

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ВА
КОММУНИКАЦИЯЛАРИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ**

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

Д.А.Давронбеков, Ж.Д.Исроилов

“Мобил алоқа технологиялари” кафедраси

«Мобил алоқа асослари»

Маъруза матни

Тошкент 2016

Рақамли алоқа тизимлари назарияси элементлари

1-маъруза

Рақамли радиоалоқа тизимларида сигнални ўзгартириш
Импульсли-кодли ва дельта модуляциялаш
Рақамли тизимлар иерархияси

Мавжуд радиоалоқа тизимларида ҳозирги вақтда рақамли усуллар авзал кўрилмоқда. Шунинг учун бундай усулларнинг ўзига хос хусусиятларини кўриб чиқамиз.

Рақамли радиоалоқа тизимларида сигнални ўзгартириш. Рақамли радиоалоқа тизимларида куйидаги ўзгартиришлар кетма-кетлиги амалга оширилади:

1. Дискретлаштириш - $S(t)$ узлуксиз сигнални унинг оний қийматлари дискрет санокларига алмаштириш ҳисобланади.

2. Импульсли модуляциялаш - $S(t_k)$ саноклардн маълумотларни ташийдиган **КС**ни шаклантириш ҳисобланади ёки у модуляциялашнинг биринчи босқичи дейилади.

3. Вақт бўйича барча **КС**ларни зичлаштириш ёки гуруҳли сигнални шаклантириш.

4. Юқори частотали ташувчини гуруҳли сигнал билан модуляциялаш, яъни алоқа тракти бўйича узатиладиган гуруҳли радиосигнални шаклантириш – модуляциялашнинг иккинчи босқичи ҳисобланади.

Санаб ўтилган ўзгартиришлар узатиш қисмида олиб борилади. Қабуллашда тескари ўзгартириш амалга оширилади.

5. Қабул қилинган радиосигналдан $U_{гр}(t)$ гуруҳли импульсли-аналог сигнални ажратиш.

6. $U_{гр}(t)$ гуруҳли сигнални алоҳида **КС**ларга ажратиш.

7. Ҳар бир КСни $S(t)$ функциянинг мос $S(t_k)$ саноғи қайта тикланадиган ўзгартириш.

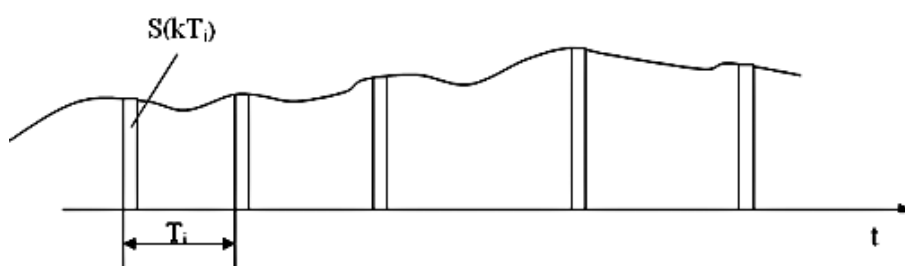
8. Олинган $S(t_k)$ саноқлар бўйича $S(t)$ сигнални интерполяциялаш.

Улардан айримларини кўриб чиқамиз.

1. Дискретлаштириш ва интерполяциялаш. Узлуксиз сигнални дискретлаштириш ва интерполяциялаш жараёни В.А.Котельников теоремасига асосланади. Спектри $F_{ю}$ частотадан юқори частоталарга эга бўлмаган исталган сигнал $T_i \leq (1/2F_{ю})$ вақт интерваллари орқали олинган ўз оний қийматлари билан тўлиқ аниқланади. Бунда исталган t вақт учун $S(t)$ В.А.Котельников қатори орқали аниқланади:

$$S(t) = \sum_{k=-1}^{\infty} S(kT_i) \frac{\sin 2\pi F_g (t - kT_i)}{2\pi F_g (t - kT_i)}$$

Бу $S(t)$ сигналдан $S(kT_i)$ оний қийматлар саноқларини олиниши жараёни дискретлаштириш ҳисобланади (1.1-расм).



1.1-расм. Аналог сигнални дискретлаштириш жараёни

В.А.Котельников қаторидан кўриш мумкинки, T_i давр орқали олинган $S(t_k)$ саноқлар бўйича $S(t)$ сигнални деярли қайта тиклаш (интерполяциялаш) $F_{ю}$ кесиш частотасили ПЧФ ёрдамида бўлиши мумкин, чунки sint/x кўпайтма $F_{ю}$ кесиш частотасили идеал ПЧФнинг импульсли характеристикаси

хисобланади. ПЧФ чиқишидаги қисқа импульслар кетма-кетликлари жавоб таъсирлари суперпозицияси узлуксиз вақт функциясини ташкил қилади.

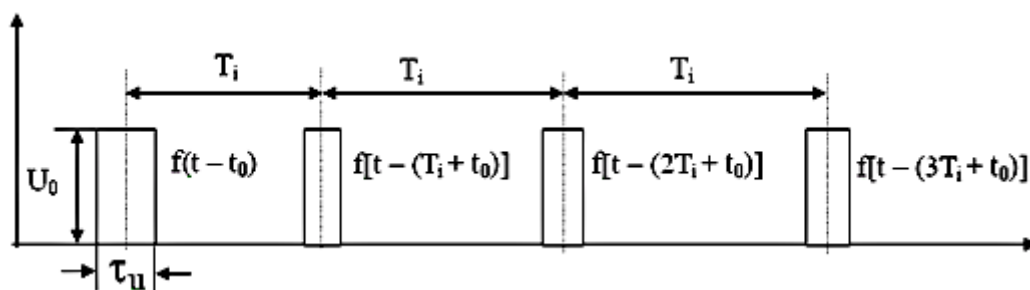
Амалда ПЧФнинг ишлатилишини енгиллаштириш ва интерполяциялашнинг аниқлигини ошириш учун T_i $1/2F_{ю}$ га қараганда бир қанча кичик олинади. $F_{ю}=3,4$ кГц бўлган телефон канали учун амалда $T_i=1/8$ кГц=125 мкс олинади.

2. Модуляциялашнинг импульсли турлари. Энг кўп амплитудавий-импульсли модуляциялаш (АИМ), фазавий-импульсли модуляциялаш (ФИМ) ва кенглик-импульсли модуляциялаш (КИМ) ишлатилади.

Барча импульсли модуляциялаш турларини олиш учун 1.2-расмдаги модуляцияланмаган импульслар кетма-кетлиги ишлатилади.

$$F(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(t - t_k),$$

бу ерда $t_k = kT_i + t_0$; k – бутун сон.

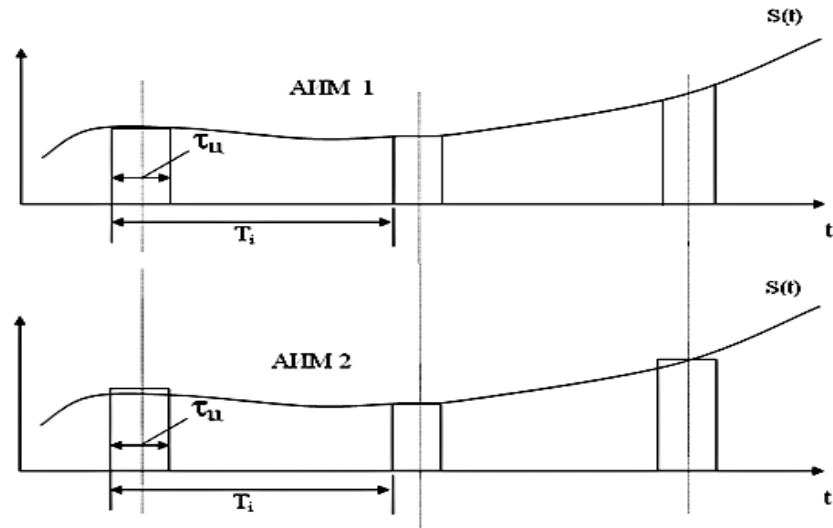


1.2-расм. Модуляцияланмаган импульслар кетма-кетлиги

Кейин модуляторда бу кетма-кетликдаги импульсларнинг қандайдир параметрини модуляцияловчи тебранишнинг қонуни бўйича (амплитуда, узунлик ёки такт нуқтасига нисбатан жойлашиш ўрни, яъни фаза) ўзгартириш амалга оширилади.

Импульсли модуляциялаш биринчи ва иккинчи турлардаги модуляциялашга ажратилади. Биринчи турдаги модуляциялашда ўзгарадиган

параметр модуляцияловчи кучланишнинг жорий қийматига пропорционал бўлади. Иккинчи турдаги модуляциялашда ўзгарадиган параметр вақтнинг кандайдир кайд этиладиган моментларига пропорционал бўлади. АИМда ўзгарадиган параметр 1.3-расмдаги импульснинг амплитудаси ҳисобланади.



1.3-расм. Биринчи ва иккинчи турлардаги импульсли модуляциялаш

АИМ-1нинг математик тафсифи қуйидаги кўринишга эга:

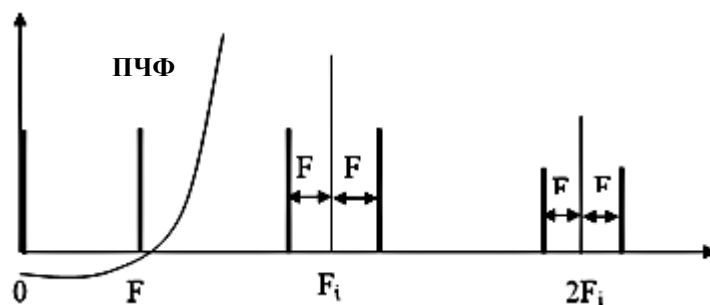
$$F(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} [1 + m_a \sin(\Omega t + \theta)] f(t + t_x)$$

Бу

ерда: $m_a = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}$,

θ - $S(t)$ сигнал фазаси.

АИМ-1нинг спектри қуйидаги кўринишга эга (1.4-расм).



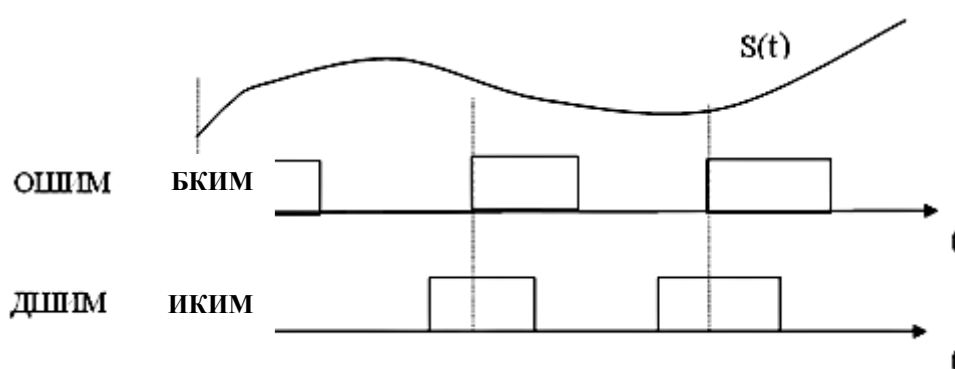
1.4-расм. АИМ-1 сигнал спектри

АИМ-2 спектри АИМ-1даги каби частоталрга эга бўлади, лекин АИМ-2да узатиладиган $S(t)$ сигналда олинган санокларнинг тўғри бурчаклилиги ҳисобига частотавий бузилишлар пайдо бўлади.

АИМ-1 спектрини таҳлил қилишдан кўринадики, $S(t)$ сигнални интерполяциялаш ёки демодуляциялаш $F_{ю}$ кесиш частотасили ПЧФ ёрдамида бўлиши мумкин. Бундан кўриниб турибдики, $F_i \geq 2F_{ю}$ шартнинг бажарилмаслиги спектрнинг қопланиб қолишига, яъни қабуллашда дастлабки сигнални ажратиб олишни мумкин бўлмаслигига олиб келади

Шунга кўра, зичлаштириладиган каналлар сони ортганида ($\tau_{и}$ – кам бўлганида) АИМ-1 ва АИМ-2 бир-бирларидан кам фарқ қилади ($N > 12$). Шунинг учун энди биринчи турдаги импульсли модуляциялаш турини кўриб чиқамиз.

КИМда ўзгарадиган параметр импульснинг давомийлиги ҳисобланади. Импульснинг битта fronti (БКИМ) ёки ҳар иккала fronti (ИКИМ) ўзгариши мумкин (1.5-расм).



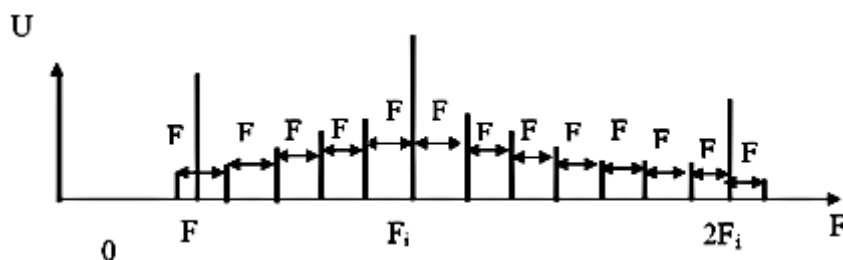
1.5-расм. БКИМ ва ИКИМ сигналларни шакллантириш

КИМнинг математик тафсифи қуйидаги кўринишга эга:

$$\tau_k = \tau_u [1 + m_f \sin(\Omega t_k + \theta)]$$

бу ерда $\tau_k = \tau_u [1 + m_f \sin(\Omega t_k + \theta)]$ - импульслар давомийликларини модуляциялаш коэффициенти.

КИМ спектри 1.6-расмдаги кўринишга эга бўлади.



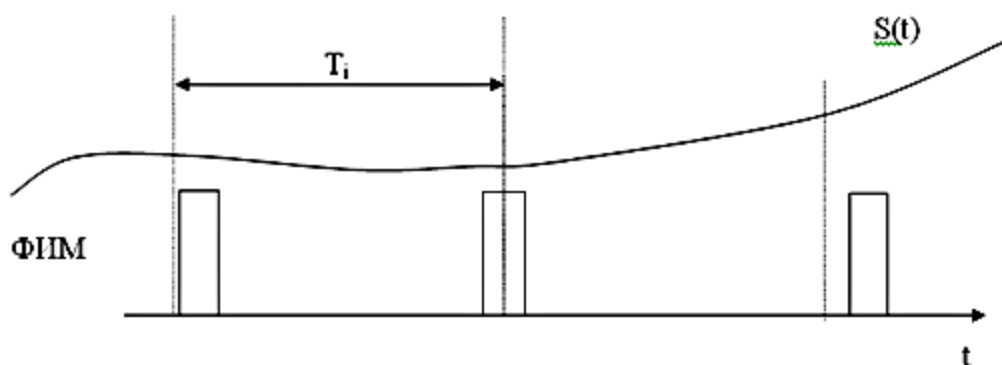
1.6-расм. КИМ сигнал спектри

Спектрдан кўришиб турибдики, у ўзгармас ташкил этувчи, модуляцияловчи тебраниш ташкил этувчиси, дискретлаштириш частотаси ва унинг F қийматга ортда қоладиган ташкил этувчиларининг чексиз сони билан ўраб олинган гармоникаларидан ташкил топган. Бу ердан келиб чиқадики, КИМдан дастлабки $S(t)$ сигнални бузилишларсиз ажратиб олиш принцип жихатдан мумкин эмас. Лекин ён ташкил этувчиларнинг жуда тез сўнишини ҳисоблаг олганда, мос F_i ни танлаш билан етарлича шовқинлар сатҳлари КИМни тўғридан-тўғри демодуляциялаш мумкин.

ФИМда математик тафсиф қуйидаги кўринишга эга:

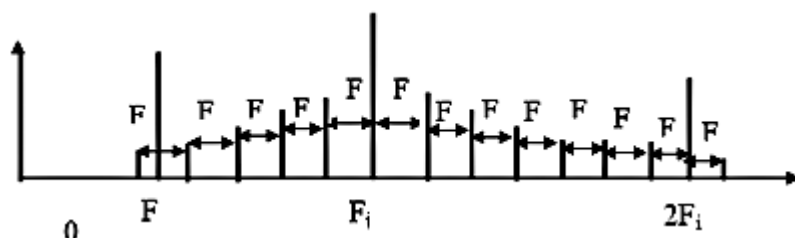
$$\Delta t_k = \Delta t_{\max} \sin(\Omega t_k + \theta)$$

ФИМда импульслар давомийлиги ва амплитуда ўзгармас бўлади, $S(t)$ конун бўйича импульсларнинг ҳолати такт нуқтасига нисбатан ўзгаради (1.7-расм).



1.7-расм. ФИМ сигнални шакллантириш

ФИМ сигнал спектри 1.8-расмдаги кўринишга эга.



1.8-расм. ФИМ сигнал спектри

ФИМ сигнал спектри КИМдаги каби ташкил этувчиларга эга. Фарқ ташкил этувчилар сатҳларидан ташкил топган. $S(t)$ ташкил этувчилари сатҳи $[F$ частота] КИМ ва АИМдагидан анча паст. Шунинг учун ФИМ тўғридан-тўғри демодуляцияланмайди, дастлаб КИМ ёки АИМга ўзгартирилади.

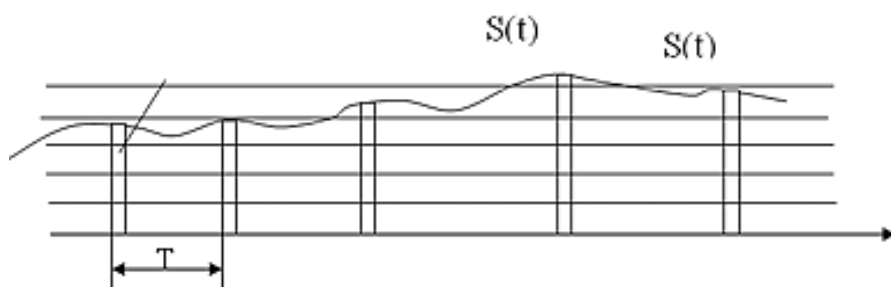
Кўриб чиқилган импульсли модуляциялаш турларидан ФИМ энг катта ҳалақитбардош ҳисобланади, шунинг учун у амалда кўпинча бирламчи модуляциялаш тури сифатида ишлатилади. АИМ ва КИМ ФИМни олиш учун ёрдамчи тур сифатида хизмат қилади.

Санаб ўтилган модуляциялаш турлари камчиликларга эга бўлган импульсли-аналог модуляциялаш турлари ҳисобланади ва шунинг учун улар радиоалоқа тизимларида чекланган қўлланилади.

Сигналларни рақамли берилиши усуллари. Импульсли модуляциялаш турларининг кейинги ривожланиши рақамли модуляциялаш турлари ҳисобланади. Уларда дискретлаштирилган сигнал сатҳ бўйича

квантланади ва кодланади. Қабуллаш томонида тескари операция – декодлаш амлга оширилади.

Дискрет саноқларни квантлаш жараёни шундан иборатки, $S(t)$ сигналнинг бутун диапазони қандайдир қадамли Q рухсат этилган сатҳларга бўлинади. Кейин $S(t)$ сигнал саноқларининг оний қийматлари яқиндаги $S(t)$ рухсат этилган сатҳларига яхлитланади. Бундай тарзда олинган сигнал квантланган АИМ (КАИМ) сигнал дейилади. Бу сигнал кейин идеал узатишда $S(t)$ сигналдан бир қанча фарқ қилади. Бу фарқ квантлаш шовқини дейилади. Q нинг ортиши ёки камайиши билан квантлаш шовқини сатҳи камаяди. Бу шовқинларнинг бўлиши рақамли узатиш усулларининг камчилиги ҳисобланади, лекин у янги узатиш имкониятларини очади. Хусусан, қабуллашда бутун рухсат этилган шкалани билиш билан шовқиннинг сатҳи $0,5\Delta$ дан паст бўлса, сигнални ташқи ҳалақитлардан “тозалаш” мумкин (1.9-расм).



1.9-расм. Сигнални квантлаш жараёни

Агар алоқа линияси катта узунликка эга бўлса, у ҳолда сигнални бундай “тозалашни” (регенерациялашни) кўп қарра тозалаш, яъни шовқинлардан даврий равишда “тозалаш” мумкин. Бу имконият рақамли узатиш усулларининг энг асосий авзалликларидан бири ҳисобланади. КАИМни линияга тўғридан-тўғри узатиш сезиларли ютуқни бермайди, чунки $Q=256$ да, биринчидан, регенерациялаш қийин, иккинчидан сигнал фақат $0,5\Delta$ дан ортиқ бўлмаган сатҳли шовқинлардан “тозаланади”. Шунинг учун КАИМ сигнал кодланади, яъни сатҳни сезиларли кам даражаларига эга

бўлган сигналларга ўзгартирилади. Энг кам сатхлар даражалари сонига бинар сигнал эга. Масалан, амплитудаси фақат иккита рухсат этилган $+U_{\text{макс}}$ ва $-U_{\text{макс}}$ ёки 1 ёки 0 сифатида белгиланадиган қийматларни қабул қиладиган видеоимпульс бўлиши мумкин. Бу ҳолда, равшанки, регенераторда $U_{\text{макс}}$ дан кичик бўлган, яъни $E_{\text{п}} < U_{\text{макс}}$ бўлган ҳалақитларни олиб ташлаш мумкин.

Кодлаш ва декодлаш. Кўпинча кодлашда бинар сигнал олинади. Бунда ҳар бир санокқа мос равишда стандарт бинар сигналлар тўплами – кодли гуруҳ қўйилади. Масалан, учта бинар сигналлардан иборат гуруҳга эгамиз. Унинг турли ҳолатлари сони $2^3=8$ га тенг бўлади. Натижада бу гуруҳ орқали $Q=8$ ли сигнални узатиш мумкин (1.1-жадвал).

1.1-жадвал

| | |
|-----|---|
| 111 | 1 |
| 110 | 2 |
| 100 | 3 |
| 000 | 4 |
| 011 | 5 |
| 001 | 6 |
| 010 | 7 |
| 101 | 8 |

Агар гуруҳ m импульслардан ташкил топган бўлса, у ҳолда $Q=2^m$, бу ерда m – коднинг разрядлилиги дейилади. Ташувчилар сифатида асосий 2 та ҳолатга эга бўлган исталган сигналлар бўлиши мумкин.

Қабуллашда тескари ўзгартириш амалга оширилади, яъни ҳар бир кодли комбинация ўз рухсат этилган сатҳига мос қўйилади (декодлаш). Кодли комбинация бу канал КС учун ажратилган вақтда узатилади. Масалан, $Q=128$ да (телефон сигнали учун $m=7$), яъни АИМ ёки ФИМда битта импульс ўрнига рақамли тизимда 7 та импульсларни узатиш керак бўлади. Натижада рақамли тизим кенг полосалироқ бўлади, яъни ажратилган полосани камроқ самарали ишлатади. Лекин ўтказиш қобилиятини йўқотилиши ҳисобига

халақитбардошлиқда ютукқа ва микросхемаларнинг ишлатилишида микроминиатюризациялаш имконияга эга бўлинади.

Аналог сигнални рақамли сигналга ўзгартиришнинг тузилиш схемаси куйидаги кўринишга эга (1.10-расм)



НСМ – нутқ сигнали манбаи;

АРЎ – аналог-рақамли ўзгартиргич;

РУЛ – рақамли узатиш линияси;

ЦАП – рақамли-аналог ўзгартиргич;

ПРС – нутқ сигналлини олувчи.

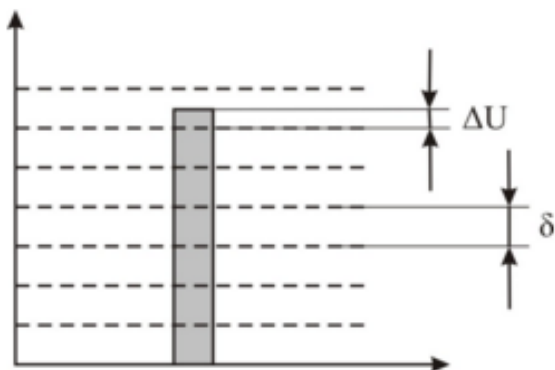
1.10-расм. Нутқ сигналлини рақамли узатиш линиясининг схемаси

Келтирилган схемадан кўришиб турибдики, $S(t)$ аналог сигнални $S_p(t)$ рақамли сигналга ўзгартириш иккита босқичда амалга оширилади. Биринчи босқичда вақт бўйича дискретлаштириш бажарилади, унинг натижасида аналог сигналнинг t_i вақт дискрет моментларидаги $S(t_i)$, $i = 1, 2, 3 \dots$ саноклари шакллантирилади, бу ерда $\Delta t = t_{i+1} - t_i$. Иккинчи босқичда ҳар бир санок сатҳи бўйича квантлаш амалга оширилади, унинг натижасида $S(t_i)$ узлуксиз тасодифий қиймат $S_{\text{ц}}(t_i)$ дискрет қийматга ўзгартирилади.

Сигнални чизиқли ёки ночизиқли квантлаш мумкин. Чизиқли квантлашда қўшни сатҳлар бир-бирларида ўша бир квантлаш қадамига (1.11-расм) ортда қолади, ночизиқли квантлашда квантлаш қадами турлича бўлади (1.12-расм).

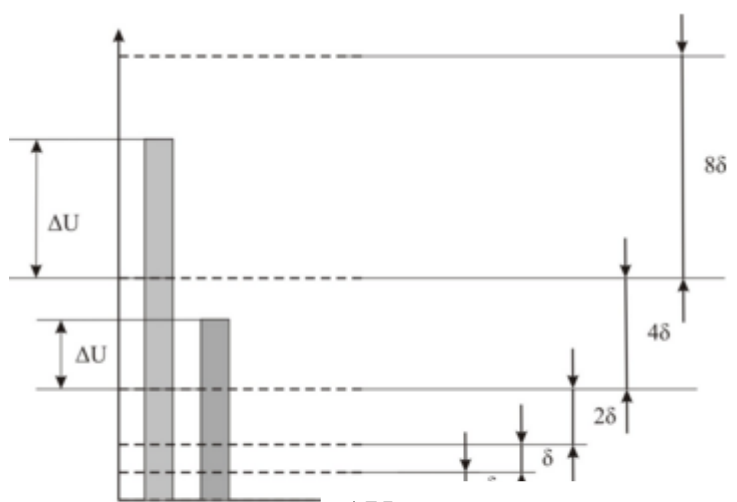
Нутқ сигналлининг маъқул сифати учун 12 та разрядлар ($2^{12} = 4096$) зарур бўлади, бу етарлича катта. Бунда разрядлар сони 8 тагача ($2^8 = 256$)

камайтирилади. Бу ҳолда сигналнинг катта қийматига квантлашдаги катта хатолик мос келади, лекин сигнал-шовқин нисбати тахминан бир хил қолади.



ΔU - шум кватовани ΔU – квантлаш шовқини
 δ - шаг квантовани δ – квантлаш қадами

1.11-расм. Сигнални чизикли квантлаш



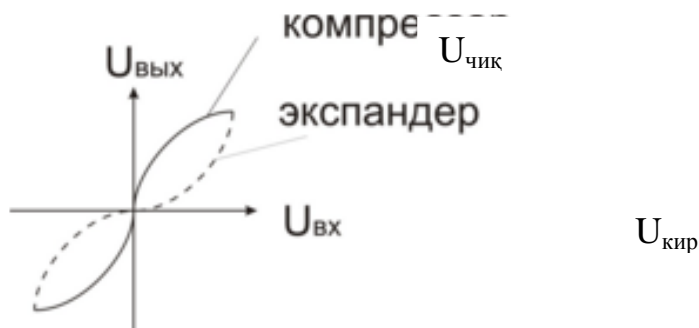
ΔU – квантлаш шовқини
 ΔU - шум кватовани δ – квантлаш қадами
 δ - шаг квантовани

1.12-расм. Сигнални ночизикли квантлаш

Сигнални ночизикли квантлаш қуйидаги иккита асосий усуллар ёрдамида амалга оширилади:

- компрессорлар ва экспандерлардан фойдаланиш орқали;
- тўғридан-тўғри рақамли ночизикли кодлаш орқали.

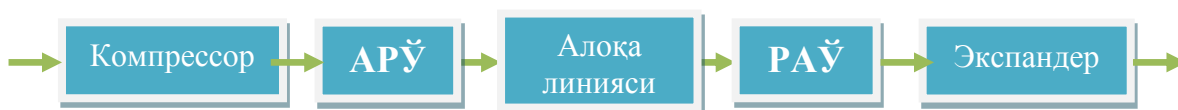
Компрессорлар ва экспандерлардан фойдаланилганида кириш сигнали узатиш томонида сиқилади ва қабуллаш томонида қайта тикланади. Компрессорнинг амплитудавий характеристикаси қуйидаги кўринишга эга (1.13-расм)



1.13-расм. Компрессорнинг амплитудавий характеристикаси

Компрессорлар ва экспандерлардан фойдаланилганидаги ўзгартириш схемаси 1.14-расмда келтирилган

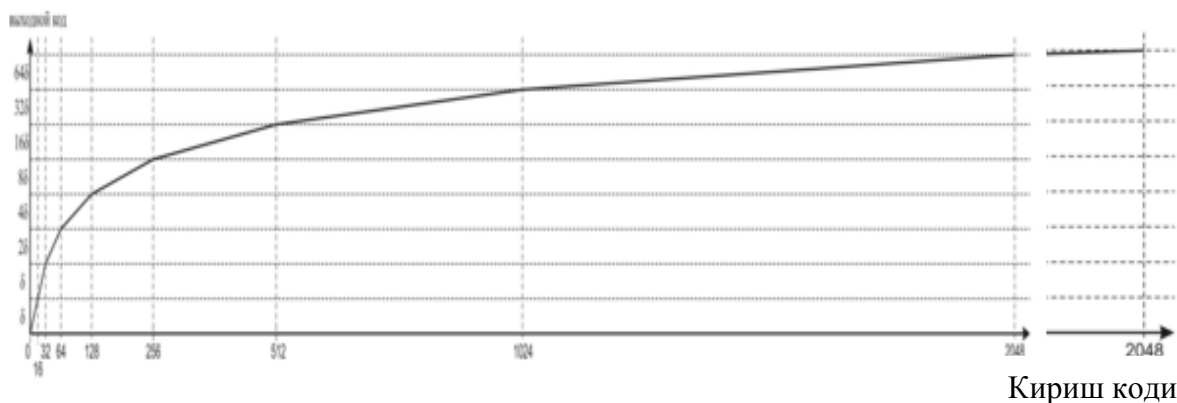
Сигнал Қайта тикланган сигнал



1.14-расм. Компрессорлар ва экспандерлардан фойдаланилганидаги ўзгартириш схемаси

Иккинчи ҳолда нозизиқли кодлаш ишлатилади. Ўзгартириш схемаси 1.15-расмда келтирилган.

Кириш коди



1.15-расм. Ночизикли кодлаш схемаси

Ночизикли кодлаш қуйидаги тарзда амалга оширилади:

| | | | | | | | |
|------------|---|--|--|---|--|--|--|
| Ишора бити | 8 та зоналардан (0 дан 7 гача) 1-нчи зона номерини кодлаш | | | 16 та сатҳлардан (0 дан 15 гача) биринчисини кодлаш | | | |
| +(1) | | | | | | | |
| -(0) | | | | | | | |

Схемани ишлатилишига мисол:

1. $U_{\text{кир}} = 7 \text{ В}$, $\delta = 0,01 \text{ В}$. $N_{\text{кир}} = 700, 700\ 512$ ва 1024 орасига жойлашади.

Бу 6 зона $6_{10} = 110_2$, $700-512 = 188$.

6-нчи зонада 32 квантлаш қадами ишлатилади,

$188/32 = 5$, қолдиқ 28. $5_{10} = 0101_2$

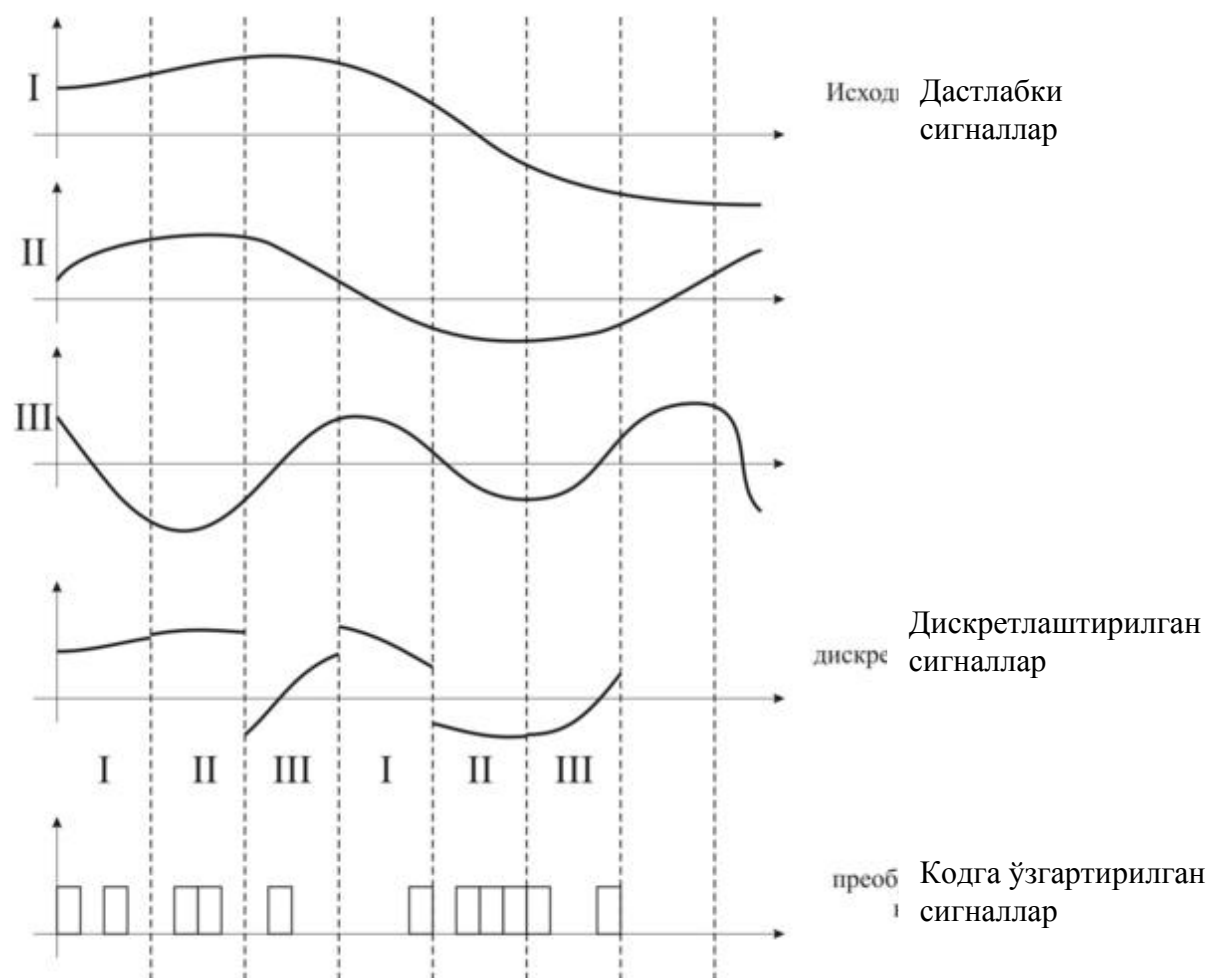
$28 = 0,28 \text{ В}$ – бу хатолик.

Якунда қуйидаги код бўлади:

| | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Ишора бити | 8 та зоналардан (0 дан 7 гача) 1-нчи зона номерини кодлаш | | | 16 та сатҳлардан (0 дан 15 гача) биринчисини кодлаш | | | |
| +(1) | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |

Импульсли-кодли модуляциялашдаги сигнални ўзгартирилиши

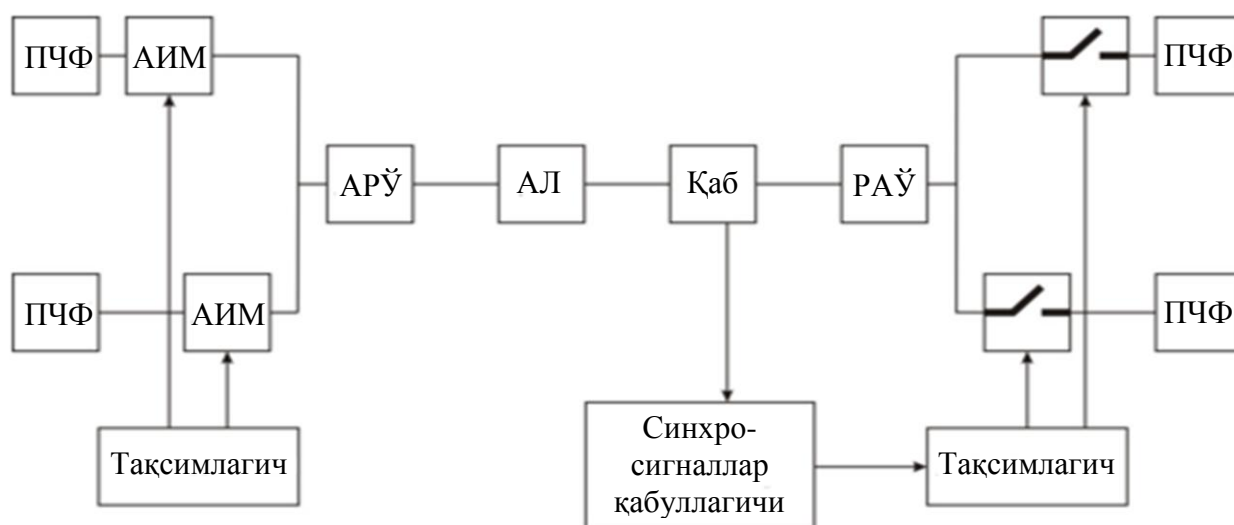
1.16-расм орқали тушунтирилади.



1.16-расм. ИКМда сигнални ўзгартириш

ИКМли алоқа тизимининг тузилиш схемаси 1.17-расмда келтирилган. Қабуллагичда синхронлаштириш учун ишлатиладиган сигнални кечикиши вақтини баҳолаш амалга оширилади.

Рақамли сигнални скремблирлаш. Рақамли сигналларни узатишда қабуллаш томонида қабул қилинган сигнал бўйича демодуляторнинг ишлаши учун зарур бўладиган такт частотаси ажратилади. Лекин реал сигналларда ноллар ва бирларнинг узун туркумлари узатилиши мумкин, бундай сигналлар спектрида такт частотасига мос гармоника мавжуд бўлмайди ёки паст қийматга эга бўлади. Бу даврларда қабуллаш тизими синхронизмдан чиқиб кетиши мумкин.



АИМ – амплитудавий-импульсли модуляциялаш.

АЛ – линия связи

Қаб – қабуллагич

1.17-расм. ИКМнинг тузилиш схемаси

Узун ноллар кетма-кетликлариди қабуллагичнинг САР (сатҳни автоматик ростлаш) тизими бу вазиятни сигнал сатҳини камайиши сифатида қабул қилади, бу ўз навбатида ечимларни қабул қилиш бўсағаларининг сурилишига олиб келиши мумкин, бу ҳам синхронизмни йўқотилишига ва хатоликлар сонини ортишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун алоқа тизимининг ишлаши учун сатҳлар орасида тез-тез ўтишли сигналга ва тахминан тенг сонли ноллар ва бирлар сонига эга бўлиш керак.

Бундай сигнални олиш учун скремблирлаш ишлатилади. Скремблер узатиладиган ахборот сигнални скремблерда генерацияланадиган псевдо-тасодикий кетма-кетлик билан 2 модуль бўйича қўшишни таъминлайди.

Рақамли сигналнинг авзалликларига қуйидагилар киради:

- рақамли сигнал аналог сигналга қараганда ҳалақитбардошроқ, юқорироқ нутқ ва видео сифатига (яъни маълум хатоликлар даражасига рухсат этадиган сигналлар) эга ҳисобланади;

- рақамли сигналларни ретрансляторлар ёрдамида тўлиқ қайта тиклаш бу хатоликлар ва шовқинлар йиғилмаслигини билдиради;

- рақамли сигналларни қайта ишлаш ва таҳлил қилиш аналог сигналларга қараганда осон, демак узатиш тизимига тўғридан-тўғри бошқа алоҳида қайта ишлаш тугунлари билан қўшимча созилашларсиз уйғунлаштириш мумкин. Бутун фарқ фақат янги дастурни ёзишдан ёки қўшимча ўзгартириш қурилмаларини ишлатишдан, лекин бутун аппаратуранинг созилашларсиз иборат бўлиши мумкин.

Рақамли тизимлар иерархияси. КЧАли тизимлардаги каби рақамли алоқа тизимлари ҳам яратилади, уларнинг иерархияси 30 та телефон каналларини стандарт (асосий) бирламчи гуруҳга асосланади.

Бирламчи гуруҳ сифатида ИКМ-30 аппаратураси хизмат қилади. Унда телефон канали 8 кГц частотали дискретлаштирилади ва 8 та разрядлар, яъни $Q = 256$ ва $m = 8$ орқали кодланади. 30 та телефон каналларидан ташқари яна ёрдамчи сигналларни синхронлаштириш ва узатиш учун ҳар бир циклда иккита 8-разрядли гуруҳлар мавжуд. Шунинг учун бирлам гуруҳнинг сигналларни узатиш тезлиги $32 \times 64 = 2048$ кбит/с ни ташкил этади.

Иккиламчи гуруҳ тўртта бирламчи гуруҳларни, яъни 120 та телефон каналларини асинхрон бирлаштириш йўли билан ҳосил қилинади. **МККТТ** тавсия этган тезлик 8448 кбит/с га тенг.

Тўртта иккиламчи гуруҳлар битта учламчи гуруҳга 480 та телефон каналларига бирлаштирилади. Тезлик 34304 кбит/с ни ташкил этади.

Тўртта учламчи гуруҳлар битта тўртламчи гуруҳга 1920 та телефон каналларига бирлаштирилади. Тезлик 139,264 Мбит/с ни ташкил этади.

Тўртта тўртламчи гуруҳлар битта бешламчи гуруҳга 1920 та телефон каналларига бирлаштирилади. Тезлик 565,148 Мбит/с ни ташкил этади.

Аналог кенг поласали сигнал мос ўзгартиришдан кейин қандайдир рақамли оқимда узатилиши мумкин. Масалан, 6,144 Мбит/с тезликли оқимда КЧАли ташкил этилган 60 та телефон каналлари ёки 139,264 Мбит/ тезликли оқимдаги ТВ сигнал бўлади.

Назорат саволлари

1. Сигнални дискретлаштириш ва интерполяциялаш жараёнларини тушунтиринг.

2. Импульсли модуляциялаш турлари – АИМ, КИМ ва ФИМ сигналларнинг ўзига хос хусусиятлари нималардан иборат.

3. Сигнални сатҳ бўйича квантлаш, кодлаш ва декодлаш принципини тушунтиринг.

4. Аналог сигнални рақамли сигналга ўзгартириш тузилиш схемасини келтиринг ва тушунтиринг.

5. Сигнални квантлашнинг қандай усуллари мавжуд?

6. ИКМда сигнални ўзгартириш қандай амлга оширилади.

7. Рақамли сигнални скремблирлашнинг вазифаси нима.

8. Рақамли сигналнинг авзалликларини санаб ўтинг.

9. Рақамли тизимларнинг иерархиясини келтиринг.

Мобил алоқа каналларининг характеристиклари

2-маъруза

Электромагнит тўлқинларнинг тарқалиши

Шаҳар шароитларида микротўлқинли тўлқинларнинг тарқалиши

Қабуллаш нуқтасидаги магнит майдон кучланганлиги ҳисоблаш

Электромагнит тўлқинларни тарқалишининг ўзига хос хусусиятлари. Тарқалишида электромагнит тўлқинлар бир қанча умумий қонунларга бўйсунди:

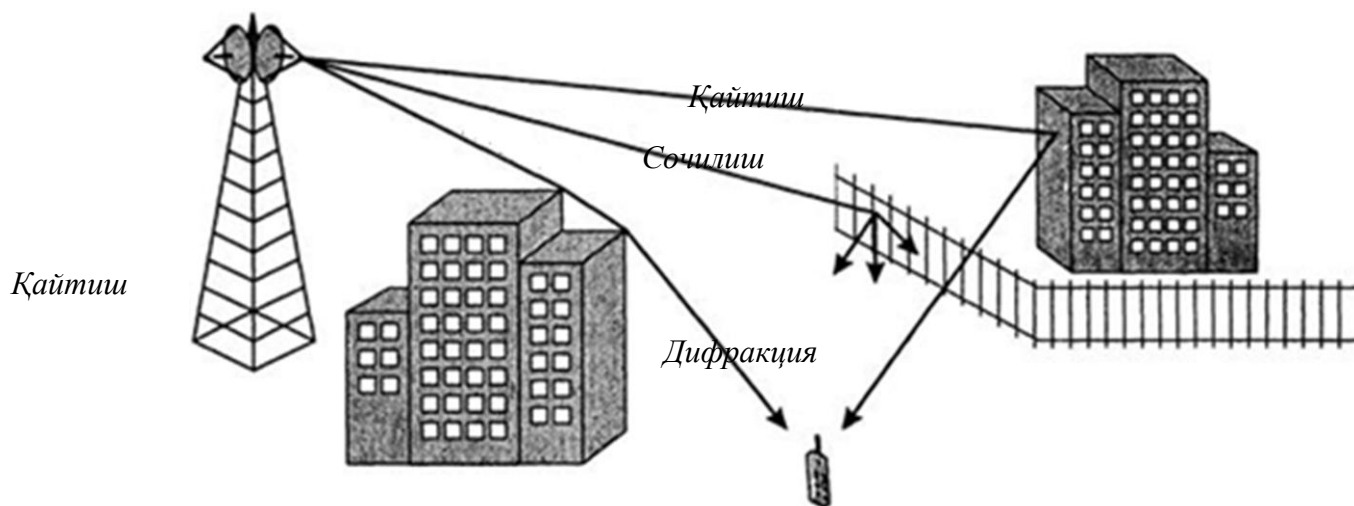
1. Ташувчи частота қанчалик юқори бўлса, бўлиши мумкин маълумотларни узатиш тезлиги шунчалик юқори бўлади.
2. Частота қанчалик юқори бўлса, сигнал шунчалик тўсиқлардан ёмон ўтади. АМ-диапазонларнинг паст частотали радиотўлқинлари хона антеннасидадан фойдаланишга имкон бериш билан уйларга осон кириб боради. Юқорирок частотали телевидение сигнали ташқи антеннани талаб қилади. Ва ниҳоят инфрақизил ва кўринадиган ёруғлик тўғри кўринишда узатишни чеклаш билан деворлар орқали ўтмайди.
3. Частота қанчалик юқори бўлса, манбадан масофага боғлиқ равишда сигнални энергияси тезроқ камаяди. Электромагнит тўлқинлар эркин фазода тарқалганида (қайтаришларсиз) сигнал қувватининг сўниши сигнал манбаидан масофанинг квадрати билан сигнал частотаси квадратига кўпайтмасига пропорционал.
4. Паст частоталар (2 МГцгача) ер сирти бўйлаб тарқалади. Айнан шунинг учун АМ-радио сигналлари юзлаб километрларгача масофаларга узатилиши мумкин.
5. 2 дан 30 МГцгача частоталар сигналлари ер ионосферасидан қайтади, шунинг учун улар ҳатто сезиларли масофаларга бир неча минглаб километрларга (узаткичнинг етарлича қувватида) тарқалиши мумкин.

6. 30 МГцдан юқори диапазондаги сигналлар фақат тўғри чизик бўйича тарқалади, яъни тўғри кўриниш сигналлари ҳисобланади. 4 ГГцдан юқори частотада улар сув орқали ютила бошлайди, бу микротўлқинли тизимлар узатиш сифатининг кескин ёмонлашишига нафақат ёмғир, балки туман ҳам сабаб бўлиши мумкинлигини билдиради

Маълумотларни тезликли узатишга эҳтиёж устун келмоқда, шунинг учун барча замонавий маълумотларни симсиз узатиш тизимлари паст частотали диапазонлар ер сирти бўйлаб сигналнинг тарқалиши ёки ионосферадан қайтиш туфайли берадиган авзалликларга қарамасдан 800 МГцдан бошлаб юқори частотали (микротўлқинли) диапазонларда ишлайди.

Микротўлқинли диапазонни муваффақиятли ишлатиш учун тўғри кўриниш режимида тарқаладиган ва ўз йўлида тўсиқларга учрайдиган сигналларни ўзини тутишига боғлиқ бўлган қўшимча муаммоларни ҳам ҳисобга олиш зарур.

2.1-расмда сигнал тўсиққа учраши билан учта механизмлар мувофиқ – қайтиш, дифракция ва сочилиш билан тарқалиши мумкин.



2.1-расм. Электромагнит тўлқиннинг тарқалиши

Сигнал бу тўлқин узунлиги учун қисман тиниқ бўлган ва шубилан бир вақтда ўлчамлари тўлқин узунлигидан анча катта бўлган тўсиққа учраганида сигнал энергиясининг қисми бу тўсиқдан *қайтади*. Микротўлқинли диапазон тўлқинлари бир неча сантиметрлар узунликка эга, шунинг учун улар шаҳарда сигналларни узатишда қисман уйлар деворларидан қайтади. Агар сигнал унинг учун сингмас ва тўлқин узунлигига қараганда бирмунча катта ўлчамли тўсиққа (масалан, металл пластина) учраса, у ҳолда *дифракция* бўлиб ўтади, сигнал худди тўсиқдан оғиб ўтади, шундай экан бундай сигнални ҳатто тўғри кўриниш зонасида бўлмасдан олиш мумкин. Ва ниҳоят, ўлчамларини тўлқин узунлиги билан тенглаштирса бўладиган тўсиққа учраганида сигнал турли бурчаклар остида тарқалиши билан *сочилади*.

Шаҳардаги симсиз алоқада ҳамма жойда учрайдиган бундай ҳодисалар натижасида қабуллагич ўша бир сигналнинг бир неча нусхаларини олиши мумкин. Бундай самара *сигналнинг кўп нурли тарқалиши* дейилади. Сигналнинг кўп нурли тарқалиши натижаси кўпинча салбий бўлади, чунки сигналлардан бири тескари фазада келиши ва асосий сигнални сўндириши мумкин. Сигналнинг турли йўллар бўйлаб тарқалиши умумий ҳолда турлича бўлади, у ҳолда сигналнинг кечикиши натижасида кодлайдиган кўшни маълумотлар битлари қабуллагичгача бир вақтда етиб келадиган вазият – *символлараро интерференция* ҳам кузатилади.

Кўп нурли тарқалиш туфайли бузилишлар сигналнинг кучсизланишига олиб келади, бу самара *кўп нурли сўниш* дейилади. Шаҳарларда кўп нурли сўниш шунга олиб келадигани, сигналнинг кучсизланиши масофанинг квадратига эмас, балки унинг кубига, ҳатто тўртинчи даражасига пропорционал бўлиб қолади!

Сигналнинг барча бу бузилишлари шаҳарда етарлича кўп бўлган ташқи электромагнит тўлқинлар билан қўшилади. Айтиш етарлики, 2,4 ГГц диапазонда микротўлқинли печлар ишлайди.

Микротўлқинли диапазонда ер сирти идеал диэлектрик сифатида қаралиши мумкин. Шунинг учун ернинг ўтказиш хоссалари бу тўлқинларнинг тарқалишига таъсир қилмайди. Шу билан бирга, хатто ер сиртининг унча катта бўлмаган нотекисликлари микротўлқинли диапазон тўлқинларини ер сиртидан қайтиши шартларини сезиларли ўзгартиради.

Тўғри кўриниш чегарасидан анча кичик бўлган унча катта бўлмаган $l < 0,2 \cdot l_0$ масофаларда, микротўлқинли диапазонда ернинг шарсимонлигининг таъсирини ва тропосферадаги радиотўлқинлар рефракциясининг таъсирини ҳисобга олимаслик мумкин. Бунда микротўлқинли тўлқинларни тарқалишининг ўзига хос хусусиятлари катта барқарорлик ва вақт бўйича сигнал сатҳининг ўзгармаслиги ҳисобланади.

$0,2l_0 < l < 0,8 \cdot l_0$ чегараларда ётадиган сезиларсиз масофаларда ернинг шарсимонлигини ҳисобга олиш зарур. Бир вақтда ернинг эквивалент радиуси тушунчасидан фойдаланиш йўли билан рефракциянинг таъсирини ҳам ҳисобга олиш зарур бўлади.

Бундай масофаларда микротўлқинли диапазон тўлқинларининг тарқалишига иқлим шароитлари таъсир қилади. тропосферанинг синдириш коэффиенти ўзгариши билан тўлқин траекториясининг эгрилиги ўзгаради, бинобарини, тўғри ва ер сиртидан қайтган нурлар учун бу ўзгаришлар турлича бўлиши мумкин. Натижада тўғри ва қайтган нурлар орасидаги фазалар фарқи ўзгаради, бунинг натижасида радиотўлқин майдони сатҳи ўзгаради, сигналнинг сўниши бўлиб ўтади. Сўнишларнинг ҳалақит қилиувчи таъсири масофанинг ортиши билан кучаяди.

Мобил алоқа тизимлари микротўлқинли тўлқинлар, асосан, ер сирти тўлқинлари сифатида тарқалади, яъни ер сиртининг бевосита яқинидан ўтади. Ёдда тутиш зарурки, тўлқин энергиясининг асосий қисми Френель биринчи зонаси орқали чегараланган фазода тарқалади. Радиотўлқин ер сиртидан узоқдан ўтганида (масалан, ЕСЎ билан алоқада), тўлқин эркин фазода тарқалмоқда деб ҳисоблаш мумкин.

Қабуллаш антенна-сидан бевосита яқинда сочувчилар сонини ортиши билан радиоканалнинг кўп нурлилиги ортади, бу дискрет импульсларнинг қўшилиб кетишига олиб келади ва оширилган $\tau_{\text{кк}}$ давомийликли узлуксиз импульс ҳосил бўлади. Кечикишнинг кенгайиши ($\tau_{\text{кк}}$) у орқали кейинги импульс узатилиши мумкин бўлган вақтга мос кутиш вақтини аниқлайди. Бу маълумотларни узатиш тезлигини $1/\tau_{\text{кк}}$ анча кичик қийматгача камайтирилишини талаб қилади, акс ҳолда символлараро интерференция пайдо бўлиши мумкин.

Шаҳар шароитларида микротўлқинли тўлқинларни тарқалиши. Шаҳар шароитларида микротўлқинли тўлқинларни тарқалиши тадқиқотчиси У. Ли 750 МГц частотада қайта қайтарилган тўлқинларнинг кечикишини ўзгариши намунавий диапазонларини келтиради (2.1-жадвал).

2.1-жадвал. Қайта қайтарилган микротўлқинли тўлқинларнинг кечикишини ўзгариши диапазонлари

| Параметр | Шаҳар | Шаҳар олди |
|---|------------|------------|
| Ўртача кечикиш қиймати | 1,5...2,5 | 0,1...0,2 |
| Максимал вақтинчалик кечикиш (30 дБ сатҳда) | 5,0...12,0 | 0,3...0,7 |
| Кечикишларнинг кенгайиши диапазони | 1,0...3,0 | 0,2...2,0 |
| Кечикишларнинг кенгайиши ўртача вақти | 1,3 | 0,5 |

450 ва 900 МГц диапазонларда сигналларнинг “кечкишни кенгайиши” ходисасини ўрганиш бўйича ҳисоботлар мавжуд. Лекин фақат ЎЮЧ диапазонда “кечкишни кенгайиши” ҳақидаги чекланган экспериментал маълумотлар сони мавжуд ва бу маълумотлар гувоҳлик берадики, “кечкишни кенгайиши” 30 МГцдан юқори диапазонда ташувчи частотага

боғлиқ бўлмайди. Бу ҳодисани тушунтириш учун қуйидаги далиллар келтирилиши мумкин.

Биринчидан, пастроқ частоталарда тарқалишда йўқотишлар камроқ, бунинг натижасида ҳаракатдаги объект атрофида сочилиш зонасининг кенгайиши бўлиб ўтади ва натижада частотанинг ортиши билан кечикишни кенгайишини ортишини кутиш мумкин.

Иккинчидан, частотанинг камайиши билан тўлқин узунлигини ортади, у ҳолда сочилиш бўлиб ўтадиган предметларнинг ўлчамлари 30 МГцга мос тўлқин узунлиги билан тенглаштира бўладиган бўлиб қолади. Натижада радиотўлқин энергиясининг катта қисми кичик ўлчамли предмет орқали ўтади ва кечикишни кенгайиши частотанинг камайиши билан камаяди. Бу сочилиш сиртининг камайишида “кечкишнинг кенгайиши” ҳам камаяди.

Ўрнатилганки, натижавий сигнални шакллантиришдаги ҳал қилувчи ҳиссани қабуллаш антеннаси жойлашган жойдаги шаҳар қурилишлари оралиғи киритади. импульснинг кенгайиши импульс орқа fronti пасайиши вақтининг узайиши кўринишида номоён бўлади.

Нисбий амплитудаларнинг уларнинг кечикишларига боғлиқликларини таҳлил қилиш натижасида Тошкент шаҳрида $\tau = 0..0.8 мкс$ қийматлар учун етарлича маъқул аниқликни берадиган бу боғлиқликларни аппроксимациялаш учун эмпирик ифода қуйидаги кўринишда таклиф этилади:

$$A(\tau) = -B_1 \sqrt{\frac{\tau}{\tau'}}, \text{ дБ}$$

бу ерда τ' - меъёрлаштирилган, 1 мксга тенг;

B_1 - эмпирик коэффициент.

Мисол усун 2.2-жадвалда Токент шаҳрида катта (КатҚЗ) ва кичик (КичҚЗ) қурилишлар зичликларили туманлар, узатиш антеннасига нисбатан радиал ва кўндаланг кўчалар учун B_1 эмпирик коэффициент қийматлари келтирилган.

2.2-жадвал. Тошкент шаҳри учун V_1 эмпирик коэффицент қийматлари

| Қабуллаш антеннасининг тури | Шаҳар қурилиши характери | Қабуллаш антеннасининг осилиши баландлиги | |
|-------------------------------|--------------------------|---|-------|
| | | 1,5 м | 3,0 м |
| Симметрик горизонтал вибратор | КатҚЗли туманлар | 15,5 | 15,0 |
| | КичҚЗли туманлар | 8,0 | 7,5 |
| | Квазирадиал кўчалар | 6,0 | 5,0 |
| | Квазикўндаланг кўчалар | 15,5 | 15,0 |
| Вертикал штир | КатҚЗли туманлар | 11,5 | - |
| | КичҚЗли туманлар | 11,0 | - |
| | Квазирадиал кўчалар | 10,0 | - |
| | Квазикўндаланг кўчалар | 10,5 | - |

Бу жадвалдан кўришиб турибдики, V_1 коэффицентнинг қийматлари шаҳар қурилишларининг архитектураси, қабуллаш антеннасининг тури, шунингдек унинг фазода йўналтирилганлиги орқали аниқланади.

Ҳорижда ваМДХнинг европа қисмида ўтказилган кўп нурлилиқ характеристикаларини экспериментал тадқиқотлари кўрсатдики, шаҳарда қайта қайтарилган тўлқинларни кечикишининг τ_{\max} максимал қиймати (15 дБ сатҳда) 1,0 ...1,5 мксларга етиши мумкин. τ_{\max} қиймат шунингдек ишлатиладиган қабуллаш антеннасининг турига боғлиқ бўлади. Тошкент

шаҳридаги экспериментлар кўрсатдики (қабуллаш симметрик вибраторга олиб борилди):

- узатиш ва қабуллаш антенналари орасида тўғри кўриниш бўлмаганида одатда $\tau = 0,2 \dots 0,5 \text{ мкс}$ вақтли кечикишли икки-учта қайта қайтарилган тўлқинлар, антенналар орасида тўғри кўриниш бўлганида эса $\tau = 0,2 \dots 0,5 \text{ мкс}$ вақтли кечикишли битта қайта қайтарилган тўлқин ажралди;
- шаҳарнинг алоҳида нуқталарида қайта қайтарилган тўлқинлар вақтли кечикишининг максимал қиймати $1,3 \dots 1,6$ мксни ташкил этди;
- қабуллаш антеннасининг йўналтирилганлиги узатиш антеннасига нисбатан ўзгартирилганда қайта қайтарилган тўлқинлар сони ва уларнинг кечикиши вақти ўзгарди.

Тошкент шаҳрида вақтли кечикишлар гистограммаларини аппроксимациялашдан қуйидаги ифода олинди:

$$f(\tau) = 10 \cdot \exp(-\tau / \tau_0)$$

бу ерда τ параметр қабуллаш антеннаси узатиш антеннасига йўналтирилганида КатҚЗли ва КичҚЗ ли туманлар учун мос равишда $0,156$ ва $0,145$ мксга тенг. Радиоканалнинг кўр нурлилиқ характеристикалари шаҳарда истиқболли рақамли радиоалоқа воситаларини ишлаб чиқиш учун муҳим характеристикалар ҳисобланади.

Сигналнинг поляризацион характеристикалари. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари учун қабуллаш антенналарининг турини танлаш шаҳар шароитларида сигналнинг поляризацион характеристикалари орқали аниқланади. Маълумки, эллиптик поляризацияланган (қутблаштирилган) тўлқинлар электр векторлари бир-бирларига бурчак остида йўналтирилган ва уларнинг тебранишлари фаза бўйича сурилган икки ёки ундан ортиқ чизиқли қутблаштирилган тўлқинларнинг қўшилишида ҳосил бўлиши мумкин. Қабуллаш жойида бундай тўлқинларнинг бўлиши горизонтал қутблаштиришда қайта қайтарилган тўлқинларни келиши бурчакларининг турличалиги ва вертикал қутблаштиришда Ер сиртидан ва бинолардан

қайтишларда векторларнинг бўйлама ташкил этувчиларининг пайдо бўлиши билан тушунтирилади. D қутблаштирилмаслик коэффициентлари майдоннинг асосий ва ортогонал ташкил этувчиларининг децибеллардаги қийматлари фарқи орқали аниқланади. Агар майдоннинг асосий қутблаштириши горизонтал бўлса у ҳолда D қиймат майдон кучланганлигини E_H горизонтал ташкил этувчиси (ГТЭ) ва E_V вертикал ташкил этувчисининг децибеллардаги фарқи орқали аниқланади:

$$D = E_H - E_V, \text{ дБ}$$

Ўрнатилганки, қутблаштирилмаслик коэффициентлари шаҳар қурилиши архитектураси орқали аниқланади ва одатда асосий қутблаштиришга нисбатан 10 ... 15 дБни ташкил этади. Шунинг йирик шаҳарда E_H ва E_V қийматлари деярли корреляцияланмаган, бу қабуллаш учун кросс-қутблаштирилган антенналарни тавсия этишга имкон беради. Қутблаштирилмаслик ҳодисасининг бўлиши шаҳарда радио ва телевидение сигналларини, бошқа радиоалоқа турлари сигналларини қабуллаш антеннаси полотноси текислигини ихтиёрий жойлашишида қабул қилишни амалга оширишга имкон беради. Тошкент шаҳрида 100 МГц частотада ва горизонтал қутблаштиришда олинган экспериментал маълумотларни таҳлил қилиш кўрсатдики:

- радиал кўчалардаги қутблаштирилмаслик коэффициентларининг қийматлари кўндаланг кўчалардагига қараганда 2...4 дБга юқори бўлди ва ўртача 10...15 дБни ташкил этади;
- КатҚЗли туманлардаги қутблаштирилмаслик коэффициентларининг қийматлари КичТҚЗли туманлардагига қараганда паст бўлади;
- қабуллаш антеннасининг осилиш баландлиги оширилганида қутблаштирилмаслик коэффициентларининг қийматларини ортиши кузатилди.

Сигнал сатҳи флукуацияси ва майдоннинг тақсимланиши статик характеристикалари. Қабуллаш антеннаси ҳаракатланганида қабул қилинадиган сигнал сатҳининг флукуацияси қайта қайтарилган тўлқинлар

интерференциясининг натижаси ҳисобланади. Бу тўлқинларнинг интерференцияси натижасида майдон кучланганлиги ўзгаради. Шаҳар шароитларида электр майдон кучланганлиги флукуацияси характерини билиш бўсағавий самарага эга бўлган рақамли радиотизимларни лойиҳғалаштиришда зарур бўлади.

Маълумки, майдон кучланганлигини майдон интерференцион манзараси максимумлари ва минимумлари нуқталаридаги қийматлари тасодифий, лекин майдон кучланганлиги яқин минимумлари орасидаги масофа (майдон интерференцион манзарасининг квазидаври) λ тўлқин узунлигини ўртача 0,6..0,8 қийматларини ташкил этади.

Сигнал/шовқин нисбатининг сезиларли ёмонлашишига ҳаракатдаги объектнинг қабуллаш қурилмаси САРининг тезкорлиги билан таққосланадиган катта тезлиги туфайли ҳаракатдаги объектда қабул қилишда радиосигналнинг тез флукуациялари олиб келади. Сигнал сатҳини ўзгаришларининг квазидаврийлиги қайта қайтарилган тўлқинлар фазаларини квазициклли ўзгаришлари ҳақида гувоҳлик беради.

Тезкор фазовий сўнишлар билан курашишнинг самарали усуллари билан ажратилган антенналарни қабул қилиш ҳисобланади. Бу мақсадда ҳаракатдаги объектнинг ажратилган антенналари чиқишларидан ташувчи частоталарнинг кучланишлари орасидаги $\Delta\varphi$ фазавий сурилишлар флукуацияларини тадқиқ қилиш ўтказилган. Нурлантириладиган сигнал кутблаштирилишига мос горизонтал кутблаштирилишли антенналар (ҳалқали антенналар), штирли (квазикублаштирилган) антенналар ва конструктив бирлаштирилган штирли ва ҳалқали антенналар (поляризацион ажратиш) чиқишларидан сигналлар орасидаги $\Delta\varphi$ флукуациялар тадқиқ қилинди. 2.3-жадвалда мисол учун фазавий сурилиш флукуацияси σ_φ ўртача квадратик оғишининг (ЎКО) градуслардаги ўртачалаштирилган қийматлари ва антенналар $\lambda/2$ қийматга бўйлама ажратилгандаги кўчаларга йўналтирилганликка боғлиқ равишда λ тўлқин узунликлари қийматларидаги R_φ автокорреляциянинг фазовий радиуслари қийматлари келтирилган.

2.3-жадвал. Фазавий сурилиш флукуациясининг ўртача квадратик оғиши ва автокорреляциянинг фазовий радиуслари қийматлари

| Антенналар тури | Кўчаларнинг йўналтирилганлиги | Масофа, км | | | | | | | | Бутун шаҳар бўйича | |
|-----------------|-------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------------------|-------------|
| | | 0...1 | | 1...3 | | 3...5 | | >5 | | | |
| | | σ_φ | R_φ | σ_φ | R_φ | σ_φ | R_φ | σ_φ | R_φ | σ_φ | R_φ |
| Ҳалқали | Радиал | 19 | 0,4 | 45 | 0,28 | 39 | 0,16 | 68 | 0,13 | 45 | 0,18 |
| Ҳалқали | Кўндаланг | 41 | 0,42 | 68 | 0,17 | 68 | 0,12 | 73 | 0,11 | 62 | 0,2 |
| Штирли | Радиал | 41 | 0,82 | 66 | 0,14 | 74 | 0,15 | 93 | 0,1 | 68 | 0,27 |
| Штирли | Кўндаланг | 42 | 0,19 | 68 | 0,18 | 73 | 0,11 | 76 | 0,14 | 64 | 0,16 |
| Аралаш | Радиал | 36 | 0,84 | 103 | 0,08 | - | - | 96 | 0,11 | 83 | 0,27 |
| Аралаш | Кўндаланг | 64 | 0,2 | 99 | 0,16 | 93 | 0,16 | 98 | 0,11 | 84 | 0,10 |

2.3-жадвалдан кўринадикки, энг кам $\Delta\varphi$ флукуация кросс-кутблаштирилган антенналар қўлланилганда, энг катта флукуация эса поляризацион ажратишда кузатилади. Кўчаларнинг йўналтирилганлигига боғлиқлик флукуация энг кам бўлган яқин зонада кузатилади, автокорреляция кўлами эса 0,84 лга етади. Қолган зоналарда $\Delta\varphi$ автокорреляция радиуси 0,28 лдан ошмайди.

Экспериментал ўрнатилганки, шаҳар шароитларидаги майдон кучланганлигининг секин флукуациялари кўп ҳолларда логарифмик-нормал тақсимотга эга бўлади. σ ўртача квадратик оғиш қиймати бу ҳолларда 1...9 дБни ташкил этади. Бинобарин, катта σ қийматлари паст-баландликларок рельефли шаҳарларда қабул қилишга мос келди.

Шундай қилиб, майдон кучланганлиги сатҳининг флукуациялари ва унинг статик тақсимот характеристикалари шаҳар қурилишлари архитектураси орқали аниқланади.

Қабул қилиш нуқтасида майдон кучланганлиги сатҳини ҳисоблаш. Мобил алоқа тизимларида қабул қилиш нуқтасида майдон кучланганлиги масофага, частотага, антенналарнинг осилиши баландликларига, қурилишлар

характерларига, жой рельефининг нотекислигига, “куруқлик-денгиз-куруқлик” турдаги тўсиқларга боғлиқ бўлади.

Сигнал қувватининг масофага боғлиқлиги. РТТни ўрганишдаги фундаментал муаммолардан бири қабуллаш станцияси узаткичдан узоклашганида сигнал қувватини кучсизланиши жараёнини тавсифлашдан иборат. Равшанки, сигналнинг сатҳи бинолар баландликлари, кўчаларнинг кенглиги ва жойнинг характерини ўзгариши туфайли сезиларли флукутацияланади. Нью-Йорк, Филадельфия ва Токио шаҳарлари учун 900 МГцга яқин частоталарда ва узатиш антеннасининг (базавий станциянинг) етарлича катта h_1 осилиш баландлигида қабул қилинадиган сигнал P_2 қувватининг масофага боғлиқлиги экспериментал маълумотларини таққослаш Окумурага (Ҳ.Окумура) қуйидаги қонуниятни ўрнатишга имкон берди: масофа ортиши билан қабул қилинадиган сигнал қувватининг медиан қиймати кескин пасаяди ва эркин фазодаги москучсизлинишга қараганда сигнал катта кучсизланади. Қабул қилинадиган сигнал қуввати сатҳи бу частоталарда ўхшаш архитектурали турли шаҳарларда деярли бир хил ўзгарди. Масофанинг ортиши билан сигнал сатҳининг пасайиши тезлиги қабуллаш антеннасининг осилиши баландлиги ортиши билан сезиларли ўзгармади. Лекин узатиш антеннасининг (базавий станциянинг) осилиши баландлигини ортиши эркин фазодаги кучсизланишга қараганда сигналнинг кучсизланишини камайишига олиб келди. Шаҳар шароитларида 452 МГц, 922 МГц, 1430 МГц ва 1920 МГц частоталарда, узатиш антеннасининг $h_1=140$ м, қабуллаш антеннасининг $h_1=3$ м осилиши баландлигида Окумура ўтказган сигнал қувватини ўлчашлар натижаларининг таҳлиллари кўрсатдики, масофа 15 кмгача ортганида сигналнинг қуввати унинг эркин фазодаги қийматига қараганда базавий станциягача r масофага деярли пропорционал тезликда пасайди. Бу масофанинг кейинги ортиши сигнал сатҳини янада тезроқ камайишига олиб келди.

Сигнални кучсизланишининг частотага боғлиқлиги. Шаҳар туманларида сигналнинг кучсизланиши частотанинг ортиши билан ортади.

Антеннанинг қайд этилган осилиш баландлигида кучсизланишнинг масофага боғлиқлиги частота ўзгарганида $n [P_2=(f^n)]$, бу ерда P_2 – сигнал қувватининг медиан қиймати] кўрсаткич орқали ифодаланиши мумкин. Ўрнатилганки, n қиймат базавий станциядан 10 кмлардан ортиқ бўлмаган масофалар учун деярли доимий қийматини сақлайди. Масофа ортганида частотанинг ортиши билан сигнал қувватининг камайиши тезроқ бўлиб қолади.

Сигнал қувватининг базавий станция антеннасининг осилиши баландлигига боғлиқлиги. Окумура аниқладики, масофа ва антеннанинг h_1 осилиши баландлиги ортиши билан қабул қилинадиган сигнал майдони кучланганлиги сатҳининг ўзгариши 200 дан 2000 МГцгача диапазондаги барча частоталар учун бир хил қолади. Антенналар орасидаги 10 кмдан кичик масофалар учун қабул қилинадиган сигналнинг қуввати базавий станция антеннасининг осилиши баландлиги квадратига деярли пропорционал (октавага 6 дБ) ўзгаради. Базавий станция антеннасининг жуда катта осилиши баландликларида ва катта масофаларда (30 кмдан ортиқ) қабул қилинадиган сигналнинг қуввати антеннанинг осилиши баландлиги кубига деярли пропорционал (октавага 9 дБ) бўлиб қолади.

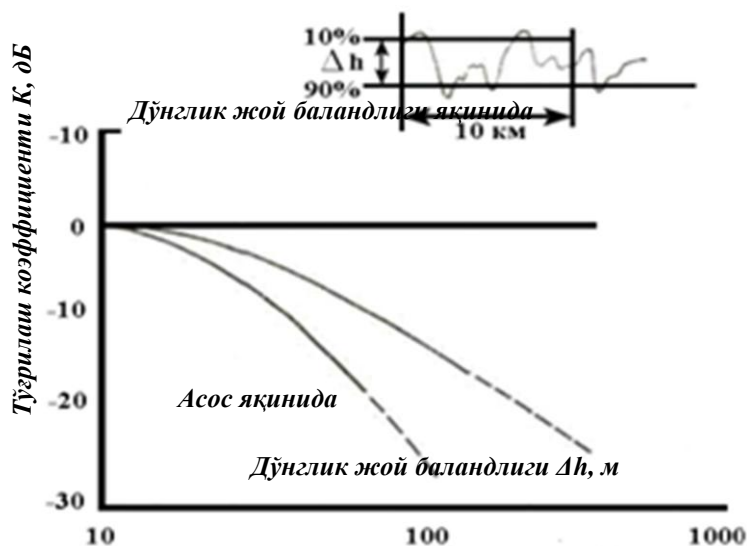
Ҳаракатдаги объектдаги антеннанинг осилиши баландлигининг таъсири. Кенг частоталар диапазонларида Окумура $h_2=3$ мда $h_2=1,5$ мга қараганда 3 дБга “баландликли кучайтириш коэффициенти” омилини ортишини кузатди. Айрим ҳолларда антеннанинг осилиши баландлиги 5 мдан ортганида бу омил частотага ва атроф-муҳитнинг хоссаларига боғлиқ бўлди. Узатиладиган сигналнинг 2000 МГц частоталарида бу омил ўртача октавага 14 дБга ортди, шу билан бир вақтда жуда катта шаҳар учун сифатда ва 1000 Мгцдан паст частоталарда бу омил $h_2>5$ мда октавага 4 дБдан ошмади.

Шаҳар олди зонаси ва очиқ жой учун тўғрилаш коэффициенти. Шаҳар олди зонасида бинолар одатда кичик баландликка эга ва уларда шаҳардагига қараганда кам тўсиқлар мавжуд. Шунинг учун кўзда тутиш мумкинки, бундай муҳитда радиосигналлар яхши тарқалади. Окумура

топдики, шаҳар олди ва шаҳар учун сигнал қуввати медиан қийматларининг кучсизланишлари орасидаги фарқ марказий станция антеннасининг осилиши баландлиги ёки антенналар орасидаги масофа ўзгарганида деярли ўзгармайди (шаҳар олди зонаси учун тўғрилаш коэффициенти). Шаҳар олдида радиотўлқинларнинг тарқалиши қандайдир жиҳатдан сигналнинг частотасига боғлиқ бўлади ва у оширилганида бирмунча яхшиланади.

Етарлича кам учрайдиган очик жойларда радиотўлқинларнинг тарқалиши учун шароитлар шаҳар олди ва шаҳардагига қараганда сезиларли яхши, бу одатда ўша антеннанинг осилиши баландликларида ва антенналар орасидаги масофаларда қабул қилинадиган сигналнинг қувватини 20 дБга ортишига олиб келади.

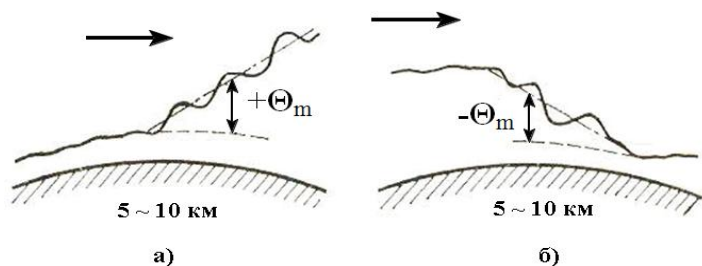
Жой рельефининг таъсири. Лонгли ва Райс ер сиртининг нотекислигини ҳисобга олишга имкон берадиган ҳисоблаш услубини тузишди. Ҳисоблаш учун бўртишларнинг Δh ўзгариши диапазонларини билиш зарур (2.2-расм). Дўнглик жой учун яқинлаштирилган ҳисоблаш боғлиқликлари квазисиллик шаҳар зонаси учун медиан кучсизланишнинг асосий боғлиқликлари учун тўғрилаш коэффициентларини топишга имкон беради. Бунда, агар ҳаракатдаги объект тўнглик баландлигини яқинида бўлиши маълум бўлса, у ҳолда 2.2-расмдаги тўғрилаш коэффициентини ҳисобга олмаслик мумкин. Бошқа томондан, агар объект дўнглик асосининг яқинида бўлса, у ҳолда сўниш ортади, буни 2.2-расмдаги пастки эгр чизик кўрсатади.



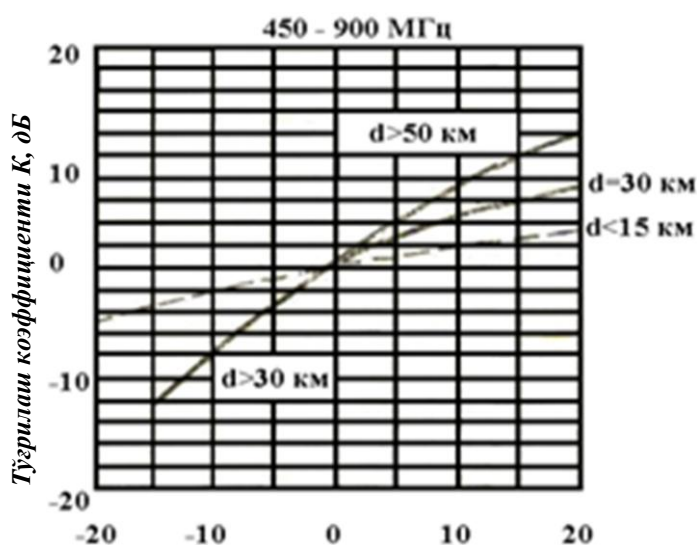
2.2-расм. Дўнглик жой учун яқинлаштирилган ҳисоблаш боғлиқликлари

Ер сиртининг ўртача баландлиги 5 км масофаларга секин ўзгарадиган холларда ер сиртига оғишга (жойнинг тоғлиқлиги) тўлдириш коэффиценти ишлатилиши мумкин. Ўртача оғиш бурчаги Θ_m миллирадианларда 2.3-расмда кўрсатилганидек аниқланади.

Антенналар орасидаги турли r масофалардаги Θ_m ўртача оғиш бурчагига K_3 жой оғишига тўғрилаш коэффицентининг боғлиқлиги 2.4-рамда келтирилган.



2.3-расм. Θ_m ўртача оғиш бурчагини миллирадианларда аниқлаш



Ўртача оғиш бурчаги Θ_m , мрад

2.4-расм. K_3 жой оғишига тўғрилаш коэффициентининг боғлиқлиги

Одатда, агар радиотўлқинларни тарқалиши йўлидаузатиш ва қабуллаш антенналари орасида кенг сув тўсиқлари учраса, қабул қилинадиган сигналнинг қуввати фақат куруқликда тарқалишдагига қараганда юқори бўлади. Сигнал қувватининг ўзгариши антенналар орасидаги масофага ва сув ҳаракатдаги объектдаги қабуллагичга ёки марказий станциядаги узаткичга яқин бўлишига ёки улар орасидаги қандайдир ўртада ётганлигига боғлиқ бўлади. В қиймат радиосигнал сув устидан ўтган йўли қисмини антенналар орасидаги бутун йўлга нисбати сифатида аниқланади. “Куруқлик-денгиз-куруқлик” туридаги тўсиқлар учун K_3 тўғрилаш коэффициентини 2.5-расмдаги эгри чизиқлар бўйича аниқлаш мумкин. Экспериментал аниқланганки, агар радиосигнал йўлининг охириг оралиғи сув устидан ўтса, у ҳолда сигналнинг қуввати одатда бу йўлнинг охириг қисми куруқлик устидан ўтгандалигига қараганда 3 дБга юқори бўлади.

Қабуллаш нуқтасидаги майдон кучланганлигини аниқлаш. Шаҳар шароитларида ҳаракатдаги ёки стационар объект антеннаси қабул қиладиган сигнал қувватининг медиан қийматини ҳисоблаш учун барча ташкил этувчилари децибелларда келтирилган қуйидаги ифададан фойдаланиш мумкин:

$$P_2 = 10 \cdot \lg P_0 - L_n,$$

бу ерда P_0 – эркин фазода қабул қилинадиган сигнал қуввати, мВт;

L_n – қуйидаги формула бўйича аниқланадиган дБдаги йўқотишлар

қиймати

$$L_n = A_m(r, f) - H_1(h_1, r) - H_2(h_2, f) - K_1 - K_2 - K_3 - K_4, \text{ дБ}$$

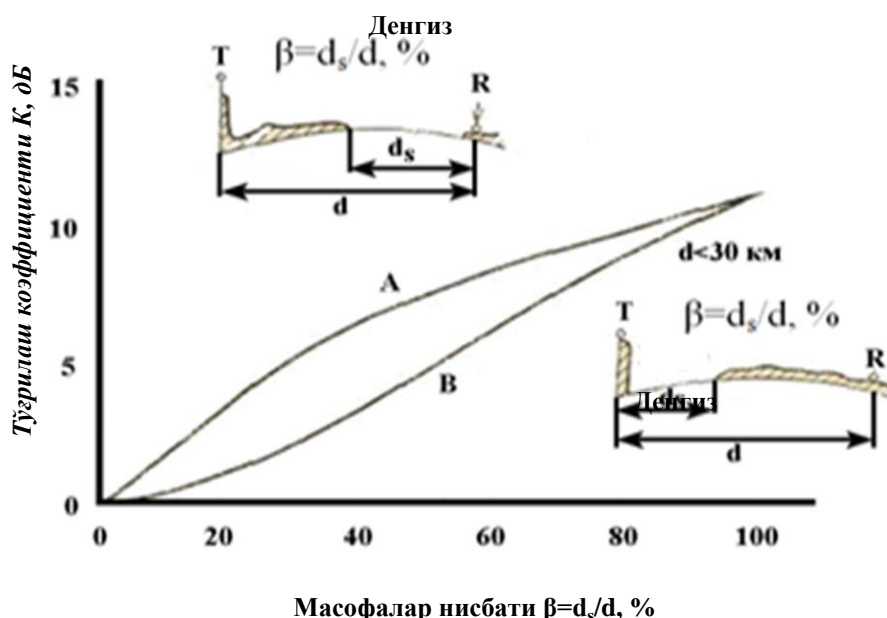
бу ерда $A_m(r, f)$ – 2.3-графикдан аниқланадиган эркин фазодагига нисбатан шаҳардаги кучсизланиш;

$H_1(h_1, r)$ - 2.4-графикдан аниқланадиган узатиш антеннасининг баландликли кучайтириш коэффициенти, дБ;

$H_2(h_2, f)$ – 2.5-графикдан аниқланадиган қабуллаш антеннасининг баландликли кучайтириш коэффициенти, дБ;

K_1 – 2.6-графиклардан аниқланадиган шаҳар олди ва очик майдонлар учун тўлдириш коэффициенти, дБ;

K_2, K_3, K_4 – 2.2, 2.4 ва 2.5-графиклардан аниқланадиган мос равишда дўнглик жой учун, жойнинг оғиши ва “куруклик-суб-куруклик” тўсиқларини ҳисобга олиш учун тўғрилаш коэффициентлари.



2.5-расм. K_3 тўғрилаш коэффициентини аниқлаш

Шаҳар кичик даҳаларида ва шаҳар олдида майдон сатҳини ҳисоблаш учун ПКдан фойдаланилганида 150... 1500 МГц частоталар диапазонида узатиш антеннасининг 30...200 м осилиши баландлиги, қабуллаш антеннасининг 1...10 м осилиши баландлиги ва 1...20 км масофалар учун Хата (Hata) услубидан фойдаланиш мумкин. У учун L_n қуйидагига тенг бўлади:

$$L_n = 69.55 + 26.16 \lg f - 13.82 \lg h_1 - a(h_2) + (44.9 - 6.55 \lg h_1) \lg r, \text{ дБ}$$

бу ерда f – узаткич частотаси, МГц.
катта шаҳар учун:

$$f \leq 200 \text{ МГцда, } a(h_2) = 8.29 (\lg 1.54 h_2)^2 - 1.1, \text{ дБ;}$$

$$f \geq 200 \text{ МГцда, } a(h_2) = 3.20 (\lg 11.75 h_2)^2 - 4.97, \text{ дБ;}$$

Унча катта шаҳар учун

$$a(h_2) = (1.1 \lg f - 0.7) - (1.56 \lg f - 0.8), \text{ дБ.}$$

Шаҳар олдида E қиймат $[\lg(f/28)]^2 + 2.7$, дБга ортади, очик жойларда $2.39(\lg f)^2 - 9.16 \lg f + 20.47$, дБга катта бўлади.

