

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Туякпай Дамир Еркінұлы

«WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту
мүмкіндігін талдау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Е.Таштай

«30» 04 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндігін талдау»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:

Д.Е. Туякпай

Ғ.Дәукеев атындағы
Алматы Энергетика және
Байланыс университеті,
PhD, т.ғ.к., доцент

М.М. Ермекбаев
«30» 04 2024 ж.

Ғылыми жетекші
ҚазҰТЗУ, Электроника,
телекоммуникация және ғарыштық
технологиялар кафедрасының
аға оқытушысы

Джунусов Н.А.
«25» 05 2024 ж.

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы *Туякпай Дамир Еркінұлы*
Тақырыбы «*WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын
ұлғайту мүмкіндігін талдау*»

Университет ректорының «04» желтоқсан 2023 ж. №548-П бұйрығымен
бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

*OFDM модуляциясы; IEEE 802.16 стандарты; 7 км қашықтықта тура
және кері бағытта бір арнаға 75 Мбит/с жылдамдықпен деректерді беру;
Базалық станцияның биіктігі (30-200 м) аралығында, Мобильді станцияның
биіктігі (1-10 м) аралығында Nta үлгісін қолданамыз; 64 QAM-3/4 модуляциясы
қолданылады; базалық стансалардың аралықтарының саны 3-тен аспауы керек.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

*a) Көп аралықты радиорелейлік байланыс жолдары және WiMAX талдауы;
b) Радиорелейлік желілерді пайдалана отырып, WiMAX желісінің қамту аймағын
құру; в) Базалық және мобильді станциялар үшін жабдықтарды таңдау; г)
Базалық және релелік станциялардың негізгі параметрлерін есептеу*

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет 20 атау:

*1) Ghosh A, Wolter D.R., Andrews J.G. and Chen R. Broadband wireless
access with Wi- Max/802.16: current performance benchmarks and future potential //
IEEE Commun. Mag. 2005. Vol. 43, Iss. 2. P. 129- 136.*

*2) Vaughan-Nichols S.J. Achieving wireless broadband with WiMax // Computer.
2004. Vol. 37, Iss. 6. P. 10-13.*

*3) Системы радиосвязи и сети телерадиовещания. Курс лекций,
компьютерные лабораторные работы, компьютерный практикум, задание на
самостоятельную работу. — Изд. перераб. и доп. [Электронный ресурс] / А. М.
Голиков. — Томск: ТУСУР, 2018. — 354 с.*


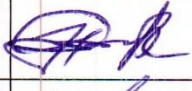
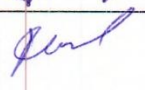
*4) Вишневский В. М., Беспроводные сети широкополосного доступа к
ресурсам интернета. - Электросвязь, 2010, с. 943.*

5) Вишнеvский В., Портной С., Шахнович И. Энциклопедия WiMAX путь к 4G – М.: Техносфера, 2009.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫ (ЖОБАНЫ) ДАЙЫНДАУ
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2024 - 01.02.2024	Орындалды
Теориялық ақпарат	01.02.2024 - 01.03.2024	Орындалды
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2024 - 30.05.2024	Орындалды

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Джунусов Н. А. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы	1.03.2024	
Теориялық ақпарат	Джунусов Н. А. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы	30.04.2024	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, PhD	30.04.2024	

Ғылыми жетекшісі



Джунусов Н.А.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Туякпай Д.Е.

Күні «22» желтоқсан 2023 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын радиорелелік станциялар арқылы ұлғайту мүмкіндігін талдау қарастырылған. Жұмыстың техникалық бөлімінде WiMax және LTE технологияларының жұмысының теориялық мәселелері қарастырылғын. Сонымен қатар базалық және релелік станциялар үшін жабдықтарды таңдау жүргізілген. WiMAX желісінің негізгі моделі және ASN қатынау желісінің логикалық моделі көрсетілген. Бұл дипломдық жұмыста OFDM модуляциясы және IEEE 802.16 стандарты қолданылған. Есету бөлімінде Cost-231 Hata үлгісімен NLOS шарттарын модельдеу қарастырылған.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассмотрен анализ возможности увеличения зоны обслуживания базовой станции WiMAX с применением радиорелейных станции. В технической части работы рассмотрены теоретические вопросы функционирования технологий WiMax и LTE. Также произведен выбор оборудования для базовых и релейных станций. Показана базовая модель сети WiMAX и логическая модель сети доступа WiMAX. В данной дипломной работе выбрана модуляция OFDM и стандарт IEEE 802.16. В расчетной части рассмотрена моделирование условий NLOS с помощью модели Cost-231 Hata.

