқариш тизимида бошқарув марказида топширилади ва у бошқаришни қўмондонлик ўлчов станциялари ёрдамида қуйидаги дастур бўйича амалга оширилади:

- КА нинг қуёшли батареялари очилади;
- КА ни асосий орбитага ўтказиш учун қисқа вақтда тузатувчи ҳаракатлантирувчилар қўшилади;
- КА нинг бортдаги ускуналари аҳволини назорат қилиш учун телеметрик ахборотлар ошади.

Тизимни бошқарув маркази (ТБМ) орбитал гуруҳнинг ҳар бир КА дан келаётган телеметрик ахборотлар асосида , КА ни кузатишни , уларнинг координаталарини ҳисоблашни, вақти солиштириш ва тузатишни, бортдаги аппаратларнинг ишга яроқлилигини ташхис қилиш, расмий ахборотни узатиш ва ҳокозо амалга оширади. ТБМ қоидага асосан, минтақавий тарқалган қўмондонлик –ўлчов станцияларидан ташкил топган бўлиб, етарли даражадаги юқори тезкорликда қуйидагиларни таъминлаш имконини беради:

- маълум орбитага КА ни чиқариш аниқлиги ва ўчиришни назорат;
- ҳар бир КА аҳволини назорат қилиш;
- алоҳида КА орбитани бошқарув ва назорат;
- КА ни орбитал гуруҳ таркибидан чиқариш.

КА ларда расмий ахборотларни узатиш қўмондонлик – ўлчов тизимининг минтақаларга тарқатилган асосий ва захирадаги станциялари орқали амалга оширилади.

Алоқани бошқарув маркази ва шлюзли станциялар.

Шлюзли станциялар таркибига ўзларининг кузатувчи параболик антенналари билан учтадан кам бўлмаган қабул қилиб узатувчи маълумотлар киради. Бир нечта қабул қилиб узатувчи мажмуалар КА нинг биттасидан иккинчисига ўтишда алоқанинг узлуксизлигини таъминлаш учун керак бўлади. Масалан, биринчи мажмуа КА билан алоқага киришса, иккинчи мажмуа эса $i+1$ -м КА да алоқага киришади. Кейин биринчи мажмуа i КА кўришиш майдондан кетгандан сўнг $i+2$ -м КА билан алоқага киришади, иккинчи мажмуа эса $i+1$ КА майдонидан кетгандан сўнг $i+3$ -м КА билан алоқага киришади ва ҳ.к. учинчи мажмуа захирада бўлади.

Шлюзли станцияларнинг асосий вазифалари дуплексли телефон алоқани ташкил қилиш, факсимал хабарлар ва катта ҳажмдаги маълумотларни узатишдан иборат. Бу вазифаларни бажариш учун шлюзли станциялар таркибига тез ишлайдиган, шахсий терминаллар маълумотлари банкига эга бўлган ЭХМ шунингдек ердаги турли алоқа тизимлари билан боғлаш учун коммутация ускуналари (алоқа интерфейси) киради.

Алоқани бошқарув марказида алоқани таҳлил қилиш ва назоратни, шунингдек бошқарувни миллий шлюзли станциялар орқали амалга оширади.

Шахсий фойдаланувчи сегмент.

Шахсий алоқа йўлдошли тизимлари қуйидаги хизмат кўрсатиш турларини амалга оширишга мўлжалланган:

- шахсий йўлдош терминалга эга бўлган абонентлар ўртасидаги ўзаро алоқа;

- шахсий йўлдошли терминаллар абонентларининг телефондан умумий фойдаланиш тармоғи пейджингли ва уяли тармоқлар шунингдек шлюзли станцияларнинг алоқа интерфейсларига уланган хусусий алоқа каналлари абонентлари билан дуплексли алоқа;

- ССПС абонентларининг турганларини (координаталарини) аниқлаш;

КСАТ ни ташкил қилишда, кўчма шахсий йўлдошли терминаллари (оғирлиги 700 g гача) ва мобил терминаллар (оғирлиги 2.5 kg гача)

қўлланилади. Ушбу терминаллар уяли алоқа тизимидаги каби абонентлар ўртасидаги алоқани 2 секундда ўрнатишга қодир.

Мавжуд йўлдошли терминаллар қуйидаги турларга бўлинади:

- Ихчам (портатив) терминаллар (йўлдошли ТЛФ);
- Кўчма шахсий терминаллар;
- Авто, ҳаво ва денгиз транспорт воситалари учун мобил терминаллар;
- Кичик габаритли пейджингли терминаллар;
- Жамоа бўлиб фойдаланиш учун терминаллар.

КСАТ амалда уяли алоқа частоталар диапазони 450-1800 MHz га мос келувчи 137-900 MHz ва 1970-2520 MHz диапазонда ишлайди. Йўлдошли алоқада узаткич қуввати катта эмас (Iridium тизими йўлдошли терминали учун 15-400 mW) ва уяли радиотелефон қувватидан ошмайди.

Таъкидлаш лозимки, шахсий йўлдошли терминалларнинг саноатдаги намуналарининг камчиликлари тўлдирилмоқда, аммо кўрсатиладиган хизматлар доираси етарли даражада кенг, шакли эса оддий уяли радиотелефонга яқинлашмоқда.

Охириги вақтда 2.5 m гача диаметрдан антеннали VSAT (кичик йўлдошли терминалли алоқа тизимлари) технологияси асосидаги алоқа тизимлари кенг тарқалмоқда. VSAT терминалларида ахборотларни узатиш тезлиги 64 kbit/s дан то 2048 kbit/s гача ўзгариши мумкин, терминалнинг ўзи эса бевосита фойдаланувчи иш жойига яқин ўрнатилади.

Глобал йўлдошли алоқа тизимлари бир хил (стандарт) хизматлар тўпламини тавсия қилади:

- телефонли алоқа;
- факсимия хабарини узатиш;
- маълумотларни узатиш;
- абонент турган жойини аниқлаш;
- глобал роуминг.

Бу хизматларнинг барчаси сўров бўйича канал ажратилши тартибида амалга оширилади, бунда хизмат кўрсатишга кетадиган вақт 2 секунддан ошмайди.

Йўлдошли алоқанинг қуйи орбитали тизимлари.

Қайд қилиб ўтилгандек, қуйи орбитали йўлдошлар LEO (Low Earth Orbit) орбиталари баландлиги 700-1500 km чегарасида бўлган ва таркибида биттадан тортиб оғирлиги 500кг гача бўлган кичик йўлдошлар гуруҳига эга бўлган КА киради. Ер майдонини қамраш учун турли текисликларда ётувчи КА орбиталари қўлланилади.

Йўлдошли алоқа қуйи орбитали тизимларининг фазилати бу шахсий алоқа хизматларини кўрсатиш имкониятлари ҳисобланади, бунга ернинг хоҳлаган нуктасида жойлашган кичик габаритли арзон йўлдошли терминаллардан фойдаланувчи радиотелефонли алмашинув ҳам киради.

Аҳолиси зич бўлмаган ва телекоммуникация тармоқлари заиф ривожланган минтақаларда унга альтернатив йўқдир.

Йўлдошли алоқа қуйи орбитали тизимнинг кейинги фазилати шундаки, радиотелефоннинг узлуксиз нурланиш қуввати (50W) бўлиб, ЎЮЧ нурланишдан инсонни биологик ҳимоя қилиш талабларидан ошмайди. Геостационар орбитада жойлашган йўлдош томонидан бундай қувватдаги сигнални самарали қабул қилиш КА ни мураккаблаштиради, катта антенналарни қўллашни ва аниқ позицияда бўлиши талаб қилади. Қуйи орбитада жойлашган йўлдошнинг радиочизиқлари узунлиги анча кам ва шунинг учун КА нинг мураккаблашиши масаласи унга кескин эмас ва кўпроқ содда ва арзон антенналарни қўллаш мумкин.

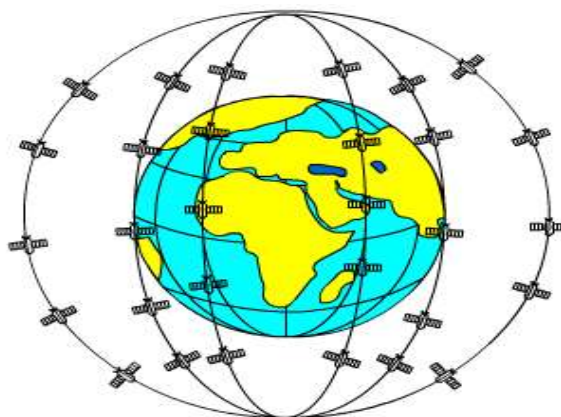
Йўлдошли алоқа тизимларини жорий этишнинг бошланишида қуйи орбиталар деярли қўлланилмаган. Аммо, ҳозирги вақтда телекоммуникация бозорининг 35 % хизматлари қуйи орбитали йўлдошли тизимлар томонидан тақдим қилинади. Улардан энг машҳурлари Iridium ва Globalstar бўлиб, бундан ташқари яна ҳар хил фирмалар томонидан 40 га яқин реал амалга ошириш мумкин бўлган қуйи орбитали тизимларни барпо қилиш лойиҳалар режалаштирилган. Шунинг учун коммутация ускунаси тўғрисидаги маълумотлар банкда сақланади. Тўғри кўринишда жойлашган КА лар билан навбатма-навбат алоқани ушлаб турадиган иккита қабул қилиб узатувчи мажмуа доимо иш жараёнида бўлади ва учинчиси эса – заҳирада туради.

Iridium йўлдошли алоқа тизими. Iridium лойиҳаси Motorola Inc ва Япониянинг етакчи фирмалари (DDI), АҚШ нинг (Sprint, Lockheed ва Raytheon), Россиянинг (М.В. Хруничев номли Давлат коинот илмий – ишлаб чиқариш маркази) ва бошқа компанияларнинг биргалигидаги кенг халқаро ҳамкорлик асосида ташкиллаштирилган. Авваллари космик сигмент 77 та КА дан ташкил қилинади деб тахмин қилинарди, аммо айрим сабабларга кўра космик гуруҳдаги КА лар сони 66 гача (Менделеев жадвалида 77-чи элемент бўлиб Iridium ҳисобланади).

Кўшни КА ларнинг орасидаги масофанинг минимал қийматини таъминлаш мақсадида орбита гуруҳларининг орбитал текисликлари аро бурчаклар фарқи 27° га тенг қилиб олинган (17.10-расм).

Орбиталар квазиқутбли бўлиб, қиялиги $i = 86,4^\circ$, текисликлар сони – 6, ҳар бир текисликда 11 та КА, орбиталар баландлиги 780 km тенг, бир текисликда жойлашган КА лар орасидаги бурчакли масофа - $32,7^\circ$ ва КА нинг Ер атрофида айланиш даври - 100 минутдир.

Iridium йўлдошли алоқа тизими глобал кўчма (ҳаракатдаги) шахсий алоқани «ҳар ким ҳар ким билан» принципида йўлдошлар аро алоқа асосида ташкил қилинган бўлиб қуйидаги хизматларни тақдим этади:



17.10 –расм. Iridium йўлдошли алоқа тизимининг тузилиш схемаси.

- дуплексли радиотелефон алоқа;
- факсимил алоқа;
- маълумотлар узатиш;
- шахсий терминалга эга бўлган абонентлар орасидаги алоқа;
- умумий телефон тармоқлари абонентларинг йўлдошли шахсий терминаллардан фойдаланувчилар билан алоқа ўрнатиш;
- огоҳлантириш сигналларини пейджерга узатиш;
- абонент жойлашувини (координаталирини) аниқлаш.

Санаб ўтилган хизматлар кичик ўлчамли шахсий (вазни 700 g гача) ва мобил (вазни 2,5 kg гача) бўлган шахсий (кодли номер ва бирламчи жойланиш ҳудуднинг адреси белгиланган миллий шлюз станцияларда қайд қилинган) терминал орқали амалга оширилади.

Қуйи орбитали гуруҳларининг ҳар бир КА Ер даги соталар билан диаметри 640 km бўлган ҳар қандай нур учун нурланувчи 48 та нурларни шакллантиради.

Йўлдош остидаги майдоннинг умумий диаметри тахминан 4500 km ни ташкил қилади. Бутун гуруҳ эса квази яхлит йўлдош ости майдонини ҳосил қилади, ва бу Ер устки қатламини бутунлай қоплайди.

Йўлдош ости майдони КА лар да жойлашган ўз навбатида саккизта нур олтитадан антеннали фазали панжаралар (АФАР) ёрдамида ҳосил қилинади. Бундай йўналтирилган кўп нурли антенналарни қўллаш эвазига тизимда ишчи частоталардан бир неча бор такрорий фойдаланилади. 1616.0 – 1626.5 MHz диапазонидаги частоталар тизимида 150 дан ортиқ марта такрорланади. Iridium тизими радиоалоқалари частоталар диапазони 17.1 жадвалда кўрсатилган.

17.1 -жадвал. Iridium тизими линияларининг частоталар диапазони.

Диапазонлар номи	Радиолиния	Частоталар диапазони	Каналнинг частоталар полосасининг кенглиги
L	"абонент - КА"	1616,0 - 1626,5 MHz	126 kHz
L	"КА - абонент"	1616,0 - 1626,5 MHz	280 kHz
Ka	"КА - шлюзовая станция"	19,6 GHz	100 MHz
Ka	"шлюзли станция - КА"	29,1 - 29,3 GHz	100 MHz
Ka	Йўлдошлар аро алоқа "КА - КА"	23,18 - 23,38 GHz	200 MHz
Буйруқ ёки ТЛМ – ахборот			
Ka	"Ер - КА" (РЛ)	29,1 - 29,3 GHz	-
Ka	"КА - Ер" (ТЛМ)	19,6 GHz	-

Iridium тизимида кўп станцияли кириш ҳажми ҳар бир сота учун каналларни вақт бўйича ажратиш ва оралиқ соталар (FDMA) учун частоталар бўйича ажратиш билан алоқа қилинади. Рақамли сўзлашув сигнали ФМ – 4 ёрдамида узатилади, яъни сузлашув ахбороти рақамли ҳолатда 2 марта сиқилади.

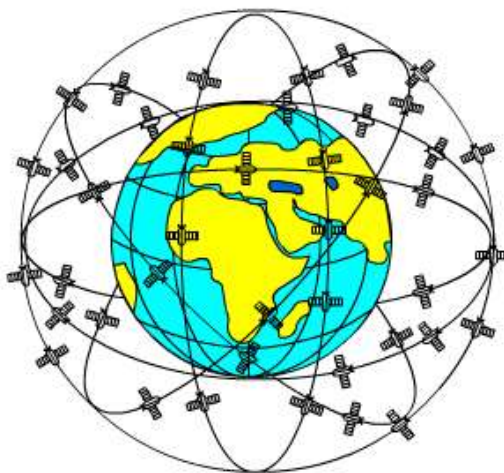
Сиқиш тўғрисидаги ахборот ва циклик ва тактли синхронлаштириш сигналлари “КА – абонент” радио линияда 4 та радио каналдан фойдаланувчи бошқарув канали бўйича узатилади. Радио телефонли ахборотларни узатишда хатолик билан қабул қилиш эҳтимоллиги 10 – 3, рақамли маълумотларни эса 10 – 6 га тенгдир. Тизимнинг КА орбитал гуруҳи Ернинг сиртида тахминан 2150 та соталарни ҳосил қилади, ўтказиш қобилияти 3835 дуплексли ТЛФ каналларни ташкил қилади.

КА орбитал гуруҳида йўлдошлар аро алоқа ҳар бир КА нинг у билан бир орбитал текисликда жойлашган иккита КА ва ёнма – ён (чап томондан ўнг томондан) орбитал текисликда жойлашган иккита КА билан радиолиния ташкил қилиш йўли билан амалга оширилади. Бунинг учун ҳар бир КА да кучайтириш коэффиценти 35 dB ва +5⁰ гача аниқликда йўналтириш диаграммаси бошқариладиган тўртта тирқишли панжарали антенналари мавжуд. Фойдаланиладиган частоталар полосаси 26.18 – 23.38 GHz диапазонда 200 MHz кенгликга эга ва 25 Mbit/s тезликдаги алоҳида алоқа каналларини ҳосил қилувчи 8 та алоҳида частоталар полосасига бўлинган.

Шлюзли станциялар тез ишлайдиган ЭХМга эга бўлган 3 та қабул қилиб узатувчи қурилмалардан ташкил топган. Бу ЭХМ ларда шахсий терминаллар ва ТЛФ билан умумий фойдаланиш алоқа тармоқлари учун коммутация ускунаси тўғрисидаги маълумотлар банки сақланади.

Тўғри кўринишдан жойлашган КА лар билан навбатма – навбат алоқани ушлаб турадиган иккита қабул қилиб узатувчи мажмуа доимо иш жараёнида бўлади, учинчиси эса захирада.

Globalstar йўлдошли алоқа тизими. Globalstar тизимининг орбитал гуруҳи 1400 km баландликда 8 та айланали орбиталарнинг ҳар бирида олтитадан жойлашган 48 та қўйи орбитали йўлдошлар – ретрансляторлардан ташкил топган. Орбитанинг $i=52^{\circ}$ га қияланиши ўрта кенгликларда абонентларга максимал тез – тез хизмат кўрсатишга имкон беради, қутбли ҳудудлар эса (70° дан юқори ш.к. ва ж.к.) космик сегмент хизматидан фойдаланмайдилар (17.11 – расм).



17.11-расм. Globalstar тизимнинг орбитал гуруҳлари.

Тизимда йўлдошлар аро алоқа мавжуд эмас, аммо ернинг сиртини доимий равишда икки марталаб қоплаш кўзда тутилади ва бу қуйдагиларга имкон беради:

- бир йўлдош турли хил нурларнинг таъсир қилиш зонасидан бошқа йўлдошлар таъсир қилиш зонасига ўтишда алоқанинг узлуксизлигини таъминлаш;

- жойнинг рельеф қатламлари таъсири натижасида ҳосил бўлувчи терминал қабул қилувчи антеннасининг қоронғилашув эффектини йўқотиш эвазига кўчма ҳаракатдаги абонентлар билан алоқанинг ишончилигини сезиларли даражада ошириш.

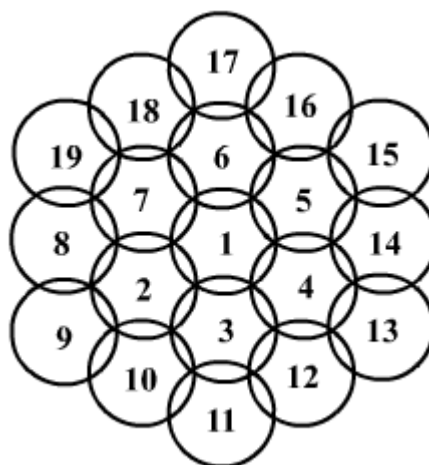
Globalstar тизимининг тавсифлари 17.2 жадвалда келтирилган. Тизим ТЛФ, факсимил ва пейджинг алоқани таъминлашга, абонентлар турган жой (координаталар) ни аниқлашга, шунингдек хизмат (буйруқ) ахборотларнинг сигналларини узатишга мўлжалланган. Ахборотни узатиш сигналларни код билан бўлиб (CDMA), кенг поласали шовқинсимон сигналларни (КПШС) қўллаган ҳолда амалга оширилади. КПШС (ШПС) ни ҳосил қилиш учун битта манба билан шаклландувчи, лекин пилот – сигналга нисбатан силжиган Уолш кетма – кетлигидан фойдаланилади. Пилот – сигнал Уолш

функциясининг нолли кетма – кетлигида узатилади (ҳамма белгилар ноллар). КПШСни қўллаш бегона объектлардан акс этган сигналларни қўп каналли қабул қилгичлар ёрдамида асосий сигнал билан қўшиш имкониятини беради. Бу эса тизимнинг ҳалақитдан ҳимояланганлигини оширади. Ундан ташқари у абонентнинг бир нур таъсир қилиш зонасидан бошқасининг таъсир зонасига алоқани йўқотмасдан “юмшоқ” ўтишни амалга ошириш имконини беради (17.12-расм).

17.2. жадвал. Globalstar тизимнинг таснифи.

Тизимнинг номи	Globalstar
Орбита тури	LEO
Йўлдошлар сони	48
Орбита баланлиги, km	1400
Орбитанинг қиялиги, град	52
Йўлдошнинг оғирлиги, кг	450
Истеъмол қиладиган қувват, Вт	1200
Нурлар сони	16
Йўлдошнинг хизмат қилиш муддати, йил	
Қўп станцияли фойдаланиш услуги	CDMA/FDMA
Частота диапазони, MHz	1610-1626,5 (қабул) 2483,5- 2500 (узатиш)
Каналлар сони, 4,8 kbit/s га эквивалент	
Бўғин станциялар сони	150-210

Расмдан кўриниб турибдики, каналларни вақт бўйича ва частотали ажратиш тизимларидан фарқли равишда ўтишларда абонент алоқаси иккита нур билан улардан бирининг сигнал даражаси белгиланган миқдордан камаймагунча ушлаб турилади. Бундай алгоритм бошқа тизимларга хос бўлган ўтишлардаги чиқиллашдан (шелчок) қутилиш имконини беради ва узлуксиз алоқа эҳтимоллигини оширади. Каналда рақамли оқимли ўтказиш тезлиги ўзгарувчан (1200-9600 bit/s) бўлиб CDMA қабул қилгичи билан биргаликда юқори ўтказиш имкониятини, шунингдек сўзлашув паузасида расмий (буйруқ) ахборот сигналларини узатиш имкониятини аниқлайди. Тизимнинг йўлдошли ретраисляторлари абонент координаталарини 10 km ҳудудда аниқлайди, агар координаталар шлюзли станциялар иштирокида аниқлашса, у ҳолда аниқлик 300 метргача етади.



17.12-расм. Globalstar тизимнинг ишлаш алгоритми.

Абонентлик терминаллари, қоидага асосан универсал бўлиб, алоқа хизматларини тавсия қилади ва объект турган жойини аниқлайди ва улар икки турга бўлинади:

- мобил;
- кўчмас.

Мобил терминаллар ихчам (портатив) ва улар уяли алоқанинг ҳаракатдаги станциялари билан бирлашган. Ўз навбатида, улар қуйидаги вариантларга бўлиниши мумкин:

- икки модулли вариант – Globalstar. (GS) ва AMPS;
- икки модулли вариант - GS ва GSM;
- икки модулли вариант - GS ва PCS;
- уч модулли вариант - GS, AMPS ва CDMA;
- стандарт абонентлик терминали –фақат GS учун.

Портатив абонентлик терминалларнинг қувати 0,6 W, кўчмасда эса- 3 W. Globalstar тизимида йулдошлараро алоқа мавжуд эмас, шунинг учун шлюзли станциялар сони катта (бир неча юзгача). Шлюзли станциялар таркибига бири-бирига ўхшаш тўртта қабул қилиб узатувчи мажмуалар ўзларининг 3,4м диаметрли кузатувчи парабolik антенналари билан киради. ТЛФ ва пейджингли каналларнинг маълумотларни узатиш каналларини ташкил қилиш ва сақлаш, шунингдек ҳаракатдаги кўчма объектлар координаталарини аниқлашни таъминлаш шлюзли станцияларнинг асосий вазифалари ҳисобланади. Бундан ташқари ҳар бир абонентдан келган сигнал сатҳини ўлчайди ва уни бўсағавий сигнал билан солиштиради, сўнг абонентлик терминалга унинг қувватини оширишга ёки камайитиришга буйруқ беради.