Юқорида келтирилган услуб шаҳарнинг кичик даҳаларида майдонни аниқлаш учун энг яхши тўғри келади. Ихтиёри йўналтирилганликли кўчада (фақат радиалдан ташқари) майдон кучланганлигини ҳисоблаш учун қуйидаги формуладан фойдаланиш мумкин:

$$E = 0.1591 \cdot E_0 \sqrt{\lambda \cdot \left[1 + (2w - b) / L_c \right]} \left[H_3 - h_2 \right] \sqrt{\sin \Phi}, \text{ мкВ/м}$$

бу ерда b – бино деворидан қабуллаш антенна сизгача масофа, м;

E_0 – эркин фазодаги электр майдон кучланганлиги;

H_3 – шаҳар қурилиши баландлиги, м;

L_c – бино деворларидан қайтиш ҳисобига йўқотишлар қиймати;

w – кўчанинг кенглиги, м;

Φ – кўча йўналиши ва қабул қилиш нуқтасига йўналиш орасидаги

бурчак.

Радиал кўча ҳолатида унинг w кенглиги Френель биринчи зонаси ўлчамларидан катта бўлганида, майдон кучланганлигини қуйидаги формула бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$E = E_0 \sqrt{1 + 2R \cos \left[\Theta + 4\pi h_1 h_2 / (\lambda r) \right] + R^2}$$

бу ерда R ва Θ – ер сиртидан қайтишда мос равишда қайтиш коэффициенти модули ва фазанинг йўқотилиши бурчаги. Радиал кўчанинг Френель биринчи зонаси ўлчамларидан кичик бўлган кенглигида қуйидаги ифода тавсия этилади:

$$E = 0.07 \cdot w \cdot h_1^{1.5} \cdot h_2 \cdot \sqrt{P_1 \cdot G_1} / [c^{1.5} \cdot (H_3 - h_2) \cdot r^{5/3}] \text{ мВ/м}$$

бу ерда P_1 – антенна киришидаги кувват, кВт;
 G_1 – антеннанинг кучайтириш коэффициентини;
 r – антенналар орасидаги масофа, км.

Назорат саволлари

1. Электромагнит тўлқинларни тарқалишининг ўзига хос хусусиятлари нималардан иборат?
2. Кўп нурли сигналнинг қандай шаклланишини тушунтиринг.
3. Шаҳар шароитларида микротўлқинли тўлқинларни тарқалишининг ўзига хос хусусиятларини тушунтиринг.
4. Сигналнинг поляризация харақтеристикаларини келтиринг.
5. Сигнал сатҳининг қандай флуқтуацияланишини тушунтиринг ва майдон тақсимотининг статик харақтеристикаларини келтиринг.
6. Қабуллаш нуқтасидаги майдон кучланганлигининг сатҳини ҳисоблаш қандай амалга оширилади.

Сотали алоқа концепцияси. Мобил алоқа глобал тизими (GSM)

3-майруза

Сотали алоқа концепцияси

Сотал алоқани қуриш принциплари

GSM стандарти рақамли ҲАСТ

GSM стандарти нинг функционал схемаси ва қурилмалари таркиби

Сотали алоқа концепцияси

Уларга эҳтиёж йилдан-йилга ортиб бораётган ҳаракатдаги объектлар билан радиоалоқа тизимлари қуйидагича тарзда шартли бўлинади:

- персонал радиочақирув тизимлари (Paging Systems);
- ҳаракатдаги радиоалоқа профессионал (хусусий) тизимлари (PMR, PAMR);
- ҳаракатдаги радиоалоқа сотали тизимлари (ҲСАТ - Cellular Radio Systems);
- симсз телефонлар тизимлари (Cordless Telephony);
- ЕСЙдан фойдаланиладиган персонал алоқа тизимлари.

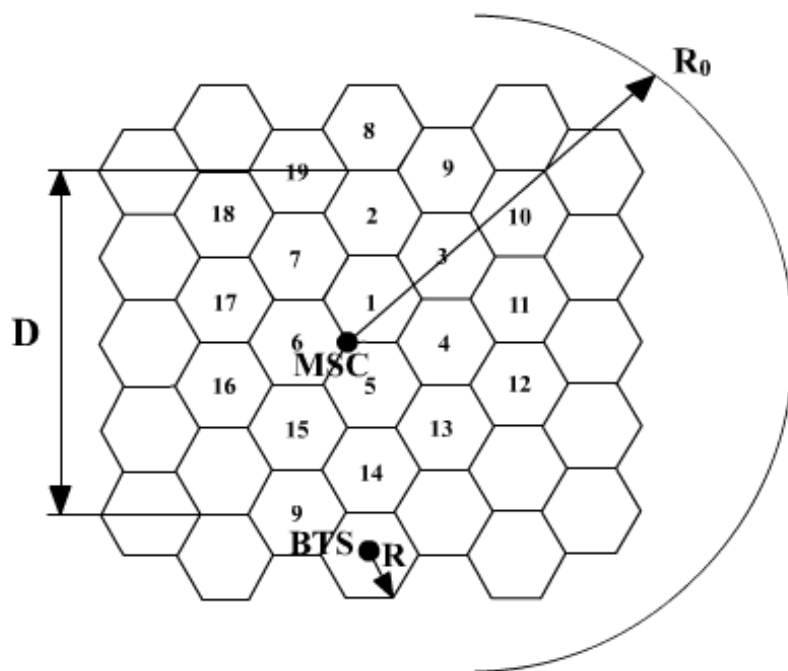
Персонал мобил алоқанинг биринчи тизимларидан бири деб "Мультитон" персонал чақирув тизимини ҳисоблаш мумкин. Бу тизимда диспетчер персонал радиоқабуллагич бўйича ходимни чақиради. Акустик чақирувни олиши бўйича ходим стационар телефонни топади ва диспетчерга кўнғироқ қилади.

Сервиснинг навбатдаги даражасида ходим нафақат чақирувни олади, балки индивидуал қабуллагич дисплейида чақирувчи абонентнинг номерини кўради, лекин у билан фақат стационар телефон орқали боғланиши мумкин (Paging Systems).

Бундай тизимнинг олий даражаси индивидуал радиотелефондан тизимнинг ичида сўлашувларни олиб боришга ва умумий телефон тармоғига диспетчер орқали чиқишга мқон беради. Бундай тизимлар (PMR, PAMR) билан корхоналар, шифохоналар, саноат комплекслари ва бошқалар жиҳозланади. PMR деганда абонентлар радио қамраб олиш зоналари чегараларини кесиб ўтганида алоқанинг узлуксизлигини таъминламайдиган, автоматик роумингга эга бўлмаган ва бошқа тизимлар абонентларига мавжуд алоқа хизматларининг бир хил тўпламини, шу жумладан тўлов масалаларини кафолатламайдиган хусусий радиоалоқа тизимлари тушунилади. PAMR PMRдан фарқли равишда умумий фойдаланишдаги телефон тармоқлари абонентлари билан ҳаракатдаги абонентларнинг боғланишини таъминлайди.

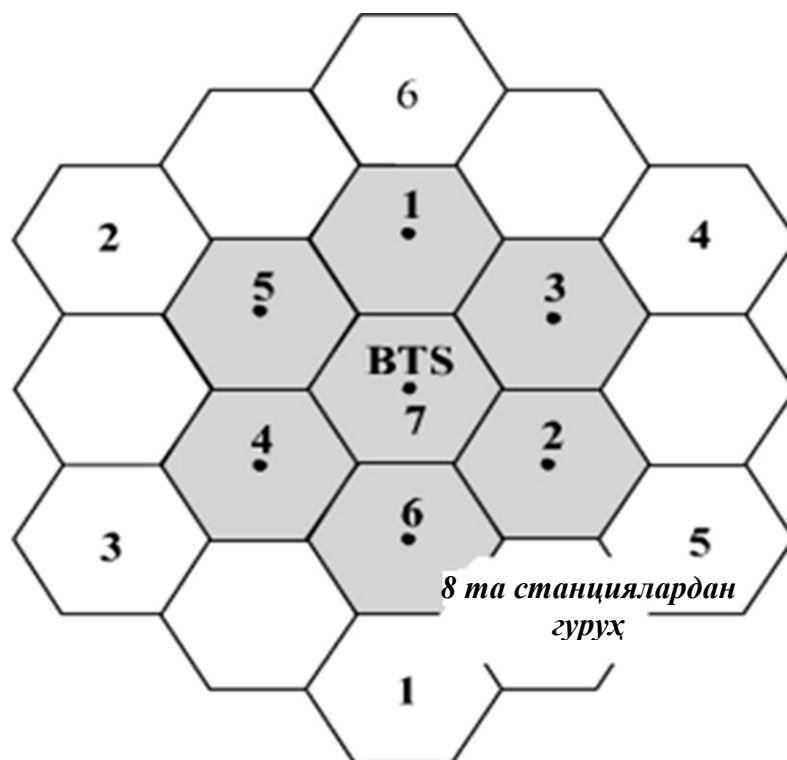
Ҳаракатдаги тизимларни лойиҳалаштиришдаги асосий кучлар радиотелефон хабарларини қабуллашнинг юқори ҳалақитбардошлигини таъминлашга қаратилди, шунинг учун бу йўналишда маълум ютуқларга эришилди, улар ҳаракатдаги алоқани қабул қилинадиган маълумотлар сифати бўйича симли телефон алоқаси даражасига яқинлаштирди. Бу шунга олиб келдики, ҳаракатдаги радиоалоқага ажратилган частоталар ресурси радиоабонентларнинг оммавий оқиб келиши туфайли тугатилишига олиб келди, бу ишлаб чиқувчиларни юқори ўтказиш қобилиятили тизимларн яратиш ва ажратилган частоталар спектридан самарадор фойдаланиш соҳасида жада тадқиқотларни олиб боришга ундади. Бунда принципал янги қуриш тузилмасига ва алоқани ташкил этилишига эга бўлган, айнан, кўплаб базавий станцияларлар (BTS) ягона тармоққа боғланадиган ҳаракатдаги алоқа сотали тизимлари (ҲАСТ) энг истиқболли тан олинган. Ҳаракатланиш жараёнида абонентлар станцияси (MS) битта BTSдан бошқасига, унинг командалари бўйича автоматик қайта уланиш билан “эстафетали узатилади”, бу алоқанинг узлуксизлигини таъминлайди. ҲАСТда ажратилган частоталар каналлари бир-бирларидан ҳимоя масофасига сурилган ячейкалардаги абонентлар орқали кўп қаррали ишлатилади. Бундай қуриш принципида актив частоталар каналлари сони ортади, бу юқори ўтказиш қобилиятини ва частоталар спектридан самаралироқ фойдаланишни таъминлайди (Cellular Radio Systems).

ҲСАТни қуриш принциплари ва частотавий режалаштириш. ҲСАТни қуриш принципларига мувофиқ, R_0 радиусли хизмат кўрсатиш ҳудуди R радиусли айланаларга эга бўлган ячейкаларга шартли бўлинади. Ячейканинг идеал шакли айлана, лекин майдонлар ва ўзаро таъсирларни ҳисоблаш оддий бўлиши учун асосга тўғри олти бурчаклик олинган. Реал жиҳатдан ячейка жойнинг рельефи, қурилишлар ва бошқа омилларнинг таъсири туфайли нотўғри айлана шаклига эга бўлади (3.1-расм).



3.1-расм. ҲСАТ хизмат кўрсатиш ҳудуди

Ячейкаларда бўлган ҳаракатдаги абонентларга BTSлар хизмат кўрсатади, улар ҳар бир MSга ундан чақирув келганида бўш частоталар каналини тақдим этади. Барча BTSлар коммутацион тизим ёрдамида бир-бирлари билан уланиши мумкин, шунингдек оддий ТЛФ тармоққа чиқишга эга бўлади. Коммутацион тизим MC кўринишида жамланган ёки тақсимланган бўлиши мумкин, бу бундай хизмат кўрсатиш турига дастлабки ҳаражатларни камайтиришга имкон беради. Тақсимланган ҳолда коммутациялаш тугунлари BTSга ўрнатилади. Қабуллаш-узатиш қурилмалари билан жиҳозланган ҳар бир BTS орқали частоталар каналлари тўплами берилади, бинобарин, D ҳимоя интервали билан ажратилган ҳар бир BTSларда ўша бир каналлар такроран ишлатилади, бу ҲСАТнинг асосий принципи бўлиб, у тизимнинг юқори частотавий самарадорлигини аниқлайди. Турли частоталар каналларини ишлатадиган ёнма-ён BTSлар C станциялардан гуруҳни ҳосил қилади (8.2-расм).



3.2-расм. Ёнма-ён станциялар гуруҳи

С қиймат тизимнинг частотавий параметри (кластери) ҳисобланади ва ҲСАТнинг бўлиши мумкин каналлари сонини аниқлайди. Агар ҳар бир BTS тўплам F_k посалар кенглиги каналлардан ташкил топса, у ҳолда ҲСАТ узатиш йўналишидаги полосанинг умумий кенглиги $F_c = F_k \cdot C$ ни ташкил этади. R_0 радиусли хизмат кўрсатиш ҳудудидаги BTSлар сони (L) яқинлаштирилган куйидагича аниқланади

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

у ҳолда бутун хизмат кўрсатиш ҳудудидаги актив абонентлар сони $N = L \cdot I$ орқали, частоталар спектридан фойдаланиш самарадорлиги эса куйидагича аниқланади:

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

яъни у 1-тўпламдаги каналлар сонига боғлиқ бўлмайди ва ячейканинг R радиуси камайиши билан ортади. Бу ердан келиб чиқадики, ячейканинг R радиуси қанчалик кам бўлса, шунчалик частоталарни тез-тез такрорлаш, яъни улардан бир вақтда фойдаланиш мумкин бўлади. Бундан ташқари, C частота параметрининг кичикроқ қийматини танлаш керак бўлади.

Олтибурчакли ячейкалар шаклида C қиймат ва D ҳимоя интервали (такрорланадиган частоталарли ячейкалар орасидаги интервал) орасидаги оптимал нисбат ўз ўрнига эга бўлади:

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

Бундан ташқари, олтибурчакли ячейкалар шакли MS узаткичи чекланган кувватили ва частоталар каналларини тақсимланишини тизимлаштириш имконияти тизимда доиравий зонани энг яхши аппроксимацияланишини таъминлайди.

Кўриб чиқилган худудни икки ўлчамли қамраб олиш схемаси ячейкаларнинг битта узун занжир бўйлаб чизиқли жойлашиши схемасидан бир қанча фарқ қилади. Чизиқли жойлашиш радиал йўналишдаги тизимларини, масалан, автомагистраллар бўйлаб қуришда энг катта қизиқишни уйхотади. Бунда частоталар каналларининг минимал зарур сони $C = D/2R$ каби аниқланади.

Ишлатиш тажрибаси ва ҳисоблашлар кўрсатдики, ХСАТда R ва D/R нисбатни камайтириш юқори ўтказиш қобилияти ва частотавий самарадорликка эришишга имкон беради. Лекин, ячейка радиусини ўта камайтириш абонентлар ҳаракатланганида ячейкаларнинг шартли чегараларини кесиб ўтишлар сонин кескин ортишини келтириб чиқаради. Шунга кўра, қайта тиклашни талаб қиладиган маълумотлар оқими ортади, бу бошқариш ва коммутациялаш нимтизимларининг ўта юкланишига ва натижада тизимнинг рад этишига олиб келиши мумкин. Бундан ташқари, R нинг кичик қийматларида реал жой шароитларида BTS антеннасининг аниқ

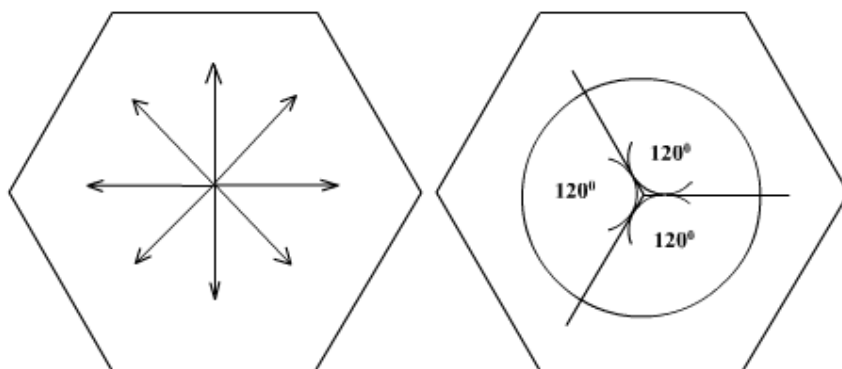
жойлашишидан оғишлари ўз ўрнига эга. Ҳисоблашлар кўрсатадики, $R = 1,6$ кмда BTS антеннасининг геометрик марказга нисбатан чорак радиусга сурилиши BTS қабуллагичи киришидаги сигнал/шовқин нисбатини 10 %га камайишига олиб келади.

D/R қиймат ўзаро ҳалақитларнинг берилган сатҳи орқали аниқланади, D/R нинг кичик қийматларида қабуллашнинг юқори ҳалақитбардошлигини сақлашга йўналтирилган махсус чораларн кўриш талаб қилинади.

Ҳалақитбардош қабуллашни ошириш усулларида бири йўналтирилган антенналардан фойдаланиш ҳисобланади. Масалан, AMPS (АҚШ) тизимида қабуллагич киришидаги берилган сигнал/шовқин нисбатида йўналтирилмаган антенналар ўрнига учта 120° ли антенналарнинг қўлланилиши (2.3-расм) частота параметрини $C = 7$ гача камайтиришга (йўналтирилмаган антенналар учун $C = 12$) имкон беради.

Каналларн тақсимлаш усулларида бири иккиланган тузилма усули ҳисобланад. Бу усулнинг энг оддий қоидасига мувофиқ, BTSга $k, k + 1, k + C$ номерларга эга бўлган каналлар тўплам ажратилади, бу ерда k – турли тўпламларни ишлатадиган станциялар гуруҳидаги BTSнинг номери, яъни $k = 1, 2 \dots C$. Масалан, 3 рақами билан белгиланган ячейкаларда $k = 7$ да 3,10,17,24 ... ва ҳ.к. каналлар ишлатилади.

Йўналтирилган антенналарли тизимда символларо ҳалақитларни сўндириш ёнма-ён каналлар антенналарининг мос фазовий йўналтириш ҳисобига янада самарали бўлади.



2.3-расм. AMPS тизимидаги антенналар

Бундай частотавий режалаштиришнинг (қайд этилган) бошқа усуллари смволлараро ҳалақитлар даражасин таъминлаш бўйича тахминан ўша натижани беради.

Частоталар каналларини қайд этилган тақсимлаш усулидан ташқари, динамик тақсимлаш усули маълум, унинг асосий вазифаси каналлардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш ва бу ячейканинг барча каналлари банд бўлганида чақирувни блокировкаканиши эҳтимоллигини камайтириш ҳисобланади. Бунда барча каналлари банд бўлган BTSларга алоқа сеанси вақтига қўшни ячейкалардан каналлар тақдим этилади.

Шунингдек каналларни тақсимлашнинг аралаш усуллари ҳам ишлатиш мумкин. Бундай тизимларда ҳар бир BTSга қайд этилган каналлар сони, шунингдек бир қанча динамик тақсимланган каналлар ажратилади. Бундай куришда чақирувни блокировкаканиши эҳтимоллиги ҳам мавжуд битта каналга юкламага, ҳам қайд этилган ва динамик каналлар сонлари орасидаги танланган нисбатга боғлиқ бўлади.

Динамик ва аралаш тақсимлашнинг муҳим авзаллиги улар битта каналга телефон юкламасини, агар унинг зичлиги ўзгармас бўлмаса, тенглаштиришни амалга оширишга имкон бериши ҳисобланади. Қайд этилган тақимлашда бунга ячейканинг радиусини камайтириш, шунингдек юқори трафикли жойларда BTSга каналлар сонини ошириш йўли билан эришилади. Бундай принцип бўйича тизимнинг дастлабки ишга туширилиши амалга оширилади, яъни дастлаб йирик ячейкаларли бир неча BTSлар киритилади, кейин эса сотали панжаранинг босқичма-босқич бўлиниши йўли билан тизим максимал ўтказиш қобилияти режимига ўтади.

ҲСАТни лойиҳалаштиришда нафақат частотавий режалаштриш ва каналларни тақсимлаш масалаларини ўрганиш, балки УҚТни шаҳар ва шаҳар олди зоналарини тарқалишин тадқиқ қилиш муҳим аҳамиятга эга. Кўп қаррали қайтиш (кўп нурлилиқ) мумкин бўлган шаҳар ва қишлоқ жойлари шароитларида УҚТнинг тарқалишини ўтказилган кўп сонли тадқиқотлари

кўрсатдики, радиотўлқинларнинг сўниши сезиларли тарзда фақат BTS антеннасининг h баландлигига боғлиқ бўлади ва унинг ортиши билан камаяди. Бундан ташқари, сигналнинг қуввати антенналар орасидаги масофага боғлиқ равишда деярли бир хил ўзгаради.

ҲСАТга, бир томондан аралаш каналларли ячейкаларнинг ўзаро ҳалақатлари, бошқа томонда каналлараро ҳалақитларнинг мавжудлиги билан шартланадиган ички тизимли ҳалақитлар ҳам хусусиятл ҳисобланади. Ўзаро ҳалақитлар сатҳи C ва D тармоқларнинг танланган параметрлари орқали аниқланади, улар берилган ўтказиш қобилияти ва ажратлган частоталар полсасида ҳалақит қилувчи станциялар сонин аниқлашга имкон беради. Агар умумий BTSлар сони катта бўлмаса, яъни $L \ll C$ қийматдан сезиларли ортиқ бўлади, у ҳолда тизимда бир ёки бир неча ҳалақит қилувчи станциялар бўлиши мумкин.

Ички тизимли ҳалақитларни ҳисоблашнинг турли услублари мавжуд. Улар бўйича ҳисоблаш натижалари тахминан бир хил. Бундай ҳисоблашларни таҳлил қилиш кўрсатдики, ҳалақитбардошликни ошириш ва спектрдан янада самарадор фойдаланиш учун BTSга йўналтирилган 120° - антенналарнинг ўрнатилиши мақсадга мувофиқ бўлади. Бу ҳолда ҳар бир BTS олти бурчакли ячейканинг бурчакларидан бирига жойлаштириладиган ва шундай тарзда бир вақтда учта ячейкани қамраб оладиган уч секторли антеннага эга. Ҳар бир ячейкага учта BTSлардан учта секторлар тўғри келади, у ҳолда BTSларнинг умумий сони тизимнинг ячейкалари сонига тенг бўлади. MS олти бурчакли ячейканинг бурчакларидан бирига жойлашадиган ёмон ҳол учун $C = 1$ да, қабуллагич киришидаги сигнал/ҳалақит нисбати 1,7 дБ қийматгача ортади. Умумий ҳолда кўринадики, йўналтирилган нурланиш ҲСАТда ўзаро ҳалақитлар дааражасни камайтиришнинг самарали чораси ҳисобланади.

Мавжуд соталар тузилмалари ва частоталардан такроран фойдаланиш схемалари ҳаракатдаг абонентнинг жойлашиш ўрни олдиндан билинмаслиги шартда ишлаб чиқилган. Ҳозирги вақтда ўз йўналтирилганлик диаграммаларини сигналлар процессорларининг командалари бўйича

нурланиш манбаига автоматик қайта созлайдиган интеллектуал антенналар тизимларига асосланган ҳаракатдаги алоқанинг янги йўналиш ривожланмоқда. Ҳозирги вақтда нурларни коммутациялаш ва йўналтирилганлик диаграммаларини мослаштиришга асосланган интеллектуал антенналар тизимларини қуришнинг иккита усули ривожланмоқда. Ҳар иккала усуллар абаонтлар станциясига йўналишда антеннанинг кучайтириш коэффициентини оширишга асосланган, бинобарин, фақат адаптив (мослаштириладиган) антенналар максимал кучайтириш коэффициенти ва канал ҳалақитларининг минимал даражасини таъминлайди.

Интеллектуал антенналар тизимлари фазавий ва амплитудавий анализаторлар билан электрон схема орқали боғланган бир неча антенналардан ташкил топган. Антеннанинг турли элементларига келадиган қабул қилинган сигналларни таҳлил қилиш натижасида оптимал қабул қилиш йўналиши ҳисобланади. Сигналлар процессори реал вақт кўламида нурланиш манбаига антеннанинг йиғинди йўналтирилганлик диаграммасини қабул қилинган сигналнинг частотаси ва айрим бошқа параметрларни ҳисобга олиш билан шакллантиради.

Интеллектуал антенналар тизимларининг амалий ишлатилиши GSM, DECT ва бошқа стартларга боғлиқ бўлмаган ҳолда сотали алоқа учун жуда истиқболли ҳисобланади. Уларнинг амалда қўлланилиши юклама ортганида соталарнинг ўлчамларини камайтирилишини талаб қилмайди. Сотали алоқа тармоғининг сиғимини ошириш, бу ҳолда янги аппаратлар воситалари ва мос дастурий таъминотни жорий этилиши билан таъминланиш мумкин. Бундай усуллардан бири тармоқларнинг микросотали тузилмасига ўтиш ҳисобланади.

GSM стандарти рақамли ҲСАТлари. 1980 йидаги СЕРТ тавсиясига мувофиқ, GSM стандартидаги ҳаракатдаги алоқа учун 862 - 960 МГц диапазондаги частоталар спектри ажратилган. Бинобарин, ҳаракатдаги алоқа узаткичлари учун 890 - 915 МГц ва базавий станциялар узаткичлари учун 935 - 960 МГц частоталар спектри ажратилган. GSM стандартида тор полосали

тор полосали ВАКСУ (МДВР, NB TDMA) ишлатилади. Кадрнинг тузилмасида 124 та ташувчилардан ҳар бирида 8 тадан ҳолатлар мавжуд. Ахборот пакетини узатилишининг ҳалақитбардошлигини ошириш учун оралатишли блокли ва ўрама кодлаш қўлланилади. Ҳаракатдаги станцияларнинг паст тезликда ҳаракатланишида кодлаш ва оралатишнинг самарадорлиги алоқа сеанси жараёнида секундиган 217 сакрашлар тезлигида ишчи частоталарни (SFH) секин қайта уланиши билан ортади. Шаҳар шароитларида қабул қилинадиган сигналларнинг интерференцион сўнишларига олиб келадиган радиотўлқинларнинг кўп нурли тарқалиши ўз ўрнига эга бўлади. Бу ҳодиса билан курашиш учун 16 мксгача кечикиш вақтини ўртача квадратик оғишили импульсли сигналларни тенглайдиган эквалайзерлар ишлатилади. Ишлатиладиган синхронлаштириш схемаси 233 мксгача сигналн кечкшининг абсолют вақтини компенсациялашга имкон беради, бу 35 кмга тенг соанинг максимал радиусига мос келади. GSM стандартида минимал частотавий суришли гаусс частотавий манипуляциялаш (GMSK) ишлатилади. Сўзлашув сигналини қайта ишлаш нутқни узилишли узатиш (DTX) йўли билан амалга оширилади, бунда узаткич фақат сигнал бўлганида ёқилади, паузаларда ва сўзлашувнинг охирида узаткич ўчади. Бунинг учун мунтазам мпульсли қўзғатишли, узок муддатли олдиндан айтишли ва олдиндан айтишли чизиқли кесимли кодлашли нутқ кодекси(RPE/LTR -LTR - кодек) ишлатилади. Нутқ сигналини умумий ўзгартириш тезлиги 13 кбит/снн ташкил этади. Алоқанинг яширинлигини таъминлаш учун GSM стандартида очиқ калитли алгоритм (RSA) бўйича шифрлаш қўлланилади. Умумий ҳолда GSM стандарти фойдаланувчиларга умумий фойдаланишдаги телефон тармоғига (PSTN), малумотларн узатиш тармоқларига (PDN) ва хизматлар интеграцияланадиган рақамли тармоқларга (ISDN) уланган енг хизматлар дипазонини тақдим этадиган тармоқни куришга имкон беради. GSM стандартининг асосий характеристикалари 2.1-жадвалда келтирилган.

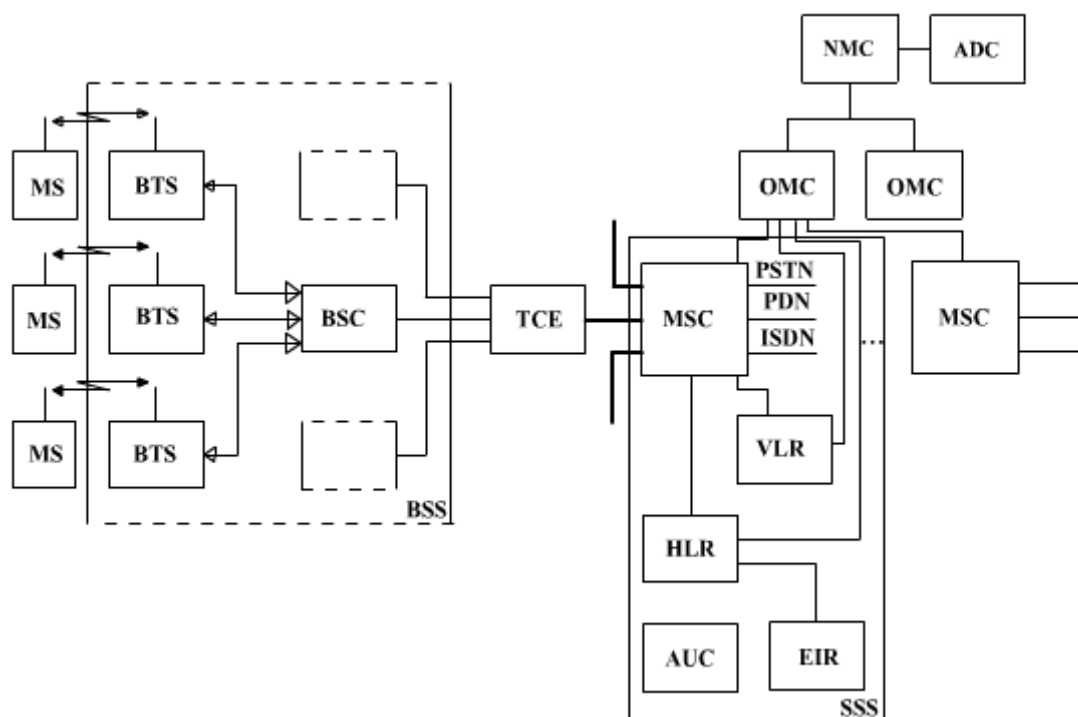
2.1-жадвал. GSM стандартининг асосий характеристикалари

| | |
|---|----------------------------|
| Ҳаракатдаги станциянинг узатиш частотаси ва базавий станциянинг қабуллаш частотаси, МГц | 890 - 915 |
| Ҳаракатдаги станциянинг қабуллаш частотаси ва базавий станциянинг узатиш частотаси, МГц | 935 - 960 |
| Қабуллаш ва узатиш частоталарининг дуплекс ажратилиши, МГц | 45 |
| Радиоканалда маълумотларни узатиш тезлиги, кбит/с | 270, 883 |
| Нутқ кодекининг ўзгартириш тезлиги, кбит/с | 13 |
| Алоқа канали полосасининг кенглиги, кГц | 200 |
| Алоқа каналларининг максимал сони | 124 |
| Базавий станцияда ташкил этиладиган каналларнинг максимал сони | 16 - 20 |
| Модуляциялаш тури | GMSK |
| Модуляциялаш индекси | BT 0,3 |
| Модуляциялашдан олдинги гаусс фильтри полосасининг кенглиги, кГц | 81,2 |
| Частота бўйича секундига сакрашлар сони | 217 |
| Ҳаракатдаги алоқа учун TDMA кадр (узатиш/қабуллаш) интервалларида вақт бўйича ажратиш | 2 |
| Нутқ кодекининг тури | RPE/LTR |
| Сотанинг максимал радиуси, км | до 35 |
| Каналларни ташкил этиш схемаси | Комбинацияланган TDMA/FDMA |

GSM стандартининг функционал схемаси ва қурилмалари таркиби 2.4-расмда келтирилган.

Бу ерда MSC (Mobile Ststion) – ҳаракатдаги алоқа коммутациялаш марказ, BSS (Base Station System) – базавий станция қурилмалари, OMC (Operations and Maintenance Centre) - MS (Mobile Stations) ҳаракатдаги станцияларни бошқариш ва уларга хизмат кўрсатиш маркази.

Тизим элементларини мослаштириш учун МККТТ № 7 сигнализация тизимига мувофиқ ўзаро таъсирлашишадиган бир неча интерфейслар мавжуд. Соталар гуруҳига хизмат кўрсатадиган MSC, ISDN коммутациялаш марказига ўхшаш ва қайд этилган тармоқлар ва ҳаракатдаги алоқа орасида интерфейс ҳисобланади. Бундан ташқари, у чакирувларни маршрутлаштиришни таъминлайди ва чакирувларни бошқариш функциясини бажаради, шунингдек MS бир сотадан бошқасига ўтганида ҳалақитлар ёки яроқсизликлар пайдо бўлганида ишчи каналлар қайта уланадиган уни “эстафетали узатилишини” амалга оширади.



2.4-расм. GSM стандартида қабул қилинган функционал схема

MS функциясига тармоқнинг ишлашини назорат қилиш ва оптималлаштириш учун зарур бўладиган статистик маълумотларни тўплаш ҳам, шунингдек ҳисоблаш марказига (биллинг-марказ) юбориладиган ҳисобларни бериш учун маълумотларни шакллантиради, тармоққа рухсат этилмаган уланишни таъқиқлаш функциясини бажаради. MSC шунингдек MSнинг жойлашиши ўрнини рўйхатдан ўтиш ва базавий станциялар нимтизимида (BSS) бошқаришни узатилишидан ташқари, бошқариш узатилиши процедураларини бошқаради. Чақирувни узатиш боғланишни сақлашга ёрдам беради ва ҳаракатдаги станция битта хизмат кўрсатиш зонасидан бошқасига ўтганида сўзлашувни олиб борилишини таъминлайди. Соталарда чақирувни узатилишини BSC амалга оширади, агар чақирув BSCга тенг иккита бошқариш тармоқлари орасида амалга оширилса, у ҳолда бирламчи бошқаришни MSC амалга оширади. Бундан ташқари, турли ларга кирадиган тармоқлар орасида чақирувни узатилиши бўлиш мумкин.

MSнинг ҳаракатланишини кузатиб бориш учун коммутациялаш марказида HLR ҳолат ва VLR ҳаракатланиш регистрлари кўзда тутилган. HLRда коммутациялаш маркази станция чақирувини етказиши мумкин бўлган MSнинг жойлашиш ўрни маълумотлари ўша қисми, шунингдек ҳаракатдаги абонентнинг халқаро идентификацион номери (IMSI) сақланади. Шу номер бўйича аутентификациялаш марказида (AUC) MS танилади. Умумий ҳолда HLR тармоқнинг доимий абонентлари маълумотлар омбори ҳисобланади. Унда абонентларнинг таниш номерлар ва манзиллари, ҳақиқийлиги параметрлари, алоқа хизматлари таркиби, шунингдек маршрутлаштириш ҳақида махсус маълумотлар мавжуд бўлади. Абонентнинг роуминги ҳақидаги маълумотлар, шунингдек мос VLRда ҳаракатдаги абонентнинг вақтинчалик идентификацион номери (TMSI) рўйхатга олинади

HLRдаги маълумотларга барча MSCлар ва абонентларнинг тармоқлараро роумингини таъминлаш учун бу тармоқ ва бошқа тармоқлар VLRлари масофадан уланишга эга. Агар тармоқда бир неча HLRлар бўлса, абонент ҳақидаги ёзув фақат бир марта қилинади ва бу ерда ҳар бир HLR умумий

маълумотлар омборининг қисми ҳисобланади. HLRда сақланадиган маълумотларга уланиш учун IMSI ёки MSISDN номерини (ISDN тармоғидаги ҳаракатдаги абонентнинг номер) билиш зарур.

VLR ҳаракатланиш регистри HLR назорат қиладиган зонадан ташқарида ҳаракатдаги станциянинг ишлашини таъминлайди. Бу BSC назорат қиладиган зонадан бошқа BSC назорат қиладиган зонага MSнинг ўтишида BSC ҳаракатдаги станцияни рўйхатга олади, VLRга эса станция чақируви етказиладиган алоқа соҳасининг номери ҳақидаги маълумотлар киритилади. VLRда ҳам HLRдаги каби маълумотлар ёзилади, лекин VLRдаги маълумотлар MS у назорат қиладиган зонада бўлгунча сақланади, кейин эса ўчирилади. HLR ва VLR хотира қурилмаларининг ишдан чиқишга ҳимоялашга эга.

GSM стандартида соталар мос идентификацион номерларли (LAC) гуруҳлаштирилади. VLRда бир неча LAларда бўлган абонентлар ҳақидаги маълумотлар мавжуд. MS битта LAdан бошқасига ўтганида унинг жойлашиш ўрни ҳақидаги маълумотлар VLRда автоматик янгиланади. Агар эски ва янги LA турли VLRлар бошқаруви остида бўлса, эски VLRдаги маълумотлар янги VLRга ёзилганидан кейин ўчирилади. Бунда MSнинг жорий манзили ҳақида HLRдаги ёзув ҳам янгиланади. VLR “сайёр” MSга (MSRN) ҳам номер тайинлайди. MS чақирувни қабул қилганида VLR унинг MSRN номерини ажратади ва яқиндаги базавий станцияга бириктириш учун MSCга узатади.

Боғланишлар битта MSCдан бошқасига ўтганида бошқаришни узатилиши номерларини тақсимланишини ҳам VLR амалга оширади. Бундан ташқари, VLR янги TMSIларни тақсимланишини бошқаради ва уларни HLRга узатади, шунингдек чақирувни қайта ишланиши вақтида ҳақиқийликни ўрнатилиши процедурасини бошқаради. TMSIни тармоққа ўзбошимча уланишни мураккаблаштириш учун даврий равишда алмаштириш мумкин. Умуман VLR бу зона MSлари учун локал маълумотлар омбори ҳисобланади ва унга уланиш IMSI, TMSI ёки MSPN орқали таъминланади. VLR HLRга доимий

сўровнинг олдини олади ва чақирувга хизмат кўрсатиш вақтини қисқартиради.

Рухсат этилмаган уланишдан тармоқни ҳимоялаш учун аутентификациялаш механизми – абонентнинг ҳақиқийлигини тасдиқлаш киритилади. Аутентификациялаш маркази (AUC) абонентнинг ваколлатини текширади ва у ва уни тармоққа уланишини амалга оширади, бир неча блоклардан ташкил топади ва AUC калитлари ва алгоритмларини шакллантиради. AUCнинг асосий блокларидан бири шифрлаш калитлари жамланган қурилмаларни идентификациялаш регистри (EIR - Equipment Identification Register) ҳисобланади.

Тармоқдан фойдаланиш жараёнида ҳар бир MS халқаро идентификацион номер (ISMI), ўз индивидуал аутентификациялаш калити (Ki) ва аутентификациялаш алгоритми кирадиган абонентнинг ҳақиқийлиги стандарт модулини (SIM) олади. SIMдаги маълумотлар MS ва тармоқ орасида маълумотларни алмашлаш жараёнида AUC тўлиқ циклини амалга оширади ва тармоққа уланишга рухсат этади.

Қурилмаларни идентификациялаш регистри (EIR) IMSIнинг ҳақиқийлигини тасдиқлаш учун марказлаштирилган маълумотлар омборига эга ва қуйилагича тарзда ташкил этилган номерлар рўйхатларидан иборат:

- “оқ рўйхат” – бу тармоққа кирадиган MS номерларига эга бўлади;
- “қора рўйхат” – ўғирланган ёки қандайдир сабабга кўра хизмат кўрсатилиши рад этилган MS номерларига эга;
- “кулранг рўйхат” – маълум муаммолар мавжуд, лекин қора рўйхата киритиш учун асос бўлмаган MS номерларига эга

EIRда сақланадиган маълумотларга бу тармоқ MSCи ва бошқа ҳаракатдаги тармоқлар MSCлари уланишга эга бўлади. Тармоқ бир неча EIRларга эга бўлиш мумкин, бунда ҳар бир EIR маълум IMSI гуруҳини бошқаради.

Ишлатиш ва техник хизмат кўрсатиш маркази (OMC) GSM тармоғининг марказий элементи ҳисобланади, тармоқнинг бошқа компонентларини назорат қилиниши ва бошқарилиши ва унинг ишлаш

сифатини назорат қилинишини таъминлайди. ОМСнинг GSM тармоғининг бошқа компонентлари билан боғланиши Х.25 протоколининг пакетли узатиш каналлари бўйича амалга оширилади.

Тармоқни бошқариш маркази (NMC) GSM тармоғини рационал иерархик бошқарилишини таъминлайди. Унинг функциясига худидий тармоқларни бошқарилишига жавоб берадиган ОМС марказлари орқали таъминланадиган бутун тармоқ даражасида ишлатиш ва техник хизмат кўрсатиш ҳам киради. NMCда бутун тармоқ бўйича ҳолат ҳақидаги маълумотлар жамланади ва у худудий маълумотларни ечиш стратегиясини згартириш бўйича кўрсатмаларни бериши мумкин.

BSS базавий станциянинг қурилмалари BSC базавий станция контроллери ва BTS қабуллаш-узатиш базавий станцияларидан ташкил топган. BSS бир неча қабуллаш-узатиш блокларини, шунингдек радиоканалларни тпқсимланиши, боғланишлар контроллери, унинг навбатликларини ростлаш, сакрайдиган частотали режим, сигналларни модуляциялаш ва демодуляциялаш, хабарларни кодлаш ва декодлаш, нутқни кодлаш, нутқ, маълумотлар ва чақирув учун узатиш тезлигини мослаштириш, персонал чақирув хабарларини узатилиши навбатини аниқланишини бошқариши мумкин.

TSE транскодер MSC нутқ ва маълумотларни узатиш каналларининг чиқиш сигналларини (64 кбит/с ИКМ) 13 кбит/с тезликли рақамли сигналга ўзгартиради, бу радиоинтерфейс бўйича GSM тасвияларига (GSM 04.08 тавсиялари) мос келади. Бундай нутқни рақамли узатиш канали “тўлиқ тезликли”, нутқни узатиш телиги 6,5 кбит/с бўлганда эса “ярим тезликли” канал дейилади. Узатиш тезлигини камайтириш учун чизиқли предикатив кодлаш (LPS), узоқ вақтли олдиндан билиниш (LTR) ва қолдиқ мпульсли кўзгатишга (RPE ёки RELP) асосланган махсус нутқн ўзгартирувчи қурилма ишлатилади.

MSC ва транскодер бир жойлаштирилади, бу ҳолда BSC контроллерга йўналишда хабарларни узатиш 13 кбит/с узатиш тезлиги оқимга 16

кбит/сгача узатиш тезлигидаги қўшимча битларни қўшилиши билан (стефинглаш) олиб борилади. Кейин 64 кбит/с стандарт каналга 4 га қаррали зичлаштириш амалга оширилади. Шундай қилиб, Тавсияларда GSM учун аниқланган 120 та нутқ каналларини узатилишини таъминлайдиган 30 та каналли ИКМ линия шакллантирилади. “Вақтинчалик ойна” ўн олтинчи канал (64 кбит/с) алоҳида сигнализацияни узатилиши учун ажратилади ва кўпинча SSN7 ёки LAPD трафикага эга бўлади. Бошқа каналда (64 кбит/с) X.25 МККТТ протокол билан мослашадиган маълумотлар пакетлари ҳам узатилиши мумкин. Яқунда кўрсатилган интерфейс бўйича натижавий узатиш тезлиги $30 \times 64 \text{ кбит/с} + 64 \text{ кбит/с} + 64 \text{ кбит/с} = 2048 \text{ кбит/с}$ ни ташкил этади.

MS ҳаракатдаги станция GSM тармоғига ва кейин қайд этилган электр алоқа тармоқларига абонентнинг уланиши учун хизмат қилади. GSM стандартида чиқиш қуввати билан фарқланадиган 5 та синфлари мавжуд (3.2-жадвал).

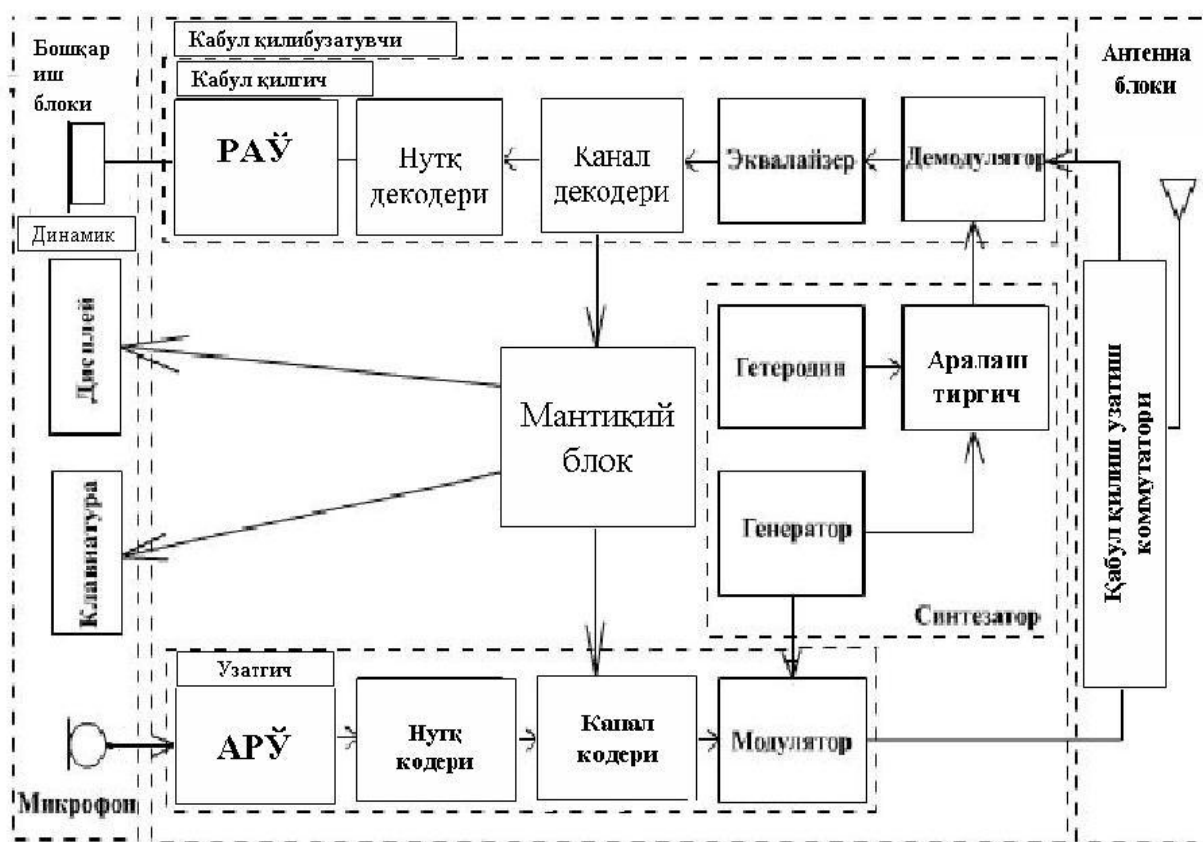
3.2-жадвал

| Қувват синфи | Узаткич қувватининг максимал даражаси |
|--------------|---------------------------------------|
| 1 | 20 Вт |
| 2 | 8 Вт |
| 3 | 5 Вт |
| 4 | 2 Вт |
| 5 | 0,8 Вт |

Алоқани ташкил этишда талаб қилинадиган алоқа сифатини таъминлайдиган узаткичнинг қувватини мослаштирилган ростлаш кўзда тутилади. Ҳар бир бирламчи станцияга ўғирланган станциядан ёки ваколатсиз станциядан GSM тармоқларига уланиш олдини олиш учун ишлатиладиган ўз халқаро идентификацион номери (IMSI) тайинланади.

Ҳаракатдаги станциянинг тузилиш схемаси. Рақамли ҳаракатдаги станциянинг (ҲС) тузилиш схемаси 3.5-расмда келтирилган. Унинг таркибига бошқариш блоки, қабуллаш-узатиш блоки, антенналар блоки киради.

Бошқариш блоки микротелефон гўшаги (микрофон ва динамик), клавиатуру ва дисплейни ўз чига олади. Клавиатура чақириладиган абонентнинг телефон номерини териш, шунингдек ҲСнинг ишлаш режмин аниқлайдиган командар учун хизмат қилади. Дисплей станциянинг тузилиши ва иш режими кўзда тутиладиган турли маълумотларни акс эттириш учун хизмат қилади.



3.5-расм. Рақамли ҳаракатдаги станциянинг блок-схемаси

Қабуллаш-узатиш блоки узаткич, қабуллагич, частота синтезатори ва мантикий блокдан ташкил топган.

Узаткичнинг таркибига қуйидагилар киради:

- АРЎ, микрофоннинг чиқишидаги сигнални рақамли шаклга ўзгартиради ва бутун кейинги қайта ишлаш ва нутқ сигналини узатиш рақамли шаклда амалга оширилади;

- нутқ кодери, нутқ сигналини кодлашни, яъни рақамли шаклга эга бўлган сигналнинг ортиқчалигини қисқартириш мақсадида маълумотларни конунлар бўйича ун ўзгартиришни амалга оширади;

- канал кодери, нутқ кодери чиқишидан олинган рақамли сигналга алоқа линияси бўйича сигнални узатилишида хатоликлардан ҳимоялаш учун мўлжалланган кўшимча (ортиқча) маълумотларни қўшади. Шу мақсадда маълумотлар маълум қайта навбатлаштирилади. Бундан ташқари, канал кодери узатиладиган сигнал таркибига мантиқий блокдан берилладиган маълумотларни киритади;

- модулятор, кодланган видеосигнал маълумотларини ташувчи частотага ўтказилишини амалга оширади.

Қабуллагич ўзининг таркиби бўйича узаткичга мос келади, лекин унга кирадиган блоklarнинг функциялари тескари бўлади:

- демодулятор фойдали маълумотларни ташийдиган кодланган сигнални модуляцияланган сигналдан ажратиб олади;

- канал декодери чиқиш оқимидан бошқариш маълумотларини ажратади ва унинг мантиқий блокка йўналтиради. Қабул қилинган маълумотлар хатоликлар борлигига текширилади ва аниқланган хатоликлар тузатилади. Кейинги қайта ишлашгача қабул қилинган маълумотлар тескари қадоқланади (кодерга нисбатан);

- нутқ декодери унга канал кодерида келган нутқ сигналини қайта тиклайди, уни унга хос бўлган ортиқчаликли табиий, лекин рақамли кўринишдаги шаклга ўтказилади;

- РАЎ – қабул қилинган рақамли сигнални аналог шаклга ўзгартиради ва динамикнинг киришига узатади;

- эквалайзер – кўп нурли тарқалиш туфайли сигналнинг бузилишини қисман компенсациялаш учун хизмат қилади, аслида у узатиладиган

маълумотлар таркибига кирадиган символларнинг ўргатувчи кетма-кетлиги бўйича созланадиган адаптив филър ҳисобланади. Эквалайзер блоки функционал зарур ҳисобланмайди ва айрим ҳолларда бўлмаслиги мумкин.

Мантиқий блок бу ҲСнинг ишлашини бошқаришни амалга оширадиган микрокомпьютер ҳисобланади.

Синтезатор радиоканал бўйича маълумотларни узатиш учун ишлатиладиган ташувчи частоталар тебранишларининг манбаи ҳисобланади. Гетеродин ва частота ўзгартиргичининг бўлиши узатиш ва қабул қилиш учун спектрнинг турли оралиқлари (частота бўйича дуплекс ажратиш) ишлатилиши билан шартланади.

Антенналар блоки антенна (энг оддий ҳолда чорак тўлқинли штир) ва қабуллаш/узатиш коммутаторини ўз ичига олади. Коммутатор рақамли станция учун антеннани узаткичнинг чиқишига ёки қабуллагичнинг киришига улайдиган электрон коммутатор ҳисобланади, чунки рақамли тизим ҲС қабуллаш ва узатишга бир вақтда ҳеч қачон ишламайди.

3.8-расмда келтирилиган ҳаракатдаги станциянинг блок-схемаси соддалаштирилган схема ҳисобланади. Унда кучайтиргичлар, танловчан занжирлар, синхронлаш частоталари сигналларини шакллантириш генераторлари ва уларнинг уланиши занжирлари, қабуллаш ва узатишга қувватни назорат қилиш ва уни бошқариш схемалари, маълум частоталар полосасида ишлаш учун генераторнинг частотасини бошқариш схемаси ва бошқалар кўрсатилмаган. Айрим тизимларда маълумотларни узатилиши конфиденциаллигини таъминлаш учун шифрлаш режими ишлатилиши мумкин. Бу ҳолларда GSM стандарти ҲС узаткичи ва қабуллагичи махсус олиб кўйиладиган абонентнинг идентификациялаш модули (Subscriber Identity Module - SIM) билан жиҳозланган. GSM стандартининг ҳаракатдаги станцияси таъминот манбаининг энергиясининг сарфланишини тежаш (ўратча нурланиш қувватини камайтириш), шунингдек ишлаётган узаткичда бошқа станциялар учун ҳосил қиладиган ҳалақитлар сатҳини камайтириш учун узаткичнинг ишлашини фақат абонент гапирадиган вақт

интервалларида ёқадиган нутқ активлиги детекторини (Voice Activity Detector) ўз ичига олади. Қабуллагични ишлашининг паузалари вақтида қабуллагичи трактига қўшимча қулай шовқин киритилади. Зарур шароитларда ҲСга алоҳида терминаллар қурилмалари, масалан, факсимил аппарат, шу жумладан мос интерфейслардан фойдаланиладиган махсус адаптерлар оқали уланадиган аппаратлар кириши мумкин.

Кўриб чиқилган рақамли ҲСдан аналог ҲСнинг блок схемаси АРЎ/РАЎ блоклари ва кодекнинг мавжуд эмаслиги ҳисобига оддий, лекин жуда катта дуплекс антенналар қайта улагичи ҳисобига мураккаб, чунки аналог станцияларга ҳам қабул қилишга, ҳам узатишга бир вақтда ишлашга тўғри келади.

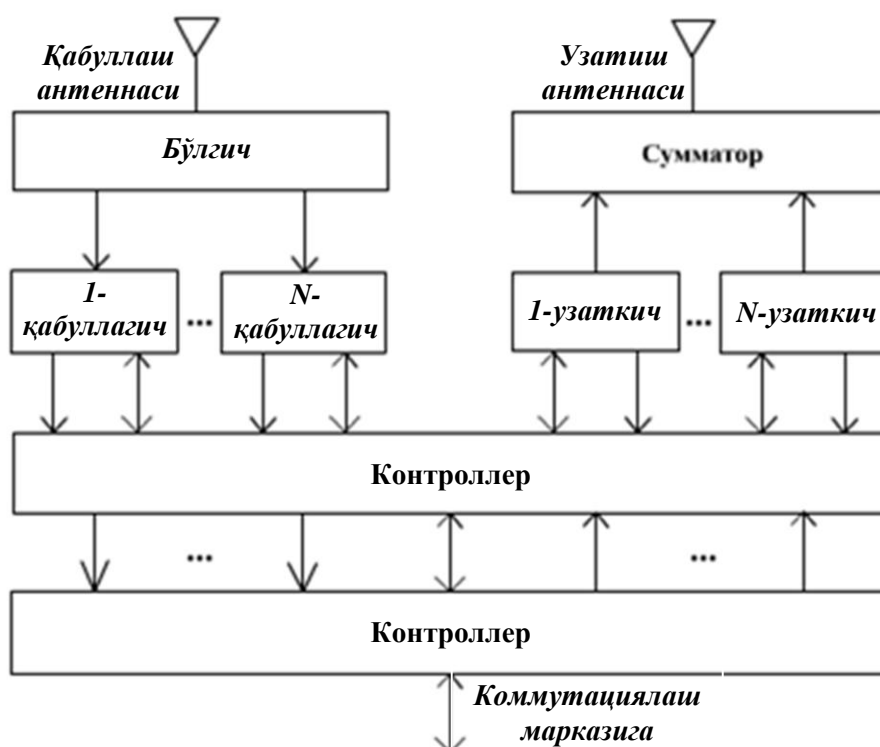
Базавий станциянинг тузилиш схемаси. БСнинг блок-схемаси 3.6-расмда келтирилган. БСнинг ўзига хос хусусияти ажратилган (сурилишли) қабуллашнинг ишлатилиши ҳисобланади. Бундан ташқари, БС узатиш ва қабуллашга ажратилган антенналарни ишлатилиши мумкин (2.6-расм бу ҳолга мос келади). Бошқа ўзига хос хусусияти турли частоталарли бир неча каналларда бир вақтда ишлашни олиб боришга имкон берадиган бир қабуллагичлар ва шунча узаткичларнинг бўлиши ҳисобланади.

Бир хил номли қабуллагичлар ва узаткичлар уларнинг битта каналдан бошқа каналга ўтишида мосланган қайта созланишини таъминлайдиган умумий қайта созланадиган таянч генераторларига эга. Битта қабуллаш антеннасига N қабуллагич-узаткичларнинг ва битта узатиш антеннасига N узаткичларнинг аниқ бир сони мавжуд. Қабуллаш антеннаси ва қабуллагичлар орасига N чиқишларга қувват бўлгичи, узаткичлар ва узатиш антеннаси орасига эса N киришларни қуввати сумматори ўрнатилади.

Қабуллагич ва узаткич ҲСдаги каби тузилмага эга бўлади, фақат уларда АРЎ ва РАЎ бўлмайди, чунки ҳам узаткичнинг чиқиш сигнали, ҳам қабуллагичнинг кириш сигнали рақамли шаклга эга бўлади. Кодеклар (фақат нутқ кодекки ёки канал кодекки) функционал улар қабуллагич-узаткичлар

элементи бўлиб қолсада, БС қабуллагич-узаткичлар таркибида эмас, балки МК таркибида ишлатилади.

Алоқа линияси билан уйғунлаштириш блоки алоқа линияси бўйича МКга узатиладиган маълумотларни қадоқлашни ва ундан қабул қилинадиган маълумотларни очишни амалга оширади. БС билан алоқа учун МК агар улар худудий бир жойда жойлашмаган бўлса, одатда радиорелели ёки оптик толали линияни ишлатади.



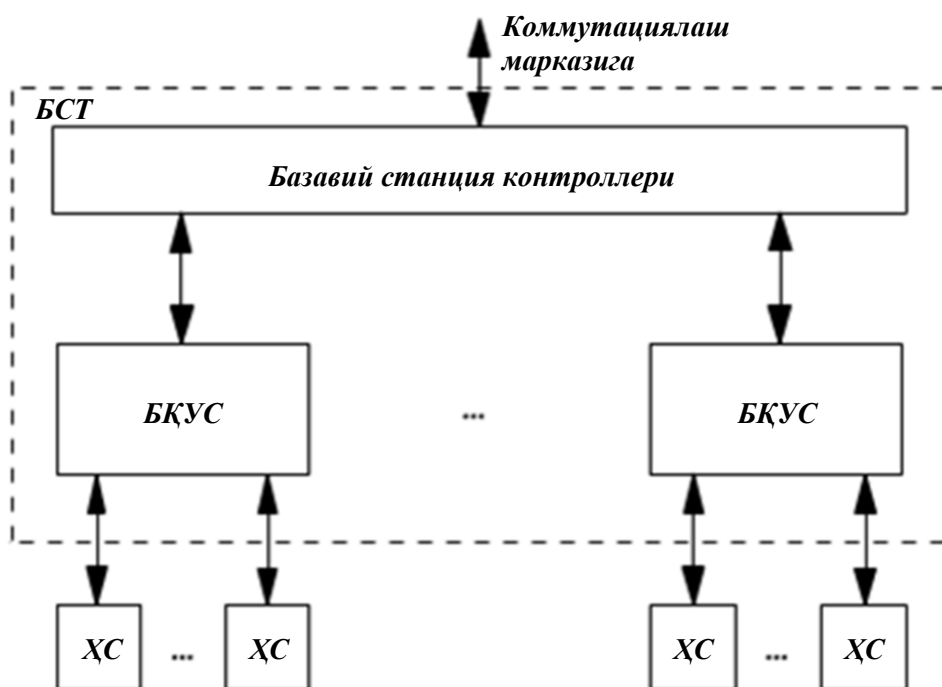
2.6-расм. Базавий станциянинг блок-схемаси

БС (компьютер) контроллери станциянинг ишлашини бошқариш, шунингдек унга кирадиган барча блоклар ва тугунларнинг иш қобилиятини назорат қилишни таъминлайди. Ишончлиикни таъминлаш учун БСнинг кўплаб блоклари ва тугунлари захиралаштирилади, станциянинг таркибига автоном узлуксиз таъминот манбалари (аккумуляторлар) киреди

GSM стандартида базавий станциялар тизимлари (БСТ) тушунчаси ишлатилади, унга базавий станция контроллери (БСК) ва бир неча (масалан, ўн олтигагача) базавий қабуллаш-узатиш станциялари (БҚУС) киради (2.7-расм). Хусусан, битта жойда жойлпшган ва умумий БСКда бирлашадиган БҚУСда ҳар бири ячейка чегараларида ўз 120-градусли азимут секторига ёки олти БҚУС олтига60-градусли секторларга хизмат кўрсатиши мумкин.

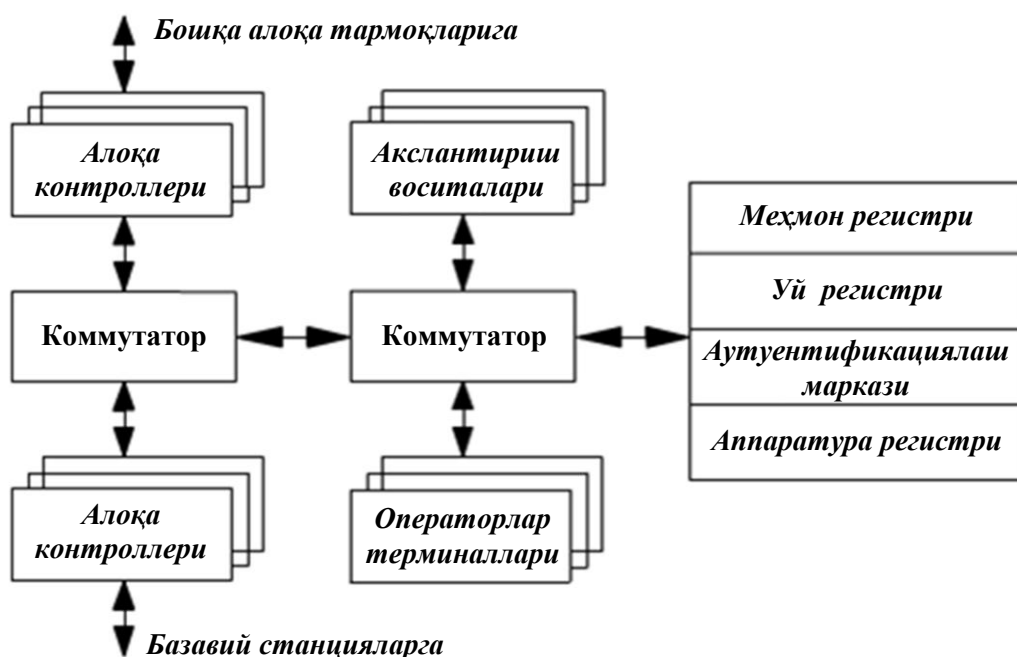
D-AMPS стандартида ўхшаш ҳолда ҳар бири битта жойда жойлашган ва ҳар бири ўз секторли антеннасига эга бўлган ўз контроллерили мос равишда учта ёки олти БСлар ишлатилиши мумкин.

Коммутациялаш марказининг тузилмаси. Коммутациялаш маркази бу САТнинг тармоқнинг барча бошқариш функцияларини таъминлайдиган автоматик телефон станцияси ҳисобланади. КМ ҲСни доимо кузатиб боришни амалга оширади, ларнинг эстафетали узатилишини ташкил қилади, бу жаарёнда ҲСнинг сотадан сотага ҳаракатланишида алоқанинг узлуксизлигига ва ҳалақитлар ёки яроқсизликлар пайдо бўлганида ишчи каналларнинг қайта уланишига эришилади.



2.7-расм. Базавий станция тизими

КМга барча БСлардан маълумотлар оқимлари бирлашади ва у орқали бошқа алоқа тармоқларига – стационар телефон тармоғига, шаҳарлараротелефон тармоғига, сунъий йўлдошли алоқа тармоғига, бошқа сотали тармоқларгачиқиш амалга оширилади. МК таркибига бир неча процессорлар (контроллерлар) киради. Коммутациялаш марказининг блок-схемаси 2.8-расмда келтирилган.



2.8-расм. Коммутациялаш марказининг блок-схемаси

Коммутатор алоқа линияларига маълумотлар оқимларини оралиқ қайта ишлашни (қадоқлаш/очиш, буферда сақлаш) амалга оширадиган мос алоқа контроллерлари орқали уланади. МКнинг ишлашини бошқариш операторларнинг қатнашувини кўзда тутаяди, шунинг учун марказ таркибига мос терминаллар, шунингдек маълумотларни акс эттириш ва рўйхатга олиш (хужжатлаштириш) воситалари киради. Хусусан, оператор томонидан, абонентлар ва уларга хизмат кўрсатилиши шароитлари, тизимнинг ишлаш режимлари бўйича дастлабки маълумотлар киритилади, зарур ҳолларда оператор ишлаш давомида талаб қилинадиган командаларни беради.

Тизимнинг муҳим элементлари МБ – уй регистри, меҳмон регистри, аутентификациялаш маркази, аппаратура регистри ҳисобланади. Уй (жойлашиш ўрни - Home Location Register, HLR) регистри бу тизимда рўйхатдан ўтган барча абонентлар ҳақида ва уларга кўрсатилиши мумкин бўлган хизматлар турлари ҳақида маълумотларга эга бўлади. Унда абонентни чақириш учун унинг жойлашиш ўрни қайд этилади ва ҳақиқатда кўрсатилган хизматлар рўйхатга олинади. Меҳмон (жойлашиш ўрни - Visitor Location Register, VLR) регистри абонентлар-меҳмонлар (роумерлар), яъни бошқа тизимда рўйхатдан ўтган абонентлар ҳақидаги маълумотларга эга бўлади. Аутентификациялаш маркази (Authentication Center) абонентларни аутентификациялаш ва хабарларни шифрлаш процедураларини таъминлайди. Аппаратура (идентификациялаш - Equipment Identity Register) регистри, агар у мавжуд бўлса, ишлатиладиган ҲСларнинг яроқсизлиги ва рухсат этилган фойдаланилиши ҳақидаги маълумотларга эга бўлади. Хусусан, унда ўғирланган абонентлар аппаратлари, шунингдек техник нуқсонларга эга бўлган, масалан рухсат этилмайдиган юқори даражадаги ҳалақитлар манбалари ҳисобланадиган аппаратлар қайд этилиши мумкин.

БСдаги каби КМда аппаратуралар асосий элементлари, шу жумладан таъминот манбаи, процессорлар ва маълумотлар омборларини захиралаштириш кўзда тутилади. МО кўпинча КМ таркибига кирмайди, балки алоҳида элементлар кўринишида ишлатилади. МКнинг тузилиши турли компаниялар-ишлаб чиқарувчилар бажарилишида турлича бўлиши мумкин.

Сотали алоқа интерфейслари. Ҳар бир сотали алоқа стандартида умумий ҳолда турли ва турлича стандартлардаги бир неча интерфейслар ишлатилади. ҲС ва БС , БС ва КМ билан, коммутациялаш марказининг уй регистри, меҳмон регистри, аппаратура регистри, стационар телефон тармоғи ва бошқалар билан алоқаси учун ўз интерфейслари (GSM стандартида эса яна БС қабуллагич-узаткичининг БСК билан алоқаси учун алоҳида интерфейси) кўзда тутилган.

Барча интерфейслар турли ишлаб чиқарувчи фирмалар аппаратураларининг мослашувчанлигини таъминлаш учун стандартлаштирилиши керак, бу ўша бир ахборот бирлашуви учун турли стандартлар орқали аниқланадиган турли интерфейсдан фойдаланилиши мумкинлиги йўқ қилмайди. Айрим ҳолларда мавжуд бўлган интерфейслар, масалан рақамли ахборот тармоқларида алмашлаш протоколларига мос келадиган интерфейслар ишлатилади.

ҲС ва БС орасидаги алмашлаш интерфейси эфир интерфейси ёки радиоинтерфейс (air interface) дейилади ва рақамли сотали алоқанинг иккита асосий стандартлари (D-AMPS ва GSM) учун турлича ташкил этилган бўлсада, бир хил Dm белгиланади. Эфир интерфейси исталган унинг конфигурациясида ва бутун сотали алоқа тармоғи учун ягона бўлиши мумкин вариантда исталган САТда мажбурий ишлатилади. Бу ҳолат ҲСга исталган ишлаб чиқарувчининг ўша ёки бошқа фирманинг БСи билан бирга муваффақиятли ишлашга имкон беради, бу компаниялар – операторлар учун қулай ва роумингни ташкил этиш учун зарур бўлади. Эфир интерфейси стандартлари радиоалоқа канали учунажратилган частоталар полосасидан самаралироқ фойдаланишни таъминлаш учун жуда синчиклабишлаб чиқилади.

GSM стандартининг частотавий режаси. GSM стандартида 2.3-жадвалда келтирилган частоталар полосалари ишлатилади.

2.3-жадва

GSM стандартида ишлатиладиган частоталар полосалари

| Стандарт | Частота, МГц | | Тўлқин узунлиги, см | |
|------------|---------------|-------------|---------------------|-------------|
| | 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 |

САТнинг ўзига хос хусусиятларидан бири бу ўз ичига унча катта бўлмаган чатоталар каналлари сонини оладиган ажратилган частоталар полосаларининг катъийчеклангансони ҳисобланади. Бу ердан мавжуд диапазондан энг оқилона фойдаланиш, уни оптималлаштириш ва демак, алоқа тизимининг сиғимини ошириш масаласи келиб чиқади.

Унинг бошқа ўзига хос хусусияти шундан иборатки, сотали алоқада ишлатиладиган частоталар полосалари дециметрли диапазонга киради. Дециметрли радиотўлқинлар асосан тўғри кўриниш чегараларида тарқалади, бу частоталарда дифракция кучсиз ифодаланади, молекуляр ютилиши ва гидрометеорлардаги (қор, ёмғирда) ютилиш учун деярли йўқ. Лекин пастдаги сиртнинг яқинлиги ва тўсикларнинг (биноларнинг мавжудлиги), айниқса, шаҳар шароитларида ўзаро ва тўғри йўл бўйича ўтган сигнал билан интерференцияланадиган қайтган сигналларнинг пайдо бўлишига олиб келади. Пастдаги сиртдан қайтиш қабул қилинадиган сигналнинг қуввати эркин фазода тарқалишдаги каби узаткич ва қабуллагич орасидаги масофанинг иккинчи даражасига пропорционал эмас, балки бу масофанинг тўртинчи даражасига пропорционал камаяди, яъни майдон кучланганлиги масофанинг квадратиغا пропорционал камаяди. Турли йўллар бўйлаб ўтган бир неча сигналлар интерференцияси натижавий сигналнинг сўнишлари ҳодисасини келтириб чиқаради, бунда қабул қилинадиган сигналнинг жадаллиги ҳаракатдани станция ҳаракатланганида сезиларли чегараларда ўзгаради. Бундан ташқари, қабул қилинадиган маълумотларда хатоликларга оиб келиши мумкин бўлган бир-бирларига нисбатан вақт бўйича сурилган бир неча сигналларнинг тенглашадиган жадалликларини устма-уст тушиши натижаси ҳисобланадиган бузилишлар вужудга келади. Кўп нурли тарқалиш базавий станциядан олислашишга боғлиқ равишда сигналларнинг жадаллигини ҳисоблашни сезиларли қийинлаштиради, бундай ҳисоблаш эса тизимни тўғри лойиҳалаштириш учун зарур бўлади.

Энг кенг тарқалган GSM стандарти 800 - 900 МГц диапазонда ишлайди. Ҳаракатдаги станцияларга узатишда (“пастга” линиясига) 890 - 915 МГц, базавий станцияларга узатишда эса (“юқорига” линиясига) 935 - 960 МГц полоса ишлатилади. GSM тармоқлари мавжуд NMT - 900, TACS, ETACS стандартлари аналог тизимлари билан бирга ишлатилди, шунинг учун частотавий режалар бу ўзига хос хусусиятларни эътиборга олган ҳолда ишлаб чиқилган. GSM стандартида каналларнинг сурилиши 200 кГцни, ажратилган полосадаги частоталар каналларинингсониэса 124 таниташкил этади. Дуплекс канални ташкил этиш учун частоталар 45 МГцга сурилишли жуфтликларда гуруҳлаштирилади. Бу частоталар жуфтликлари частоталарни оғишларида сақланади. Ҳар бир сотага маълум частоталар жуфтликлари сони тайинланади. Агар 890 - 915 МГц полосадаги ташувчи частотанинг номери $F1(n)$, 935 - 960 МГц полосадаги ташувчи частотанинг номери $F2(n)$ белгиланса, у ҳолда каналлар частотаси қуйидаги тарзда аниқланади:

$$F1(n) = 890,2 + 0,2 (n - 1), \text{ МГц};$$

$$F2(n) = F1(n) + 45 \text{ МГц}; \quad 1 < n < 124$$

Ҳар бир ташувчи частота саккизта физик каналларга зичлаштирилади, улар TDMA кадрлардаги 8 та вақт ойналарига ва кадрлар кетма-кетликларига жойлашади. Бинобарин, ҳар бир физик канал ҳар бир вақт TDMA кадрдаги ўшабир вақт ойнасини ишлатади.

Физик канални шакллантиришдан олдин рақамлишаклда берилган барча хабарлар ва маълумотлар қуйидаги икки турдаги мантиқий каналларга гуруҳлаштирилади ва бирлаштирилади:

- кодланган нутқ ёки маълумотларни узатиш учун мўлжалланган алоқа каналлари (ТСН);
- бошқариш ва синхронлаштириш сигналларини узатиш учун мўлжалланган бошқариш каналлари (ССН).

Битта физик канал бўйича бир неча мантиқий каналлар турлари фақат уларнинг мос комбинациясида узатилиши мумкин.

ҲСАТдаги роуминг. ҲСАТнинг функцияларидан бири бу битта тизим (уй) тизимдан ташқарида сотали алоқадан фойдаланиш имкониятини кенгайтиришга имкон берадиган роуминг функцияси ҳисобланади.

Роуминг бу битта оператор тизимидан бошқа оператор тизимида абонентга сотали алоқа хизматларини кўрсатилиши функцияси ёки процедураси ҳисобланади. Роуминг атамаси инглизча "roam" сайр қилишдан келиб чиқади ва роуминг хизматидан фойдаланувчи абонент роумер (инглизча "roamer") дейилади. Роумингни ишлатилиши учун унинг амалга оширилиши техник таъминоти (энг оддий ҳолда ҳар иккала тизимларда ўша бир сотали алоқадан фойдаланиш) ва мос компаниялар-операторлар орасидаги роуминг келишуви зарур бўлади. Мобил алоқанинг ривожланиши билан сотали ва сунъий йўлдошли мобил алоқа тизимлари орасида роуминг имконияти вужудга келади.

Роумингни ташкил этиш учун ҲСАТ битта стандартда бўлиши, ҳаракатдаги алоқа коммутациялаш марказлари эса абонентларнинг жойлашиш ўринлари ҳақидаги маълумотларни алмашлаш учун махсус каналлар орқали боғланган бўлиши керак. Роумингни таъминланиши учун қуйидаги учта шартлар бажарилиши керак:

- талаб қилинадиган ҳудудларда радиотелефон сотиб олинган коопаниянинг стандарти блан мос келадиган ҲСАТнинг бўлиши;
- абонентларга роуминг хизмати кўрсатилиши ҳақидаги мос ташкилий ва иқтисодий келишувларнинг бўлиши;
- роуминг абонентлари учун овоз ва бошқа маълумотларни узатилишини таъминлайдиган тизимлар орасида алоқа каналларининг бўлиши.

Роуминг қуйидаги учта турларга бўлинади:

- автоматик;
- ярим автоматик, қандайдир ҳудудда бу хизматдан фойдаланиш учун абонентга ўз операторини бу ҳақда олдиндан хабар қилиши зарур бўлади;

- қўлда, яъни битта радиотелефонни бошқа операторнинг ХСАТига уланган радиотелефонга алмаштириш.

Идеаллаштирилган ва кучли соддалаштирилган роумингни ташкил этиш схемаси қуйидаги кўринишда берилиши мумкин бўлар эди. Роумингни ишлатилишига рухсат этадиган “бегона” тизим ҳудудида бўлиб қолган сотали алоқа абоненти, агар у “ўз” тизими ҳудудида бўлганидек оддий тарзда чақирувни амалга оширади.

Коммутациялаш маркази унинг уй регистрида бу абонент бўлмаганлигига ишонч ҳосил қилиш билан уни роумер сифатида қабул қилади ва меҳмон регистрига киритади. Бир вақтда (ёки бироз кечикиш билан) у роумернинг “ўз” тизими уй регистрдан хизмат кўрсатилишини ташкил этиш учун зарур бўладиган унга тегишли маълумотларни (обунада келишилган хизматлар турлари, пароллар, шифрлар) сўрайди ва ҳозирги вақтда роумер қайси тизимда эканлигини хабар қилади. Сўнгги маълумотлар роумернинг “ўз” тизими уй регистрида қайд этилади. Бундан кейин роумер худди уйдагидек сотали алоқадан фойдаланади. Ундан чиқадиган чақирувлар фақат шу фарқ билан оддий тарзда хизмат кўрсатиладики, унга тегишли бўлган маълумотлар уй регистрида эмас, балки меҳмон регистрида қайд этилади, унинг номерига келадиган чақирувлар “уй” тизими орқали роумер меҳмон бўлган тизимга қайта манзиллаштирилади. Роумер уйга қайтганида “уй” тизимнинг уй регистридаги роумер бўлган ўша тизимнинг манзили ўчирилади, ўша тизимнинг меҳмон регистрида эса, ўз навбатида, роумер ҳақидаги маълумотлар ўчирилади. Роуминг хизматларига тўлов абонент томонидан “уй” тизими орқали, роуминг хизматини кўрсатган “уй” компания – оператори эса роуминг келишучларига мувофиқ амалга оширади.

Тавсифланган схема автоматик роумингга мос келади. Жараённи тугатиш учун у компания – операторлар орасида ҳисобларни автоматик юритиш тизими билан тўлдирилиши мумкин. У қатор компаниялар орасида кесишма мажбуриятларни вужудга келишини, шунингдек автоматик роуминг тизими қамоаб олган гуруҳга кирадиган компаниялар жуфтлигининг ўзар

мажбуриятларини (тўловни) ҳисобга олиш имкониятларини ҳисобга олганда жуда осон бўлмаслиги мумкин. Автоматик роумингга қарама-қарши қўлда роуминг ёки маъмурий роуминг ҳисобланади. У айрим стандартларда автоматик роумингни пайдо бўлишидан олдин бўлган. Қўлда роуминг ҳолатида абонент, масалан, телефон қўнғироғи орқали “уй” компания – операторини олдинда турган кетиш ҳақида, бошқа шаҳарга келиши бўйича маҳаллий компания – операторни ўзининг келганлиги ҳақида огоҳлантиради. Зарур маълумотлар уй ва меҳмон регистрга мос коммутациялаш марказлари операторлари томонидан қўлда киритилади. Янги роумерни алоҳида рўйхатдан ўтказиш процедурасили ёки роумер томонидан чакирувни автоматик ташкил этилиши, лекин тармоқ томонидан роумерни чакирилишида аниқ маршрутлаштиришли ва бошқа оралиқ вариантлар ҳам бўлган.

Агар тарихнинг айрим моментлари, шунингдек роуминг билан бўладиган қатор қўшимча муаммоларни айтиб ўтилмаганида роумингниташкил этилиши манзараси тўлиқ бўлмаган бўлар эди. Сотали алоқа пайдо бўлганида на муаммолар, ҳатто на роуминг тушунчаси бўлмаган, сотали алоқаингбунчалик муваффақияти ва кенг тарқалишини олдинданайтиш мумкин бўлмаган. Шунинг учун роуминг сотали тизимларнинг ривожланиши билан пайдо бўлди ва турли стандартларда, давлатларда ва ҳудудларда турли техник ва ташкилий ечимларни ишлатди. Роуминг AMPS (Шимолий Америка) ва NMT (Скандинавия) аналог стандартларида кенг ривожланди, лекин рақамли стандартларнинг пайдо бўлиши у ерда ишлатилган ечимлардан кўпчилигини қайта кўриб чиқилишини талаб қилди. D-AMPS стандартида роуминг масаласини ечилиши тармоқлараро операцияларни аниқлайдиган алоҳида IS-41 стандартга таянади. Бу муносабатда фойдалироқ ҳолат GSM стандартида бўлиб, у бошланишидан умумий европа роуминги сифатида ишлаб чиқилган ва унда роуминг процедураси мажбурий элемент сифатида қўйилган. Бундан ташқари, GSM стандартида SIM – карталар билан роуминг ёки пластик

роуминг дейиладиган - GSM стандартининг турли вариантлари (GSM 900, GSM 1800 ва GSM 1900) аппаратлари орасида SIM – карталарни қайта қўйилиши имкониятига эга, чунки GSM стандартининг барча учта вариантларида унификацияланган SIM – карталар ишлатилади. GSM стандартида роуминг процедураси икки режимли, кейинчалик уч режимли абонентлар терминаллари (GSM 900/GSM 1800/GSM 1900) пайдо бўлиши билан янада қулай бўлади. Лекин GSM стандарти ҳам, хусусан, унинг техник ечимларига принципиал қўйилган ишлатилишига нисбатан ҳозирча тўлиқ тарқалмаган. Роумингни ривожлантирилишига боғлиқ бўлган техник ва ташилий қийинчиликлардан қочиб бўлмайдиган, уюштириладиган ва ҳатто агрессив фрод ҳисобга олинмайдиган абонентларни аутентификациялашни, протекционизмни (масалан, айрим давлатларда ҳорижда ишлаб чиқарилган абонентлар аппаратларини қўлланилиши таъқиқланади) таъкидлаш мумкин, роуминг хизматларига тўловни ташкил этилиши кўламларнинг ортиши ва роуминг географиясининг кенгайиши билан сезиларли қийинлашади.

Хулосада таъкидлаймизки, ҳудудлараро ва халқаро алоқаларнинг ва иш мулоқотларининг жуда катта ортишида сотали алоқада тўлақонли автоматик роумингни ташкил этиш долзарб муаммолардан бири ҳисобланади ва уни ҳал этишда қўшимча ишлашни талаб қиладиган моментлар қолади.

Назорат саволлари

1. Мобил радиоалоқа тизимлари қандай таснифланади?
2. Сотали радиоалоқа тизимининг қурилиши принципини тушунтиринг.
3. ҲСАТда частотавий тақсимлаш қандай амалга оширилади?
4. ҲСАТда сигналнинг қабул қилиш ҳалақитбардошлигини ошириш қандай таъминланади?
5. ҲСАТда интеллектуал антенналар тизимлари деганда нима тушунилади?
6. GSM стандарти функционал схемасини ва қурилмалари таркибини келтиринг ва асосий тугунларни тушунтиринг.

7. SIM – картанинг вазифаси.
8. Ҳаракатдаги рақамли станциянинг функционал схемасини келтиринг ва асосий тугунларни тушунтиринг.
9. Базавий станциянинг функционал схемасини келтиринг ва асосий тугунларни тушунтиринг.
10. ҲСАТдаги роуминг, ташкил этиш шартлари ва турлари.

IS-95 стандартлари ва модификациялари

4-маъруза

Каналлар кодли ажратилган рақамли ҲАСТ (ССПС)

IS-95 стандартининг ўзига хос хусусиятлари

IS-95 стандартидаги хавфсизлик ва алоқанинг конфиденциаллиги

IS-95 стандартининг модификациялари

Каналлар кодли ажратилган рақамли ҲАСТ (CDMA) биринчи марта Qualcomm (АҚШ) фирмаси томонидан ишлаб чиқилган ва MOTOROLA фирмаси томонидан муваффақитли ривожлантирилмоқда. АҚШда CDMA тизимларига IS-95 белгиланишни олган стандарт қабул қилинган. Биринчи каналлар кодли ажратилган тижорат тизими (CDMA) 1995 йилда Hutchison Telephone (Гонконг) компанияст томонидан жорий этилган. Тармоқ Motorola фирмасининг қурилмаларида, SC9600 турдаги базавий станцияларда ва EMX2500 турдаги коммутацион станцияларда қурилган.

CDMA тизимларда ҳар био овоз оқими ўз ноёб коди билан белгиланган ва бир вақтда битта каналда бошқа кўплаб овоз оқимлари билан бирга узатилади. Қабул қилувчи томон шовқиндан сигнални ажратиб олиш учун ўша бир кодни ишлатади. Кўплаб овоз оқилари орасидаги ягон фарқ ноёб код ҳисобланади. Канал жуда кенг ва ҳар бир овоз офими бутун дипазоннинг кенглигини эгаллайди. Бу тизим 1.23 МГц кенгликдаги каналлар тўпламини ишлатади. Овоз 8.55 кбит/ тезликда кодланади, лекин овоз активлигини ва турли кодлаш тезликларини аниқлаш маълумотлар оқимини 1200 бит/сгача қисқартириши мумкин. CDMA тизимларида сигнал қувватининг жуда паст қийматига қарамасдан, назарий жиҳатдан сигнал шовқин сатҳига қараганда кучсиз бўлишига қрамасдан жуда мустаҳкам ва ҳимояланган боғланишлар ўрнатилиши мумкин.

