

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**  
**ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА  
ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ ТАШКИЛ ЭТИШ  
БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ  
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ  
ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**“Тасдиқлайман”**

**Тармоқ маркази директори**

\_\_\_\_\_ **Х.М.Холмедов**

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ **2015 йил**

**“ЗАМОНАВИЙ МОБИЛ АЛОҚА ТИЗИМЛАРИ” МОДУЛИ  
БЎЙИЧА**

**Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А**

**Тузувчи:**

**Д.Давронбеков**

**Тошкент – 2015**

## МУНДАРИЖА

<b>ИШЧИ ДАСТУР.....</b>	<b>3</b>
<b>МАЪРУЗАЛАР МАТНИ.....</b>	<b>15</b>
<b>Маъруза 1. Мобил алоқа тизимининг ривожланиши. ....</b>	<b>15</b>
<b>Маъруза 2. Сотали алоқа тизимларининг эволюцияси. Биринчи ва иккинчи авлод мобил алоқа тизимлари.....</b>	<b>34</b>
<b>Маъруза 3. 3G – учинчи авлод мобил алоқа тизимлари .....</b>	<b>45</b>
<b>Маъруза 4. Тўртинчи авлод мобил алоқа тизимлари .....</b>	<b>69</b>
<b>Назорат саволлари .....</b>	<b>88</b>
<b>Адабиётлар рўйхати .....</b>	<b>89</b>

# ИШЧИ ДАСТУР

## Кириш

Модул Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сон Фармонидаги устувор йўналишлар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади.

Модул доирасида берилаётган мавзулар таълим соҳаси бўйича педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш мазмуни, сифати ва уларнинг тайёргарлигига қўйиладиган умумий малака талаблари ва ўқув режалари асосида шакллантирилган бўлиб, бу орқали олий таълим муассасалари педагог кадрларининг соҳага оид замонавий таълим ва инновация технологиялари, илғор хорижий тажрибалардан самарали фойдаланиш, ахборот-коммуникация технологияларини ўқув жараёнига кенг татбиқ этиш, чет тилларини интенсив ўзлаштириш даражасини ошириш ҳисобига уларнинг касб маҳоратини, илмий фаолиятини мунтазам юксалтириш, олий таълим муассасаларида ўқув-тарбия жараёнларини ташкил этиш ва бошқаришни тизимли таҳлил қилиш, шунингдек, педагогик вазиятларда оптимал қарорлар қабул қилиш билан боғлиқ компетенцияларга эга бўлишлари таъминланади.

Қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишининг ўзига хос хусусиятлари ҳамда долзарб масалаларидан келиб чиққан ҳолда дастурда тингловчиларнинг махсус фанлар доирасидаги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларига қўйиладиган талаблар ўзгартирилиши мумкин.

## Модулнинг мақсади ва вазифалари

“Замонавий мобил алоқа тизимлари” **модулининг мақсади:** педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малака ошириш курс тингловчиларини замонавий ва истиқболли мобил алоқа тизимлари ҳақидаги билимларини

такомиллаштириш, ушбу йўналишдаги айрим муаммоларни аниқлаш, таҳлил этиш ва баҳолаш кўникма ва малакаларини таркиб топтириш.

**“Замонавий мобил алоқа тизимлари” модулининг вазифалари:**

- Мобил алоқа тизимлари соҳасидаги ўқитишнинг инновацион технологиялари ва илғор хорижий тажрибаларни ўзлаштириш;
- “Телекоммуникация технологиялари” йўналишида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг фан ва ишлаб чиқариш билан интеграциясини таъминлаш.

**Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар**

“Замонавий мобил алоқа тизимлари” курсини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

**Тингловчи:**

- сотали алоқа тизимларининг эволюцияси;
- учинчи ва тўртинчи авлод мобил алоқа тизимларининг турлари ва хусусиятлари;
- тўртинчи авлод алоқа тизимларининг ташкиллаштириш ва режалаштириш масалалари;
- тўртинчи авлод алоқа тизимларида ишлатиладиган радиочастоталар ва алоқа хавфсизлиги масалалари;
- тўртинчи авлод алоқа тизимларининг қурилиш архитектураси ва улардан фойдаланиш соҳалари ҳақида **билимларга эга бўлиши;**

**Тингловчи:**

- мобил алоқа тизимларининг авлодларини ҳамда замонавий янги технологияларини қўллаш;
- симсиз кенг полосали тизимларни ташкиллаштириш ва режалаштириш **кўникмаларини эгаллаши;**

**Тингловчи:**

- тўртинчи авлод алоқа тизимларида ишлатиладиган радиочастоталар ва алоқа хавфсизлигини таъминлаш;
- тўртинчи авлод алоқа тизимларини ташкиллаштириш ва режалаштириш **малакаларини эгаллаши;**

**Тингловчи:**

- мобил алоқа тизимлари авлодларини ўртасидаги фарқини таҳлил қилиш;
- замонавий мобил алоқа тизимларида ишлатиладиган жиҳозлар

вазифасини ва хусусиятлари билиш ҳамда таҳлил қилиш;

– мобил алоқа тармоғини дастлабли лойиҳасини лойиҳалаштириш  
**компетенцияларни эгаллаши лозим.**

### **Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар**

“Замонавий мобил алоқа тизимлари” курси маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Курсни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

- маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологиялардан;

- ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий ҳужум, гуруҳли фикрлаш ва бошқа интерактив таълим усуллари қўллаш назарда тутилади.

### **Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги**

“Замонавий мобил алоқа тизимлари” модули мазмуни ўқув режадаги “Кенг полсалари алоқа тармоқлари”, “Рақамли телерадиоэшиттириш тизимлари” ўқув модуллари билан узвий боғланган ҳолда педагогларнинг замонавий мобил алоқа тизимлари, техника ва технологиялари бўйича касбий педагогик тайёргарлик даражасини орттиришга хизмат қилади.

### **Модулнинг олий таълимдаги ўрни**

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар замонавий мобил алоқа тизимлари асосларини ўрганиш, уларни таҳлил этиш, амалда қўллаш ва баҳолашга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

## Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкламаси, соат				
		Ҳаммаси	Аудитория ўқув юкламаси			Мустақил таълим
			жумладан			
			Жами	Назарий	Амалий машғулот	
1.	Мобил алоқа тизимининг ривожланиши.	4	4	2	2	-
2.	Сотали алоқа тизимларининг эволюцияси. Биринчи ва иккинчи авлод мобил алоқа тизимлари.	6	6	2	4	-
3.	3G – учинчи авлод мобил алоқа тизимлари	4	2	2	-	2
4.	Тўртинчи авлод мобил алоқа тизимлари	6	4	2	2	2
		20	16	8	8	4

### НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

**1-Мавзу:** Мобил алоқа тизимининг ривожланиши.

**Режа:**

1. Кириш.
2. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари ривожланишининг тавсифи ва тарихи.
3. Профессинал мобил алоқа тизимлари.
4. Сотали алоқа тизимлари.
5. Симсиз телефония тизимлари.
6. Йўлдошли алоқа тизимлари.
7. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимларининг классификацияси.

8.ХРТнинг вазифаси ва хизмат кўрсатиш зонасининг ўлчами.

9.Кўп сонли уланиш технологиялари.

**2-Мавзу:** Сотали алоқа тизимларининг эволюцияси. Биринчи ва иккинчи авлод мобил алоқа тизимлари.

**Режа:**

- 1.Биринчи авлод - 1G стандартлари.
- 2.2G – иккинчи авлод стандартлари.
3. 2,5G авлод мобил алоқа тизимлари.
4. 2,75G авлод мобил алоқа тизимлари.

**3-Мавзу:** 3G – учинчи авлод мобил алоқа тизимлари.

**Режа:**

- 1.3G – учинчи авлод стандартлари.
2. 3,5G авлод стандартлари.
3. 3,75G авлод стандартлари.
4. 3G - учинчи авлод сотали алоқа тизимлари.
5. 3G тизимларининг ривожланиш тарихи.
6. 3G тизимларининг қурилиш принциплари.
7. 3G стандартлари.

**4-Мавзу:** Тўртинчи авлод мобил алоқа тизимлари.

**Режа:**

- 1.3,9G ёки Pre 4G авлод стандартлари.
2. 4G - тўртинчи авлод стандартлари.
- 3.LTE стандартининг ривожланиш тарихи.
4. LTE стандарти ҳақида умумий маълумотлар.
5. LTE/SAE тизими архитектурасининг асосий ташкил этувчилари
- 6.ММО технологиясининг тавсифи.
- 7.Кенг полосали симсиз уланиш технологияларнинг ривожланиш тарихи ва тавсифи.
8. Кенг полосали симсиз технологияларни классификацияси (синфларга бўлиш) бўйича ёндашувлар.
- 9.Wi-Fi технологиясининг таҳлили.
- 10.WiMAX стандартлари.

## АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

**Мавзу 1:** Ҳаракатдаги алоқа тармоғининг умумлаштирилган схемасини ўрганиш (2 соат)

**Режа:**

1. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари қурилишининг мумуий тамойиллари билан танишиш.
2. Сотали алоқа тизимларидаги асосий стандартларни ўрганиш.
3. Ажратилган частоталар ресурсидан қайта фойдаланиш тамойилларини ўрганиш.
4. Ҳисобот тайёрлаш.

**Мавзу 2:** GSM900 стандартидаги сотали алоқа тизимини ўрганиш (2 соат)

**Режа:**

1. GSM стандартининг умумий хусусиятлари билан танишиш.
2. Функциоанл схема ва жиҳозлар таркибини ўрганиш.
3. HLR ва VLR регистрларда сақланадиган маълумотларни ўрганиш.
4. Абонент асслигини текшириш жараёнини ўрганиш.
5. Ҳисобот тайёрлаш.

**Мавзу 3:** CDMA стандартидаги тармоқнинг умумлаштирилган схемасини ўрганиш (2 соат)

**Режа:**

1. Код бўйича ажратиш амалага оширилган вариантлар билан танишиш.
2. Бир сотага тўғри келадиган фойдаланувчилар сонини баҳолаш усулларини ўрганиш.
3. Адрес кетма-кетликлар оиласини танлаш тамойилини ўрганиш.
4. Ҳисобот тайёрлаш.



## **Мавзу 4: Кенг полосали симсиз алоқа тармоқларни турли ишлар режимларида конфигурациялаш (2 соат)**

### **Режа:**

1. Wi-Fi тармоқлар ишлаш режимлари ва ташкиллаштириш хусусиятлари.
2. Симсиз тармоқлар топологияси.
3. Симсиз тармоқларни созлаш (настройка қилиш).
4. Ҳисобот тайёрлаш.

### **МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ**

Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Тингловчи мустақил ишни муайян модулни хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги шакллардан фойдаланиб тайёрлаши тавсия этилади:

- меъерий ҳужжатлардан, ўқув ва илмий адабиётлардан фойдаланиш асосида модул мавзуларини ўрганиш;
- тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;
- автоматлаштирилган ўргатувчи ва назорат қилувчи дастурлар билан ишлаш;
- махсус адабиётлар бўйича модул бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;
- тингловчининг касбий фаолияти билан боғлиқ бўлган модул бўлимлари ва мавзуларни чуқур ўрганиш.

### **Фойдаланилган адабиётлар рўйхати**

#### **I. Раҳбарий адабиётлар.**

1. Каримов И.А. Ўзбекистон ўз истиқлол ва тараққиёт йўли. –Т.: Ўзбекистон, 1992. -22 б.
2. Каримов И.А. Ўзбекистон: миллий истиқлол, иқтисод, сиёсат, мафкура. –Т.: Ўзбекистон, 1996. Т.1. -364 б.

3. Каримов И.А. Биздан озод ва обод Ватан қолсин. –Т.: Ўзбекистон, 1994. Т.2. -380 б.
4. Каримов И.А. Ўзбекистон иқтисодий ислохотларни чуқурлаштириш йўлида. –Т.: Ўзбекистон, 1995. -269 б.
5. Каримов И.А. Ватан саждагоҳ каби муқаддасдир. –Т.: Ўзбекистон, Т.3. 1996.
6. Каримов И.А. Янгича фикрлаш ва ишлаш – давр талаби. –Т.: Ўзбекистон, 1997. Т.5. -384 б.
7. Каримов И. Биз келажакимизни ўз қўлимиз билан қураимиз. –Т.: Ўзбекистон, 1999. Т.7.
8. Каримов И.А. Озод ва обод ватан, эркин ва фаровон ҳаёт – пировард мақсадимиз. – Т.: Ўзбекистон, 2000. Т.8. -528 б.
9. Каримов И.А. Ватан равнақи учун ҳар биримиз масъулмиз. –Т.: Ўзбекистон, 2001. Т.9. -439 б.
10. Каримов И.А. Хавфсизлик ва тинчлик учун курашмоқ керак. – Т.: Ўзбекистон, 2002. Т.10. -432 б.
11. Каримов И.А. Биз танлаган йўл – демократик тараққиёт ва маърифий дунё билан ҳамкорлик йўли. – Т.: Ўзбекистон, 2003. Т.11. -320 б.
12. Каримов И.А. Бизнинг бош мақсадимиз – жамиятни демократлаштириш ва янгилаш, мамлакатни модернизация ва ислох этишдир. Ўзбекистон Республикаси Олий Мажлиси қонунчилик палатаси ва Сенатининг қўшма мажлисидаги маъруза. –Т.: Ўзбекистон, 2005. -64 б.
13. Каримов И.А. Жамиятни эркинлаштириш, ислохотларни чуқурлаштириш, маънавиятимизни юксалтириш ва халқимизнинг ҳаёт даражасини ошириш – барча ишларимизнинг мезони ва мақсадидир. –Т.: Ўзбекистон, 2007, Т. 15. -126 б.
14. Каримов И.А. Мамлакатимиз тараққиёти ва халқимизнинг ҳаёт даражасини юксалтириш – барча демократик янгиланиш ва иқтисодий ислохотларимизнинг пировард мақсади. –Т.: Ўзбекистон, 2007.

15. Каримов И.А. Юксак маънавият - енгилмас куч. –Т.: Маънавият, 2008. -176 б.

16. Каримов И.А. Мамлакатимизни модернизация қилиш ва янгилашни изчил давом эттириш – давр талаби // “Халқ сўзи” гезатаси 2009 йил 14 февраль.

17. Каримов И.А. Мамлакатимизни модернизация қилиш ва кучли фуқаролик жамияти барпо этиш – устувор мақсадимиздир. // Ўзбекистон овози 2010 йил 28 январь.

18. Каримов И.А. Жаҳон инқирозининг оқибатларини енгиш, мамлакатимизни модернизация қилиш ва тараққий топган давлатлар даражасига кўтарилиш сари. –Т.: Ўзбекистон, 2010. Т.18. -280 б.

19. Каримов И.А. Ўзбекистон Республикаси Олий Мажлиси Қонунчилик палатаси ва Сенатининг қўшма мажлисидаги “Мамлакатимизда демократик ислохотларни янада чуқурлаштириш ва фуқаролик жамиятини ривожлантириш концепцияси” номли маърузаси // Халқ сўзи. 2010 йил 13 ноябрь.

## **II. Меъёрий- ҳуқуқий ҳужжатлар.**

1. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. (Ўн иккинчи чақириқ Ўзбекистон Республикаси Олий Кенгашининг ўн биринчи сессиясида 1992 йил 8 декабрда қабул қилинган Ўзбекистон Республикасининг 1993 йил 28 декабрдаги, 2003 йил 24 апрелдаги, 2007 йил 11 апрелдаги, 2008 йил 25 декабрдаги, 2011 йил 18 апрелдаги, 2011 йилдаги 12 декабрдаги, 2014 йил 16 апрельда қабул қилинган қонунларига мувофиқ киритилган ўзгартиш ва қўшимчалар билан) –Т., 2014.

2. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни. Ўзбекистон Республикаси Олий Мажлисининг Ахборотномаси, 1997 йил. 9-сон, 225-модда.

3. Кадрлар тайёрлаш миллий дастури. Ўзбекистон Республикаси Олий Мажлисининг Ахборотномаси, 1997 йил. 11-12-сон, 295-модда.
4. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2010 йил 28 июлдаги “Таълим муассасаларининг битирувчиларини тадбиркорлик фаолиятига жалб этиш борасидаги қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги Фармони.
5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2010 йил 2 ноябрдаги “Олий малакали илмий ва илмий-педагогик кадрлар тайёрлаш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-1426-сонли Қарори.
6. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2011 йил майдаги “Олий таълим муассасаларининг моддий-техник базасини мустаҳкамлаш ва юқори малакали мутахассислар тайёрлаш сифатини тубдан яхшилаш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-1533- сонли Қарори.
7. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2012 йил 24 июлдаги “Олий малакали илмий ва илмий-педагог кадрлар тайёрлаш ва аттестациядан ўтказиш тизимини янада такомиллаштириш тўғрисида”ги ПФ-4456-сон Фармони.
8. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 28 декабрдаги “Олий ўқув юртидан кейинги таълим ҳамда олий малакали илмий ва илмий педагогик кадрларни аттестациядан ўтказиш тизимини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 365- сонли Қарори.
9. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2001 йил 16 августдаги “Олий таълимнинг давлат таълим стандарти. Асосий қоидаларни тасдиқлаш тўғрисида”ги № 343 сонли Қарори.
10. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2001 йил 17 августдаги “Олий ўқув юртлари талабаларига стипендиялар тўлаш тартиби тўғрисида”ги 344 сонли Қарори.
11. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2000 йил 25 июлдаги 283-сон қарори билан тасдиқланган “Хорижий давлатларда таълим

олганлик тўғрисидаги ҳужжатларни тан олиш ва нострификациялаш (эквивалентлигини қайд этиш)” Тартиби.

12. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2001 йил 26 июлдаги 318-сон қарори билан тасдиқланган “Олий ўқув юртларида тўлов-контракт асосида ўқиш учун таълим кредитлари бериш тўғрисида”ги Низом // Ўзбекистон Республикаси Ҳукумати қарорлари тўплами, 2001., № 7, 43-модда.

13. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2004 йил 1 мартдаги 100-сон қарори билан тасдиқланган “Нодавлат таълим муассасалари фаолиятини лицензиялаш тўғрисида”ги Низом// Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2004, 9-сон, 107-модда.

14. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2006 йил 10 февралдаги 21-сон қарори билан тасдиқланган “Ўзбекистон Республикаси таълим муассасаларини давлат аккредитациясидан ўтказиш тартиби тўғрисида”ги Низом // Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2006, 6-7-сон, 37-модда.

### **III. Махсус адабиётлар.**

1. 1.А.Абдукадиров, Д.Давронбеков. Мобил алоқа тизимларининг 4G авлоди. Ўқув қўлланма. – Тошкент, ТАТУ – 2015. – 328 б.

2. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. М.: Эко-Трендз Ко, 1997.

3. Ибраимов Р.Р. Мобильные системы связи. Учеб. пос., ТУИТ, 2004.

4. Конспект лекций по курсу «Мобильные системы связи 4-го поколения» (электронный вариант).

5. Невдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения. Серия изданий «Связь и бизнес». Москва, 2000.

6. Невдяев Л. Стандарты 3G. Сети, 2000, № 6

7. Гулевич Д. С. Сети связи следующего поколения. БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2007.

7.Мерит Максим, Дэвид Полино. Безопасность беспроводных сетей М.: Компания "АйТи"; ДМК Пресс, 2004, 288 с.

#### **IV. Электрон таълим ресурслари**

1. Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги: [www.edu.uz](http://www.edu.uz).
2. Ўзбекистон Республикаси ахборот телекоммуникация технологиялари давлат қўмитаси: [www.aci.uz](http://www.aci.uz).
3. Компютерлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш бўйича Мувофиқлаштирувчи кенгаш: [www.ictcouncil.gov.uz](http://www.ictcouncil.gov.uz).
4. Тошкент ахборот технологиялари университети: [www.tuit.uz](http://www.tuit.uz).
5. [www. Ziyonet. uz](http://www.Ziyonet.uz)
6. Infocom.uz электрон журнали: [www.infocom.uz](http://www.infocom.uz)

## МАЪРУЗАЛАР МАТНИ

### Маъруза 1. Мобил алоқа тизимининг ривожланиши.

#### Режа:

1. Кириш.
2. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари ривожланишининг тавсифи ва тарихи.
3. Профессионал мобил алоқа тизимлари.
4. Сотали алоқа тизимлари.
5. Симсиз телефония тизимлари.
6. Йўлдошли алоқа тизимлари.
7. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимларининг классификацияси.
8. ҲРТнинг вазифаси ва хизмат кўрсатиш зонасининг ўлчами.
9. Кўп сонли уланиш технологиялари.

**Таянч иборалар:** PMR, APCO-25, TETRA, ETSI, Motorola, FDMA, TDMA, CDMA, OFDMA.

#### 1.1. Кириш

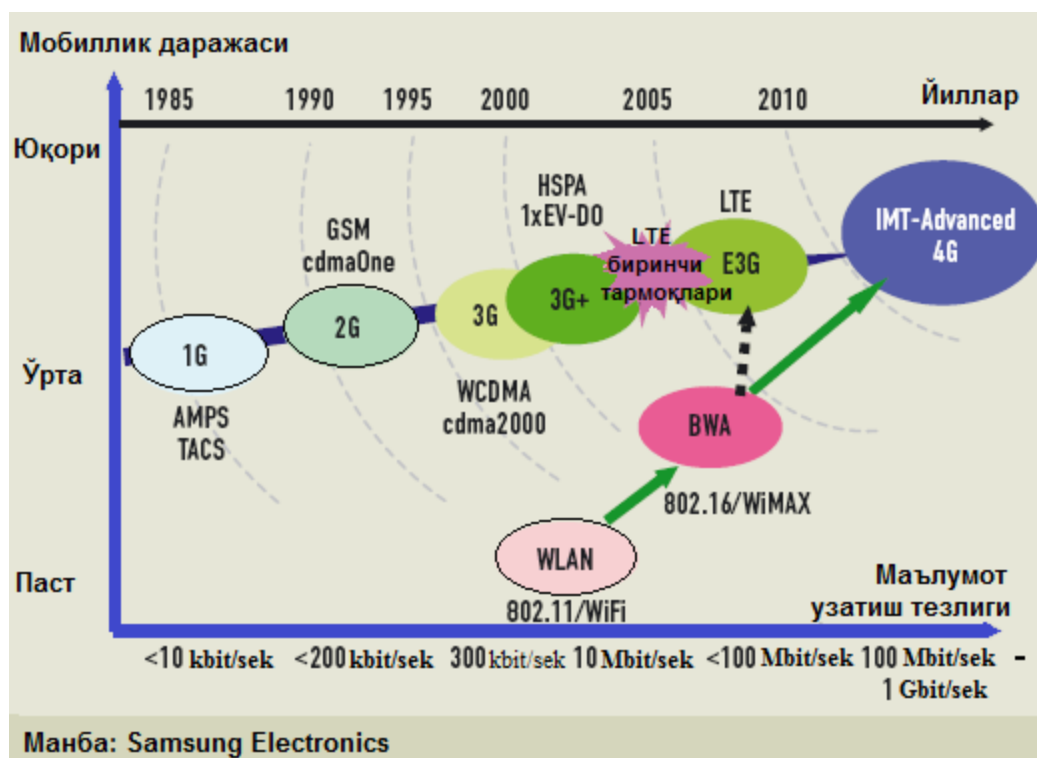
Сотали алоқа тизимларида (ёки ҳозирги вақтда кўпинча аталганидек мобил алоқа тизимларида) “авлодлар” алмашиши шахсий компьютерлар индустрияси ёки телевизион техникага нисбатан яққолроқ ва аниқроқ бўлмоқда. Мобил алоқа дунёсида кўп нарса ҳисоблидир: 1G (ингл. «*First Generation*»- биринчи авлод) – бу аналог алоқа тизимлари (NMT, AMPS стандартлари); иккинчи авлод - 2G, каналлар коммутацияланиши асосида ишлайдиган рақамли алоқа тизимлари (GSM, DAMPS ва cdmaOne стандартлари); учинчи авлод - 3G, каналлар коммутацияланиши билан бирга пакетлар коммутацияланишини ҳам кўзда тутуди (UMTS ва CDMA-2000 стандартлари); ва, ниҳоят, тўртинчи авлод - 4G тармоқлари тўлиқ пакетли IP-коммутация асосида курилади (LTE Advanced, IEEE802.16m (WiMAX) ва IEEE802.11ac (Wi-Fi) стандартлари). Шуниси диққатга сазоворки, мобил алоқа дунёсида авлодларнинг алмашиши мунтазам равишда ҳар ўн йилда бўлиб ўтмоқда.

Ҳозирги кун ҳам дунё миқёсида иккинчи авлод мобил алоқа тизимларидан учинчи авлод тизимларига ўтиш билан боғлиқдир. Ҳақиқатан, тарқалиши даражаси бўйича 3G тармоқлари мобил алоқанинг жаҳон бозорида 25 фоизини эгаллаган ҳолда, 2G тармоқларини қувлаб, босқичма-босқич етакчи ўринларга чиқиб бормоқда. Мобил курилмалар яратувчилари глобал ассоциациясининг (ингл. *Global mobile Suppliers Association, GSA*) ва CDMA ривожланиш гуруҳининг (ингл. *CDMA Development Group, CDG*) ҳисоботларига кўра, 2011 йилнинг 11 майига келиб бутун дунёда 3G тармоқлари сони 700 дан ошиб кетди, абонентлар сони эса 1,3 миллиардга

етди. Бу ёсинда 3G технологияларининг функционал имкониятлари ҳам жойида турмаяпти ва 3,5G номини олган (яъни HSPA ва HSPA+ тизимлари) янги ишланмалар сари ривожланиб бормоқда. Бундай шароитда 3G тармоқларининг истикболлари ёрқин кўринмоқда эди. Аммо бизнинг кўз ўнгимизда қизиқарли бир жараён ҳам юз бермоқда: сахнага “4G” деб аталмиш мобил алоқанинг янги авлоди (LTE технологияси) кириб келмоқда ва жиддий равишда “оилада ўз ўрнига” даъвогарлик қилмоқда. Шу сабабдан яқин вақтларда 3G тармоқлари тўлиқ куч билан ривожланмасдан туриб ўз ўрнини 4G тармоқларига бўшатиб бериш эҳтимоли пайдо бўлмоқда.

Лекин ҳолисона шуни таъкидлаш керакки, мутахассислар орасида бошқа фикрлар ҳам мавжуд бўлиб, унга мувофиқ ҳолда 3G (аниқроғи 3,5G ва 3,75G) тармоқлари характеристикалари бўйича 4G талабларига яқинлашиб, ҳали узоқ вақтгача мобил алоқа бозорида асосий ўринга эга бўлади.

Параллел равишда кенг полосали симсиз уланиш (КСУ) тизимлари ўзининг кичик зонадаги стационар тармоқларидан (Wi-Fi) бир неча километрли ҳудудларни қоплайдиган мобил тармоқларига (WiMAX) қадар эволюциясида функционал имкониятлари ва характеристикалари жиҳатидан 4G технологиялари сари ривожланмоқдалар ва бу билан мобил алоқа тармоқларига яқинлашмоқдалар (1.1-расм).



1.1-расм. Мобил ва кенг полосали тизимларнинг эволюцияси

Кўриб турганимиздек, мобил ва кенг полосали алоқа тизимлари ва технологиялари улкан ривожланиш жараёнида турибди ҳамда инсон фаолиятининг турли соҳаларига янада кўпроқ кириб бормоқда. Бу жараёнларни чуқур ўрганиш, мобил технологиялар ривожланиши масалаларидан хабардор бўлиш, уларнинг истикболлари ва ривожланиш



тенденцияларини билиш мамлакатимизда мобил алоқа тизимларининг ривожланиши ва жорий этилишининг рационал стратегияларини аниқлаш учун жуда муҳим.

## **1.2. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари ривожланишининг тавсифи ва тарихи**

Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари<sup>1</sup> (ҲРТ) ҳозирги вақтда тақдим этиладиган хизматлар сифати ва ҳажмининг кенгайтирилиши ҳисобига, уларнинг оммавийлашиши ва фойдаланувчиларнинг индивидуал талабларига мослаштирилиши ҳисобига кескин суръатларда ривожланмоқда. Янги имкониятларнинг ишлатилиши ҳам мавжуд тармоқларнинг такомиллаштирилиши ҳисобига, ҳам глобал тармоқ инфратузилмасини яратиш билан боғлиқ янги техник ечимларнинг ишлатилиши ҳисобига таъминланади. Ўз ўрнида ҲРТ тизимлари ҳам конвергенция, универсаллашиш ва ички рақобат жараёнларини бошдан кечирмоқда. Шу аснода, баъзи бир хизмат турлари ўз умрини ўтаб сахнадан кетмоқда (масалан, “пейджинг” персонал радиочақирув тизимлари), бошқалари ўзининг функционал имкониятлари билан альтернатив хизматларга яқинлашиб бормоқда (масалан, сотали ва транкинг алоқалар), учинчи ҳолатда эса, бир хизмат иккинчисининг бозорини қамраб олмоқда (масалан, сотали ва йўлдош алоқа тизимлари) ва ҳоказо. “Ҳохлаган хизматни” (яъни, нутқ, маълумот, мультимедиа хизматлари), “хохлаган жойда” (глобал кўламларда) ва “хохлаган вақтда” (ишда, уйда, дам олишда, йўлда) тақдим этишга қодир бўлган кўпқамровли алоқа тизимининг концепцияси бугунги кунда муайян қирраларга эга бўлмоқда. Лекин янгисини куриш учун эскисини билиш зарур бўлгани каби, бу тизимларда бугунги кунда амалга ошаётган жараёнларни яхши тушуниш учун ҲРТ тизимларининг туғилиш манбалари ва ривожланишини ёдга олиш ҳам фойдадан ҳоли эмас. Шу мақсадда мазкур бобда ўз ривожланишини давом эттираётган ҲРТ тизимларига қарашли профессионал мобил алоқа (транкинг), сотали алоқа, йўлдошли алоқа ва симсиз телефония<sup>2</sup> радиоалоқа турлари билан танишиб чиқамиз.

---

<sup>1</sup> “**Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари**” атамаси русча адабиётларда курукликда ҳаракатланувчи радиоалоқа мутахассисларига ва фуқароларга мўлжалланган хизматларини белгилашда кўп қўлланилади. Ушбу маърузаларда бу атама сотали алоқа, транкинг, персонал йўлдошли алоқа ва симсиз телефон радиоалоқа турларининг бирлаштирувчиси сифатида ишлатилган.

<sup>2</sup> Русча адабиётларда бу алоқа турини номлашда “симсиз уланиш” (беспроводной доступ) атамасини учратиш мумкин. Аммо бу атама ҳозирги вақтда кўпроқ Интернет тармоғига уланишни билдиргани учун, шунингдек, инглиз тилидаги номлашга (cordless telephony) яқинлашиш мақсадида “симсиз телефония” атамаси қўлланилди. ҲРТнинг бу турини белгилаш учун баъзи манбаларда “шнурсиз телефон” атамаси ҳам ишлатилади.

### 1.3. Професионал мобил алоқа тизимлари

Професионал мобил радиоалоқа (ПМР) тури бугунги кунда транкинг радиоалоқа тизимлари сифатида маълум бўлиб, ХРТ таркибида энг “кекса” ҳисобланади. Бу алоқа тури ўтган асрнинг 30-йилларида пайдо бўлиб, етмиш йилдан ортиқ вақт давомида инсониятга хизмат қилиб келмоқда. Маълумки, ПМР тизимларига жамият хавфсизлиги хизматлари ва ҳуқуқ тартибини муҳофаза қилиш учун турли ваколатли тармоқлар (тез тиббий ёрдам ва фавқулодда вазиятлар бўйича, муниципал ва транспорт хизматлари, йирик индустриал объектлар ва бошқалар) киради. Қабул қилинган халқаро классификация бўйича ПМР тизимларининг икки синфи, яъни професионал мобил радиоалоқа тизимлари - PMR (ингл. *Professional (Private) Mobile Radio*) ва умумий фойдаланиш мобил радиоалоқа тизимлари - PAMR (ингл. *Public Access Mobile Radio*) мавжуд. Биринчи синфдаги тизимлар бир фойдаланувчи ёки фойдаланувчилар гуруҳи тасарруфида бўлади ва умумий фойдаланиш тармоқларига чиқиш имкониятига эга бўлади, лекин тижорий хизматларни кўрсатмайди. ПМР тизимларининг иккинчи синфи эса кўплаб фойдаланувчиларга тижорий асосда УФТТ (PSTN) тармоқларига чиқиш имкониятини беради ва оператор томонидан яратилади.

Транкинг режимида ишлайдиган ПМР тизимларнинг фарқли ўзига ҳос хусусияти – бу умумий бошқариш шинаси ёрдамида бир-бирлари билан боғланган бир нечта ретрансляторлардан иборат сайтнинг (ретрансляция пунктининг) мавжуд частота ресурсидан умумий фойдаланиш ҳисобига радиочастоталарни самарали ишлатиш қобилиятидир. Шунингдек, ПМР тизимларида радиоэфирни “енгиллатишга” абонент радиостанциясининг узаткичи доимий равишда эмас, балки фақат махсус тугма – тангента (ингл. *Push To Talk - PTT*) босилганида ишлаши хизмат қилади.

ПМР тизимларининг ривожланиши алоқани сифати, тезкорлиги ва конфиденциаллигини яхшилашга ҳамда аналог тизимлардан рақамли тизимларга ўтказиш йўналтирилган. Рақамли ПМР тизимларининг пайдо бўлиши билан илгари аналог тизимларида тўла меъёрда эришиб бўлмайдиган кўплаб замонавий хизматларни тақдим этиш имконияти пайдо бўлди. Мавжуд аналог ПМР тизимлари (SmartTrunkII, LTR, Multi-Net, Accessnet, Smartnet, EDACS, MPT-1327) тармоқларини қуришда етарли даражада ихчам эмас, маълумот узатишда имкониятлари чекланган, бир-бирлари билан мослашмайдиган, юқори конфиденциалликни ва санкциясиз уланишдан ишончли ҳимояни таъминлай олмаслик каби камчиликларга эга. Бу “нуқсонлар” эса кўп сонли бир-бирлари билан мослашмайдиган аналог стандартларни алмаштириш учун яратилган рақамли ПМР стандартларида бартараф этилиши кўзда тутилган. Рақамли транкинг тизимларининг ихчам архитектураси туфайли ахборотларни юқори ҳимоялаш даражасини таъминловчи регионал ва миллий қўламлардаги тармоқларни яратиш ва уларда индивидуал, гуруҳли ва кенг қамровли чақирувларни узатиш имкониятига эга бўлади.