Globalstar тизимининг орбитал қурилиши АҚШ ва Ғарбий Европа минтақаларига мослашган. Кўриб чиқилган ҳаракатдаги кўчма радиоалоқа қуйи орбитали йулдошли тизимларидан ташқари ишлаб чиқариш босқичидаги кўплаб бошқа ”Гонец”, ”Глобсат” ва ҳ. к.. каби лойиҳалар мавжуд.

Йўлдошли алоқанинг ўрта орбитали тизимлари.

Йўлдошли алоқанинг ўрта орбитали тизимлари МЕО йўлдошли алоқанинг ўрта орбитали тизимларида КА лар 5000-6000 km бландликдаги орбиталарда жойлашган. Бундай йўлдошларда кўриш вақти бир неча соатга етади ва шунинг учун КА сонини 10-12 тагача камайтириш мумкин ва ундан ташқари абонентлик терминаллари тагидан “кузатадиган” бурчакларни оширади. Йўлдошлар оғирлиги 1000 kg атрофида бўлади. Бундай МЕО тизимлардан кўпроқ машҳурлари Inmarsat, Odyssey, ELLIPSO ҳисобланади. МЕО-тизимлари архитектуралари афзаллиги шундаки, йўлдошлар орбитал гуруҳлари ва абонентлик терминалларида ташқари шлюзли станцияларнинг радиочастотали, чизиқли коммутацияловчи ускуналарининг мажмуаси мавжуд бўлиб, улар КСАТ нинг мобил ёки турғун абонентларини ТЛФ тармоғидан умумий фойдаланиш абонентлари ва бошқа ердаги тармоқлар ва хизматлар, уяли радиоалоқа тизимлари билан боғлашга мўлжалланган.

INMARSAT йўлдошли алоқа тизимлари. Inmarsat денгиз йўлдошли алоқанинг халқаро ташкилоти биринчи Inmarsat-A тизимни 1982-йилда фойдаланишга топширди ва у сафардаги денгиз кемаларини ишончли алоқа билан таъминлашга мўлжалланган. Кейинчалик бу тизимдан куруқликдаги ва ҳаво хизматларида фойдалана бошлади. Хизматлар тижорат асосида амалга оширилади ва ўз ичига глобал телефонли, телетекстли, факсимал алоқани, маълумотлар алмашинуви ва шахсий радио чакирувни ўз ичига олади. 1993 – йилда Inmarsat тизимини МЕО ва GEO орбитал гуруҳлардан фойдаланиш асосида куришга қарор қилинди. 1994 – йил май ойида ҳар томонлама таҳлилдан сўнг алоқа тизими асосига МЕО концепсиясини қўйишга ва истиқболли Inmarsat – Р тизимларини ишлаб чиқиш мақсадида кейинги текширувларни ўтказишга қарор қилинди.

Лойиҳалаштирилаётган Inmarsat – Р тизими $i=45^{\circ}$ эгилиш билан иккита ўрта бландликдаги орбиталарида жойлашган 10 та КА дан фойдаланиш ва куйидаги имкониятларга эга бўлишни кўзда тутади:

- глобал ишчи доирага;
- йўлдошларнинг бланд бурчаклари ва бир вақтнинг ўзида кузатувчи назар доирасида жойлаштирилган йўлдошлар сонининг кўплиги;
- йўлдошларнинг узок муддатли хизматлари;
- орбитал гуруҳларни бошқарувнинг маъқул мураккаблиги;
- лойиҳанинг оқилона нархи (\$2.4 млрд)

Ҳозирги даврда Inmarsat тизими геостационар орбитада жойлашган Атлантика, Тинч ва Ҳинд океанлари экваторияларига тўлиқ хизмат кўрсатиш имкониятларини берувчи 5 та доимий ишлайдиган йўлдошлар – ретрансляторлардан ташкил топган.

Геостационар йўлдошлардан фойдаланувчи алоқа тизимлари.

Шахсий йўлдошли алоқа тизими GEO геостационар орбитада жойлашган йўлдошлар ретрасляторлар ёрдамида амалга оширилиши мумкин. GEO орбитаси баландлиги 35875 km ни КА кўчиб юриши тезлиги эса ернинг айланиш тезлигига мос келади, шунинг учун йўлдош – ретранслятор ернинг олдиндан танланган нуқталари устида “қимирламай туриб қолади” ва кўйидагиларга имкон беради.

- алоқа сеаниси вақтида узлуксизликни таъминлашга;
- GEO даги учта КА дан ташкил топган тизим билан Ер четки қатламининг 95 % ни қамраб олиш;
- тизимни йўлдошлар аро алоқани ташкил этмасдан ишлаш имконияти.

GEO орбиталарининг камчиликларидан бири бу сигнал қабул қилиш ва узатишдаги узоқ кечикишдир (300 ms). Маълумотларни узатишда сигналнинг бундай кечикиши умуман сезилмайди, аммо ТЛФ алоқа вақтида бу жуда кучли билинади ва алоқа каналига юқоридаги талабларда маъқул бўлмайди.

Агар Ер устки қатламида ҳосил қилинадиган соталар тахминан бир хил бўлса, GEO орбиталар асосида шахсий алоқа тизимлари кўйи орбитали тизимлар хизматлари билан таққосладиган хизматларни тавсия қилишлари мумкин. Бунда йўналтирилганликнинг тор диаграммасини ҳосил қилиш учун керак бўлган КА нинг бортдаги антенналари катта бўлишлари керак, лекин ишлаб чиқарилаётган лойиҳаларнинг иқтисодий самарадорлигини баҳолашда аниқловчи омил бўлган замонавий технологиялар имкониятлари чегарасида.

Шунга ўхшаш муваффақиятли ишлаётган тизимлардан бири “Ямал” йўлдошли алоқа тизими бўлиб, у Россиянинг нефт ва газ конларига бой бўлган шимолий минтақаларида телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш учун, шунингдек дунёнинг бошқа мамлакатлари билан тезкор алоқани амалга ошириш учун мўлжалланган. 1977 –йилда GEO орбитага “Ямал” нинг иккита кичик боғловчи КА лари 19⁰ ғ.д. ва 75⁰ ш.у. позитциясида учирилди. Россия ва МДХ мамлакатлари ҳудудларини тўлиқ қоплашни таъминлаш мақсадида йўлдошли гуруҳ худди шу орбитада жойлашган битта “Экспресс” КА билан тўлдирилади. КА –тизимнинг қабул қилиб ва узатиши учун иккита кўп нурли антенналари билан жиҳозланган ретрансляторлари бор. Юқорига узатиш 4 GHz диапозонида, пастга узатиш эса 6 GHz диапозонида амалга оширилади. Минтақалар аро хизмат кўрсатиш кўп нурли алоқалар асосида кўзда тутилган бўлиб, ердаги станцияларга ўзаро алоқа ўрнатиш имконини беради.

“Ямал” тизимининг ердаги тизимлари 250 дан ортиқ ТЛФ хабарлари ва маълумотларни узатиш каналларини таъминловчи 30 дан ортиқ шлюзли станцияларни ўз ичига олади. Шлюзли станцияларда диаметри 4-5 метр парабolik антенналар расмий тармоқлар ТЛФ алоқаси ва маълумотларни узатиш учун диаметри 3,5 метр антенналар қўлланилади. Тизим телевизион сигналларни ўтказиш полосаси 34 MHz зонада трансляция қилиш имконини беради. ТВ –сигналларни MPEG – 2 стандарти бўйича ахборотларни сиқиш

билан рақамли узатиш ҳолатида битта стволда бир вақтнинг ўзида телевидениянинг 4 та дастурини узатиш мумкин.

Кўриб чиқилган “Ямал” тизимидан ташқари ҳозирги вақтда “Банкир” йўлдошли тизими кўрсатади ва GEO “comsat” асосида шахсий алоқанинг йўлдошли тизимини кўриш концепцияси ишлаб чиқилмоқда.

Япониянинг Spase Communication Reasearch Corporation фирмаси шахсий йўлдошли тизимларда 26500...40000 MHz диапазонли КА лардан фойдаланишни тавсия қилди. Бунда КА бортида кўп функцияли процессордан каналларни коммутациялаш учун эса кўп нурли антенадан фойдаланиш кўзда тутилади. Аппаратураларни ишлатиш учун техник ечимлар топилди ва КА диапазонида ишлайдиган арзон абонентлик терминаллариининг тажрибали нусхалари яратилди. КА диапазонларини қўллаш антенналарнинг ўлчамини сезиларли камайтирди ва ердаги, ҳам бортдаги “юқорига” аппаратларида каналларни бўлиш усули FDMA “Пастга” эса TDMA дан фойдаланиш тавсия қилинади, бу ҳар иккала радио линияда бортдаги ретраслятордан самарали фойдаланишга имкон беради.

“Юқорига” 50,4 -51,4 GHz диапазон ажратилган ; “Пастга” 39,5 – 40,5 GHz диапазон ажратилган.

Узатиш тезлиги “Пастга” 64 kbit/s ни, “Юқорига” эса 144 kbit/s дан кўпроғини ташкил қилиши лозим.

Модуляциялаш усули минимал частотали силжиш билан (MSK ёки GMSK) танланган, ахборотларни узатиш каналларини тарқоқлиги эса 150 кГц.

Назорат саволлари.

1. Алоқани ва ЕСЙ орбиталарини ташкил қилиш тамойиллари.
2. ЕСЙ орқали алоқа тизимларининг фазилатлари ва ишчи частоталар диапазонини танлаш.
3. Йўлдошли алоқа тизимларнинг сифат кўрсаткичлари ва йўлдошли тизимларнинг энергетик ҳисоб –китоби.
4. ЕСЙ да кўп станцияли фойдаланиш.
5. Йўлдошли алоқа тизимлари ускуналарининг муҳим томонлари.
6. Йўлдошли шахсий радио алоқа тизимларининг тузилиш тамойилларини тушунтиринг.
7. Йўлдошли шахсий алоқа тизимларининг тузилиш структурасини келтиринг.
8. Йўлдош – ретрансляторнинг умумлаштирилган структуравий схемасини келтиринг.
9. Ердаги, фойдаланиш сегмент ишини тушунтиринг ва КА ларни учуриш тизим ва алоқани бошқарув марказлари –шлюзли станциялар қандай вазифаларни бажаради ?
- 10.Йўлдошли алоқанинг қўйи орбитали, ўрта орбитали ва геостационар тизимларнинг ишлашини тушунтиринг.

18-МАЪРУЗА.

СОТАЛИ АЛОҚА ТИЗИМИНИНГ РИВОЖИЛАНИШ БОСҚИЧЛАРИ. СОТАЛИ АЛОҚА ТИЗИМИНИНГ ИШЛАШ ПРИНЦИПИ. СОТАЛИ ХАРАКАТДАГИ АЛОҚА ТИЗИМЛАРИДА СИГНАЛЛАРНИНГ КЎП НУРЛИ ТАРҚАЛИШИ ТАЪСИРИГА ҚАРШИ ТАДБИРЛАР. СОТАЛИ ХАРАКАТДАГИ АНАЛОГ ТИЗИМЛАР. СОТАЛИ ХАРАКАТДАГИ РАҚАМЛИ ТИЗИМЛАР. СОТАЛИ ХАРАКАТДАГИ CDMA ТИЗИМИ.

РЕЖА:

1. Сотали алоқа тизимининг ривожиланиш босқичлари. Сотали алоқа тизимининг ишлаш принципи.
2. Сотали ҳаракатдаги алоқа тизимларида сигналларнинг кўп нурли тарқалиши таъсирига қарши тадбирлар.
3. Сотали ҳаракатдаги аналог тизимлар.
4. Сотали ҳаракатдаги рақамли тизимлар. Сотали ҳаракатдаги CDMA тизими.

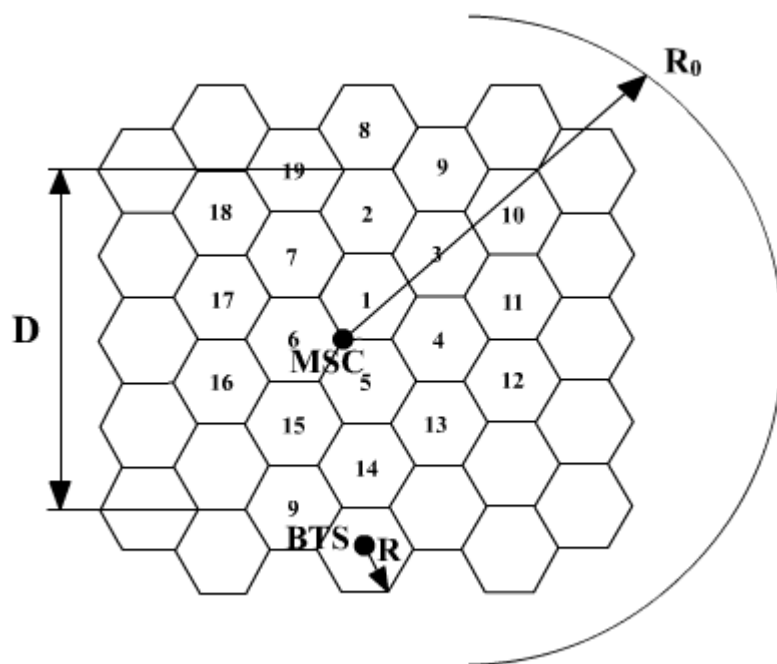
Сотали алоқа тизимининг ривожиланиш босқичлари. Сотали алоқа тизимининг ишлаш принципи.

Ҳаракатдаги объектлар билан радиоалоқа тизимларига йилдан йилга эҳтиёж ошган сари улар қуйидагича бўлинади:

- Шахсий радиочақириқ тизимлари (Paging Systems)
- Профессионал (шахсий) кўчма радиоалоқа тизимлар (PMR, PAMR);
- Кўчма сотали радиоалоқа тизимлари (Cellular Radio System);
- Симсиз телефонлар тизими (Cordless Telephony);
- ЕСЎ воситадаги шахсий алоқа тизими.

Ҳозирги вақтда ҳамма жойда пейджинг тизимлари ўрнини сотали алоқа тизимлари эгалламоқда.

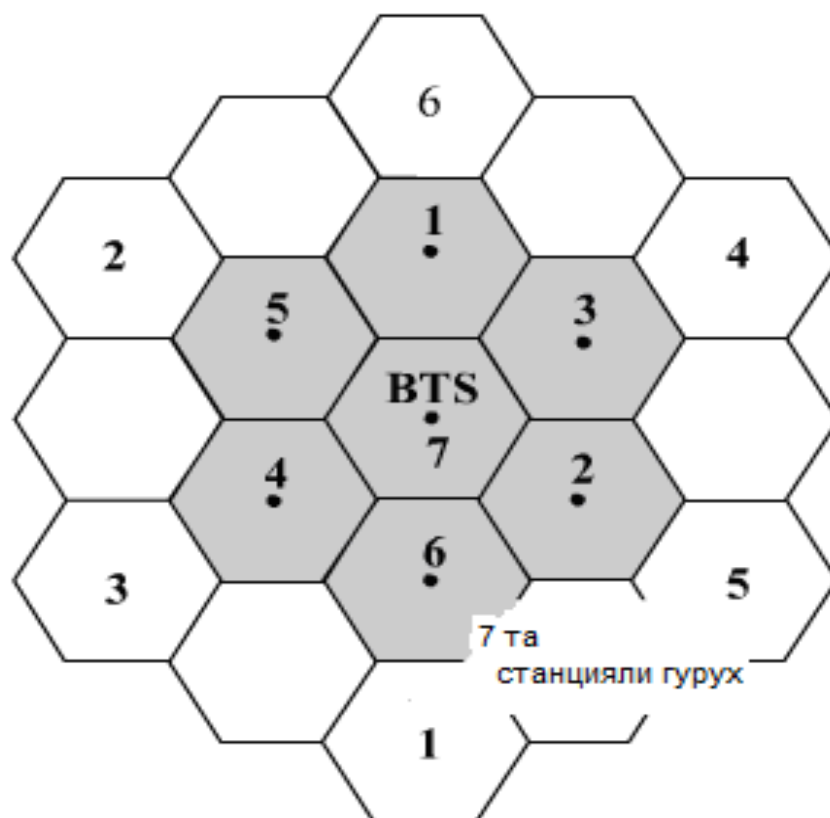
Радиуси R_0 бўлган КСРАТ нинг хизмат кўрсатиш ҳудуди шартли равишда радиуси R га тенг бўлган айланаларга бўлинади (18.1 расм) Сотанинг (катакча, уя, кўз) идеал шакли айлана бўлса ҳам, электромагнит майдонларнинг тарқалишини ва уларнинг ўзаро таъсир ҳисобларини соддалаштириш мақсадида мазкур майдон тўғри олти бурчак сифатида асос қилиб олинади. Аммо реал ҳолатда, ҳудуд рельефи, иморатлар ва бошқа омиллар туфайли сота тўғри айлана шаклига эга эмасдир.



18.1-расм. КСРАТ хизмат кўрсатиш ҳудуди.

Ҳар бир сотада жойлашган BTS га MS дан чакириқ келиб тушганда, шу сота кўламидаги кўчма абонентларга хизмат кўрсатишга биноан банд бўлмаган частота каналини тақдим этади. КСРАТ коммутациялаш тизими барча BTS ларни бир-бири билан туташини ҳосил қилади, шунингдек одатдаги ТЛФ тармоғига чиқишни ҳам таъминлайди. Ўз навбатида коммутациялаш тизими ЦС каби бир жойга мужассамланган ёки тақсимланган бўлиши мумкин. Иккинчи вариантдан фойдаланиш пайтида бундай кўринишдаги хизматларга бошланғич сарфлар камаяди. Бундай ҳолатда коммутация узеллари BTS да жойлаштирилади. Қабул қилгич-узатиш аппаратураси билан жиҳозланган ҳар бир BTS га частотали каналлар тўплами тақдим этилади. Шу билан бирга ҳимоя интервали D билан ажратилган барча BTS ларда худди ўша каналлар такрорий ишлатилади. Бу эса КСРАТ нинг асосий принципи бўлиб тизимнинг юқори даражадаги частотавий самарадорлигини белгилайди. Ҳар хил частотали каналларни ишлатувчи чегарадош кўшни BTS лар C – станциялардан ташкил топган гуруҳни ташкил қилади (18.2 расм). Тизимнинг (кластер) частотавий параметри бўлиб C катталиқ ҳисобланади, чунки у КСРАТ каналларининг мумкин қадар минимал сонини аниқлайди. Агар ҳар бир BTS даги тўплам F_k полосали L каналлардан ташкил топган бўлса, унда узатиш йуналишидаги КСРАТ полосасининг кенглиги $F_c = F_k \cdot C$ билан аниқланади. R_0 – радиусли хизмат ҳудудидаги BTS лар сони L эса тахминан қуйидагича аниқланади:

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



18.2 – расм . Чегарadoш қўшни станциялар гуруҳи.

Бундан келиб чиққан ҳолда хизматдаги бутун ҳудуд бўйича фаол абонентлар сони $N=L\ell$, билан аниқланади, частота спектрининг фойдаланиш самарадорлиги эса :

$$B=N/F_c = L/F_k C = 1,21 R_0^2 / F_k C R^2 \text{ билан аниқланади.}$$

Яъни у В тўпламдаги каналлар сонига боғлиқ эмас ва сота радиусининг камайиши билан ошиб боради. Бундан келиб чиқадики, қанчалик сотанинг радиуси R кичик бўлса, частоталарни шунча тез тез такрорлаш мумкин яъни уларнинг баравар ишлатилишини (фойдаланишини). Бундан ташқари частота параметри C нинг кичикроқ қийматини танлаб олиш зарур.

Сотанинг шакли 6 бурчакли деб қаралганда C билан ҳимоя интервали D (такрорланувчи частоталарга эга соталар аро масофа) қийматларининг оптимал боғланишини қуйидагичадир

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

Бундан ташқари, 6 бурчак шаклдаги сота MS узатгичининг қуввати чегаралангач ва частотавий каналларнинг тақсимланишини мунтазамлаш имкони бор тизимларида доиравий зонанинг энг яхши аппроксимацияланишини таъминлайди.

Кўриб чиқилган ҳудудий икки ўлчовли қоплаш схемаси бир чизик бўйича узун занжир шаклида соталарнинг жойлашиш схемасидан бир мунча

фарқ қилади. Чизикли жойлаштириш радиал йуналишлига қараганда, масалан автомагистраллар буйлаб тизимлар қуришда кўпроқ эътиборга сазавордир. Бунда частота каналларнинг минимал зарур сони $C = D/2R$ билан аниқланади.

Ишлатиш (фойдаланиш) тажрибаси ва ҳисоблашлар шуни кўрсатадики, R ва D/R нисбатнинг камайтирилиши КСАТ да юқори ўтказувчанлик имкониятини ва частотавий самарадорлигига эришишни таъминлайди. Аммо, сота радиусини ҳаддан ташқари камайтириш абонентларнинг кўчишида сотанинг шартли чегараларини кесиб ўтиш сони жуда кўпайиб кетишига олиб келади. Шу туфайли қайта ишлашни талаб қилувчи маълумотлар оқими ошади, бу эса бошқариш ва коммутация қуйи тизимларининг ўта юкланишига олиб келади, ва натижада тизимнинг ишламай қолишига олиб келиш мумкин. Бундан ташқари R нинг кичик қийматларида, худуднинг реал шароитларида BTS антеннасининг аниқ жойланиши ҳолатидан четланиши мумкин.

Ҳисоблашлар кўрсатадики, $R = 1,6$ км. бўлганда, BTS антеннасининг геометрик марказига нисбатан радиуснинг тўртдан бир масофага ўз жойидан силжиши қабул қилгич киришидаги сигнал/ҳалақит нисбатининг 10% камайишига олиб келади.

D/R қиймати ўзаро ҳалақитларнинг белгиланган сатхи билан аниқланади, D/R қийматлари камайган ҳолда, қабул қилишнинг ҳалақит бардошлигини юқори даражада сақлаш мақсадида махсус чора кўриш талаб қилинади.

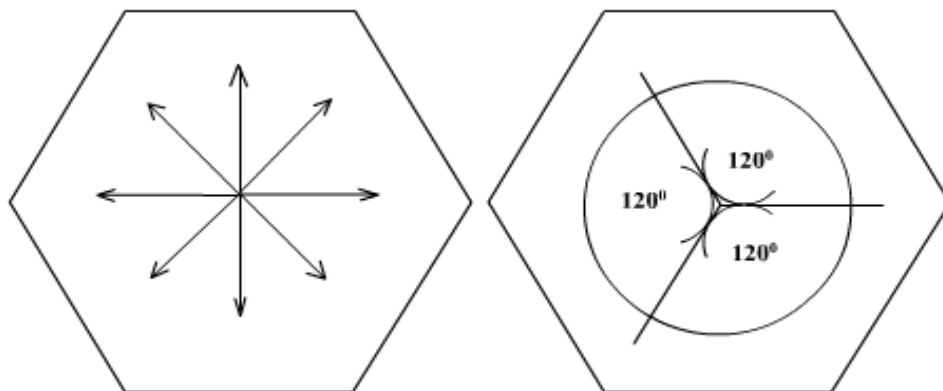
Қабул қилишда ҳалақит бардошликни ошириш усуллардан бири йўналтирилган антенналардан фойдаланишдир.