CDMA принципи полосаси оддий хабарларни узатиш учун зарур бўладиган частоталар полосаларидан сезиларли ортиқ бўлган кенг полосали

сигналларни (КПС) ишлатилишига асосланган. Кенг полосали (шовқинсифат) сигналнинг базаси билан тавсифланади, у F спектр кенглигини унинг T давомийлигига кўпайтмаси сифатида аниқланади.

$$B = F \cdot T$$

Иккилик символлар кўринишида хабарларни рақамли узатишда КПСнинг T давомийлиги ва C узатиш тезлиги қуйидаги нисбат орқали боғланган:

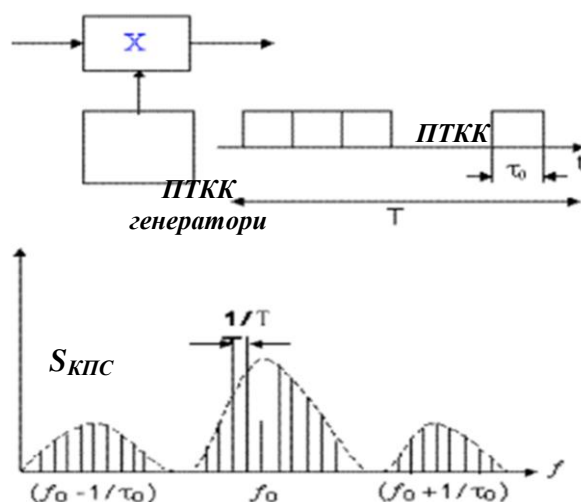
$$T = \frac{1}{C}$$

Натижада $B = F/C$ сигналнинг базаси КПС спектрини хабар спектрига нисбатан кенгайтиришни тавсифлайди, у эса ўз навбатида иккита усул ёки уларнинг комбинациялари орқали амалга оширилиши мумкин:

- частоталар спектрини тўғри кенгайтириш;
- ташувчи частотани сакрашсимон ўзгартириш.

Биринчи усул бўйича тор полосали сигнал T давомийликли **псевдо-**тасодифий кетма-кетликка (ПТКК) кўпайтирилади, у ўз навбатида ҳар бири давомийликга эга бўлган N та битлардан ташкил топган. У ҳолда, КПС базаси (4.1-расм.) миқдор жиҳатидан ПТКК элементлари сонига тенг бўлади.

$$B = T / \tau_0 = N$$



4.1-расм. Частоталар спектрини тўғри кенгайтириш усули орқали КПСни шакллантириш

При скачкообразном изменении частоты несущей, производится быстрая перестройка выходной частоты синтезатора в соответствии с законом формирования ПСП (Рис.4.2).

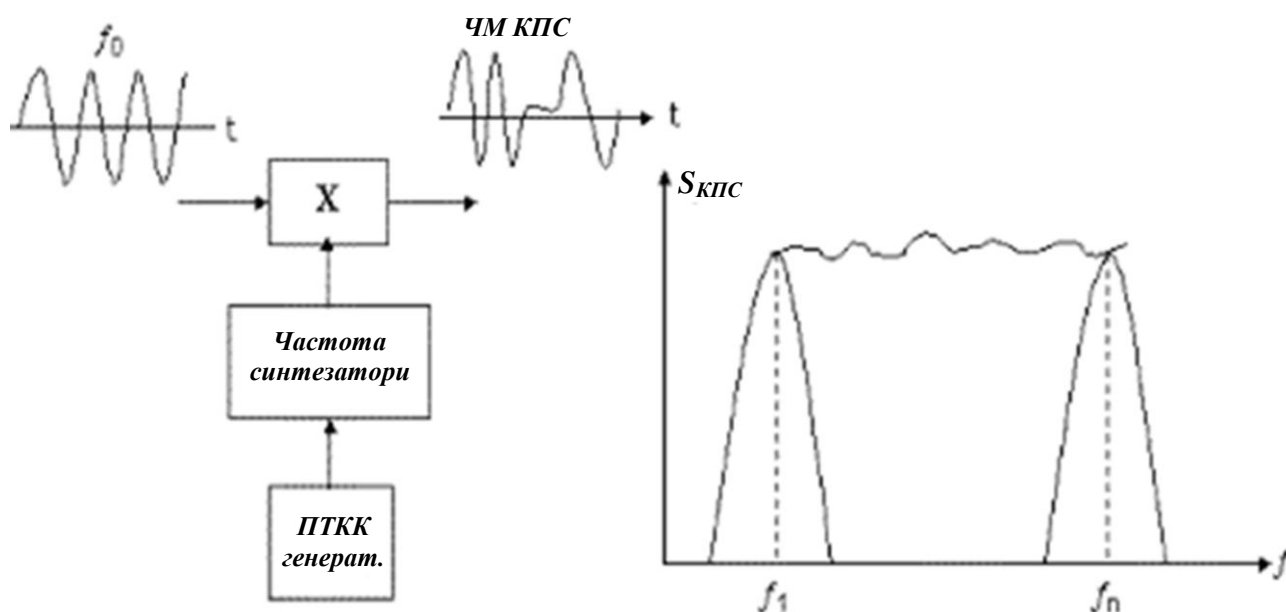
Ташувчи частотани сакрашсимон ўзгаришида, синтезаторнинг чиқиш частотаси ПТККни шакллантириш қонунига мувофиқ тез қайта созланиши амалга оширилади (4.2-расм).

КПСни қабул қилиш учун оптимал қабуллагич ишлатилади, у маълум параметрларли сигнал учун қуйидаги корреляцион интегрални ҳисоблайди:

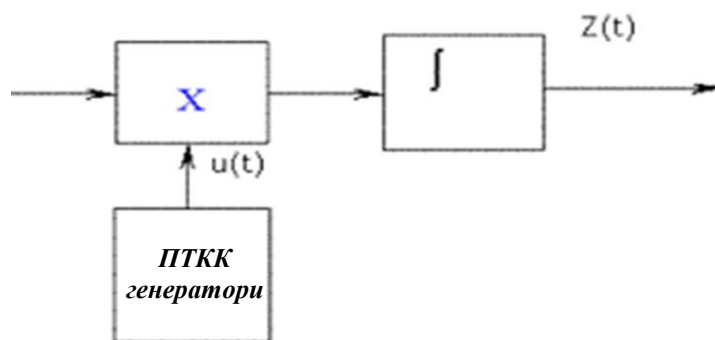
$$Z = \int_0^T X(t)u(t)dt,$$

бу ерда $X(t) - u_c(t)$ дастлабки сигнал ва $u_{ш}(t)$ шовқин йиғиндисидан иборат кириш сигнали.

Кейин Z қиймат Z_0 бўсаға билан таққосланади. Корреляцион интегрални ҳисоблаш коррелятор ёки мослаштирилган фильтр ёрдамида амалга оширилади (4.3-расм).



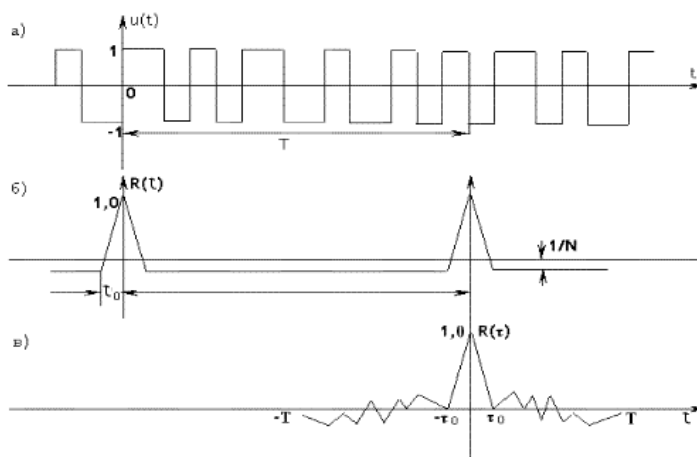
4.2-расм. Ташувчи частотани сакрашсимон ўзгартириш усули орқали КПСни шакллантириш



4.3-расм. КПС корреляцион қабуллағичи

Корреляторнинг функцияси кенг полосали кириш сигнални $1/T$ полосадан кейинги филтрлашли $u(t)$ эталон нусхага кўпайтириш йўли билан “сиқишдан” иборат. Бу корреляторнинг чиқишида сигнал\шовқин нисбатини киришга нисбатан V марттага оширишга имкон беради.

Корреляторга $x(t)$ кириш сигнали ва $u(t)$ таянч сигнали келганида чиқиш сигналнинг амплитудаси камаяди ва ПТКК элементининг давомийлигига тенг сурилишда “0” га тенг бўлиб қолади. Коррелятор чиқиш сигнали амплитудасини ўзгариши корреляцион функция тури орқали аниқланади. Кириш ва таянч ПТКК орасидаги сурилиш бўлмаганида у АКФ автокорреляцион функция, сурилиш бўлганида эса ЎКФ ўзаро корреляцион функция дейилади. $N=15$ ли M -кетма-кетликнинг тузилмаси (а), унинг даврий АКФнинг кўриниши (б) ва аperiодик, яъни вақт бўйича даврий такрорланмайдиган АКФ кўриниши (в) 4.4-расмда келтирилган.



4.4-расм. $N=15$ ли M -кетма-кетликнинг тузилмаси (а), даврий АКФ (б) ва аperiодик АКФ (в)

Келтирилгандан келиб чиқадики, “яхши” автокорреляцион” ва ўзар корреляцион функцияларли сигналларни танлаш, корреляцион қайта ишлаш (КПС ўрамалари) йўли билан сигналларни ажратилишини таъминлаш мумкин, бу алоқа каналларини кодли ажратишли тизимларни куришнинг асосий принципи ҳисобланади.

Амалда сотали алоқа тизимларида асосан спектрни тўғри кенгайтириш йўли билан олинандиган КПС ишлатилади, каналларни фарқлаш эса частоталар спектри полосасини кенгайтириш учун ишлатиландиган псевдотасодифий кетма-кетлик шакли орқали аниқланади. Бундай тарзда шакллантирилган радиосигнал фазавий манипуляцияланган КПС дейилади.

ПТКК турини танлаш сигналлар анисамблининг ўзаро ва автокорреляцион характеристикаларига. Унинг ҳажмига, қабуллагичда сигналларни шакллантириш ва “сиқиш” (ўраш) курилмаларини бажарилишининг оддийлигига боғлиқ бўлади. Санаб ўтилган шартларни чизиқли М-кетма-кетликлар ва уларнинг сегментлари қаноатлантиради, сигналлар ансамблини кенгайтириш учун эса кўпинча Уолш кетма-кетлиги кўшиладиган таркибий ПТККлар ишлатилади.

CDMA стандартидаги ҲСАТ тизимларини яратишнинг асосий муаммоси кичик габаритли, кам истеъмол қиладиган ва кўп функцияли КПС “сиқиш” курилмаларини бажарилиши ҳисобланади. Ҳозирги вақтга келиб бу муаммо турли фирмалар томонидан муваффақиятли ҳал этилмоқда, хусусан, Qualcomm америка фирмасининг таклифи бўйича АҚШда CDMAли МСАТ (ССМС) тизимлари учун IS-95 стандарти қабул қилинган. Европада RACE турли дастурларида CODI T (code Division testbed) лойиҳаси ишлаб чиқилган бўлиб, унинг асосий мақсади CDMA стандартида учинчи авлод ҲСАТ учун IMTS/FPLMTSни ишлатилиши имкониятидан иборат.

IS-95 стандартининг ўзига хос хусусиятлари. стандарта IS-95 стандарти CDMAли ҲСАТ Qualcomm фирмаси томонидан ишлаб чиқилган. Ишланманинг асосий мақсади аналог ССПОларга қараганда рақамли

ССПОларнинг сифimini бир тартибдан кам бўлмаганга оширишдан иборат бўлди. CDMA тизимига техник талаблар Алоқа саноати уюшмаси (TIA) томонидан қуйидаги стандартларда таърифланган:

| | | | |
|--|---|------|---------------------|
| IS-95 | - | CDMA | радиоинтерфейси |
| IS-96 | - | CDMA | нутқ хизматлари |
| IS-97 | - | CDMA | харакатдаги станция |
| IS-98 | - | CDMA | базавий станция |
| IS-99 - CDMA маълумотларни узатиш хизмати. | | | |

Тизим AMPS/DAMPS стандартларининг ХСАТ тармоқлари учун ажратилган 800 МГц диапазонда ишлаш учун мўлжалланган. Алоқанинг махфийлиги CDMAнинг технологик ўзига хос хусусияти ҳисобланади, шунинг учун хабарларни шифрлаш талаб қилинмайди.

IS-95 стандарти 64 та Уолш функциялари кетма-кетликлари асосида частоталар спектрини тўғри кенгайтиришни ишлатади. Нутқ хабарлари CELP алгоритми бўйича 8000 бит/с, каналда эса ҳалақитбардошликни ошириш учун қўшимча символларни ҳисобга олганда 9600 бит/с ўзгартириш тезлигида ўзгартирилади. Тизим 4800, 2400 ва 1200 бит/с тезликларда ишлаш режимларига рухсат этади. Тизимда “пастга” узатишда 1/2 тезликли, “юқорига” узатишда эса 1/3 тезликли ўрама кодлаш ишлатилади. Бундан ташқари, узатиладиган хабарларни навбатлаштириш, қабуллашда эса юмшоқ ечимли Витерби декодери қўлланилади.

CDMA Qualcomm стандарти алоқа канали 1,25 МГц полосани эгаллайди, асосий характеристиклари ва техник параметрлари эса 4.1-жадвалда келтирилган.

Қабуллашда турли кечикишлар билан келадиган қайтарилган сигналлар алоҳида қайта ишланади, кейин эса вазнли қўшиш амалга оширилади. Бундай қабуллаш процедураси кўп нурлилик самарасининг салбий таъсирини сезиларли камайтиради.

Сигналларни алоҳида қайта ишлаш учун ҳар бир қабуллаш каналида BTSда 4 та ва MSда 3 та коррелятор параллел ишлайди. Бундан ташқари,

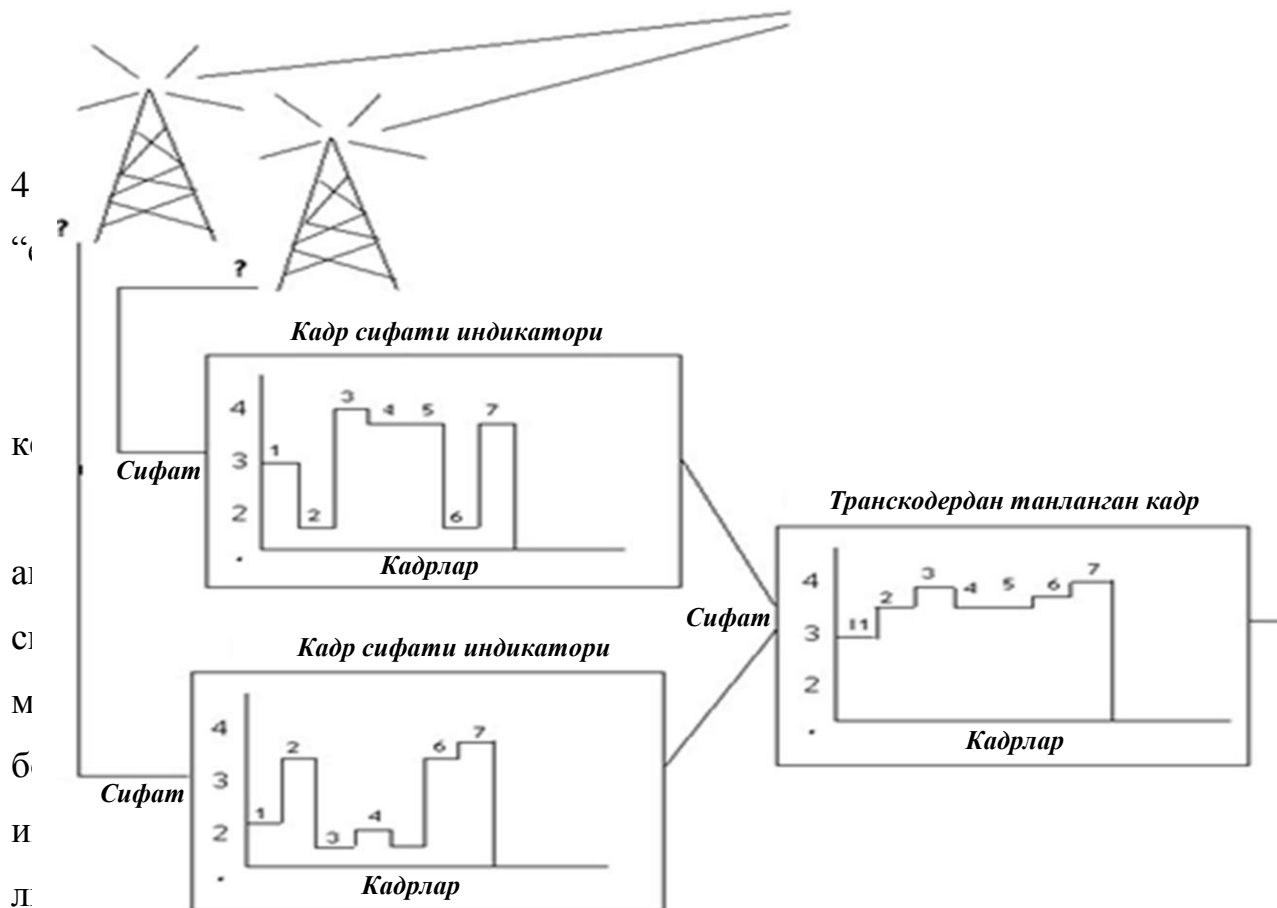
параллел ишлайдиган корреляторлар соталар кесиб ўтилганида “Эстафетали ўтиш” (Soft Handoff) юмшоқ режимини амалга оширишга имкон беради. Бу MSни иккита ва ундан ортиқ BTSлар орқали бошқариш ҳисобига бўлиб ўтади. Асосий қурилмалар таркибига ирадиган транскодер иккита BTSлардан сигналларни қабуллаш сифатини кадр-кадрга баҳолашни ўтказди (4.5-расм).

4.1-жадвал. CDMA Qualcomm стандартининг асосий характеристиклари ва техник параметрлари

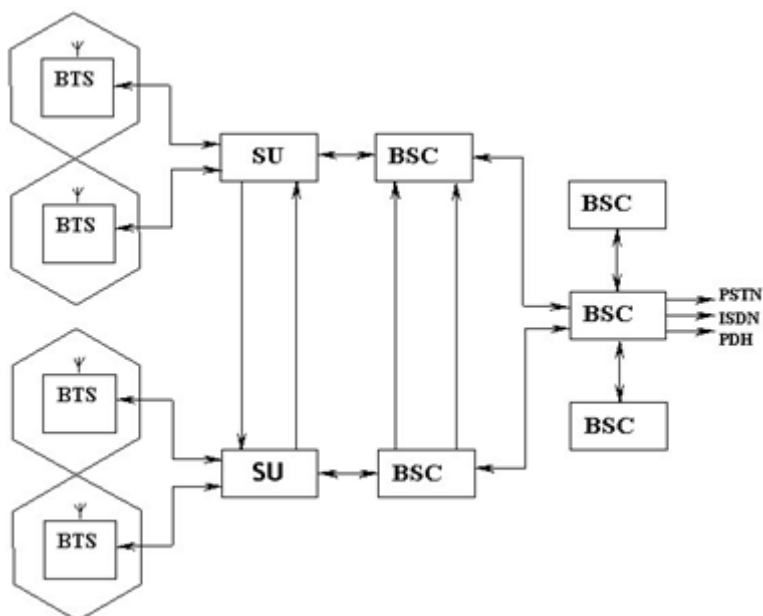
| | |
|---|--|
| MS узатиш частоталари диапазони | 824,040-848,970 МГц |
| BTS узатиш частоталари диапазони | 860,040-893,970 МГц |
| BTS ташувчи частотасининг нисбий ностабиллиги | $\pm 5 \cdot 10^{-8}$ |
| MS ташувчи частотасининг нисбий ностабиллиги | $\pm 2.5 \cdot 10^{-6}$ |
| Ташувчи частотани модуляциялаш тури | QPSK (BTS), O-QPSK(MS) |
| Нурлантириладиган сигнал спектри кенглиги минус 3 дБ сатҳ бўйича минус 40 дБ сатҳ бўйича ПТКК такт частотаси | 1,25 МГц 1,50 МГц 1,2288 МГц |
| ПТККдаги элементлар сони: BTS учун MS учун 1 ташувчи частотадаги BTS каналлари сони | 32768 бит $2^{42}-1$ бит 1 пилот канали 1 сигнализация канали 7 персонал чақирув каналлари 55 алоқа каналлари |
| MS каналлари сони | 1 уланиш канали 1 алоқа канали |
| Маълумотларни узатиш тезлиги | |

| | |
|---|--|
| синхронлаштириш каналида | 1200 бит/с |
| персонал чақирув ва уланиш каналида | 9600, 4800 бит/с |
| алоқа каналларида | 9600, 4800, 2400, 1200 бит/с |
| BTS узатиш каналларидаги кодлаш (канал синх., персонал радиочақирув, алоқа) | Ўрама код $r=1/2$, $K=9$ |
| MS узатиш каналларидаги кодлаш | Ўрама код $u=1/3$, $K=9$ 64-лик Уолш ортогонал сигналлари билан кодлаш |
| Қабуллаш учун талаб қилинадиган ахборот бити энергиясини шовқиннинг спектрал зичлигига нисбати (E_0N_0) | 6-7 дБ |
| BTS максимал самарали нурлантирадиган қувват | 50 Втгача |
| MS максимал самарали нурлантирадиган қувват | |
| 1-синф | 6,3 Вт |
| 2-синф | 2,5 Вт |
| 3-синф | 1,0 Вт |
| MS узаткичи қувватини бошқаришнинг аниқлиги | +/-0,5 дБ |

Энг яхши кадрни аниқлаш жараёни сифатида натижавий сигнални танлаш “Эстафетали узатишда” қатнашадиган турли базавий станциялардан қабул қилинадиган кадрларни узлуксиз коммутациялаш ва кейинги “елимлаш” йўли билан шакллантирилади. Бунда нутқ хабарларини қабул қилишнинг юқори сифати таъминланади ва бошқа стандартлар сотали алоқа тармоқларида ўз ўрнига эга бўлган алоқа сеансларидаги узилишлар йўқотилади.



Алоқани ўрнатилиши протоколлари CDMAда тўғри (forward), тескари (Reverse), “юқорига” узатиш канлларига бўлинадиган мантиқий каналларни ишлатади. IS-95 стандарти бундай каналларининг тузилмаси 4.7-расмда келтирилган.



BTS – базавий қабуллаш-узатиш станцияси;
BSC – базавий станция контроллери;
OMC – бошқариш ва хизмат кўрсатиш маркази;
SU – кадрни танлаш қурилмаси;
DB – абонентлар ва қурилмалари ҳақидаги маълумотлар омбори;
MSC – ҳаракатдаги алоқа коммутациялаш маркази.

4.6-расм. CDMA сотали ҳаракатдаги радиоалоқа тармоғининг тузилиш схемаси

Тўғри пилот канали MSни тармоқ билан синхронлаштириш ва BTS сигналларини вақт, частота ва фаза бўйича назорат қилиш учун хизмат қилади.

Синхронлаштириш канали BTSни, пилот сигнали нурланиши сатҳини, BTS ПТКК фазасини идентификациялаш учун ишлатилади. Санаб ўтилган синхронлаштириш босқичлари тугаганидан кейин боғланишни ўрнатилиши бошланади.

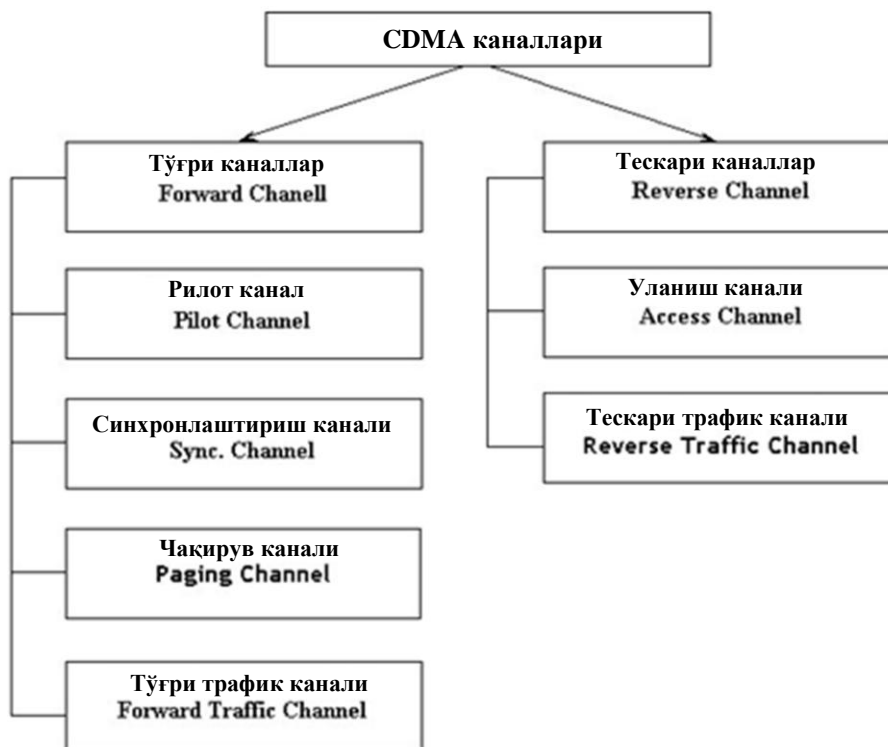
Чақирув канали бўйича MSни чақириш амалга оширилади. Чақирув сигналини олиниши бўйича MS тасдиқлаш сигналини BTSга узатади. Бундан кейин BTSдан боғланишни ўрнатилиши ва алоқа каналини тайинланиши ҳақида маълумот узатилади.

Канал фақат MSдан бутун тизим маълумотларини (частота несущей, тактовая частота, задержка сигнала по каналу синхронизации) олганидан кейин ишлай бошлайди.

Тўғри трафик канали нутқ хабарларини ва маълумотларни, шунингдек BTSдан MSга бошқариш маълумотларини узатиш учун хизмат қилади.

Агар MS трафик каналини ишлатмаса, у ҳолда BTS билан алоқани ташкил этиш учун тесқари уланиш канали хизмат қилади. Бу канал бўйича яна ўрнатма чақирувлар ва чақирув канали бўйича узатиладиган хабарларга

жавоблар ва тармоқда рўйхатдан ўтишга таъқиқлаш амалга оширилади.
Чақирув ва уланиш каналлари бирлаштирилади.



4.7-расм. CDMA IS-95 стандартидаги каналлар тузилмаси

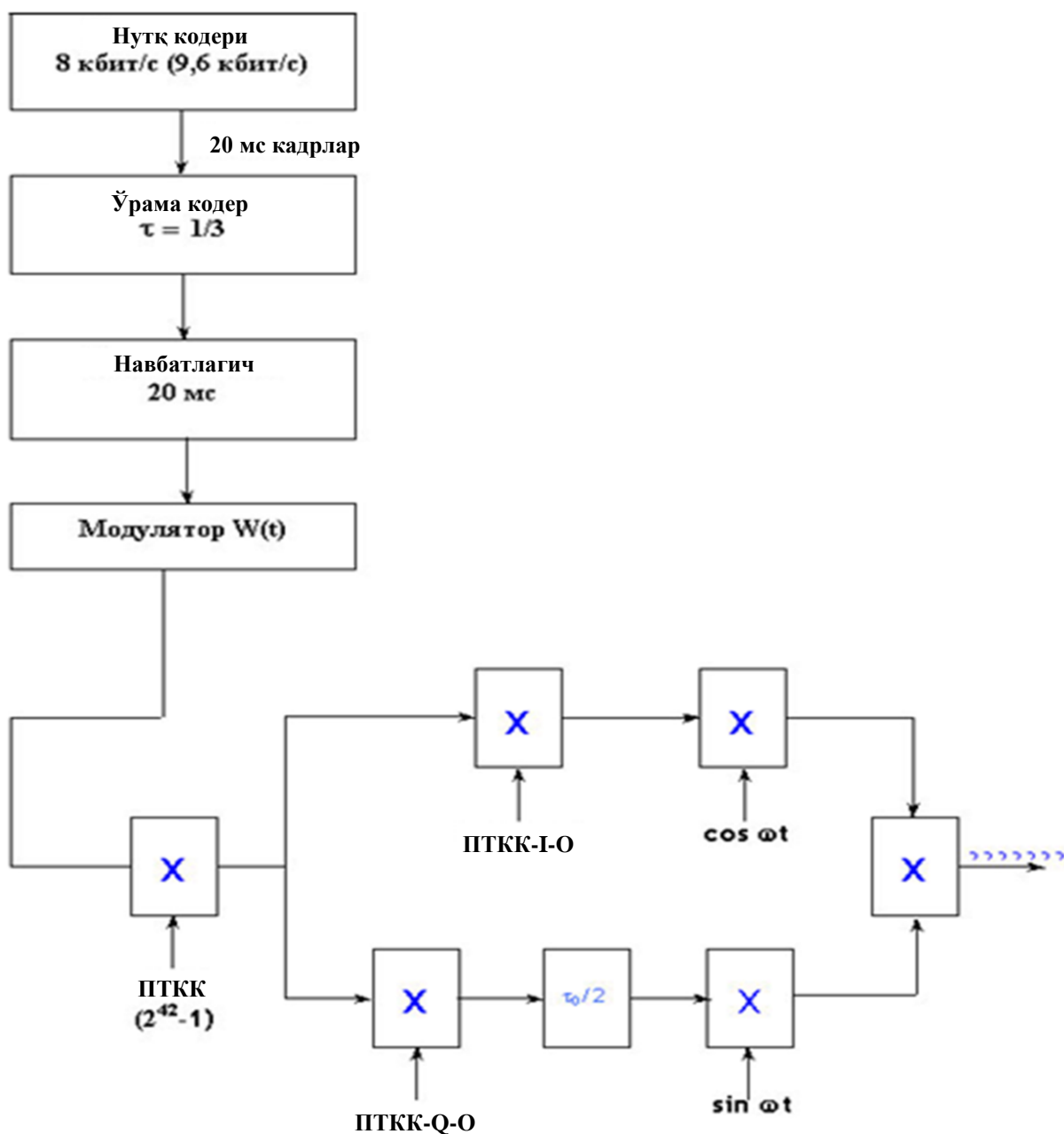
Тескари трафик канали бўйича нутқ хабарлари ва MSдан BTSга бошқариш маълумотлари узатилади.

BTSдаги каналлар сони 64 тани ташкил этади, улардан иккита канал синхронлаштириш учун, 7 таси персонал чақирув (Paging) учун, қолган 55 таси нутқ хабарларини узатиш учун ишлатилади.

BTSнинг барча 64 та каналлари ўша бир ПТККни ишлатади. Каналларни ажратиш учун 64 та ўзаро ортогонал Уолш кетма-кетликлари қўлланилади. Бу сабабга кўра битта BTS узатиш каналлари орасида ўзаро ҳалақитлар бўлмайди. Лекин ўша бир радиочастоталар полосасида ишлайдиган ва ўша бир ПТККни, лекин бошқа цикли сурилишли ишлатадиган қўшни BTSлар ҳосил қиладиган ҳалақитлар ўз ўрнига эга.

MSдан узатишда шунингдек каналларни ажратиш учун эмас, балки халақитбардошликни ошириш учун Уолш ортогонал кетма-кетликлари ишлатилади. Бунинг учун ахборот хабарларининг 6 та битларидан иборат ҳар бир гуруҳда узатишда мос равишда 64 та Уолш ортогонал кетма-кетликларидан биттаси қўйилади. MS сигналларини ажратиш турли цикли сурилишларли ПТККдан фойдаланиш йўли билан таъминланади.

Ҳаракатдаги станцияда сигнални шакллантириш 4.8-расмда, қабуллаш базавий станциясининг тузилиш схемаси эса 4.9-расмда келтирилган.

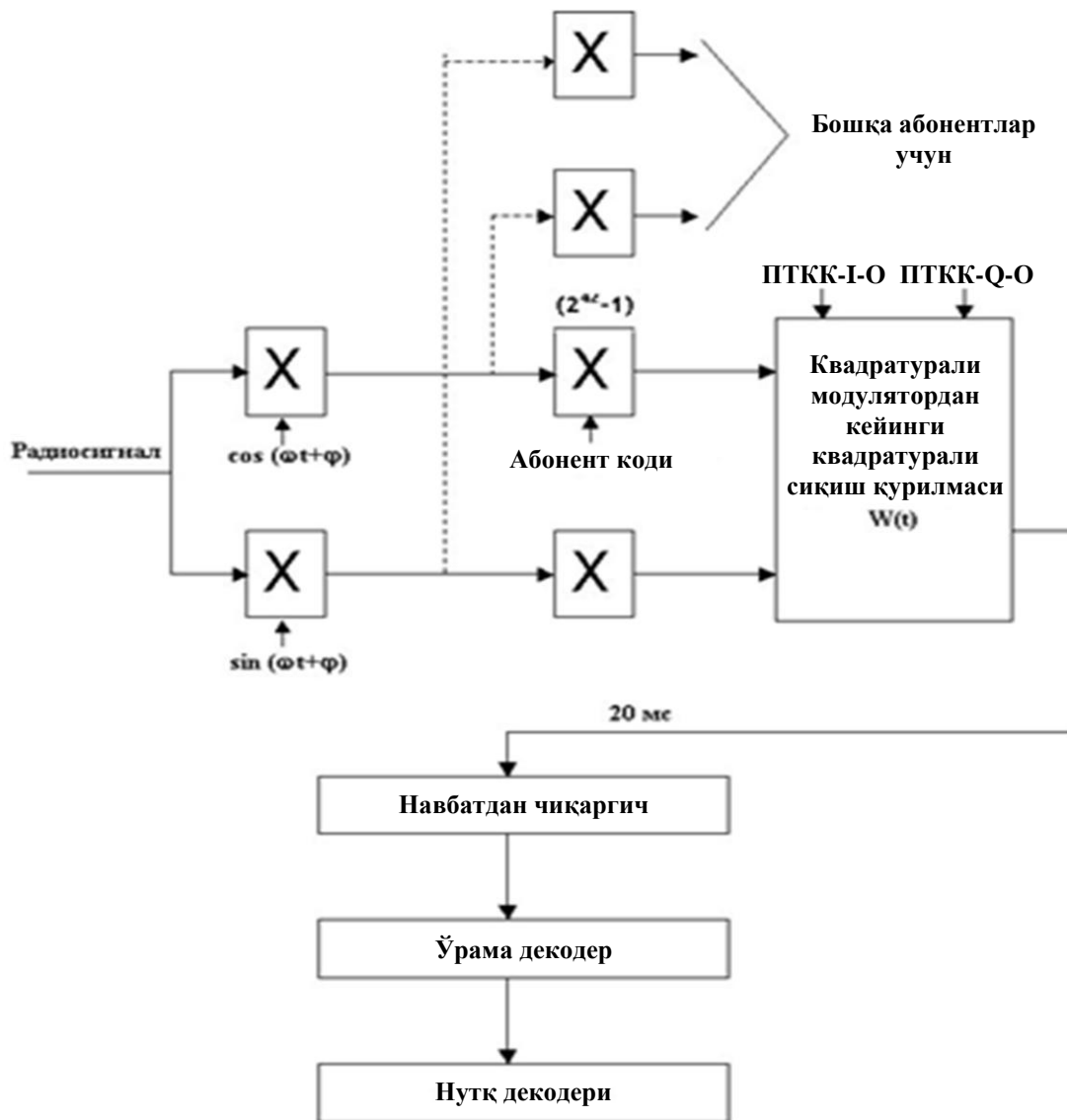


- $W(t)$ модулятор 6 битни $2^6=64$ та Уолш кетма-кетликларидан биттасига ўзгартиради;
- ПТКК-Q-O – барча ҳаракатдаги станциялар учун универсал кетма-кетлик;
- $T/\tau_0=128$.

4.8-расм. Ҳаракатдаги станция сигналинини шакллантириш

Қўши BTSлар ва бошқа MSлар ҳосил қиладиган ҳалақитлар сатҳи CDMA стандарти тармоғи ўтказиш қобилиятининг юқори бўсағасини аниқлайди.

CDMA тизими сотасидаги актив абонентлар сонини ҳисоблаш учун сатадаги барча k актив абонентлар F умумий частоталар полосасида ишлайди. Хабарларни узатиш тезлиги эса ўзгармас ва $C_{га}$ тенг деб кўзда тутилади. Бунда қабуллагичининг сезгирлиги $P_{0га}$, фон шовқини эса $P_{шга}$ тенг бўлади.



4.9-расм. Базавий станция қабуллагичининг тузилиш схемаси

Берилган дастлабки шартларда BTS қабуллагичи киришидаги сигнал/шовқин нисбати қуйидаги ифода орқали 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 станциялардан сигнал сатҳи.

Ўз навбатида, ахборот сигналининг бир бити E_0 энергиясини шовқиннинг N_0 спектрал зичлигига нисбати қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$\frac{E_0}{N_0} = \frac{P_0 / C}{[(k-1) \cdot P_0 + P_{\Sigma}] / F} = \frac{F / C}{(k-1) + P_{\Sigma} / P_0}$$

бу ерда $F/C = B = FT = F(1/C)$ ва $P_{ш} / P_0 \ll 1$.

У ҳолда барча MSлардан сигналлар сатҳлари BTS киришида тахминан тенг ва P_0 га яқин минимал шартда $k - 1 = B / (E_0/N_0)$ бўлади. Бу ердан келиб чиқадики, MS сигналлари қуввати сатҳини ростлаш жуда аниқ ва катта диапазонда бўлиши керак.

IS-95 стандартида MS сигнали қуввати сатҳи 84 дБ диапазонда 1 дБ кадам билан ростланади, бу BTS киришида сигнал сатҳини минималлаштиришга имкон беради. Бу ўз навбатида, тизимдаги ўзаро ҳалақитлар сатҳини камайтиради ва унинг сиғимини оширади.

CDMA Qualcomm тизимининг навбатдаги камчилиги бутун тармоқда ўлчамлари бўйича бир хил соталарнинг ишлатилиши зарурати ҳисобланади, чунки акс ҳолда турли ўлчамлардаги қўшни соталарда жойлашган ҳаракатдаги станциялар сигналларидан ўзаро ҳалақитлар вужудга келади. Бундан ташқари, бу “эстафетали узатиш” билан муаммоларга олиб келади.

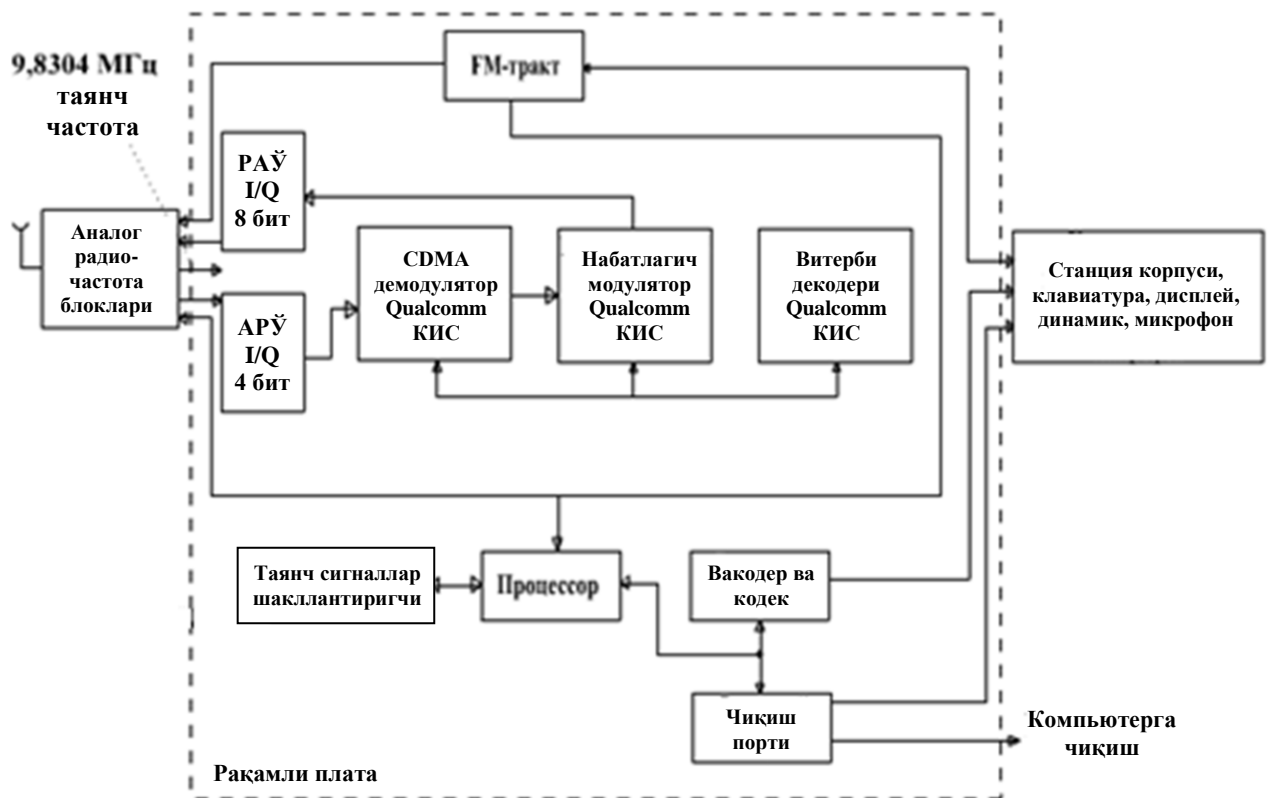
CDMAли тизимдаги ўзаро ҳалақитларни камайтириш, натижада тармоқнинг сиғимини ошириш усуллари билан бири нутқ активлиги детектори ва CELP алгоритми вокодердан, шунингдек аналог нутқ сигналинини рақамли нутқ сигналинини ўзгартиришнинг ўзгарувчан тезлигидан фойдаланиш асосидаги нутқни узлукли узатилишини қўлланилиши ҳисобланади.

IS-95 стандартида хабарларни узатиш кадрлаб амалга оширилади, ишлатиладиган қабуллаш технологияси эса ҳар бир ахборот кадридаги хатоликларни таҳлил қилишга имкон беради. Бунда, агар хатоликлар сони рухсат этилганидан ошса, у ҳолда бу кадр ўчирилади (frame erasure). Ўз навбатида, “битларни ўчирилиши частотаси” E_0/N_0 нисбат орқали аниқланади. Сотодаги актив абонентлар сони ортганида ўзаро ҳалақитлар туфайли E_0/N_0 нисбатлар камаяди, хатоликлар частотаси эса ортади. Бундай хатоликлар қийматларига умумий меъёрлар ҳали қабул қилинмаган ва шунинг учун турли ишлаб чиқарувчи фирмалар ўз рухсат этиладиган хатоликлар частоталари қийматларини қабул қилади. Масалан, Qualcomm фирмаси рухсат

этиладиган хатоликлар қийматини уч фоизга тенг ҳисоблайди, бунда CDMA тизимининг сиғими AMPSли тизимдагига қараганда 20...30 марттагача ортади. Ўз навбатида, Motorola фирмаси рухсат этиладиган хатоликлар қийматини бир фоизга тенг ҳисоблайди, у ҳолда CDMA тизимининг сиғими

Motorola фирмасининг маълумотларига кўра, $E_0/N_0=7...8$ дБ нисбатда ва бир фоиз рухсат этиладиган хатоликлар частотасида учта секторли сотади 60 тагача актив каналларни ташкил этиш мумкин.

IS-95 стандарти MSнинг ўзига хос хусусиятлари. IS-95 стандарти учун ишлаб чиқилган MS иккита режимли, яъни CDMA тармоғидан ташқари, мавжуд частотавий модуляцияли аналог стандартлар тармоқларида (AMPS) ҳам алоқани қўлланишига имкон беради. Бу CDMA абонентларига сезиларли авзалликларни беради, чунки мавжуд аналог сотали тармоқлар радио қамраб олишни таъминлайдиган жойларда MSни ишлатишга имкон беради. Бундай MSларнинг ўзига хос хусусиятлари мавжуд аналог стандартлар станцияларига сигналларга рақамли ишлов бериш функцияларини қўшилиши ҳисобланади. Qualcomm фирмасининг IS-95 стандартида бу функциялар битта қурилмага конструктив бирлаштирилган учта буюртма ЖКИСларда бажарилган. CDMA ҳаракатдаги станциясининг тузилиш схемаси 4.10-расмда келтирилган.



4.10-расм. CDMA ҳаракатдаги станциясининг тузилиш схемаси

IS-95 стандарти BTSнинг ўзига хос хусусиятлари. Бу стандартда BTSлар ҳам доиравий йўналтирилганлик диаграммасили антенналар билан, ҳам одатда 120-градусли секторли антенналар билан ишлаши мумкин. CDMA стандарт BTSнинг тузилиш схемаси 4.11-расмда келтирилган.

Бу ерда соталарда доиравий йўналтирилганлик диаграммасили антенналар, шу жумладан рақамли универсал каналлар блокларидан фойдаланиш кўзда тутилади, шунингдек улар ахборот ёки хизмат каналлари сифатида конфигурацияланиши мумкин. Тармоқнинг ишлашини синхронлаштириш учун жойни аниқлаш глобал тизими қабуллагичи – GPS қабуллагичи қўлланилади, унга яна таянч такт генератори ва секундли импульслар генератори ҳам киради.

Рақамли қайта ишлаш блокида шаклантирилган оралиқ частота сигнали қабуллаш-узатиш блокига берилади, бу ерда ташувчи частота

радиочастота сигналига ўзгартирилади. Кейин у қувват кучайтиргичида кучайтирилади ва радиочастота филътри орқали узатиш антеннасига берилади.

Қабуллашда қабуллаш антеннасида сигнал радиочастота филътрида жратилади, кам шовқинли кучайтиргичида кучайтирилади ва кейин оралик частота сигналига ўзгартирилади ва рақамли қайта ишлаш блокига берилади. Қабуллаш ва узатиш трактлари ажратилган, яъни қувват сумматорлари мавжуд эмас, бу қўшишдаги қувват йўқотилишини йўқотади.



4.11-расм. CDMA базавий станциясининг тузилиш схемаси

Талаб қилинадиган режимлар ва BTSнинг ишлаш алгоритмларини сота контроллери таъминлайди. Бундан ташқари, контроллер сотанинг ишлаши ҳақидаги статистик маълумотларни шакллантиради, шунингдек хабарларни рақамли линия бўйича тармоқ контроллери ва ҳаракатдаги

радиоалоқа коммутациялаш марказига узатиш учун каналлар блоклари портларини бирлаштирилишини бошқаради.

IS-95 стандартидаги хавфсизлик ва алоқанинг конфиденциаллиги.

IS-95 стандартида каналли кодлашдан фойдаланиш ва узатиладиган сигналлар 64 та Уолш кетма-кетликлари турлари ва 2^{15} , $(2^{42}-1)$ элементлар соними псевдо-тасодикий кетма-кетликлар асосида шакллантирилган таркибий КПСлар ёрдамида кейинги кенгайтириладиган навбатлаштириш билан хабарлар кадрлаб узатишга асосланган мураккаб радиоинтерфейснинг қўлланилиши узатиладиган хабарларнинг юқори хавфсизлиги даражасини таъминлашга имкон беради. Бундан ташқари, алоқанинг хавфсизлиги яна хабарларни аутентификациялаш ва шифрлаш процедуралари қўлланилиши орқали таъминланади.

Аутентификациялаш процедураси учун MSда ҳам каналлар частота бўйича ажратиладиган режимда, ҳам CDMA режимида ишлашда битта А калит ва битта умумий махфий маълумотлар тўплами сақланади. Аутентификациялаш 18 битдан иборат “рақамли имзони” узатилиши йўли билан амалга оширилади. У станцияни қидиришда тармоқ сўровига MS жавоби тариқасида хабарнинг бошида узатилади ва рўйхатга олиш хабарига ёки уланиш канали бўйича узатиладиган маълумотлар пакетига қўшилади. Умумий махфий маълумотлар аутентификацион тўпламини алмаштирилиши имконияти кўзда тутилмоқда.

Алоқа канали бўйича узатилиши керак бўладиган хабарларни шифрлаш IS-54 стандартига мувофиқ амалга оширилади. Бундан ташқари, “Алоқанинг хусусий характери” режими бўлиши мумкин, бунинг учун IS-54 стандартида тавсифланганига ўхшаш узун код кўринишидаги махфий ниқоб кўзда тутилмоқда.

Алоқанинг энг юқори конфиденциаллиги расшифровкалаш бир неча етарлича тер тўкиб ишлашни тлаб қиладиган кўп поғонали кодлаш билан шартланади. Агар аналог стандартлар сигналларини дўконларда эркин сотиладигана энг оддий ўлчаш қабуллагичлари орқали яширин эшитиш

мумкин бўлса, у ҳолда GSM ва DAMPS стандартлари сигналларини эфирдан яширин эшитиш учун энди такомиллашганроқ радионазорат аппаратуралари етказиб берилди.

CDMA технологияси сигналларини эфирда аниқлаш қандай бўлади. Уларнинг оширилган криптобарқарорлиги ва шовқин остига яширинганлиги туфайли бк вазифа ўта қийин ҳисобланади. Қизиқарлики, криптобарқарорлик, ҳалақитбардошлик ва ҳалқитлардан ҳимояланганлик каби сифатлар бирлиги пасайтирилган аккумуляторлар батареяси сиғимининг сарфланиши билан биргаликда куч тузилмалари ва идоралар эҳтиёжлари учун CDMA технологиясисини қўлланилиши мақсадга мувофик бўлар эди.

IS-95 стандарти модификациялари. IS-95 стандартига асосланадиган замонави тармоқлар (4.12-расм) 9,6 кбит/с (кодлашли) ва 14,4 кбит/с (кодлашсиз) тезликларда сигнални узатилишини таъминлайди, у ҳолда дастлабки cdmaOne спецификациялар 8 кбит/с, 13 кбит/с ва 8 кбит/с EVRC (Enhanced Variable Rate Vocoder) узатиш тезликларини кўзда тутган.



4.2-расм. IS-95 стандарти тармоқлари

Ҳозирги вақтда ҳамма жойларда стандартнинг IS-95A версияси қўлланилмоқда.

IS-95B версия тўғри йўналишда (базавий станциядан мобил станцияга) ташкил этиладиган бир неча CDMA каналларини бирлаштиришга асосланган. Тезлик 28,8 кбит/сгача (14,4 кбит/сдан иккита каналларни бирлаштиришда) ёки 115,2 кбит/сгача (8 каналов по 14,4 кбит/сдан 8 та каналарни бирлаштиришда) ортиши мумкин. Лекин пакетли узатиш хизматларини тақдим этиш учун базавий станция контроллерини маршрутизатор билан жиҳозлаш керак. Бу стандартнинг спецификацияларида абонентнинг битта базавий станциядан бошқасига ўтишида йўқотишларни камайтириш ҳисобига хизмат кўрсатиш характеристикаларини сифатли яхшилаш, шунингдек қувватни назорат қилишнинг аниқлигини 0,25 дБгача ошириш, устувор уланиш каналларини ташкил этиш ва бошқа такомиллаштиришлар кўзда тутилган.

Назорат саволлари

1. CDMAасосий принципи нимада?
2. CDMA стандартининг асосий характеристикалари ва техник параметрларини келтиринг ва “Эстафетали узатиш” юмшоқ режими қандай таъминланади?
3. CDMA стандарти сотали ҳаракатдаги радиоалоқа тармоғининг тузилиш схемасини келтиринг ва уни тушунтиринг.
4. IS-95 CDMA стандартидаги алоқа каналларининг тузилмасини ва IS-95 CDMA стандартидаги ҳаракатдаги станция сигналининг шакллантирилишини келтиринг ва тушунтиринг.
5. Базавий станция қабуллагичининг тузилиш схемасини келтиринг ва уни тушунтиринг.
6. IS-95 стандарти MSнинг ўзиган хос хусусиятлари нималардан иборат.
7. IS-95 стандарти BTSнинг ўзиган хос хусусиятлари нималардан иборат.

8. IS-95 стандартида хавфсизлик ва алоқанинг конфиденциаллиги қандай таъминланади.

9. IS-95A стандарти версияси деганда нима тушунилади?

10. IS-95B стандарти версияси деганда нима тушунилади?

GPRS технологияси

5-маъруза

GPRS тармоғи архитектураси

GPRS физик сатҳи

GPRS тизимида узатишни бошқариш

GPRS хизматлари

GPRS протоколи архитектураси

GGSN терминаллари

GPRS (General Packet Radio Service) маълумотларни пакетли радиоузатиш хизматларининг киритилиши GSM стандарт тизимни сезиларли яхшиланиши ва кенгайтирилиши бўлди. Унинг вужудга келиши сабабларидан бири GSM тармоқларидаги паст маълумотларни узатиш тезлиги бўлди, боғланишни ўрнатилиши вақти эса жуда катта бўлган.

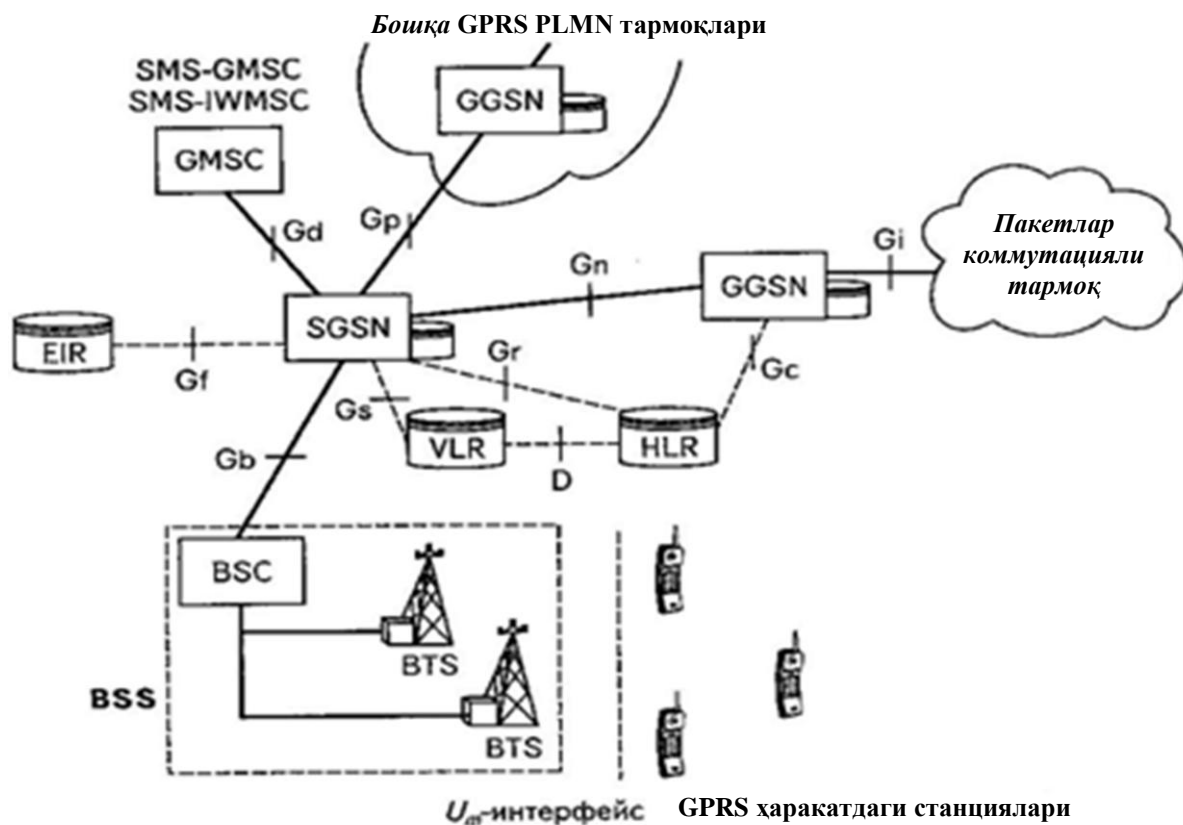
Каналлар коммутацияланадиган тармоқ бўйича маълумотларни узатилиши пакетли узатилишига ва трафикнинг асимметрик характериға мос келмади, бу тизимнинг мавжуд ресурсларини самарасиз ишлатилишиға олиб келди. Якунда пакетлар коммутацияланадиган маълумотларни узатилишини қўлланилишиға қарор қабул қилинди. Натижада бундай режимда абонентлар ўша бир физик каналларни ишлатиш имкониятини олди, тизим ресурслари эса статистик мультимплекслаш туфайли самаралироқ тақсимланади.

Пакетли коммутациялашнинг қўлланилиши натижаси узатилган маълумотлар пакетлари сонига асосланадиган хизматларға тўлов принципи ҳисобланади. Сессия етарлича узоқ давом этиши мумкин, лекин фойдаланувчи фақат узатилган маълумотлар ҳажмиға тўлайди.

GPRS тизимининг архитектураси. 5.1-расмда GPRS тармоғининг архитектураси келтирилган.

GPRS хизматларининг киритилиши GSM қоплама тармоғини пайдо бўлишига олиб келади. Янги тизим GSMнинг кўплаб ресурсларни ишлатади, лекин асосий тармоқ элементлари бир-бирлари билан асосида IP протоколи ётадиган алоҳида таянч тармоғи ёрдамида боғланган. GPRS тармоғидаги асосий янги элементлар GPRSни (GPRS Support Nodes - GSN) қўллаш тугунлари ҳисобланади. Улар маълумотлар пакетларини етказилишини таъминлайди ва уларнинг ҳаракатдаги станция ва пакетлар коммутацияланадиган ташқи тармоқлар орасидаги маршрутини аниқлайди.

GPRSни жорий қўллаш тугуни (Serving GPRS Support Node - SGSN) етказилишга ва ўз хизмат кўрсатиш зонасида пакетларни олинишига жавоб беради. У оддий тизимида ҳаракатдаги алоқа коммутациялаш маркази каби тарзда ишлайди. SGSN узатиладиган пакетларнинг маршрутини аниқлайди ва уларни мос тугунларга қайта узатади. Бундан ташқари, у ҳаракатдаги станциянинг ҳаракатланишини назорат қилади ва мантиқий каналларни бошқрилишига жавоб беради. SGSN ҳаракатдаги станциянинг аутентификацияланишига жавоб беради ва бу SGSNда жойлашиш ўрни регистрида рўйхатдан ўтган GPRS хизматлари абонентлари ҳақидаги маълумотларни сақлайди. Бу маълумотлар жорий сота индекси, жорий VLR регистр, шунингдек халқаро идентификацион номер (IMSI) ва пакетлар коммутацияланадиган тармоқдаги абонентнинг манзилидан иборат бўлган абонентнинг профилини ўз ичига олади.



5.1-расм. GPRS тармоғининг архитектураси

GPRS шлюзли қўллаш тугуни (Gateway GPRS Support Node - GGSN) GPRS таянч тармоғи ва пакетлар коммутацияланадиган ташқи тармоқлар орасидаги интерфейсни таъминлайди. Бу тугун GPRS-пакетларни бу пакет жўнатиладиган тармоқнинг турига боғлиқ бўлган мос пакетли маълумотлар протоколи (Packet Data Protocol - PDP) форматига ўзгартиради. Ўзгартиришдан кейин пакетлар жўнатиш тармоғига узатилади. Ташқи тармоқлардан келадиган пакетларни қайта ишлаш PDP форматдан манзилни GSM форматга ўзгартириш ва қайта ишланган пакетларни мос SGSN тугунига узатишдан иборат. Бунинг учун SGSN тугуни ўз жойлашиш ўрни регистрдан ва унга хизмат кўрсатадиган жорий SGSN тугунидан абонентнинг сақланган профилини сўрайди. GPRS тизими пакетлар коммутацияланадиган бир неча турлардаги ташқи тармоқлар билан ўзаро таъсирлашишни таъминлайди, шунинг учун бир неча SGSN тугунлари турлари мавжуд. Бошқа томондан, битта SGSN тугуни ўз пакетларини турли

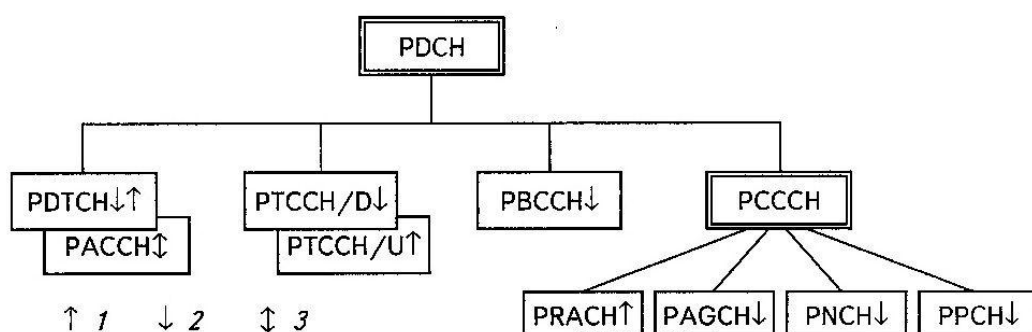
хизмат кўрсатиш зоналарига жавоб берадиган бир неча SGSN тугунларига жўнатиши мумкин.

HLR регистрида ўз GSM тизимида рўйхатдан ўтган барча GPRS-фойдаланувчилар ҳақидаги маълумотлар сақланади. Улар фойдаланувчининг профили ва унинг жорий SGSN- ва PDP-манзилларини ўз ичига олади. Маълумотлар ҳар бир марта, фойдаланувчи янги SGSN тугунда рўйхатдан ўтганида янгиланади. MSC билан бирлаштирилган VLR регистри (MSC/VLR) GSM стандарт тизимдагига қараганда кўп сонли функцияларни бажаради. У GPRS каналлари ва пакетлар коммутацияланадиган оддий GSM тармоқларининг ўзаро таъсирлашини амалга оширишга имкон беради. SGSN тугуни амалга оширадиган бундай хизматга MSC/VLR ва SGSN орасида маълумотларни алмашлаш бўлиб ўтадиган каналлар коммутацияланадиган тармоқдаги чактрув учун пейжинг мисол бўлади. MSC/VLR регистрида ҳам GSM ва GPRS хизматларига обуна бўлган абуентлар ҳақидаги жорий маълумотларнинг янгиланиши бўлиб ўтади. GPRS тизими шунингдек SMS-хабарларни узатилишига имкон беради. Бунинг учун SMS-GMSC ва ёки SMS-IWMSC блоклари ва мос SGSN тугуни орасида маълумотларни алмашлаш амалга оширилади.

GPRS тизимининг барча блоклари GSM тизимининг блоклари билан мос стандартлаштирилган интерфейслар орқали боғланган. Таъкидланганидек, барча GPRS тугунлари IP-протоколдан фойдаланиш орқали таянч тармоғига боғланган. Узатиладиган пакетлар GSN тугунлари орқали конвертацияланади ва GPRS туннеллаштириш протоколи (GPRS Tunneling Protocol - GTP) ёрдамида мос тармоқ тугунига узатилади. GPRS тизимининг тугунлари ўз тармоғи билан ички таянч тармоғи (intra PLMN backbone network) ёрдамида боғланган. Ташқи PLMN-тармоқлар билан боғланиш ташқи таянч тармоғи (inter PLMN backbone network) ёрдамида амалга оширилади. Оддий GSM-тармоқларидаги каби турли тармоқлар орасида маълумотларни алмашлаш учун GPRS хизматларини етказиб берувчилар орасида роуминг ҳақида келишув тузилиши зарур. Тармоқлараро inter-PLMN-ўзаро таъсирлашиш

тармоқларни рухсат этилмаган уланишдан ҳимоялайдиган чегаравий шлюзлар (border gateways) орқали амалга оширилади.

GPRS физик даражаси GSM стандарт тизимининг физик даражасига жуда ўхшайди. Шунга қарамай, пакетли узатиш ва трафик асимметрияси унга бир канча ўзгартиришлар ва тўлдиришларни киритилишини талаб қилди. Аввало, GPRS тизими кўп слотли режимда ишлашни кўзда тутди, бунда битта ҳаракатдаги станцияга кадрдаги саккизтагача вақт слотлари ажратилиши мумкин. Пакетли трафикнинг асимметриклиги шунга олиб келадики, юқорига ва пастга алоқа линияларига сезиларли ресурслар ажратилади. Каналнинг ажратилиши фақат пакетни узатилиши ёки қабулланиши вақтига амалга оширилади. Кетма-кет пакетларни узатилиши орасидаги ораликларда бу канал бошқа ҳаракатдаги станциялар орқали ишлатилиши мумкин. Шундай тарзда талаб бўйича сиғим қондаси бажарилади. Бу ажратилган физик каналлар сони трафикнинг интенсивлиги, хизматлар устуворлиги ва кўп слотли ишлаш режими синфи функцияси ҳисобланишини билдиради. Физик каналлар GSM ва GPRS тизимлар билан биргаликда ишлатилиши мумкин.



5.2-расм. Пакетли маълумотлар узатиш каналининг тузилмаси

Асосий GPRS изик канали пакетли маълумотларни узатиш канали (Packet Data Channel - PDCH) дейилади. GPRSда бир неча мантиқий каналлар қўлланилади (5.2-расм). Улар қуйидаги функцияларни бажаради:

- пакетли маълумотлар трафиги канали (ингл. Packet Data Traffic Channel - PDTCH) фойдаланиш маълумотларини узатиш учун ишлатилади. Битта GPRS-терминалга бир ёки бир неча PPDTCH каналлари ажратилиши мумкин;
- кенг узатишли бошқариш канали (ингл. Packet Broadcast Control Channel - PBCCH) базавий станция орқали GPRS ва GSMни ташкил этилиши ҳақида ўз сотасининг барча ҳаракатдаги станцияларини огоҳлантириш учун ишлатилади;
- умумий пакетли бошқариш канали (ингл. Packet Common Control Channel - PCCCH) қуйидаги каналларни ўз ичига олади:
 - тасодикий уланиш пакетли канали (ингл. Packet Random Access Channel – PRACH) бир ёки бир неча PPDTCH каналларини сўраш учун ҳаракатдаги станциялар орқали ишлатилади;
 - уланишни тақдим этиш пакетли канали (ингл. Packet Access Grant Channel - PAGCH) бир ёки бир неча PPTCH каналларини ҳаракатдаги станцияга ажратилиши ҳақида тасдиқлашни узатиш учун ишлатилади;
 - пакетли чақирув канали (ингл. Packet Paging Channel - PPCH) талаб қилинадиган ҳаракатдаги станцияни чақириш ва жорий моментда у бўлган сотани аниқлаш учун базавий станция орқали ишлатилади;
 - огоҳлантириш пакетли канали (ингл. Packet Notification Channel - PNCH) ҳаракатдаги станцияни кўп манзилли (multicast) хабарлар ёки гуруҳли чақирувларнинг мавжудлиги ҳақида огоҳлантириш учун мўлжалланган;
 - пакет уюштирилган бошқариш канали (ингл. Packet Associated Control Channel - PACCH) ҳаракатдаги станция ишлатадиган бир ёки ундан ортиқ PDTCH каналлари билан боғлиқ бўлган бошқариш маълумотларини узатиш учун қўлланилади. Бу иккита йўналишли канал;
 - қабуллаш/узатишни кесувчиларни қайта уланишини бошқариш пакетли канали (ингл. Packet Timing Advance Control Channel - PTACC/U ва PTACC/D) кадрнинг вақт бўйича сурилишини сошлаш, бу билан кадрли синхронлаштиришни таъминлаш учун юқорига (U) ва пастга (D) алоқа линияларида ишлатилади.

Тармоқда рўйхатдан ўтишга уриниш билан ҳаракатдаги станция РВССН каналлини, кейин эса РСССН каналлини қидиради. Улар бўлмаганида станция яна сотада мавжуд бўлган оддий GSM тизимининг ВССН ва СССН каналларини қидиришни бажаради.

GPRSда ишлатиладиган мантиқий пакетли каналлар GSM стандарт тизимида қилинганига ўхшаш GPRS тизими физик даражаси физик каналлари бўйича тақсимланган. Шундай бўлсада, айрим фарқларни таъкидлаш керак бўлади. GSM/GPRS тармоқларда мантиқий каналларни узатиш учун 52-кадрли мультикадр (классик GSM даги 26-лик ва 51-нчи кадрли мультикадрлардан фарқли равишда) ташкил этилади. GPRS учун мультикадрнинг тузилмаси 5.3-расмда келтирилган.



*X – бўш кадрлар
T – РТССН каналлини узатиш учун кадрлар
B0-B11 – радиоблоклар*

5.3-расм. GPRSда ишлатиладиган 52-кадрли мультикадр

GPRS мультикадрида тўртта кетма-кет кадрлар блокни ташкил этади. Каналли кодлаш нуқтаи назаридан блок ягона бўлиб қолади. Мультикадр 12 та блоклардан (B0 - B11) ташкил топган. Иккита кадрлар банд эмас, яна иккита кадр вақт бўйича сурилишни янгилаш учун ишлатилади. GSMда битта меъёрдаги пакет фойдаланиш маълумотларининг 114 битларини ташийди. Шундай қилиб, тўртта кадрлардан ташкил топган блок $4 \times 114 = 456$ битлардан иборат бўлади ва GPRSда ишлатиладиган ҳар бир кодлаш схемаси 456-битли блокни пайдо бўлишига олиб келади.

GSM стандартида каналлар вақт бўйича ажратиладиган кўп станцияли уланиш (TDMA) қабул қилинган. TDMA тузилмасидаги даврий кетма-кетлик гиперкадр номини олди. У 2048 та суперкадрларга бўлинади. Ўз навбатида, суперкадр кадрларнинг ўзидан иборат бўлган мультикадрлардан ташкил

топган. TDMA-кадр тайм-слотлар (ойналар) дейиладиган саккизта вақт позицияларига бўлинади.

Классик GSMда мобил станция TDMA-кадрдаги битта тайм-слотни эгаллаш ҳуқуқига эга. Шунинг учун GSM тармоқларидаги маълумотларни узатиш тезлиги чекланган. Каналнинг сиғими сотанинг физик каналлари каналларни коммутациялаш ва пакетларни коммутациялаш режимида ишлатиш учун динамик тайинланадиган талаблар бўйича тақдим этилади.

Бу ерда вазиятга боғлиқ равишда маълумотларни узатиш учун базавий станция мобил станцияга кадрда 0 дан 8 гача бўлган ихтиёрий тайм-слотлар сонини ажратади. Бинобарин, ресурсларни асимметрик тайинлаш мумкин бўлади, яъни пакетли узатиш вақтида “юқорига” ва “пастга” алоқа линиялари ресурслари мустақил берилади. Бу ерда up “юқорига” мобил терминалдан базавий станцияга, down “пастга” базавий станциядан мобил терминалга ҳисобланади.

Исталган алоқа канали, маълумки, ноидеал шароитларда бўлади, шкнинг учун GSMда ортиқча кодлаш ишлатилади. Шу билан бирга GPRS технологиясида CS1дан CS4гач 4 та маълумотларни кодлаш схемалари бўлиши мумкин (5.1-жадвал). Кодлаш схемасини танлаш тармоқ таъминлаган каналнинг ҳолатига (телефон ва станция орасидаги алоқанинг сифатига) боғлиқ бўлади. Агар каналда жуда кўп ҳалақитлар бўлса ёки у ўта юкланган бўлса, тармоқ юқорироқ ишончлиликни таъминлаш учун CS-1ни ишлатиши мумкин, бу ҳолда маълумотларни узатиш атиги тайм-слотда 9.05 kbit/s бўлади. Агар канал яхши ҳолатни таъминласа, тармоқоптимал тезликни олиш учун CS-3 ёки CS-4ни ишлатиши мумкин ва у ҳолда тайм-слотда 21.4 kbit/sгачага эга бўлади (5.4-расм).

5.1-расм. GPRSдаги кодлаш схемалари

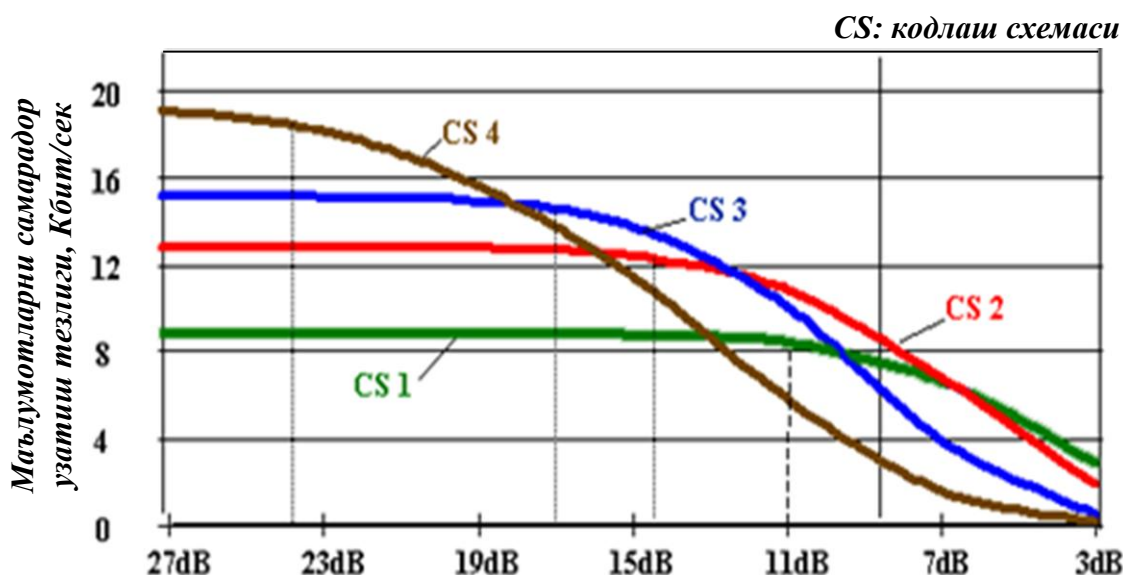
| Channel Coding Scheme | CS-1 | CS-2 | CS-3 | CS-4 |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Pre-cod. USF | 3 | 6 | 6 | 12 |

| | | | | |
|---|-----------|------------|------------|------------|
| Infobits without USF | 181 | 268 | 312 | 428 |
| Parity bits BC | 40 | 16 | 16 | 16 |
| Tail bits | 4 | 4 | 4 | - |
| Output conv encoder | 456 | 588 | 676 | 456 |
| Punctured bits | 0 | 132 | 220 | - |
| Code rate | 1/2 | ~2/3 | ~3/4 | 1 |
| Data rate kbit/s | 9.05 | 13.4 | 15.6 | 21.4 |
| Maximum data speed with 8 time-slots | 72.4 kb/s | 107.2 kb/s | 124.8 kb/s | 171.2 kb/s |

Барча тўртта схемалар пакетли трафик каналларида ишлатилади, CS-1 схема эса яна сигнализация каналлари хатоликларидан (PRACHдан ташқари) ҳимоялаш учун ишлатилади.

Турли кодлаш схемалари ва маълумотларни узатиш тезликлари мос хизмат кўрсатиш сифати (Quality of Service - QoS) орқали характерланадиган бутун турли хизматлар тўпламини тақдим этишга имкон беради. Хизмат кўрсатиш сифатига талаблар аниқ бир қўлланишга кучли боғлиқ бўлади. GPRS тизимда QoS профиллари хизматлар устуворлиги, ишончлилик, кечикиш ва ўтказиш қобилияти каби қатор параметрлар асосида шакллантирилган.

Ўтказиш қобилияти параметри маълумотларни максимал ва ўртача узатиш тезликларини аниқлайди. Хизматлар турига боғлиқ равишда пакетнинг турли йўқотилиши, такрорланиши ва шикастланиши эҳтимолликларига рухсат этилади. Юқорида кўрсатилган аниқ қийматлар билан характерланадиган учта ишончлилик синфлари ниқланган. Шунга ўхшаш учта йўл қўйиладиган кечикиш синфлари ўрнатилган.



5.4-расм. GPRSда узатиш тезлигини сигнал/ҳалақитлар нисбатига боғлиқлиги

Мобил абонент талаб қилинадиган хизматга ва жрий моментда мумкин бўлган тармоқ ресурсларига боғлиқ равишда ҳар бир янги маълумотларни узатиш сессиясини ўтказиш учун унга талаб қилинадиган QoS-профилни танлаши мумкин.

GPRS тизимида узатишни бошқариш. GPRS тизимда узатишни бошлашдан олдин маълумотларни алмашлашга ҳаракатдаги станция ва тармоқни тайёрлаш учун айрим махсус процедураларни бажариш зарур. Аввало, ҳаракатдаги станция унинг жойлашиш ҳудудига хизмат кўрсатадиган SGSN тугунда рўйхатдан ўтиши керак. Бу процедура GPRS-уланиш (GPRS Attach) дейилади. Тармоқ фойдаланувчини аутентификациялашни амалга оширади, SGSNдаги HLR реестрдан фойдаланувчи ҳақидаги маълумотларни қайта узатади ва фойдаланувчига вақтинчалик мобил абонент пакетли идентификацион номерини (Packet Temporary Mobile Subscriber Identity - PTMSI) ажратади. Айрим ҳаракатдаги станциялар синфлари учун қўшма GSM/GPRS-рўйхатдан ўтказиш амалга оширилади.

GPRS-боғланиш процедураси бошлангунча ҳаракатдаги станция GPRS тармоғида кўринмайди ва ишлашсиз (idle) ҳолатда бўлади. Тармоқ билан улангандан кейин MS тайёрлик (ready) режимига ўтади, бунда у ҳар бир янги сотага ҳаракатланганидан кейин SGSNга маълумотларни жўнатади. Шундай қилиб, ҳаракатдаги станциянинг тайёрлик режимидagi жойлашиш ўрни аниқ бир сотагача аниқликда маълум бўлади. Тайёрлик ҳолатида MS мос маълумотларни алмашлаш уютирилганидан кейин пакетларни узатиш ва қабул қилиши мумкин. Агар ҳаракатдаги станция қандайдир вақт мобайнида маълумотлар пакетларини узатмаса ва қабул қилмаса, у кутиш (standby) режимига ўтади. MSнинг кутиш режимидagi жойлашиш ўрни маршрутлаштириш соҳаси (Routing Area - RA) дейиладиган соталар гуруҳигача аниқликда кузатиб борилади. Ҳаракатдаги станцияга кутиш режимидa пакетни жўнатиш учун у жойлашган сотани аниқлаш учун чақирув бажарилади.

Пакетларни алмашлаш пакeтли маълумотларни алмашлаш протоколидан (Packet Data Protocol - PDP) фойдаланиш билан амалга оширилади. MS – пакетлар коммутацияланадиган тармоқ пакетларни алмашлашни бошлаш (масалан, IP ёки X.25 протоколлари асосида) учун ҳаракатдаги станция бу тармоқда манзил дейиладиган PDP-манзилни олади. Кейин ҳар бир сессия учун PDP-нимматн ҳосил қилинади. Бу нимматн PDP пртоколи тури, ҳаракатдаги станциянинг PDP-манзили, талаб қилинадиган QoS ва GPRS тизимини мос маълумотларни узатиш тармоғи билан боғлайдиган шлюзли GSN (GGSN) манзилидан иборат бўлади. Нимматн бир неча блокларда ҳаракатдаги станция, SGSN ва мос GGSNда сақланади. Шундай қилиб, MS ташқи маълумотларни узатиш тармоғида кўринадиган бўлиб қолади.

Ҳаракатдаги станцияни IP тармоқ билан боғланиши учун MS пакетларни жўнатиш манзилига GPRS тармоғи ва ташқи тармоқлар орқали жўнатади. Дастлаб у пакетларни базавий станциялар нимтизими орқали мос SGSN тугунга жўнатади.

SGSN ҳаракатдаги станция PDP-нимматнини текширади, ҳаракатдаги станциядан келган IP-пакетларни конвертациялайди ва уларни базавий IP-тармоқ орқали GPRS тизимини талаб қилинадиган маълумотларни узатиш тармоғи билан боғлайдиган шлюзли GSNга (GGSNга) жўнатади. GGSN тугуни пакетларни очишни (decapsulation) бажаради ва уларни маълумотларни узатиш тармоғига узатади, бу тармоқ уларни жўнатиш манзилларига етказди.

GPRS хизматлари. GPRS тизимида маълумотларни узатиш танланган маълумотларни узатиш хизматлари ёки қўшимча хизматлар доирасида амалга оширилади. Бунда маълумотларни узатиш хизматларини қуйидаги иккита тоифаларга бўлиш мумкин:

- “нуқта-нуқта” хизмати (Point-to-Point - FTP) – ҳам боғланиш ўрнатилмайдиган режимда (IP-тармоқ ёрдамида), ҳам боғланиш ўрнатиладиган режимда (X 25- тармоқ ёрдамида) ишлатилиши мумкин бўлган иккита индивидуал фойдаланувчилар орасидаги боғланиш;

- “нуқта-кўп нуқта” хизмати (ингл. Point-to-Multipoint - PTM) – битта фойдаланувчи ва маълум абонентлар гуруҳи орасидаги боғланиш.

Фойдаланувчилар ўз истаги бўйича кўрсатилган географик соҳада танланиши мумкин – кўп манзилли хизмат (Multicast Service), дейилади ёки уларнинг манзиллари алоҳида гуруҳда кўрсатилади – гуруҳли хизмат (Group Service) дейилади. SMS узатиш GPRS ёрдамида мумкин бўладиган яна бир хизмат ҳисобланади. Бошқа қўшимча ва ностандарт хизматларни тақдим этиш режалаштирилмоқда.

GPRS протоколи архитектураси. Сигнални узатиш, шу жумладан уни модуляциялаш ва демодуляциялаш RFL физик радиочастотавий нимдаража доирасида амалга оширилади. Каналли кодлаш, навбатлаштириш ва физик алоқа линиясининг ўта юкланишини назорат қилиш PLL физик канал нимдаражаси доирасида амалга оширилади. Ҳаракатдаги станцияни тизим ресурсларига уланиши MAC муҳитига уланишни бошқариш нимдаражасида назорат қилинади. GSMдаги каби, GPRS тизимида MAC-алгоритм синхрон

Aloha принципига асосланган. Ҳаракатдаги станция ва базавий станциялар нимтизими орасидаги ишончли канал RLC радиоресурсларни бошқариш нимдаражасида ўрнатилади.

Бу даражанинг энг муҳим вазифалари RLC-маълумотлар блокида LLC мантиқий бўғинни бошқариш нимдаражасида яратилган кадрларни сегментлаштириш, шунингдек қайта тикланмайдиган кодли сўзлар учун ARQ процедураларни бажариш ҳисобланади. LLCнинг ишлаши рақамли канални юқори даражали бошқариш протоколига (High Level Data Link Control - HDLC) асосланган. Бу даражада кетма-кетликни назорат қилиш ва пакетларни мос тартиблаштириш, маълумотлар оқимини бошқариш, хатоликларни детекторлаш, шунингдек такрорий узатиш ва маълумотларни шифрлаш амалга оширилади.

Нимтармоққа боғлиқ бўлган SNDCP конвергенциялаш протоколи MS ва GGSN орасидаги маълумотларни алмашлашни бошқаради. Бу протокол тармоқ даражаси бир неча боғланишларини битта мантиқий LLC-даража боғланишига мультиплекслашни бажаради, шунингдек фойдаланувчилар маълумотлари ва пакетлар сарлавҳаларини сиқади ва қайта тиклайди.

Тармоқ даражасида бажариладиган процедуралар ҳаракатдаги станцияни мос ташқи маълумотларни узатиш тармоғи билан боғланиши орқали аниқланади. Ниҳоят, абонент иловалар даражасида ўз масалаларини (электрон почтани ўқиш, web-саҳифани кўриш, ftp ва ҳ.к.) ҳал этади.

Кўплаб юқорида баён этилган протоколлар BSS, SGSN ва GGSN каби тармоқнинг бошқа элементларида ҳам ишлатилади. Базавий станциялар нимтизими учун GPRS протоколи BSSGP – BSS протоколлари стекидаги янги протокол ҳисобланади. У BSS ва SGSN орасида талаб қилинадиган QoSли маршрутлаштириш ва маълумотларни узатилишига жавоб беради. Тармоқ хизматлари протоколи (ингл. Network Service Protocol) маълумотларни ёки бошқариш маълумотларини узатилишини бажаради, тармоқнинг ўта юкланиши ва унинг ҳолати ҳақида сигнал беради. Тармоқ хизматлари протоколи асосида Frame Relay ётади.

SGSN va GGSN орасида маълумотларни алмашлаш таянч IP-тармоқ ёрдамида амалга оширилади. Бунинг учун SGSN-GGSN интерфейсининг махсус даржалари ишлаб чиқилган. Физик даражада ва маълумотлар бўғини даражасида Ethernet, ISDN ва ATM форматларда маълумотларни узатиш амалга оширилади. Интернет тармоғининг протоколи (IP) IP-даражада ишлатилади. Бу даражанинг устида тармоқ турига (X.25 ёки IP) боғлиқ равишда мос равишда хабарларни узатилишини назорат қилиш протоколи (TCP) ёки фойдаланувчи дейтаграммалари протоколи (UDP) ишлатилади. Ниҳоят, фойдаланиш маълумотлар пакетлари SGSN ва GGSN орасида GPRS (GTP) туннеллаштириш протоколи бўйича узатилади. Бу протоколлар сигналлар текислигида ҳам кўриб чиқилиши мумкин.

GPRS тизимини ҳаракатдаги алоқа тармоқлари бўйича маълумотларни узатишда ўсиб бораётган эҳтиёжларни ҳисобга оладиган GSM тизимининг сезиларли такомиллаштирилиши деб ҳисоблаш мумкин. Бу тизим индивидуал абонентлар орасида ёки масалан, Internet тармоғи билан маълумотларни алмашлашда ишлатиладиган пакетли маълумотларни узатиш нуқтаи назаридан оптималлаштирилган. GSM тизимининг инфратузилмасини ишлатилиши ва янги тармоқ элементлари – махсуслаштирилган SGSN ва GGSN блокларини қўшилиши натижасида пакетли маълумотларни узатиш учун яхши тўғри келадиган янги тизим олинди. Ёдга солиш керакки, янги тизимда тарифлаштириш каналлар коммутацияланадиган GSM стандарт тизимидаги каби боғланишнинг давомийлигига эмас, балки олинган маълумотлар пакетлари сонини ҳисоблашга асосланган.