ANNOTATION

In this thesis, an analysis of the possibility of increasing the service area of the WiMAX base station using radio relay stations is considered. In the technical part of the work, the theoretical issues of the functioning of WiMAX and LTE technologies are considered. A selection of equipment for base and relay stations has also been made. The basic model of the WiMAX network and the logical model of the WiMAX access network are shown. In this thesis, OFDM modulation and the IEEE 802.16 standard are selected. In the computational part, modeling of NLOS conditions using the Cost-231 Hata model is considered.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Көп аралықты радиорелейлік байланыс жолдары және WiMAX талдауы	8
1.1 WiMAX жүйесінің технологиясының негіздері	8
1.2 WiMAX және HSPA технологияларын салыстыру	9
1.3 WiMAX және Wi-Fi технологияларын салыстыру	10
1.4 LTE мен WiMAX технологияларын салыстыру	11
1.5 IEEE 802.16 кең жолақты қатынау стандарттары	14
2 Радиорелейлік желілерді пайдалана отырып, WiMAX желісінің қамту аймағын құру	21
2.1 WiMAX желісінің BS қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндіктері	21
2.2 WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайтудың өзектілігі мен мақсаты	24
2.3 WiMAX желілерін құру принциптері	25
2.4 Желінің базалық үлгісі	28
2.5 OFDM модуляциясы	32
3 Базалық және релейлік станциялар үшін жабдықтарды таңдау	36
3.1 Абоненттік станцияның жабдықтарын таңдау	36
3.2 Базалық станция жабдықтарын таңдау	36
3.3 ASN-шлюздер	45
3.4 Радио қамту аймағын бағалау	46
4 Базалық және релейлік станциялардың негізгі параметрлерін есептеу	49
4.1 БС абоненттеріне қызмет көрсету үшін жиілік арналарын есептеу	49
4.2 БС рұқсат етілген жүктемесін есептеу	49
4.3 Бір БС және РС қызмет көрсететін абоненттер санын есептеу	50
4.4 БС санын есептеу	50
4.5 БС қызмет көрсету аймағының радиусын есептеу	50
4.6 WiMax үшін тарату кезінде әлсіреуді есептеу	50
4.7 Cost-231 Neta үлгісімен NLOS шарттарын модельдеу	52
Қорытынды	55
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	46

КІРІСПЕ

WiMAX 802.16 стандарты (Worldwide Interoperability for Microwave Access) қазіргі уақытта кең жолақты абоненттік қолжетімділікті қамтамасыз ету тәсілі ретінде кеңінен қолданылатын жоғары жылдамдықты сымсыз деректерді беру технологиясы болып табылады.

Бұл стандарт базалық станциялар арасында деректерді 120 Мбит/с жылдамдықпен жіберуге мүмкіндік беретін 10-66 ГГц жиілік диапазонын пайдаланады.

WiMAX технологиясы жоғары сапалы байланыс пен деректерді беру жылдамдығын қамтамасыз ете отырып, кез келген жағдайда, соның ішінде тығыз қалалық аудандарда жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

WiMAX технологиясы қазіргі заманғы Wi-Fi желілерінен айтарлықтай жоғары жылдамдықпен және қамту аумақтарымен Интернетке қол жеткізуді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бірақ WiMAX-тың дамуына абоненттік құрылғылардың шектеулі саны, яғни роумингтің виртуалды болмауы және ірі инвесторлар мен ұялы байланыс операторларының осы технологияға инвестиция салудан бас тартуы кедергі келтіреді.

Заманауи байланыс операторлары сымсыз абоненттік қол жеткізудің жаңа технологияларына артықшылық береді, өйткені олардың техникалық параметрлері жақсырақ, бұл өз кезегінде телекоммуникациялық жүйелер саласында дамып келе жатқан, біздің технологиялық дамыған әлемімізде өте маңызды.

Жаңа буын байланыс желілерінде NGN концепциясының негізгі құрамдастарының бірі болып табылатын кең жолақты қолжетімділік өте маңызды орын алады. Бұл байланыс операторлары мен жаңа жабдықты жасаушылардың ерекше назарын аударады. Кең жолақты қатынау қызметтерін ұсыну қызметі телекоммуникациялар нарығындағы жаңа негізгі орынға айналуы мүмкін, және мұның өзі инвесторлардың да, мемлекеттік қызметкерлердің де оларға деген қызығушылығын арттыруда.

Кең жолақты қолжетімділік мәселелерін қарастыру кезінде ғарыштық байланыстағы сымды және сымсыз байланыстың рөлі белсенді түрде талқыланады.

Нарықтық зерттеулерге сәйкес, үшінші буын ұялы байланыс технологияларына негізделген кең жолақты сымсыз желілер, сондай-ақ Wi-Fi және WiMAX технологиялары бүгінгі күні олар орналастыру жылдамдығы, аумақты қамту және ұтқырлық бойынша ерекше артықшылықтарға ие, бұл көптеген жағдайларда ең тиімді ғана емес, кейде экономикалық тұрғыдан мүмкін болатын жалғыз шешімді ұсынады.