Масалан, AMPS (АҚШ) тизимида йўналтирилмаган антенна ўрнига 3 та 120° антенналарни қўллаш натижасида қабул қилгич киришидаги белгиланган сигнал/ҳалақит нисбат частотавий параметрни $C = 7$ ($C=12$, йўналтирилмаган антенналар учун) қийматгача камайтириш имконини беради (18.3-расм.) .

Каналларнинг тақсимлаш усулларида бири бўлиб иккиланган структура ҳисобланади. Бу усулнинг энг содда қондасига биноан BTSга $k, k+1, k+1C$ номерли каналлар тўплами ажратилади. Бу ерда k станциялар гуруҳидаги BTS нинг номери. Станциялар гуруҳидаги турли хил тўпламлар ишлатилади, яъни $k=1,2,...C$

Масалан 3 рақам билан белгиланган $I=7$ соталарда 3,10,17,24... ва х.к. каналлар ишлатилади.

Йўналтирилган антенналари бор тизимда символлараро ҳалақитларни йўқотишнинг янада самарали усулларида бири – бу кўшни каналлар антенналарини керакли фазовий созлаб йўналтиришдир.



18.3-расм. AMPS тизимидаги антенналар

Шунга ўхшаш бошқа частотавий режалаш усуллари (тахминан) символлараро ҳалақитлар сатҳини таъминлайди тахминан худди ўша натижани беради.

Частотавий каналларнинг тақсимлашларида тайинланган (фиксирланган) усулдан фарқли динамик тақсимлаш йўли ҳам мавжуд. Бу усулдан фойдаланишдан асосий мақсад каналлардан самарали фойдаланишдир ва шу каналнинг барча соталари банд бўлган ҳолда чақирикнинг блокировка эҳтимоллигини ҳам пасайтиришдир.

Бу чоғда, алоқа сеанси вақтида барча каналлари банд бўлган BTS ларга кўшни соталарнинг каналлари тақдим этилади.

Каналларни тақсимлашда гибрид усуллардан ҳам фойдаланиш мумкин. Бундан ташқари ҳар бир BTS га тайинланган каналлар тўплами ажратилади ва динамик тақсимланган каналларнинг бир нечта сон бириктирилади. Бундай тузилишни ташкил этишда чақирикнинг блокировкалаш эҳтимоллиги каналда мавжуд бўлган юкланишга, ҳамда тайинланган ва динамик каналлар сонлари орасидаги нисбатга ҳам боғлиқ бўлади.

Динамик ва гибрид тақсимлашнинг муҳим афзаллиги шундан иборатки, битта каналга тўғри келадиган ТЛФ юкланиш зичлиги доимий бўлмаса, уни бир текис меёрга келтириш имконини беради. Тайинланган тақсимлашда эса бу ячейка радиусини камайтириш йўли билан эришилади, ҳамда трафик юқори бўлган жойларда BTS даги каналлар сонини ошириш ҳисобига.

Шундай принцип асосида тизимининг даслабки ишга туширилиши амалга оширилади. Яъни аввал катта ячейкали бир нечта BTS ишга киритилади, сўнг аста секин сота панжарасини катагини парчалаш йўли билан тизим мукамал ўтказиш қобилият режимига ўтади.

КСАТ ни лойиҳалаш чоғида фақатгина частота бўйича режалашни ўрганиш муҳим аҳамиятга эга бўлиб қолмай, шаҳар ичида ва шаҳар атрофидаги зоналарда УҚТ тарқалишини ҳам тадқиқ қилиш зарурдир.

Шаҳар ва қишлоқга оид жойларда УҚТ тарқалиши устидаги кўп сонли экспериментал тадқиқотлар мавжуд.

Шаҳар ва қишлоқга оид жойларда, қаерда кўп маротаба аксланиш мумкин (кўп нурлилик), УҚТ тарқалишига доир кўп марта ўказилган экспериментал тадқиқотлар кўрсатдиларки, тўлқиннинг сўниши сезиларли даражада фақат BTS антеннасининг баландлиги K га боғлиқ ва баландликни оширган сари у камаяди. Бундан ташқари сигналнинг қуввати антеналараро масофага боғлиқ равишда деярли бир хил ўзгаради.

КСАТ га бир томондан ўриндош каналлар соталарининг ўзаро ҳалақитлари туфайли ва бошқа томондан, каналлар ҳалақитлар мавжудлиги сабабли ҳосил бўладиган тизим ичидаги ҳалақитлар ҳам мансуб. Ўзаро ҳалақитлар сатҳи тармоқнинг танлаб олинган C ва D параметри билан аниқланади. Бу параметрлар аниқ берилган ўтказиш имкониятда ва белгиланган частота полосада ҳалақит қилувчи станция сонини аниқлаш имконини беради. Агар BTS ларнинг умумий сони унча катта бўлмаса, яъни L сезиларли равишда C катталикидан ошмаса, унда тизим ичида битта ёки бир нечта ҳалақит қилувчи станция бўлиши мумкин.

Тизим ичида ўзаро ҳалақитларни ҳисоблашнинг ҳар хил турдаги услублари мавжуд. Бундай услублар билан ҳисоблаш натижалари деярли бир хил.

Бундай ҳисоблаш таҳлили шуни кўрсатадики, ҳалақитга бардошликни ошириш ва спектрдан самарали фойдаланиш учун BTS даги абонентларни 120° йўналтирилган қилиб ўрнатиш мақсадга мувофиқдир. Бундай вазиятда олти бурчакли сотанинг бир бурчагида жойлаштирилган ҳар бир BTS га уч секторли антенна ўрнатилади, натижада бирданига учта сотани битта BTS қоплайди. Ҳар бир сотадаги учта BTS нинг уч сектори мос келганлиги туфайли BTS ларнинг умумий сони тизимдаги соталар сонига тенгдир. Ёмонроқ ҳолатда, яъни MS олти бурчакли сотанинг бир бурчагида жойлашиб қолган пайтда $C=1$ қабул қилгич киришидаги сигнал/ҳалақит нисбати $1,7\text{ dB}$ катталикигача ошади.

Умуман олганда, йўналтирилган нурланиш КСАТ даги ўзаро ҳалақитларни камайитиришнинг самарали чорасидир.

Кўчма сотали радиоалоқа тизимлар стандартлари.

Биринчи авлод (1G) аналогли КСАТ ларнинг 9 та асосий стандартлари маълум. Шуларнинг ичидан Ўзбекистон Республикасида NMT-450 ва AMPS эксплуатацияланган.

Кўчма сотали радиоалоқа тизимга мосланган NMT-450 аналог стандарти Дания, Финляндия, Норвегия ва Швеция Алоқа Маъмуриятларининг бирлигида автоматик кўчма телефон алоқа тизимини ташкил қилиш мақсадида ишлаб чиқилган ва 1981 йили коммерцияли ишга тушурилган. Бу стандартнинг кўчма станциялари тизимининг барча таянч станциялари билан тўла мослашган бўлиб шунга мувофиқ мамлакатлар ичида ишлаши мумкин бўлган.

AMPS стандартидаги кўчма сотали алоқа тизими энг аввал 1979 йил АҚШ да ишга туширилган. Бу тизимда йўналтирилиш диаграммаси 120°

кенгликга эга бўлган антеннали таянч станциялар қўлланилган, ва улар соталарнинг бурчагида жойлаштирилган. Таянч станциялар коммутация марказларига симли линиялар билан уланади. Бу линиялар орқали нутқ сигналлари ва хизмат ахбороти узатилади. Аммо, аналогли КСАТ лар кўп сонли нуқсонларга эга бўлганлиги туфайли ахборот технологияларнинг замонавий ривожланиш даражасини қониқтирмадилар ва бу камчиликларнинг асосийлари:

- “стандартларнинг мосланмаслиги”;
- ишлаш зонасининг чекланганлиги;
- алоқа сифати пастлиги, хабарни махфийлаштириш ;
- маълумотни секретлаш ва интеграллашган хизмат кўрсатувчи рақамли тармоқ ИХКРТ (ISDN) билан ўзаро ишлаш ва маълумотларни пакетли равишда узатиш (PDN) имкониятлари йўқлиги.

Аналог стандартлар имкониятларининг чекланганлиги сабаб, бутун жаҳон бўйича фойдаланувчилар ўсишининг тобора камайиши кузатила бошланди. 80 – йилларда ривожланган мамлакатларда перспектив рақамли КСАТ куриш принципларини жадал ўрганишга киришдилар ва радиуслари 35 км гача бўлган сота ва макросота топологияларга эга бўлган тармоқлар тизимининг учта стандарти ишлаб чиқилди (жадвал 18.1)

- GSM – умумевропа стандарти
- ADS(D-AMPS) – Америка стандарти
- JDS – Япония стандарти

18.1 – жадвал. Тармоқлари макросота топологияли тизим стандартлари

Стандарт тавсифлари	GSM, DCS-1800, PCS -1900	D - AMPS	JDS
Фойдаланиш усули	TDMA (КБАКФ)	TDMA (КБАКФ)	TDMA (КБАКФ)
Частота тарққлиги	200kHz	30kHz	25kHz
Ташувчидаги нутқ каналларининг сифати	8 (16)	3	3 (6)
Нутқни ўзгартириш тезлиги	13 kbit/s (6,5kbit/s)	8 kbit/s	11,2 kbit/s (5,6 kbit/s)
Нутқни ўзгартириш алгоритми	RPE-LTP	VSELP	VSELP
Умумий узатиш тезлиги	270 kbit/s	48 kbit/s	42 kbit/s
Тарққлаш усули	частота бўйича сакраш	саралаш	саралаш
Нутқ каналининг эквивалент частота полосаси	25kHz (12,5kHz)	10kHz	8,3kHz; 4,15kHz
Модуляция тури	0,3 GMSK	π/4 DQPSK	π/4 DQPSK
Талаб этилувчи нисбат ташувчи/интерференция (C/I)	9dB	16dB	13dB
Частоталарнинг ишчи диапазони	935-960 MHz 890-	824-840	810-826 MHz

	915 MHz	MHz 869-894kHz	840-956 MHz 1429-1441 MHz 1447-1489 MHz 1453-1465 MHz 1501-1513 MHz
Сота радиуси	0,5-35km	0,5-20 km	0,5-20 km

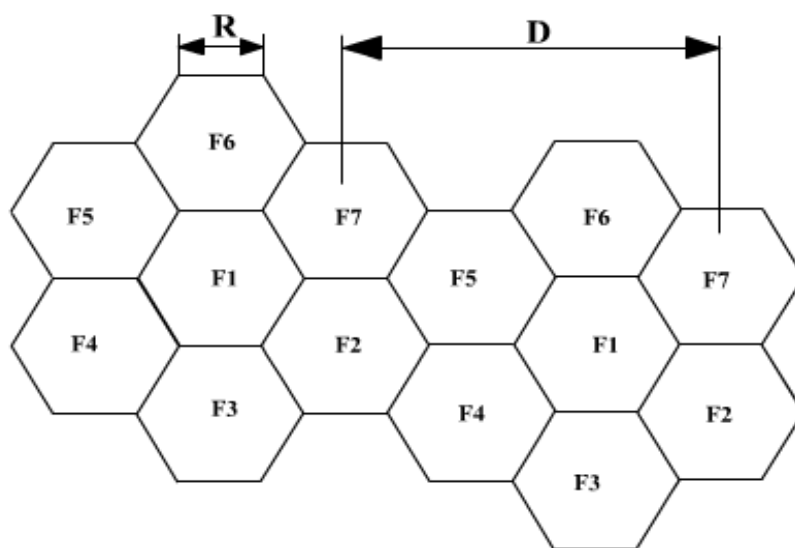
GSM – жаҳондаги рақамли КСАТ нинг биринчи стандарти бўлиб 900 MHz диапазонида барпо этилиши кўзда тутилади ва DCS - 1800 (диапазон 1800 MHz) КСАТ стандартининг негизи ҳисобланади. GSM стандарти шимолий Америкада 1900 MHz диапазонида ҳам амалга оширилади.

Юқорида қайд этилган рақамли КСАТ ларга доир стандартлар ўзининг тавсифлари билан бир биридан фарқ қилади, аммо улар ягона бирлашган принциплар ва концепциялар асосида қурилган ва замонавий ахборот технологиялари талабига жавоб берадилар. GSM даги ишлаб чиқилган тизим ва техник ечимлар бошқа барча перспектив рақамли КСАТ лар учун фойдаланилиши мумкин. Биринчи навбатда бундай ечимларга қўйидагилар киради:

- интеллектуал тармоқ принциплари асосида GSM тармоқларини барпо этиш;
- КСАТ тизимларининг очиқ моделларини кенг тарқатмоқ;
- Частоталардан такрорий фойдаланишнинг янги самарадор моделларини жорий қилиш;
- каналларни вақт бўйича ажратиш билан кўп стацион фойдалана олиш – КВАКФ (TDMA);
- пакетланган маълумотларни қабул қилиш ва узатиш режимларини вақт бўйича ажратиш;
- сигналларнинг тинишлари билан курашда эффектив услубларни қўллаш;
- тўғри бурчакли ва диогоналли оралатмоқ билан биргаликда блокли ва сверткали кодлашни қўллаш;
- мантикий алоқа каналларини ва бошқаришни дастурий шакллантириш;
- модуляциянинг спектрал самарадор услубидан фойдаланиш;
- юқори сифатли паст тезликли нутқ каналларини ишлаб чиқиш;
- узатиладиган маълумотни шифрлаш ва фойдаланувчи маълумотини ёпиш (махфийлаштириш).

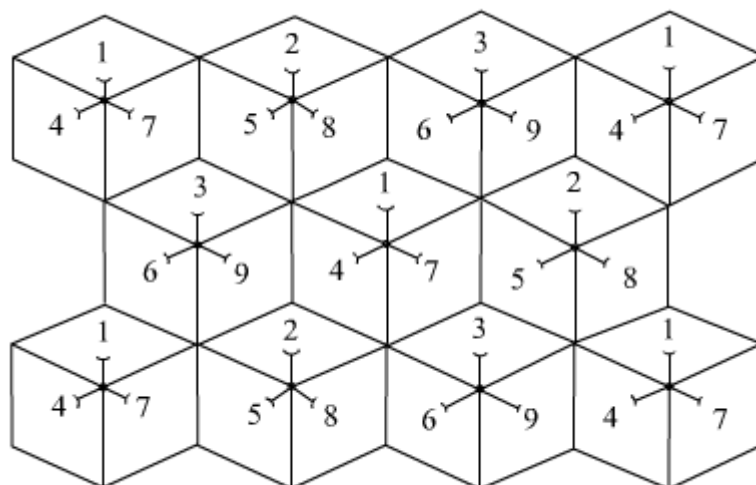
Рақамли КСАТни барпо қилиш тамоиллари.

Рақамли КСАТлар сотали тармоқларни ташкил этишда ананавий тармоқларга қараганда частотанинг такрор ишлатилишини самарадорлироқ моделини тадбиқ қилиш имкониятини беради. Натижада алоқа тизимининг умумий частота полосасини кўпайтирмасдан бир сотага тааллуқли каналлар сони анча ортади. Биринчи навбатда айтилган ибора GSM стандартига тааллуқли. GSMда қабул қилинган модуляция тури, алоқа каналидаги сигналлари кодлаш ва шакллантириш услублари сигнал/ҳалақит нисбати 9 dB тенг бўлган сигнални қабул қилишини таъминлайди. Аналог тизимларда эса бу кўрсаткич 17-18 dB га тенг. Шу сабабли мос тушувчи частоталарда ишловчи BTS ларнинг узатгичлари анча яқин бўлиб жойлашган соталарда қабул қилиш сифатини йўқотмасдан ўрнат мумкин. Аналогли КСАТларда қўлланилган частотани такрорий ишлатиш моделларидан биринчилари бўлиб таянч станцияларда доиравий йўналтирилган диаграммали (ЙД) антенналар эди. Рақамли КСАТ тармоқларидаги доиравий ЙД антенналари бор соталар учун частотани такрорий фойдаланиш модели қўлланилади ва улар 7 ёки 9 сотани ўз таркибига олади. 18.4 -расмда 7 сота учун частотанинг такрорий фойдаланиш модели келтирилган. Бу моделда доиравий ЙДли антенналар қўлланилиши фараз қилинади ва бунда BTSнинг сигнал нурланиши ҳамма томонга бир хил бўлади. Ўз навбатида, абонент станциялар учун ҳамма томондан келаётган ҳалақитларни қабул қилишига эквивалентдир. Мос тушган частотавий каналлар бўйича ҳалақитларни пасайтириш мақсадида секторли антенналар фойдаланилади. Йўналтирилган антеннанинг секторида сигнал бир томонга нурлантиради, тескари томонга нурлаш сатҳи эса минимал даражага камаяди. Соталарни секторлаш ҳалақитлар сатҳини пасайтириш билан бирга бир вақтнинг ўзида соталардаги частоталарни тез-тез такрорлаш имкониятини беради.



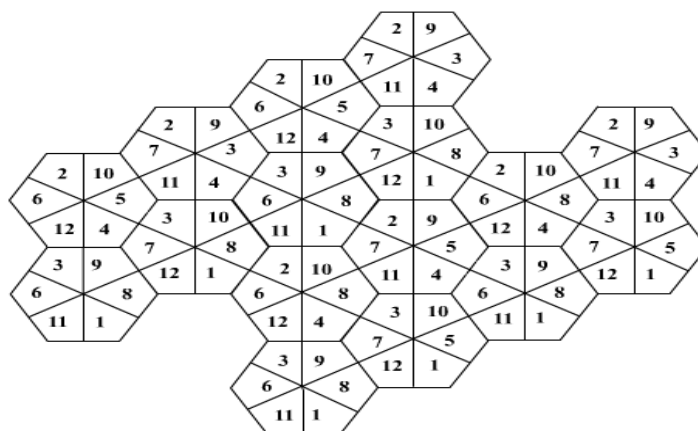
18.4-расм. 7 та сота учун частотани такрорий ишлатиш модели

Ҳаммага маълум бўлган частоталардан такрор фойдаланиш модели секторланган соталарда ўз таркибига учта сота яъни учта BTSни киритади. Бу ҳолда 18.5- расмда тасвирланган 9 та частоталар гуруҳини шаклловчи учта 120^0 градусли антеннали BTS қўлланилади.



18.5-расм. Секторланган соталарда частоталарни такрорий ишлатиш модели

Motorolla (АҚШ) фирмаси ишлаб чиққан частоталардан такрор фойдаланиш модели ўз таркибига икки BTSга эга бўлиб, частота полосасидан фойдаланишда энг юқори самарадорликни таъминлайди, яъни тармоқнинг ажратилган полосасида абонентларнинг энг кўп сонига амал қилади. Каналларни тахсимлаш схемасига асосан тўртта BTSли моделни қўллашда ҳар бир частотадан такрорий икки маротаба фойдаланилади. Бунинг эвазига 4 та BTSнинг ҳар бири олтига 60^0 градусли антенналарнинг хизмат кўрсатиш қўламида 12 та гуруҳ частоталарида ишлаши мумкин. (18.6- расм)



18.6-расм. Таркибига иккита BTS кирувчи частоталарни такрорий ишлатиш модели.

Масалан умумий полосаси 7.2 MHz (36 частоталар) бўлган GSM тармоғидаги частоталардан такрорий фойдаланишли 2 та BTSли модел бир вақтнинг ўзида битта BTS даги 18 та частоталарда бараварига ишлаш имконини беради (учта BTSли моделда бундай частоталар сони 12 холос). Тармоқ сиғими 50 % ошади, аммо алоқа каналининг блокировка эҳтимоллигининг аввалги қийматини таъминлаш мақсадида бу кўрсаткични 40 % пасайтириш (камайтириш) лозим.

Мавжуд бўлган соталар тузилиши ва частоталарни такрорий фойдаланиш схемалари ҳаракатдаги кўчувчи абонентларнинг турар жойини, мавзесини олдиндан билиш қийин ва қутилмаган тасодифий бўлган шартлар асосида ишлаб чиқилган.

Ҳозирги пайтда интеллектуал антенналар тизимини қўллаш асосидаги кўчма алоқада янги йўналиш ривожланмоқда. Бундай антенналар ўзининг йўналтирилиш диаграммасини сигнал процессорлари командаларига (буйруқлари) қараб нурланувчи сигналнинг манбаси томонига автоматик равишда созланади.

Интеллектуал антенналар тизимини барпо этишнинг иккита усули маълум бўлиб, булар нурларни коммутациялаш ва йўналтирилиш диаграммасини адаптациялашга асосланган. Ҳар икки усул абонент станция йўналишига қаратилган антеннанинг кучайтириш коэффицентини оширишга асосланган. Бу ерда фақат адаптив антенналар максимал кучайтириш коэффицентини ва минимал каналларнинг ҳалақит сатҳини таъминлайди.

Интеллектуал антенна бир нечта фаза ва амплитуда бўйича таҳлил қилувчи анализатор қурилмаларнинг электрон схемалари билан бирлаштирилган антенналардан иборат. Антеннанинг ҳар хил элементларига келиб тушган қабул қилинувчи сигнални таҳлил қилиш натижасида қабул қилишнинг оптимал йўналиши ҳисобланади. Қабул қилинувчи сигналнинг частотасини ва баъзи бошқа параметрларини ҳисобга олган ҳолда вақтнинг реал масштабида сигнал процессор антенна йўналтирилишининг жамланган диаграммасини шакллантиради.

GSM, DECT ва ҳ.к. стандартларга мансуб бўлишидан мустасно интеллектуал антенналар тизимларини сотали алоқага tadВик (жорий) қилиш истиқболли деб ҳисобланади. Буларнинг қўлланилиши юкланиш ошиши билан соталарнинг катта-кичиклигини камайтиришини талаб қилмайди. Сотали алоқа тармоғининг сиғимини ошириш учун бундай ҳолда янги қурилма воситаларни ва тааллуқли дастурлашни tadВик этиш билан эришиш мумкин. Бундай усулларнинг бири бўлиб микросота тармоқ тузилишига ўтиш ҳисобланади.

Рақамли (GSM, DECT ва ҳ.к.) стандартларни tadВик ва қабул қилиш макросотали тузулиш тармоғидан макросоталига ўтишга имкон беради. Радиуси бир неча юз метр кўламда уларнинг сиғими макросотага нисбатан 5-10 баровар оширилиши мумкин. Бундан ташқари шахсий алоқа ташкил қилишда асосий бўлиб ҳисобланувчи портатив радиостанциялар билан бир

каторда мавжуд бўлган рақамли КСАТ стандартларининг абонент радиостанциялари қўлланилиши мумкин.

КСАТ микросота тузилиши (структураси) макросота билан уйғунлашади. Микросоталар учун кўчалар бўйлаб, биноларга, хоналарга (дўконлар, аэрапортлар, вакзаллар ва ҳ.к.) хизмат қилувчи кам қувватли бўлган BTSлар фойдаланилади.

Микросотали структура бу – умумий контроллер ёрдамида бошқарилувчи ва ўзаро 60 kbit/s тезликда ишлайдиган линия ёрдамида уланган макросота таянч станцияси қурилмасининг такомиллаштирилиши деб аталади.