GGSN терминаллари. GPRS билан ишлай оладиган учта MS синфлари мавжуд.

А-синф: А синфдаги MS бир вақтда GPRS ва бошқа GSM хизматларини қўллайди. Бу MS бир вақтда уланиш (attach), активлаштириш, мониторинг, маълумотларни узатиш ва бошқа функцияларни ҳам нутқни узатиш, ҳам маълумотларни пакетли узатиш учун бажаришини билдиради. А синфдаги

MS бир вақтда нутқ хизмати учун чақирувга хизмат кўрсатиши ва пакетли маълумотларни қабул қилиши мумкин.

В-синф: В синфдаги MS бир вақтда GSM ва GPRS каналларини кузатиб боради, лекин ҳар бир вақт momentiда маълумотларни каналлар коммутацияланадиган хизмат ёки пакетлар коммутацияланадиган хизмат билан қабуллаши/узатиши мумкин.

С-синф: С синфдаги MS фақат бир вақтда бўлмаган операциялар, масалан, уланишни (attach) қўллайди. Агар бу синфдаги MS ҳам GSM хизматларини, ҳам GPRS хизматларини қўлласса, у фақат яшириш бўйича танланган ёки оператори тайинлаган хизматдан чақирувларни олиши мумкин. Тайинланмаган ёки танланмаган хизматлар мумкин эмас ҳисобланади.

Тўловни ўтказиш. Бу функция операторни абонентнинг ҳаракатлари ҳақидаги етарлича маълумотлар билан таъминлайди ва узатилган маълумотлар ҳажми (узатилган маълумотлар, SMS ҳажми), шунингдек маълумотларни узатилиши сеанси давомийлиги (уланиш/рўйхатдан ўтиш вақти, PDP нимматни актив ҳолатининг давомийлиги) асосида ҳисобни тузишга имкон беради.

Назорат саволлари

1. GPRS тармоғи архитектурасини келтиринг ва тушунтиринг.
2. GPRS физик даражасини тушунтиринг.
3. GPRS тизимида узатишни бошқариш қандай амалга оширилади?
4. GPRSли тармоқда хизматлар қандай кўрсатилади?
5. GPRS протоколининг архитектураси.
6. GGSNда қандай терминаллар кўзда тутилган?

3GPP ва 3GPP2 лойиҳалари

6-майруза

Мобил алоқа тармоқларини стандартлаштириш муаммолари

3GPP ва 3GPP2 лойиҳалари

Тармоқлараро ўзаро таъсирлашиш

ИМТ-2000 номи билан маълум бўлган бутундунё мобил алоқа лойиҳаси бу узок муддатли ишлаб чиқиш, стандартлаштириш ва ер усти (сотали ва симсиз) ва сунъий йўлдошли алоқа манфаатларида тўлиқ хизматлар тўпламини ишлатадиган миллий, ҳудудий ва халқаро тизимларни жорий этишга кўмаклашиш дастури ҳисобланади.

ИМТ-2000 асослари қўйила бошлаган 80-нчи йилларнинг охирида жаҳонда кўплаб тарқоқ мобил алоқа тармоқлари мавжуд бўлган, лекин уларнинг барчаси аналог бўлган. Уларда ишлатиладиган стандартлар ва технологияларнинг хилма-хиллиги кўплаб давлатларнинг иқтисодий интеграцияланишга умумий аънаси фонида абонентларга ҳаракатланиш эркинлиги ва уларга тармоқнинг қурилиши жойиан қатъий назар исталган тармоқда хизмат кўрсатиш имкониятини таъминлай оладиган ягона стандартни яратилишини талаб қилди. Шунинг учун Халқаро электр алоқа иттифоқи ИМТ-2000 бутундунё стандартига кўядиган асосий талаблар қуйидагилар бўлди:

- бутун ер шари чегараларида ер усти ва сунъий йўлдошли тизимлар қурилмалари изчиллигининг юқори даражаси;
- “мобил-мобил” (турли мобил тармоқлар учун) ва “мобил-стационар” (УФТТ абонентлари билан алоқада) турлардаги хизматларнинг конвергенцияланиши имконияти, шунингдек глобал ахборот инфратузилмаси доирасида мультимедиа хизматларини таъминлаш.

Бу ўз характеристикалари бўйича учинчи авлод - 3Generation (3G) стандартларига кирадиган стандарт бўлиб, у яхши эксплуатацион характеристикалари (минимал энергия истеъмоли, маъқул алоқа сифати) ва юқори хавфсизлик даражасили битта портатив терминал ёрдамида хизматларни тақдим этишга имкон бериши керак эди. Тизим нуқтаи назаридан халқаро стандарт кўп функционал радиоинтерфейс ва фойдаланувчининг талабларига боғлиқ равишда ўзгарадиган кенг хизматлар спектри ва алоқани ташкил этиш кўринишларини билдиради.

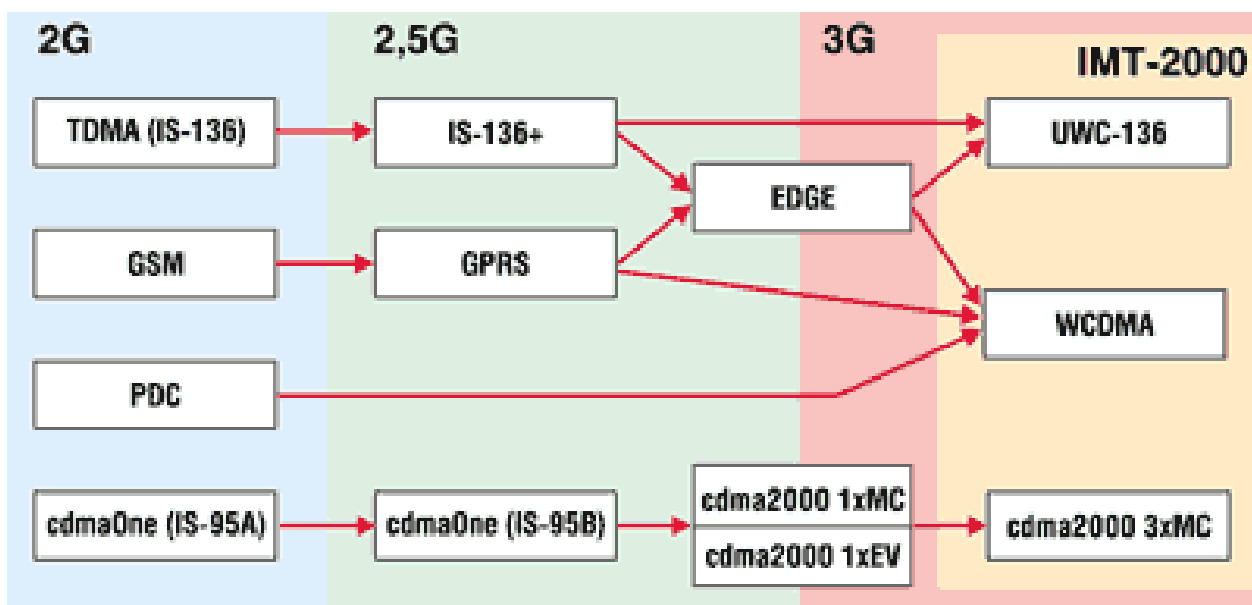
Янги авлод тизимларига талабларни ишлаб чиқилиши билан IMT-2000 концепцияси раҳнамоларига аён бўлдики, сотали алоқа ва симсиз уланишнинг кескин ва ҳамма жойда ривожланиши, шунинг биринчи роуминг ютуқларига қарамасдан, жуда катта ҳудудлар, шу жумладан дунё океанлари алоқа билан қамраб олинмаган қолди. Ҳатто истиқболда мобил алоқанинг ер усти тармоқлари бутун қуруқликнинг 20 %дан ортиқ бўлмаган қисмини қамраб ола олади. Натижада дунё ҳудудини тўлиқ қамраб олиш ва XXI аср хизматларига глобал мобил уланишни таъминлаш фақат сунъий йўлдошли тизимларни жалб қилиш билан мумкин бўлиб қолади.

Лекин сунъий йўлдошли алоқа учун глобал стандартни ишлаб чиқиш билан вазият ер усти тармоқларидагига қараганда янада мураккаб. TDMA ва CDMA технологиялари асосидаги тизимларнинг иккита мослашмайдиган концепцияларига яна беш-олтита орбитал гуруҳларни қуриш вариантлари кўшилади. Турли орбиталар ва мос равишда турли ретрансляторлар (прозрачных или с обработкой на борту), турли нурлар сонли борт антенналарининг ишлатилиши шунга олиб келадики, битта технология учун ишлаб чиқилган радиоинтерфейс бошқа технология учун нооптимал бўлиб қолади.

Шунга қармай, бир неча йиллар давомида ITU қатор ҳудудий ташкилотлар билан бирга стандартлаштириш бўйича глобал алоқа тизимларига талабларни ишлаб чиқишга муваффақиятсиз уринишларни қилди. Лекин турли ҳудудлар вакиллари орасидаги қарама-қаршиликларни йўқотишга эришилмади.

Равшан бўлиб қолдики, уларнинг манфаатларини ягона стандарт доирасида бирлаштириш мумкин эмас, чунки бу сезиларли воситалар сарфланган мавжуд инфратузилмани тубдан қайта ишлашга олиб келади. Мавжуд тизимларда бир хил хизматлар турлари тақдим этилишига қарамасдан, уларда қўлланиладиган технологиялар принципаал турли хил ва уларни уйғунлаштириш учун яққол йўўла йўқ ёки уларни конвергенциялаш ҳам кўзда тутилмаяпти.

Вазият яна шу билан чуқурлашдики, учта энг оммавий 2G-авлод технологиялари бўлган GSM, TDMA (D-AMPS) ва cdmaOne спектрни қўшимча кенгайтиришсиз ўтказиш полосасини оширилишини кўзда тутадиган эволюцион ривожланиш йўлидан борди. Бу мобил алоқанинг ривожланиш йўналиши ҳозирда 2,5G авлод сифатида маълум (6.1-расм).



6.1-расм. Мобил алоқа тармоқларини 3-нчи авлодга ўтиши стратегияси

GSM қурилмаларини модернизациялаш стратегияси HSCSD, GPRS, EDGE ва бошқа технологияларни кетма-кет жорий этишга асосланган. TDMA асосида тармоқларни ривожлантириш стандартнинг бир неча IS-136+ (30 кГц канал полосасини кенгайтиришсиз), (Outdoor/Vehicular, 200 кГц канал полосаси

кенглигили) ва IS-136 HS (Indoor Office, 1,6 МГц канал полосаси кенглигили) модификацияларидан фойдаланиш ҳисобига кўзда тутилади. cdmaOne 95A асосидаги тизимларда бир неча cdmaOne 95B, cdma2000 1хМС ва cdma2000 1хEV радиоинтерфейсларни жорий этиш режалаштирилмоқда.

Эволюцион жорий этиш кам капитал харажатларни талаб қилади ва мавжуд тармоқ инфратузилмасидан максимал фойдаланиш ва аниқ бир хизматлар турларига талаблар даражасига боғлиқ равишда кетма-кет модернизациялаш жараёнида янги тармоқ элементларини жорий этишга имкон бериш билан операторларнинг инвестицион хавфларини пасайтиради. Эволюцион технологияларнинг асосий шиори “барча модификациялар яшаш ҳуқуқига эга” ҳисобланади. Амалда бу кўп стандартли радиоуланиш муҳитини билдиради.

Шундай қилиб, ўзаро рақобатлашадиган 2,5G- ва 3G-технологиялар сони ортиши билан ягона стандартни яратишга умидлар янадан кам бўлиб қолмоқда. Шунга қарамай, мобил алоқа раҳнамолари бу муаммоларга 4G-технологияларда қайтишга эришди ва бутундунё стандарти ҳақидаги афсона реал бўлиб қолмоқда.

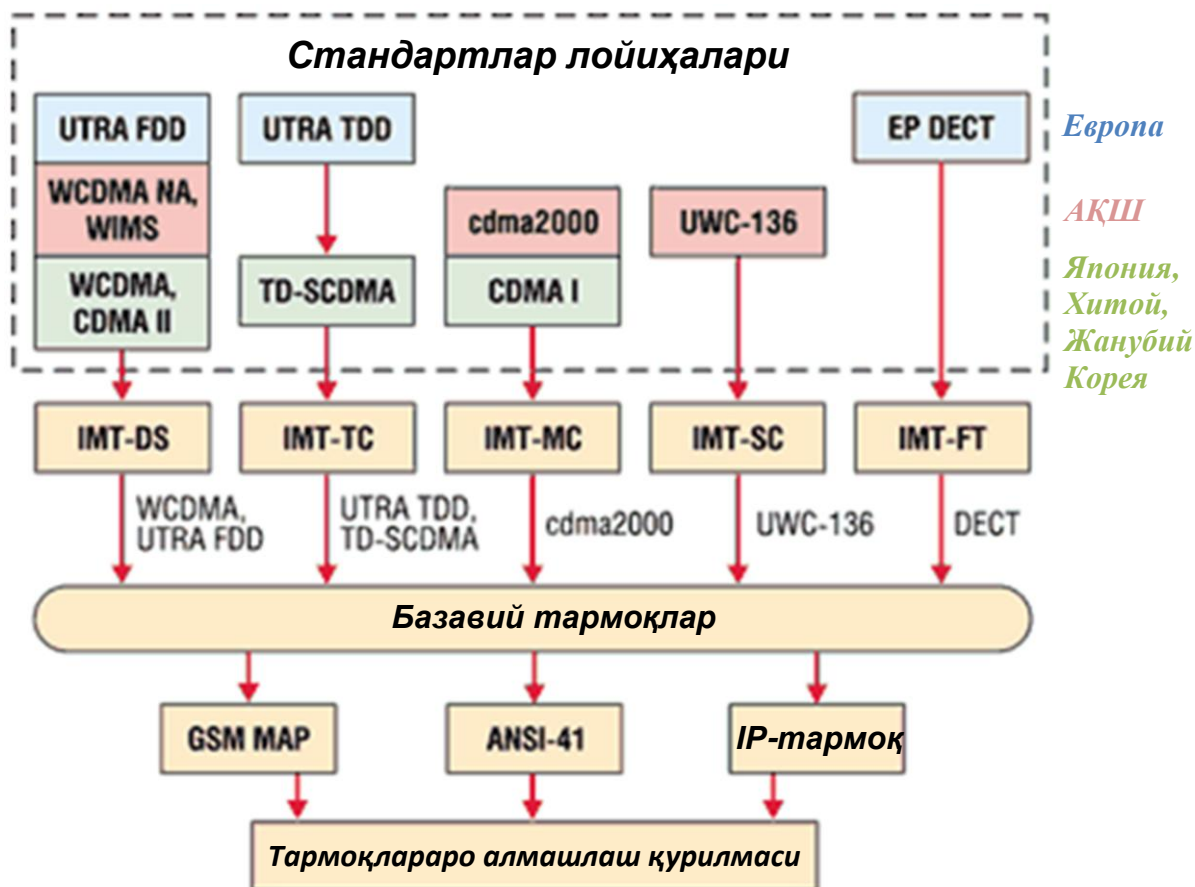
Учинчи авлодда бутундунё стандартини яратишга йўналтирилган ўз уринишларини натижа бермаслигини тушунган ИТУ таҳлилчилари 3G-стандартлар оиласини ишлаб чиқиш концепциясини илгари сурди. Ва бунда ИТУга кўриб чиқишга 16 та лойиҳалар, шу жумладан ер усти алоқасига тегишли бўлган 10 таклифлар, бинобарин, дунёнинг йирик ҳудудлари бўлган Шимолий Америка, Европа ва Осиёдан тушди.

Тақдим этилган талифларнинг таҳлили кўрсатдики, уларда ўзаро принципла турлича бўлган ҳудудий ва фирма технологик ечимлари етакчилик қилади, бинобарин, битта ҳудуд ичида мобил алоқа тизимларини яратиш ва жорий этишга турли ёндашишларни олиб борадиган давлатлар мавжуд. Кейинги тадқиқотлар ва лойиҳалар-даъвогарлар материалларини умумлаштириш натижасида кучларни қайта гуруҳлаштириш бўлиб ўтди ва асосий

ишланмалар учта базавий WCDMA, cdma2000 ва UWC-136 технологиялар атрофида жамланди.

Фақат Европа 3G-технологияларни стандартлаштириш муаммосига ягона ёндашишни ишлаб чиқишга эришди. Европадан ITUга таклиф иккита UTRA ва DECT EP лойиҳалар кўринишида расмийлаштирилди.

Мутлақо бошқа ёндашиш АҚШда таклиф этилди, бу ерда ягона миллий таклифдан воз кечилди ва ITUга тўртта лойиҳа тушди, улардан иккитаси ANSI ёки TTA каби стандартлаштириш бўйича институтлардан эмас, балки ишлаб чиқариш фирмалари бўлган Qualcomm и Ericsson (шимолий америка бўлими) фирмалари томонидан тайёрланган. Улардан биринчиси нафақат АҚШда, балки дунёда ҳам ҳам кенг ривожланаётган TDMA/AMPS технологиясини кейинги ривожлантиришга асосланган. Иккинчиси cdmaOne тизимининг ўтказиш қобилиятини босқичма-босқич ошириш ва мавжуд инфратузилмадан cdma2000 технологияга эволюцион ўтишга асосланган. АҚШда бошқ иккита таклифлар WCDMA NA (T1P1, АҚШ) ва WIMS (TR-46.1) бўлди, улар Европа (UTRA) ва Япониядан (WCDMA) таклифлар билан деярли тўлиқ мос тушди ва кейинги кўриб чиқиш жараёнида ягона лойиҳага бирлаштирилди (6.2-расм).



6.2-расм. IMT-2000 учун радиоинтерфейслар тузилмаси

Осиё-Тинч Океани ҳудудида 3-авлод мобил алоқани ривожлантириш стратегияларини аниқлашда иккита улкан бозор потенциали ва аҳолининг кўп сонлиги омиллари ҳал қилувчи бўлди. Радиоалқа регламенти томонидан 3-Туманга киритилган бу ҳудудда актив ўринни Япония, Жанубий Корея, Хитой ва Малайзия эгаллайди. уларнинг IMT-2000 дастурига қўшган ҳиссаси бу давлатларни янги алоқа технологияларини оммавий қўлланилишида жаҳон етакчилари бўлиш нафсониятларини ишончли характерлайди. Улардан ҳар бири 3-нчи авлодга ўтишнинг миллий ўзига хос хусусиятларига эга бўлишига қарамасдан, уларнинг умумий хусусияти йўналишни миллий қурилмалар ишлаб чиқарувчилар томонига олиш

IMT-2000 дейиладиган 3-нчи авлод тизимлари оиласини стандартлаштириш ITU доирасида амалга оширилади (6.3-расм). Ишлар иккита ITU-T ва ITU-R секторлар доирасида олиб борилмоқда. ITU-T сектори IMT-2000нинг концептуал томонларини ишлаб чиқишга, ITU-R сектори эса бу тизимлар учун радиоинтерфейсга жавоб беради.



6.3-расм. IMT-2000 дастури доирасида стандартлаштириш пирамидаси

6.1-жадвал. IMT-2000 дастури доирасида стандартлаштиришда қатнашадиган ташкилотлар

| | |
|---|---|
| 3G.IP - IMT-2000 дастури доирасида IP ишлаб чиқиш бўйича ташкилот | http://www.3gip.org |
| 3GPP (Third Generation Partnership Project) - | http://www.3gpp.org |
| 3GPP2 (Third Generation Partnership Project-2) - 3-нчи авлод тизимлари бўйича иккинчи ҳамкорлик | http://www.3gpp2.org |

| | |
|---|---|
| лойихаси | |
| ARIB (Association of Radio Industries and Businesses) – Радиосаноат ва бизнес вакиллари уюшмаси (Япония) | http://www.arib.org |
| ACIF (Australian Communications Industry Forum) – Австралия алоқа воситалари ишлаб чиқарувчилари форуми | http://www.acif.org.au |
| CDG (CDMA Development Group) - CDMAни ривожлантириш уюшмаси | http://www.cdg.org |
| CWTS (China Wireless Telecommunication Standard) – Симсиз алоқани стандартлаштириш бўйича ташкилот (Хитой) | http://www.cwts.org |
| ETSI (European Telecommunications Standards Institute) – Европа Телекоммуникацион стандартлар институти | http://www.etsi.org |
| GSM Association - GSM уюшмаси | http://www.gsmworld.com |
| IPv6 Forum - IP протоколи 6-версиясини ишлаб чиқиш бўйича форум | http://www.ipv6forum.com |
| OHG (Operator Harmonization Group) – Стандартларни уйғунлаштириш бўйича операторлар гуруҳи | http://www.itu.ch |
| T1 – Телекоммуникациялар соҳасида стандартлаштириш бўйича техник кўмита (ТИА таркибига киради) | http://www.t1.org |
| TTA (Telecommunication Technology Association) – Телекоммуникацион технологиялар бўйича уюшма (Жанубий Корея) | http://www.tta.org |

| | |
|--|---|
| TTC (Telecommunication Technology Committee) - Телекоммуникацион технологиялар бўйича кўмита (Жанубий Корея) | http://www.ttc.org |
| UMTS Forum - UMTS Форуми | http://www.umts-forum.org |
| UWCC (Universal Wireless Communications Consortium) – Симсиз алоқа бўйича Бутундунё консорциуми (АҚШ) | http://www.uwcc.org |

3GPP бирлашма. Жаҳон 3-нчи авлод стандартлари учун курашишда иккита 3GPP ва 3GPP2 ҳамкорлик бирлашмалари кўринишида расмийлашган иккита лагерь ҳосил бўлди. 3GPP бирлашмага ўз техник сиёсатини cdma2000га нисбатан мувофиқлаштириш билан келишиб ишлайдиган ETSI (Европа) ва ARIB (Япония) каби институтлар киради. Улардан ташқари, бу бирлашмага T1 (АҚШ) кўмитаси ва учта худудий CWTS (Хитой), TTA (Жанубий Корея) ва TTC (Япония) стандартлаштириш органлари киради.

3GPP ҳамкорликнинг ИМТ-2000 дастурига қўшган асосий ҳиссаси бу асосига UTRA FDD (Европа) ва WCDMA (Япония) таклифи олинган ИМТ-DS (ИМТ-2000 Direct Spread) кенг полосали тизимига спецификациянинг ишлаб чиқилиши бўлди. Юқорида айтилганлардан ташқари, асосан биринчи иккита лойиҳалардан (UTRA ва WCDMA) фарқланмайдиган яна учта WCDMA NA, WIMS (США) ва CDMA II (TTA, Жанубий Корея) лойиҳалари таклиф этилган.

3GPP ҳамкорлик ИТУда жуфт бўлмаган частоталар полосаларида қўлланилиши учун вақт бўйича дуплекс ажратишли TDMA/CDMA каналлар кодли-вақт бўйича ажратишга асосланган иккинчи тур радиоинтерфейс - ИМТ-ТСни (ИМТ-2000 Time-Code) тақдим этди. Интерфейс иккита турли техник ечимлар – европа UTRA TDD ва хитой TD-SCDMA таклифларини расман бирлаштирилиши ҳисобланади.

ETSIдан тушган DECT EP учинчи таклиф IMT-FT (IMT-2000 Frequency Time) қисқартмаси орқали белгиланади. DECT микросотали тизимга стандарт комбинацияланган частота-вақт бўйича дуплекс ажратишли ишлаб чиқилмоқда ва ҳам жуфт, ҳам жуфт бўлмаган частоталар полосаларида қўланиш учун мўлжалланган. IMT-FT вариантда узатиш тезликларининг учта $R=1,152; 2,304$ ва $3,456$ Мбит/с даражалари таклиф этилган, бу янги $p/2$ -DPSK, $p/4$ -DQPSK ва $p/8$ - D8PSK модуляциялаш усулларини жорий этилиши ҳисобига амалга оширилади.

3GPP2 бирлашма. Иккинчи 3GPP2 ҳамкорлик бирлашмасига TTA алоқа воситалари ишлаб чиқарувчилари уюшмаси (TTA тақдим этган TR-45.3 и TTA TR-45.3 нимқўмиталар), шунингдек қатор ARIB, CWTS, TTA ва TTC Осиё худудий ташкилотлари киради. 3GPP2нинг асосий мақсади ҳозирги вақтда АҚШда кенг қўлланиладиган иккинчи авлод иккита TDMA (IS-136) ва cdmaOne (IS-95) сотали алоқа технологияларининг эволюцион ривожлантириш ҳисобланади.

6.2-жадвал. IMT-2000 учун радиоинтерфейслар характеристикалари

| Технология | IMT-DS | IMT-MC | IMT-TC | IMT-SC | IMT-FT |
|--------------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-------------|
| Стандарт-лаштириш органи | 3GPP, ARIB, ETSI | 3GPP2, TTA TR-45.3 | 3GPP, ETSI, CWTS | 3GPP2, UWCC, TTA TR-45.3 | ETSI |
| Базавий технология | WCDMA, UTRA FDD | Cdma2000 | UTRA TDD, TD-SCDMA | UWC-136 | DECT EP |
| Уланиш усули | DS-CDMA | MC-CDMA | TDMA/CDMA | TDMA | FDMA/TDMA |
| Дуплекс ажратиш | FDD | FDD | TDD | FDD | FDD/TDD |
| Узатиш | 384; 2048 | 384; 2048 | 384; 2048 | 384; 2048 | 1152; 2304; |

| | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------|--|
| тезлиги, кбит/с | | | | | 3456 |
| Чипли тезлик, Мчип/с | 3,84 | 3,6884 | 3.84 (UTRA), 1,1136 (SCDMA) | - | - |
| Модуляцияла ш тури | QPSK/BPS К, HPSK | QPSK/BPS К | QPSK/BPSK , HPSK | BOQAM, QOQAM | GFSK, (/2- DPSK, (/4- DQPSK, (/8- D8PSK |
| Кадрнинг давомийлиги, мс | 10 | 5 и 20 | 10 | 4,6 | 10 |

Бу ҳамкорлик бирлашмасидан таклиф иккита IMT-МС (IMT-2000 Multi Carrier) ва IMT-SC (IMT-2000 Single Carrier) радиоинтерфейслар кўринишида тақдим этилди:

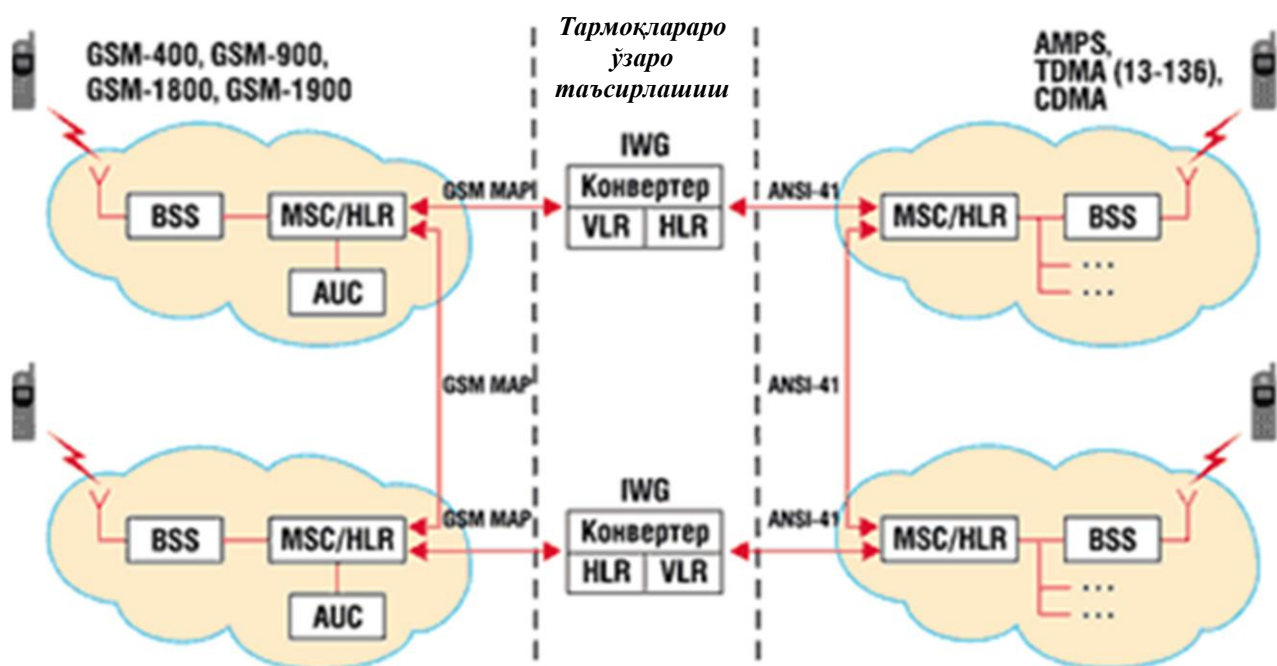
- IMT-МС – жуфт бўлмаган частоталар полосаларида қўлланилиши учун бир неча ташувчиларни бир вақтда узатиш ва частота бўйича дуплекс ажратишли кўп частотали cdma2000га стандарт;

- IMT-SC – жуфт частоталар полосаларида қўлланилиши учун бир частотали TDMA (UWC-136 таклифи) тизимга стандарт (6.2-жадвал).

Тармоқлараро ўзаро таъсирлашиш. 3G-тизимлар архитектураси транспорт (базавий) тармоғи ва радиоуланиш воситалари, турли йўллар билан амалга ошириладиган модернизациялашни ўз ичига олади. Радиоуланиш тармоқларининг самарадорлиги сезиларли даражада уларда ишлатиладиган технологияларга боғлиқ. Авлодларнинг алмашинуви бу тизимларни қурилиши ғоясларини ҳам алмаштирилишини билдиради.

Базавий тармоқни танлашга ёндашиш эса мутлақо бошқача ва асосан янги авлод тизимларини қуриш стратегияси орқали аниқланади. Айтиш мумкинки, бундай тармоқлар инерционроқ, чунки уларда операторлар 3G-авлодга ўтишда сақлашни истайдиган сезиларли инвестициялар қилинган. Лекин радиотармоқлардан фарқли равишда мавжуд базавий тармоқлар янги 3G-хизматларни жорий этиш учун тутиб турадиган омил сифатида қатнашмайди. IMT-2000 доирасида ишлаб чиқиладиган янги радиоуланиш технологиялари ҳозирги вақтда етакчи бўлган исталган учта базавий тармоқлар – такомиллаштирилган GSM MAP тармоғи, Шимолий Америка ANSI-41 тармоғи ва IP-тармоқ учун мослаштиришнинг тенг имкониятларини таъминлаши керак. Бу талабларни амалда бажарилиши учун ягона тармоқлараро интерфейс NNI (Network-to-Network Interface) ишлаб чиқилиши зарур. У UIM (User Identity Module) фойдаланувчини идентификациялаш стандарт модули билан бирга географик ҳудудда қайси радиоуланиш усули ишлатилишига боғлиқ бўлмаган ҳолда роумингни таъминлайди.

Бугунги босқичдаги базавий тармоқларнинг муҳим вазифаси глобал роумингни таъминлаш учун зарур бўладиган талаб қилинадиган тармоқлараро ўзаро таъсирлашиш ва “очиқлик” даражасига эришиш ҳисобланади. GSM ва TDMA тизимлари орасида GSM MAP ва ANSI-41 магистрал тармоқлар каналлари орқали тармоқлараро ўзаро таъсирлашиш принциплари 6.4-расм орқали тушунтирилади. Абонент учун GSM ёки TDMA тармоқлардан қайси бири уй тармоғи ҳисобланишига боғлиқ бўлмаган ҳолда бир тармоқдан бошқасига ўтиш учун, албатта, конвертер ёки IWG (Interworking Gateway) шлюз талаб қилинади, у ёрдамида роуминг амалга оширилади.



- AUC (Authentication Center) – аутентификациялаш маркази;
- BSS (Base Station System) – базавий станция қурилмалари;
- HLR (Home Location Register) – ҳолат уй (асосий) регистри;
- IWU (Interworking Unit) – тармоқлараро алмашлаш қурилмаси;
- MSC (Mobile Switching Center) – мобил алоқа коммутациялаш маркази;
- VLR (Visitors Location Register) – ҳолат ташриф регистри.

6.4-расм. GSM ва TDMA тармоқлар орасида тармоқлараро ўзаро таъсирлашиш

GSM ва TDMA тармоқлар орасида тармоқлараро ўзаро таъсирлашишни ташкил этишдаги асосий момент SS7 ягона сигнализация протоколини ишлатилиши ҳисобланади. GSM MAP ва ANSI-41 базавий тармоқларда ўз сигнализация протоколлари ишлайди. Масалан, TDMA – уй тармоғи, GSM эса ташриф тармоғи бўлса, у ҳолда GSM VLR ҳаракатланишлар регистри ва HLR уй тармоғининг бошланғич жойлашиши регистри орасида алмашлаш учун протоколларни ўзгартириш талаб қилинади. Агар TDMA абоненти GSM

тармоғи орқали ўзаро таъсирлашишса, у ҳолда IWF шлюз HLRда маълумотларни сақлайди ва роумингни таъминлайди.

Агар GSM – уй тармоғи, TDMA эса ташриф тармоғи бўлса, у ҳолда роуминг алгоритми бир қанча бошқача бўлади. Бу шундан иборатки, GSM-тармоқ архитектурасида AUC (Authentication Center) аутентификациялаш маркази тармоқда унинг аниқ бир жойлашишига боғлиқ бўлмаган ҳолда физик алоҳида қурилма сифатида ажратилиши (шу шумладан, у коммутатор билан бирлаштирилганида) кўзда тутилган. TDMA тармоқлари учун бундай ечим қўлланилмайди. Архитектурадаги бу фарқни енгиб ўтиш учун IWF таркибига ANSI-41 томонида ўрнатилган псевдо-AUC киритилиши керак. Чақирувни қайта манзиллаштиришга боғлиқ бўлган яна бир муаммо мавжуд. Агар чақириладиган абонент банд, мумкин эмас ёки жавоб бермаса, у ҳолда кириш чақирuvi бошқа номерга қайта йўналтирилади. Бу жараён GSM тармоқларида MSC коммутатор ва “уй” HLR рўйхатга олиш базаси, яъни абонент учун “ўзиники” ҳисобланадиган коммутациялаш маркази бошқарuvi остида бўлиб ўтади. GSMдан фарқли равишда ANSI-41 тармоғида MSC шлюз коммутаторнинг қўлланилиши кўзда тутилган, у GSMдан барча чақирувларни TDMAга маршрутлаштиради.

GSM асосидаги тизимни UMTS тармоғи ёки IMT-2000 стандартидаги тармоқ билан уйғунлаштиришнинг асосий қийинчиликлари уларнинг архитектураларидаги фарқларга боғлиқ. Замонавий GSM тизими вертикал интеграцияланган ва тизимнинг ҳар бир даражасида – фойдаланувчиларга хизмат кўрсатишдан транспорт боғланишларгача тўлиқ функционал ҳисобланади.

Бўлажак UMTS тармоқлари IP-иловалар, коммуникацион элементлар ва транспорт даражалари орасида аниқ чегарали горизонтал интеграцияланган яратилади. UMTS-тармоқларни ишлатилишида GSM учун характерли бўлган инфратузилманинг махсуслаштирилган MSC коммутаторларга боғлиқлиги йўқолади, бу исталган давлатдаги исталган тармоқда бир хил яхши ишлай

оладиган қувватли иловаларни анча тезроқ жорий этиш имкониятини беради, бу глобал роумингни ташкил этишда ўта муҳим ҳисобланади.

Ўтиш даври муаммолари эса барча трафик ткрлари учун умумий транспорт муҳитини киритилиши йўли билан ҳал этилади. Бу мақсад учун UMSC (UMTS MSC) универсал коммутатор ишлатилади, у ҳам GSM тармоқлар трафигини узатилишини, ҳам маълумотларни пакетли узатилишини (IP-протоколга асосланган GPRS, EDGE, WCDMA тармоқларга хусусиятли бўлган режим) таъминлайди.

Назорат саволлари

1. Мобил алоқа тармоқларини стандартлаштиришда қандай муаммолар вужудга келади?
2. IMT-2000 концепцияси деганда нима тушунилади?
3. Мобил алоқа тармоқларини 3Gга ўтиш стратегияси нималардан иборат?
4. IMT-2000 учун қандай радиоинтерфейслар тузилмалари қабул қилинган?
5. ITU доирасида IMT-2000 дейиладиган 3-нчи авлод тизимлари оиласини стандартлаштириш қайси иккита секторлар доирасида амалга оширилди?
6. 3GPP бирлашмага қайси стандартлаштириш институтлари киради ва улар қанча ҳисса қўшди?
7. 3GPP2 бирлашмага қайси стандартлаштириш институтлари киради ва улар қанча ҳисса қўшди?
8. NNI (Network-to-Network Interface) ягона тармоқларо интерфейснинг вазифаси.

UMTS стандарти

7-майруза

Мобил алоқани UMTSга эволюцияланиши

UMTSни стандартлаштириши

UMTS ва UTRAN блокларининг тузилиши схемалари

UMTS тармоғида кўрсатиладиган хизматлар

Мобил алоқани UMTSга эволюцияланиши. Мобил алоқа стандартларини 3-нчи авлодга (UMTS - Universal Mobile Telecommunications System) ривожлантириш кўпинча 2.5G дейиладиган маълумотларни узатиш учун ҳаракатдаги алоқа тизимини такомиллаштириш орқали амалга оширилади. Бу GSMга қараганда олдиган ҳаракатланишни кўрсатиш учун қилинган, лекин бу тизимлар ҳозирча билан узвий боғланган:

- HSCSD (каналлар коммутацияланадиган маълумотларни юқори тезликли узатиш);
- GPRS (пакетли радиоалоқанинг умумий хизматлари);
- EDGE (глобал тизим/GSMга эволюцияланиш учун оширилган тезликли маълумотларни узатиш).

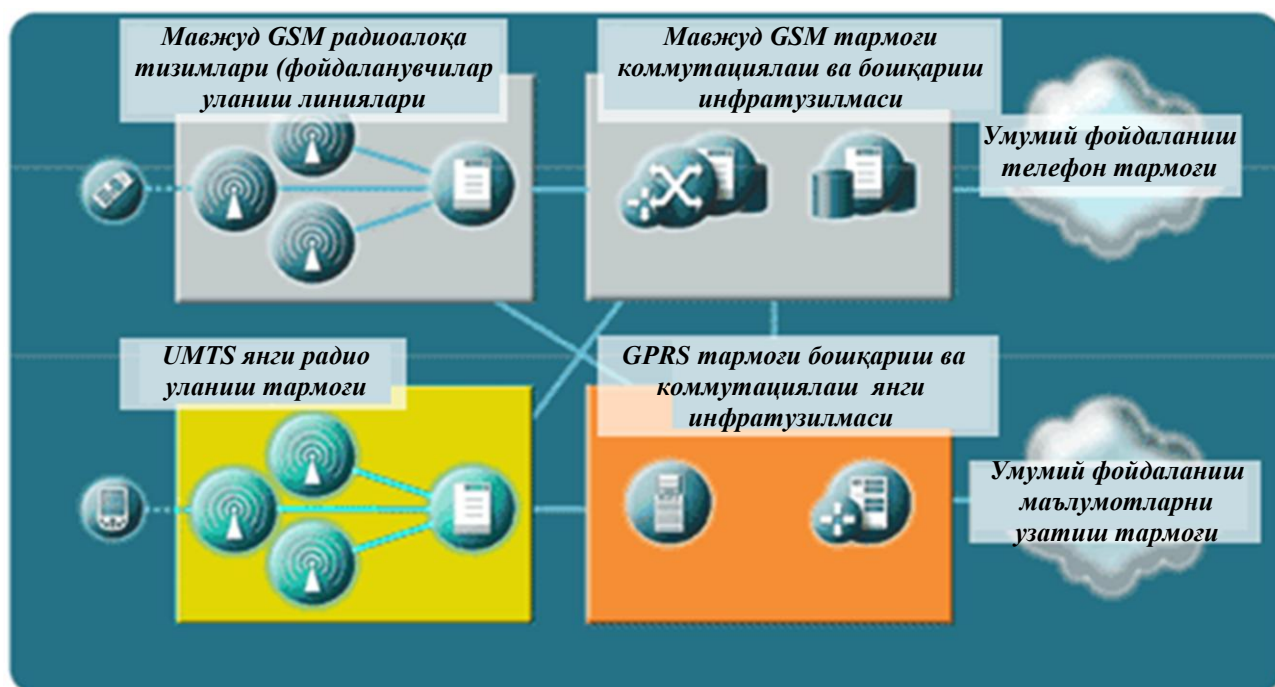
HSCSD тизимлари маълумотларни узатиш учун мўлжалланган GSM тизимининг оддий модернизацияланиши ҳисобланади. GSM каби бу тизим каналлар коммутацияланадиган боғланишларга асосланган, лекин мумкин ўтказиш полосасини яхши ишлатилиши ва боғланишга биттадан ортиқ вақт интервалини тайинланиши маълумотларни узатиш тезлигини назарий жиҳатдан 57.6 кбит/сгача оширилишига имкон беради. HSCSD тизимининг каналларни коммутациялаш усули маълумотларни узатишда самарасиз ҳисобланади, чунки маълумотла трафиғи пакетли узатишга мўлжалланган.

GPRS тизими 170 кбит/с тартибдаги назарий максимал узатиш тезлигида маълумотларни пакетли узатиш тизими сифатида ишлаб чиқилган.

GPRS уланиш тармоғининг базавий тузилмасидан фойдаланиш билан GSM тармоғи билан бирга ишлайди. GPRS тизими мавжуд инфратузилмада маълумотларни узатиш хизматлари тақдим этиладиган GSM тармоқларининг кенгайтирилиши ҳисобланади, шу билан бир вақтда базавий тармоқ пакетли узатиш учун мўлжалланган янги компонентлар ва интерфейсларни қўшилиши ҳисобига кенгайди. GPRS тизими комбинацияланган телефон хизматлари ва маълумотларни узатилишини таъминлайди ва мультимедиа хизматларини тақдим этади.

EDGE тизими радиоинтерфейсда маълумотларни узатиш тезлигини сезиларли оширишга имкон берадиган радиоинтерфейс учун янги модуляциялаш усулини ишлатадиган GSM/GPRS тизимининг модернизацияланиши ҳисобланади. EDGE тизими назарий максимал узатиш тезлигини 384 кбит/сгача оширади.

GSM (2G), GPRS (2.5G) ва UMTS (3G) тармоқлари орасидаги ўзаро алоқа 7.1-расмда келтирилган.

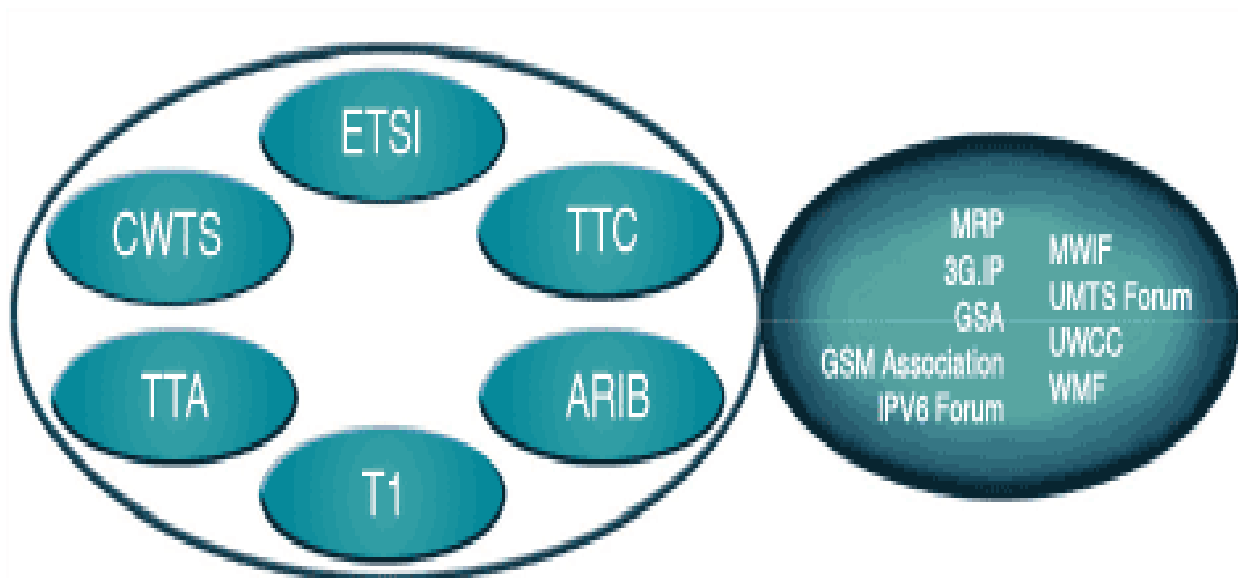


7.1-расм. GSM (2G), GPRS (2.5G) ва UMTS (3G) тармоқлари орасидаги ўзаро алоқа

Ҳаракатдаги алоқа универсал тизими (UMTS) нафақат ҳаракатдаги алоқани яхшилашга, балки тезлаштиришга мўлжалланган учинчи авлод (3G) сотали телефон тизими ҳисобланади. UMTS тизими шунингдек телефония хизматлари ва маълумотларни узатиш хизматлари комбинациясининг янги берилиши усулини, масалан, мультимедиали ва очик кенг полосали хизматларни жорий этилишига кўмаклашиш билан таъминлайди.

UMTSни стандартлаштирилиши. UMTS учун ҳаракатлантирувчи кучлардан бири ҳақиқатда универсал тизимни яратишга талаблар ҳисобланади. Мана нима учун стандартлаштириш бўйича ишларга ETSIдан янги стандартлаштириш бўйича ҳудудий ва миллий ташкилотлар қатнашадиган “Учинчи авлод тизимларини яратиш бўйича ҳамкорлик лойиҳаси” (3GPP) ташкилоти ажратилган (7.2-расм). Бозорнинг ҳолати ҳақидаги мулоҳазалар кўшимча компания - "Қатнашувчи-бозор вакиллари" (MRP) томонидан қайта ишланади..

3GPP ташкилоти қатнашувчи-ташкилотлардан олинадиган маълумотларга асосланиш билан умумий стандартни яратади. Операторларни уйғунлаштириш бўйича гуруҳ (OHG) 3GPPдаги ташкилотлар келишувга кела олмайдиган вазиятларда мажбурий келишувларни топиш учун асос солинган. Бу ташкилотлардан ташқари, “Учинчи авлод тизимларини яратиш бўйича иккинчи ҳамкорлик лойиҳаси” (3GPP-2) ташкилоти мавжуд бўлиб, у Шимолий Америка IS-95 радиоалоқа технологиясига асосланган тизимларни ҳисобга олинишини кафолатлайди.



7.2-расм. 3GPPга кирадиган ташкилотлар

UMTS технологияси Европа телекоммуникациялар соҳасида стандартлаштириш бўйича институти (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) томонидан махсус Европа учун ишлаб чиқилган. Амалда UMTS IMT-2000 концепциясининг европа версияси ҳисобланади. WCDMA технологияси бу ерда радиоинтерфейс сифатида қўлланилади. Таъкидлаш зарурки, UMTS ва WCDMA бу ҳазирги вақтда улар синонимлар сифатида ишлатилсада, иккита турли тушунчалар ҳисобланади.

UMTS-технология кўпинча мавжуд 2G ва ишлаб чиқиладиган 3G - 4G-технологиялар орасидаги ўтиш варианты сифатида қаралади. Бошқача айтганда, UMTS мобил алоқа тармоқларини ривожлантиришнинг кейинги босқичига мавжуд қурилмалар сезиларсиз ўзгартирилиши билан юмшоқ ўтишни амалга оширишга имкон беради. Бу технологияда базавий магистрал тармоқ сифатида GSM MAP ишлатилади, радиоуланиш тармоқлари сифатида эса комбинацияланган GSM/EDGE ва WCDMA қўлланилади.

UMTS тармоғи иккита 2100 ва 900 МГц (частотага боғлиқ равишда стандарт шартли UMTS2100 ва UMTS900 номларга эга) частоталардаги дециметрли диапазонда ишлайди. 900 МГц частотада тўлқинларнинг сингиб ўтиш қобилияти 2100 мГц частотада узатиладиган тўлқинларга қараганда анича

юқори бўлади. Шу билан бирга, узатиладиган маълумотлар сифати ва тезлигини тўлқинлар частоталарига тескари боғлиқлиги мавжуд. Юқорирок частоталарда маълумотларни узатиш тезликлари UMTS стандартидаги максимал қийматларга яқинлашади, пастроқ частоталарда эса маълумотларни узатиш тезликлари мартталарга камаяди.

Дастлаб UMTS стандарти Европа модернизацияланган сотали алоқа тармоғи сифатида ўйланган бўлишига қарамасдан унинг оммавийлиги Европа китъасидан ташқарида тарқалмоқда. UMTS стандартининг ишлашини мувофиқлаштириш 3GPP (Third Generation Partnership Project) халқаро ташкилоти кучлари орқали амалга оширилади, бу қисқартмани инглизчадан сўзма-сўз “Учинчи авлод ҳамкорлик лойиҳаси” сифатида таржима қилиш мумкин.

Халқаро электр алоқа иттифоқи (ITU) талабларига мувофиқ, 3G тармоғи маълумотларни узатилишини, шунингдек овозни узатилишини таъминлаши керак. Бунда қуйидаги маълумотларни узатиш тезликлари шарти бажарилиши керак:

1. Абонентларнинг юқори тезликли ҳаракатланиши учун (ёки бошқача айтганда 120 км/соат чегаралардаги энг юқори мобиллик даражасили) – 144 Кбит/секунддан ортиқ;
2. минимал даражадаги мобилликли абонентлар учун (3 км/соатгача ҳаракатланиш тезлиги) – 384 Кбит/секунд;
3. Қўзғалмаси абонентлар учун – 2048 Кбит/секунд.

3G (UMTS) тармоқдаги мавжуд трендлар деб 3G форматларни қўллайдиган мобил қурилмалар трафиғи устидан data-cards трафиғини устунлиги (яъни, турли USB-модемлар ва ноутбуклар карталари турларининг авзаллиги) ва мобил операторларнинг энг замонавий ва техник такомиллаштирилган технологиялар ва қурилмаларга ўтиши келтириб чиқарадиган ахборот бирлиги нархининг пасайишини ҳисоблаш мумкин.

3G тармоғининг марказий авзаллиги UMTS стандартининг экологик хавфсизлиги ҳисобланади. Маълумотлар узаткичининг максимал нурланиши

қуввати 200 мВт қийматдан ошмайди, ўртача маълумотлар узаткичининг қуввати у камраб оладиган ҳудудда эса ўртача 20–40 мВтни ташкил этади. Тавсифланаётган сотали алоқа стандартининг яна бир сўзсиз авзаллиги ҳаракатда алоқанинг узилишидан ҳимоялаш даражасининг мавжудлиги ҳисобланади, бунга “юмшоқ хендоверни” ишлатилиши ҳисобига эришилади. Қисқача айтганда, бу тушунча қуйидаги процедурадан иборат. Абонент (яъни миждоз) маълум базавий станциядан четки йўл қўйилмайдиган масофага узоклашганида кейинги базавий станциянинг ишлаш зонасига автоматик узатилади. Бирламчи станциянинг ишлаш зонасидан абонент қанчалик узоклашса, ундан шунчалик кам маълумотлар келади, ўзига хос эстафетани қабул қиладиган станциядан эса мос равишда янада кўп маълумотлар келади. Ва бу абонент тўлиқ кейинги базавий станциянинг таъсирига ўтмагунча давом этади. Шундай қилиб, 3G тармоғининг узилиши эҳтимоллиги деярли тўлиқ йўқотилган. Бу “юмшоқ тутишлар” тизими бўлмайдиган, алоқа каналлари частота ва вақт бўйича ажратилиши ҳисобига маълумотларни узатилиши кечикиши ва баъзан алоқанинг узилиши жуда кўпинча бўлиб ўтадиган GSM стандартидан тубдан фарқ қилади. WCDMA тармоқлари мавжуд GSM тармоқлари устидан курилади, бунда улар параллел ишлайди. Абонентлар станцияси тармоқлар орасида автоматик қайта уланади.

UMTS версиялари. 3GPPда UMTSни стандартлаштириш жараёнида тизим босқичлар ёки версиялар тўплами орқали аниқланди. Биринчи учта версиялар 1999 йилдаги UMTS 3-версияси (R99, баъзан Rel-3 дейилади), UMTS 4-версияси (Rel-4) ва UMTS 5-версияси (Rel-5) бўлди. Бинобарин, версиялар тармоққа маълум таъсир ўтказди. UMTS версиялари бу 3GPPдан тасдиқланган талабларнинг учта асосий вакиллари ҳисобланади.

Ҳар бир версиянинг аслсий ўзига хос хусусиятлари:

R99 версия:

- UMTS универсал ер усти радиоулашиш тармоғини (UTRAN) аниқлайди;
- GSM/GPRS тармоққа радиоалоқа тармоғи нимтизими (RNS) қўшилади;

- базавий тармоқ, бу айрим такомиллаштиришларли мавжуд GSM/GPRS тармоғи.

Rel-4 версия:

- 4-версия муҳит шлюзлари (MGW), ҳаракатдаги алоқа коммутациялаш маркази сервери (MSC) ва сигнализация шлюзини (SGW) киритади. Бу фойдаланиш маълумотлари ва MSCдаги сигнализация маълумотларини мантиқий ажратишга имкон беради;

- маълумотларни юқори узатиш тезликларини, хатто локал соҳаларда 2Мбит/сгача таъминлашни ўз ичига оладиган UTRANни такомиллаштириш ўтказилади.

Rel-5 версия:

- IP-мультимедиа (IMS) нимтизими кўшилади;

- уй регистри (HLR) абонентлар ўз (“уй”) серверлари (HSS) билан алмаштирилади/тўлдирилади;

- UMTSда IP асосида мультимедиа хизматларини самарадор таъминлайдиган UTRANни такомиллаштириш киритилади;

- IubFlexни киритиш (В Тугунлар биттадан ортиқ жамланмасини уланиши учун радиоалоқа тармоғи (RNC) контроллерларини таъминлайди);

- жойлашиш ўрнини аниқлаш (LCS) бўйича хизматларни такомиллаштириш;

- универсал IP-тармоқ, якуний ҳисобда, реаллик бўлиб қолади;

- 5-версия 6-версиядаги IP протоколга (IPv6) асосланган.

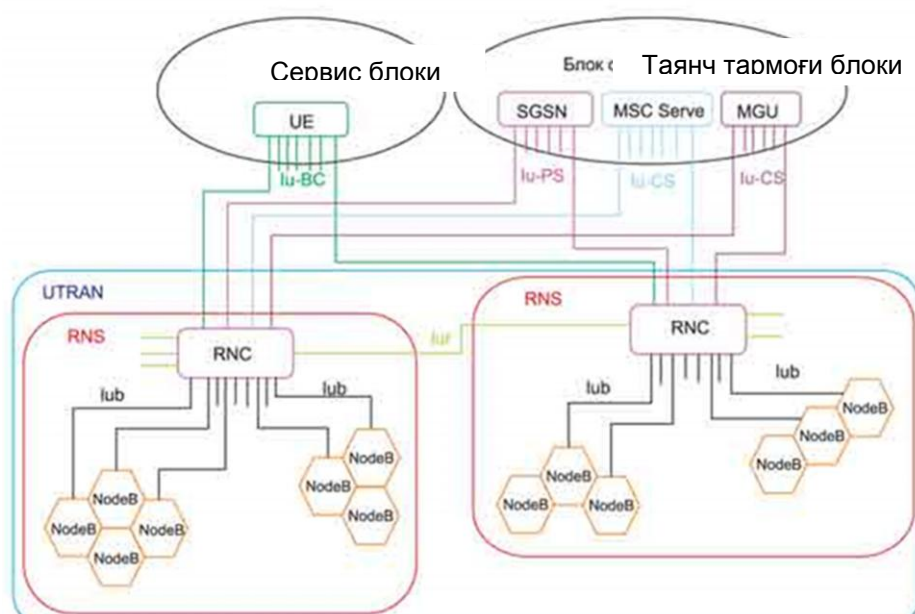
Юқорида кўрсатилган версиялар “музлатилган” ҳолатда турибди. Бу шуни билдирадики, агар тўғрилаш зарур бўлса (яъни янги функционал имкониятлар бошқа кўшилмаса), версиялар тан олинади. 6- ва ундан юқори версияларда куйидаги ўзига хос хусусиятлар билан билан тўлдирилади. Улар IMSни такомиллаштиришлар, симсиз локал тармоқларнинг интеграцияланиши (WLANI), Интернетнинг конвергенцияланиши (протоколлар ва хизматларга тегишли бўлган), кенг узатишли/кўп манзилли мультимедиа хизматлар (MBMS) ва тармоқнинг фақат пакетли коммутациялаш (PS) соҳаси чегараларида эволюцияланишига ўхшаш

соҳаларга тегишли бўлади. UMTS стандартининг ўзига хос хусусиятлари одатда 4-версия бўйича кўриб чиқилади.

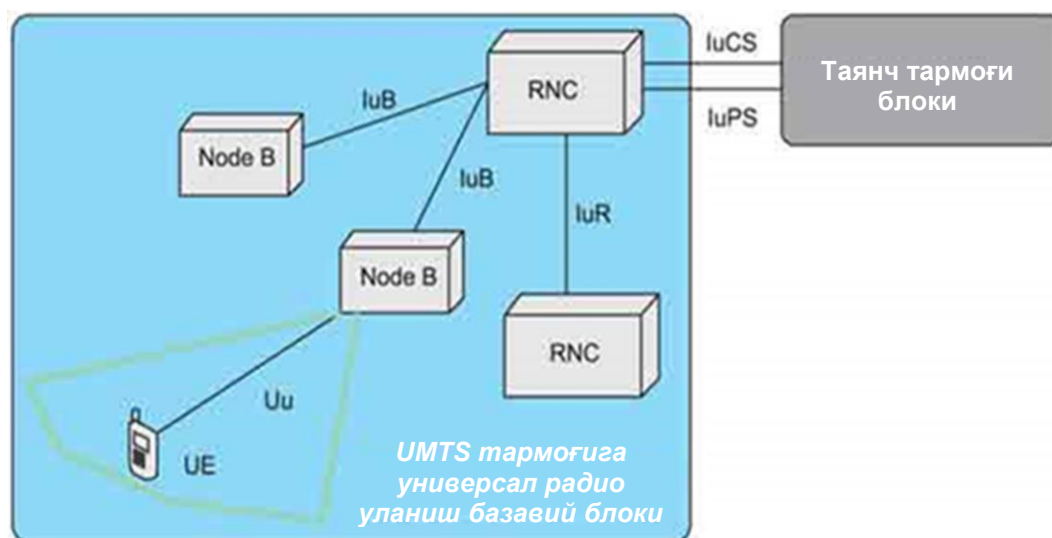
UMTS радиосигнални узатишнинг турли иккита GSM's Mobile Application Part ва GSM family of speech codecs усуллари ўзида бирлаштиради. UMTSни ишлатадиган ер усти узатиш қурилмалари учун бир неча UTRA интерфейслари белгиланади. Шунингдек бу спецификацияда UMTS тармоғига универсал радиоулаиш базавий блоки (UTRAN) атрафлича тавсифланган. 2 Мбит/сгача маълумотларни юкори узатиш тезликларини таъминлаш ишлатилган. Ҳозирги вақтда 3GPPнинг 11 та спецификациялари мавжуд.

Структурные схемы блоков UMTS ва UTRAN блокларининг тузилиш схемалари 7.3- ва 7.4-расмларда келтирилган. Бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:

- UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) — UMTS тармоғига универсал радиоулаиш базавий блоки;
- Service — сервис блоки;



7.3-расм. UMTS архитектураси



7.4-расм. UTRANнинг тузилиш схемаси

- CN (Core Network) — таянч тармоғи блоки;
- UE (User Equipment) — фойдаланувчи қурилмаси;
- SGSN (Serving GPRS Support Node) — GPRSни қўллаш базавий нимстанцияси ;
- MSC Server (Mobile Services Switching Centre) — мобил алоқа коммутаторларини қўллаш сервери;
- MGW (Media gateway) — тармоқ шлюзи;
- RNC (Radio Network Controllers) — тармоқ радиоконтроллери;
- NodeB — базавий станция;
- Iu, Uu, Iub, Iur, IuBC, Iups, Iucs Iub — UTRANни бошқа қурилмалар билан алоқасини таъминлайдиган ташқи, ички ва ёрдамчи интерфейслар.

UTRAN базавий станция ва тармоқ радиоконтроллери биллаштирилади ва UMTS барча радиочастота каналлари ва модуллари ишлашига жавоб беради. RNC тармоқ контроллери бир ёки бир неча базавий станцияларнинг функционалигини таъминлайди ва тўғридан-тўғри БС қурилмасига монтаж қилиниши мумкин. Бу вариантда реал физик интерфейс ҳақиқатда йўқлигига қарамадан, стандартлаштиришнинг қулай бўлиши учун базавий станция ва

контроллер орасида Iub билан белгиланадиган мантикий интерфейс киритилади. Стандартлар тармоқ блокларининг ўзига хос хусусиятларини тавсифламайди, лекин бунда элементлар орасидаги мантикий ва физик интерфейслар белгиланади. У кўплаб ҳолларда RNC марказий диспетчерлик пунктида жойлашган ва бир неча туманлар базавий станцияларини бир вақтда назорат қилиш учун ишлатилади.

Базавий станция ва унга мос RNC контроллердан ташкил топган иккита элементлар бирлиги UMTS тузилиш моделида нимтизимли тармоқ (Radio Network Subsystem, RNS) дейилади. Битта базавий UTRAN блокида бундай нимтизимлар бир нечта бўлиши мумкин. UMTS архитектурасида UTRAN базавий блоки тармоқнинг бошқа элементлари билан ўзаро таъсирлашадиган интерфейслар 7.3- ва 7.4-расмларда тасвирланган. Уи ташқи радиоинтерфейс мобил абонентлар станцияларининг (MS) 3G тармоқлар учун мўлжалланган параметрларини аниқлайди.

Iu интерфейс очик ҳисобланади, бу UMTS тармоқларида турли ишлаб чиқарувчиларнинг қурилмаларини ишлатишга имкон беради. IuR интерфейс очик бўлиш билан трли қурилмалар билан жиҳозланган станциялар орасида абонентларни юмшоқ эстафетали узатилишини ишлатилишига имкон беради. Iub интерфейс 3G тармоқларни ривожлантириш учун қурилмалар ишлаб чиқарувчилари инвестицияларини жалб этиш учун махсус тўлиқ очик ишлаб чиқилган.

Таянч тармоғи блоки GSM/GPRS тармоқлари анъанавий қурилмаларини ўз ичига олади, маслан, уларга қуйидагилар киради:

- транскодер (Transcoder and Rate Adaptation Unit, TRAU);
- манзил регистри (Home Location Register, HLR);
- ташриф регистри (Visitor Location Register, VLR);
- ҳаракатдаги алоқа коммутациялаш маркази (Mobile Services Switching Centre, MSC);
- бошқа тармоқларга чиқиш учун шлюз (Gateway Mobile Switching Centre, GMSC);

- GPRSни таъминлаш блоки (Serving GPRS Support Node, SGSN);
- базавий станциялар контроллери (Base Station Controller, BSC).

Базавий станциялар контроллери каналлар ресурсини тақсимлайди, каналларни коммутациялайди, эстафетали узатишни (handover) ташкил этади, телеметрияни тўплаш ва уни бошқариш ва хизмат кўрсатиш нимтизимига узатилишини амалга оширади. Транскодер нутқ сигналларини сиқишли кодлаш ва декодлашни амалга оширади. Манзил регистри бу операторнинг барча абонентлари ҳақидаги маълумотлар омбори ҳисобланади. Мехмон регистри тармоқнинг ишлаш зонасида бўлган абонентлар ҳақидаги маълумотлардан иборат бўлади.

CN блокида бажариладиган энг муҳим операциялар умумий ҳолда мобил абонент станциясини (MS) тармоққа, унинг пейжингига уланишига, соталарнинг сараланишига ва абонентни ажратилишига, кириш ва чиқиш чақирувларини амалга оширилишига ва базавий станциялар орасида абонентни эстафетали узатилишига келтирилади. CN CS ва PS доменларга мантиқий бўлинади. UMTS базавий станциясининг асосий функцияси радиосигналларни қайта ишлаш, каналли кодлаш ва тезликни мослаштириш, спектрни кенгайтириш ва бошқалардан иборат. Бундан ташқари, базавий станция ички контурда қувватни бошқариш бўйича асосий операциялардан бирини бажаради. Базавий тармоқ блоки таркибига кирадиган мобил алоқа коммутациялаш маркази UMTS/GSMни турли ташқи тармоқларга улайди. Бу тармоқлар иккита каналлар коммутацияланадиган (телефон тармоқлари) ва маълумотлар пакетлари коммутацияланадиган (Интернет) гуруҳларга бўлинади. Бинобарин, коммутациялаш маркази (MSC) радиоалоқа тизимини стационар тармоқлар билан ишлашини мувофиқлаштиради, у каналларни коммутацияланиши учун зарур бўладиган барча функцияларни бажаради, шунингдек боғланишни бошқаришга жавоб беради. Бундан ташқари, коммутациялаш маркази жойлашиш ўрнини рўйхатга олиш ва ва хизмат кўрсатишни узатилиши учун зарур бўладиган процедураларни бажариши керак. Ташувчига боғлиқ бўлмаган CS архитектурасини таъминлаш учун CN

блокда MGW муҳит сервери (фойдаланувчилар маълумотларини узатилишини таъминлайдиган) ва MSC сервери (сигнализацияни таъминлаш учун) киритилади. Бундай ёндашиш универсал IP-тармоқларни ишлатилишига ва коммутациялаш қурилмасига боғлиқ бўлмаган хизмат кўрсатиш муҳитларини яратишга имкон беради. UMTS архитектурасида MGW шлюзи PSTN/PLMN транспорт тармоғининг охириги пункти ҳисобланади ва UTRANни Iu интерфейс орқали CN билан улайди..

Ҳозирги вақтда уланиш тармоқларининг иккита асосий турлари мавжуд. BSS GSM, GPRS ва EDGE (GERAN) уланиш тармоқлари учун, RNS эса WCDMA уланиш тармоғи учун ишлатилади. GERAN уланиш тармоғи иккита анъанавий интерфейслар (Gb ва A-интерфейс) ёки Iu интерфейслари орқали CNга уланиши мумкин. IuPS интерфейсидан GERAN уланиш тармоғи ва базавий тармоқ PS домени орасидаги алоқани ишлатади. IuCS интерфейсидан GERAN уланиш тармоғи ва базавий тармоқ каналлари коммутациялаш домени (CS) орасидаги ўзаро таъсирлашиш учун ишлатилади.

UMTS тармоқларида бир неча сўзлашувли, оқимли, интерактив ва фонли устиворликларли QoS (Quality of Service) функцияси кўзда тутилган.

Юқорида кўриб чиқилган UMTS тармоқлари архитектураси кўрсатадики, 3G тармоқларга ўтишда ҳам абонентлар терминаллари, ҳам базавий станциялар нимтизимлари алмаштирилиши зарур бўлади. Бундан ташқари, ҳозирги вақтда таянч тармоқлари даражасида ишлатилаётган эскирган қурилмаларнинг сезиларли қисмини алаштириш зарур бўлади. Тармоқ архитектурасидаги сезиларли фарқ коммутаторни иккита мустақил коммутациялаш даражаси ва сигнализацияни қайта ишлаш ва хизматларни назорат қилиш даражаларига бўлиш ҳисобланади. Буларнинг барчаси шуни билдирадики, 3G ва 4G тармоқларга ўтиш учун абонентлар терминаллари ва базавий станциялар нимтизимларини жиддий модернизациялаш талаб қилинади. Бу мақсадларни амалга оширилиши учун инвестициялар ва янги электрон компонентлар талаб қилинади.

Мавжуд 2G тармоқлар билан бир қаторда UMTS тармоқларини мустақил параллел ривожлантириш жуда катта пул маблағларини талаб қилади. Шунинг учун стационар қурилмалар ва мобил абонентлар станциялари ишлаб чиқарувчилари, ҳам 2G эски тармоқларда, ҳам янги авлод тармоқларида ишлатилиши учун яроқли бўлган мослашувчан ечимларни қидиришга уринишмоқда. Радиоуланиш тармоқларининг самарадорлиги уни яратишда ишлатилган технологияларнинг ёши билан шартланади. Ўзбекистонда базавий тармоқлар яқинда қурилган, шунинг учун улар 3G замонавий технологияларни жорий этиш учун ишлатилиши мумкин. Афтидан, базавий тармоқлар инфратузилмаси GSM, TDMA (IS-136), IP, IN ва ISDN мавжуд тармоқларга таяниш билан эволюцион йўл билан ривожланади.

Ҳозирги вақтда магистрал тармоқлар сифатида IP-технологияларни ишлатадиган тармоқлар қўлланилмоқда. Бундан ташқари, GSM/GPRS/ EDGE 2G-авлод мобил алоқа стандартларининг охириги версиялари учун яратилган GSM MAP ва ANSI-41 таянч тармоқлар модернизацияланмоқда. Бунда кўп ҳолларда учта GSM MAP, ANSI-41 магистрал тармоқлар ва базавий IP-тармоқ орасидаги ўзаро таъсирлашиш NNI (Network-to-Network Interface) тармоқлараро интерфейс орқали амалга оширилади.

Все ведущие изготовители базовых модулей для MS учун барча етакчи базавий модулар ишлаб чиқарувчилари бирлаштирилган GSM/UMTS-модуллари чиқаради. Бу модулар асосида яратилган сотали телефонлар ва терминаллар ҳам GSM/GPRS/EDGE тармоқларида, ҳам 3G тармоқларда ишлаши мумкин. Базавий станциялар учун қурилмаларни ишлаб чиқарувчилар, ўз томонидан, бир вақтда GSM ва UMTS базавий станцияларига хизмат кўрсата оладиган қайта уланадиган дастурий коммутаторларни (Soft Switch) чиқармоқда. Мисол сифатида Huawei Technologies фирмасининг ишланмаси - MSoftX3000 коммутацион платформаларини келтириш мумкин. Улар UMTSни ривожлантиришга капитал ҳаражатларни GSM- ва UMTS-тармоқларда ишлай ишлаш

мумкинлиги ҳисобига камайтиришга имкон беради. Шундай қилиб, бундай қурилмаларни мавжуд GSM/GPRS тармоқларга ўрнатилиши билан оператор 3G таянч тармоққа инвестицияни 2G тармоқнинг реал абонентлари ҳисобига чиқариб олади ва ўзини инвестицион хавфлардан қутқаради.

M2M-иловалар учун мобил қурилмалар бозорининг ривожланиши, афтидан, иккита йўналиш бўйича боради. Бир томондан, 2G ва 2,5G-GSM/GPRS/EDGE авлодлар алоқа тизимлари учун модулар модернизацияланади ва арзонлашади, бошқа томондан эса 3G, 3G-UMTS/WSDMA/HSDPA/HSUPA қўлланиладиган тармоқлар ривожланади.

Янги авлодлар тармоқларини ривожланишининг ўхшаш иккита кўринишларини кўзда тутиш мумкин. Биринчиси бу аста-секин ўтиш, бунда 2G тармоқлар асосида устама 3G ва 3,5G тармоқлар қурилади. Иккинчи вариантда эса янги авлод тармоқларини “нолдан”, бирданига базавий станциялар учун энг янги қурилмалардан қуриш бўлиб ўтади. Мутахассислар бундай режаларни Европада (Ўзбекистонда ҳам ҳисоблаш мумкин) амалга оширилиши эҳтимоллигини аста-секин ўтиш учун 80-90%га, сакрашсимон ўтиш учун 10-20%га баҳолашмоқда. У ва бу ҳолда M2M-иловалар учун GSM/GPRS/EDGE-модуларни ишлаб чиқаришда жаҳон етакчилари орасида жойларни тақсимланишида тубдан ўзгаришларни кутиш эҳтимолдан узоқ.

Хизматларни кўрсатилишида UMTSнинг имкониятлари. UMTSни ташкили этилиши усули ҳақиқий боғланишни бажарадиган тармоқнинг қисмини хизматларни кўрсатилишини таъминлайдиган қисмдан қанчалик мумкин бўлса, шунчалик ажратилишини кўзда тутати. Бу бозор шароитларида катта ошкораликка ва потенциални ортишига кўмаклашади, ажратилган маълумотлар, хизматлар етказиб берувчилари (провайдерлар) ва телекоммуникацион компаниялар концепциясини таъминлайди.

UMTS тармоғида кўрсатиладиган хизматлар. UMTS тармоғи ривожланиб бораётганлиги боис янада кўп хизматлар тақдим этилади. 5-версиядаги UMTS ҳаракатдаги алоқа тармоғи бугунги кунда Интернетдан маълум бўлган, масалан оқимли видео, нутқни IP (VoIP) протоколи бўйича узатиш,

видеоконференция ва интерактив хизматлар каби хизматларни тақдим этади. Тармоқнинг каналларни коммутацияланишини амалга оширадиган қисми юқорироқ маълумотларни узатиш тезликларини ва тармоқнинг тез мослашувчанлигини оширишни таъминлаш учун пакетли узатиш технологияси (IPни жуда эслатадиган) билан алмаштирилган. Тармоқнинг пакетларни коммутацияланишини амалга оширадиган қисми ўзгармасдан қолган, лекин янги пакетли домен - IP-мультимедиа (IMS) нимтизим қўшилган.

Умумий хизматлар. UMTS тақдим этадиган асосий хизматлар маълум GSM ва ISDN (хизматлар интеграцияланадиган рақамли тармоқ) тармоқлардан хизматларга ўхшаш. ХЭАИ-Тдан тавсифлардан фойдаланиш билан хизматларни ташиш хизматлари, телехизматлар ва қўшимча хизматларга бўлиш мумкин. UMTSда тақдим этиладиган асосий базавий хизмат телефония ҳисобланади. Бошқа узатиладиган маълумотларга ўхшаш нутқни рақамли кодлаш бажарилади, у кейин тармоқ бўйича рақамли оқим кўринишида узатилади. Пакетлар коммутацияланадиган маълумотларни узатилиши тарзида амалга ошириладиган кўплаб маълумотларни узатиш хизматлари таклиф этилади. Шунингдек GSM билан бирга киритиладиган қисқа хабарлар хизмати (SMS) мумкин бўлади. Қўшимча хизматлар телехизматлар устидан тақдим этилади, масалан:

- кутиш/сақлашга чақирувни қайта манзиллаштириш/бекор қилиш/ўрнатиш;
- уч томонлама алоқа хизмати;
- тўлов ҳақида маълумотлар;
- чақириладиган абонентни идентификациялаш;
- ёпиқ фойдаланувчилар гуруҳи.

Жойлашиш ўрнига асосланган хизматлар. Фойдаланувчи қурилмасининг (UE) географик жойлашиши радиосигналларнинг сатҳини ўлчаш йўли билан аниқланиши мумкин. Радиоалоқа тизимининг эксплуатацион характеристикаларини оптималлаштириш учун позициялаш функцияси UTRAN тармоғининг ичида UEни ўзининг ёки тармоқнинг бутун

узунлигидаги қўшимча тармоқ хизматлари ва “учинчи томон” хизматлари орқали ишлатилиши мумкин. Намунавий тижорат хизматларига қуйидаги хизматлар киради:

- шаҳар транспортини ҳаракатланиши ҳақидаги маълумотлар;
- автотранспорт жамламасини бошқариш;
- "орқам дан юр";
- "яқиндаги хизмат";
- шошилиш чакрувлар хизмати.

UMTS тармоғини режалаштирувчилар ҳам бу маълумолардан фойдаланишлари мумкин.

Жойлашиш ўрнига асосланган хизматлар GSM/GPRS тармоқларида тармоқ ва ҳаракатдаги станция (MS GSM/GPRS тармоқларида Уенинг эквиваленти ҳисобланади) орасида сигнализация маълумотларини узатилиши асосида ишлатилиши мумкин.

WAP хизмати. Радиоалоқа учун амалий даража протоколи (WAP) мобил телефония учун оптималлаштирилган Интернетга уланиш протоколи ҳисобланади. У ҳаракатдаги алоқа фойдаланувчисига Интернет маълумотлари ва хизматларига исталган жойда ва исталган вақтда, масалан, электрон почтага, учуш жадвалларига ва бошқаларга фойдаланиш таъминланади. WAP хизмати фойдаланувчига web-браузерни тақдим этади, у одатда Интернетда қўлланиладиган гиперматнли белгилаш тили ўрнига радиоалоқани белгилаш тилини (WML) ишлатади. WML тили мобил терминаллар билан ишлатиш учун ишлаб чиқилган. Тизимдаги шлюзлар WAP формати ва одий Интернет формати орасида ўзгартиришни амалга оширади.

Мультимедиали хабарларни алмашлаш хизмати (MMS). Мультимедиали хабарларни алмашлаш хизмати (MMS) UEга бошқа UEдан, Интернетдаги стационар пунктдан ёки қўшимча хизматлар етказиб берувчидан (VAS) мультимедиали хабарларни етказиш учун ишлатилади. Қўшимча хизматлар янгиликлар, об-ҳаво маълумотлари, фонд биржаларидан маълумотлар ва

бошқалар бўлиши мумкин. Матндан ташқари, мультимедиали маълумотлар барча турдаги мультимедиага, масалан, нутқ, видео, аудио ва статик тасвирларга эга бўлади.

CAMEL. Ҳаракатдаги алоқа тармоқлари учун махсуслаштирилган иловаларнинг кенгайтирилган мантиғи (логикаси) (CAMEL) истеъмолчилар учун кўплаб хизматлар умумий платформаси ҳисобланади. У UMTS тармоғини интеллектуал тармоқ (IN) функциялари билан таъминлайди. Уларга қуйидагилар киради:

- олдиндан тўлов;
- чақируларни филтрлаш;
- кузатиш (назорат қилиш).

CAMEL тармоқлар орасида алмашлашни амалга оширилиши учун зарур бўладиган маълумотларни тақдим этади (IN функциялари, одатда, ўзига хос тармоқ функциялари ҳисобланади). IN анъанавий ечимлари каналларни коммутациялаш асосидаги хизматларни яратади. CAMEL ҳам шуларни қилади, шунингдек пакетли коммутациялаш асосида боғланишлар билан ўзаро таъсирлашишни амалга оширади.

Виртуал уй муҳити (VNE). VNE бу UMTS чегараларида фойдаланувчига мумкин тармоқда мумкин бўлган интерфейсга эътибор қилмасдан тармоқ билан ўша бир персонал интерфейсга эга бўлишга имкон берадиган хизматларни тақдим этилиши концепцияси ҳисобланади. Тармоқлар фойдаланувчилар профиллари, тарифлар, хизматлар ва кўплаб мослашувчанлик ҳақидаги маълумотларни ташиши талаб қилинади, бу тармоқларнинг мураккаблигини ҳисобга олганда осон эмас масала ҳисобланади. VNE учун тармоқлараро ўзаро таъсирлашиш талаб қилинадиган жойларда CAMEL ишлатилади. Бунга эришиш учун ҳам GPRSда, ҳам UMTSда тизимнинг интеграцияланган қисми сифатида хизмат кўрсатиш сифати концепцияси киритилган.

Хизмат кўрсатиш сифати. 2.5G ва 3G тармоқларининг ютуқларидан бири сифатлироқ маълумотларни узатиш тезлигини таъминлаш ҳисобланади.

Бунга эришиш учун ҳам GPRSда, ҳам UMTSда тизимнинг интеграцияланган қисми сифатида хизмат кўрсатиш сифати концепцияси (QoS) киритилган. QoS самарадор механизмининг “жойларда” бўлиши ҳаракатдаги алоқа операторларига IP асосида юқори сифатли, даражалаштирилган иловалар ва хизматларни тежамкор тақдим этилишига имкон беради.

Назорат саволлари

1. Мобил алоқанинг UMTSга эволюцияланиши қандай амалга ошди?
2. ITU 3G тармоқларга қандай талабларни қўяди?
3. UMTSни стандартлаштиришнинг ўзига хос хусусиятлари.
4. UMTS блокларининг тузилиш схемаларини келтиринг ва тушунтиринг.
5. UTRAN блокларининг тузилиш схемасини келтиринг ва тушунтиринг.
6. UMTS тармоғида қандай хизматлар тақдим этилади?

HSPA стандарти

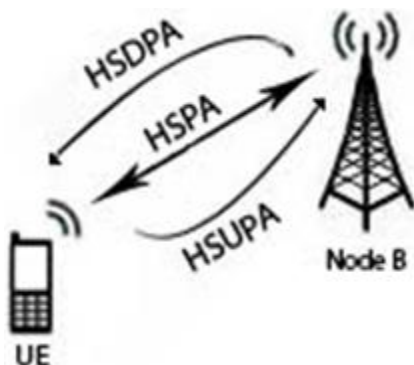
8-маъруза

HSDPA технологияси

HSUPA технологияси

HSPA+ технологияси

HSPA атамаси бита номга иккита HSDPA (базавий станциядан абонентга маълумотларни узатиш – «пастга») ва HSUPA (абонентдан базавий станцияга маълумотларни узатиш – «юқорига») технологияларни бирлаштиради. HSDPA учун маълумотларни узатиш тезлиги 14,4 Мбит/с, HSUPA учун 5,76 Мбит/с (назарий 28 Мбит/с.) қийматларгача етиши мумкин (8.1-расм).



8.1-расм. HSPA технологияси

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) **технологияси** маълумотларни пакетли узатишни ишлатадиган WCDMA/UMTS ечимлар оиласига киради, UMTS Release 99 билан тўлиқ мослашувчан ва бир вақтда HSDPA ва UMTS овозли алоқа ва маълумотларни узатиш сервисларини тақдим этишга имкон беради. HSDPA технологиясининг охириги модификацияси “пастга” режимда 21 Мбит/сгача максимал назарий маълумотларни узатиш тезлигини олишга имкон беради. Ҳақиқатда HSDPA

UMTS тармоқларга “коплама” ҳисобланади, шунинг учун у баъзан 3,5G авлод дейилади.

3GPP Release 5 спецификацияда биринчи марта HSDPA технологиясининг архитектураси эълон қилинган, бу ерда AMC (Adaptive Modulation and Coding) адаптив модуляциялаш ва кодлаш алгоритмлари, шунингдек ARQ (Automatic Request for Repeat) такрорий узатишни автоматик сўраш модернизацияланган усули тавсифланган. Бу ерда шунингдек IP 6-версияси (IPv6) протоколлари тавсифланган бўлиб, унда IP-мультимедиа (IMS) нимтизими қўшилган. Уй регистри (HLR) ўз абонентлари сервери (HSS) билан тўлдирилган. UTRAN тузилмасида UMTSдаги IP асосида самарадор мультимедиа хизматлари тавсифланган. Бундан ташқари, жойлашиш ўрнини аниқлаш (LCS) бўйича функцияни қўллаш такомиллаштирилган.

3GPP Release 5 стандартлари спецификациясида HSDPA технологияси учун янги High-Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH) транспорт канали даражаси ишлатилади. Битта нимдиапазонда 16 та тақсимлаш омилили 15 тагача бундай каналларни ташкил этиш мумкин. Аниқ бир фойдаланувчиларга каналларни қайта тақсимлаш ҳар 2 мсда бўлиб ўтади. Бу даражанинг ишлатилиши стандартга қуйидаги учта янги физик каналларни киритилиши ҳисобига мумкин бўлди:

- HS-SCCH (High Speed-Shared Control Channel) — фойдаланувчини HS-DSCHга маълумотларни (иккита юқори слотлар) жўнатилганиги ҳақида хабардор қилиш учун юқори тезликли назорат канали;

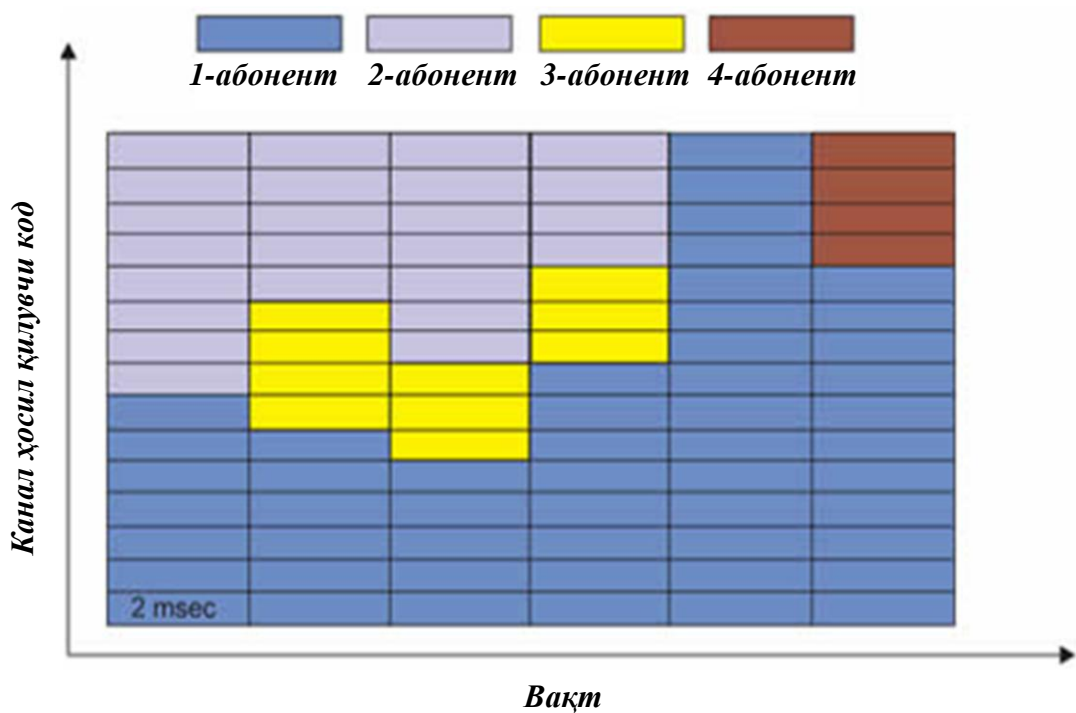
- HS-DPCCH (Uplink High Speed-Dedicated Physical Control Channel) — узатиш сифатини жорий назорат қилинишини етказилиши ҳақида маълумотларни тасдиқланиши учун канал;

- HS-PDSCH (High Speed-Physical Downlink Shared Channel) — маълумотлар физик (маълумотларнинг ўзи ва қўшимча ахборот биларидан иборат ортиқча код кўринишида) узатиладиган канал.