Ҳозирги кунда энг ривож топган рақамли ПМР тизимлари Европада алоқа соҳасида стандартлар бўйича ETSI институти ишлаб чиққан TETRA лойиҳаси ҳамда Американинг жамият хавфсизлиги ташкилотлари алоқа бошқарувчилари Ассоциациясининг APCO-25 лойиҳаси ҳисобланади. Бундан ташқари, рақамли ПМР бозорида “корхонавий” стандартлар статусини олган EADS (Франция) фирмасининг TETRAPOL тизими, Motorola (АҚШ) фирмасининг iDEN тизими, Ericsson (Швеция) фирмасининг EDACS тизими ва бошқалар ишлатилмоқда.

APCO-25 рақамли транкиннг алоқаси стандарти “очиқ стандарт” статусига эга бўлиб, Шимолий ва Жанубий Америка, шунингдек, Жануби-Шарқий Осиё ва Океания давлатларида кенг қўлланилади. APCO-25 лойиҳасига боғлиқ тадқиқотлар ва стандартлаш ишлари 1992 йилда тугатилган, лекин стандартнинг спецификациялари бир неча марта қайта тўлдирилди. APCO-25 стандарти аналог ва рақамли тармоқларни ҳамда транкиннг ва конвенционал<sup>3</sup> тармоқларнинг ўзаро ишлаш имкониятини таъминлайди. Шунингдек, мавжуд бўлган аналог тармоқларидан рақамли тармоқларга равон ўтиш мақсадида стандарт икки босқичда амалиётга татбиқ этилмоқда. Техник нуқтаи назардан иккинчи босқичга ўтиш частоталар тўри қадамини икки марта камайтириш (яъни 6,25kGs гача) ва спектрал жиҳатдан самарадор бўлган CQPSK модуляция усулидан фойдаланиш каби янгиликлар ҳисобига бўлмоқда. Шу билан бирга, каналларни вақт бўйича ажратиш, яъни TDMA технологиясидан фойдаланиш ҳисобига APCO-25 тизимларини TETRA стандарти билан бирлаштириш масаласи ҳам илгари сурилмоқда.

GSM сотали алоқа стандартининг ютуқларидан таъсирланиб, ETSI институти 1994 йилда TETRA (ингл. *TransEuropean Trunked Radio*) “Рақамли транкиннг алоқа трансевропа очиқ стандартини” яратди. Кейинчалик стандартга бошқа минтақаларнинг ҳам катта қизиқиши туфайли унинг таъсир этиш ҳудуди фақат Европа билан чекланиб қолмади ва ҳозирги вақтда TETRA қисқартмаси “Ер сирти транкиннг радиоалоқаси” (ингл. *TErrestrial Trunked Radio*) номи билан ёйилмоқда. TETRA стандарти асосига турли частоталар диапазонларида ва алоқа протоколлари билан фарқ қиладиган тармоқларни минимал харажатларда яратишга имкон берадиган универсал техник ечимлар қўйилган. TETRA тизими частота ресурсини тежаш билан бир қаторда (25 kGs частоталар полосасида 4та мантиқий канал) истиқболда 3-авлод хизматларини тақдим этиш ва турли жорий этиш сценарийларини кўзда тутиб, функционаликни ошириш бўйича катта имкониятларни таъминлайди. TETRA стандарти ривожланишда давом этмоқда ва унинг базасида юқори тезликда маълумотларни симсиз узатиш тизимлари ишлаб чиқилмоқда (стандартнинг ҳозирги TETRA V+D версияси 28,8kbit/sek. максимал маълумот узатиш тезлигини таъминлайди). Каналларнинг пакетли коммутацияловчи стандартининг TETRA PDO янги версиясида эса 32kbit/sek.

---

<sup>3</sup> Радиоалоқанинг **конвенционал** (ёки анъанавий) режими ишчи каналга турғун равишда радиочастоталар бириктирилишини (яъни, транкиннг асосида эмас) билдиради ва кўпинча аналог радиостанцияларда ишлатилади.

тезликка эришилади. Бундан ташқари, стандартнинг ишчи частоталар диапазодини кенгайтириш, уни денгиз ва авиация хизматлари (вертолётлар ва учиш тезлиги 500km/soat бўлган енгил самолётлар), қишлоқ жойларида алоқани ташкил этиш (100km гача масофаларда) ва бошқа вазифалар учун мослаштириш бўйича ишлар олиб борилмоқда.

ПМР тизимларининг кейинги ривожланиши фойдаланувчиларнинг ўсиб бораётган талабларини қондириш учун алоқа ривожланишининг замонавий анъаналарини ҳисобга олувчи янги хизматларни ўз спецификацияларига киритишга қаратилган. Хусусан, умумий фойдаланиладиган тармоқлар (Интернет) ҳамда корпоратив тармоқлар орасида тармоқлараро ўзаро ишлаш имкониятига эга булган IP протоколи асосида қурилган тармоқлардан фойдаланиш таклиф этилмоқда. Бундай тармоқ қўлланилганда технология ўта юқори маълумот узатиш тезлигини талаб қиладиган иловаларга мўлжалланади. Бошланғич юқори тезликдаги иловалар учун бир неча ўнлаб Mbit/sek тезликлардан фойдаланилса-да, кейинчалик ПМР тизимларининг янги ишланмалари 155Mbit/sek дан юқори тезликларни таъминлашга қодир бўлиши тахмин қилинмоқда. Бунда тўла мобиллик ва кенг ҳудудларни қоплаш («роуминг» имкониятлари) каби афзалликлар сақланади.

Шунингдек, ПМР тизимларини LTE мобил алоқа технологиси сари ривожлантириш устида ҳам ишлар олиб борилмоқда ва шу тариқа 4G авлоди даражасида ПМР ҳамда сотали алоқа функционалларининг янада яқинлашиши кутилмоқда.

#### **1.4. Сотали алоқа тизимлари**

Частоталарни сотали тақсимлаш асосида қурилган, қисқартирилганда сотали алоқа тизимлари деб номланган умумий фойдаланишга мўлжалланган радиоалоқа тизимларини, сўзсиз, МРТ таркибида энг муваффақиятлиси деб ҳисобласш мумкин. Ҳақиқатан ҳам, бор-йўғи қарийб 30 йил аввал пайдо бўлган алоқанинг бу тури ўзининг «акаларини» қувиб ўтиб, ўзининг учта авлодини алмаштириб жаҳондаги энг оммавий мулоқот воситаси бўлиб қолди. 2010 йилнинг июлига келиб жаҳондаги сотали алоқа абонентларининг сони тахминан 5 миллиард кишига етди, бу Ер юзи аҳолисининг салкам 70 фоизини ташкил этди. Бугунги кунда 4G технологиялари ҳақида сўз борганда, аввало, сотали алоқа тизимларининг эволюциясини кўзда тутамиз.

Мобил радиоалоқа тизимларини ташкил этишнинг сотали принципи телефон ихтирочиси - Александр Грэхем Белл (*Alexander Graham Bell*) ташкил этган Bell Laboratories (АҚШ) лабораторияси ходимлари Дуглас Ринг ва Рей Янг томонларидан 1947 йилда илгари сурилган. Бу каби алоқа тармоғи алоҳида таянч станциялар (ТС) – соталарни, хизмат кўрсатиш зоналаридан иборат бўлиб, бу зоналарнинг кенглиги эса тармоқ абонентларининг ҳудудий зичлигига боғлиқ бўлар эди. Бир ТС фойдаланадиган частота каналлари

маълум бир худудий интервал орасида шу тармоққа кирадиган бошқа БСлар томонидан ҳам такрорий фойдаланилиши мумкин бўлиши керак эди. Бунда турли худудчаларда (соталарда) ўша бир частотани ўзаро халақитларсиз такрорий ишлатиш имкони пайдо булар эди. Афсуски, бу ғоя фақат 20 йилдан кейин тан олинди ва умумий фойдаланишдаги сотали алоқа тармоқларини жорий этиш фақатгина ўтган асрнинг 70-йиллари охиридагина бошланди. 1978 йилда Чикаго шаҳрида 2 минг абонентга мўлжалланган биринчи тажриба - сотали алоқа тизимининг синовлари бўлиб ўтди. Ўша йили Бахрейнда Batelco телефон компанияси биринчи симсиз телефон алоқаси тизимини тижорат хизматини бошлади. Шунинг учун 1978 йилни сотали алоқа турини амалий ишлатилишининг бошланиш йили деб ҳисоблаш мумкин. AMPS стандарти асосидаги биринчи тижорат сотали алоқа тизими яна Чикаго шаҳрида 1983 йилнинг октябрь ойида ишга туширилди. NMT-450 стандарти асосидаги биринчи тижорат тармоқлари эса Саудия Арабистонида 1981 йилнинг 1 сентябрида ва роппа-роса 1 ойдан кейин Стокгольмда (Швеция) фаолият кўрсата бошлади.

1989 йилда ETSI институти доирасида ташкил этилган махсус мобил алоқа гуруҳи (ингл. *Group Special for Mobile - GSM*) ташаббуси билан сотали алоқанинг GSM номли рақамли стандарти ишлаб чиқилди ва у дастлаб 900 MGs диапазонида ишлаш учун мўлжалланди. GSM стандартида ишлайдиган биринчи тижорат тармоғи 1992 йилда Германияда ишга туширилди. Бу стандарт ривожланишни ва такомиллашишни давом эттирди ҳамда жаҳон миқёсида ҳам кенг қўлланила бошлади. Натижада GSM қисқартмаси «Global System for Mobile communications - Глобал мобил алоқа тизими» сифатида ёйиладиган бўлди. Ҳозирги кунда GSM стандарти Европада 1800MGs (GSM-1800) ва 450MGs (GSM-400), АҚШда эса 1900MGs (PCS) қўшимча частота диапазонларида ишлашга мослашган.

АҚШда рақамли технологиялар ривожланишининг бошланишига «IS-54<sup>4</sup>» стандарти (тижорат номланиши **D-AMPS**) асос қўйди. У АҚШда ишлаётган аналог AMPS тизимларининг сиғимини ошириш мақсадида ишлаб чиқилди ва TIA ассоциацияси томонидан 1989 йилда тасдиқланди. D-AMPS стандартида бир частота каналида (каналнинг кенглиги 30kGs) 3та нутқ каналини ишлатиш имкониятини берадиган янги техник ечимлар киритилди. Бу стандарт асосидаги биринчи тармоқлар 1992 йилда ишга туширилди. АҚШда D-AMPS стандарти (AMPS билан бирга) узоқ вақт асосий тизим бўлиб турди. 2000 йилда мамлакатда бу стандартлар абонентлари сони 50 млн. атрофида бўлган. Шу ерда айтиб ўтиш лозимки, D-AMPS стандартининг тарқалиши фақат Шимолий Америка билан чекланиб қолмай, дунёнинг бошқа худудларида ҳам, хусусан, Жанубий Америка, Жануби-Шарқий Осиё, Яқин Шарқ мамлакатларига ҳам тарқалди. Чунинчи, AMPS/D-AMPS стандартлари МДХ давлатларида ҳам, хусусан, бизнинг мамлакатимизда ҳам кенг оммалашган эди.

---

<sup>4</sup> IS - ингл. *Interim Standard* дан қисқартириш бўлиб, яъни «оралиқ стандарти» маъносини беради.

Сотали алоқанинг рақамли технологияларини ривожлантиришда Япония ҳам Европа ва АҚШдан қолишмади ва ўзининг **PDC** (ингл. *Personal Digital Cellular* - Персонал рақамли сотали алоқа тизими) деб номланган рақамли стандартини ишлаб чиқди. Ушбу япон стандарти 1994 йилда тасдиқланди. PDC стандарти асосидаги тармоқлар асосан мамлакат миқёсида фойдаланиш учун ишлатилди ва жаҳон бозорига сезиларли таъсир кўрсатмади. Ўша йилларда Японияда PDC тармоғи мамлакат аҳолисининг деярли 99 фоизи яшайдиган ҳудудини қамраб олган эди.

Ахборотларни рақам асосида узатиш ва қайта ишлаш режимига ўтиш туфайли стандартларнинг сонини сезиларли камайтиришга эришилди. Шундай қилиб, 1995 йилга келиб жаҳонда асосан уч рақамли стандарт: GSM, D-AMPS (IS-54, кейинчалик IS-136 - TDMA) ва PDC тармоқлари ишлар эди.

Мобил алоқа тизимларининг ривожланишида 1989 йил ўта мазмунли бўлди, чунки бу йили Qualcomm (АҚШ) компанияси каналларни кодли ажратиш (CDMA) технологияси асосида янги рақамли тизимни яратди. CDMA технологияси асосида биринчи тижорат сотали алоқа тармоғини ишлатиш 1995 йилнинг сентябрида Гонконгда бошланди. Бундан биров аввалроқ, ХТИ томонидан IS-95 (тижорат номи **cdmaOne**) стандарти тасдиқланди ва бу стандарт M.1073 MCЭ-R спецификациялар таркибига кирди. cdmaOne тизими Уолш функцияси, яъни 64та кодли псевдо тасодифий кетма-кетликлар ёрдамида спектрни тўғридан-тўғри кенгайтирилиши (ингл. *Direct Spread CDMA - DS-SS-CDMA*) усули асосида қурилган эди. Бу тизимда 9,6kbit/сек тезликка эга бўлган, шакллантирилган сигнал бутун полоса бўйлаб кенгайтирилиб, 1,2288Mchip/сек чип тезлигида<sup>5</sup> узатилар эди. cdmaOne стандарти асосида қурилган, турғун ва ҳаракатдаги алоқа хизматларини кўрсатадиган сотали тармоқлар сони кескин орта бошлади ва 2000 йилга келиб дунёдаги сотали алоқа абонентлари умумий сонининг қарийб 15 фоизини ташкил қилди. cdmaOne тизими асосан нутқни узатиш сифати ошириш ва катта сифимли тармоқларни қуриш талаб этилган ҳолларда қўлланилди.

1990 йилдан бошлаб ХТИ ҳамда ETSI (Европа), ARIB (Япония), ANSI (АҚШ) минтақавий стандартлаштириш ташкилотлари томонидан бутун дунёда 3 авлодга (3G) мансуб сотали алоқа стандартини яратиш учун ягона (умумий) талабларни ишлаб чиқиш бўйича ишлар бошланди. Бу талаблар 3G тизимларининг минимал мезонлари тўплами сифатида киритилди ва кўп ваъдалар берувчи «IMT-2000 Дастури» (ингл. *International Mobile Telecommunications* –«Халқаро мобил алоқа») номини олди. Аммо учинчи авлод даражасида ягона алоқа стандартини яратиш мақсадига амалда эришиб бўлмади ва натижада “Учинчи авлод мобил алоқа тармоқларини

---

<sup>5</sup> **Чипли** деб кенгайтирилган спектрли сигналнинг (шовқинга ўхшаш сигнал) символларини узатиш тезлиги айтилади. 2- бобда батафсилроқ кўринг.

ривожлантириш бўйича ҳамкорлик дастури” (3GPP) томонидан GSM тармоқларини 3G томонга эволюцион йўл билан ривожлантириш мақсадида UMTS стандарти ишлаб чиқилди. Параллел равишда бошқа - 3GPP-2 ҳамкорлик дастури томонидан cdmaOne стандартини 3 авлод сари ривожлантириш мақсадида CDMA-2000 стандарти яратилди ва бу стандарт, асосан, Америка бозори учун мўлжалланди. UMTS ва CDMAлардан ташқари 3G технологияларига FOMA (Япония) ва TD-SCDMA (Хитой) тизимлари, шунингдек, UMTS стандартининг вақтли дуплекс (TDD) асосидаги TD-SCDMA версияси ҳам киритилди.

XXI аср бошларига келиб эса телекоммуникация саноатида янги – тўртинчи авлод технологияларини яратиш зарурати таъкидланди ва яна мобил алоқанинг ягона глобал стандартини яратиш ғояси илгари сурилди. Натижада, мутахассисларнинг фикрича, шу ғояни амалга ошириш учун етарлича салоҳиятга эга бўлган мобил алоқанинг LTE технологияси пайдо бўлди.

Бўлим хулосасида шуни қўшимча қилиш лозимки, мобил тизимларининг ривожланиши макросотали тармоқлардан микросотали ва пикосота/фемтосотали тармоқлар тузилмаларига ўтиш йўлидан ҳам бормоқда. Бундай тармоқлардан фойдаланиш зич қурилишли ва ёпиқ зонали (офислар, ер ости автомобил турар жойларида ва бошқаларда) шаҳар туманларида абонентларга хизмат кўрсатишга имкон беради. Микросотали тизимларни қуриш принциплари макросотали тизимларникидан фарқланади: уларда частотавий режалаштириш мавжуд эмас, “хэндовер” таъминланмайди ва сигнал сатҳини ўлчаш амалга оширилмайди.

### **1.5. Симсиз телефония тизимлари**

XX асрнинг охирида ҳаракатдаги алоқа ривожланишининг муҳим йўналишларидан бири абонент радио уланиш тизимларининг яратилиши бўлди. 1975 йилда Motorola (АҚШ) компанияси биринчи аналог симсиз телефон аппаратини (ингл. *Cordless Telephone* - *CT*) яратди. Бу телефон УФТТга симли линия бўйича уланган таянч платформадан 100м радиус узокликда радиотелефон трубка ёрдамида абонентга эркин ҳаракатланиш имконини берди. Мазкур технология асосида *CT* номли аналог стандартлари, кейинроқ унинг такомиллаштирилган *CT-2* версияси ишлаб чиқилди. Кейинчалик, *CT-2* тизими принциплари асосида яратилган TDMA технологиясидан фойдаланган кўп каналли тизимлар: 900MGs диапазондаги DCT-900 стандарти (Швеция) ва 1800 MGs диапазондаги рақамли симсиз телефониянинг Европа стандарти - DECT (ингл. *Digital European Cordless Telecommunications*) ишлаб чиқилди. Кичик қувватли нурланишни (10-25mVt) ва абонент ускуналарининг жуда юқори зичликда жойлашувини таъминлай олган DECT стандарти ETSI институти томонидан 1992 йилда тасдиқланди. Бу технологиянинг кенг жорий этилиши 1995 йилда бирданга 2 миллионга яқин терминаллар сотилганидан сўнг бошланиб кетди [16]. У

даврдa бир неча йиллардан кейин DECT стандарти симсиз телефония бозорини деярли тўлиқ эгаллаб олишига кўпчилик ишонмас эди. 2001 йилга келиб, рақамли симсиз телефонлар сони тахминан 50 миллионни ташкил этиб, аналог симсиз телефонлардан (45млн.) ўзиб кетди.

Симсиз телефониянинг кейинги ривожланиши сотали алоқа тармоқлари (пикосоталар ва фемтосоталар) билан бирикиб кетиш йўлидан боради ва мобил алоқа тизимларида ўзаро бир-бирини тўлдириб боради.

## 1.6. Йўлдошли алоқа тизимлари

Йўлдошли алоқа тизимларини (ЙАТ) бошқа ХРТ тизимларидан ажратиб турадиган қатор ўзига хос характеристикалари бор. Масалан, йўлдошли алоқа аниқ бир жойга деярли боғланмаган ва ер сирти алоқа тизимларига таққосланганида жуда катта хизмат кўрсатиш ҳудудига эга. У олис, бориш қийин жойларда самарадор, баъзан эса, ягона алоқа тури бўлиб қолмоқда.

ЙАТ турли белгилар бўйича синфларга бўлинади. Вазифаси бўйича улар ҳарбий, фуқаровий, давлат ёки тижорат; ер усти (абонент) станциялари тури бўйича стационар ёки мобил бўлишлари мумкин. Тақдим этиладиган хизматлар бўйича ЙАТ овоз (радиотелефон) алоқаси, маълумотларни пакетли узатиш ёки объектларнинг жойлашишини аниқлаш хизматлари билан ажратилади. Шунингдек, ЙАТ ўзларининг ишчи орбиталари баландлиги бўйича синфларга бўлинади. Ҳозирги вақтда қўлланилаётган ЙАТ тизимлари қуйидагилар: юқори орбитал (ёки геостационар<sup>6</sup>, ингл. *GEO*) - 40 минг километр баландликдаги доиравий орбитали тизимлар, ўрта орбитал (ингл. *MEO*) - 5-15 минг километр баландликдаги тизимлар ва паст орбитал (ингл. *LEO*) - 700-1500 километр баландликдаги тизимлар.

ЙАТ ривожланиши XX асрнинг 70-йилларидан бошланиб, дастлаб орбитага Marisat геостационар коинот аппарати (КА) чиқарилгандан кейин авж олди. Дастлабки мобил ер станциялари (ЕС) махсус қўлланиш тизимлари сифатида (денгиз, ҳаво, автомобил, темир йўл транспортлари учун) ишлаб чиқилди ва фойдаланувчиларнинг чекланган сонига мўлжалланган эди. Алоқанинг ишончилиги юқори бўлмади, чунки ҳаракатдаги объектларнинг энергия таъминоти паст эди ва мураккаб маҳаллий рельефларда ҳамда жойнинг кичик ишчи бурчакларида алоқанинг барқарорлигини таъминлаш қийин эди. Биринчи авлод ер станциялари (Inmarsat-A стандарти) махсус ва корпоратив тармоқларни яратиш учун мўлжалланди.

---

<sup>6</sup> Геостационар орбитада сунъий йўлдошнинг Ер атрофида айланиш даври 24 соатга тенг, шу сабабли сунъий йўлдош Ерга нисбатан мунтазам бир нуқтада бўлади. Учта геостационар сунъий йўлдошли тизим ёрдамида Ер юзини қамраб олиш мумкин.



Ҳаракатдаги ЙАТ соҳасида революцион ўзгаришлар 90-йилларнинг бошларида бўлиб ўтди ва бундай ўзгаришларга қуйидаги учта омил сабаб бўлди:

- коинот дастурларининг тижоратлантирилиши;
- паст ва ўрта орбитал КАлардан фойдаланиш;
- рақамли сигнал процессорларидан фойдаланиб, рақамли алоқага оммавий ўтиш.

Конверсия жараёни илғор харбий технологияларни тижорат дастурларга киритиш ва жалб қилиш билан боғлиқ бўлди. Натижада паст орбиталардаги (Iridium ва Globalstar) ва ўрта орбиталардаги (ICO) бир неча глобал йўлдошли алоқа тизимлари, шунингдек, иккита регионал (ACeS ва Thuraya) тизимлар ишга туширилди. Iridium шахсий йўлдошли алоқа глобал тизими 1998 йилнинг охирида ишга туширилди ва бор-йўғи бир ярим йил атрофидагина ишлади. 2000 йилдан бошлаб учта: Globalstar шахсий йўлдошли алоқа глобал тизими ва нафақат товушли алоқа, балки маълумотларни ҳам узатишга мўлжалланган икки минтақавий - ACeS ва Thuraya, тизимларини ишлатиш бошланди. Бир йилдан сўнг ICO (Inmarsat-P) тизими ишга туширилди.

Ҳаракатдаги ЙАТ тизимларининг кейинги ривожланиши ИМТ-2000 ва ИМТ-Advanced лойиҳалари доирасида амалга оширилади.

### **1.7. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимларининг классификацияси**

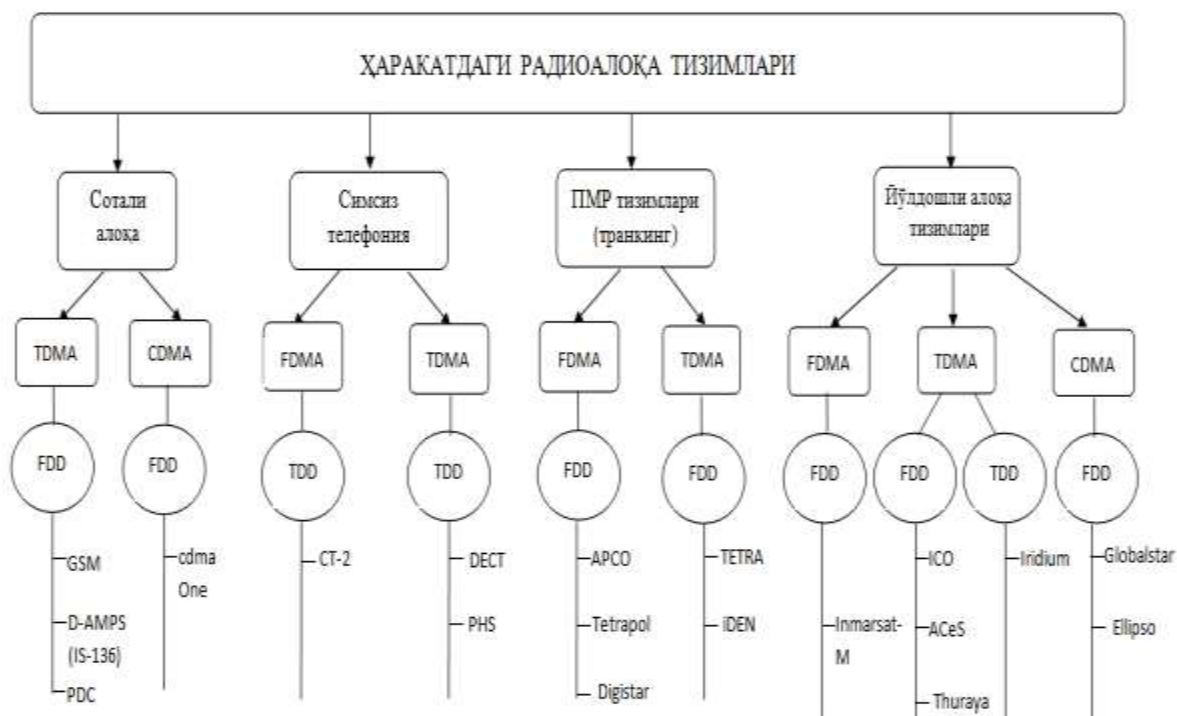
ҲРТ қуйидаги учта белгига классификацияланади (1.2-расм):

- тизимнинг вазифаси ва хизмат кўрсатиш зонаси;
- кўп сонли уланиш технологиясидан фойдаланиш;
- каналларни дуплекслаш<sup>7</sup> схемаси.

Шунингдек, классификацион белги сифатида “хэндоверни” ташкил этиш схемаси ҳам кўриб чиқилган.

---

<sup>7</sup> Дуплекслаш деганда узатиш ва қабул қилиш учун радиоалоқа каналини ажратиш тушунилади. Узатиш ва қабул қилиш бир каналда навбатма-навбат амалга ошириладиган симплекс радиоалоқасидан фарқли равишда дуплексли радиоалоқа бир вақтнинг ўзида турли каналларда узатиш ва қабул қилиш амалга ошириладиган икки томонлама радиоалоқадир.



1.2.- расм. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимларининг классификацияси

### 1.8.ХРТнинг вазифаси ва хизмат кўрсатиш зонасининг ўлчами

Вазифаси ва хизмат кўрсатиш зонасининг ўлчамлари бўйича барча ХРТларни 4 синфга ажратиш мумкин:

- хизмат кўрсатиш зонаси бир нур (сектор) учун 400-800km ва бир сунъий йўлдош учун (орбитанинг баландлигига боғлиқ равишда) умумий диаметри 3000-8000km бўлган йўлдошли алоқа тизимлари;
- таъсир этиш радиуси 0,3дан 35km гача бўлган сотали ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари;
- хизмат кўрсатиш зонаси антеннанинг кўтарилиш баландлигига қараб 2 дан 50km гача бўлган радиусда ишловчи профессионал мобил радиоалоқа (транкинг) тизимлари;
- таъсир этиш радиуси 0,3km гача бўлган симсиз телефон тизимлари.

ХРТнинг турли синфлари орасидаги фарқ, аввало, улар тақдим этадиган хизматларнинг турлари ва сифатидан иборат. Энг юқори сифатни ҳам мобил, ҳам стационар абонентлар учун икки томонлама радиоалоқа хизматларини тақдим этадиган сотали алоқа тармоқлари ва симсиз телефон тизимларини таъминлайди. Бу каби хизматларни (камроқ имкониятлар билан) ЙАТ тизимлари тақдим эта олади. ПМР тизимлари эса, асосан, ярим дуплексли алоқа ва абонентлар билан гуруҳли алоқа хизматларини кўрсатади.

Хизмат кўрсатиш зоналарининг ўлчамлари хизмат кўрсатиладиган худуд бўйича абонентларнинг зичлиги ва тақсимланиш характериغا боғлиқ. Абонентлар юқори зичликли жойларда 100m гача радиусли фемтосоталар ва пикосоталар яратилади, кўп биноли ва аҳоли зич жойлашган худудларда эса микросоталар (0,1 – 0,5km) ташкил этади. Шаҳар ва шаҳар атрофидаги зоналарни қамраш учун эса радиоқамров радиуси 30-35km гача бўлган макросоталар ишлатилади. Олис ва бориш қийин туманларда ва қишлоқ жойларида абонентларга хизмат кўрсатиш ҳам сотали, ҳам йўлдошли алоқа тизимлари орқали амалга оширилиши мумкин.

Сотали алоқа тармоқлари абонентлар зичлиги квадрат километрга, хатто 10 000 Эрлангача бўлган шароитларда ҳам хизмат кўрсатиши мумкин. Транкинг тармоқлари эса трафик ҳажми 10-20 Erlang/kv.km дан ошмаган ҳолларда самаралироқ ишлайди. Сотали алоқа тизимларида спектрал самарадорликни ошириш учун TDMA ва CDMA кўп сонли уланиш технологиялари қўлланилади ва кенг полосали каналлардан фойдаланилади. ПМР тармоқларида эса асосан FDMA ёки TDMA технологиялари ва тор полосали каналлар қўлланилади.

Алоқани ташкил этиш тартибида ҳам фарқлар мавжуд. Сотали алоқа ва симсиз телефон тизимларида абонентлар орасида асосан индивидуал чақирувлар амалга оширилади. Бунда сўзлашувнинг ўртача давомийлиги бир неча дақиқага етиши мумкин. ПМР тизимларининг одатий иш тартиби эса қисқа (1 дақиқадан кам), лекин тез-тез чақирувларга асосланган. Бунда чақирувлар тўғридан-тўғри, ёки диспетчер орқали амалга оширилиши мумкин. ПМР тизимларида алоқа ўрнатиш вақти, қоидага кўра, 0,3 секунддан ошмаслиги керак.

Частота ресурсидан фойдаланиш усули бўйича ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари икки синфга ажратилади:

- абонентларга каналлар турғун (доимий равишда) бириктирилган алоқа тизимлари;
- умумий хизмат кўрсатиш зонасида абонентларнинг талабига асосан канал тақдим этувчи тизимлар.

Каналлар турғун бириктирилган тизимларда юқори тезкор алоқа таъминланади. Каналларни турғун бириктириш принципи, аввало, ПМР конвенционал тизимларида кенг ишлатилди. Транкинг тизимлари эса каналларга “эркин” уланишли тизимлар қаторига киради. Улар ажратилган частоталар тўплами орасида исталган каналда ишлаш имкониятига эга. Сотали алоқа ва симсиз телефония тизимларида абонент қайси бир хизмат зонасида бўлса, унинг талаби бўйича канал тақдим этилади.

ХРТда янги тизимли ва техник ечимлардан фойдаланиш туфайли сигнал/шовқин<sup>8</sup> нисбатини (ингл.  $E_b/N_0$ ) яхшилашга эришилди. Агар аналог

---

<sup>8</sup> “Сигнал-шовқин” нисбати бу 1 битли сигнал энергиясини 1Гцдаги шовқинлар қуввати зичлигига нисбатидир ( $E_b/N_0$ ). ХРТда бу параметр кўрсаткичи қанчалик паст бўлса, тизимнинг алоқа сифати шунчалик юқори бўлади.  $E_b/N_0$  кўрсаткичи катта амалий

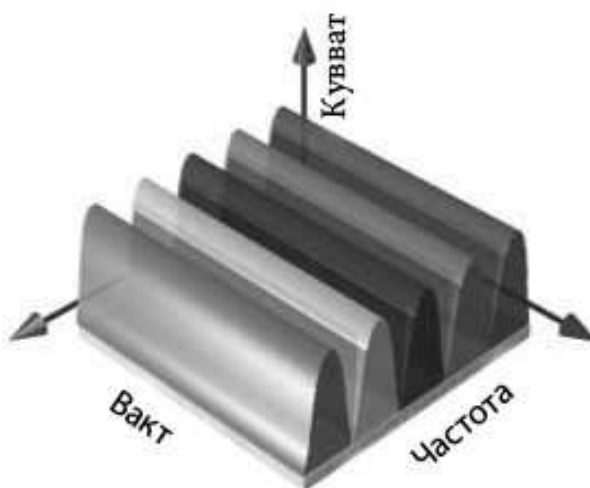
тизимларда  $E_b/N_0$  нисбати 17 – 18 dB бўлган бўлса, рақамли тизимларда эса бу кўрсаткич 7 – 9 dBга тенг бўлди.

Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимлари учун (йўлдошли алоқа тизимларидан ташқари) ўзаро нисбий характеристикалар 2.1-жадвалда келтирилган. Ушбу тизимлар рўйхати етарлича тўлиқ бўлмаса-да, у тизимларнинг таркибий фарқларини баҳолаш имконини беради.

### 1.9.Кўп сонли уланиш технологиялари

Кўп сонли уланиш – бу таянч станциянинг (ретрансляторнинг) бир вақтнинг ўзида бир нечта абонент ускуналарининг (мобил станцияларнинг) сигналларини қабул қилиш ва узатиш қобилиятини ифодалайди. Кўп сонли уланиш (ёки каналларни ажратиш) технологиялари мобил алоқа технологиялари билан бирга чамбарчас ривожланиб келмоқда. Агар 1G ва 2G авлодларда, тақдим этилган классификацияга кўра (1.1-жадвал), ХРТ тизимлари асосан икки технология, яъни каналларни частота (FDMA) ва вақт асосида (TDMA) ажратиш асосида кўп сонли уланиш усуллари билан қурилган бўлса, 3G авлод тизимлари каналларни кодли ажратиш (CDMA) технологияси асосида қурилган. Тўртинчи авлод янги мобил технологиялари эса каналларни ортогонал частотавий ажратишли кўп сонли уланиш (OFDMA) усули асосида қурилмоқда.