Микросоталар аста секин кўчувчи абонентлар, масалан, пиёдалар ва ҳаракатсиз автомобиллар томонларидан ҳосил бўладиган юкламани ўзига олади.

Мавжуд бўлган макросотали тармоқлардан барпо этилувчи микросотали кўчма радиоалоқа тармоқларини қуриш принципларининг (негизларининг) фарқи, умумий тушунишда частота режалаштириш ва “Эстафетали узатиш” (handover) механизмининг йўқлигидан иборат.

Частота режалаштиришни микросоталарда амалий қўллаб бўлмайди, чунки радиотўлқинларнинг тарқалиш шароитини олдиндан аниқлаш ва сотанинг ҳалақитлар сатҳига баҳо бериш қийин. Ундан ташқари, каналларнинг тайинланган тақсимланишида частота спектрининг фойдаланиш самарадорлиги паст бўлади. Шу сабабли микросотали алоқа тармоқларида алоқа каналларнинг автоматик адаптив тақсимланиши қўлланилади (АТК). Масалан, Европа стандарти DECTда умумий фойдаланиш симсиз телефон рақамли тизимларида бундай тақсимлаш амалга оширилган. АТКнинг муҳим афзалликларидан бири бўлиб алоқа тармоқнинг сигимини ошириш ҳисобланади, чунки бу ҳолатда боғловчи линияларнинг ишлатилишида самарадорлик йўқотишлар бўлмайди, каналнинг такрорий ишлатилиши эса ҳалақитнинг максимал эмас, балки ўртача сатҳига боғлиқ.

Соталарнинг ўлчамлари камайган сари микросотали тармоқларда оддий телефон уланиш жараёнида BTSлараро алмашлаб таъминлаш учун тез ишловчи алмашлаб уловчи (handover) янги алгоритмлар классига мансуб бўлган мажбурий алмашлаб уланишлар алгоритми КСАТнинг марказлаштирилган алгоритмига қараганда анча тез ишлайди. Микросотали (структуради) тузимларда алмашлаб уланишда зарур бўладиган радиоканал сатҳини ўлчаш мобил станция билан амалга оширилади. Мобил станция ўлчаш натижаларини BTSга узатади. Мобил алоқа коммутация маркази алмашлаб уланишлар амалда бажарилмаганга қадар ишга тушмайди.

Биринчи бўлиб микросотали тузим тармоғи умумий фойдаланиш телефон тизимларда (Cordless telephone) амалга оширилган. Ҳозирги вақтда бу тузим GSM стандарти радиоинтерфейсининг мослашувини таъминловчи Европадаги DCS-1800 стандарти асосида яратилувчи шахсий алоқа (PCN) концепцияси кўламидаги тармоқларни амалга оширишда фойдаланилади. Шахсий алоқани амалга оширишда тармоқлар тузимига радиуси 10-60 мбўлган пикасоталар киритилади. Пикасоталар аҳолиси зич бўлган шаҳар

туманлари ва ёпиқ зоналар (офислар, турар жойлар, ер ости гаражлар ва ҳ.к.) абонентларига хизмат кўрсатиш учун мўлжалланаган. Пикосота КСАТ сигимини оширишдаги яна бир йирик қўшилган ҳиссадир.

Сотали ҳаракатдаги аналог тизимлар.

GSM стандартидаги кўчма алоқага СЕРТ 1980 йилги тавсиясига мувофиқ 862-960 MHz диапазонда частота спектри ажратилган. Кўчма станциялар узатгичларига 890-915 MHz диапазон ва таянч станциялар узатгичларига 935-960 MHz диапазон ажратилган.

GSM стандартида тор полосали кўп станцион фойдаланиш (NB TDMA) комбинацион усул қўлланилади (ВТКФ+ЧТК). Кадр тузулишида 124 та ташувчиларининг ҳар бирига ажратилган 8 та вақт позициялари бор (ҳаммаси $124 \times 8 = 992$). Ахборотли пакетни узатишда ҳалақитбардошликни ошириш учун блокли ва сверткали кўчувчи кодлаш усули қўлланилинади. Кўчма станцияларнинг кичик тезликда ҳаракатланишдаги кўчувчи кодлаш самарадорлигини алоқа сеанси жараёнида ишчи частоталарни аста секин секундига 217 сакратиб ўзгартириш йўли билан оширилади.

Маълумки шаҳар шароитида радиотўлқинларнинг кўп нурли бўлиб тарқалиши эвазига қабул қилиш, сигналларнинг интерференцион тинишлари пайдо бўлади. Бундай юз берувчи ҳодиса билан курашиш мақсадида ушланиш вақтининг 16 μ s га ўрта квадратли оғишли импульс сигналларини тўғирловчи эквалайзерлар қўлланилади. Қўлланилувчи синхронизация тизими сигналнинг 233 μ s гача, (яъни сотанинг максимал радиусига 35 km тенг масофани тўлқин босиб ўтиши керак) бўлган, абсолют кечикиш вақтини компенсациялашини таъминлайди.

GSM стандартида минимал частотавий силжишли Гаусс частота бўйича манипуляция (GMSK) ишлатилади. Сўзлашув сигнали нутқни узликли узатиш (DTX) йўли билан қайта ишланади. Бундай ҳолатда узатгич фақат сигнал мавжуд бўлгандагина уланади, паузаларда ва сўзлашув сўнгида узатгич ўчирилади. Бунинг учун тартибли импульс уйғотишли нутқ кодери қўлланилади. Бу қурилма чизиқли предикатив кодлашга, узоқ вақтли олдиндан айтиш ва қолдиқли импульс уйғотишга асосланган (PRE/LTR- LTR –кодек). Сўзлашув сигналининг умумий ўзгартириш тезлиги – 13 kbit/s. GSM стандартида алоқанинг махфийлигини таъминлаш мақсадида очик калитли алгоритм бўйича шифрлаш қўлланилади.

Умумий ҳолатда GSM стандарти фойдаланувчиларга кенг қўламли хизматларни тақдим этувчи тармоқ яратиш имконини беради. Булар ички умумий фойдаланишдаги коммутацияланган телефон тармоқлар (PSTN), умумий фойдаланишдаги маълумотлар узатиш тармоқлари (PDN) ва интеграллашган хизмат кўрсатувчи рақамли тармоқлар (ISDN) кирадилар. GSM стандартининг асосий характеристикалари 18.2 жадвалда келтирилган.

18.2 – жадвал. GSM стандартининг асосий тавсифлари

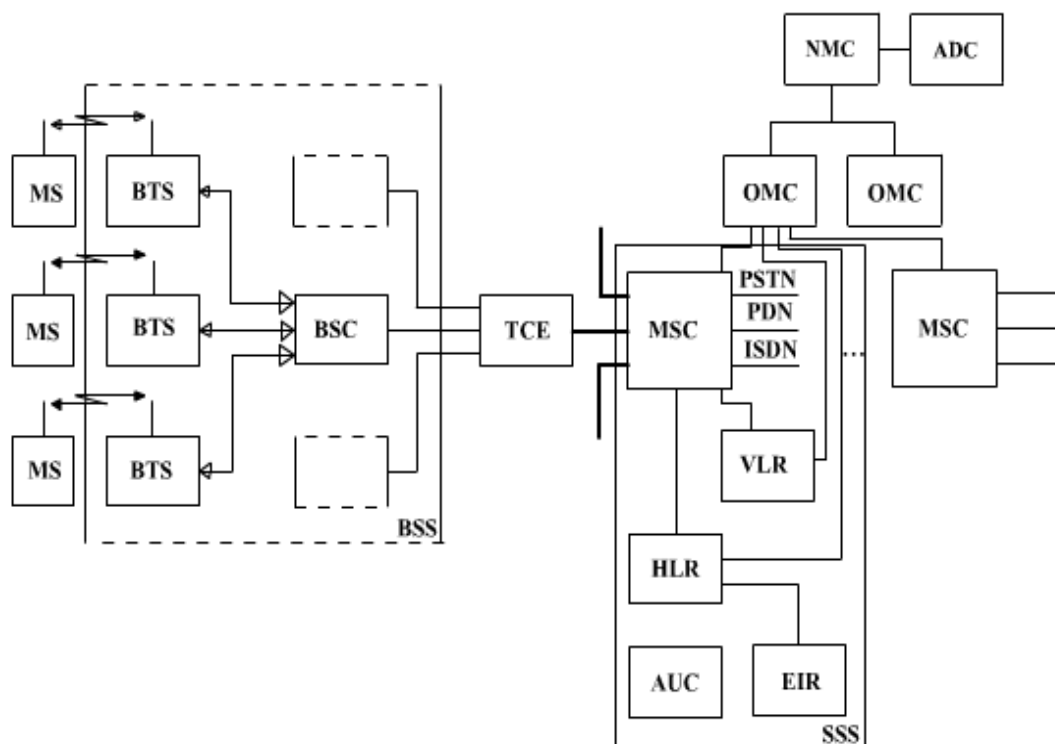
Кўчма станциянинг узатиш ва қабул қилиш частотаси, MHz	890 - 915
Кўчма станциянинг қабул қилиш ва таянч станциянинг узатиш частотаси, MHz	935 - 960
Қабул қилиш ва узатиш частоталарнинг дуплекс тарқоқлиги, MHz	45
Радиоканал бўйича маълумот узатиш тезлиги, kbit/s	270, 883
Нутқ кодексининг ўзгартириш тезлиги, kbit/s	13
Алоқа каналининг полоса кенглиги, kHz	200
Алоқа каналининг максимал сони	124
Таянч станцияда ташкил қилинувчи алоқа каналларининг максимал сони	16 - 20
Модуляция тури	GMSK
Модуляция индекси	BT 0,3
Модуляциядан олдин Гаусс филътрининг полоса кенглиги, kHz	81,2
Частота бўйича бир секунда сакрашлар сони	217
Кўчма станция учун TDMA кадри (узатиш/қабул қилиш) интервалидаги вақт бўйича тарқоқланиш	2
Нутқ кодексининг тури	RPE/LTR
Сотанинг максимал радиуси, km	35 гача
Каналларнинг ташкил этиш схемаси	комбинацияланган TDMA/FDMA

GSM стандартида қабул қилинган функционал схема 18.7-расмда келтирилган. Бу ерда MSC (Mobile Station) – кўчма алоқа коммутация маркази, BSS (Base Station System) – таянч станция ускуналари, OMC (Operation and Maintenance Centre) – бошқариш ва хизмат кўрсатиш маркази, MS (Mobile Stations) – кўчма станциялар.

Тизим элементларини туташтириш учун бир нечта интерфейслар бор ва улар МККТ №7 сигнализация тизимига мувофиқ ўзаро боғлиқ ҳолда

ишлайди. Соталар гуруҳига хизмат кўрсатувчи MSC айнан ISDNнинг коммутация марказига ўхшаб кетади ва тайинланган тармоқлар билан кўчма алоқа оралиғидаги интерфейс вазифасини бажаради. Бундан ташқари чақириқларни маршрутлаштиришини таъминлайди ва чақириқларни бошқариш функциясини бажаради. Шу билан бирга MSнинг бир сотадан бошқа сотага кўчиш жараёнида “эстафетали узатишни” таъминлаб ҳалақитлар ёки бузилишлар пайдо бўлганда сотадаги ишчи каналларни алмашлаб улашни ҳам MSC бажаради. Тармоқнинг ишлашини назорат қилиш ва уни оптимизациялашга зарур бўлган статистик маълумотларни тўплаш ҳам MSC функциясига киради. Шунингдек ҳисоб-китоб қилувчи марказга (биллинг маркази) жўнатувчи ҳисоб маълумотларини шакллайди. Тармоқга рухсатсиз киришни таъқиқловчи процедурани бажаради. MSC шунингдек MSнинг турган жойини қайд қилиш ва бошқаришни узатиш таянч станцияларнинг қуйи тизимларига (BSS) бошқаришини топширишдан мустасно тартибда бошқаради.

MS кўчма станция хизмат кўрсатувчи бир зонадан бошқа зонага ҳаракатланиб кўчиши мобайнида чақириқни узатиш уланишларни сақлайди ва гаплашишини таъминлайди. Соталарда чақириқ узатишини BSC амалга оширади, агарда чақириқ иккита тенг BSC бошқариш тармоқлари орасида амалга оширилаётган бўлса, унда бирламчи бошқарув MSC томондан бажарилади. Бундан ташқари ҳар хил MSCларга тааллуқли тармоқлари орасида ҳам чақириқ узатилиши мумкин.



18.7 – расм. GSM стандартида қабул қилинган функционал схемаси.

MSнинг кўчишларини кузатиш учун коммутация марказида ҳолат регистри HLR ва кўчиш регистри VLR кўзда тутилган. HLRда MS турар жойи ҳақидаги ахборотнинг қисми сақланган бўлиб, унга асосан коммутация маркази станцияга чақирикни етказиши мумкин. Бундан ташқари кўчма станцияга мансуб бўлган халқаро идентификация номери (IMSI) ҳам сақланади. Шу номерга асосан аутентификация марказида (AUC), MS таниб олади. Умумий ҳолатда HLR тармоқдаги доимий абонентларнинг маълумот-ахборот базасини тақдим этади. Бу регистрда таниб олиш номерлари ва адреслар, абонентларнинг ҳақиқийлиги, алоқа хизматлар таркиби ва маршрутлаш ҳақидаги махсус ахборот сақланади. Абонентнинг роуминги тўғрисидаги маълумотлар (адашиб юриш) ва тааллуқли VLRдаги кўчиб юрувчи абонентнинг вақтинчалик идентификацион номери (TIMSI) ҳам қайд қилинади.

Абонентларнинг тармоқлараро роумингини таъминлаш учун HLRда сақланувчи маълумотларга шу тармоқнинг ва бошқа тармоқларнинг барча MSC ва VLRлари масофадан кириб фойдаланиш имконига эга. Агар тармоқда бир неча HLR бор бўлса, унда абонент ҳақида ёзув бир мартагина қилинади ва бу ерда ҳар бир HLR умумий маълумот базасининг қисми бўлиб қолади. HLR да сақланувчи маълумотларга кириб фойдаланиш имконига эга бўлиши учун IMSI ёки MS, ISDN (ISDN тармоғидаги кўчма абонентнинг номери) номерини билиш зарур.

Кўчиш регистри VLR кўчма станциянинг HLR билан назорат қилинувчи зона чегарасидан ташқарида ишлаб туришига хизмат қилади. Бирорта BSC назоратидаги зонада бошқа BSC назоратидаги зонага MS кўчирилса, унда охириги BSC кўчма станцияни қайд қилади, VLRга эга станция чақириғига етказиладиган алоқа ҳудуди номери ҳақида ахборот киритилади. VLRга HLRдаги маълумотларнинг айнан ўзи ёзилади. Аммо лекин VLRдаги маълумотлар унинг назорати остидаги зонада MSнинг қанча вақт туришига (жойдашишига) қадар сақланади, ва ундан кейин ўчирилади. Хотира қурилмасининг хатолиғига қарши HLR ва VLR ҳимояга эга.

GSM стандартига соталар географик зоналарга гуруҳийлаштирилади (LA) ва уларга тааллуқли идентификацион белгиланади (LAC). Бир нечта LAда жойлашган абонентлардан ҳақидаги маълумотлар VLRда сақланади.

MSнинг бир LAдан бошқасига кўчишида, унинг турган жойи ҳақидаги маълумот VLRда автоматик равишда янгиланади. Агар эски ва янги LA ҳар хил VLR бошқариши остида бўлса, унда бу ҳолда эски VLRдаги маълумотлар янгисига ёзилгандан сўнг ўчирилади. Бу ерда MSнинг жорий адреси ҳам HLRда янгиланади. VLR “адашиб” юрувчи MS (MSRN)нинг ҳам номерини ўз ичига олади. MS чақирикни қабул қилган пайтда VLR унинг MSRN чиқариб олиб энг яқин турган таянч станцияга боғлаш учун MSCга узатади.

Бир MSCдан иккинчисига уланишлар ўтказилганда бошқаришни узатиш номерларини тақсимлаш ҳам VLR томонидан бажарилади. Бундан ташқари VLR янги TMSIларнинг тақсимланишини бшқаради ва уларни HLRга узатиб беради. Чақирикқа ишлов бериш вақтидаги ҳақиқийликни аниқлаш

процедурасини ҳам назорат қилади. Тармоқдан рухсатсиз фойдаланишнинг олдини олиш мақсадида TMSIни даврий равишда ўзгартириб туриш мумкин. Умуман олганда белгиланган зонадаги MS учун VLR маълумотларнинг локал базаси бўлиб қолади ва унга фойдаланиш учун кириш IMSI, TMSI ёки MSPNлар билан амалга оширилади. VLR чақириқ хизматига кетадиган вақтни қисқартиради ва HLRга бўлган доимий сўроқлашни чиқариб ташлайди.

Тармоқни рухсатсиз (санкциясиз) кириб фойдаланишдан ҳимоя қилиш мақсадида аутентификация- абонентнинг ҳақиқийлигига ишонч ҳосил қилиш – механизми киритилади. Аутентификация маркази (AUC) абонент ваколатини текширади ва унинг тармоққа кириб фойдаланишини таъминлайди. Бир нечта блоклардан иборат бўлиб AUC калитларини ва алгоритминини шакллантиради. AUCнинг асосий блокларидан бири бўлиб ускуна идентификация қилиш регистри (EIR-Equipment Identification Register) ҳисобланади ва унда шифрлаш калитлари жамланган.

Тармоқдан фойдаланиш жараёнида ҳар бир MS абонентнинг стандарт ҳақиқийлик модулига (SIM) эга бўлади. Бунинг ичига халқаро идентификацион номер (ISMI), ўзининг индивидуал аутентификация калити (Ki) ва аутентификация алгоритми (AS) киради. SIMда сақланувчи ахборот MS ва тармоқ орасидаги маълумот алмашуви жараёнида AUCнинг тўла циклини амалга ошириш имконини беради ва тармоққа кириб фойдаланишга рухсат беради.

Усқунани идентификация қилиш регистри (EIR) IMSI нинг ҳақиқийлигини тасдиқловчи марказлаштирилган маълумотлар базасига эга ва қуйдагича ташкиллаштирилган номерлар рўйхатини ўз таркибига олади:

Оқ рўйхат – шу тармоққа таълуқли MS лар номерларини ичига олади.

Қора рўйхат – ўғирланган ёки айрим сабабларга кўра ишлаши тақиқланган MS номерларни ичига олади.

Кул ранг рўйхат – айрим муаммолари бор, лекин қора рўйхатга киритишга асос йўқ MSлар номерларини ўз ичига олади.

EIRда сақланувчи маълумотларга шу тармоқнинг MSC ва бошқа кўчма тармоқларнинг MSCлари ҳам кириб фойдаланиш имконига эга. Тармоқ бир нечта EIRни таркибига олиши мумкин ва бундай ҳолда ҳар бир EIR аниқланган IMSI гуруҳини бошқаради.

GSM тармоғининг марказий элементи бўлувчи эксплуатация қилиш (бошқариш) ва техник хизмат кўрсатиш маркази (OMC) назорат ва тармоқнинг бошқа компонентларини бошқаришни таъминлайди ва уларнинг ишлаш сифатини назорат қилади. X.25 протоколи узатиш каналлари ёрдамида ўзаро уланади.

Тармоқни бошқариш маркази (NMC) GSM тармоғини рационал, иерархик бошқаришни таъминлайди. Унинг функциясига эксплуатация ҳам барча тармоқлар даражасида техник кўрсатиш ҳам киради. Тармоқлар ўз навбатида минтақавий тармоқларни бошқарувига жавоб берувчи OMC марказлар томонидан қўллаб қувватланади. NMCда бутун тармоқ ҳолати ҳақидаги маълумотлар тўпланади, у регионал муаммоларни ечишда

стратегияни ўзгартириш кўрсатмаларини бериши мумкин. BSS таянч станциянинг ускунаси таянч станция контроллеридан ва қабул қилиш – узатиш таянч станциясидан ташкил топади. BSS бир нечта қабул қилиш – узатиш блоклар устидан, ҳамда радиоканал тақсимлашини, уланиш контроллерини, уларнинг навбатини тартиблашни сақровчи частота бўйича ишлаш режимини, сигналнинг модуляция ва демодуляциясини, хабарни кодлаш ва декодрлашни, нутқ кодлаш, нутқ маълумот ва чақириқлар учун тезлигини адаптация қилишни, шахсий чақириқ хабарини узатиш навбат тартибини бошқариши мумкин.

Транскодер TCE нутқ ва маълумот узатиш каналларининг чиқиш MSC (64 kbit/s ИКМ) сигналларни рақамли 13 kbit/s тезликдаги сигналга ўзгартиради. Бу эса GSMнинг радиоинтерфейс тавсиясига тўғри келади. (рек. GSM 04.09). Бундай нутқни узатиш бўйича рақамли канал “тўла тезликли” деб аталади. Узатиш тезлиги 6.5 kbit/s бўлганда “ярим тезликли” деб аталади. Узатиш тезлигини пасайтириш учун махсус нутқ ўзгартирувчи қурилма қўлланилади. Бундай қурилма чизиқли предикатив кодлашга (LPS) асосланган, узоқ вақтли олдиндан айтиш (LTR) ва қолдиқли импульс уйғотиш (RPE ёки RELP) ҳосил қилади.

MSC билан транскодер биргаликда жойлаштирилади. Бу ҳолда 13 kbit/s тезликли BSC томон йўналтирилган хабар оқимида қўшимча битлар қўшилади (стафирование) ва маълумот узатиш тезлиги 16 kbit/s га етказилади. Сўнг 4-даражали зичлаштирилган амалга оширилиб 64 kbit/s ли стандарт каналга ўтказилади. Шундай қилиб, GSM тавсияга асосан 120 нутқ канал узатишни таъминловчи 30-каналли ИКМ линия шакллантирилади. Ўн олтинчи канал (64 kbit/s) – “вақтинча дераза” алоҳида ажратилади ва у сигнализация ахборотини узатишга мўлжалланган.

“Вақтинча дераза” деб номланувчи ўн олтинчи канал алоҳида ажратилган бўлиб сигнализация ахборотини узатишга мўлжалланган, кўпинча тез-тез SSN7 ёки LAPD трафигини ўз ичига олади. Бошқа (64 kbit/s) каналда МККТТнинг H.25 протоколи билан мослаштирилган бўлиб маълумот пакетларни узатиши ҳам мумкин. Натижада кўрсатилган интерфейс орқали ҳосил бўлган узатиш тезлиги $30 \times 64 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} = 2048 \text{ kbit/s}$ ташкил қилинади.

(18.3-жадвал).