HSDPA технологиясида ҳалақитларда ҳимоялаш ARQ-механизми ишлатилган бўлиб, бунда маълумотларни узатиш блоклаб бўлиб ўтади. Қабуллаш томонида хатоликларни назорат қилиш ва улар аниқланган маълумотлар қисмини тарорлаш зарурати ҳақидаги сўровни генерациялаш амалга оширилади. маълумотларни нотўғри қабул қилиш бўлганида янги FHARQ (Fast Hybrid Automatic Repeat Request) технологияда пакетларни қабул қилинганлигини тасдиқланиши ҳам базавий станция, ҳам ҳам абонентлар станцияси орқали кузатиб борилади. Такрорий пакетлар яна узатиладиган пакетлар билан навбат алмашади. Рақамлаштирилган маълумотлар мос физик канал бўйича узатилиши учун мультиплексланади ва кодланади. HSDPAда QPSK ва 16-, 64-QAM модуляциялаш схемалари қўлланилади.

UMTS/HSDPA стандартлари орқали бир вақтда ишлатиладиган кодлар максимал сонининг (15 тагача) турли қийматларили ва радиоканалдаги QPSK ёки QAM модуляциялаш турили 20 та тоифалар кўзда тутилган. Бу комбинациялардан ҳар бирига HSDPA стандартининг пакетли режимда пастга йўналишда – БСдан мобил терминалга максимал маълумотларни узатиш тезлиги мос келади. Таъкидлаш керакки, QAM позициялари сони ортганида алоқа каналининг ўтказиш қобилияти $\log_2 264 / \log_2 16 / \log_2 24$ логарифмик пропорцияда ортади, лекин бунда ҳалақитбардошлик камаяди, чунки амплитудалар ва фазаларнинг ёнма-ён қийматлари орасидаги фарқ камаяди.

Алоқа каналларининг ўтказиш қобилияти ва узатиш тезлиги битта нимдиапазонган кодланган алоқа каналлари сонини аниқлайдиган тақсимлаш омилига (spreading factor) боғлиқ бўлади. Назарий жиҳатдан UMTS/ HSDPA битта абонент учун учта бундай “юқорига” каналлини тайинлашга имкон беради. Лекин амалда унутмаслик керакки, фойдаланувчилар сони қанчалик кўп бўлса, ўтказиш қобилияти шунчалик кичик бўлади. 8.2-расмда HSDPA тармоғи абонентлари орасида спектрни тақсимланиши тасвирланган.



8.2-рasm. Қабул қилиш шароитларига боғлиқ равишда абонентлар орасида спектрни тақсимланиши

HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) **технологияси** абонентлар станциялари параметрларини аниқлайди ва уларни базавий станциялар билан ўзаро таъсирлашиш тартибини аниқлайди. Лекин “юқорига” ва ”пастга” маълумотларни узатишлардаги фарқ HSDPA технологиясининг бутун архитектураси ва профилларини MS (мобильные бытовые телефоны, базовые модули и законченные терминалы) учун оддий ишлатишга имкон бермайди. “Юқорига” ва ”пастга” узатиш жараёнларини мослаштиришнинг асосий муаммоси истеъмол қувватидалигида иборат. Базавий станцияда узаткич оладиган қувват амалдаги меъёрлар чегараларида чекланмаган. Шунинг учун БС учун қурилмалар ишлаб чиқарувчилар истеъмол қуввати муаммолари ҳақида ўйламасдан узатиш технологиясини такомиллаштириши мумкин. Бу бозорнинг асосий қисмини ташкил этадиган маиший мобил телефонлар учун истеъмол қуввати рақобатли курашда ютуқнинг асосий мезонларидан бири ҳисобланади.

HSUPAни ишлаб чиқишда ҳам вақт бўйича, ҳам каналли кодлаш усуллари ишлатилган. Бинобарин, HSDPA базавий станцияси энергия истеъмолининг сезиларли қисми айнан бу модуляциялаш блокларига тўғри келар экан, бу усулни бир ўзини HSUPA учун ишлатилиши мукин эмас. Шунинг учун HSDPA технологиясида муҳитнинг шароитларига боғлиқ равишда узатиш қувватини тўғрилаш функцияси киритилган, бу интенсив ҳалақитлар шароитларида тармоқдаги ўта юкланишларда узатиш тезлигини сақлашга имкон беради. Лекин бу қурилма ҳам етарлича энергия сиғимили ҳисобланади. Энергия истеъмоли муаммоси модуляциялашда ҳам вужудга келади. QAM ишлатилганида ўтказиш полосасини яхшилаш учун унинг сатҳини ошириш керак, лекин бунда қурилманинг мураккаблиги ва энергия истеъмоли ортади. Бошқа муаммо ҳаракатланаётган абонентларни босқичма-босқич узатилиши (soft handover) билан боғлиқ бўлади. Бу ҳолда қабул қиладиган БС мижознинг ўзгарадиган сигналени кузатиб бориши ва уни энг яхши қабуллаш шароитларини таъминлайдиган бошқа БСга узатиши керак.

Release 6 спецификациясининг асосий вариантыга мувофиқ HSUPA технологиясида HSDPA технологиясининг модификацияланган принциплари ишлатилган, лекин “юқорига” маълумотларни узатиш технологияси “пастга” маълумотларни узатиш технологиясидан факр қилади. HSUPA стандартида каналнинг ресурсларини бошқарилишини таъминлайдиган ва паст даражали боғланишларни ўрнатилиши, сақланиши ва узилишига, частоталар каналларини динамик танланишига ва бошқаларга жавоб берадиган протоколлар модернизацияланган. АС блокда MAC даражада маълумотларни етказилишини аназорат қилиш ва уларни узатилиши жараёнида кадралб фарматлашга жавоб берадиган нимдаража қўшилган. БС блокда шунингдек маълумотларни олиниши далилини назорат қиладиган даражада ўзгартиришлар киритилган. Контроллерлар блокада (S-RNC) хатолик бўлганида маълумотларни олинишига тқрорий сўровни таъминлайдиган даража (MAC-es) қўшилган. Бундан ташқари, бу даража ўша бир абонент учун эстафетали узатиш (handover) жараёнида базавий станциялардан

олинган маълумотларни биргаликда қайта ишлашни таъминлайди. Iub/IuR интерфейсларининг ишлашни тезлаштириш учун янги протокол ҳам қўшилган. Бундан ташқари, HSUPAда БС (MAC-e), АС (MAC-e/es) ва бошқариш контроллерлари блоки (MAC-es) учун узатиш муҳитига уланишни бошқариш протоколлари ўзгартирилган:

- MAC-e базавий станция блокида тузилмалаштирилган, у ҳар бир абонентлар станцияси учун алоҳида киритилади ва унинг базавий станция билан ўзаро муносабатини ростлайди. Бу протокол доирасида АС ЮС билан алоқага рухсат этишни сўрайди ва хатолик бўлганида такрорий узатишнинг ишлашни бошқаради;

- MAC-es хизмат кўрсатувчи контроллерда ҳам ҳар бир абонентлар станциялари учун киритилади. У MAC-es даража маълумотлари протоколли блокини (Protocol Data Unit) кодлаш ва ҳар бир кадр ва кадр ости номерига мувофиқ бирлаштиради ва ўзгартиради, шунингдек MAC-es даража маълумотлари протоколли блокини дизассемблирлаш (ассемблирлашдан чиқариш) операциясини таъминлайди;

- абонентлар станцияси учун MAC-e/es маълумотларни олинанини тасдиқланишининг аралаш назорат қилинишини боришига, маълумотларни мультиплекслаш ва абонентнинг идентификацион кодли кетма-кетлигини (Transmission Sequence Number, TSN) тайинланишига жавоб беради, олинган эфирга чиқиш мақоми асосида узатиш транспорт форматини танлашни амалга оширади.

Абонентдан станцияга маълумотларни узатишда кенгайтирилган ажратилган канал ишлатилганида иккита кодланган ССТrСН композит транспорт каналлари бир вақтда ишлатилади. Транспорт канали инкапсуляциялаш вақти (узатиш интервали) 10 ёки 2 мс ни ташкил этадиган конфигурацияланиши мумкин. Бунда берилган 10 мс узатиш интервали тармоқда ишлаш учун рухсат этилган барча абонентлар станциялари орқали таъминланиши керак, 2 мс узатиш интервали эса опцион ҳисобланади. Ҳар

бир AC аниқ бир вақт momentiда фақат битта ажратилган маълумотларни узатиш транспорт каналига эга бўлиши мумкин.

E-DCH транспорт блоки (кенгайтирилган ажратилган канал) физик даражада 10 ёки 2 мс инкапсуляциялаш вақти билан ишлайдиган E-DPDCH каналга юкланган. Release 6 асосий спецификацияда E-DPDCH канал учун QPSK модуляциялаш ишлатилади. Release 7 спецификацияда 4-PAM (Pulse Amplitude Modulation, импульсли амплитудавий модуляциялаш) модуляциялашдан фойдаланиш имконияти мавжуд. Турли модуляциялашлар модификациялари кейинги Release 8-11 спецификацияларда акс эттирилган.

Бинобарин, DPSSCH бўйича маълумотларни узатишда дастлаб ёрдамчи символлар ва символлар кетма-кетлиги (RSN) узатилар экан, у ҳолда E-DPDCH даражасида фойдали символли маълумотлардан ташқари, ҳеч қандай бошқа маълумотлар узатилиши мумкин эмас. E-DPDCH каналда маълумотларни узатиш тезлигини ошириш учун мультикодлар комбинацияси қўлланилади. Бунда 2 га тенг ўзгарувчан кенгайтириш коэффициенти ил ортогонал кодлар ишлатилади. Принцип жиҳатдан, SF спектрни кенгайтириш коэффициенти орқали аниқланадиган ўзагравчан узунликдаги кодларнинг бошқа вариантлари ҳам бўлиши мумкин. Бундай кодлар берилган алгоритм асосида шакллантирилади ва ҳар бир кейинги даража бўлиши мумкин кодли комбинациялар сонини икки маттага оширади. Кодларнинг турли тўпламлари турли узатиш тезликларини шартлайди. Масалан, SF4 кенгайтириш коэффициенти битта код 960 кбит/с узатиш тезлигига мос келади. SF4 кенгайтириш коэффициенти иккитта код 19200 кбит/с узатиш тезлигига мос келади. SF4 кенгайтириш коэффициенти код учта параллел каналларда ишлатилганида тезлик 5760 Кбит/сгача ортади.

Ажратилган назорат канали (E-DPSSCH) абонентлар стнцияси орқали узатилган маълумотларни олинишини тасдиқланиши ҳақида маълумотларни ташиш учун мўлжалланган. Бу канал бўйича қуйидагилар узатилади:

- 7-битли кетма-кетликни ташкил этадиган ва маълумотларни узатиш тезлигини аниқлайдиган маълумотларни узатиш кенгайтирилган транспорт формати ҳақидаги маълумотлар;

- такроран узатиш ҳақидаги маълумотларга эга бўлган қўшимча иккита битлар (бунда RSN пакет янги ёки олдин жўнатилган пакетни такроран узатилиши эканлигини хабар қилади);

- абонентлар станциясига “юқорига” йўналиш бўйича (абонентдан БСга) юқорироқ маълумотларни узатиш тезлигига рухсат этишни берадиган ёки таъқиқлайдиган охириги бит.

Инкапсуляциялаш вақти 2 мс бўлганида ўн та ахборот битлари учта кетма-кет вақт интерваллари 30 та битларига кодланган. Инкапсуляциялаш вақти 2 10с бўлган вариантда 2 мсга тенг бўлган ТТли нимкадрлар контенти оддий беш мартта такрорланади. Етказилиш ҳақида хабарни ишдиқациялаш ажратилган канали (Hybrid ARQ Indicator Channel, HICH) бир неча абонентлар орқали бир вақтда ишлатилиши мумкин. Ҳар бир фойдаланувчидан сигналларни ажратиш учун кодли ажратишли тармоқларда индивидуал ортогонал дастхатлар дейиладиган махсус символлар кодли кетма-кетлиги ишлатилади. HSUPA тармоқларида ҳар бир фойдаланувчига E-HICH канал учун битта ва E-RGCH канал учун битта ортогонал дастхат ажратилади. Бинобарин, HICHга ҳаммаси бўлиб 40 та ортогонал дастхатлар мумкин экан, у ҳолда фақат 20 та фойдаланувчилар ҳар бир аниқ вақт моментида биргаликда битта кодли канални ишлатиши мумкин бўлади.

Абонентлар станциялари учун қувватни нисбий ростлаш бошқариш канали АС узаткичи чиқиш қувватини ошириш ёки камайтириш учун мўлжалланган. Бу канал бўйича абонентлар станциялари ўрнатиши керак бўладиган қувватнинг аниқ қиймати узатилмайди. Базавий станция АС сигналини кузатиб боради ва унга АС нисбатан ўз ишлашини ростлаши керак бўладиган жорий мақомни мунтазам хабар қилади. Агар алоқа ёмонлашса, БС АС узатиш қувватини оширишга команда беради. Тармоқда абонентлар

кам бўлганида ва АС сигнали етарлича кучли бўлганида БС қувватни камайтиришга бошқариш сигналини жўнатади.

Канал абсолютной регулировки мощности E-AGCH қувватни абсолют ростлаш канали мазкур аниқ бир моментда ишлатилиши мумкин бўлган, абонентлар станцияси узаткичи қувватининг юқори чегарасини ўрнатиш учун мўлжалланган. Максимал қувват тўғридан тўғри мксимал маълумотларни узатиш тезлиги билан боғланган. Қуватни нисбатан ростлаш усулидан фарқли равишда, абсолют чеклаш етарлича кам, АС каналлар ресурсларини сўраётганида ва ташувчи частота ўрнатилаётганида берилади

E-AGCH канали бўйича базавий станция қуйидаги иккита турдаги хабарларни узатади:

- қувватни чегаралаш сатҳининг аниқ қиймати (Absolute Grant value);
- қувватни чегаралаш характери (Scope AG). Scope AG Absolute Grant қиймати фақат маълумотларни олиниши тасдиқланишини аралаш назорат қилиш усулида (HARQ) ёки бошқа жараёнларда ҳам ишглатилишини кўрсатади.

Базавий станция билан боғланишни ўрнатилишига сўровда абонентлар станцияси ўз техник имкониятлари ҳақидаги маълумотларни узатади. Уларга боғлиқ равишда БС аниқ бир АС учун мос алоқа режимини ўрнатади.

Юқорида айтилганидек, HSUPA технологиясида HARQ (такроран узатишни автоматик сўраш аралаш усули) ишлатилган. Бу вариантда асосий усул Stop and Wait усули ҳисобланади, у узаткич янги маълумотлар блокини трансляциялашни бошлашдан олдин олдингисини муваффақиятли қабул қилинганлиги ҳақида тасдиқланишни кутишини билдиради.

Бу усул узатишни тасдиқланиши учун махсус канал ажратилишига имкон берадиган OFDMA ренжимиде ишлатилади. Агар HARQ ёқилган бўлса, БС узатган ҳар бир пакет АСдан махсус тескари канал бўйича олишни тасдиқланишини талаб қилади. Хатолик ҳақидаги хабар келмаганида ёки ўрнатилган муддатда муваффақиятли қабул қилишга тасдиқланиш олинмаганида базавий станция такроран узатишга киришади.

Бу мақсадда иккита усул ишлатилиши мумкин. Биринчи ҳолда ортадиган ортиқчаликли (Incremental Redundancy, IR) узатиш усули дейиладиган усул қўлланилади. HARQ функцияси уланганида ҳар бир чиқувчи пакет учун канал кодерида ҳар бири ўз идентификаторили (SPID) тўртта субпакетлар шакллантирилади. Агар узилиш бўлса, себпакет ўша, лекин кодернинг бошқа параметрлари билан кодланган бошқа SPID билан трансляцияланади “Бошқариладиган комбинациялашли” » (Chase Combining, CC) усулда хатолик вужудга келганида ўша бир кодлаган пакетни такроран трансляциялаш амалга оширилади. Бу усул фақат мобил абонентлар станциялари билан ишлатилиши мумкин. HSUPA вариантида АСдан БСга узатишда, юқорида таъкидланганидек, устиворликлар принципи ишлатилади. Дастлаб абонентлар станцияси узатишни бошланишига рухсат сўрайди. Базавий станция алоқа сеансида қанча ва қайси станциялар қатнашишига ечимни қабул қабул қилади. Шунингдек “юқорига” узатиш режимида жадвал бўйича ишлаш (scheduled mode) вариантдан фойдаланилган, бунда АС олдиндан келишилган вақтда алоқага чиқади. Шошилинич вазиятларда ишлаш режими кўзда тутилган.

Шунингдек маълумотларни узатиш сифатини (QoS) назорат қилиш яхшиланган тизимини таъкидлаш керак. Сифатни назорат қилиш блоки битта PDU–даражада мультиплексланадиган 15 тагача мантиқий каналларга хизмат кўрсатиши мумкин. Бунда ҳар бир мантиқий каналда ўз турли QoS қийматлари ва турли устиворликли даражалари бўлиши мумкин. Ҳозирги вақтда 3GPP (Release 6-11) стандартлари турли параметрлар тўпламларига эга бўлган ва аниқ бир АСнинг (мобил телефон ёки терминалнинг техник характеристикалари ва хоссаларини аниқлайдиган HSUPA технологиясининг тўққизта тоифаларини белгилайди.). HSUPA технологиясини қўллайдиган мобил абонентлар станцияларининг тоифалари 8.1-жадвалда келтирилган. Кўриниб турибдики, маълумотларни узатиш тезлиги СТ, SF, ТТI, МТW ТТI каби қурилмаларнинг асосий параметрлари комбинацияси орқали аниқланади.

Жадвалда келтирилган маълумотлар кўрсатадики, абонентлар станцияларининг тоифалари қанчалик юқори бўлса, узатиш тезлиги шунчалик юқори бўлади. АС БСга маълумотларни узатиши мумкин бўлган максимал назарий тезлик бугунги кунда 23 Мбит/с ни ташкил этади. Лекин бу назария. Яна бир бор таъкидлаймизки, узатиш тезлиги ҳар бир аниқ бир вақт momentiда абонентлар станцияси (мобил телефон, смартфон, базавий модуль), базавий станция қурилмалари ва тармоқнинг юкланишига боғлиқ бўлган ўзгарувчан қиймат ҳисобланади.

Юқори тезликли HSPA тармоқлари. 3GPP Release 8 стандартда Dual-Cell HSDPA номини олган такомиллаштирилган технология ишлаб чиқилган, назарий жиҳатдан, бу усул иккланган ўтказиш қобилиятидан фойдаланиш ҳисобига БСдан абонентга маълумотларни узатиш тезлигини икк марттага оширишга имкон беради. Бу технологиянинг ғояси шундан иборатки, HSDPA тармоғида иккита турли радиочастоталар ишлатилади.

8.1-расм. Турли абонентлар станциялари тоифалари учун HSUPA технологиясидаги узатиш тезлиги

| 3GPP стандартига мувофиқ абонентлар станциялари тоифалари номи | Абонентдан базавий станцияга максимал узатиш тезлиги, Мбит/с | Эркин савдода бўлган абонентлар станциялари тижорат версияларининг номи |
|--|--|---|
| Category 1 (3GPP Rel 99) | 0,73 | |
| Category 2 (3GPP Rel 2) | 1,46 | |
| Category 3 (3GPP Rel 3) | 1,46 | |
| Category 4 (3GPP Rel 4) | 2,00 | Nokia: X3-01, N8, C5, C3-01, E52, E72, |

| | | |
|-------------------------|------|---|
| Rel 4) | | E55, 6700 Classic, N900, 5630 XpressMusic; BlackBerry: Storm 9500, 9530; HTC: Dream, Passion (Nexus One)[3]; Sony Ericsson: C510, C903, W705, W995, T715; Samsung: Wave, Wave II |
| Category 5 (3GPP Rel 5) | 2,93 | Qualcomm 6290 |
| Category 6 (3GPP Rel 6) | 5,76 | BlackBerry Tour 9630, Nokia CS-15, Option GlobeTrotter Express 441/442, Option iCON 505/505M, Samsung i8910, Apple iPhone 4, Huawei, E180/E182E/E1820/ E5832/EM770W, Micromax A60 |
| Category 7 (3GPP Rel 7) | 11,5 | |
| Category 8 (3GPP Rel 8) | 11,5 | Модуляциялаш параметрлари: 2 ms, dual cell E-DCH operation, QPSK only, 3GPP Rel 9 TS 25.306 |
| Category 9 (3GPP Rel 9) | 23 | Модуляциялаш параметрлари: 2 ms, dual cell E-DCH operation, QPSK and 16QAM, 3GPP Rel 9 TS 25.306 |

Агар улар биргаликда ишлатилса, у ҳолда иккита бир вақтдаги “пастга” маълумотларни узатиш каналларини олиш мумкин. Бу айрим Wi-Fi маршрутизаторларда ишлатиладиган услубни эслатади. Аввал таъкидланганидек, учинчи авлод тармоқларида маълум частоталар диапазонида узлуксиз частоталар полосалари ажратилади. Масалан, 1935-1980 ва 2125-2170 МГц диапазонлардаги 15 МГцдан иккита узлуксиз

частоталар полосалари частотавий дуплекс режимида (IMT-DS) учта каналларни ташкил этиш учун ажратилади. 2010-2025 МГц радиочастоталар полосасидаги 5 МГц кенгликдаги узлуксиз оралик вақт бўйича дуплекс режимида (IMT-TC) битта канални ташкил этиш учун ажратилади. Полосалардан бири қандайдир вақт мобайнида бўш қоладиган кўринишлар мавжуд. Dual-Cell HSDPA технологияси маълумотларни узатиш кўшимча канали сифатида уни ишлатилишига имкон беради.

3GPP Release 9 стандартда мураккаброк 16-QAM (Uplink)/ 64-QAM (Downlink) модуляциялаш ва MIMO (Multiple Input Multiple Output, мульти кириш/мульти чиқиш) технологияси бўлган яхшиланган варианты ҳисобланадиган HSPA+ (Evolved High-Speed Packet Access) технологияси белгиланган. MIMOда қўшни антенналар орасида энг кичик корреляцияга эришиш учун бир-бирларидан ўзаро ажратилган бир неча қабуллаш ва узатиш антенналари ишлатилади. Умумий ҳолда, MIMO усулида маълумотлар оқими турли антенналардан фойдаланиш билан бир вақтда тарқатилади. Бунда антенналар маълумотларни бир-бирларига боғлиқ бўлмаган ҳолда ўша бир частотада узатади. Шундай қилиб, бир неча фазовий-ажратилган нимканаллар ишлатилади, улар бўйича маълумотлар ўша бир частоталар диапазонида бир вақтда узатилади. Тақомиллаштирилган HSPA+ тармоқ назарий жиҳатдан “юқорига” 28 Мбит/с тезликни ва “пастга” 42 Мбит/с тезликни таъминлаши мумкин. Принцип жиҳатдан, DC-HSDPA технологиясини MIMO билан комбинацияда ишлатилиши мумкин. Бундан ташқари, DC-HSDPAда полосаларни бирлаштиришда турли частоталардан фойдаланишга қатъий таъқиқлаш йўқ. HSPA+ технологиясининг MIMO усули билан биргаликдаги кенгайтирилган вариантлари ҳам “юқорига”, ҳам “пастга” узатиш тезликларини мартталарга оширишга имкон беради.

HSPA тармоқларининг истиқболлари. HSPA+ технологияси тўртинчи авлод имкониятларига босқичма-босқич ўтишни кўзда тутди. 3GPP бирлашмаси бу технологияни жорий этилишини UMTS/HSPA абонентлар терминаллари билан тесқари мослашувчанликни таъминлайдиган

LTE тармоқларини қуриш йўлидага маъқбул босқич сифатида тавсия этади. Шубҳасиз, LTE келажакда мобил КПУни ривожланишидаги асосий йўл ҳисобланади.

Тармоқни ривожлантиришнинг яқиндаги йўналиши сифатида HSPA+ни қабул қилиниши операторларга улардан абонентлар кутадиған ўзгаришларни мавжуд инфратузилма ва частотавий тайинланишлар асосида энг тез ва тежамли амалга оширишга имкон беради. Кейинроқ эса, HSPA+га қўшимча қўйилмалар LTEга ўтишдагига кам тежамли бўлиб қолганида, LTE ўтишни бошласа бўлади.

Эълон қилинган маълумотлар бўйича 2015 йилга келиб, HSPAдан фойдаланадиган тармоқлар дунёнинг 100 та давлатларидаги 300 тадан ортиқ операторлар томонидан тижорат асосида ишлатмоқда. Кўплаб 3G тармоқлар 2G асосида ишлатилмоқда. Бу ишни бажарилиши жараёнида эски базавий станцияларни мос 3GPP технологияларга мослаштиришга имкон берадиган тажриба тўпланди. Кўплаб давлатларда учинчи авлод юқори тезликли тармоқларига уланиш WiMax базавий нимстанциялари орқали амалга ошириладиган усул кенг тарқалди.

Мавжуд тармоқларни янгиланиши иккита йўналишларда амалга оширилади. Бир томондан, қурилмалар ва дастурий таъминот такомиллаштирилади. HSUPAни қўллайдиган тармоқларнинг дастурий-аппаратлар комплексини яхшиланиши параллел бўлиб ўтади. Ҳозирги вақтда мавжуд тармоқларни модернизациялаш технологиялари шундай даражага етдики, тахминан 70% мавжуд WCDMA тармоқларни HSDPA/HSUPAгача аппаратлар қисмини ўзгартирмасдан дастурий даражада янгилаш мумкин. Жаҳондаги кўплаб тармоқлар “пастга” 7,2 Мбит/сгача тезликларни таъминлайди ва 14 Мбит/с тезликларни таъминлаш учун реал модернизацияланиши мумкин. АҚШ, Япония ва Европада деярли бутун худуд бўйича 14 Мбит/с тезлик таъминланади. Энг кўп 3G тармоқлари фойдаланувчилари сони АҚШда қайт этилган. 2015 йилнинг охирида у ерда бу хизматдан 200 миллиондан ортиқ кишилар фойдаланган. Жаҳоннинг

айрим ҳудудларида юқорироқ тезликлар ҳам таъминланади. Масалан, учта M1, StarHub ва SingTel провайдерлари бутун Сингапур бўйича 28 Мбит/сгача тезликларни таъминлайди. Telstra Австралия провайдери миллий кўламда 14,4 Мбит/с тезликни ва айрим йирик шаҳарларда 42 Мбит/сгача тезликни таъминлайди. Канаданинг йирик шаҳарларида ҳам 21 Мбит/с тезлик таъминланади. Жанубий Кореяда глобал умумий камраб олиш 7,2 Мбит/сни ташкил этади. Гонконгда PCCW, CSL ва Hutchison операторлар 21 Мбит/с, SmarTone-Vodafone оператори эса 28,8 Мбит/с тезликни таъминлайди. Янги Зеландияда бутун давлат бўйича 21 Мбит/с тезлик мумкин бўлади. Португалияда барча мобил алоқа операторлари 21,6 Мбит/сгача, айрим йирик шаҳарларда эса Vodafone оператори 42 Мбит/сгача тезликни таъминлайди. Mobitel Pvt Ltd ҳинд провайдери 28 Мбит/с тезликни таъминлайди.

Турли услубларни бирлаштириш ва турли технологмияларни комбинациялаш билан юқорироқ тезликларга ҳам эришиш мумкин. Масалан, БСдан “пастга” маълумотларни узатиш тезлиги 672 Мбит/сгача, абонентдан “юқорига” тезлик 70 Мбит/сга етиши мумкинлигини кўрсатадиган назарий баҳолашлар мавжуд. Бу қанчалик тўғрилигини вақт кўрсатади. Юқори тезликларни таъминлаш бўйича рекордчи Ericsson фирмаси ҳисобланади. 2025 йилнинг охирида Стокгольмда тижорат тармоқ қурилмасининг янги варианты тақдиротида “пастга” 168 Мбит/с ва “юқорига” 24 Мбит/с маълумотларни узатиш тезлиги қайд этилган. Савдода бўлган тижорат қурилмаларида Ericsson компанияси иккита ташувчили HSPA тармоғида “пастга” 84 Мбит/с тезликни намойиш этди. Битта ташувчили тармоқда тезлик мос равишда икки мартта кам 42 Мбит/сни ташкил этди

Назорат саволлари

1. HSDPA технологиясини тушунтириш.
2. HSUPA технологиясининг HSDPA технологиясидан фарқи нималардан иборат.
3. Ажратилган назорат каналининг (E-DPCCH) вазифаси .

4. E-DCH транспорт блокининг вазифаси.
5. E-AGCH қувватни абсолют ростлаш каналининг вазифаси.
6. Особенности высокоскоростных сетей HSPA юқори тезликли тармоқларнинг ўзига хос хусусиятлари.
7. HSPA юқори тезликли тармоқларнинг истиқболлари.
8. HSPA+ технологиясининг мақсадлари.

CDMA2000 (1xEV-DO) стандарти

9-маъруза

CDMA 2000 стандартининг ўзига хос хусусиятлари

CDMA 2000 1xEV-DO стандартининг ўзига хос хусусиятлари

CDMA 2000 1xEV-DV стандартининг ўзига хос хусусиятлари

CDMA2000 стандартга кириш. CDMA2000 стандарти бу учинчи авлод (3G) сотали алоқа стандартлари вакили ҳисобланади. У шунингдек IMT-CDMA Multi-Carrier ёки IS-2000 номи билан ҳам маълум. CDMA2000ни яратишдан асосий мақсад олдинги [CDMA One](#) стандартига қараганда ўтказиш қобилияти ва максимал рухсат этиладиган маълумотларни узатиш тезликларини ошириш бўлди. CDMA2000ни ишлаб чиқиш [3GPP2](#) ташкилоти томонидан 2000 йилда бошланди. Яқунда юқорида кўрсатилган талабларга эришига имкон берган, янги радиоинтерфейс ва радиоуланиш тармоғида (Radio Access Network, RAN) ва коммутациялаш тизимидаги (CN) сезиларли яхшиланишларни тавсифлайдиган қатор стандартлар тўплами чиқарилди. Шундай қилиб, CDMA2000 бу CDMAOne/IS-95 тармоқларига учинчи авлод стандартларига эволюцияланишини таъминлаган технология ҳисобланади ва у бир неча фазаларда кўриб чиқилади. Биринчи фаза CDMA2000 1x бўлиб, у ўртача 144 кбит/с маълумотларни узатиш тезлигини таъминлайди. Кейинги фаза 1x-EV-DO (evolution data only or data optimised) қисқартмасини олган стандарт ҳисобланади. У битта ташувчида 2 Мбит/с тезликкача маълумотларни узатилишига имкон беради. CDMA2000 туркумидаги кейинги стандарт 1x-EV-DV (EVolution Data/Voice) ҳисобланади. Бир неча ўнлаб Мбит/секларгача маълумотларни узатиш тезликларини кўзда тутаяди, шунингдек маълумотларни узатилиши сифатини яхшилайдди.

CDMA One стандартида овоз узатиладиган ўша тизимлар бўйича маълумотлар узатилган. Бу маълумотларни максимал узатиш тезлиги ва тармоқнинг умумий сифimini сезиларли чеклаган. CDMA2000 стандартида маълумотларни узатиш учун махсус Packet Core Network (PCN) тармоғи жорий этилган бўлиб, у маълумотларни катта тезликларда ва хавфсиз узатилишига имкон берадиган пакетлар коммутацияланадиган тармоқ ҳисобланади.

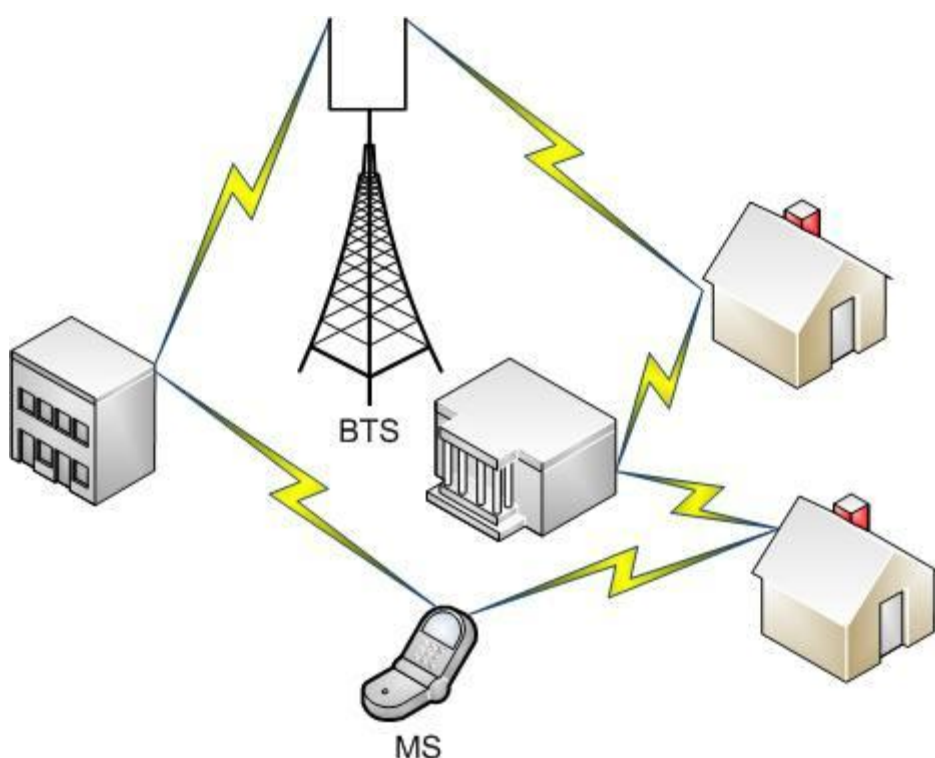
CDMA2000 стандартининг ўзига хос хусусиятлари. CDMA One стандартидаги каби CDMA2000 стандарти ишлаш учун ўхшаш 1.25 МГц частоталар полосаларига бўлинган ўша частоталар полосасини ишлатади. Бу операторларнинг янги стандартга ўтишини сезиларли енгиллаштиради, чунки янги частоталар лицензиясини олишга зарурат бўлмайди, бу янги стандартдаги тармоқларни куришда асосий тутиб турувчи омиллардан бири ҳисобланади. Бундай изчиллик туфайли операторлар курилмаларни босқичма босқич алмаштириши ва бу билан стандартни янгиланишида вужудга келадиган абонентлар курилмаларининг паст тарқалганлиги, катта бошланғич ҳаражатлар, транспорт каналларини ташкил этиш ва бошқалар каби муаммоларни минимумгача камайтириши мумкин

CDMA2000 стандарти қуйидаги яхшиланишлар ҳисобига спектрал самардорлик кўрсаткичини, яъни частоталар ресурсларидан фойдаланиш самардорликларини яхшилайдди:

1. *Қувватни бошқаришнинг такомиллаштирилган алгоритми.* CDMA2000 стандарти тармоққа абонентларни уланишининг кодли усули - CDMAни (code division multiple access) ишлатади. Унинг асосий камчилиги абонентлар сониортганида интерференциянинг вужудга келиши ҳисобланади. Лекин ҳар бир мобил терминал (MS) учун қувватни бошқариш механизми туфайли бу вақт моментида оптимал қувват берилади, бу бир томондан, бошқа абонентларга ҳалақит қилмасликка, бошқа томондан эса талаб қилинадиган хизмат кўрсатиш сифатини (QoS) таъминлашга имкон беради. MS қувватини бошқариш алгоритмидаги асосий ўзгартириш абонентлар курилмаси

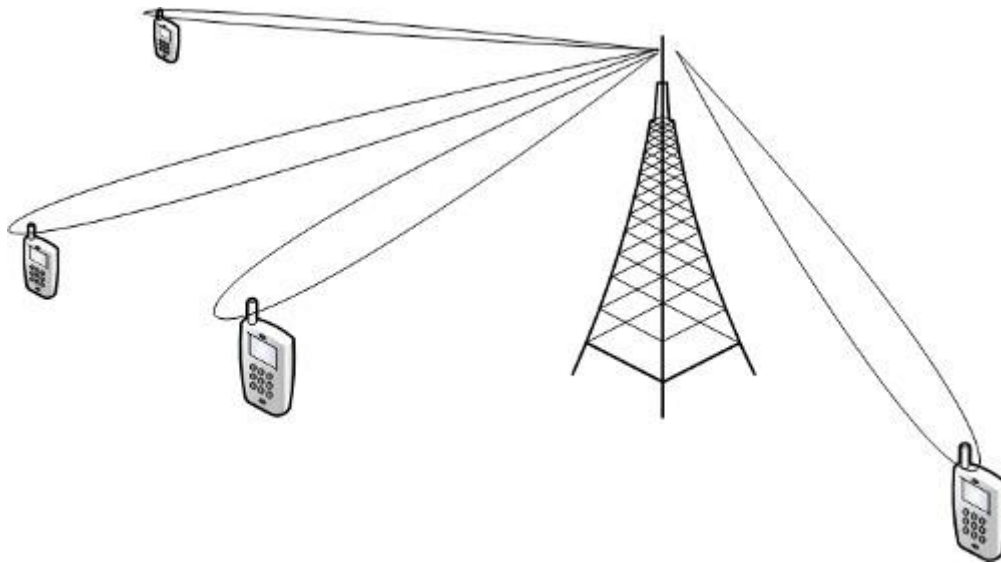
маълумотларни узатиш қувватининг ўзгаришига командаларни жўнатилиши частотасини (16 марттагача) оширилиши бўлди. Бу туфайли тармоқнинг сиғимини 1,5 марттага оширишга эришилди.

2. *Ажратилган узатиш* (Transmit diversity). Бунда ҳар бир антенна 6 тагача турли исгалларни қабуллаши/узатиш мумкин (9.1-расм). Бунда MS энг катта сатҳли сигнали частотани танлайди. Transmit diversity туфайли алоқа каналида хатоликлар даражасини сезиларли камайтириш ва сигнал сифатини ошириш мумкин.



9.1-расм. Базавий станциядан ажратилган узатиш принципи

3. Ақлли антенналар ([Smart Antennas](#)). Улар ҳар бир абонент учун бир неча метрлар аниқликда сигналнинг алоҳида тутамларини шакллантиришга имкон беради. Smart antenna туфайли абонентларнинг кўп томонлама уланиши фазовий усули (SDMA–Space Division Multiple Access) ишлатилган. Бу радиоэфирдаги умумий интерференция даражасини сезиларли камайтиришга имкон беради ва тармоқнинг сиғимини сезиларли оширади (9.2-расм).



9.2-расм. Smart антеннларнинг ишлаш принципи

4. CDMA2000 стандарти QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) модуляциялашнинг ишлатилишини кўзда тутди.

5. Яхшиланган рақамли кодлаш технологияси.

6. CDMA2000 стандартида янада самарадор вокодерлар ва кўп сонли кенгайтирувчи кодлар (Walsh code) ишлатилади. CDMA One стандартида битта ташувчида максимал 64 та кенгайтирувчи кодлар ишлатилса бўлар эди. CDMA2000 стандартида 128 тагача кенгайтирувчи кодлар ишлатилиши мумкин. Шундай қилиб, ҳар бир сотада 2 мартта кўп паст тезликли боғланишларга, масалан овозли боғланишларга хизмат кўрсатилиши мумкин. Бу ва бошқа авзалликлар абонентлар маълумотларини радиобоғланиш орқали узатиш тезликларини мартталарга оширишга ва тармоқнинг сиғимини оширилишига имкон берди.

CDMA Oneдан CDMA2000га ўтиш учун зарур ўзгартиришлар. Таъкидланганидек, агар оператор CDMA One стандарти тармоғини ишлатаётган бўлса, у холда унга CDMA2000 стандарти учун мутлақо янги тармоқни қуриш шарт эмас, балки қатор аппаратлар ва дастурий янгилашларни бажариш етарли бўлади. Ўзгартиришлар тармоқнинг барча элементларига, нафақат улланиш тармоғига, балки коммутациялаш

тизимларига ҳам тегишли бўлади. Бундан ташқари, янги пакетли коммутациялашли тармоқ қўшилиши керак. CDMA Oneдан CDMA2000га ўтиш учун таъкидланган янги жорий этишларга мувофиқ, қуйидаги ўзгартиришларни амалга ошириш зарур:

1. Коммутациялаш тизимининг [MSC](#), [VLR](#), [HLR](#) элементларида дастурий таъминот янгиланиши керак. Бу CN пакетли боғланишларни аутентификациялаш ва муаллифлаштириш процедураларини таъминлай олиши учун зарур бўлади.

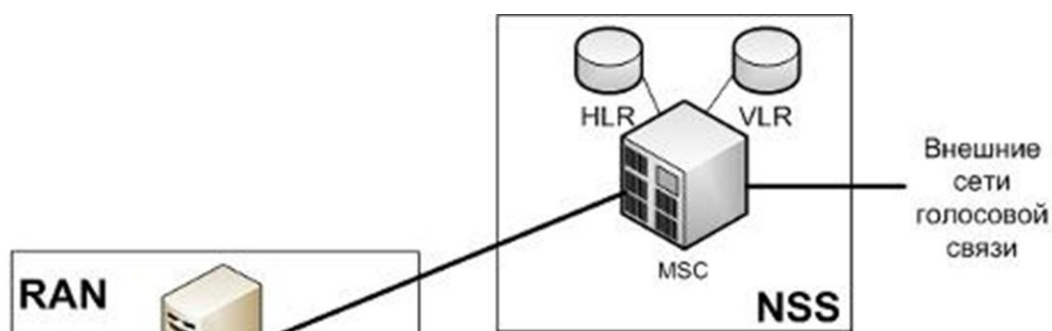
2. Аппаратлар таъминотини янгиланиши [базовий станциялар](#) (BTS) учун ўтказилиши керак. Бу радиоинтерфесдаги сезиларли ўзгартиришларга боғлиқ.

3. Шунингдек, шу сабабаларга кўра, мобил терминалнинг қабуллагич-узаткичи алмаштирилиши керак.

4. Дастурий таъминотни янгиланиши [базовий станциялар](#) контроллери (BSC) учун ўтказилиши керак. Бунинг натижасида BSC пакетларни, CDMA One тармоғидан ўтган коммутатор ҳисобланадиган пакетлар коммутацияланадиган тармоққа эмас, балки янги пакетлар коммутацияланадиган тармоққа маршрутлаштиради.

5. Асосий янгилик янги пакетлар коммутацияланадиган тармоқни (PS) киритилиши ҳисобланади. Унга тўғридан-тўғри пакетлар коммутатори, шунингдек бу тармоқнинг хизматларидан фойдаланадиган абонентларни аутентификацияланишини таъминлайдиган элемент киради.

CDMA2000 стандарти тармоғининг тузилмаси. CDMA2000 тармоғи кўрсатадиган хизматлар спектри ва сифати кенгайтириши ҳисобига тармоқнинг тузилмасида айрим янги элементлар пайдо бўлди, олдингиларининг функциялари эса ўзгарди. 9.3-расмда тармоқдаги янги элементлар келтирилган ва уларнинг асосий функциялари кўриб чиқилган.



**Овозли
алоқа ташқи
тармоқлари**

**Маълумотларни
узатиш ташқи
тармоқлари**

9.3-расм. CDMA2000 стандарти тармоғининг тузилмаси

Мобил станция (MS - Mobile Station). CDMA2000 стандарти тармоғида мобил станция бу мобил телефон бўлиши шарт бўлмаган абонентлар қурилмаси ҳисобланади. Бу сотали алоқа тармоғига хизматларига уланиш модулили, масалан, компьютердан Интернет тармоғига уланиш учун қандайдир қурилма бўлиши мумкин.

Мобил станция пакетли тармоққа уланиш мақсадида тармоқнинг зарур ресурсларини олиш ва кейин ажратилган ресурсларнинг ҳолатини (заняты, свободные, режим ожидания) кузатиб бориш учун RAN билан ўзаро таъсирлашишади. MS, агар жорий моментда тармоқнинг талаб қилинадиган ресурслари мумкин бўлмаса, фойдаланувчиларнинг маълумотларини буферлаштириши мумкин.

Ёқилганидан кейин MS тармоқда автоматик рўйхатдан ўтади ва HLRда унинг жорий ҳолати қайд этилади. Бу процедура қуйидагича бўлиб ўтади:

1. MSни аутентификациялаш.
2. MSнинг жорий жойлашиш ўрни HLRга киритилади.
3. Кейин MSCга тармоқнинг рухсат этиладиган хизматлари тўплами хабар қилинади.

Кўрсатилган процедуралар муваффақиятли ўтганидан кейин мобил станция овозли чақирувларни амалга ошириши ва маълумотларни узатиши мумкин. Маълумотларни узатиш MS CDMA2000 стандартини қўллашига ёки қўлламаслигига боғлиқ равишда иккита пакетлар ёки каналлар коммутацияланадиган тармоқлардан фойдаланиш орқали тақдим этилиши мумкин. Агар мобил қурилма фақат IS-95 (CDMA One) стандарти билан мослашувчан бўлса, маълумотларни узатиш фақат пакетлар коомутацияланадиган тармоқ орқали мумкин бўлади. Бунда узатиш тезлиги 19,2 кбит/сдан ошмайди. Агар терминал IS-2000 (CDMA2000) стандарти билан мослашувчан бўлса, у ҳолда оператор тармоғи орқали маълумотларни узатишнинг бўлиши мумкин иккита усули орасида танлаш амалга оширилиши мумкин. CDMA2000 1x тармоғи учун пакетли маълумотларни узатиш тезлиги 144 кбит/сга етиши мумкин.

Радиоуланиш тармоғи (RAN - Radio Access Network). Радиоуланиш тармоғи абонентнинг операторнинг бутун тармоғига кўрсатиладиган хизматга боғлиқ бўлмаган кириш нуқтаси ҳисобланади. Оператор тармоғига пакетлар коммутацияланадиган доменнинг қўшилиши туфайли, уланиш тармоғига янги тармоқдаги абонентларни идентификациялаш, пакетлар коммутацияланадиган тармоққа боғланишларга хизмат кўрсатиш, сўраладиган ресурсга абонентнинг уланиши ҳуқуқларини текшириш функциялари юклатилди.

Базавий станция (BTS - Base Station Transceiver) BTS ва MS орасидаги радиоинтерфейсга барча таъсирларни назорат қилади, шунингдек тармоқ ва мобил қурилмалар орасида интерфейс бўлиб хизмат қилади. Радио

ресурсларни бошқариш, масалан, частотавий каналларни тайинланиши, соталарнинг бўлиниши, узатиш қувватини бошқариш ва бошқалар базавий станциянинг вазифаларига киради. Бунга қўшимча равишда BTS фойдаланиш маълумотлари ва сигнализацияни узатилиши жараёнида минимал вақт бўйича кечикишларни таъминлаш учун MS ва BSC орасидаги трафикни ўтиши учун тўғри боғланишларни ташкил этади.

Базавий станциялар контроллери (BSC - Base Station Controller) отслар ва MSC (Mobile Switching Centre) орасида сигнализация хабарлари ва овозли маълумотларни узатади. Бундан ташқари, BSC абонентларнинг мобиллиги билан боғлиқ бўлган айрим процедураларни бажаради, масалан, зарурат бўлганида соталар орасидаги хэндоверни назорат қилади.

Пакетли боғланишларни назорат қилиш қурилмаси (PCF - Packet Control Function) CDMA Oneда бўлмаган CDMA2000 тармоғидаги янги элемент ҳисобланади. Унинг асосий вазифаси BTS ва PDSN орасида пакетларни маршрутлаштириш ҳисобланади. Пакетли сессия жараёнида PCF абонентларнинг эҳтиёжи ва тўланган хизматлар ҳажмига мувофиқ тармоқ абонентлари учун мумкин радиоресурсларни тайинлайди. PCFнинг асосий вазифаси уланиш тармоғи ресурсларини, шу жумладан, радиоресурсларни максимал самарадор ишлатилиши ва бунда кўрсатиладиган хизматларни сифатини пасайишига йўл қўймаслик учун ресурсларнинг тақсимланишини режалаштиришдан иборат

Коммутациялаш тармоғи ([NSS - Network Switching System](#)) CDMA One тизимида нисбатан сезиларли ўзгартирилмаган. Унга тизимдаги овозли боғланишларни ўрнатилишига жавоб берадиган MSC, шунингдек абонентлар ҳақидаги маълумотлар сақланадиган қатор регистрлар (HLR, VLR ва бошқалар) ҳам киради.

Пакетлар коммутацияланадиган тармоқ (PCN - Packet Core Network). Бу сотали алоқа тармоғидаги фойдаланувчилар пакетларини ташқи тармоққа (масалан, Интернет) узатиш ва қабул қилиш, шунингдек абонентларни

аутентификациялаш, IP-манзилларни тайинлаш ва айрим бошқа масалаларга жавоб берадиган мутлақо янги тизим ҳисобланади.

Ташқи агент билан бирлаштирилган пакетли тармоқ хизмат кўрсатиш тугуни (PDSN/FA - Packet Data Serving Node / Foreign Agent) бу радиоуланиш тармоғи ва ташқи пакетли тармоқлар орасидаги шлюз ҳисобланади. Бу қурилма қуйидаги функцияларни бажаради:

- базавий станциялар тизими ва пакетли тармоқ орасидаги боғланишларни, шунингдек сессияларни ўрнатилиши, сақланиши ва яқунланишини бошқаради;
- тармоқ абонентларига IP-манзилларни тақдим этади;
- оператор тармоғи ва ташқи маълумотларни узатиш тармоғи орасидаги пакетни маршрутлаштиришни бажаради;
- биллинг тизимига кўрсатилган хизматлар учун ҳисобларни шакллантиради ва узатади;
- AAA-сервердан олинган абонентлар профилларига мувофиқ абонентлар хизматларини бошқаради;
- аутентификациялашни мустақил ўтказади. Ёки аутентификациялашга сўровни AAA-серверга узатади.

AAA (Authentication, Authorization, and Accounting) – сервер абонентларни аутентификациялаш ва муаллифлаштириш процедураларини ўтказилиши учун, шунингдек биллинг ва ҳисобларни бериш мақсадида абонентлар маълумотларини сақлаш учун ишлатилади.

Уй агенти (HA - Home Agent) бошқа CDMA2000 стандарти тармоқларига чоксиз роумингни тақдим этади. HA дастлаб ки тармоқ орқали исталган фойдаланувчилар маълумотларини узатилиши учун хизмат қиладиган MS учун якорь IP-манзилни тақдим этади. Бундан ташқари, уй агенти абонентларни рўйхатга олиш, PDSNга пакетларни узатиш, шунингдек химояланган боғланишни яратилишини (опцион) таъминлайди.

CDMA 2000 1xEV-DO стандартининг ўзига хос хусусиятлари. CDMA20001xEV-DO стандарти АҚШ телекоммуникациялар индустрияси

уюшмаси (TIE) томонидан 2000 йилда қабул қилинган. CDMA20001xEV-DO сегментининг юқори спектрал самарадорлигига катор такомиллаштиришлардан фойдаланиш туфайли эришилади:

- радиоканал параметрларини узоқ муддатли баҳолаш ва йўл қўйиладиган узатиш тезлигини олдиндан айтиш;
- радиоинтерфейс параметрларини (модуляциялаш тури, нисбий кодлаш тезлиги ва узатиш тезлиги) абонентлар терминали қабуллагичи баҳолайдиган ва махсус канал бўйича базавий станцияга узатиладиган вазиятга боғлиқ равишда мослаштириш
- энг яхши сигнал/(шовқин+ҳалақитлар) нисбати бўйича хизмат кўрсатувчи секторни (ячейкани) тезкор танлаш;
- “пастга” линияда кналларни кодли зичлаштириш устидан вақт бўйича мультиплекслаш (TDM), бунда тизим вақти 1,667 мс давомийликдаги 16 та вақт интервалларидан (TS тайм слотлардан) ташкил топган кадрларга бўлинади, бинобарин, актив фойдаланувчиларнинг ҳар бири учун кадрдаги биттадан 16 тагача TS ажратилади;
- базавий станциялар узаткичларининг максимал қувватда доимий ишлаши;
- TSни фойдаланувчилар орасида тақсимлашнинг турли фойдаланувчилар радиоканаллари параметрларининг вақт бўйича оғишлари ва тебранишларини (Multi-User Diversity) ишлатилиши ҳисобига секторнинг йиғинди ўтказиш қобилиятини (Sector Aggregate Throughput) ошириш потенциал имкониятини ишлатилишига имкон берадиган махсус алгоритмлар-режалаштиргичлар (Scheduling Algorithms);
- H-ARQ сўровни атоматик такрорлаш аралаш схемаси (Automatic Repeat ReQuest) хатоликлар аниқланган маълумотлар блокларини ткроран узатилишига ва бошқа кодлаш усулларига ўтишга атоматик сўров;
- “пастга” линияда трафик канали бўйича узатиш бўлмаганида базавий станциялар узаткичларининг паст нурлантириш қуввати (хизмат каналларини нурлантиришнинг паст қуввати), бу ички тизимли ҳалақитларни камайтиришга имкон беради.

CDMA2000 1xEV-DO стандартида юқори маълумотларни узатиш тезликларига эришишнинг ўзига хос технологияси ишлатилади. Бунда IP тармоқ бўйича маълумотларни узатишнинг асимметрик табиати ҳисобга олинган. Маълумки, энг катта маълумотлар ҳажмлари тармоқдан фойдаланувчиларга узатилади. Юқорига линия бўйича трафик ҳажми пастга линия бўйича трафик ҳажмига нисбатан бирга тўртдан ва бирга олтигача, айрим ҳолларда эса ҳатто ундан ортиққа нисбатларда ўзгариши мумкин. Бу асимметрик манзара 1xEV-DO технологиясида ҳисобга олинган, бунда маълумотларни узатиш каналларига “юқорига” ва ”пастга” линиялар бўйича турли уланиш усуллари қўлланилади.

“Юқорига” линиялар бўйича маълумотларни узатиш учун кўриб чиқиладиган стандартда каналлар код бўйича ажратиладиган классик кўп томонлама уланиш ишлатилади. Бунда 1,25 МГц кенгликдаги канал максимум 59 та фойдаланувчиларга тенг ҳуқуқли мумкин бўлади.

”Пастга” линияда каналлар вақт бўйича ажратиладиган жамоавий уланиш усули ишлатилган, бу қатор авзалликларни олишга имкон беради. Исталган вақт моментида базавий станциянинг тўлиқ қувватини ягона тармоқ фойдаланувчисига узатиш таъминланади. Бу фойдаланувчилар маълумотларини уланиш терминали қабуллагичи киришидаги максимал бўлиши мумкин сигнал/шовқин нисбати ҳисобига максимал 2,4 Мбит/с қийматга етадиган энг юқори тезликда узатилишини аниқлайди.

Стандартда Интернет тармоғи ёки исталган хусусий IP тармоқ бўйича маълумотларни “чоксиз” узатилиши учун IP протоколи ишлатилади. Бинобарин, Интернет тармоғида маълумотлар оқимларининг асимметриклиги (поток данных по линии «вниз» намного более высок, чем поток данных по линии «вверх») ўз ўрнига эга бўлади, уланиш тармоғи ва базавий станция қабуллагичи-узаткичи орасидаги бу оқимлар ҳам асимметрик ҳисобланади, бу кўриб чиқиладиган стандартнинг асосига қўйилган.

Маълумотларни максимал узатиш тезликлари қуйидагиларни ташкил этади:

- “пастга” каналда – 2457,6 кбит/с;
- “юқорига” каналда – 153,6 кбит/с.

Маълумотларни узатиш тезлиги уланиш терминали ўлчаган сигнал сатҳига асосан автоматик ўрнатилади. Исталган уланиш терминали учун ҳақиқатда таъминланган узатиш тезлиги нафақат унинг ҳаракатланувчанлиги даражаси, балки сезиларли катта даражада радиотўлқинларнинг тарқалиши шароитлари орқали аниқланади.

Тўғри каналнинг (“пастга” линиянинг) тузилмаси 9.4-расмда келтирилган.

Тўғри каналда маълумотлар коди ажратишдан фойдаланиш билан узатилади.

Пилот канал Уолш нолинчи функциясини ишлатади. У абонентлар станциясини бошланғич синхронлаштириш (фаза, частота ва кечикиш вақтини автоматик созлаш) ва тўғри каналнинг параметрларини абонентлар станция қабулагичи орқали баҳолаш учун ишлатилади. Синхронлаштириш сигналларни когерент қабул қилиш учун зарур бўлади. Базавий станция пилот сигналларини ўлчаш билан абонентлар станцияси олинган маълумотларни эстафетали узатишда ва узаткичнинг қувватини бошқаришда ишлатиши мумкин.



9.4-расм. Тўғри каналнинг (“пастга” линиянинг) тузилмаси

CDMA 2000 1x тизимидан фарқли равишда пилот канал узлуксиз эмас, балки маълум вақт интерваллари мобайнида ишлайди.

Муҳимга уланишни бошқариш канали (Media Access Control, MAC) учта “пастга” линияда қувватни бошқариш (Reverse Power Control), активлик (Reverse Activity) ва тезликни бошқаришни блокировкалаш (Data Rate Control Lock) каналларига бўлинади. Тескари каналдаги (“юқорига” каналдаги” тезликни бошқаришни блокировкалаш канали тезликни бошқариш ҳалқасида, шунингдек эстафетали узатиш операциясида ишлатилади. Активлик канали умумий канал ҳисобланади ва “юқорига” линиядаги юкланиш даражасини индикациялаш учун ишлатилади. Қувватни бошқариш канали “юқорига” линия қувватини бошқарилишини таъминлайди.

Бошқариш канали синхронлаштириш ва пейжинг каналларини ўзида бирлаштиради. Унинг ёрдамида абонентлар станцияси тизимдаги, базавий станциялардаги аниқ вақт ва бошқалар ҳақида маълумотларни олади.

Трафик каналлари CDMA 2000 1x тизимидан фарқли равишда ҳар бир вақт momentiда фақат битта фойдаланувчига хизмат кўрсатиладиган вақт бўйича мультплекслаш режимида ишлайдиган секторни кўп каррали ишлатилиши каналлари ҳисобланади. Код бўйича ажратиш ҳар бир вақт momentiда хизмат кўрсатиладиган аниқ бир фойдаланувчини аниқлашга имкон беради. Шундай қилиб, 1xEV-DOда вақт бўйича мультплекслаш режимида каналларни код бўйича ажратиш ишлатилади.

“Пастга” каналида маълумотларни узатиш қайд этилган тезликлар қийматларида амалга оширилиши мумкин, бунда турли модуляциялаш усуллари ва пакетлар ўлчамлари ишлатилади (9.1-жадвал).

9.1-жадвал. “Пастга” каналида маълумотларни узатиш

| | | | | | | | | | |
|---------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|------------|
| Узатиш тезлиги, кбит/с | 38,4 | 76,8 | 153,6 | 307,2 | 614,4 | 921,6 | 1228,8 | 1843,2 | 2457,6 |
| Модуляциялаш тури | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | 8-PSK | 16- QAM |
| Код тезлиги | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 |

Турли тезликларда узатиш турли режимлар учун сигнал/ҳалақитлар нисбатига бир хил бўлмаган талаблар орқали келиб чиқади. Бундай ечим тармоқнинг ресурсларидан рационал фойдаланишга имкон беради. Абонентларга тезлик улар бўлган шароитларга боғлиқ равишда тайинланади. Шу туфайли хатоликли пакетлар сони камаяди ва такроран узатишга зарурат йўқолади.

“Пастга” линиясининг вақт тузилмаси 26,6 мс давомийликдаги кадрлардан (фреймлардан) ташкил топган. Барча кадрлар 1,67 мсдан давомийликли 16 та слотлардан иборат, бу 2048 та чипларга тўғри келади. Вақт слотининг тузилмаси 9.5-расмда келтирилган

| | | | | | | | | | |
|-------------------|-----|------|-----|-------------|----------------|-----|------|-----|-------------|
| 2048 чиплар слоти | | | | | | | | | |
| 1024 та чиплар | | | | | 1024 та чиплар | | | | |
| Маълумотлар | MAC | PICH | MAC | Маълумотлар | Маълумотлар | MAC | PICH | MAC | Маълумотлар |
| 400 | 64 | 96 | 64 | 400 | 400 | 64 | 96 | 64 | 400 |

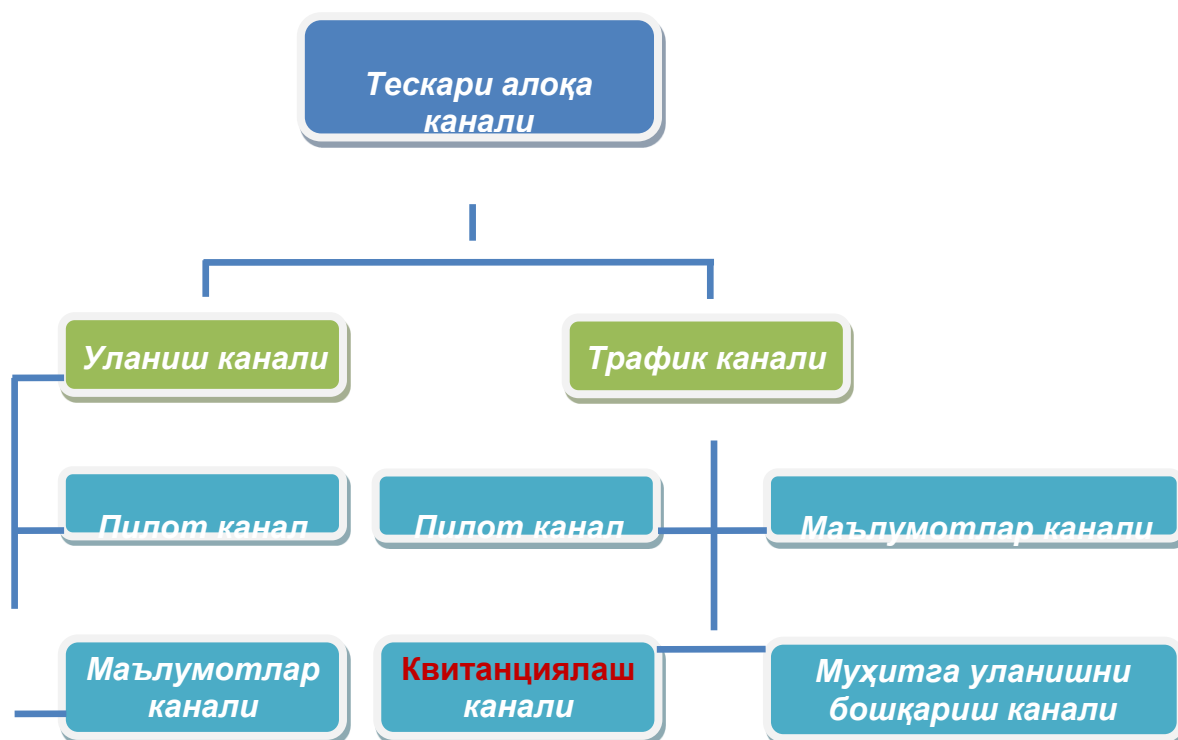
9.5-расм. Актив слотнинг вақт тузилмаси

Слот иккита нимслотга бўлинади, улардан ҳар бири нимслотнинг ўртасида жойлашган РСН пилот каналга эга бўлади. Пилот каналга нисбатан симметрик МАС муҳитига уланишни бошқариш иккитадан каналлари жойлашади. Пассив слотда маълумотлар бўлмаслиги мумкин. Бу моментларда фақат хизмат маълумотлари узатилади.

Тескари каналнинг (“юқорига” линиянинг) тузилмаси 9.6-расмда келтирилган.

Тескари каналда маълумотлар код бўйича ажратишдан фойдаланиш орқали узатилади. Тескари канал уланиш канали ва трафик каналларидан ташкил топган.

Уланиш канали тармоқда рўйхатдан ўтиш ва абонентлар станцияси узатадиган хизмат маълумотларини узатилиши учун абонентлар станцияси базавий станция билан боғланишини таъминлаш учун зарур. У пилот канали ва маълумотлар каналидан ташкил топган. Пилот канал синхронлаштириш учун, маълумотлар канали эса тўғридан-тўғри маълумотларни узатилиши учун талаб қилинади.





9.5-расм. Тескари каналнинг (“юқорига” линиянинг) тузилмаси

Трафик канали фойдаланувчилар ва хизмат маълумотларини узатиш учун ишлатилади. У пилот канали, муҳитга уланишни бошқариш канали, ва маълумотлар каналларидан ташкил топган. Муҳитга уланишни бошқариш канали ўз навбатида тезликни индикациялаш ва тезликни бошқариш каналларидан ташкил топган. Индикациялаш канали ёрдамида абонентлар станцияси тескари каналда маълумотларни узатилиши тезлигини хабар қилади. Тезликни бошқариш канали адаптив модуляциялаш ва тезлик процедурасида ишлатилади. Квитанциялаш канали автоматик такрорланадиган сўров учун зарур бўлади. “Юқорига” каналда маълумотлар 9,6 дан 153,6 кбит/сгача тезликларда узатилади. Бошланғич узатиш тезлиги 9,6 кбит/сга тенг бўлади. Кейин узатиш тезлиги базавий станциянинг юкланганлигига боғлиқ равишда оширириши ёки камайтирилиши мумкин. Тизим таъминлайдиган тезликлар тўплами 9.2-жадвалда келтирилган.

9.2-жадвал. CDMA 2000 1xEV-DO тизимидаги тезликлар тўплами

| | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|-------|
| Узатиш тезлиги, кбит/с | 9,6 | 19,2 | 38,4 | 76,8 | 153,6 |
| Модуляциялаш тури | BPSK | BPSK | BPSK | BPSK | BPSK |
| Код тезлиги | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/2 |

CDMA 2000 1xEV-DO тизимида хатоликлар билан қабул қилинган кадрларни тез такроран узатиш юқори маълумотларни узатиш тезлигини таъминлаш

учун принципиал муҳим. Бу тизимнинг фарқли ўзига хос хусусияти шу ҳисобланадики, автоматик такрорланадиган сўров аралаш схемаси физик даражада ишлатилади. Бу маълумотларни алмашлаш тезлигини сезиларли оширади. Унинг механизмини “юқорига” линияда ишлатилиши учун квитанциялаш канали пайдо бўлди. Агар абонентлар станцияси хатоликларли пакет олса ва уни тўғрилай олмаса, у ҳолда у квитанциялаш канали бўйича базавий станцияга такроран узатиш зарурлиги ҳақида сигнал берадиган “1” узатади. Мос равишда бузилган пакетлар юқорироқ даражаларга ўтмайди.

Автоматик такрорланадиган сўров аралаш схемаси мультислотли узатиш тушунчаси билан узвий боғланган ва 4 та слотларнинг навбатлашиши ёрдамида амалга оширилади. Шундай қилиб, 1,67 мсдан учта интервал мультислотли пакетга кирадиган слотларнинг узатилиши моментларини ажратади, бу абонентлар станциясига қабул қилинган пакетнинг қисмини декодлаш ва “юқорига” линия квитанциялаш канали бўйича базавий станцияга (секторга) тасдиқлашни жўнатиш учун зарур бўладиган вақтни таъминлайди. Агар тасдиқлаш синали барча ажратилган слотлар учун олинган бўлса, у ҳолда қолган слотлар узатилмайди ва бўшаган вақт интерваллари бошқа пакетларни узатилиши учун, шу жумладан бошқа фойдаланувчилар учун ажратилиши мумкин. Кўп слотли пакетни узатилишини муддатидан олдин тўхтатилиши тизимдаги йиғинди маълумотларни узатиш тезлигини оширади.

Маълум фойдаланувчи учун маълумотлар биринчи, бешинчи, тўққизинчи ва ўн учуинчи слотларда узатилади. Учта слотлардан оралиқ бошқа абонентлар учун ишлатилади. У фойдаланувчига пакетни демодуляциялаш, деодлаш ва хабарларни квитанциялаш канали бўйича узатиш учун зарур бўлади. Агар кўп каррали хатолик бўлиб ўтса ва фойдаланувчининг абонентлар терминали пакет ёки унинг қисмини қайта тиклай олмаса, у ҳолда квитанциялаш канали бўйича “1” узатилади ва узатиш такрорланади.

Тўртта слотларнинг навбатлашиши тўртта мустақил оқимларни ҳосил қилади, улардан ҳар бири бир ёки бир неча фойдаланувчиларнинг

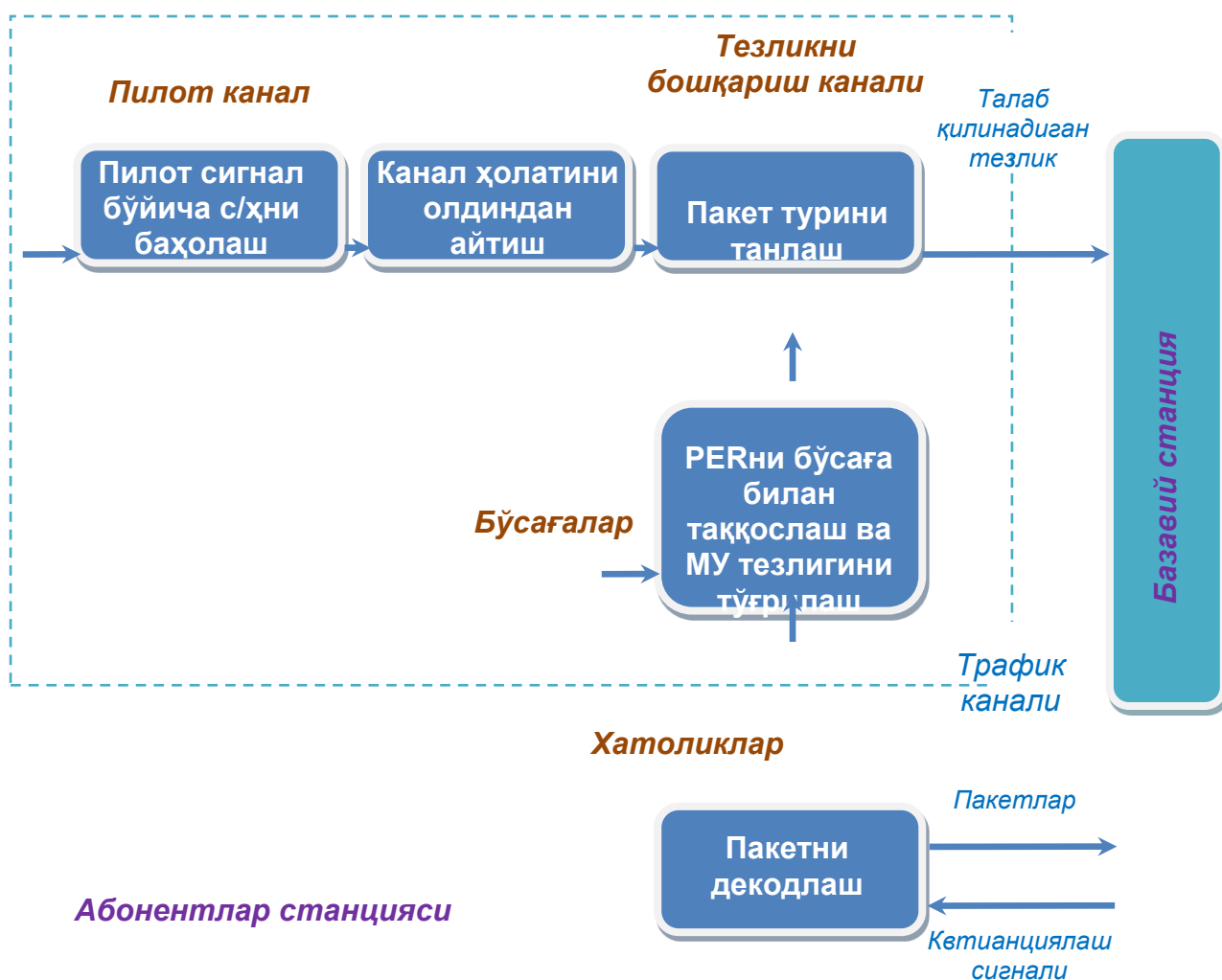
пакетларини бир вақтда узатилиши учун ишлатилиши мумкин. Пакетларни юқориқроқ протоколлар стеки даражаларига кетма-кет етказилиши ҳар бир пакетнинг преамбуласини расшифровкалаш туфайли амалга оширилади. Таъкидлаш керакки, квитанциялаш канали “қорига” линиянинг ўтказиш қобилиятига минимал таъсир кўрсатади, чунки бир вақтда деярли фақат битта квитанциялаш канали актив ҳисобланади.

Ҳаракатдаги алоқа тизимларида радиоканаллардаги вазият абонентлар станциясининг ҳаракатланиши характери, жойнинг рельефи, ўсимликлар, атрофдаги қурилишлар, базавий станциягача масофаларга, иқлим шароитларига ва кўплаб бошқа омилларга боғлиқ равишда доимий ўзгаради. Сигналнинг сатҳи ва сигнал/ҳалақит нисбати радиотўлқинларнинг кўп нурли тарқалиши туфайли, айниқса зич шаҳар қурилишлари шароитларида интенсив тебранишларга учрайди. Радиоканаллар агар ҳатто абонент ҳаракатланмаганида ҳам ўзгаришларга учрайди.

Ҳар бир абонентлар станцияси радиоканалдаги сигнал вазиятини, хусусан, базавий станциядан қабу қилинадиган сигналнинг қувватини доимо таҳлил қилишни олиб боради. Бу таҳлиллар асосида абонентлар станцияси оптимал модуляциялаш тури, кодлаш тезлигини аниқлайди ва бўлиши мумкин маълумотларни узатиш тезлигининг қийматини баҳолайди.

Абонентлар маълумотлар файлини “тортиб олаяпти, Интернет саҳифасини очаяпти деб оламиз. "Пастга" радиоканалдаги сигнал/ҳалақит нисбати пилот канал бўйича баҳоланади. Абонентлар станцияси маълумотларни энг юқори қабул қилиш сифатини таъминлайдиган базавий станцияни танлайди. Алоқа каналини баҳолаш моментида бошлаб унинг маълумотларни узатилиши учун ишлатилиши моментида вақт кечикиши туфайли маълумотларни узатиш моментига радиоканалнинг ҳолатини тахминлаш (олдиндан айтиш) зарур бўлади. Максимал бўлиши мумкин маълумотларни узатиш тезлиги сигнал/ҳалақит нисбати бўсағавий қиймати бўйича аниқланади. Кейин абонентлар станцияси тезликни бошқариш канали бўйича DRC (Data Rate Control) маълумотларни узатиш тезлигини бошқариш индексини жўнатади.

Бу индексга мувофиқ тезлик, пакетнинг ўлчами ва тайм-слотлар сони тайинланади. Бу сўровни абонентлар станцияси ҳар 1,67 мсда жўнатиши мумкин.



9.7-расм. Узатиш тезлигини бошқариш схемаси

Алоқа сеанси вақтида хатоликларли қабул қилинган пакетлар сонини умумий қабул қилинган пакетлар сонига PER (Packed Error Rate) нисбатини ҳисоблаш амалга оширилади. Бу қийматга боғлиқ равишда трафик каналидаги маълумотларни узатиш тезлиги тўғриланади, у битта сеанс мобийнида кўп мартта ўзгартирилиши мумкин. Бу айниқса, тез сўнишлар шароитларида фойдали бўлади. Тезликни динамик ўзгартириш алгоритми узатиш самарадорлигини оширади.

“Пастга” линияда каналларни вақт бўйича ажратиш дастурга мувофиқ ўтказиш қобилиятини бошқаришга имкон беради. Дастурнинг асосий вазифаси ўртача ўтказиш қобилиятини максималлаштириш ҳисобланади. Фойдаланувчи каналидаги ҳалақитли вазият у олиши мумкин бўлган маълумотларни узатиш тезлигини аниқлашда бирламчи омил ҳисобланади. Аввал таъкидланганидек, битта алоқа сеанси мобайнида маълумотларни узатиш тезлиги динамик ўзгаради. Базавий станцияга ўтказиш қобилиятини тақсимлаш дастури ўрнатилган. У турли фойдаланувчилар сўрайдиган узатиш тезликларини ҳисобга олади ва ҳар бир аниқ вақт momentiда улардан қайси бири талаб қилинадиган тезликда хизмат кўрсатилишини ҳал этади.

Ҳар бир алоҳида фойдаланувчининг устиворлиги қуйидаги омилларга боғлиқ бўлади:

- бошқа фойдаланувчиларга нисбатан сўраладиган тезлик қийматининг ортишига;
- қарлаётган мобил терминалнинг (МТ) ўртача тезлигига нисбатан сўраладиган тезлик қийматининг ортишига;
- сўров тушган моментдан ўтган вақтга.

Бир неча фойдаланувчилар маълумотларни узатиш имкониятини кутаётганда ҳар бир аниқ моментдага қабуллаш шароитлари турлича бўлиши мумкин. Базавий станция тайм-слотларни биринчи навбатда бошқа МТлар учун бир қанча вақтлардан кейин радиоканалдаги шароитлар яхшиланишини ҳисобга олиш билан ҳозирги моментда энг яхши шароитларда бўлган МТларга ажратиши мумкин.

CDMA2000 1xEV-Doда кўзда тутилган алгоритм маълумотларни узатиш тезлигини динамик ўзгартиришнинг устунлигини ишлатиши мумкин. Радиоканалдаги мавжуд сигнал/ҳалақит нисбатида ҳар бир фойдаланувчи учун мос максимал узатиш тезликларида маълумотларни етказилиши амалга оширилади. Агар радиоканалдаги сигнал/ҳалақит нисбати қиймати минимал

йшл қўйиладиган қийматдан кичик бўлса, маълумотларни етказилиши бўлиб ўтмайди.

Масалан, радиоалоқа шароитлари шунга олиб келадики, фойдаланувчилардан бирида узатиш тезлиги 614,4 кбит/с ўртача қийматда паст ва юқори қийматлар орасида тебранади. CDMA2000 1xEV-DO тизимида бу фойдаланувчи учун ўртача қийматга тенг бўлган минимал йўл қўйиладиган узатиш тезлиги қиймати ўрнатилади. Агар сигнал/ҳалақит нисбатининг жорий қийматида бу узатиш тезлигини ишлатиш мумкин бўлмаса, пакетлар узатилмайди.

Ёмон шароитларда бўлган фойдаланувчилар учун уларнинг устиворлигини босқичма-босқич ошириш кўзда тутилган. Сўров моментидан қанчалик кўп вақт ўтса, шунча устиворлик юқори бўлади. Дастур барча омилларни ҳисобга олади ва қайси фойдаланувчига биринчи хизмат кўрсатилишини ҳал этади. Алгоритм юқори сигнал/ҳалақит нисбатили фойдаланувчилар олдин ва катта тезликда хизмат кўрсатилишига мўлжалланган. Шу билан маълумотлар узатиш сеанси тезроқ тугайди ва натижада бошқа фойдаланувчилар учун ҳалақитли ҳолат яхшиланади. Алгоритмнинг самарадорлиги радиоканалининг ҳолати доимо ўзгарадиган ҳаракатдаги фойдаланувчилар сони ортганида ошади. Лекин узок вақт мураккаб сигнал-ҳалақитли вазиятда бўладиган фойдаланувчилар учун ўтказиш қобилиятини тақсимлаш алгоритми узлуксиз радиоалоқани таъминлай олмайди.

Ўтказиш полосасини бошқариш дастурининг қўлланилиши маълумотларни узатилишида характерли бўлади. Унинг овозли трафикли тизимларда ишлатилиши кам самара беради. Буни нутқ хизматлари учун тармоқ бўйича пакетларни узатилишида берилган кечикиш вақтини рухсат этилмайдиган ортиши келтириб чиқаради.

Маълумотларни алмашлаш радиоканал бўйича бўлиб ўтади, шунинг учун хавфсизлик масалалари муҳим ҳисобланади, унга эришиш учун CDMA 2000 1xEV-DO радиотармоғида энг янги алгоритмлар ишлатилади. Маълумотларни шифрлаш учун ўзида оддийлик ва юқори унумдорликни

бирлаштирадиган “Такомиллаштирилган шифрлаш стандарти” (Advanced Encryption Standard, AES) ишлатилади. Аутентификациялаш процедуралари бизнинг ҳолда ноутбук (TE) ва мобил терминалдан (MT) ташкил топган абонентлар терминали таъминоти ёқилганидан кейиноқ бошланади. Аутентификациялашдан кейин IP–манзилни тайинлаш жарёни бўлиб ўтади. Манзил тайинланиши билан абонентлар терминали маълумотларни узатиш ёки қабул қилишни бошлаши ёки “кутиш” режимига ўтиши мумкин.

CDMA 2000 1xEV-DO тизими Интернетни тарқалиш муҳити сифатида ишлатади ва мос равишда Интернет протоколи билан мослашувчан барча тармоқ хизматлари ва протоколларини қўллаиди.

CDMA2000 1xEV-DV-Single carrier Evolution Data and Voice стандарти

cdma2000 стандартининг янада кейинги ривожалантирилиши ҳисобланади. Унда кналларни динамик ажратилиши ва янада юқори тартибли модуляциялаш турлари (16-сатҳли квадратурали амплитудавий модуляциялашгача, 16-QAM) ҳисобига овоз ва маълумотларни бир вақтда узатилиши имконияти пайдо бўлади. Маълумотлар пакетлари қисмларга бўлинади ва вақт слотларида (1xEV-Додаги каби) узатилади, шу билан бир вақтда овоз трафиғи узлуксиз бўлади (cdma2000даги каби). 1xEV-DV овозни узатиш бўйича cdma2000нинг барча имкониятларига эга бўлади ва уларга қўшимча каналлар бўйича маълумотларни узатилиши имкониятини қўшади, бу билан битта технология доирасида овоз ва маълумотларни узатилишини таъминлайди. 1xEV-DV технологияси сўнгги 3GPP2 стандартларда cdma2000 учун стандартлаштирилган.

Ҳар иккала 1xEV-DO ва 1xEV-DV стандартлари тармоқнинг ишлаш самарадорлигини оширадиган тармоқни бошқаришга ўзгаришларни киритди. 1xEV-DO тизимларида базавий станция доимо сигнални тўлиқ қувватда узатади ва маълумотларни узатиш тезлиги қабул қилиш жойидаги қувватнинг стаҳига боғлиқ бўлади. Ҳар бир телефон (ҳаракатдаги станция) базавий станцияга ҳар бир вақт слотлари чеараларидаги маълумотларни узатиш тезлигига сўровни жўнатади ва базавий станция қайси телефон

навбатдаги пакетни олишини ҳал этади. Бундан ташқари, базавий станция ҳар бир ишлаётган телефон учун узатиш тезлигига сўровларнинг ўртача даражасини кузатиб боради. Агар телефондан охириги узатиш тезлигига сўровнинг ўртача чатҳидан юқори бўлса, у ҳолда телефон маълумотлар пакетини узатиш учун танланади, агар паст бўлса, у ҳолда у паст устиворликни олади. Шундай қилиб, одатда маълумотлар ўз ўртача сатҳидан ёки ундан яхши сатҳда ишлаётган телефонга узатилади, бу тармоқдаги йиғинди маълумотларни узатилишини яхшилади. Ҳар бир телефондага хизмат кўрсатилишини кутиш даври турлича олинади, лекин устун телефонни аниқлаш тармоқ алгоритми кутиш вақтини эътиборга олади ва узоқ вақт туриб қолишга йўл қўймайди.

CDMA-тизимларнинг самарадор ишлаши, фақат ҳам базавий, ҳам ҳаракатдаги станцияларнинг нурлантириш қувватини адаптив (мослаштирилган) ростлаш шароитларида бўлиши мумкин. Акс ҳолда базавий станцияга яқин бўлган телефон бошқа телефонлар учун йўл қўйилмайдиган катта ҳалақитларни ҳосил қилар эди.

1xEV-DV тизимларида овозни узатишда тўғри каналдаги (базавий станциядан ҳаракатдаги станцияга) қувватни бошқариш cdma2000даги каби қувват сатҳини қадамлаб ўзгартириш орқали бўлиб ўтади. Лекин маълумотлар пакетлари доимий қувват сатҳили узатилади, алоқа шароитлари ёмонлашганида эса оддий узатиш тезлигини камайтиради. Телефон доимо алоқа каналининг сифати ҳақида маълумотларни базавий станцияга узатади, базавий станция уни ва бошқа кўрсаткичларни телефонга маълумотларни узатиш тезлигини ўрнатиш учун ишлатади. Базавий станция маълумотларни узатиш тезлиларини мавжуд шароитларга мослаштириш бўйича 1xEV-DO стандартида бунга йўл қўйиладиганга қараганда катта имкониятларни олади.

1xEV тизимларидаги бошқа яхшиланиш ўрама кодга қараганда янада самарадор хатоликлар тузатиладиган кодлашнинг қўлланилиши ҳисобланади. Шунингдек, алоқа каналидаги етарли қувватда маълумотлар пакетларини узатилиши учун юқори тартибли модуляциялаш турлари (8-PSK ёки 16-

QAM) қўлланилади. Бу модуляциялаш турлари битга ҳисоблаганда катта энергия сарфларини талаб қилади (шовқин ва ҳалақитларнинг ўзгармас сатҳида), лекин катта маълумотларни узатиш тезлигини таъминлайди.