1. FDMA усули (ингл. *Frequency Division Multiple Access*) аналог ХРТ тизимларида анъанавий равишда, шунингдек, баъзи рақамли тизимларда, одатда, бошқа усуллар билан биргаликда ишлатилади. Частотали ажратиш усулида ҳар бир абонентга унинг тўлиқ сўзлашуви мобайнида мавжуд частоталар диапазонидан алоҳида бир канал (спектрнинг қисқа бўлаги) ажратиб берилади (1.3-расм).



1.3-расм. Каналларни частота бўйича ажратиш асосида кўп сонли уланиш усули

---

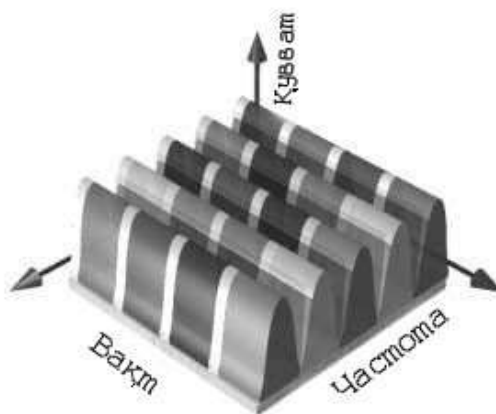
аҳамиятга эга, чунки хатоли битларнинг пайдо бўлиш тезлиги (ингл. *BER*) бу нисбатнинг (камаювчи) функцияси ҳисобланади.

Персонал алоқа тизимларида частота канали кенглиги, одатда, 25-30кGs ни ташкил этади. Абонентларни ажратиш учун вақт фактори эмас, балки частота фактори ишлатилади. Бундай ёндашув қатор афзалликларга эга бўлиб, барча ахборотлар реал вақтларда узатилади, частоталарни ажратиш алоқани ташкил қилиш жиҳатидан ҳам қулайдир. FDMAнинг асосий камчилиги (кичик фаолликли) кўп сонли абонентларга хизмат кўрсатишда паст ўтказувчанлик қобилияти ҳисобланади.

2. TDMA (ингл. *Time Division Multiple Access*) усулидан кўплаб рақамли ҲРТ тизимларида фойдаланилади: GSM, D-AMPS, TDMA (IS-136), PDC, DECT, TETRA ва бошқалар. Частота асосида ажратувчи тизимлардан фарқли ўлароқ, бу усулда абонентлар кенг частота полосаларида ишлайдилар ва уларнинг ҳар бирига бу полосалар ичида вақт интерваллари (мантиқий каналлар) ажратилади ва маълум бир вақт мобайнида (ингл. *Time slot*) ахборот узатишга рухсат этилади (1.4-расм).

## ХРТнинг ўзаро нисбий характеристикалари

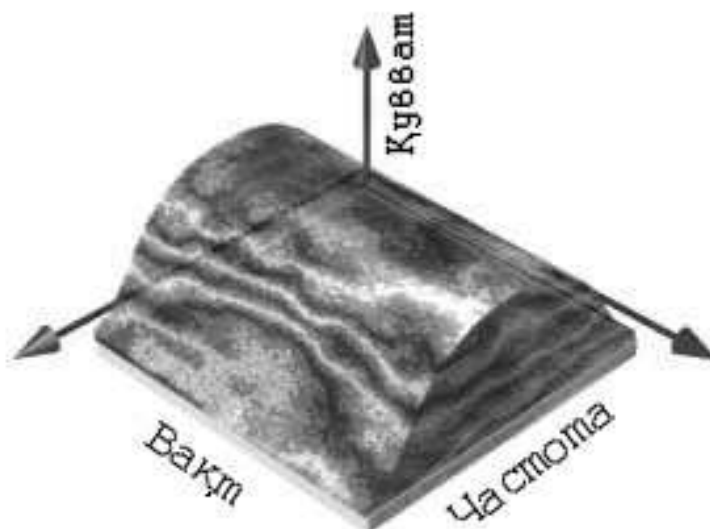
Стандарт	2-авлод сотали алоқа тизимлари				Симсиз телефония		ПМР рақамли тизимлари		
	GSM	D-AMPS	cdmaOne	PDC	CT-2	DECT	TETRA	APCO-25	Tetrapol
Частоталар диапазони, <i>MGs</i>	890-915/1710-1785; 935-960/1805-1880	824-849; 869-894	824-849; 869- 894	810-826; 940-956; 1429-1453 1477- 1501	864-868	1880- 1900	380-400; 410- 430 (450-470)	138-174; 406-512; 746-869	70... 520
Полоса кенглиги, <i>MGs</i>	25	25	25	25	24	20	20	н/м	5
Дуплекс ажратиш, <i>MGs</i>	45/95	45	45	48(130)	Йўқ	Йўқ	10	н/м	10
Каналлар ажратиш, <i>kGs</i>	200	30	1250	25 (50)	100	1728	25	12,5/6,25	12,5/10
Дуплекс каналлар сони	124	832	20	640	40	10	н/а	н/а	400
Кўп-сонли уланиш	TDMA	TDMA	CDMA	TDMA	FDMA	TDMA	TDMA	FDMA	FDMA
Дуплекслаш усули	FDD	FDD	FDD	FDD	TDD	TDD	FDD	FDD	FDD
Бигта элтувчига тўғри келадиган каналлар сони	8 или 16	3(6)	55	3(6)	1	12	4	1	1
Модуляция усули	GMSK	$\pi/4$ DQPSK	QPSK(TC) OQPSK(MC)	$\pi/4$ DQPSK	GFSK	GFSK	$\pi/4$ DQPSK	C4FM CQPSK	GMSK
Маълумотлар узатиш тезлиги, <i>kbit/sek</i>	270,8 (EDGE)	48,6	1288	42	72	1152	32 (4 манг. канал)	9,6	8
Овоз кодеки тури	RPE-LTP	VSELP	QCELP	VSELP	ADPCM	ADPCM	ACELP	IMBE	RPCELP
Овоз кодеки тезлиги, <i>kbit/sek</i>	13 или 6,5	7,95	13 или 8,5	6,7	32	32	4,5	4,4	6
Овоз учун каналли кодлаш	R=1/2, K=5	R=1/2	R=1/3,R=1/2	R=1/2	н/д	CRC	R=2/3	R=1/2, Goley	н/м
Кадр узунлиги, <i>ms</i>	4,6	40	20	20	2	10	57	180	20
Мобил станция қуввати: ўртача (максимал), <i>Vt</i>	GSM-900: 0,1-8(0,6- 20) GSM-1800: 0,25- 1(0,03-0,125)	3,0 (9); 1,6(4,8); 1,6(1,8)	0,6 (6,3); 2,5; 1,0	0,66 (2)	0,005 (0,01)	0,01 (0,25)	2,5 (10); 0,75 (3); 1(0,25)	н/а	10 (автом.)
<i>Eb/No</i> нисбати	9	16	6-7	17	20	12	19	н/а	н/а
Хэндовер	Бор	Бор	Бор (юмшок)	Бор	Йўқ	Йўқ	Бор	н/а	н/а



1.4- расм. Каналларни вақт бўйича ажратиш асосида кўп сонли уланиш усули

Масалан, GSM стандартида 200kHz кенгликдаги полоса 8та вақт интервалига (мантқиқий каналларга) бўлинади, D-AMPS стандартида эса 30kHz ли полоса 3 мантқиқий каналга бўлинади. Абонентга нисбатан трафик пульсацияланувчи характерга эга бўлади, яъни абонентлар сони кўпайган сари, уларнинг ахборот узатиш имкониятлари ҳам камаяверади. Алоқа каналининг ўтказувчанлик қобилиятини ошириш учун TDMA усули кўпинча FDMA усули билан биргаликда ишлатилади. Умуман олганда, TDMA усули FDMA усулига нисбатан тизимнинг канал сифimini 3 мартагача (ярим тезликли кодлаш ишлатилса 6 мартагача) оширар экан.

3. CDMA (ингл. *Code Division Multiple*) технологияси иккинчи авлодга мансуб CDMAone (IS-95) стандартида ва деярли барча учинчи авлод стандартларида (10дан 8сида) ишлатилади. Эфирни бундай ажратиш усулида трафик каналлари уларга рақамли код бериш асосида яратилади ва улар бутун полоса кенглигида ёйилади, яъни частота ва вақт бўйича ажратилмайди, абонентлар бутун канал кенглигида ишлайдилар (1.5-расм).



1.5-расм. Каналларни код бўйича ажратиш асосида кўп сонли уланиш усули

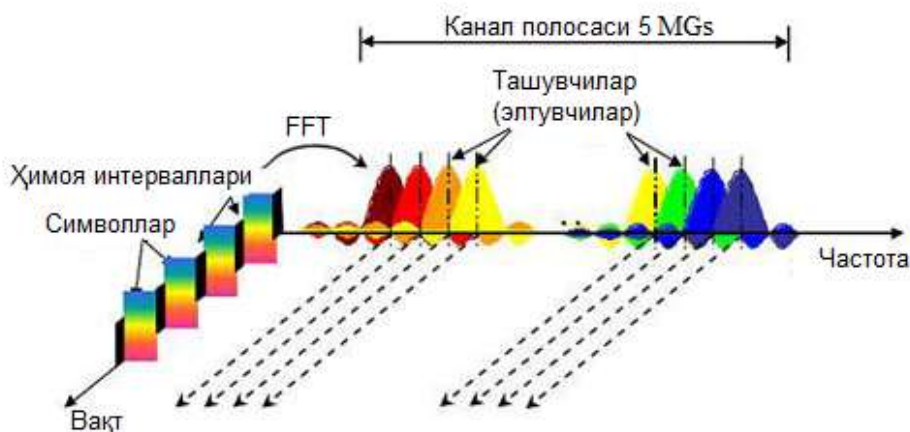
Алоҳида каналнинг частота полосаси жуда кенг бўлиб, абонентларнинг узатмалари устма-уст тушади, лекин улар код бўйича фарк қилганлиги сабабли, уларни бир-биридан ажратиш мумкин бўлади. CDMA усулининг асосий принципи физик каналларни кодли ажратиш билан биргаликда псевдо-тасодифий кетма-кетликларни (ПТК) модуляциялаш ҳисобига спектрни кенгайтириш ҳисобланади. Усулнинг афзалликларига юқори ҳалақитбардошликни, сигналнинг кўп нурли тарқалиш шароитларига яхши мослашувчанлигини, тизимнинг юқори сиғимлилигини ва ахборотларнинг яхши ҳимояланганлигини киритиш мумкин.

Техник нуқтаи назардан CDMA асосидаги тизим бошқа FDMA ва TDMA асосидаги тизимлардан фарқланадиган қатор ўзига хос хусусиятлари билан тавсифланади. Аввало, қабул қилинадиган сигналлар сатҳларини юқори аниқликда тенглаштириш (текислаш) зарур, шунингдек, тизимли вақт шкаласининг абсолют қийматигача аниқликда мобил станцияларнинг синхронлигини таъминлаш керак. Тизимнинг сиғими бўйича CDMA усули TDMA усулидан 3 марта самаралироқдир (лекин, TDMA да спектрал самарадорликни оширишнинг такомиллаштирилган усуллари қўлланилиши натижасида ушбу кўрсаткич бўйича CDMA усули билан тенглашиб олди).

4. OFDMA усули (ингл. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) кўп сонли яқин жойлашган ортогонал нимэлтувчи частоталардан фойдаланган ҳолда кўпсонли уланишнинг рақамли схемаси ҳисобланади. Бунда бир мантиқий канал, одатда, бутун руҳсат этилган частоталар диапазони бўйлаб тақсимланган нимэлтувчиларнинг маълум бир тўплами орқали ташкил этилади. Ҳар бир нимэлтувчи паст символли тезликда ишлайдиган оддий модуляция схемалари (масалан, квадратура-амплитудавий модуляция, QAM) асосида модулланади. Бунда худди шундай ўтказиш полосасида бир элтувчи асосида ишлайдиган оддий модуляция схемаларидаги каби маълумот узатиш умумий тезлиги сақлаб қолинади. OFDMA-символи ўз ичига маълумот узатиш зонасини ва бу зонадан олдин турадиган символлараро интерференцияни олдини олувчи ҳимоя интервалини (яъни, символнинг бошланғич фрагментини такрорланиши) киритади (1.6-расм).

Бир элтувчили схемаларга нисбатан OFDMAнинг асосий афзаллиги унинг каналдаги мураккаб вазиятларга бардош бериш қобилияти ҳисобланади (масалан, мураккаб филтер-эквалайзерлардан фойдаланмаган ҳолда тор полосали ҳалақитлар ва тўлқин тарқалишининг кўпнурлилигидан келиб чиқадиган частота-танловчанлик сўнишларга қарши курашиш кабилар). OFDM-сигнал битта тез модулланадиган кенг полосали сигнал сифатида эмас, балки кўплаб секин модулланадиган тор полосали сигналлар сифатида кўрилиши лозим. Символларнинг паст тезлиги улар орасида ҳимоя интервалидан фойдаланишга имкон беради, ва шу туфайли вақт бўйича сочилишларни тўғрилашга ва символлараро бузилишларни тузатишга хизмат қилади. Спектрал самарадорлик нуқтаи назаридан OFDMA усулини CDMA усулига нисбатан тахминан 10 карра юқорироқ деб ҳисоблаш мумкин.





1.6-расм. Каналларни ортогонал частотали ажратиш асосида кўп сонли уланиш усули

### Назорат саволлари

1. Сотали алоқа тизимларининг ривожланишига қисқа таҳлил беринг.
2. Транкинг алоқа тизимларининг ривожланишига қисқа таҳлил беринг.
3. Йўлдошли алоқа тизимларининг ривожланишига қисқа таҳлил беринг.
4. Симсиз телефония тизимларининг хусусиятлари.
5. Йўлдошли алоқа тизимларининг хусусиятлари.
6. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимларининг классификациясини келтиринг.
7. ҲРТнинг вазифаси ва хизмат кўрсатиш зонасининг ўлчами ҳақида сўзлаб беринг.
8. FDMA кўп сонли уланиш технологиялари хусусиятлари.
9. TDMA кўп сонли уланиш технологиялари хусусиятлари.
10. CDMA кўп сонли уланиш технологиялари хусусиятлари.

### Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. А. Абдукадиров, Д. Давронбеков. Мобил алоқа тизимларининг 4G авлоди. Ўқув қўлланма. – Тошкент, ТАТУ – 2015. 21-33б.
2. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. М.: Эко-Трендз Ко, 1997.
3. Ибраимов Р.Р. Мобильные системы связи. Учеб. пос., ТУИТ, 2004.
4. Конспект лекций по курсу «Мобильные системы связи 4-го поколения» (электронный вариант).
5. Evolution to LTE report. GSA материаллари. May 11, 2011. [http://www.gsacom.com/gsm\\_3g/info\\_papers.php4](http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4).

6. CDMA Statistics. CDG материаллари. April 21, 2011.  
[http://www.cdg.org/resources/cdma\\_stats.asp](http://www.cdg.org/resources/cdma_stats.asp)

7. Л.М. Невдяев. Мобильная связь 3-го поколения. – М: Связь и бизнес, 2000. С.18-19, 33.

## **Маъруза 2. Сотали алоқа тизимларининг эволюцияси. Биринчи ва иккинчи авлод мобил алоқа тизимлари**

### **Режа:**

1. Биринчи авлод - 1G стандартлари.
2. 2G – иккинчи авлод стандартлари.
3. 2,5G авлод мобил алоқа тизимлари.
4. 2,75G авлод мобил алоқа тизимлари.

**Таянч иборалар:** AMPS, TACS, NMT – 450, C-450, Radiocom 2000, NTT, D-AMPS, GSM, cdmaOne, GPRS, EDGE, CDMA-2000.

### **2.1. Биринчи авлод - 1G стандартлари**

Қайд қилиб ўтилганидек, мобил алоқанинг илк тижорат тармоқлари 70-йилларнинг охири ва 80-йилларнинг бошларида пайдо бўлган. Уларнинг барчасида овозни узатишда аналогли частотавий модуляциядан фойдаланилган. Биринчи авлод сотали алоқа стандартларига, одатда, куйидагилар киритилади (1.1-жадвалга қаранг):

– **AMPS** (ингл. *Advanced Mobile Phone Service* - “Такомиллаштирилган мобил телефон хизмати”, шунингдек, “Шимолий Америка стандарти” номи билан машҳур. 800MGs диапазонда ишлаган, 1983 йилда фойдаланишга туширилган) - АҚШ, Канада, Марказий ва Жанубий Америка, Австралия каби худуд ва давлатларда кенг қўлланилган; Ўз вақтида (1995 йилда) жаҳондаги мобил алоқа тармоқларидаги барча абонентларнинг 1/3 қисмига хизмат кўрсатган ва D-AMPS рақамли модификацияси билан биргаликда энг кенг тарқалган сотали тизим бўлган. Жумладан, Россияда AMPS регионал стандарт сифатида (асосан D-AMPS вариантыда) тасдиқланган ва энг кенг тарқалган стандарт ҳисобланган. Ўзбекистонда AMPS/D-AMPS стандартлари “Ўздунробита” ҳамда “Rubicon Wireless Communications” операторлари томонидан ишлатилган;

– **TACS** (ингл. *Total Access Communication System* - “Умумуланишли алоқа тизими”, 900MGs диапазонда ишлаган, 1985 йилда ишга туширилган) - Буюк Британия, Италия, Испания, Австрия, Ирландия давлатларида фойдаланилган, Американинг AMPS стандарти асосида ишлаб чиқилган. ETACS (Европа) ва JTACS/NTACS (Япония) модификацияларига эга бўлган. TACS аналог стандартлари орасида тарқалиши бўйича иккинчи ўринда турган. 1995 йилда абонентлар базаси бўйича ҳам у жаҳонда иккинчи

ўринни эгаллаган, лекин 1997 йилга келиб тез ривожланган рақамли стандартлар томонидан тўртинчи ўринга тушириб қўйилган;

– **NMT - 450** (ингл. *Nordic Mobile Telephone* – “Шимолий давлатлар мобил телефони”, 450MGs диапазонда ишлаган, 1981 йилда ишга туширилган) мобил алоқа тарихидаги илк стандартдир. Скандинавия давлатларида ва жаҳоннинг бошқа кўплаб минтақаларида фойдаланилган. “Скандинавия стандарти” номи билан машҳур бўлган. Жаҳоннинг аналог стандартлари орасида тарқалиши бўйича учинчи ўринни эгаллаган. Аҳоли нисбатан сийрак жойлашган ҳудудларда узок масофаларда алоқа таъминлаш учун анча қулай бўлган. 1985 йилда NMT-450 базасида 900MGs диапазонда ишлайдиган NMT-900 стандарти ишлаб чиқилган;

– **C-450** (450MGs диапазонда ишлаган, 1984 йилда ишга туширилган) – асосан Германия ва Португалияда фойдаланилган;

– **RTMS 101H** (ингл. *Radio Telephone Mobile System* - “Радиотелефон мобил тизими”, 450MGs диапазонда ишлаган, 1985 йилда ишга туширилган) - Италияда ишлаб чиқарилган ва фойдаланилган;

– **Radiocom 2000** (170MGs, 200MGs, 400MGs дипазонларида ишлаган, 1985 йилда ишга туширилган) - Францияда ишлаб чиқарилган ва фойдаланилган;

– **NTT** (ингл. *Nippon Telephone and Telegraph System* - “Япония телефон ва телеграф тизими”, 800-900MGs дипазонларида учта вариантда ишлатилган, 1986 йилда ишга туширилган) – Японияда ишлатилган.

Барча аналог стандартларда овозни узатиш учун частотавий модуляция (ЧМ) ёки фазавий модуляция (ФМ) ишлатилган, бошқариш сигналларини (ёки сигнализацияни) узатиш учун эса частотавий манипуляциядан фойдаланилган. Турли каналларда ахборот узатиш учун частота спектрининг турли қисмларидан фойдаланилган. Турли стандартларда 12,5kGsдан 30kGsгача бўлган полосаларда FDMA усулидан фойдаланилган. Аналог тизимларнинг асосий камчилиги ҳам айнан шу билан боғлиқ эди, яъни ажратилган полосада частота бўйича каналларни ажратиш частота ресурсларидан самарали фойдаланиш имконини бермас эди ва, шу билан бирга, абонент сифими ҳам нисбатан кичик бўлишига сабаб бўлар эди. Кўп сонли ўзаро мос бўлмаган стандартларнинг мавжудлиги ҳам жаҳонда сотали алоқа хизматларини оммалашшига ҳалақит берди. Бу камчиликлар ўтган аср 80-йилларининг ўрталаридаёқ, яъни жаҳоннинг етакчи давлатларида сотали алоқанинг кенг тарқалиши даврида яққол намоён бўлиб қолди, шу сабабли кўплаб тадқиқотчиларнинг асосий эътибори янги мукамал техник ечимларни қидиришга йўналтирилди. Бу ҳаракатлар ва қидирувлар натижасида иккинчи авлод тизимлари – “2G” номини олган рақамли сотали тизимлар пайдо бўла бошлади. Рақамли сотали алоқа тизимларига ўтишга замин яратган омиллар ушбу рақамли техниканинг кенг жорий этилиши, паст тезликли кодлаш усуллариининг ихтиро қилиниши ва сигналларга рақамли ишлов бериш учун жуда кичкина микросхемалар яратилиши кабилар бўлди.

Шу билан биринчи авлод тармоқларининг “асри” аста-секин тугаб, улар ўз ўрнини янги, иккинчи авлод тизимларига бўшата бошлашди. Аналог тизимларнинг абонентлари сони тез суръатларда камайиб борди: 1997 йил 91,4 миллион, 1999 йил 79,5 миллион, 2003 йилга келиб эса бор йўғи 54,5 миллион кишини ташкил этди ва ҳ.к. Лекин турли стандартлар учун бу жараён турлича кечди. Масалан, AMPS тармоқлари қисқа вақт ичида D-AMPS ва cdmaOne стандартлари билан алмаштирилган бўлса, аксинча, NMT-450 стандартининг амалдаги тармоқларини (2G томон қилинган баъзи бир такомиллаштиришлар билан) янги асрнинг бошларигача учратиш мумкин эди. Хулоса қилиб шуни айтиш лозимки, 1G тармоқлари ўзининг тарихий

**Турли авлод сотали алоқа стандартлари**

<b>Мобил алоқа стандартлари</b>	<b>1G</b>	<b>2G</b>	<b>3G</b>	<b>Pre 4G</b>
<b>GSM / UMTS (3GPP) оиласи</b>		GSM <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPRS</li> <li>• EDGE (EGPRS)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ EDGE</li> </ul> </li> <li>Evolution                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• CSD</li> <li>HSCSD</li> </ul> </li> </ul>	UMTS <ul style="list-style-type: none"> <li>• W-CDMA (UMTS)</li> <li>• HSPA                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ HSDPA</li> <li>◦ HSUPA</li> <li>◦ HSPA+</li> </ul> </li> <li>• UMTS-TDD                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ TD-CDMA</li> <li>◦ TD-SCDMA</li> </ul> </li> <li>• FOMA</li> </ul>	3GPP Rel. 8 <ul style="list-style-type: none"> <li>• E-UTRA (LTE)</li> </ul>
<b>cdmaOne / CDMA-2000 (3GPP2) оиласи</b>		cdmaOne	CDMA-2000 <ul style="list-style-type: none"> <li>• EV-DO</li> </ul>	UMB
<b>AMPS оиласи</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AMPS</li> <li>• TACS / ETACS</li> </ul>	D-AMPS (TDMA)		

Мобил алоқа стандартлари	1G	2G	3G	Pre 4G
<b>Бошқа технологиялар</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PTT</li> <li>• MTS</li> <li>• IMTS</li> <li>• AMTS</li> <li>• OLT</li> <li>• MTD</li> <li>• Autotel / PALM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NMT</li> <li>• Hicap</li> <li>• CDPD</li> <li>• Mobitex</li> <li>• DataTAC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• iDEN</li> <li>• PDC</li> <li>• CSD</li> <li>• PHS</li> <li>• WiDEN</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• iBurst</li> <li>• HiperMAN</li> <li>• WiMAX</li> <li>• WiBro</li> <li>• GAN (UMA)</li> </ul>
<b>Кўп-сонли уланиш услублари</b>	FDMA	TDMA/SSMA	CDMA/W-CDMA	OFDMA
<b>Ишчи частота диапазонлари</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сотали тизимлар <ul style="list-style-type: none"> <li>○ GSM</li> <li>○ UMTS</li> <li>○ PCS</li> </ul> </li> <li>• SMR</li> </ul>	170MGs, 200MGs, 400MGs, 450MGs, 800MGs, 900MGs	800MGs, 900MGs, 1800MGs, 1900MGs	800MGs, 1800MGs, 1900MGs, 2200MGs	<b>2,4 – 2,6GGs, 3,5GGs 5,6GGs</b>

миссиясини (вазифасини) бажарди, яъни, биринчидан, каналларни ажратишнинг сотали принципи техник ғоясининг тўғрилигини тасдиқлади, иккинчидан, бу турдаги алоқанинг ўсиш имкониятини кўрсатди ва, ниҳоят, сотали алоқа тизимларини такомиллаштиришнинг асосий йўналишларни аниқлаб берди.

## 2.2. 2G – иккинчи авлод стандартлари

Юқорида қайд қилиб ўтилганидек, рақамли сотали алоқа тизимларининг илк лойиҳалари ўтган асрнинг 90-йиллари бошларида пайдо бўла бошлади. Бундай тизимларнинг олдинги аналог тизимлардан икки принципиал фарқи бор эди:

- аналог тизимлардаги каби каналларни частота бўйича тақсимлаш (FDMA) усули ўрнига вақт бўйича тақсимлаш (TDMA) ҳамда кодлар бўйича тақсимлаш (CDMA) усуллари билан бирга модуляциянинг спектрал самарадор усулларини ишлатиш;

- овоз ва маълумот узатишни интеграциялаш билан биргаликда маълумотларни шифрлаш (махфийлаштириш) ҳисобига фойдаланувчиларга кенг турдаги хизматлар спектрини тақдим этиш имкониятининг мавжудлиги.

Бироқ рақамли тизимларга ўтиш осон бўлмади. Масалан, АҚШда AMPS аналог стандарти ўз вақтида жуда кенг тарқалган ва уни тўғридан-тўғри рақамли тизим билан алмаштиришни имконияти амалда деярли мавжуд эмас эди. Ушбу муаммо бир частота диапазонида икки тизимнинг аралаш ҳолда ишлашни таъминлайдиган икки режимли аналог-рақам тизимини ишлаб чиқиш орқали ҳал қилинди. Мазкур стандарт бўйича ишлар 1988 йилда бошланиб, 1992 йилда тугатилди ва стандарт **D-AMPS** номини (*Digital* – ингл. “рақамли” олд қўшимчаси билан) ёки **IS-54** белгисини олди. Стандартнинг амалда ишлатилиши 1993 йилда бошланди.

Европада ҳам кўплаб бир-бирига мос бўлмаган аналог стандартларнинг мавжудлиги туфайли аҳвол қийинлашди. Бу ерда вазиятдан чиқишнинг ягона ечими умумий Европа стандарти - **GSM** (GSM-900, 900MGs диапазони) нинг ишлаб чиқилиши бўлди. Стандарт устида ишлар 1982 йили бошланди ва 1987 йилга келиб, стандартнинг барча асосий характеристикалари аниқлаб олинди. 1988 йилда эса стандартнинг асосий хужжатлари қабул қилинди. GSM-900 нинг амалда қўлланилиши 1991 йилдан бошланди.

Техник характеристикалари бўйича D-AMPS тизимига ўхшаш рақамли стандартнинг яна бир тури Японияда 1993 йилда яратилди. Дастлаб у **JDC** (ингл. *Japan Digital Cellular* - “Япония рақамли сотали алоқаси) номи билан, кейинчалик, 1994 йилдан бошлаб эса PDC (ингл. *Personal Digital Cellular* - “Персонал рақамли сотали алоқа”) номи билан танилди (2.2-жадвалга қаранг).

Мобил алоқа рақамли тизимларининг ривожланиши бу билан тўхтаб қолгани йўқ. D-AMPS стандарти каналларни бошқаришнинг янги усуллари

яратилиши ҳисобига янада такомиллашиб борди. Гап шундаки, IS-54нинг рақамли версияси аналог AMPS стандартининг каналларни бошқариш тузилмасини ўзида сақлаб қолган, бу эса, ўз навбатида, тизимнинг имкониятларини чеклаб қўяр эди. Рақамли каналларни бошқаришнинг янги усули стандартнинг IS-136 версиясида (стандартнинг тижорат номланиши - TDMA) киритилди. Ушбу версия 1994 йилда ишлаб чиқилди ва 1996 йилдан бошлаб ишлатила бошлади. Бунда TDMA стандартининг AMPS/D-AMPS стандартлари билан мослашуви сақлаб қолинди, аммо бошқариш канали сифими оширилди ҳамда тизимнинг функционал имкониятлари сезиларли даражада кенгайтирилди.

GSM стандарти техник такомиллаштиришни давом эттириб, (кетма-кет киритилган 1, 2 ва 2+ фазалар) 1989 йилда янги 1800MGs частота диапазонини ўзлаштира бошлади. GSM-1800 тизимининг аввалги GSM-900 тизимидан фарқи кўпроқ техник жиҳатдан эмас, балки техник ечимлар асосидаги маркетинг ютуқларидан иборат эди, яъни кичик ўлчамли ячейкалар (соталар) билан биргаликда, кенгрок диапазондаги ишчи частоталар полосасида ишлаш натижасида анчагина катта сифимли сотали тармоқлар куриш имкониятини берди. Нисбатан ихчам (компакт), енгил, қулай ва арзон абонент терминаллари ишлаб чиқиш натижасида мобил алоқа тизимидан фойдаланиш оммавий тус олишига эришилди. GSM-1800 стандарти (асосан GSM-900 стандартига қўшимчалар кўринишда) 1990-91 йилларда Европада ишлаб чиқилди ва **DCS-1800** (ингл. *Digital Cellular System*- “Рақамли сотали алоқа тизими”) номини олди. Стандарт дастлаб (1993 йилларда) PCN (ингл. *Personal Communication Network* - “Персонал алоқа тармоғи”) номи билан ҳам юритилди. Кейинчалик эса (1996 йилда) стандартни **GSM-1800** деб номлаш тўғрисида қарор қабул қилинди.

GSM тармоқларининг ривожланиш йўлидаги асосий қадами – бу бир неча канал интервалларини (тайм-слотларни) бирлаштириш ҳисобига маълумот узатиш тезлигини ошириш имконини берадиган - **HSCSD** (ингл. *High Speed Circuit Switch Data* - канал коммутацияси ҳисобига юқори тезликда маълумот узатиш) схемасининг киритилиши бўлди. Тайм-слотларни бирлаштириш натижасида 19,2 (9,6x2) ва 28,8 (14,4x2) kbit/sek тезликларга эришиш мумкин бўлди. Бунда тармоқ тузилмаси ва аппарат қисмига эмас, балки протоколларни қўллаб-қувватлайдиган дастурий воситаларгагина тегишли ўзгартиришлар киритиш етарли бўлди. Юқорироқ тезликларга эришиш учун эса (масалан,  $9,6 \times 4 = 38,4$  kbit/sek) абонент ускуналарининг аппарат қисмини модернизация қилиш талаб қилинарди.

Шуниси ажабланарлики, АҚШда 1800MGs диапазони бошқа фойдаланувчилар билан банд бўлса-да, лекин 1900MGs диапазонида бўш полосалар топилди ва бу диапазон Америкада “Персонал алоқа тизимлари диапазони” (ингл. *Personal Communications System* - **PCS**) номини олди. “Сотали алоқа диапазони” номи эса (ингл. *Cellular Band*) 800MGs диапазонида қолдирилди. 1900MGs диапазонини ўзлаштириш 1995 йилнинг охирларида бошланди ва бу диапазонда TDMA (IS-136) стандартининг



ишлаши кўзда тутилди (бу даврга келиб, AMPSнинг шу диапазондаги аналог версияси ишлатилмас эди). GSM стандартининг ушбу версияси ("Америка" GSM-1900 ёки IS-661 стандарти) 1997 йилда ишга туширилди.

Японияда ҳам персонал алоқа йўналишида кескин бурилиш содир бўлди, бу ерда 1800MGs диапазонидаги **PHS** (ингл. *Personal Handyphone System* - "Персонал қўл телефони тизими") стандарти 1991-1992 йилларда ишлаб чиқилиб, 1995 йилдан бошлаб кенг фойдаланишга топширилди.

Юқорида санаб ўтилган барча иккинчи авлод рақамли тизимлари каналларни вақт бўйича тақсимлаш (TDMA) усулига асосланган эди. Бироқ 1992-1993 йиллардаёқ, АҚШда Qualcomm компанияси томонидан каналларни кодли тақсимлаш (CDMA) усули асосидаги стандарт ишлаб чиқилди ва ишлатиш учун тавсия қилинди. Стандарт **cdmaOne** номини ҳамда IS-95 белгисини олди. Стандарт дастлаб, 800MGs диапазонида фойдаланиш учун мўлжалланган эди. 1995-1996 йиллар давомида cdmaOne асосидаги тармоқлар АҚШ, Гонконг ва Жанубий Кореяда ишлатила бошлади. Шу билан бир вақтда АҚШда бу стандартнинг 1900MGs диапазонида мўлжалланган версияси ҳам ишлатила бошлади.

Шуни таъкидлаш лозимки, 2-авлод тизимлари ҳам бир-бирлари билан ўзаро мослашмаган эди. Жаҳоннинг уч йирик минтақасининг ҳар бирида - Шимолий Америка, Европа ва Осиёда турли технологиялар ва биринчи авлод аналог тизимларидан иккинчи авлодга ўтишнинг турли йўлларидан фойдаланилаётган эди. Бундан ташқари, ҳар бир минтақа ичидаги айрим давлатлар ҳам ҳаракатдаги радиоалоқа тизимларини яратиш ва жорий этишга турлича ёндашаётган эдилар. Шунга қарамай, иккинчи авлод рақамли тизимлари олдида турган асосий масала - оммавий равишда овозли алоқа ва паст тезликда маълумот узатиш хизматларини тақдим этишга эришилган эди.

