

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

**МУҲАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ АХБОРОТ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ
ТАРМОҚ МАРКАЗИ**



ЎҚУВ-УСЛУБИЙ МАЖМУА

MIMO ТЕХНОЛОГИЯСИ

“Радиоэлектрон қурилмалар ва тизимлар” йўналиши

**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**

**МУЎАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ЎУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА
УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

“Радиоэлектрон қурилмалар ва тизимлари” йўналиши

**“MIMO технологияси”
МОДУЛИ БЎЙИЧА
Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А**

Тошкент - 2021

Модулнинг ўқув-услубий мажмуаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 7 декабрдаги 648-сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув дастури ва ўқув режасига мувофиқ ишлаб чиқилган.

Тузувчи: Х. Мадаминов - ТАТУ “Мобиль алоқа технологиялари” кафедраси мудири, PhD.

Такризчилар: Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ ва Беларуссия Давлат информатика ва радиоэлектроника университетининг қўшма ахборот технологиялари факультети декани, DSc Ю.Писецкий, Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ, “Мобил алоқа технологиялари” кафедраси проф., DSc Д.Давронбеков.

Ўқув -услубий мажмуа Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Кенгашининг қарори билан нашрга тавсия қилинган (2020 йил 29 октябрдаги 3(705) - сонли баённома)

МУНДАРИЖА

I. Ишчи дастур	5
II. Модулни ўқитишда фойдаланиладиган интерфаол таълим методлари	12
III. Назарий материаллар	20
IV. Амалий машғулот материаллари.....	127
V. Глоссарий	143
VI. Адабиётлар рўйхати	149

І БЇЛИМ

ИШЧИ ДАСТУР

Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикасининг 2020 йил 23 сентябрда тасдиқланган “Таълим тўғрисида”ги Қонуни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сон, 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сон, 2019 йил 8 октябрдаги “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимини 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5847-сон ва 2020 йил 29 октябрдаги “Илм-фанни 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-6097-сонли Фармонлари ҳамда Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 23 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 797-сонли Қарорида белгиланган устувор вазифалар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касб маҳорати ҳамда инновацион компетентлигини ривожлантириш, соҳага оид илғор хорижий тажрибалар, янги билим ва малакаларни ўзлаштириш, шунингдек амалиётга жорий этиш кўникмаларини такомиллаштиришни мақсад қилади.

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 такомиллаштирилиши мумкин.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

“МІМО технологияси” 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.

“МІМО технологияси” модулининг вазифалари:

– Мобил алоқа тизимлари соҳасидаги ўқитишнинг инновацион технологиялари ва илғор хорижий тажрибаларни ўзлаштириш;

- “Радиоэлектрон қурилмалар ва тизимлари” йўналишида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг фан ва ишлаб чиқариш билан интеграциясини таъминлаш.

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

“MIMO технологияси” курсини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи:

– Замонавий антенналарнинг хусусиятлари;
– Wi-Fi ва WiMAX технологияларининг турлари ва хусусиятлари;
– тўртинчи авлод алоқа тизимларининг ташкиллаштириш ва режалаштириш масалалари;

– симсиз алоқа тизимларида ишлатиладиган радиочастоталар ва алоқа хавфсизлиги масалалари;

– симсиз алоқа тизимларининг қурилиш архитектураси ва улардан фойдаланиш соҳалари ҳақида **билимларга эга бўлиши;**

Тингловчи:

– симсиз алоқа тизимларининг авлодларини ҳамда замонавий янги технологияларини қўллаш;

– симсиз кенг полосали тизимларни ташкиллаштириш ва режалаштириш **кўникмаларини эгаллаши;**

Тингловчи:

– Wi-Fi ва WiMAX технологияларида ишлатиладиган радиочастоталар ва алоқа хавфсизлигини таъминлаш;

– Wi-Fi ва WiMAX технологияларини ташкиллаштириш ва режалаштириш **малакаларини эгаллаши;**

Тингловчи:

– симсиз алоқа тизимлари авлодларини ўртасидаги фарқини таҳлил қилиш;

- замонавий мобил алоқа тизимларида ишлатиладиган жиҳозлар вазифасини ва хусусиятлари билиш ҳамда таҳлил қилиш;
- Wi-Fi ва WiMAX алоқа тармоғини дастлабли лойиҳасини лойиҳалаштириш **компетенцияларни эгаллаши лозим.**

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“MIMO технологияси” 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

“MIMO технологияси” модули мазмуни ўқув режадаги “Радиоалоқа тизимларида антеналар” ўқув модуллари билан узвий боғланган ҳолда педагогларнинг электрон педагогика ва педагогнинг шахсий, касбий ахборот майдони бўйича касбий педагогик тайёргарлик даражасини оширишга хизмат қилади.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар электрон ҳукуматни жорий этишни ўрганиш, амалда қўллаш ва баҳолашга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Модуль мавзулари	Аудитория уқув юкламаси			
		Жами	жумладан		
			Назарий	Амай	Кўчма
1.	МIMO технологиясининг режимлари. Фазовий ажратиш ва фазовий мультиплекслаш режимлари. Massive MIMO тавсифи. Кўп сонли антенналарни бирлаштириш усуллари.	2	2		
2.	Мобил алоқа тизимларининг ривожланиш жараёни. Янги авлод мобил технологиялари ва уларда антенна технологияларининг ўрни. Радиочастота ресурсидан фойдаланишнинг бошқаруви: радиочастота спектри (РЧС) – чекланган табиий ресурс. Радиочастота ресурсини бошқариш бўйича амалиёт. Радиотўлқин тарқалиши: ультра-қиска тўлқинлар (УҚТ) диапазони хусусиятлари. Хар хил худуд ва муҳитларга хос тўлқин тарқалиши қонуниятлари. MIMO технологиясининг тавсифи: SISOдан MIMOгача ривожланиш тарихи.	2	2		
3.	Кенг полосали симсиз алоқа технологиялари. Кенг полосали симсиз уланиш технологияларнинг ривожланиш тарихи ва тавсифи. Wi-Fi технологиясининг таҳлили.	4	4		

	WiMAX - кенг поласали симсиз уланиш технологияси				
4.	Симсиз алоқа тизимларини тадқиқ қилиш. GSM-900 сотали алоқа тармоғининг параметрларини тадқиқ қилиш.	4		4	
5.	UMTS стандарти сотали алоқа тармоғининг параметрларини тадқиқ қилиш. IEEE 802.11 стандартидаги тармоқларнинг қамраб олиш зонасини тадқиқ қилиш.	4		4	
Жами:		16	8	8	

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-мавзу: MIMO технологиясининг режимлари. Фазовий ажратиш ва фазовий мультиплекслаш режимлари. Massive MIMO тавсифи. Кўп сонли антенналарни бирлаштириш усуллари.

(2 соат)

Кириш. MIMO технологиясининг тавсифи. MIMO технологиясининг асослари. Фазовий ажратиш режими. Фазовий мультиплекслаш режими. Фазовий-вақтли кодлаш. Адаптив антенна тизимлари

2-мавзу: Мобил алоқа тизимларининг ривожланиш жараёни. Янги авлод мобил технологиялари ва уларда антенна технологияларининг ўрни. Радиочастота ресурсидан фойдаланишнинг бошқаруви: радиочастота спектри (РЧС) – чекланган табиий ресурс. Радиочастота русурсини бошқариш бўйича амалиёт. Радиотўлқин тарқалиши: ультра-қисқа тўлқинлар (УҚТ) диапазони хусусиятлари. Хар хил ҳудуд ва муҳитларга хос тўлқин тарқалиши қонуниятлари. MIMO технологиясининг тавсифи: SISOдан MIMOгача ривожланиш тарихи. (2 соат)

M2M машиналараро ўзаро таъсирлашиш технологиясининг ўзига хос хусусиятлари. Алоқани ташкил этиш учун симсиз тармоқларнинг қўлланилиши. M2M машиналараро ўзаро таъсирлашиш технологиясининг тавсифи. Симсиз M2M-технологияларнинг ишлатилиши. M2M-технологияларнинг қўлланилиши соҳалари. M2M тармоқлар архитектурасининг асосий элементлари. M2M технологиянинг истиқболлари. Ўзбекистондаги M2M технологиялар.

3-мавзу: Кенг полосали симсиз алоқа технологиялари. Кенг полосали симсиз уланиш технологияларнинг ривожланиш тарихи ва тавсифи. Wi-Fi технологиясининг таҳлили. WiMAX - кенг полосали симсиз уланиш технологияси (4 соат)

Кенг полосали симсиз уланиш технологияларнинг ривожланиш тарихи ва тавсифи. Кенг полосали симсиз технологияларни классификацияси (синфларга бўлиш) бўйича ёндашувлар. Wi-Fi технологиясининг таҳлили. Wi-Fi технологиясининг ривожланиш тарихи. Wi-Fi технологиясининг ишлаш принциплари. Тармоқнинг асосий элементлари. Wi-Fi технологиясининг афзалликлари ва камчиликлари. WiMAX технологияси ҳақида умумий тушунчалар. WiMAX тизими ва IMT-2000 дастури. WiMAX тизимларининг тарқалиши ва қўлланиш соҳалари. WiMAX тизимининг афзалликлари ва камчиликлари.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-амалий машғулот. Симсиз алоқа тизимларини тадқиқ қилиш. GSM-900 сотали алоқа тармоғининг параметрларини тадқиқ қилиш. (4 соат)

2-амалий машғулот. UMTS стандарти сотали алоқа тармоғининг параметрларини тадқиқ қилиш. IEEE 802.11 стандартидаги тармоқларнинг қамраб олиш зонасини тадқиқ қилиш. (4 соат)

ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ

Мазкур модул бўйича куйидаги ўқитиш шаклларидан фойдаланилади:

- маърузалар, амалий машғулотлар (маълумотлар ва технологияларни англаб олиш, ақлий қизиқишни ривожлантириш, назарий билимларни мустаҳкамлаш);
- давра суҳбатлари (кўрилаётган лойиҳа ечимлари бўйича таклиф бериш қобилиятини ошириш, эшитиш, идрок қилиш ва мантиқий хулосалар чиқариш);
- баҳс ва мунозаралар (лойиҳалар ечими бўйича далиллар ва асосли аргументларни тақдим қилиш, эшитиш ва муаммолар ечимини топиш қобилиятини ривожлантириш).

II БЎЛИМ

МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА
ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН
ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ
МЕТОДЛАРИ

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

«Блум кубиги» методи

Методнинг мақсади: Мазкур метод тингловчиларда янги ахборотлар тизимини қабул қилиш ва билимларни ўзлаштирилишини енгиллаштириш мақсадида қўлланилади, шунингдек, бу метод тингловчилар учун “Очиқ” саволлар тузиш ва уларга жавоб топиш машқи вазифасини белгилайди.

Методни амалга ошириш тартиби:

1. Ушбу методни қўллаш учун, оддий куб керак бўлади. Кубнинг ҳар бир томонида кўйидаги сўзлар ёзилади:
 - **Санаб беринг, таъриф беринг (оддий савол)**
 - **Нима учун (сабаб-оқибатни аниқлаштирировчи савол)**
 - **Тушинтириб беринг (муаммони ҳар томонлама қараш саволи)**
 - **Таклиф беринг (амалиёт билан боғлиқ савол)**
 - **Мисол келтиринг (ижодкорликни ривожлантирировчи савол)**
 - **Фикр беринг (таҳлил қилиш ва баҳолаш саволи)**
2. Ўқитувчи мавзуни белгилаб беради.
3. Ўқитувчи кубикни столга ташайди. Қайси сўз чиқса, унга тегишли саволни беради.

“KWLH” методи

Методнинг мақсади: Мазкур метод тингловчиларда янги ахборотлар тизимини қабул қилиш ва билимларни тизимлаштириш мақсадида қўлланилади, шунингдек, бу метод тингловчилар учун мавзу бўйича кўйидаги жадвалда берилган саволларга жавоб топиш машқи вазифасини белгилайди.

Изоҳ. KWLH:

Know – нималарни биламан?

Want – нимани билишни хоҳлайман?

How - қандай билиб олсам бўлади?

Learn - нимани ўрганиб олдим?.

“KWLH” методи

<p>1. Нималарни биламан:</p> <p>-</p>	<p>2. Нималарни билишни хоҳлайман, нималарни билишим керак:</p> <p>-</p>
<p>3. Қандай қилиб билиб ва топиб оламан:</p> <p>-</p>	<p>4. Нималарни билиб олдим:</p> <p>-</p>

“W1H” методи

Методнинг мақсади: Мазкур метод тингловчиларда янги ахборотлар тизимини қабул қилиш ва билимларни тизимлаштириш мақсадида қўлланилади, шунингдек, бу метод тингловчилар учун мавзу бўйича қўйидаги жадвалда берилган олти саволларга жавоб топиш машқи вазифасини белгилайди.

What?	Нима? (таърифи, мазмуни, нима учун ишлатилади)	
Where?	Қаерда (жойлашган, қаердан олиш мукин)?	
What kind?	Қандай? (параметрлари, турлари мавжуд)	
When?	Қачон? (ишлатилади)	
Why?	Нима учун? (ишлатилади)	
How?	Қандай қилиб? (яратилади, сақланади, тўлдирилади, таҳрирлаш мумкин)	

“SWOT-таҳлил” методи.

Методнинг мақсади: мавжуд назарий билимлар ва амалий тажрибаларни таҳлил қилиш, таққослаш орқали муаммони ҳал этиш йўллари топишга, билимларни мустаҳкамлаш, такрорлаш, баҳолашга, мустақил, танқидий фикрлашни, ностандарт тафаккурни шакллантиришга хизмат қилади.

S – (strength)	• кучли томонлари
W – (weakness)	• заиф, кучсиз томонлари
O – (opportunity)	• имкониятлари
T – (threat)	• хавфлар

“ВЕЕР” методи

Методнинг мақсади: Бу метод мураккаб, кўптармоқли, мумкин қадар, муаммоли характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган. Методнинг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир хил ахборот берилади ва айни пайтда, уларнинг ҳар бири алоҳида аспектларда муҳокама этилади. Масалан, муаммо ижобий ва салбий томонлари, афзаллик, фазилят ва камчиликлари, фойда ва зарарлари бўйича ўрганилади. Бу интерфаол метод танқидий, таҳлилий, аниқ мантиқий фикрлашни муваффақиятли ривожлантиришга ҳамда ўқувчиларнинг мустақил ғоялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда тизимли баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади. “Веер” методидан маъруза машғулотларида индивидуал ва жуфтликлардаги иш шаклида, амалий ва семинар машғулотларида кичик гуруҳлардаги иш шаклида мавзу юзасидан билимларни мустаҳкамлаш, таҳлили қилиш ва таққослаш мақсадида фойдаланиш мумкин.

Методни амалга ошириш тартиби:



тренер-ўқитувчи иштирокчиларни 5-6 кишидан иборат кичик гуруҳларга ажратади;



тренинг мақсади, шартлари ва тартиби билан иштирокчиларни таништиргач, ҳар бир гуруҳга умумий муаммони таҳлил қилиниши зарур бўлган қисмлари туширилган тарқатма



ҳар бир гуруҳ ўзига берилган муаммони атрофлича таҳлил қилиб, ўз мулоҳазаларини тавсия этилаётган схема бўйича тарқатмага ёзма баён қилади;



навбатдаги босқичда барча гуруҳлар ўз тақдимотларини ўтказадилар. Шундан сўнг, тренер томонидан таҳлиллар умумлаштирилади, зарурий ахборотлар билан тўлдирилади ва мавзу яқунланади.

Муаммоли савол					
1-усул		2-усул		3-усул	
афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги
Хулоса:					

“Кейс-стади” методи

«Кейс-стади» - инглизча сўз бўлиб, («case» – аниқ вазият, ҳодиса, «stadi» – ўрганмоқ, таҳлил қилмоқ) аниқ вазиятларни ўрганиш, таҳлил қилиш асосида ўқитишни амалга оширишга қаратилган метод ҳисобланади. Мазкур метод дастлаб 1921 йил Гарвард университетиде амалий вазиятлардан иқтисодий бошқарув фанларини ўрганишда фойдаланиш тартибида қўлланилган. Кейсда очик ахборотлардан ёки аниқ воқеа-ҳодисадан вазият сифатида таҳлил учун фойдаланиш мумкин.

“Кейс методи” ни амалга ошириш босқичлари

Иш босқичлари	Фаолият шакли ва мазмуни
1-босқич: Кейс ва унинг ахборот таъминоти билан таништириш	<ul style="list-style-type: none"> ✓ якка тартибдаги аудио-визуал иш; ✓ кейс билан танишиш(матнли, аудио ёки медиа шаклда); ✓ ахборотни умумлаштириш; ✓ ахборот таҳлили; ✓ муаммоларни аниқлаш
2-босқич: Кейсни аниқлаштириш ва ўқув топшириғни белгилаш	<ul style="list-style-type: none"> ✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш; ✓ муаммоларни долзарблик иерархиясини аниқлаш; ✓ асосий муаммоли вазиятни белгилаш
3-босқич: Кейсдаги асосий муаммони таҳлил этиш орқали ўқув топшириғининг ечимини излаш, ҳал этиш йўллари ишлаб чиқиш	<ul style="list-style-type: none"> ✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш; ✓ муқобил ечим йўллари ишлаб чиқиш; ✓ ҳар бир ечимнинг имкониятлари ва тўсиқларни таҳлил қилиш; ✓ муқобил ечимларни танлаш
4-босқич: Кейс ечимини ечимини шакллантириш ва асослаш, тақдимот.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ якка ва гуруҳда ишлаш; ✓ муқобил вариантларни амалда қўллаш имкониятларини асослаш; ✓ ижодий-лойиҳа тақдимотини тайёрлаш; ✓ якуний хулоса ва вазият ечимининг амалий аспектларини ёритиш

“Ассесмент” методи

Методнинг мақсади: мазкур метод таълим олувчиларнинг билим даражасини баҳолаш, назорат қилиш, ўзлаштириш кўрсаткичи ва амалий кўникмаларини текширишга йўналтирилган. Мазкур техника орқали таълим олувчиларнинг билиш фаолияти турли йўналишлар (тест, амалий кўникмалар, муаммоли вазиятлар машқи, қиёсий таҳлил, симптомларни аниқлаш) бўйича ташҳис қилинади ва баҳоланади.

Методни амалга ошириш тартиби:

“Ассесмент”лардан маъруза машғулотларида талабаларнинг ёки катнашчиларнинг мавжуд билим даражасини ўрганишда, янги маълумотларни баён қилишда, семинар, амалий машғулотларда эса мавзу ёки маълумотларни ўзлаштириш даражасини баҳолаш, шунингдек, ўз-ўзини баҳолаш мақсадида индивидуал шаклда фойдаланиш тавсия этилади. Шунингдек, ўқитувчининг ижодий ёндашуви ҳамда ўқув мақсадларидан келиб чиқиб, ассесментга қўшимча топшириқларни киритиш мумкин.

Ҳар бир катакдаги тўғри жавоб 5 балл ёки 1-5 балгача баҳоланиши

мумкин.



Тест

Муаммоли вазият

**Тушунча таҳлили
(симптом)**

Амалий вазифа

“Инсерт” методи

Методни амалга ошириш тартиби:

- ўқитувчи машғулотга қадар мавзунинг асосий тушунчалари мазмуни ёритилган матнни тарқатма ёки тақдимот кўринишида тайёрлайди;
- янги мавзу моҳиятини ёритувчи матн таълим олувчиларга тарқатилади ёки тақдимот кўринишида намойиш этилади;
- таълим олувчилар индивидуал тарзда матн билан танишиб чиқиб, ўз шахсий қарашларини махсус белгилар орқали ифодалайдилар. Матн билан ишлашда талабалар ёки қатнашчиларга қуйидаги махсус белгилардан фойдаланиш тавсия этилади:

Белгилар	Матн
“√” – таниш маълумот.	
“?” – мазкур маълумотни тушунмадим, изоҳ керак.	
“+” бу маълумот мен учун янгилик.	
“– ” бу фикр ёки мазкур маълумотга қаршиман?	

Белгиланган вақт якунлангач, таълим олувчилар учун нотаниш ва тушунарсиз бўлган маълумотлар ўқитувчи томонидан таҳлил қилиниб, изоҳланади, уларнинг моҳияти тўлиқ ёритилади. Саволларга жавоб берилади ва машғулот якунланади.

III БЎЛИМ

НАЗАРИЙ
МАТЕРИАЛЛАР

III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР

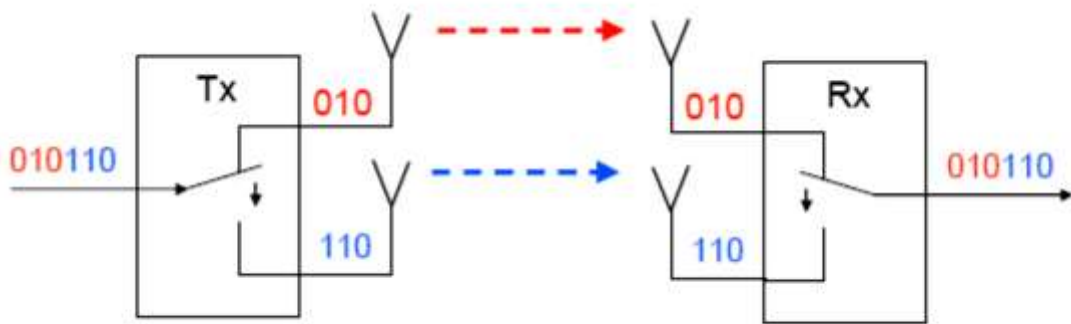
1-мавзу: MIMO технологиясининг режимлари. Фазовий ажратиш ва фазовий мультиплекслаш режимлари. Massive MIMO тавсифи. Кўп сонли антенналарни бирлаштириш усуллари. (2 соат)

Режа:

- 1.1. Кириш
- 1.2. MIMO технологиясининг асослари
- 1.3. Фазовий ажратиш режими
- 1.4. Фазовий мультиплекслаш режими
- 1.5. Фазовий-вақтли кодлаш
- 1.6. Адаптив антенна тизимлари
- 1.7. Радиоинтерфейс функционалига талаблар

1.1. Кириш

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 мультиплексордан 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 (1.1-расмга қаранг).



1.1-расм. MIMO нинг содалаштирилган кўриниши

Шундай қилиб, MIMO технологияси битта радиоканалда бир нечта узатувчи ва қабул қилувчи трактларни ишлатади. Амалда MIMO ни ишлаш тартибида икки хил режим ажратилади: Фазовий ажратиш (ФА) ва Фазовий мультиплекслаш (ФМ) режимлари¹.

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 сифимини (ўтказувчанлик қобилиятини) таъминлаши мумкин, лекин сигнал сифатини яхшиламайди, аксинча уни хатто ёмонлаштириши ҳам мумкин. Бунинг аксига, ФА режими сигнал сифатини сезиларли тарзда яхшилайти 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.

¹ Амалиётда MIMO режимларини “А” ва “В” харфлари билан номланишини ҳам учратиш мумкин. Бунда MIMO “А” худудий ажратиш ва MIMO “В” худудий мультиплекслаш режигарига тўғри келади.

Амалиётда ММО нинг иккала режимининг комбинациясини ҳам қўллаш мумкин (масалан, 4*4 схемали ММО да фазовий ажратилган икки жуфт мультиплексловчи антенналарни қўллаш мумкин).

ММО 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;
- Бир неча мустақил оқимлар бир вақтда узатилганда юқорироқ 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.

ММО технологиясининг асослари

ММО технологияси қўлланилмаган анъанавий ХРТ тизимларида алоқани қўплаб каналлар бўйича амалга ошириш учун бир неча частоталар ишлатилиши керак эди. ММО қўлланиладиган тизимларда эса қўплаб каналлар бир частотани ўзи билан амалга оширилади. Бу технологиянинг маъноси бир оқимнинг бир неча оқимларга бўлиниши ва барча алоқа каналларининг тенглаштирилиши (эквалайзинг) дан иборат. Қабул қилишда сигналнинг самарали ажратиб олинишини таъминлаш учун сигналлар оқимларини фазовий-вақтли кодлаш (ингл. *Space–Time Coding, STC*) дейиладиган усул қўлланилади. Усулнинг ғояси сигналнинг фазо ва вақт бўйича шундай ажратишдан иборатки бунда сигнални хатоларсиз қабул

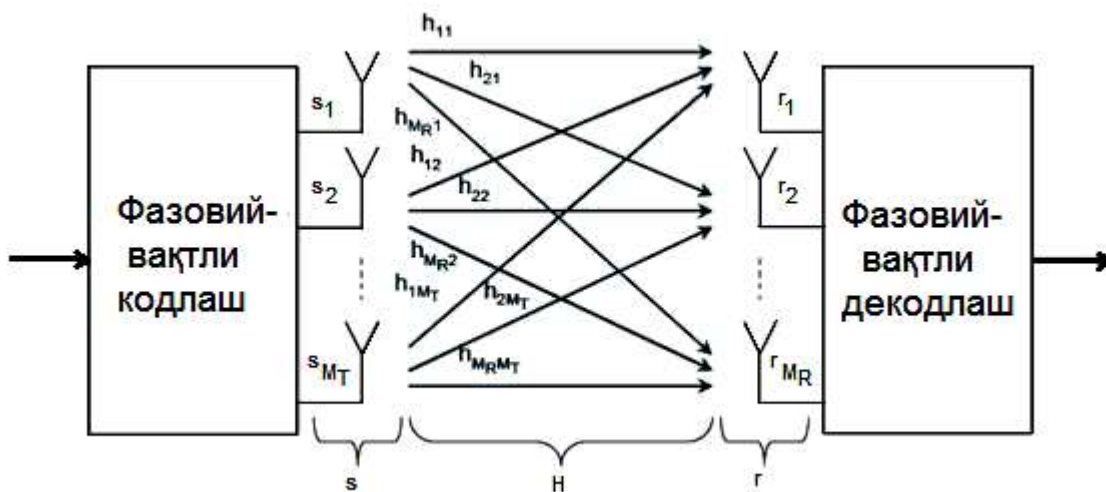
қилиш эҳтимоли (қабул қилгичда муносиб равишда қайта ишлашдан кейин) сезиларли ортади.

Математик ифодалашда усул қуйидаги тарзда тақдим этилиши мумкин. Канал модели каналнинг бевосита ва билвосита компонентларини ичига олган H матрица кўринишида тақдим этилади. Бевосита h_{11} компонентлар канал характеристикаларининг текислигини ифодалайди, билвосита h_{21} компонентлар эса каналлар ажратилишини кўрсатади. Узатиладиган сигнал S орқали, қабул қилинадиган сигнал эса r орқали белгиланади. Бунда қисқа полосали канал вақт бўйича ўзгармас деб қаралади. У ҳолда қабул қилинадиган канални қуйидаги кўринишда келтириш мумкин:

$$r = HS + n ,$$

бу ерда n –узатиш каналида сигналга қўшиладиган шовқин.

1.2–расмда ММО физик каналнинг соддалаштирилган чизмаси келтирилган.



1.2–расм. ММО физик канали

Қабул қилгич томонида сигнални декодлаш учун H матрицасининг қийматларини билиш зарур ва улар қабул қилгичга маълум бўлган ўргатувчи кетма-кетлик ёрдамида аниқланади. Яна бир муҳим тадбир шундаки қабул

қилгич узаткичга канал характеристикаларининг аппроксимацияланган қийматларини юборди ва улар узаткич томонидан дастлабки кодлаш учун ишлатилади. Дастлабки кодлаш ММО характеристикаларини янада яхшилади.

Маълумки, анъанавий якка узаткич/якка қабул қилгичли (ингл. *SISO*) тизимларда каналнинг ўтказиш қобилияти - С Клод Шеннон¹ нинг формуласи бўйича ҳисобланади:

$$C_{SISO} = f_g \log_2(1+S/N).$$

Формуласи каналнинг f_g кенглигини ва “сигнал-шовқин” нисбати (S/N) ни ҳисобга олади. Каналнинг ўтказиш қобилиятини оширишга қаратилган кўплаб такомиллаштиришлар ўтказиш полосасини кенгайтириш ёки ҳар хил турдаги модуляциялардан фойдаланишга асосланган. Лекин улар ҳозирги кунга келиб тизим спектрал самарадорлигини етарлича ошира олмаяптилар. Улардан фарқли равишда ММО технологияси кўплаб антенналар воситасида сигналлар оқимлари сонини ошириш ҳисобига қўшимча ютуқ бермоқда. Агар M кўрсаткичи орқали узаткич - M_t ёки қабул қилгич - M_r лар антенналарининг энг кам қийматига тенг фазовий оқимлар сони белгиланса (масалан, $2*3$ ёки $2*4$ ММО конфигурациясили тизимларда фақат икки ишончли ва тўлақонли фазовий оқим қўллаб-қувватланиши мумкин), у ҳолда Шеннон формуласини ММО тизими учун қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$C_{MIMO} = M f_g \log_2(1+S/N).$$

¹ **Клод Э́лвуд Шённон** (ингл. *Claude Elwood Shannon*; 30.04.1916 – 24.02.2001) – америкалик буюк инженер ва математик, замонавий юқори технологик алоқа тизимларида ўз татбиғини топган ахборот назариясининг асосчиси деб танилган. Клод Шеннон кибернетика ривожига улкан ҳисса қўшган, ахборот, электротехника ва криптография назариялари бўйича фундаментал асарлар муаллифи ва 1940 йил Нобел мукофоти лауреати деб танилган. 1948 йилда у ахборотнинг энг кичик ўлчамини аташ учун «**бит**» сўзини таклиф қилган. Ҳозирги кунда барча рақамли алоқа тизимлари Шеннон томонидан ишлаб чиқилган ахборот узатишни фундаментал принциплари ва қонунлари асосида лойihalаштирилади.

Бундан кўринадикимиз ММО тизимларида каналнинг ўтказиш қобилияти антенналар сонининг ўсиши билан чизикли боғлиқликда ошади.

Кўп сонли антенналарнинг носимметрик тарзда шаклланганлигини ҳам ҳисобга олиш мумкин. Бундай тўпламларда (масалан 1*2 ёки 2*1) каналнинг ўтказиш қобилияти - $C_{Tx/Rx}$ нинг ўсишини қайд этиш учун логарифмик боғлиқликли формуладан фойдаланилади (фақат бу ҳолда M кўрсаткичи M_t ёки M_r нинг максимумига тенг олинади):

$$C_{Tx/Rx} = f_g \log_2(1 + M(S/N)).$$

Қуйида ММО нинг турли иш режимларини кўриб чиқамиз.

Фазовий ажратиш режими

Умуман олганда, ажратиш принципи сигналнинг захираларини (нусхаларини) тақсимланган ҳолда узатишга асосланган. Бундай захиралаш исталган вақт оралиғида, ёки исталган антенна орқали, ё исталган каналда, ё исталган қутбланиш асосида (буниси ҳозирча ММО технологияларида қўлланилмайди) узатилиши мумкин.

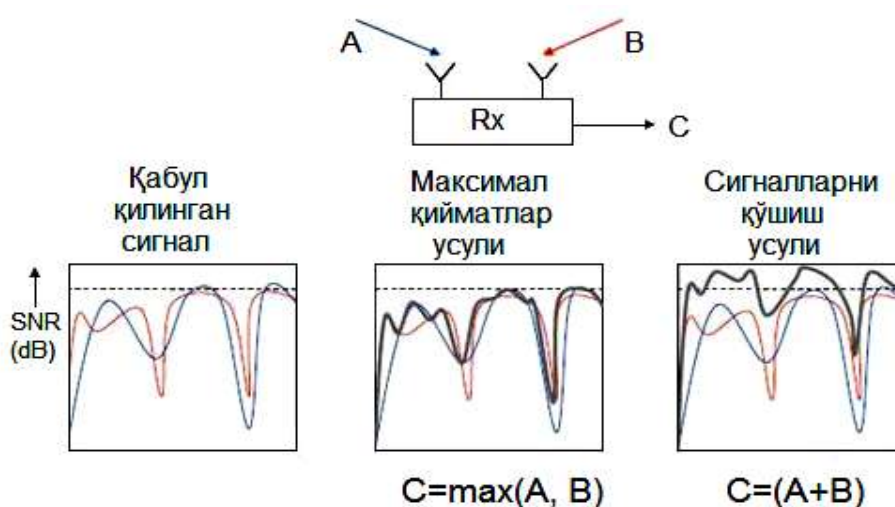
Фазовий ажратишнинг икки тури мавжуд:

- **Тх**-ажратиш (яъни узатиш бўйича ажратиш) да сигналнинг нусхаси бир неча антенналар бўйича узатилади (масалан, 2*1 схемаси);
- **Рх**-ажратиш (яъни қабул қилиш бўйича ажратиш) да сигналнинг нусхаси бир неча антенналар томонидан қабул қилинади (масалан, 1*2 схемаси).

Биринчи турдаги ажратишни моно ва стерео товушлар билан таққослаш мумкин. Маълумки, инсон стерео режимидаги товуш тонини фарқлироқ қабул қила олади. Иккинчи турдаги ажратишни эса бир кулоққа қараганда икки кулоқ билан яхшироқ эшитиш ҳолатига ўхшатиш мумкин.

Тх-ажратишнинг қўлланилиши учун STC кодлаш усулидан

фойдаланилади (кўпроқ Аламоути кодлари ишлатилади). Бунда тўла фазовий ажратишга эришилади, тизим эса битта қабул қилувчи антенна билан ҳам ишлаши мумкин. R_x -ажратишдан фойдаланиш учун кўп сонли қабул қилиш антенналари (узатиш антенналаридан кўпроқ) ва мос демультимплекслаш алгоритмлари ишлатилади. Бундай алгоритмлар мисоли сифатида канал матрицаси - H маълум бўлган холларда ажратиш туридан қатъий назар ишлай оладиган “максимал қийматлар” ва “сигналларни қўшиш” усулларини келтириш мумкин (1.3-расм).

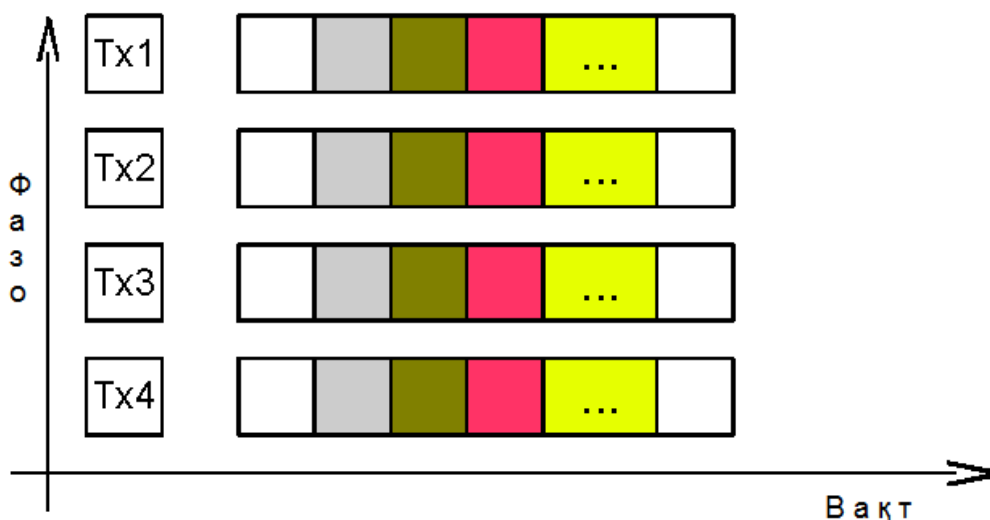


1.3-расм. Фазовий R_x -ажратиш учун қабул қилиш алгоритмлари (бу ерда A ва B сигналлар бир хил)

Фазовий мультимплекслаш режими

Битта антеннадан ортиқ антенналар бўйича бир неча маълумотлар оқимини узатиш фазовий мультимплекслаш дейилади. Фазовий мультимплекслаш икки турга бўлинади. Уларнинг биринчи тури деб АҚШ нинг Bell корпорацияси лабораторияси ишлаб чиққан, V-BLAST (ингл. *Vertical Bell Laboratories Layered Space-Time*) номига эга, вертикал фазовий-вақтли ажратиш ҳисобланади. V-BLAST мультимплекслаш ишлатилганда кодланмаган фазовий маълумотлар оқими қабул қилгичдаги сигнални мувозанатлаштириш (эквалайзинг қилиш) заруратини ҳеч қандай ҳисобга олмаган холда узатилади

(3.22-расм).



1.4-расм. V-BLAST асосидаги фазовий мультимплекслаш

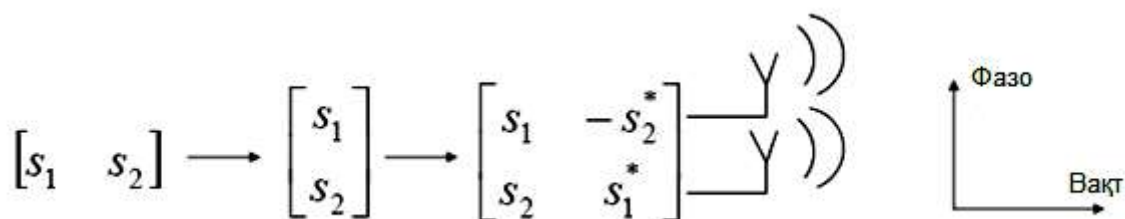
Иккинчи тур мультимплекслашда фазовий-вақтли кодлаш - STC дан фойдаланилади. V-BLAST туридан фарқли равишда STC ли мультимплекслашда маълумотларнинг ортогонал (яъни ўзаро ҳалақитларсиз) оқимлари узатилади.