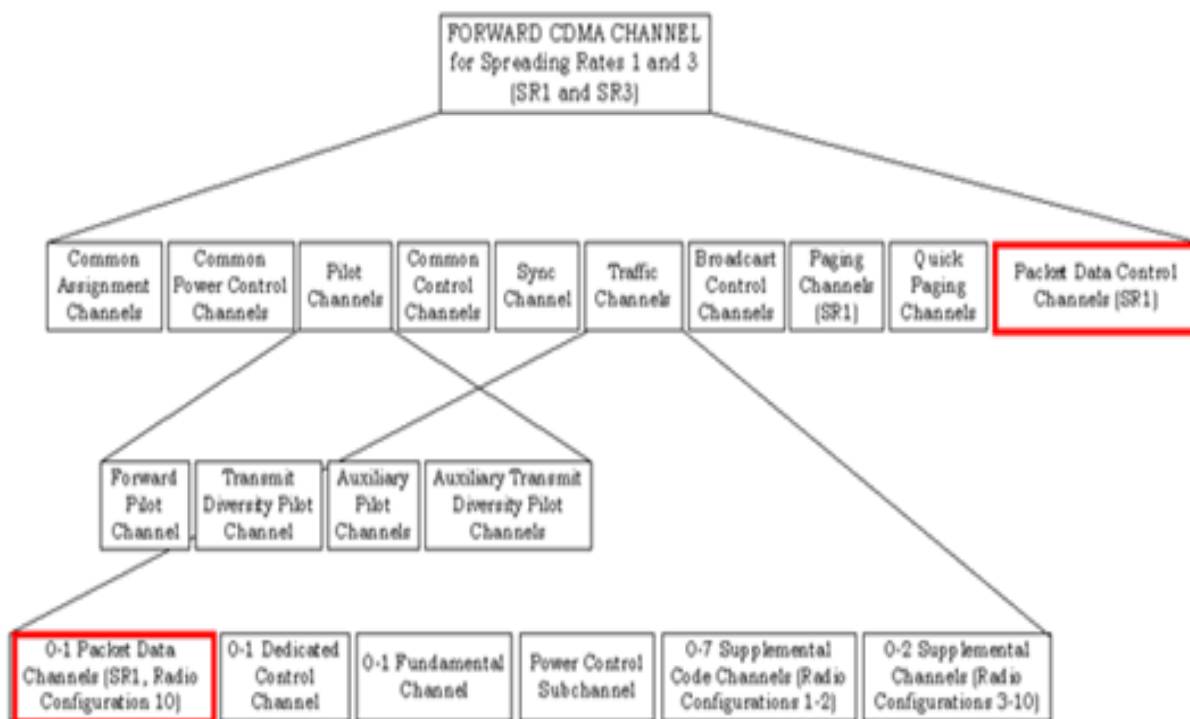
Кадрларнинг турли тузилмалари. Иккита 1xEV тизимлари тўғри каналда турли кадрлар тузилмаларига эга бўлади. 1xEV-DOда 26,67 мс давомийликдаги кадр 16 та слотларга (ҳар бири 1,67 мсдан) бўлинган ва ҳар бир слотда вақт бўйича ажратиладиган мультимплекслаш (time-division multiplexing - TDM) қўлланилади. Пакетнинг форматига боғлиқ равишда уни узатилиши учун 1, 2, 4, 8 ёки 16 та слотлар зарур бўлиши мумкин. Барча 16 та Уолш кодлари (кодли каналлари) маълумотлар пакетларини узатиш учун мўлжалланган. Маълумотларни узатиш тезлиги 2,4 Мбит/сгача етиши мумкин.

1xEV-DV стандартида ҳам, cdma2000даги каби 20 мс давомийликдаги кадр ишлатилади, у 1,25 мсдан 16 та слотларга бўлинади. Маълумотлар субпакетлари 1, 2 ва 4 та вақт слотларини эгаллайди. Маълумотлар каналлари вақт бўйича слотдан слотга бўлинади, лекин 1xEV-DOдан фарқли равишда ҳар бир слотда ички TDM тузилмага эга бўлмади. 1xEV-DV стандарти маълумотларни узатилиши учун ажратилган кодли каналларни тенг иккига бўлинишига рухсат этади, бу битга слотда бир вақтда иккита абонентларга хизмат кўрсатилишини мумкин қилади. 1xEV-DV стандартида маълумотларни узатилиши учун ажратилган Уолш кодлари сони 1 дан 28 тагача (32 тадан) ўзгариши мумкин. Маълумотларни узатиш тезлиги 81,6 кбит/сдан 3,1 Мбит/сгачани ташкил этади.

Ҳар иккала тизимларда тескари каналнинг (ҳаракатдаги станциядан базавий станцияга) тузилмаси шакли бўйича cdma2000 тескарир канали тузилмасига жуда ўхшаш бўлади. Аммо, айрим функциялар янги тизимларнинг эҳтиёжлари учун тўдирилган. Масалан, 1xEV-DOда тўғри каналда қувватни бошқариш бўйича тармоққа маълумотларни узатиш учун канал йўқ, лекин маълумотларни узатиш тезлигига сўровлар учун ажратилган канал қўлланилади. Ҳар иккала 1xEV-DO ва 1xEV-DV стандартларда тескари

трафик каналида ўрама кодлаш ўрнига хатоликлар тўғриланадиган кодлаш қўлланилади.

1xEV-DV стандартидаги янги маълумотларни бошқариш каналлари. 1xEV-DV ва олдинги cdma2000 версия орасидаги фарқни таъкидлаш учун 9.8-расмда 1xEV-DV тўғри каналнинг тузилмаси тасвирланган, унда қўшилган каналлар қизил ранг билан ажратилган.

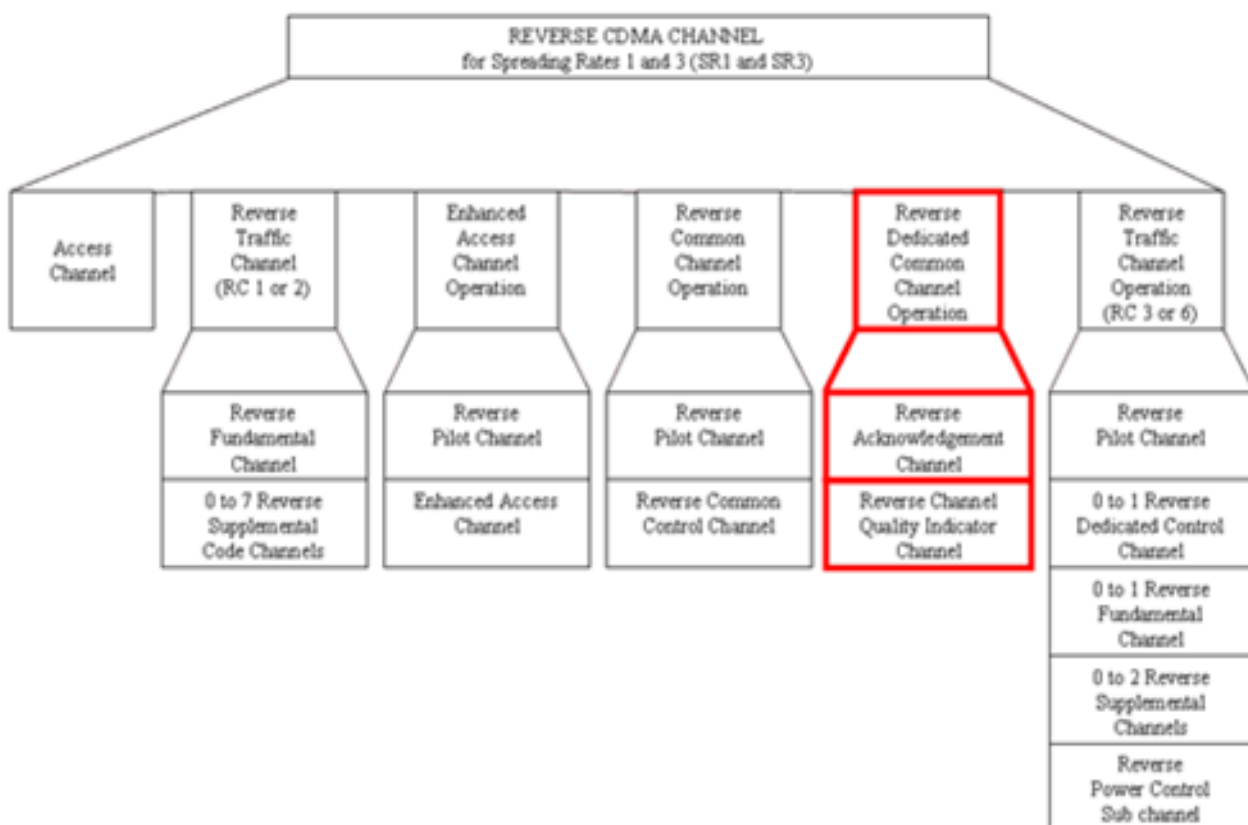


9.8-расм. 1xEV-DV тўғри каналнинг тузилмаси

"Танлашга конфигурация" ("Radio configurations") деб маълумотларни узатиш тезлиги, Уолш-кодлар (ортогонал каналлар) сони, пакетдаги битлар сони ва модуляциялаш тури каби физик даража параметрлари учун олдиндан ўрнатилган узатиш форматларига айтилади. "Radio Configuration 10" созланиш 1xEV-DVда пакетли маълумотларни узатиш тўғри канали (Forward Packet Data Channels – F-PDCH) учун ва пакетли маълумотларни бошқариш тўғри канали (Forward Packet Data Control Channels – F-PDCCCH) учун

аниқланган. F-PDCCН телефонни бошқариш сигналлари билан таъминлайди, F-PDCH эса маълумотлар пакетларини узатади.

9.9-расмда қўшилган каналлар ажратилган 1xEV-DV тескари каналнинг тузилмаси келтирилган. Пакетли маълумотларни бошқариш тўғри каналида олинган маълумотларга жавоб тарикасида телефондан базавий станцияга тасдиқлаш тескари канали (Reverse Acknowledgement Channel) бўйича тасдиқлаш сигналлари узатилади. Тескари канал таркибидаги сифатни индикациялаш канали (Reverse Channel Quality Indicator Channel) телефон орқали базавий станцияни пилот каналда (Forward Link Pilot Channel) телефон қабул қиладиган сигнал сифати ҳақида хабардор қилиш учун ва базавий станциялар орасида қайта уланишни индикациялаш учун ишлатилади.



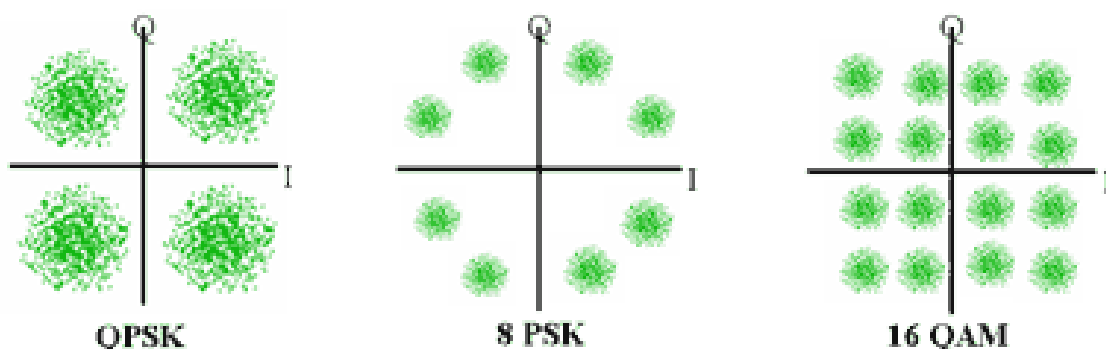
9.9-расм. 1xEV-DV тескари каналнинг тузилмаси

Юқори тартибли модуляциялаш турлари хатоликларга кўпроқ сезгирликка эга. Ҳар иккала 1xEV тизимларида, қўлланиладиган ягона модуляциялаш тури QPSK бўлган cdma2000 стандартидан фарқли равишда юқори тартибли модуляциялаш турлари (8-PSK ва 16-QAM) қўлланилади. Юқори тартибли модуляциялаш турлари исгаллар бўшлиқларини зичроқ “жойлаштирилишидан” фойдаланиш билан маълумотларни узатиш тезлишиги оширишга имкон беради. М символлар (сигналлар ҳолатлари) ёрдамида n битлардан гуруҳни тақдим этиш учун 2n бир хил аниқланадиган символлар талаб қилинади. Усуллардан бири ҳар бир символни бир хил амплитудали, лекин турли фазали сигналлар билан кодлаш ҳисобланади. Бундай усул фазавий манипуляциялаш (phase shift keying – PSK) дейилади. Квадратурали фазавий манипуляциялашда (QPSK) 4 та символлардан ҳар бири 2 битни беради, 8-PSK учун ҳар бир символ 3 битни беради. 16-QAM модуляциялашда символларни кодлаш учун ҳам фаза, ҳам амплитуданинг ўзгаришлари ишлатилади ва ҳар бир символ 4 битни беради.

Лекин символлар бўшлиғида символлар сонининг ортиши билан улар орасидаги масофа камаяди (сигналнинг иўша қийматида), бу бундай модуляциялаш турларини шовқинга сезгирроқ қилади. Идеал (лекин тўлиқ нореал) дунёда қабуллагичнинг демодулятори ҳар бир символнинг чекланган соҳаси марказидаги ягона чексиз кичик танланган нуқтасида символни доимо детекторлайди. Албатта, бундай ҳодиса ҳеч қачон бўлиб ўтмайди, чунки шовқин, бузилишлар ва бошқа ҳалақитлар турлари символнинг ҳолатига ноаниқликни киритади ва детекторлаш идеал жойлашаши ўрнидан фарқланадиган нуқтада бўлиб ўтади. Тасодифий шовқин, АМ/АМ ёки АМ/ФМ бузилишлар, символлараро бузилишлар ва ўзаро ҳалақитлар туфайли сигналнинг ёмонлашиши символни аниқ аниқланишини мумкин эмаслигига олиб келади.

9.10-расмда 1xEV-DVда қўлланиладиган учта модуляциялаш турлари символларининг жойлашиши ва шовқинга нисбий барқарорлиги тасвирланган. Равшанки, 16-QAM модуляциялаш кўпроқ шовқин таъсирига

учрайди ва қабулагичдан берилган характеристикаларга энг аниқ мос келишни талаб қилади.



.9.10-расм. 1xEV-DVда ишлатиладиган учта модуляциялаш турларининг сигналлар туркуми

Қабул қилиш мумкинки, агар қабулагич 16-QAM учун демодуляциялаш текширувидан ўтган бўлса, у ҳолда у QPSK ёки 8-PSK учун тестлардан ҳам ўтади, тескари тасдиқлаш эса нотўғри бўлади. cdma2000да ишлайдиган қурилмалар 1xEV стандарти тармоқларига юқори маълумотларни узатиш тезликларида уланмаслиги мумкин.

Назорат саволлари

1. Особенности стандарта CDMA2000 стандартининг ўзига хос хусусиятлари.
2. CDMA Онедан CDMA2000га ўтиш учун қандай ўзгартиришларни амалга ошириш зарур бўлади?
3. CDMA2000 стандарти тармоғининг тузилмасини келтиринг ва тушунтиринг.
4. CDMA 2000 1xEV-DO стандартининг ўзига хос хусусиятлари нималардан иборат?
5. 1xEV-DO стандарти тўғри канали (“пастга” канали) тузилмасини келтиринг ва тушунтиринг.
6. 1xEV-DO стандарти тескари канали (“юқорига канали) тузилмасини келтиринг ва тушунтиринг

7. CDMA2000 1xEV-DO тизимидаги маълумотларни узатиш тезлигини бошқариш схемасини келтиринг ва тушунтиринг.
8. CDMA2000 1xEV-DV стандартининг ўзига хос хусусиятлари нималардан иборат??
9. 1xEV-DV кадрлари тузилмаси 1xEV-DOдагидан қандай фарқланади?
10. 1xEV-DV стандартида қайси янги маълумотларни бошқариш каналлари қўшилган?
11. 1xEV тизимларида қайси модуляциялаш турлари ишлатилади?

LTE стандарти

11-майруза

LTE радиоинтерфейси

LTE-Advanced (LTE-A)

4G сотали тизимларни қурилиши учун номзод маълумотларни узатилиши тезликларидаги эҳтиёжларни қондириш учун CDMA ва UMTS технологияларни такомиллаштириш бўйича стандарт бўлган 3GPP Long Term Evolution (LTE) лойиҳаси ҳисобланади. Бу такомиллаштиришлар самарадорликни ошириш, кечикишларни камайтириш, кўрсатиладиган хизматларни кенгайтириш ва такомиллаштириш, шунингдек мавжуд протоколлар билан интеграцияланишга тегишли бўлди. 3GPP LTE стандарти бўйича маълумотларни узатиш тезлиги назарий жиҳатдан қабуллашга (download) 326,4 Мбит/с ва узатишга (upload) 172,8 Мбит/сга етади. Халқаро стандартда қабуллашга 173 Мбит/с ва узатишга 58 Мбит/с тавсифланган. LTE физик даражанинг асоси пакетли узатиш, адаптивкўп сатҳли модуляциялаш, кўп томонлама уланиш учун OFDMA технология ва қабул қилиш ва узатишда кўп антеннали ажратиш (МИМО) ҳисобланади.

LTE базавий станциясининг ишлаш радиуси қувват ва ишлатиладиган частотага боғлиқ равишда турлича бўлиши мумкин. Оптимол ҳолда бу к км атрофида, лекин зарурат бўлганида ишлаш масофаси 30 кмни ёки ҳатто 100 кмни (антенна етарлича кўтарилганида) ташкил этади.

LTEнинг қамраб олиш зонасида қилинган кўнғироқ ёки маълумотларни узатиш сеанси техник жиҳатдан 3G (W-CDMA, CDMA2000) ёки GSM/GPRS/EDGE тармоғига узилишсиз узатилиши мумкин. Шундай қилиб, LTE тармоқларининг ривожланаиши мавжуд ривожланган ҳам GSM, ҳам CDMA операторлар тармоқларида бўлиши мумкин, бу тармоқни қуриш нархини сезиларли пасайтиради (WiMax тармоқларга қараганда).

LTE радиоинтерфейси учта асосий OFDM ортогонал ташувчилар орқали мультимплекслаш, MIMO кўп антеннали тизимлар ва тармоқнинг эволюцион тизим архитектураси (System Architecture Evolution) технологияларига асосланади.

Каналларни дуплекс ажратилиши, ҳам частота бўйича (FDD), ҳам вақт бўйича (TDD) бўлиши мумкин ва бу операторларга частотани тез мослашувчан ишлатилишига имкон беради. Бундай ечим жуфтланган частоталарга эга бўлмаган компанияларга бозорга йўлни очади. Бошқа томондан, FDDни қўллаш анъанавий сотали операторлар учун жуда қулай, чунки уларда жуфтланган частоталар олдиндан мавжуд, деярли барча сотали алоқа тизимлари шундай ташкил этилган. Ўз-ўзича FDD тизими частоталар ресурсларидан фойдаланиш бўйича га қараганда сезиларли самарадор, унда устама сарфлар (хизмат майдонлари ва ҳ.к.) кам.

Базавий станция (БС) ва мобил станция (МС) орасидаги алмашлаш циклли қайтариладиган кадрлар (атамашуносликда LTE – радиокадр) принципи бўйича қурилади. Радиокадрнинг давомийлиги 10 мсни ташкил этади. LTE спецификациясидаги барча вақт параметрлари $T_s = 1/(2048 \cdot \Delta f)$ минимал вақт квантига боғланган, бу ерда Δf – нимташувчилар орасидаги кадам бўлиб, у стандарт 15 кГцга тенг. Шундай қилиб, радиокадрнинг давомийлиги $307200T_s$ га тенг бўлади. Вақт квантининг ўзи 30,72 МГц такт

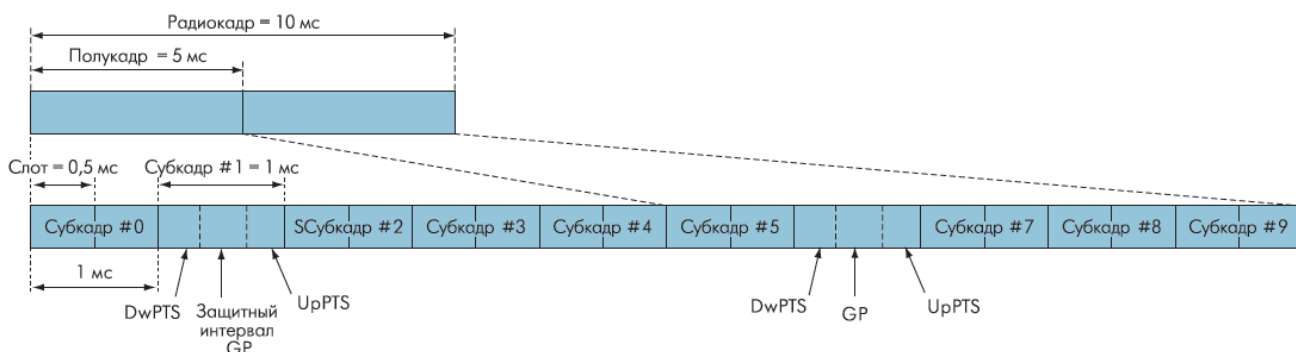
частотасига мос келади, бу 3G-тизимлардаги (5 МГц канал полосасили WCDMA) 3,84МГц қайта ишлаш частотасига қаррали ($8 \times 3,84 = 30,72$) бўлади.

LTE стандарти иккита турлардаги радиокадрларни кўзда тутаяди, 1-тур радиокадрлар частота бўйича дуплекслаш учун, ҳам тўлиқ дуплекслаш, ҳам ярим дуплекслаш учун мўлжалланган. Бундай кадр 0 дан 19 гача номерланадиган 20 та слотлардан (0,5 мс давомийликдаги) ташкил топади. Иккита ёнма-ён слотлар субкадрни ташкил этади (11.1-расм). Тўлиқ дуплекс режимда юқорига ва пастга каналларда радиокадрлар параллел, лекин келишилган вақт сурилишили узатилади.



11.1-расм. Дуплекс каналлар частота бўйича ажратилишида LTE кадрининг тузилмаси

2-турдаги радиокадр (11.2-расм) вақт бўйича дуплекслаш учун мўлжалланган.



11.2-расм. Дуплекс каналлар вақт бўйича ажратилишида LTE кадрининг тузилмаси

У 5 мс давомийликдаги иккита ярим кадрлардан ташкил топган. Ҳар бир ярим кадр 1 мс давомийликдаги 5 та субкадрлардан иборат. Стандарт иккита 5 ва 10 мс вақт бўйича дуплекслаш циклларини кўзда тутди. Биринчи ҳолда 1-нчи ва 6-нчи субкадрлар бир хил ва DwPTS, UpPTS хизмат майдонлари ва GP ҳимоя интервалига эга бўлади. TDD 10 мсли циклида 6-нчи субкадр пастга каналда маълумотларни узатиш учун ишлатилади. 0-нчи ва 5-нчи субкадрлар, шунингдек DwPTS майдон доимопастга каналига, 2-нчи субкадр ва UpPTS майдон юқорига каналига киради.

Аввал таъкидланганидек, LTEда OFDM модуляциялаш ишлатилади, у частота бўйича маълум Δf қадамда жойлашган $S_k(t) = A_k \cdot \sin [2\pi (f_0 + k\Delta f)]$ кўринишдаги тор полосали нимташувчиларни мустақил модуляциялаш орқали кенг полосали сигнални узатилишини кўзда тутди. Битта OFDM-символ модуляцияланган нимташувчилар тўпламига эга бўлади. Вақт соҳасида OFDM-символ маълумотлар майдони (фойдали маълумотлар) ва CP (Cyclic Prefix) цикли префикс – такроран узатиладиган олдинги символнинг охири фрагментидан иборат бўлади (11.3-расм).



11.3-расм. Цикли префиксли OFDM-символ

Префикс сигналнинг кўп нурли тарқалиши туфайли вужудга келадиган қабуллагичдаги символлараро интерференция билан курашиш учун зарур бўлади. Кечикиш билан келадиган қайтган сигнал префикс зонасига тушади ва фойдалаи сигналга юкланмайди. LTEда нимташувчилар

орасида стандарт $\Delta f = 15$ кГц қадам қабул қилинган, бу OFDM-символнинг 66,7 мкс давомийлигига мос келади.

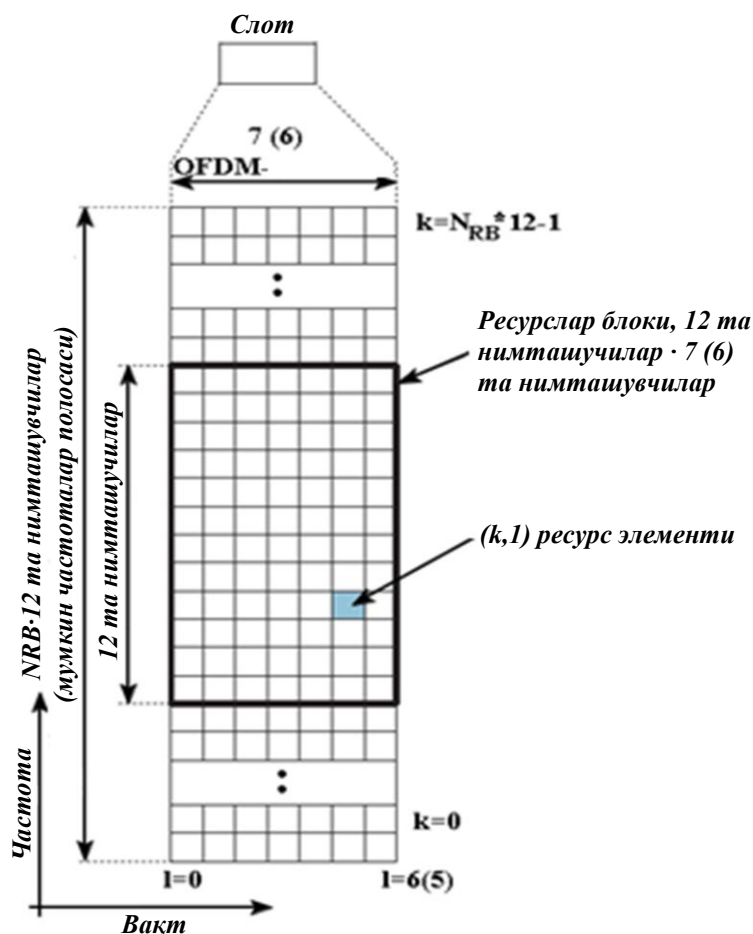
Ҳар бир абонентлар қурилмасига (АҚ) ҳар бир слотда частота-вақт соҳасидаги маълум каналлар ресурслари диапазони – ресурслар тўри (11.4-расм) тайинланади.

Ресурс элементи дейиладиган ресурс тўрич ячейкаси частоталар соҳасидаги битта нимташувчига ва вақт соҳасидаги битта OFDM-символга мос келади. Ресурс элементлари ресурслар блоки-каналдаги минимал ахборот бирлигини ҳосил қилади. Ресурслар блоки слотнинг умумий давомийлиги 0,5 мсни ташкил этиши учун циклли префиксга боғлиқ равишда 12 та нимташувчилар (яъни 180 кГц) ва 7 та ёки 6 та OFDM-символларни эгаллайди.

Ресурслар тўридаги NRB ресурслар блоклари сони каналнинг полосасикенглигига боғлиқ ва 6 дан 110тагачани (LTEда пастга/юқорига каналлар частоталар полосаларининг кенглиги 1,4 дан 20 МГцни ташкил этади) ташкил этади. Ресурслар блоки бу базавий станциянинг режалаштиргичи томонидан абонентлар қурилмасига ажратиладиган минимал ресурслар элементи ҳисобланади. Ҳар бир слотдаги ресурсларнинг тақсимланиши ҳақида базавий станция махсус бошқариш каналида хабар қилади.

Префикснинг 4,7 мкс давомийлиги тўғри тарқалган сигналга нисбатан 1,4 кмга ортиқ йўлни босиб ўтган қайтган сигналнинг кечикиши билан курашишга имкон беради. Шаҳар шароитларидаги сотали алоқа тизимлари учун бу одатда етарли бўлади. Агар етарли бўлмаса, 120 км радиусли ячейкалардаги символлараро интерференцияни сўндирилишини таъминлайдиган кенгайтирилган префикс ишлатилади. Бундай жуда катта ячейкалар мобил ТВ-узатиш каби кенг узатишли сервислар (MBMS) учун фойдали бўлади. Бурезимлар учун (фақат пастга каналга) ташувчилар орасидаги 7,5 кГц қадамли ва 33,4 мкс циклли префиксли алоҳида слот тузилмаси кўзда тутилган. Слотда бунда фақат учта OFDM-символ бўлади.

Кенг узатишли сервиснинг алоҳида ҳолини MBSFN (мультимедийный широковещательный сервис для одночастотной сети) режими беради. бу режимда маълум MBSFN-зонадаги бир неча БСлар бир вақтда ва синхрон умумий кенг узатиш сигналини трансляциялайди.



Вақт

11.4-раси. Нимташувчилар қадами $\Delta f = 15$ кГц бўлганида LTE ресурслар тўри

Ҳар бир нимташувчи 4-, 16- ва 64 - позицияли квадратурали фазавий-амлитудавий модуляциялаш (QPSK, 16-QAM ёки 64-QAM) орқали модуляцияланади. Мас равишда битта нимташувчигабитта символ 2, 4 ва 6 битни ташкил этади. Стандарт префиксда символли тезлик 14000 символлар/секундни ташкил этади, бу FDD-дулексдаги нимташувчига 28 дан 84 кбит/сгача агрегатли тезликка мос келади. 20 МГц полосали сигнал 100 та ресурслар блоклари ёки 1200 та нимташувчиларга эга бўлади, бу каналдаги 33,6 дан 100,8 Мбит/сгача умумий агрегатли тезликни беради.

LTE спецификациясида БС ва АС орасидаги (E-UTRA тармоқларида) юқорига ва пастга каналларнинг кенглиги учун бир неча қайд этилган қийматлар аниқланади (11.1-жадвал). Бинобарин, OFDMда Фурье тез ўзгартириши ишлатилади, сигналнинг рақамли қайта ишлаш процедурасини содалаштириш учун расман ташувчилар сони $N = 2n$ га каррали (яъни 128, 256, ..., 2048) бўлиши керак. Бунда танланмалар частотаси $F_s = \Delta f \cdot N$ ни ташкил этиши керак. Стандартда берилган қийматларда у WCDMA технологиясидаги танланмалар стандарт частотаси 3,84МГцга каррали бўлиб қолади. Бу ҳам WCDMA, ҳам LTEни қўллайдиган кўп модали қурилмаларни яратиш учун қулай бўлади.

11.1-расм. БС ва АС орасидаги узатиш каналининг параметрлари

| | | | | | | |
|----------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Каналнинг кенглиги, МГц | 1,4 | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| Ресурслар блоклари сони | 6 | 15 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| Нимташувчилар сони | 72 | 180 | 300 | 600 | 900 | 1200 |
| БПФ учун номинал ташувчилар сони | 128 | 256 | 512 | 1024 | 1536 | 2048 |
| БПФ учун такт частотаси, МГц | 1,92 | 3,84 | 7,68 | 15,38 | 23,04 | 30,72 |

“Ортиқча” нимташувчилар амплитудаларини шакллантиришда (шу жумладан каналнинг марказий нимташувчиси) нолгатенг ҳисобланади.

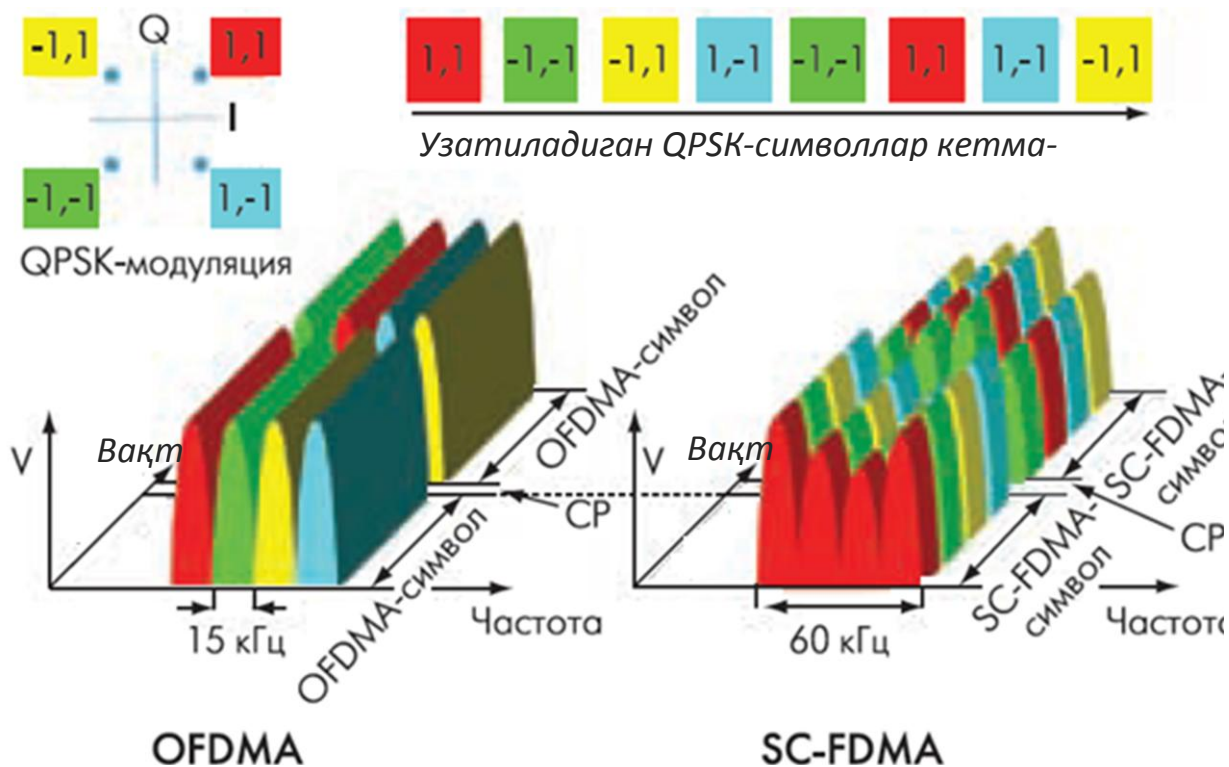
LTE да пастга канални ташкил этиш. Пастга ва юқорига каналларда OFDM технологиясининг қўлланилиши турлича бўлади. Пастга каналда бу технология нафақат сигнални узатиш учун, балки кўп томонлама уланишни (OFDMA) ташкил этиш учун ишлатилади.

Тавсифланган физик тузилмавий блокдан ташқари, мантикий тузилмавий блок тушунчаси киритилади. Ресурслар элементлари сони бўйича улар эквивалент, лекин физикблок ресурслар элементларни мантикий блокда акс эттиришнинг иккита биттама-битта ватақсимланган вариантлари бўлиши мумкин. Тақсимланган вариантда мантикий ресурслар блоки элементлари бутун мумкин ресурслар тўрида тақсимланган бўлиб қолади.

Юқорига каналда рухсат этиладиган нурлантириш қуввати пастга каналдагига қараганда сезиларли паст бўлади. Шунинг учун қамраб олиш зонасини ошириш, терминал қурлмаси нарини ва унинг истеъмол қувватини пасайтириш мақсадида маълумотларни узатиш усулининг энергетик самарадорлиги бирламичи бўлиб қолади.

OFDMA техноогиясининг асосий камчилиги сигналнинг максимал ва ўртача қувватининг юқори нисбати (PAR) ҳисобланади. Шунга кўра, LTE юқорига канали учун янги SC-FDMA (Single-Carrier Frequency-Division Multiple Access) теҳеологияси таклиф этилган. Принципиал фарқ шундан иборатки, агар OFDMAда ҳар бир нимташувчида бир вақтда ўз модуляцион символи узатилса, у ҳолда SC-FDMAда нимташувчилар бир вақтда ва бир хил модуляцияланади, лекин модуляцион символлар қисқа бўлади. Шундай қилиб, OFDMAда символлар параллел, SC-FDMAда кетма-кет узатилади. Бундай ечим оддий OFDM модуляциялаш ишлатилганидагига қараганда паст PAR нисбатини таъминлайди, бунинг натижасида абонентлар қурилмаларининг энергия самарадорлиги ортади ва уларнинг конструкцияси соддалашади (узаткичлар частотавий параметрларининг аниқлигига талаблар сезиларли камаяди).

SC-FDMA-сигналнинг тузилмаси кўп жиҳатдан OFDM технологиясига ўхшаш бўлади. Шунингдек копозит сигнал - Δf қадамда жойлашган нимташувчилар тўпламини модуляциялаш ишлатилади. Принципиал фарк шундан иборатки, барчанимташувчиларбир хил модуляцияланади, яъни ягона вақтда фақат битта модуляцион символ узатилади (11.5-расм).



11.5-расм. QPSK- символларни узатишдаги OFDM ва SC-FDMA орасидаги фарк

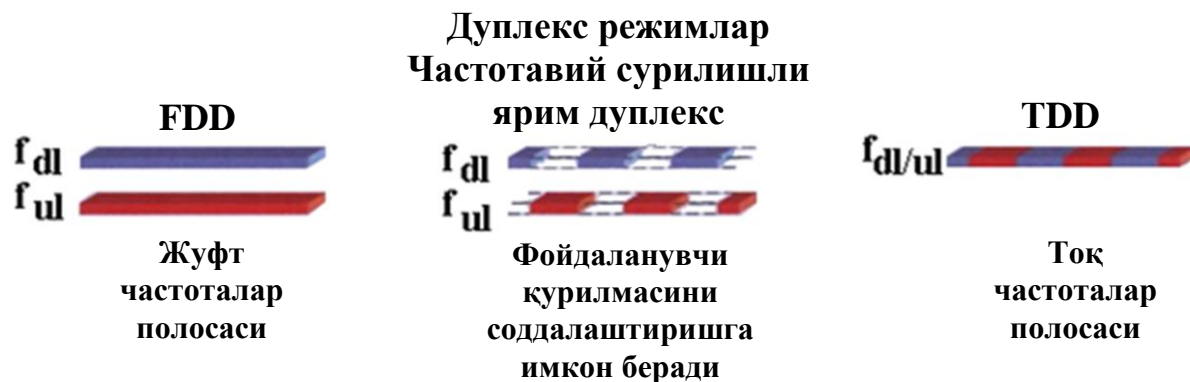
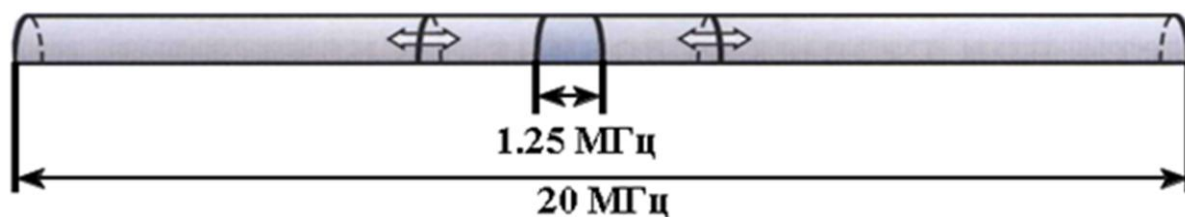
Бунда ресурслар тўри пастга каналига тўлиқ ўхшаш бўлади. Тармоқнинг ҳар бир абонентига базавий станциядан маълумотларни узатиш учун маълум

вақтга режалаштириш функцияси ёрдамда маълум ресурслар блоки сони ажратилади. Жадвал абонентларга пастга радиоканалидаги хизмат каналлари бўйича узатилади.

Лекин, агар OFDMAда битта модуляцион символ (QPSK, 16- ёки 64-QAM) битта нимташувчидаги OFDM-символга (15 кГц, 66,7 мкс) мос келса, у ҳолда SC-OFDMAда вазият бошқача. Частотавий режада модуляцион символнинг кенглиги бутунмумкин частоталар полсасига тенг бўлиб қолади (у барча нимташувчиларда бир вақтда узатилади). Бунда битта SC-FDMA-символи бир неча модуляцион символларга – идеал ҳолда нимашувчилар қанча бўлса, шунча модуляцион символларга, лекин OFDMAдагига қараганда мос марта сонли қисқароқ модуляцион символларга эга бўлади, бу Котельников-Шеннон теоремасини тўлиқ қаноатлантиради.

Радиоспектрдан фойдланишнинг тез мослашувчанлиги. У ёки бу ҳудудда амалда бўлган қонунчили меъёрларига боғлиқ равида мобил алоқани ташкил этиш учун радиоспектр турли кенгликдаги жуфт ёки тоқ полослар турли частоталар диапазонларида ажратилади. LTEни радиочастоталар таъминотили турли вазиятларда ишлатилишига имкон берадиган LTE радиоинтерфейсининг асосий харакатеристикаларидан бири радиоспектрдан фойдланишнинг тез мослашувчанлиги ҳисобланади.

Турли частоталар диапазонларида ишлаш имконияти билан бир қаторда LTE тизими турли кенгликдаги 1,25 МГцдан (маслан, CDMA 2000 1xEV-DO тизимларидан ўтишнибошлаш учун тўғри келади) тахминан 20 МГцгача частоталар полосаларидан фойдалана олади. Бундан ташқари, LTE тизими частота бўйича (FDD) ва вақт бўйича (TDD) дуплекс турларини қўллаш билан мос равишда жуфт ва тоқ частоталар полосаларида ишлай олади.



f_{dl} – юқорига канали частотаси

f_{ul} – пастга канали частотаси

1.6-расм. LTE стандартида радиоспектридан фойдаланиш

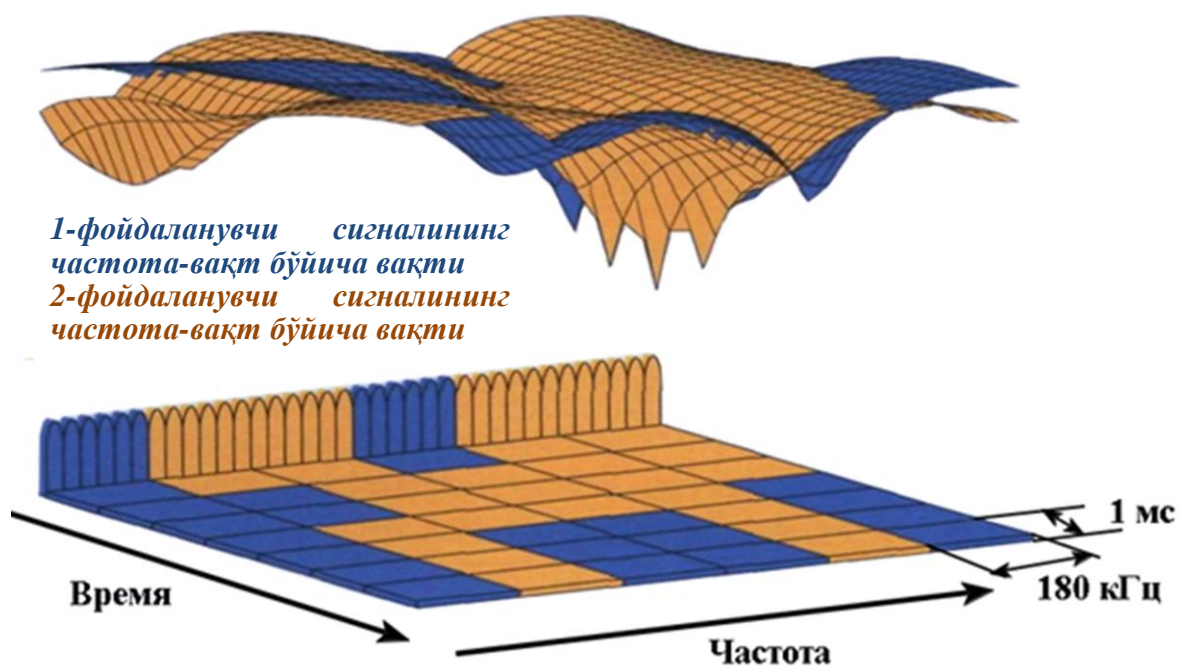
Терминаллар қурилмаларига нима тегишли бўлади, жуфт частоталар полосалари ишлатилганидан, қурилмани ярим дуплекс ёки дуплекс режимда ишлатиш мумкин. Терминал турли частоталарда ва турли вақтларда маълумотларни узатадиган ва қабул қиладиган биринчи режим (1.6-расм) дуплекс филтранинг харақатеристикаларига талабларни сезиларли камайтиришга имкон бериши билан ўзига жалб қилади. Бу ўз навбатида, терминал қурилмаларининг нархини камайтиришга кўмаклашади. Бундан ташқари, энг катта дуплекс сурилишли жуфт частоталар полосаларини ишлатилиши имконияти пайдо бўлади. Шундай қилиб, LTE-ечимни дечрли исталган частоталар спектрини тақсимланишида ишлатиш мумкин.

Радиоспектрдан тез мослашувчан фойдаланиш кўзда тутилган радиоулашиш технологиясини ишлаб чиқишдаги ягона муаммо алоқа қурилмаларининг мослашувчанлигини таъминлаш ҳисобланади. Бу мақсадда

LTE технологиясида турли кенгликлардаги частоталар полосалари ва турли дуплекс (FDD ёки TDD) режимлари қўлланилганида ўхшаш кадрнинг тузилмаси ишлатилган.

Маълумотларни кўп антеннали узатиш. Мобилалоқа тизимларида маълумотларни кўп антеннали узатишдан фойдаланиш уларнинг техник характеристикаларини яхшилайти ва уларнинг абонентларга хизмат кўрсатиш томондан имкониятларини кенгайтиради. LTE технологиясида кўп антеннали узатишнинг ккита сурилган transmit diversity) ва кўп нуқтали (дастлабки кодлашли) усуллари кўзда тутилган, унинг хусусий ҳоли ингичка радионурни шакллантириш ҳисобланади.

11.7-расмда тавсирланган иккита фойдаланувчилар сигналларини сўниши графикларидан битта фойдаланувчи иккита узатиш антенналаридан қабул қиладиган сигналнинг сатҳини баҳолаш мумкин. Бунда сурилган узатишни иккита антенналардан бўладиган сигналнинг сатҳини тенглаштириш усули сифатида қараш керак бўлади, чунки бунда антенналардан ҳар бирдан алоҳида қабул қилинадиган сигналлар сатҳидаги чуқур тушишлар тузатилади.



11.7-расм. LTE стандартидаги сигналлар сатҳлари

LTEда сурилган узатиш тўртта антенналар ишлатилганида вақт бўйича частотавий суришли (FSTD) сурилиш билан тўлдирилган фазо-частота бўйича блокли кодлаш (SFBC) усулига асосланган. Сурилишли узатиш асосан алоқа каналининг ҳолатига боғлиқ равишда диспетчерлаштириш функциясидан фойдаланиш мумкин бўлмайдиган умумий пастга каналларда (channel-dependent scheduling) қўлланилади. Лекин сурилишли узатишни фойдаланувчилар маълумотларини, масалан VoIP трафигини қайта узатиш учун ишлатиш мумкин. Бундай трафикнинг нисбатан паст жадаллиги юқорида айтилган диспетчерлаштириш функциясига боғлиқ бўлган қўшимча устама сарфларни оқламайди. Умуман олганда сурилишли узатиш тармоқнинг сифимини ва соталарнинг радиусини оширади.

Ўша бир радиоканал бўйича бир неча маълумотлар оқимларини бир вақтда қайта узатилиши учун кўп оқимли узатишда бир неча узатиш ва қабуллаш антенналари (мас равишда тармоқнинг базавий станциясида ва терминал қурилмасида) ишлатилади. Бу маълумотларни максимал узатиш тезлигини сезиларли оширади. Масалан, тўртта антенналар базавий станцияда ва шунчаси терминал қурилмасида (қабуллаш томонида) ўрнатилганида ҳақиқатда радиоканалнинг ўтказиш қобилиятини тўрт марттага ошириш билан ўша бир радиоканал бўйича тўрттагача маълумотлар оқимларини бир вақтда узатилиши мумкин.

Унчалик катта бўлмаган ишчи юкламали ёки кичкина соталарли тармоқларда кўп оқимли узатиш радиоканалларнинг жуда юқори ўтказиш қобилиятига эришишга ва радиоресурслардан самарали фойдаланишга имкон беради. катта соталарли ва жадал юкламали тармоқларда эса каналнинг сифати кўп оқимли

узатишдан фойдаланиш имкониятини бермайди. Бунда сигналнинг сифатини ошириш мақсадида бир неча узатиш антенналарини битта маълумотлар оқимини узатида ингичка нурни шакллантириш учун ишлаш мақсадга мувофиқроқ бўлади.

Шундай қилиб, хулоса қилиш мумкинки, LTE технологиясида ишлатилишидаги турли шароитларда тармоқнинг ишлаши яхши сифатига эришиш учун адаптив кўп оқимли узатиш ишлатилади, бунда бир вақтда узатиладиган маълумотлар оқимлари сони алоқа каналининг ўзгарувчан ҳолатига мувофиқ доимо ростланиши мумкин. Агар каналнинг ҳолати жуда яхши бўлса, тўрттагача маълумотлар оқимларини бир вақтда узатиш мумкин, бу билан эгалланадиган 20 МГц частоталар полосаси кенглигида уларни 300 Мбит/сгача узатилиши тезлигига эришилади.

Каналнинг бунчалик қулай бўлмаган ҳолатида кам сонли оқимлар узатилади. Бундай вазиятда антенналар қисман ингичка йўналтирилганлик диаграммасини шакллантириш учун ишлатилади, бу қабуллашнинг умумий сифатини оширади ва натижада тизимнинг ўтказиш қобилиятини оширади ва хизмат кўрсатиш зонасини кенгайтиради. Кенг радио қамраб олиш зонаси ва маълумотларни юқори узатш тезлигини таъминлаш учун соталар чегарасида ингичка нурда битта маълумотлар оқимини узатиш ёки умумий каналларда сурилган узатишни ишлатиш мумкин.

Диспетчерлаштириш механизми ва алоқа каналини мослаштириш.

Диспетчерлаштириш деганда маълумотларни узатадиган фойдаланувчилар орасида тармоқ ресурсларни тақсимланиши жараёни тушунилади. LTE технологиясида юқорига ва пастга каналларда динамик диспетчерлаштириш кўзда тутилган.

Диспетчерлаштиришнинг мақсади алоқа сифти ва тизимнинг умумий унумдорлигини мувозанатлаштирилиши ҳисобланади. LTE радиоинтерфейсида алоқа каналининг ҳолатига боғлиқ равишда диспетчерлаштириш функцияси ишлатилган. У оширилган тезликларда маълумотларни узатилишини таъминлайди (юқорироқ тартибли

модуляциялашнинг ишлатилиши, каналларни кодланиши даражасини камайтириш, қўшимча маълумотлар оқимларини узатиш ва такроран узатишлар кам сони ҳисобига), бунинг учун нисбатан яхши алоқа шаритлари ва вақт ва частоталар ресурсларини ишлатади. Шундай қилиб, исталган аниқ бир маълумотлар ҳажмини узатилиши учун кам вақт талаб қилинади.

Унча катта бўлмаган фойдали юкларни ва бир хил вақт оралиқлари орқали узатадиган сервислар трафиғи учун динамик диспетчерлаштириш учун зарур бўладиган сигнализация трафиғи ҳажми фойдаланувчи узатган маълумотлар ҳажмидан ортиқ бўлиши мумкин. Шунинг учун LTEда статик диспетчерлаштириш (динамик диспетчерлаштиришга қўшимча) функцияси ҳам мавжуд. Статик диспетчерлаштириш деганда фойдаланувчига маълум сонли нимкадрларни узатиш учун радиочастоталар спектрини ажратилиши тушунилади.

Канални мослаштириш механизмлари алоқа сифати ўзгарадиган каналдан “барча бўлиши мумкинни олиш” учун керак бўлади. Бундай механизм алоқа шароитларига мувофиқ модляциялаш схемаси ва каналли кодлашни “танлайди”. Унинг ишлашига маълумотларни узатиш тезлиги ва каналдаги хатоликларни вужудга келиш эҳтимоллиги боғлиқ бўлади.

Юқорига каналда қувватни ростлаш. LTE юқорига каналидаги сигналлар ортогонал ҳисобланади, демак, битта зона фойдаланувчилари орасидаги ўзаро радиоҳалақитлар, камида, идеал радиоалоқа шароитларида бўлмайди. Қўшни соталар фойдаланувчилари ҳосил қиладиган ҳалақитлар даражаси нурлантирадиган мобил терминалнинг жойлашиш ўрнига, аниқроғи бу соталарга йўлда унинг сигналини сўниши даражасига боғлиқ бўлади. Умуман айтганда, терминал қўшни сотага қанчалик яқин бўлса, унга сотада ҳосил қилинададиган ҳалақитлар даражаси шунчалик юқори бўлади. Мос равишда қўшни сотадан олисроқ масофада бўлган терминаллар унги яқин бўлган терминалларга қараганда катта қувватли сигналларни узатиши мумкин.

LTE юқорига каналидаги сигналларнинг ортогоналлиги ўша бир сотадаги бу каналда турли қувватли терминал қурилмалари сигналларини мультиплекслашга имкон беради. Бу радиотўлқинларнинг кўп нурли тарқалиши туфайли вужудга келадиган сигнал сатҳининг тушишларини компенсациялаш (нурлантириладиган қувват пасайтириш ҳисобига) ўрнига уларни (тушишларни) диспетчерлаштириш механизмлари ва алоқа каналини мослаштириш орқали маълумотларни узатиш тезлигини ошириш учун ишлатиш мумкинлигини билдиради.

Маълумотларни такроран узатилиши. Деярли исталган алоқа тизимида вақти-вақти билан маълумотларни узатилишида, масалан, шовқинлар, ҳалақитлар ва сўнишлар туфайли ҳатоликлар вужудга келади. Ҳатоликлардан ҳимоялаш учун алоқа сифатини кафолатлаш учун мўлжалланган маълумотларнинг бузилган ёки йўқотилган қисмларини такроран узатиш усули қўлланилади. Такроран узатиш протоколи қанчалик самарадор ташкил этилса, радиоресурслар шунчалик оқилона ишлатилади. LTE технологиясида юқори тезликли радиоинтерфейснинг максимал тўлиқ ишлатилиши учун Hybrid ARQ (Automatic Repeat Query) протоколидан ёки ARQ селектив такрорлаш протоколи билан тўлдирилган тескари алоқа ва маълумотларни такроран узатилишига унча катта бўлмаган устама сарфларли HARQ протоколидан фойдаланадиган такроран узатишнинг динамик самарадор икки даражали тизими ишлатилган.

Асосий санаб ўтилган LTE радиоинтерфейси компонентлари унинг қуйидаги юқори ишчи характеристикаларини аниқлайди:

- радиоспектрдан тез мослашувчан фойдаланиш (турли частоталар диапазонларида ва турли кенгликлардаги частоталар полосаларида FDD ва TDD режимларда ишлаш имконияти) бу радиоинтерфейсни деярли исталган мумкин частоталар ресурсида ишлатишга имкон беради;
- диспетчерлаштириш функцияси каналнинг ҳолатига боғлиқ равишда фойдаланувчиларга энг яхши ресурсларни ажратади;

- кўп антеннали технологиялар сигналнинг сўнишини камайтиради, канални мослаштириш механизмлари эса аниқ бир шароитларда энг яхши алоқа сифатиникафолатлайдиган сигнални модуляциялаш ва кодлаш усулларини ишлатади;

- юқорига алоқа каналида қувватни ростлаш механизми сигнални юқори сифатига эришишга ва ўаро ҳалақитлар билан курашишга имкон беради. юқорида санаб ўтилган функцияларнинг актив қўлланилиши маълумотларни тезкор қайта узатилиши механизмлари ва инкрементал ортиқчаликли узатилган маълумотларни комбинациялашни бирга ишлатилиши туфайли мумкин бўлди.

LTE-Advanced (LTE-A) 3GPP технологияси асосида ишлаб чиқилган LTE стандартининг кейинги ривожлантирилиши ҳисобланади. LTE-A IMT-Advanced сифатида маълум бўлган тўртинчи авлод радиоалоқа стандартига (4G) Халқаро электр алоқа иттифоқи (ХЭАИ) қўйган талабларга мос келади ва ҳатто ортиқ бўлади.

LTE-Advancedнинг ўзига хос хусусиятлари қуйидагилар ҳисобланади:

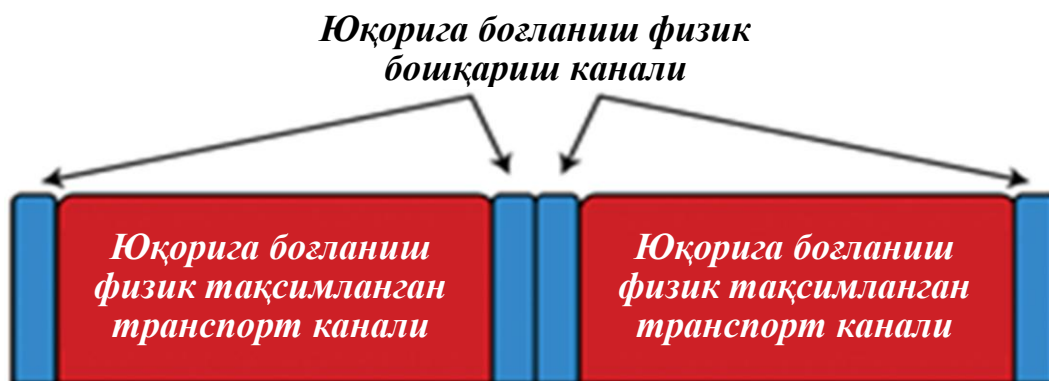
- бир неча ташувчиларни бирлаштирилиши ҳисобига олинадиган кенгайтирилган ўтказиш полосаси;
- юқорига каналга кенгайтирилган кп томонлама уланиш ва бир неча антенналардан (илғор MIMO технологияларидан) фойдаланиш ҳисобига олинадиган юқорироқ самарадорлик.

ХЭАИнинг 1 Гбит/сга тенг маълумотларни максимал узатиш тезлигига талабни бажарилиши LTE-Advancedда 70 МГцдан кенг узатиш частоталари полосасида 4×4 MIMO қурилмалари ҳисобига амалга оширилади. Лекин LTE стандартининг (8-чиқиш) нисбий спектрал самарадорлиги 4Gнинг юқорига каналига эмас, балки фақат пастга каналига талабларни қаноатлантиради.

Спектрал тез мослашувчанлик. LTE-Advanced турли спектр кенгликларида, шу жумладан 20 МГцдан катта частоталар полосаларида ишлай олади. 8-версияда бунинг ҳисобига юқорироқ унумдорликка ва маълумотларни мақсадли узатиш тезлигига эришилади. 20 МГцдан катта

кeнгликдаги каналларга ёнма-ён частоталарда жойлашишига эга бўлиш керак, лекин частоталар ресурсларининг чекланган мумкинлиги турли диапазонлардан каналларни бирлаштирилиши заруратига олиб келади. Бундай вариант ИМТ-Advanced спецификациясида ҳал этилган, шунингдек маълумотларни юқори узатиш тезликларини олиш учун 100 МГцдаги ўтқизиш полсасининг юқори чегараси ўрнатилган, минимал кўрсаткичлар учун эса 40 МГцдаги полоса етарли ҳисобланади.

Каналларни бирлаштиришда бир неча трансиверларни қўлайдиган абонент қурилмасида битта диапазоннинг спектри бошқа диапазоннинг спектрига қўшилади. 1.18-расмда 20 МГц полосали иккита каналлар ёнма-ён частоталарда жойлашган иккита қўшни каналларни бирлаштирига мисол келтирилган. Бу ҳолда бирлаштирилган ўтқизиш полсаси минимал талаб қилинган 40 МГцни қоплайди ва битта трансивер орқали қўлланиши мумкин. Лекин, агар бу мисолда ёнма-ён бўлмаган каналлар илатилган бўлса ёки улар қўшни частоталар диапазонларида жойлашган бўлса, у ҳолда бир неча трансиверлар талаб қилинади.



11.8-расм. Юқорига канали икки компонентли ташувчиларини ёнма-ён бирлаштириш

Бу таркибда ишлатилган “компонентли ташувчи” атамаси LTE 8/9-версияларида аниқланган полосалардан исталганига тегишли бўлади. ХЭАИнинг 4G талабларини қониқтириш учун LTE-Advanced технологиясида компонентли ташувчиларни бирлаштиришнинг учта кўринишлари – ёнма-ён ташувчиларни диапазоннинг ичида, ёнма-ён бўлмаган ташувчиларни диапазоннинг ичида ва ёнма-ён бўлмаган ташувчиларни турли диапазонларда бирлаштириш қўлланади. Ёнма-ён бирлаштирилган компонентли ташувчиларнинг марказий ташувчилари орасидаги сурилиш 8/9-версиялардаги 100 кГцрастр частоталари билан мослашувчанликни таъминлаш учун 300 кГцга қаррали, шунингдек нимташувчиларнинг ортогоналлигини сақлаш учун улар орасидаги сурилиш 15 кГцни ташкил этади.

Бирлаштириш кўринишига боғлиқ бўлмаган ҳолда $n \times 300$ кГц сурилишни ёнма-ён компонентли ташувчилар орасидаги унча катта бўлмаган сонли ишлатилмаган нимташувчиларни қўйиш йўли билан камайтириш мумкин. Ёнма-ён бирлаштириш ҳолида компонентли ташувчилар орасида кенгроқ оралик берилиши мумкин, лекин бу янги бирмунча кенгроқ компонентли ташувчиларни аниқланишини талаб қилади.

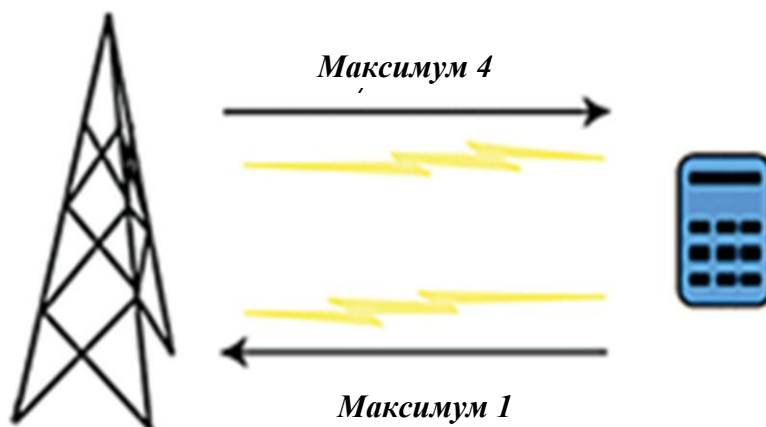
Бирлаштириш усуллари 4G учун янги ҳисобланамайди, бирлаштириш HSPA ва 1xEV-DO технологияларда, В-версияда ишлатилган. Лекин 4Gда таклиф этилган бирлаштиришни 100 МГцгача бир неча диапазонларда кенгайтириш юқори нархи ва бу технологияни қўллайдиган абонентлар қурилмасининг мураккаблиги туфайли муаммоли ҳисобланади. Бундан ташқари, операторлар бирлаштириш учун қайси диапазонларни танлашни ҳал этиши керак бўлади ва турли ишлаб чиқарувчилар бу масала бўйича ўзаро тушунишга эришгунча бир қанча вақт ўтади.

Юқорига боғланишда кенгайтирилган кўп томонлама уланиш. LTE замонавий юқорига канали битташувчили тизим учун максимал қувватни ўртача қувватга нисбати (peak to average power ratio, PAPR) паст қийматили OFDMнинг кўплаб афзалликларини ишлатадиган SC-FDMA қувватли

технологияси асосида қурилган. Лекин SC-FDMA технологияси спектрнинг ёнма-ён блоклари бўйича ташувчиларни тақсимланишини талаб қилади ва бу OFDMга хос бўлган режалаштирилган тез мослашувчанликка тоза кўринишда эришишга ҳалал беради.

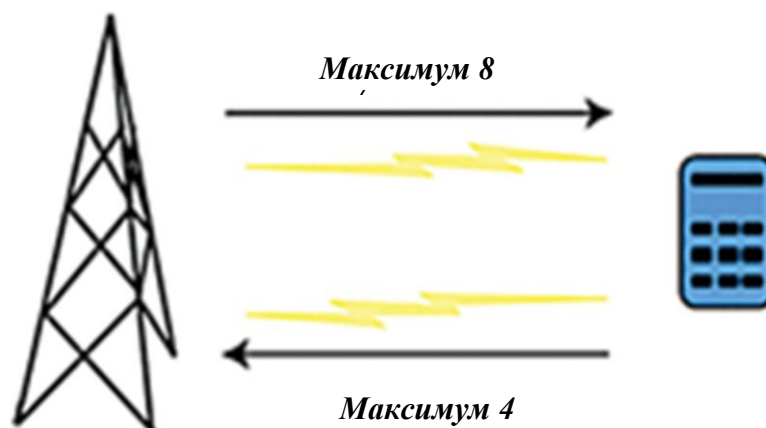
LTE-Advancedда яна OFDMда Фурье тез ўзгартиришини тарқалиши сифатида (DFT-S-OFDM) маълум бўлган кластерли SC-FDMAни қабул қилиниши ҳисобига юқорига каналда кўп томонлама уланиш технологияси яхшиланган. Бу схема SC-FDMAга ўхшаш, лекин шу афзалликка эгаки, битта АҚ ёрдамида узатишни амалга ошириш учун ёнма-ён бўлмаган нимташувчилар гуруҳини ажратишга имкон беради. Натижада юқорига боғланишда частотавий-танловчан режалаштириш мумкин бўлиб қолади ва каналнинг энг яхши параметрлари таъминланади. Тоза OFDM технологияси ўрнига кластерли SC-FDMAни танланиши PARPни сезиларли ортишидан қочишга имкон берди, бу LTE билан тескари мослашувчанлик сақланганида юқорига каналда спектрал самарадорликни оширишга талабларни қониқтиришга ёрдам берди.

Бир неча антенналарнинг яхшиланган узатиши. 11.9-расмда LTE 8-версиясига мувофиқ антенналар портлари ва фазовий мультиплекслаш сатҳлари учун чеклашлар келтирилган.



11.9-расм. 8-версиясига мувофиқ антенналар портлари ва фазовий сатҳлар максимал сони

Пастга каналда АҚ қурилмаси бирлигига максимум тўртта фазовий узатиш сатҳи (аюонентлар қурилмасида тўртта қабуллагичлар бўлганида 4×4), юқорига каналда эса битта фазовий узатиш сатҳи (базавий станция (eNB) ажратилган қабуллаши бўлганида 1×2) қўлланади. 8-версияда бир неча фойдаланувчилар учун фазовий мультимплекслаш (MU-MIMO) қўллансада, АҚ арзон моделларини содалаштириш учун бир неча антенналар ёрдамида узатиш қўлланмайди. MU-MIMO ишлатилганида иккита АҚлар битта частотада бир вақтда узатади, базавий станция (eNB) эса фазовий хоссларга асосланиш билан уларни ўзаро фарқлаши керак. Фазовий мультимплекслашга бундай кўп ойдаланувчили ёндашишда юқорига каналнинг ўтказиш қобиляти яхшиланади, лекин битта фойдаланувчи учун маълумотларни максимал узатиш тезлиги ортмайди.



11.9-расм. LTE-Advancedда антенналар портлари ва фазовий сатҳлар максимал сони

Битта фойдаланувчи учун маълумотларни максимал узатиш тезлигини ошириш ва ХЭАИнинг спектрал самарадорлиги бўйича талабларига мос келиш учун LTE-Advanced пастга каналда 8×8 фазовий мультиплекслаш имкониятига рухсат этиш билан АҚда 8 тагача қабуллагичлар ўрнатиладиган пастга каналда саккизтагача сатҳларнинг бўлишини кўзда тутди. АҚда базавий станциянинг тўртта қабуллагичлари билан бирга юқорига каналда 4×4 узатишни амалга оширишга имкон берадиган тўрттагача узаткичлар кўзда тутилган (11.10-расм).

Хулосада таъкидлаш керакки, 2010 йилнинг ноябрида ITU Халқаро электр алоқа иттифоқи LTE-Advancedни тўртинчи авлод (4G) симсиз алоқа стандарти сифатида тан олди.

Назорат саволлари

1. Дуплекс каналлар частота бўйича ажратилишида LTE кадрининг тузилмасини келтиринг ва тушунтиринг.
2. Дуплекс каналлар вақт бўйича ажратилишида LTE кадрининг тузилмасини келтиринг ва тушунтиринг.
3. LTE ресурслар тўрини келтиринг ва тушунтиринг.
4. LTE пастга каналида сигнални шакллантирилиши схемасини тушунтиринг.
5. QPSK-символлар кетма-кетликлари узатилишида OFDM ва SC-FDMA орасидаги фарқ нимадан иборат.
6. SC-FDMA бўлганида сигнални шакллантирилишининг ўзига хос хусусиятларини тушунтиринг.

7. Диспетчерлаштириш механизми ва алоқа каналини мослаштиришнинг вазифаси.
8. LTE стандартида радиоспектр қандай ишлатилади?
9. Маълумотларни кўп антеннали узатиш технологиясини тушунтиринг.
10. Юқорига каналда қувватни ростлаш нима учун зарур.
11. LTE-Advancedнинг ўзига хос хусусиятлари нималардан иборат?

Кенг полосали симсиз тизимлар ва симсиз АТМ

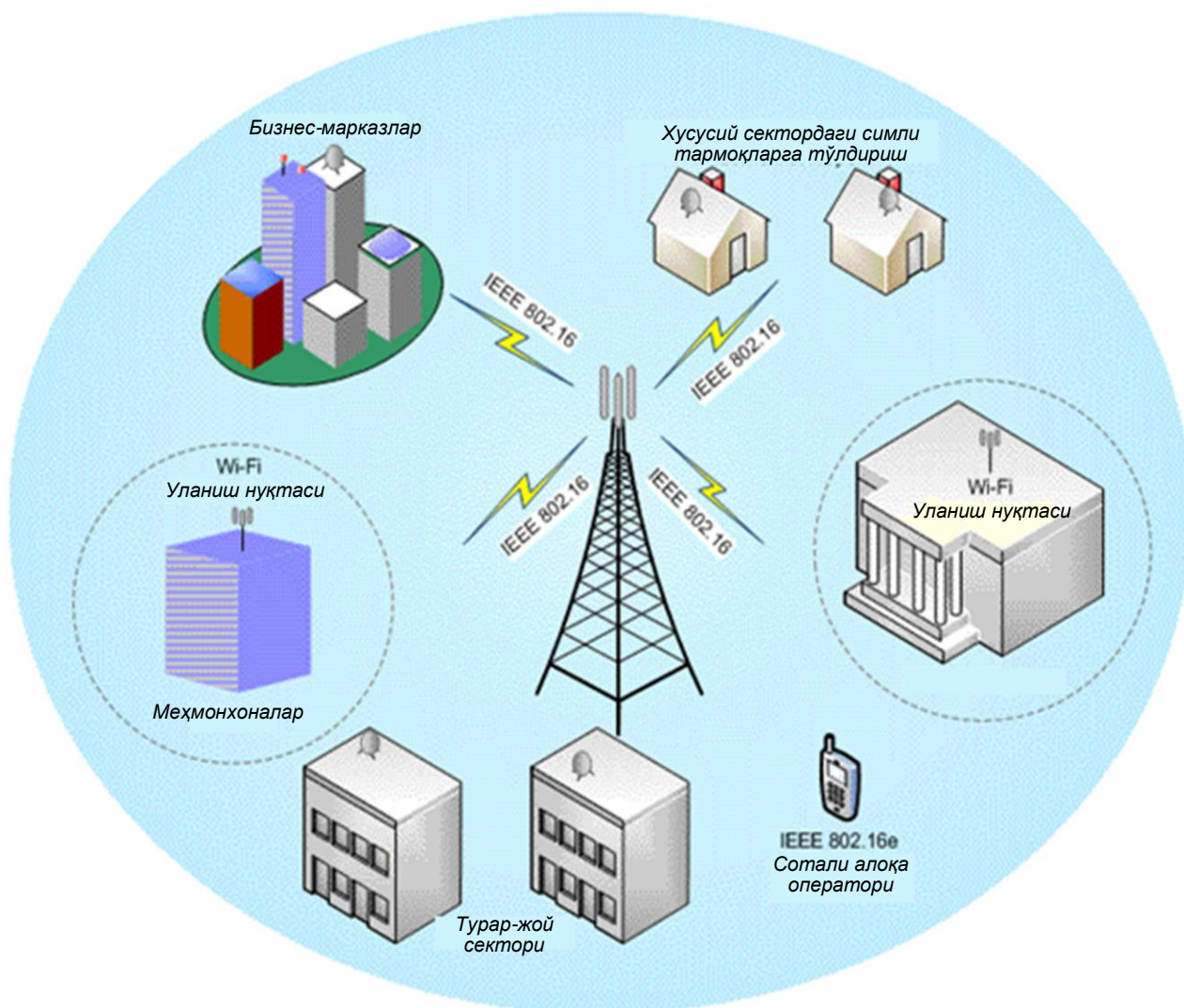
12-март

Кенг полосали симсиз уланиш

КПСУдаги АТМ технологияси

Кенг полосали симсиз уланиш (КПСУ) сўнгги вақтларда янада жадал кенг тарқалмоқда. Доимо кенгайдиган қурилмалар спектри, стандартларнинг такомиллаштирилиши ва ҳимоялаш механизмларининг яхшиланиши КПСУни корпоратив локал тармоқларда қўллашга имкон беради. замонавий КПСУ қурилмалари энг юқори хавфсизлик, барқарорлик талабларига мос келади ва маълумотларни юқори узатиш тезликларини таъминлайди.

КПСУ принципи шундан иборатки, Базавий станция (БС) радиоанали бўйича бир вақтда бир неча абонентлар станциялари (АС) учун маълумотларни узатишни ташкил этиш имконияти берилади. Бунда бундай тармоқнинг топологияси “нуқта-кўп нуқта” дейилади (12.1-расм).



топология нуқта-нуқта дешилади.

БСнинг қамраб олиш ишлаш радиусини ошириш учун махсус қурилмалар-репитерлар қўлланилади. Қўшни БСларнинг бир-бирлариган электромагнит таъсирини йўқотиш/камайтириш учун радиочастоталардан фойдаланишнинг худудий-частота бўйича режалаштириш қўлланилади.

Кенг полосали симсиз уланиш асосий Wi-Fi, Pre-WiMAX ва WiMAX технологияларга бўлинади. Wi-Fi технологияси IEEE 802.11 стандартлар оиласига асосланган. БСнинг қамраб олиш зонаси 100 метргача бўлиши мумкин. Асосан биноларнинг (Интернет-кафе, музейлар ва ҳ.к.) ичида ишлатилади. Pre-WiMAX технологияси IEEE 802.16 стандартига асосланган. Шаҳар, худуд, операторлик синфи тармоқлари (MAN-тармоқлар) қўламларида тақсимлаш тармоқларини қуриш учун мўлжалланган. БСнинг

камраб олиш зонаси 10 километргача бўлиши мумкин. Тўғри кўриниш зонасидан ташқарида алоқани ташкил этиш мумкин (электромагнит тўлқиннинг реал тарқалиши шароитларига кучли боғлиқ бўлади). Турли ишлаб чиқарувчиларнинг қурилмалари бир-бирлари билан мослашади.

WiMAX технологияси IEEE 802.16d (қайд этилган абонентлар) ва IEEE 802.16e (мобил абонентлар) стандартларига асосланган. Асосий вазифаси ва хараakterистиклари Pre-WiMAX технологияси билан мос тушади. Асосий фарқи шундан иборатки, асосий функциялар Pre-WiMAX технологиясидаги каби дастурий даражада эмас, балки аппаратлар даражасида (чипсетлардаги “ҳимоялаш”) ишлатилган.

КПСУда маълумотларни узатилиши бўйича абонентга кўрсатиладиган хизматлар 2 Мбит/с ($N \times 64 K$) ва ундан юқори тезликни ташкил этади. Индивидуал фойдаланувчи сифатида абонент тушунчаси, аниғи, тақдим этиладиган тезликлар 64 Кбит/сдан ошмайдиган аъъанвий WLL тор полосали тизимларга мос келади. Кенг полосали тизимларда уланиш тармоғи кўрсатадиган у ёки бу сервисга (хизматга ёки хизматларга) “обуначи” (subscriber) ёки фойдаланувчи тушунчасини ишлатиш тўғрироқ бўлади.

Кенг полосали уланиш *радиоинтерфейси* етарлича аниқланган частоталар диапазонини ишлатади. Аволу, бу 2,4 ГГц диапазон ҳисобланади. Бу шу билан шартланганки, кўплаб давлатларда бу диапазон лицензиялашдан озод қилинган ва бу диапазонда ишлайдиган қурилмаларнинг инсталляцияланиши оммавий характерга эга. Бир томондан, бу уланиш тармоқларини қуришга махсуслашмаган операторлар учуг кенг имкониятларни беради, бошқа томондан қурилмани ўзининг талабчанхараakterи минимал сервис томонга (масалан, фақат маълумотларни узатишга) унинг хараakterистикаларига таъсир қилади. Лицензиялашдан озод диапазонга Multichannel Multipoint Distribution Service (MMDS) ишлатадиган 2,5 - 2,7 ГГц радиочастоталар полосаси, 3,5 ГГц, 5,8 ГГц диапазонлар келади. Бу диапазонларда катта абонентлар сифимига ва кенгайтирилган хизматлар тўпламига (маълумотларни узатиш, мультимедиа, телефонияга) эга бўлган операторлик

синфи қурилмалари ишлайди. Кейин 10 дан 38 ГГц диапазонлардаги частоталар келади. 27,5 - 29,5 ГГц радиочастоталар полосаси Local Multipoint Distribution Service (LMDS) тизимлар орқали ишлатилади. (MMDS ва LMDS тизимлари микротўлқинли диапазондаги тақсимланган узатиш тизимлари сифатида ўз мазмуни бўйича кенг полосали симсиз уланишдан фарқ қилмайди, лекин телевизион узатиш мақсадлари учун махсуслаштирилган).

Радиоканалнинг кенглиги ва модуляциялаш тури. Симсиз уланиш тизимларида 1; 1,25; 1,75; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 25; 28 МГц кенгликдаги радиоканаллар ва BPSK, QPSK, 16QAM ва 64QAM модуляциялашли сигналлар ишлатилади. Ҳар хил модуляциялаш турлари турли маълумотларни узатиш тезликларини олишга имкон беради, кўп сонли позициялар эса юқорида узатиш тезликларини олишга имкон беради. маълумотларни узатишда ҳалақитбардошликни ошириш мақсадида ахборот сигналлари $1/2$; $2/3$; $3/4$ тезликларда (FEC -Forward Error Correction) қўшимча (ортиқчаликли) кодланади.

38 ГГцгача микротўлқини диапазонда ишлайдиган “нуқта-кўп нуқталар” туридаги кенг полосали симсиз уланиш тизимлари ноёб сифимга эга. Р-СОМ компаниясининг РМР тизимида базавий станцияга максимал конфигурациядаги бериладиган маълумотлар оқими 4800 Мбит/с ни ташкил этади. Бундай тизимлар ишлайдиган бундай ахборот оқимлари эфирдаги АТМ сифатида уларнинг радиоинтерфейсини характерлашга имкон беради.

Базавий станция *хизмат кўрсатиш зонасининг радиуси* асосан узаткичнинг қуввати, антенна-фидер трактида қабуллаш/узатишга йўқотишлар, антеннанинг қабуллаш/узатишга кучайтириш коэффициенти, радиотўлқинларни тарқалиши муҳити ва шароитлари, ҳалақитлар интенсивлиги ва қабуллагичнинг сезгирлиги орқали аниланади. Тўғри кўриниш шароитларида (LOS) *хизмат кўрсатиш зонасининг радиуси* 20 км ва ундан ортиққа етиши мумкин. Тўғри кўриниш бўлмаганида (NLOS) абаонентларга *хизмат кўрсатишнинг* узок масофалилиги бир еча километрларни ташкил этади.

Уланиш усуллари. Базавий станция (БС) ва терминал станцияси (ТС) орасидаги радиоинтерфейс маълум БС секторига тегишли бўлган барча ТСлар битта умумий радиоканал ичида хизмат кўрсата оладиган тарзда ташкил этилади. Бу имконият кўп томонлама уланиш технологияларидан фойдаланиш йўли билан ишлатилади, улардан асосийлари қуйидагилар ҳисобланади:

- *каналлар частота бўйича ажратиладиган кўп томонлама уланиш (FDMA).* Радиоканалга ажратилган частоталар полосаси торроқ полсаларга (субканалларга) бўлинади, улар орасига ҳимоя полосалари ўрнатилади. Радиоканални бундай ташкил этилишида ҳар бир абонентга ўз (алоҳида) частотавий субканални ажратлади. Бу усулнинг кейинги ривожлантирилиши OFDMA – каналларни частота бўйича ажратишли кўп станцияли уланиш режимидан фойдаланиш ҳисобланади. Бу уланиш усулида ортогонал частоталар субканаллари қисман қопланиб қолиниши мумкин, бу ажратилган частоталар ресурсидан янада самарали фойдаланишга имкон беради. OFDMA режимини ишлатадиган замонавий симсиз уланиш тизимларида битта абонентга умумий радиоканал ичида тақсимланган (яъни қўшни бўлганлари шарт эмас) бир неча субканаллар ажратилиши мумкин;
- *каналлар вақт бўйича ажратиладиган кўп томонлама уланиш (TDMA).* Барча умумий радиоканалда, лекин ҳар бир ишлаётган абонентлар станциясига ажратиладиган турли (ўз) вақт интервалларида ишлайди. Шунингдек кўп томонлама уланишнинг комплекс усуллари, масалан OFDM/TDMA кенг қўлланилади. Бу ҳолда частота-вақт матрицаси шакллантирилади, ундан ҳар бир абонентга ўз частота-вақт слотлари ажратилади;
- *каналлар код бўйича ажратиладиган кўп томонлама уланиш (CDMA).* Код бўйича уланиш технологияси псевдо-тасодиқий кетма-кетликлардан фойдаланиш билан шакллантириладиган кенг полосали сигналларни қўлланилишига асосланган. Бу усулда ҳар бир абонет учун умумий частоталар полосасида алоҳида кодланган канал ажратилади;

- *сўров бўйича тақсимланадиган кўп томонлама уланиш (DAMA - Demand Assigment Multiple Access)*. Базавий станция абонентлар станциясидан қабул қилинадиган сўровларга мувофиқ уларга маълум вақт интервалларида уланиш ҳуқуқини беради;

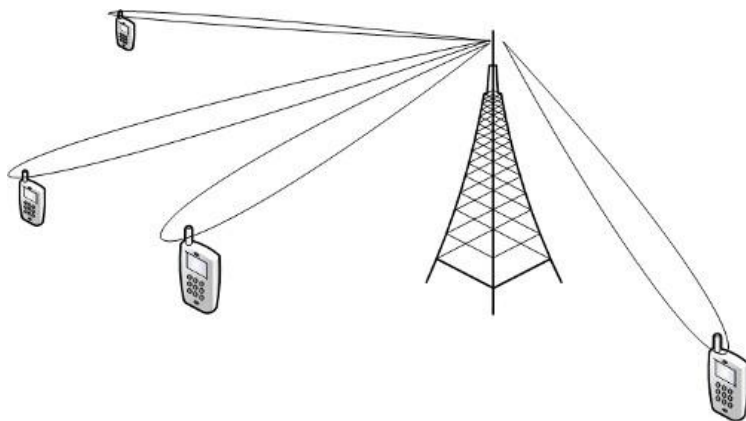
- *ташувчи назорат қилинадиган кўп томонлама уланиш (CSMA/CA - Carrier Sense Multiple Acces with Collision Avoidance)*. Симсиз маълумотларни узатиш локал тармоқларида ишлатилади. Бу усулнинг ишлаш алгоритми куйидагича: абонентлар қурилмаси каналнинг бўшагини кутади ва қўшимча (тасодифий қонун бўйича аниқланган) вақт интервали тугаши билан канал ҳали банд бўлмаганида пакетни узатади. Пакетни олиш билан БС абонентлар қурилмасига олинишнинг қисқача тасдиқланишини жўнатади. Агар пакетни қабул қилинганлиги ҳақидаги тасдиқлаш бўлмаса, у йўқотилган ҳисобланади ва узатиш прцедураси янада такрорланади. Пастга (БСдан АСга) ва юқорига (АСдан БСга) маълумотлар оқимлари частота бўйича (FDD – Frequency Division Duplex) ёки вақт бўйича (TDD - Time Division Duplex) дуплекс орқали ўзаро ажратилади.

Антенналари тизимлари. Спектрнинг юкланганлиги туфайли тўғридан-тўғри кўриниш бўлмаган ва мураккаб электромагнит ҳолат шароитларида ишлаш барқарорлигини ошириш учун КПСУ тизимларида равамли антенналар панжаралари қўлланила бошланди. Улар орасида энг маълумлари куйидагилар ҳисобланади:

- MISO (Multiple Input Single Output) – қабуллашга кўп элементли, узатишга битта элементли антенналар тизимлари;
- MIMO (Multiple Input Multiple Output) - қабуллаш/узатишга кўп элементли антенналар тизимлари;
- AAS (Adaptive Antenna System) - адаптив антенналар тизимлари.

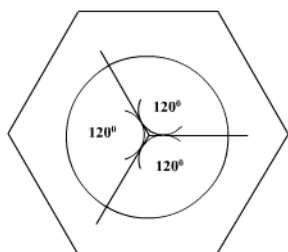
Рақамли антенналар панжараларининг қўлланилиши қуйилган алгоритмга мувофиқ қабуллашга ва узатишга талаб қилинадиган йўналтирилганлик диаграммаларини (АЙД) шакллантиришга (масалан, маълумотларни узатиш

манбаига йўналишда максимум ва ҳалақитлар манбаига йўналишда минимум
АЙДни шакллантириш) имкон беради (12.2-расм).