Қувват класси	Узатгич қувватининг максимал сатх қиймати.
1	20 W
2	8 W
3	5 W
4	2 W
5	0,8 W

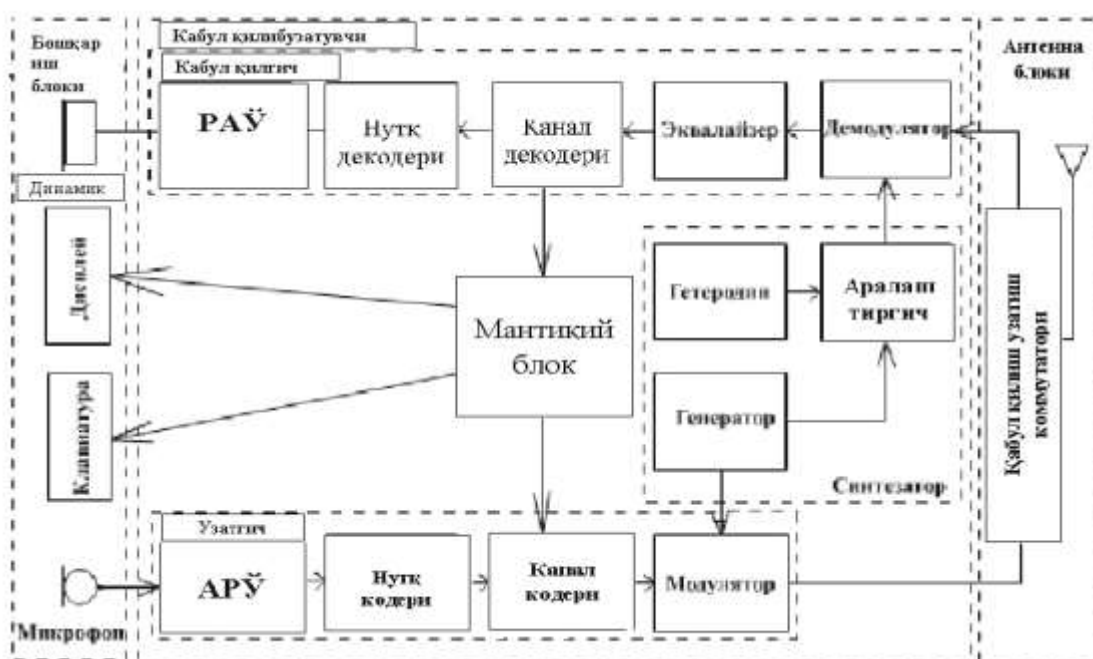
Кўчма станция MS абонентнинг GSMтармоғига ва унинг давомида тайинланган электроалоқа тармоғига кириб фойдаланишга хизмат қилади. GSM стандартида 5-классга бўлинувчи MSлар мавжуд ва улар бир-биридан чиқиш қуввати билан фарқланади

Алоқани ташкил этишда талабга жавоб берувчи алоқа сифатини таъминловчи узатгичнинг қуввати адаптив созланиши кўзда тутилади. Ҳар бир бирламчи станцияга ўзининг халқаро идентификацион номери белгиланади. Бу номер ўғирланган ёки ваколатсиз станциянинг GSM тармоғига кириб фойдаланишининг тақиқлаш учун ҳам хизмат қилади.

Кўчма станциянинг тузилиш схемаси.

MS – кўчма станциянинг (структур) тузилиш схемаси 18.8-расмда келтирилган. Унинг таркибига қуйдагилар киради: бошқариш блоки, қабул қилиш узатиш блоки, антенна блоки.

Бошқариш блоки ўз таркибига микротелефон трубкини (микрофон ва радиокарнай), клавиатурани ва дисплейни киритади.



18.8-расм.Рақамли кўчма станциянинг тузилиш схемаси.

Клавиатура чақирилувчи абонентнинг телефон номерини теришга, ҳамда MSнинг ишлаш режимини тайинлаш учун хизмат қилади. Қурилмага таълуқли хар-хил ахборотни (тасвирлаш учун) ва станциянинг ишлаш режимини акс эттириш учун дисплей хизмат қилади.

Қабул қилувчи-узатувчи блок узаткичдан, қабул қилгичдан, частота синтезаторидан ва мантикий блокдан ташкил топган. Узатгич таркибига кирадилар:

- АРЎ микрофон чиқишидан олинган сигнални рақамли шаклга ўзгартиради ва барча кейинги кетма-кет нутқ сигналига ишлов бериш ва узатиш рақамли шаклда амалга оширилади;

- нутқ кодери нутқ сигнаolini кодлаштиради, яъни унинг ортиқчасини қисқартириб рақамли шаклга эга бўлган сигнални маълум қонун бўйича ўзгартиради;

- канал кодери нутқ кодери чиқишидан олинган рақамли сигналга қўшимча ахборотни қўшади. Бу амал алоқа линиялари бўйича сигнални узатишда уни хатоликлардан ҳимоя қилиш учун қўлланилади, худди шу мақсадни қўзлаган ҳолда ахборот устида маълум қайта ўраб оралатиб жойлаш амали бажарилади; бундан ташқари канал кодери узатилувчи сигнал таркибига мантиқ блокидан келувчи бошқариш ахборотини киритади;

- модулятор кодланган аудиосигнал ахборотни ташувчи частотага ўтказишни таъминлайди;

- қабул қилгич ўзининг таркиби билан узатгичга мос келади, лекин фақат унинг таркибига кирувчи блоklar тескари функцияларни бажаради;

- демодулятор модуляцияланган радиосигналдан фойдали ахборотни ташувчи кодланган аудиосигнални ажратиб олиш;

- канал декодери чиқиш оқимдан бошқарувчи ахборотни ажратади ва уни мантиқ блокига жўнатади, қабул қилинган ахборот хатолари бир йўқлигича текширилади ва қайд қилинган хатолар тўғриланади;

- навбатдаги ишлов беришга доир қабул қилинган ахборот устида (кодерга нисбатан) қайта текшириш амали бажарилади;

- нутқ декодери канал кодерида кириб келувчи нутқ сигнаlinи тиклайди, яъни уни рақамли турдаги табиий шаклига ўтказади;

- РАЎ қабул қилинган рақамли нутқ сигнаlinи аналог шаклга ўзгартиради ва уни радиокарнай киришига беради;

- эквалайзер радиотўлқинлар кўп нурли тарзида тарқалиши сабабли сигналнинг бузилишларини қисман компенсациялашга хизмат қилади. Моҳияти жиҳатдан адаптив филтp бўлиб, ахборот таркибини ташкил қилувчи символлар кетма-кетлигига интеллектуал созданувчи қурилмадир. Эквалайзер блоки функционал эмасдир ва айрим ҳолларда қўлланмаслиги мумкин.

Мантиқ блоки-бу MS нинг ишлишини бошқарувчи микрокомпьютердир. Синтезатор радиоканал бўйича ахборотни узатишда фойдаланиладиган ташувчи частота тебранишларидир. Узатиш ва қабул қилишда частота спектрининг ҳар – хил жойлари (частота бўйича дуплексли аратилиши) ишлатилиши сабабли MSда гетеродин ва частота ўзгартиргичи ишлайди.

Антенна блоки ўз ичига антеннани (энг содда ҳолда чорак тўлқинли штиp ва қабул қилиш – узатиш коммутаторларни киритади. Коммутатор рақамли станцияларда электрон коммутатор бўлиб, антеннани ё узатгич чиқишига ёки қабул қилгич киришига улаши мумкин, чунки рақамли тизимлардаги MS ҳеч вақт бирданига қабул қилиш ва узатишда ишламайди.

18.8-расмда келтирилган кўчма станциянинг тузилиш схемаси соддалаштирилган турда берилган. Схепада кучайтиргичлар, селекциялаш

занжири, синхрочастота сигналлар генератори ва уларни тарқатиш занжирлари, узатиш ва қабул қилишдаги қувватни кузатиш ва бошқариш схемаси, аниқланган частота каналида ишлаш учун генератор частотасини бошқариш схемаси ва бошқалар кўрсатилмаган. Ахборотни узатишда унинг конфиденциялашини таъминлаш мақсадида айрим тизимларда шифрлаш режими қўлланилиши мумкин. Бундай ҳолатларда GSM стандартида MSнинг қабул қилгичи ва узатгичи махсус ажратиб олинувчи модул билан таъминланади. Бу абонентни идентификациялаш модулидир. (Subscriber Identity Module-SIM).

GSM стандартидаги кўчма станция нутқ гапириш фаолликни аниқловчи детекторга эга. Нутқ детектори электр токи манбаининг энергия сарфланишини тежаши учун хизмат қилиб (ўртача нурланиш қувватини камайтиради) бошқа станцияларга ҳалақит бермасликни таъминлайди. Яъни узатгични фақат абонент гапиргандагина ишга қўшади. Шундай қилиб MS узатгичи фақат бошқариш сигналини узатиш ёки гапириш вақт интервалларида энергия сарфланади. Узатгичнинг ишлашида пауза пайдо бўлганда қабул қилиш трактига қўшимча “комфорт” шовқин киритилади. Айрим заруриятларда MS таркибига алоҳида терминал ускуналар киритилади, масалан факсимал аппарати, ва шулар қаторида махсус адаптерлар ҳам лойиқ интерфейслар ёрдамида уланиши мумкин.

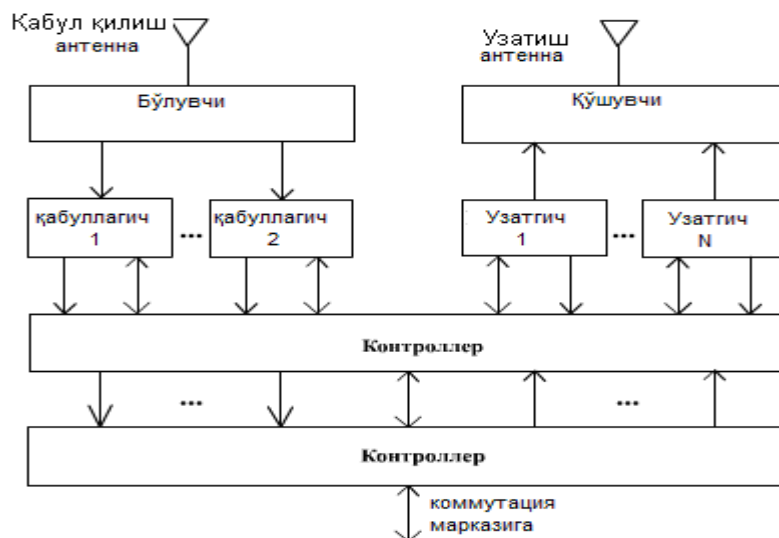
Аналогли кўчма станциянинг блок-схемаси кўриб чиқилган рақамларникига қараганда соддароқдир, чунки АРЎ-РАЎ ва кодеклар ишлатилмайди. Аммо аналогли станция бир вақтнинг ўзида бараварига ҳам узатиш ҳам қабул қилиш режимида ишлаганлиги учун дуплекс антенна алмашиб, улагичи эса мураккаб ва каттароқдир.

Таянч станциянинг тузилиш схемаси 18.9-расмда келтирилган. Сигнални ажратилган ҳолда қабул қилиш, яъни бунинг учун таянч станция иккита қабул қилиш антенналарига эга бўлишлиги BTSнинг хусусиятларидан биридир. Бундан ташқари BTS ажратилган узатиш ва алоҳида қабул қилиш антенналарга эга бўлиши мумкин (18.9-расмда шунга мос тузилиш схема келтирилган). Яна бир муҳим хоссаларидан бири унинг бир нечта қабул қилгичларга ва шунча сонли узатгичларга эга бўлишидир. Булар ҳар хил частотали бир нечта каналларда бир вақтнинг ичида бараварига ишлаш имкониятини яратади.

Бир хил номли қабул қилгичлар ва узатгичлар умумий созланувчи таянч генераторларга эгадир. Булар бир каналдан бошқасига ўтишда мослашилган частотага қайта созланишни таъминлайди. Битта қабул қилиш антеннага N сонли қабул қилгичлар ва битта узатиш антеннага N та узатгичлар уланади. Қабул қилиш антеннаси билан қабул қилгич орасига N та киришли қувват бўлаклагичи ўрнатилади, узатгич билан узатиш антеннаси орасига эса N та киришига эга бўлган қувват сумматори (жамлагич) жойлаштирилади.

Қабул қилгич ва узатгич MS дагидек айни тузилишга эга, фақат ундан фарқли томони шундан иборатки РАЎ ва АРЎлар қўйилмайди, чунки узатгичнинг кириши ва қабул қилгичнинг чиқиши сигналлари рақамли шакилга эга. Функционал жиҳатдан кодеклар (ё фақат нутқ кодеки, ёки нутқ

кодеки билан канал кодеки) қабул қилгич-узатгичнинг элементлари бўлиб қолсада, BTSнинг қабул қилгич-узатгичи таркибида эмас, балки MSC конструкцияси таркибида жойлаштириш амалга оширилади.



18.9-расм. Таянч станциянинг тузилиш схемаси.

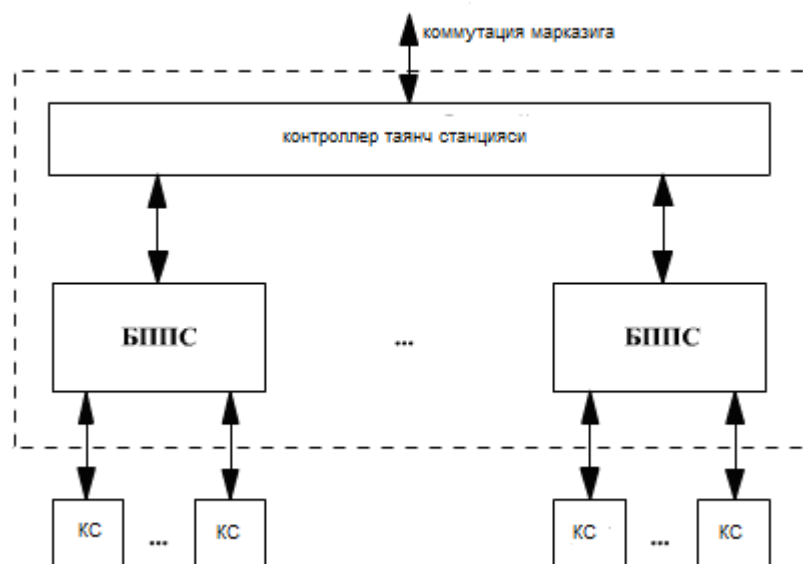
Алоқа линия билан боғлаб туташтирувчи блок алоқа линияси орқали MSCга жўнатиладиган ахборотни дастлаб жойлайди ва ундан келувчи ахборотларни очиб беради.

Одатда BTS билан MSC ни боғлаш учун радиорелей ёки оптик толали алоқа линия қўлланилади. Агар улар ёнма-ён бир ҳудудда жойлашган бўлса, симли кабеллар ишлатилади. Станция ишлашини бошқаришни, ҳамда таянч станция таркибига кирувчи барча блоклар ва қисмларнинг ишга яроқлилигини BTS назоратчиси (компьютер) амалга оширилади.

Ишончлиликини таъминлаш мақсадида BTS нинг кўп блоклари ва электрон қисмлари захирашатирилади (дублирование), станция таркибига автоном узлуксиз (тўхтовсиз) электр энергия манбалари киритилади (аккумуляторлар).

GSM стандартида таянч станция тизими тушунчаси юритилади, ва унга таянч станция назоратчиси BSC, ҳамда бир нечта (масалан, ўн олтигача) таянч қабул қилиб узатувчи станциялар киради (18.10- расм).

Хусусан бир жойда ўрнатилган ва умумий таянч станция контроллерига бириктирилган учта таянч қабул қилиб-узатувчи станцияларнинг ҳар бири сота кўламида ўзининг 120° градус секторга хизмат кўрсатиши мумкин. Ёки битта таянч станция назоратчисига эга бўлган олти таянч қабул қилиб узатувчи станциялар олти 60° градусли секторга хизмат кўрсатади. Шунга ўхшаш ҳолатни D-AMPS стандартига нисбатан олиб кўрадиган бўлсак, унда учта ёки олти мустақил BTSлар, ҳар қайсиси ўзининг иш жойида ўрнатилган назоратчи билан ўзига ажратилган сектор антенналарига ишлаши мумкин.

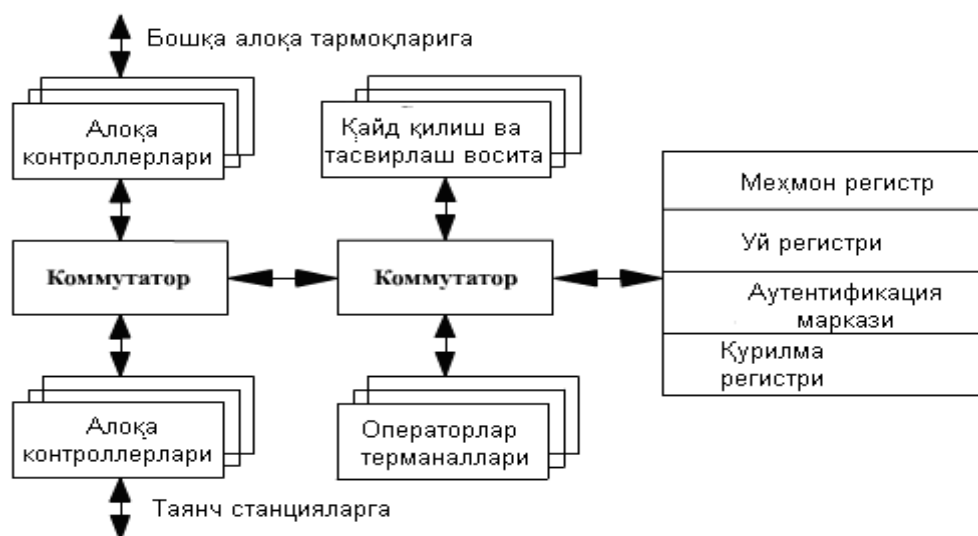


18.10-расм. Таянч станция тизими.

Коммутация маркази – бу КСАТнинг автоматик телефон станцияси бўлиб, тармоқ бошқаришнинг барча функциясининг бажарилишини таъминлайди. КМ ҳар доим MS лар устидан кузатиб боради, уларни эстафетали равишда бир сотадан бошқа сотага узатиб беради. Бу жараёнда MS нинг бир сотадан бошқа сотага узатиб ўтиши мобайнида алоқанинг узлуксизлиги таъминланади ва ҳалақитлар ёки бузилганликлар пайдо бўлганда КМ ишчи каналларни алмаштириб улайди.

КМ га ҳамма BTS ларнинг ахборот оқимлари туташади ва у орқали бошқа тизимларига стационар телефон тармоқ, шаҳарлараро алоқа тармоғи, йўлдошли алоқа ва бошқа сотали тармоққа чиқиш амалга оширилади.

КМ таркибига бир нечта процессорлар (котроллерлар) киради. Коммутация марказининг тузилиш схемаси 18.11-расмда келтирилган.



18.11-расм. Коммутация марказининг тузилиш схемаси

Коммутаторлар алоқа линияларга тегишли алоқа контроллерлар орқали боғланади. Алоқа контроллери ахборот оқимларига оралиқ ишлов берадилар (дастлабки жойлаш, дастанни очиш, буферли сақлаш). МКнинг ишлашини бошқаришида операторларнинг иштироки кўзда тутилади, шу сабабли марказ таркибига тегишли терминаллар, ҳамда ахборотни акс эттириб тасвирловчи ва қайд қилувчи (хужжатлаш) воситалар ҳам киради. Хусусан, операторлар томонидан абонентлар ҳақидаги ва уларга кўрсатилувчи хизмат шартларига доир маълумотлар тизимининг ишлаш режими бўйича дастлабки маълумотлар киритилади. Зарур ҳолатларда иш жараёнида талаб қилинувчи буйруқлар ҳам берилади.

Тизимнинг муҳим элементлари бўлиб, HLR – абонентлар жойлашган жойнинг регистри “хонадон регистри”, VLR – кўчма абонент жойлашган жойнинг регистри “меҳмон регистри”, аутентификация маркази, аппаратура регистри қоладилар. Абонентлар жойлашган жойнинг регистри шу тизимда қайд қилинган барча абонентлар тўғрисида ва уларга кўрсатилиши мумкин бўлган хизматлар тури маълумотлар сақланади. HLRда абонентга чақирикни ташкил қилиш ва тизимга боғланиш мақсадида унинг жойлашган жойи ва ҳақиқий амалда кўрсатилган хизматлар қайдланади (фикцияланади). Кўчма абонент жойлашган регистр “меҳмон регистри” деб ҳам номланади ва унда абонентлар меҳмонлар (роумерлар) ҳақидаги маълумот сақланади, яъни бошқа тизимда қайд қилинган абонентлар тўғрисидаги маълумотлар. Аутентификация маркази (Autentification Center) абонентларни аутентификациялаш ва хабарни шифрлаш процедурасини таъминланади. Аппаратурани идентификациялаш регистри (Equipment Identity Register), агар у тизим таркибида бор бўлса, ишлатилувчи MS ларнинг шикастланмаганлиги ва рухсат этилганлиги ҳақидаги маълумотга эга.

Хусусан, бу регистрда ўғирланган аппаратлар қайд қилиниши мумкин, ҳамда техник нуқсон бор аппаратлар, яъни масалан, йўл қўйиб бўлмайдиган юқори даражада ҳалақитлар ҳосил қилувчи аппаратлар.

Худди BTS лардаги каби КМда ҳам аппаратуранинг асосий элементларини захиралаш кўзда тутилади, булар ичига электр энергия таъминоти, процессор ва маълумот тўпламлари (база). Маълумотлар тўпламлари кўп ҳолларда КМ таркибига кирмайди, балки алоҳида элементлар турида амалга оширилади. КМ қурилмаси ҳар хил турда ва ҳар компаниялар томонидан ишлаб чиқарилган бўлиши мумкин.

Сотали алоқа интерфейслари. Ҳар бир сотали алоқа стандартида бир неча интерфейслар қўлланилади, умуман олганда улар ҳар хил турда ва ҳар хил стандартда бўлиши мумкин. MS билан BTS ни, BTS билан МК ни ўзаро алоқа боғлаш учун ўзларининг интерфейслари кўзда тутилган (GSM стандартида BTS қабул қилгич узатгични BSC контроллери билан боғлаш учун алоҳида интерфейс ишлатилади). Коммутация маркази “хонадон” регистри билан, “меҳмон” регистри билан, аппаратура регистри билан, стационар телефон тармоғи билан ва бошқалар билан ҳам ўзларининг интерфейслари билан боғланади.

Турли фирма ишлаб чиқарувида ясатилган аппаратураларнинг мослашувини таъминлаш учун ҳамма интерфейсларни стандартлаш талаб этилади, аммо айнан бир хил турдаги ахборот туташишларни амалга ошириш учун бошқа стандартга мансуб ҳар хил интерфейслар қўлланилиши ман этилади. Айрим ҳолларда кўпдан бери ишлатилиб келинаётган мавжуд стандартдаги интерфейслар фойдаланилади, масалан рақамли ахборот тармоқларда алмашилиш протоколига мувофиқлари.

MS билан BTS орасида ўзаро алмашиш интерфейси эфир интерфейси ёки радиоинтерфейси (air interface) деб номланади ва иккита асосий рақамли сотали алоқа (D-AMPS ва GSM) стандартлари ичида, ҳар хил йўл билан ташкиллаштирилганига қарамай одатда Dm- деб бир хил белгиланади. Эфир интерфейси албатта ҳар қандай КСАТда унинг турли конфигурацияларида ва барча сотали алоқа стандартлар вариантида ягона имкон қўлланиладиган интерфейсдир. Бундай ҳолат ҳар қандай фирма томонидан ишлаб чиқарилган MS га исталган турли хил фирмаларда яратилган BTS билан бемалол ўзаро ишлаш имкониятини туғдиради, шу туфайли компания – операторлар учун қулай ва роуминг ташкил қилишда ҳам зарурдир. Самарали фойдаланишни таъминлаш мақсадида радиоалоқа каналига ажратилган частота полосасини мумкин қадар эфир интерфейс стандартлари жуда пухта лойиҳалаштириб ишлаб чиқилади.