Маълумки, V-BLAST усули билан узатишда оқимларни бир-биридан ажратишда оқимлараро интерференция (ингл. *Multi-Stream Interferences, MSI*) вужудга келишини олдини олиб бўлмайди. Бу, ўз навбатида, узатишни нобарқарор қилади ва ҳатто хатоликларни тўғридан-тўғри тузатиш усули ишлатилса ҳам бу муаммо ҳар доим ҳам ечилавермайди. Сигнални STC билан декодлаш усули эса, оддий чизиқ боғлиқли ўзгартиришга асосланган бўлиб, яхши натижаларни беради. Шундай қилиб, фазовий мультимплекслашнинг афзаллиги бу канал сигимининг фойдаланилган антенналар сони билан чизиқли боғлиқлиги туфайли алоқа канали сигимини ошириш имкониятидадир.

Фазовий-вақтли кодлаш

Фазовий-вақтли кодлаш тизимнинг функционаллигини ошириш ва

MIMO ни фазовий ажратиш ва фазовий мультимплекслаш режимларини ишлатиш имкониятларини беради. Бунда сигналнинг нусхалари нафақат кўп сонли антенналар бўйича, балки турли вақтларда ҳам узатилади. Кечиктиришли бундай узатишни вақт бўйича ажратиш дейилади. STC-кодлари 1.5-расмда кўрсатилганидек, ўз ичига сигналнинг фазовий ва вақтли нусхаларини олади.



1.5–расм. Икки узатувчи антенналар учун Аламоути фазовий–вақтли блокли кодлари

Бу ерда кетма-кет сигналлар (S_1 ва S_2) икки маълумотлар оқимига бўлинган (мультимплексланган), сўнг уларга Аламоути фазовий-вақтли блокли кодларини ишлаб чиқиш учун сигнал нусхалари ($-S_2^*$ и S_1^*) қўшилган.

STC-кодларини икки тури мавжуд:

- фазовий-вақтли блокли код (ингл. *Space-Time Block Code - STBC*) (иккита узатувчи антенналик ва Аламоути кодларилик мисол 1.5-расмда келтирилган);
- фазовий-вақтли панжарали код (ингл. *Space-Time Trellis Code - STTC*).

Биринчи тур кенг тарқалган ва унинг ёрдамида фазовий ажратиш осон кечади. Иккинчи услуб мураккаброқ ва ҳозирги кунда қимматлиги ҳисобига камроқ ишлатилади.

Шундай қилиб, тизимнинг оптимал функционалигини ва ишончли радиоқамровини таъминлаш учун ҳар иккала режимни комбинациясини, яъни, яқин жойлашган ҳудудларда - фазовий мультимплекслашни ва олисдаги ҳудудларда - фазовий ажратишни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

MIMO технологияси IEEE 802.11n, IEEE 802.16d ва IEEE802.16e стандартларида, шунингдек, 3GPP лойиҳасининг 7, 8 ва 10 релизларида қўлланилади. Ушбу технологияни, шунингдек, IEEE 802.20 ва IEEE 802.22 стандартларида ҳам ишлатилиши кўзда тутилган.

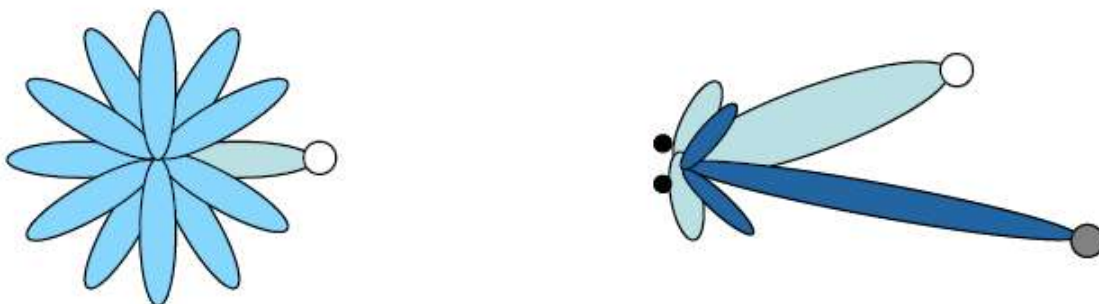
1.6. Адаптив антенна тизимлари

Ҳозирги вақтда антенна технологиялари радиотармоқларнинг сигимини оширувчи “олтин қалитга” айланди. Бу жараён 60° ва 120° йўналтириш диаграммаси (ЙД) га эга бўлган ва бир сота сифатида ишлаган секторли антенналардан бошланган эди. Масалан, GSM тармоқларининг сигими учта 120° -градусли секторли антенналар ишлатилиши туфайли уч мартага ошиши мумкин.

Янги панжарали адаптив антенна тизимлари тор ЙД – “нур”лардан фойдаланиб фазовий мультиплекслаш имкониятини кенгайтиради. Панжарали адаптив антенналар тизимларига сигналнинг келиш йўналиши - DoA (ингл. *Direction of Arrival*) ни аниқлаш ва мос равишда ўз ЙД ни созлаш имконияти билан фарқланадиган “ақлли” (интеллектуал) антенналар ҳам киради. Йўналтирилган антенналар, шунингдек, умумий нурлантириладиган қувватни ҳам сезиларли камайтиришга имкон бериб, каналлараро интерференцияни камайтиради. Абонент ускуналари билан тескари алоқа бор-йўқлигидан қатъий назар “ақлли” антенналар мустақил равишда АУ га йўналтирилган нурларни шакллантириши мумкин. Аммо, қўшимча, АУ билан тескари алоқа бўлса, мураккаб антенна панжараларини соддалаштириш имкони пайдо бўлади. Аксинча, MIMO тизимлари, одатда, АУ билан тескари алоқа мавжудлигини талаб қилади.

“Нурларни шакллантирилиш” - бу антенна панжарасининг нурсимон ЙД ни яратиш учун фойдаланиладиган усулдир. У барча антенна панжаралари тизимларида қўлланилиши мумкин. Буни ҳисобга олганда “ақлли” антенна тизимлари икки гуруҳга бўлиниши мумкин (1.6-расм):

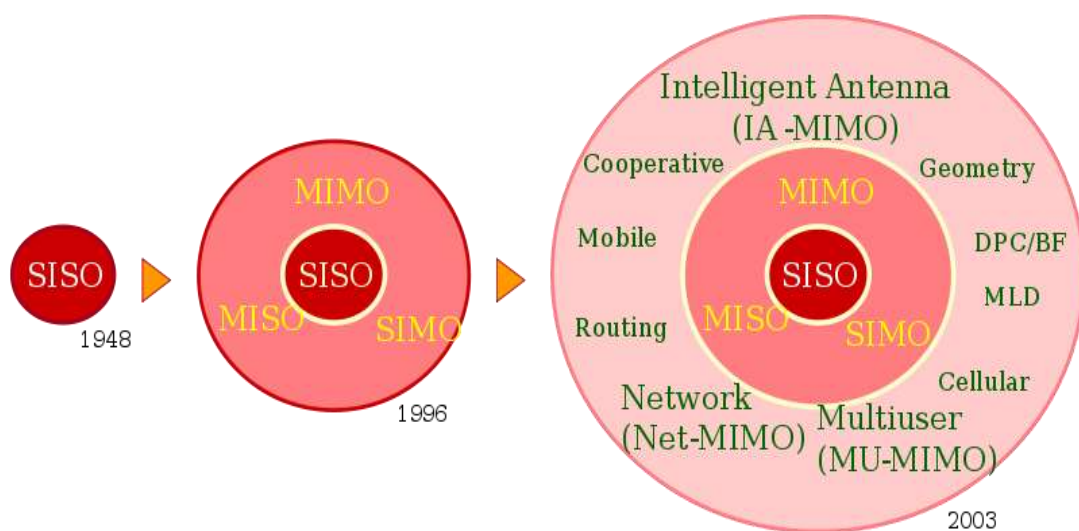
- Олдиндан аниқланган қайд этилган (рус. *фиксированный*) ЙД ларнинг чекланган сонига эга фазалаштирилган антенна панжаралари тизимлари (ёки, нурларни турғун тарзда шакллантириш);
- Реал вақт режимида радиомухитнинг реал шароитларига мослаштирилган ЙД ларнинг чексиз сонига эга адаптив антенна тизимлари (ингл. *Adaptive Antenna System, AAS*) (ёки, нурларни адаптив (мослашувчан) тарзда шакллантириш).



1.6-расм. Нурларни турғун ва адаптив тарзда шакллантирилиши

Нурлар турғун тарзда шакллантирилганда DoA йўналиши ҳисобланади ва қўзғалмас сигнал нури ўрнатилади. Агар АУ бундай қайд этилган нурлар орасида ҳаракатланса у ҳолда сигнал джиттери (фазавий ёки частотавий тасодифий оғишлар) алоқанинг узилишига олиб келиши мумкин. Бошқача қилиб айтганда АУ фақат нурнинг марказида жойлашганида сигналнинг максимал кучига эга бўлади. Нурларни адаптив шакллантиришда эса бундай муаммо вужудга келмайди, чунки бунда нурни антенна АУ нинг реал вақтдаги ҳаракатланишига созлайди. Кўриниб турибдики, бу режим нурларни турғун тарзда шакллантиришга қараганда мураккаброқ ва қимматроқ бўлади.

Параграфнинг якунида шуни маълум қиламизки, ҳозирги кунда кўп элементли антенналар тизимлари (ингл. *Multi Antenna System, MAS*) ва AAS тизимлари жуда фаол равишда ривожланмоқда ва мураккабланимоқда. Шунинг учун улар алоҳида чуқур ва батафсил ўрганишга лойиқ (1.7-расм).



1.7-расм. Кўп сонли антенналар тизимларининг ривожланиши

1.7. Радиоинтерфейс функционалига талаблар

LTE радиоуланиш технологияси (E-UTRA) га қўйилган талаблар асосан юқори маълумот тезлигига ва қисқа жавоб кечикиш вақтига эга пакетли коммутация асосида ишлайдиган оптималлаштирилган радиоуланиш тизимини яратишдан иборат. Белгиланган хизматларга, масалан, юқори аниқликдаги телевидение (HDTV), “талаб асосидаги кино” (ингл. *Movie on Demand*) ва IP-тармоқлари бўйича нутқ (VoIP) мисол бўлиши мумкин.

E-UTRA радиоинтерфейси функционалигига асосий талаблар юқорида 1.1-жадвалда келтирилган LTE тизимлар функционалигига қўйилган умумий талаблардан келиб чиқади, шунинг учун бу ерда E-UTRA нинг айрим характеристикаларини (HSPA технологияси билан таққосда) келтириш билан чекланамиз (1.3-жадвал).

E-UTRA технологияси функционалигига айрим талаблар

Талаблар	3GPP 6 релизи (HSPA)	3GPP 8 релизи (LTE)
Маълумот узатишнинг энг юқори тезлиги	14Мбит/сек – «пастга»; 5,76Мбит/сек – «юқорига»	100Мбит/сек – «пастга»; 50Мбит/сек – «юқорига»
Спектрал самарадорлик (бит/сек/Гц/сектор)	0,6 - 0,8 – «пастга»; 0,35 – «юқорига »	3-4 марта кўп – «пастга»; 2-3 марта кўп – «юқорига»
Пакет учун ўртача ўтказиш қобилияти	64кбит/сек. – «пастга»; 5кбит/сек. – «юқорига »	3-4 марта кўп – «пастга»; 2-3 марта кўп – «юқорига»
Абонент учун ўртача ўтказиш қобилияти	900кбит/сек. – «пастга»; 150кбит/сек. – «юқорига»	3-4 марта кўп – «пастга»; 2-3 марта кўп – «юқорига»
Жавоб кечикиши вақти	50мс.	5мс.
Алоқани ўрнатиш вақти	2сек.	50мс.
Кенг қамровли узатиш режимида маълумот узатиш тезлиги	384кбит/сек	6-8 марта юқори
Абонент мобиллиги	250км/соат гача	350км/соат гача
Кўп антеннали тизимларни қўллаб-қувватлаш	Йўқ	Бор

Канал кенглиги	5МГц	20МГц гача кенгаяди
----------------	------	---------------------

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed.2008
2. Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009
3. LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed.2012

Интернет ресурслар

1. Evolution to LTE report. GSA материаллари. May 11, 2011.
http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4.
2. CDMA Statistics. CDG материаллари. April 21, 2011.
http://www.cdg.org/resources/cdma_stats.asp
3. Интернет материаллари.
<http://www.marketingcharts.com/television/mobile-tv-subscribers-to-shoot-up-but-operators-revenue-not-so-much-2594/screen-digest-mobile-tv-market-by-region-through-2011jpg/>
4. *Wireless Mobile Telephony*. Arian Durresi. CIS Department. The Ohio State University. <http://www.cis.ohio-state.edu/~durresi/>
5. Fact Sheet: GSM/3G/WCDMA-HSPA, HSPA+ and LTE. GSA материаллари. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4
NTT DoCoMo пресс-релизи. <http://www.nttdocomo.com/pr/2007/001319.html>

2-мавзу: Мобил алоқа тизимларининг ривожланиш жараёни. Янги авлод мобил технологиялари ва уларда антенна технологияларининг ўрни. Радиочастота ресурсидан фойдаланишнинг бошқаруви: радиочастота спектри (РЧС) – чекланган табиий ресурс. Радиочастота русурсини бошқариш бўйича амалиёт. Радиотўлқин тарқалиши: ультра-қисқа тўлқинлар (УҚТ) диапазони хусусиятлари. Хар хил ҳудуд ва муҳитларга хос тўлқин тарқалиши қонуниятлари. МIMO технологиясининг тавсифи: SISOдан MIMOгача ривожланиш тарихи. (2 соат)

Режа:

- 2.1. Алоқани ташкил этиш учун симсиз тармоқларнинг қўлланилиши
- 2.2. M2M машиналараро ўзаро таъсирлашиш технологиясининг тавсифи
- 2.3. Симсиз M2M-технологияларнинг ишлатилиши
- 2.4. M2M-технологияларнинг қўлланилиши соҳалари
- 2.5. M2M тармоқлар архитектурасининг асосий элементлари
- 2.6. M2M-ечимнинг ишлатилишига мисол
- 2.7. Ўзбекистондаги M2M технологиялар

2.1. Алоқани ташкил этиш учун симсиз тармоқларнинг қўлланилиши

Симсиз тармоқлар ҳам бино чегараларида, ҳам бинодан ташқарида, шунингдек ҳаракатдаги объектларда алоқани ташкил этиш учун қўлланилади.

Дастурий даражада симсиз тизимлар бозорида ишончли алоқани таъминлайдиган, турли топологиялар тармоқларида ишлайдиган ва тармоқ тугунларининг энергия истеъмолини камайтирадиган хабарлагичлар тармоқлари учун бир неча протоколлар тақдим этилган.

Симсиз ечимлар симсиз алоқани маълумотларни узатиш фойдаланувчилар протоколлари ёрдамида ташкил этиш учун ёки IEEE

802.15.4 спецификация асосидаги коммуникация стандарт тармоқ стекларидан фойдаланадиган ечимларни ёки симсиз тизимлар учун компонентларни ишлаб чиқарувчи фирмалар ечимларини ишлатилиши учун фойдаланилиши мумкин. IEEE 802.15.4 стандарти масофадан бошқариш профили (ZRC) ёки киритиш қурилмаси профилини (ZID) қўллайдиган ZigBee RF4CE (маиший электроника) каби иловалар учун асос ҳисобланади. Биноларни автоматлаштириш тармоқлари (ZHA), иншоатларни автоматлаштириш тармоқлари (ZBA), ёритишни бошқариш (ZLL) ёки электр энергиясини интеллектуал тақсимлаш (ZSE) каби ZigBee PRO-мослашадиган симсиз тармоқлар кенг қўлланилади. IEEE 802.15.4 стандарти шунингдек кичик қувватли симсиз тизимлар учун IPv6/6LoWPAN протоколининг коммуникацион даражасини ишлатилиши учун фойдаланилади.

Стандартларнинг пайдо бўлиши ва ривожланиши симсиз технологияларни қўлланилиши соҳаларини доимо кенгайтирмоқда. Ортиқчалигига қарамасдан автоматика ва автоматлаштириш тизимларининг жорий этилиши ўз самарадорлигини кўрсатди. Бунинг асосида хабарлагичлар тармоғини, бошқариладиган тугунлар ва механизиларни тармоқлаштириш ётади. Ҳатто унча катта бўлмаган автоматлаштирилган объект учун уларнинг сони бир неча юзлардан ортиши мумкин. Шу билан бирга автоматлаштиришнинг замонавий масалалари очиқ машиналараро ўзаро таъсирлашиш (M2M interaction), ривожланган сервислар, маълумотлар омборлари билан ва ҳатто фойдаланувчи интерфейси билан ўзаро таъсирлашишни талаб қилади. Элементлар базасини танлашда ишлаб чиқувчиларнинг асосий мезонлари энергия истеъмоли, радиочастотавий характеристиклар (қабуллагичнинг сезгирлиги, узаткичнинг чиқиш қуввати), иловаларга мумкин бўлган хотира ҳажми бўлиб қолмоқда. Илованинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олганда энергия истеъмоли стратегиясини оптималлаштириш автоном таъминотли тизимлар учун муҳим узатиладиган маълумотларнинг хавфсизлиги охириги талаб ҳисобланмайди.

Симсиз компонентлар ишлаб чиқарувчиларига симсиз тугунларни

қуришга учта ёндашиш орқали ривожлантириш таклиф этилмоқда

Биринчи ёндашиш – бошқарувчи микроконтроллер билан бирга қабуллагич узаткичдан иборат. Бу ҳолда микроконтроллер тармоқ стекига ва амалий вазифаларни ишлашига жавоб беради. Қабуллагич-узаткич SPI ёки UART интерфейс орқали контроллерга уланади. Бу ёндашиш симсиз контроллерлар ва бошқарувчи контроллерларни бир ёки бир неча кўрсаткичлар (энергия истеъмоли, вазн-ўлчам кўрсаткичлари, талаб қилинадиган функциялар тўплами, дастурий кутубхоналарнинг мавжудлиги, ечимнинг нархи) бўйича оптимал кўрсаткичларни олиш учун комбинациялаш имкониятини беради. Бундан ташқари, кўпинча алоҳида олинган ишлаб чиқарувчидан таклиф этиладиган элементлар базаси етарли бўлсада, турли ишлаб чиқарувчилардан ечимларни комбинациялашга рухсат этилади.

Иккинчи вариант битта корпусда ҳам қабуллагич-узаткич, ҳам микроконтроллерга эга бўлган кристаллдаги тизимларнинг қўлланилиши ҳисобланади. Контроллернинг процессор ядроси бунда протоколлар ва иловалар стекини ҳам бажаради. Бу ечим ихчамроқ ҳисобланади, кам сонли компонентларни талаб қилади.

У ва бу ҳолда иловани созлашда ҳам протоколлар, ҳам иловалар стекларининг ишлашини кузатиш зарур бўлади. Бундан ташқари, илованинг нотўғри ишлаши протоколлар стеки процедураларининг бажарилишини тўхташига, бунинг натижасида тармоқдан тугуннинг чиқишига олиб келиши мумкин, бу ўз навбатида умуман тақсимланган иловани бажарилишини бузиши мумкин. Шунга ўхшаш протоколлар стеки ишалашидаги хатоликлар микроконтроллернинг осилиб қолишига ёки илованинг бажарилишини тўхташига олиб келиши мумкин. Тугун бу ҳолда ўз функцияларини бажаришни тўхтатади.

Кўп функционал бир кристалли симсиз ечимлар ишлаб чиқувчиларга бир вақтда иловаларнинг тез мослашувчанлиги ортганида, зарур бутлоачилар сони ва босма платада эгаллайдиган жой қисқарганида фойдаланувчиларнинг энг юқори талабларини қониқтириш имкониятини таъминлайди. Бугунги

кунда бир кристалли симсиз микроконтроллерлар бозорида бир неча Atmel, FreescaleSemiconductor, Microchip, Nordic, NXP, SiliconLaboratories, STMicroelectronics, TexasInstruments фирмалар мавжуд. Етралича кучли рақобат шароитлари компанияларни кристаллдаги тизимлар архитектурасини доимо такомиллаштиришга, қабуллагич-узаткичлар параметрларини, энергияни тежаш режимларини оптималлаштиришга, дастурий кутубхоналар, протоколлар стеклари, ишлаб чиқиш муҳитлари ва воситаларини таклиф этиш билан дастурий таъминотни ривожлантиришга мажбурлайди.

Кристаллдаги симсиз тизимлар микроконтроллерларининг аппаратли имкониятлари ҳам қайта ишланадиган маълумотларнинг разрядлилиги бўйича, ҳам максимал ишчи частота бўйича бир-бирларидан фарқ қилади. 8-, 16- ва ҳатто 32-битли процессор ядролари тақдим этилган. Етарлича кўпинча кристаллдаги симсиз тизимлар бошқарувчи микроконтроллерлари сифатида x51 архитектуранинг 8-битли ядроси ва 32-разрядли ARM-ядро каби умумий қабул қилинган стандарт процессор ядролари учрайди. Қатор ҳолларда фирмалар томонидан тугалланган ечимлар бўлган маълумотларни тўплаш симсиз тизимлари, физик катталиклар интеграл хабарлагичлари таклиф этилади.

Учинчи вариант амалий вазифа ва протоколлар стекини бажарилишини турли микроконтроллерларга ажратиш ҳисобланади. Микроконтроллердан бири амалий вазифани бажаради, тармоқ процессори дейиладиган ва симсиз интерфейс билан интеграцияланган контроллер тармоқ вазифаларини, яъни тармоққа уланиш, маршрутлаштириш, маълумотларни узатилишини бажаради. Бу ечимлар ҳам умумий қабул қилинган стандартлар (масалан, ZigBee, 6LoWPAN тармоқлари ёки Bluetooth), ҳам устивор протоколлар учун таклиф этилади. Тармоқ контроллери сифатида кристаллдаги симсиз тизим қатнашади. Бу ҳолда ҳам аниқ бир иловлар эҳтиёжларига боғлиқ равишда амалий ва тармоқ контроллерини танлаш эркинлиги қолади.

Симсиз тизимларни қўлланилишининг ҳар бир соҳаси маълум тугунлар

сонининг мавжудлиги билан характерланади ва маълум синфлардаги масалаларни ечиш учун ёки фойдаланувчиларга маълум сервисларни тақдим этиш учун мўлжалланган

Тугунлар сони масаланинг декомпозицияланиши натижасидан аниқланган агентлар сонига боғлиқ бўлади ва иккитадан бир неча минглабгача ўзгариши мумкин. Масаланинг декомпозицияланишида агентлар орасидаги маълумотлар оқими таҳлил қилинади, уларнинг йўналтирилганлиги, интенсивлиги аниқлаштирилади, тармоқнинг охиригитугунларини жойлашиши ва уларнинг мобиллигига талаблар аниқланади.

Ишлаб чиқувчига ҳам устивор ечимлар, ҳам охириги қурилмалар бўлиши мумкин истеъмол бозорини потенциал кенгайтирадиган ва тизимларнинг мослашувчанлиги ва бирга ишлашини кафолатлайдиган халқаро стандартларга асосланган, хусусан 802.15.4 стандартни ва унинг орасидаги ZigBee ва 6LoWPAN протоколларини қўллайдиган ечимлар мумкин бўлади.

Топологиялардан ҳар бири, табиийки тармоқ иловаси ёки протоколи даражасида қўллашни талаб қилади.

Ҳақиқатда симсиз тизимлар соҳасидаги ҳар бир амалий вазифа ўз ривожланиш босқичлари ва ҳаёт цикли алоҳида лойиҳа сифатида тасаввур қилинади. Симсиз тизимлар учун ишлаб чиқишниг намунавий цикли қуйидагилардан иборат:

1. Талабларни аниқлаш:
 - тармоқ тугунларининг сони;
 - зарур тармоқ топологиясини таҳлил қилиш ва танлаш;
 - тугунлар орасидаги ўртача масофа;
 - талаб қилинадиган маълумотларни узатиш тезликлари диапазони;
 - тугунларнинг энергия таъминоти ва уларнинг таъминот манбалари (стационар таъминот, автоном қурилмалар);
 - тугунларнинг атоном режимда намунавий ишлаш вақти.

2. Ишлатиш технологиясини танлаш:

- намунавий ечимларни мослаштириш ёки “нолдан” ишлаб чиқиш;
- протоколлар стекин танлаш ёки ишлаб чиқиш;
- ҳуқуқий, техник ва тиббий меъёрларга мувофиқликка келтириш;
- модуллар ва микротўпламлардан фойдаланиш ва микросхемалар тўпламлари асосида тугунларни мустақил ишлаб чиқиш орасида танлаш, вақт ва маблағ сарфларини баҳолаш;

3. Лойиҳалаштириш:

- ечимни қуриш учун маҳсулотлар қаторини танлаш;
- антенналарни танлаш;
- босма платани ишлаб чиқиш;
- тармоқ иловаси дастурий таъминотини ишлаб чиқиш воситаларини танлаш;
- ишлаб чиқишни таъминлаш, симуляция, созлаш платалари, эскиз лойиҳаси.

4. Иловани тестлаш:

- сертификация;
- бошқа симсиз қурилмалар билан бирга ишлашни текшириш ёки улар билан мослашувчанликни таъминлаш;
- илованинг ишлашини тестлаш.

5. Ишлаб чиқариш:

- маҳсулотнинг ҳаёт циклини режалаштириш ва уни олиб бориш;
- сифатни назорат қилиш тизими.

2.2. M2M машиналараро ўзаро таъсирлашиш технологиясининг тавсифи

Машиналараро ўзаро таъсирлашиш (машина-машина ўзаро таъсирлашиш, ингл. Machine-to-Machine, M2M) бу машиналарга бир-бирлари билан маълумотларни алмашлашга ёки уларни бир томонлама тартибда

узатишга имкон берадиган технологияларнинг умумий номи ҳисобланади. Бу хабарлагичлар ёки қурилмалар қандайдир параметрларини (харорат, заҳирлар даражаси, жойлашиш ўрни ва ҳ.к.) мониторинг қилиш симсиз ва симли тизимлари бўлиши мумкин. Мисол учун банкоматлар ёки тўлов терминаллари маълумотларни GSM-тармоқлар бўйича автоматик узатиши мумкин, шунингдек, агар уларда тўлов қоғози ёки нақд пул тугаган бўлса, ёки аксинча нақд пул ўта кўп бўлса ва инкассаторларнинг келиши талаб қилинади. M2M хавфсизлик ва қўриқлаш тизимларида, вендингда, соғлиқни сақлаш тизимида, саноат телеметрик тизимларида (ишлаб чиқариш, энергетика, ТЖКХ ва бошқалар) ва ГЛОНАСС/GPS тизимлари асосидаги ҳаракатдаги объектларни позициялаш тизимларида ҳам актив ишлатилади [15]. M2M нимсинфларидан бири мобил ечимлардан фойдаланиладиган машиналараро ўзаро таъсирлашиш ҳисобланади, унинг учун ҳам M2M ишлатилиши мумкин.

Мобил машиналараро ўзаро таъсирлашиш соҳасидаги биринчи ишланмалардан бири тижорат транспортини кузатиш учун 1989 йилда ишлаб чиқилган Qualcomm компаниясининг OmniTRACS ечими ҳисобланади.

Осиёда мобил машиналараро ўзаро таъсирлашишни таъминлайдиган асосий операторлар ABI Research маълумотлари бўйича ҳозирги вақтда NTT DoCoMo, KoreaTelecom ва ChinaMobile ҳисобланади. Европада йирик операторлар Испанияда Telefonica, Telenor (Скандинавия), OrangeBusinessServices (FranceTelecomга киради) ва Vodafone ҳисобланади. Шимолий Америкадаги VerizonWireless, AT&T, Sprint ва T-Mobile сотали операторлар ўз мижозларига M2M ечимларни таклиф этишмоқда. Уларга қўшимча равишда бозорда KoreTelematics ва Numerex каби муқобил хизматлар етказиб берувчилар ишламоқда. AT&T бу абонентлар базаси 19 миллионта қурилмага яқинлашган биринчи оператор ҳисобланади. Ҳозирги вақтда Европада M2M SIM-карталарнинг кириб келиши 3% бўлса, у ҳолда Швецияда 17,9%, Норвегияда 9%, Данияда 7% кириб келиш даражасини ташкил этади. Бу мамлакатлардаги M2M қурилмаларни уланишларининг

асосий қисми ҳисоблагичларга тўғри келади.

2.3. Симсиз M2M-технологияларнинг ишлатилиши

Симсиз M2M-технологияларнинг ишлатилиши арзон ва технологик ҳисобланади. Улар кабелли инфратузилмани ётқизилишига воситаларни сарфламастикка имкон беради, вақтни сақлайди ва инсон ресурсларини минимумга олиб келишга имкон беради. Симсиз M2M-технологиялар ишчи персоналнинг мобиллигини оширишга ҳам ёрдам беради. Симсиз коммуникациялардан фойдаланиш билан M2M энг юқори даражада кенг тарқалган. Бу ҳам чегаралар хавфсизлиги, давлат қутқарув хизматлар ва ҳуқуқни муҳофаза қилиш тузилмалари ҳисобланади. Симсиз M2M-технологиялар коммуникацион марказдан тез таъсир этишни таъминлашга имкон беради. Шунингдек M2M мобил объектларни, масалан, транспортни ҳаракатланишини кузатишга, товарларни омборда борлигини, савдо автоматининг ҳолати ҳақида билишга имкон беради. Бундан ташқари, симсиз M2M-технологиялар хабарлагичлар ёрдамида баланд бинолар ва кўприклар механик кучаниши кузатишга имкон беради.

Сотали алоқа операторлари сигналлари билан қамраб олиш кўплаб давлатларда 100%, шунинг учун M2M-технологиялар бу сотали алоқа операторлари учун жуда истиқболли бозор ва унинг потенциал сиғими юқори ҳисобланади.

2.4. M2M-технологияларнинг қўлланилиши соҳалари

M2M-технологияларнинг қўлланилиши соҳаларини кўриб чиқамиз.

Интернет учун M2M-технологиялар. Бу бугунги кундан энг яхши кутиб олинадиган M2M қўлланилиши соҳаси ҳисобланади. Деярли ҳар бир уйда Wi-Fi алоқани таъминлайдиган модем мавжуд.

Автомобиллар учун M2M-технологиялар. Такси хизмати ва ташишлар

билан шуғулланадиган компаниялар оммавий равишда GPS-трекерларни сотиб олишмоқда ва уларни ўз автопаркига ўрнатишмоқда. Бу қурилма диспетчерга автомобилнинг аниқ жойлашган ўрнини ва тезлигини билишга ёрдам беради. Бу транспортнинг самарадорлигини жуда сезиларли оширади.

Уй учун M2M-технологиялар. M2M ёрдамида олисдан уйдаги ҳароратни назорат қилиш ва унинг хавфсизлигини таъминлаш мумкин. Шунингдек M2M-технологиялар ёрдамида уйдаги электр жиҳозларни назорат қилиш мумкин. СМС юбориш етарли бўлади.



2.1-расм. M2M-технологияларнинг қўлланилиши соҳалари

ТЖКХ учун M2M-технологиялар. Бугунги кунда сув ва электр ҳисоблагичлар кўрсатишлари ёзиб олинади ва мос ташкилотларга узатилади. Келажакда бу кўрсатишлар автоматик ва масофадан ўқилади. Бу жараёнга банк ҳам қўшилиши мумкин, пул маблағлари автоматик ўтказилади.

Соғлиқ учун M2M-технологиялар. M2M хабарлагичлари инсоннинг ҳарорати, унинг босими ва пульсини кузатиши мумкин. Шунингдек

беморнинг жойлашиш ўрнини билиш мумкин. Буларнинг барчаси ўз вақтида чораларни кўришга ва зарур бўлганда ёрдамни юборишга имкон беради.

Автоматлаштирилган ҳисобга олиш учун M2M-технологиялар. Омборда бўлган исталган товарда электрон ўқиладиган ёрлик мавжуд. Товарни сканерлаш билан товарни ҳаракатланиши ва қолдиғини кузатиб бориш мумкин. M2M-технологиялар ёрдамида омборни бошқариш тўлиқ автоматлаштирилиши мумкин.

Хавфсизлик учун M2M-технологиялар. Дала ҳовли ёки уйни тарқ этиш билан сиз камера ёрдамида бинонинг хавфсизлигини кузатишингиз мумкин. Ҳаракатлар аниқланганида хабарлагичлар дарҳол сизга СМС ёки бўлиб ўтаётганлар ҳақида ММСни юборади.

Савдо автоматлари учун M2M-технологиялар. M2M қурилмалари масофадан кофе автоматлари, тўлов терминаллари, банк автоматларини назорат қилишга, бу вендинг қурилмаларини қўзриқлашга, иш қобилятини назорат қилишни амалга оширишга имкон беради.

2.5. M2M тармоқлар архитектурасининг асосий элементлари

M2M тармоқлар архитектурасининг асосий элементлари учта доменларга бўлинган:

- M2M қурилма домени (капилляр тармоқ домени);
- тармоқ домени (M2M базавий тармоғи ядроси);
- иловалар домени.

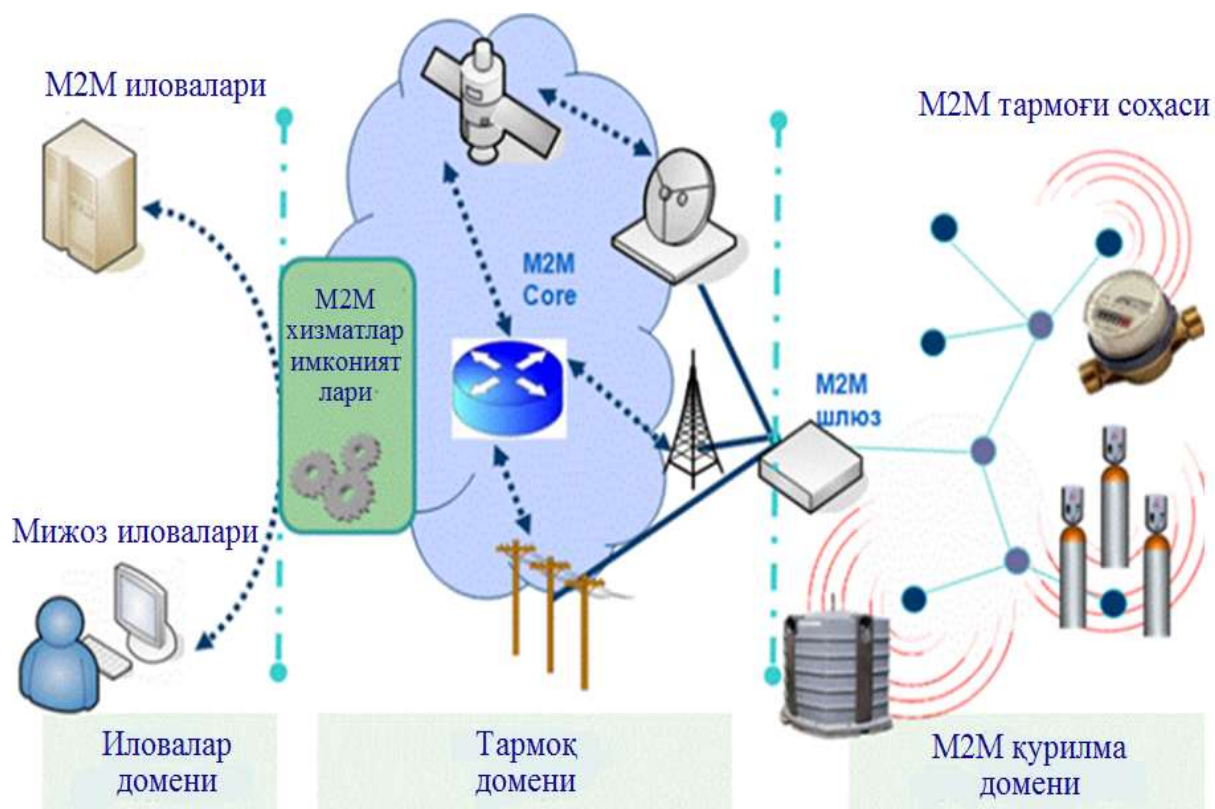
Кўрсатилган доменлардан ташқари, M2M тармоғи таркибига 3GPP ва NGN тармоқлар асосида қуриладиган мос уланиш тармоғи ва транспорт тармоғи киради. M2M тармоғи турли доменларининг ўзаро таъсирлашиши 2.2-расмда келтирилган [5].

M2M қурилмалар: M2M хизматлари ва демен тармоғи функцияларини тез қўллаш ва фойдаланишга имкон беради. M2M қурилмалар уланиш тармоғи билан тўғридан-тўғри ёки M2M локал тармоғи

ва M2M шлюзи орқали уланиши мумкин.

M2M локал тармоқлари: M2M қурилмалари ва M2M шлюзи орасида боғланишни тақдим этадиган тармоқ ҳисобланади. Мисоллар: IEEE 802.15, SRD, UWB, Zigbee, Bluetooth каби PAN-технологиялар ёки PLC, M-BUS, Wireless M-BUS каби локал тармоқлар.

M2M шлюзлар: M2M қурилмаларга кафолатланган тармоқлараро ўзаро таъсирлашиш ва тармоққа ҳамда амалий доменларга уланишни таъминлайдиган қурилма ҳисобланади. M2M шлюзи M2M қурилмаларининг турли иловалари учун ишлатилиши мумкин. M2M шлюзи функционал жиҳатдан битта модулда M2M қурилмаси ёки M2M гуруҳи билан бирлаштирилиши мумкин.