### 2.3. 2,5G авлод мобил алоқа тизимлари

Сигналларни рақамли узатиш тизимига ўтиш натижасида, бир томондан, радиоресурслардан фойдаланиш самарадорлигининг ошиши, бошқа томондан, маълумотларни юқори тезликда узатишга боғлиқ иловаларнинг оммавийлашиши ахборотларни узатиш усуллари ва мобил алоқа тизимларининг кейинги эволюциясига сабаб бўлди. Гарчи ўтган асрнинг 90-йиллар охирига келиб, 3G тармоқларининг асосий спецификация (тавсифнома) лари аниқланган бўлса-да, қуйида келтириб ўтиладиган айрим сабабларга кўра реал тижорат тармоқларининг пайдо бўлиши биров кечикди. Бошқа томондан, GSM тармоқлари бутун дунёда шундай кенг тарқалган эдики, уларнинг яқин орада 3G тармоқларига алмаштирилиши ҳақиқатдан йироқ эди. Шунинг учун ишлаб чиқарувчилар томонидан GSM тармоқларидан 3G тармоқларига босқичма-босқич ўтиш (яъни, эволюцион тарзда, технологияларни такомиллаштириб бориш йўли

билан) варианты таклиф этилди. Бундай оралиқ босқич 2,5G<sup>9</sup> авлод мобил алоқа тизимлари номини олган, пакетли режимда ахборот узатиш технологиясининг яратилиши орқали амалга оширилди. Маълумки, каналларни коммутациялаш тармоқларида радиоресурслардан фойдаланиш самараси анча паст: узатиладиган ахборот сеанслар асосида узатилади ва маълумотларни узатиш оралиқларида каналлар бекор туради. Шу сабаб радиотармоқларда фойдаланиладиган маълумот юбориш бўйича иловалар ва хизматлар таҳлили ўтказилди ва унинг натижасида GPRS номини олган маълумотни пакетлар асосида узатадиган янги технология яратилди.

**GPRS** (ингл. *General Packet Radio Service* - умумий фойдаланиш учун пакетли радиоалоқа хизмати) - GSM технологияси устидаги маълумотларни пакетлаб узатувчи қурилмадир. GPRS технологияси фойдаланувчиларга GSM тармоғи ичидаги бошқа қурилмалар билан, ёки ташқи тармоқлар билан, жумладан, Интернет тармоғи билан маълумот алмашиш имконини беради.

GPRSдан фойдаланилганда, ахборот пакетларга бўлинади ва айни вақтда эгалланмаган овоз каналлари орқали узатилади. Бундай технология GSM тармоғида частота ресурсларидан самарали фойдаланиш имконини беради. Шунингдек, алоқа оператори овоз ва маълумот трафиклари орасида муҳимлик даражаси асосида имтиёزلарни ўрнатиши мумкин. Бирданига бир неча каналлардан фойдаланиш эвазига маълумот узатиш тезлигини анча юқори даражага етказиш мумкин. Жумладан, TDMA тайм-слотларининг барчасини ишлатган ҳолда назарий максимал тезлик 171,2 kbit/sek.гача етиши мумкин. Маълумот узатиш тезлиги ҳамда товуш ва маълумот трафикларини аралаштириб узатиш имконияти бўйича GPRS технологиясининг турли синфлари мавжуд.

Алоқа сессияси ўрнатилганда, тармоқнинг ҳар бир ускунасига уникал (ягона) манзил (IP-манзил) ажратилади. GPRS технологияси TCP/IP протоколлар стекини<sup>10</sup> қўллаб-қувватлайди ва шунинг учун унинг Интернет билан ишлаши фойдаланувчи учун “сезиларсиз” амалга ошади. GPRS хизмати маълумотларни ҳам юқори, ҳам паст тезликда узатиш, шунингдек, бошқариш сигналларини узатиш мақсадида ишлатилади ва шу билан тармоқлар ҳамда радиоресурслардан анча унумли фойдаланишни таъминлайди.

#### 2.4. 2,75G авлод мобил алоқа тизимлари

GSM тизимларининг маълумотларни пакетлаб узатишда тезликни ошириш йўналишидаги кейинги ривожланиши EDGE технологиясининг

---

<sup>9</sup> Баъзи адабиётларда бу технологиялар авлоди 2G+ деб ҳам аталади.

<sup>10</sup> **Протоколлар стеки** - тармоқда тугунларни ўзаро ҳамкорлигини ташкил қилиш учун иерархик тарзда тузилган тармоқ протоколларининг тўплами. Энг таниқли протоколлар стеклари: TCP/IP, IPX/SPX, NetBIOS/SMB, DECnet ва SNA лардир.

яратилишига олиб келди. Ушбу технология илк бор 2003 йилда АҚШда ишга туширилди. Технология айнан Шимолий Америка GSM-операторлари томонидан қўллаб-қувватланди, чунки у ерда кучли рақобатчи - CDMA-2000 стандарти пайдо бўлган эди. Ўша йиллари кўплаб GSM-операторлар (асосан Европа операторлари) навбатдаги йўналиш сифатида UMTS технологиясини ривожлантиришни кўзда тутган эдилар, шунинг учун дастлаб EDGE нинг жорий этилишини ўтказиб юборишни ёки фақат UMTS тармоқлари қамрай олмаган ҳудудлардагина ишлатишни маъқул кўришди. Бироқ UMTS технологиясини жорий этишнинг иқтисодий жиҳатдан мураккаблиги ҳамда ишлар ҳажмининг катталиги (амалда тасдиқланганидек) баъзи ғарбий европалик операторларни EDGEга нисбатан ўз қарашларини қайта кўриб чиқишга мажбур қилди ва EDGE ёрдамида босқичма-босқич ривожланиш мақсадга мувофиқлиги тан олинди.

**EDGE** (ингл. *Enhanced Data rates for GSM Evolution*) - 2G ва 2,5G тармоқларига устқурилма, яъни такомиллаштирилган вариант сифатида ишлаб чиқилган мобил алоқа рақамли технологиясидир. Ушбу технология GSM ва TDMA стандартлари асосида ишлайди ва уни жорий қилиш учун маълум бир модификациялар ва такомиллаштиришлар талаб қилинади. EDGE технологиясида GSM/GPRSларда ишлатилган GMSK (ингл. *Gaussian Minimum-Shift Keying*) бинар манипуляция усули кўп позицияли 8PSK (ингл. *8 Phase Shift Keying*) усули билан алмаштирилиши ҳисобига GPRS технологиясига нисбатан маълумот узатиш тезлиги 3 мартага ошади (элтувчи фазасининг ҳар бир ўзгаришида GPRS даги 1бит ўрнига, 3 битли кетма-кетлик узатилади). Бу эса GSM/EDGE тармоғида тақдим этиладиган умумий тезликни сезиларли даражада ошириш имконини берди. Хусусан, EDGE технологияси 473,6kbit/sek гача тезликда (ҳар бири 59,2kbit/sek дан 8та тайм-слот жалб этилганда) маълумот узатиш тезлигини таъминлайди. Бу эса ХТИ томонидан 3G тармоқларига қўйилган талабларга мос келди. Шу боис EDGE технологияси ХТИ томонидан IMT-2000 Дастурининг бир қисми сифатида қабул қилинди ва у асосида қурилган тармоқлар ҳам 2G, ҳам 3G авлодига кириши мумкин (ташқил қилинган тармоқнинг ўтказиш қобилиятидан келиб чиқиб) деб тан олинди<sup>11</sup>.

EDGE технологиясининг ўзига хос хусусиятларидан яна бири ҳалақитбардошли кодлашда “кўпаювчан ортикчалик” (ингл. *Incremental Redundancy*) усулини ишлатишдир. Бу усулда бузилган, яъни хатолик мавжуд пакетларни такрорий жўнатиш ўрнига қўшимча ортикча маълумот (қўшимча “бит”) юборилади. Ушбу қўшимча маълумот қабул қилгичда йиғилиб туради ва бузилган пакетларни тўғри декодлаш имкониятини оширади. Шунингдек, GPRSдаги каби EDGE технологиясида маълумот узатиш тезлиги ва сифатига таъсир қилувчи, радиоканал ҳолатига мослаштирилган модуляция ва кодлаш

---

<sup>11</sup> Масалан, EDGE тармоғида максимал тезлик қабулда 236,8kbit/sek га етказилса, у 2Gга ҳам, 3Gга ҳам тааллуқли ҳисобланиши мумкин.

схемасини адаптив созловчи MCS (ингл. *Modulation and Coding Scheme*) алгоритмидан фойдаланилган.

EDGE асосида қуйидаги технологиялар ишлаши мумкин:

- ECSD (ингл. *Enhanced Circuit Switch Data*) - CSD канали бўйича Интернетга тезкор уланиш;
- EHSCSD (ингл. *Enhanced High Speed Circuit Data*) - HSCSD канали бўйича уланиш;
- EGPRS (ингл. *Enhanced General Packet Radio Service*) - GPRS канали бўйича уланиш.

Шунга ўхшаш, оралиқ технологияларни ишлаб чиқиш иккинчи авлоднинг бошқа стандартлари учун ҳам пайдо бўлди. Хусусан, cdmaOne (IS-95) тармоқларида маълумот узатиш тезлигини ошириш учун модуляциянинг такомиллаштирилган усулларида фойдаланиш таклиф этилди ва бунинг ҳисобига трафикнинг асосий 64та каналига ортогонал бўлган 64та қўшимча канал ҳосил қилинди.

Шимолӣ Америкадаги кўпчилик GSM-операторлар бошқа регионлардаги операторлар каби 3G авлод оиласига яқин бўлган EDGE технологиясидан фойдаландилар. Американинг AT&T Wireless компанияси ушбу технология хизматларини ўз абонентларига 2003 йилда, T-Mobile USA 2005 йил октябр ойида, Канаданинг Rogers Wireless компанияси эса 2003 йил охирида тақдим этди. EDGE технологиясининг қулайлик жиҳатлари унинг GSM стандарти ишлайдиган частоталарда ишлай олиши, мобил терминаллар ишлаб чиқарувчилар учун уни тадбиқ қилиш осонлиги, фойдаланишнинг қулайлиги, GSM технологиясида ишловчилар учун бу стандартга ўтишнинг осонлиги ва ҳоказолардир.

**CDMA-2000 1X (IS-2000) (1xRTT** ва **1x** сифатида маълум бўлиб, ингл. *One Time Radio Transmission Technology*) - CDMA технологиясига асосланган маълумотларни юқори тезликда узатишга мўлжалланган мобил алоқа стандартидир. Стандарт пакетларни коммутациялаш ёрдамида узатиш принципи асосида ишлайди. Унинг назарий жиҳатдан максимал маълумот узатиш тезлиги 153kbit/sek, лекин амалдаги реал тезлиги 60-100kbit/sek ни ташкил этади. 1xRTT тизими 1,25MGs кенгликдаги ўтказиш полосасида ишлайди. Бу технология ҳам ХТИ томонидан ИМТ-2000 Дастирининг бир қисми сифатида тасдиқланган.

### Назорат саволлари

1. Биринчи авлод мобил алоқа тизимларининг хусусиятлари.
2. Иккинчи авлод мобил алоқа тизимларининг хусусиятлари.
3. Иккинчи авлод стандартлари.
4. 2,5G авлод мобил алоқа тизимлари.
5. 2,75G авлод мобил алоқа тизимлари.
6. Биринчи ва иккинчи авлод мобил алоқа тизимларининг фарқи?

## Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. А.Абдукадиров, Д.Давронбеков. Мобил алоқа тизимларининг 4G авлоди. Ўқув қўлланма. – Тошкент, ТАТУ – 2015. – 38-46 б.
2. Конспект лекций по курсу «Мобильные системы связи 4-го поколения» (электронный вариант).
3. Невдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения. Серия изданий «Связь и бизнес». Москва, 2000.
4. Невдяев Л. Стандарты 3G. Сети, 2000, № 6
5. Гулевич Д. С. Сети связи следующего поколения. БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2007.
6. 3GPP лойиха сайти. <http://www.3gpp.org/LTE-Advanced>.
7. В.Вишневский, А.Красилов, И.Шахнович. Технология сотовой связи LTE – почти 4G. Журнал «Технологии» 2, 2009.
8. ХТИ презентацияси. [www.itu.int/ITU-D/tech/events/2007/.../Presentation\\_Moscow\\_TMuluk.pdf](http://www.itu.int/ITU-D/tech/events/2007/.../Presentation_Moscow_TMuluk.pdf)

### Маъруза 3. 3G – учинчи авлод мобил алоқа тизимлари

#### Режа:

1. 3G – учинчи авлод стандартлари.
2. 3,5G авлод стандартлари.
3. 3,75G авлод стандартлари.
4. 3G - учинчи авлод сотали алоқа тизимлари.
5. 3G тизимларининг ривожланиш тарихи.
6. 3G тизимларининг қурилиш принциплари.
7. 3G стандартлари.

**Таянч иборалар:** IMT-2000, UMTS, HSDPA, 3GPP, HSPA+.

#### 3.1. 3G – учинчи авлод стандартлари

Шундай қилиб, ўтган асрнинг охирида иккинчи авлод мобил алоқа тизимларининг асосий камчилиги уларнинг паст 9,6-14,4kbit/sek. тезликда малумот узатиши бўлди. Шу сабабли, IMT-2000 доирасида 3G тармоқларида кам ҳаракатланадиган абонентлар учун 2Mbit/sekгача ва мобил абонентлар учун 384kbit/sek гача маълумот оқими тезликларига эришиш бўйича ишлар олиб борилди. Маълумки, жаҳонда 3GPP ва 3GPP-2 номлари билан машхур

бўлган учинчи авлод стандартларини шакллантирувчи иккита глобал ҳамкорлик бирлашмалари мавжуд. 3GPP қатнашчилари частота (FDD) ва вақт (TDD) асосида дуплекслашдан фойдаланадиган кенг полосали W-CDMA (ингл. *Wideband-CDMA*) технологиялари учун хос хусусиятларни мувофиқлаштиришга эришдилар ва ХТИга тегишлича, IMT-DC ва IMT-TC лойиҳаларини тақдим этдилар. Радиоинтерфейсни ташкил этиш бўйича асос сифатида Европа таклифлари - UTRA (ингл. *UMTS Terrestrial Radio Access* - UMTS тизимига ер усти уланиш радиоинтерфейси) асосида UTRA FDD ва UTRA TDD вариантлари қўйилди. 3GPP-2 бирлашма аъзолари D-AMPS технологиясини UWC-136 технологиясигача ва cdmaOne технологиясини CDMA-2000 технологиясигача ривожлантириш бўйича эволюцион йўлларни таклиф этишди. Бу таклифлар ХТИга, тегишлича, IMT-SC ва IMT-MC лойиҳалари сифатида тақдим этилди (3.1-жадвалга қаранг).

Шундай қилиб, IMT-2000 Дастури доирасида 3G даражасида стандартларни бирлаштиришга уринишларга қарамасдан, жаҳонда W-CDMA (UMTS, FOMA) ва CDMA-2000 технологиялари асосидаги ўзаро мослашмайдиган иккита стандартлар оиласи вужудга келди (3.2-жадвалга қаранг). Учинчи авлод мобил алоқа тизимлари ҳақида кейинги параграфларда атрофлича маълумот берилади, шу боис бу ўринда фақат уларнинг ривожланиш жараёнини ёритиш билан чекланамиз.

3.1-жадвал

### IMT-2000 радиоинтерфейслари

Радиоинтерфейс характерис- тикаси	Радиоинтерфейслар					
	IMT-DS	IMT-MC	IMT-TC	IMT-SC	IMT-FT	IMT Advanced
Спецификация- ларни ишлаб чиқувчи ташкilot	3GPP, ARIB, ETSI	3GPP2, TTA, TR-45.3	3GPP, ETSI, CWTS	3GPP2, UWCC, TR-45.3, TTA	ETSI	IEEE
ХТИ томонидан радиоинтерфейс қабул қилинган йили	1999й.	1999й.	1999й.	1999й.	1999й.	2007й.
Асосидаги технология	W-CDMA, UTRA FDD	CDMA- 2000	UTRA TDD, TD- SCDMA	UWC-136	DECT EP	Wireless MAN, WiMAX
Уланиш усули	DS-CDMA	MC- CDMA	TDMA/ CDMA	TDMA	MC- TDMA	OFDMA
Дуплекс ажратиш усули	FDD	FDD	TDD	FDD	FDD/TDD	TDD
Каналдаги манипуляция	3,84		3,841 <sup>1)</sup> 1,282 <sup>2)</sup>	-	-	(0,5x3,84) ... (8x3,84)

тезлиги (Мчип/сек.)						
1) UTRA TDD технологияси учун. 2) TD-SCDMA технологияси учун.						

3.2-жадвал

### 2G авлодидан бошлаб сотали алоқа тизимларининг стандартлари

2G	2,5G	2,75G	3G	3,5G	3,75G	Pre 4G	4G
<ul style="list-style-type: none"> <li>• GSM</li> <li>• cdma One</li> <li>• D-AMPS</li> <li>• PDC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPRS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EDGE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W-CDMA</li> <li>• UMTS</li> <li>• FOMA</li> <li>• TD-SCDMA</li> <li>• CDMA-2000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HSPA</li> <li>• HSDPA</li> <li>• HSUPA</li>   <li>• EV-DO Rel.0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HSPA+</li>   <li>• EV-DO Rev.A,B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE Advanced</li> </ul>

**UMTS** тармоқларининг жорий этилиши мобил алоқанинг ривожланишида принципиал янги босқич бўлди ва мобил тармоқларда маълумотларни узатишда максимал 2,048Mbit/sek гача тезликка эришишга имкон берди. UMTS тизимларининг GSM/GPRS/EDGE тизимларидан асосий фарқи 5MGs ўтказиш полосасига эга бўлган кенг полосали сигналлардан (КПС) фойдаланилиши бўлди. UMTS технологиясининг яна бир афзаллиги сигналнинг юқори тўсикқа бардошлилиги ва унинг кўп нурлилик таъсирига барқарорлиги ҳисобланади. Бундан ташқари, КПСдан фойдаланиш каналларини ажратишнинг кодли усулини (CDMA) ишлатиш имконини беради.

cdmaOne (IS-95) стандартининг ривожланишидаги оралиқ босқич IS-95b спецификацияси бўлди. У 8тагача мантиқий каналларни бирлаштиришга ва  $14,4 \times 8 = 115,2 \text{ kbit/sek}$ . назарий тезликка эришишга (реал тезлик 64kbit/sek.ни ташкил этди) имкон берди. Кейинги қадам **CDMA-2000** лойиҳаси бўлди, у пировард натижада IMT-2000 томонидан 3G тармоқларига қўйилган талабларга жавоб бериши керак эди. CDMA-2000 стандартлари ривожланишининг учта босқичи кўзда тутилган эди: 1X (2,75G даражасида), 3X ва CDMA-2000DS (ингл. *Direct Sequence* – “тўғри кетма-кетлик”). Сўнги босқич техник жиҳатдан W-CDMAга ўхшаш бўлгани учун бу юзасидан иш олиб бориш тўхтатилди. CDMA-2000 стандартлари оиласи 3G даражасидаги тармоқлардан то Pre4G даражасидаги тармоқларгача оралиқ босқичлардан ўтиб келмоқда. Лекин ҳозирги кунда 3,5G; 3,75G; 3,9G авлодлари ҳақида гап кетганида, бизнинг худудимизда кўпроқ 3GPP (яъни, UMTS - HSPA – HSPA+ ва LTE) технологияларининг ривожланиш босқичлари назарда тутилмоқда. (3.1-расм).



3.1.-расм. 3GPP лойиҳасининг босқичлари

### 3.2. 3,5G авлод стандартлари

Маълумот узатиш тезлигини ошириш ва маълумот узатилишининг кечикишини (маълумот пакети адресатга етиб бориб қайтиш вақтини, қисқача, “жавоб кечикиши вақтини”) камайтириш мақсадларида UMTS стандартининг навбатдаги ривожланиш босқичида кўп позицияли квадратура-амплитудавий модуляциялар, яъни 16-QAM, 64-QAM усуллари қўлланилган HSPA (ингл. *High Speed Packet Access*) технологияси ишлаб чиқилди. Бу технологияда жавоб кечикиши вақтини камайтириш мақсадида асосий эътибор MAC (ингл. *Media Access Control*) - муҳитга уланишнинг бошқарув протоколини модернизациялашга қаратилди. HSPA технологияси 3GPP лойиҳаси стандартларининг 6 Босқич спецификацияси (ингл. *3GPP Release 6*) сифатида киритилган бўлиб, одатда 3,5G авлодига мансуб деб кўрсатилади. Ўз навбатида, HSPA стандарти иккита ташкил этувчи технологиялар – HSDPA ва HSUPAлардан иборат.

**HSDPA** (ингл. *High-Speed Downlink Packet Access* – “пастга” йўналишида маълумотларни юқори тезликда пакетли узатиш) – мутахассислар томонидан тўртинчи авлод технологияларига ўтишда оралик босқичларидан бири сифатида баҳоланаётган мобил алоқа технологиясидир. HSDPA технологиясида маълумот узатишнинг максимал назарий тезлиги 14,4Mbit/sek гача етиши мумкин, мавжуд тармоқларда амалий эришилган тезлик эса 3Mbit/sekни ташкил этади.

HSDPA технологияси каби **HSUPA** (ингл. *High-Speed Uplink Packet Access* - “тепага” йўналишида маълумотларни юқори тезликда пакетли узатиш технологияси) такомиллашган модуляциялаш усуллари ҳисобига фойдаланувчининг W-CDMA АУсидан БСга маълумот узатишни тезлатишга имкон берадиган мобил алоқа технологияси ҳисобланади<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> 3GPPда HSUPA технологиясини белгилаш учун EUL (ингл. *Enhanced Uplink* – “юқорига” йўналишда такомиллаштирилган узатиш) атамасидан ҳам фойдаланилади. HSUPA атамаси Nokia (Финландия) компанияси томонидан таклиф этилган.



Назарий жиҳатдан HSUPA технологияси “юқорига” маълумотларни максимал 5,76 Mbit/sek гача бўлган тезликда узатишга мўлжалланган бўлиб, бу билан АУдан БСга маълумотларнинг катта оқимини талаб қилувчи учинчи авлод иловаларини (масалан, видеоконференция) ишга тушириш имконини беради.

### 3.3. 3,75G авлод стандартлари

3GPP доирасида HSPA технологиялари характеристикаларини яхшилаш бўйича ишлар давом этди ва натижада 2007 йилнинг охирида “Такомиллаштирилган HSPA” ёки **HSPA+** (ингл. *Evolved High-Speed Packet Access*), деб номланган версия ишлаб чиқилди. Бу технология HSPA стандартининг кейинги босқичи ҳисобланади ва унга MIMO антенна технологиялари билан бир қаторда, мураккаброқ 64-QAM модуляция схемалари қўшилган. Шу боис HSPA+ тармоқларида назарий жиҳатдан “пастга” йўналишда 56Mbit/sek гача ва “юқорига” йўналишда 22Mbit/sek гача бўлган тезликларга эришиш мумкин бўлди. Ушбу технология маълумот узатиш тезлигини 168Mbit/sek гача ошириш потенциал имкониятига эгаллиги тахмин қилинмоқда. Технологияда бир неча элтувчи частоталарда (ҳар бири 5MGs дан) бир вақтда узатиш ва қабул қилиш принципи ҳам ишлатилиши мумкин, бу нарса тезликни бир неча марта ошириб бериши мумкин. Опционал равишда HSPA+ тармоқлари тўлиқ IP-архитектураси асосида (ингл. *all-IP-architecture*) қурилиши мумкин, бу БСларни IP-протоколлар асосида қурилган магистрал линияларга тўғридан-тўғри улаш имкониятини беради. HSPA+ технологиясида АУ лар аккумуляторлари тежамлироқ ишлатилади ва уларнинг “кутиш” режимидан “фаол” режимига ўтиш вақти сезиларли қисқаради.

HSPA+ технологияси 3GPP лойиҳаси стандартларининг 7- ва 8- босқичлари (релизлари)га (ингл. *3GPP Rel. 7 & 8*) киради.

HSPA+ технологияси асосидаги биринчи тармоқ 2008 йилда Австралиянинг Telstra компанияси томонидан Ericsson (Швеция) ускуналари ёрдамида ишга туширилди. 2011 йилнинг май ойида жаҳоннинг 65 давлатида 123та HSPA+ тармоқлари бор эди.

### 3.4. 3G - учинчи авлод сотали алоқа тизимлари

**3G атамаси** билан (ингл. *third generation* – «учинчи авлод») маълумот узатиш ва Интернет тармоқларига юқори тезликда мобил уланиш билан бирга, маълумот узатиш каналини яратувчи радиотехнология ёрдамида фойдаланувчиларга бир қатор хизматлар тўпламини тақдим этувчи сотали алоқа тизимлари номланади.

3G тизимлари мобил алоқанинг турли хизматлари, «глобал роуминг» ҳамда мультимедиянинг кенг имкониятларини, жумладан: видеотелефония ва видеоконференция хизматлари; Интернет ва интранетга (яъни, ички

тармоқларга) юқори тезликда уланиш; турли хилдаги бизнес, кўнгилочар ва илмий хизматларга алоқадор маълумотларни узатиш кабиларни тақдим этади. Ушбу тизимлар абонентларнинг ҳаракатланиш тезлиги чекланмаган ҳолатида - 64kbit/sek, ҳаракатланиш тезлиги чекланган ҳолатда (пиёда юргандаги тезлик) - 384kbit/sek, абонент ҳаракатланмаган ҳолатида эса 2Mbit/sek гача бўлган тезликларда маълумот узатиш имконини беради. 3G тизимларининг иккинчи авлод (2G) тармоқларидан асосий фарқи ҳам катта ҳажмдаги маълумотларни юқори тезликда узатиш имкониятидир. Бу эса ўз навбатида мобил алоқани сифат жиҳатдан янги даражага кўтарди: бир томондан абонент Интернетга тўлақонли уланиш, видеоалоқа хизматлари, юқори тезликда маълумот узатиш имкониятларига эга бўлса, иккинчи томондан - операторлар анъанавий алоқа хизматларидан даромад олиш билан бирга, турли хилдаги кўшимча хизматларини кўрсатиш ҳисобига янги даромад манбаларига эга бўладилар. 3G тизимлари - видеотелефон алоқасини ташкил этиш, мобил телефон ёрдамида фильмлар ҳамда турли теледастурларни томоша қилиш имконинихам беради.

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, дунёда 3G стандартларининг асосий икки оиласи: W-CDMA (UMTS, FOMA) ҳамда CDMA-2000 технологиялари асосидаги тизимлари мавжуд. UMTS стандарти асосан Европада, FOMA - Японияда, CDMA-2000 эса Америка ва Осиё қитъаларида тарқалган. Шунингдек, асосан Хитойда тарқалган TD-SCDMA стандарти ҳам 3G технологиялари оиласига киради.

Мобил алоқа қурилмаларини таъминловчиларнинг глобал уюшмаси - GSA (ингл. Global Association of Mobile Suppliers) нинг маълумотларига кўра, 2011 йилнинг май ойида бутун дунёдаги 3G ва 3,5G тармоқлари сони 710тани ташкил этган, бу эса дунёдаги барча сотали алоқа тармоқларининг 25% ни ташкил этган. Бунда 400та тармоқ W-CDMA технологияси асосида қурилган бўлиб, ушбу тармоқлардаги абонентлар сони 684млн. ташкил этган. Шу билан бирга 323тадан ошиқ тармоқлар CDMA - 2000 стандартлар оиласи асосида қурилган ва уларда абонентлар сони 561млн. ташкил этган. Шу жумладан 245та тармоқ EV-DO (Rel.0, Rev. A, B) стандарти асосида қурилган.

3G тизимларининг имкониятлари яккаҳон мижозлар учун ҳам, жамоа бўлиб фойдаланувчи (корпоратив) мижозлар учун ҳам мобил алоқадан фойдаланишнинг янги қирраларини очади. Юқорида таъкидлаб ўтилган Интернетга уланиш ҳамда видеоалоқа хизматларидан ташқари, 3G абонентлари корпоратив тармоқларга масофадан туриб уланишлари ҳам мумкин. Ва бу билан мобил алоқанинг учинчи авлоди офисда ишлашнинг анъанавий тарзини тубдан ўзгартиради.

### **3.5. 3G тизимларининг ривожланиш тарихи**

Янги (учинчи) авлод мобил алоқа тизимларини яратиш ишлари 1986 йилларданок халқаро телекоммуникация иттифоқи (ХТИ) доирасида

бошланган эди. Уша пайтдаёқ *FPLMTS* (ингл. *Future Public Land Mobile Telecommunications System* – «Умумий фойдаланувдаги курукликдаги мобил алоқа истиқболли тизими») номи остида ягона стандарт концепцияси ишлаб чиқилган эди. 1992 йилда ХТИ таркибидаги радиочастоталар бўйича бутун дунё маъмурий конференцияси (WARC-92) *FPLMTS* тармоқларини ривожлантириш учун глобал равишда 2GGs диапазонида 230MGs частоталар полосасини ажратди. Бундан ер усти тизимлари учун 170MGs (1885-1980MGs, 2010-2025MGs ва 2110-2170MGs) ҳамда келгусида қурилажак сунъий йўлдош алоқа тизимлари учун 60MGs (1980-2010MGs ва 2170-2200MGs) полосалар ажратилди. Янги авлод алоқа тизимлари концепциясини ривожлантириш жараёнида унинг яратувчиларига шу аён бўлдики, ер усти алоқа тармоқлари билангина глобал алоқа қамровини таъминлашни иложи бўлмайди ва бу фақатгина сунъий йўлдошли алоқа тизимлари ёрдамида амалга оширилиши мумкин. Шунинг учун, 1995 йилда ХТИда иккита дастурни, яъни юқорида таъкидланган *FPLMTS* ва *GMPCS* (ингл. *Global Mobile Personal Communications by Satellite* – «Глобал йўлдошли алоқа персонал тизими») ни бирлаштириб, «Бутун дунё мобил алоқа тизими» - **IMT-2000** (ингл. *International Mobile Telecommunications*) Дастурини яратиш бўйича қарор қабул қилинди. Бунда «2000» сони тасодифан танланмади: у дастурнинг ишга тушиш йили, унда ишлатилиши режалаштирилган радиочастота диапазони (MGsда) ва кўзланган маълумот узатиш тезлиги (kbit/sek.да) каби кўрсаткичлар билан боғлиқ.

Шундай қилиб, **IMT-2000** – бу ер усти ва йўлдошли алоқа манфаатларида тўлиқ хизматлар тўпламини тақдим этувчи миллий, регионал ва халқаро тармоқларни тадбиқ этишда кўмаклашувчи ва стандартлаштириш бўйича узоқ муддатли дастур шаклида қабул қилинди.

3G тармоқларини ривожлантириш режасида иккита: дискриминацион ва нодискриминацион ёндашув ишлаб чиқилган эди. Биринчи ёндашувда, жами ажратилган частота ресурслари барча иштирокчилар орасида тенга тенг тақсимланиши кўзда тутилган эди. Иккинчи ҳолда, бир неча истиқболли технологиялар ажратиб олиниши ва келгусида фақат уларни ривожлантириш таклиф этилган эди. Лекин, концепцияни ишлаб чиқиш босқичидан аниқ лойиҳаларга ўтиш жараёнида турли халқаро ва минтақавий ташкилотлар манфаатларини ягона стандарт доирасида бирлаштиришнинг иложиси йўқлиги яққол кўриниб қолди.

**IMT-2000** стандартларини яратиш устида олиб борилган ишлар шунини кўрсатдики, уша даврда фақатгина умумий тавсияларни ишлаб чиқиш масалалари муваффақиятли ечилиши мумкин экан. 2G тармоқларидан 3G тармоқларига ўтиш эволюциясининг тахлили жаҳоннинг турли регионларидаги айрим апаратура ишлаб чиқарувчилар манфаатларида жиддий фарқлар мавжудлиги ва уларни бирлаштиришнинг деярли имконияти йўқлигини кўрсатди. Масалан, бир қатор тақдим этилган учинчи авлод ер усти ва йўлдошли алоқа тизимларининг лойиҳаларида келтирилишича, амалда бир хил даражадаги хизматлар тақдим этилсада, бироқ радиоулашиш

услугларида принципиал турли, яъни TDMA ва CDMA технологияларидан фойдаланилган. Шулар сабаб, ушбу босқичда ҳар хил лойиҳаларни бирлаштириш ва жаҳон миқёсида ягона стандарт яратиш имкони бўлмади.

1998 йилга келиб, ХТИ қошида Европа, Шимолий Америка ва Осиё-Тинч океани минтақасининг кўплаб ҳудудий ва миллий ташкилотлари иштирокида олиб борилаётган янги технологияларни стандартлаштириш жараёни тўлиқ тугатилди. Учинчи авлод тизимларига ягона талабларни ишлаб чиқиш ва мослаштиришга қатор муваффақиятсиз уринишлардан сўнг, ХТИ бу муаммога ўзгача ёндашишга қарор қилди. Хусусан, унинг янги концепцияси, “глобал роуминг” ғоясини сақлаб, уни янги IFS (ингл. *IMT-2000 Family of Systems*) номини олган учинчи авлод тизимларини мавжуд аналог ва рақамли тармоқлари билан бирлаштириш учун ғоявий асос сифатида ишлатиш бўлди. Бир неча стандартлар гуруҳини қабул қилган, ва бу билан глобал халқаро стандарти ғоясидандан воз кечган ХТИ бу стандартларни яқинлаштиришга (гармонизация) ўз уринишларини фаоллаштирди. Шундай қилиб, дунёда учинчи авлод даражасида бир эмас, балки стандартлар оиласи вужудга келди.

Дунёда илк бор 1996 йилда Ericsson компанияси томонидан Чиста (Швеция) шаҳрида W-CDMA технологияси асосида 3G тажрибий тармоғи қурилиб, ишга туширилди. Бу технология Европада универсал алоқа тизими бўлган UMTS - ер усти мобил сегменти лойиҳасига асос бўлди. CDMA-2000 асосидаги биринчи тармоқ 2000 йил октябр ойида Жанубий Кореяда SK Telecom ҳамда LG Telecom компаниялари томонидан ишга туширилди. FOMA (W-CDMA) нинг илк тармоғи 2002 йилда Японияда NTT DoCoMo компанияси томонидан ишга туширилди. Япон операторларини W-CDMA технологиясида абонент сифими юқорилиги қизиқтирди. Биринчи TD-SCDMA тармоқлари эса 2006 йилдан бошлаб, Хитойда ишга туширилди.