12.2-расм. Антенналарнинг талаб қилинадиган йўналтирилганлик диаграммаларини шакллантирадиган базавий станция

Компонентлар ва архитектура. Умумий ҳолда кенг полосали симсиз уланиш тизимларни архитектураси ҳудудий-тақсимланган қамраб олишли сотали тармоқларни шакллантирилишига мос келади. Сотани ҳосил қиладиган элемент азимут бўйича секторларга бўлиниши мумкин бўлган доиравий қамраб олиш диаграммасили базавий станция (БС) ҳисобланади (12.3-расм).



12.3-расм. Учта секторли сота

Секторлар сони 24 тагача бўлиши мумкин. Ҳар бир сектор шундай ва секторли диаграммали (H-plan) йўналтирилган антеннали БС қурилмаси

орқали хизмат кўрсатилиши мумкин. Шундай қилиб, бундай тизимлар осон кенгайтириладиган ва масштаблаштириладиган каби жуд муҳим сифатга эга бўлади.

БС хизмат кўрсатадиган ва фойдаланувчида ўрнатиладиган абонентлар қурилмалари (Subscriber Units, SU) турли фойдаланиш интерфейсларига эга бўлади. Телефония учун абонентлар линияси (FXS), E1, ISDN рақамли интерфейс, маълумотларни узатиш учун ISDN синхрон интерфейсли Ethernet, Frame Relay ишлатилади. Абонентлар қурилмалари ўрнатилган ёки ташқи уланадиган йўналтирилган антеннага эга бўлади. Ҳар бир абонентлар қурилмаси ва обуначи қурилмаси (SU) аниқ бир БСга ишлайди.

Турли соталар БСлари орасидаги боғланиш симли (кўпинча оптик алоқа линиялари) ёки симсиз (радиорелли ёки радиомодемли алоқалиниялари) уланиш технологиялари ёрдамида бажарилади.

Кенг полосали симсиз уланиш тизимларининг ажралмас компонентаси тармоқ бошқариш дастурий вомиталари ҳам ҳисобланади.

Радиомаршрутизаторлар операторлик синфининг, яъни фойдаланувчига кафолатланган сифатда сервисларни кўрсатадиган энг мумкин қурилма ҳисобланади. Энг кенг тарқалган қурилма “симсиз кўприк” дейиладиган турдаги радиомодемлар ҳисобланади. Лекин “симсиз кўприклар”, аввало, Ethernet ЛХТ сегментларни боғланишини ва IEEE 802.11 тавсияларига мувофиқ маълумотларни узатилиши таъминлаш билан локал ҳисоблаш тармоқларини боғланиш учун ишлаб чилиган ва ишлатилмоқда. У радиомодемлар барибир оператор тугунига уланиш тармоғини ташкил этиш учун мослаштирилган, чунки радиомодемлар қурилмаларига фойдаланувчига талаб қилинадиган хизмат кўрсатиш сифати (QoS) даражасини таъминлашни кафолашга имкон бермайди. Исталган ҳолда IEEE 802.11 тавсияларига мувофиқ бажарилган радиотармоқ мос хизмат кўрсатиш даражасини таъминламайдиган маълумотларни узатиш коллизия муҳити ҳисобланади.

Радиомаршрутизаторлар, аксинча, IP маршрутлаштириш ва QoSни ишлатиш билан фойдаланувчига маълумотларни узатилиши бўйича хизматларни

тақдим этиши мумкин. Фойдаланувчига узатиладиган IP пакетларнинг максимал сони ва ўлчамига боғлиқ равишда, яъни ҳақиқатда ўтказиш поосасига чеклашлар қўйиладиган (Maximum Information Rate, MIR) хизмат кўрсатиш сифати даражаси тақдим этилиши мумкин. Шундай қилиб, умумий ўтказиш қобилиятини тақсимланишини тўғри режалаштиришда радиомаршрутизаторлар коллизиялардан қочишга ва фойдаланувчига талаб қилинадиган хизмат кўрсатиш сифати даражасини кафолатлашга имкон беради. лекин бундай ёндашиш тизимнинг умумий абонентлар сиғимини камайишига олиб келади, бу радиомаршрутизаторларни оммавий характерга эга бўлган уланиш тармоқларида қўланилишини чеклайди.

Бу сифдаги тизимлар ва қурилмалар 2,4 ГГц, камроқ 3,5 ГГц ва 5,8 ГГц диапазонларда ишлайди. 2,4 ГГц диапазонда иккита асосий технологиялар Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) и Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) радио технологиялари ишлатилади. DSSS учун 2,4 ГГц диапазонда ҳар бир 22 МГцдан урта қопланмайдиган каналлар ажратилади. FHSSда ишчи частотани қайта созланишининг псевдо-тасодифий кетма-кетлиги ишлатилади. Каналларнинг умумий сони 79 тани ташкил этади, канал 1 МГц полосани эгаллайди. Абонентларнинг зичлиги ва тизимнинг сиғими FHSS учун DSSSучун бўлганига қараганда юқори бўлади.

Қурилмаларни танлашни амалга оширадиган уланиш тармоғи оператори учун тизимда радиомаршрутизаторлар асосидаги ажратилган абонентлар қурилмасининг бўлиши аниқловчи бўлиши мумкин. Бу ҳолда қимматроқ марказий қурилма функцияларнинг катта қисмини ўзига олади ва БС ролини ўйнайди. Пастроқ қимматли қурилма обуначида ёки фойдаланувчида ўрнатилади. Бу билан тизимнинг умумий нархи пасаяди. Бундай тизимларда фойдаланувчининг тармоқ интерфейси Ethernet бўлади, базавий станцияга эса Frame Relay маршрутлаштириладиган маълумотлар оқими берилади.

КПСУ тизимлари асосида кўрсатиладиган *хизматларни* шартли равишда қуйидаги урта гуруҳларга бўлиш мумкин:

- маълумотларни юқоритезликли узатш;

- мультимедиа маълумотларни (овоз, аудио/видео маълумотлар) узатиш;
- корпоратив мижозлар катта ҳажмли трафигини узатиш (ташиш).

Биринчи ва иккинчи хизматлар гуруҳлари трафикка хизмат кўрсатиш сифатига қўйиладиган талаблар орқали фарқланади (иккинчи гуруҳда вақт кечикишларига қатъийроқ талаблар қўйилади). Учинчи хизматлар гуруҳи транспорт тармоқлари хизматлари тугунларига мультиплексорлар, концентраторлар, локал тармоқлар, УАТСларни симсиз уланиши учун мўлжалланган.

Маълумотларни узатиш тезликларини ортиши билан КПСУ тизимларида ташиш маршрути бўйлаб пакетларни узатилишида тармоқнинг параметрларига (ўтказиш полосаси, узатишга кечикишлар, йўқотишлар ва ҳ.к.) жуда сезгир бўлган мультимедиа трафикнинг улуши ортади. Шунинг учун кўриб чиқилган тизимларда хизмат кўрсатиш сифатини (QoS) таъминлаш масаласи энг долзарб бўлиб олади.

КПСУдаги АТМ технологияси. Замонавий КПСУ тизимлари (802.16-2004 стандарти) иккита пакетли узатиш ва АТМ (Asynchronous Transfer Mode – асинхрон узатиш режими) режимларини қўллайди.

АТМ коммутацион технологияда пакетларни ва каналларни коммутациялаш принциплари турли хил маълумотларни узатиш учун бирлаштирилади ва юқори тезликли тармоқларни (локалдан глобалгача) қуриш истиқболли йўналишларидан бири ҳисобланади.

АТМ технологияси локал ва глобал тармоқларда трафикнинг барча турларини узатиш, яъни турли жинсли трафикни (цифровых, голосовых и мультимедийных данных) ўша бир тизимлар ва алоқа линиялари бўйича узатиш учун ишлаб чиқилган. АТМ магстралларидаги маълумотларни узатиш тезлиги 155 Мбит/с - 2200 Мбит/с ни ташкил этади.

АТМ OSI физик ва канал даражасини қўллайди, маълумотларни узатиш учун виртуал боғланишлар (коммутацияланадиган ва доимий) техникасини ишлатади. АТМ технологиясида маълумотлар 53 байтдаги қайд этилган ўлчамда ячейкаларда (cell) узатилади, улардан 48 байт маълумотлар учун, 5

байт эса хизмат маълумотлари учун (АТМ ячейкаси сарлавҳаси учун) мўлжалланган. Ячейкалар манзиллар маълумотлари ва маълумотлар назорат йиғиндисига эга бўлмайди, бу уларни қайта ишланиши ва коммутацияланишини тезлаштиради. Ўзининг 20-байтли манзиллари билан кабуллагич ва узаткич фақат виртуал боғланиш ўрнатилиши momentiда алмашади, ячейка сарлавҳасининг асосий функцияси эса бу боғланишни идентификациялашга келтирилади.

Маълумотларни узатилиши жараёнида ячейкалар тугунлар орасида ўзаро рақамли линиялар билан уланган коммутаторлар орқали қайта узатилади. Маршрутизаторлардан фарқли равишда АТМ коммутаторлари ўз функцияларини аппаратли бажаради, бу ячейканинг сарлавҳасидаги идентификаторни ўқилишини тезлаштиради, бундан кейин коммутатор уни битта портдан бошқасига қайта йўналтиради.

Ячейкаларнинг кичик ўлчами кечикишларга сезгир бўлган трафикни узатилишини таъминлайди. Ячейканинг қайд этилган формати ячейкаларнинг коммутацияланиши функциясини аппаратли ишлатадиган коммуникацион қурилма орқали уни қайта ишланишини соддалаштиради.

Айнан, маълумотларни узатилиши учун ячейкаларнинг қайд этилган лчами ва АТМ протоколларининг аппаратли таъминотда ишлатилишининг бирлиги бу технологияга трафикнинг барча турларини ўша бир тизимлар ва алоқа линиялари бўйича узатиш имкониятини беради.

Афзалликлари:

- АТМнинг энг уҳим афзалликларидан бири маълумотларни юқори узатиш тезлигини таъминлаш ҳисобланади;
- АТМ локал ва глобал тармоқлар орасидаги фарқларни йўқ қилади, уларни ягона интеграцияланган тармоққа айлантиради;
- АТМ стандартлари турли жинсли трафикни ўша бир тизимлар ва алоқа линиялари бўйича узатилишини таъминлайди.

Камчиликлари:

- қурилмаларнинг юқори нархи, шунинг учун АТМ технологияси арзонроқ технологияларнинг мавжудлиги туфайли тўхтаб турибди;
- маълумотларни узатиш линиялари сифатига юқори талаблар.

УПСУ БС АТМ тармоқ интерфейсига эга, шунингдек радиоинтерфейсда ишлатилади. Бундай тизимларнинг техник ишлатилиши 10 ГГц диапазондан бошланади. Мисол сифатида Alcatel компаниясининг Alcatel 9900 (EVOLIUMд LMDS тизимини кўриб чиқамиз.

Alcatel 9900 тизимининг ҳар бир БСлари базавий радиостанция (RBS) ва рақамли базавий станциядан (DBS) ташкил топган. DBS секторга 34 Мбит/сгача жуда кенг ўтказиш полосасига эга ва доиравий йўналтирилганлик диаграммасини ҳосил иладиган 4 та секторларли БС конфигурациясида 4000 тагача тармоқ терминалларига хизмат кўрсата олади. DBS каналлар коммутацияланадиган тармоқларга мзлжалланган маълумотларни узатиш учун АТМ 155 Мбит/с ёки трафиу учун 64 x E1 тармоқ интерфейсига эга.

Alcatel 9900 тизими 24,25 дан 29,5 ГГцгача частоталар полосасида ишлайди, 500 дан 1480 МГцгача қабуллаш ва узатиш частоталарини дуплекс ажратилиши билан бирга TDMA ва АТМтехнологияларини ишлатади. RBSни янада тез мослашувчан созлаш учун 280 МГц кенгликдаги нимдиапазонлар ишлатилади. Тизимдаги узатиш тезлиги 8 Мбит/сгачаниташкил этади.

Абонентлар терминали радиотерминал (RT) ва тармоқ терминалидан (NT) ташкил топган. RT таркибига берилган радиочастоталар диапазонида ишлайдиган йўналтирилган антенна ва қабуллагич-узаткич блокикиради. Ҳар бир радиотерминалга 8 тагача тармоқ терминалларини улаш мумкин. Тармоқ терминали Ethernet, E1, ISDN интерфейсларига ва абонентлар телефон линияларига эга.

Сўров (polling), рақобат (contention) ва қўйиш (piggybacking) усулларининг бирлигига асосланган ресурсларни динамик тақсимланиши туфайли тармоқнинг бутун сифими доимо мумкин бўлади. Бутун тизимдаги алоқанинг ишончлилигини ошириш учун 1+1 схемаси бўйича заҳиралаштириш ҳисобланади.

Alcatel 9900 тизимининг тармоқ бошқари дастурий воситалари SNMP протокоliga асосланган ва Alcatel ALMAP бошқариш платформасига интеграцияланган. Дастурий бошқариш тизими 10000 тагачатерминаллар ва 100 тагача базавий станцияларни тармоқ бошқарилишини таъминлайди.

Кенг полосали симсиз уланиш тизимларини қисқа кўриб чиқилишига яқун ясаш билан уларнинг қўлланилиши бўйича қуйидаги хулосаларни қилиш мумкин:

- радиомаршрутизаторлар юқори тезликли трафикни таъминлай оладиган унча катта бўлмаган инсталляцияларда самарали восита ҳисобланади. Бу битта марказий қурилмага ишлайдиган 10 тадан ортиқ бўлмаган абонентлар қурилмаларили (радиомаршрутизатор БС ролидаги) ички корпоратив тармоқ ҳисобланади. Бундай ечимлар корпоратив мижозлар учун техник-иқтисодий асослаш нуқтаи назаридан энгсамарадор бўиши мумкин;
- АТМни қўлайдиган ва минглаб абонентларга кенг полосали уланиш хизматларини тақдим этадиган тизимлар, шу жумладан LMDS тизимлари шаҳар қурилишларили аҳоли зич ва энг юқори абонентлар зичлигили туманлар учун оптимал ҳисобланади.

Бундай тизимлар Европанинг айрим қисмларида қурилган ва тахмин қилиш керакки, яқин келажакда улар ЎзРда ҳам пайдо бўлади.

Назорат саволлари

1. Кенг полосали симсиз уланиш деганда нима тушунилади?
2. КПСУ асосидаги тармоқни келтиринг ва тушунтиринг.
3. КПСУ радиоинтерфейси қайси диапазондаги тўлқинлани ишлатади?
4. КПСУда радиоканалнинг қандай кенглиги ва қайси модуляциялаш турлари ишлатилади?
5. КПСУда қайси уланиш усуллари ишлатилади?
6. КПСУда қайси антенналар тизимлари ишлатилади?
7. КПСУдаги радиомаршрутизаторларнинг вазифаси.
8. КПСУ тизимида қандай хизматлар кўрсатилади?
9. АТМ технологиясини тушунтиринг ва у КПСУдақандай ишлатилади?

Мобил сунъий йўлдошли алоқа

13-маъруза

Персонал сунъий йўлдошли алоқа тизимларининг тузилмаси

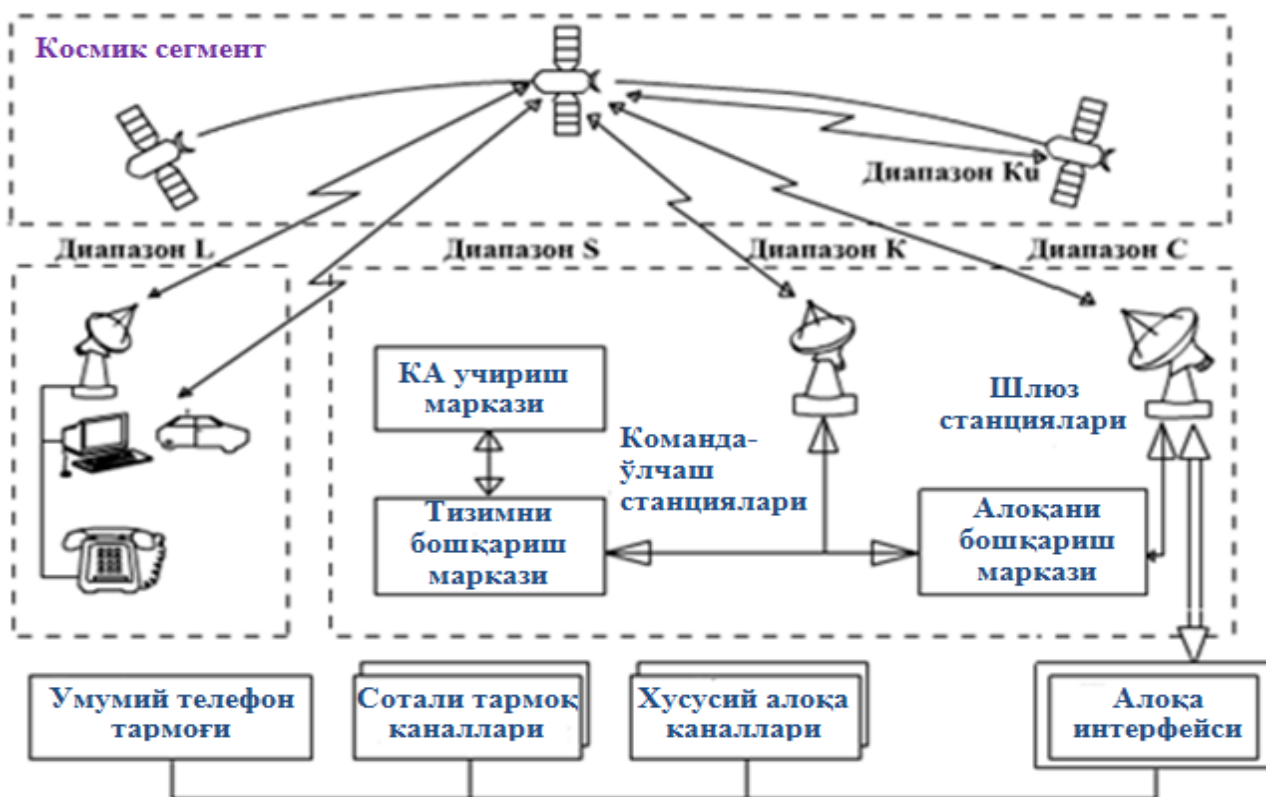
Персонал сунъий йўлдошли алоқа амалдаги тизимлари

Персонал сунъий йўлдошли алоқа тизимларининг тузилмаси.

Исталган йўлдошли алоқа тизими (13.1-расм) қуйидаги ташкил этувчиларни ўз ичига олади:

- космик сегмент, у бир неча йўлдошлар-ретрансляторлардан ташкил топади;
- Ер усти сегменти, у тизимни бошқариш маркази, КАни учуриш маркази, команда-ўлчаш станциялари, алоқани бошқариш маркази ва шлюз станциялардан иборат;
- абонентлар (фойдаланувчилар) сегменти, у персонал йўлдошли терминаллар билан алоқани ташкил этиш учун хизмат қилади;

- йўлдошли тизимлар ер усти тизимлари билан уйғунлашиш тугун (шлюз) станциялари.



13.1-расм. Сунъий йўлдошли алоқа тизими тузилмаси

Ўзаро ҳалақитларни бўлмаслигини таъминлайдиган йўлдошлар-ретрансляторларни орбиталарда жойлаштириш ва частоталардан фойдаланиш Радио бўйича халқаро маслаҳат кўмитаси (РХМК) ва Частоталарни рўйхатга олиш бўйича халқаро кўмита (СРХК) доирасида ҳал этилади. Сунъий йўлдошли тизимлар учун 13.1-жадвалда келтирилган полосалар ажратилган

13.1-жадвал. Сунъий йўлдошли тизимлар учун ажратилган частоталар полосалари

| Диапазонлар номи | Частоталар полосалари, ГГц |
|------------------|----------------------------|
|------------------|----------------------------|

| | |
|----|--------------------------------|
| L | 1,452 - 1,500 ва 1,61 - 1,71 |
| S | 1,93 - 2,70 |
| C | 3,40 - 5,25 ва 5,725 - 7,075 |
| Ku | 10,70 - 12,75 ва 13,75 - 14,80 |
| Ka | 14,40 - 26,50 ва 27,00 - 50,20 |
| K | 84,00 - 86,00 |

Космик сегмент. Космик сегментга кирадиган йўлдошлар-ретрансляторлар космик гуруҳни ташкил этади ва маълум орбиталарда бир текис жойлаштирилади. Йўлдошлар-ретрансляторлар қуйидаги асосий элементлардан ташкил топади:

- марказий процессор;
- борт ретрансляцион комплекси (БРТК) радиоэлектрон қуриламлари;
- антенналар тизимлари;
- ориентациялаш ва стабиллаш тизимлари;
- двигателлар қурилмаси;
- электр таъминоти тизими (аккумуляторлар ва қуёш батареялари).

Сунъий йўлдош-ретрансляторнинг умумий тузилиш схемаси 13.2-расмда келтирилган.

Ернинг бутун ҳудудини ишончли қамраб олиш учун паст орбитали гуруҳдаги сунъий йўлдошлар зарур сони одатдабир неча ўнлабниташкил этади (Teledesic лойиҳасида сунъий йўлдошлар мингга яқинлашади). Маълумки, орбита баландлигини ортиши билан зарур сунъий йўлдошлар сони камаяди, чунки кўриш вақти ва зонаси ортади, бу ўз навбатида, орбитал гуруҳнинг нархини пасайтиради. Лекин бунда масофаларнинг ортиши туфайли персонал сунъий йўлдошли терминаллар мураккаблашади ва қимматлашади. Шундай қилиб, персонад алоқа сунъий йўлдошли тизимини танлашда бир томондан, орбитал гуруҳ сони ва нархи, бошқа томондан мос равишда

персонал сунъий йўлдошли терминалнинг марказлиги ва нархи орасида тўғри келишув зарур.



13.2-расм. Сунъий йўлдош-ретрансляторнинг умумий тузилиш схемаси

КАни учирини маркази ва тизимни бошқарини ер усти сегменти. КАни учирини маркази учирини дастурини аниқлайди ва учириндан кейин кейинги тузатиш учун тизимни бошқарини тизимида трансляция қилинадиган учириннинг актив оралиғидаги траекторияни ўлчашни амалга оширади. Кейин КАни бошқарини тизимни бошқарини марказига узатилади. Бошқарини команда-ўлчаш станциялари ёрдамида қуйидаги дастур бўйича амалга оширилади:

- КА қуёш батареялари очилади;
- КАни асосий орбитага ўтказини учун тузатувчи двигателлар қисқа вақтга ишга туширилади;
- КА борт қурилмалари ҳолатини назорат қилиш учун телеметрик маълумотлар олинади.

ТБМ тизимни бошқариш маркази орбитал гуруҳнинг ҳар бир КАсидан келадиган телеметрик маълумотлар асосида КАни кузатишни, унинг координаталарини ҳисоблашни, вақтни солиштириш ва тўғрилашни, борт аппаратурасининг иш қобилиятини диагностика қилишни, хизмат маълумотларини узатилишини ва бошқаларни амалга оширади. ТБМ ҳудудий сурилган команда-ўлчаш станцияларидан ташкил топган, бу қуйидагиларни етарлича юқори опреативлик билан таъминлашга имкон беради:

- КАни учириш ва берилган орбитага чиқарилиши аниқлигини назорат қилиш;
- ҳар бир КАни ҳолатини назорат қилиш;
- КАдан алоҳида орбитани назорат қилиш ва бошқариш;
- шатадан ташқари иш режимларда КАни назорат қилиш ва бошқариш;
- КАни орбитал гуруҳ таркибидан чиқариш.

КАга хизмат маълумотларини узатиш ҳудудий-ажратилган асосий ва захира команда-ўлчаш тизимлари станциялари орқали амалга оширилади.

Алоқани бошқариш маркази ва шлюз станциялар. Шлюз станциялар таркибига ўз параболасимон антенналарили учтадан кам бўлмаган қабуллаш-узатиш комплекслари киради. Бир неча қабуллаш-узатиш комплексларининг зарурати битта КАдан бошқасига ўтишда алоқанинг узлуксизлигини таъминланишига боғлиқ. Масалан, агар биринчи комплекс i -нчи КА билан алоқада бўлса, у ҳолда иккинчи комплекс $i + 1$ -нчи КА билан алоқада бўлади. Кейин биринчи комплекс i -нчи КА кўриш зонасидан кетганидан кейин $i + 2$ -нчи КА билан алоқада бўлади, иккинчи комплекс $i + 2$ -нчи КА кўриш зонасидан кетганидан кейин $i + 3$ -нчи КА билан алоқада бўлади. Учинчи комплекс захиради бўлади.

Шлюз станциянинг асосий вазифаси дуплекс телефон алоқасини ташкил этиш, катта ҳажмлардаги факсимил хабарлар ва маълумотларни узатишдан иборат. Бу функцияларни бажарилиши учун шлюз станциялар таркибига персонал терминаллар маълумотлари банкили тезкор ЭХМлар, шунингдек

турли ер усти алоқа тизимлари билан боғланиш учун коммутацион курилмалари (алоқа интерфейслари) киради.

Алоқани бошқариш маркази миллий шлюз станциялари орқали алоқани таҳлил қилиш ва назорат қилишни, шунингдек бошқаришни амалга оширади.

Персонал фойдаланувчи сегменти. Персонал алоқа йўлдошли тизимлари куйидаги хизматлар турларини кўрсатиш учун мўлжалланган:

- персонал йўлдошли терминалларга эга бўлган абонентларнинг ўзаро алоқасини;
- персонал йўлдошли терминаллар абонентларининг умумий фойдаланишдаги телефон тармоқлари, пейджинг ва сотали алоқа тармоқлари абонентлари, шунингдек улар шлюз станциялар алоқа интерфейсларига уланганидан хусусий алоқа каналлари билан дуплекс алоқасини;
- абонентлар жойлашиш ўринларини (координаталарини) аниқлаш

ҲСАТни ташкил этишда кўчма сунъий йўлдошли терминаллар (700 граммгача оғирликдаги) ва мобил терминаллар (2,5 кггача оғирликдаги) кўлланилади. Бу терминаллар абонентлар орасида алоқани сотали алоқатизимларидаги каби 2 секундда ўрната олади.

Мавжуд йўлдошли терминаллар куйидаги турларга бўлинади:

- портатив терминаллар (йўлдош телефони);
- кўчма персонал терминаллар;
- автотранспорт, авиа ва денгиз воситалари учун мобил терминаллар;
- кичик ҳажмли пейджинг терминаллари;
- жамоавий фойдаланиш учун терминаллар.

ҲСАТ137 - 900 МГц ва 1970 - 2520 МГц диапазонлардаишлайди, бу 450 - 1800 МГцли сотали алоқа частоталари дипазонига деярли мос келади. Сунъий йўлдошли алоқада узаткичнинг қуввати унча юқори эмас (масалан, Iridium сунъий йўлдошли терминали учун 15 - 400 мВт) ва сотали

радиотелефон қувватидан ошмайди, кўрсатиладиган хизматлар спектри эса етарлича кенг, шакл эса оддий сотали радиотелефонга яқинлашмоқда.

Глобал сунъий йўлдошли алоқа тизимлари қуйидаги стандарт хизмат тўпламини тақдим этади:

- телефон алоқаси;
- факсимил хабарларни узатиш;
- маълумотларни узатиш;
- персонал радиоалоқа (пейджинг);
- абонентнинг жойлашиш ўрнини аниқлаш;
- глобал роуминг.

Бу барча хизматлар сўров бўйича канални берилиши режимида ишлатилади, унинг тақдим этилиши вақти 2 секунддан ошмайди.

Сунъий йўлдошли алоқа паст орбитали тизимлари. LEO (Low Earth Orbit) паст орбитали йўлдошларга орбиталарининг баландликлари 700 - 1500 км чегараларда жойлашган КАлар киради ва гуруҳ 500 кггача оғирликдаги бир ёки бир неча ўнлаб кичик йўлдошлардан иборат бўлади. Ер территориясини кенгроқ қамраб олиш учун турли текисликларда ётадиган КА орбиталари қўлланилади.

Сунъий йўлдошли алоқа паст орбитали тизимларининг авзалликлари персонал алоқа хизматларини кўрсатиш, шу жумладан Ернинг деярли исталган нуқтасида жойлашган кичик ҳажмли арзон йўлдошли терминаллардан фойдаланиш орқали радиотелефонли алмашлаш имконияти ҳисобланади.

Паст орбитали йўлдошли алоқа тизимларининг навбатдаги авзаллиги радиотелефоннинг узлуксиз нурлантирадиган қуввати (50 мВт) инсонни ЎЮЧ нурунишидан биологик ҳимоялаш талабларидан ошмайди. Геостационар орбитада жойлашга йўлдош томонидан бундай қувватдаги сигнални самарали қабул қилиш КАни мураккаблаштиради, катта антенналардан фойдаланишни ва аниқ позициялаштиришни талаб қилади. Паст орбитада жойлашган йўлдошда радиолиниянинг узунлиги анча кичик

ва шунинг учун КАни мураккаблаштириш масаласи ўткир эмас ва оддий ҳамда арзон антенналар қўлланилиши мумкин.

Энг оммавий (хизматлар тури бўйича) сунъий йўлдошли ҳаракатлаги алоқа тизимларини кўриб чиқамиз.

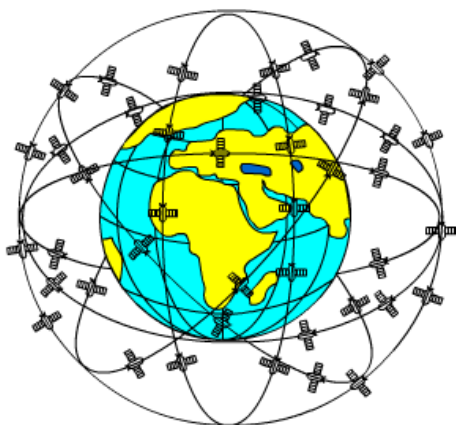
Globalstar сунъий йўлдошли алоқа тизими. Globalstar тизими орбитал гуруҳи 1400 км баландликда 8 та орбиталрнинг ҳар бирида 6 тадан жойлаштирилган 48 та паст орбитали йўлдошлардан ташкил топган. Орбитанинг $i = 52^\circ$ оғиши ўрта кенгликларда абонентларга макисмал кўп хизмат кўрсатилишига имкон беради, қутбий соҳларга эса (ш.к. ва ж.к. дан 70° га юқори) космик сегмент томонидан хизмат кўрсатилмайди (13.3-расм).

Тизимда йўлдошлараро алоқа йўқ, лекин ер сиртини доимий икки мартта камраб олиш кўзда тутилади, бу куйидагиларга имкон беради:

- бир йўлдошнинг турли нурлари таъсир зонасидани бошқа йўлдошларнинг таъсир зонасига ўтишда алоқанинг узлуксизлигини таъминлаш;

- терминалнинг қабуллаш антеннасини жой рельефининг бурмаланиши орқли қоронғилашиш самарасини йўқотилиши туфайли ҳаракатдаги объектлар билан алоқанинг ишончилигини сезиларли ошириш.

Тизим ТЛФ, факсимил ва пейжинг алоқаси, абонентларнинг жойлашиш ўринларини (координаталарини) аниқлаш, шунингдек хизмат (командалар) маълумотлари сигналларини узатилишига мўлжалланган.



13.3-расм. Globalstar тизимининг орбитал гуруҳи

Globalstar тизимининг характеристиклари 13.4-расмда келтирилган. Тизим ТЛФ, факсимил ва пейжинг алоқаси, абонентларнинг жойлашиш ўрнини (координаталарини) аниқлаш, шунингдек хизмат маълумотлари (командалар) сигналларини узатилишини таъминлашга мўлжалланган.

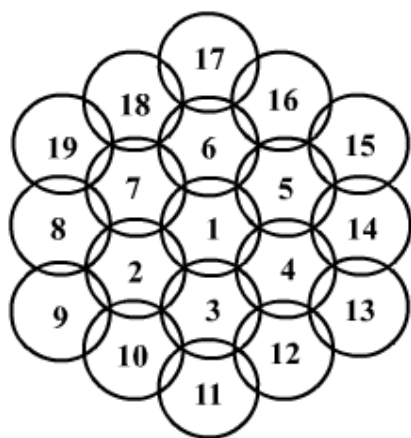
| | |
|--|--|
| Тизимнинг номи | Globalstar |
| Орбитанинг тури | LEO |
| Сунъий йўлдошлар сони | 48 |
| Орбитанинг баландлиги, км | 1400 |
| Орбитанинг оғиши, град | 52 |
| Сунъий йўлдошнинг оғирлиги, кг | 450 |
| Истеъмол қуввати, Вт | 1200 |
| Сунъий йўлдошларнинг хизмат қилиш муддати, йил | 7,5 |
| Кўп томонлама уланиш усули | CDMA/FDMA |
| Частоталар диапазони, МГц | 1610-1626,5 (қабуллаш) 2483,5-2500 (узатиш) |
| 4,8 кбит/сга эквивалент каналлар сони | 1300 |
| Тугун станциялар сони | 150-210 |

13.4-расм. Globalstar тизимининг характеристиклари

Сигналларни узатиш кенг полосали шовқин-сифат сигналлар (ШСС) қўлланиладиган сигналларни кодли ажратиш (CDMA) орқали амалга оширилади. ШССни шакллантириш учун битта манба орқали, лекин пилот-сигналга нисбатан сурилишли шакллантириладиган Уолш кетма-кетликлари ишлатилади. Пилот-сигнал Уолш функцияси нолинчи кетма-кетлигида (барча белгилар ноллар) узатилади. ШССнинг қўлланилиши бегона объектлардан қайтган сигналларни асосий сигналлар билан кўп каналли қабулагичлар ёрдамида қўшишга имкон беради, бу тизимнинг

халақитбардошлигини оширади. Бундан ташқари, бу абонентнинг битта нур зонасидан бошқа нур зонасига йўқотишларсиз «юмшоқ» ўтишини амалга оширишга имкон беради (13.5-расм).

Расмдан кўришиб турибдики, каналлар вақт ёки частота бўйича ажратилган тизимлардан фарқли равишда ўтишларда абонент билан алоқа иккита нурлар орқали улардан бирининг сигнал сатҳи маълум қийматдан камаймагунча сақланади. Бундай алгоритм ўтишларда бошқа тизимларга ўзига хос бўлган “тиққилашлардан” қочишга ва узилишсиз алоқа эҳтимолигини оширига имкон беради. каналдаги рақамли оқимни узатиш тезлиги ўзгарувчан (1200 - 9600 бит/с), бу CDMA қабуллагич билан бирга юқори ўтказиш қобилиятини, шунингдек нутқ паузаларида хизмат (командалар) маълумотлари сигналларини узатилиши имкониятини олдиндан аниқлайди. Тизимнинг сунъий йўлдошлар-ретрансляторлари 10 км аниқликда абонентнинг координаталарини аниқлашга имкон беради, агар шлюз станциялар қатнашадиган координаталар аниқланса, у ҳолда аниқлик 300 метрга етади.



13.5-расм. Globalstar тизимининг ишлаш алгоритми

Абонентлар терминаллари алоқа хизматларини кўрсатилиши ва объектнинг жойлашиш ўрнини аниқланиши билан универсал ва қуйидаги икки турга бўлинади:

-мобил;

-стационар.

Мобиль терминаллар портатив ва ҳаракатдаги сотали алоқа станциялари билан бирлаштирилган бўлиб, улар ўз навбатида, қуйидаги вариантларда бўлиши мумкин:

- иккита модулли вариант - Globalstar (GS) ва AMPS;

- иккита модулли вариант - GS ва GSM;

- иккита модулли вариант - GS ва PCS;

- учта модулли вариант - GS, AMPS ва CDMA;

- стандарт абонентлар терминали - фақат GS учун.

Портатив абонентлар терминаларининг қуввати 0,6 Вт, стационар абонентлар терминаларининг қуввати эса 3 Втга тенг. Globalstar тизимида сунъий йўлдошлараро алоқа йўқ, шунинг учун шлюз станцияларнинг сони катта бўлади (бир неча юзлабгача). Шлюз станция таркибига ўз кузатувчи 3,4 метр диаметрли параболасимон антеннали тўртта бир хил қабуллаш-узатиш комплекслари киради.

Шлюз станцияларнинг асосий функциялари телефон ва пейжинг каналлари, маълумотларни уатиш каналларини ташкил этиш ва сақлаш, шунингдек ҳаракатдаги объектларнинг координаталарини аниқланишини таъминлаш ҳисобланади. Бундан ташқари, ҳар бир абонентдан қабул қилинган сигналнинг сатҳини ўлчайди ва уни бўсағавий қиймат билан таққослайди, кейин эса абонентлар терминалига унинг қувватини оширишга ёки камайтиришга командани беради.

Globalstar тизимининг орбитал қурилиши АҚШ ва Ғарбий Европа учун мослаштирилган. Кўриб чиқилган ҳаракатдаги радиоалоқа паст орбитали сунъий йўлдошли тизимлаидан ташқари, ишлаб чиқилиши босқичида турган "Гонец", "Глобсат" ва бошқа кўплаб лойиҳалар мавжуд.

Ўрта орбитали сунъий йўлдошли алоқа тизимлари. МЕО ўрта орбитали йўлдошли алоқа тизимларида КА 5000 - 15000 км баландликлардаги орбиталарда жойлашади. Бундай йўлдошларда кўриш вақти бир неча

соатларга етади ва шунинг учун КАлар сонини 10-12 тагача камайтириш мумкин, бундан ташқари, абонентлар терминаллари уларни кўрадиган бурчакларни ошириш мумкин. Йўлдошларнинг оғирлиги 1000 кгни ташкил этади. Бундай МЕО тизимлардан Inmarsat, Odyssey, ELLIPSO энг машҳурлари ҳисобланади. МЕО-тизимлар архитектурасининг ўзига хос хусусияти орбитал йўлдошлар гуруҳалари ва абонентлар терминаллари билан бирга шлюз станциялар радиочастотали чизиқли коммутацион қурилмаларининг мавжудлиги ҳисобланади. Улар ПАЙТ мобил ёки стационар абонентларини умумий фойдаланишдаги телефон тармоқлари ва бошқа ер усти тармоқлари ва хизматлари, шу жумладан сотали радиоалоқа тизимлари абонентлари билан боғланиши учун мўлжалланган.

INMARSAT йўлдошли алоқа тизими. Inmarsat денгиз йўлдошли алоқа халқаро ташкилоти биринчи Inmarsat-A тизимини 1982 йилда ишга туширди ва сузишдаги денгиз кемаларини ишончли алоқа билан таъминлаш учун мўлжалланди. Кейин бу тизимдан қуруқликдаги ва ҳаво хизматлари фойдалана бошлади. Хизматлар тижорат асосида тақдим этилади ва глобал радиотелефон, телекс, факсимил алоқани, маълумотларни алмашлаш ва персонал радиочақирувни ўз ичига олади. 1993 йилда Inmarsat тизимини МЕО ва GEO орбитал гуруҳлар асосида қуришга қарор қилинди. 1994 йилнинг майида ҳар томонлама талил қилишдан кейин алоқа тизимининг асосига МЕО концепцияси қўйилишига ва Inmarsat–Р истиқболли тизимни ишлаб чиқиш мақсадида кейинги тадқиқотларни ўтказишга қарор қабул қилинди.

Inmarsat СЙАТ ер усти сегменти қирғоқ (ҚЕС), мувофиқлаштирувчи (МСЙА) станциялари, эксплуатацион назорат маркази (ЭНМ), шунингдек денгиз, авиацион ва ер усти бажарилишидаги абонентлар станцияларидан ташкил топган.

Эксплуатацион назорат маркази бу тизимнинг барча элементларининг ҳолати ҳақидаги маълумотларни қабул қилиш ва қайта ишлаш ва космик сегмент характеристикаларини назорат қилиш учун қувватли ер усти

станцияси ҳисобланади. Унинг функцияларига Inmarsat янги техник воситаларини (КА ва ЕС) ишга туширишни таъминлаш киради.

Қирғоқ станциялари Inmarsat тизими КАлари ва абонентлар орасида, шу жумладан халқаро ва миллий телефон ва телеграф тармоқлари бўйича алоқани таъминлайди. Inmarsat мобил абонентлари бир-бирлари билан тўғридан-тўғри боғлана олмайди. Уларнинг боғланиш фақат қирғоқ станциялари орқали кўзда тутилган. Inmarsat тизимининг ҳар бир кичик сунъий йўлдошлар зонасида бир неча стандарт ҚЕСлар ишлайди, улардан бири мувофиқлаштириш функциясини бажаради.

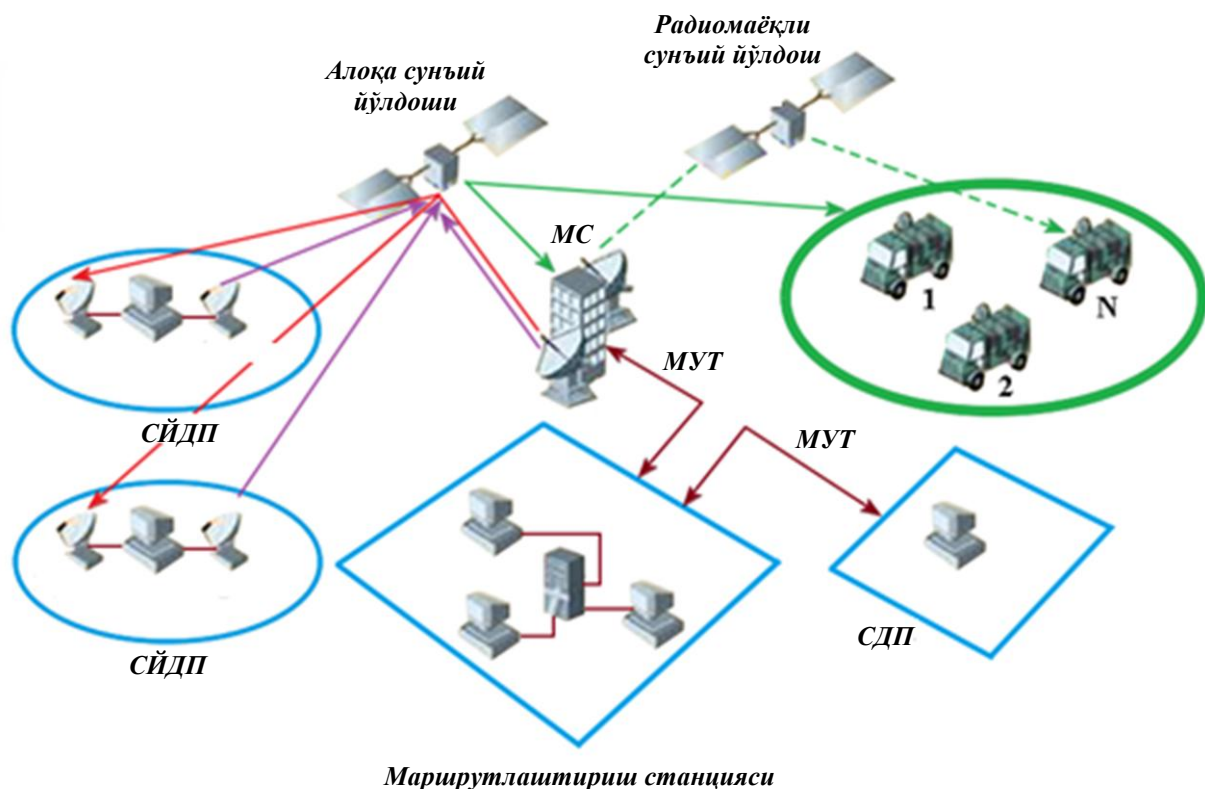
Мувофиқлаштириш станцияси бу ҳудудда САЙТни мониторинг қилишни бажаради, ретрансляторнинг трафигини қирғоқ станциялари орасида тақсимлайди, шунингдек денгиз кемаларига чақирув хабарларини асосий (1537,750 МГц) ёки заҳира (1538,475 МГц) частоталарида узатади ва махсус хабарларни ретрансляция қилишни бажаради.

Inmarsat тизимининг ҳар бир ҚЕСи 22 та телеграф каналларини зичлаштирадиган унга бириктирилган ташувчига эга бўлади. Аниқ бир станцияларга телефон каналлари бириктирилмаган, балки “умумий фойдаланишда” бўлади, лекин ҚЕС миллий ва халқаро телекс алоқасига чиқишга эга. ҚЕС параболасимон антеннасининг диаметри 12 - 15 метрларни ташкил этади. Жамланмасига боғлиқ равишда қирғоқ станциясининг нархи 1-2,5 миллион долларларни ташкил этади.

Ҳаракатдаги объектларда Inmarsat стандартлари кўринишида умумлаштирилган ўзига хос талаблар бўйича фарқланадиган ҳар хил Inmarsat абонентлар қурилмалари турлари ишлатилиши мумкин.

Euteltracs сунъий йўлдошли алоқа тизими. Европада транспорт ташишларини таъминлашга мўлжалланган биринчи тижорат алоқа тизими Euteltracs СЎАТ бўлди. Ўз архитектураси ва хизмат кўрсатиш турлари бўйича Euteltracs европа тизими Шимолий Америка ва Мексикада ўхшаш хизматларни кўрсатадиган америка Omnitracс тизимига ўхшаш. У 1900 та символлардан ортиқ бўлмаган гуруҳли ва индивидуал (шу жумладан авария

ва шошинч) хабарларни узатилишини таъминлайди. Euteltracs таркибига марказий станция (МС), маршрутлаштириш станцияси (МС), сунъий йўлдошли диспетчерлик пунклари (СЙДП) ва мобил алоқа терминаллари (МАТ, Mobile Communication Terminal) киради (13.6-расм).



13.6-расм. Euteltracs тизимида диспетчерлик алоқасини ташкил этиш схемаси

Ахборот алмашинуви Францияда жойлашган марказий станция орқали амалга оширилади, унинг ёнида ҳақиқатда МСнинг почта қутиси ҳисобланадиган маршрутлаштириш станцияси жойлашган. Маршрутизатор

барча қабул қилинадиган хабарларни таҳлил қилади ва боғланишни ўрнатилишига рухсатни беради. Сунъий йўлдошли диспетчерлик пунктлари ёрдамида абонентлар билан тўғридан-тўғри алоқа ўрнатилади, бинобарин, доимо олдиндан абонентда тўпланган кири ва чиқиш хабарларининг мақомига сўров амалга оширилади.

Хабарларни маршрутлаштириш станциясига МС билан умумий фойдаланишдаги телефон тармоғи (УФТТ) ёки маълумотларни узатиш тармоғи (МУТ) орқали боғланган стационар диспетчерлик пунктига (СДП) уланган. Диспетчерлик марказига исталган хабарнинг нусхасини сўраш ва тармоқдаги исталган абонентнинг жойлашиш ўрнини аниқлаш ҳуқуқи берилган.

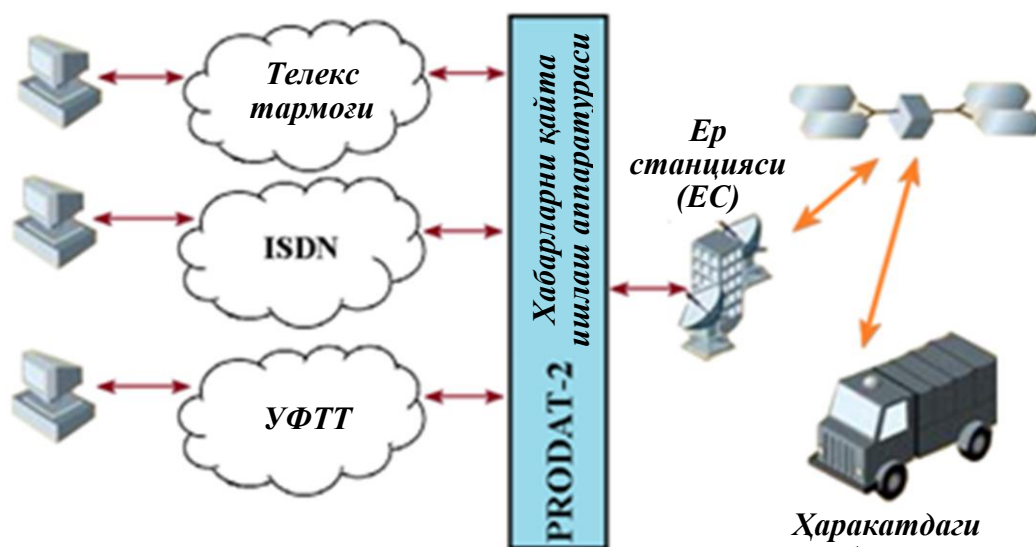
Euteltracs мобил терминали DSP-процессор билан жиҳозланган ва сигналларниқайта ишлашнинг барча функциялари, шу жумладан демодуляциялаш ва алоқани ўрнатилишини таъминлайди. Узатиладиган сигнал 19 дБ кучайтириш коэффициенти ўткир йўналтирилган нурлантиради ва антеннанинг ён япроқчалари қуввати сатҳи 12 дБдан ошмайди. Қабуллагичнинг чизиқли тракти КШУга ва частота ўзгартиригичига эга. Узаткичнинг чиқиш қуввати 1 Втни ташкил этади. Сигналларнинг ҳалақитбардошлиги уларни 1 МГц полосада кенг полосали узатилиши ва 5 дан 48 МГцгача полосаларда частоталарни сакрашсимон ўзгартириш ҳисобига таъминланади. 1 МГц частоталар полосасига кирадиган сигналлар 48 МГц полосада сакрашсимон қайта соланади.

Терминалларнинг нархи 4-6 минг долларларни, абонет тўлови ойига 40-50 долларларни ташкил этади.

Euteltracs тизими 15 тадан кам бўлмаган Европа давлатлари ҳудудларида, шу жумладан Россияда 45 мингта транспорт воситаларига хизмат кўрсата олади. Бугунги кунда бу СИАТнинг миждозлари Совтрансавто, Интертрансэкспедиция ва бошқалар ҳисобланади. Euteltracs тизими ўтказиш қобилятини кейинги ўстириш КАни қўшимча ретрансляторлар билан жиҳозлаш ҳисобига амалга оширилиши мумкин.

Prodat сунъий йўлдошли алоқа тизими. Европа космик агентлиги (ЕКА) томонидан ўтказилган тадқиқотлар тасдиқладики, СЙАТ ер усти, денгиз ва самолётлар терминалларига талаблар сезиларли фарқланади. Денгиз ва қуруқликдаги мобил алоқа воситалари учун сигналларни қабул қилиниши шароитларини ёмонлаштирадиган аниқловчи омил кучли кўп нурлилик ҳисобланади, ер усти қурилмаларига эса энг катта таъсирни (сунъий йўлдош билан алоқани узилишларигача) рельефда ёки туннелларда радиотўлқинларнинг сўниши туфайли чуқур сўнишлар билан шартланадиган ҳалақитлар кўрсатади.

ЕКА томонидан яратилган Prodat тизими (13.7-расм) унинг терминалларини фақат қуруқликдаги транспорт воситаларида фойдаланишга мўлжалланади, унинг маълумотларни узатиш протоколи эса қуруқликда бўлган объектлар билан сунъий йўлдошли алоқа учун хос ҳалақитларни минималлаштириш мезонлари бўйича оптималлаштирилган.



13.7-расм. Prodat СЙАТнинг тузилиш схемаси

Prodat тизими мобил терминалларни сунъий йўлдош ва турли ер усти тармоқлари (телекс, телефон вах.к.) билан алоқасини таъминлайдиган етарлича оддий марказлаштирилган архитектурага асосланади.

Prodat тизими иккита частоталар диапазонларини ишлатади: марказий станция билан алоқа учун С-диапазон (қабуллаш учун 4,2 ГГц ва узатиш учун 6,4 ГГц) ва для связи с центральной станцией мобил терминаллар орасида алоқани таъминлаш учун L-диапазон (“юқорига” линияда 1631,5-1660,5 МГц ва “пастга” линияда 1530-559 МГц). Тўғри линияда (бошқариш марказидан мобил терминалга) маълумотлар TDMA вақт бўйича каналларни ажратиш режимида (32 каналлар, улардан ҳар бирида маълумотлар 1500 бит/с тезликларда узатилади) ва BPSK модуляциялашда узатилади. Тескари линияда кенг полосали сигналлар учун код бўйича ажратиш (SS-CDMA) ва OQPSK модуляциялаш ишлатилади. Тескари каналдаги маълумотларни узатиш тезлиги 600 бит/с, узатиладиган хабарнинг ўлчами 384 битни (48 битдан 8 та блоклар) ташкил этади. Ҳалақитбардош кодлаш Рид-Соломон қисқа блокли кодлар асосида амалга оширилади. Истиқболда узатиш тезлигини 9,6 кбит/сгача ошириш режалаштирилмоқда.

Prodat терминали ўрнатилган GPS-қабуллагич билан жиҳозланган, аммо бошқа навигацион тизимлар, маслан, "Глонав" ва Loran-C тизимларини ҳам ишлатилишига имкон беради. Жойлашиш ўрни ҳақидаги маълумотлар ҳам автоматик режимда (берилган даврийликда), ҳам сўров бўйича узатилиши мумкин. Prodat терминалининг асосий конфигурацияси учта асосий блоклар – антеннали ташқи радиочастоталар блоки (ODU), ички алоқа блоки (IDU) ва фойдаланувчининг охириги қурилмасини ўз ичига олади. Кичик ҳажмли ҳар томонлама йўналтирилган антенна доиравий ўнг томонли қутблаштиришга эга. Антеннанинг оғирлиги 180 грамм, баландлиги 130 мм, диаметри 105 ммни ташкил этади. У ҳам автомобилнинг томида, ҳам ҳайдовчи

кбинасида ўрнатилиши мумкин. Радиочастоталар модулларига эга бўлган ODU блоки транспорт воситасининг ҳамташқарисида, ҳам ичкарисида жойлаштирилиши ва антенна билан бир ярим метрли кабель орқали уланиши мумкин. IDU блоки ташқи электрон блок билан 5 метр узунликдаги кабель орқали уланадиган микропроцессор ва маълумотларни узатиш аппаратурасидан ташкил топган.

Геостационар сунъий йўлдошлардан фойдаланиладиган алоқа тизимлари.

Персонал йўлдошли алоқа тизими GEO геостационар орбитада жойлашган йўлдош-ретрансляторлар ёрдамида ишлатилиши мумкин. GEO орбиталарининг баландлиги 35875 кмни ташкил этади, КАнинг ҳаракатланиши тезлиги эса Ернинг айланиш тезлиги билан мос тушади, шунинг учун йўлдош-ретранслятор Ернинг олдиндан танланган нуқтасида «осилиб» туради ва қуйидагиларга имкон беради:

- сеанс вақтида алоқанинг узлуксизлигини таъминлаш;
- GEOдаги 3 та КАдан иборат тизим орқали Ер сиртининг 95% ни қамраб олиш;
- сунъий йўлдошлараро алоқа ташкил этилишисиз тизимнинг ишлаш имконияти.

Персонал сунъий йўлдошли алоқа тизими GEO геостационар орбитада жойлашган сунъий йўлдош-ретрансляторлар ёрдамида ҳам амалга оширилиши мумкин. GEO орбитасининг баландлиги 35875 кмни ташкил этади, КАнинг ҳаракатланиш тезлиги эса Ернинг айланиш тезлиги билан мос тушади, шунинг учун сунъий йўлдош-ретранслятор Ернинг олдиндан танланган нуқталари устида осилиб туради, бу қуйидагиларга имкон беради:

- алоқа сенаси вақтида узлуксизликни таъминлаш;
- GEOдаги 3 та КАлардан ташкил топган тизим билан Ер сиртининг 95%ни қамраб олиш;
- сунъий йўлдошлараро алоқани ташкил этилишисиз тизимнинг ишлаш имконияти.

GEO орбитасининг камчилиги сигнални узатилиши ва қабул қилиниши орасидаги узок кечикиш (300 мс) ҳисобланади. Маълумотларни узатишда сигналнинг бундай кечикиши мутлақо сезилмайди, лекин телефон алоқасида у жуда кучли сезилади ва алоқа каналига юқори талабларда йўл қўйилмаслиги мумкин. GEO орбиталари асосидаги персонал алоқа тизимлари, агар Ер сиртида шакллантириладиган соталар тахминан бир хил бўлса, паст орбитали тизимлар хизматлари билан тенглаштириладиган хизматларни потенциал кўрсатиш мумкин. Бунда тор йўналтирилганлик диграммасини шакллантириш учун зарур бўладиган КА борт антеннасининг ўлчамлари катта, лекин замонавий технологиялар имкониятлари чегараларида бўлиши керак, бу ишлаб чиқилладиган лойиҳаларнинг иқтисодий самарадорлигини баҳолашда аниқладиган омил ҳисобланади.

Муваффақиятли ишлаётган бундай тизимлардан бири Россиянинг нефть ва газ захираларига бой шимолий ҳудудларида телекоммуникацион тармоқларни ривожлантириш, шунингдек дунёнинг бошқа давлатлари билан оператив алоқани амалга ошириш учун мўлжалланган "Ямал" сунъий йўлдошли алоқа тизими ҳисобланади. 1997 йилда GEO орбитасига иккита кичкина "Ямал" Калари 19° ғ.к. ва 75° ш.кга чиқарилди. Россия ва МДҲ давлатларининг ҳудудини тўлиқ қамоаб олиш учун сунъий йўлдошли гуруҳ ўша орбитада жойлашадиган битта "Экспресс" КА билан тўлдирилади. КА узатиш ва қабуллаш тизимлари учун иккита кўп нурли антенналар билан жиҳозланадиган ретранслятор ҳисобланади. Юқорига узатиш 4 ГГц диапазонда, пастга узатиш 6 ГГц диапазонда амалга оширилади. Зоналараро хизмат кўрсатиш кўп нурли алоқалар асосида кўзда тутилган, бу ер станцияларига ўзаро боғланишга имкон беради.

"Ямал" тизимининг ер усти сегменти ҳозирда 250 дан ортиқ телефон ва маълумотларни узатиш каналларини таминлайдиган 30 дан ортиқ шлюз станциялар мавжуд. Шлюз станцияларда 4 – 5 метр диаметрли параболасимон антенналар, телефон алоқаси идоравий тармоқлари ва маълумотларни узатиш учун 3,5 метр диаметрли параболасимон антенналар

ишлатилади. Тизим 34 МГц ўтказиш полосасили устунда телевизион сигналларни трансляция қилишга имкон беради. MPEG - 2 стандарти бўйича сиқилган телевизион сигналларни рақамли узатишда битта устунда бир вақтда 4 та телевидение дастурини узатиш мумкин.

Кўриб чиқилган "Ямал" тизими дан ташқари, ҳозирги вақтда "Банкир" тизими ишламоқда ва GEO "Comsat" асосида сунъий йўлдошли персонал алоқа тизимини куриш концепцияси ишлаб чиқилмоқда.

Space Communication Research Corporation япон фирмаси персонал сунъий йўлдошли алоқа тизимларида КА 26500...40000 МГц диапазонини ишлатилишини таклиф этди. Бунда КА бортида кўп функцияли процессорни, каналларни коммутациялаш учун эса кўп нурли антеннани ишлатилиши кўзда тутилмоқда. Аппаратқраларнинг ишлатилиши бўйича техник ечимлар топилган ва КА-диапазонда ишлайдиган унча қиммат бўлмаган абонентлар терминалларининг тажриба нусхалари яратилган. КА диапазонларни қўлланилиши ҳам ер уси, ҳам борт станцияси антенналари ва аппаратураларининг ўлчамларини сезиларли кичрайтиради.

Назорат саволлари

1. Персонал радиоалоқа сунъий йўлдошли тизимларни куриш тузилмасини келтиринг ва тушунтиринг.
2. Сунъий йўлдош-ретрансляторнинг умумлаштирилган тузилиш схемасини келтиринг ва тушунтиринг.
3. Ер усти фойдаланувчи сегментини тушунтиринг ва КАни учиринг, тизимни ва алоқани бошқариш маркази, шлюз станциялар қандай вазифаларни бажаради.
4. Паст орбитали персонал сунъий йўлдошли алоқа тизимларини келтиринг ва ишлашини тушунтиринг.
5. Ўрта орбитали персонал сунъий йўлдошли алоқа тизимларини келтиринг ва ишлашини тушунтиринг.

6. Сунъий йўлдошли алоқа геостационар тизимларини келтиринг ва ишлашини тушунтиринг.

Персонал алоқа тизимлари (пейжинг, транкинг, симсиз телефонлар ва бошқалар)

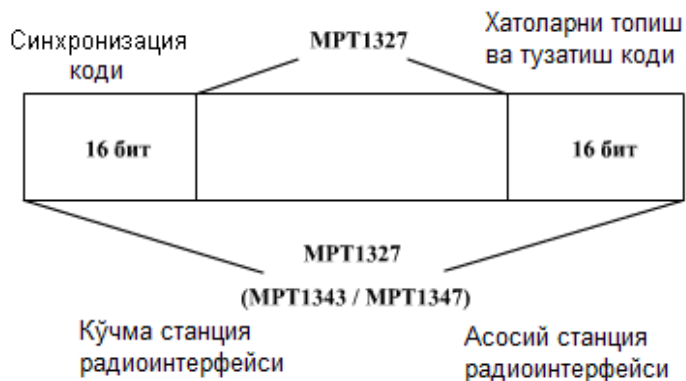
14-маъруза

Транкинг радиоалоқа

DECT стандарти

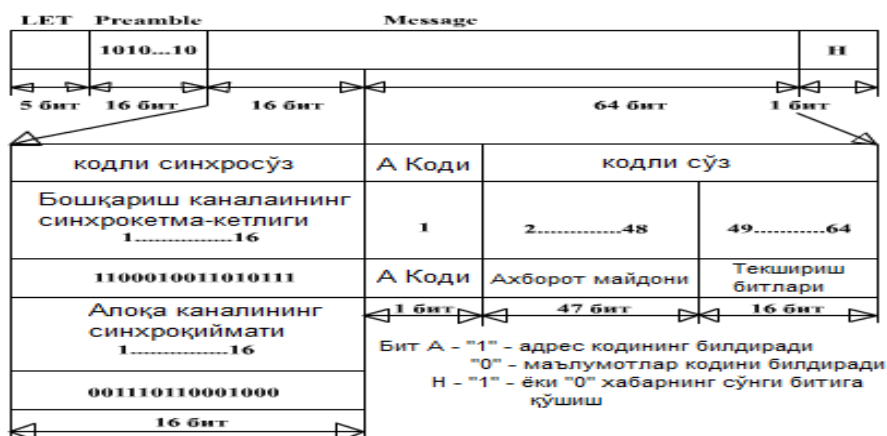
Ҳозирги вақтда сотали алоқа тизимлари пейжинг тизимлари функциясини (SMS хабарларни узатиш) бажаради, шунинг учун транкинг радиоалоқани кўриб чиқишга ўтамиз.

Транкинг радиоалоқа тизимларидаги стандартлар. Кўпчилик операторлар ва ишлаб чиқарувчилар, турли радиоалоқа транкинг тизимларини бирлаштириш учун керакли бўлган ягона стандарт сифатида Буюк Британия почта ва коммуникация вазирлиги МРТ 1327 (Ministry of Post and Telecommunication) томонидан ишлаб чиқилган очик протоколни танлашди. Бу стандартнинг асосий вазифаси сигнализация протоколини нормаллаштиришдир. У хилма-хил частотали диапазонлар учун турли конфигурациядаги РМР ва РАМР тармоқларида қўлланилиши мумкин. Кўчма станция МРТ 1343 протоколи бўйича радиоинтерфейсдан, таянч станцияси эса МРТ 1347 протоколи бўйича радиоинтерфесдан фойдаланади. РМР ва РАМР рақамли тизимларида синхронлаштириш коднинг формати МРТ 1317 протоколи билан аниқланади. МРТ 1327 протоколи киритилган МРТ 1317 протоколининг структураси 14.1- расмда берилган.



14.1-расм. MPT 1317 протоколининг структураси.

Ахборот хабарлар аналогли радиоканаллар бўйича узатилган тақдирда MPT 1327 стандартининг формати сигнализациялига регламентлаштирилади. Сигнализация форматининг асосий структураси 14.2- расмда келтирилган. У FFSK (Fast Frequency Shift Keying) каби частотали манипуляциясини ишлатиш билан 1200 bit/s тезликда узатилувчи рақамли бипарли кетма-кетликни ифодалайди.



14.2-расм. Сигнализация форматининг таянч структураси.

Сигнализация формати 5 битга мос келувчи, давомийлиги 5 ms LET интервали билан бошланади. Бу вақт узатгич қувватини 90 % гача оширишда ва

модуляция жараёнини амалга оширишга тайёр бўлиш учун керак бўлади. Унинг кетидан 16 та bitдан ташкил топган “0” билан тамом қилувчи “1” ва “0” меандрли кетма-кетликдаги преамбула келади. Преамбула алоқа каналининг тактли синхронлигини таъминлаш учун хизмат қилади.

Ундан кейин синхрон кетма-кетлик, адрес кодлари, маълумотнинг bitта ёки бир нечта кодли сўзлари мажмуасидан ташкил топган жўнатмалар (message) келади. Сигнализация формати хабар таркибидаги кодли сўзнинг охириги белгисига қараб, “1” ва “0” дан иборат келишув (Н) билан яқунланади.

Синхронлаш даврийлиги “Message” форматнинг синхрон кетма-кетлиги билан таъминланади ва 16 bitдан ташкил топади14-2 расмда кўрсатилганидек, бошқарув канали ва алоқа каналининг синхрон кетма-кетликлари ҳар хил бўлиб, улар бир-бирига инверсли ҳисобланади. Синхрон кетма-кетиликдан кейин 64 bit дан ташкил топган шартли кодли сўз келади.

Кодли сўзлар адрес ёки маълумотларни ташиши мумкин. Улар биринчи Bit билан фарқ қилади. Бундай ҳолатда, агар “1” узатилса, адресли кодли сўз, “0” узатилганда эса кодли сўзда маълумотлар узатилади. Ахборот майдони иккинчи bitдан бошланиб, 48 да тамом бўлади. Message блокадаги охириги 16 bit, 49 дан бошлаб, текширувчи ҳисобланади ва хатоларни назорат қилиш учун хизмат қилади.

Транкинг алоқа тизимининг таянч станцияси кантроллери ва унинг радиоинтерфейси МРТ 1347 стандартига жавоб беради, абонентлик ускунаси эса МРТ 1343 стандарти талабларига жавоб беради. МРТ 1347 стандарти таянч станцияси узатгичнинг 12.5 kHz частотада тарқаладиган радиосигналларни шакллантиришни таъминлаши лозимлигини кўзда тутаяди. Қабул қилинган номерлаш 201.2125 MHz дан 207.4875 MHz гача бўлган частота диапазонларида. 58 дан бошланиб, 560 да тугайди.

Абсолют нобарқарорлик ± 1 kHzдан частоталарнинг максимал оғиши ± 2.5 kHz дан ошмаслиги керак. Сўзлашув хабарларини узатишда фазали модуляциялаш, рақамли хабарларни узатишда эса тонал нимташувчилар ва FFSK модуляциялаш қўлланилади.

Рақамли хабарларни узатишда, стандарт модуляциялаш (ўлчамларининг/ параметрларининг) қуйидаги талабларга жавоб беришини кўзда тутди:

1. Канал полосасида сигналнинг даражаси манфий 35 dB дан ошмаслиги лозим;
2. Узатиш тезлиги 1200 bit/sга тенг;
3. Ташувчилар частотаси “0” узатишда 1800 Hz, “1” узатишда 1200 Hzга мос келади;
4. Модулятор АЧХнинг нотекислиги 1.5 dBдан кам бўлиши керак;
5. Частоталарнинг максимал оғиши:
 - нормал шароитда $-1.5 \text{ kHz} \pm 250 \text{ Hz}$;
 - чекли қийматлари $1.56 \text{ kHz} \pm 500 \text{ Hz}$

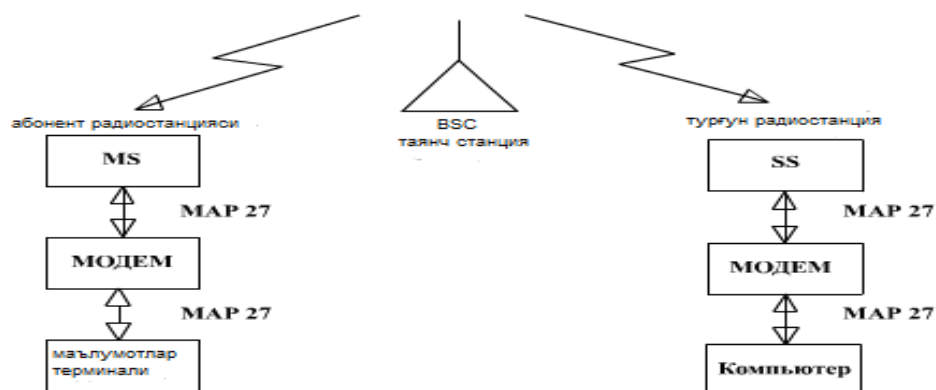
Таянч станциясининг қабул қилувчи қурилмаси частотавий фарқланиши 12.5 kHz бўлганда сигналини 58 дан 560 гача бўлган каналларнинг бирида 193.2125 - 199.4875 MHz ли диапазонида қабул қилади. Частоталарнинг мутлоқ беқарорлиги (нотурғунлиги) $\pm 1 \text{ kHz}$ дан ошмаслиги 300 Hz - 2.55 kHz полосада АЧХ нотекислик эса $\pm 3 \text{ dB}$ дан кўп бўлмаслиги керак.

Абонентлик станцияни радиоинтерфейсига бўлган талабни аниқловчи МРТ 1343 стандарти таянч станцияси радиоинтерфейсига қўйилган, қайд қилинган талабларга, $\pm 1.5 \text{ kHz}$ гача йўл қўйиладиган частоталар беқарорлиги (нотурғунлиги)дан ташқари мос келади.

Транкинг тизими сўзлашув хабарлари маълумотларини радиоканалларда узатиш МРТ протоколлари билан келишилган, маълумотлар терминали, ЭХМ ва бошқа рақамли тизимларни радиостанцияга улашга йўл қўйувчи MAP (Mobil Access Protocol) (14.3-расм) протоколидаги фойдаланган ҳолда амалга оширилиди.

Цифровые стандарты транкинговой связи. Рақамли транкинг алоқа бугунги кунда реал бўлиб қолди. Классик аналог конвенциал ва транкинг радиоалоқа тизимларидан рақамли радиоалоқа тизимларига ўтиш ривожланишнинг эволюцион босқичи ҳисобланади. Рақамли технология

аналоглида бажариш мумкин бўлмаса, профессионал мобил радиоалоқани янги сифатили даражага кўтарилиш имконларини беради.



14.3-расм. MAP 27 протоколи

Ericsson фирмаси томонидан ишлаб чиқилган EDACS (Enhanced Digital Access Communication System) стандарти энг биринчи рақамли стандартлардан бири ҳисобланади. Дастлаб сўзлашув (нутқ)ни аналогли узатиш учун ишлаб чиқарилган бўлиб, кейинчалик эса у келиб чиққан талабларга мувофиқ рақамли турга ўзгартирилди. Кейин 70 атрофидаги ҳуқуқни муҳофаза қилиш органлари фойдаланувчиларини бирлаштирадиган APCO жамият хавфсизлиги органлари хизмати расмий вакиллари уюшмаси томонидан ADCO 25 стандарти ишлаб чиқилган. Бу стандартнинг ўзига хос хусусиятлари хавфсизликни таъминлаш хизматларига хос бўлган турли бўлинмалар орасида ўзаротаъбирлашиш таъминлашга имкон берадиган архитектуранинг очиқлиги ҳисобланади.

Рақамли транкинг алоқа стандартлари орасида **TETRA транкинг радиоалоқа тизимининг** шубҳасиз етакчи ҳисобланади. Аввало, бу куйидаги афзалликлар орқали тушунтирилади.

- TETRA стандартининг очиқлиги кўп сонли қурилма ишлаб чиқарувчиларни жалб қилади, нархлар бир хиллигини ва аниқ бир ишлаб чиқарувчига боғлиқ бўлмасликни таъминлайди. Стандартнинг спецификациялари ўзаро тушунш ва TETRA стандартига кўмаклашиш “Меморандум” уюшмаси (TETRAMoU)

катнашувилари учун мумкин бўлади. Бу GPRS талабларининг келибчиқиши учун принципал вазият ҳисобланади;

-TETRA стандарти ETSI телекоммуникация институтининг ягона рақамли транкинг стандарти ҳисобланади.

-Маълумотларни юқори даражада сиқиш билан сўзлашув оқимини компрессиялаш ва чегараланган ҳудудда жадвал график билан муносиб (оптимал) алоқа тармоғини куришни таъминловчи битта частотали каналда тўрта мантиқий боғланиш ташкил этиш имконини берувчи юқори спектрал самарага эгаллиги;

-TETRA стандарти телеметрия, мобил объектлар мониторинги, видео тасвирларни узатиш, электрон почта, файлларни узатиш, WAP ва бошқалар каби иловалар билан интернет (IP over TETRA) тармоғини ташкил қилишга йўл қўйувчи қисқа хабарлар (SMS) тартиби (режимда) маълумотларни узатиш каналларини коммутациялар ва пакетларни коммутациялашнинг кенг имкониятларини беради;

- TETRA стандарти жамият хавфсизлиги хизмати ва ҳуқуқини муҳофаза қилиш органлари талабларини ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқарилган, шунинг учун ахборотларни шифрлаш, абонентларни аутентификациялаш, рухсат этилмаган киришлардан ҳимоя қилиш каби алоқа хавфсизлигини таъминлаш жиҳатларига алоҳида эътибор қаратилган. Европа полициясининг ассосий (Schengen Group) талабномасига асосан стандартга қўйидаги хизматлар киритилган, диспетчер рухсати билан чақирув, биринчи ўринда чақирув, саралаб кириш, узоқ масофадан эшитиш, қайта гуруҳлаш ва бошқалар.

- TETRA стандарти қисқа вақт (0,5 секдан кам) ичида мухбирлар ўртасида алоқа каналини ўрнатиш билан юқори тезкорликни таъминлайди. Шунингдек абонентлар гуруҳи учун мантиқий алоқа канали режими кўзда тутилган ва каналга кириш процедураси таъминланади;

- TETRA стандарти абонентлар ўртасида, айниқса жамоа хавфсизлиги хизматлари учун жуда муҳим бўлган станциялардан фойдаланмасдан

бевосита алоқа (DMO) деб аталувчи режимни таъминлайди. Бунда мобил станция “қўшалок станция” (Dual Watch) режимида жойлашиши мумкин, яъни бир вақтнинг ўзида ҳам транкинг канали чақирувини қабул қилишга тайёр.

TETRA стандарти лойиҳалари кам сонли станция ва радиоканаллари тизимида йирик ва федерал даражасида тизимга осон қийсланади. 2000 йилда қабул қилинган “TETRA Фаза 2” тараққиётининг TETRA стандарти ва бошқа расмий стандартлар GSM, GPRS ва UMTS тўлиқ истиқболли ҳамкорликни таъминлаш имконини беради.

TETRA стандарти иккита таснифга бўлинади:

- TETRA Voice + Data (TETRA V + D);
- TETRA Packet Data Optimized (TETRA PDO).

TETRA V+D сўзлашув ва маълумотларни узатиш тизимини интеграллаш стандарти ҳисобланади. TETRA PDO фақат маълумотларни узатишга йўналтирилган стандарт ҳисобланади.

TETRA стандарти ишчи частоталари 25 kHz қадамли стандарт частоталар тўридаги 150 MHz дан 900 MHz гача бўлган диапазонда жойлашган. Частоталарни узатиш ва қабул қилиш 10 MHz га тенг. Радиосигналларни узатиш учун $\pi/4$ -DPSK туридаги доимий эгалловчи билан нисбатан фазали стандартида сўзлашув 4,8 kbit/s узатиш тезлиги билан CELP алгоритми бўйича тайёрланади. Модуляторгача сўзлашув оқимини тузатиш коди қўшилади, кейин блоklarаро кетма-кет амалга оширилади ва bitра каналнинг тўлиқ ўтказиш қобилияти 7200 bit/s ташкил қилади.

TETRA PDO стандартида маълумотларни ўтказиш тезлиги 28,8 kbit/s ни ташкил қилади ва “нуқта-нуқта”, “нуқта-кўп нуқта” схема бўйича амалга оширилади, ушбу стандарт, шунингдек фойдаланувчилар иловаси учун X.25 протоколинини қўллаб-қуватлашни таъминлайди. Таснифларда кўзда тутилган ISDN ва PDN ишлари маълумотларини

узатиш ташқи тизимлари билан бирга ишлаш имкониятини таъминлайди.

TETRA стандартдан фойдаланиш алоқа тармоғи архитектураси чекланишлар юкламайди, тизимнинг модулини тамойилини қўллаш эса турли географик масофадаги тармоқларининг турли конфигурацияларини амалга ошириш имконини беради.

TETRA тармоғи таянч мобил станциялардан, BTS ларни бошқарув қурилмасидан, BTS контроллерларидан ва дистанцион пультадан, эфирдаги вақтни, чақирикни ва рад қилувчи ТООЭ терминаллардан ташкил топган. Тармоқли хизмат кўрсатувчи тизимлараро бирга ишлаш учун махсус махсуслаштирилган интерфейслар ишлатилади.

TETRA стандарти МС ни хизмат кўрсатиш доирасини кенгайтириш учун ретранслятор сифатида ишлатиш имконини беради. Бу стандартни ишлатадиган тизим қуйидаги режимларда ишлаши мумкин:

- **транкинг алоқа режими**, бу ҳолатда бутун хизмат кўрсатиш майдони BTS билан қопланади. Бу ҳолатда бошқарув канали ҳам ажиратилган частотали, ҳам тарқатилган частотали бўлиши мумкин. Биринчи ҳолатда BTS нинг барча ажиратилган частотали каналлардан биттаси хизмат ахборотлари алмашуви учун мўлжалланган. Иккинчи ҳолатда хизмат ахборотлари яъни махсус ажиратилган вақтинчалик каналда (бир частотада ташкил қилинган 4 та каналдан биттаси) ёки мультикадрнинг назорот кадрида узатилади (18 дан бири). Хабарлар қуйидаги каналларда узатилиши мумкин:

1. Транкинг узатишлар. Бу усулда канал фақат битта транзакция вақтига ажратилади (қабулни узатиш вақти), кейинги транзакция вақтига ажратилади (қабулни узатиш вақти) кейинги транзакция учун янги канал ажратиши мумкин.

2. Транкинг хабарлар. Узатиш бошида канал ўзлаштирилади ва охирига бўшатилади.

3. Квизитранкинг узатишлар. Худди транкинг узатишдаги каби канал ажратилади, лекин бир оз кечикиш билан бўшатилади, бу эса бошқарув сигналлари сонини камайтириш имконини беради.

- **очик каналли режим.** Бу ҳолатда “нуқта – кўп нуқта” боғланиши ўрнатилади, яъни фойдаланувчилар гуруҳи ўрнатиш муолажасиз алоқа ташкил қилинади. Бундан ташқари, хоҳлаган абонент, хоҳлаган пайтда гуруҳга кўшилиб, каналдан фойдаланиши мумкин. Бунда “икки частотали симплекс” иш режими қўлланилади.

- **бевосита (тўғри) алоқа режими.** Ушбу режим терминаллар ўртасида КУ тармоққа боғлиқ бўлмаган, BTS орқали сигналлар узатмайдиган радиоканалларда икки ва кўп нуқтали боғланишларни ўрнатиш имконини беради.

TETRA стандарти MSга “қўшалок кузатув” (Dual Watch) режимида ишлаш имконини беради, бу эса ҳам транкинг режимида ҳам бевосита алоқада ишлайдиган абонентлардан хабарларни қабул қилишни таъминлаш имконини беради. Бундан ташқари, ушбу стандартда сўзлашув (нутқ) ва маълумотлар бир вақтда битта терминалда узатилиши мумкин.

Сўзлашув сигнали узатиладиган сўзлашув алоқа хизматлари қуйидаги режимларда ишлашлари мумкин:

- абонентларни индивидуал чақирув сўзлашув алоқаси, бу ҳолатда дуплекс ёки икки частотали симплекс режимда иккита MS ва стационар терминал ўртасида тўғри икки томонлама алоқани таъминлаш учун коммутацияланган икки частотали боғланиш таъминланади;

- кўп томонлама сўзлашув алоқаси абонентларни гуруҳли чақирувни ташкил этиш имконини беради;

- кенг эшиттириш чақируви билан циркуляр алоқа, яъни бир нечта чақирувчи абонентлар томонидан сўзлашув ахборотларини бир тамонлама узатиш.

Сўзлашув алоқаси ҳам очик равишда, ҳам ахборотларни шифрлаш ёрдамида ҳимояланган равишда ташкил қилиниши мумкин.

ПД стандартини қуйидаги режимларда ташкил этилиши мумкин:

- Занжирлар коммутацияланадиган МУ билан. Ушбу режимда сўзлашув алмашувига ўхшаш. Тезлик алоқа учун ажратилган вақтинчалик интерваллар сони ва хатолардан ҳимоя қилиш синфи билан аниқланади;
- Маълумотларни коммутациялаш пакетлари. Виртуал занжирлар орқали ёки дейтаграммалар кўринишида трансляция қилинади;

Қисқа хабарлар (2048 bit гача). Сўзлашув ва маълумотларнинг узатилишига боғлиқ бўлмаган ҳолда тезкор узатилади.

TETRA стандарти, шунингдек қатор қўшимча хизматларни кўзда тутаяди, бунга қуйидагилар кирилади: диспетчер томонидан рухсат этилган чақирувлар; биринчи навбатда кириш; биринчи навбатда чақирув ва ҳақозо. Стандартда узатилаётган ахборот хавфсизлиги иккита даражаси кўзда тутилган: паст даражасида радио интерфейс шифрланган; юқори даражасида эса манбадан то қабуловчигача муфассал шифрлаш таъминланган.

Радиоинтерфейсни ҳимоялаш абонентларни аутенфикациялаш ва инфраструктуралар, тахаллуслар (сохта исм) оқими ва ахборотларнинг махсус шифрланиши ҳисобига трафикнинг махфийлиги билан таъминланади. Бундан ташқари, алоқа сеанси ўтказилаётган жараёнда ахборот каналлари ва БК алмаштирилиши мумкин.

TETRA стандарти тармоғи қуйидаги асосий элементлардан ташкил топган:

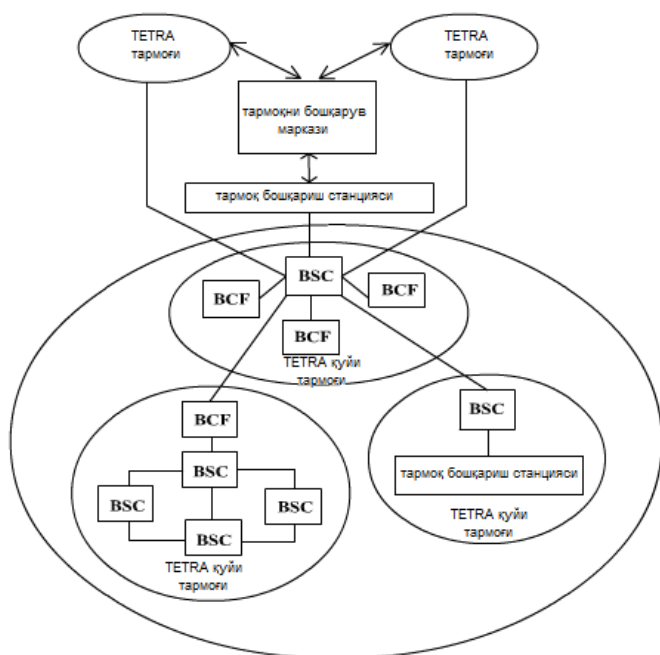
- таянч қабул қилиш узатиш станцияси (BTS);
- BTS (BCF) бошқарув қурилмаси- бир нечта BTSларни бошқарувчи ISDN, PSTN, PABX ташқи тармоқларига киришни таъминловчи коммутациялаш имкониятига эга бўлган тармоқ элементи, шунингдек ундан ДП ва ТОЭ терминалларига уланишда ҳам фойдаланилади;
- BTS кантроллери – BCF билан солиштирганда катта коммутациялаш имкониятига эга бўлган тармоқ элементи;

- ДП қурилма, BTS кантроллерига ўтказиш линияси орқали уланадиган ва тармоқ диспетчери билан тармоқдан фойдаланувчилар ўртасида ахборотлар алмашувини таъминловчи;
- турғун радио станцияси (FRS-Fixed Radio station) – абонентлар томонидан маълум жойларда фойдаланилади;
- мобил станция (MS)
- терминал таянч станциясининг (BSF УУ) га уланади ва тизим аҳолини назорат қилиш, бузуқ жойларини ташхис қилиш; боҳолаш ахборотларини қайд қилиш ва бошқаларга мўлжалланган.

TETRA стандарт ускуналари стандартларини қурушнинг модулли тамойилларидан фойдаланиб тармоқни турли иерархик даража ватурли географик қўлам (локалдан тортиб то миждозгача) амалга оширишни имкониятини беради. Маълумотлар амборини бошқариш билан коммутациялар ўртасида вазифаларнинг тақсимланишини қўллаш, тез ўзатишни ташкил қилиш ва алова йўқолганда уни алоҳида абонентлар билин чегараланган иш қобилиятини яратиш имониятини беради.

TETRAнинг миллий ва регионал тармоқларини қоидага қўра тизимлараро интерфейс ISI ёрдамида ўзаро боғланувчи катта бўлмаган қўшимча тармоқлар асосида амалга оширилади. Қўшимча тармоқлар бу мухтор (автоном) ва марказий бошқарув имконияти бўлган ўз ўзидан келишувчи тармоқдир. Национал ва регионл даражадаги тармоқлар қуришнинг вариантлардан бири 14.4- рамда келтирилган.