2.2-расм. M2M тармоғи турли доменларининг ўзаро таъсирлашиши

Уланиш тармоғи: M2M қурилмалар доменига M2M тармоқ ядроси билан (базавий тармоқ билан) боғланишини таъминлашга имкон берадиган тармоқ ҳисобланади. M2M уланиш тармоғининг функционал имкониятлари

мавжуд уланиш тармоқларининг (xDSL, HFC, PLC, VSAT, GERAN,

UTRAN, LTE, W-LAN ва WiMAX) имкониятларига асосланади ва ҳам хизматлар рўйхатини, ҳам уларнинг имкониятларини кенгайтирилишини таъминлашга имкон беради.

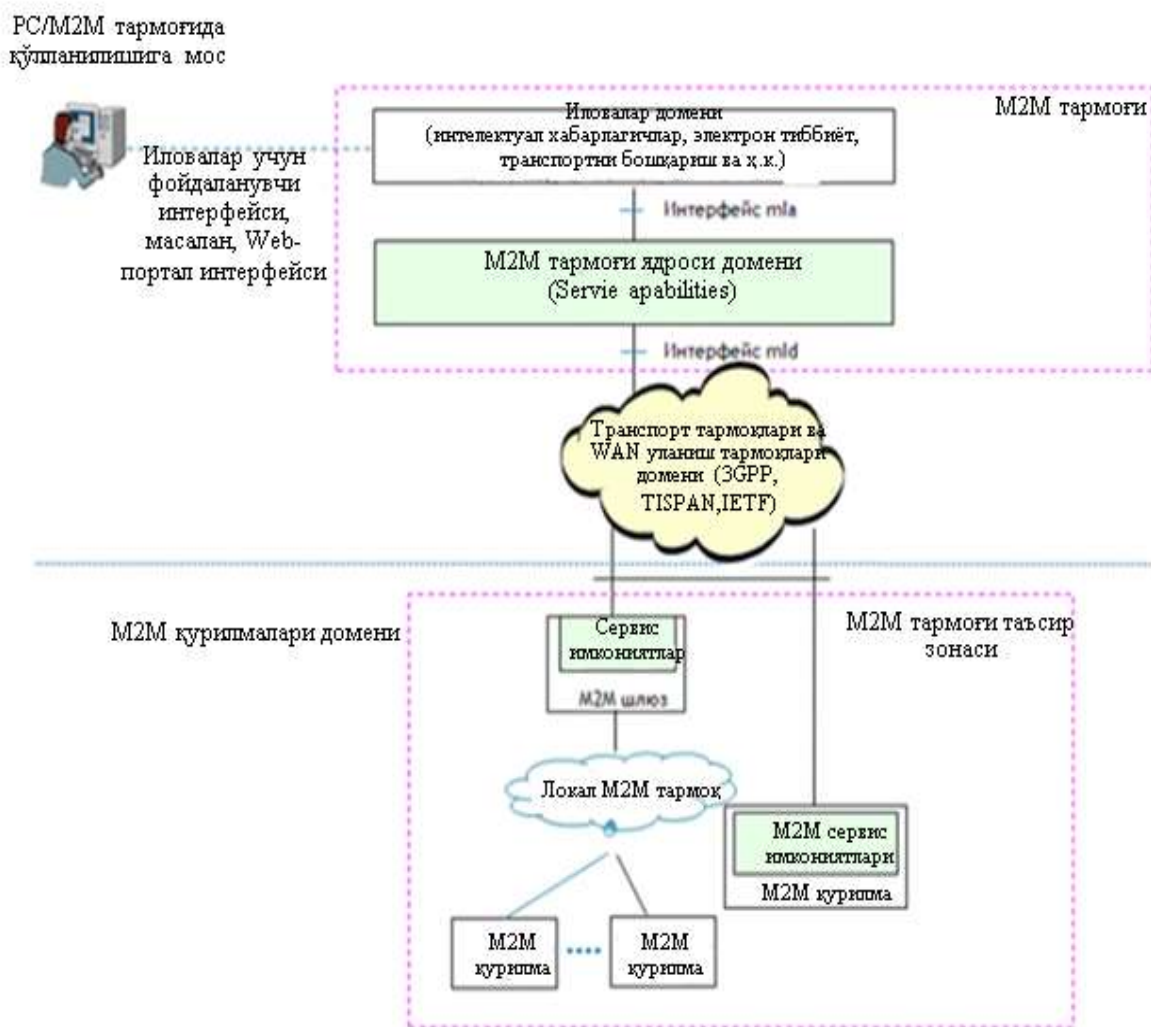
Транспорт тармоғи: Тармоқ домени ва иловалар домени орасида маълумотларни ташилишини таъминлашга имкон берадиган тармоқ ҳисобланади. M2M тармоқлардаги транспорт тармоқларининг функционал имкониятлари мавжуд транспорт тармоқларининг имкониятларига асосланади ва уланиш тармоғи каби M2M хизматлар рўйхатини, ҳам уларнинг имкониятларини кенгайтирилишини таъминлашга имкон беради.

M2M базавий тармоғи (тармоқ ядроси): Базавий тармоқ ва сунинг сервис функционал характеристикаларидан ташкил топган.

M2M базавий тармоғи: M2M тармоқлари элементларининг IP боғланиш функционал имкониятлари, сервис ва тармоқ бошқариш функциялари, тармоқлараро ўзаро таъсирлашиш, роуминг ва хавфсизликни таъминлашни тақдим этади. M2M базавий тармоғининг функционал имкониятлари мос мавжуд 3GPP CN (маслан, GPRS, EPC), ETSI TISPAN CN базавий тармоқларнинг мос функционал имкониятларига асосланади.

M2M тармоғининг сервис функционал характеристикалари: турли иловаларни бирлаштириши мумкин бўлган функцияларни бажарилиши имкониятларини тақдим этади. Улар M2M тармоғида очик интерфейсларни ишлаб чиқиш ва фойдаланиш орқали ишлатилади. M2M тармоғининг функционал имкониятлари қўшимча равишда тармоқ 3GPP ва TISPAN базавий тармоқлар функционал имкониятларини ишлатилишига имкон беради. M2M хизматлар ишлатиладиган иловаларини соддалаштириш ва оптималлаштириш имкониятини таъминлайди. M2M тармоғининг тармоқ функционал имкониятлари ҳам M2M иловаларни қўллайдиган махсус, ҳам умумий тармоқ имкониятлари бўлган маълумотларни тўплаш ва бирлаштириш, кўп манзилли хабарларни етказиш ва бошқаларни таъминлайдиган умумий бўлиши мумкин.

M2M тармоғининг m1a, d1a, m1d интерфейслари: Очик интерфейслар асосида иловалар домени ва M2M базавий тармоғи орасидаги, M2M қурилма доменининг амалий ва функционал даражалари орасидаги, M2M қурилмалари ва M2M шлюзи орасидаги ўзаро таъсирлашишни таъминлайди. M2M тармоғининг намунавий функционал архитектураси ва интерфейслари 2.3-расмда тасвирланган.



2.3-расм. M2M тармоғининг намунавий функционал архитектураси ва интерфейслари

2.6. M2M-ечимнинг ишлатилишига мисол

M2Mни қувур ўтказгичли транспортда ишлатилишига мисолни кўриб

чиқамиз. Газ тақсимлаш тизимлари газ тақсимлаш станциялари (ГТС), автоматлаштирилган газ тақсимлаш станциялари (АГТС), газ тақсимлаш пунктлари (ГТП), блокли турдаги газни ростлаш пунктлари (БТГРП), шкаф ростлаш пунктлари (ШРП), катодли ва дренаж химоялаш станциялари мажмуини ўз ичига олади.

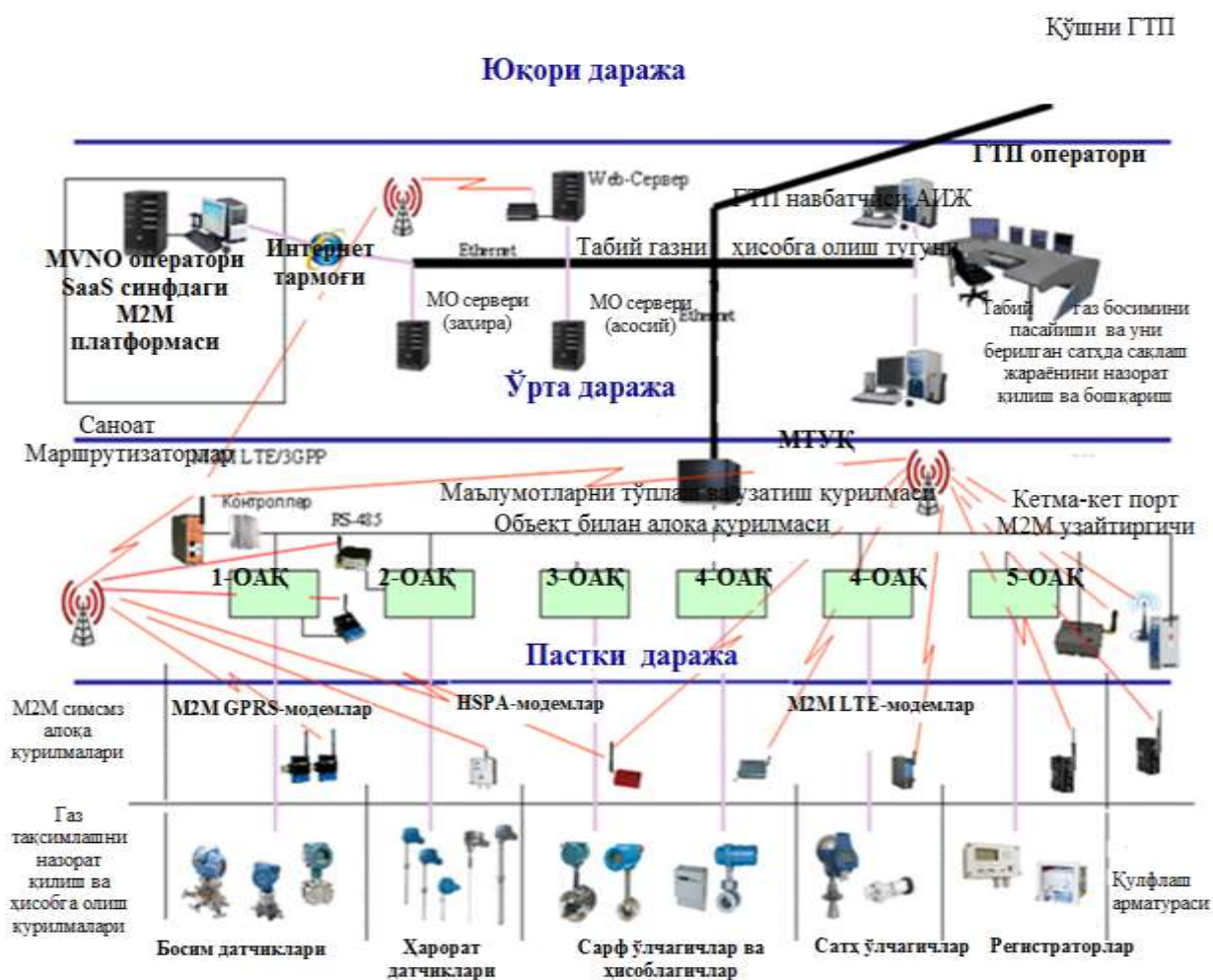
М2М-ечимларни қувур ўтказгичли транспортда ривожланишининг асосий йўналиши бу қувур ўтказгичлардаги босим, газни тижорат ҳисобга олиш автоматлаштирилган тизимларида (ГТХАТ) газнинг сарфланишини ҳисобга олиш каби турли техник параметрларни мониторинг қилиш, газ берилишини ростлаш қурилмаларини ўрнатиш, газ истеъмоли режимларининг бузилиши ҳақида, рухсат этилмаган аралашувлар ҳақида ва қурилманинг штатдан ташқари ишлаши ҳақида огоҳлантириш сигнализациясини генерациялаш орқали газ таъминоти тизими ўлчаш ва ишлаш барқарорлигини таъминлаш ҳисобланади.

М2М-ечимлар қувур ўтказгичли транспортда технологик жараёнларни назорат қилиш ва бошқариш автоматлаштирилган тизими (ТЖ НБАТ), шунингдек газни тақсимлаш ва газ истеъмолини тижорат ҳисобга олиш автоматлаштирилган тизими (ГТХАТ) асосида ишлатилади. Улар параметрларни масофадан марказлаштирилган назорат қилиш ва бошқаришни таъминлаш учун мўлжалланган ва газни узлуксиз ва хавфсиз берилиши ва фойдаланилишини, газ таъминоти тизимларида техник-иқтисодий кўрсаткичларни яхшилашни, газни тақсимлаш тизимларига уларнинг нормал ишлаш режимларида оптимал (оқилона) бошқариш таъсирларини ишлаб чиқиш ва ишлатилишини таъминлайди.

М2М-тармоқлар, ГТП ТЖ НБАТ ва ГТХАТ тизимлардан фойдаланишнинг интеграцияланишига мисол 2.4-расмда келтирилган. М2М-тармоқлар ва М2М-платформаларнинг ишлатилиши алоқа тармоқларининг кабелли инфратузилмасини ётқизирилишига иқтисод қилишга, қуриш вақтини ва персонал сонини қисқартиришга, бизнесни самарали ва боқариладиган қилишга имкон беради. Олисдаги М2М-тармоқларни симсиз технологиялар

ва мобил алоқа ёрдамида бошқариш қобилияти M2M хизматлар фойдаланувчиларига M2M қурилмаларнинг жойлашишига боғлиқлигини минимумга олиб келишга имкон беради. M2M тармоқларнинг асосий қурилмаси LTE/3GPP тармоқларни уланиш тармоғи сифатида ишлатадиган модемли хабарлагичнинг интеграцияланган модули ҳисобланади. M2M қурилмалардан маълумотларни узатиш учун ҳам IP-хабар SMS, ҳам CSD хабари ишлатилиши мумкин [3].

LTE/3GPP тармоғи



2.4-расм. M2M ечимлардан фойдаланилган кўп даражали бошқариш тузилмаси

Кўп сонли тармоқлар лойиҳаларини таҳлил қилиш кўрсатадики, M2M хизматларни телематик маълумотларни назорат қилиш ва бошқариш тизимига узатиш асосида жорий этишкомпанияларнинг операцион харажатларини ўртача 20-25% га қисқартиришга, аварияларни камайтиришга

ва тақдим этиладиган хизматлар сифатини оширишга имкон беради. Бундай M2M лойиҳалар газ ва нефтни қазиб олиш қувур ўтказгичли транспорти соҳасида жуда муҳим, чунки у кўп жиҳатдан аварияларни камайтиради ва тақдим этиладиган хизматлар сифатини оширади.

Технологик жараёнларни назорат қилиш ва бошқариш автоматлаштирилган тизимларини учта бошқариш даражасига бўлиш мумкин. Бу даражаларни ва M2M тармоқлар инфратузилмаси ролини, уларнинг радиоуланиш технологиялари, бошқариш тизимлари ва M2M иловалар билан интеграцияланишини кўриб чиқамиз.

Пастки бошқариш даражаси назорат қилиш ва ҳисобга олиш ва ўлчаш воситалари даражаси сифатида аниқланган. Уларга босим хабарлагичлари, ҳарорат хабарлагичлари, сатҳ ўлчагичлар, газ регистраторлари ва анализаторлари, қулфлаш арматураси киради. Шунингдек бу даражада симсиз алоқа M2M-қурилмалари жойлаштирилган. Уларга назорат-ўлчов хабарлагичлари билан интеграцияланган GSM-терминаллар, GSM-роутерлар, M2M SMART-терминаллари киради,

Ўрта бошқариш даражаси назорат қилинадиган газни тақсимлаш пунктлари ва станциялари (ГТП ва ГТС) мажмуи орқали аниқланади, улар микропроцессорли контроллерлар асосидаги маълумотларни тўплаш ва узатиш қурилмалари (МТУК) ва объект билан алоқа қурилмалари (ОАҚ), шу жумладан назорат-ўлчов ўзгартиргичларидан (хабарлагичларидан) аналог ва рақамли сигналларни ўлчаш, тўплаш ва қайта ишлашни амлга оширадиган симсиз уланиш қурилмаларили саноат M2M-маршрутизаторлари ва M2M-контроллерлар, маълумотларни тўплаш ва қайта ишлаш ҳамда юқори даражага узати интеллектуал қурилмалари билан жиҳозланади.

Юқори бошқариш даражаси ГТП энергияни ҳисобга олиш диспетчерлик пунктини (табiiй газни ҳисобга олиш тугуни) ўз ичиган олади. У асосий вариантда қуйидагилардан ташкил топади:

– ГТП маълумотлар омбори ажратилган серверлари (асосий ва захира серверлари);

– оператив-диспетчерлик персоналининг “мижоз-сервер” архитектурасили автоматлаштирилган иш жойи (АИЖ);

– ГТХАТ муҳандиси АИЖ;

– Web-сервер.

SaaS хизматларни кўрсатадиган M2M платформа ҳам юқори даражада жойлашган ва ўрат ҳамда пастки бошқариш даражаларида жойлашган M2M тармоқларнинг барча элементлари билан боғланишга эга. M2M платформа бу мисолда MVNO виртуал оператор асосида ишлатилган.

Энергетикадаги M2M-ечимлар

Энергетикада қўлланиладиган M2M-ечимлар электр энергиясини ишончли узатиш ва тақсимлаш транспорт муҳитини яратиш учун хизмат қилади ва қуйидаги бошқариш тизимларида ишлатилади:

– технологик жараёнларни бошқариш автоматлаштирилган тизимлари (ТЖБАТ);

– масофадан бошқариш автоматлаштирилган тизимлари (МБАТ);

– электр истеъмолини ҳисобга олиш ва бошқариш интеграцияланган тизимлари (ЭИХБИТ);

– электр энергиясини тижорат ҳисобга олиш автоматлаштирилган тизимлари (ЭЭТХАТ);

– электр энергияси йўқотишларини мониторинг қилиш тизимлари (ЭЭЙМТ);

– ташқи ёритишни бошқариш автоматлаштирилган тизимлари (ТЁБАТ) ва бошқа энергетик тизимлар.

Электр энергиясини тижорат ҳисобга олиш автоматлаштирилган тизимлари (ЭЭТХАТ) деганда истеъмолнинг қолдиқ қийматини ўлчаш ва ҳисоблаш – улгуржи бозор субъекти электр энергиясин генерациялашига имкон берадиган метрологик аттестациядан ўтказилган махсуслаштирилган техник ва дастурий воситалар комплекси тушунилади. Тижорат ҳисобга олиш тизими ўлчаш каналининг асосини ўлчаш трансформаторлари, уларнинг иккиламчи занжирлари, электр энергияси ҳисоблагичлари ташкил этади. Бу

ҳисоблагичлар ЭЭТҲАТ учун бирламчи маълумотлар манбалари ҳисобланади. 3GPP симсиз уланиш технологиялари асосидаги M2M-ечимни ишлатадиган электр энергиясини тижорат ҳисобга олиш автоматлаштирилган тизими 2.5-расмда тасвирланган.

Актив-адаптив тармоқли интеллектуал электр энергетик тизимни яратиш бўйича концепция доирасида «ФСК ЕЭС» ОАЖ томонидан ишлатилган лойиҳалардан бири [4] рақамли нимстанция лойиҳаси ҳисобланади, у истеъмолчиларнинг ишончли электр таъминотини сезиларли оширишга, шунингдек электр энергиясини ташишда ва тақсимлашда йўқотишларга сарфларни камайтиришга имкон беради.

M2M-ечимлар асосида технологик жараёнларни автоматлаштириш инсон омилини тармоқнинг ишлашига таъсирини камайтиришга, унинг ишончилигини ва умуман энергия тизимининг ишлаш барқарорлигини оширишга имкон беради.

M2M-ечимлар асосида ЭИҲБИТнинг ишлатилиши ҳисобга олиш асбобларидан (электр энергияси ҳисоблагичларидан) энергия истеъмоли параметрларини (кўрсатишлар, қувват профили ва бошқалар) олисдан олишга имкон беради. Корхоналарда бу тизимдан фойдаланиш реал вақтда энергия истеъмоли балансини олиш имкониятини беради. Маълумотларни истеъмолчиларга ҳисобни чиқариш учун ишлатиш мумкин, демак, ходимга кўрсатишларни олиш учун ҳисобга олиш асбоби ўрнатилган жойга боришнинг зарурати бўлмайди, бу ўз навбатида ёнилғи-мойлаш материалларини тежашга, персоналнинг ишлашига ҳаражатларни камайтиришга, шунингдек ишларнинг хавфсизлигини ва оперативлигини оширишга имкон беради.

LTE/3GPP тармоғи



2.5-расм. M2M-ечимни ишлатадиган электр энергиясини тижорат ҳисобга олиш автоматлаштирилган тизими

2.7. M2M технологиянинг истиқболлари

Протоколлардан ташқари, ишлаб чиқаришда қўлланишга тўлақонли тайёр симсиз технологиялар мавжуд, улар камраб олиш, ўтказиш қобилияти ва қўлланилиш соҳалари орқали фарқланади (2.1-жадвал). Бундай турдаги ечимлар IEEE стандартларига асосланган, лекин улар кўпинча ўз спецификациялари билан тўлдирилади. Мос етказиб берувчилар уюшмалари техник талаблар, сертификатлаштириш ва маркетинг ташаббусларига мувофиқликка маҳсулотларни текшириш дастурларини тақлиф этишмоқда [16].

2.1,а-2.1,б-жадвалларда бугунги кунда M2M учун ишлатиладиган тўққизта технология санаб ўтилган. Намунавий қўлланилиши ҳоллари, қурималарнинг тижорат мумкинлиги, шифрлаш имкониятлари, ишлаш

радиуси, ўтказиш полосаси, инфратузилма, энергия самарадорлиги, чиплар ўлчамлари, қурилмаларни тармоқларга улашга ҳаражатлар, масштаблаш нархи ва имкониятлари ҳақидаги маълумотлар кўрсатилган.

Маҳсулотларни танлашдаги ҳисобга олинadиган асосий омиллар қурилмаларнинг нархи, шунингдек қайта конфигурациялашга, тармоқни кенгайтиришга ва янги хизматларни интеграцияланишига ресурслар сарфлари ҳисобланади. Якуний қарорга энергия самарадорлиги, чипларнинг ўлчамлари ва ҳимояланганлик ҳам таъсир қилади.

Мисол учун, агар автомобилларни боғлаш учун глобал симсиз тармоқни танланса, тахминлаш (диагностика), машиша-машина вақтинчалик тармоқларини ташкил этиш, шунингдек автопаркларни бошқаришга эҳтиёжлар учун бугунги кундакўплаб ҳудудларда яхши қамраб олишга эгаллиги туфайли LTE энг яхши тўғри келади.

Wi-Fi ва ZigBee технологияларимобил уланиш қурилмалари билан ишлайдиган ишлаб чиқариш қурилмаларини созловчилар учун идеал тўғри келади. Ҳар иккала технологиялар юқори ўтказиш қобилиятини таъминлайди, марказлаштирилган коммуникацион инфратузилма керак эмас, паст илаб чиқаришда ташқари сарфлар билан харкaтерланади, ҳимояланган ва ишлаб чиқаариш объектларида етарлича қамраб олишни таъминлаши мумкин. ZigBee асосидаги NanoLOC технологияси йирик ишлаб чиқариш корхоналарида ишлов берилadиган буюмларни кузатиш учун тўғри келади.

2.1,а-жадвал

Симсиз технологияларнинг таҳлили

	Қўлланилиши кўриниш	Соҳа	Таъсир масофаси	Ўтказиш қобилияти	Инфратузилмадаги эҳтиёжлар	Энергия самарадорлик
LTE	Мобил охирги	АТ ва алоқа	10 км	150	Мураккаб опреаторли	Юқори

	қурилма учун симсиз алоқа				к инфратузил маси талаб қилинади	
Wi-Fi	Интернет га уланиш	Кўплаб соҳалар	100 м	600	Маршрутиз аторлар, уланиш нуқталари	Юқори
Bluetooth	Жиҳозла рнинг ўзаро таъсирла шиши	Истеъм олчи товарла ри	100 м	706,2 5	Инфратузи лма керак эмас, икки нуқтали уланиш	Паст
Zigbee	Қурилма ларни бошқари ш	Истеъм олчи ва саноат қурилм аси	100 м	250	Уланиш нуқталари	Паст
Симсиз HART- протокол	Датчикла р ва ижрочи механиз млар	Ишлов бериш, саноат	250 м	2	Саноат тармоғига уланиш учун HART- шлюз	Юқори
Industrial WLAN	Датчикла р ва ижрочи механиз млар	Ишлов бериш, саноат	100 м	450	Уланиш нуқталари, Саноат тармоғига уланиш учун шлюз	Юқори

EnOcean	Энергия ни тўплаш, ақлли уйлар	қурили ш, автомат лаш- тириш	30 м	125	Қабуллагич - узаткичлар модуллари	Жуда паст
RFID	Контактс из идентиф икация- лаш ва кузатиш	Кўплаб соҳалар	6 м	100	Белгилар, сканер	Жуда паст
NFC	Эфирда маълумо тларни алмашла ш	Смартф онлар	10 см	424	Смартфонл ар, белгилар	Жуда паст

Симсиз технологияларнинг таҳлили

	Интеграция сарфлари	Нархи	Кўламлаштирилиши	Кодлаш	Бозорга тайёрлиги	Чиплар ўлчамлари
LTE	Юқори	Паст	Паст	AES	Кенг қўлланишга тайёр	Кичик
Wi-Fi	Жуда юқори	Паст	Юқори	WPA2	Кенг қўлланишга тайёр	Ўрта
Bluetooth	Паст	Паст	Юқори	AES128	Кенг қўлланишга тайёр	Кичик
Zigbee	Паст	Юқори	Юқори	AES128	Кенг қўлланишга тайёр	Катта
Симсиз HART-протокол	Юқори	Юқори	Паст	AES128	Алоҳида бозор заруратларида қўлланилади	Катта
Industrial W LAN	Жуда юқори	Юқори	Юқори	WPA2	Алоҳида бозор заруратларида қўлланилади	Катта

EnOcean	Юқори	Паст	Ўрта	ARS4 ёки AES	Алоҳида бозор заруратлар ида қўлланила ди	Катт а
RFID	Паст	Паст	Паст	Not requ ired	Кенг қўлланишг а тайёр	Жуд а кичи к
NFC	Паст	Паст	Паст	Not requ ired	Кенг қўлланили шига истиқболл ар бор	Жуд а кичи к

Айрим ҳолларда кичик масофларда ёки яқиндан таъсир алоқасида (Near-FieldCommunication, NFC) объектларни идентификациялаш керак бўлади. Ишлов бериладиган буюмларни идентификациялаш учун анъанавий тарзда RFID қўлланилади, NFC технологиясини эса бир-бирлари билан узвий жойлашган объектлар орасида маълумотларни алмашлаш учун ишлатиш мумкин.

M2M симсиз технологиялар қатор соҳавий уюшмалар томонидан ривожлантирилмоқда, уларнинг қатнашувчилари турли ечимларни такомиллаштирмоқда ва илгари сурмоқда. Хусусан, Bluetooth Special Interest Group уюшмасига 20 мингдан ортиқ компаниялар киради, ZigBee Alliance эса ZigBee стандартини ва мос ечимларни ривожлантириш билан шуғулланадиган тижорат корхоналари, университетлар давлат тузилмалари глобал экотизимини қурди.

HART CommunicationFoundation уюшмаси ривожлантираётган стандарт ва Industrial-WLAN тизимлари асосан ишлаб чиқариш

автоматлаштирилишида қўлланилишига мўлжалланган. Агар корхонада HART ёки Profinet кабелли инфратузилма ишлатилаётган бўлса, у ҳолда Wireless-HART ёки Industrial-WLAN технологиясини жорий этиш мослашувчанлик мулоҳазаларига кўра мазмунга эга бўлади, янги тармоқни кабелли тармоққа, шу жумладан у қамраб олган бориш қийин жойларда жойлашган диагностика хабарлагичлари ва воситаларига улаш осон бўлади.

EnOcean Alliance қатнашувчилари паст энергия истеъмолили ечимларни таклиф этмоқда. EnOcean узаткичлари билан жиҳозланган қайта улагичлар батареялардан таъминланиши мумкин ёки йиғиладиган энергияда ишлаши мумкин.

M2M протоколлари муваффақиятининг энг муҳим омили энергия самарадорлиги ҳисобланади ва батареяларни оптимал танлаш деб тан олиш керак эмас (уларга хизмат кўрсатиш, ҳисобдан чиқариш керак). Bluetooth ва ZigBee асосий ва боғлиқ қурилма ўртасида маълумотларни алмашлашдаги танаффусларда уланадиган энергияни тежаш режимларига эга. RFID белгилари эса энергия самарадорлигини ошириш учун маълумотларни ёзиш ёки ўқишдан олдин тўғридан-тўғри индуктив активлаштириш мумкин.

2.7. Ўзбекистондаги M2M технологиялар

2015 йилнинг 5 ноябрида Ucell мобил оператори Тошкент шаҳрида “Келажак энди бу ерда!” конференциясини ўтказди. У «Интернет ашёлар» (Internet of Things, IoT) ривожланишининг глобал анъаналарига, корхоналар учун M2M (машиналараро шзуро таъсирлашиш) ечимларни қўлланилиши бўйича илғор тажрибалар, шунингдек бунга боғлиқ бўлган жамиятдаги ва инсонлар ҳаёт тарзидаги ўзгаришларга бағишланди [5].

M2M бозори жадал ривожланмоқда. M2M-технологиялар бугунги кунда логистика, соғлиқни сақлаш, хавфсизлик, энергетик сектор, электрон ҳукумат каби турли соҳаларда, шунингдек “интеллектуал бинолар” ва “интеллектуал шаҳарлар” лойиҳаларида муваффақиятли қўлланилмоқда.

M2M ечимлар компанияларга ва ташкилотларга нафақат жараёнлар ва ресурсларни оптималлаштиришга, балки хизматлар сифатини яхшилашга ҳам имкон беради. Бу технологиялар асосида янги ҳамкорликлар ташкил этилади, компаниялар эса янги бозорларни эгаллаши билан ўз соҳалари анъанавий чегараларидан чиқишни бошлайди. ортиб бораётган ўзаро боғланган қурилмалар, хабарлагичлар ва физик объектлар, “Интернет ашёлар” сони мижозлар, девайслар ишлаб чиқарувчилари ва иловалар ишлаб чиқувчилари учун қийматни яратади.

M2M технологиядан фойдаланиш орқали бизнес янги инновацион хизматларни ишга тушириш учун кўплаб уланган қурилмалардан олинadиган маълумотларни ишлатиши мумкин. IoT асосий концепцияси машиналараро ўзаро таъсирлашиши тахминан 10 йилдан буён мавжуд, лекин бу технологиялар айнан сўнгги йилларда жадал ривожланди.

Фойдаланилган адабиётлар

1. А.Абдукадиров, Д.Давронбеков. Мобил алоқа тизимларининг 4G авлоди. Ўқув қўлланма. – Тошкент, ТАТУ – 2015. – 328 б.
2. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed.2008
3. Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009
4. LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed.2012

Интернет ресурслар

1. Evolution to LTE report. GSA материаллари. May 11, 2011.
http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4.
2. CDMA Statistics. CDG материаллари. April 21, 2011.
http://www.cdg.org/resources/cdma_stats.asp

3. Интернет материаллари.

<http://www.marketingcharts.com/television/mobile-tv-subscribers-to-shoot-up-but-operators-revenue-not-so-much-2594/screen-digest-mobile-tv-market-by-region-through-2011jpg/>

4. *Wireless Mobile Telephony*. Arian Durresi. CIS Department. The Ohio State University. <http://www.cis.ohio-state.edu/~durresi/>

5. Fact Sheet: GSM/3G/WCDMA-HSPA, HSPA+ and LTE. GSA материаллари. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4

6. NTT DoCoMo пресс-релизи.

<http://www.nttdocomo.com/pr/2007/001319.html>

3- мавзу: Кенг полосали симсиз алоқа технологиялари. Кенг полосали симсиз уланиш технологияларнинг ривожланиш тарихи ва тавсифи. Wi-Fi технологиясининг таҳлили. WiMAX - кенг полосали симсиз уланиш технологияси (4 соат)

Режа:

- 3.1. Кенг полосали симсиз уланиш технологияларнинг ривожланиш тарихи ва тавсифи
- 3.2. Кенг полосали симсиз технологияларни классификацияси (синфларга бўлиш) бўйича ёндашувлар
- 3.3. Wi-Fi технологиясининг таҳлили
- 3.4. Wi-Fi технологиясининг таҳлили
- 3.5. Wi-Fi технологиясини ишлаш принципи
- 3.6. Wi-Fi технологиясининг таҳлили
- 3.7. Wi-Fi технологиясини амалиётда қўлланиши
- 3.8. WiMAX технологияси
- 3.9. WiMAX стандартлари

3.1. 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, инфракизил, 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.

Кенг полосали симсиз уланиш технологиялари симсиз ва тармоқ технологиялари синергиясини¹ наъмунаси ҳисобланади ва жуда катта ривожланиш истиқболига эга. Шу сабаб кенг полосали симсиз технологиялар тарихининг бошланиши деб, қайсидур маънода, илк радиоалоқа пайдо бўлишини ҳисоблаш мумкин. Маълумки, радиоалоқанинг биринчи омадли синовлари 1893 йилда серб олими Никола Тесла, кейинчалик 1895 йилда А. С. Попов ва Италиялик Гульельмо Маркони (*Guglielmo Marconi*) томонларидан бир-бирларидан мустақил равишда амалга оширилди. Бу кашфиётлар биринчи марта симсиз ахборот узатиш имкониятини кўрсатди ва бу билан алоқа ривожланиши тарихида янги эрани бошлади. Кейин эса инсоният кадамма-кадам симсиз алоқа ва ахборот узатиш тизимларида янада катта ютуқларга эришди, хусусан:

- XX асрнинг 20 йилларида амплитудавий модуляциянинг биринчи тижорат радиоблоклари пайдо бўлди;
- 1933 йилда частотавий модуляцияли радио кашф қилинди ва телевидение пайдо бўлди;
- 1946 йилда AT&T ва Bell Systems (АҚШ) компаниялари бўлажак сотали тизимларнинг тимсоли бўлган ҳаракатдаги телефон алоқа тажриба тизимини (ингл. *MTS*) ишга туширишди;
- 70 йилларнинг охирларида сотали алоқанинг биринчи авлод - 1G тизимлари ишга туширилди;
- 1973 йилда локал компьютер тармоқларнинг биринчи протоколи - Ethernet ишлаб чиқилди (кейинчалик у IEEE 802.3 статусини олди);
- 80 йилларда маълумот узатиш бўйича харбий тизим - ARPANET дастлаб миллий, кейин эса ҳалқаро миқёсдаги умумий фойдаланиш тармоғи - INTERNET га айланди.

¹ **Синергия** - алоҳида компонентларнинг оддий жаъмидан кўра ошадиган умумий таъсири билан ифодаланувчи икки ёки кўпроқ факторларнинг бирлашмаси (яъни, $2+2>4$ бўлган хол).

- XX асрнинг 90 йилларининг бошида маълумот узатиш тармоқларига кенг поласали симсиз уланиш усулининг биринчи ишланмалари пайдо бўлди.

Шундай қилиб, симсиз (аввалом бор, сотали) 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 ҳизматлар 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 ҳудудий 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 ҳизмати муҳим стратегик восита бўлиб қолмоқда: у меҳнат унумдорлигини оширмоқда (хизматчилар корпоратив ахборотларга ҳар доим ва ҳар жойда улана олишади, янгиликлар ҳақида тезроқ хабардор бўлишади), миқозларга кўрсатилаётган хизматлар сифатини оширмоқда (миқозлар талабларини тезроқ қабул қилиб, уларни тезроқ кондириш мумкин) ва рақобатли афзалликларни яратмоқда (ахборот алмашуви тезлигини ошириш ва шу билан қарор қабул қилиш тезлигини ҳам

ошириш мумкин).

Симсиз технологияларнинг ривожланишида уй фойдаланувчилари ҳам катта роль ўйнашади. 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 мусикий маркази, қўриқлаш 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.

3.2. 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 ҳали ҳам 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 силжимокда). 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 1,25МГц дан 40МГц гача кенгликдаги каналларни ишлатадиган технологиялар кенг полосали тизимлар туркумига киритилади. Шунингдек, кенг полосали технологиялар юқори маълумот узатиш тезлигини (1Мбит/сек. дан паст эмас) таъминлайди.