18.4-жадвалда GSM стандартида келтирилган частота полосалари ишлатилади.

18.4- жадвал. GSM стандартида ишлатилувчи частоталар полосаси.

Стандарт	Частота, MHz		Тўлқин узунлиги, sm	
	Тескари канал	Тўғри канал	Тескари канал	Тўғри канал
GSM - 900	890 - 915	935 - 960	32,8 - 33,7	31,2 - 32,1
GSM - 1800	1710 - 1785	1805 - 1880	16,8 - 17,6	16,0 - 16,6
GSM - 1900	1850 - 1910	1930 - 1990	15,7 - 16,2	15,1 - 15,6

КСАТнинг яна бир хоссаларидан бири - бу ўз таркибига кўп эмас сондаги частотали каналларини киратувчи ажратилган частоталар полосасининг қатиян чекланганлигидир. Бундан шундай талаб келиб чиқадики ажратилган диапазонни мумкин қадар рационал фойдаланиш, унинг ишлатилишини оптималаш ва алоқа тизимининг сиғимини ошириш зарур.

Бошқа хоссаси шундан иборатки, сотали алоқада ишлатилувчи частоталар полосалари дециметр диапазонида таълуқлидирлар. Дециметрли радиотўлқинлар, тўғри кўриниш кўлами бўйича тарқалади ва бу частоталарда дифракция заиф номаён бўлди, молекуляр ютилишлар ва гидрометёрлардаги (қор, ёмғир) ютилишлар деярли йўқдир. Аммо лекин ернинг сиртқи қатлами яқинлиги ва айниқса шаҳар шароитидаги тўсиқларнинг (бинолар) мавжудлиги аксланувчи сигналнинг пайдо бўлишига ва уларнинг ўзаро

интерференциялашувчига олиб келади. Бундай ҳодиса сигналнинг кўп нурли бўлиб тарқалиши деб аталади. Ернинг сиртқи қатламидан аксланиш шунга олиб келадики, қабул қилинувчи сигналнинг қуввати узатгич билан қабул қилгич орасидаги масофанинг иккинчи даражасига пропорционал бўлиб камайиши ўрнига (эркин фазода тарқалганда) шу масофанинг тўртинчи даражасига пропорционал камайиши кузатилади, яъни майдон кучланганлиги масофанинг квадратиغا пропорционал камаяди. Ҳар хил йўл босиб ўтган бир неча сигналлар интерференцияси ҳосил бўлган сигналнинг тиниш ҳолатига олиб келади, натижада қабул қилинувчи сигналнинг интенсивлиги кўчма станциянинг силжишида катта қиймат чегараларида ўзгаради. Бундан ташқари бир неча интенсивликлари яқин бўлган ва бири-бирига нисбатан вақт бўйича силжиган сигналларнинг устма-уст тушиш натижасида хабарнинг бузилишига ва қабул қилинувчи ахборотда хатолар пайдо бўлишига олиб келади. Таянч станциядан узоқлашишига боғлиқ равишда сигнал интенсивлигини ҳисоблашга кўп нурли тарқалиш фактор сезиларли даражада қийинчилик туғдиради. Бундай ҳисоб тузимни корректли лойҳалашда жуда зарур бўлади.

Энг кўп тарқалган GSM стандарти 800-900 MHz диапазонида ишлайди. Кўчма станцияларга хабар узатилганда (линия «пастга») 890 – 915 MHz полоса қўлланилади, таянч станцияларга узатишда эса (линия “юқори”) 935-960 MHz полосадан фойдаланилади. GSM тармоқлари ўз вақтида NMT-900, TACS, ETACS аналог стандарт тизимлари билан биргаликда ишланганлиги туфайли уларнинг хоссаларини ҳисобга олган ҳолда частота режалари ишлаб чиқилган.

GSM стандартида каналлар орасидаги частоталар фарқи 200 kHz ни ташкил этади, ажратиб берилган полосадаги частотавий каналларнинг сони 124 га тенг. Дуплекс каналини ташкил қилиш учун частоталар жуфтлаш йўли билан гуруҳлаштирилади ва “паст” ва “юқори” линиялар частоталарининг фарқи 45 MHz. Бу частоталар жуфтлигида частота фарқлари сақланиб қолади. Ҳар бир сотага маълум сонли частоталар жуфти тақдим этилади. Агар 890-915 MHz частота поласасида ташувчи частота номерини $F1(n)$ деб белгилансан, 938-960 MHz полосадаги ташувчи частотанинг номерини $F2(n)$ бўлса, унда каналлар частотаси қуйидагича аниқланади.

$$F1(n) = 890.2 + 0.2(n - 1), MHz$$

$$F2(n) = F1(n) + 45MHz$$

Ҳар бир ташувчи частота 8-та физик каналлар билан зичлаштирилади, булар эса TDMA кадри кўламидаги ва кадрлар кетма-кетлигидаги 8-та вақт бўйича дарчаларда жойлаштирилади. Шу билан бирга ҳар бир физик канал ҳар бир вақт бўйича TDMA кадрида биргина аввалги вақт бўйича дарча ишлатилади.

Физик канални шакллантиришдан олдин рақамли шаклга келтирилган барча хабарлар ва маълумотлар гуруҳлаштирилади ва икки хил мантик каналларга бирлаштирилади:

- алоқа каналлар кодланган нутқни ёки маълумотларни узатишга мўлжалланган;

- бошқариш каналлар бошқарув сигналларини ва синхронизацияни узатишга (ССН) мўлжалланган.

Битта физик канал орқали бир неча турдаги мантикий каналлар узатилиши мумкин, фақат уларни тегишли комбинацияланганда.

КСАТнинг функцияларидан бири бўлиб сотали алоқанинг фойдаланиш имконига биргина (“хонадон”) тизими кўлаמידан ташқарида ҳам кенгайтиришни тақдим этади.

Роуминг шундай функция - бирорта операторнинг абонентига бошқа бир оператор тизимида хизмат кўрсатиш процедурасидир. Роуминг атамаси инглиз тилидан “roam” – дарбадорлик, санғиб юриш, кўчиб юриш маъносини билдиради, яъни роуминг хизматидан фойдаланувчи абонентни роумер деб аталади (инглиз тилида “roamer”). Роумингни амалга ошириш учун уни ҳосил қилиш имконини берадиган техник тахмин бўлиши шарт. Яъни, энг содда ҳолда иккала фойдаланувчи тизимларда бир хил стандартли сотали алоқа бўлиши зарур ва таълуқли компания-операторлар орасида роуминг хизматини кўрсатиш ўзаро келишув шартномаси ишлаши керак. Мобил алоқанинг тараққиёти эвазига тизимлари орасида ҳам роуминг имконияти вужудга келади.

Роумингни барпо этиш учун КСАТлар бир хил стандартда ишлаши керак, кўчма алоқанинг коммутация марказлари ва абонент жойланиш ҳақидаги маъмурий алмашиши учун махсус алоқа каналлари билан боғланган бўлиши зарур. Роуминг тақдим қилиш учун қуйидаги учта шарт бажарилиши керак:

- талаб қилинувчи минтақаларда радиотелефон сотиб олинган компания стандартига мослаштирилган КСАТ мавжудлиги;

- абонентларга роуминг хизмат кўрсатиш бўйича ташкилий ва иқтисодий шартномалар бўлиши;

- роуминг абонентларига товуш ва бошқа ахборот узатишни таъминловчи алоқа каналларининг тизимлар орасида мавжудлиги.

Уч хил роуминг бир-биридан фарқ қилади:

- автоматик;

- ярим автоматик – бу ерда абонент бирор бир ҳудуд хизматидан фойдаланиши учун у бу ҳақида ўзининг операторини олдиндан билдириб қўйиши зарур;

- қўлда, яъни радиотелефонни бошқа операторнинг КСАТига уланганига алмаштириш.

Роумингни ташкил этишнинг идеал ва жуда соддалаштирилган схемаси қуйидагича бўлиши мумкин. Масалан сотали алоқа абонент роуминг хизмат кўрсата биладиган бошқа “бегона” тизимнинг ҳудудига бориб оддий йўл

билан худди “ўзининг” худудидаги тизим жойлашган каби чақирик жўнатади, яъни бирор номерга телефон қилади.

Коммутация маркази эса унинг хонадон регистрида бўлган абонент рўйхатида йўқлигини аниқлаб “меҳмон” регистри роумер сифатида киритиб қўяди. Бир вақтнинг ўзида (ёки бирор кечикиш билан) “ўзининг” тизимидаги хонадон роумер регистрдан унинг ҳақидаги ва хизматни амалга ошириш (шифр, тасдиқланган шартномалар) маълумотларни сўрайди ва айти пайтда қайси тизимда роумер жойлашганлиги ҳақида хабар беради, сўнгги ахборот роумери асли хонадон регистрида қайд этилади. Бундан сўнг роумер худди ўзининг уйида каби сотали алоқадан фойдаланади. Ундан чақирувчи чақириқларга одатдагидек, унга таълуқли маълумотлар хонадон регистрида эмас, балки меҳмон регистрида, унинг номерига келиб тушувчи чақириқлар (ватанидаги) уйидаги тизим орқали роумер меҳмон бўлиб турган жойнинг тизимига қайта адресланади. Роумер ўзининг худудига қайтиб келгандан сўнг хонадон регистридаги олдинги тизимнинг адреси ўчирилади, ва роумернинг у тизимдаги сақланиб қолган маълумотлари ўчирилади. Роуминг хизмат тўлови абонент ўзининг тизимини тўлайди. Компания оператори ўз навбатида шартнома асосида хизмат кўрсатган бошқа худуд тизимига тўловни ўтказади.

Баён қилинган схема автоматик роумингга таълуқлидир. Буни яқунлаш учун бу схема компаниялараро ҳисоб-китобни автоматик йўл билан бажарувчи тизим билан қўшиб тўлдирилган бўлиши лозим. Бу масала ўзининг ечилиши бўйича анча мураккабдир, чунки компания-операторлари орасидаги ўзаро ҳисоб-китоблар шартномалар ўзгариб туриши туфайли тез-тез ўзгариб туради. Автоматик роумингнинг тескараси бу қўлда амал қилиш ёки административ йўли билан амалга оширишдир.

Қўл роуминги ҳолатида абонент ўзининг компаниясига қўнғироқ қилиб бошқа тизим худудига боратанинг олдиндан хабар беради ва бошқа худудга келиши билан маҳаллий компания – операторни ўзининг кириб келганлиги билан маълум қилади. Керакли маълумотлар янги операторлар томонидан таълуқли коммутация марказининг меҳмон ва хонадон регистрларига киритилади.

Оралиқ вариантлар ҳам мавжуд бўлган янги алоҳида қайд қилиш процедураси билан ошириш, фақат тизимдан келган чақириқни аниқ маршрутлаш йўли билан ва ҳ.к.

Роумингни ташкил қилиш маркази тўла бўлмаган бўлар эди, агар роумингга хос айрим муаммолар ва тарих моментлари эслаб ўтилмаса. Сота алоқаси пайдо бўлаётганда роуминг тушунчасининг ўзи йўқ эди, шунинг учун муоммалар ҳам пайдо бўлмаган эди, сотали алоқанинг шунчалик тараққий топишига ва кенг қўламда тарқалишини ҳеч ким олдиндан айтиб бериши мумкин бўлмаган. Шу сабабли роуминг сота тизимларнинг ривожланиши ҳар хил стандартларда, мамлакатларда ва минтакаларда ҳар хил техникавий ва ташкилий ечимлар аста секин рўёбга чиқа бошлади.

Роумингнинг сезиларли ривожланишини аналог стандарт AMPS (Шимолий Америка) ва NMT (Скандинавия)ларда топди, лекин рақамли

стандартларнинг пайдо бўлиши ундаги кўпгина қабул қилинган ечимларни қайта кўриб чиқишини тақозо этди. Рақамли стандарт D-AMPSдаги роуминг масаласининг ечилиши тизимлараро операцияларни белгиловчи алоҳида IS-41 стандартига таянади. Буларга нисбатан GSM стандарти анча қулай имкониятига эга, чунки у энг бошидан умумевропалик тарзда лойҳалаштирилиб ишлаб чиқара бошланди ва унда роуминг процедураси мажбурий элемент бўлиб жойлаштирилган. Бундан ташқари, GSM стандарти SIM картали ёки пластик роуминг деб аталувчи роуминг имконияти мавжуд. Бунда GSM (GSM 900, GSM 1800 GSM 1900) стандартларининг турли хил вариантдаги аппаратлари орасида SIM картани ўрин алмаштириб ишлатиш мумкин, чунки GSM стандартининг учала вариантида ҳам унификацияланган SIM карталар фойдаланилади. Икки режимли ва келажақда уч режимли абонент терминаллариининг (GSM 900/GSM 1800/GSM 1900) пайдо бўлиши билан GSM стандартидаги роуминг процедураси янада кўп қулайлик олиб келмоқда. Шуни таъкидлаш керакки, GSM стандарти ҳали ўзининг кўп имкониятларини рўёбга чиқариб улгургани йўқ, хусусан унга киритилган принципиал техник ечимларни.

Роуминг ривожланишига доир айрим техникавий ва ташкилий қийинчиликларни кўрсатиб кетиши зарур. Улар ичига: абонентларни аутентификация қилиш масаласи (инициатив ва ҳатто агрессив фрода муқаррар бўлиш туфайли); роуминг хизматлар тўловини ташкиллаштириш роуминг географиясининг кенгайиши ва унинг масштабини ошиши билан анча мураккаблашиши; протекционизм (масалан айрим мамлакатларда хорижда ишлаб чиқарилган аппаратнинг ишлатилиши тақиқланади).

Хулоса қилиб шуни таъкидлаш мумкинки, минтақалараро ва халқаро алоқаларнинг ниҳоятда қатта ўсиш ва иш юзасидан алоқаларни ташкиллаштиришда сота алоқанинг автоматик тўлақонли роумингни барпо қилиш актуал муоммолардан бири бўлиб қолади ва уни ечишда қўшимча ишлар бажарилиши талаб этилади.

Сотали ҳаракатдаги рақамли тизимлар. Сотали ҳаракатдаги CDMA тизими.

CDMA стандарти-(Code Division Multiple Access) асосида каналларни код бўйича ажратиш билан кўп станцияли фойдалана олиш технологияси ётади. CDMA тизимларида ҳар бир овоз оқими ўзининг ягона ноёб коди билан белгиланади ва бир вақтнинг ўзида бошқа кўплаб кодлаштирилган овозлар оқими билан биргаликда битта каналда узатилади. Қабул қилувчи томон сигнални шовқиндан ажратиш учун айнан шу коддан фойдаланади. Кўплаб овозли оқимлар орасидаги ягона фарқ бу ноёб коддир.

Қоидага асосан каналнинг кенглиги жуда катта бўлиб, ҳар бир овоз оқими диапазоннинг бутун спектрини эгаллайди. Мазкур тизим кенглиги 1,23 MHz бўлган каналлар тўпламидан фойдаланади. Овоз 8,55 Kbit/s

тезликда кодлаштирилади, аммо овоз активлигини ва кодлаштиришнинг турли тезликларини аниқлаш жараёни маълумотлар оқимини 1200 bit/s гача камайитириши мумкин. CDMA тизимларида сигнал қувватининг ўлчами экстремал паст бўлишига қарамасдан жуда мустаҳкам ва химояланган барқарор боғланишлар ўрнатилади. Назарий жихатдан сигнал ўлчами шовқин даражасига қараганда кучсиз бўлиши мумкин.

IS-95 стандартининг асосий хусусиятлари. Бу стандартни ишлаб чиқаришдан асосий мақсад КСАТ сиғимини аналоглиларга қараганда катталаштиришдир. CDMA тизимида қўйиладиган техник талаблар алоқа саноати ассоциацияси (TIA) томонидан қуйидаги стандартларда ифодаланган:

IS-95-CDMA радиоинтерфейси

IS-96-CDMA сўзлашув хизматлари

IS-97-CDMA кўчма станция

IS-98-CDMA таянч станцияи

IS-99-CDMA маълумотларни узатиш хизмати

Тизим AMPS/DAMPS стандартлари КСАТ тармоқлари учун ажратилган 800 MHz диапазонда ишлаш учун мўлжалланган. CDMAнинг технологик афзалликларидан бири бўлиб алоқани сир сақлаш (махфийлиги) ҳисобланади, шунинг учун хабарларни шифрлаш талаб қилинмайди.

IS-95 стандарти Уолш функцияларининг 64 кетма-кетликлари асосида частоталар спектрини тўғри кенгайтиришни қўллайди. Сўзлашув хабарлари ўзгариш тезлиги 8000 bit/s билан CELP алгоритми бўйича ўзгартирилади, каналларда эса ҳалақитга чидамлиликлари ошириш учун қўшимча символни ҳисобга олган ҳолда 9600 bit/s гача етказилади. Тизим 4800, 2400 ва 1200 bit/s тезликларда ишлаш режимини таъминлайди. “Пастга” узатишда тизимда 1/2, “юқорига” эса 1/3 тезлик билан ўрамли кодлаштириш қўлланилади. Бундан ташқари, узатилаётган хабарларнинг навбатма-навбатлиги, қабулда эса «юмшоқ» ечимли Витерби декодери қўлланилади.

Qualcomm CDMA стандартидаги алоқа канал 1.25 MHz полосани эгаллайди, асосий тавсифлари ва техник параметрлари эса 18.5-жадвалда келтирилган.

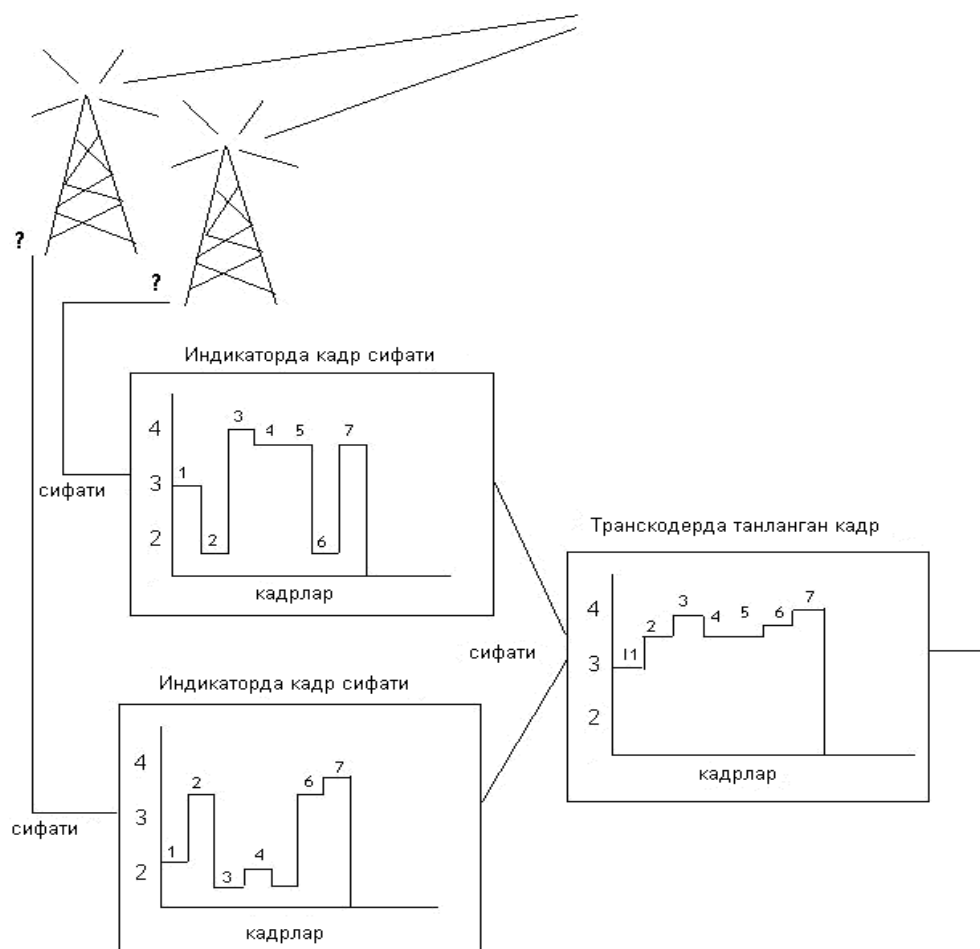
18.5-жадвал. Qualcomm CDMA стандартининг асосий тафсифи ва техник параметрлари.

MS узатиш частота диапазони	824,040 – 848,970 MHz
BTS узатиш частота диапазони	869.040 – 893.970 MHz
MS ташувчи частотасининг нисбий номўтадиллиги	$\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$
BTS ташувчи частотасининг нисбий номўтадиллиги	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
Модуляция турининг нисбий номўтадиллиги	QPSK (BTS), O-QPSK (MS)
Узатилувчи сигнал спектрининг кенглиги	
Сатхи 3 dB бўйича	1,25 MHz
Сатхи 40 dB бўйича	1,50 MHz
ПТК нинг такт частотаси	1,2288 MHz
ПТК даги элементлар сони	
BTS учун	32768 bit

MS учун	$2^{42} - 1 \text{ bit}$
BTS нинг 1 та ташувчисидаги каналлар сони	1 пилот канали 1 сигнализация канали 7 шахсий чақириқ каналлари 55 алоқа каналлари
MS нинг каналлари сони	1 фойдаланиш канали 1 алоқа канали
Маълумот узатиш тезлиги синхронизация каналида шахсий чақириш ва фойдаланиш каналида алоқа каналида	1200 bit/s 9600,4800 bit/s 9600,4800,2400,1200 bit/s
BTS узатиш каналларидаги кодлаш (синх. Канали. шахсий чақириқ. алоқаси)	Ўта аниқлик билан кодлаш $r = \frac{1}{2}, K = 9$
MS узатиш каналларидаги кодлаш	$U = 1/3, K = 9$ Уолш сигнали билан 64 ламчи кодлаш
Қабул қилгичдаги ахборот бит энергиясининг шовқин спектрал зичлигининг нисбати (E_n/N_0)	6 – 7 dB
BTS нинг максимал самарали узатиш қуввати	50 W гача
MS нинг максимал самарали узатиш қуввати 1 синф 2 синф 3 синф	6,3 W 2,5 W 1,0 W
MS узатчичининг қувватни бошқариш аниқлиги	+/- 0,5 dB

Қабул қилишда аксланиш натижасида ҳар ҳил кечикиш билан келган сигналларга алоҳида ишлов берилади, сўнг вазн бўйича қўшиш амалга оширилади. Қабулнинг бундай тарзда амал қилиниши кўп нурлилик эффектининг салбий таъсирини етарли даражада пасайтиради.