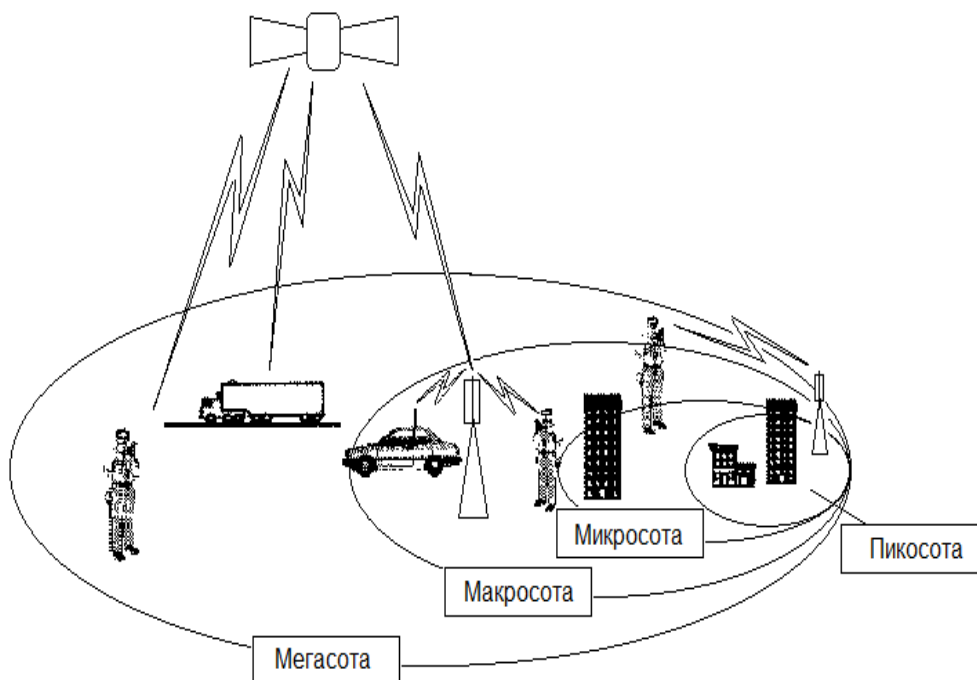
Ўзбекистонда биринчи 3G тармоқларини яратиш ишлари 2007 йилдан бошланди. 2008 йилнинг охирига келиб, икки оператор (МТС ва Билайн) 3G тармоқларини тижорат мақсадида фойдаланишга тушириши ҳамда Интернетга кенг поласали уланиш хизматларини тақдим этиши ҳақида эълон қилди. Учинчи оператор (UCell) ўзининг 3G тармоғини 2009 йилда ишга туширди. Шунингдек, Ўзбекистонда 800MGs ва 450MGs диапазонларида CDMA-2000 стандарти асосида ишловчи икки тармоқ (Perfectum Mobile ва UzMobile) фаолият олиб бормоқда.

### **3.6. 3G тизимларининг қурилиш принциплари**

Учинчи авлод мобил алоқа тизимлари қуйидаги принциплар асосида қурилади:

- **“умумқамров” алоқа**, яъни «хамма жойда ва ҳар доим» мавжуд алоқа - бу принцип Ернинг исталган жойида умумий фойдаланиш тармоқларига уланиш имконияти мавжудлигини кўзда тутди. 3G

тизимларини яратишда UPT (ингл. *Universal Personal Telecommunications* – “Универсал шахсий алоқа”) технологияси муҳим ўринни эгаллайди. Унга мувофиқ, ер юзида яшовчи ҳар бир шахс учун офис, шаҳар, минтақа ва глобал масштабдаги алоқа тармоқларига исталган жойда ва исталган вақтда улана олиши учун шахсий идентификация рақами ажратилади (3.2-расм);



3.2-расм. ИМТ-2000 доирасида ер усти ва йўлдошли алоқа тармоқларининг бирлашиши

- **ягона ахборот майдони**, яъни бутун дунё ахборот майдони ресурсларига мобил тарзда уланишнинг унификацияланган (яқинлаштирилган) услубларини ишлаб чиқишни кўзда тутди. Бу радиоуланиш ва Интернет тармоқларининг интеграциялаш (бирлаштириш) йўли билан амалга оширилади;
- **ягона частота майдони**, ИМТ-2000га мувофиқ 3G тизимларини ривожлантириш учун бутун дунё негизда 2GGs диапазонида 230MGs кенгликдаги частоталар полосасини ажратилиш кўзда тутилади;
- **мобил терминалларнинг оммабоплиги**, 3G тармоқлардаги мобил терминаллар кўп функцияли, кўп режимли, фойдаланувчилар талабларига мос ва шу билан бирга ихчам ва арзон нархда бўлиши назарда тутилади;
- **мобил ва турғун алоқа тизимларининг бирлаштирилиши - FMC** (ингл. *Fixed Mobile Convergence*) – турғун ва мобил алоқа хизматларининг интеграциялаш ва конвергенциялаш (бир бирига сингиши) ҳамда «бир киши - бир телефон» принципини амалга ошириш кўзда тутилади;
- **«рақамли тенгсизлик»** (ингл. *Digital Divide*) муаммосини ечиш, яъни дунёнинг турли давлатлари ва минтақаларида алоқа ва ахборот

технологиялари ривожланишида фарқни (номутаносибликни) қисқартириш. Шунга кўра, 3G тизимлари бу фарқни тузатиш мақсадида кўприк (ингл. *Bridge the Telecommunications Gap*) вазифасини ўташи лозим.

3G тизимларини ишлатиш учун мобил алоқа глобал унификацияланган стандартлари бўйича қуйидаги тавсиялар ишлаб чиқилган эди:

- овоз узатиш сифатини симли алоқа тармоқларидаги овоз узатиш сифати даражасига етказиш;
- ахборот хавфсизлигини таъминлашда симли тармоқлардаги хавфсизлик даражасига етказиш;
- миллий ва халқаро «роуминг» ни таъминлаш;
- бир неча маҳаллий ва халқаро операторлар тармоқларига улана олишни таъминлаш;
- частоталар спектридан самарали фойдаланиш;
- кўп сатхли сотали тузилмалар (структуралар) ни қўллаб қувватлаш;
- пакетли ва каналли коммутация услубларини таъминлаш;
- йўлдошли алоқа тизимлари билан ўзаро ишлаш имкониятини таъминлаш;
- маълумот узатиш тезлигини босқичма-босқич 2Mbit/sek гача етказиш.

### 3.7. 3G стандартлари

**UMTS стандарти** (ингл. *Universal Mobile Telecommunications System* – “Мобил алоқа универсал тизими”) - учинчи авлод мобил алоқа тизимлари туркумига кирувчи сотали алоқа технологиясидир. Ушбу стандартда радиоэфир орқали маълумот узатиш услуги сифатида W-CDMA технологиясидан фойдаланилган. UMTS тизими 3GPP лойихасига мувофиқ стандартлаштирилган ва Европа ишлаб чиқувчилари томонидан ХТИнинг ИМТ-2000 Дастури бўйича талабларига жавоб беради. Рақобатдаги тизимлардан ажралиб туриши учун UMTS стандарти гоҳида **3GSM** деб ҳам юритилади. Шу билан, бир томондан, уни 3G-учинчи авлод технологияларига тегишлилиги таъкидланса, иккинчи томондан, уни GSM тармоқларининг “кейинги авлодиди” назарда тутилади.

#### UMTS стандартининг характеристикалари

Каналларни код асосида бўлиш (CDMA) технологиясининг кириб келиши мобил алоқа тизимларининг ривожланишига катта туртки бўлди ва 3G тармоқларида 2G тармоқларида эришилмаган имкониятларга эришишга замин яратди. Бунга ёрқин мисол - бу радиосигналининг қувватига нисбатан қабул қилгичнинг юқори сезгирлиги асосида сигнални нурланиш қувватини тезкор тарзда бошқариш имконияти пайдо бўлгандир. Шунингдек, UMTS

технологиясининг ўзига хос хусусиятларига қуйидагиларни ҳам киритиш мумкин:

- RRC – тармоқ радиоресурсларини янада ихчамроқ бошқариш;
- хизматлар сифати (ингл. *Quality of Service - QoS*) ни «бошидан-охиригача» (яъни, “сўнги фойдаланувчидан – сўнги фойдаланувчигача” занжирида) бошқаришни кўлланилиши;
- янги - “транспорт” каналларини киритиш ҳисобига сигнал узатувчи физик муҳитдан фойдаланишнинг самарадорлигини ошириш;
- MGW ва SoftSwitch медиашлюзларини тадбиқ этиш йўли билан таянч тармоғи (ингл. *Core Network*) трафигини оптималлаштириш;
- тармоқда IP- протоколидан фойдаланишни максимал кенгайтириш;
- адаптив (мослашувчан) овоз кодекларининг хилма-хиллиги (AMR-NB, AMR-WB, AMR-WB+);
- турғун алоқа тармоқлари билан конвергенциялаш (SS7 сигнализацияси асосида);
- “IP асосидаги овоз” (ингл. *VoIP*) хизматидан фойдаланиш имкониятлари;
- интеллектуал антенна тизимлари (йўналтириш диаграммасини адаптив ҳолда бошқарувчи «смарт-антенналар») дан фойдаланиш имкониятлари.

Бироқ, UMTS стандартининг (ва барча 3G стандартларининг) 2G стандартларига нисбатан асосий ажратиб турувчи хусусияти - бу маълумот узатиш тезлигини мумкин қадар оширилиши бўлса ажаб эмас. UMTS тизимининг асл даражасида маълумот узатиш тезлигини назарий 2Mbit/sek гача етказиш имкони мавжуд. HSPA ва HSPA+ каби UMTS базасида қурилган янги технологияларнинг ишлатилиши натижасида, юқорида баён этилганидек, мувофиқ равишда 14Mbit/sek ва 100Mbit/sek гача тезликларни таъминлаш мумкин. Шу билан, UMTSнинг ҳатто асл вариантыдаги тезлик кўрсаткичларихам GSMдаги 9,6kbit/sek, ёки ҳатто GPRSдаги 171kbit/sek ва EDGEдаги 474kbit/sek. тезлик кўрсаткичларига нисбатан сўзсиз прогресс (ўсиш) ҳисобланади ва Интернет тармоқларига ва бошқа «тезкор» сервисларга мобил терминаллар орқали кенг полосали уланиш имкониятларини беради.

UMTS тизими GSM тармоғининг «ядриси» (таянч тармоғи) га W-CDMA, TD-CDMA<sup>13</sup> ёки TD-SCDMA<sup>14</sup> радиоинтерфейс технологияларидан бирини тадбиқ этиш асосида қурилиши мумкин. Лекин, сўнги вақтда UMTS (ёки ўхшаш - FOMA) тармоқларини ишлатаётган кўплаб операторлар

---

<sup>13</sup> **TD-CDMA** (ингл. *Time Division – CDMA*) каналларни кодли-вақтли ажратиш асосида кўп сонли уланиш.

<sup>14</sup> **TD-SCDMA** (ингл. *Time Division - Synchronous CDMA*) – каналларни синхрон кодли-вақтли бўлиш асосида кўп сонли уланиш.

радиоинтерфейс технологияси сифатида айнан W-CDMA вариантини танлашмоқда.

**W-CDMA** (ингл. *Wideband Code Division Multiple Access* – “каналларни кодли бўлиш асосида кўп сонли кенг полосали уланиш”) - 3G хизматларини кўллаб-қувватлаш мақсадида кенг полосали радиоуланишни таъминлаш учун кўплаб сотали алоқа операторлари томонидан танлаган радиоинтерфейс технологиясидир. W-CDMA технологияси фойдаланувчиларга юқори тезликдаги мультимедиа хизматларини тақдим этиш учун оптималлаштирилган ва 2Mbit/sek гача тезликда маълумот узатишни таъминлай олади. Маълумки, бундай тезликлар кенг частоталар полосасини талаб қилади, шунинг учун W-CDMAда полоса кенглиги 5MGsни ташкил этади. W-CDMA технологиясини мавжуд GSM ва PDC - иккинчи авлод тармоқларига қўшимча ўзгартиришлар киритиш йўли билан куриш мумкинлиги уни тармоқ ресурсларидан фойдаланиш ва глобал мослаштириш нуқтаи назардан истиқболли эканлигидан дарак беради. W-CDMA дастлаб GSM тармоқларини алмаштирилиб, аста - секин 3G тармоқларига ўтиш технологияси деб қабул қилинган. Шунинг учун унинг тармоқ инфратузилмаси MAP/GSM<sup>15</sup> архитектураси билан мос келади, ва европадаги W-CDMA тармоқлари учун яратилган абонент терминаллар GSM тармоқларида ҳам ишлай олади. Бу эса операторларга, аввалига, аҳолиси зич жойларда W-CDMA «оролчаларини» яратиш (2G/2,5G тармоқлари билан ўзаро хизматда), кейин эса, босқичма-босқич уларни йирик тармоқларга айлантириш имкониятини беради. Бундан ташқари, W-CDMA технологияси пакетли коммутация протоколларини (IP, X.25) кўллаб-қувватлашга мўлжаллангани туфайли, бу уни умумий фойдаланишдаги бошқа тармоқлар билан ўзаро ишлашни соддалаштиради.

W-CDMA технологияси хар бир каналда 5MGsлик полосада спектрни тўғри кетма-кетликда кенгайтириш - DSSS (ингл. *Direct-Sequence Spread Spectrum*) услубига асосланган. Дастлаб белгиланган чиплар оқимининг тезлиги (4,096 Mchip/sek) кейинчалик бошқа технологиялар билан мослашиш мақсадида бир оз камайтирилди (3,84 Mchip/sek гача). W-CDMA технологияси чекланган ҳаракатдаги абонентлар учун талаб қилинган 2 Mbit/sek гача ва юқори ҳаракатдаги абонентлар учун 384Mbit/sek гача маълумот узатиш тезликларини кўллаб-қувватлаши мумкин.

UMTS тизим архитектураси уни GSM тармоқлари билан (биринчи навбатда GSM/GPRS жуфтлиги билан) ўзаро ишлашни таъминлаш мақсадида яратилган ва шунинг учун UMTS тизим архитектурасини ўрганишдан аввал, GSM тизими архитектурасини ҳамда унда GPRS кўлланилган вариантини ёдга олиш фойдадан холи эмас, деб ҳисобладик.

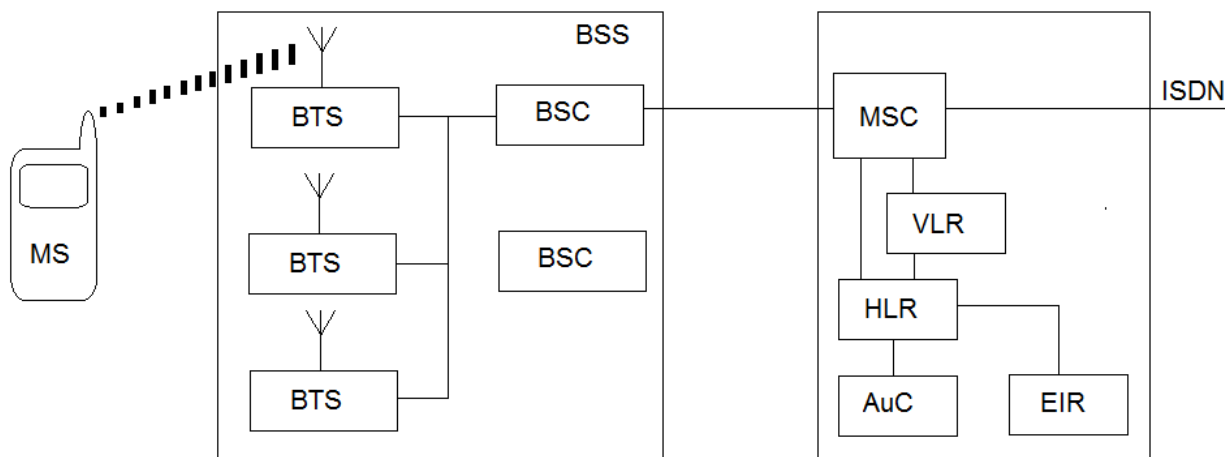
Маълумки, GSM тармоқлари уч асосий тузилма элементини ўз ичига олади (3.3-расмга қаранг):

---

<sup>15</sup> **MAP** – (ингл. *Mobile Application Protocol*) – мобил абонентларга хизмат кўрсатиш учун GSM таянч тармоғи қисмларининг иловалар сатҳида ўзаро ишни таъминлайдиган SS7 протоколи.



- **MS** (ингл. *Mobile Station*) – **мобил станция**;
- **BSS** (ингл. *Base Station Subsystem*) – **таянч станциялар нимтизими**;
- **NSS** (ингл. *Network and Switching Subsystem*) – **тармоқ ва коммутация нимтизими**.



3.3-расм. GSM тармоғининг тузилиш схемаси

BSS нимтизими MS учун радиоуланишни бошқариш вазифасини бажаради, хусусан: овозни кодлаш/декодлаш, сигнални модуляциялаш/демодуляциялаш, «юқорига» ва «паст» йўналишлари бўйича узатиш тезлигини радиомуҳит шароитларига мослаштириш ва бошқалар.

BSS нимтизими қуйидаги қисмлардан ташкил топган:

- **BTS** (ингл. *Base Transceiver Station*) – **таянч станция**: сота деб аталувчи чекланган географик ҳудудда радиосигналларни узатиш ва қабул қилиш учун керак бўлган қурилмаларни ўз ичига олади.
- **BSC** (ингл. *Base Station Controller*) – **таянч станция контроллери**: радиоканалларни ва “хэндовер” жараёнини бошқариш вазифаларини амалга оширади.

NSS нимтизими деб радиоуланиш тармоғи ва ташқи умумий фойдаланиш алоқа тармоқлари орасида коммутацияни (уланишни) амалга оширувчи қисм ҳисобланади.

NSS ўз ичига қуйидаги қисмларни олади:

- **MSC** (ингл. *Mobile Switching Center*) - **мобил коммутация маркази**: радиоуланиш тармоғи ва PSTN, PDN ва ISDN каби турғун алоқа тармоқлари орасидаги ўзаро боғловчи қисм, ҳамда симли таянч тармоғи ҳисобланади. Мобил алоқа тармоғида MSC маркази BSC контроллерларини бир-бири билан улаш, ҳамда бошқа MSC марказлари билан уланиш вазифаларини бажаради.
- **HLR** (ингл. *Home Location Register*) - **маҳаллий («уй») абонентлар регистри**: тармоқда доимий рўйхатдан ўтган абонентлар ҳақида маълумот базаси ҳисобланади. HLR да абонентни танитадиган манзиллар

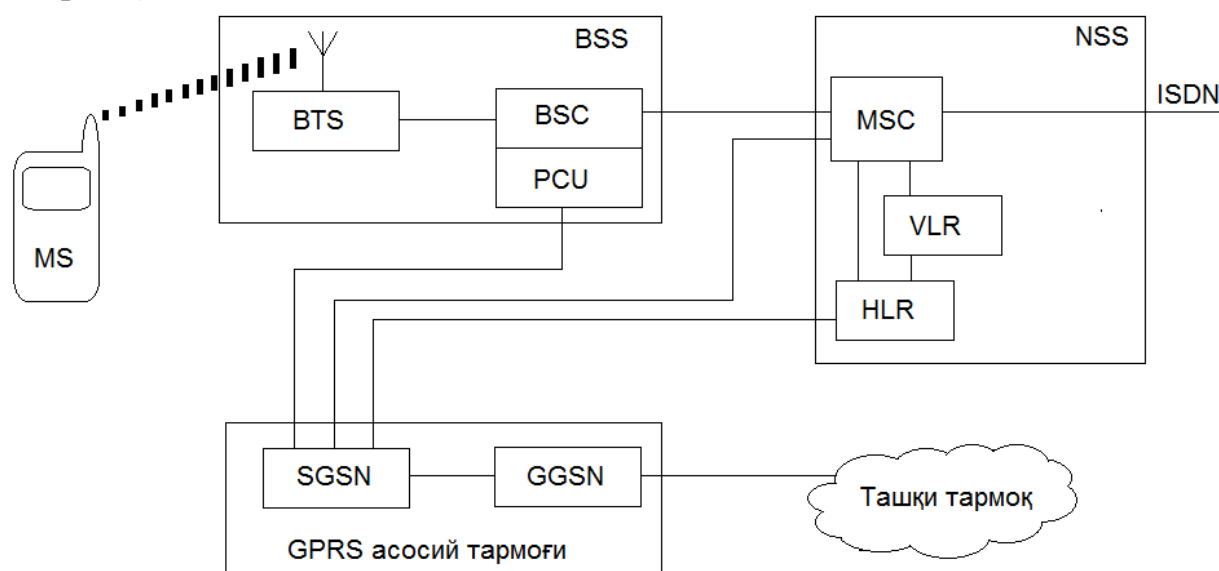
(адреслар), рақамлар ва абонентларнинг ҳақиқийлигини билдирадиган ва тасдиқлайдиган параметрлар, шунингдек, абонентга кўрсатилаётган алоқа хизматлари таркиби, маршрутлаштириш ва «роуминг» бўйича маълумотлар сақланади.

- **VLR** (ингл. *Visitor Location Register*) - **кўчма (меҳмон) абонентлар регистри**: тегишли географик ҳудудда жойлашган фаол абонентлар ҳақидаги вақтинча сақланадиган маълумот базаси ҳисобланади. Аслида VLRда HLRдаги билан деярли бир хил маълумотлар жойлашган бўлади, лекин VLR бу маълумотларни фақатгина абонент унинг “жавобгарлик” ҳудудида бўлган даврдагина сақлайди.

- **EIR** (ингл. *Equipment Identity Register*) - **қурилмаларни идентификациялаш регистри**: тармоқ мобил станцияларининг халқаро идентификацион номерлари – IMEI (ингл. *International Mobile Equipment Identities*) бўйича маълумот базаси ҳисобланади. EIR шунингдек бир неча хавфсизлик вазифаларини ҳам бажаради (масалан, қўнғирокларни тақиқлаш).

- **AuC** (ингл. *Authentication Center*) – **авторизация маркази**: абонентни аутентификациялаш (аслигини тасдиқлаш) жараёнини бажаради.

GSM тармоқ архитектурасига GPRS технологиясини жорий этилиши билан тармоқнинг канал коммутацияси ҳамда пакет коммутацияси режимларида ишлаши натижасида ҳам товуш, ҳам маълумот трафикларини узатиш имконияти пайдо бўлди. GPRS технологияси маълумотларни юқорироқ тезликда узатиш ва пакет коммутацияли тармоқлар билан ўзаро ишлашини таъминлаш учун GSM технологиясини давомчиси сифатида ишлайди. GPRS технологиясини ишлатиш учун GSM тизими архитектурасига қуйидаги таркибий элементлар қўшимча тарзда киритилади (3.4-расм).



3.4-расм. GPRS тармоғининг тузилиш схемаси

- **SGSN** (ингл. *Serving GPRS Support Node*) - **GPRSни қўллаб-қувватловчи хизмат тугуни**: GPRS режимида ишлайдиган барча абонентларни фаолиятни, шу жумладан, абонентлар билан пакетли маълумотлар алмашиш, абонентларни мобил хизматларга уланиши, тармоқнинг хизмат доирасидаги абонентларни рўйхатга олиш кабиларни умумий бошқарувини таъминлайди.

- **GGSN** (ингл. *Gateway GPRS Support Node*) - **GPRSни қўллаб-қувватловчи шлюз тугуни**: GPRS тармоғини ташқи маълумот узатиш тармоқлари билан мослаштириш ва улаш вазифасини бажаради. Ҳар бир GPRS тармоғида ҳар доим бир ёки бир неча SGSN тугунлари билан боғлиқ битта GGSN тугуни бўлиши керак. GGSN тугунларининг иккиламчи вазифасига маълумотларни адреслаш (манзиллаш), IP-манзилларни динамик (тезкор) тарзда тақсимлаш, шунингдек, ташқи тармоқлар ва шахсий абонентлар ҳақида ахборотларни (шу жумладан хизматларни тарифлаштириш бўйича) кузатиб бориш кабилар киради.

- **PCU** (ингл. *Packet Control Unit*) - **пакетли узатишни назорат ускунаси**: таянч станция контроллери - BSCга ўрнатилади ва маълумот трафигини BSCдан SGSNга бевосита йўналтирилишига жавоб беради.

Шунингдек, GPRS технологиясини мавжуд GSM тармоқларига жорий этиш учун юқорида кўрсатилган ускуналардан ташқари, BTS, BSC, HLR ҳамда VLR регистрларида дастурий таъминотни янгилаш ҳам талаб қилинади.

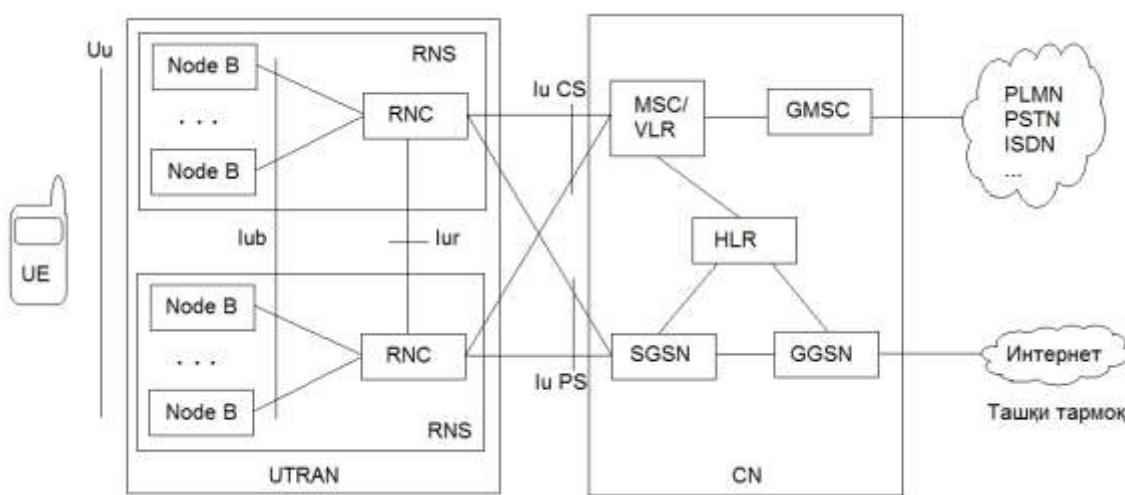
GSM стандартининг кейинги такомиллашуви - унинг GERAN (ингл. *GSM/EDGE Radio Access Network*) радиоуланиш тармоғига EDGE технологиясини жорий этиш билан боғлиқ бўлди. EDGE технологиясини тадбиқ этишда GSM/GPRS тизим архитектурасида ўзгартиришлар киритилмади, аксинча, мавжуд тармоқда фақат янги, тезкор модуляциялаш (8PSK) услубидан фойдаланилди.

GPRS ва EDGE технологияларининг жорий этилиши, албатта, GSM тармоқларининг “умрини узайтиришга” хизмат қилди, лекин узоқ муддатли ривожланиш жараёнида телекоммуникация “сахнасида” кейинги авлод янги стандартларининг, хусусан UMTS тизимининг пайдо бўлишига ҳалақит қила олмади.

UMTS структураси GSM тармоқларининг нимтизимлари билан ишлашда канал коммутациясини таъминлайдиган тармоқ элементларига ва таянч тармоғи - CN (ингл. *Core Network*)да GPRS нимтизими билан ишлаш учун пакет коммутациясини таъминлайдиган элементларга асосланган. Шунинг учун UMTS тизимининг таянч тармоғи GSM/GPRS тармоқларидан бизга маълум бўлган: MSC (бу ерда VLR билан бирга), HLR, AuC, SGSN ва GGSN тугунлари, шунингдек, канал коммутациясилик ташқи тармоқлар билан ўзаро ишлаш учун шлюз - GMSC (ингл. *Gateway Mobile services Switching Center*)ларни ўз ичига олади. UMTS тизимининг GSM/GPRS тизимларидан асосий фарқи – унинг радиоинтерфейсининг ташкил этилишида. Бунда радиоинтерфейсни бутунлай янги тармоғи - UTRAN (ингл. *UMTS Terrestrial*

*Radio Access Network*) ишлатилади. UTRAN тармоғида ишлаш учун бир оз ўзгартиришлар талаб қилинади, хусусан янги радиотармоқ контроллерлари - RNC (ингл. *Radio Network Controller*) ва янги ном олган таянч станциялар (ингл. *Node B*) дан фойдаланиш керак бўлади.

Функционал жихатдан тармоқ тузилмаси ер усти радиоулиниш тармоғи - UTRAN ва таянч тармоғи – CNлардан иборат (3.5-расмга қаранг). GSM тармоқлардан фарқли равишда UMTS тармоқларида фойдаланувчи қурилмаси - UE (ингл. *User Equipment* - абонент ускунаси) деб номланади. Бунга сабаб шуки UMTS тармоқларида UE нафақат мобил станция вазифасини, балки маълумот узатиш терминали функцияларини ҳам бажаради.



3.5-расм. UMTS тизимларининг архитектураси

UTRAN тармоғи таянч тармоғи CNга уланган RNS (ингл. *Radio Network Subsystem*) радиоулиниш тармоқларининг нимтизимлари мажмуасидан ташкил топган. RNS нимтизими RNC контроллери ва бир ёки бир нечта таянч станциялар Node B ларини ўз ичига олади.

Радиотармоқ контроллери - RNC таянч станцияларни бошқарувини бажаради ҳамда MSC/VLR - мобил коммутация маркази билан ўзаро ишлашни амалга оширади. RNCнинг асосий вазифаларига қуйидагилар киради:

- радиоканаллар тақсимланишини бошқариш;
- уланишларни назорат қилиш;
- уланишлар кетма-кетлигини бошқариш;
- масофадан динамик коммутация қилиш;
- абонент юкламаларининг тақсимланишини назорат қилиш.

Таянч станция Node B нинг асосий функцияси радиоинтерфейсни ташкил этишдадир. Бунга қуйидагилар киради: радиосигнални қайта ишлаш, сигнал спектрини кенгайтириш/сиқиш билан модуляция/демодуляция, кодлаш/декодлаш ва бошқалар, шу жумладан, RLC радиоканалларни бошқариш бўйича баъзи операцияларни бажариш (масалан, нурланиш

қувватини бошқариш, “хэндоверни” амалга ошириш) ва х.к. Таянч станция FDD, TDD ёки аралаш (ингл. *dual-mode*) режимларда ишлай олади.

UMTS тизимининг таянч тармоғи - CN қуйидаги элементлардан иборат:

MSC/VLR – мобил коммутация маркази тармоқнинг марказий элементи ҳисобланади. У таянч станцияларни (ТС) катта гуруҳига хизмат қилиши мумкин ҳамда абонент ускуналарининг (АУ) иш жараёнида зарур бўладиган барча турдаги уланишларини таъминлайди. MSC/VLR турли тармоқ элементларини (хусусан, RNS нимтизимлари элементларини) ўзаро улаган ҳолда UMTS тармоғи ичида маълумот алмашувини таъминлаб беради. Шунингдек, MSC/VLR бошқа MSCлар, қисман ҳудудий GMSC ва яна бошқа қисмлар билан ҳам уланишни амалга оширади. MSC таркибидаги VLR реестрида меҳмон абонентлар учун кўрсатилган алоқа хизматлари, шунингдек, тизимнинг хизмат кўрсатиш доирасидаги АУларнинг жойлашган ўрни ҳақидаги аниқ маълумотлар сақланади.

HLR реестри, SGSN ва GGSN тугунлари худди GSM тармоқларидаги каби вазифаларни бажаришади.

Операторлар ўзларига мос тармоқ конфигурацияларини яратишлари учун UMTS тизимининг архитектураси етарли даражада мослашувчан ва универсалдир.

UTRAN тармоғи 4та асосий интерфейсдан фойдаланишини эслаб ўтамыз:

- **Iu** – RNC ва CN ўртасидаги интерфейс;
- **Uu** - Node B билан АУ ўртасидаги интерфейс;
- **Iur** – RNCлар орасидаги интерфейс;
- **Iub** - Node B ҳамда RNC орасидаги интерфейс.

Uu ва Iu интерфейслари икки қисмга бўлинади:

- **U-Plane** (ингл. *User Plane*) - транспорт хизматлари ва радиоуланиш тармоғи орқали маълумот узатиш хизматларини амалга оширувчи абонент сатхи протоколлари;

- **C-Plane** (ингл. *Control Plane*) - радиоуланиш тармоғидаги транспорт хизматларини ҳамда АУ ва тармоқ орасидаги уланишларни, шу жумладан, хизмат кўрсатишга оид сўровлар, узатиш ресурсларини бошқариш, “хэндовер” ва хоказолар бошқарувини амалга оширувчи бошқарув сатхи протоколлари.

## UMTS стандарти учун радиочастота спектри

Стандарт спецификацияларига кўра, UMTS қуйидаги частоталар спектридан фойдаланади:

- “юқорига” йўналишда 1885MGs - 2025MGs (АУдан БСга йўналишида);

- “пастга” йўналишда 2110MGs – 2200MGs (БСдан АУга йўналишида).

АҚШда 1900MGs частоталар диапазони бандлиги сабабли, UMTS тармоқлари учун муносиб равишда 1710MGs – 1755MGs ҳамда 2110MGs – 2155MGs полосалар ажратилган.

Бундан ташқари, айрим давлатлар UMTS тармоқларини куриш учун ўзларининг ички имкониятларидан келиб чиққан ҳолда, давлат доирасида қўшимча частота полосаларини ажратишган (масалан, АҚШда 850MGs, Финляндияда 900MGs).