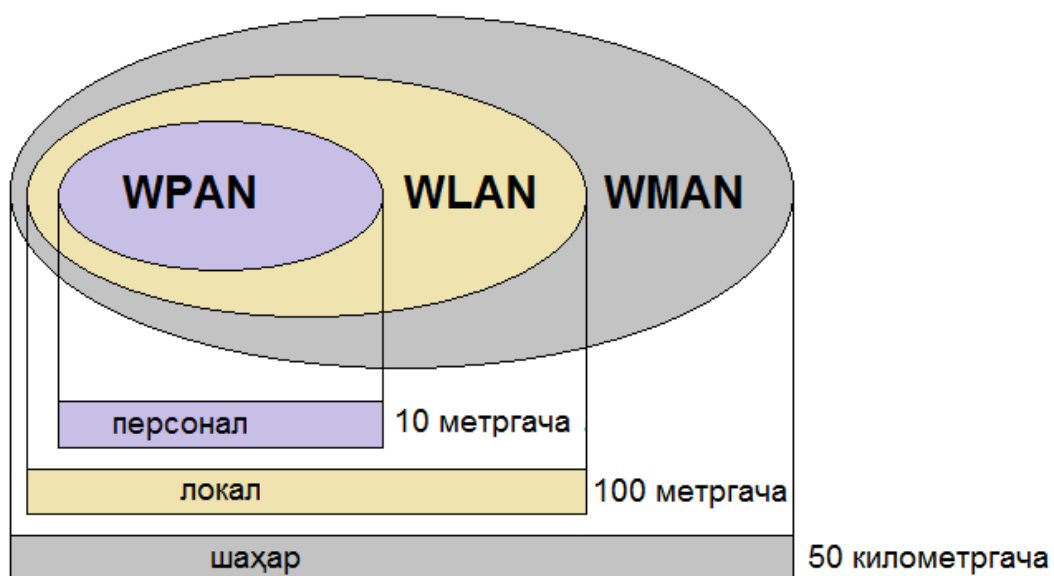
Мазкур қўлланмада кенг полосали симсиз рақамли тизимлар синфига кирадиган технологиялар ёритилади ва уларни синфларга бўлишда кўпинча қуйидаги ёндашувлар ишлатилади:

1. Алоқанинг узоклиги 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 каторига Wi-Fi, DECT, Femto-cota каби технологияларни қўшиш мумкин.

- Бир неча, ҳатто ўнлаб километрларгача қамров радиусига эга шаҳар (ҳудуд) қўламидаги 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 (3.1-расмга қаранг).



3.1-расм. Алоқанинг узатиш бўйича симсиз технологияларнинг синфларга бўлиниши

Шунингдек, баъзан глобал қўламдаги симсиз тармоқлар (ингл. *Wireless World wide Area Networks* - *WWAN*) ҳам алоҳида ажратилади. Улар қаторига аввалом бор йўлдошли алоқа тизимлари, шунингдек глобал роуминг туфайли сотали алоқа тизимлари ҳам киритилади.

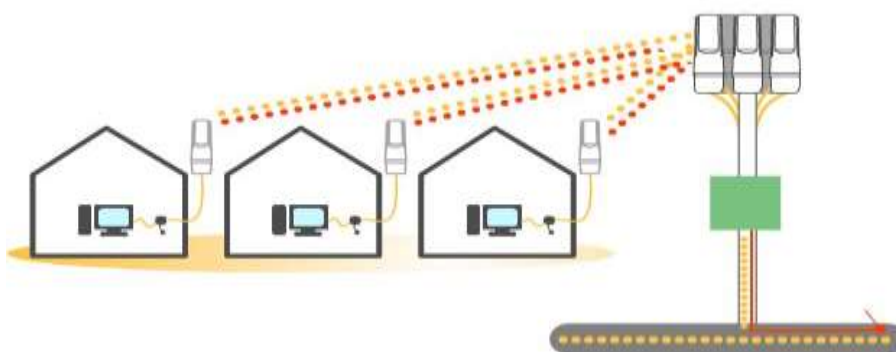
2. Тармоқлар топологияси бўйича қуйидаги уланиш режимлари ажратилади:

- тармоқнинг икки тугуни бевосита уланадиган “нуқта - нуқта” режими.

- бир уланиш нуқтаси (базавий станция) кўп сонли абонент ускуналари билан уланадиган “ нуқта – кўп нуқта” режими (3.2–расмга қаранг, мос равишда а) ва б)).



а)



б)

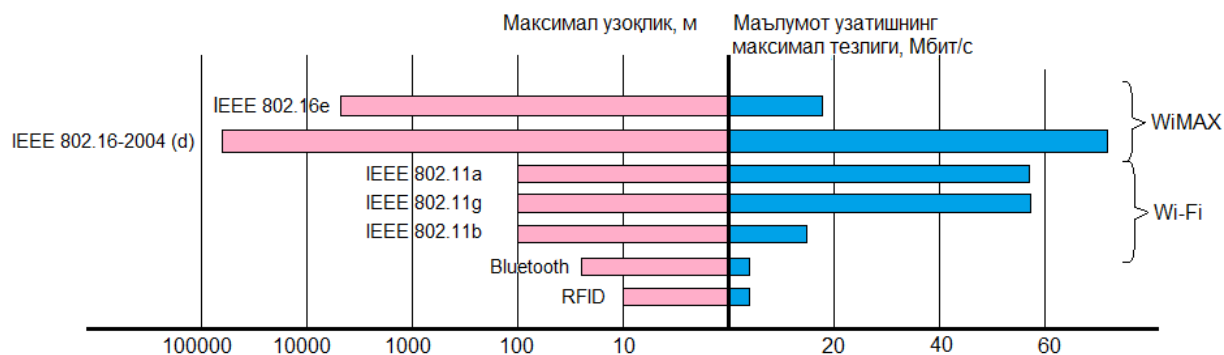
3.2–расм. Тармоқ топологияси бўйича симсиз технологияларнинг синфларга бўлиниши

3. Қўлланиш тури бўйича симсиз тармоқлар қуйидагиларга бўлинади:

- ўз заруратлари учун ташкилотлар ва компаниялар томонидан яратиладиган корпоратив тармоқлар.
- тижорат хизматларини кўрсатиш учун алоқа операторлари томонидан яратиладиган тармоқлар.

4. Шунингдек қисқа ва сиғимли классификатор сифатида КСУ технологияларнинг икки энг мухим характеристикаларини бир вақтда таққослаб кўрсатиш ҳам мумкин. Булар қуйидагилардир:

- маълумот узатишнинг максимал тезлиги;
- максимал алоқа узоқлиги. (3.3-расмга қаранг).



3.3-расм. Маълумотларни узатиш тезлиги ва алоқанинг узқлиги бўйича симсиз технологияларнинг синфларга бўлиниши

Хулоса қилиб шуни таъкидлаш лозимки, кенг полосали симсиз алоқа тизимларини синфларга бўлишга ёндашувларда (бошқа мураккаб ва ривожланаётган тизимлардаги каби) классификация мезонларининг ўзи ҳам бир хил эмаслигини ва ўзгарувчанлигини ҳисобга олиш зарур.

3.3. Wi-Fi технологиясининг таҳлили

Wi-Fi технологияси ҳақида ахборотлар етарлича кўплигини ҳисобга олган ҳолда, мазкур қўлланмада у қисқача баён этилган. Шунингдек, WLAN синфидаги технологияларга алоҳида китоб бағишланиши режалаштирилган.

Wi-Fi (ингл. *Wireless Fidelity* – бошланишида “симсиз аниқлик” деб ифодаланган) технологияси деб Wi-Fi Alliance консорциуми томонидан ишлаб чиқилган WLAN синфига қарашли 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 600Мбит/сек.

ларгача етади. Wi-Fi тармоқларида алоқанинг турғун ва мобил режимлари кўллаб-қувватланади. Абонент қабул қилгич / узаткич ускунаси – “Wi-Fi адаптери” билан жихозланган мобил терминаллар (КПК, смартфонлар ва ноутбуклар) локал тармоқларга ва уланиш нуқтаси ёки “хот-спот” деб номланган нуқталар орқали Интернетга уланиши мумкин.

3.4. Wi-Fi технологиясининг ривожланиш тарихи

Юқорида айтиб ўтилганидек, WLAN синфидаги тармоқларнинг ягона стандарти устида ишлар IEEE институти қошида яратилган 802.11 ишчи гуруҳи доирасида бошланган эди. Wi-Fi технологиясининг илк намунаси 1991 йилда Ньивегейн шаҳрида (Нидерландия) NCR Corporation/AT&T (кейинчалик Lucent ва Agere Systems) компанияси томонидан ишлаб чиқилди. Ускуна дастлаб касса аппаратларида ишлатиш учун мўлжалланган ва бозорга WaveLAN номида чиқарилган эди. Ўшандаёқ бу ускуналар 1 дан 2Мбит/сек. гача маълумот узатиш тезлигини таъминлай оларди. Wi-Fi технологиясини асосий ишлаб чиқувчиси - жаноб Вик Хейз (*Vic Hayes*) “Wi-Fi отаси” деган ном олди ва кейинги IEEE 802.11b, 802.11a ва 802.11g стандартларини ишлаб чиқишда қатнашган жамоанинг аъзоси бўлди [31].

1997 йилда IEEE 802.11 белгисини олган биринчи Wi-Fi стандарти пайдо бўлди. Бу стандарт радиочастота ва инфрақизил тўлқинларида ишлашга мўлжалланган бўлиб, 1 ва 2 Мбит/сек. маълумот узатиш тезликларини тақдим этди. Радиочастота каналида частоталарда сакраш (рус. *перескок*) ҳисобига спектрни кенгайтириш (ингл. *Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS*) ва тўғри кетма-кетлик ҳисобига спектрни кенгайтириш (ингл. *Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS*) усуллари ишлатилди.

Аммо, хатто 1997 йил учун ҳам 1 – 2Мбит/сек. тезликлар етарли бўлмади ва 802.11 гуруҳи янги юқорироқ тезликларни тақдим этадиган стандартларни ишлаб чиқиш устида ҳаракатлар бошлади. Бу вақтга келиб кўплаб давлатларда Wi-Fi тармоқлари учун ХТИ томонидан тавсия этилган 2400-2483,5МГц ва

5150-5350МГц диапазонларидаги полосаларга рухсат берилди ва ҳар иккала диапазонларда стандартлар яратиш устида параллел ишлар олиб борилди.

Дастлаб 1999 йилнинг 16 сентябрида 2,4ГГц диапазонига мўлжалланган ва маълумот узатиш тезлигини назарий жиҳатдан 33Мбит/сек га оширган IEEE 802.11b стандарти пайдо бўлди. Ишлатилган асосий модуляция/кодлаш ССК (ингл. *Complementary Code Keying*) усули 11 Мбит/сек гача тезликни таъминлади ва қўшимча PBCC (ингл. *Packet Binary Convolutional Coding*) пакетли бинар ўрашли кодлаш (рус. *свёрточное кодирование*) усули тезликни 22 ва 33Мбит/сек. гача оширди.

5ГГц диапазони учун мўлжалланган IEEE 802.11a стандарти “11b” версиясидан кейинроқ, яъни 1999 йилнинг сентябрида, пайдо бўлса-да, лекин характеристикалари бўйича ундан ўзиб кетди. У 54Мбит/сек. гача маълумот узатиш тезлигига эришди. Бунга ўша пайтда принципиал янги бўлган OFDM механизмидан фойдаланиш туфайли эришилди.

2003 йил июнида IEEE 802.11b стандартининг такомиллаштирилган версияси - IEEE 802.11g пайдо бўлди. У “11b” нинг частота диапазонида ишлар эди, ва “11a” нинг тезлигини (яъни 54Мбит/сек.) таъминлар эди.

Нихоят 2009 йилнинг 11 сентябрида узоқ кутилган IEEE 802.11n стандарти дунёга келди. Уни пайдо бўлиши Wi-Fi технологияларида янги “сақраш” бўлди. “11n” стандартида MIMO технологияси, MAC-пакетларни агрегациялаш усули, 40МГц частоталар полосасидан фойдаланиш каби кўплаб технологик янгиликлар қўлланилди ва биргаликда бу стандартдаги юқори маълумот узатиш тезлигини таъминлади (назарий жиҳатдан 600Мбит/сек. гача). “11n” стандарти аввалги барча стандартлар (яъни, “a”, “b” ва “g” версиялари) билан мослаша олади ва бугунги кунга келиб (2011 йилнинг боши) дунёда энг кўп тарқалган Wi-Fi стандарти бўлиб қолди.

Ҳозирги вақтда ўзининг характеристикалари бўйича 4G технологиялари талабларига мос бўла оладиган стандартнинг кейинги версияси, хусусан IEEE 802.11ac стандарти устида ишлар олиб борилмоқда.

3.5. Wi-Fi технологиясининг ишлаш принциплари

Одатда, Wi-Fi тармоғининг тузилмаси камида битта уланиш нуқтаси (УН) ва камида битта абонент ускунаси – Wi-Fi адаптердан иборат бўлади. Шунингдек, УН ишлатилмаганда иккита адаптерни “нуқта-нуқта” режимида улаш мумкин ва бунда абонент ускуналари бир бири билан Wi-Fi-адаптерлар орқали “тўғридан – тўғри” уланади. Уланиш нуқтаси ўз тармоқ идентификаторини (ингл. *Service Set Identifier, SSID*) махсус сигналли пакетлар ёрдамида ҳар бир 100 мсек.да 0,1Мбит/сек. тезликда узатади (демак, Wi-Fi тизимлари учун маълумот узатиш тезлигининг энг кичик кўрсаткичи 0,1Мбит/сек. ҳисобланади). Тармоқ SSID сени билган адаптер бу УН га уланиш мумкинлигини аниқлаши мумкин. Бир хил SSID ли иккита УН нинг таъсир этиш зонасига тушганда адаптер сигнал даражасига асосланиб улардан бирини танлаши мумкин. Wi-Fi стандарти абонент ускунасига УН билан уланиш ва роуминг учун мезонларни танлашда тўла эркинликни беради.

3.6. Тармоқнинг асосий элементлари

Симсиз тармоқни қуриш учун Wi-Fi-адаптерлар ва уланиш нуқталари ишлатилади.

Адаптер (3.4-расм) PCI, PCMCIA, Compact Flash кенгайтириш слотлари ва USB 2.0 порти орқали уланадиган ускуна ҳисобланади. Wi-Fi-адаптер симли тармоқдаги тармоқ картаси (рус. *сетевая карта*) каби функцияларни бажаради, яъни фойдаланувчи компьютерини симсиз тармоққа улаш учун хизмат қилади.

Intel нинг Centrino платформаси туфайли барча замонавий ноутбуклар кўплаб Wi-Fi стандартлари билан мослаша оладиган адаптерлар билан жиҳозланган. Wi-Fi-адаптерлари билан ҳозирги кунда барча замонавий КПК (чўнтак персонал компьютерлари) ва смартфонлар ҳам жиҳозланган ва бу ҳам ўз ўрнида технологияни оммавий бўлишига хизмат қилади.



3.4-расм. Wi-Fi-адаптерлар

Симсиз тармоқ ташкил этиш учун Wi-Fi-адаптер бошқа адаптерлар билан тўғридан-тўғри алоқа ўрнатиши ҳам мумкин. Бундай тармоқ “бир даражали” ёки “Ad Hoc” (ингл.-н. “ушбу ҳолат учун”) дейилади. Адаптер шунингдек, УН орқали алоқа ўрнатиши ҳам мумкин, у ҳолда бундай режим “инфратузилмали” дейилади. Улаш услубини танлаш учун адаптер Ad Hoc ёки инфратузилмали режимлардан бирига созланиши керак.

Уланиш нуқтаси деб (3.5-расм) ичига ўрнатилган микрокомпьютер ва қабул қилгич/узаткичдан иборат бўлган автоном модуль номланади.

Уланиш нуқтаси орқали адаптерлар орасида симсиз ахборот алмашуви ва ўзаро ҳамкорлиги, шунингдек, тармоқнинг симли сегменти билан алоқа амалга оширилади. Шундай қилиб, уланиш нуқтаси коммутатор ролини ўйнайди. УН тармоқ интерфейсига (ингл. *uplink port*) эга ва уни ёрдамида у оддий симли тармоқларга уланиши мумкин. Айнан мана шу интерфейс орқали УН ни созлаш ҳам мумкин. УН ҳам абонентлар (Wi-Fi-адаптер) билан уланиш учун (базавий режим), ҳам симсиз тақсимланган тармоқ - *WDS* (ингл.-н *Wireless Distributed System*) яратиш мақсадида бошқа УН лар билан уланиш учун ишлатилиши мумкин. Ўз навбатида WDS режими “нуқта – нуқта”, “нуқта – кўп нуқта”, “симсиз клиент” ва “такрорлагич” турларидаги алоқани ташкил этиш учун ишлатилади.



3.5-расм. Уланиш нуқтаси

Тармоққа уланиш эфирга кенг қамровли сигналларни узатиш йўли билан таъминланади. Бунда Wi-Fi-адаптер бир неча УН лар қамров зонасида бўлиб, улардан сигналлар олиши мумкин. Адаптер олинadиган сигналларни филтрлаш ва улардан ўзига тегишли УН ни ажратиши учун хизмат кўрсатиш зонаси идентификатори SSID (ингл-н *Service Set IDentification*) дан фойдаланади. Хизмат кўрсатиш гуруҳи (ингл. *Service Set - SS*) деб симсиз тармоқда уланишни таъминлайдиган (одатда, Ad Hoc режимида) мантиқий гуруҳлантирилган ускуналар айтилади. Базавий хизмат кўрсатиш гуруҳи деб (ингл. *Basic Service Set, BSS*) УН лар орқали бир-бирлари билан боғланган абонент станциялари тўплами айтилади. Бунда икки режим ажратилади: бевосита BSS ва ESS (ингл. *Extended Service Set*). BSS режимида барча тармоқ тугунлари фақат битта УН орқали ўзаро уланишлари мумкин. Бунда УН, шунингдек, ташқи тармоқлар билан кўприк ролини ҳам бажариши мумкин. Кенгайтирилган - ESS режимида эса симсиз тармоқ бир неча BSS-тармоқлар инфратузилмадан ташкил топган бўлиб, УН лар бир-бирлари билан ўзаро боғланишади ва бу бир BSS дан бошқасига трафик узатиш имкониятини беради. Бунда УН ларни ўзаро уланиши кабел линиялари ёки радиокўприклар орқали амалга оширилади.

Wi-Fi технологиясининг асосий афзалликлари сифатида қуйидагиларни келтириш мумкин:

- замонавий тармоқларнинг тезлиги анча юқори (300Мбит/сек. ва унданхам юқори) бўлиб, бу жуда кенг масалаларда улардан фойдаланиш имкониятини беради.

- Wi-Fi стандартларининг очиқлиги турли ишлаб чиқарувчилар жиҳозларининг ўзаро мослашувини таъминлайди, натижада жиҳозларни нархини камайтиришга олиб келади.

- Wi-Fi технологияси кабел ўрнатиш самарали бўлмаган ёки хатто мумкин бўлмаган жойларда алоқа ўрнатиш имкониятини беради;

- тармоқларни кабел ўтказмай яратиш имконияти уларни қуриш ва кенгайтиришга сарфланадиган ҳаражатларни камайтиришга олиб келади.

- тармоқларни тезкор равишда ташкил қилиш имконияти масофали конференциялар ўтказишда ёки офисдан ташқарида ишлашда жуда қўл келади;

- уланиш нуқталари орасида абонент ускуналарининг ҳаракатланиш имкониятини берадиган “роуминг” хизматини қўллаб-қувватланиши;

- глобал даражада ягона стандартлаштиришнинг мавжудлиги туфайли бутун дунё бўйлаб турли давлатларда Wi-Fi жиҳозларининг ишлатилиши имконияти.

Wi-Fi технологиясининг камчиликларига қуйидагиларни киритиш мумкин:

- Wi-Fi тизимлари чекланган ишлаш радиусига эга. (оддий уй Wi-Fi маршрутизатори 802.11b ёки 802.11g стандартида бинони ичида 45 м гача ва бино ташқарисида 90 м гача ишлаш радиусига эга).

- реал вақт масштабида ишлайдиган иловалар учун кам яроқлилиги (масалан, IP-телефонида қўлланиладиган RTP протоколи учун). Медиа оқимнинг сифатини олдиндан айтиб бўлмайди чунки фойдаланувчига боғлиқ бўлмаган қатор омиллар сабабли (атмосфера ҳалақитлари, ландшафт ва

фойдаланилган частоталар) маълумот узатишда кўп йўқотишлар бўлиши мумкин.

- ҳатто беҳато конфигурацияда ҳам WEP шифрлаш алгоритми бузилиши нисбатан осон (шифрлаш калитининг кучсизлиги туфайли). Янги абонент ускуналари такомиллаштирилган WPA-2 шифрлаш протоколини кўллаб-қувватласада, кўплаб эски УН лар уни “тан олмайди” ва WEP га алмаштирилишини талаб қилади.

- частота диапазонлари ва ишлаш бўйича чеклашлар турли давлатларда бир хил эмас (масалан, Европадаги бир қанча ажратилган частотавий каналлар АҚШ да таъқиқланган. Италияда ва кўплаб Европа ҳамда МДХ давлатларида бино ташқарисида ишлайдиган барча Wi-Fi тармоқларни ёки бевосита Wi-Fi операторларни қайд қилиш талаб қилинади).

- турли ишлаб чиқарувчиларнинг ускуналари орасида тўлиқ мослашув йўқлиги ёки уларни стандартга тўлиқ мувофиқ эмаслиги туфайли уланиш имкониятлари чекланиши ёки алоқа тезлиги камайиши мумкин.

- бир хил каналда ёки қўшни каналларда ишлаганда ёпиқ ёки шифрлашни ишлатадиган УН ва очик УН сигналларининг устма-уст тушиши очик УН га ҳалақит қилиши мумкин (бу муаммо УН ларнинг катта зичлигида, масалан, катта кўп хонадонли уйларда вужудга келиши мумкин).

- бошқа стандартларга қараганда кўпроқ энергия истеъмол қилиниши батареяларнинг ишлаш вақтини камайтиради ва усқунанинг хароратини оширади.

Симсиз технологиялар учун ахборот хавфсизлигини таъминлаш масалалари жуда муҳим ҳисоблансада, биринчи Wi-Fi стандартлари заиф химоя тизимларига эга бўлган ёки умуман эга бўлмаган. Бунга сабаб дастлаб мазкур технологияларнинг бунчалик оммавийлашиши ва мувофиқ равишда хавфсизлик муаммоларининг бундай кескин бўлиши қутилмаганлигидир. Биринчи WEP (ингл. *Wired Equivalent Privacy* – симли тармоқлардаги хавфсизлик даражасига тенг) шифрлаш протоколи 1999 йилда жорий этилган ва “11b” стандартида ишлатилган эди. WEP протоколи симметрик (узаткич ва

кабул қилгичда бир хил) статик (ўзгармайдиган) 64 бит узунликдаги калитларни (аслида 40 битлик калитга, 24 битлик инициализация вектори қўшилади) ишлатади ва бу калитларни бирма-бир танлаш йўли билан бир неча секундларда аниқлаб олиш мумкин. Бундай заифлик WEP ёрдамидаги шифрлашни самарасиз қилди. WEP протоколида динамик (ўзгарувчан) шифрлаш калитларидан фойдаланиш ҳам муаммони фақат қисмангина ҳал этди. Шунинг учун WEP заифлигини тўлиқ тузатиш учун калитни ва шифрлаш алгоритмини кучайтириш талаб этилди.

Бу мақсадда IEEE нинг стандартлар бўйича қўмитаси Wi-Fi технологияси учун хавфсизлик тизимини янгитдан ишлаб чиқишга қарор қилди. Натижада 2004 йилнинг июнида Wi-Fi Alliance гуруҳи томонидан ишлаб чиқилган, шунингдек WPA-2 протоколи сифатида маълум бўлган янги IEEE 802.11i стандарти пайдо бўлди [34]. IEEE 802.11i стандарти симсиз тармоқларнинг хавфсизлиги учун узоқ муддатли ва кенгайтирилган ечим ҳисобланади ва WEP камчиликларидан ҳоли бўлган тамомила янги хавфсизлик тизими деб аталади. IEEE 802.11i стандарти симсиз ускуналар хавфсизлиги бўйича қўшимча имкониятлар таъминлашни кўзда тутган “кучайтирилган тармоқ хавфсизлиги” - RSN (ингл-н *Robust Security Network*) концепциясини ишлатади. Бу эса аппарат қисмида ва дастурий таъминотда ўзгаришларни талаб қилади ва шу билан RSN га тўлиқ мослашадиган тармоқларни WEP протоколинини ишлатадиган мавжуд жихозлар билан мослашмайдиган қилиб қўяди. Шундай қилиб, бир қанча вақт ҳам RSN, ҳам WEP жихозлари қўллаб қувватланади, кейинчалик эса WEP ли ускуналар ишлатишдан умуман чиқариб ташланади.

Wi-Fi тармоқларининг амалий қўлланилиши

Wi-Fi тармоқларидан тижорий фойдаланиш

Ҳозирги вақтда Wi-Fi тармоқлари дунёда жуда кенг тарқалган. Wi-Fi асосидаги хизматларга ҳозирги кунда исталган оммавий жойда: ўқув масканларида, кутубхона, кафе, аэропорт ва меҳмонхоналарда уланиш

мумкин. Лекин барибир бундай тармоқларнинг камров зоналари сотали тармоқларникига нисбатан эпизодик (парча-парча) бўлиб қолмоқда.

Бугунги кунга келиб дунёда энг йирик ва аҳамиятли Wi-Fi тармоқлари сафига қуйидагиларни киритиш мумкин:

- 2007 йилда Earthlink компанияси (АҚШ) Филадельфия шаҳрини Интернетга симсиз тармоқ асосида тўлиқ улаган ва шу билан уни Wi-Fi билан камраб олинган АҚШ даги биринчи шаҳар – мегаполисга айлантирган.
- АҚШ ва Буюк Британияда Starbucks ресторанлар тармоғи учун хот-спотлар ишлашини, шунингдек Германияда 7500 дан ортиқ хот-спотлар ишини таъминлаган T-Mobile компанияси тармоғи.
- Golden Telecom компанияси томонидан Москвада яратилган дунёдаги энг катта шаҳар Wi-Fi тармоғи. Бу тармоқ, шунингдек, Яндекс – Wi-Fi лойихасини ишлатиш учун ўз алоқа каналларини тақдим этади.
- Франциядаги Ozone ва Ozone Paris тармоқлари. 2003 йилда Ozone компанияси Париж шаҳрини тўлиқ қамрайдиган марказлаштирилган Wi-Fi тармоғини яратиш мақсадида Ozone Paris тармоғини қуришни бошлаган.

Wi-Fi тармоқларидан нотижорий фойдаланиш

Ҳозирги кунда кўплаб гуруҳлар, жамоалар, шаҳарлар ва, ҳатто, хусусий шахслар умумий “пиринг келишувидан”¹ фойдаланган ҳолда, тармоқлар бири бири билан эркин ишлай олиши учун очик Wi-Fi тармоқларини қуришмоқда. Очик Wi-Fi тармоқларини кенгайтириш мақсадида кўплаб шаҳар маъмуриятлари маҳаллий жамоалар билан бирлашмоқдалар. Кўпчилик гуруҳлар кўнгилли ёрдамларга ва ҳомийлар кўмақларига тўлиқ асосланган ҳолда Wi-Fi тармоқларини қуришмоқда.

Унча катта бўлмаган баъзи давлатлар (масалан, Тонга қироллиги ва Эстония) ва шаҳарлар ахоли яжаш жойларидан Wi-Fi хот-спотларига боғланиш орқали Интернетга эркин уланишни барчага тақдим этмоқда.

¹ «Пиринг келишуви» ёки «Пиринг» (ингл-н *peering* - кўшнилик) – ўз тармоқлари орасида трафик алмашуви бўйича операторлар орасидаги келишув ҳамда ушбу келишувни амалга оширувчи техник ҳамкорлик, яъни тармоқлар уланиши ва тармоқ маршрутлари бўйича маълумот алмашуви.

Масалан Парижда Ozone Paris Wi-Fi тармоғини ўрнатишда ўзининг уйини томини фойдаланишга берганларга Интернетга чекланмаган уланиш тақдим этилмоқда.

Кўплаб университетлар ўз талабалари, ташриф буюрувчилар ва университет ҳудудидаги барча шахслар учун Wi-Fi тармоғи орқали Интернетга эркин уланишни таъминламоқда. Бундай тармоқлар Тошкент ахборот технологиялари университетида ва Тошкент темир йул транспорти муҳандислари институтида ҳам ишлаб турибди.

Шунингдек эркин уланишни фақат ўз аъзоларига тақдим этадиган ва аъзо бўлмаганларга уланишни тўлов асосида берадиган жамоалар ва ташкилотлар яратган бошқа тоифадаги тармоқлар ҳам кўпгина. Бундай вариантга Финляндияданнинг Sparknet тармоғи мисол бўлиши мумкин. Sparknet тизими фойдаланувчилар ўз уланиш нуқталарини тармоқга қўшиб, бундан маълум бир фойда олиш имконини берадиган Open Sparknet лойиҳасини ҳам қўллаб-қуватлайди.

Тармоқларнинг аксарият қисми очик кодли дастурий таъминот асосида ёки очик лицензиялик эълон қилинган схемалар асосида қурилмоқда. Масалан, “Wi-Fi Liberator” дастури MAC OS X ва Wi-Fi модули ўрнатилган исталган ноутбукни Wi-Fi тармоғининг очик тугунига айлантиради. OLSR¹ (ингл-н *Optimized Link-State Routing*) очик тармоқларни яратиш учун фойдаланиладиган протоколлардан бири ҳисобланади.

3.7. WiMAX технологияси

Ҳозирги кунда кенг полосали симсиз алоқа тизимлари инсон ҳаёти фаолиятининг барча соҳаларига кириб бормоқда ва бутун дунёда: ривожланган давлатларда ҳам, ривожланаётган давлатларда ҳам инсонларнинг яшаш сифатини оширишга хизмат қилмоқда. Ушбу тизимлар ёрдамида турли

¹ **OLSR** - проактивный протокол маршрутизации, использующий обмен сообщениями приветствия и контроля для получения информации о топологии сети.

хил вазифаларни ечиш мумкин: мультимедиа, интерактив ва персонал контентларга тезкор ва қулай уланиш, анъанавий нутқ алоқасини таъминлаш ёки маҳаллий ва глобал жамоалар доирасида ахборот алмашинувини амалга ошириш мумкин. IEEE 802.16 (кўпроқ, WiMAX сифатида маълум бўлган) стандартлар оиласи деб номланган кенг полосали симсиз алоқа тизимлари IMS (янги авлод IP га асосланган мультимедия нимтизимлари) асосида кенг полосали тармоқлар учун яратилган хизматлар ҳамда тезкор Интернет каналларини ташкил этиш воситалари билан биргаликда фойдаланувчиларга (хусусан Интернетдан) кенг полосали симсиз уланишнинг принципиал янги имкониятларини таклиф этади.

IEEE 802.16 стандартини пайдо бўлгунича Интернетга уланиш анча турғун бўлган, яъни фойдаланувчи иш жойидаги компьютерга ёки жуда бўлмаганда Wi-Fi уланиш нуктаси доирасидаги ноутбукка боғлиқ бўлган. WiMAX тизимлари кенг полосали тармоқларга ва Интернетга уланишни янада мобил, янада оммабоп ва янада кенг тарқалган қилмоқда. Буни учун турғун, кўчма ва мобил абонентларга хизмат курсатадиган кенг полосали симсиз тармоқлар яратилмоқда. Шундай қилиб, Интернет ва унинг барча иловаларига, яъни ахборотлар, хизматлар ва алоқага ҳар доим ва ҳамма ерда уланиш муҳити шакллантирилмоқда. Бунда WiMAX тизимларига катта масъулият ажратилмоқда.

WiMAX тизимининг Wireless MAN симсиз тармоқлар тизимига киради. WiMAX атамаси инглизча “ Worldwide Interoperability for Microwave Access” номини қисқартиришдан келиб чиқади, бу сўзма сўз таржима қилганда “Микротўлқинли радиоалоқа (ЎЮЧ) асосидаги тармоқларга уланиш учун бутун дунё ўзаро таъсирлашиш” ни билдиради.

Мазкур технология ҳар хил турдаги ускуналар учун (автоматлаштирилган ишчи станциялари ва портатив компьютерлардан тортиб мобил телефонларгача) катта масофаларга юқори тезликли симсиз универсал алоқани тақдим этиш мақсадида ишлаб чиқилган. WiMAX атамаси IEEE 802.16 стандартлар атамасини оммалаштириш мақсадида 2001 йил

июнида асос солинган соҳавий форум (WiMAX Forum) томонидан таклиф этилган [35].

IEEE 802.16 стандартларининг илк версияларида 10ГГц дан 66ГГц гача бўлган юқори частотали диапазонларда тўғри кўриниш ҳудудида (ингл. *Line of Sight, LOS*) ишлайдиган тизимлар тавсифланган. Кейинчалик 2ГГц дан 11ГГц гача диапазонларда тўғри кўриниш бўлмаган ҳудудларда ҳам (ингл. *None Line of Sight, NLOS*) ишлайдиган тизимларни қўллаб-қувватлайдиган стандартлар қўшимчаларини ишлаб чиқишга урғу берилган.

IEEE 802.16-2004 (шунингдек IEEE 802.16d ёки қисқаритириб “16d”) номи билан маълум бўлган стандартни яратишда стандартнинг аввалги версияларидаги барча ишланмалардан фойдаланилган. Бу тадбирлар бинолар ичида радиоқамровни яхшилашга имкон берди ва, ўз навбатида, стол устида ишлатиладган абонент ускуналарини яратишга имкон берди.

2005 йилнинг декабрида IEEE 802.16e (“мобил WiMAX” ёки “16e версияси”, баъзи ҳолларда “IEEE 802.16-2005”) сифатида маълум бўлган стандарт устида ишлар якунланди ва ҳозирги кунда у IEEE 802.16 стандартлар оиласида энг долзарб стандарт бўлиб қолди. Ҳозирда телекоммуникациялар бозорида юқорида кўрсатилган WiMAX стандартларининг асосан иккитаси, яъни фақат турғун терминаллар билан ишлайдиган IEEE 802.16d стандарти ва турғун, кўчма ва мобил абонентлар билан алоқа ўрната оладиган IEEE 802.16e стандарти намоён этилган. 2012 йилда WiMAX нинг янги стандарти – IEEE 802.16m тасдиқланиши кутилмоқда.

Маълумки, Халқаро телекоммуникация иттифоқи (ХТИ) 3G - учинчи авлод мобил алоқа тармоқларининг уйғунлаштириш мақсадида, яъни мобил алоқа стандартларининг кўп сонли бўлиб кетишини олдини олиш ва уларнинг глобал миқёсда ўзаро ишлай олиши учун ИМТ-2000 дастурини жорий этган эди. 2006 йилнинг ноябрида IEEE 802.16 стандартларининг асоси ҳисобланган янги IP-OFDMA радиоинтерфейсининг ушбу дастурга қўшиш ҳақида (ITU–R WP8F/ITU–R Pro.WP/ 1065) IEEE томонидан таклиф киритилган [36]. 2007 йилда ХТИ ИМТ-2000 дастури доирасида тўртта турли уланиш технологиялари

(FDMA, TDMA, CDMA ва OFDMA) га асосланган олтига радиоинтерфейсларни ўз таркибида тасдиқлаган. Буларга қуйидаги радиоинтерфейслар киради:

- CDMA-Direct Spread - спектрни тўғридан-тўғри кенгайтириш асосида ишлайдиган CDMA технологияси. UTRA радиоинтерфейси, шунингдек, W-CDMA технологияси сифатида маълум (юқорида, 3 Бобда батафсилроқ берилган). UMTS ва FOMA стандартларида қўлланилади.

- CDMA-Multi Carrier - бир нечта элтувчилар асосида ишлайдиган CDMA технологияси. CDMA-2000 стандартлар оиласида қўлланилади.

- CDMA-TDD - вақт бўйича дуплекс асосида ишлайдиган CDMA технологияси. UTRA TDD радиоинтерфейси. TD-SCDMA стандартида қўлланилади.

- TDMA-Single Carrier - бир элтувчи асосида ишлайдиган TDMA технологияси. UWC – IS-136 стандарти қўлланилиши кўзда тутилган.

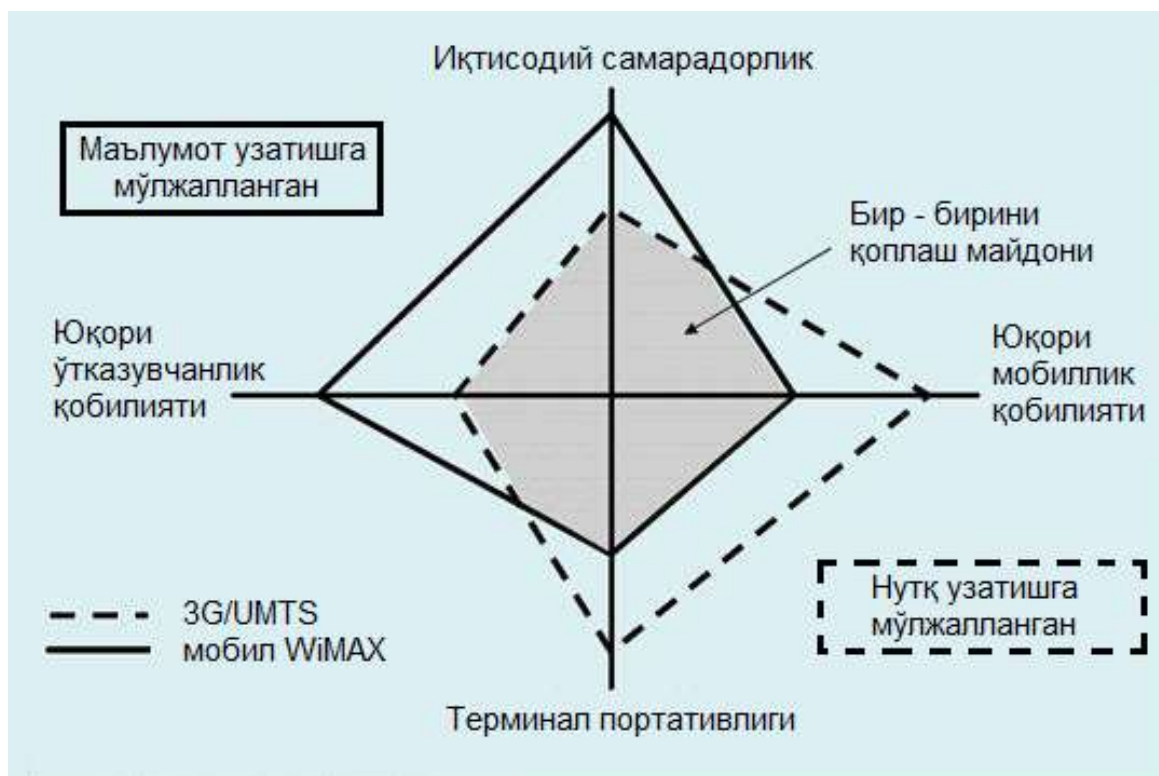
- FDMA-TDMA - FDMA ва TDMA технологияларининг қўшилиши. DECT стандартида қўлланилади.