Ҳар бир қўшимча тармоқ бошқарув ва коммутациялаш бўйича ўзининг вазифаларига эга шунингдек юқорироқ даражадаги тармоқни марказий бошқарув имкониятига эга. Қўшимча тармоқ қуришнинг структураси графикга ва алоқа ўрнатиш самарадорлигига бўлган талабларга боғлиқ.. Конфигурация вариантлари каналларни захиралаш лозим бўлганда мураккаброқ, оддийси эса фақат битта модул BSF дан иборат.



14.4-расм. Миллий ёки минтақавий кўламида қурилувчи тармоқ варианты.

TETRA стандарти тармоқларида ишқорга чидамлилиқни таъминлашнинг миллийча усули кўзда тутилади, жумладан BTS контроллерларининг боғланиши ҳисобига регионал даражадаги тармоқларини боғлаш учун бир неча маршрутлар қўлланилади. Ўз навбатида регионал тармоқлар учун BTS назоратчиларида БД ни узаро нусха кўчириш кўзда тутилган.

TETRA стандартлари тизимида ахборот алмашунуви таъминловчи ҳужжатлари ёрдамида таъминланади. Бунда сўзлашув ва маълумотлар бир вақтнинг ўзида бир терминалдаги турли хил мантиқий каналларга узатилиши мумкин.

Тармоқ муаммоларини ишлаганда абонентларга асосий хизматларни, операторга эса самарали бошқарув имкониятини тақдим этади ва TETRA нинг стандартлашган хизматлари билан таъминланади. Асосий тармоқ муолажалари қуйидагиларни ўз ичига олади: абонентнинг жойлашган ўрнини қайдқилиш; роуминг алоқасини қайта ўрнатиш; абонентларни адентификациялаш; алоқа бўлмаганда абонентларни автомат равишда ажратиш (қушиш) тармоқ операторлари томонидан абонентни ўчириш,

маълумотлар оқимини бошқариш. Тармоқда қўланиладиган қуйи тармоқ процедуралар тўплами оператор томонидан аниқланади.

TETRA стандартига кириш хизматлари рўйхати киритишда абонентларга тақдим қилинадиган стандартларнинг ёрдамчи хизматлари билан таъминланадиган қўшимча хизматларни ҳам кўзда тутати.

Қўшимча хизматлар шартли равишда махсулаштирилган (стандартга жамият хавфсизлиги хизматлари ва ҳуқуқни муҳофаза қилиш органлари талаблари асосида киритилган) ва стандарт тармоқларнинг операторларини қўшган ҳолда барча фойдаланувчиларга мўлжалланган хизматларга бўлинади. Бу хизматлардан битим тузиш орқали ҳамма фойдаланиши мумкин.

Махсулаштирилган хизматларга: дастурлар руҳсат берган чиқарув; биринчи ўриндаги чиқарув; биринчи ўриндаги кириш; саралаб эшитиш; узоқ масофадан эшитиш; динамик қайта гуруҳлаш; чиқарувчи томони идентификациялаш киради.

Стандарт хизматларга доирани танлаш; абонент номерини идентификациялаш; чиқарув тўғрисидаги хабар; чақирувга ўтиш маршрутининг ўзгариши; абонентлар рўйхатидан фойдаланиб чақирув; қисқа номерлардан фойдаланиб адреслаш; чақирувни кутиш; чақирувни ушлаб туриш; банд бўлган абонент учун чақирувни тугатиш; гуруҳли боғланишларни бошқарувини узатиш; чақирувни улаш; чақирувни ўрнатишни чеклаш; алоқа сеанси давомида боғланишга улаш; тўлов ҳақида ахборот киради.

TETRA V+D стандарти радио интерфейси TDMA усулидан фойдаланишни мўлжаллайди. Бунда битта ташувчи частотада 4тагача (сухбат қилиш) канал ташкил қилинади. Давомийлиги 56,67 милли секунд бўлган кадр 4та вақт интервалга (слотга) бўлинади, 18 кадр кетма-кетлиги давомийлиги 1.02 секунд бўлган мультикадрни ҳосил қилади, бунинг устига битта кадр назоратли ҳисобланади. 60 милли-секунд мультикадр гиперкадр ҳосил қилади. (14.5-расм)



14.5-расм. Гиперкадрнинг тузилмаси

Кадрдаги ҳар бир слот 510 bitга эга, шундан 432таси ахборотли (216тадан 2та блок ҳисобланади) тарқалаётган қувватни бошқариш учун слотнинг бошланишида 36 bit дан ташкил топган РА пакети узатилади. Ундан кейин биринчи ИБ (216 bit), кейин синхрокетма-кетлик SYNC (36 bit), ва иккинчи ИБ (216 bit) узатилади. Ёнма-ён слотлар 0,167 милли секунд давомийликга мос келуши GPнинг 6 та bit билан бўлинади.

MATRA COMMUNICATION фирмаси RUBIC (фойдаланишга 1994 йил чиқрилган) радио алоқа тармоғини яратиш бўйича француз жандармлиги билан тузган контракт (битимни бажариш учун 1987 йил TETRAPOL анжуман фармони яратди бу форум ёрдамида (паноҳида рақамли трнкинг радио алоқаси стандартини аниқловчи TETRAPOL PAS (RUBLICLY Avialable speifiction) спецификацияси ишлаб чиқилди. Стандартда ажратилган каналларни бўлишнинг частотали усули кўзда тутилган. Турли конфигурацияли, бир зонали ва кўп зонали тармоқларни кўриш мумкин. Шунингдек, тармоқ инфраструктураси ва қайд қилинган каналлар сигналлари ретрансляцияларини қўлلامасдан MC лар ўртасида тўғри алоқани ташкил қилиш мумкин.

Motorola компанияси 90-йилларнинг бошида IDEN (Integrated Digital Enhanced Network) технологиясини ишлаб чиқарди ва унинг асосида 1994

йил АҚШнинг NEXTEL компанияси томонидан биринчи тижорат тизими жорий қилинди. IDEN технологияси очик архитектурали корпоратив стандарт бўлиб, у кўчма радиоалоқанинг барча турлари: диспетчерлик алоқаси, мобиль телефон алоқа, матнли хабарлар ва маълумотлар пакетини узатишни таъминловчи яхлит ҳолга келтирилган (интеграцияланган) тизимни амалга оширишга мўлжалланган.

DECT (Digital European Cordless Telecommunications) – бу радиочастоталар полосасидан жуда самарали фойдаланадиган ва уйлар, офислар ва хусусий маҳаллий тижорат зоналари (аэропортлар, вокзаллар, савдо марказлари, банклар, биржалар ва х.к.) учун симсиз алоқанинг янги иловаларини янада очадиган рақамли радиоулашиш стандарти ҳисобланади. У ўз фойдаланувчиларга санкцияланмаган уланишдан ҳимояланган барқарор юқори сифатли алоқни таъминлайди. DECT стандарти нутқли ва факсимил алоқани, шунингдек маълумотларни узатишни таъминлайди. Бундан ташқари у қайд этилган ва мобил тармоқларнинг конвергенцияси, нутқли алоқа ва маълумотларни узатилишини интеграцияси, мультимедиа хизматлари ва бир неча операторларга бир вақтда хизмат кўрсатиш каби замонавий телекоммуникация аъналарини ҳисобга олиб ишлаб чиқилган.

DECT-телефония – бу биринчи навбатда эркинлик. Эркин ҳаракатланиш, доимо асбга тегадиган симлардан озод бўлиш эркин мулоқат демакдир. DECT стандартини куллаб-қувватлайдиган офис мини-АТСлари ҳақиқатан, чексиз истиқболларга эга. Биринчидан, иш жойига ходимни боғлаб қўймайди. У муҳим масалаларни ечиш билан офис бўйича эркин ҳаракатланиши ва бунда унга кимдир қўнғироқ қилганлигини қидиришга тўғри келмаслиги мумкин. Телефон унда бўлади. Иккинчидан, DECT стандарти телекоммуникацион воситаларга ҳеч қандай чекланишларни қўймайди. DECT стандарти телефонлари деярли ўз стационар аналогларига ҳеч нарсада ютқазмайди.

Нихоят, учинчидан DECT стандарти воситалари санкцияланмаган уланишлардан тўлиқ ҳимояланган. Телефондаги мулоқотни бошқа ҳуч ким эшита олмайди. Муҳим тижорат сирлари ҳақида ҳеч ким билмайди.

DECT-телефония – бу яхши алоқа ва хавфсиз мулоқат. DECT-телефония микросотали тизимлари базасида мобил офисларни ташкил этиш янги фисларга кўчадиган ва кабель тизимини ўрнатишга воситаларни тежашни истайдиган компаниялар учун ҳам оптимал тўғри келади.

DECT-телефония асосида қуйидагилар яратилиши мумкин:

- кўп турубкали симсиз уй тизимлари кичик офис учун ҳам тўғри келади;
- микросотали симсиз корпоратив тизимлар (радиоуланишли офис ва ташкилотлар АТСлари);
- Умумий фойдаланишдаги микросотали тизимлар (СТМ);
- Қайд этилган радиоуланиш тизимлари (WLL) ва бошқалар.

DECT-телефония жорий этилишидаги 5 та асосий имкониятлар:

1. Офисда телефон хизматини ташкил этиш.
2. Компания ходимларининг мобиллигини таъминлаш.
3. Қўнғироқларнинг ягона қабул қилиниши ва тақсимланишини яратиш (қабулхона).
4. Телефон станцияси ресурсларидан самарали фойдаланиш.
5. телефон стациясини офис жиҳозларига уланиши назарда тутиш.

Dect микросотали тизимини жорий этишнинг 6 асосий афзалликлари:

- 1. Санкционланмаган уланишдаги ва ўзгаларнинг эшитишдан ҳимояланган юқори сифатли рақамли алоқа. Уланишдан ҳимоя DECT стандартидаги шифрлаш ва аутентификации жараён (процедур) ҳисобига таъминланади.*
- 2. Бошқа радиосистемаларининг ҳалақитларига барқарор алоқадир.* DECT стандарти GSM ва ҳатто CDMA тармоқларидаги бўлиши мумкин бўлган максималъ абонентлар зичлигини қўллаб-қувватлаш қобилиятиги эга.

3. Ходимлар саломатлиги учун ҳавфсизлиги. DECT 1880-1900 MHz частотавий диапазонда жуда кичик - 10 мВт нурлатиш қуввати эга.

4. Компанияда иш вақтини иқтисод қилиш ва иш унумдорлигини ошириш. Ҳар қандай икки кўчма телефонлар орасида ички мулоқотни ташқи абонент билан бир вақтда олиб борилиши. Ташқи чақирувларни бошқа кўчма телефонга қайта улаш. Радио қамраб олиш худудига кирадиган хоналар, қаватлар ва бинолар бўйича алоҳида сифати йўқолмасдан ходимларнинг эркин ҳаракатланиши.

5. Кабелли ишларга ҳаражатларнинг камайтирилиши.

6. Тизимни маъмурлаштиришнинг турли вариантларга эгаллиги.

DECT стандарти микросотали ва WLL системалари. DECT технологиялари базасида тармоқни ташкил этиши бўйича замонавий ечимларни шартли равишда микросотали ва WLL симсиз абонентлар уланиши тизимларига бўлиш мумкин. DECT стандарти қўйилган улкан имкониятлар бир тизим қўлланишларида ҳар иккала ечимларни ишлатишга имкон беради.

DECT системаси санкцияланмаган уланишдан, ўзганинг эшитишидан ҳимоялашни таъминлаш, худудни тўлиқ, шу жумладан, бориш қийин жойларда қамраб олишга имкон беради. Умумий фойдаланишдаги ва ташкилотлар телефон тизимлари билан ишлай олади, саломатлик учун ҳавфсиз.

DECT стандарти очик стандарт бўлганлиги учун доимо мобил аппаратларини ва стандартнинг қўшимча воситаларини катта танлови мавжуд. Бу тизимни ташкил этишда частоталар полосасини ажратилишига рухсатни олишга зарурат йўқ. Тизимлар **инсталляция** ва хизмат кўрсатишда оддийдир.

DECT стандарти микросотали тармоғи. DECT стандарти микросотали тизимини ташкил этилиши - бу чекланган худудда (офисда, бинода, корхонада ва ҳ.к.), DECT стандартининг ишлаб чиқариш симсиз тизимларни ҳам АТС номерли сифими 5 км масофаларга чиқариладигин абонент радио

улаш тизимларини яратиш. Корхона майдони сезиларли катта бўлганда унинг ходимларини юқори мобиллигида керакли ходим билан ташкилот АТСлари оддий стационар телефон воситалари қўлланганлигида алоқани тез ўрнатиш қийин бўлиб қолади. У ҳолат мобил радио телефон алоқани тизимларнинг тез тарқалишини ва қўлланилишини аниқлади.

DECT тизими- юзлаб абонентлар, графикнинг юқори интенсивлиги кўп сонли телефонлар ва ўзгарувчан инфраструктура оддий симли воситаларга юқори талабларни қўядиган иш муҳити учун ишлаб чиқилган симсиз алоқа тизимидир.

DECT стандартига асосланган симсиз алоқа тизими ҳозирги вақтда радиочастоталар тизимининг самарали фойдаланишни таъминлайди ва бошқа хизмат воситалари ёки тизимларининг таъсиридан қочишга имкон беради.

Кўпсотали тузилма. Кўп сотали тузилма симсиз тизимнинг бош ишлаш тамоиллари ҳисобланади. . Ҳар бир сота ягона базавий станция орқали бошқарилади ва бошқа соталар билан ўралган маълум ҳудудда хизмат кўрсатилишини таъминлайди. Соталар умумий сони ҳудуднинг ўлчамига ўраб турган муҳит билан аниқланадиган сотанинг ўртача ўлчамига ва маълум жойида талаб қилинадиган ўтказиш қобилиятига боғлиқ. Қўшимча базавий станциялар ўсадиган абонентлар сонини қўллаб-қувватлаш учун соталар ва частоталар режалаштиришсиз осон қўшилиши мумкин.

DECT стандартининг функционал ўзига хос хусусиятлари:

- симли алоқа линияларининг сифати - 32k ADPCM;
- барча TDMA-стандартларида энг юқори маълумотлар узатиш тезлиги;
- умумий частота диапазонида турли координацияланмайдиган DECT-тизимларнинг частотавий режалаштиришсиз бирга мавжуд бўлиши;
- турли ишлаб чиқарувчилар воситаларининг мослашувчанлиги (GAP бўлганида);

- сотадан сотага уланиш узилмасдан ўтишнинг таъминданиши (хэндовер). Турли тармоқларда битта трубкага хизмат кўрсатилиши имконияти (хусусий ва умумий фойдаланишдаги);
- катта 10,000 Эрл/кмгача трафикнинг таъминланиши;
- бошқа радио тизимлар билан мослашувчанлиги;
- бошқариш каналининг мавжуд эмаслиги – радио ҳалақитларга бардошлиги;
- паст нурланиш даражаси – саломатлик учун хавфсиз.

DECT- тизимларнинг ривожланиши истиқболлари. DECT - тизимларнинг ривожланиши истиқболларидан кўпроқ ўзига тортадигани DECT ва GSM стандартларининг ўзаро таъсирлашиши имконияти ҳисобланади. Бу ҳар иккала стандартлар TDMA технологияси бўйича рақамли радиоузатишга асосланган. Лекин бу икки стандартлар орасида абонент мобиллигини ва тизимнинг сиғимини таъминлашда мавжуд фарқлар ҳам бор.

DECT симсиз тармоғимобил корпоратив алоқа нимтизимини шакллантирадиган DECT стандартининг микросотали тармоқ учта турдаги қурилмалардан иборат:

- радиокоммутация модули;
- базавий станция;
- мобиль телефон аппаратлари.

Назорат саволлари

1. МРТ 1327 протокли нимаи меъёрлаштиради ва унинг тузилмасини келтиринг?

2. PMR ва PAMR рақамли тизимларидаги синхронлаштириш коди форматининг протоколини ва ҳаракатдаги ва базавий станциялар радиоинтерфейсларида ишлатиладиган протоколларни келтиринг?
3. TETRA стандарти тармоғининг вазифаси ва у қандай қурилмалардан ташкил топган?
4. TETRA стандартида хабарларни узатиш учун каналлар қайси режимларда ишлай олади ва қандай усулларда ташкил этилиши мумкин?
5. Нутқ алоқаси хизмати қайси режимларда ишлай олади ва МУ қандай ташкил этилиши мумкин?
6. Миллий ва ҳудудий даражалардаги тармоқларни қурилиши вариантларини келтиринг ва тушунтиринг.
7. TETRA V + D стандарти радиоинтерфейси учун гипокадр тузилмасини келтиринг.
8. DECT тармоғининг ташкил этилиши принципи.
9. DECT стандартида рухсат этилмаган уланишдан ҳимоялашю.
10. DECT стандарти тизимлари.

Мобил алоқада маълумотларни ҳимоя қилиш масалалари

15-майруза

GSM стандартида маълумотларни ҳимоя қилишни таъминлаш
CDMAли стандартларда маълумотларни ҳимоя қилишни
таъминлаш

Статистик маълумотларга кўра, аналог стандартларда ишлайдиган биринчи авлод сотали телефонлари ёрдамида олиб бориладиган 40 дан 80 % гача радиоалмашинув тасодифан ёки атайин яширинча эшитилади. Бундай турдаги сотали алоқанинг электрон қўлга киритилишини нафақат осон

амалга ошириш мумкин, бунинг устига у аппаратурага катта ҳаражатларни талаб қилмайди ва уни аниқлаш деярли мумкин эмас.

Аналог стандартларда маълумотларни узатиш принципи эфирга радиосигнални олдиндан шифрланмасдан нурлантирилиши ва мос равишда кейинги маълумотларни дешифрланмаслигига асосланган, шунинг исталган киши мос радиоқабуллагични ўша частотага созлаш билан ҳар бир сўзни эшитиши мумкин. Махсус радиоқурилмалардан ташқари, ҳатто эски моделлардаги телевизорларда телевизион каналларнинг юқори полосаларида (67 дан 69 гача) УҚТ-тюнерни секин қайта созлаш йўли билан, баъзан эса оддий радиотюнер ёрдаида сўзлашувларни қўлга киритиш мумкин. Шундай қилиб, аналог мобил сотали телефонлар узатиладиган маълумотларни ҳимоя қилиш нуқтаи назаридан абсолют заиф ҳисобланади. Бу камчилик бошқа маълум камчиликлар билан бирга рақамли ҲСАТларни пайдо бўлишини шартлади.

Иккинчи авлод ҳаракатдаги сотали алоқа тизимлари алоқанинг хавфсизлиги – махфийлик ва аутентификациялаш кафолатланиши шароитларида барча потенциал фойдаланувчиларни қабул қила олади. Махфийлик алоқа каналларидан маълумотларни рухсат этилган фойдаланувчидан ташқари, кимдир олиши имкониятини йўқ қилиши керак. Аутентификациялаш муаммоси, рухсат этилган фойдаланувчидан (жўнатувчидан) ташқари, кимгадир канални ўзгартиришга ҳалақит беришдан, яъни олувчи ҳозирги моментда у рухсат этилган фойдаланувчидан хабарни олаётганлигига ишонч ҳосил қилиши кераклигидан иборат. Махфийликни таъминлашнинг асосий усули шифрлаш ҳисобланади. Шифрлашни хабарларни аутентификациялашнинг усули сифатида ишлатилиши концепцияси нисбатан янги ҳисобланади.

Шифрлашлаш орқали *хабарларни аутентификациялаш* матнга идентификациялаш кодини (яъни олувчи ва жўнатувчи билладиган ёки улар узатиш жараёнида ажратиши мумкин бўлган қайд этилган ёки узатиладиган маълумотларга боғлиқ бўлган сўз) киритилиши ҳисобига амалга оширилади.

Олувчи хабарни очади, таққослаш йўли билан қабул қилинган маълумотлар айнан рухсат этилган жўнатувчи маълумотлари ҳисобланишини тасдиқланишини олади.

Шифрлаш тизимига қуйидаги асосий талаблар қўйилади:

- дастлабки матн ва шифрланган матн орасидаги нозизиқли боғланишлар;
- шифрлаш параметрларини вақт бўйича ўзгартириш.

Агар шифрлаш алгоритми биринчи талабга жавоб берса, у ҳолда калитни билмасдан рухсат этилмаган уланиш далилини аниқлашдан қочиш учун идентификациялаш кодини ўзгартириш имконияти бўлмайди. Иккинчи талаб “аниқловчи” томонидан олдин қабул қилинган ва хотирага ёзилган хабарнинг қайта тикланиши ҳисобига тизимнинг ишлашини бузилиши имкониятини йўқ қилади.

Бу талабларни таъминлаш йўлларида бири синхрон узатиш тизимларининг қўлланилиши ҳисобланади, лекин бунда цикли ва тактли синхронлаштириш тизимлари зарур бўлади, бу кўп ҳолларда маъқул бўлмайди.

Иккинчи йўл вақт белгилари шифрланган маълумотлар билан бир хил боғланган бўлиши учун ахборот кетма-кетлигига (хар бир хабарга) вақт белгиларини киритиш ҳисобланади.

Шифрлаш алгоритмлари қуйидаги иккита синфларга бўлинади:

- классик алгоритмлар;
- очик калитли алгоритмлар.

Классик алгоритмлар шифрлаш-дешифрлаш учун битта калитни ишлатади.

Очик калитли алгоритмлар иккита калитни ишлатади, улардан биринчиси шифрланмаган матндан шифрланган матнга ўтиш учун, иккинчиси эса шифрланган матндан шифрланмаган матнга тескари ўтиш учун ишлатилади. Бинобарин, битта калитни билиш иккинчи калитни аниқланишини таъминламаслиги керак. Бу алгоритмларда одатда шифрлаш

учун ишлатиладиган калитлардан бирини умумий қилиш мумкин ва фақат очиш учун ишлатиладиган калит махфийлаштирилиши керак. Бу ўзига хос хусусият протоколнинг мураккаблигини камайтириш ва алоқа тармоқларида шифрлаш тузилмаларига интеграциялаш учун учун жуда фойдали бўлади.

Очиқ калитли шифрлаш алгоритмлари бир томонлама функцияни, яъни унинг $f(x)$ аниқланиш соҳасидан исталган x ни ҳисоблаш осон бўладиган қандайдир f функцияни аниқланишига қурилган, лекин деярли барча y лар учун унинг қийматлари соҳасидан $y = f(x)$ ҳисобланса бўладиган x ни топиш мумкин эмас. Яъни бир томонлама функция маъқул вақт ҳажида ЭХМ ёрдамида осон ҳисобланадиган алоҳида функция ҳисобланади, лекин тесқари функцияни мавжуд шароитларда ҳисоблаш вақти йўл қўйилмайдиган жуда катта бўлади.

Очиқ калитли биринчи шифрлаш алгоритм RSA (муаллифларлар Rivest, Shamir, Adleman фамилияларининг биринчи ҳарфлари) номланган. Алгоритм қуйдаги муносабат билан боғланган E ва D функцияларга асосланади:

$$D(E(x)) = E(D(x))$$

Бу функциялардан бири хабарларни шифрлаш, бошқаси эса дешифрлаш учун ишлатилади. Алгоритмнинг махфийлиги E (ёки D) функцияни билиш D (ёки E) функцияни осон ҳисоблашни очмайди. Ҳар бир фойдаланувчи E функцияни умумий қилади ва D функцияни махфий сақлайди, яъни X фойдаланувчи учун $E(x)$ очиқ калит ва $D(x)$ ёпиқ калит бўлади. Иккита A ва B фойдаланувчилар RSA алгоритмни исталган шифрланган хабарни узатиш учун ишлатиши мумкин. Агар A абонент M хабарни B абонентга жўнатишни истаса, у ҳолда у буни қуйидагича амалга ошириши мумкин:

- M хабарни шифрлаш;
- M хабарни имзолаш;
- M хабарни шифрлаш ва имзолаш.

Биринчи ҳолда: A абонент қуйидаги калитни ишлатиш билан M хабарни ўзгартирилишини таъминлайди:

$$C = E_e(M)$$

ва уни B абонентга жўнатади. B абонент C ўзгартирилган қийматни қабул қилади ва $db(c) = db(E_e(M)) = M$ қийматни ҳисоблайди.

Иккинчи ҳолда: A абонент $F = Da(M)$ қийматни ҳисоблаш билан M хабарни имзолайди F қийматни B абонентга жўнатади (бу операцияни унга фақат Da калит маълум бўлган A фойдаланувчи амалга ошириши мумкин). B абонент олинган F қиймат бўйича қуйидагини ҳисоблайди:

$$E_a(F) = E_a(Da(M)) = M$$

B абонентга энди M хабар ҳақиқатан A фойдаланувчи томонидан жўнатилгани маълум бўлади. Бу ҳолда M хабарнинг махфийлиги қафолатланмайди, чунки ҳамма E_a умумий калитдан фойдаланиш билан бундай операцияни амалга ошириши мумкин.

Учинчи ҳолда: A абонент қуйидагини ҳисоблайди:

$$F = Da(M) \text{ u } C = E_e(F) = E_e(Da(M))$$

A абонент C ҳисобланган қийматни B абонентга жўнатади. B абонент C қийматни олади ва $db(c) = db(E_e(F)) = Da$ қийматни ҳисоблайди. B абонентга энди $E_a(Da(M)) = M$ қийматни ҳисоблаш билан M хабарни олиш осон бўлади.

Шифрлашоперациясигача ҳар бир M хабар қайд этилган узунликдаги блокларга бўлиниши керак, кейин ҳар бир блок қайд этилган рақамлар сони йиғиндиси сифатида кодланади. RSA кодер ҳар бир кодлаш циклида бундай алоҳида блоклар билан операцияларни бажаради.

RSA очик калитли шифрлаш алгоритми нутқ хабарларини узатилиши хавфсизлигининг юқори даражасини таъминлайди ва янги авлод ҳаракатдаги радиоалоқа рақамли тизимларида фойдаланишга тавсия этилган.

GSM стандартида “хавфсизлик” атамаси тизимдан рухсат этилмаган фойдаланишни йўқ қилиш ва ҳаракатдаги объектларнинг сўзлашувларини

махфийлигини таъминлаш сифатида тушунилади. GSM стандартида куйидаги хавфсизлик механизмлари аниқланган:

- аутентификациялаш;
- маълумотларни узатилишининг махфийлиги;
- абонентнинг махфийлиги;
- абонентларнинг боғланиш йўналишларининг махфийлиги.

Бошқариш сигналлари ва фойдаланувчининг маълумотларини ҳимоя қилиш фақат радиоканал бўйича амалга оширилади.

GSM стандартидага хавфсизлик механизмларини, махфий маълумотларнинг умумий таркибини, шунингдек GSM тизимнинг аппаратлар воситаларида унинг тақсимланишини кетма-кет кўриб чиқамиз. Бунда GSM тавсияларида қабул қилинган атамалар ва белгилашларни ишлатамиз.

Аутентификациялаш механизмлари. Алоқа тизими ресурсларидан рухсат этилган фойдаланишни олдини олиш учун аутентификациялаш механизмлари – абонентнинг ҳақиқийлигини тасдиқлаш киритилади ва аниқланади. Ҳар бир ҳаракатдаги абонент алоқа тизимидан фойдаланиш вақтига абонентнинг ҳақиқийлиги стандарт модулини SIM-картани) олади, у куйидагиларга эга бўлади:

- ҳаракатдаги абонентнинг халқаро идентификацион номери (IMSI);
- ўз индивидуал аутентификациялаш калити (Ki);
- аутентификациялаш алгоритми (A3).

SIM-картага қўйилган маълумотлар ёрдамида ҳаракатдаги станция ва тармоқ орасидаги маълумотларни ўзаро алмашлаш натижасида тўлиқ аутентификациялаш амалга оширилади ва тароққа абонентнинг уланишига рухсат этилади.

Тармоқ томонидан абонентнинг ҳақиқийлигини текшириш процедураси куйидаги тарзда амалга оширилади. Тармоқ тасодикий номерни (RAND) ҳаракатдаги станцияга узатади. Ҳаракатдаги станция RAND, Ki ва

A3 алгоритмдан фойдаланиш билан жавоб таъсири қийматини (SRES) аниқлайди:

$$SRES = K_i [RAND]$$

Ҳаракатдаги станция ҳисобланган SRES қийматни тармоққа жўнатади, у қабул қилинган SRES қийматни тармоқ ҳисоблан SRES қиймат билан солиштиради. Агар ҳар иккала қийматлар мос тушса, ҳаракатдаги станция хабарларни узатишни амалга ошириши мумкин. Акс ҳолда алоқа узилади ва ҳаракатдаги станция индикатори таниш бўлиб ўтмаганлигини кўрсатиши керак.

Махфийлик сабабли SRES қийматни ҳисоблаш SIM доирасида бўлиб ўтади. Махфий бўлмаган маълумотлар (K_i каби) SIM модулда қайта ишланмайди.

Маълумотларни узатилишининг махфийлиги. Шифрлаш калити.

Радиоканал бўйича узатиладиган маълумотларнинг махфийлигини таъминлаш учун қуйидаги ҳимоялаш механизми киритилади. Барча конфиденциал хабарлар маълумотларни ҳимоялаш режимида узатилиши керак. Шифрлаш калитларини шакллантириш алгоритми (A8) SIM модулида сақланади. RAND тасодикий номерни қабул қилганидан кейин ҳаракатдаги станция RAND, K_i ва A8 алгоритмдан фойдаланиш билан SRES жавоб таъсиридан ташқари шифрлашни калитини (K_c) ҳам ҳисоблайди:

$$K_c = K_i [RAND]$$

K_c шифрлаш калити радиоканал бўйича узатилмайди. Ҳам ҳаракатдаги станция, ҳам тармоқ бошқа ҳаракатдаги станция ишлатадиган шифрлаш калитини ҳисоблайди. Махфийлик сабабли K_c ни ҳисоблаш SIMда бўлиб ўтади.

Шифрлаш калитинининг сонли кетма-кетлиги. RAND тасодикий қийматдан ташқари тармоқ ҳаракатдаги станцияга шифрлаш калитинининг сонли кетма-кетлигини узатади. Бу сон K_c нинг ҳақиқий қиймати билан боғланган ва нотўғри калитни шакллантирилишидан қочишга имкон беради. Сон ҳаракатдаги станциядасакланади ва тармоққа узатиладиган ҳар бир

хабарда бўлар эди. Айрим тармоқлар, агар танишга киришиш зарур бўлса ёки тўғри шифрлаш калитидан фойдаланиш билан дастлабки таниш бажарилаётга бўлса, амалдаги шифрлаш калитининг сонли кетма-кетлиг борлиги ҳақида қарор қабул қилади. Алоҳида ҳолларда бу йўл қўйиш таъминланмайди.

Шифрлаш режимини ўрнатиш. Шифрлаш режимини ўрнатиш учун тармоқ ҳаракатдаги станцияга шифрлаш режимига ўтишга СМС (Ciphering Mode Command) командасини узатади. СМС командасини олганидан кейин ҳаракатдаги станция унда бўлган калитдан фойдаланиш билан хабарларни шифрлаш ва дешифрлашга киришади. Узатиладиган маълумотлар оқими бит ортидан битлаб ёки оқимли шифр орқали шифрланади.

Абонентнинг махфийлигини таъминлаш. Радиоканал бўйича узатиладиган хабарларни қўлга киритиш йўли билан абонентни аниқланишини (идентификацияланишини) олдини олиш учун алоқа тизимининг ҳар бир абонентига фақат жойлашиш зонаси (LA) чегараларида амал қиладиган “вақтинчалик шахсни тасдиқлаш гувоҳномаси” – фойдаланувчининг идентификацион номери (TMSI) тайинланади. Бошқа жойлашиш зонасида унга янги TMSI тайинланади. Агар абонентга ҳали вақтинчалик номер тайинланмаган бўлса (маслан, ҳаракатдаги станциянинг биринчи уланишида), идентификациялаш халқаро идентификацион номер (IMSI) орқали ўтказилади. Аутентификацияла процедураси тугаганидан ва шифрлаш режими бошланганидан кейин TMSI вақтинчалик идентификацион номер ҳаракатдаги станцияга фақат шифрланган кўринишда узатилади. Бу TMSI тизимга барча кейинги уланишларда ишлатилади. Агар ҳаракатдаги станция янги жойлашиш соҳасига ўтса, у ҳолда унинг TMSI номери, у абонентга берилган зонанинг (LAI) идентификацион номери билан бирга узатилиши керак.

Жойлашиш ўрнини тузатилиши процедурасида махфийликни таъминланиши. Жойлашиш ўрнини бошқариш каналлари бўйича тузатилиши процедурасининг бажарилишида MS ва BTS орасида абонентларнинг TMSI вақтинчалик номерларига эга бўлган хизмат

хабарларни алмашлаш амалга оширилади. Бу ҳолда радиоканалда TMSIни қайта номланишини ва уларни аниқ бир абонентга тегишлилигининг махфийлиги таъминланиши керак.

Абонент алоқа сеансини ўтказаетганда ва бунда у битта жойлашиш ўрнидан бошқасига ўтишни амалга ошираётганда *i* жойлашиш ўрнини тузатилиши процедурасида махфийлик қандай таъминланишини кўриб чиқамиз.

Бу ҳолда ҳаракатдаги станция VLR ўтиш рўйхатга олиш регистрида мос олдинги жойлашиш зонасида TMSI вақтинчалик номер билан рўйхатдан ўтган бўлади. Янги жойлашиш зонасига киришда LAI жойлашиш ўрни номи билан бир вақтда узатиладиган эски радиоканалда шифрланган TMSI бўйича ўтказиладиган таниш процедураси амалга оширилади. LAI коммутациялаш марказига ва бошқариш марказига ҳаракатдаги станциянинг ҳаракатланиши йўналиши ҳақидаги маълумотларни беради ва абонентнинг мақоми ва унинг маълумотлари ҳақида олдинги жойлашиш зонасидан сўрашга имкон беради, бу билан бошқариш радиоканаллари бўйича бу хизмат хабарларини амлашлашни йўқ қилади.

Махфий маълумотларнинг умумий таркиби ва уларни аппаратлар воситаларида тақсимланиши. GSM стандартида амалда бўлган кўриб чиқилган хавфсизлик механизмларига мувофиқ қуйидаги маълумотлар махфий ҳисобланади:

- RAND – ҳаракатдаги абонентни аутентификациялаш учун ишлаиладиган тасодикий сон;
- жаъвоб таъсири қиймати – олинган тасодикий сонга ҳаракатдаги станциянинг жавоби;
- жаъвоб таъсири қиймати ва шифрлаш калити учун ишлатиладиган фойдаланувчининг индивидуал аутентификациялаш калити;
- радиоканалда фойдаланувчининг хабарлари, бошқариш сигналлари ва маълумотларини шифрлаш/дешифрлаш учун ишлатиладиган шифрлаш калити;

- тасодифий сондан жавоб таъсири қийматини K_i калитдан фойдаланиш орқали ҳисоблаш учун ишлатиладиган аутентификациялаш алгоритми;

- тасодифий сондан K_i калитдан фойдаланиш орқали K_c ни ҳисоблаш учун ишлатиладиган шифрлаш калитини шакллантириш алгоритми;

- K_c калитдан фойдаланиш орқали фойдаланувчининг хабарлари, бошқариш сигналлари ва маълумотларини шифрлаш/дешифрлаш алгоритми;

- шифрлаш калитли кетма-кетлигининг номери узатиш ва қабуллаш томонларида турли калитларнинг ишлатилишини олдини олиш учун ҳақиқий K_c сонини кўрсатади;

- фойдаланувчининг халқаро идентификацион номери.

14.1-жадвалда GSM алоқа тизими аппаратлар воситаларида махфий маълумотларнинг тақсимланиши келтирилган.

14.1-жадвал

GSM алоқа тизими аппаратлар воситаларида махфий маълумотларнинг тақсимланиши

| № | Аппаратлар воситалари | Махфий маълумот тури |
|---|---|--|
| 1 | Ҳаракатдаги станция (SIMсиз) | A5 |
| 2 | Абонентнинг ҳақиқийлиги модули (SIMсиз) | A3; A8; IMSI;; NMSI/LAI; K_c /CKSN |
| 3 | Аутентификациялаш маркази (AUC) | A3; A8; IMSI; K_i |
| 4 | Жойлашиш ўрни регистри (HLR) | IMSI/RAND/SPES/ K_c гуруҳи |
| 5 | Ҳаракатланиш регистри (VLR) | /RAND/SPES/ K_c , IMSI/LAI/ K_c /CKSN гуруҳи |
| 6 | Коммутациялаш маркази (MSC) | A5; TMSI/IMSI/ K_i |
| 7 | Базавий станция контроллери (BSC) | A5; TMSI/IMSI/ K_i |

HLR, VLR ва MSC орасида хабарларни алмашларда махфийликни таъминлаш. Барча хавфсизлик томонларига жавоб берадиган асосий объект

аутентификациялаш маркази (AUC) ҳисобланади. бу марказ алоҳида объект бўлиши ёки қандайдир қурилманинг, масалан, жойлашиш ўрни регистри (HLR) таркибига кириши мумкин. AUCни қандай бошқаришни тармоқни илатиш топширилган қурилма ҳал этади. GSMнинг AUC билан интерфейси аниқланмаган.

AUC қуйидаги масалаларни ҳал этади:

- фойдаланувчиларнинг K_i индивидуал аутентификациялаш калитларини ва уларга мос абонентларнинг халқаро идентификацион номерларини (IMSI) шакллантириш;

- ҳар бир IMSI учун RAND/SRES/ K_c тўпламини шакллантириш ва зарурат бўлганида HLR учун бу гуруҳларни очиш;

Агар бу ҳаракатдаги станция янги VLRли жойлашиш зонасига ўтса, янги VLR бу ҳаракатдаги станция ҳақидаги махфий маълумотларни олиши керак. Бу қуйидаги иккита усуллар орқали таъминланиши мумкин:

- ҳаракатдаги станция ўз халқаро IMSI номери бўйича идентификациялаш процедурасини ўтказди. Бунда VLR HLR жойлашиш ўрни регистрдан бу IMSIга тегишли бўлган RAND/SRES/ K_c маълумотлар гуруҳини сўрайди;

- ҳаракатдаги станция LAI жойлашиш зонаси номили аввалги вақтинчалик TMSI номердан фойдаланиш билан аутентификациялаш процедурасини ўтказди. Янги VLR олдинги VLRни халқаро IMSI номерни ва бу TMSI/LAIга тегишли бўлган RAND/SRES/ K_c дан қолган гуруҳларни сўрайди.

Агар ҳаракатдаги станция узоқроқ даврга VLR да қолса, у ҳолда бир қанча аутентификациялашли уланишлар сонидан кейин VLR махфйлик мулоҳазаларига кўра HLRдан янги RAND/SRES/ K_c гуруҳларини алаб қилади. Бу барча процедуралар GSM 09.02 тавсияларида аниқланган.

Аутентификациялаш текшируви VLRда бажарилади. VLR коммутациялаш марказига (MSC) RANDни жўнатади ва мос SRES жавоб таъсирларини қабул қилади. Ижобий аутентификациялашдан кейин TMSI

IMSI билан жойлаштирилади. TMSI ва ишлатиладиган K_c шифрлаш калити коммутациялаш марказига (MSC) жўнатилади. Бу процедуралар GSM 09.02 тавсияларида аниқланади.

Абонентнинг ҳақиқийлиги модули. GSM стандартида шифрлаш режимини киритилиши ҳаракатдаги станцияларга алоҳида талабларни қўяди. Хусусан, абонентнинг IMSI халқаро идентификацион номерига боғлиқ бўлган фойдаланувчининг K_i индивидуал аутентификациялаш калити юқори ҳимоялаш даражасини таъминлайди. У аутентификациялаш процедурасида ҳам ишлатилади.

SIM абонентнинг ҳақиқийлиги модули аниқ бир абонент ҳақидаги тўлиқ маълумотлар ҳажмига эга бўлади. SIM конструктив жиҳатдан ўрнатилган электрон схемали карта кўринишида ишлатилади. SIMни киритилиши ҳаракатдаги станцияни мобил қилади, чунки исталган абонент ўз шахсий SIM-картасидан фойдаланиш билан GSM тармоғига исталган ҳаракатдаги станциядан уланишни таъминлаши мумкин.

SIM-картадан рухсат этилмаган фойдаланиш SIM-картага индивидуал идентификацион номернинг (PIN) киритилиши билан йўқ қилинади, у фойдаланувчига алоқа тизимида ишлашга рухсат олишда ва унинг индивидуал абонентлар қурилмасини рўйхатга олишда тайинланади. SIM модулининг асосий характеристикалари GSM 02.17 тавсияларида аниқланган.

Хулосада таъкидлаш керакки, GSM стандартида танланган махфийлик усуллари ва уларни илатилиши усуллари шифрлаш амалга оширилиши керак бўладиган узатиладиган ахборот блокларининг асосий элементлари ва узатиш йўнаилишини (HLRдан VLRга RAND/SRES/ K_c ; радиоканалда RAND ва SRES) аниқлади. GSM стандартида махфийлик режими таъминлаш учун абонентларнинг боғланиши вақтини минималлаштириш масалалари ҳал этилган. GSM стандарти бўйича сотали радиоалоқа тизимларини ташкил этишда хавфсизлик томонларини қўлланилишида бирмуна эркинлик мавжуд. Хусусан, AUC аутентификациялаш марказидан фойдаланиш масалалари

(тамроқ билан интерфейс, аппаратли воситаларда AUCни тузилмавий жойлаштириш) стандартлаштирилмаган. Фойдаланувчиларнинг ёпик гуруҳларини ва GSMда қабул қилинган устиворликлар тизимларини шакллантиришга қатъий тавсиялар йўқ. Шунга кўра, GSM стандартини ишлатадиган ҳар бир алоқа тизимида бу масалалар мустақил ҳал этилади.

Лекин исталган техник ихтиро потенциал хавф бўлиши мумкин салбий томонларга ҳам эга бўлади. Бундан ҳар хил ғаразгўйлардан етарлича яхши ҳимояланган бўлишига қарамасдан иккинчи авлод ХСАТ тизимлар ҳам холи эмас.

Замонавий сотали операторларнинг мавжуд муаммоларидан бири ҳар хил телефон фродлари (ингл. fraud – фирибгарлик) турлари билан курашиш ҳисобланади. Бу шартномалар ва ҳисоблар билан фириблар, сотали телефонларни ўғирланиши ва клонлаштирилиши, шунингдек сотали компанияларни алдашнинг бошқа усталик билан қилнадиган усуллари ҳисобланади. Мутахассисларнинг баҳолашларича, бутундунё бўйича операторларнинг фирибгарликлардан йўқотишлари йилига 20–25 миллиард долларларниташкил этади.

Замонавий телефонларни клонлаштиришнинг умумий схемаси.

Аналог стандартлар (AMPS, NMT-450 ва ҳ.к.) асосида ишлайдиган мобил телефонларда фирибгарлар сканерлар ёрдамида бегона телефонни идентификациялайдиган сигнални қўлга киритади, бу билан улар базавий станциянинг сўровларига очик радиосигнал бўйича жавоб беради, ундан ESN идентификациялайдиган номерни ажратади ва бу номерлар билан ўз телефонларини қайта дастурлаштиради. Натижада, бу аппаратдан сўзлашув нархи бу номерлар ўғирланган абонентнинг ҳисобига киритилади.

Номерларнинг ўғирланиши ишлар ҳудудларида ва инсонлар кўп тўпланадиган шоссе, йўл тирбандликлари, боғлар, аэропортларда бўлиб ўтади. Жуда енгил, кичик ҳажмли, автоматик қурилма ёрдамида ирибгар қулай жойни танлаши ва аппаратрани ўчириш билан қисқа вақт ичида ўз қурилмасининг хотирасини кўп онли ноаерлар билан тўлдириши мумкин.

Энг хавфли қурилма сканер, компьютер ва сотали телефон комбинацияси ҳисобланадиган сотали кэш-бокс ҳисобланади. У ESN номерларни осон аниқлайди ва ёдда сақлайди ва ўзини уларга автоматик дастурлаштиради.

Иккинчи авлод телефонларида нима бўлади, бу ерда SIM-карталарни клонлаштириш бўлиб ўтади. 1998 йилнинг апрелида америкадик олимлар гуруҳига GSM стандартининг телефони учун SIM-карта нусхасини тайёрлашга эришилганидан кейин бу технология жинойтчиларга маълум бўлди. GSM стандартида эскирган стандартлардаги каби оддий сканерлаш ва туркум номерни ажратиш олиш мумкин бўлмасда, бегона SIM-картани бир неча соатга олиш етарли, айнан унга кодни танлашга вақт керак бўлади. GSM стандартини ишлаб чиқувчилари кўплаб ўз вақти учун янги асл теник ечимларни қўллашга эришди, бу туфайли GSM стандарти иккинчи авлод стандартлари орасида тан олинган етакчи ҳисобланади. Шунга қарамай, иккинчи авлод секин бўлсада ўтмишда қолмоқда.

Иккинчи авлод тизимларининг камчиликлари GSM стандартида куйидаги учта криптографик алгоритмларнинг ишлатилиши ҳисобланади:

- A3 – аутентификациялаш алгоритми;
- A5 – маълумотларни шифрлаш алгоритми;
- A8 – шифрлаш калитларини шакллантириш алгоритми.

A3 ва A8 алгоритмлар GSM стандартида сотали алоқа хизматларини тақдим этадиган ҳар бир аниқ компания-оператор томонидан модификациялаши мумкин. A5 алгоритми катта сир ҳисобланади. У GSM MoU Association халқаро компаниясининг мулки ҳисобланади. Бу бир қарашда стандартнинг салмоқли камчилиги, чунончи криптограиянинг асосий қоидаси – Керкхофф қоидаси билдирадигани, махфий калитнинг қийматидан ташқари, бутун шифрлаш механизми рақибга далилларга асосланмаган маълум ҳисобланади.

A5 алгоритми ҳақида маълумотлар мумкин эмаслигига кўра, у ҳақда етарлича қарама-қарши маълумотлар мавжуд. Битта манбалар бўйича A5

алгоритми бўйича шифрлаш кодловчи псевдо-тасодифий кетма-кетли (ПТКК) ва ҳар бир нормал слотдаги 114-ни ахборот бити орасидага “инкор килувчи ЁКИ” операциясининг бажарилишидан иборат. Кодловчи ПТККнинг параметрлари гиперкадрдаги слотнинг номери ва боғланишнинг ўрнатилиши жараёнида А8 алгоритмидан фойдаланиш орқали бериладиган калит ҳисобланади. Дешифрлаш жараёни тескари операция ҳисобланади.

Бошқа манбаларга мувофиқ, узатиладиган маълумотларни шифрлаш ва тизимнинг фойдаланувчилари маълумотларини ёпиш RSA очиқ калитли шифрлаш алгоритми бўйича бўлиб ўтади. Лекин исталган ҳолда А5 алгоритми 1987 йилда қабул қилинган, ундан буён криптографиядаги вазият сезиларли ўзгарди. Шунга кўра, Хавфсизлик алгоритмлари бўйича таҳлилчилар гуруҳи (SAGE) томонидан GSM учун янги А5/3 хавфсизлик алгоритми ишлаб чиқилди. У 3GPP ишлаб чиққан техник талабларга асосланади. А5/3учун асос учинчи авлод мобил тизимларида маълумотларнинг конфиденциаллиги ва яхлитлиги алгоритмлари учун ядро сифатида ишлатиш учун 3GPP томонидан тасдиқланган Касуми алгоритми хизмат қилади. Касуми алгоритми ўз навбатида, Mitsubishi корпорацияси томонидан ишлаб чиқилган MISTY алгоритмидан олинган.

А5/3 алгоритми жаҳон мобил тармоғига тўлиқ интеграцияланишига ва А5 алгоритмини янгисига алмаштириш бўлиб ўтишигача анча вақт талаб қилинади. Эҳтимол, бу учинчи авлод мобил алоқа даврининг бошланиши ва иккинчи авлод лоиҳаларини жанлантиришга оситаларнинг сарфланишининг истиболсиз эканлиги туфайли бўлиб ўтмайди.

Шундай қилиб, GSM стандартининг, шунингдек бошқа иккинчи авлод стандартларининг энг асосий камчилиги эски (ишлаб чиқилиши санаси – XX асрнинг 70–80-нчи йиллари), мос равишда ҳозирги вақтбўйича ишончсиз (ҳозирги вақтда GSM стандартида қўлланиладиган 40-разрядли шифрлаш калитлари тажрибали мутахассис томонидан қувватли компьютер ёрдамида бир неча минутлар давомида аниқланиши мумкин) маълумотларни криптографик ҳимоялаш воситаларининг ишлатилишидан иборат.

Учинчи авлодтизимларида хавфсизликни таъминлаш учун дастлаб 2000 йилда 3GPP учун SAGE иккита алгоритми ишлаб чиқди, улар UMTS тармоғи бўйича узатиладиган маълумотларнинг конфиденциаллиги ва яхлитлигини ҳимоялашни амалга ошириш учун ишлатилади.

UMTS тиимлар операторлари орқали ишлатиладиган аутнтификациялаш ва калитларни тақсимлаш адгоритмлари ҳам ишлаб чиқилган. Битта MILENAGE номи билан юритиладиган бу алгоритмлар 2000 йилнинг декабрида яқунланган ва 2001 йилда эълон қилинган. Бу ерда ядро сифатида маълум Rijndael алгоритми ишлатилган бўлиб, у Америка сатндартлар ва технологиялар институти (NIST) томонидан миллий шифрлаш стандарти (AES – Advanced Encryption Standard) сифатида танланган. Шундай қилиб, иккинчи авлоднинг ҳар иккла камчиликлари учинчи авлод технологиялари ҳал этилади. Барча алгоритмлар аниқланган ва уларда кариптографиядаги сўнгги ютуқлар қўлланилмоқда.

IS-95 стандартида алоқанинг хавфсизлиги ва конфиденциаллиги. IS-95 стандартида каналли кодлаш ва узатиладиган сигнал Уолш кетма-кетликларининг 64 та турлари ва 2^{15} ва $(2^{42}-1)$ элементлар соними псевдотасодикий кетма-кетликлар асосида шакллантирилган таркибий КПС ёрдамида кейинги “кенгайтириладиган” навбатлаштиришга асосланган мураккаб радиоинтерфейснинг қўлланилиши узатиладиган хабарларнинг юқори хавфсизлиги даражасини таъминлашга имкон беради. Бундан ташқари, алоқанинг хавфсизлиги хабарларни аутнтификациялаш ва шифрлаш процедураларининг қўлланилиши билан ҳам таъминланади.

Аутнтификациялаш процедураси учун MSда битта A калит ва битта умумий махфий маълумотлар тўплами, ҳам каналлар частота бўйича ажратиладиган режимда, ҳам CDMA режимида ишлашда сақланади. Аутнтификациялаш 18 битда иборат “электрон имзони” узатилиши йўли билан амалга оширилади, устанцияни қидиришда тармоқнинг сўровига MS жавобида хабарнинг бошланишида узатилади ва рўйхатга олиш хабарига ёки уланиш канали бўйича узатиладиган маълумотлар пакетига қўшилади.

Аутентификацион умумий махфий маълумотлар тўпламини алмаштириш имконияти кўзда тутилади.

Алоқа канали бўйича узатилиши керак бўлган сигналларни шифрлаш IS-54 стандартига мувофиқ амалга оширилади. Бундан ташқари, “Алоқанинг хусусий характери” режими бўлиши мумкин, бунинг учун IS-54 стандартидагига ўхшаш узун код кўринишидаги махфий ниқоб кўзда тутилади.

Алоқанинг энг юқори конфиденциаллиги кўп босқичли кодлаш билан шартланади, уни расшифровкалаш бир неча сермашаққат йилларни талаб қилади. Агар аналог стандартлар сигналларини дўконларда эркин сотиладиган энг одий ўлчаш қабуллагичлари орқали яширин эшитиш мумкин бўлсада, у ҳолда GSM ва DAMPS стандартлари сигналларини эфирдан яширин эшитиш учун такомиллашган падионазорат қилиш аппаратураси зарур бўлади.

CDMA технологияси сигналларини эфирда яширин эшитишга нима тегишли бўлади, бундаоширилган криптобарқарорлик ва шовқинлар остида яширинганлик туфайли бу масала жуда мураккаб ҳисобланади. Криптобарқарорлик, ҳалақитбарқарорлик ва ҳалақитбардошлик каби сифатларнинг аккумуляторлар батареялари сиғимининг пасайтирилган сарфланиши билан бирга CDMA технологиясини куч тузилмалари ва идоралари эҳтиёжлари учун қўллашга имкон беради.

Назорат саволлари

1. Шифрлаш орқали аутентификациялаш қандай амалга оширилади?
2. GSM тандартида қандай икки синфдаги шифрлаш алгоритмлари ишлатилади?
3. Аутентификациялаш механизмини тушунтиринг.
4. Жойлаши ўрнини тузатиш процедурасида махфийлик қандай таъминланади?

5. Иккинчи авлод стандартларида маълумотларни химоялашдаги камчиликлар ва улар учинчи авлод стандартларида қандай ҳал этилади?

6. IS-95 стандартида алоқанинг хавфсизлиги ва конфиденциаллиги қандай таъминланади?

Мобил алоқанинг электромагнит мослашувчанлиги

16-март

Радиоалоқа тармоқлари ЭММни баҳолаш

РЭТ ЭММ тенграмаси

ЭММни таҳлил қилишда ва ҳаракатдаги алоқа тармоқларини лойиҳалаштиришда сигналларни тарқалиши модели

Радиоалоқа тармоқлари ЭММни баҳолаш. Ҳозирги вақтда радиочастоталар спектридан фойдаланувчилар сонини оммавий ортиши туфайли РЭТ ЭММ муаммоси нафақат алоҳида радиоалоқа хизматлари доирасида, балки турли хизматлар орасида ҳам жуда муҳим аҳамиятга эга бўлиб бўлиб бормоқда. Бу муаммонинг мувафқиятли ечилишини, аввало, чекланган частоталар ресурсларида умумий фойдаланишдаги радиоалоқа тармоқларининг потенциал сиғимини сезиларли оширишга имкон берадиган янги спектрал самарадор радиотехнологияларнинг ривожланиши билан боғлаш зарур. Бу комплекс муаммо маълумотларни ташувчи сифатида радиосигналлар, уларни генерациялаш, ишлов бериш ва нурлантириш (қабул қилиш) воситалари ва радиоалоқани ташкил этиш усуллари ўз ичига оладиган, барчаси биргаликда фойдаланувчилар каналларини частота, вақт, код ва фазо бўйича (ёки улар биргаликда) ажратиш усуллари асосида тармоққа кўп томонлама (кўп станцияли) уланишни аниқлайдиган замонавий алоқа тармоқлари радиоинтерфейсининг барча элементларини бирлаштиради.

РЭТ электромагнит мослашувчанлиги деганда уларнинг реал ишлаш шароитларида уларга атайин бўлмаган радиоҳалақитлар таъсирларида талаб қилинадиган сифатда бошқа радиовоситаларга йўл қўйилмайдиган радиоҳалақитларни ҳосил қилмасдан бир вақтда ишлай олиши тушунилади. Бошқача айтганда РЭТ ЭММ бу РЭТнинг бурилган электромагнит ҳолатда сифат кўрсаткичларини рухсат этилган қийматдан ёмонлашмасдан ишлаши хусусияти ҳисобланади. Электромагнит мослашувчанлик деганда маконнинг каралаётган соҳасида турли радиоалоқа хизматлари РЭТларининг электромагнит майдонлари бирлиги тушунилади. РЭТ ЭММни баҳолаш РЭТларни бирга ишлаши шароитларини мослаштириш жараёнининг умумий масаласи ва ажралмас қисми ҳисобланади. РЭТ ЭММни баҳолашни боришида бу электромагнит ҳолатда ЭММ мезонини қониқтирадиган шароитлар ишлаб чиқилади. Бу шароитлар қуйидагиларни ўз ичига олиши мумкин:

- жойлаштиришга ҳудудий чеклаш;
- ҳарқитга учрайдиган станцияга йўналишда станция – ҳалақит қилувчи сигналлар манбаининг ЭНИҚни чеклаш;
- ҳимоя полосалари ва РЭТга частотавий чеклашлар;
- узатиш ва қабуллаш антенналарининг йўналтирилганлик диаграммалари ён проқчаларини зарур сўндириш қиймати;
- РЭТни жойлаштирилиши параметрларини ва антенналарнинг йўналтирилиши оптималлаштириш ва бошқалар.

ЭММни таъминлаш мезони сифатида одатда атайин бўлмаган радиоҳалақитлар таъсирлари шароитларида талаб қилинадиган ишлаш сифатини таъминлайдиган радиоқабуллагичнинг ҳимоялаш нисбати – қабуллагичнинг киришидаги рухсат этиладиган сигнал/радиоҳалақит нисбати қабул қилинади. Ҳимоялаш нисбатининг сонли қиймати ҳалақит сигналининг турига боғлиқ бўлади. Баъзан радиоқабуллагичнинг ҳимоялаш нисбати қиймати унинг чизиқли қисмидаги ўтказиш полосасига (аралаш

канал) олиб келади, яъни қабуллагичнинг танловчанлик хоссалари ҳисобга ҳалақитларнинг сўндирилишини ҳисобга олмайди.

РЭТ ЭММ муаммоларини ҳал этиш учун ташкилий ва техник муаммолар ишлатилади. ЭММни таъминлашнинг техник чоралари РЭТнинг техник параметрларини ўзгариши билан (масалан, узаткичларнинг ташқи полосали ва ён нурланишлари сатҳларининг камайиши, қабуллагичларнинг танловчанлик хоссаларининг ошиши, антенналар йўналтирилганлик диаграммаларининг ён япроқчалари сатҳларининг камайиши ва ҳ.к.) асосланади. Ишлатишда бўлган РЭТлар учун ЭММни таъминлашнинг энг маъқул ва амалий чоралари ташкилий чоралар ҳисобланади. Улар РЭТга кўйиладиган частотавий, ҳудудий, вақт бўйича ва фазовий чеклашларни киритилиши билан бирга бўладиган, буларнинг барчаси спектрдан самарали фойдаланиш талабларига жавоб берадиган қуруқликдаги ҳаракатдаги алоқа тармоқларининг частотавий-ҳудудий режалаштирилишининг(ЧХР) асоси ҳисобланадиган ишчи частоталарни оқилона тайинланишини ўз ичига олади.

РЭТ ЭММ тенгламаси РЭТнинг талаб қилинадиган ишлаш сифати таъминланадиган РЭТ фойдали сигнали (радиоҳалақитлар рецептори) ва ҳалақит қилувчи сигналлар (атайин бўлмаган радиоҳалақитлар манбалари) энергетик, частотавий ва фазовий параметрларининг ўзаро алоқасини ўрнатади. Одатда ЭММ тенгламаси ЭММни баҳолаш бири фойдали сигнал қабуллагичи, иккинчи РЭТ эса атайин бўлмаган ҳалақитлар манбаи ҳисобланадиган иккита РЭТлар учун ўтказиладиган “дуэлли” вазият учун тузилади. Умумий ҳолда атайин бўлмаган ҳалақитларнинг бир неча манбаларини ҳисобга олиш мумкин.

РЭТ ЭММни таҳлил қилишда ҳисобга олиниши зарур бўладиган энг муҳим омиллар трассада радиотўлқинларнинг тарқалишидаги йўқотишлар ва қабул қилинадиган сигналлар ва радиоҳалақитлар сатҳларининг флукутацияси ҳисобланади. Радиоканал бўйича маълумотларни сифатли узатилиши, агар қуйидаги иккита шарт бажарилса, таъминланади деб ҳисобланади:

- ҳам кўп нурлилиқ, ҳам радиотўлқинларнинг тарқалиши йўналишидаг тўсиқлар вужудга келадиган сигналнинг сўнишлари билан шартланадиган фойдали сигналнинг флукуацияси фойдали сигналнинг жадаллигини қабуллагичнинг сезгирлигидан (радиоқабуллагичнинг ҳал қилувчи қурилмаси чиқишида рақамли сигналларни хато қабул қилинишининг талаб қилинадиган эҳтимоллиги орқали аниқланадиган) берилган η_S вақт фоизидан ортиқ бўлмаганга камайишига олиб келади;
- фойдали сигналнинг ва атайин бўлмаган радиоҳалақитларнинг флукуацияси радиоқабуллагичнинг киришидаги ҳимоя қийматидан сигнал/ҳалақитлар нисбатини берилган η_I вақт фоизидан ортиқ бўлмаганга камайишига олиб келади

Ҳаракатдаги алоқа учун ажратилган тўлқинлар диапазонларида фойдали ва ҳалақит қилувчи сигналлар жадалликларининг флукуациялари логарифмик нормал қонунга бўйсунди, яъни қабуллаш жойидаги фойдали ва ҳалақит қилувчи сигналларнинг қуввати қуйидаги тарзда ёзилиши мумкин:

$$P_S = P_{OS} + X_S,$$

$$P_I = P_{OI} + X_I, \quad (16.1)$$

бу ерда P_{OS} ва P_{OI} – сигнал ва радиоҳалақитлар қувватлари медиан қийматлари;

X_S ва X_I – бу сатҳларнинг флукуацияси чуқурлигини аниқлайдиган σ^2 дисперсияли ва нолинчи ўртача қийматли тасодифий гаусс қийматлар (одатда кичик ва ўрта қаватларли биноларли шаҳарлар учун стандарт оғиш $\sigma = 6$ дБ, шаҳар олди ва қишлоқ жойлари учун $\sigma = 4$ дБ).

У ҳолда фоизларда берилган η_S ва η_I қуйидаги эҳтимолликлар интеграллари орқали аниқланади:

$$\eta_S = 100 \cdot P(P_S > P_{мин}) = 100 \int_{k_s}^{\infty} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \frac{dt}{\sqrt{2\pi}}, \quad (16.2)$$

$$\eta_I = 100 \cdot F(P_S - P_I < A_{BX}) = 100 \int_{k_I}^{\infty} \exp\left(\frac{-t^2}{2}\right) \frac{dt}{\sqrt{2\pi}},$$

бу ерда $P_{\text{мин}}$ – радиоқабуллагичнинг сезгирлиги; $A_{\text{ВХ}}$ - радиоқабуллагичнинг киришидаги ҳимоявий нисбат; k_S ва k_I – радиоалоқа сифатини берилган сатҳдан ёмонлашиши вақтининг рухсат этиладиган фоизини ҳисобга оладиган коэффициентлар.

Таъкидлаймизки, агар $\eta_S = \eta_I = 5\%$ (что обычно принимается в качестве вероятностного критерия оценки границы зоны покрытия сотовой сети) бўлса, у ҳолда $k_S = k_I = k = 1.65$ бўлади, бу сигналнинг бўсағавий сатҳларини ва сигнал/ҳалақитлар нисбатини характерлайди. Бўсағавий сатҳларнинг камайиши абонентларга сифатсиз хизмат кўрсатиш вақтини оширишга олиб келиши мумкин.

(16.2) формулаларда кўрсатилган шартлар, агар қуйидаги нисбат ўз ўрнига эга бўлса, η_S ва η_I вақт фоизларида бажарилади:

$$P_{OS} = P_{\text{мин}} + k\sigma \quad (16.3)$$

$$P_{OS} - P_{OI} = A_{\text{ВХ}} + k \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma \quad (16.4)$$

бу ерда $k\sigma$ – радиотелефон тизимида радиоқабуллагич киришида таъминланадиган фойдали сигналнинг сўнишига захира.

Ҳарактдаги алоқа радиотармоқларидаги қувватлар мувозанати тармоқнинг хизмат кўрсатиш зонаси чегараларида доимо талаб қилинадиган нисбат бажариладиган тарзда танланиши керак, бирга ишлайдиган тармоқлар орасидаги ҳудудий ёки частотавий сурилиши (16.4) шарт бажариладиган бўлиши керак. Юқорида қабул қилинган фойдали сигналнинг сўнишига захира СЕРТ Тавсияларида кўрсатилган сотали алоқа рақамли ва аналог тизимлари мобил станцияларини ҳимоялаш учун сигналнинг минимал майдон кучланганлигини таъминлаш талабларига мос келади.

Сотали алоқа тармоқлари РЭТ энергетик параметрлари ҳр бир тармоқ базавий станциясини (БС) талаб қилинадиган камраб олиш зонаси радиусини таъминлаш шартдаридан танланиши керак. БС камраб олиш зонаси радиуси РЭСлар орасидаги худудий сурилишқийматини ҳисоблашда ҳисобга олиниши керак.

Шундай қилиб, (16.3) ва (16.4) шартларга асосланиш билан РЭТ ЭММ тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилиши мумкин:

$$P_{\text{МИН}} - P_{\text{ОИ}} \geq A + k \cdot (\sqrt{2} - 1) \cdot \sigma, \quad (16.5)$$

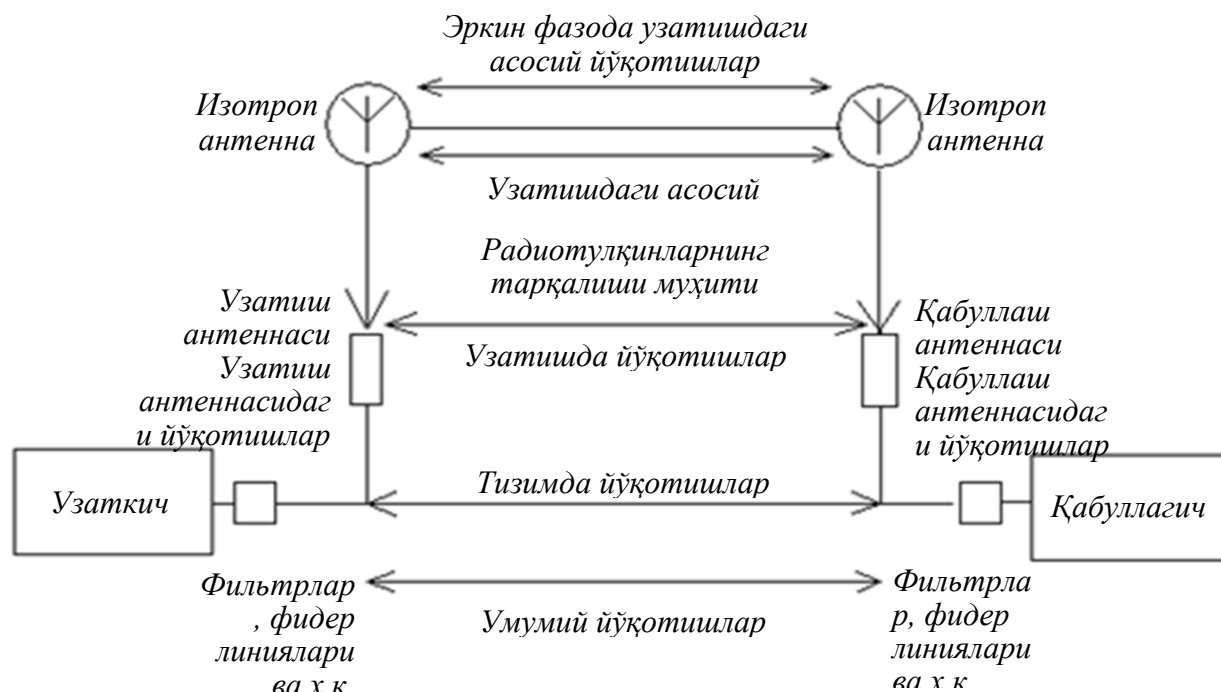
бу ерда $P_{\text{МИН}}$ – радиоқабулагичнинг (РҚ) сезгирлиги (радиоҳалақитлар рецептори), дБВт; A – аралаш каналдаги РҚ ҳимоявий нисбати, дБ; $k \cdot (\sqrt{2} - 1) \cdot \sigma$ – сигнал ва радиоҳалақитларнинг сўнишига захира, дБ; $P_{\text{ОИ}}$ – РҚ киришидаги радиоҳалақитлар қуввати, дБВт.

Ўз навбатида $P_{\text{ОИ}}$ қуйидагича аниқланади:

$$P_{\text{ОИ}} = P_{\text{РУ}} + G_{\text{РУ}}(\varphi_{\text{РУ}}) + G_{\text{РҚ}}(\varphi_{\text{РУ}}) + U_{\text{РУ}} + U_{\text{РҚ}} + N(\delta f) - L(R), \quad (16.6)$$

бу ерда $P_{\text{РУ}}$ – радиоҳалақитлар манбаи узаткичининг қуввати, дБВт; $G_{\text{РУ}}(\varphi_{\text{РУ}})$ – РУ антеннасининг РҚ йўналишидаги кучайтириш коэффициенти, дБ; $G_{\text{РҚ}}(\varphi_{\text{РУ}})$ - РҚ антеннасининг РУ йўналишидаги кучайтириш коэффициенти, дБ; $U_{\text{РУ}}, U_{\text{РҚ}}$ – РУ ва РҚ антенна-фидер трактидаги сўниш, дБ; $N(\delta f)$ – РҚ чизикли трактидаги радиоҳалақитларнинг сўниши, дБ; $\delta f = f_{\text{РУ}} - f_{\text{РҚ}}$ – частотавий носозланиш, МГц; $L(R)$ – РУдан (бу ҳолда радиоҳалақитлар манбаи) РҚга (радиоалақитлар рецепторига) сигналларни тарқалиши трассасидаги йўқотишлар, дБ. Бу йўқотишлар узатувчи изотроп антенна киришидан қабул қилувчи изотроп антенна чиқишигача ҳисобанадиган асосий затиш йўқотишлари дейиш қабул қилинган.

16.1-расмда радиооқа линиясининг тузилмаси ва узатиш йўқотишлари хақида тушунча учун ишлатиладиган асосий атамалар тасвирланган.



16.1-расм. Радиоалоқа линиясининг тузилмаси

δf носозланишга ҳалақитларнинг сўнишига боғлиқлиги куйидаги формула бўйича ҳисобланади.

$$N(\delta f) = 10 \cdot \lg \left(C \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} S(f) \cdot K^2 \cdot (f - \delta f) dtf \right) \quad (16.7)$$

бу ерда C - меъёрлаштирувчи коэффицент; $S(f)$ – РҮ сигнали спектри; $K(f)$ – РҚнинг танловчанлигининг меъёрлаштирилган функцияси (амплитудавий-частотавий характеристика).

Сигнал спектри ва танловчанлик функцияси РЭТлар ЭММ шароитларига сезиларли таъсир қиладиган РЭТнинг энг муҳим техник характеристикалари ҳисобланади. Шунинг учун РҮларнинг ташқи полосали ва ён нурланишлари сатҳларига алоҳида талаблар қўйилади.

РЭТлар ЭММни баҳолашда РЕТ сигналлари параметрларини ўртаилган талабларга мос келишини текшириш мақсадида радиоузатиш қурилмаларининг ташқи полосали ва ён нурланишларига ягона меъёрларга амал қилиш зарур бўлади.

ERC фикрича, қуруқликдаги радиоалоқа ён нурланишлари сатҳлари учун СЕРТ/ERC 74-01Е тавсиялари ҳар уч йилда технологиялар ва мувофиқлаштирувчи талабларнинг ўзгаришларига мувофиқ қайта кўриб чиқилиши ва маъмуриятлар томонидан мос стандартларни ишлаб чиқиш учун амал қилинадиган ҳужжат сифатида ишлатилиши мумкин.

РЭТларнинг частотавий-ҳудудий сурилишига меъёрлар. РЭТ ЭММни баҳолашнинг боришида турли частоталар носозланишларида ва уларнинг антенналарини ўзаро жойлашишининг турли вариантларида потенциал мос келмайдиган РУ ва РҚларни талаб қилинадиган йўқ қилинишини аниқлаш зарур. Радиотўлқинларни тарқалишининг қабул қилинган моделини ҳисобга олиш билан ва жой рельефининг таъсирини ҳисобга олмаганда ер усти РЭТлар учун олинган натижалар талаб қилиндиган ҳудудий сурилишлар устидан баҳолаш ҳисобланади.

Агар ҳудудий сурилишларларни реал қийматлари талаб қилинадиган қийматлардан катта бўса, у ҳолда РЭТ ЭММ таъминланади. Акс ҳолда РЭТ нураниш қувватига, частотавий носозланишга ва фозовий жойлашишига ва антенналарнинг жойлашиши баландлигига қўшимча чеклашларни киритилиши талаб қилиниши мумкин.

РЭТнинг бирга ишлаши шароитларини мослаштиришнинг смарали усулларида бири ўзаро таъсир қиладиган РЭТларнинг ҳудудий-частотавий сурилиши (ҲЧС) меъёрларини ишлаб чиқилиши ва ишлатилиши ҳисобланади.

ҲЧС меъёрлари РЭСларнинг ЭММ таъминланадиган уларнинг антенналарини жойлаштиришни ҳисобга олиш билан РЭТ ҳудудий ва частотавий сурилиши ўзаро шартланадиган қийматлари бирлиги ҳисобланади. ҲЧС меъёрлари асосида ҳаракатдаги алоқа тармоқларида

ишлатилиши мумкин бўладиган аниқ бир ишчи частоталар ёки ЭММни таъминлаш учун зурур бўладиган билдирилган ишчи частоталар учун худудий сурилиш аниқланади. Бундан ташқари, ҲЧС меъёрлари РЭТ антенналар тизимларининг йўналтирилганлик ва фазода берилган ишчи частоталарда ва РЭТлар орасида жойлашиши характеристикаларига талабларни ўрнатишга имкон беради.

ҲЧС меъёрлари аниқ бир РЭТлар турлари учун уларнинг энергетик, частотавий ва фазовий характеристикаларини ҳисобга олиш орқали таъминланади. ҲЧС меъёрлари талаблари қониқтирилганида РЭТлар орасидаги ЭММ таъминланган ҳисобланади.

ҲЧС меъёрлари (16.5) РЭТ ЭММ тенгламасига асосан ҳисобланади. Кўпинча РУдан РҚгача R узунликдаги трассада тарқалишдаги $L(R)$ асосий узатиш йўқотишлари нисбий бирликларда қуйидагича ёзиш мумкин бўлган функция ҳисобланади:

$$L(R) = \alpha + \beta \cdot \lg(R). \quad (16.8)$$

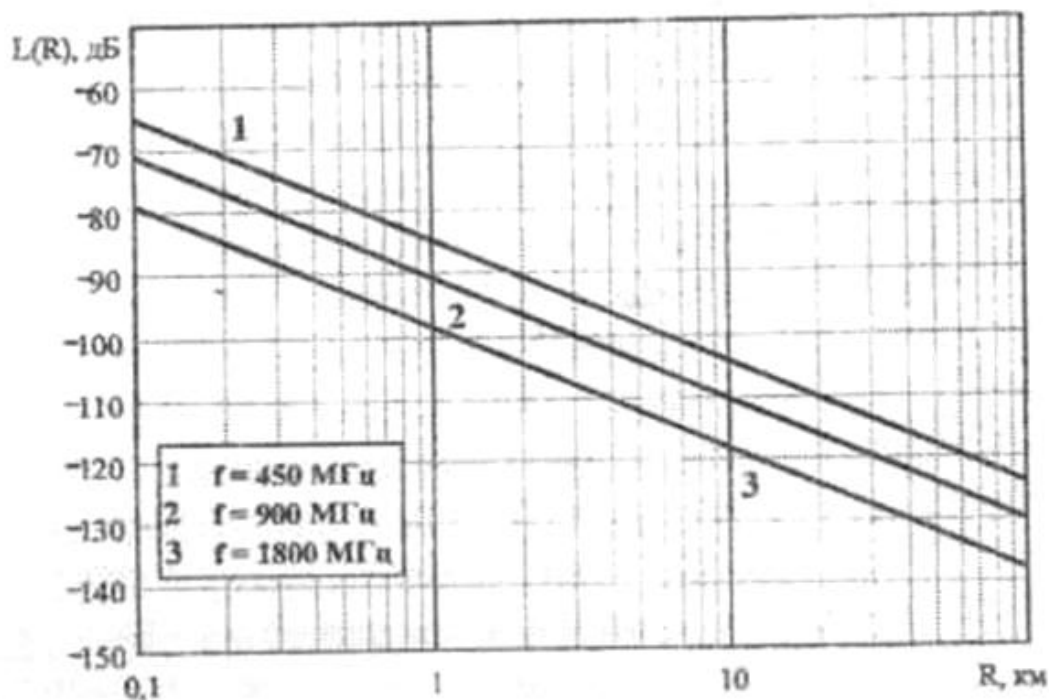
Мисол учун эркин фазода асосий узатиш йўқотишларининг маълум формуласини келтирамиз (ер сирти, атмосфера ва бошқа омилларнинг таъсири ҳисобга олинмаганида):

$$L_0(R) = 32,44 + 20 \lg(f) + 20 \lg(R). \quad (16.9)$$

бу ерда f - ишчи частота, МГц; R - масофа, км.

16.2-расмда учта частоталар диапазонлари учун эркин фазода радиотўлқинларнинг сўнишини масофага боғлиқлиги тасвирланган. Бу характеристиканинг оғиши декадага 20 дБни ташкил этади. Ер устидаги қатламда куруқликдаги ҳаракатдаги радиоалоқа шароитларига мос келадиган радиотўлқинларнинг сўниши модели мурқаброқ боғлиқликка ва юқорирок

сўндириш кўрсаткичига, демак 16.2-расмдаги характеристикадагига караганда тикроқ сўниш характеристикасининг тушишига эга бўлади.



16.2-расм. Учта частоталар диапазонлари учун эркин фазода радиотўлқинларнинг сўнишини масофага боғлиқлиги

(16.5), (16.6) ва (16.8) формулаларга асосан РЭТ ҳудудий сурилишнинг талаб қилинадиган қийматларини ҳисоблаш учун формулалс қуйидаги кўриншга эга бўлади:

$$D \geq 10^{-\frac{1}{8}(Z+\alpha)}, \quad (16.10)$$

бу ерда D - талаб қилинадиган ҳудудий сурилиш, км; Z – умумлаштирилган энергетик параметр, дБ.

$$Z = P_{\text{мин}} - P_{\text{рнд}} - G_{\text{рнд}}(\varphi_{\text{рлм}}) - U_{\text{рлм}} - U_{\text{рнд}} - G_{\text{рлм}}(\varphi_{\text{рнд}}) - N(f) - A - k \cdot (\sqrt{2} - 1) \cdot \sigma. \quad (16.11)$$

Z параметрнинг физик маъноси шундан иборатки, у қабуллагич киришидаги фойдали сигналнинг минимал рухсат этиладиган қувватини (РҚ сезгирлиги) РҚ полосасида қабуллагичнинг ҳимоявий полосасини, шунингдек сигналнинг сўниши ва тарқалиш трассасидаги ҳалақитлар ҳисобга олингандаги нурлантириладиган ҳалақитли сигналга нисбатини характерлайди. Бу фарқ қанчалик катта бўлса, шунчалик яқин ҳалақит қилувчи РҮ ва фойдали сигналлар РҚи ЭММни таъминлаш шартлари сақланадиган шрнатилиши мумкин. Таъкидлаш керакки, радиоалоқа тизимларини реал режалаштиришда одатда тизимнинг барқарор ишлаши учун сезгирликка фойдали сигнал бўйича қандайдир заҳира қўшилади.

Z параметр барча асосий ЭММ – иккита потенциал мослашмайдиган РЭТлар характеристикаларини бирлаштиради. Бу ҳолат берилган частоталар дипазонида ишлайдиган талаб қилинадиган РЭТ худудий сурилишининг умумлаштирилиган боғлиқлигини олишга имкон беради. РЭТ частотавий-худудий сурилиши меъёрлари учун хусусий ечимлар (16.11) ифодага кирадиган параметрларнинг (энергетик, частотавий ва фазовий) аниқ бир қийматларига мос келадиган умумий қийматларни ҳисоблаш асосида олиниши мумкин.

Одатда ХЧС меъёрлари қуйидаги кўринишда берилади:

- РЭТ ўзгарадиган параметрлари дискрет қийматларининг (радиоузаткичлар қувватлари, РҮ ва РҚ антенналарининг йтхтндт ўзаро кучайтириш коэффициентлари, РҚ сезгирлиги, антенналарнинг ер сирти устидан жойлашиши баландлиги, радиоалоқани таъминлаш барқарорлигига талаблар ва ҳ.к.) ва уларга мос келадиган РЭТ частотавий-худудий сурилишлари қийматларининг маълумотлар жадвали;
- жадвалли шаклга қараганда РЭТлар ишлашини мослаштириш шартларини тез мослашувчан аниқлашга имкон берадиган бошқа дастлабки параметрларнинг берилган намунавий қийматларида РЭТлар худудий сурлишларини частотавий носозланишларга график боғлиқлари (номограммалар).

ҲЧС меъёрларини қўлланилишининг ўзига хос хусусиятлари:

1. Ёдда тутиш керакки, ҲЧС меъёрлари одатда «дуэлли» вазиятни характерлайди ва у ёки бу тарқалиш чеклашларида ёки моделларида РЭТ жуфтлиги учун бирга ишлаш шароитларини аниқлашга имкон беради. Айрим ҳолларда ҲЧС меъёрлари РЭТ гуруҳи – атайин бўлмаган ҳалақитлар манбаларининг жойда уларнинг берилган жойлашиши зичлигини ҳисобга олиши мумкин.

2. ҲЧС меъёрларини, аввало, ер сирти бўйлаб сигналларни тарқалиши математик моделларининг такомиллашмаганини ҳисобга олиш орқали қандайдир заҳира билан ҳисоблаш мақсадга мувофиқ.

3. Чекланган ҳудудда жамланган кўп сонли РЭТларга эга бўлган куруқликдаги ҳаракатдаги алоқа тармоқларини лойиҳалаштиришда ҲЧС меъёрларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлмаслиги мумкин, чунки атайин бўлмаган тизим радиоҳалақитлари турли ишчи сатоталарли кўп сонли фазовий сурилган нурланиш манбалари йиғиндисидан иборат бўлишини ҳисобга олиш зарур бўлади. Бу вазиятда РЭТ ЭММни батафсил баҳолашни (бошқа алоқа тизимларини борлигини ҳам ҳисобга олиш билан) жойнинг рақамли хариталаридан фойдаланиладиган ҳисоблаш дастурий комплекслари асосида ўтказиш зарур.

ЭММни таҳлил қилишда ва ҳаракатдаги алоқа тармоқларини лойиҳалаштиришда ишлатиладиган сигналларнинг тарқалиши моделлари. Ер олди зонасида радиотўлқинларни тарқалиши билан боғлиқ масалалар жуда мураккаб, чунки ҳам радиоқабуллагич, ҳам базвий станция антеннасининг атрофидаги майдон бу жой шроитларида сигналнинг кўп нурли тарқалишида олинадиган суперпозиция ҳисобланади. Муаммо ҳаракатдаги объектлар радиотўлқинларини тарқалиши шароитларига сочиладиган радиотўлқинлар ва абонентларни ўзларининг бу нотекис майдон зонасида ҳаракатланишини таъсири билан мураккаблашади. Сигналнинг сатҳи ўрача сатҳдан бир неча ва ҳатто ўнлаб децибелларга ортиқ бўладиган

максимал қийматлардан кучли сўниш зоналаридаги ўртача сатҳдан паст ўнлаб децибелларгача ўзгариши мумкин.

ЭММни таҳлил қилишда ва ҳаракатдаги алоқа тармоқларини лойиҳалаштиришда сигналларнинг сўнишини ҳисоблаш учун ер сирти бўйлаб сигналларнинг тарқалишини экспериментал тадқиқотларига статистик ишлов бериш натижаларига асосланган моделлаштириш энг кенг ишлатилади. Бундай тадқиқотлар кўплаб давлатларда жойнинг турли шароитлари учун ўтказилган. Бу моделлардан айримлари умумий тан олинган ҳисобланади ва ХЭАИ томонидан ҳаракатдаги алоқа тармоқларини лойиҳалаштиришда ишатилиши учун тавсия этилган.

Қуруқликдаги алоқада ишлатиладиган иккита асосий моделлар турларини ажратиш мумкин. Жой ва сигналларни тарқалиши шароитларини характерлайдиган асосий параметрлар сифатида биринчи тур антеннанинг самарадор жойлашиши баландлиги ва жой нотекистикларининг (ер сирти баландликларининг тушишлари) самарадор баландлиги ҳисобланади. Иккинчи тур одатда жойнинг рельефи ҳисобга олинмайдиган шаҳар шароитларида сигналларни сўниши модели ҳисобланади. Бундан ташқари, бинолар чегараларида тарқалиш моделини алоҳида тоифага ажратиш мақсадга мувофиқ.

Статистик усуллар аъноси бўйича аниқ бир радиотўлқинларни тарқалиши трассаларининг индивидуал ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олмайди ва шунинг учун синов ўтказилган ҳудуд учун сигналларнинг ўрта ёки медианали сатҳларини баҳолашга имкон беради. Ҳисоблашнинг барча усуллари принцип жиҳатдан бир хил шароитлар учун бир хил натижаларни беради. Афсуски, турли тавсиялар ва моделлар кўпинча турли ҳисоблаш натижаларини беради. Лекин экспериментал маълумотлар асосида қурилган ва статистик бир жинсли муҳитда (шаҳар ҳудуди, шаҳар атрофи, қишлоқ жойи, очиқ майдон) майдонни тавсифлайдиган айрим радиотўлқинларни тарқалиши математик моделлари умумий тан олинган ҳисобланади, бу ҳақда ITU ва СЕРТ Тавсиялари гувоҳлик беради ва қуруқликдаги ҳаракатдаги алоқа

тармоқларининг қамраб олиш зоналарини ҳисоблаш ва уларнинг ЭММни баҳолаш учун етарлича яқинлашиш сифатида ишлатилиши мумкин.

Назорат саволлари

1. Радиоалоқа тармоқлари ЭММ қандай баҳоланади?
2. РЭТ ЭММ тенграмасини келтиринг ва тушунтиринг.
3. Радиоалоқа линиясининг тузилмасини келтиринг ва узатиш йўқотишлари ҳақидаги тушунчалар учун ишлатиладиган асосий атамаларни санаб ўтинг.
4. ОЭтнинг частотавий-худудий сурилиши қандай аниқланади?