### **CDMA-2000 стандарти**

3GPP-2 лойихаси доирасида амалга оширилган тадқиқотлар натижасида CDMA-2000 оиласи таркибига кирадиган стандартлар гуруҳи ишлаб чиқилди. Ўз номидан маълум қилганидек, CDMA-2000 стандартларининг оиласи (CDMA2000 1X - CDMA2000 EV-DO Rel.0, CDMA-2000 EV-DO Rev.A, CDMA-2000 EV-DO Rev.B, - CDMA-2000 3x) каналларни код асосида ажратувчи – CDMA технологиясини қўллаган ҳолда курилади. CDMA технологияси ўзининг юқори спектрал самарадорлиги туфайли сотали алоқа тизимларининг иккинчи авлодидан учинчи авлодига ўтиш учун қатъий ечим бўлди. CDMA-2000 стандарти cdmaOne (IS-95) тармоқларининг эволюцион ривожланишида учинчи авлоди деб ҳисобланади, ва шуни учун ҳам бу стандартлар тармоқлари ўзаро ишлай олади. CDMA–2000 стандартлари IS-95A версиясининг асосий принципларини сақлаган ҳолда узлуксиз ривожланмоқда ва такомиллашиб бормоқда. Ўзининг кейинги эволюцион ривожланишида CDMA-2000 стандартлари LTE стандарти томон ҳаракатланмоқда.

### **CDMA-2000 стандартининг характеристикалари**

CDMA-2000 тизимларининг тижорат ютуғининг негизида уларнинг кенг хизмат кўрсатиш ҳудуди, овоз узатишнинг юқори сифатлилиги (деярли симли тизимлардагига тенг), тизим мослашувчанлиги ва янги хизматларни жорий этишда нисбатан кам харажатлилиги ҳисобланади. Бу тизимлар ҳалақитдан юқори даражада ҳимояни, шунингдек, алоқа каналини руҳсатсиз уланиш ва эшитишларга қарши юқори чидамлилигини таъминлайди, бу эса абонентлар ва операторлар учун жуда қўл келади. Шунингдек, абонент ускуналарини радио узаткичларининг нурланиш қуввати пастлиги ҳам муҳим аҳамиятга эга. Масалан, GSM-900 тизимлари учун ушбу кўрсаткич 2Vt (импульсда), GSM-1800 тизимлари учун эса 1Vt бўлса, CDMA-2000 тизимларида максимал нурланиш қуввати бор йўғи 0,25 ваттни ташкил этади.

CDMA-2000 1X стандарти асосидаги мобил алоқа тизимларида 1,25MGs кенгликдаги частоталар полосасидан фойдаланилади ва 153kbit/sek. гача бўлган маълумот узатиш тезлиги таъминланади. Бу эса товушли алоқа,

кисқа хабарларни (SMS) узатиш, электрон почта ва Интернет тармоғида ишлаш, маълумот базалари билан ишлаш, маълумотлар ва ҳаракатсиз тасвирларни узатиш каби хизматларни кўрсатиш имконини беради.

Кейинги, CDMA-2000 EV-DO Rel.0 стандартида худди шу полоса кенглигидан фойдаланилсада, маълумот узатиш тезлиги “пастга” йўналишда 2Mbit/sek ва “юқорига” йўналишда 153kbit/sek гачани ташкил этди, ва бу стандартни 3G талабларига жавоб берадиган қилди ва реал вақт режимида видео узатиш билан бирга кўшимча хизматлар туркумини тақдим этиш имконини берди.

CDMA-2000 стандартларининг кейинги ривожланиши EV-DO Rev.A фазаси бўлди ва унда тармоқ сиғимини ҳамда маълумот узатиш тезлигини (“пастга” йўналишда 3,1Mbit/sek гача ва “юқорига” йўналишда 1,8Mbit/sek гача) оширишга эришилди. Бу фазада олдинги - Rel.0 фазасида амалга оширилиши мумкин бўлган хизматларга кўшимча IP-тармоқлар бўйлаб кенг-эшиттиришли маълумотларни узатиш хизмати киритилди.

Навбатдаги EV-DO Rev.B фазанинг ишга туширилиши натижасида маълумот узатиш тезлигини бир частота каналида “пастга” йўналишда 4,9Mbit/sek гача ва “юқорига” йўналишда 2,4Mbit/sek гача етказишга эришилди. Стандартнинг кейинги ривожланиши маълумотларни узатиш тезлигини ошириш учун бир нечта частота каналларини бирлаштириш томонида (3x, 6x, 9x, 12x, 15x каби) қаратилган. Масалан, 15та частоталар каналларини бирлаштириш (максимал амалга оширилиши мумкин бўлган қиймат) натижасида “пастга” йўналишда 73,5Mbit/sek гача ва “юқорига” йўналишда эса 27Mbit/sek гача тезликларга эришилди. Бундай тармоқларда энди вақтдан ушланишларга сезгир бўлган VoIP, Push-to-Talk, видеотелефония, товуш ва мультимедиа хизматларини параллел равишда ишлатиш, мультисессион тармоқ ўйинлари ва бошқа шу каби хизматлардан фойдаланиш мумкин бўлди.

### **CDMA-2000 стандарти радиоинтерфейс технологияси<sup>16</sup>**

CDMA-2000 оиласи стандартларининг асосида ётадиган CDMA (ингл. *Code Division Multiple Access* - каналларни код бўйича ажратиш асосида кўп-сонли уланиш) технологияси - ажратилган бутун частота полосаси бўйлаб ҳар бир алоқа сеансига алоҳида рақамли код (манتيкий канал) ажратиш ҳисобига радиомухитни тақсимлаш асосида қурилади. Технология анча кенг полосалардан (1,25MGs) фойдаланади, ва сигналларни узатиш ўша битта частота каналида амалга оширилади. Сигнал кодлари бир-биридан фарқ қилади, ва шуни ҳисобига улар қабул қилиш томонида бир биридан ажратиб

---

<sup>16</sup> Каналларни код бўйича ажратиш асосида кўп-сонли уланиш (CDMA) технологияси анча илгари маълум булган. СССРда бу мавзуга бағишланган биринчи иш 1935 йилда Д.В. Агеев томонидан ёритилган. Иккинчи жаҳон урушидан сўнг узок вақт давомида CDMA технологияси ҳам СССРда, ҳам АКШда ҳарбий алоқа тизимларида ишлатилган. 1980 йилларнинг иккинчи ярмида АКШнинг ҳарбий идораси бу технологияни махфийлиикдан озод қилди, ва шундан сўнг уни оммабоп алоқа воситаларида ишлатиш бошланди.

олинади. Бундан шу келиб чиқадики, CDMA технологияси асосидаги тармоқларда БСларни ишлаши синхрон равишда бўлиши керак.

CDMA технологияси бир неча элтувчи частоталарда (ингл. *Multi Carrier – MC*) алоқани ташкил этиш имконини беради. Битта элтувчи частотадан фойдаланилганда (CDMA 1xRTT стандартида) технология 1,25MGs полосада мантиқий каналлар сонини 128тагача ва тезликни 153kbit/sek гача ошириши мумкин. Бунга қўшимча, Qualcomm компанияси томонидан таклиф этилган, 4дан 8-разрядли фазавий модуляцияга ўтиш услуги (ингл. *High Data Rate - HDR*) хисобига, маълумот узатиш тезлигини бир ярим баробаргача ошириш мумкин.

Учта элтувчи частотадан фойдаланилганда (CDMA-2000 3X стандарти) маълумот узатиш тезлиги 2Mbit/sekдан ошиб кетади. “Пастга” каналда маълумотлар 1,25MGs кенгликдаги уч канал бўйлаб ( $1,25 \times 3 = 3,75MGs$ ) параллел равишда узатилади. “Юқорига” каналда эса узатиш DSSS услуги асосида яхлит 3,75MGs полосасида амалга оширилади.

CDMA технологиясининг муҳим ўзига хос хусусияти CDMA-2000 стандартлари фазалари орасида мослашувчанликни таъминлаш ҳисобланади. Бунда операторларга янги частоталар диапазонлари учун лицензиялар (рухсатномалар) олиш ҳамда техник ускуналарга сезиларли ўзгартиришлар киритиш талаб қилинмайди. Яъни, IS-95 стандартидан то CDMA-2000 EV-DO Rev.B стандартига қадар мавжуд тармоқларни кетма-кетлик билан ривожлантириш имконияти мавжуд.

CDMA радиоинтерфейс технологияси ишлаши бўйича W-CDMA радиотехнологисидан фарқ қилади, ва шу сабаб CDMA-2000 ва UMTS ёки FOMA тармоқлари орасида ўзаро мослашув на терминаллар даражасида, на инфратузилмалар даражасида (MAP/GSM ва ANSI-41) таъминланмайди. Бинобарин, ҳар иккала радиоинтерфейс технологияси ҳам IP-протоколени кўллаб-қувватлайди, ва бу улар учун бирлаштирувчи платформа бўлиб ишлаши мумкин.

### **CDMA-2000 стандартининг тизим архитектураси**

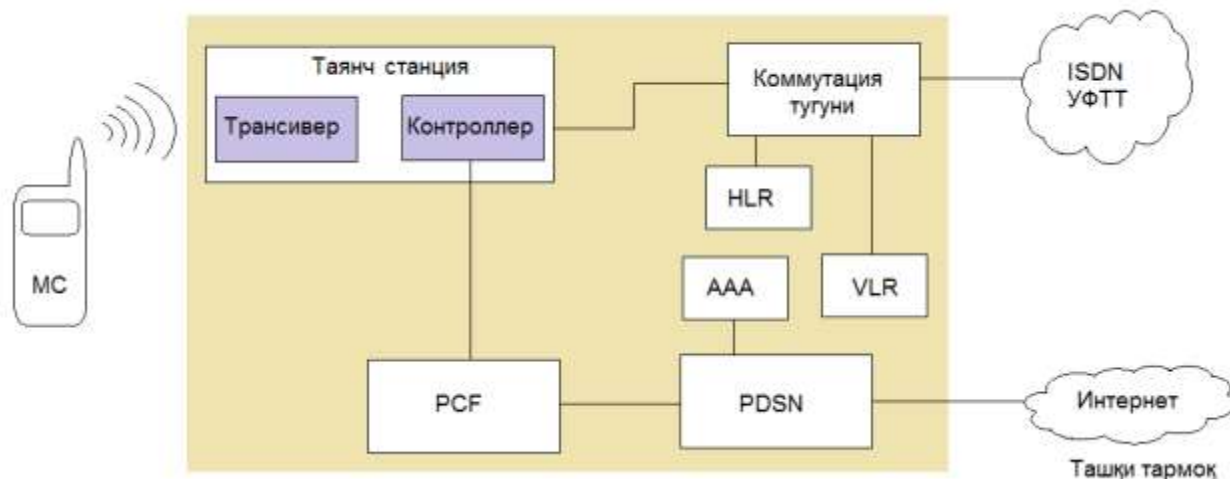
CDMA-2000 стандартлар туркуми таянч интерфейслар, тармоқ унумдорлигига талаблар, шунингдек, кўрсатиладиган хизматлар тавсифини ўз ичига олади. CDMA-2000 тизимлари олдинги CDMA технологиясига асосланган тизимлар билан мослаштирилган бўлиб, бу CDMA-2000 абонент қурилмалари ҳам CDMA-2000, ҳам CdmaOne (IS-95) тармоқларида ишлай олишини билдиради. Мослаштиришни таъминлаш стандарт учун тизимнинг параметрларини, ўрнатиш жараёнларини ва уланишни қайта ишлаш, шунингдек, сигнализация тизимининг параметрларини белгилайди. Стандартида, шунингдек, абонент қурилмаларининг ўзаро таъсирлашини бошқариш учун уларнинг нурланиш қувват даражалари ҳам келтирилган.

CDMA-2000 тизимининг архитектураси GPRS ва UMTS тизим архитектуралари билан кўплаб умумийликка эга. Бу ерда ҳам икки даражага бўлиниш мавжуд: радиоуланиш - RAN ва таянч – CN тармоқлари,



шунингдек, пакетли ва каналли коммутация учун алоҳида нимтизимлар иштирок этади. CDMA тармоғи қуйидаги тузилиш элементларидан иборат (3.6-расм):

Радиоуланиш даражасида BTS - таянч станциялар (трансиверлар) ва BSC- таянч станциялар контроллерлари иштирок этади ва ўзлари учун анъанавий бўлган функцияларни бажаради.



3.6-расм. CDMA-2000 тармоғининг соддалаштирилган схемаси

Таянч тармоғи даражаси қуйидаги элементлардан иборат:

- **PCF** (ингл. *Packet Control Function*) - пакетли узатишни бошқарув маркази;
- **PDSN** (ингл. *Packet Data Service Node*) - пакетли маълумотларни узатишга хизмат қиладиган тугун.

Бу тугунлар пакетли коммутация жараёнида қатнашишади.

- **MSC** – мобил коммутация маркази: GPRS тармоқларидаги каби симли таянч тармоғи ҳисобланиб, радиоуланиш тармоғи ва умумий уланиш турғун тармоқлари оралиғидаги боғловчи тугун ҳисобланади. MSC маркази каналли коммутация ёрдамида уланишни таъминлайди.

Тармоқнинг қуйидаги тугунлари эса, ўзларининг анъанавий функцияларини бажаришади:

- **AAA** - авторизация, аутентификация ва ҳисоб маркази;
- **HLR** - уй абонентлари регистри;
- **VLR** - меҳмон абонентлар регистри.

CDMA-2000 тизимларининг архитектураси таҳлил қилинганда, PDSN - маълумотларни пакетли узатиш таянч тармоғи UMTS тармоғидаги SGSN тугуни ўрнига ишлатилишини кўриш мумкин. Яна бир фарқ шундаки, CDMA-2000 тизимида АУ лар мобиллигини бошқариш учун UMTS каби HLR регистри эмас, балки Mobile IP протоколининг кенгайтирилган версияси ишлатилади (яъни, IP- протоколи билан мослаштирилган). Бу эса, янги мобил алоқа тармоқларини, асосан, мобил Интернет иловалари ва хизматларига йўналтирилганлигини ҳисобга олганда, CDMA-2000 тизимларининг

шубхасиз авзаллиги ҳисобланади. Шу билан бирга, UMTS ва CDMA-2000 тизимларида оммавий фойдаланиш телефон тармоқларига ва маълумотни пакетли узатиш тармоқларига уланишда ўхшашлик мавжуд.

### **CDMA-2000 стандарти учун радиочастота спектри**

CDMA-2000 тармоқларини мобил алоқа тизимлари учун ажратилган деярли барча частота диапазонларида куриш мумкинлиги туфайли радиочастоталардан фойдаланиш масаласида катта мослашувчанлик мавжуд.

CDMA-2000 тизимлари cdmaOne (IS-95) тармоқлари вориси сифатида яратилгани туфайли, уларни 800MGs ва 1900MGs диапазонларидаги частоталарни кўллаб-қувватлаши асосий талаблардан бўлди. Шу боис CDMA-2000 операторлари ўз тармоқларини куришларида сармоя масаласида катта афзалликларга эга бўлдилар.

АҚШ алоқа маъмуриятининг «3G тизимларининг яшовчанлигини баҳолаш» (ингл. *3G Viability Assessment*) номи биланхам юритилган янги режаси 2004 йилга келиб 1710-1770MGs ва 2110-2170MGs диапазонларида кўшимча частоталар ажратилиш ғоясини олға юритди. Натижада 3G тизимлари учун (хусусан, CDMA-2000 учун) 1710-1755MGs диапазонда 45MGs ва 2110-2150 MGs диапазонда 40MGs кенгликдаги полосалар ажратилди.

Шунингдек, CDMA-2000 тизимлари кўплаб давлатларда NMT-450 биринчи авлод тармоқларининг «муносиб ўринбосарлари» бўлди ва уларнинг частота диапазонини ўзлаштирди.

Шундай қилиб, замонавий CDMA-2000 тармоқлари асосан қуйидаги диапазонларда ишлатилади:

- 850MGs ва 1900MGs (асосан АҚШ га хос) – дунёдаги барча тармоқларни 87 фоизи ушбу полосаларда ишлайди;
- 450MGs, 1700MGs, 2100MGs (дунё миқёсида) – тармоқларнинг қолган 13 фоизига мансуб.

Мисол учун, Жануби-шарқий Осиё давлатларида кўплаб CDMA-2000 тармоқлари «юқорига» каналда 825-832,5 MGs ва «пастга» каналларда 870-877,5MGs (FDDда иккита 7,5MGs лик полосалар) частоталардан фойдаланади. Россияда CDMA-2000 тармоқлари учун 828-831MGs ва 873-876MGs частота бўйича ажратилган полосалар жуфтлиги ишлатилади. Юқорида таъкидланганидек, бизнинг республикамизда 450MGs (453MGs – 457,4MGs / 463MGs – 467,4MGs) ва 800MGs (835,02MGs-844,98MGs) частота диапазонларида CDMA-2000 стандарти асосида икки тармоқ ишлаб келмоқда.

### **FOMA стандарти**

**FOMA** (ингл. *Freedom of Mobile Multimedia Acces*) Япониянинг NTT DoCoMo сотали алоқа оператори томонидан тақдим этилган 3G

хизматлари учун W-CDMA технологиясига асосланган стандартнинг савдо белгиси ҳисобланади.

FOMA стандарти «юқорига» ва «пастга» йўналишларда мос равишда 1920MGs – 1980MGs ва 2110MGs – 2170MGs частота диапазонларида FDD дуплекси асосида W-CDMA технологиясидан фойдаланади. Қўшимча равишда PDC стандарти тармоқларидан бўшашган 800MGs диапазонидан ҳам фойдаланиш кўзда тутилган. FOMA стандарти АТМ технологиясини ишлатади ва пакетли ва каналли коммутация режимларини қўллаб-қувватлайди. Шунингдек, АТМ қўлланилиши туфайли, асинхрон трафик, ҳамда «нукта-нукта» ва «нукта-кўп нукта» режимларида коммутация ҳам қўллаб-қувватланади. FOMA стандартида W-CDMA технологияси икки режимда ишлатилиши мумкин: спектрни кенгайтириш асосида (ингл. *Spread Spectrum Technology*) ёки мультитезлик асосида (ингл. *Multirate Technology*). Бунда узатиш канали ва тезлиги узатиладиган маълумотларнинг тури ва ўлчамига боғлиқ равишда танланади.

Ҳозирги вақтда NTT DoCoMo компанияси «пастга» каналда 7,2Mbit/сек ва «юқорига» каналда 5,7Mbit/сек гача маълумот узатиш тезлигини таъминловчи “Ўта тез FOMA” (ингл. *FOMA High-Speed*) номини олган HSPA хизматларини тақдим этмоқда.

Умуман, ўзининг техник характеристикалари бўйича FOMA стандарти UMTS стандартига жуда яқин, шуни учун бу дарслик доирасида ушбу стандартнинг қисқа таърифи билан чекланилди.

Табиийки, FOMA стандартининг бўлажак ривожланиши LTE стандарти билан қўшилиш томонига қаратилган ва ARIB ва TTC япон стандарт ишлаб чиқувчилари 3GPP доирасида LTE лойиҳасини яратишда бевосита иштирок этганлари бунга қўшимча далилдир.

## TD-SCDMA стандарти

**TD-SCDMA** (ингл. *Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access*) бу бир элгувчи частотали, вақт бўйича дуплексловчи CDMA технологияси асосидаги учинчи авлод тизимларининг “Хитой” варианты ҳисобланади. Стандарт 2006 йилда Хитой телекоммуникация саноатини қўллаб-қувватлаш ва CDMA-2000, W-CDMA технологиялари патентлари учун тўловлардан холи бўлиш мақсадида ишлаб чиқилган ва расмий қабул қилинган.

TD-SCDMA стандарти TDD дуплекслаш усули ишлатилган W-CDMA технологиясини ривожлантирилиши ҳисобланади. Германияни Siemens компанияси ва Хитой телекоммуникация технологиялари академияси - САТТ (ингл. *China Academy of Telecommunications Technology*) ҳамкорлигида яратилган ушбу стандарт ХТИ томонидан UMTS стандартлар оиласининг бир аъзоси сифатида маъқулланган. TD-SCDMA стандарти аҳолиси ўта зич

худудларда, Хитойга хос бўлган чекланган частота ресурслари шароитида ишлашга мўлжалланган.

RAT (ингл. *Radio Access Technology*) радиоулашиш технологияси уч комбинациясидан иборат: каналларни вақт бўйича дуплекслаш (TDD), каналларни вақт (TDMA) ва код (CDMA) асосида мультимплекслаш механизмлари. Алоқа 5мс давомийликдаги етти вақт интервалларига (тайм слотларга) ажратилган даврий равишда такрорланадиган кадрлар (фреймлар) орқали амалга оширилади. Бундан ташқари, ҳар бир тайм-слотда 16 та кодли кетма-кетликлар ёрдамида 16 тагача CDMA каналларини шакллантириш мумкин. Технологиянинг муҳим хусусияти бу реал узатиладиган трафикдан келиб чиққан холда тайм-слотларни мослаштириб тақсимлаш имкониятидир. Масалан, асимметрик иловаларда (Интернетда ишлаш) “юқорига” канал учун бир тайм-слоти эгалланса, “пастга” канал учун эса қолган олти тайм-слотларни ажратиш мумкин.

TD-SCDMA тармоқлари учун 1,6MGs кенгликдаги полосалар ишлатилиши кўзда тутилган. Ягона канал учун мўлжалланган фреймдаги тайм-слотларни сонини ўзгартириш ҳисобига, модуляторни 1,28 Mchip/sek символ тезлиги асосида, ушбу технология 1,2kbit/sek дан 2Mbit/sek гача бўлган кенг кўламдаги мослашувчан маълумот узатиш тезлигини таъминлаши мумкин. Фойдаланилган частота диапазонига қараб алоқа узоклиги 40km.гачани ташкил этиши мумкин. Стандарт абонентларни юқори мобиллигини таъминлайди ва 120km/soat гача бўлган абонентнинг ҳаракатланиш тезлигида ҳам алоқа сифатини сақлайди.

TD-SCDMA технологиясида TDD дуплекс схемаси танланиши асослидир. Маълумки, TDD дуплекси кичик хизмат кўрсатиш ҳудудида абонентларнинг зич жойлашган шароитларида ўзининг афзалликларини кўрсатади ва 45-220MGs га бир-биридан тарқалган жуфт частоталар бўлмаган холларда ягона ечим ҳисобланади. Шунингдек, TDD туфайли кирувчи ва чиқувчи трафик муносабатларини мослашувчанлик билан ўзгартириш мумкин ва бу асимметрик иловалар билан ишлашда жуда қўл келади.

Шунингдек, муҳими шуки, ишлаб чиқувчилар TD-SCDMA тизимлари GSM тармоқлари билан ўзаро ишлашини, ҳамда GSM ва W-CDMA технологияларининг юқори даражалардаги сигнализация ва протоколларини қўллаб-қувватлаши туфайли W-CDMA тармоқларига “силлиқ” ўтишини кўзда тутишди. Бунга қўшимча, TD-SCDMA стандартининг биринчи телефонлари икки режимли бўлиб, GSM-чипсетлари билан бирга TD-SCDMA чипсетларидан фойдаланган.

Тахминлар бўйича, TD-SCDMA стандарти асосидаги тармоқлар ўзларининг 4G томон эволюцион ривожланишда LTE стандартига ўтадилар.

## Назорат саволлари

1. Сотали алоқанинг 1G авлод стандартларини қисқача баён этинг.

2. Сотали алоқанинг 2G ва 2,5G авлод стандартларини қисқача баён этинг.
3. Сотали алоқанинг 3G ва 3,5G авлод стандартларини қисқача баён этинг.
4. 3G мобил алоқа тизимларининг характеристикаларини келтиринг.
5. Ҳозирги вақтда дунёда қанча 3G стандартлари (стандартлар оиласи) мавжуд?
6. W-CDMA технологиясининг асосий характеристикаларини келтиринг.
7. UMTS стандартининг ишлаб чиқилиши тарихи ва асосий характеристикалари.
8. UMTS тармоқларида маълумот узатиш хизматларига фойдаланувчилар қандай ускуналар ёрдамида уланишади?
9. UMTS тизимларига нисбатан қайси мобил алоқа тизимлари рақобатли ҳисобланади?
10. UMTS стандартининг асосий камчиликлари нимада?
11. CDMA-2000 стандарти асосидаги сотали алоқа тизимларининг эволюцияси.
12. FOMA стандартининг асосий характеристикалари.
13. TD-SCDMA стандартининг асосий характеристикалари.

### **Фойдаланилган адабиётлар рўйхати**

1. А.Абдукадиров, Д.Давронбеков. Мобил алоқа тизимларининг 4G авлоди. Ўқув қўлланма. – Тошкент, ТАТУ – 2015. – 50-55 б.
2. Мерит Максим, Дэвид Полино. Безопасность беспроводных сетей М.: Компания "АйТи"; ДМК Пресс, 2004, 288 с.
3. Макоева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учеб.пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с.
4. Вишневикий В., Ляхов А., Портной С, Шахнович И. Широкополосные беспроводные сети передачи информации М.: Эко-Трендз, 2005, 592 с.
5. Григорьев В.А, Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа М.: Эко-Трендз, 2005, 384 с

### **Маъруза 4. Тўртинчи авлод мобил алоқа тизимлари**

#### **Режа:**

1. 3,9G ёки Pre 4G авлод стандартлари.
2. 4G - тўртинчи авлод стандартлари.
3. LTE стандартининг ривожланиш тарихи.
4. LTE стандарти ҳақида умумий маълумотлар.

5. LTE/SAE тизими архитектурасининг асосий ташкил этувчилари
6. MIMO технологиясининг тавсифи.
7. Кенг полосали симсиз уланиш технологияларнинг ривожланиш тарихи ва тавсифи.
8. Кенг полосали симсиз технологияларни классификацияси (синфларга бўлиш) бўйича ёндашувлар.
9. Wi-Fi технологиясининг таҳлили.
10. WiMAX стандартлари.

**Таянч иборалар:** 3GPP-LTE, 3GPP Long Term Evolution, W-CDMA/HSPA, 802.11, WLAN, Hi-Fi, IEEE 802.16.

### 5.1. 3,9G ёки Pre 4G авлод стандартлари

Wi-Fi/WiMAX симсиз маълумот узатиш тармоқларида OFDM технологиясидан фойдаланиш эвазига келиб чиққан техник “инқилоб” мобил алоқа дунёсини ҳам четлаб ўтмади. HSOPA (ингл. *High Speed OFDM Packet Access*) технологиясини ишлаб чиқиш билан бошланган йўл 3GPP лойиҳаси стандартларининг 3GPP-LTE (ингл. *3GPP Long Term Evolution*) узок муддатли эволюция концепциясига қўшилиб кетди. Эслатиб ўтиш керакки, OFDM асосида ишлаб чиқилган радиоинтерфейс технологияси 2007 йилда ХТИ томонидан ИМТ-2000 Дастирининг асосий радиоинтерфейси сифатида қабул қилинган.

**3GPP-LTE** (қисқартирилган ҳолда **LTE**) – маълумот узатиш тезликларига бўлажак талабларни қондириш учун UMTS стандарти имкониятларини такомиллаштирувчи мобил алоқа технологияси ҳисобланади. Бу такомиллашув алоқа самарадорлигини ошириш, тармоқларни ташкил этишдаги сарф-харажатларни камайтириш, тақдим этиладиган хизматлар даражасини кўтариш ва кенгайтириш, шунингдек, мавжуд мобил ва кенг полосали алоқа протоколлари билан ўзаро ишлаш кабиларни ўз ичига олади. Назарий жихатдан LTE технологиясида маълумотларни ”пастга” узатиш тезлиги 326,4Mbit/sek гача, “юқорига” эса 172,8Mbit/sek гача етиши мумкин. LTE стандартининг 8 версиясидаги (3GPP Rel.8) имкониятлари 4G талабларигача етиб бормагани туфайли сўнгги пайтларда LTE кўпинча 3,9G ёки Pre4G авлод мобил алоқа технологиялари деб аталмоқда.

### 4.2. 4G - тўртинчи авлод стандартлари

Мобил алоқа дунёсини олдинда янги имкониятларга эга бўлган технологиялар ишланмалари кутмоқда. Ҳозирги кунда ўтказиладиган тажрибалар натижалари 4G технологиялари олдига ХТИ томонидан қўйилган талабларга эришиш мумкинлигини тасдиқламоқда. Масалан, Япониянинг NTT DoCoMo компанияси 2009 йилдаёқ мобил алоқа тармоқларини синаш

жараёнида маълумотларни узатишда 5Gbit/sek тезлигига эришди, ва бунда ММО технологиясини 12x12 ажратиш схемасидан фойдаланди, мобил станция эса 10km/soat тезликда ҳаракатланди.

2002 йилда ХТИ нинг Радиоалоқа Сектори (МСЭ-R) ИМТ келажагини стратегик кўринишини ифодаловчи ИМТ-Advanced (4G) ташаббусини таклиф қилган эди. Уни ишлаб чиқиш жараёнида муносиб хизматлар яратилди, ИМТ-Advanced лойиҳасига таълуқли ишчи характеристикаларнинг талаблари ва ҳажми аниқланди ва уларни баҳолаш услублари батафсил таёрланди. МСЭ-R нинг 5D ишчи гуруҳи қошида бутун дунёдан еғилган мустақил ташқи баҳолаш гуруҳлари ёрдамида ХТИ га 2009 йил октябрида топширилган 4G радиоинтерфейслари бўйича олти таклиф ҳар бири алоҳида батафсил ўрганиб чиқилди. Натижада, 2010 йил ноябрида Женевада бўлиб ўтган Бутунжаҳон радиоалоқа конференциясида икки технология: “LTE-Advanced” ва “WirelessMAN-Advanced” ИМТ-Advanced технологиялар тузимининг биринчи версияси сифатида қабул қилинди.

4.1-жадвалда ўтказилган таҳлиллар якунидаги мобил алоқа тизимлари эволюцион ривожланишининг асосий кўрсаткичлари келтирилган.

4.1 – жадвал

### Мобил алоқа тизимлари эволюцияси

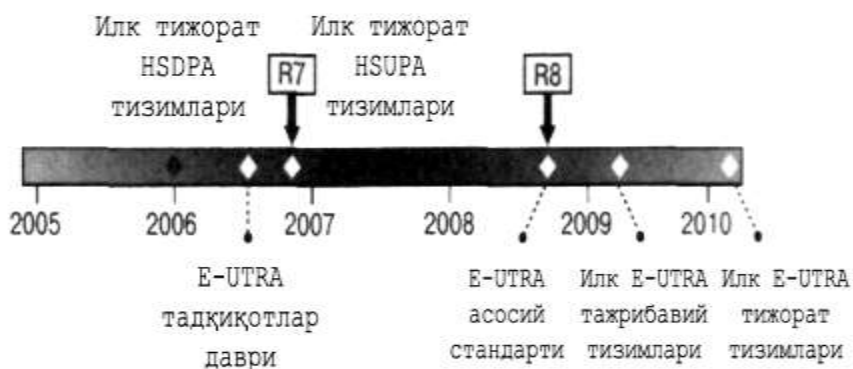
Мобил алоқа авлодлари	1G	2G	2,5G	3G	3,5G	4G
Ишлар бошланиши йили	1970	1980	1985	1990	<2000	2000
Ишга тушириш йиллари	1984	1991	1999	2002	2006-2007	2009-2012
Кўрсатилаётган хизматлар	Аналог стандартлар	Рақамли стандарт, SMS, 9,6kbit/sek маълумот узатиш тезлиги	Тармоқнинг катта ҳажми, маълумотларни пакетли узатиш	Тармоқнинг янада катта ҳажми, 2 Mbit/sek гача тезлик	3G тармоқларидаги тезликларни ошириш	Катта ҳажми, IP-асосидаги тармоқ, мультимедиа, юзлаб Mbit/sek тезлик

### 4.3.LTE стандартининг ривожланиш тарихи

**3GPP Long Term Evolution (LTE)** - мобил алоқа протоколи бўлиб, келажакда маълумотлар узатиш тезлигига бўладиган эҳтиёжни қондириш учун UMTS стандартини такомиллаштириш бўйича 3GPP лойиҳаси ҳисобланади. Ушбу такомиллаштириш натижасида, мисол учун, алоқа самарадорлигини ошириш, тармоқларни ташкил этишдаги харажатларни камайтириш, тақдим этиладиган хизматлар даражасини мукамаллаштириш ва кенгайтириш, шунингдек, мавжуд мобил ва кенг полосали алоқа

протоколлари билан ўзаро ҳамкорликни таъминлаб бериш имкониятлари пайдо бўлади. 3GPP LTE стандартида маълумот олишнинг назарий тезлиги 326,4 Mbit/sek, узатишнинг тезлиги эса, 172,8Mbit/sek гача етиши мумкин.

LTE стандартига 2004 йилда асос солинган. Асосий мақсад UTRA радиоуланиш (UMTS стандартида фойдаланиладиган) архитектурасини оптимизациялаш ҳамда 3GPP лойиҳасидаги учинчи авлод тизимларидан тўртинчи авлод томон ривожланишни таъминлаб беришга қаратилган эди. Тадқиқотларнинг бошланғич босқичидаги асосий мақсади маълумотларни юқори тезликда узатишни таъминлаб бера оладиган физик даражадаги технологияни белгилаб олиш эди. Асосий вариант сифатида икки йўналиш таклиф этилди: ё мавжуд W-CDMA технологияси асосидаги радиоинтерфейсни ривожлантириш, ёки OFDM технологияси асосида ишлайдиган бутунлай янги радиоинтерфейсдан фойдаланиш. Олиб борилган тадқиқотлар натижасида ушбу масаланинг ягона ечими OFDM технологиясидан фойдаланиш бўлди. LTE нинг илк спецификациялари “3GPP еттинчи релизи” доирасида яратилган эди (ингл. *3GPP Release 7*). 2008 йилнинг декабрь ойига келиб, LTE тизимларига қўйиладиган архитектуравий ҳамда функционал талабларни белгилаб берадиган 3GPP стандартларининг 8-релизи (ингл. *3GPP Release 8*) тасдиқланган эди [26] (4.1-расм).



4.1-расм. LTE технологияси ривожланишининг асосий босқичлари

3GPP лойиҳаси архитектура тизими бўйича SA WG2 ишчи гуруҳи параллел равишда “Тизим архитектурасининг эволюцияси” - SAE (ингл. *System Architecture Evolution*) ни ишлаб чиқиш бўйича ўзининг алоҳида тадқиқотларини олиб борди. Ушбу гуруҳнинг асосий мақсади - 3GPP тизимини ривожлантириш ёки маълумот узатиш тезлигини янада ошириш, жавоб вақтини камайтириш, маълумотларни пакетлаб узатиш каби имкониятларга эга ҳамда турли радиоуланиш технологияларини - RAT (ингл. *Radio Access Technology*) қўллаб қувватлайдиган тизимлар структурасини ишлаб чиқиш эди. SAE архитектураси устида ишлар “3GPP тизимлари архитектурасини ривожлантириш” шиори остида 2004 йилнинг декабрь ойидан бошланган эди. 2007 йилда “E-UTRA” деб номланган 3-авлод радиоуланиш технологияларини ривожлантириш бўйича узоқ муддатли



лойихаси техник-иқтисодий асослаш босқичидан, илк маъқулланган техник спецификациялар босқичига ўтди ва 2008 йилнинг охирига келиб, технология тижорат мақсадларида фойдаланишга тайёр бўлди.