- IP-OFDMA - IP-протоколини қўллаб-қувватлайдиган бир неча ортогонал элтувчилар асосида кўп сонли уланиш технологияси. FDD частота бўйича дуплекс асосидаги OFDMA радиоинтерфейси. WiMAX ва LTE стандартларида қўлланилади.

OFDMA каналларни ажратиш технологияси WiMAX стандартини мобил версиясининг асоси сифатида қабул қилинган. OFDMA нинг афзаллиги яна шундаки, у истиқболли MIMO, STC ва йуналтириш диаграммаларини шакллантириш каби самарали антенна технологияларини қўллаб-қувватлаши туфайли янги мобил ва кенг полосали симсиз алоқа тизимларини яратиш учун асос ҳисобланади.

Эслатиб ўтиш керакки, WiMAX тизими аввалом бор маълумот узатишга асосланган кенг полосали симсиз уланиш технологияларининг ривожини ҳисобланади, аксинча, LTE тизими эса дастлаб овоз узатишга асосланган сотали алоқа технологияларига қарашлидир. Лекин бу жараёнда борган сари

кенг полосали ва мобил алоқа тизимларининг конвергенцияси (бир-бирига яқинлашиши) янада яқол кузатилмоқда, хусусан, WiMAX технологияси катта мобилликка интилмоқда, LTE тизими эса ўта юқори тезликда маълумот узатиш имкониятлари томон ривожланмоқда (5.1-расм).



3.1-расм. Кенг полосали ва мобил алоқа тизимларининг конвергенцияси

WiMAX тизимларининг келгуси ривожини IEEE 802.16 гуруҳидаги янги стандартларнинг пайдо бўлиши билан боғлиқ деб ҳисобланмоқда. IEEE 802.16 ишчи гуруҳи доирасида стандартни такомиллаштириш бўйича кўп сонли тадқиқотлар ўтказилмоқда ва ҳозирги вақтда энг истиқболли деб IEEE 802.16m стандарти лойиҳаси кўрилмоқда. У кўзда тутилганидек, IMT Advanced сифатида маълум бўлган (яъни, IMT-2000 дан кейинги) тизимларни тавсифлайди. WiMAX форуми IEEE 802.16m стандартини WiMAX тизимларини бошқа мобил технологиялар билан конвергенциясининг (бирлашишининг) асоси сифатида баҳоламоқда. IEEE 802.16m стандартининг пайдо бўлиши 2012 йилда кутилмоқда.

ИМТ Advanced¹ дастури ИМТ-2000 тизимларида эришилмаган янада юқори маълумот узатиш тезлигига, янада катта мобилликка ва функционалликка эга тизимларни яратишга қаратилган. Бундан кўзда тутиладики, ИМТ Advanced технологиялари юқори мобилликда 100Мбит/сек гача ва паст мобилликда ва турғунликда 1Гбит/сек гача тезликларни таъминлайди ва шу сабаб бу технологияларни мобил алоқа тизимларининг тўртинчи авлоди - 4G га киритиш мумкин (3.2-расм).



3.2-расм. Кенг полосали ва мобил алоқа тизимлари эволюцияси

WiMAX тизимининг бош характеристикалари орасида жавоб кечикишининг кам вақти, юқори ахборот хавфсизлиги, юқори алоқа сифати - QoS ва радиочастота спектри уйғунлаштирилган ҳолда глобал роуминг имкониятлари таъкидланади. WiMAX форумининг роуминг бўйича ишчи гуруҳи ҳам WiMAX тармоқлари орасида, ҳам ИМТ-2000 стандартларига асосланган бошқа тармоқлар орасида роуминг ташкил этишни спецификацияларини ва бизнес-моделини эълон қилмоқчи. Шунингдек, WiMAX форуми симли ва симсиз интерфейслар базасида операторларга бир

¹ Эслатиб ўтиш керакки, “ИМТ-2000” ва “ИМТ Advanced” дастурлари ҳозирги вақтда ягона “ИМТ” дастурига бирлаштирилган.

туркум ва сифат даражасида ҳизматлар таклиф этишга имкон берадиган WiMAX тармоқлари билан мавжуд маълумот узатиш тармоқлари ва IMS нинг янги архитектурасини қўллаб-қувватлашни таъминлашида ўзининг фаол ролини бажармоқда.

Кейинчалик эса, мобил ва кенг полосали симсиз алоқа тизимларининг конвергенция аънъанаси давом этаверса, глобал миқёсда умумқамров алоқани таъминлашга қодир янги, чинакамига универсал стандарт пайдо бўлса ажаб эмас.

“Рақамли тенгсизлик” (ингл. *Digital Gap*) муаммосининг маъноси нимада? Ахборотларга эга бўлишлик жамиятнинг кенгроқ иқтисодий ва ижтимоий ривожланишига имкон яратиши ҳеч кимга сир эмас. 1984 йилдан бошлаб дунё ҳамжамияти ривожланаётган мамлакатларда телекоммуникациялар инфратузилмаси қолоқлили уларнинг иқтисодий ўсиши учун тўсиқ бўлаётганлигини таъкидлай бошлади. 1996 йилда ХТИ БМТ бошчилигида ривожланаётган давлатларда ахборот ва коммуникацион технологиялар (АКТ) нинг асосий хизматларига умумий уланишни тақдим этишга ва “ахборот камбағаллиги” таъсирини қисқартиришга йўналтирилган “Алоқага ҳуқуқ” (ингл. *“The Right to Communicate”*) деб номланган лойихани олға сурди. Ушбу мақсад ҳозирги кунда ахборот ҳамжамияти масалалари бўйича Бутундунё саммити - WSIS (ингл-н *World Summit on the Information Society*) нинг барча режаларини асоси бўлиб қолди. 2003 йилнинг декабрида Женева шаҳрида ўтказилган WSIS нинг биринчи саммитида “Рақамли тенгсизлик” деб ахборот ва коммуникацион технологияларга нотенг уланиш имкониятлари назарда тутилди. АКТ га нотенг уланиш деганда, биринчи навбатда давлатлар орасидаги фарқ (халқаро рақамли тенгсизлик), масалан, ривожланган ва ривожланаётган мамлакатлар ёки ҳудудлар орасидаги фарқ тушунилади. Шунингдек тенгсиз уланиш давлатлар миқёсидаги (миллий рақамли тенгсизлик) жараён сифатида ҳам аниқланади ва бунда қишлоқ ва шаҳар орасидаги, маълумотли ва кам маълумотлилар орасидаги, аҳолининг камбағал ва бой қатламлари орасидаги фарқ тушунилади.

“Рақамли тенгсизлик” қанчалик кескин ва унинг ўзгариш башоратлари қандай? Провайдерлар ва Интернетдан фойдаланувчилар сони ёки турғун ва мобил телефонлар сони каби олдиндан аниқланган мезонлар асосида ўтказилган тадқиқотлар натижасида, шунингдек, ривожланган ва ривожланаётган давлатларда сўнгги йилларда бўлаётган ўзгаришларнинг таҳлили асосида бу масаланинг ҳозирги ахволига турлича баҳолар берилди. Бир тарафдан, ҳам давлатлараро, ҳам давлатлар миқёсида “Рақамли тенгсизлик” ўсиб бормоқда, деган фикрлар бўлса, бошқа тарафдан, аксинча бой ва камбағал давлатлар орасида “Рақамли тенгсизлик” қисқармоқда, деган фикрлар бўлди. Турли халқаро ташкилотлар (ХТИ ёки Жаҳон банки гуруҳи) эълон қилган расмий ҳисоб-китобларга мувожаат қилинса маълум бўладики, ривожланган ва ривожланаётган давлатлар орасида АКТ га уланишдаги тенгсизлик мавжуд ва ҳали ҳам жиддий муаммо бўлиб турибди. Ҳусусан ХТИ ўз таҳлилида қуйидаги маълумотларни берди: ҳозирги вақтда иқтисодий ривожланган давлатларда яшайдиган 942 миллион аҳоли кам ва нисбатан кам ривожланган давлатларда яшайдиган аҳолига (ер юзининг қолган 85% фоизи) нисбатан турғун ва мобил алоқа хизматларидан 5 марта, Интернет хизматларидан 9 марта, ҳамда компьютерлардан 13 марта кўпроқ фойдаланиш имконига эгадурлар [37]. Бироқ амалда, расмий рақамларга кўра, сўнгги ўн йилда “Рақамли тенгсизлик” қисқаришининг яққол белгилари ҳам намоён бўлмоқда. Аммо, шунга қарамай, ахвол сезиларли ўзгараётгани йўқ, айниқса кўплаб алоқа хизматларига умуман эга бўлмаган қишлоқ жойларда.

Ўзича асосли бўлган бундай қарама қарши фикрларнинг мавжудлигига қарамасдан, уланиш имкони борлиги ва унинг сифати, яъни алоқа инфратузилмасини яратилиши ҳар хил давлатларда АКТ ни тезкор ва ишончли ривожланишига асосий омиллар деб ҳисобланали. 2005 йилда ХТИ “Рақамли тенгсизлик” ни қисқартириш учун ҳамкорликни ривожлантириш мақсадида WSIS доирасида глобал даражада кўплаб ташкилотлар томонидан биргаликда ўтказиладиган “Оламни улайлик”(ингл. *Connect the World*) деб номланган ташаббусни бошлади. Бу ташаббуснинг мақсади ҳозирги вақтда хатто оддий

телефон алоқасига уланишга ҳам эга бўлмаган инсонларга АКТ – хизматларини тақдим этишдан иборатдир. Шу муносабат билан WiMAX форуми минг йиллик ривожланиш мақсадларига эришиш учун барча талабларга жавоб берадиган янги симсиз алоқа стандартларини қисқа вақтда ишлаб чиқишга киришган. Бу мақсадлар қаторига “Тараққиёт учун глобал ҳамкорликни ривожлантириш” (ингл. *Develop a Global Partnership for Development*) ҳам қиради [38]. Ушбу мақсад ҳар бир инсон ахборотлар ва билимлардан фойдаланиш, уларни яратиш, уларга уланиш ва улар билан алмашиш имкониятига эга бўлиши ҳисобига жамоалар ва халқларнинг салоҳиятини тўлиқ рўёбга чиқариш ва уларнинг турмуш даражасини оширишга имкон беради. Шу муносабат билан WiMAX технологияси 2015 йилга бориб WSIS нинг қуйидаги вазифаларини бажаришга чақирилган:

- **1-сонли масала:** ривожланаётган давлатларда 1,5 миллион қишлоқлар ҳатто телефон тармоқларига ҳам уланмаганлигини ҳисобга олган ҳолда, қишлоқ ҳудудларида АКТ хизматларига уланишни таъминлаш;

- **10-сонли масала:** 2002 йилда Интернет фойдаланувчиларининг умумий сони 600 миллионлигини ёки дунё аҳолисининг 10 фоизини ташкил этганлигини ҳисобга олган ҳолда, дунё аҳолисининг ярмидан кўпига АКТ хизматларига уланишни таъминлаш.

Кўриниб турганидек, WiMAX технологиясининг зиммасига (бошқа симсиз ва тармоқ технологиялари билан бир қаторда) “Рақамли тенгсизлик” муаммосини ечишда ўта муҳим вазифа юкланган ва бу тизим ривожланган ва ривожланаётган давлатларда АКТ хизматлари ва инфратузилмаларига оммавий, умумқамровли, тенг ҳуқуқли ва ишончли уланишни таъминлашга чақирилган.

Янги IEEE 802.16 стандартларининг яратилиши ва WiMAX нинг мобил режими пайдо бўлиши туфайли ишлаб чиқарувчилар ягона стандартлар қабул қилиш ва қурилмаларни ўзаро ишлаш имкониятларига кўпроқ қизиқиш билдира бошладилар. Бу қизиқиш, шунингдек, WiMAX тизими кучли рақобат афзаллигига эга бўлиши мақсадида Intel (АҚШ) корпорацияси томонидан

қўллаб-қувватланиши билан янада маҳкамланади. Хусусан, WiMAX технологияси жиҳозларни (ускуналарни) стандартлаштириш ва уларни ўзаро ишлаш имкониятларини таъминлайди ҳамда тармоқлар ташкил этишда сарф-харажатларни сезиларли даражада камайтиришни кўзда тутди. Мисол учун, Intel ва Fujitsu каби чипсет (интеграл схема) ишлаб чиқарувчилар уларни кўп сонда ишлаб чиқариши ва етказиб бериши мумкин, бу эса, ўз навбатида, абонент ускуналарининг нархини пасайишига олиб келади.

WiMAX тизимларининг ишчи характеристикаларига кўплаб талаблар қўйилади ва, асосан, максимал маълумот узатиш тезлигига ва алоқанинг узок масофаликлиги талаб қилинади. Лекин, бунда бу икки параметрнинг максимал кўрсаткичларини бир вақтни ўзида таъминлаш мумкин эмаслигини ҳам ёддан чиқармаслик керак. Масалан, замонавий WiMAX тизимларида 70Мбит/сек. дан юқори тезликларга эришиш мумкин, лекин буни учун қуйидаги шартлар бажарилиши шарт: модуляция даражасини қўллаб-қувватлаш учун алоқа каналининг сифати жуда яхши бўлиши керак (бу тўғридан-тўғри кўриниш – LOS, ёки шунга яқин кўриниш - nLOS мавжудлигида бўлиши мумкин), ҳамда 10МГц кенгликдаги каналда 1024 та субканаллар мавжуд бўлиши керак. Аксинча, алоқа узоклигини 50км дан ортиққа таъминлаш мумкин, лекин, у ҳолда маълумот узатиш тезлиги бор йўғи 2-3Мбит/сек. ни ташкил этади. Бунда ҳам каналнинг сифати жуда юқори бўлиши керак, яъни объектлар орасида тўсиқлар сони жуда кам бўлиши, тор йўналтирилган антенналардан фойдаланилган ва nLOS шароити мавжуд бўлиши керак. IEEE 802.16e стандартига асосланган мобил WiMAX тизими каналнинг 10МГц кенглиги билан чекланиб қолиш эҳтимоли бор (ҳар ҳолда бошланишига). Шунда ҳам у 37Мбит/сек. тезликни таъминлайди. 5МГц лик полосаларда эса WiMAX тизими 18,7Мбит/сек. максимал тезликни тақдим этиши мумкин ва бу сотали алоқанинг HSDPA техгологиясидаги максимал кўрсаткичларга (5МГц полосада 14,4Мбит/сек.) мос келади.

WiMAX тизимларининг бошқа муҳим характеристикалари қуйидагилардан иборат:

Тармоқнинг мослашувчан архитектураси. WiMAX архитектураси “нуқта-нуқта”, “нуқта-кўп нуқта”, “mesh” ва ушбу режимларнинг турли вариацияларидан иборат бўлган бир неча конфигурацияларга эга бўлиши мумкин. MAC - муҳитга уланишни бошқариш даражаси кўп манзилли (multicast) ва кенг қамровли (broadcast) алоқа режимларини қўллаб қувватлайди.

Тармоқни тезкор қуриш имконияти. Симли алоқа тармоқла-ридан фарқли равишда WiMAX тизимлари ташқи иншоотлар қуриш, кабел ётқизиш ва шунга ўхшаш ишларни талаб қилмайди. Фойдаланувчи радиочастоталардан фойдаланишга рухсат олиш эҳтимоли нисбатан юқори, чунки WiMAX бир неча унчалик юкланмаган частоталар диапазонларида ишлашга мўлжалланган. Мисол учун, 2004 йилнинг декабрида Индонезияда содир бўлган цунамидан кейин бутун телекоммуникация инфратузилмаси ва бутун регион учун алоқа хизматларини тезкор қайта тиклаш талаб қилинган. Бунда тирик қолган инсонларга Интернетга уланишни тақдим этиш учун WiMAX технологиясидан фойдаланилган.

Жиҳозларнинг ўзаро мослашувчанлиги. WiMAX технологияси халқаро очик стандарт асосида (яъни, ягона ишлаб чиқарувчига боғлиқ бўлмаган ҳолда) қурилган ва бу билан фойдаланувчиларга ўз АУ ларини турли жойларда ёки турли провайдерлар тармоқларида ишлатишга имкон беради. Бу, шунингдек, операторлар учун ҳам фойдали, чунки, улар турли ишлаб чиқарувчиларнинг ускуналаридан фойдаланиши мумкин. Ва ниҳоят, бу ишлаб чиқарувчилар орасида соғлом рақобатни яратади ва натижада АУ лар нархини пасайишига олиб келади.

Кўп даражали сервис ва QoS - хизматлар сифати. Тақдим этиладиган хизматлар тури ва сифати асосан алоқа провайдери ва фойдаланувчи орасида хизматлар даражаси бўйича тузиладиган келишувга боғлиқ бўлади. Бунда провайдер турли абонентларга ёки ҳатто бир АУ нинг турли фойдаланувчиларига турли сервислар даражасини тақдим этиши мумкин. Барча сервислар хилма-хиллигини турли даражаларга бўлиш мумкин ва бу

даражалар чегараларида сервислар бир бирига яқин характеристикаларга эга бўлади, масалан, интерактив ўйинлар, конференциялар ўрнатиш имкониятига эга товушли ва видеокўнғироқлар, мусиқий дастурларни эшитиш, видеоклиплар ва фильмларни томоша қилиш, Интернетда ишлаш, электрон почтадан фойдаланиш ва бошқалар. WiMAX тизими трафикнинг ҳар хил турларини узатиш учун тезкор равишда мослашиши ва QoS нинг 4та синфини қўллаб қувватлаши мумкин.

Кенг қамровли зоналар. WiMAX тизими радиоканал шароитларига қараб турли модуляция усулларини (BPSK, QPSK, 16-QAM ва 64-QAM) тезкор равишда мослаштириши (адаптация қилиши) мумкин. Узаткич қуввати кучайтиргичи ва паст тезликли модуляция усуллари ишлатилганда алоқанинг узоклигини (“нуқта-нуқта” режимида) 56 км дан ошириш мумкин (айниқса, тўғри кўриниш мавжуд бўлса).

Тўғри кўриниш бўлмаган ҳолларда алоқа ўрнатиш. Тўғри кўриниш бўлмаган (ингл. *NLOS*) ҳолат деб объектлар орасида радиотўлқиннинг биринчи Френел зонаси тўлиқ ёпиқ бўлган ҳолат тушунилади. Кўп нурли узатиш шароитларида самарали бўлган OFDM технологиясидан фойдаланиш туфайли WiMAX тизимлари тўғри кўриниш бўлмаган ҳолларда ҳам юқори кўрсаткичлар билан ишлаши мумкин. Бу қобилият WiMAX тизимларида ҳатто тўғри кўриниш бўлмаган ҳолларда ҳам юқори тезликдаги алоқани тақдим этиш имконини беради. Бу нарсага, масалан, 3G тармоқларида эришиш анча мураккаб.

Мобиллик. IEEE 802.16e стандарти WiMAX технологиясига мобилликни қўллаб-қувватлаш учун асосий функционал имкониятларни қўшди. Такмиллаштиришлар асосан OFDM ва OFDMA технологияларининг қўшилиши ҳисобига физик даражага тегишли бўлди. Мобил WiMAX тизими 160км/соат гача тезликда ҳаракатланувчи абонент билан ишончли алоқани ташкил этишга имконият яратади.

Тармоқга созланиш қулайлиги. Замонавий сотали алоқа тизимларидаги каби WiMAX тизимининг абонент ускунаси тармоққа уланганида мустақил

идентификацияланишга қодир. Яъни АУ базавий станцияга уланганида алоқа каналининг характеристикаларини аниқлаши, тармоқнинг маълумотлар базасидан рўйхатдан ўтиши ва сигнални узатишга мос параметрларини ўрнатиш мумкин.

Ишчи частоталарнинг кенг диапазони. IEEE 802.16 стандартлар оиласида 2,5ГГц; 3,5ГГц ва 5,8ГГц частоталар диапазонида фойдаланиш кўзда тутилган.

Кучайтирилган алоқа хавфсизлиги. WiMAX технологияси AES (ингл-н *Advanced Encryption Standard*) ва 3DES (ингл-н *Triple Data Encryption Standard*) шифрлаш алгоритмларини қўллаб-қувватлаши мумкин. Базавий станция ва абонент ускунаси орасида каналларни шифрлаш ҳисобига WiMAX тизими абонентлар орасида махфийликни (бошқалар эшитишидан ҳимояни) ва оператор хизматларига рухсат этилмаган уланишларни тақиқлаш ҳисобига бутун тармоқ бўйича хавфсизликни таъминлайди. WiMAX тизими, шунингдек, ичига ўрнатилган VLAN¹ (ингл-н *Virtual Local Area Network*) функциясини қўллаб-қувватлаш ҳисобига бир базавий станция орқали узатилаётган турли фойдаланувчиларнинг маълумотларини ҳимоясини таъминлайди.

КСУ тармоқлари ҳозирги вақтда турли иловалар учун ишлатилади. Хусусан:

- Симли алоқа инфратузилмаси ҳали ҳам мавжуд бўлмаган жойларда (масалан, ривожланаётган давлатларда ёки вилоятларнинг чекка қишлоқ жойларида) анъанавий телефония ва маълумотлар узатиш хизматларини тақдим этишда “охирги мил” масаласини ечиш учун;
- Турли фойдаланувчилар, шу жумладан, 2G ва 3G сотали операторлари учун “нуқта-нуқта” режимида T1/E1 коммутация линияларини ўрнатиш учун;
- Интернет хизматларига симсиз уланишни тақдим этиш учун;

¹ **VLAN** - бир ҳил талабларга жавоб берувчи хостлар гуруҳидан ташкил топган виртуал локал компьютер тармоғи. Бу хостлар бир-бирлари билан жойлашишларидан қатъий назар худди бир кенг қамровли доменга улангандек ишлашади.

- Узоқдаги нуқталарда (масалан, йирик спорт ва маданий тадбирларни ўтказишда) вақтинчалик алоқа ўрнатиш учун тармоқларнинг тезкорлик билан куриш учун;

- 802.16 стандартларининг мобил версиясини қўшилиши билан WiMAX тизимлари қўшимча хизматларни тақдим этиш учун ҳам ишлатилади. Хусусан:

- VoIP протоколи асосида мобил телефония учун;
- IP-протокоliga асосланган мобил мультимедиали хизматлар учун;
- Катта ҳажмдаги маълумотлар алмашиш учун “нуқта-кўп нуқта” режимида база станциялар орқали мобил ишлаш учун (“хот зоналар” (Hot Zone) деб номланадиган);

WiMAX тармоқлари дунёда кенг тарқалмоқда. WiMAX-Форумининг маълумотларига кўра 2010 йилнинг феврал ойига қадар дунёнинг 147 мамлакатларида 559 та фаолият кўрсатаётган тармоқлари ҳисобланган, ушбу кўрсаткич 2009 йилнинг феврал ойига қадар эса 139 та мамлакатда 468 тани ташкил этган. Минтақалар кесимида ушбу тармоқлар 3.1-жадвалда акс эттирилган.

3.1-жадвал

WiMAX тармоқларининг ҳудулараро тақсимланиши

№	Минтақа	Тармоқлар сони	Мамлакатлар сони
1.	Африка	114	43
2.	Марказий ва Лотин Америкаси	110	32
3.	Осиё-Тинч океани	102	22
4.	Шарқий Европа	84	21
5.	Ғарбий Европа	70	17
6.	Шимолий Америка (АҚШ, Канада)	51	2

7.	Яқин Шарқ	28	10
----	-----------	----	----

Ҳозирча бозорда қайд этилган WiMAX тармоқлари етакчилик қилмоқда (2010 йилнинг бошларида 60%). IEEE 802.16.e стандарти кўпайиб бормоқда ва дунёда энди унинг асосидаги кўп сонли тармоқлар ишламоқда. Улар орасида АҚШнинг Sprint-Nextel, Clearwire, AT&T ва NextWave Broadband, Европада Vodofon ва Orange, деярли давлатнинг бутун ҳудудудини қамраб олган Покистон миллий Wateen Telekom оператори, Россияда Yota ва бошқа операторлар тармоқлари ишламоқда. Бугунги кунга келиб Покистон миллий кўламдаги жаҳонда энг катта тўлиқ функционал WiMAX тармоқларидан бирига эга. Wateen Telekom компанияси тармоғи Motorola (АҚШ) жихозларидан фойдаланилган давлатнинг 17та шаҳарларида қурилган. WiMAX ускуналарини йирик ишлаб чиқарувчиларга Airspan Networks, Alkatel-Lucent, Alvarion, Cisco Systems, Fujitsu, Huawei Technologies, Intel Corporation, Motorola Solutions¹, Samsung ва ZTE Corporation каби компанияларни киритиш мумкин.

WiMAX тизимининг афзалликларига қуйидагилар киради:

- IP-протоколига оптималлаширилган юқори самарадор 802.16e радиоинтерфейси;
- Мобил тизимларга яхши тўғри келадиган OFDMA каналларни ажратиш ва тақсимлаш такомиллаштирилган технологиялар тури (OFDM технологиясига нисбатан);
- Ноутбукларга, телефонларга ва маиший техникага WiMAX адаптерларини қулай ўрнатиш имконияти;
- Сотали алоқа тармоқларига ўхшаш йирик тармоқларни яратиш учун етарли бўлган кенг частоталар полосаси;

¹ 2011 йилнинг январ ойида Motorola компанияси икки мустақил компаниялар: Motorola Mobility ва Motorola Solutions га бўлинди. Motorola Mobility мобил телефонлар йўналишида шуғулланади. Motorola Solutions эса профессионал мобил радиоалоқа тизимларига, симсиз тармоқлар инфратузилмасига, мобил компьютерларга, RFID ва штрих кодларни сканерлаш тизимларига ихтисослашган.

- MIMO ва STC антенна-фидер ускуналари соҳасида прогрессив ишланмаларни қўллаб-қувватлаш;

- IP-тармоқлар учун стандарт тармоқ ускуналаридан фойдаланиш;

- Фойдаланувчиларнинг улкан ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олинганида QoS хизмати кўрсатиш сифатини бошқаришнинг универсал воситалари;

- Абонентларга телефония хизматлари, кенг полосали уланиш, мобил алоқа ва бошқаларни таклиф этиш имкониятини берадиган мультисервиси тармоқ платформалари;

WiMAX тизимларининг камчиликларига ва ривожланишини сақлаб турувчи омилларга қуйидагилар киради:

- стандарт ҳали ҳам синов босқичида ва хизматлар провайдерлари ишлатаётган қиммат ускуналарни янгиларига алмаштиришга шошилмаяпти, ёки бу ускуналарни кўтариш ва сарфланган воситалар тезда ўзини оқлаш имкониятисиз сезиларли сарфларни талаб қилади;

- олдин Интернетга уланиш имкони бўлмаган жойларда WiMAX тармоқларини қуришга зарур ускуналарни ёки уни сотиб олишга маблағ воситаларига эга самарали бўлмаган потенциал фойдаланувчилар сони муаммосига дуч келишга тўғри келади;

- кўп сонли мутахассислар тўғри кўринишдаги ЎЮЧ каналлардан фойдаланиш инсон саломатлиги учун зарарли деб ҳисоблашади;

- қайд этилган WiMAX ускуналари мобил режимни қўллаб-қувватлайди ва тармоқларнинг кейинги WiMAX стандартига ўтказишда ускуналарнинг қисмларини янгилаш талаб қилинади;

- ва, ниҳоят, WiBro (қуйида ёритилади) радиочастоталарга яқин диапазонларига яқин фойдаланадиган кенг полосали алоқанинг рақобатли стандарти шунингдек, мобил алоқанинг рақобатли, хусусан LTE технологияларининг мавжудлиги.

Шундай қилиб, WiMAX стандартининг кўриниб турган афзалликларида технологиянинг тотал жорий этилиши ёки ҳатто унга оммавий ўтиш ва мажуд

тармоқлардан воз кечиш имконияти ҳақида ҳали гапириш эрта. IEEE 802.16e стандартининг лицензияланган тижорат мақсадида ишлатилиши натижаларини олиш, кейин эса унинг ривожланиш истиқболларини баҳолаш зарур. Лекин, шуни таъкидлаш жоизки, 802.16 оиласидаги стандартларни такомиллаштириш борасида ишлар давом этмоқда. 2009 йилда IEEE 802.16-2009 номини олган стандартнинг янги версияси пайдо бўлди, лекин у IEEE 802.16m стандартининг пайдо бўлгунигача бўлган оралиқ характерга эга бўлди. IEEE 802.16m стандарти стационар абонент ускунаси билан 1Гбит/сек. гача, мобил абонент ускунаси билан эса 100Мбит/сек. гача тезликда маълумотлар узатишга эришиши керак. Кейин янги стандартлар қўллаб-қувватлайдиган ускуналарни лицензияланиши, ускуналарни ишлаб чиқариш бозоридаги рақобат ва WiMAX тизими орқали уланиш хизматларини ва бошқаларни кутиш мумкин. У ҳолда бу технологияларнинг альтернативларига таққосланганда афзалликлари ва камчиликлари ҳақида гапириш мумкин бўлади.

WiMAX ва Wi-Fi тизимларининг таққосланиши янгилик эмас, шунинг учун атамаларнинг номланиши ўхшаш, бу технологиялар асосланган стандартларнинг номланиши ҳам ўхшаш (IEEE стандартлари, ҳар икккаласи 802 дан бошланади) шунингдек иккала технологиялар симсиз кенг полосали уланиш туркумига киради. Лекин шунга қарамасдан бу технология турли масалаларни ечишга йўналтирилган (5.2-жадвалга қаранг).

WiMAX – бу одатда провайдерга охириги фойдаланувчига Интернет тармоғига “нуқта-нуқта” тури ёрдамида уланишни таъминлаш учун фойдаланиладиган бўшлиқ масофаларни қамраб оладиган узоқ масофали ишлайдиган алоқа тизимидир. 802.16 оиласининг турли стандартлари, қайд этилган то мобилгача турли уланиш режимларини таъминлайди.

Wi-Fi-бу Интернетга чиқиш ва Интернетга чиқмасдан қисқа масофаларда локал тармоқни ташкил этиш учун фойдаланиладиган тизимдир.

WiMAX ва Wi-Fi тизимлари умуман турли QoS хизмат кўрсатиш механизмларига эга, WiMAX тизими база станция ва абонент ускунаси

орасидаги ҳар бир боғланишга ягона QoS даражасини ўрнатишга асосланган механизмдан фойдаланади. WiMAX тизимида ҳар бир боғланиш учун юқори QoS даражасини кафолатлайдиган махсус режалаштириш алгоритмига асосланади. Wi-Fi ўз навбатида ҳар бир пакет турли QoS даражасини оладиган Ethernet тармоқларида ишлатиладиган QoS механизмидан фойдаланади. Шундай қилиб, Wi-Fi тизимида ҳар бир боғланиш учун бир хил QoS даражаси кафолатланмайди. Нисбатан паст нархи ва ўрнатишда соддалиги туфайли Wi-Fi тизимлари мижозларга Интернетга тез уланишни тақдим этиш учун ишлатилади, масалан, кўплаб кафеларда, мехмонхоналарда, вокзаллар ва аэропортларда бепул Wi-Fi уланиш нуқталарини учратиш мумкин.

3.2-жадвал

Кенг полосали симсиз алоқа стандартларини таққослаш жадвали

Технология	Стандарт	Синфи	Ўтказиш қобилияти	Қамров ҳудуди	Частота диапазони
Wi-Fi	802.11 a	WLAN	54 Мбит/сек.	100 м гача	5 ГГц
Wi-Fi	802.11 b	WLAN	11 Мбит/сек.	100 м гача	2.4 ГГц
Wi-Fi	802.11 g	WLAN	54 Мбит/сек.	100 м гача	2.4 ГГц
WiMAX	802.16 d	WMAN	73 Мбит/сек.	6-10 км	1.5-11 ГГц
WiMAX	802.16 c	Мобил WMAN	30 Мбит/сек.	1-5 км	2-6 ГГц

WiMAX стандартлари (IEEE 802.16)

IEEE 802.16 стандартларини ишлаб чиқиш устидан асосий ишлар 2001 йилда бошланди. Шу йилнинг июнида 802.16 оиласидаги стандартлар асосида жиҳозларни ишлаб чиқариш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш учун соҳавий консарциум WiMAX форумига асос солинди. 2001 йилнинг декабридаёқ янги симсиз кенг полосали алоқа тизими IEEE 802.16-2001 стандарти пайдо бўлди

[40].

Стандарт шаҳар “мегаполис” (ингл. *Metropolitan Area Network, MAN*) кўламида стационар симсиз тармоқларни тавсифлади, шундай қилиб, 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 қўшиладиган бўлди. (Wireless MAN-SC). Ишчи частоталар сифатида 10ГГц дан 66ГГц гача диапазондан фойдаланиш кўзда тутилди. Бунда стандарт фақат тўғри кўриниш шароитларида ишлаши кўзда тутилди. Натижада бу, 802.16-2001 стандарти ускуналари кенг тарқалқалишига олиб келди. Шунингдек, ушлаб турувчи омил юқори частоталар диапазонида ишлаш учун етарли аппаратура базасининг таъминланмаганлиги ҳисобланади. Бу омилларни ҳисобга олиб 2003 йилнинг январида янги 2ГГц дан 11ГГц гача частота диапазонидан фойдаланиш кўзда тутилган. IEEE 802.16 стандартини IEEE 802.16-2003 кенгайтирилган стандарти қабул қилинди. Мазкур стандарт ҳам мегаполис кўламида стационар симсиз тармоқларни яратишга йўналтирилди. У “сўнгги миля” кабелли модемлар, xDSL ва T1/E1 каналлар учун кенг полосали уланишнинг альтернатив анъанавий ечими бўлди. Бундан ташқари, IEEE 802.16a тармоқлари 802.16 b/g/a стандартларининг уланиш нуқталарини Интернетга улаш учун кўшимча технология сифатида фойдаланиш учун режалаштирди. Лекин “16a” стандартнинг заиф жойи бино ичида ёмон радио қамраб олиш бўлиб қолди.

IEEE 802.16a стандартининг мантиқий давоми IEEE 802.16d стандарти бўлди. У бино ичида қайд этилган уланишни ишлатиш имкониятини кўзда тутди. Тамомила IEEE 802.16.a 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 ривожлантирилиши зарурияти долзарб бўлмай қолди, чунки IEEE 802.16d стандартининг якуний версияси олдинги стандартларнинг барча

имкониятларини қамраб олди. Лекин стандартларни ишлаб чиқиш бўйича ишлар тўхтаб қолмади, чунки КСУ тизимларига мобилликни бериш бўйича бош мақсадга ҳали эришилмади. 2005 йилнинг декабрида IEEE 802.16e стандарти (шунинг IEEE 802.16d-2005 номланадиган), лекин кўпроқ “мобил WiMAX” сифатида маълум стандарт қабул қилинди. Шу йилнинг ўзида Сетекон (Испания) компанияси асосида WiMAX жиҳозларини сертификатлаштириш учун биринчи лаборатория очилди.

Таъкидлаш керакки, ETSI Европа институти BRAN (ингл. *Broadband Radio Access Networks*) техник қўмитасининг параллел ишланмаси Hiper Man стандарти ҳам 2005 йилда яратилди.[41]. Стандарт 2ГГц -11ГГц частоталар диапазонидан фойдаланиш билан Европа давлатларида ишлатиш ва фойдаланувчиларнинг қайд этилган ва кўчма иш режимларида умумий қамраб олиш зонасида Интернетга симсиз кенг полосали уланишни тақдим этиш учун мўлжалланган.Шундай қилиб, Hiper Man стандарти WiMAX тизимларига (ёки IEEE 802.16 стандартларига), шунингдек, WiBro Корея ишланмаларига альтернатив ҳисобланади.

Шу билан бирга стандарт IEEE 802.16 ишчи гуруҳи билан узвий ҳамкорликда ишлаб чиқилди ва шунинг учун Hiper MAN ва IEEE 802.16a-2003 стандартлари орасида “чексиз роуминг” қўллаб қувватланади, Бунда Hiper MAN ва IEEE 802.16 стандартлари орасида ўзаро таъсирлашишни таъминлаш устида иш олиб борилмоқда [42].