Сигналларга алоҳида рақамли ишлов бериш учун ҳар бир қабул каналида 4 та коррелятор BTSда, 3 та коррелятор MSда параллел равишда ишлайди. Бундан ташқари параллел ишловчи корреляторлар соталарни кесиб ўтишда «Эстафетали узатиб бериш» нинг (Soft Handoff) оҳиста ўтиш режимини амалга ошириш имкониятини яратади. Бу MS нинг иккита ва ундан кўп BTS лар томонидан бошқарилиши ҳисобига юзага келади. Асосий ускунанинг таркибига кирувчи транскодер иккита BTS дан келувчи сигналларни қабул қилиш сифатини кетма-кет ахборот кадрлари воситасида баҳолайди. (18.12-расм)



18.12 – расм. Ҳар хил таянч станциялар билан қабул қилинувчи кадрларнинг энг яхшисини бир бирига «ёпиштириш» принципи.

Энг яхши кадрни аниқлаш жараёни бу сўнги натижавий сигнални танлаш бўлиб узлуксиз коммутация ва юмшоқ режимни таъминловчи “Эстафетали узатиш”да иштрок этувчи турли таянч станциялар билан қабул қилинган ва кейинчалик ёпиштирилган кадрлар йўли билан шаклланади. Бунда, нутқ хабарларни қабул қилишнинг юқори сифат даражаси таъминланади ва бошқа стандартли сотали алоқа тармоқларда учрайдиган алоқа сеансларидаги узилишларни бартараф қилади.

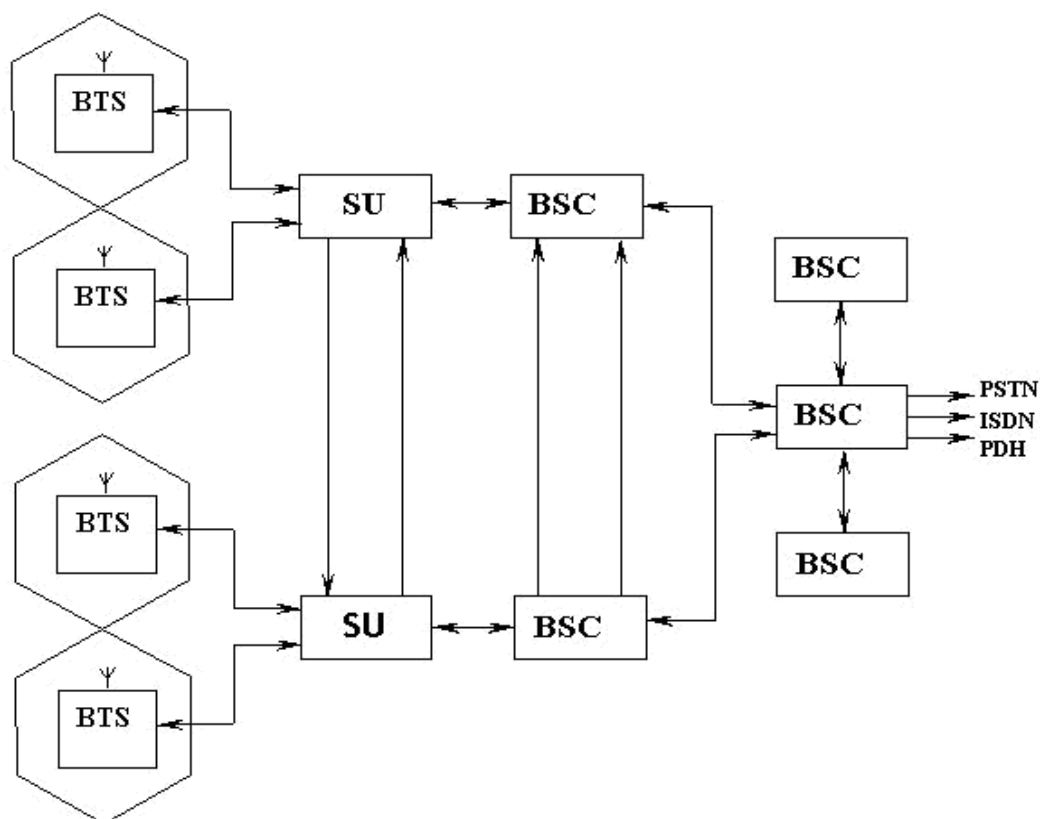
CDMA стандартининг умумлаштирилган структуравий схемаси 18.13-расмда келтирилган. Кўриниб турибдики, келтирилган схеманинг асосий элементлари КСАТнинг аналогли ва рақамли стандартларида қўлланиладиган элементларига ўхшашдир. Тафовут фақат сифатни баҳоловчи ва кадрни танловчи (SU- Selection Unit) қурилманинг қўлланилишидадир. Бундан ташқари, «эстафетали узатишнинг» охишта режимини амалга ошириш учун турли контроллерлар (BSC) томонидан бошқарилувчи BTS лар орасига SU ва BSC (Inter BSC Soft Handoff) ўртасидаги узатиш линия киритилади.

Алоқа ўрнатиш протоколлари CDMA даги тўғри (forward), тескари (reverse), “юқорига” узатишларга бўлинган мантиқий каналлардан

фойдаланади. IS-95 стандартининг бундай каналлари структураси 18.14- расмда келтирилган.

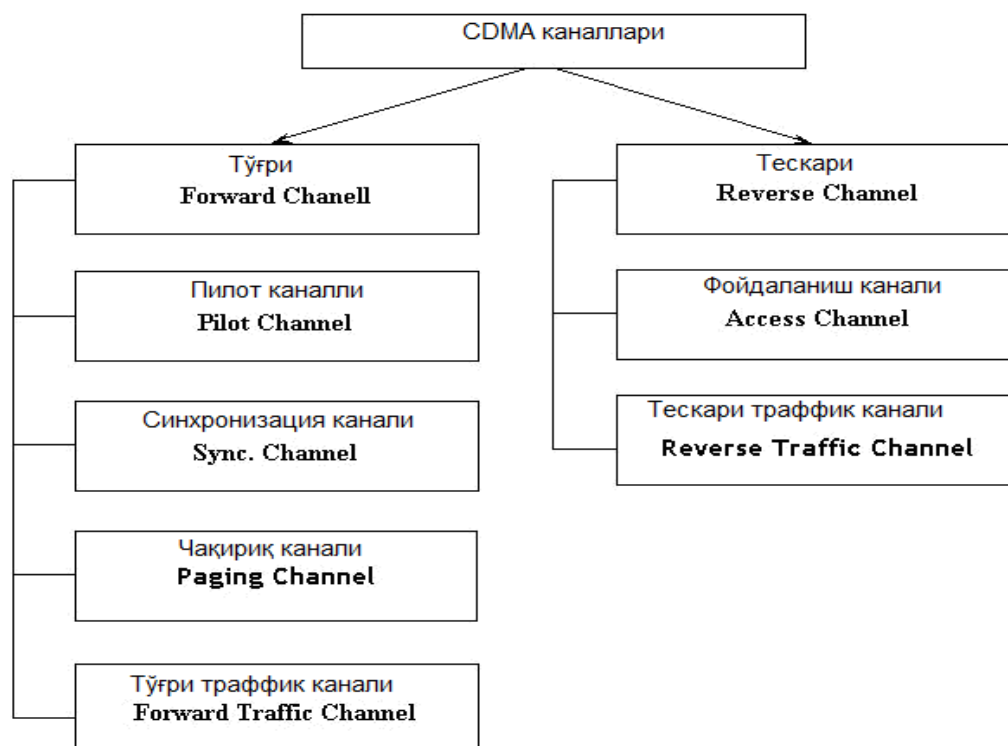
Тўғри пилот канали MSнинг тармоқ билан синхронлашуви ва BTS сигналларини вақт, частота ва фаза бўйича назорат қилиш учун хизмат қилади.

Синхронлаштириш канали BTSни, пилот сигнал нурлашиш даражасини, BTSдаги ПТКнинг фазаларини идентификациялаш учун фойдаланилади.



BTS (Base Tranceiver Station)- Таянч қабул қилувчи узатувчи станция
 BSC (Base Station Controller)- Таянч станциялар контроллери
 OMC (Operation and Maintenance Centre)- Бошқариш ва хизмат кўрсатиш маркази
 SU (Selector Unit)- Кадр саралайдиган қурилма
 DB (Date Base)- Абонентлар ва қурилмалар ҳақида маълумотлар базаси
 MSC (Mobile Switching Centre)- Кўчма алоқа коммутация маркази

18.13-расм. CDMA сотали кўчма (ҳаракатдаги) радиоалоқа тармоғининг тузилиш схемаси.



18.14- расм. CDMA IS-95 стандартидаги алоқа каналининг тузилиши

Синхронлаштиришнинг қайд қилиб ўтилган этаплари тугагандан сўнг боғланиш ўрнатишлар бошланади.

Чақирув канали бўйича MS ни чақириш амалга оширилади. Чақирув сигналини қабул қилгандан сўнг MS тасдиқловчи сигнални BTSга узатади. Шундан сўнг BTSдан боғланишнинг ўрнатилганлиги ва алоқа каналининг тайинланиши тўғрисидаги ахборот узатилади.

Канал ўзининг тўлиқ ишини фақат MS барча тизимга таълуқли ахборотни қабул қилгандан сўнг бошлайди (таянч частота, тактли частота, синхронлаштириш канали бўйича сигналнинг кечикиши).

Трафикнинг тўғри канали сўзлашув хабарларни ва маълумотларни узатиш учун хизмат қилади, шунингдек BTSдан MSга бошқариш ахборотларни узатиш учун.

Агар MS трафик каналдан фойдаланмаса, унда BTS билан алоқани ташкил қилиш учун тескари фойдаланиш канал хизмат қилади. Ушбу канал воситасида да ўрнатувчи чақирувлар, каналда узатиладиган хабарларга жавоблар ва тармоқда рўйхатдан ўтказишга таъқиқланиш амалга оширилади. Чақирув ва кириш канали умумлаштирилади.

Тескари трафик канали бўйича нутқ хабарлари ва MS дан BTS га бошқарув ахборотлари узатилади.

BTSда каналлар сони 64 та, улардан 2 та канал синхронлаштириш учун қўлланилади, 7 таси шахсий чақирувлар учун (Paging), колган 55 таси эса нутқ хабарлари учун.

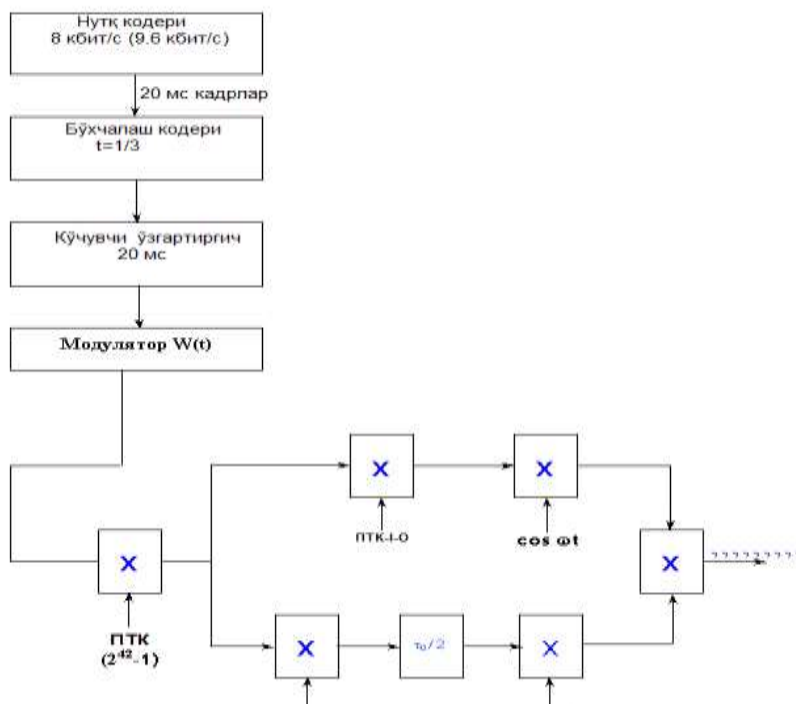
BTSнинг ҳамма 64 та канали бир ҳил ПТКдан фойдаланади. Узатиш вақтда каналларни ажратиш учун Уолшнинг 64 та ўзаро тўғрибурчакли (ортогональ) кетма-кетлиги қўлланилади. Шу сабабли, битта BTSдаги узатиш каналлар орасида ўзаро ҳалақитлар йўқдир. Аммо, бошқа циклик силжишли айнан шу ПТК дан фойдаланувчи бир ҳил радиочастотали полосада ишловчи қўшни BTS лар ҳосил қилувчи ҳалақитлар бўлиб туради.

MS дан узатишда ҳам худди шу Уолшнинг тўғрибурчакли кетма-кетлиги қўлланилади, лекин каналларни бўлиш учун эмас, балки ҳалақитларга чидамлиликини кўпайтириш учун. Бунинг учун узатишда ҳар бир 6 бит ахборот хабарлари гуруҳига Уолшнинг 64 та тўғрибурчакли кетма-кетлигидан биттаси қўйилади. MS сигналларини ажратиш турли циклик силжишларга эга бўлган ПТКни қўллаш йўли билан таъминланади.

Кўчма станциядаги сигналнинг шаклланиши 18.15-расмда ва қабул қилувчи таянч станциянинг структуравий схемаси эса 18.16-расмда келтирилган.

Қўшни BTSлар ва бошқа MSлар ҳосил қиладиган ҳалақитлар даражаси CDMA стандарти тармоғининг ўтказиш қобилиятининг юқори бўсағасини аниқлайди.

CDMA тизимининг сотасида актив абонентлар сонини ҳисоблаш учун ҳамма k актив абонентлар сотада F умумий частоталар полосасида ишлашади, хабарларнинг узатиш тезлиги эса доимий бўлиб, C га тенг деб фараз қилинади. Бунда BTS қабул қилгичининг сезгирлиги P_0 га, фон шовқин даражаси эса $P_{ш}$ га тенг.

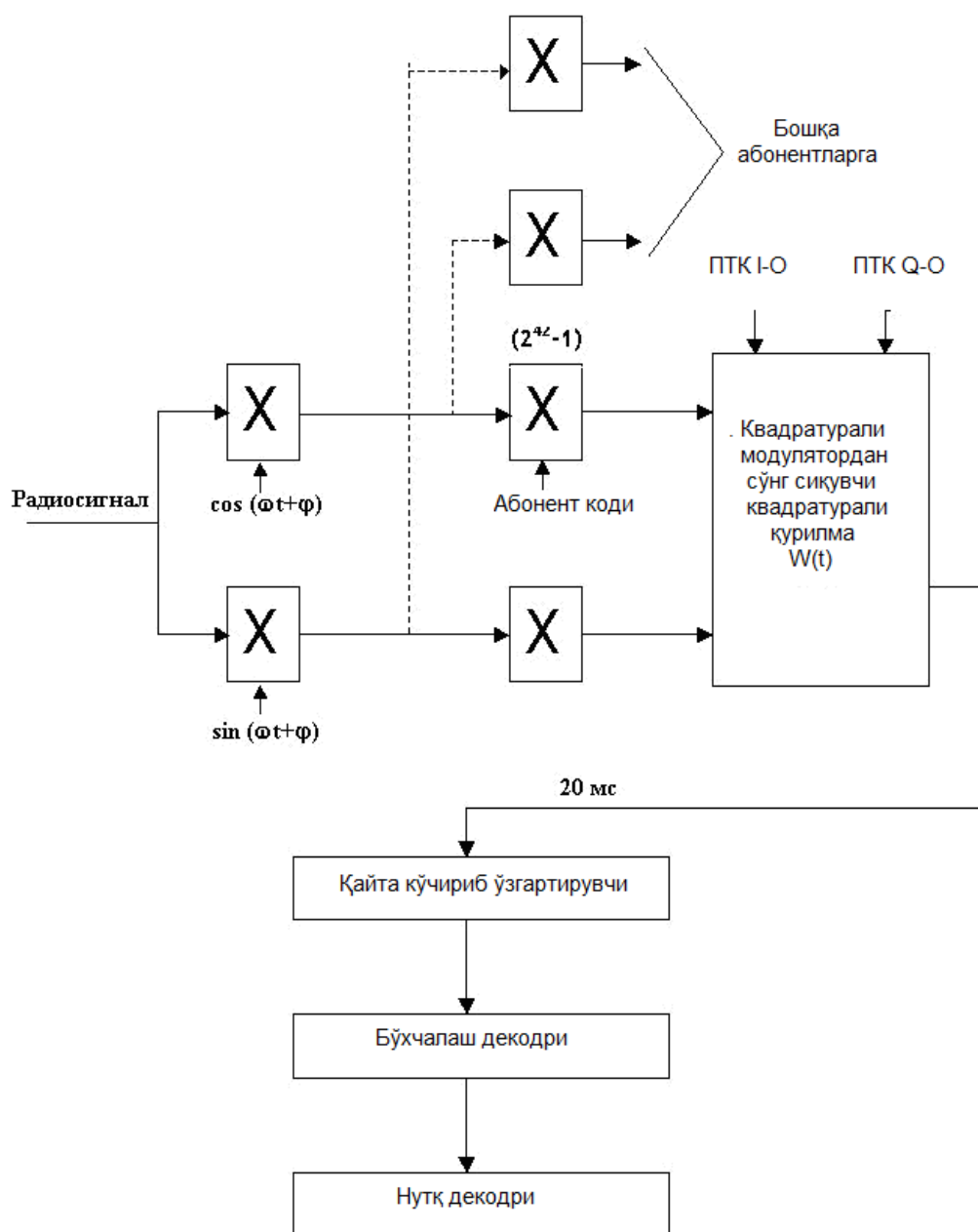


18.15 – расм. Кўчма (ҳаракатдаги) станция сигналини шаклантириш.

Берилган дастлабки шартларда, BTS қабул қилгичининг киришидаги сигнал/шовқин нисбати қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\frac{P_0}{P_{\Sigma}} = \frac{P_0}{(k-1) \cdot P_0 + P_{\Sigma}}$$

бу ерда, $(k-1) \cdot P_0$ - бошқа актив станцияларнинг сигнал даражаси.
18.15, 18.16-расмлар



18.16 – расм. Таянч станция қабул қилгичининг тузилиш схемаси.

Ўз навбатида, битта бит E_0 ахборот сигнали қувватининг N_0 шовқиннинг спектраль зичлигига муносабат шундай ифодаланади:

$$\frac{E_0}{N_0} = \frac{P_0/C}{[(k-1) \cdot P_0 + P_{\Sigma}]/F} = \frac{F/C}{(k-1) + P_{\Sigma}/P_0}$$

бу ерда, $F/C=B=FT=F(1/c)$ ва $P_{\Sigma}/P_0 \ll 1$.

Барча MS дан келувчи сигналлар даражаси BTS киришида деярли тенг ва минимал, P_0 га яқин бўлган шароитда $k-1=B/(E_0/N_0)$. Бундан келиб чиқадики MS сигналларининг қувват даражасини созлаш ниҳоят даражада аниқ ва катта диапазонда бўлиши лозим.

IS-95 стандартда MS нинг сигнал қувватининг даражаси 84 dB диапазонда 1 dB қадам билан созилади, бу эса BTS киришидаги сигнал сатҳини минималлаштиришга имкон беради. Бу эса ўз навбатида тизимдаги ўзаро ҳалақитлар даражасини пасайтиради ва унинг сиғимини оширади.

Qualcomm CDMA тизимининг кейинги камчилиги бўлиб бутун тармоқ бўйича бир хил ўлчамдаги соталарни ишлатиш зарурияти касб этади. Чунки, акс ҳолда, турли ўлчамдаги қўшни соталарда жойлашган мобил станциялар сигналларидан ўзаро ҳалақитлар пайдо бўлади. Бундан ташқари “эстафетали узатиш” муаммоларига ҳам олиб келади.

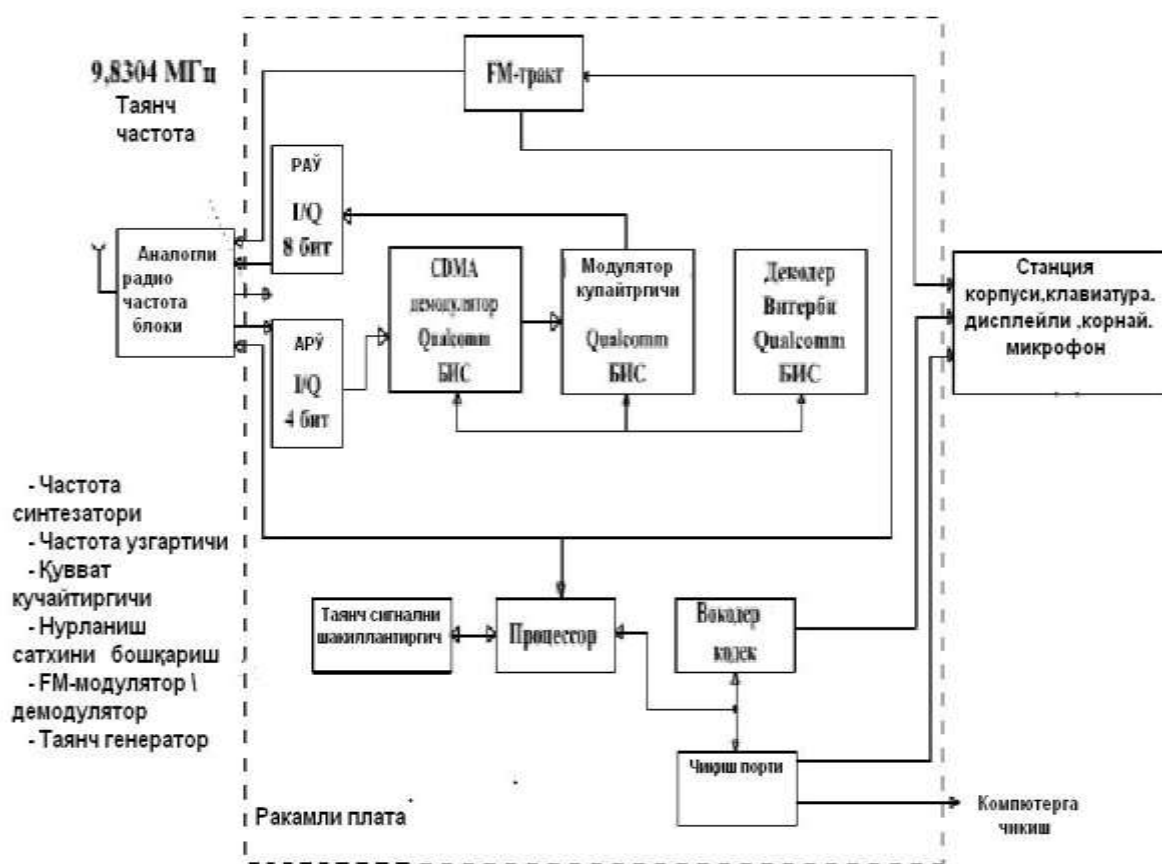
CDMAли тизимда ўзаро ҳалақитни пасайтириш, ва бунинг натижасида тармоқ сиғимини кенгайтириш усулларида бири бўлиб бу нутқ активлигининг детекторини ва CELP алгоритмли вокодерни, шунингдек аналог сўзлашув сигналининг рақамли сигналга айлантиришнинг ўзгарувчан тезлигини ишлатиш асосида нутқни узликли узатиш ҳисобланади.