Шу сабабли мутахассислар 3GPP нинг янги стандарти ва янги архитектура тизимига нисбатан кўпинча LTE/SAE терминини қўллашади.

#### 4.4. LTE стандарти ҳақида умумий маълумотлар

Кенг полосали мобил алоқа тури тез суратларда ҳаётимизга кириб келмоқда. Ericsson компаниясининг ҳисобига кўра, 2011 йилда кенг полосали алоқа хизматларидан фойдаланувчилар сони 1,5млрд. га етган ва уларнинг ярмидан кўпи алоқанинг мобил вариантыдан фойдаланишмоқда. Шунингдек, компаниянинг фикрича, 2015 йилга келиб, мобил кенг полосали уланиш хизматидан фойдаланувчилар сони 3,8млрд. ни ташкил қилиши, шундан 95 фоизи эса HSPA, CDMA ва LTE тармоқларидан фойдаланиши кутилмоқда.

Бугунги кунда мобил тизимлар хизматлари фойдаланувчилари:

- веб-ресурслардан фойдаланиш ёки HSPA ни қўллаб қувватлайдиган телефонлар ва ноутбуклар ёрдамида электрон хатлар жўнатиш;

- DSL модемлар ўрнига HSPA модемларидан фойдаланиш;

- 3G-телефонлар ёрдамида катта ҳажмдаги видео ҳамда аудио файлларни жўнатиш каби бир қатор имкониятлардан фойдаланмоқдалар.

3GPP лойихаси 8-релизи сифатида кириб келаётган LTE стандарти мобил алоқа тизимининг ривожланиши учун сезиларли қадам бўлиши лозим. Ишлаб чиқувчиларнинг фикрича, фойдаланувчилар бу афзалликларни катта ресурслар талаб қиладиган хизматлар ва иловалар (интерактив ТВ, фойдаланувчилар томонидан яратилган видеоклиплар, мураккаб ўйинлар ва профессионал хизматлар) дан фойдаланганларида яққол хис қилишади.



4.2-расм. LTE тармоқларида мавжуд бўлган кенг полосали хизматлар ва янги иловалар

3GPP лойиҳасида кейинги авлод тизимларига қўйиладиган асосий талаблардан айримлари қуйида келтирилган:

- “пастга” йўналишда маълумотлар узатиш тезлигининг энг юқори қиймати - 100 Mbit/сек дан кам бўлмаслиги, радиоуланиш тармоғидаги жавоб кечикиш вақти эса 10ms дан ошмаслиги керак;

- турли элтувчи частота полосаларидан фойдаланиш қулайлиги, яъни бир элтувчидан бошқа элтувчи частоталар полосасига ўтишнинг силлиқлиги ва турли элтувчи частоталарни қўллаб қувватлаши - 5MGs ва ундан паст частоталар полосаларидан 20MGs гача бўлган қўллаб мавжуд ва янги частота диапазонларида;

- частота (FDD) ва вақт (TDD) асосида дуплекс режимларини қўллаб қувватлаш;

- қўшни таянч станцияларга абонентга хизмат кўрсатишни оширишнинг янги имкониятлари ва мавжуд мобил тармоқлар билан ўзаро «роуминг» ни амалга ошириш.

3GPP лойиҳаси иштирокчилари ва жалб этилган бошқа ишлаб чиқарувчилар томонидан ўтказилган кўп йиллик илмий-тадқиқот ва тажриба-конструкторлик ишлари (ИТТКИ) натижасида LTE технологияси 3GPP талабларига жавоб берадиган, айрим параметрлар бўйича эса улардан ошадиган универсал тизимга айланди.

LTE стандартида турли хил мултиплекслаш технологиялари ҳамда модуляция усуллари қўлланилиши кўзда тутилган, хусусан:

- “пастга” йўналишда узатиш учун - ортогонал частотали мултиплекслаш технологияси - OFDM ҳамда QPSK, 16-QAM ва 64-QAM модуляция усуллари;

- “юқорига” йўналишда узатиш учун - бир элтувчи частотали мултиплекслаш технологияси - SC-FDMA ҳамда BPSK, QPSK, 8-PSK, 16-QAM - модуляция усулларидан фойдаланилган.

E-UTRA технологияси радиоинтерфейси жуда мослашувчан бўлиб, 1,4MGs дан 20MGs гача (UTRAнинг 5MGs ли ўзгармас каналлардан фарқли равишда) бўлган турли хил ишчи канал кенгликларидан фойдаланиш мумкин. Шунингдек, E-UTRA технологиясининг спектрал самарадорлигини UTRA га нисбатан тўрт маротабага оширишга эришилди. Тармоқ архитектураси ва сигнализация усуллариини такомиллаштириш натижасида “пастга” ҳамда “юқорига” йўналишларда жавоб ушланиши вақтини камайштиришга эришилди. “Кўп сонли қабул қилиш/кўп сонли узатиш” - MIMO антенна технологиясини қўллаш натижасида LTE тизимида W-CDMA технологияси асосидаги 3GPP тизимларига нисбатан бир сотага тўғри келадиган абонентлар сонини 10 баробарга оширилди.

SAE тизим архитектураси ривожланиш дастурининг бир қисми сифатида LTE стандартида IP-протоколи асосида қурилган тармоқнинг “ясси архитектураси” таклиф этилди. LTE/SAE архитектурасининг вазифаси ҳар қандай IP-хизматларини тижорий фойдаланиш нуқтаи назаридан самарали

қўллаб қувватлашдан иборат. Ушбу архитектура мавжуд бўлган GSM/W-CDMA тизимларининг таянч тармоқлари асосида қурилган ва ривожланган ва уни қуришдан мақсад тармоқ эксплуатациясини янада соддалаштириш, ҳамда кейинги авлод тармоқларини босқичма-босқич ва самарали яратишдир. LTE/SAE архитектураси тармоқни қуриш ва эксплуатация қилишда сарфланадиган эксплуатацион ва капитал харажатларни сезиларли равишда камайтиради. Янги “ясси архитектура” модели трафикни ошиб кетиш холларида фақатгина икки типдаги тармоқ тугунларининг (таянч станциялар ва шлюзларни) ўтказувчанлигини оширишни талаб қилади. Бундан ташқари, тармоқни конфигурация қилишда автоматизация даражаси борган сари ошиб бораётгани ҳам кузатилмоқда. Натижада, операторлар ишлатаётган тармоқлари, частота спектрлари ва ўзига хос тижорат хусусиятларини ҳисобга олган холда кенг полосали ва мультимедия хизматлари тақдим этувчи LTE технологиясини жуда мослашувчан равишда тадбиқ этишлари мумкин.

Шуни ҳам таъкидлаб ўтиш керакки, 3GPP ва 3GPP-2 лойиҳалари иштирокчилари CDMA-2000 ва LTE тизимларининг ўзаро ишлашини ташкил қилиш юзасида келишилган. Шундай қилиб, CDMA-2000 операторлари тармоқларини келажакда LTE стандарти асосидаги тармоқларга ўтказиш имкониятига эга бўлиши.

4.2-жадвал

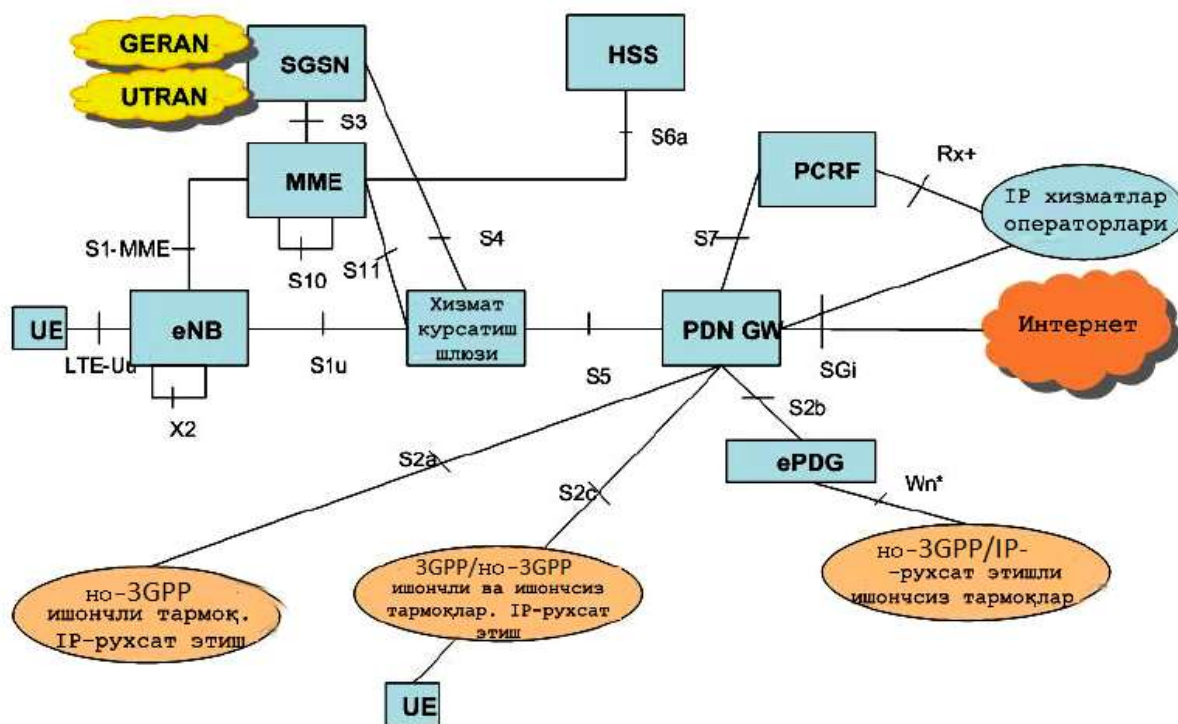
LTE тизимлари функционалигига қўйиладиган талаблар

Функционаллик	Талаб қилинадиган қийматлар
Маълумотлар узатиш максимал тезлиги, (20MGs полоса кенглигида)	«пастга» каналда: 100Mbit/sek дан кам бўлмаслиги; «юқорига» каналда: 50Mbit/sek дан кам бўлмаслиги керак.
Абонентларнинг мобиллик даражаси	350-500 km/soat га
Абонент ускунасининг фаол режимга ўтиш вақти (пассив ҳолатидан актив ҳолатга ўтиш вақти)	100ms дан кўп эмас
Жавоб кечикиши вақти	10ms дан кўп эмас
Тармоқ сиғими	Бир сотада абонентлар сони 200 тадан кам бўлмаслиги керак (5MGs полоса учун)
Радиоқамров зонаси (сотанинг ўлчами)	5 - 100km гача, (аммо 30km дан ортиқ масофада оғишлар бошланишини ҳисобга олган холда)
Частота канали кенглиги (каналнинг ўтказиш полосаси)	1,4MGs; 3MGs; 5MGs; 10MGs; 15MGs ва 20MGs.

#### 4.5. LTE/SAE тизими архитектурасининг асосий ташкил этувчилари

Структура жиҳатдан LTE/SAE тизими архитектурасини олдинги авлод мобил алоқа тизимларидаги каби икки сатҳга бўлиш мумкин: радиоуланиш тармоғи - RAN ҳамда таянч тармоғи - CN.

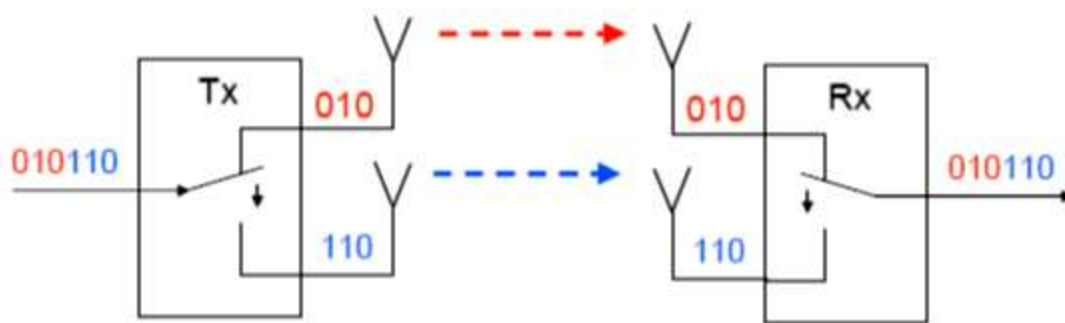
LTE/SAE тизими архитектурасини соддалаштириш мақсадида ҳозирги кунда уни 4.3-расмда келтирилган каби вариантда қабул қилишган. Бу расмда LTE тизимининг асосий тармоқ тугунлари ва интерфейслари биргаликда келтирилган.



4.3-расм. LTE/SAE тизими архитектураси

#### 4.6. MIMO технологиясининг тавсифи

**MIMO** (ингл. *Multiple Input Multiple Output* – кўп сонли қабул қилиш – кўп сонли узатиш) – янги маълумот узатиш технологияси бўлиб, унга кўра дастлабки маълумотлар оқими демультимплексорда алоҳида узатиш трактлари бўйича ишлов бериш ва узатиш учун  $N$  сонли оқимларга ажратилади. Қабул қилиш томонида эса  $M$  сонли қабул трактлари бўлиб, уларда маълумотлар мультимплексордан ўтади ва қабул қилишдаги хатоликларнинг сонини камайтирувчи махсус алгоритмлар бўйича яна қайтиб бир оқимга йиғилади. Бу хатоликлар узатиш каналидаги бузилишлар ва сигналларнинг фазовий корреляцияси натижасида вужудга келиши мумкин (4.4-расмга қаранг).



4.4-расм. МІМО нинг соддалаштирилган кўриниши

Шундай қилиб, МІМО технологияси битта радиоканалда бир неча узатувчи ва қабул қилувчи трактларни ишлатади. Амалда МІМО ни ишлаш тартибида икки хил режим ажратилади: Фазовий ажратиш (ФА) ва Фазовий мультиплекслаш (ФМ) режимлари<sup>17</sup>.

ФА режимида сигнал нусхаларини бир неча узатувчи ва мос равишда бир неча қабул қилувчи антенналарга ажратиш амалга оширилади (яъни, бир хил ахборот бир неча қабул қилиш/узатиш трактлари бўйича юбориб қабул қилинади).

ФМ режимида кетма-кет маълумотлар оқими бир неча параллел оқимларга бўлинади ва бир неча қабул қилиш/узатиш трактлари бўйича узатилади ва қабул қилинади (яъни маълумотлар оқимини узатиш тезлиги бир неча мартагача ошади). Шундай қилиб, ФМ режими каналнинг юқори сиғимини (ўтказувчанлик қобилиятини) таъминлаши мумкин, лекин сигнал сифатини яхшиламайди, аксинча уни хатто ёмонлаштириши ҳам мумкин. Бунинг аксига, ФА режими сигнал сифатини сезиларли тарзда яхшилайдди ва қабул қилгич томонида юқори “сигнал-шовқин” нисбатини таъминлайди, лекин каналнинг ўтказувчанлик қобилиятини деярли ўзгартирмайди. Хусусан, кенг қамровли соталарда ФМ ўз имкониятлари чегарасида ишлайди, чунки алоқа масофаси қанча узоқ бўлса, шунчалик сигнал кучли бўлиши керак. Амалиётда МІМО нинг иккала режимининг комбинациясини ҳам қўллаш мумкин (масалан, 4\*4 схемали МІМО да фазовий ажратилган икки жуфт мультиплексловчи антенналарни қўллаш мумкин).

МІМО технологиясининг афзалликларига қуйидагилар киради:

- “Пастга” йўналишдаги каналларнинг ишини яхшилаш, бу радиотўлқинлар кучли тарқалиши шароитида сигналнинг турғун ва ишончлироқ узатилишида намоён бўлади. “Юқорига” йўналишдаги каналлар учун яхшиланишлар сезиларли эмас;

<sup>17</sup> Амалиётда МІМО режимларини “А” ва “В” харфлари билан номланишини ҳам учратиш мумкин. Бунда МІМО “А” худудий ажратиш ва МІМО “В” худудий мультиплекслаш режиларига тўғри келади.

- Бир неча мустақил оқимлар бир вақтда узатилганда юқорирок даражадаги модуляция схемаларини ишлатиш ҳисобига каналнинг ўтказувчанлик қобилиятини ошириш;

- Тизимнинг, айниқса абонентларни юқори мобиллик ҳолатларида, иш характеристикаларини стабиллигини ошириш.

ММО нинг камчиликларига қайта аксланиш бўлмаган ҳолларда, масалан, иншоотлар нозич жойлашган туманларда, автомагистрал ёқаларида, дарё бўйлаб ва шунга ўхшаш ҳолларда сифат характеристикаларини пасайишини киритиш мумкин.

#### **4.7.Кенг полосали симсиз уланиш технологияларнинг ривожланиш тарихи ва тавсифи**

Кенг полосали симсиз уланиш (КСУ) технологиялари инфокоммуникацион технологияларнинг нимсинфи ҳисобланади ва бир-биридан олисдаги икки ва ундан ортиқ объектлар оралиғида симли уланишсиз ахборот узатиш учун ишлатилади. Симсиз алоқа учун радиотўлқинлар, инфрақизил, оптик ёки лазерли нурланишлар ишлатилиши мумкин. Ҳозирги вақтда фойдаланувчиларга Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, RFID, ZigBee каби “тижорат” номлари билан маълум бўлган кўплаб симсиз технологиялар мавжуд. Уларни ҳар бири ўзининг қўлланиш соҳасини аниқлайдиган маълум характеристикалар тўпламларига эга.

Симсиз технологиялар симли (тармоқ) технологияларнинг шиддатли ривожланиши билан чамбарчас ҳолда, ҳамда компьютер ва Интернет технологияларининг оммабоплашиши туфайли ҳаётимизга узлуксиз ҳолда кириб келмоқда ва, тезкор ривожланиб, ўзлари ҳам янги хизматлар ва ускуналар яраталишига замин бўлмоқда.

Шу муносабат билан симсиз технологияларининг локал (WLAN), ўрта ва қисқа масофалардаги (WPAN) ва шаҳар ва туман қўламларидаги (WMAN) тармоқларини ривожланиши истиқболли ҳисобланади.

Симсиз технологиялар стандартларини ишлаб чиқишнинг бошланғич нуқтаси сифатида 1989 йилда IEEE (Электроника ва электротехника бўйича муҳандислар институти) қошида 802.11 кўмитаси ташкил этилиши ҳисобланади. Кўмита биринчи навбатда кичик (локал) ўлчамлардаги симсиз тармоқларни ишлаб чиқиш билан шуғулланди ва шу асно Wi-Fi тизимлари пайдо бўлди. Ушбу ғоя аста-секин “сўнги миля” алоқаси ва шаҳар ҳамда худудий тармоқлар учун ҳам қўллана бошлади ва бу ўтган асрнинг 90 йилларини охирларида IEEE 802.16 (WiMAX) стандартлар гуруҳини пайдо бўлишига олиб келди.

Ҳозирги вақтда Wi-Fi ва WiMAX тизимлари янада оммабоп бўлмоқда. Симсиз технологиялар фойдаланувчиларининг энг ўсувчи сегменти сифатида корпоратив миқозлар (яъни, ташкилот ишчилари) бўлмоқдалар. Маълумотларни симсиз узатиш хизмати муҳим стратегик восита бўлиб қолмоқда: у меҳнат унумдорлигини оширмоқда (хизматчилар корпоратив

ахборотларга ҳар доим ва ҳар жойда улана олишади, янгиликлар ҳақида тезроқ хабардор бўлишади), мижозларга кўрсатилаётган хизматлар сифатини оширмоқда (мижозлар талабларини тезроқ қабул қилиб, уларни тезроқ кондиритиш мумкин) ва рақобатли афзалликларни яратмоқда (ахборот алмашуви тезлигини ошириш ва шу билан қарор қабул қилиш тезлигини ҳам ошириш мумкин).

Симсиз технологияларнинг ривожланишида уй фойдаланувчиларининг аҳамияти катта. Уй тармоғида қанча кўп ускуна бўлса, уларни боғлайдиган симлар ҳам уйни шунчалик кучли ўраб олади. Ва бу симсиз технологияларга ўтишга сабаб бўлади. Замонавий уйнинг комфортлик (қулайлик) даражасини ошириш, яъни унинг барча тузилмалари ва объектларини (компьютерлар, телевизор, рақамли фотокамера, уй мусиқий маркази, кўриклаш тизими, иқлим тизими, маиший техника ва бошқалар) бир тизимга бирлаштириш – бу “ақлли уй” ғоясининг асосидир ва бунда симсиз технологиялардан фойдаланиш кўзда тутилган.

Бу ерда шуни таъкидлаб кетиш зарурки, кенг полосали симсиз технологияларнинг ривожланиши ахборот хавфсизлигини таъминлаш масалаларини янада долзарб қилади. Симсиз тармоқлар ишлатилганда асосий таҳдидлар хабарларни, паролларни, кредит карточкалар номерларини илиб олиш, тўланган уланиш вақтини ўғирлаш, коммуникацион марказлар ишига аралаштириш ва бошқалар ҳисобланади. Бу муаммолар алоқа стандартларини такомиллаштириш жараёнида ҳал қилинади.

#### **4.8. Кенг полосали симсиз технологияларни классификацияси (синфларга бўлиш) бўйича ёндашувлар**

Симсиз технологиялар назариясида уларни синфларга бўлишда турли ёндашувлар мавжуд. Жумладан, рақамли ва аналог, тор ва кенг полосали технологиялар ажратилади. Бу ажратишларга аниқлик киритиш учун бир қанча тушунтиришларни келтирамиз.

Рақамли технологиялар ҳақида гап кетганда кўпинча сигнал ҳам рақамли (дискрет) шаклга эга бўлиши тушунилади. Бу тушунча кўпроқ симли тармоқлар учун тўғри бўлади. Симсиз тармоқларда эса “рақамли” белгиси радиоканал орқали узатиладиган ахборотларга тегишли, аммо радиосигнални ўзи эса ҳалихам гармоника шаклидаги модуляцияланган аналог сигнали бўлади.

Тор ва кенг полосали тизимлар орасидаги фарқни ҳам осон аниқлаб бўлмайди (улар орасидаги чегара ҳам технологиялар ривожланган сари юқорига силжимоқда). Шунингдек, бу белгига нисбатан ҳам симли ва симсиз технологияларда қабул қилинган тушунчалар орасида фарқ кузатилади. Масалан, симли тармоқ технологияларида маълумотни тор полосада (ингл. *baseband*) узатиш деганда рақамли узатиш шакли тушунилади (яъни, дискрет электр ёки оптик импульслар воситаси билан). Ва аксинча, кенг полоса (ингл. *broadband*) сифатида электрон ёки оптик тўлқинларни ишлатадиган аналог

каналлар назарда тутилади. Симсиз тармоқларда назарий қабул қилинишича, ишчи полосасининг кенглиги  $F$  бу полосанинг марказий частотаси  $f_c$  дан анча кам (яъни,  $F/f_c \ll 1$ ) бўлган тизим тор полосали ҳисобланади. Акс ҳолда, тизим кенг полосали ҳисобланади. Амалда эса ҳозирги вақтда 1,25MGs дан 40MGs гача кенгликдаги каналларни ишлатадиган технологиялар кенг полосали тизимлар туркумига киритилади. Шунингдек, кенг полосали технологиялар юқори маълумот узатиш тезлигини (1Mbit/секдан паст эмас) таъминлайди.

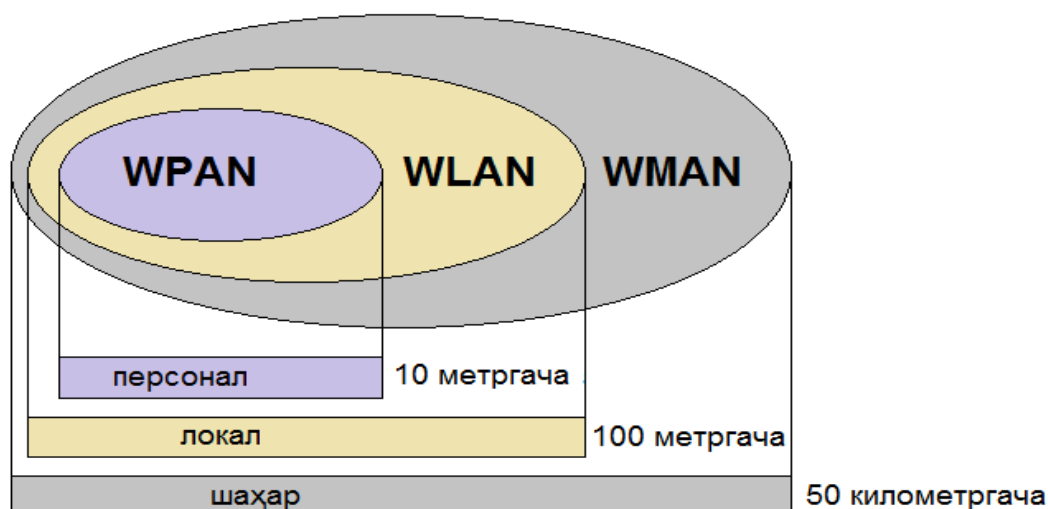
Кенг полосали симсиз рақамли тизимлар синфига кирадиган технологиялар синфларга бўлишда кўпинча қуйидаги ёндашувлар ишлатилади:

1. Алоқанинг узқлиги бўйича тармоқлар қуйидаги синфларга ажратилади:

- Бир неча дециметрлардан бир неча декаметрларгача радиоқамровга эга симсиз персонал тармоқлар (ингл. *Wireless Personal Area Networks* - *WPAN*). Периферия ускуналари, турли ҳисоблагичлар, хабарчилар (рус. *датчик*) ва бошқалар билан алоқа учун мўлжалланган. Бу технологиялар мисоллари: Bluetooth, RFID, ZigBee лардир.

- Бир неча юзлаб метрларгача таъсир этиш радиусили симсиз локал тармоқлар (ингл. *Wireless Local Area Networks* - *WLAN*). Улар офис (ташкilot) ичидаги (баъзан офислараро) алоқани ташкил этиш учун мўлжалланган. Улар қаторига Wi-Fi, DECT, Femto-cota каби технологияларни қўшиш мумкин.

- Бир неча, ҳатто ўнлаб километрларгача қамров радиусига эга шаҳар (худуд) кўламидаги симсиз тармоқлар (ингл. *Wireless Metropolitan Area Networks* - *WMAN*). Йирик шаҳар атрофида ёки туманларда хизмат кўрсатадиган тармоқларни яратиш учун мўлжалланган тизимлар. Улар сифатида WiMAX ва WiBro технологиялари, сотали ва транкинг, шунингдек радио ва телеузатиш тизимлари мисол бўлиши мумкин (4.5-расмга қаранг).



4.5-расм. Алоқанинг узатиш бўйича симсиз технологияларнинг синфларга бўлиниши



#### 4.9. Wi-Fi технологиясининг таҳлили

**Wi-Fi** (ингл. *Wireless Fidelity* – бошланишида “симсиз аниқлик” деб ифодаланган) технологияси деб Wi-Fi Alliance консорциуми томонидан ишлаб чиқилган WLAN синфига карашли ва IEEE институтининг 802.11 стандартлар туркумига кирган тизим ҳисобланади. Ушбу технология юқори сифатли овоз ёзиш ва эшитириш стандарти Hi-Fi (ингл. *High Fidelity* - “юқори аниқлик”) га ўхшатиб номланган.

Wi-Fi тармоқларидан фойдаланиш симли тармоқлар куриш мумкин бўлмаган ёки иқтисодий тарафдан мақсадга мувофиқ бўлмаган жойларда тавсия этилади. Ҳозирги вақтда Wi-Fi тармоқлари ҳам корпоратив, ҳам хусусий фойдаланувчилар томонидан кенг ишлатилмоқда. Замонавий Wi-Fi тизимларида маълумот узатиш тезлиги муайян шароитларда 600Mbit/секларгача етади. Wi-Fi тармоқларида алоқанинг турғун ва мобил режимлари қўллаб-қувватланади. Абонент қабул қилгич / узаткич ускунаси – “Wi-Fi адаптери” билан жихозланган мобил терминаллар (чўнтак компьютерлари, смартфонлар ва ноутбуклар) локал тармоқларга ва уланиш нуқтаси ёки “хот-спот” деб номланган нуқталар орқали Интернетга уланиши мумкин.



4.6-расм. Wi-Fi-адаптерлар



4.7-расм. Уланиш нуқтаси

#### 4.10. WiMAX стандартлари

IEEE 802.16 стандартларини ишлаб чиқиш устида асосий ишлар 2001 йилда бошланди. Шу йилнинг июнида 802.16 оиласидаги стандартлар асосида жиҳозларни ишлаб чиқариш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш учун соҳавий консорциум – “WiMAX Форуми” га асос солинди. 2001 йилнинг декабридаёқ янги кенг полосали симсиз алоқа тизими IEEE 802.16-2001 стандарти пайдо бўлди.

Стандарт шаҳар - “мегаполис” кўламида (ингл. *Metropolitan Area Network, MAN*) стационар симсиз тармоқларни тавсифлади, ва шу сабабли стандартнинг дастлабки номи Wireless MAN (WiMAN) бўлди.

Янги стандартнинг топологияси фақат “нуқта-кўп нуқта” режимини тақдим этди, физик даражада эса бир элтувчи частотадан фойдаланиш кўзда тутилди (ингл. *Single-Carrier, SC*). Шунинг учун протоколнинг номланишига SC ни кўшиладиган бўлди (Wireless MAN-SC). Ишчи частоталар сифатида 10GGs дан 66GGs гача диапазондан фойдаланиш ва стандарт фақат тўғри кўриниш (LOS) шароитларида ишлаши кўзда тутилди. Натижада, бу илк 802.16-2001 стандарти ускуналари кенг тарқалқала олмаганига сабаб бўлди. Яна бир сабаб юқори частоталарда ишлайдиган аппаратура базаси камлиги бўлди. Бу омилларни ҳисобга олиб 2003 йилнинг январиди янги 2GGs дан 11GGs гача частота диапазонидан фойдаланиш кўзда тутилган. Шу боис IEEE 802.16a-2003 кенгайтирилган стандарти қабул қилинди. Мазкур стандарт ҳам мегаполис кўламида стационар симсиз тармоқларни яратишга йўналтирилган эди. У “сўнгги миля” муаммосини анъанавий кабелли модемлар, xDSL ва T1/E1 каналлар орқали уланишнинг альтернатив кенг полосали ечими бўлди. Бундан ташқари, IEEE 802.16a тармоқлари Wi-Fi 802.11 b/g/a стандартларининг уланиш нуқталарини Интернетга улаш учун кўшимча технология сифатида фойдаланиш учун режалаштирилди. Лекин “16a” стандартининг заиф жойи бино ичида ёмон алоқа сифати бўлиб қолди.

IEEE 802.16a стандартининг мантиқий давоми IEEE 802.16d стандарти бўлди. У бино ичида турғун уланиш имкониятини кўзда тутди. Тамомила IEEE 802.16d стандарти 2004 йилнинг июлида қабул қилинди ва “IEEE 802.16-2004” номини олди. “D” версиясининг пайдо бўлиши билан IEEE 802.16a ва IEEE 802.16d стандартларининг алоҳида ривожланишини зарурияти қолмади, чунки IEEE 802.16d стандартининг якуний версияси олдинги стандартларнинг барча имкониятларини қамраб олган эди. Лекин стандартларни ишлаб чиқиш бўйича ишлар тўхтаб қолмади, чунки бош мақсад, яъни КСУ тизимларида мобилликни таъминлаш ҳали эришилмаган эди. 2005 йилнинг декабрида IEEE 802.16e (шунингдек “IEEE 802.16e-2005” деб номланади), кўпроқ “мобил WiMAX” сифатида маълум бўлган стандарт қабул қилинди. Шу йилнинг ўзида Сетekom (Испания) компанияси қошида WiMAX жиҳозларини сертификатлаштириш учун мўлжалланган биринчи лаборатория очилди.

Таъкидлаш керакки, Европанинг ETSI институти қошидаги BRAN (ингл. *Broadband Radio Access Networks*) техник кўмитасининг параллел ишланмаси – “HiperMAN” стандарти ҳам 2005 йилда яратилди. Стандарт 2GGs - 11GGs частоталар диапазонидан фойдаланишга, Европа давлатларида ишлатишга ва фойдаланувчиларга турғун ва кўчма иш режимларида кенг худудда Интернетга кенг полосали симсиз уланишни тақдим этиш учун мўлжалланган эди. Шундай қилиб, HiperMAN WiMAX тизимларига (ёки IEEE 802.16 стандартларига), шунингдек, Кореянинг ишланмаси - WiBro тизимига (у ҳақда куйида батафсилроқ келтирилган) нисбатан альтернатив стандарт ҳисобланади. Шунга қарамай, HiperMAN стандарти IEEE 802.16 ишчи гуруҳи билан узвий ҳамкорликда ишлаб чиқилди ва шунинг учун HiperMAN ва IEEE 802.16a-2003 стандартлари орасида “узлуксиз роуминг” кўллаб қувватланади. Шунингдек HiperMAN ва IEEE 802.16 нинг янги стандартлари орасида ўзаро ишлашни таъминлаш бўйича ишлар олиб борилмоқда.

2006 йил IEEE 802.16 стандарти асосидаги жихозларни биринчи намуналарининг пайдо бўлиши билан тарихга кирди, ва бу билан “турғун WiMAX” ни фаол жорий этилиши бошланди. WiMAX нинг турғун ва мобил версиялари ўзаро мослашмайдиган бўлиб қолгани, яъни улар рақобатчига айлангани сабабли «турғун WiMAX» жихозларини ишлаб чиқарувчилари ва операторларининг стратегик вазифаси бўлиб «мобил WiMAX» махсулотлари пайдо бўлгунича КСУ тизимлари бозорини тезроқ ва кенгроқ ўзлаштириш бўлиб қолди.