2006 йил IEEE 802.16 стандарти базасидаги жиҳозларнинг биринчи намуналарининг пайдо бўлиши билан ўзига хос бўлди ва бу билан қайд этилган WiMAX ни актив (жорий) этилиши бошланди. Чунки WiMAX нинг қайд этилган ва мобил версиялари ўзаро мослашмайдиган бўлиб қолди, яъни рақобатчиларга айланди, унда қайд этилган WiMAX жиҳозларини ишлаб чиқарувчилари ва операторларининг стратегик вазифаси мобил WiMAX маҳсулотлари пайдо бўлгунча КСУ бозорларини тезроқ ва кенгрок ўзлаштириш бўлиб қолди. Шу 2006 йилнинг ўзида Кореяда биринчи WiBro тармоқларининг ишга туширилганлигини ёддан чиқармаслик керак, бу

Жанубий Корея телекоммуникацион ва АТ индустриясининг бош вакиллари Samsung, Korean Telecom компанияларининг давлат қатнашувидаги кўп йиллик актив (фаол) ишларининг натижаси бўлди [43]. 2002 февralида Жанубий Корея регулятори WiBro ни ривожлантириш учун 2.3-2.4ГГц диапазонда 100 МГц радиочастота полосасини ажратди. 2004 йилнинг охирида биринчи WiBro фазаси давлат стандартлаштиришидан ўтди ва 2005 йилнинг охирида ХТИ WiBro технологиясини IEEE 802.16e стандарти сифатида тан олди. Ниҳоят, 2006 йилнинг июнида икки Korean Telecom ва South **Korean** Telecom операторлари WiBro тармоқларини тижорий ишга туширди. Шундай қилиб, WiBro IEEE 802.16e (мобил WiMAX) стандартига мос келадиган КСУ технологиясини тушуниш зарур. WiBro тизими 8.75МГц полосали OFDMA радио уланиш технологиясидан ва TDD вақтли дуплексни қўллаб қувватлашдан фойдаланади. Абонент ускуналари базавий станция билан 1 дан 5км гача масофаларда 30-50Мбит/сек. маълумотларни узатиш тезликларида боғланишлари мумкин. Бинобарин, тармоқ абонентнинг 120 км/соат тезликлардаги мобиллигини қўллаб қувватлайди. Шу билан бирга, мобил WiMAX ишлаб чиқарувчилари орқада қолмади. 2007 йилда IEEE 802.16e стандарти базасидаги биринчи жиҳозни сертификатлаштириш муваффақиятли ўтди ва WiMAX бозорида иккита рақобат қиладиган лагерлар стандартнинг қайд этилган ва мобил версиялари тарафдорлари пайдо бўлди. Шу муносабат билан WiMAX стандартининг бу версияларини атрофлича кўриб чиқиш ва уларнинг характеристикаларини таққослаш мақсадга мувофиқ бўлади.

IEEE 802.16 стандартлари оиласининг тавсифи

Стандартлар бўйича IEEE институтининг кўмитаси симли ва симсиз кенг полосали алоқа стандартларини ишлаб чиқиш билан шуғулланади. Ethernet (802.3) ва Wi-Fi каби тармоқ технологиялари соҳасидаги стандартларнинг ишлаб чиқарувчиси ҳисобланган 802 кўмита WiMAX (802.16) технологиясининг тавсифлайдиган стандартлар тўпламини чиқарди.

Юқорида таъкидланганидек, WiMAX Форуми уларнинг ўзаро мослашувчанлигини таъминлаш мақсадида 802.16 оиласидаги стандартлар (WiMAX профиллари дейиладиган) асосида жиҳозларни ишлаб чиқариш бўйича тавсияларни ишлаб чиқаришдан иборат вазифасини соҳавий консориум, яъни стандартларни ишлаб чиқишда кўплаб инфокоммуникацион жиҳозларни ишлаб чиқарувчилар қатнашмоқда. WiMAX форуми ҳозирги вақтда сервис провайдерлар (50% атрофида) жиҳозлар ва компонентлар ишлаб чиқарувчилари, шунингдек, контент провайдерлардан иборат 500 тадан ортиқ аъзоларни бирлаштиради [44].

Юқорида таъкидланганидек, ҳозирги вақтда WiMAX номидаги иккита симсиз кенг полосали алоқа стандарти ривожланмоқда:

- “16d” версия (стандартнинг расмий номи - IEEE 802.16-2004) фақат қайд этилган терминалларда ишлаш учун мўлжалланган;
- “16e” версия (стандартнинг расмий номи - IEEE 802.16-2005) ҳам қайд этилган, портатив ва мобил алоқа учун мўлжалланган ва такомиллаштирилган радиоинтерфейсни қўллаб қувватлайди.

Умуман олганда бу икки WiMAX версияларининг тизимий жиҳозлари ўзаро мослашмайди, шунингдек, “16d” версиянинг абонент ускуналари “16e” версиядаги тармоқларда ишлай олмайди. Бу мослашмаслик ва “16d” версияга вақт сарфламасада “16e” версияни қўллаб қувватлашга қарор қабул қилмоқдалар.

IEEE 802.16 стандартнинг қайд этилган ва мобил версиялари

Бутун WiMAX оиласига маълум характеристикалар тўплами характерли бўлсада, унинг версиялари бир-бирларидан сезиларли фарқ қилади. Стандартни ишлаб чиқарувчилар ҳам қайд этилган, ҳам мобил қўлланилиш учун оптимал ечимларни қидирдилар, лекин бир стандарт доирасида барча талабларни мослаштиришга эришилмади.

Шу билан бирга IEEE 802.16d ва IEEE 802.16e стандартлари умумий хусусиятларга эга.

Аввало бу бутун дунёда очик спецификацияли стандартлаштирилган ва ягона IP–платформада қурилган технологиялардир. Ҳар иккала стандарт БС катта хизмат кўрсатиш ҳудудини қўшганда тармоқнинг юқори ўтказиш қобилиятига эга. Технологиялар талаб қиладиган хизмат кўрсатиш сифатини қўллаб-қувватлаш ва радиоканал бўйича ахборотларни узатишда жавобни қисқа ушланиш вақти билан базавий станциялар ва абонент ускуналари орасидаги тўғри кўриниш бўлганда (LOS) ҳам, бўлмаганида ҳам (NLOS) шундай олади. Стандартлар юқори спектрал самарадорликни қўшганда кенг частоталар диапазонидек фойдаланиши мумкин. Қатор базавий талаблар мос келсада турли бозор муносабатларига технологиянинг йўналтирилганлиги стандартнинг иккита алоҳида версияларининг яратилишига олиб келди (тўғрироғи, уларни икки турли стандартлар деб ҳисоблаш) мумкин. WiMAX ҳар бир спецификациялари ўзининг ишчи частоталар диапазонини, полосасининг кенглиги нурланиш қувватини, узатиш ва уланиш усулларини сигнални модуляциялаш ва кодлаш усулларини, радиочастоталардан қайта фойдаланиш принципларини ва бошқа кўрсаткичларни аниқлайди. Шунинг учун IEEE 802.16e ва IEEE 802.16d стандартлари версияларига асосланган WiMAX тизими деярли мослашмайди. Бу стандартларни атрофлича ўрганамиз.

IEEE 802.16-2004 (шунингдек IEEE 802.16d ва турғун WiMAX) стандарти

Стандарда ортогонал частотавий мультимплекслаш (OFDM) ишлатилади ва тўғри кўриниш бўлганида ёки бўлмаган ҳудудларга қайд этилган уланиш қўллаб қувватланади. Фойдаланувчи ускуналари биноларнинг ҳам ичида ҳам ташқарисида ўрнатиш учун стационар модемлар шунингдек ноутбуклар учун PCMCIA–карталар ҳисобланади. Кўп давлатларда бу технологияларга 3.5 ГГц ёки 5 ГГц частоталар диапазони ажратилган. WiMAX Форуми маълумотларига кўра қайд этилган версияда 175 тани ташкил қилади [45]. Кўплаб таҳлилчилар (аналитиклар) уни DSL симли кенг полосали уланиш технологиясига рақобат қиладиган технология сифатида кўришмоқда.

IEEE 802.16-2005 (шунингдек, IEEE 802.16e ва мобил WiMAX) стандарти

Мобил фойдаланувчиларни қўллаб-қувватлаш учун оптималлаштирилган “16e” версия “хэндовер” ёки роуминг каби қатор махсус (специфик) функцияларни қўллаб қувватлайди. OFDMA асосидаги (S - OFDMA) кўламлаштирилган уланиш қўлланилади, тўғри кўриниш бўлганида ҳам бўлмаганида ҳам ишлаши мумкин. Mobile WiMAX тармоқлари учун 2,3ГГц; 2,5ГГц; ва 3,4 - 3,8ГГц частоталар диапазонлари режалаштирилган. Дунёда IEEE 802.16e стандарти асосидаги бир неча лойиҳалар, шу жумладан, миллий кўламдаги ўнга яқин тармоқлар ишламоқда 802.16e нинг рақобатчилари барча учинчи ва тўртинчи авлод мобил технологиялари (масалан, EV-DO, HSPA ва LTE) ҳисобланади [44].

IEEE 802.16-2004 ва IEEE 802.16.2005 стандартларини таққослаш

WiMAX стандартларининг пайдо бўлиши юқори ишлатилиши характеристикалари ва мақбул нархли симсиз кенг полосали тармоқларни ишлатилиши имкониятларини кўриб чиқадиган операторлар томонидан катта кизиқиш уйғотди. Бироқ, иккита ўзаро мослашмайдиган WiMAX стандартларининг (IEEE 802.16e ва IEEE 802.16d) мавжудлиги бу текисликларда инвестициялар ҳақида ечимларни қабул қилишда жараёнларни мураккаблаштирди. Маълумки, IEEE 802.16d стандарти “қайд этилган”, IEEE 802.16de стандарти “мобил” дейилади. Ўз йўлида IEEE 802.16e стандарти ҳам қайд этилган, ҳам портатив, ҳам мобил абонентларга тўлиқ хизматлар спектрини тақдим этишга имконият беради. Биз юқорида кўрдикки, IEEE 802.16d стандарти қўллаб-қувватланадиган биринчи маҳсулотлар 2006 йилда IEEE 802.16e стандарти қўллаб-қувватланадиган биринчи маҳсулотлар 2007 йилнинг бошида бозорда пайдо бўлди. Шундай қилиб бу маҳсулотларнинг чиқиши орасидаги вақт оралиғи умуман кам бўлди ва аввалроқ пайдо бўлган мос маҳсулотларига боғлиқ IEEE 802.16d стандартининг афзалликлари минимумга келди. Натижада воситаларни инвестициялашда қарорларда қабул

қиладиган операторлар жиддий танлаш қаршисида бўлиб қолди ва бу стандартларнинг ҳар бирининг сифатини тортиб кўриши ва кўп муддатли истиқболда уларнинг ролига эътибор қаратиши керак бўлди. Қайд этилган ва мобил WiMAX орасида қандай фарқ бор?

Кўришиб турибдики иккала технологиялардаги асосий фарқ шундан иборатки, қайд этилган WiMAX фақат статик абонентларга эмас балки 120 км/соат тезликларда ҳаракатланадиган мобил фойдаланувчиларга хизмат кўрсатиш имкониятига йўналтирилган. Бунда мобиллик роуминг ва "хэндовер" функцияларининг мавжудлигини, яъни абонент ҳаракатланганда базавий станциялар орасида чексиз қайта уланишни (сотали алоқа тизимларида амалга ошадигандек) билдиради. Кўришиб турибдики, мобил WiMAX қайд этилган фойдаланувчиларга хизмат кўрсатиш учун ҳам қўлланилиши мумкин.

Иккинчи фарқ, шундаки IEEE 802.16e стандарти IEEE 802.16d стандарти билан мослашувчанликка эга эмас. IEEE 802.16d стандарти жиҳозларини бир неча ишлаб чиқарувчилари IEEE 802.16e га ўтишга имкон берадиган қўшимча аппарат ёки дастурий воситалар билан жиҳозланган базавий станцияларни таклиф этсада, бундай ўтиш ишлатилаётган IEEE 802.16d стандарти абонент терминалларига ҳеч қандай таъсир этмайди. Базавий станцияларнинг жиҳозларини модернизациялаш имкониятларини таъминлаш ҳам сезиларли қўшимча ҳаракатларга олиб келиши мумкин. Кутилмоқдаки кўплаб кўрилган IEEE 802.16d стандарти тизимларида FDD каналларни частотавий ажратиш ишлатилади. IEEE 802.16e стандартининг истиқболли профиллари учун TDD каналларни вақтли ажратишнинг қўлланилиши кутилмоқда. Бу каналга бир стандартдан бошқасига ўтиш турини мураккаблаштиради, чунки TDD ва FDD нинг бир частота диапазонида бир вақтда ишлатилиши ҳалақитларнинг пайдо бўлишига олиб келиши мумкин. Бундан ташқари IEEE 802.16d стандартидаги аппаратуранини ишлатадиган ва қандайдир вақтдан кейин IEEE 802.16e жиҳозларини ўрнатишга ҳаракат қиладиган операторга икки стандартлар тизимлари орасидаги мавжуд частотасини бўлишга ёки частоталарга янги

лицензиялар олишга тўғри келади.

Стандартлар орасидаги сезиларли фарқ радиоинтерфейсларини ишлатилишида ҳам бор. “16d” версияда дастлаб ҳам 256 элементлардан иборат Фурье тезкор ўзгартиришили OFDM мультиплекслаш (256 FFT), ҳам 2048 нимэлтувчили (яъни 2048 та FFT элементли OFDMA радио уланиш технологияси қўллаб-қувватланди. Натижада IEEE 802.16d стандартининг физик даражаси профилида WiMAX Форуми 2048 FTT ли OFDMA дан эмас 256 FTT ли OFDM дан фойдаланишга қарор қилди. IEEE 802.16e стандартини ишлаб чиқишда S-OFDMA (ингл. *Scalable -OFDMA*) усулини қўллаб қувватлаш кўринишида физик даражада такомиллаштириш киритиш қабул қилинган. IEEE 802.16e стандарти доирасида қўлланилган OFDMA технологиясининг афзалликларидан бири шундаки каналнинг кенглиги ўзгарувчан ҳисобланади, лекин каналнинг кенглиги ва OFDM символларни дискретлаштириш частотаси орасидаги ўзгармас муносабат мавжуд. FTT массивларининг бир неча 128, 512, 1024 ва 2048 ўлчамлари кўзда тутилган ва бу турли қийматлардаги кенгликлардаги (5, 7, 8,75; 10МГц) радиоканалларни ишлатишга имкон беради. Бундан ташқари IEEE 802.16e стандартидаги OFDMA технологияси унинг алоқасининг узоклиги ва тармоқнинг сигими бўйича у ва бу талабларга мослигини таъминлаш мақсадида тармоқнинг ишчи характеристикаларини оптималлаштириш учун субканалларни бир неча ташкил этиш усулларини ишлатишга имконият беради. Физик даражада OFDM-символлар ва нимэлтувчилар частотавий режалаштириш ёрдамида алоҳида мантиқий ва физик субканалларга ажратилади. Частотавий режалаштириш частотавий –ажратишли ёки частотавий–танловчанлик асосларида амалга оширилиши мумкин. Частотавий–ажратишли усул ҳар бир субканалга мўлжалланган нимэлтувчилар псевдотасодифий ҳолда мавжуд субканаллар орасида тақсимланадиган ҳолдаги схемани кўзда тутди. Бу усулдан фойдаланиш турли алоқа шароитларида канал ресурсини оптимал ишлатишга имкон берадиган частоталар хилма–хиллигини шунингдек, БС нинг таъсир этиш ишлаш ҳудудини кенгайтиришни ва тармоқнинг сигимини

оширишни таъминлайди. Частотавий танловчанликли частотавий режалаштириш усули АМС адаптив модуляция ва кодлаш режимида қўллаб қувватланади ва бевосита бир–бирлари билан яқин жойлашган нимэлтувчиларнинг қўлланилиши орқали субканалларни ташкил этишга имкон беради. Бу усул тармоқнинг сиғимини 30% гача оширишга олиб келиши мумкин. Усулнинг тескари томони хизмат ахборотлари ҳажмининг ортиши ҳисобланади.

OFDM технологияси (IEEE 802.16d стандартларида фойдаланилган) абонентлар орасида канал ресурсларининг тақсимланиши қисмида кам эркинликка эга, чунки унда тақсимлаш фақат бир абонентга бир символга амалга оширилиши мумкин.

OFDMA технологияси эса катта эркинликка эга ва ресурсларни бир неча абонентлари орасида бир символга тақсимлашга имконият беради. Шундай қилиб, канални кенгайтириш имконияти ва субканалларини турли ташкил этиш усулларида фойдаланиш IEEE 802.16e стандартидаги OFDMA физик интерфейсга IEEE 802.16d стандартидаги OFDM га қараганда сезиларли афзалликларни беради.

Ҳар иккала стандартларда радиоинтерфейсларни ташкил этишга турли талаблар аниқланган бўлсада, IEEE 802.16e стандартда бу талаблар қўшимча кенгайтирилди ва ишлаб чиқарувчиларга тармоқнинг сиғимини, алоқанинг узоклигини, терминалларнинг энергия истеъмолини ва хизмат кўрсатиш сифатини кейинги яхшилаш, шунингдек, IP–протокол асосида ишлайдиган мультимедиа ва бошқа ҳужумларни қўллаб–қувватлаш имконияти тақдим этилди. IEEE 802.16d ва IEEE 802.16e стандартлари алоқанинг ишончилигини оширишга чақирилган турли FEC хатоликларни тўғри коррекциялаш алгоритмларини қўллаб қувватлайди. Оддий ўрамли кодлардан ва ARQ механизмидан фойдаланиш мажбурий қўшимча воситалар сифатида эса сверткали турбокод ва HARQ ихчам тескари алоқа каби самарадор йўллар қўлланилиши мумкин ҳисобланади. Бироқ, бу хатоликларни тўғрилашнинг юқори самарадор воситаларидан IEEE 802.16d стандарти биринчи авлоди

жиҳозларида фойдаланиш эҳтимоллиги кам. IEEE 802.16e стандартида биринчи маҳсулотлардаёқ LDPC (ингл. *Low Density Parity Check*) камзичликли суртлиликка текшириш ва СТС каби такобиллашган кодлаш усуллар қўлланилмоқда.

Тармоқнинг таъсир этиш (ишлаш) ҳудудини оширишга чақирилганқўшимча ечимлар ҳам IEEE 802.16d стандартида, ҳам IEEE 802.16d стандартида кўзда тутилган. Улар антенналарни фазовий ажратиш (СТС) қўлланиладиган ММО технологиялари ёрдамида ишлатилади. Бу механизмлар IEEE 802.16e стандартида кейинги ривожланиш олди, бу ерда антенналарни ажратиш усулига ва адаптив антенналарни ишлатишга катта эътибор қаратилди. БС узаткичларида кўп антеннали конфигурацияларни қўллаб–қувватлаш, шу жумладан, такомиллаштирилган антенна нимтизими режими ААС, тескари алоқасиз фазовий–вақтли кодлаш режимлари (2-4 узатувчи антенналар учун ва тескари алоқали ММО режимлари) ишлатилган.

IEEE 802.16e стандартида электр энергиясини тежашни ва АҚ ни автоном узокроқ ишлаш вақтини таъминлайдиган энергия истемолини бошқаришнинг қатор функциялари (“уйқу” ва “кутиш” режимлари) тавсифланади. АҚ нинг мобиллик қисмига IEEE 802.16e стандартига киритилган янги қўшимчалар ҳатто юқори тезликларда ҳаракатланганда ҳам жиҳоз ишлаши сифатини кейинги оширилишига олиб келади. Бунга яхшиланган “хэндовер” процедураси, қўшни соталар сигналлари параметрларини назорат қилиш шунингдек “ухлаш” режимида мобилликни қўллаб–қувватлаш ҳисобига эришилади, бу абонент ускунасининг энергия истеъмолининг камайишини таъминлайди.

IEEE 802.16e стандартида реал вақтда канални илғор тақдим этилишининг такомиллаштирилган алгоритми (ингл. *Extended Real Time Polling Service, ERTPS*) киритилмоқда. Бу алгоритмдан фойдаланиш аниқликнинг ушланиши ва унинг нотекислиги (джиттер) кўрсаткичларини яхшилаш имкониятини беради. Шу сабабли IEEE 802.16e стандарти тизими трафикни узатиш тизимини ва бошқа унинг параметрларини самарали

бошқаришга қодир. QoS таъминлаш воситаларидан фойдаланиш, айниқса, IP протоколи бўйича (VoIP) нутқ узатилган ҳолда муҳимдир.

Шунингдек, IEEE 802.16e стандарти гуруҳли (кўп манзилли) ва кенг узатишли узатиш имкониятини кўзда тутди. OFDMA дан фойдаланиш ҳатто соталар чегараларида ҳам маълумотларини юқори узатиш тезлигида гуруҳли ва кенг узатишли узатиш имконияти мультимедиа тизимларига (видеони пакетли узатиш қўлланиладиган, масалан IP-TV, IP-протоколи бўйича катта трафик ҳажми билан характерланадиган) ўтказиш полосасидан фойдаланишни ва контентнинг етказилишини сезиларли оптималлаштиришга имкон беради.

Ва ниҳоят, у ёки бу стандартнинг маҳсулотлари нархларининг ўзгаришларига тахминларда фарқлар мавжуд. КСУ тизимлари бозори ўсишда давом этмоқда ва шунинг учун уларнинг нархи оммавий жорий этилиши ва ишлаб чиқариш қўламлари ҳисобига иқтисод қилиш натижасида келажакда камайиши керак. АКТ индукциясидаги тажрибаларнинг кўрсатишича, портатив ва мобил ускуналарнинг тарқалиши кўпинча ҳам абонент, ҳам инфратузилма жиҳозларини ишлаб чиқариш ҳажмларини тез ўсишига олиб келади. Шунинг учун IEEE 802.16e стандарти мобил ускуналарининг ривожланиши IEEE 802.16d стандартидагига қараганда арзон бўлишига имкон беради. Шу билан бирга йирик чипсетлар ишлаб чиқарувчилари (Intel, FUJITSU каби) расман билдиришдики, IEEE 802.16e стандарти WiMAX тизимларининг асосий стандарти бўлиб қолади. Лекин агар қайд этилган WiMAX ҳам афзалликлари келтирилмаса таққослаш тўлиқ бўлмайди. Бу аввало фойдаланиладиган сигнални модуляциялаш ва кодлаш турлари ҳисобига юқори ўтказиш қобилияти ҳисобланади. Бу ўтказиш полосасига қатъий талабларни қўядиган ва қайд этилган модемни ўрнатиш имкониятига эга бўлган корпоратив фойдаланувчилар учун муҳим. Қайд этилган WiMAX учун стандартнинг аввалроқ пайдо бўлиши ҳисобига тайёр жиҳозларни етказиб берувчиларнинг катта танлаш мавжуд ва бу жиҳозлар энди ўзаро мослашишга тестланган ва WiMAX Форуми сертификатлари билан тасдиқланган.

IEEE 802.16d va IEEE 802.16e стандартларини кўриб чиқишни яқунлаш билан 3.3–жадвалга киритилган бу стандартларнинг характеристикаларини умумлаштирилган таққослашни шунингдек 3.4–жадвалда бу стандартлар тақдим этиладиган хизматлар классификациясини келтирамиз.

3.3–жадвал

IEEE 802.16d va IEEE 802.16e стандартларини таққослаш

	IEEE 802.16 -2004(d)	802.16e
Кўплаб уланиш усули	OFDM/OFDMA	S-OFDMA
Ўтказиш полосасининг кенглиги (МГц)	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 (кГц)	22,5 (OFDM 5МГц) 2,8 (OFDMA 5МГц)	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 камровли узатиш	Йўқ	Бор

3.4 –жадвал

Мавжуд ва пайдо бўладиган сервисларнинг мисолий классификацияси

Узатиладиган маълумотлар тури	Хизматлар тоифаси	Қайд этилган WiMAX	Мобил WiMAX
Ахборотлар	Internet –уланиш, e –mail	++	++
	VPN	++	++
	Маълумотлар базасига	+	++

	порталларга уланиш		
	Маълумотларни тўплаш	+	++
	Телематрия	++	+
	Активлар устидан назорат	-	+
Товуш	VoIP	++	++
	РТТ (гурухли чақириш)	-	++
	FMС	-	++
Видео	Радиочақирув Видеоконференция	+	++
	Видеокузатув	++	+
	Жойлашган ўрин	Ахборот хизматлари	-
	Ходимлар ва техникани бошқарув	-	+
	Чақирувларни адаптив маршрутлаштириш	-	++

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

WIMAX тизимининг архитектураси

WIMAX тизимининг архитектурасига нисбатан IEEE институти РНУ физик ва МАС даражалардаги асосий талабларни аниқлади. Ўз вақтида бундай ёндашув Ethernet ва WI-FI технологияларга қўлланишда ўз самарадорлигини

кўрсатди. Уларда TCP/IP, SIP, VoIP ва IP-SEC турдаги юқори даражалардаги протоколлар ва бошқа соҳавий тузилмалар, бу ҳолда IETF (ингл. *Internet Engineering Task Force* – Интернет тармоғини лойиҳалаштириш буйича мақсадли гуруҳ) гуруҳи томонидан қабул қилинган. Лекин, РНУ ва МАС даражаларда радиоинтерфейсга умумий талаблар ишланмасидан ташқари, халқаро даражада мослаштириш зарур бўлган масофалар тўплами мавжуд. Хусусан, турли хил бир жинсли, ҳам “турли жинсли”(яъни бошқа технологияларга кирадиган) тармоқлар билан WIMAX тизимларининг ўзаро таъсирлашишини таъминлаш буйича талабларни аниқлаш зарур. Мисол учун мобил алоқалар учун бу масалалар билан 3GPP ва 3GPP-2 дастурлари шуғулланади. Улар интерфейслар ва протоколлар кенг тўплам буйича стандартларни ўрнатади. Чунки бу фақат умумий радиоинтерфейс буйича ўзаро таъсирлашиш учун эмас, балки турли ишлаб чиқарувчилар жиҳозларида қурилган турли тармоқлар орасида ўзаро таъсирлашиш ва роуминг учун зарур бўлади. Шунга ўхшаш IEEE 802.16 оиласидаги стандартлар учун протоколлар ва интерфейсларни ишлаб чиқиш билан WIMAX форуми шуғулланади. Хусусан, форум доирасида икки ишчи гуруҳ ташкил этилди. Стационар, кўчма, портатив ва мобил иш режимлари учун юқори даражалар спецификацияларини тайёрлаш махсуслаштирилган тармоқларни ташкил этиш буйича гуруҳ (ингл. *Network Working Group*) тармоққа уланишни тақдим этиш буйича талабларни аниқлаган ва уларни ишлатишга тармоқларни ташкил этиш буйича гуруҳга ёрдам берган хизматларни ташкил этиш буйича гуруҳ (ингл. *Service Network Working Group*) ташкил этилди. Бу гуруҳлар ўз ишида қуйидаги асосий тармоқларни қуриш принципларига асосланди:

1. WIMAX тизими архитектураси бевосита IEEE 802.16 стандарти, шунингдек, IETF ва Ethernet стандартлари аниқлаган коммутация процедураси қўшилганда пакетни коммутация асосида қурилиши керак.

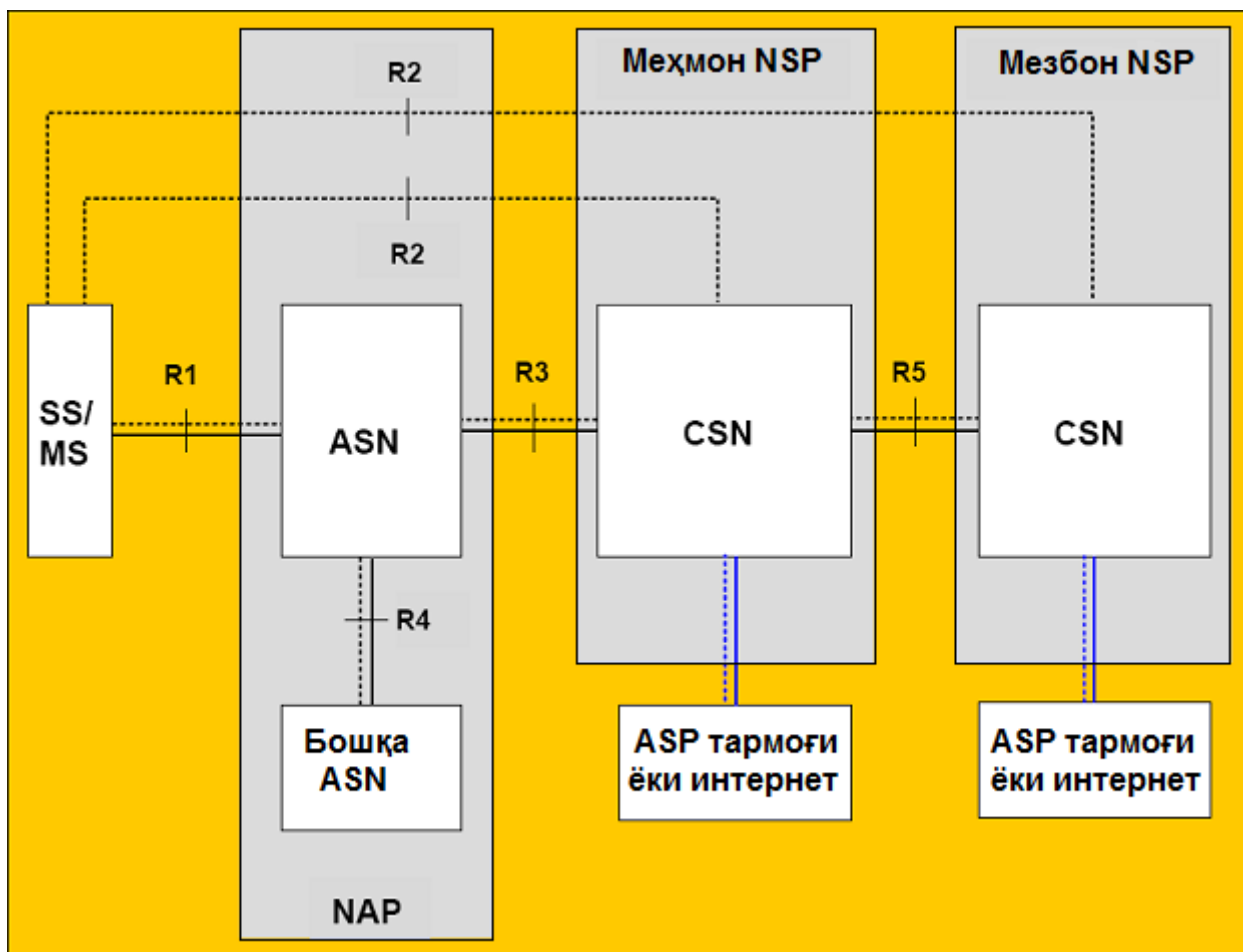
2. Архитектура коммутация даражасидан уланиш даражасини ажратиш керак. Яъни, тармоқнинг коммутация даражаси элементлари IEEE

стандартларининг қўлланилган радиоуланиш технологияларига боғлиқ бўлмаслиги керак.

3. Тизимнинг архитектураси тармоқларни қуриш ва кенгайтиришнинг турли вариантларини қўллаб-қувватлаш учун модулли ва ихчам бўлиши керак. Хусусан, уларга қуйидагилар киради:

- Кичик ўлчамлардаги тармоқлардан катта ўлчамли тармоқларга ўтиш;
- Шаҳар, шаҳар атрофи ва қишлоқ шароитларидаги радиотўқинларни тарқалишида ишлаш;
- Лицензияланган лицензияланмаган ишчи частоталардан фойдаланиш;
- Иерархик, бир даражали ва ўзи шаклланадиган тармоқлар топологиялари ва уларнинг комбинациялари;
- Қайд этилган кўчма, портатив ва мобил терминалларда биргаликда ишлаш.

WIMAX Форуми қатнашчилари тизим архитектурасининг мантиқий тақдим этилиши ҳисобланган NRM (ингл. *Network Reference Model*) WIMAX тармоғининг таянч моделини аниқлади [46]. NRM модели функционал тизимлар орасида ўзаро таъсирлашиши амалга ошириладиган ва таянч нуқталар (ингл. *Reference Points*) дейиладиган тармоқнинг функционал тугунларини тавсифлайди. WIMAX тармоғининг таянч модели умумий кўринишда 3.3-расмда келтирилган.



3.3-расм. WIMAX тармоғининг таянч модели (NRM)

Тизимнинг бундай архитектураси турли тармоқларни куриш модулларини ва терминалларнинг иш режимларини қониктирадиган функционалликни таъминлаш мақсадида таклиф этилган. WIMAX Форуми WIMAX тармоқлар ишлашининг кўплаб аспектларини аниқлайдиган архитектурани ишлаб чиқди:

- Бошқа тармоқлар билан ўзаро таъсирлашиш;
- Тармоқ манзилларини тақсимлаш;
- Мобилликни бошқариш;
- Аутентификация ва кўплаб бошқалар.

WIMAX тармоғи архитектурасининг бош ўзига хос хусусияти шундан иборатки, у у қандайдир маълум конфигурация боғланмаган ва юқори кўламликка ва ихчамликка эга. Масалан, WIMAX тармоғи турли функционал

имконияти АҚ ларни ва микросоталарни ва макросоталардан бошланган ҳамда пикосоталар ва фемсоталарда тугаган ўзгарувчан камраш худудли БС ларни қуллаб-қувватлаши мумкин.

WIMAX Форуми R1-R5 (асосий) ва R6-R8 (ёрдамчи) белгиланишларни олган таянч нуқталари бўлган бир неча тугунлараро уланишлар билан бирга тармоқнинг тугунлар таркибини аниқлади.

3.4-расмдан кўришиб турибдики, WIMAX тармоғининг асосий тугунлари қуйидагилар ҳисобланади.

- SS/MS (ингл. *Subscriber Station/Mobile Station*) – абонент ускунаси/мобил станция;

- ASN (ингл. *Access Service Network*)-уланишни тақдим этиш;

- BS (ингл. *Base Station*)-базавий станция (яъни “уланиш нуқтаси номига эга”), ASN тузилмасига киради;

- ASN-GW (ингл. *ASN Geteway*)- ASN шлюзи, у ҳам ASN тузилмасига киради;

- CSN (ингл. *Connectivity Service Network*)-коммутация тармоғи;

- HA (ингл. *Home Agent*)-уй агенти, CSN тузилмасига киради;

- AAA Server (ингл. *Authentication, Authorization and Accounting Server*)-аутентификациялаштириш, авторизация ва қайд этиш сервери, у ҳам GSN таркибига киради;

- NAP (ингл. *Network Access Provider*)-тармоққа уланиш провайдери;

- NSR (ингл. *Network Service Provider*)- тармоқ хизматлари провайдери;

Тармоқ тугунларига бўлиш мантиқий даражада ва ҳар бир мантиқий тугунларда амалга оширилган. MS, ASN ва CSN гуруҳли функционалликдан иборат бўлиши мумкин. Бунда тармоқ функциялари функциялар бўлинган ҳам бир, ҳам бир неча аппаратларида ишлатилиши мумкин. Ускунада функцияларни бўлиш ёки бирлаштириш тизимни интеграция модели билан аниқланадиган ёки тизимнинг характеристикаларига қўйиладиган талабларни танлаш ҳисобланади. Тизим ичида ўзаро таъсирлашиш тармоқнинг функционал тугунлари орасидаги ўзаро таъсирлашиш протоколларини

аниқлашда қурилади.

WiMAX стандартининг сертификацияланган профиллари

WiMAX тизимлари	Сертификацияли профиллар			
	Номи	Частота диапазони, ГГц	Дуплекс	Канал кенглиги, МГц
Турғун WiMAX (IEEE 802.16-2004, OFDM)	Air1	3,4 – 3,6	TDD	3,5
		3,4 – 3,6	TDD	7
	Air2	3,4 – 3,6	FDD	3,5
		3,4 – 3,6	FDD	7
		5,725 – 5,850	TDD	10
Эволюцион WiMAX (IEEE 802.16e- 2005, OFDM)	ETG8	4,935 – 4,990	TDD	5
Мобил WiMAX (IEEE 802.16e- 2005, OFDMA)	1B	2,3 – 2,4	TDD	5 ва 10
	1A	2,3 – 2,4	TDD	8,75
	3A	2,496 – 2,690	TDD	5 ва 10
	5AL	3,4 – 3,6	TDD	5
	5BL	3,4 – 3,6	TDD	7

WiMAX тармоғининг ишлаш режимлари

Аввал айтиб ўтилганидек, ҳозирги кунда кенг тарқалган ва асосий стандарт ҳисобланувчи WiMAX стандартининг иккита версияси мавжуд: IEEE 802.16d ва IEEE 802.16e. IEEE 802.16d стандарти фиксацияланган (рус. *фиксированный*) алоқали симсиз уланишни тавсифлайди ва узоклаштирилган стационар абонентлар уланиши учун мўлжалланган. Ўз техник характеристикасига кўра (ўтказиш полосаси 20МГц частота полосасида 75Мбит/сек. гача етади, алоқа масофаси 50км гача), бу стандарт турли вариантдаги симли кенг полосали абонент уланиш усулларининг алтернатив

варианти ҳисобланади.