IS-95 стандартида хабарлар узатилиши кадрлар билан амалга оширилади, қўлланилаётган қабул технология эса ҳар бир ахборот кадридаги хатоларни таҳлил қилиш имкониятини беради. Бунда, агар хатолар сони йўл қўйиладиган қийматдан ошиб кетса, унда кадр ўчирилади (*frame erasure*). Ўз навбатида “битларни ўчириш частотаси” E_0/N_0 муносабат билан аниқланади.. Сотадаги актив абонентлар сони кўпайганда, ўзаро ҳалақитлар туфайли E_0/N_0 нисбат пасаяди, хатолар такрорланиши эса ошади. Бундай хатолар катталиги бўйича умумий нормалар ҳали қабул қилинмаган, шунинг учун турли хил ишлаб чиқарувчи фирмалар ўзлари томонидан тез-тез учраб турадиган хатоларнинг жоиз қийматини қабул қилишади. Масалан Qualcomm фирмаси хатоларнинг тез-тез содир бўлиш қиймат катталигини уч фоизга тенг деб ҳисоблайди, бунда CDMA тизимининг сиғими AMPS тизимига қараганда 20..30 марта катталашади. Ўз навбатида Motorola фирмаси йўл қўйиладиган хатолар сони бир фоизга тенг деб ҳисоблайди, унда AMPS тизимига қараганда CDMA тизими сиғими фақат 15 марта катталашади.

Motorola фирмасининг маълумотларига асосан $E_0/N_0=7...8\text{dB}$ нисбатда ва йўл қўйилган хатолар такрорланиши бир фоиз бўлганда уч секторли сотада 60 тагача актив каналлар ташкил қилиш мумкин.

IS-95 стандарти MS нинг хусусиятлари. IS-95 стандарти учун ишлаб чиқарилган MS икки режимли ҳисобланади. Яъни CDMA тармоғидан бошқа

мавжуд частотали модуляцилаштирилган аналогли стандартлар (AMPS) тармоқлари билан ҳам алоқа ўрнатиш имконини беради. Бу эса CDMA абонентларига жиддий афзаллик туғдиради, чунки мавжуд сотали аналог тармоқлар таъминлаган радиоқамров жойда ҳам MSдан фойдаланиш имконини беради. Бундай MS ларнинг ўзига хос хусусияти шундан иборатки, мавжуд аналог стандартли станцияларга сигналларни рақамли ишлов бериш функциялари қўшилган. Qualcomm фирмасининг IS-95 стандартида бу функциялар битта қурилмага конструктив жихатдан бирлаштирилган учта буюртмали СБИСда амалга оширилган. CDMA кўчма станциясининг тузилиш схемаси 18.17 расмда келтирилган.

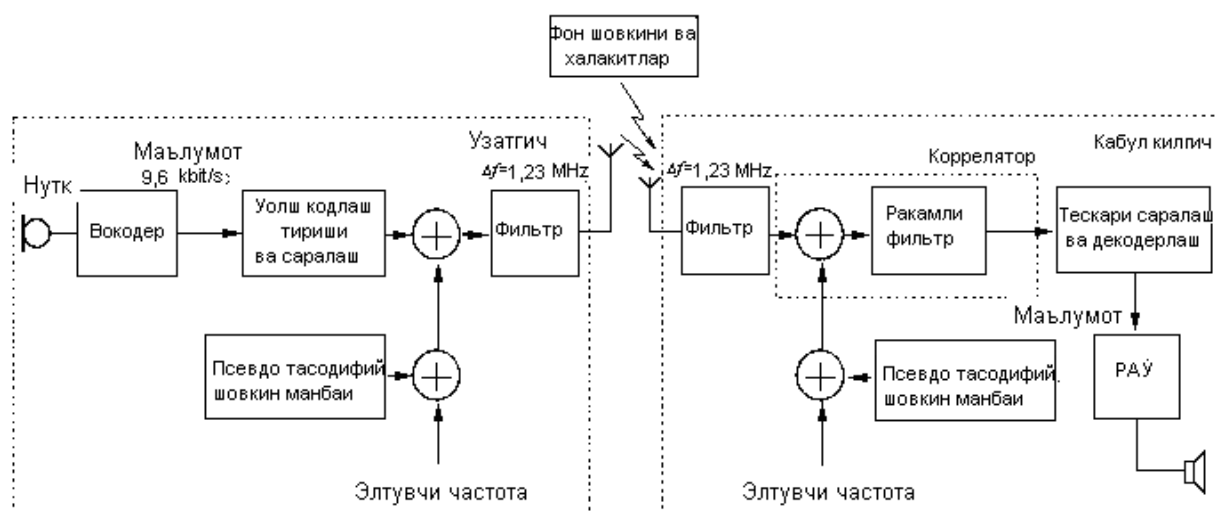


18.17-расм. CDMA кўчма станциясининг тузилиш схемаси.

CDMA стандарт тизимининг ишлаш принципини тушинтирувчи соддалаштирилган тузилиш схема 18.18-расмда келтирилган. Ахборот сигнал Уолш қойидасига биноан кодлаштирилади, сўнг спектри олдиндан псевдо-тасодикий шовқин манбанинг сигнали билан кўпайтирилган элтувчи билан аралаштирилади. Ҳар бир ахборот сигналга ўзининг Уолш коди тайинланади, сўнг улар узатгичда бирлаштирилади, филтр орқали ўтказилади, ва умумий шовқинси мон сигнал узатувчи антенна билан нурлатилади.

Қабул қилгич киришига фойдали сигнал, фон шовқини, қўшни соталарнинг таянч станцияларидан (BTS) ва бошқа абонентларнинг MS

ларидан халақитлар келиб тушадиладар. Юқори частотали филътрлашдан сўнг сигнал корреляторга келиб унда спектрнинг торайтирилиши амалга оширилади ва белгиланган Уолш коди ёрдами туфайли рақамли филътрда фойдали сигнал ажратиб олинади. Халақитлар спектри кенгайди ва улар коррелятор чиқишида шовқин кўринишида пайдо бўлади. Амалда ҳар ҳил вақт бўйича тарқалувчи радиотракт сигналларини ёки турли таянч станциялар узатувчи сигналларини қабул қилиш учун MS ларда бир неча корреляторландан фойдаланилади.

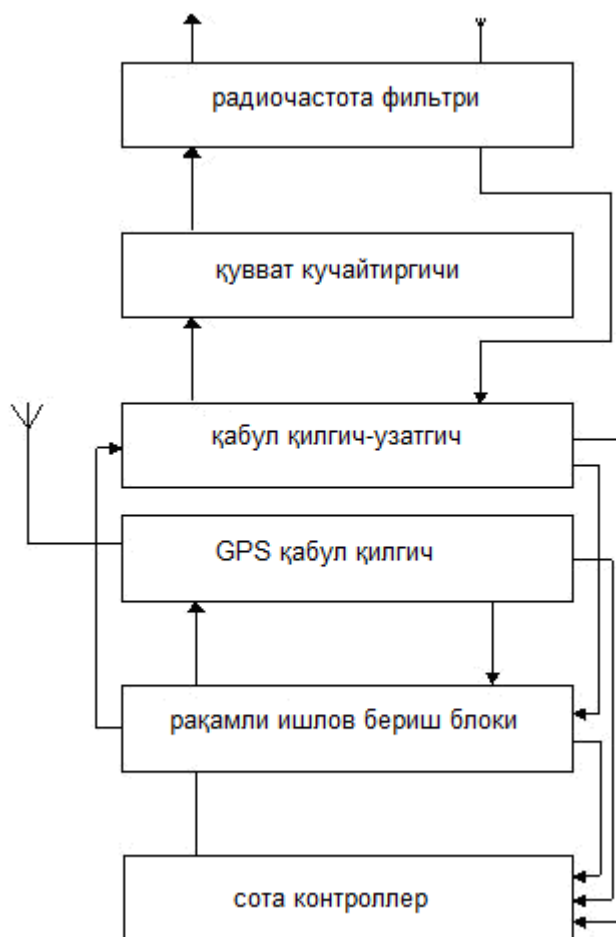


18.18-расм. CDMA стандарти сотали алоқа тизимнинг ишлаш принципи.

IS-95 стандарт BTS нинг моҳиятлари. Бу стандартда BTS ҳам доиравий диаграмма бўйича йўналтирилган, ҳам секторли (одатда 120-градусли) антенналар билан ишлаши мумкин. CDMA стандартидаги BTS нинг тузилиш схемаси 18.19- расмда келтирилган.

Бу ерда соталарда доиравий диаграммали йўналтирилган антенна қурилмаларидан фойдаланиш назарда тутилади, ва уларнинг таркибига канал блоклари, рақамли универсал, шунингдек конфигурацияланган ахборот ёки хизмат каналлари киради. Тармоқ ишлашини синхронлаштириш учун -жойни аниқловчи глобалъ тизимнинг (GPS) қабул қилгичи қўлланилади, шунингдек унинг таркибига таянч такт генератори ва секунд импульсини шаклловчи қурилма ҳам киради.

Рақамли ишлов бериш блокада шакллантирилган оралиқ частота сигнали қабул қилиб узатувчи блокага киради ва у ерда элтувчи частота радио сигнаliga ўзгартирилади. Кейин у қувват кучайтиргичида кучайтирилади ва радиочастотали филътр орқали узатувчи антеннага келади.



18.19-расм. CDMA таянч станциясининг тузилиш схемаси.

Қабул қилишда эса, қабул қилувчи антеннадан сўнг сигнал радиочастотали фильтр ёрдамида ажратилади, кам шовқинли кучайтаргич билан кучайтирилади ва оралиқ частотали сигналга ўзгартирилади сўнг рақамли ишлов бериш блокига узатилади. Қабул қилиш ва узатиш трактлари ажратилган, яъни қувват жамлагичи мавжуд эмас, бу эса қўшиб тахлашда қувват йўқолишига йўл қўймайди.

BTS ишининг керакли режим ва алгоритмини сотанинг контроллери таъминлайди. Бундан ташқарри контроллер сотанинг ишлари тўғрисидаги статистик ахборотни тузади, шунингдек хабарларни рақамли линияларда тармоқ контроллери ва кўчма алоқа коммутациялаш марказига узатувчи каналли блоклар портларини бошқаради.

IS-95 стнадартида алоқанинг хавфсизлиги ва махфийлиги. IS-95 стандартида каналлар бўйича кодлаштириш ва оралатиш ёрдамида, узатилувчи сигналларнинг “кенгайтирилиши” натижасидаги хабарларни кадрлар билан узатишга асосланган мураккаб радиоинтерфейснинг қўлланилиши узатилаётган хабарларнинг юқори даражада хавфсизлигини таъминлаш имконини беради. Кенг полосали (шовқинсимон) сигнал таркиблари ёрдамида Уолшнинг 64 та турлардаги кетма-кетликлари ва элементлар сони 2^{15} ва (2^{42-1}) бўлган псевдо тасодикий кетма-кетликлар

(ПТК) асосида шакллантирилиб узатилади. Бундан ташқари алоқа хавфсизлиги аутенфикация процедураларини қўллаш ва хабарларни шифрлаш билан таъминланади.

Ҳам каналларни частота бўйича ажратиш режимида, ҳам CDMA режимида ишлаш учун аутенфикациялаш процедурасига MS да битта А калит ва махфий маълумотларнинг битта умумий тўплами сақланади. Аутенфикациялаш 18 битдан ташкил топган “рақамли имзо”ни узатиш йўли билан амалга оширилади. У хабарнинг бошланишида станцияларни қидириш вақтида тармоқнинг талабига мувофиқ MS нинг жавобида узатилади ва қайд қилувчи хабарларга ёки кириш канал орқали узатиладиган маълумотлар пакетига қўшилади. Умумий яширин маълумотларнинг аутенфикацияланган тўпламини ўзгартириш мумкинлиги ҳам кўзда тутилади.

Алоқа каналида узатиш учун мўлжалланган хабарларни шифрлаш IS-54 стандартига мувофиқ амалга оширилади. Бундан ташқари “Алоқанинг хусусий характерли” режимида ишлаш имкони мавжуд, бунинг учун IS-54 стандартида тавсифланган сингари узун код кўринишидаги махфий ниқоб (маска) қўлланилиши кўзда тутилади.

Алоқанинг ниҳоят юқори даражадаги махфийлиги кўп поғонали кодлаштириш билан эришилади, ва шифрланган ахборотдаги маълумотни санкциясиз айнан қайта тиклаш учун эса бир неча йил тинмай меҳнат қилиш талаб қилинади. Масалан аналогли стандарт сигналларини дўконларда бемалол сотиб олиш мумкин бўлган энг оддий ўлчов қабул қилгичлари орқали эшитиш мумкин бўлса, GSM ва DAMPS стандартлари сигналларини эфирдан эшитириш учун эса радионазоратнинг бир мунча такомиллаштирилган аппаратура зарур бўлади.

CDMA технологияларининг сигналларини эфирдан қидириб топиш масаласига келсак, уларнинг юқори крипточидамлилиги ва шовқинлар остида яширинлиги туфайли бу вазифа жуда мураккаб ҳисобланади. Қизиқарлики, крипточидаммлилик, ҳалақитга чидамлиликлилик ва ҳалақитдан ҳимояланиш каби сифатларнинг бирлиги ҳамда аккумулятор батереяси сиғимининг энергияси кам сарф бўлишини ҳисобга олган ҳолда CDMA технологиясини хавфсизлик кучлари, муассасалари эҳтиёжлари учун қўллаш мақсадга мувофиқлигини кўрсатади.

WCDMA стандарти.

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) - кенг полосали, код бўйича ажратилган каналлар орқали кўп станцияли фойдаланишдир. WCDMA тармоқлари мавжуд GSM тармоқлари устидан курилади. Бунда тармоқлар паралел равишда ишлайди: тармоқнинг эски фойдаланувчилари GSM тармоғидан фойдаланашади, янгилари эса шароитга қараб, ёки GSM ёки WCDMAдан фойдаланишади. Абонент терминали тармоқлар ўртасида автоматик равишда ўзгартирилади, бунинг устига бир тармоқдан бошқа тармоққа ўзгартириш алоқани узмасдан туриб амалга ошириш мумкин. WCDMA нинг GSM га қараганда бош афзаллиги малумотларни юқори

тезликда узатишдир, назарий жихатдан 2 Mbit/s гача амалдаа эришиб бўладигани 384 kbit/s (солиштирганда максимал назарий эришиладиган тезлик PRS 155 kbit/s хисобига 64 kbit/s, амалда еришиладигани 48 kbit/s)! Бундан ташқари мобил видеотелефонли алоқа ва мобил терминалга тўлақонли аудио ва видеофайлларни юклаш имкониятлари мавзуда WCDMA нинг қўлланилиши телефон нархини оширади. Бугунги кунда Ўзбекистонда учинчи авлод тармоқлари тест режимида ва чекланган территорияда ишлайди.

UMTS (Universal Mobile Telecommunication Systems) Универсал мобил телекоммуникация тизимлари бу 3G ни Европадаги Телекоммуникация Стандартлари Институти (ETSI) томонидан ишлаб чиқилган стандартлардан биридир. Бугунги кунда мобил алоқанинг ривожланишини аниқловчи асосий омил овозли телефондир. GPRS ва EDGE ларнинг юзага келиши, кейин UMTS га ўтиши овозли алоқадан ташқари кўплаб қўшимча имкониятларга йўл очиб берди. UMTS- бу маълумотларни юқори тезликда узатишни, мобил интернет, интернет ва мултимедия асосида турли қўшимча имкониятларни тақдим этади. UMTS учун кенг полосани код бўйича ажратишлар билан кўп станцион фойдаланишнинг (WCDMA) асосий технологияси хисобланади. 1998 йили сентябрь ойида Европа телекоммуникациялар стандартлари институти томонидан тақдим этилган бундай революцион радиоалоқа технологияси шу давргача тўпланган 3G нинг барча мултимедиа хизматларини амалда бажара олади.

WCDMA/UMTS тизимлари GSMнинг такомиллашган тармоғи ва WCDMA технологиялари бўйича радиоинтерейсни ўз ичига олади. Мобиль абонент учун радиоканалда узатиш тезлиги 2 Mbit/s га етади. WCDMA 2ГГц частотали диапазонда ишлайдиган тизимларда қўлланилади, бу эса ушбу технологиянинг барча афзалликларидан тўлиқ фойдаланиш имконини беради. Масалан, 5 MHz кенгликдаги биттагина асосий WCDMA 8 Kbit/s гача бўлган тезликдаги узатишларни талаб қилувчи аралаш хизматларни тақдим қилади. Мобил терминаллар эса WCDMAбилан бирлашиб, ИТУ тавсияларига асосан бараварига бир неча хизматлар билан ишлаши мумкин.

CDMA-2000 стандартлари. CDMA-2000 бу симсиз радиофойдаланиш, ITUIMT-2000 аниқланганидек, сотали алоқа хизматларининг учинчи авлоди 3Gни қўллаб-қувватлайди.

Аввалдан CDMA-2000 ишлаб чиқаришда қуйидаги шартлар қўйилди:

- алоқа хизматлари ҳажми ва сифатининг ITUнинг 3Gга талабларига тўла мос келиши;
- операторлик компаниялари хавф-хатарларини камайтириш ва уларнинг капитал маблағларини ҳимоя қилиш;
- операторлик компанияларининг тармоқни ривожлантириш ишларини енгиллаштириш.

CDMA-2000 уяли тармоқлари CDMA ONE (IS-95) рақамли тармоқлари билан бир-бирига тўла мос келади, бу эса симсиз алоқанинг янги авлодига содда ва арзонўтишни таъминлайди, бу билан операторлик компанияларнинг

капитал операторлик компанияларнинг капитал маблағларини химоя қилиш имконини беради.

CDMA-2000 уяли тармоқлари маълумотларни юқори тезлик ва мультимойилликда узатишда товуш сифатини етарли даражада яхшилаш ва товушли каналлар ҳажмини кенгайтиришни тавсия қилади. CDMA-2000га эволюцион ўтиш иккита: 2х ва 3х фазаларига бўлинади. IMT-2000га эволюцион ўтишни амалга ошириш учун 1.25 MHz частоталар полосасида IХEV стандартини ривожлантиришнинг. У эса CDMA-2000 имкониятларини Ўхдан ошириш имконини беради. CDMA конгрессида бутун дунёнинг операторлари, томонидан йиғилган CDG томонидан умумлаштирилган ва бу стандартга қўйилган талаблар қабул қилинади.

CDMA 2000 нинг ечими 450 MHz диапазонда телекоммуникациянинг универсалъ хизматларини амалга ошириш учун асос бўлиши мумкин. Масалан, Ўзбекистоннинг бутун территорияси бўйича, айниқса узоқлашган қишлоқ жойларда на фақат овозларни, балки маълумотларни ҳам узатиш мумкин. Бундай ҳолатда алоқага оддий эришибгина қолмасдан, балки мобиль ёки қайд қилинган алоқа тармоқларини кенгайтириш нархи баландлиги туфайли аҳолига бундай хизматларни кўрсатиш имкони бўлмаган жойларда ҳам амалга ошириш мумкин.

CDMA 2000 технологияларини, айниқса, 450 MHz диапазонда фойдаланиш “электрон ҳукумат” тизимини тузишни бир мунча енгиллаштириши мумкин. Бу стандартнинг турли тақдим этилувчи хизматлари ҳукумат, давлат хавфсизлиги ва бошқа муассасалар учун истиқболли қўлланилишлар эгадир. Бу технология санаб ўтилган афзалликлардан ташқари аутентификациялаш, кодлаштириш ёрдамида узатишда ахборотларни химоя қилишнинг юқори даражасини ва маълумотларнинг бутунлигини таъминлайди.

Назорат саволлари.

1. КСАТда частотавий режалаштириш қандай қилиб амалга оширилади?
2. Рақамли стандартнинг асосий характеристикаларини келтиринг?
3. GSM стандартининг функционал схемасини ва қурулмалар таркибини келтиринг ва асосий бўғинларни тушунтиринг.
4. Рақамли кўчма станциянинг функционал схемасини келтиринг ва асосий қисмларини тушунтиринг.
5. Рақамли таянч станциянинг функционал схемасини келтиринг ва асосий қисмларини тушунтиринг.
6. КСАТдаги роуминг, ташкил қилиш шартлари ва турлари.
7. IS-95 стандарти кўчма станцияси структуравий схемасини келтиринг (тузилиш) ва уни тушунтиринг.
8. IS-95 стандарти таянч станцияси тузилиш схемасини келтиринг ва уни тушунтиринг, IS-95 стандартида алоқанинг хавфсизлиги ва махфийлиги қандай таъминланади?

9. КСАТ ҳамма авлодлари томонидан кўрсатиладиган хизматлар имкониятларини таққосланг.
10. CDMA 2000 стандартларининг турларини келтиринг.

ҚИСҚАРТМА ЛУҒАТЛАР (ГЛОССАРИЙ)

РҚҚ – радиоқабул қилиш қурилмаси

РК – радиоканал

АМ – амплитудавий модуляция

ЧМ – частотавий модуляция

ФМ – фазавий модуляция

ИКМ – импульс-код модуляция

М – модулятор

Д – детектор, демодулятор, декодер

АЧХ – амплитуда-частота характеристика

ФЧХ – фаза-частота характеристика

Ф – фильтр

ИПЧФ- идеал паст частотали фильтр

ЭК- электрон калит

ТЖ- тасодифий жараён

А К Ф - автокорреляцион функция

ЎКФ – ўзаро корреляцион функция

С/х – сигнал халақит нисбати

АД – амплитудавий детектори

ЧД – частотавий детектори

ФД – фазавий детектори

ТҚ – таққословчи қурилма

РЛС – радиолокацион сигнал

А- айирувчи

СҚҚ- сигнални қабул қилгич

И - интегратор

МФ- мослашган фильтр

Қ- қўшувчи

КВ- квадратор

АДАБИЁТЛАР

1. Васин В.А., Калмыкова В.В. ва бошқалар. Радиосистемы передачи информации. М.: Горячая линия – Телеком, 2005.
2. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. М.: Эко – Трендз, 1997.
3. Пеннин П.И. Филлитов Л.И. Радиотехнические системы передачи информации – М.: Радио и связи, 1999.
4. Коржик В.И. Финк Л.М. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений /Под. Ред, Л.М. Финка – М.: Радио и связь, 1991.
5. Радиотехнические системы передачи информации. Учеб. Пособие для вузов /В.А. Борисов, ред. В.В. Калмыкова, - М.: Радио и связь, 1990.
6. Прокс Д.Ж. Цифровые системы связи – М.: Радио и связь, 2002.
7. Скляр Бернанд. Цифровая связь, М.: изд. Вильямс, Киев – Москва, 2005.
8. А.А. Абдуазизов. Радиотехника асослари Т; ТАТУ. Алоқачи, 2008.
9. Электр алоқа назарияси фанидан масалалар тўплами 1 ва 2 қисм. ТАТУ 2005, 2008.
10. Радиотехник занжирлар ва сигналлар фанидан масалалар тўплами 1 ва 2 қисм, ТАТУ 2008.
11. Спутниковая связь и вещание. Справочник / В.А. Бертенев и др. Под. Ред. Л.Я. Кантора, М.: Радио и связь, 1997.
12. www.tuit.uz.
13. www.ziyoNET.uz.
14. www.edu.uz.