Шуниҳам ёдлаб ўтиш лозимки, 2006 йилнинг ўзидаёқ Кореяда биринчи WiBro тармоқлари ишга туширилди, ва бу Жанубий Корея телекоммуникацион ва АТ саноатининг етакчилари бўлмиш Samsung, LG, Korean Telecom ва South Korea Telecom компанияларининг давлат қатнашувидаги кўп йиллик фаол меҳнатларининг натижаси бўлди. WiBro тизимиҳам ўзига хос тарихга эга. 2002 йил февралда Жанубий Корея алоқа маъмурияти (регулятори) WiBro тизимини ривожлантириш учун 2,3-2,4GGs диапазонда 100 MGs радиочастота полосасини ажратди. 2004 йилнинг охирида WiBro биринчи фазаси давлат стандартлаштиришидан ўтди ва 2005 йилнинг охирида ХТИ WiBro технологиясини IEEE 802.16e стандарти сифатида тан олди. Ниҳоят, 2006 йилнинг июнида икки оператор - Korean Telecom ва South Korean Telecom, WiBro тармоқларини тижорий ишга туширди. Шундай қилиб, WiBro асосида IEEE 802.16e («мобил WiMAX») стандартига мос келадиган КСУ технологиясини тушуниш зарур. WiBro тизими 8.75MGs полосали OFDMA радио уланиш технологиясидан ва TDD дуплексидан фойдаланади. Абонент ускуналари таянч станция билан 1km дан 5km гача масофаларда 30-50Mbit/sek маълумотларни узатиш тезликларида боғланишлари мумкин. Тармоқ 120km/soat тезликда ҳаракат қилаётган абонентлар билан алоқа ўрнатиш қобилиятига эга.

Бу жараёнда «мобил WiMAX» ишлаб чиқарувчилариҳам орқада қолмади. 2007 йилда IEEE 802.16e стандарти асосидаги биринчи жихозларни

сертификатлаш муваффақиятли ўтди ва WiMAX бозорида икки рақобат қилувчи лагерлар, яъни стандартнинг турғун ва мобил версиялари тарафдорлари пайдо бўлди. Шу муносабат билан WiMAX стандартининг бу версияларини атрофлича кўриб чиқиш ва уларнинг характеристикаларини таққослаш мақсадга мувофиқ бўлади.

IEEE 802.16d ва IEEE 802.16e стандартларини кўриб чиқишни якунлаш билан 4.3–жадвалга киритилган бу стандартларнинг характеристикаларини умумлаштирилган таққослашни шунингдек 4.4–жадвалда бу стандартлар тақдим этиладиган хизматлар классификациясини келтирамиз.

4.3–жадвал

**IEEE 802.16d ва IEEE 802.16e стандартларини таққослаш**

	<b>IEEE 802.16 -2004(d)</b>	<b>802.16e</b>
Кўплаб уланиш усули	OFDM/OFDMA	S-OFDMA
Ўтказиш полосасининг кенглиги (MGs)	1,75/3/3,5/5,5/7 (OFDM) 1,25/3,5/ 7/14/28 (OFDMA)	1,25/2,5/5/10/20 1,75/3/3,5/5,5/7
FFT массивнинг ўлчами	256 (OFDM) /2048 (OFDMA)	128; 256; 512; 1024; 2048
Нимэлтувчилар орасидаги сурилиш (kGs)	22,5 (OFDM 5MGs) 2,8 (OFDMA 5MGs)	Исталган ўтказиш оралиғи кенглиги учун 11.2
Дуплексирлаш усули	FDD/TDD/FDD2 ярим дуплекс	FDD/TDD/FDD ярим дуплекс
Кадрнинг узунлиги (мс)	2,5; 4; 5; 8; 10; 12,5; 20	2; 2,5; 4; 5; 8; 10; 12,5; 20
Канал кодери	Систематик каскадли сверткали рекурсив код (RSCCC), Block TC, CTC3	Систематик каскадли сверткали рекурсив код (RSCCC), Block TC, CTC, LDPC
Нимканаллар («пастга»)	FUSC/PUSC/Band AMC	FUSC/PUSC/Band AMC

Нимканаллар («юқорига»)	PUSC/Optional PUSC	PUSC/Optional PUSC
HARQ ни қўллаб – қувватлаш	Бор (фақат 2048 OFDMA)	Бор
CQI тезкор акс алоқа	Бор (фақат 2048 OFDMA)	Бор
AAS	Бор	Бор
STC ни қўллаб – қувватлаш	Бор	Бор
Частоталарни кўп марта ишлатилиши	2/4 антенналар	2/3/4 антенналар
Мобиллик/ алоқа сеансини узатиш	1 сота доирасида ишлатилмайди	1 сота доирасида ишлатиш мумкин
“Уйқу” режими	йўқ	бор
Зондлаш канали	йўқ	Бор
Гуруҳли / кенг қамровли узатиш	Йўқ	Бор

**Мавжуд ва пайдо бўладиган сервисларнинг мисолий  
классификацияси**

<b>Узатиладиган маълумотлар тури</b>	<b>Хизматлар тоифаси</b>	<b>«турғун WiMAX»</b>	<b>«мобил WiMAX»</b>
Ахборотлар	Internet –уланиш, e –mail	++	++
	VPN	++	++
	Маълумотлар базасига порталларга уланиш	+	++
	Маълумотларни тўплаш	+	++
	Телематрия	++	+
	Активлар устидан назорат	-	+
Товуш	VoIP	++	++
	РТТ (гурӯхли чақириш)	-	++
	FMC	-	++
Видео	Радиочақирув Видеоконференция	+	++
	Видеокузатув	++	+
Жойлашган ўрин	Ахборот хизматлари	-	++
	Ходимлар ва техникани бошқарув	-	+
	Чақирувларни адаптив маршрутлаштириш	-	++

++ хизматлар яхши қўлланилган; + хизматлар ўртача қўлланилган;  
- қўлланилмаган.

**Кенг полосали симсиз алоқа стандартларини таққослаш жадвали**

<b>Технология</b>	<b>Стандарт</b>	<b>Синфи</b>	<b>Ўтказиш қобилияти</b>	<b>Қамров худуди</b>	<b>Частота диапазони</b>
Wi-Fi	802.11 a	WLAN	54 Mbit/sek	100 m гача	5 GGs
Wi-Fi	802.11 b	WLAN	11 Mbit/sek	100 m гача	2.4 GGs

Wi-Fi	802.11 g	WLAN	54 Mbit/sek	100 m гача	2.4 GGs
WiMAX	802.16 d	WMAN	73 Mbit/sek	6-10 km	1.5-11 GGs
WiMAX	802.16 c	Мобил WMAN	30 Mbit/sek	1-5 km	2-6 GGs

### Назорат саволлари

1. LTE технологияси ҳақида умумий маълумотларни келтиринг. LTE тизимлари характеристикаларига асосий талаблар қандай бўлган?
2. LTE стандартининг асосий техник характеристикаларини келтиринг.
3. LTE тизимида маълумот узатиш таянч тармоғининг янги архитектураси қандай ном олди? Унинг асосий вазифалари қандай?
4. LTE/SAE архитектурасида қайси бўлимлар асосий ҳисобланади?
5. LTE/SAE умумий архитектурасининг содалаштирилган схемасини чизинг.
6. Wi-Fi тизимларига умумий тавсиф беринг.
7. Wi-Fi тизимларининг қисқача ривожланиш тарихини баён этинг.
8. Wi-Fi тармоқларининг асосий элементлари ва ишлаш принципи қандай?
9. Wi-Fi тизимларининг асосий афзалликлари нимада?
10. IEEE 802.16e стандартига қисқача характеристика (тавсиф) беринг.
11. IEEE 802.16d ва IEEE 802.16e стандартларининг қандай умумий хоссалари ва асосий фарқлари мавжуд?

### Адабиётлар рўйхати

1. А.Абдукадиров, Д.Давронбеков. Мобил алоқа тизимларининг 4G авлоди. Ўқув қўлланма. – Тошкент, ТАТУ – 2015. – 56-58, 77-80, 181-183, 186, 194 б.
2. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учеб.пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с.
3. Вишневикий В., Ляхов А., Портной С, Шахнович И. Широкополосные беспроводные сети передачи информации М.: Эко-Трендз, 2005, 592 с.
4. Григорьев В.А, Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа М.: Эко-Трендз, 2005, 384 с
5. Рошан П., Лиэри Дж. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 - М.: Издательский дом "Вильямс", 2004, 304 с

6. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа М.: Эко-Трендз, 2007, 384 с.

### Умумий назорат саволлари

1. Сотали алоқа тизимларининг ривожланишига қисқа таҳлил беринг.
2. Транкинг алоқа тизимларининг ривожланишига қисқа таҳлил беринг.
3. Йўлдошли алоқа тизимларининг ривожланишига қисқа таҳлил беринг.
4. Симсиз телефония тизимларининг хусусиятлари.
5. Йўлдошли алоқа тизимларининг хусусиятлари.
6. Ҳаракатдаги радиоалоқа тизимларининг классификациясини келтиринг.
7. ҲРТнинг вазифаси ва хизмат кўрсатиш зонасининг ўлчами хақида сўзлаб беринг.
8. FDMA кўп сонли уланиш технологиялари хусусиятлари.
9. TDMA кўп сонли уланиш технологиялари хусусиятлари.
10. CDMA кўп сонли уланиш технологиялари хусусиятлари.
11. Биринчи авлод мобил алоқа тизимларининг хусусиятлари.
12. Иккинчи авлод мобил алоқа тизимларининг хусусиятлари.
13. Иккинчи авлод стандартлари.
14. Сотали алоқанинг 1G авлод стандартларини қисқача баён этинг.
15. Сотали алоқанинг 2G ва 2,5G авлод стандартларини қисқача баён этинг.
16. Сотали алоқанинг 3G ва 3,5G авлод стандартларини қисқача баён этинг.
17. 3G мобил алоқа тизимларининг характеристикаларини келтиринг.
18. Ҳозирги вақтда дунёда қанча 3G стандартлари (стандартлар оиласи) мавжуд?
19. W-CDMA технологиясининг асосий характеристикаларини келтиринг.
20. UMTS стандартининг ишлаб чиқилиши тарихи ва асосий характеристикалари.
21. UMTS тармоқларида маълумот узатиш хизматларига фойдаланувчилар қандай ускуналар ёрдамида уланишади?
22. UMTS тизимларига нисбатан қайси мобил алоқа тизимлари рақобатли ҳисобланади?
23. UMTS стандартининг асосий камчиликлари нимада?



24. CDMA-2000 стандарти асосидаги сотали алоқа тизимларининг эволюцияси.

25. FOMA стандартининг асосий характеристикалари.

26. TD-SCDMA стандартининг асосий характеристикалари.

27. LTE технологияси ҳақида умумий маълумотларни келтиринг. LTE тизимлари характеристикаларига асосий талаблар қандай бўлган?

28. LTE стандартининг асосий техник характеристикаларини келтиринг.

29. LTE тизимида маълумот узатиш таянч тармоғининг янги архитектураси қандай ном олди? Унинг асосий вазифалари қандай?

30. LTE/SAE архитектурасида қайси бўлимлар асосий ҳисобланади?

31. LTE/SAE умумий архитектурасининг соддалаштирилган схемасини чизинг.

32. Wi-Fi тизимларига умумий тавсиф беринг.

33. Wi-Fi тизимларининг қисқача ривожланиш тарихини баён этинг.

34. Wi-Fi тармоқларининг асосий элементлари ва ишлаш принципи қандай?

35. Wi-Fi тизимларининг асосий афзалликлари нимада?

36. WiMAX тизимларига тавсиф беринг ва WiMAX тизимларининг қисқача ривожланиш тарихини баён этинг.

37. WiMAX тизими ва ИМТ-2000 Дастури қандай ўзаро таъсирлашади?

38. WiMAX и Wi-Fi тизимларининг фарқи қандай?

39. WiMAX тизимларининг асосий характеристикаларини келтиринг. WiMAX тизимларининг қўлланилиш соҳаларини баён этинг. WiMAX тизимларининг қандай асосий авзалликлари ва камчиликлари мавжуд?

40. HiperMAN ва WiBro стандартлари ҳақида сўзлаб беринг.

41. IEEE 802.16d стандартига қисқача характеристика (тавсиф) беринг.

42. IEEE 802.16e стандартига қисқача характеристика (тавсиф) беринг.

43. IEEE 802.16d ва IEEE 802.16e стандартларининг қандай умумий хоссалари ва асосий фарқлари мавжуд?

### **Умумий адабиётлар рўйхати**

1. А.Абдукадиров, Д.Давронбеков. Мобил алоқа тизимларининг 4G авлоди. Ўқув қўлланма. – Тошкент, ТАТУ – 2015.

2. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. М.: Эко-Трендз Ко, 1997.

3. Ибраимов Р.Р. Мобильные системы связи. Учеб. пос., ТУИТ, 2004.

4. Конспект лекций по курсу «Мобильные системы связи 4-го поколения» (электронный вариант).

5. Невдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения. Серия изданий «Связь и бизнес». Москва, 2000.
6. Невдяев Л. Стандарты 3G. Сети, 2000, № 6
7. Гулевич Д. С. Сети связи следующего поколения. БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2007.
8. Мерит Максим, Дэвид Полино. Безопасность беспроводных сетей М.: Компания "АйТи"; ДМК Пресс, 2004, 288 с.
9. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учеб.пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с.
10. Вишневский В., Ляхов А., Портной С., Шахнович И. Широкополосные беспроводные сети передачи информации М.: Эко-Трендз, 2005, 592 с.
11. Григорьев В.А, Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа М.: Эко-Трендз, 2005, 384 с
12. Рошан П., Лиэри Дж. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 - М.: Издательский дом "Вильямс", 2004, 304 с
13. Григорьев В.А, Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа М.: Эко-Трендз, 2007, 384 с.
14. Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги: [www.edu.uz](http://www.edu.uz).
15. Ўзбекистон Республикаси ахборот телекоммуникация технологиялари давлат кўмитаси: [www.aci.uz](http://www.aci.uz).
16. Компютерлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш бўйича Мувофиқлаштирувчи кенгаш: [www.ictcouncil.gov.uz](http://www.ictcouncil.gov.uz).
17. Тошкент ахборот технологиялари университети: [www.tuit.uz](http://www.tuit.uz).
18. [www. Ziyonet. Uz](http://www.Ziyonet.Uz)

## ГЛОССАРИЙ

<b>Маъмурият</b>	Айни бир давлат алоқа маъмурияти (ростловчи).
<b>Антенна</b>	Антенна радиотўлқинлар нурланишларини тўғридан-тўғри қабул қилиш учун ускуна. Радиотўлқинларни узатиш (қабул қилиш) диапазони частота бўйича қоплаш (перекрытием), узатишнинг ёки қабул қилишнинг йўналтирилганлиги, ишлаш принципи ва конструктив бажарилиши билан фарқланади. Антенналарнинг асосий параметрлари ва характеристикалари: йўналтирилганлик коэффициенти, йўналтириш диаграммаси, нурланиш диаграммаси, тўлқиннинг қутбланиши тури.
<b>Антенна фидери</b>	Антеннага узаткич ёки қабул қилгични улаш учун хизмат қиладиган икки ўтказгичли линия ёки тўлқин ўтказгич.
<b>Таянч станцияси (ТС)</b>	Мобил абонентлар билан чекланган географик зонада (худудда) алоқани ташкил этиш учун фойдаланиладиган бир каналли ёки кўп каналли стационар қабулловчи-узатувчи станция. “Таянч станция атамаси” транкинг тизим қоплаш зонасига (худудига), сотага, сота ичидаги секторга ёки соталар гуруҳига кириши мумкин.
<b>Узатиш</b>	Мос қабул қилиш воситалари эга бўлган ва радио ёки кабель тармоқлари орқали амалга ошириладиган кўп сонли фойдаланувчилар учун мўлжалланган бир томонлама телекоммуникациялар тури.
<b>Вокодека</b>	Товуш сигналени кодлаш ва декодлаш ускунаси.
<b>Ажратиш (радиочастота ёки радиочастота канали)</b>	Бир ёки бир неча кўрсатилган давлатларда ёки маълум шароитлардаги географик зоналарда (худудларда) ер сирти ёки космик (коинот) радиоалоқа хизматлари учун уни бир ёки бир неча маъмуриятлар фойдаланиши мақсадида компетент конференция томонидан қабул қилинган мувофиқлаштирилган режада маълум частота каналени ёзиш.
<b>Ажратилган канал</b>	Маълум фойдаланувчилар гуруҳига бириктирилган канал (транкинг тизимларда).
<b>Юқори частоталар (ЮЧ)</b>	3 MGs дн 30 MGs гача частоталар диапазони. 10 дан 100 м гача тўлқин узунликлари диапазони (ингл. HF).
<b>Юқори частотали ускуналар (ЮЧУ)</b>	Улардан радиотўлқинларни узатиш ва қабул қилишда фойдаланмасдан саноат, илмий, тиббиёт, маиший ёки бошқа мақсадлар учун радиочастотавий энергияни генерациялаш ва фойдаланиш учун мўлжалланган ускуналар ва асбоблар.

<b>Икки томонлама радиоалоқа</b>	Икки пунктлар орасидаги (уларнинг ҳар бирида узаткич ва қабул қилгич жойлашган) ҳар иккала йўналишларда қабул қилиш ва узатиш амалга ошириладиган радиоалоқа.
<b>Икки частотали симплекс радиоалоқа</b>	Радиостанциялар орасидаги алоқа турли частоталарда амалга ошириладиган симплекс радиоалоқа.
<b>Дециметрли тўлқинлар (ДМТ)</b>	300 MGs дн 3000 MGs гача частоталар диапазони. 0,1 дан 1 м гача тўлқин узунликлари диапазони. Бошқача номи УЮЧ (ингл. <i>UHF</i> ).
<b>Ишчи радиочастоталар диапазони</b>	Чегараларида радиостанциянинг ишлаши таъминланадиган частоталар полосаси.
<b>Дуплексли радиоалоқа</b>	Бир вақтда қабул қилиш билан узатиш амалга ошириладиган икки томонлама радиоалоқа.
<b>Частота билан ажратилган дуплексли радиоалоқа</b>	Узатиш ва қабул қилиш каналлари ҳимоя ораликлари билан ажратилган турли частоталарда бўладиган алоқа линиясининг иш режими.
<b>Қамраш зонаси (худуди) (ер сирти қабул қилиш станцияси)</b>	Чегараларида маълум техник шароитларда бир ёки бир неча узатиш станциялари орасида радиоалоқа ўрнатилиши мумкин бўлган мазкур хизмат узатиш станцияси ва маълум частотага боғлиқ зона (худуд).
<b>Қоплаш зонаси (худуди) (ер сирти узатиш станцияси)</b>	Чегараларида маълум техник шароитларда бир ёки бир неча қабул қилиш станциялари орасида радиоалоқа ўрнатилиши мумкин бўлган мазкур хизмат узатиш станцияси ва маълум частотага боғлиқ зона (худуд).
<b>Радиоалоқа канали</b>	Икки томонлама алоқа канали оралиғи.
<b>Кластер</b>	Чегараларида бутун ажратилган частота ресурсидан фойдаланиладиган ва рухсат этиладиган ўзаро ҳалақитлар сатҳи ортиб кетиши туфайли частоталардан такроран фойдаланиш мумкин бўлмаган бир неча яқин жойлашган соталар гуруҳи.
<b>Кодлаш</b>	Хабар ёки узлуксиз сигнални кодга ўзгартириш. Кодлаш алоқа тизимларида, рақамли ҳисоблаш машиналарида ва бошқаларда ахборотларни узатишда, сақлашда ёки қайта ишлашда қўлланилади. Кодлашдан мақсад - сигнални маълумот манбаъсидан узатилишида шундай ўзгартиришки, токи алоқа каналида сигнал узатилишига ёки маълум бир тизим томонидан ишлов беришга энг яхши шароитлар таъминлансин
<b>Конвенционал (оддий)</b>	Бириктирилган ишчи частоталар каналидан фойдаланишга асосланган алоқа режими. Кўпинча

<b>радиоалоқа режими</b>	аналог радиостанциялар билан ишлашда қўлланилади.
<b>Контекст</b>	LTE\SAE тармоқлари нинг тугунлари орасида бошқарув хизмат ахборотлари.
<b>Контент</b>	(ингл. <i>content</i> -мавжуд)-ахборот ресурсини исталган ахборот қийматли (значимое) тўлдирилиши.
<b>Таянч станция контроллери</b>	Таянч станциянинг ишлашини бошқариш ускунаси. Ретранслятор каналларининг коммутацияланишини таъминлайди, умумий фойдаланишдаги телефон тармоғига ёки бошқа турғун алоқа тармоғига ва бошқаларга чиқишни таъминлайди.
<b>Мантиқий канал</b>	Бир мантиқий канал портидан бошқа мантиқий канал портига маълумотлар узатиладиган йўл. Битта ёки кетма-кет физик каналларда ётқизилади. Бунда мантиқий канал физик каналда ажратилган вақт интервалидан ёки частоталар полосасидан фойдаланиши мумкин.
<b>Макросота</b>	Кенг қоплашни таъминлайдиган ва тез ҳаракатланадиган абонентларга хизмат кўрсатиш бўйича функцияларни ўз зиммасига оладиган сотали алоқа тармоғи иерархик тузилмасидаги соталар турларидан бири.
<b>Халқаро телекоммуникация иттифоқи (ХТИ)</b>	Халқаро ҳукуматлараро ташкилот. ХТИ Парижда 1865 йилнинг 17 майида 22 та давлат томонидан таъсис этилган. 1947 йилдан БМТ нинг махсушлаштирилган ташкилоти (учреждения) ҳисобланади. 180 тадан ортиқ давлатлар ХТИ аъзоси ҳисобланади. ХТИ давлатлар орасида РЧС ни тақсимлашни ва ажратилган частоталарни рўйхатга олишни, турли давлатлар радиостанцияларининг ишлашида ҳалақитларни йўқотиш бўйича чораларни ва бошқаларни амалга оширади
<b>Радиоқабуллаш ўликзонаси (худуди)</b>	Сигналарини қабул қилиш бўлмайдиган радиоузаткич атрофидаги зона (худуд).
<b>Микросота</b>	Сотали алоқа тармоғининг иерархик тузилишида талаб қилинган худудларда тармоқ сиғимини таъминловчи сота турларидан бири. У асосан секин ҳаракатланувчи абонентларга хизмат кўрсатади (одатда, пиёдалар ёки шаҳар кўчаларидаги автомашиналар).
<b>Вақтли ажратишли кўп сонли рухсат этиш (ВАКСРЭ)</b>	Барча абонентлар ахборотларни битта элтувчи частотада, лекин ораларида ҳимоя интерваллари (ингл. <i>TDMA</i> ) киритилган турли вақт интервалларида (“ойналарда”) узатадиган рухсат этиш усули.

<b>Ер сирти радиоалоқаси</b>	Космик (коинот) радиоалоқа ва радиоастрономиядан ташқари барча радиоалоқа.
<b>Йўналтирилган антенна</b>	Маълум йўналишларда радиотўлқинларни бошқа антенналарга қараганда, самарали узатиш ва қабул қилишни таъминлайдиган антенна.
<b>Элтувчи частота</b>	Ахборотларни узатиш мақсадида сигналлар билан модуляцияланган гармоник тебранишлар частотаси. Модуляцияланган сигналлар гармоник ҳисобланмайди ва уларнинг спектри элтувчи частотадан ташқари ён частоталарга эга бўлади. Фақат ён частоталар тебранишлари узатиладиган сигналларга эга бўлади.
<b>Номинал қувват</b>	Стандартлар ёки техник шартлар томонидан ўрнатилган ишлатиш шароитларида берилган диапазонда мослаштирилган юкламада ўлчанадиган қувват.
<b>Ўтказиш полосасининг номинал кенглиги</b>	Частотавий каналлар ораларидаги ҳимоя оралиқларини ўз ичига оладиган частоталар полосасининг йиғинди кенглиги.
<b>Бир томонлама радиоалоқа</b>	Радиостанциялардан бири фақат узатишни, бошқаси (бошқалари) эса қабул қилишни амалга оширадиган радиоалоқа.
<b>Бир частотали симплекс радиоалоқа</b>	Радиостанциялар орасидаги алоқа битта частотада амалга ошириладиган симплекс радиоалоқа.
<b>Очиқ стандарт</b>	Ускуналар ишлаб чиқарувчилари учун спецификациялари умумий рухсат этиладиган телекоммуникацион тизимнинг (ёки исталган техник тизимнинг) кўшма ишлаб чиқилган стандарти.
<b>“Сигнал/шовқин” нисбати</b>	Одатда децибелларда ифодаланадиган, узатиш каналининг маълум нуқтасида ва маълум шароитларда ўлчанган ҳалақит қилувчи сигналлар ва шовқинлар умумий қувватига фойдали сигнал қувватининг нисбати (ингл. <i>SNR</i> ).
<b>Ўта юқори частоталар (ЎЮЧ)</b>	30MGs дан 300MGs гача частоталар диапазони. 1...10м тўлқин узунликлари (ингл. <i>VHF</i> ).
<b>Узаткич</b>	Ҳаракатдаги хизматларда қўлланиладиган ва селектив чақирув (рус. <i>позывной</i> ) сигналлари ёки бошқариш сигналлари билан бирга маълумотлар ва нутқ учун товуш частотаси сигналларини частота, фаза, амплитуда ёки импульс бўйича модуляцияланадиган радиочастота сигналларига ўзгартириш учун мўлжалланган ускуна.
<b>Пикосота</b>	Фемтосотадаги каби ўша концепцияда қуриладиган кичик ўлчамлардаги сота. Лекин фемтосотадан фаркли

	равишда бу мустақил таянч станция эмас, фақат стандарт контроллерга “катта” таянч станцияга уланишни талаб қиладиган сигналларни қабул қилиш ва узатиш учун чиқариладиган элемент.
<b>Частотадан такроран фойдаланиш</b>	Турли хизмат кўрсатиш зоналарида (худудларида) аёни бир частота кўп фойдаланиладиган алоқани ташкил этиш усули. Частоталардан такроран фойдаланишли частотавий-худудий режалаштириш-нинг қўлланилиши частотавий каналларнинг сони чекланганда тармоқнинг ўтказиш қобилиятини оширишга имкон беради.
<b>Ҳаракатдаги хизматлар</b>	Ҳаракатдаги ва қуруқликдаги станциялар орасида ёки ҳаракатдаги станциялар орасида радиоалоқа хизмати.
<b>Частоталар полосаси</b>	Иккита маълум чеклайдиган частоталар орасида жойлашган узлуксиз частоталар полосаси.
<b>Частоталар ўтказиш полосаси</b>	Сигналнинг шакли сезиларсиз бузилишли узатилишини таъминлаш учун масалан, радиотехник ускунанинг амплитуда-частотавий характеристикаси унинг чегараларида етарлича бир текис бўладиган частоталар диапазони. Частоталар ўтказиш полосасининг асосий параметрлари: частоталар ўтказиш полосасининг чегараларида полосанинг кенглиги ва амплитуда-частотавий характеристикасининг нотекислиги.
<b>Яримдуплекс радиоалоқа</b>	Узатишдан қабул қилишга автоматик ўтишли ва мухбирни (корреспондент) қайта сўраш имкониятили симплекс радиоалоқа.
<b>Радиочастота спектри фойдаланувчиси</b>	Радиоэлектрон воситалар ва юқори частотали ускуналарни ишлатишга ва радиочастоталардан фойдаланишга мос радиочастота органидан рухсатга эга бўлган юридик ёки жисмоний шахс.
<b>Ҳалақитлар</b>	Фойдали сигнални қабул қилишда бошқа сигналдан ёки электромагнит таъсирдан вужудга келадиган ҳалақитлар.
<b>Радиотизимнинг ҳалақитбардошлиги</b>	Радио тизимнинг радио ҳалақитларнинг таъсирига қарши тура олиш қобилияти.
<b>Қабул қилгич (радиоқабул қилгич)</b>	Антеннага уланган ва радио қабул қилиш учун хизмат қиладиган.
<b>Қабулловчи-узатувчи радиостанция</b>	Умумий элементли, кўпинча умумий антеннали радиоузаткич ва радиоқабул қилгич бирлиги.
<b>Бериш (присвоение)</b>	Маъмурият томонидан қандайдир радиостанцияга маълум шароитларда радиочастоталар ёки радиочастота

<b>(радиочастота ёки радиочастота канали)</b>	каналдан фойдаланишга бериладиган рухсат.
<b>Ўтказиш қобилияти (алоқа каналининг)</b>	Алоқа канали бўйича энг катта ахборотларни узатиш тезлиги. Секундига узатиладиган иккилик символлар битлар сони билан ўлчанади.
<b>Ишчи частота</b>	Радиостанция бир ёки бир неча бошқа станцияларга ахборотларни узатадиган элтувчи частотанинг аниқ номинали.
<b>Радиорелели алоқа</b>	Дециметрли ва янада қисқа радиотўлқинларда радиосигналларни ретрансляция қилишга асосланган ер сирти радиоалоқаси.
<b>Радиоалоқа</b>	Радиотўлқинлар орқали амалга ошириладиган электр алоқа.
<b>Радиостанция</b>	Маълум жойда радиоалоқа хизмати ва радиоастрономик хизматни амалга ошириш учун зарур бўлган ёрдамчи ускуналар бир ёки бир неча узаткичлар ёки қабул қилгичлар, ёки уларнинг комбинацияси. Ҳар бир станция у доимий ёки вақтинча ишлайдиган хизматларга мос равишда синфларга ажратилади.
<b>Радиочастотный орган</b>	Ажратилган радиочастоталар чегараларида радиочастота спектридан фойдаланишни ростлаш бўйича қонунга мос ваколатли давлат органи
<b>Радиочастота спектри (РЧС)</b>	Уч минг гигагерц интервалдан пастда шартли қабул қилинган радиочастоталар.
<b>Сурилган қабул қилиш</b>	Натижавий сигнал қабул қилинадиган ўша бир ахборотни ташийдиган, лекин бир-бирларидан частота, поляризация (қутбланиш) ёки антенналарнинг йўналтирилганлиги каби характеристикалари билан фарқланадиган турли радиотрассалар ёки турли узатиш каналлари бўйича келадиган бир неча радиосигналлардан олинадиган усул.
<b>Каналлар фарқи (разнос)</b>	Маълум радиоканаллар гуруҳида икки қўшни характерли частоталар орасида частота бўйича фарқ.
<b>Тақсимлаш (частоталар полосаси)</b>	Ундан маълум шароитларда бир ёки бир неча ер сирти ва космик (коинот) радиоалоқа хизматлари ёки радиоастрономик хизматлар фойдаланиши мақсадида қандайдир маълум радиочастота полосасини Частоталарни тақсимлаш жадвалига ёзиш.
<b>Ишчи радиочастоталар тўри</b>	Маълум ишчи радиочастоталар интерваллари орқали кейинги кўплаб частоталар.
<b>Симплекс радиоалоқа</b>	Ҳар бир радиостанцияда узатиш ва қабул қилиш навбатма-навбат амалга ошириладиган амалга ошириладиган икки томонлама радиоалоқа.



<b>Симулкаст</b>	Айни бир хабарни бир вақтда бир неча ретрансляцион станцияларнинг мувофиқлаштирилган узатиши (ингл. <i>Simulcast</i> ).
<b>Каналларни сканерлаш</b>	Ахборотларни узатиш учун каналларни яроқлилиги нуқтаи назаридан алоқа каналларини текшириш процедураси. Бунда қабул қилгич киришидаги шовқин сатҳи ўлчанади ёки жорий сигнал/ҳалақитлар нисбати аниқланади.
<b>Слот</b>	Вақт оралиғи (ингл. <i>Slot</i> ёки <i>Time Slot</i> ).
<b>Қўшни канал</b>	Ишчи частотанинг ёнида жойлашган ва ундан частоталар тўри қадамига (масалан, 25kGs) қаррали қийматга жойлашадиган канал.
<b>Сота</b>	Битта таянч станция қоплайдиган географик зона (ҳудуд).
<b>Сотали тизим</b>	Бир неча таянч узатувчи-қабулловчи станциялар ва уларга мос мобил терминаллар жойлаштирилган қоплаш зоналаридан (соталардан) ташкил топган алоқа тизими.
<b>Транкинг</b>	Ажратилган диапазонда ҳар бир терминал исталган бир неча турғун частоталарда ишлай оладиган абонентнинг сўрови бўйича бўш каналларни автоматик тақсимлаш усули.
<b>Транкинг тизимлар</b>	Транкинг усулидаги алоқани ташкил этиш учун радиоалоқа тизими.
<b>Трафик</b>	Тармоқ муҳитида трафик сўзи деганда (ингл. <i>Traffic</i> - ҳаракат, транспорт, савдо) маълум вақт оралиғида сервер орқали ўтадиган маълумотлар ҳажми тушунилади.
<b>Ультра юқори частоталар (УЮЧ)</b>	300MGs дан 3000MGs гача частоталар диапазони (ингл. <i>UHF</i> ).
<b>Фемтосота (ингл. Femtocell)</b>	Унча катта бўлмаган ҳудудга (битта офис ёки квартира) хизмат кўрсатиш учун мўлжалланган кичик қувватли ва миниатюралари (кичкина) сотали алоқа станцияси. Фойдаланувчига ўтказилган алоқа канали орқали сотали оператор тармоғига уланади, одатда 2 дан 5 тагача телефонларни қўллаб-қувватлайди.
<b>Фидер</b>	Унинг ёрдамида радиочастота энергияси радиоузаткичдан антеннага ёки антеннадан радиоқабул қилгичга узатиладиган электр занжир ва ёрдамчи ускуналар.
<b>Ишчи радиочастоталар тўри қадами</b>	Ишчи частоталар тўрига кирадиган ишчи радиочастоталар қўшни дискрет қийматлари орасидаги фарқ.
<b>Частоталар</b>	Частоталар полосасининг юқори ва пастки чегаралари

<b>полосаси кенглиги</b>	орасидаги фарқ.
<b>Техник воситаларнинг электромагнит мослашувчанлиги (ЭММ)</b>	Техник ускунанинг берилган электромагнит ҳолатда берилган сифатда шаклланиши қобилияти ва бошқа техник воситаларга рухсат этилмайдиган электромагнит ҳалақитларни ҳосил қилмаслиги.