IEEE 802.16e стандарти ҳаракатдаги фойдаланувчилар учун кенг полосали “мобил” хизматларни кўрсатиш учун мўлжалланган. Ушбу стандартда максимал маълумот узатиш тезлиги 5МГц частота полосасида 20Мбит/сек ни ташкил этади, алоқа масофаси – 5-10км га тенг. IEEE 802.16e стандарти БС ва АУ орасида боғланишда мобиллик (ҳаракатчанлик) жиҳатдан айниқса такомиллашган ҳисобланиб, шунингдек аввалги барча стандартларнинг имкониятларини ҳам ўз ичига олади ва қуйидаги режимларда ишлайди.:

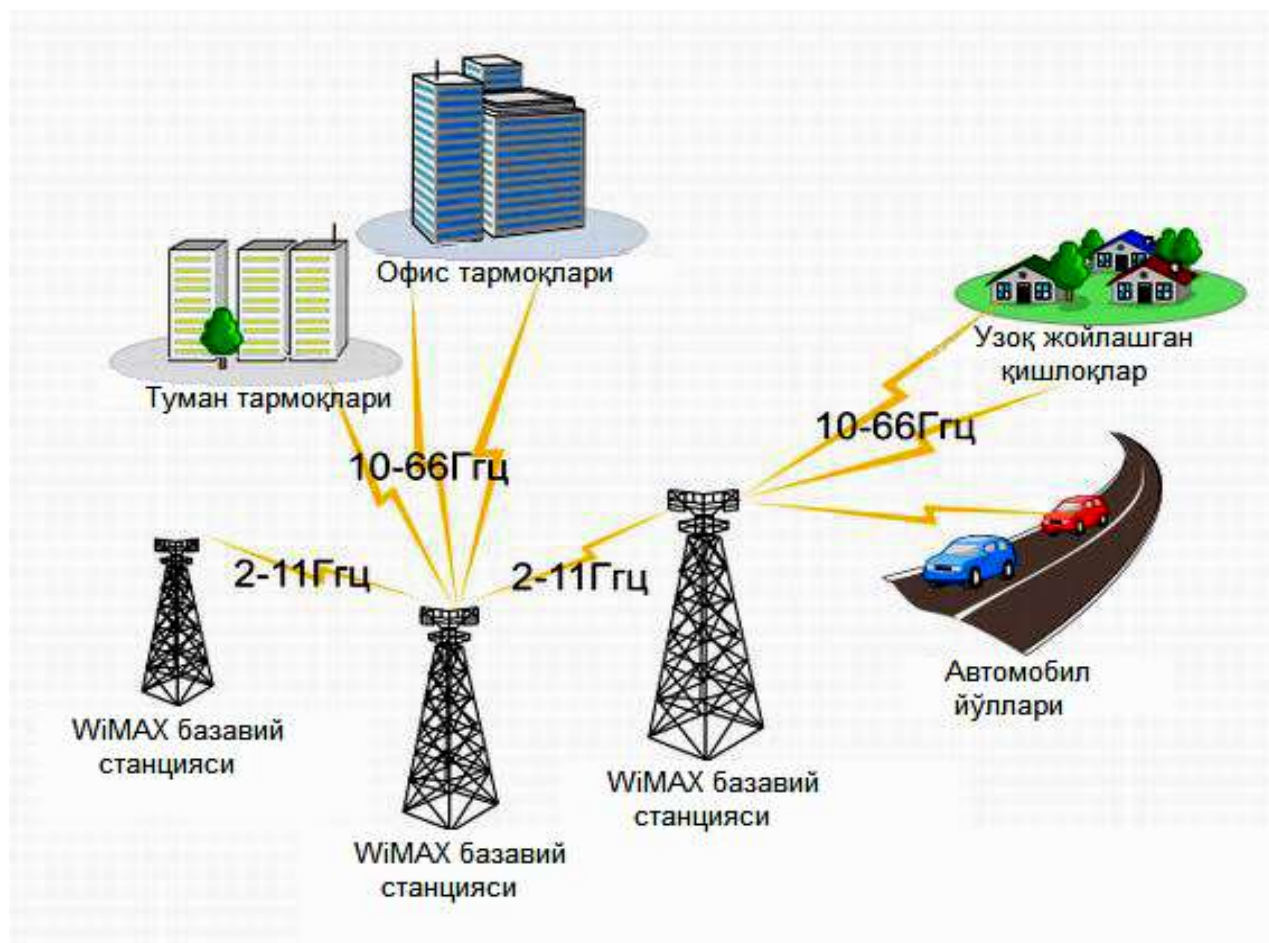
- Фиксацияланган алоқали (бир жойдан қўзғалмай ёки стационар ҳолатда) уланиш (ингл. *Fixed WiMAX*);
- Сеансли уланиш (ингл. *Nomadic WiMAX*);
- Кўчма ёки силжиш режимидаги уланиш (ингл. *Portable WiMAX*);
- Мобил уланиш (ингл. *Mobile WiMAX*).

WiMAX тармоғи ишлаш режимларини батафсил кўриб чиқамиз.

WiMAX тармоғини ташкил этишнинг ўзига хос хусусиятлари

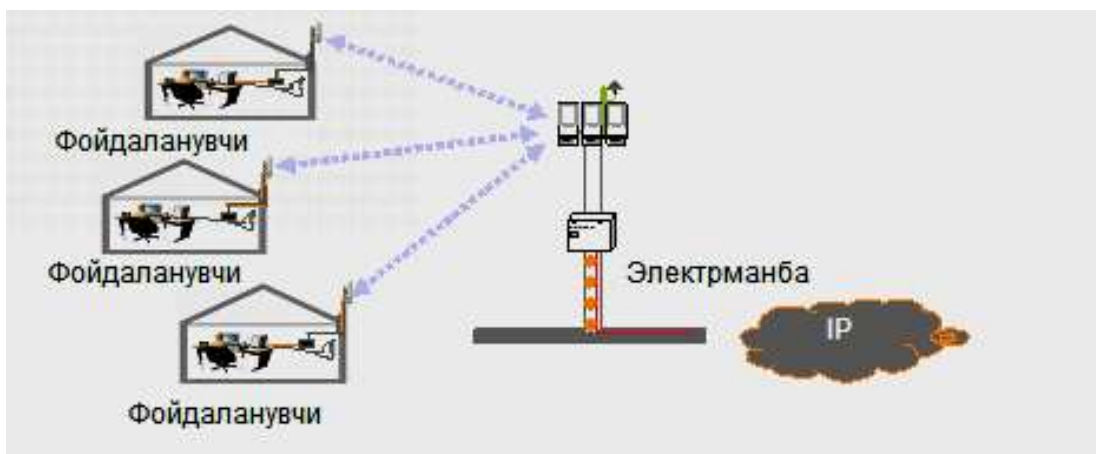
Айтиб ўтилганидек, IEEE802.16 стандарти шаҳар ва районлар масштабидаги симсиз тармоқларда кенг полосали алоқа ташкил қилиш мўлжалланган (WMAN). Стандартнинг бошқа вазифаси локал, ҳудудий ва глобал тармоқлар ўртасида ўзаро алоқани таъминлаш ҳисобланади. Бу тармоқлар шунингдек симсиз шахсий тармоқлар билан ҳам биргаликда ишлайди ва симли ва симсиз тармоқлар орасида протоколлараро иерархик боғланишни таъминловчи симсиз кўприкларни вужудга келтиради.

Бу вазифаларни бажариш учун WiMAX тармоғини ташкил этишнинг турли вариантлари кўриб чиқилган. Умумий ҳолатда WiMAX тармоғи топологияси қуйидаги кўринишда тасвирланади (3.21-расм.):



3.21-расм. WiMAX тармоғи топологияси

WiMAX тизимларида аввал магистрал линияларни ташкил этиш учун 10-66 МГц дастота диапазонидан фойдаланиш кўзда тутилган, ҳозирги фойдаланиладиган версияларида эса 2 дан 11 МГц дастота диапазонида 3,5; 5; 7,5; 8,75 ва 10 МГц канал кенглигида ишлайди. Бунда $\pm 10^{-6}$ чегарада частота барқарорлигини таъминлаш зарур. Тармоқ база станциялари бинолар томларида ёки мачталарда жойлаштирилади. Шунингдек, турли баланд иншоотлардан, симёғочлардан ва, ҳаттоки, дарахтлардан база станцияларни ўрнатишда фойдаланиш мумкин. Бирор ҳудуддаги кўп сонли абонентларга симсиз кенг полосали маълумотлар узатиш хизматини тақдим этиш учун WiMAX база станциялари абонент ускуналари билан “нуқта- кўп нуқта” топологияда алоқани амалга оширади (3.22-расм).



3.22-расм. «Нукта-кўп нукта» режимида WiMAX тармоғи топологияси

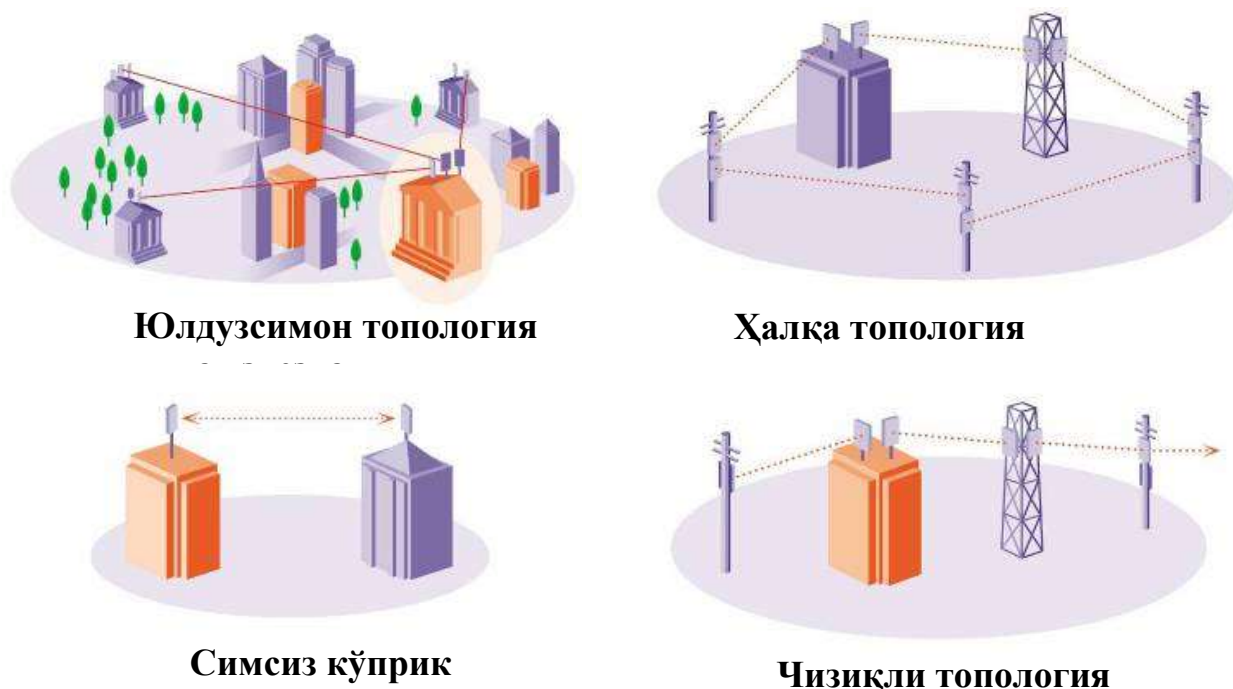
Бу чизма бўйича БС WiMAX абоненти ускуналари ёрдамида фойдаланувчилар билан боғланадилар, кейин сигнал Ethernet-кабель стандарти бўйича ёки тўғридан-тўғри аниқ компьютерга, ёки IEEE 802.11 (Wi-Fi) уланиш нуқтаси орқали қабул қилинади. Бу WiMAX орқали кабелли уланишдан симсиз уланишга ўтишда мавжуд худуд ёки офис тизимидаги локал тармоқларнинг инфраструктурасини сақлаб қолиш имконини беради. Бундан ташқари компьютерлар уланиши учун стандарт технологиялардан фойдаланувчи тармоқларни ёйишни максимал даражада кенгайтириш имконини беради.

Узоқлаштирилган объектлар орасида симсиз кенг полосали алоқани ташкил қилиш учун «нукта-нукта» режимидан фойдаланилади (3.23-расм).



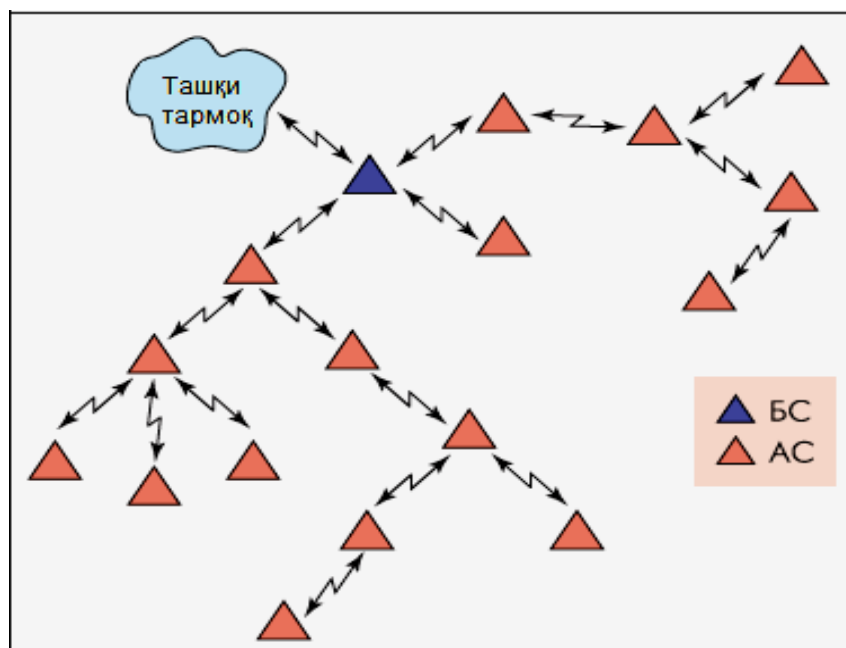
3.23-расм. «Нукта-нукта» режимидаги WiMAX тармоғининг топологияси

«Нукта-нукта» режимида турли тармоқ кўринишлари ва уларнинг комбинацияларидан фойдаланилади. 3.24-расмда WiMAX тизими учун қўлланилувчи турли кўринишдаги тармоқ топологиялари тасвирланган.



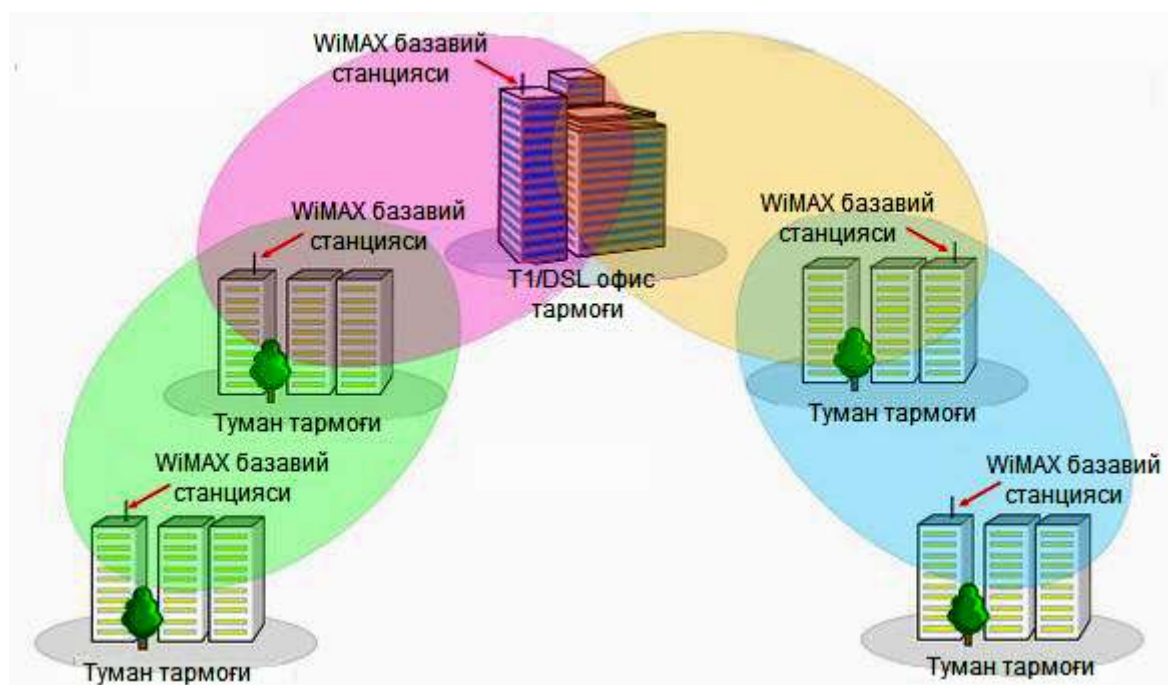
3.24-расм. «Нукта-нукта» режимидаги WiMAX тармоғининг кўринишлари

WiMAX тармоқларида шунингдек «**mesh**» режимида алоқа ташкил қилиш мумкин, бунда АУ тўғридан-тўғри бир-бири билан алоқани амалга оширади, базавий станцияси эса асосий тармоқлар инфраструктураси ва меш тармоқлари ўртасида коммутатор ҳисобланади. (3.25-расм). «**mesh**» режимини қўллаш натижасида тармоқнинг радиоқоплам зонаси юқори тезликда маълумот узатишни таъминлаш билан 50км гача ошади, бу ҳолда битта БС нинг оддий ҳолдаги радиуси 5-10км ни ташкил этади.



3.25-расм. «Mesh» режимда WiMAX тармоғи топологияси

WiMAX тармоқлари «кўп нукта - кўп нукта» режимда қурилиши мумкин, шунингдек у «нукта-кўпнукта» режимини ҳам таъминлайди. (3.26-расм).



3.26-расм. «Кўп нукта - кўп нукта» режимдаги WiMAX тармоғининг топологияси

Бунда БС локал трафикни ташкил қилиш учун радиотерминал ёки такрорлагич бўлиши мумкин. Маълумотлар оқими абонентга етиб боргунча, бир неча такрорлигичлардан ўтиши мумкин. Бу ҳолатда антенна масофадан созланадиган тор йўналишда сигнал узатувчи антенна бўлади. Такрорлагичлар алоқа қилинувчи нукталар орасида тўғридан-тўғри алоқа ўрнатиш имкони бўлмаган вазиятларда фўлланилади. Улар БС дан бир ёки бир неча абонент ускуналарига сигнал узатади.

WiMAX тизимлари ускуналари ўз ичига абонент терминалларини, асосий тармоқ ускуналарини, тугунлараро каналларни ва такрорлагичларни олади.

Ўзбекистонда WiMAX тизимлари учун частоталарнинг ажратилиши

Ўзбекистонда замонавий симсиз кенг полосали тармоқларни жорий этиш жараёни Ўзбекистон алоқа ва ахборотлаштириш агентлиги (ЎзААА) томонидан фаол қўллаб-қувватланмоқда ва улар учун частоталарни ажратиш имконияти деярли барча учта 2,5ГГц, 3,5ГГц ва 5ГГц диапазонларда кўзда тутилган. 3.15-жадвалда Ўзбекистонда 2010 йилнинг охирлари ҳолатигача частоталарга рухсат этилиши даражаси келтирилган.

3.15-жадвал

Ўзбекистонда WiMAX тизимлари учун частоталарга рухсат этилиши

Диапазон	Рухсат этилиши даражаси
2,3ГГц	WiMAX тармоғи қурилган (IEEE 802.16е стандарти)
2,4ГГц	Wi-Fi (b/g/n) тармоқлари фойдаланиши учун ажратилган
2,5ГГц	«МТС -Узбекистан» компанияси LTE тармоғини қурмоқда.

	Харакатдаги алоқа фуқаро хизматлари фойдаланиши мумкин.
3,5ГГц	Харакатдаги фуқаро хизматлари иккиламчи асосда фойдаланиши мумкин. WiMAX тармоғи қурилган (IEEE 802.16d стандарти)
5,15ГГц - 5,25ГГц	Харакатдаги фуқаро хизматлари иккиламчи асосда фойдаланиши мумкин.
5,25ГГц - 5,35ГГц	Wi-Fi (a/n) тармоқлари фойдаланиши учун ажратилган
5,7ГГц - 5,8ГГц	Умуман олганда ҳукуматга мўлжалланган диапазон, лекин унда қўшма фойдаланиш учун полосалар мавжуд

2,5ГГц диапазон (2,3ГГц - 2,7ГГц кенг интервалда) ҳозир айниқса шаҳарларда ўта юкланган, чунки унда ҳозирда Wi-Fi хот-спотлар ишламоқда ва LTE кенг полосали тармоқларни (яъни, 10МГц ва 20МГц полосаларли) қуриш режалаштирилмоқда. Шунинг учун WiMAX тармоқларини қуриш учун 3,4ГГц - 3,6ГГц диапазон маъқулроқ бўлиб қолади, етиладиган ускуналар пайдо бўлганидан кейин эса 5ГГц диапазон ўзлаштириши мумкин. Умуман олганда шуни тасдиқлаш мумкинки, Ўзбекистонда WiMAX тармоқларини қуриш учун частоталарнинг ажратилиши муаммоси ҳал этиладиган масала.

Бунга қарамасдан 2011 йилнинг бошига келиб мамлакатда ҳам қайд этилган, ҳам мобил WiMAX хизматларини тақдим этадиган фақат битта оператор (EVO савдо маркали Super iMax компанияси) ишламоқда. 2010 йилнинг охирига келиб EVO 9 та вилоятни қамраб олди ва ўз абонентлари сонини 13000 кишигача етказди. EVO тармоғи иккита WiMAX стандартидан (IEEE 802.16d ва IEEE 802.16e), иккита частота диапазонида (мос равишда 3,5ГГц ва 2,3ГГц) фойдаланадиган комбинацияланган тармоқ намунаси ҳисобланади.

Янги WiMAX тармоқларига келсак, 2011 йилнинг бошига келиб ЎзААА

нинг маълумотларига кўра, 2010 йилда WiMAX тармоқларини қуриш ва тизимларини ишлатишга эга бўлган 2 та сотали оператор ва 4 та Интернет-провайдер бундай тармоқларни қуриш режалари ҳақида билдирмади.

Бу ерда таъкидлаш жоизки, умумий фойдаланишдаги алоқа тармоқлари (уларга WiMAX тармоқлари ҳам киради) доимо уларнинг тижорий фойдалилигига асосланади. Мас равишда операторларга, аввало, шаҳарлар ва зич жойлашган ҳудудлар қизиқарли (манфаатли). Лекин йирик шаҳарларда WiMAX технологияси симли уланиш технологиялари ва сотали алоқа тизимлари томонидан катта рақобатга дучор бўлади. Шунинг учун кўплаб мутахассислар WiMAX технологиясига симли уланиш ва мобил алоқа мураккаб ёки мумкин бўлмаган жойларда қўлланилишини тавсия қилиш билан анъанавий симли уланиш ва мобил тармоқларга тўлдириш ёки захира ролини беришмоқда.

Умумий фойдаланишдаги тармоқлардан фарқли равишда корпоратив алоқа тармоқлари ҳамма вақтларда ҳам зич жойлашган ҳудудларда (энергетиклар шаҳарчаси, нефтгаз мажмуаси корхоналари ишчилари ва бошқалар) қурилавермайди. Олисдаги жойлардаги радиочастота спектри нисбатан бўш ва 20 МГц гача кенгликдаги частоталар полосасини ажратиш ажратиш мумкин. Шунинг учун йирик шаҳарлардан олисдаги корпоратив тармоқлардан WiMAX технологиялари имкониятларининг максимал ишлатилишини кутиш керак. Шу билан бирга, бундай тармоқлар дастлаб асосий қўлланилиши бўйича ўзига етарли (қўшимча бўлмаган) тарзда қурилиши мумкин.

WiMAX технологияларининг қўлланилишига олиб келадиган корпоратив тармоқларнинг яна бир ўзига хос хусусиятларидан бири кўплаб корпорацияларда абонент терминалларни сотиб олиш учун молиявий воситаларнинг мавжудлиги ҳисобланади (ҳозирда умумий фойдаланишдаги алоқа тармоқлари абонетлари учун терминаллар нархи жуда қиммат бўлган ҳолда).

Бошқа давлатлардаги ҳолат

Биз учун аввало, яқин хориж давлатлари, биринчи навбатда Россия тажрибаси қизиқарли бўлади. Россияда КСУ тизимларини ривожлантириш учун ҳам учта 2,5ГГц, 3,5ГГц, 5,8ГГц частоталар диапазонлари муҳокама қилинмоқда.

2,4ГГц диапазони (аниқроғи 2,400ГГц - 2,483ГГц) шаҳарларда кучли банд ва шаҳар тармоқлари бошқа диапазонларда қурилмоқда. WiMAX тармоқлари учун бу диапазондан фойдаланиш деярли мумкин эмас.

3,4ГГц - 3,6ГГц диапазонда ҳам муаммолар мавжуд, чунки у сунъий йўлдошли алоқа учун актив ишлатилади. Ўтказилган тадқиқотлар маълумотларни узатишга диапазондан фойдаланиш бўйича чекланишни ўрнатди ва ҳозир бу диапазонда фақат 500МГц полосага рухсат этилади. Бунда сунъий йўлдошли сегмент ортади, чунки у орқали бошқа алоқа турларига етарли бўлмаган Россиянинг регионлари билан стратегик алоқа амалга оширилади.

Шундай қилиб, 5ГГц (5,250ГГц; 5,250ГГц – 5,350ГГц ва 5,725ГГц – 5,850ГГц нимдиапазонлар) Россияда энг ўзлаштирилмаган диапазон. Айнан шу ерда бу полосаларда бошқа хизматлар ҳам (масалан, 5,725ГГц – 5,850ГГц диапазондан радиореле станциялари фойдаланади) ишлашига қарамасдан КСУ тармоқлари сонининг максимал ўсиши кутилмоқда. 6ГГц (5,900ГГц – 6,400ГГц) диапазонни ўзлаштириш секин кетмоқда.

Маълумки, тўғри кўриниш зонасидан ташқарида алоқани таъминлашга йўналтирилган 802.16d стандартига нисбатан илгари сурилган ёндашув қизиқарли ҳисобланади. Бу стандарт учун ҳозир ишчи частотанинг пастки чегараларини 1800МГц гача ёки ҳатто 700МГц гача камайтириш кўриб чиқилмоқда, шунингдек, канал ичида нимдиапазонни танлаш имконияти қўлланилган, яъни АУ кичик нимканалларда ишлаши мумкин (1,25МГц минимал кенглик).

Назорат саволлари

1. Симсиз алоқа тизимларининг қисқача ривожланиш тарихини баён этинг.
2. Рақамли ва аналог, тор полосали ва кенг полосали технологиялар қандай фарқланади?
3. Алоқанинг узоқлиги бўйича симсиз алоқа тизимларини синфларга бўлинг.
4. Тармоқларнинг топологияси бўйича симсиз алоқа тизимларини синфларга бўлинг.
5. Қўлланилиши бўйича симсиз алоқа тизимларини синфларга бўлинг.
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. Wi-Fi тизимларининг асосий камчиликлари нимада?
11. Wi-Fi тизимларида хавфсизлик қандай таъминланади?
12. Дунёдаги Wi-Fi тижорий тармоқларига мисоллар келтиринг.
13. Wi-Fi нотижорий тармоқлари қандай принциплар асосида қурилади?
14. WiMAX тизимларига тавсиф беринг ва WiMAX тизимларининг қисқача ривожланиш тарихини баён этинг.
15. WiMAX тизими ва ИМТ-2000 Дастури қандай ўзаро таъсирлашади?
16. WiMAX и Wi-Fi тизимларининг фарқи қандай?
17. WiMAX тизимларининг асосий характеристикаларини келтиринг. WiMAX тизимларининг қўлланилиш соҳаларини баён этинг. WiMAX тизимларининг қандай асосий авзалликлари ва камчиликлари мавжуд?
18. HiperMAN ва WiBro стандартлари ҳақида сўзлаб беринг.
19. IEEE 802.16d стандартига қисқача характеристика (тавсиф) беринг.
20. IEEE 802.16e стандартига қисқача характеристика (тавсиф) беринг.

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

22. WiMAX тармоқларини қандай асосий қуриш принциплари мавжуд?

Фойдаланилган адабиётлар

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

2. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed.2008

3. Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009

4. LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed.2012

Интернет ресурслар

1. Evolution to LTE report. GSA материаллари. May 11, 2011.

http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4.

2. CDMA Statistics. CDG материаллари. April 21, 2011.

http://www.cdg.org/resources/cdma_stats.asp

3. Интернет материаллари.

<http://www.marketingcharts.com/television/mobile-tv-subscribers-to-shoot-up-but-operators-revenue-not-so-much-2594/screen-digest-mobile-tv-market-by-region-through-2011jpg/>

4. *Wireless Mobile Telephony*. Arian Durrezi. CIS Department. The Ohio State University. <http://www.cis.ohio-state.edu/~durrezi/>

5. Fact Sheet: GSM/3G/WCDMA-HSPA, HSPA+ and LTE. GSA материаллари. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4

6. NTT DoCoMo пресс-релизи.

<http://www.nttdocomo.com/pr/2007/001319.html>

IV БЎЛИМ

АМАЛИЙ МАШЎУЛОТ
МАТЕРИАЛЛАРИ

IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1-амалий машғулот. Симсиз алоқа тизимларини тадқиқ қилиш. GSM-900 сотали алоқа тармоғининг параметрларини тадқиқ қилиш. (4 соат)

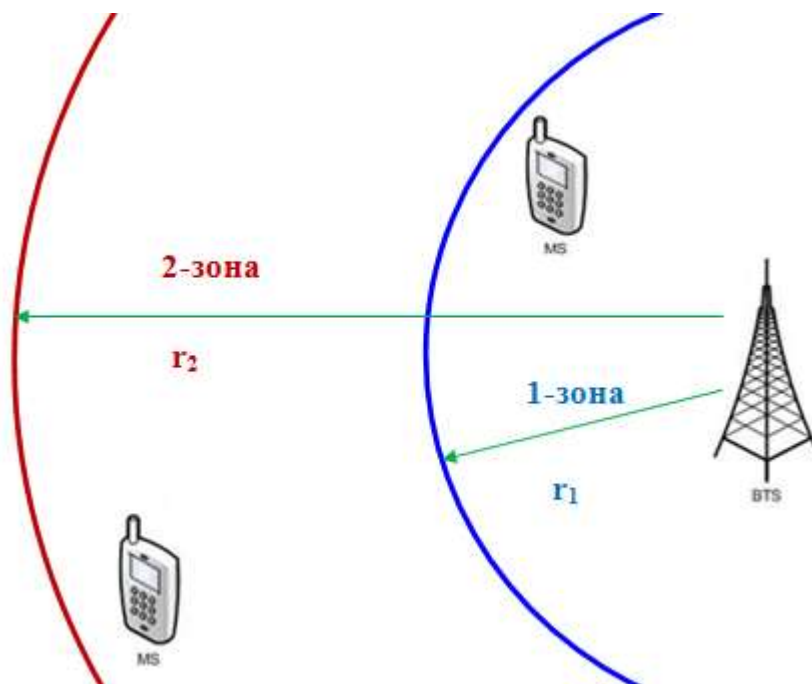
Симсиз алоқа тизимларини тадқиқ қилиш

Ишдан мақсад

Симсиз алоқа тизими БС ва АС орасидаги алоқанинг максимал масофасини аниқлаш

Топширик

Симсиз алоқа тизими БС ва АС орасидаги ишончли қабуллаш максимал масофасини (1-зонанинг радиусини) аниқлаш.



1-расм. БС ва АСнинг жойлашиши

Ҳисоблаш

Дастлабки берилганлар:

P_n – узаткичнинг номинал қуввати, Вт

f – ўртача ишчи частота, МГц

h_2 – қабуллаш антеннасининг баландлиги, м

E_c – АС қабуллаш пунктидаги сигнал майдонининг талаб қилинадиган кучланганлиги, дБ

Δh (Δh_1 ва Δh_2) – хизмат кўрсатиш зонасидаги жойнинг рельефи:

V_ϕ – фильтрлар ва антенна ажраткичларидаги сўниш, дБ;

α – фидердаги метрга сўниш, дБ/м.

Антенналар параметрлари

Антенна тури	ΘЕ, °	КК, D _y , дБ
1. Ярим тўлқинли вибратор	360	0
2. Битта тўлқинли вибратор	180	1,6
3. Ярим тўлқинли шунтли вибратор	360	0
4. Чорак тўлқинли штырь	360	0
5. “Тўлқин канали” турдаги етти элементли антенна	55	8,0
6. Тўлқинли вибраторлардан тўртта қаватли антенна	60	7,3
7. Тўлқинли вибраторлардан икки қаватли антенна	70	3,6

БС ва АС антенналари сифатида антенналар ихтиёрий танланади.

1) Маҳаллий шароитларни ҳисобга олиш билан БСни жойлаштиришнинг энг тўғри келадиган вариантыни танлаш учун хизмат кўрсатиш радиусини аниқлаш мақсадида антенналарнинг турли баландликлари қийматларини оламиз:

$$h_1=30, 50, 70, 100, 150, 200, 300 \text{ м.}$$

Ҳисоблашда БС жиҳозлари таянчнинг остида қолади, антенна фидерининг узунлиги эса h_1 баландликнинг ортиши билан ортади ва фидернинг умумий сўнишини оширади.

2) БС антеннасининг барча баландликлари учун фидернинг сўнишини ҳисоблаймиз:

$$\Delta B_{\phi} = h_1 \cdot \alpha, \text{ дБ,}$$

3) олинган маълумотларни жадвалга киритамиз

Узатиш антеннасининг баландлиги, м	Фидердаги сўниш, дБ
30	
50	
70	
100	
150	
200	
300	

4) Узаткичнинг номинал қувватини 1кВтдан фарқланишини ҳисобга оладиган $B_{p.n}$ – тузатишни қуйидаги формула бўйича ҳисоблаймиз:

$$B_{p.n.} = 10 \lg \frac{1000}{P_{ном}}, \text{ дБ}$$

5) Қабуллаш антеннасининг баландлигини 1,5 мдан фарқланишини ҳисобга оладиган B_{h2} – тузатишни қуйидаги формула бўйича ҳисоблаймиз:

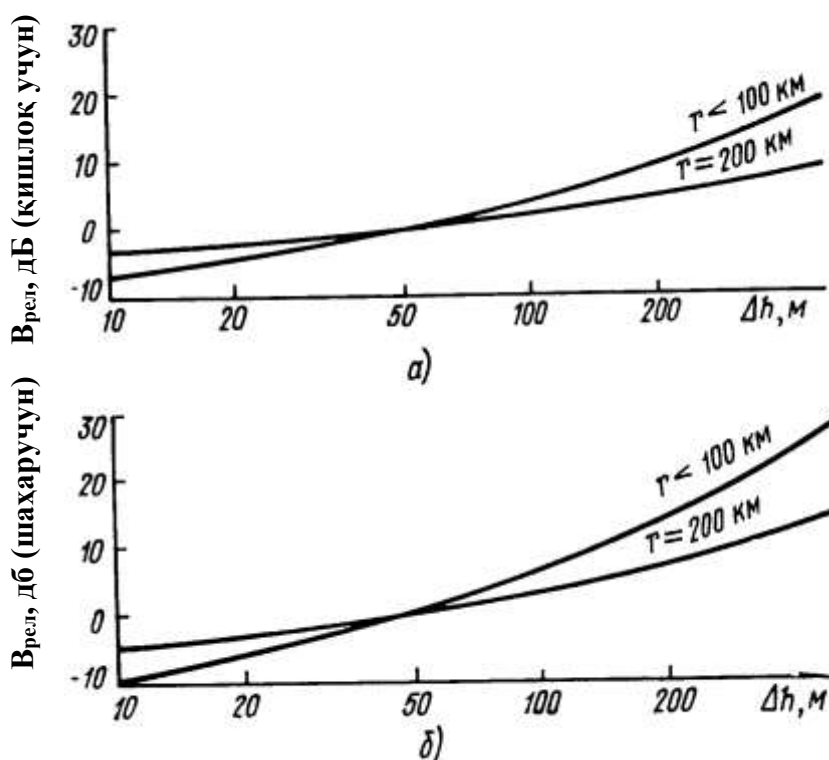
$$B_{h2}=10 \lg(1,5/h_2), \text{ дБ}$$

Бу ерда h_2 – АС қабуллаш антеннасининг баландлиги.

б) Жойнинг рельефини ҳисобга оладиган $V_{\text{рел}}$ - тузатишни қуйидаги тартибда аниқлаймиз. Жойнинг рельефини ҳисобга оладиган $V_{\text{рел}}$ – тузатишни аниқлаш учун график 1-расмда келтирилган.

Кейинги барча ҳисоблашларни иккита чегаравий ҳоллар – жой рельефи баландлигининг ўзгариши минимал аҳамиятга эга бўладиган (Δh_1 – энг яхши вариант) ва максимал аҳамиятга эга бўладиган (Δh_2 – энг ёмон вариант) ҳоллар учун амалга ошириш зарур.

Мос равишда ҳар иккала ҳоллар учун жойнинг рельефини ҳисобга оладиган $V_{\text{рел}}$ – тузатиш ҳисобланади. $V_{\text{рел}}$ коэффициент бу Δh ва $r < 100$ км учун 1а (қишлоқ жойлари) ва 1б (шаҳар жойлари) расмлардаги графиклар бўйича олинган ўртача арифметик қийматлар сифатида аниқланади.



2–расм. Жой рельефини тузатиш учун график

Δh_1 учун

$V_{\text{рел1}}$ 1-график бўйича аниқланади

$V_{\text{рел2}}$ 2-график бўйича аниқланади

$$V_{\text{рел}} = \frac{V_{\text{рел1}} + V_{\text{рел2}}}{2} \text{ дБ}$$

Δh_2 учун

$V_{\text{рел1}}$ 1-график бўйича аниқланади

$V_{\text{рел2}}$ 2-график бўйича аниқланади

$$V_{\text{рел}} = \frac{V_{\text{рел1}} + V_{\text{рел2}}}{2} \text{ дБ}$$

7) Δh_1 ва Δh_2 ҳоллар учун БС узатиш антеннаси АС қабуллаш пунктида реал ҳосил қиладиган майдон кучланганлигини қуйидаги асосий ҳисоблаш формуласи бўйича ҳисобланади:

$$E = E_c + V_{p.n} + V_{\phi} + V_{h_2} + V_{rel} + (\alpha * l_{\phi}) - D_y$$

бу ерда $l_{\phi} = 30 \dots 300$ м - динга фидера;

α - метрга сўниш, дБ/м;

E_c – АС қабуллаш пунктидаги талаб қилинадиган сигнал майдони кучланганлиги, дБ;

$V_{p.n}$ – узаткичнинг номинал қувватини 1кВтдан фарқланишини ҳисобга оладиган тузатиш, дБ;

V_{ϕ} – филтрлар ва антенналар ажраткичларидаги сўниш, дБ;

$V_{h_2} = 1,347$ дБ - қабуллаш антеннасининг баландлигини 1,5 мдан фарқланишини ҳисобга оладиган тузатиш, дБ;

$V_{rel,1,2} = -6, 2.5$ дБ – жойнинг рельефини ҳисобга оладиган тузатиш, дБ;

D_{y1} – БС ва АС узатиш ва қабуллаш антенналари кучайтириш коэффициентларининг йиғиндиси.

БС узатиш антеннасининг барча баландликлари учун ҳисоблашлар ўтказилади ва жадвалга киритилади.

Δh_1 баландлик учун:

$$E_1 = \dots$$

.....

$$E_7 = \dots$$

Δh_2 баландлик учун:

$$E_1 = \dots$$

.....

$$E_7 = \dots$$

Ҳисоблаш натижалари

Узатиш антеннаси баландлиги h_1 , м	Δh_1 баландлик учун		Δh_2 баландлик учун	
	Майдон кучланганлиги E , дБ	Кутиладиган алоқа масофаси r , км	Майдон кучланганлиги E , дБ	Кутиладиган алоқа масофаси r , км
30				
50				
70				
100				
150				
200				
300				

8) 3-расмдаги график бўйича БС узатиш антеннасининг турли баландликларидаги ҳисобланган майдон кучланганликлари учун кутиладиган алоқа масофасини (Δh_1 ва Δh_2 учун) аниқлаймиз

9) жой баландликларининг чегаравий ўзгаришлари учун антеннани кўтарилиши баландлигининг турли қийматларини бериш билан олинган алоқа масофаси қийматларидан келиб чиққан ҳолда алоқа масофасининг энг катта қиймати таъминланадиган h_1 антеннанинг оптимал баландлигини танлаш ва буни асослаш зарур.

1-зонанинг радиуси (БС ва АС орасидаги максимал масофа) Δh_1 ва Δh_2 баландликларли рельефлар учун ҳисобланган қийматлардан энг кичиги танланади.

$$r_1 = \min [r_1(\Delta h_1); r_1(\Delta h_2)]$$

GSM-900 сотали алоқа тармоғининг параметрларини тадқиқ қилиш

Ишдан мақсад

GSM-900 сотали алоқа тармоғининг параметрларини ўрганиш.

Топширик

GSM-900 сотали алоқа тармоғининг параметрларини ҳисоблаш.

Ҳисоблаш

Ҳисоблаш учун дастлабки берилганлар қуйидагилардан иборат:

- Мобил телефоннинг сезгирлиги MS_{sens} , дБ;
- БС узаткичи чиқишидаги қувват $P_{out_{bal}}$, дБм;
- Узатувчи антеннанинг кучайтириш коэффициенти $G_{a_{BTS}}$, дБ;
- Тракт фидеридаги йўқотиш $L_{f_{BTS}}$, дБ;
- БС антеннасининг кўтарилиши баландлиги h_B , м;
- Абонентлар сони N , киши

MS қабуллагичи киришидаги фойдали сигнал сатҳини ҳисоблаш

MS қабуллагичи киришидаги фойдали сигнал сатҳи бу боғланишни ўрнатилиши учун зарур бўладиган минмал қувват ҳисобланади:

$$SS_{req} = MS_{sens} + RF_{marg} + IF_{marg} + BL, \quad (5.1)$$

бу ерда SS_{req} - MS қабуллагичи киришидаги сигналнинг сатҳи, дБ;

MS_{sens} - мобил телефоннинг сезгирлиги, дБ;

RF_{marg} - Релеев сўниши, 1...3 дБ;

IF_{marg} - сигналлар интерференциясидан сўнишга захира, 1...2 дБ;

BL - танадаги йўқотишлар, дБ.

MS қабуллагичи киришидаги фойдали сигнал сатҳи радиотўлқинларнинг тарқалиши муҳитига боғлиқ бўлади. Инсон танаси радиосигнални қабул қилишда айрим йўқотишларни келтириб чиқаради. Шунинг учун GSM900 учун инсон танасидаги йўқотиш 3...5 дБга тенг олинади.

Маълум қийматларни қуйиш билан қуйидагини оламиз:

$$SS_{req} = MS_{sens} + RF_{marg} + IF_{marg} + BL =$$

MS қабуллагичи киришидаги фойдали сигнал сатҳига қўшимча равишда қўшимча йўқотишларга кирадиган нормал-логарифмик сўнишларнинг олдини олиш учун қўшимча захиралар киритилади. Олинган фойдали сигнал сатҳи айнан лойиҳалаштиришда ишлатиладиган ва мўлжалдаги сатҳ дейиладиган қиймат (SS_{design}) бўлади

Мўлжалдаги сатҳ қандай қамраб олишни (бинода, машинада, очик ҳавода) амалга ошириш режалаштирилганлигига, яъни айнан қаерда мобил станция жойлашишига боғлиқ равишда ҳисобланади. Маълумки, энг катта йўқотишлар сигнал иншоатлардан ўтганида юз беради. Бу масала бинода сотали алоқа билан қамраб олишни амалга оширишда қўйилади. Демак, барча ҳисоблашларни бинода қамраб олиш (indoor-қамраш) учун амалга оширилади:

$$SS_{design} = SS_{req} + LNF_{marg(0+i)} + BPL_{mean}, \text{дБ} \quad (5.2)$$

бу ерда $LNF_{marg(0+i)}$ - бинодаги сўниш, 2-жадвалда келтирилган;

BPL_{mean} - бинодан ўтишдаги йўқотиш, қийматлари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

Турли лойиҳалаш муҳитлари учун стандарт йўқотишлар

Лойиҳалаштириш муҳити	BPL_{mean}	$LNF_{marg(0+i)}$
Зич аҳолили шаҳар	18	14
Сийрак аҳолили шаҳар	18	12
Шаҳар олди	12	10

Маълумотларни (2) формулага қуйиш билан қуйидагини оламиз:

$$SS_{design} = SS_{req} + LNF_{marg(0+i)} + BPL_{mean} =$$

Максимал бўлиши мумкин йўқотишларни ҳисоблаш

Максимал бўлиши мумкин йўқотишлар қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$L_{p\max} = EiRP - SS_{design}, \text{ дБ} \quad (5.3)$$

бу ерда $EiRP$ - самарали изотроп-нурлантириладиган қувват, дБ;

SS_{design} - сигналнинг мўлжалладаги сатҳи, дБ.

Самарали изотроп-нурлантириладиган қувват қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$EiRP = P_{out_{bal}} + G_{a_{BTS}} - L_{f_{BTS}}, \text{ дБ} \quad (5.4)$$

бу ерда $P_{out_{bal}}$ - БС узаткичи чиқишидаги қувват, дБм;

$G_{a_{BTS}}$ - Узатувчи антеннанинг кучайтириш коэффициенти, дБ;

$L_{f_{BTS}}$ - Тракт фидеридаги йўқотишлар, дБ.

$$EiRP = P_{out_{bal}} + G_{a_{BTS}} - L_{f_{BTS}} =$$

$$L_{p\max} = EiRP - SS_{design} =$$

Талаб қилинадиган каналлар сонини баҳолаш

Ҳар бири энг катта юкланиши соатида p юклама ҳосил қиладиган N абонентларга хизмат кўрсатиш учун талаб қилинадиган n каналлар сони қуйидагича ифодаланади:

$$n = \frac{(N \cdot \rho + K \cdot \sqrt{N \cdot \rho})}{1 + \rho}, \quad (5.5)$$

бу ерда K – тўғри келадиган нормал тақсимот функцияси қийматларида аргумент қиймати сифатида аниқланадиган рад этиш бўлиши мумкинлиги коэффициентини. У рад этишнинг мумкинлиги шартдан танланади. 70 та чақирувларга ўртача битта рад этишда $K=2,2$, 100 та чақирувларга ўртача битта рад этишда $K=2,31$ олинади.

N абонентлар учун талаб қилинадиган каналлар сони аниқланади:

$$n = \frac{(N \cdot \rho + K \cdot \sqrt{N \cdot \rho})}{1 + \rho} =$$

бу ерда $\rho = 0,05$ (яъни битта абонентга 0,05 эрл юклама учун).

2-амалий машғулот. UMTS стандарти сотали алоқа тармоғининг параметрларини тадқиқ қилиш. IEEE 802.11 стандартидаги тармоқларнинг қамраб олиш зонасини тадқиқ қилиш. (4 соат)

UMTS стандарти сотали алоқа тармоғининг параметрларини тадқиқ қилиш

Ишдан мақсад

UMTS стандарти сотали алоқа тармоғи асосий параметрларини ўрганиш.

Топширик

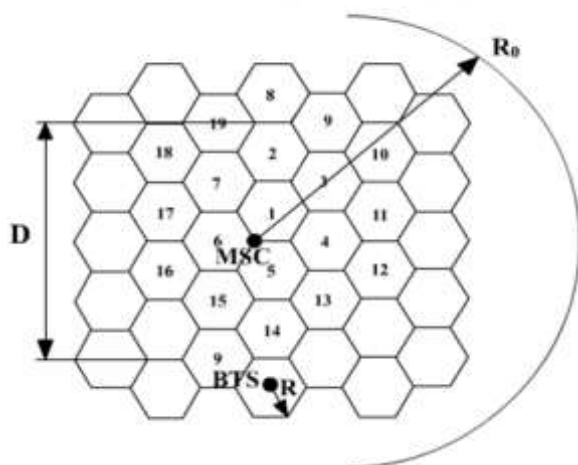
UMTS стандарти сотали алоқа тармоғи асосий параметрларини ҳисоблаш.

Ҳисоблаш

R_0 радиусли бутун хизмат кўрсатиладиган зона R радиусга эга бўлган ячейкаларга шартли бўлинади. Ячейканинг идеал шакли айлана, лекин майдонлар ва ўзаро таъсирларни ҳисоблаш оддий бўлиши учун асосга тўғри олти бурчаклик олинган. Реал жиҳатдан ячейка жойнинг рельефи, қурилишлар ва бошқа омилларнинг таъсири туфайли нотўғри айлана шаклига эга бўлади.

Турли частоталар каналларини ишлатадиган ёнма-ён BTSлар S станциялардан гуруҳни ҳосил қилади. S қиймат тизимнинг частотавий параметри (кластери) ҳисобланади ва СХАТнинг бўлиши мумкин каналлари сонини аниқлайди.

СХАТ хизмат кўрсатиш ҳудуди



Ёнма-ён станциялар гуруҳи



Ҳисоблаш учун берилганлар қуйидагилар ҳисобланади:

1. BTSнинг узатишга частоталар полосаси – ΔF ;
2. Хизмат кўрсатиладиган абонентлар сони – N_a ;
3. Энг катта юклама соатидаги битта абонентнинг активлиги – β ;
4. Хизмат кўрсатиладиган ҳудуд майдони – S_0 ;
5. BTS узаткичи қуввати - $P_{уз. BTS}$;
6. BTS антеннасининг кучайтириш коэффициентини - G_{BTS} ;
7. Антеннанинг осилиши баландлиги BTS - h_{BTS} ;
8. BTS фидеридаги тўлиқ йўқотишлар - $\alpha_{фBTS}$.

1. Радиоканаллар сонини ҳисоблаш.

Частоталар каналларининг умумий сони. Сотали алоқа тармоғини куриш учун ажратилган каналлар сони қуйидагига тенг бўлади:

$$N_k = \text{int}(\Delta F / F_k)$$

бу ерда $\text{int}(x)$ – x сонининг бутун қисми,

F_k – сотали алоқа тизимининг битта канали эгаллайдиган частоталар полосаси (UMTS стандартида 50 кГц).

2. Битта BTS ишлатадиган радиоканаллар сонини аниқлаш.

Сотанинг битта секторида абонентларга хизмат кўрсатиш учун ишлатиладиган частоталар каналлари сони қуйидаги формула бўйича аниқланади.

$$n_s = \text{int}(N_k / C \cdot N_s)$$

бу ерда N_s – секторлар сони, C – кластер ўлчами.

3. Рухсат этиладиган телефон юкламасини ҳисоблаш.

Битта сотанинг битта секторидаги рухсат этиладиган телефон юкламаси қуйидаги нисбат орқали аниқланади:

$$A = n_s \cdot \left[1 - \sqrt{1 - (P_B \sqrt{\pi \cdot \frac{n_s}{2}})^{1/n_s}} \right]$$

бунда қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$P_B \leq \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot n_s}}$$

бу ерда P_B – чақирувни блокраниши эҳтимоллиги, $P_B=0,11$.

Агар илдиз остидаги қиймат P_B қийматидан катта бўлса, у ҳолда $P_B=0,11$ олинади.

$$A = n_s \cdot \left[1 - \sqrt{1 - (P_B \sqrt{\pi \cdot \frac{n_s}{2}})^{1/n_s}} \right]$$

4. Битта BTS хизмат кўрсатадиган абонентлар сонини аниқлаш

Энг катта юклама соатида берилган битта абонентнинг активлигида битта BTS хизмат кўрсатадиган абонентлар сонини қуйидаги формула бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$N_{\text{aBTS}} = \text{int} (A/\beta) \cdot N_s$$

5. Базавий станциялар сонини ҳисоблаш

Берилган хизмат кўрсатиш ҳудудидаги зарур базавий станциялар сони қуйидаги нисбат орқали ҳисобланади:

$$N_{\text{BTS}} = \text{int} (N_a/N_{\text{aBTS}})$$

бу ерда N_a – сотали алоқа тармоғи хизмат кўрсатадиган берилган абонентлар сони.

6. Базавий станциянинг хизмат кўрсатиш зонаси радиусини ҳисоблаш.

Сотанинг радиусини қуйидаги ифодадан фойдаланиш билан аниқлаш мумкин:

$$R = \sqrt{1,21 \frac{S_0}{N_{\text{BTS}} \cdot \pi}}$$

7. Ҳимоя масофасини аниқлаш

Бир хил частоталар каналлари BTSлар орасидаги ҳимоя интервалининг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$D = R\sqrt{3 \cdot C}$$

8. MS қабуллагичи киришидаги сигналнинг сатҳини ҳисоблаш

$h_{BTS} = \text{const}$ ва $P_{уз.BTS} = \text{const}$ бўлганда MS қабуллагичи киришидаги сигналнинг $P_{каб.MS}$ зарур қуввати биринчи узатиш тенгламасидан фойдаланиш билан аниқланади:

$$P_{каб.MS} = -P_{уз.BTS} + G_{BTS} - 70 - 26,16 \lg(f, \text{МГц}) + 13,82 \lg(h_{BTS}, \text{м}) - \\ - [45 - 6,55 \lg(h_{BTS}, \text{м})] \cdot \lg(R, \text{км}) - \alpha_{фBTS}$$

бу ерда G_{BTS} – BTS антеннасининг кучайтириш коэффициенти, дБ;
 f – ажратилган диапазоннинг ўрта частотаси, МГц;
 $P_{уз.BTS}$ – BTS узаткичининг қуввати, дБВт;
 $\alpha_{фBTS}$ – фидердаги тўлиқ йўқотиш;

9. Радиоспектрдан фойдаланиш самарадорлигини ҳисоблаш

Сотали алоқа тармоғининг муҳим параметри γ радиоспектрдан фойдаланиш самарадорлиги ҳисобланади. У BTS узатишига (ёки қабул қилишига) 1 МГц частоталар полосасига актив абонентлар сони орқали шартланади, яъни

$$\gamma = 1.21 \frac{S_0}{\pi \cdot R^2 \cdot F_k \cdot C}$$

Топшириқ вариантлари

№	ΔF , МГц	N_a , киши	B , Эрл	S_0 , км ²	$P_{уз.BTS}$, Вт	G_{BTS} , дБ	h_{BTS} , м	$\alpha_{фBTS}$, дБ
1	1,9	32000	0,023	160	800	15	26	3
2	2,1	40000	0,015	100	500	20	48	2
3	2,4	33000	0,025	300	2000	10	28	1
4	1,9	20000	0,020	80	700	19	44	3
5	2,1	39000	0,018	250	1800	11	36	2
6	2,4	21000	0,023	150	1600	18	42	1
7	1,9	38000	0,015	290	1400	12	50	3
8	2,1	22000	0,025	240	1200	17	36	2
9	2,4	37000	0,020	90	1000	13	30	1
10	1,9	23000	0,018	210	900	16	46	3
11	2,1	36000	0,023	280	600	15	35	2
12	2,4	24000	0,015	270	850	8	27	1
13	1,9	35000	0,025	200	550	21	55	3

14	2,1	25000	0,020	120	1950	10	24	2
15	2,4	34000	0,018	130	750	19	47	1
16	1,9	26000	0,023	110	1850	11	45	3
17	2,1	33000	0,015	140	1650	18	34	2
18	2,4	27000	0,025	225	1450	12	32	1
19	1,9	31000	0,020	135	1250	15	29	3
20	2,1	28000	0,018	155	1050	20	33	2
21	2,4	30000	0,023	275	950	18	36	1
22	1,9	29000	0,015	245	650	12	52	3
23	2,1	19000	0,025	220	1500	8	60	2
24	2,4	18000	0,020	190	1300	21	32	1
25	2,1	17000	0,018	180	1100	10	56	3

IEEE 802.11 стандартидаги тармоқларнинг қамраб олиш зонасини тадқиқ қилиш

Ишдан масад

IEEE 802.11 стандартидаги тармоқларнинг қамраб олиш зонасини ўрганиш

Топширик

1. Симсиз алоқа каналининг ишлаш масофасини ҳисоблаш
2. Френель зонасини ҳисоблаш

Ҳисоблаш

12.1. Симсиз алоқа каналининг ишлаш масофасини ҳисоблаш

Дастлабки берилганлар:

- Марказий частота - F_{Mq} , МГц
- Уланиш нуқтаси ва симсиз адаптер узаткичларининг қуввати - $P_{узат}$;
- Уланиш нуқтасининг a Мбит/с тезликдаги сезгирлиги - E_a ;
- Симсиз адаптернинг b Мбит/с тезликдаги сезгирлиги - E_b ;
- Уланиш нуқтаси антеннасининг кучайтириш коэффициенти - $G_{ант}$.

Ҳисоблаш :

a Мбит/с тезликдаги масофни ҳисоблаймиз. FSL параметр қуйидагига тенг бўлади:

$$FSL = P_{узат} + G_{ант} - E_a - 10 =$$

Бу тезликда симсиз қурилманинг ишлаш масофасини топамиз (мисол сифатида олтинчи канални оламиз):

$$D = 10 \left[\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg k \right] =$$

бу ерда k – каналнинг марказий частотаси.

v Мбит/с тезликда симсиз қурилманинг ишлаш масофасини топамиз. FSL параметр қуйидагига тенг бўлади:

$$FSL = P_{\text{узат}} + G_{\text{ант}} - E_{\sigma} - 10 =$$

Бу тезликда симсиз қурилманинг ишлаш масофасини аниқлаймиз:

$$D = 10 \left[\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg k \right] =$$

12.2. Френель зонасини ҳисоблаш

Радиотўлқин фазода тарқалиши жараёнида Френель зонаси дейиладиган кесими ўртасида максимал радиусли айланиш эллипсоди кўринишидаги ҳажми эгаллайди. Бу зонага тушадиган табиий (ер, дўнгликлар, дарахтлар) ва сунъий (бинолар, таянчлар) тўсиқлар сигнални кучсизлантиради.

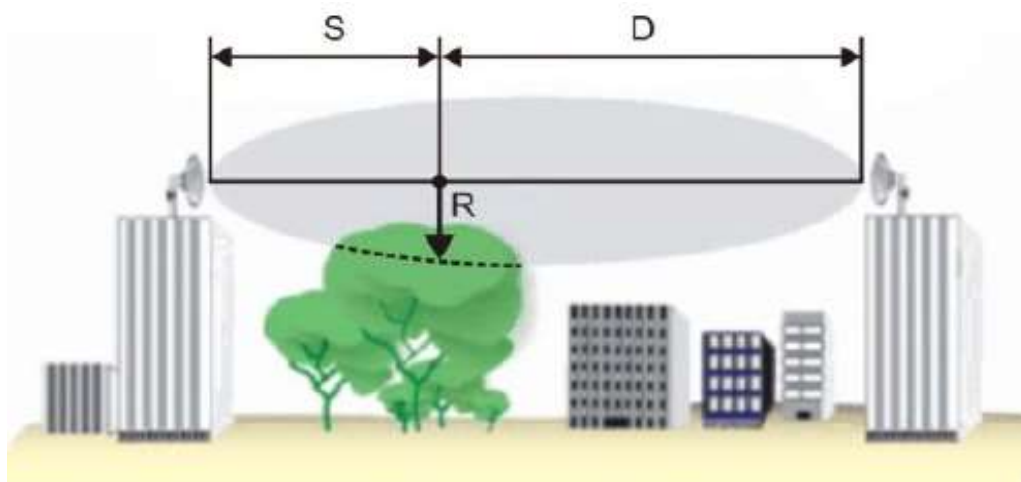
Кўзда тутиладиган тўсиқ устидаги биринчи зонанинг радиуси қуйидаги формула бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$R = 17,3 \sqrt{\frac{1}{f} \frac{S \cdot D}{S + D}}$$

бу ерда R – Френель зонасининг радиуси (м);

S , D – антенналардан кўзда тутиладиган тўсиқнинг энг юқори нуқтасигача масофа (км);

f – частота (ГГц).



2.9-расм. Френели зонаси

Одатда Френель зонасини 20% тўсилиши каналга сезиларсиз сўнишни киритади. 40%да ортиқ тўсилишда сигналнинг сезилиши энди сезиларли бўлади, тарқалиш йўлига тўсиқлар тушишини олдини олиш керак бўлади.

Бу ҳисоблаш ер текис деб олиш билан амалга оширилган. У ер сиртининг эгрилигини ҳисобга олмайди. Узоқ масофали каналлар учун жойнинг рельефи ва тарқалиш йўлидаги табиий тўсиқларни ҳисобга олиш билан комплекс ҳисоблашни амалга ошириш керак бўлади. Антенналар орасидаги катта масофаларда ер сиртининг эгрилигини ҳисобга олганда антенналарнинг осилиши баландлигини оширишга уриниш керак бўлади. Френель биринчи зонасининг талаб қилинадиган радиусини ҳисоблаш жадвалга киртилади.

Антенналар орасидаги масофа (м)	2,4 GHz частотадаги Френель биринчи зонасининг талаб қилинадиган радиуси (м)	5 GHz частотадаги Френель биринчи зонасининг талаб қилинадиган радиуси (м)
20 (5;15)		
40 (16;24)		
60 (20;40)		
80 (30;50)		
100 (40;60)		

Канал	Марказий частота 2,4 GHz диапазон	Марказий частота 5 GHz диапазон
1	2412	5412
2	2417	5417
3	2422	5422
4	2427	5427
5	2432	5432
6	2437	5437
7	2442	5442
8	2447	5447
9	2452	5452
10	2457	5457
11	2462	5462
12	2467	5467
13	2472	5472
14	2484	5484

Топшириқ вариантлари:

№	$F_{MЧ}$, МГц	$P_{узат}$, дБ	a , Мбит/с	b , Мбит/с	E_a , дБ	E_b , дБ
1	2412	16	54	12	-66	-85

2	2417	17	48	9	-71	-86
3	2422	18	36	6	-76	-87
4	2427	19	24	18	-80	-83
5	2432	20	52	16	-65	-82
6	2437	10	46	10	-70	-84
7	2442	11	34	8	-75	-85
8	2447	12	22	7	-79	-86
9	2452	13	53	17	-64	-83
10	2457	14	47	11	-69	-85
11	2462	15	35	8	-74	-86
12	2467	16	23	5	-78	-87
13	2472	18	51	15	-63	-83
14	2484	20	45	9	-68	-82
15	5412	11	33	7	-73	-84
16	5417	13	21	6	-77	-85
17	5422	15	50	20	-67	-86
18	5427	17	44	15	-72	-83
19	5432	19	32	13	-77	-85
20	5437	10	25	11	-81	-86
21	5442	12	52	22	-66	-87
22	5447	14	49	16	-70	-85
23	5452	16	33	12	-74	-86
24	5457	20	26	10	-73	-87
25	5462	10	27	8	-80	-83

VIII БҮЛҮМ

ГЛОССАРИЙ

VII. ГЛОССАРИЙ

Тушунча	Инглиз тилида	Ўзбек тилида
3GPP	<i>Third Generation Partnership Project</i>	Учинчи авлод ҳамкорлик лойиҳаси
AAA	<i>Authentication, Authorization, and Accounting</i>	Аутентификация, авторизация ва рўйхатга олиш
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>	Кодли ажратишли кўплаб рухсат этиш (КАКРЭ) технологияси
CDMA-2000	<i>Code Division Multiple Access-2000</i>	3GPP2 ишлаб чиққан учинчи авлод сотали алоқа стандарти
CEPT	<i>Conference of European Postal and Telecommunications Administrations</i>	Алоқа ва почта маъмуриятлари Европа конференцияси
E-UTRA	<i>Evolved-UMTS Terrestrial Radio Access</i>	LTE стандартида қўлланилган радио рухсат этиш технологияси
E-UTRAN	<i>Evolved-UMTS Terrestrial Radio Access Network</i>	LTE стандартида радио рухсат этиш тармоғи
FDD	<i>Frequency Division Duplex</i>	Частотавий дуплекс
FDMA	<i>Frequency Devision Multiple Access</i>	Частотавий ажратишли кўплаб рухсат этиш (ЧАКРЭ) технологияси
FEC	<i>Forward Error Correction</i>	Хатоликларни тузатишли кодлаш
GPRS	<i>General Packet Radio Services</i>	Умумлаштирилган пакетли радио хизматлар, 2,5G технология

GPS	<i>Global Positioning Service</i>	Жой танлаш (позиционирования) глобал хизмати
GS	<i>Guard Symbol</i>	Ҳимоя символи
GSA	<i>Group Security Association</i>	Гуруҳли хавфсизлик ассоциацияси
GSM	<i>Global System for Mobile communication</i>	Мобил алоқа глобал тизими. 2-авлод сотали алоқа стандарти
HSDPA	<i>High Speed Downlink Packet Access</i>	“Пастга” каналда юқори тезликли пакетли рухсат этиш, 3,5G технология
IEEE 802.3	<i>IEEE standard specification for Ethernet</i>	Ethernet учун IEEE стандарти спецификацияси
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>	Интернетни ишлаб чиқиш ишчи гуруҳи
IFFT	<i>Inverse Fast Fourier Transform</i>	Тескари Фурье тезкор ўзгартириш (ТФТЎ) усули
IMS	<i>IP Multimedia Subsystem</i>	Мультимедияли IP нимтизим
IMSI	<i>International Mobile Subscriber Identity</i>	Мобил абонентни халқаро идентификациялаш
IMT-2000	<i>International Mobile Telecommunications-2000</i>	Ҳалқаро телекоммуникация иттифоқи (ҲТИ) таклиф этган учинчи авлод мобил алоқа мослашадиган технологияларининг “ягона оила концепцияси).
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i>	Интеграцияланган хизмат кўрсатиш рақамли тармоғи (ИХКРТ)
MIMO	<i>Multiple Input-Multiple Output</i>	Кўплаб қибул қилиш — кўплаб узатиш (антенна технологияси)

OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>	Ортогонал частотавий мультимплекслаш
OFDMA	<i>Orthogonal Frequency Division Multiple Access</i>	Ортогонал частотавий ажратишли кўплаб рухсат этиш (ОЧАКРЭ) технологияси
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>	Кавадратурали амплитудавий модуляция (КАМ)
QoS	<i>Quality of Service</i>	Хизмат кўрсатиш сифати, узатиш сифатини ва хизматларга етишликни акс эттирадиган узатиш тизимининг унумдорлиги чораси сифатида аниқланади
QPSK	<i>Quadrature Phase-Shift Keying</i>	Квадратурали фазавий модуляция (ФМ-4)
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>	Узатишни бошқариш протоколи
TDD	<i>Time Division Duplex</i>	Вақтли дуплекс
TDM	<i>Time Division Multiplex</i>	Вақтли мультимплекслаш
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>	Вақтли ажратишли кўплаб рухсат этиш (ВАКРЭ) технологияси
W-CDMA	<i>Wideband Code-Division Multiple Access</i>	Радиорухсат этиш технологияси-кодли ажратишли кўплаб рухсат этиш
WEP	<i>Wired Equivalent Privacy</i>	Симлига тармоқлардагига эквивалент конфиденциаллик
WiBro	<i>Wireless Broadband (Service)</i>	Симсиз кенг полосали (Samsung компанияси стандарти)

Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>	Симсиз аниқлик (IEEE 802.11 a/b/g/n стандартларининг тижорий номланиши)
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>	Юқори частотали рухсат этишда бутундунё мослашувчанлиги (IEEE 802.16 d/e/m стандартларининг тижорий номланиши)
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>	Симсиз локал тармоқ

IX БЎЛИМ

АДАБИЁТЛАР
РЎЙХАТИ

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамыз. – Т.: “Ўзбекистон”, 2017. – 488 б.
2. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз. 1-жилд. – Т.: “Ўзбекистон”, 2017. – 592 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Халқимизнинг розилиги бизнинг фаолиятимизга берилган энг олий баҳодир. 2-жилд. Т.: “Ўзбекистон”, 2018. – 507 б.
4. Мирзиёев Ш.М. Нияти улуғ халқнинг иши ҳам улуғ, ҳаёти ёруғ ва келажаги фаровон бўлади. 3-жилд.– Т.: “Ўзбекистон”, 2019. – 400 б.
5. Мирзиёев Ш.М. Миллий тикланишдан – миллий юксалиш сари. 4-жилд.– Т.: “Ўзбекистон”, 2020. – 400 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

6. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2018.
7. Ўзбекистон Республикасининг 2020 йил 23 сентябрда қабул қилинган “Таълим тўғрисида”ги ЎРҚ-637-сонли Қонуни.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июнь “Олий таълим муасасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-4732-сонли Фармони.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февраль “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 20 апрель “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2909-сонли Қарори.
11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 21 сентябрь “2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5544-сонли Фармони.
12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 19 февраль “Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5349-сонли Фармони.
13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 май “Ўзбекистон

- Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.
14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 июнь “2019-2023 йилларда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетида талаб юқори бўлган малакали кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш ва илмий салоҳиятини ривожлантири чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4358-сонли Қарори.
 15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 август “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли Фармони.
 16. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 8 октябрь “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимини 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5847-сонли Фармони.
 17. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 23 сентябрь “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 797-сонли Қарори.
 18. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 21 май “«Электрон ҳукумат» тизими доирасида ахборот-коммуникация технологиялари соҳасидаги лойиҳаларни ишлаб чиқиш ва амалга ошириш сифатини яхшилаш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4328-сонли Қарори.
 19. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 5 октябрь “Рақамли Ўзбекистон-2030” Стратегиясини тасдиқлаш ва уни самарали амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-6079-сонли Фармони.

Ш. Махсус адабиётлар

20. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed. 2008
21. Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp. 2009

22. LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed. 2012
23. А. Абдукадиров, Д. Давронбеков. Мобил алоқа тизимларининг 4G авлоди. Ўқув қўлланма. – Тошкент, ТАТУ – 2015. – 328 б.

IV. Интернет сайтлар

24. [http:// www.mtc.uz](http://www.mtc.uz)
25. <http://lex.uz>
26. <http://lib.bimm.uz>
27. <http://ziyonet.uz>
28. [http:// www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)
29. Evolution to LTE report. GSA материаллари. May 11, 2011.
http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4.
30. CDMA Statistics. CDG материаллари. April 21, 2011.
http://www.cdg.org/resources/cdma_stats.asp
31. Интернет материаллари.
<http://www.marketingcharts.com/television/mobile-tv-subscribers-to-shoot-up-but-operators-revenue-not-so-much-2594/screen-digest-mobile-tv-market-by-region-through-2011.jpg/>
32. *Wireless Mobile Telephony*. Arian Durrezi. CIS Department. The Ohio State University. <http://www.cis.ohio-state.edu/~durrezi/>
33. Fact Sheet: GSM/3G/WCDMA-HSPA, HSPA+ and LTE. GSA материаллари. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4
34. NTT DoCoMo пресс-релизи.
<http://www.nttdocomo.com/pr/2007/001319.html>

РЕЦЕНЗИЯ

на учебно-методический комплекс, составленный PhD Х. Мадаминовым по модулю «MIMO технологии» для курсов повышения квалификации и переподготовки педагогических кадров высших образовательных учреждений направления «Радиоэлектронные устройства и системы»

Учебно-методический комплекс по модулю «MIMO технологии» составлен для курсов повышения квалификации и переподготовки педагогических кадров высших образовательных учреждений направления «Радиоэлектронные устройства и системы» и содержит в себе программу курсов, рекомендованные педагогические технологии, тексты лекций, материалы для практических занятий, кейсы, глоссарий и список рекомендованной литературы и интернет сайтов.

Программа модуля соответствует содержанию типовой программы данного направления и включает в себя введение, цели и задачи модуля, требования к знаниям, умениям, навыкам и компетенциям слушателей, рекомендации к проведению занятий, содержание и разбивка часов по темам и список рекомендованной литературы и интернет сайтов. Разработанный автором учебно-методический комплекс по модулю «MIMO технологии» соответствует содержанию типовой программы данного направления, часы распределены соответственно часам, указанным в учебном плане.

Таким образом, учебно-методический комплекс по модулю «MIMO технологии» может быть рекомендован к использованию на курсах повышения квалификации и переподготовки педагогических кадров высших образовательных учреждений направления «Радиоэлектронные устройства и системы», соответствует требованиям, поставленным к учебно-методическим комплексам и его можно рекомендовать к использованию в учебном процессе, а также рекомендовать к публикации.

Декан совместного факультета информационных технологий Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразми и Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, DSc



Ю.Писецкий

Х.МАДАМИНОВ ТОМОНИДАН ТАЙЁРЛАНГАН
ОЛИЙ ТАЪЛИМ МУАССАСАЛАРИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРИНИ
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ КУРСИ УЧУН
“МІМО ТЕХНОЛОГИЯСИ” МОДУЛИНИНГ ЎҚУВ-УСЛУБИЙ
МАЖМУАСИГА
ТАҚРИЗ

Ўқув-услубий мажмуа “МІМО технологияси” модули бўйича “Радиоэлектрон қурилмалар ва тизимлар” йўналиши қайта тайёрлаш ва малака ошириш тингловчилари учун яратилган. “МІМО технологияси” модулининг мақсади МІМО технологияси бўйича олий таълим муассасалари “Радиоэлектрон қурилмалар ва тизимлар” йўналиши педагог кадрларининг касбий компетентлигини ошириш деб белгиланган.

Қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишининг ўзига хос хусусиятлари ҳамда долзарб масалаларидан келиб чиққан ҳолда ўқув-услубий мажмуада тингловчиларнинг ушбу модул доирасидаги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларига қўйиладиган талаблар асосида ўқув-услубий мажмусида берилган материаллар ушбу мақсадга йўналтирилиб, замонавий технологияларнинг ҳозирги кундаги инновацион технологияларни ўрганиш, уларни таълим жараёнига қўллаш бўйича маълумотлар келтирилган.

Ўқув-услубий мажмуа доирасида берилаётган мавзулар таълим соҳаси бўйича педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш мазмуни, сифати ва уларнинг тайёргарлигига қўйиладиган умумий малака талаблари, ўқув режалари ва дастурлари асосида шакллантирилган бўлиб, бу орқали олий таълим муассасалари педагог кадрларининг соҳага оид замонавий таълим ва инновация технологиялари, илғор хорижий тажрибалардан самарали фойдаланиш, замонавий технологияларини ўқув жараёнига кенг татбиқ этиш билан боғлиқ компетенцияларга эга бўлишлари таъминланади.

Умуман олганда, “МІМО технологияси” модули бўйича яратилган ўқув-услубий мажмуа барча талабларга жавоб беради ва уни ўқув жараёнида қўллаш ва чоп этиш учун тавсия этиш мумкин.

Мухаммад ал-Хоразмий номидаги
ТАТУ, “Мобил алоқа технологиялари”
кафедраси проф, DSc.



Д.Давронбеков