1 Көп аралықты радиорелейлік байланыс жолдары және WiMAX талдауы

1.1 WiMAX жүйесінің технологиясының негіздері

WiMax (ағылш. Worldwide Interoperability for Microwave Access) - құрылғылардың кең ауқымы үшін (жұмыс станциялары мен портативті компьютерлерден ұялы телефондарға дейін) ұзақ қашықтықта әмбебап сымсыз байланысты қамтамасыз ету мақсатында әзірленген телекоммуникациялық технология.

"WiMax" атауын WiMax форумы құрды, ол 2001 жылы маусымда WiMax-ты алға жылжыту және дамыту мақсатында құрылған.

Форум WiMax-ты "бөлінген желілерге және xDSL-ге балама секторға 35 Мбит/с дейін жоғары жылдамдықты сымсыз желіге қол жеткізуді қамтамасыз ететін стандартқа негізделген технология" деп сипаттайды.

802.16 d стандарты (802.16-2004 және бекітілген WiMax ретінде де белгілі). Спецификация 2004 жылы бекітілген. Ортогональды жиілікті мультиплекстеу (OFDM) қолданылады, көру сызығы бар немесе жоқ аймақтарда тұрақты қол жетімділікке қолдау көрсетіледі. Жеке құрылғылар-бұл сыртқы және ішкі қондырғыларға арналған стационарлық модемдер, сонымен қатар Ноутбуктерге арналған PCMCIA карталары. Көптеген елдерде бұл технологияға 3,5 және 5 ГГц диапазондары бөлінген.

802.16 e стандарты (802.16-2005 және мобильді WiMax сияқты белгілі). Спецификация 2005 жылы бекітілген. Бұл-тіркелген қол жеткізу технологиясын дамытудың жаңа кезеңі (802.16 d). Мобильді пайдаланушыларды қолдау үшін оңтайландырылған нұсқа Handover және Roaming сияқты бірқатар нақты мүмкіндіктерді қолдайды. Масштабталатын OFDM қол жетімділігі (SOFDMA) қолданылады, көру сызығы болған немесе болмаған жағдайда жұмыс істеуге болады [7].

Жалпы WiMax жүйесі бірнеше міндетті бөліктерден тұрады:

1. WiMAX Macro және Micro базалық станциялары, антенна жүйелері бар, оларды көп қабатты ғимаратқа орналастыруға болады: ғимарат немесе мұнара;

2. NMS желісін басқару жүйелері;

3. Желілік инфрақұрылым, соның ішінде провайдердің серверлері мен шлюздері (Core network ISP);

2. WiMax қабылдағыштары, яғни Ethernet порты бар сыртқы орнатуға арналған абоненттік жиынтықтар, ішкі орнатуға арналған абоненттік жиынтықтар немесе ДК картасының немесе ДК кеңейту картасының форма-факторында антеннасы бар қабылдағыш түріндегі құрылғылар;

5. Біріктірілген pots порттары бар абоненттік адаптерлер, (SIP протоколы бойынша VoIP немесе H 323 стандартына сәйкес).

Macro станциялары көп секторлы станциялар болып табылады және қызмет көрсету аймағында абоненттерді орналастырудың жоғары тығыздығында жұмыс істеуге арналған. WiMax ядросы (chipset) ішкі модульде

(IDU) орналасқан. Сыртқы ODU модульдерінде интеграцияланған немесе сыртқы антенналары бар қабылдағыш - таратқыш құрылғылар-трансиверлер бар.

WiMax Macro (Hyper / High Density) станциялары Micro класындағы станциялармен салыстырғанда үш айқын артықшылыққа ие:

1. Macro типті базалық станциялар бір секторға үлкен шығыс қуатына ие (6-8 ДБМ-ге), бұл теориялық тұрғыдан салыстырмалы өткізу қабілеттілігімен көру сызығы болмаған кезде қамту аймағының радиусын орта есеппен 2,5 есе арттырады;

2. Бұл станцияларда шуға төзімділікті арттыру мақсатында кеңістіктік дисперсия режимін (MIMO/ Diversity Mode) оңай жүзеге асыруға болады (тиісті бағамен ODU және Антенналарды қосқанда);

3. IDU және ODU өзара байланыс технологиясы (вок немесе PC/IF коаксиалды кабелі) аталған модульдерді айтарлықтай қашықтыққа бөлуге мүмкіндік береді.

Micro барлық өндірушілердің станциялары негізінен бір сектор болып табылады, бірақ ішкі (IDU) және сыртқы (ODU) модульдердің конструктивті орындалуы мен функционалдық мақсатымен ерекшеленеді. Бірнеше Micro станцияларын бір көп секторлы базалық станцияға (Сайтқа) біріктіру кезінде, әдетте, GPS-тің сыртқы Мұрагер көзінен синхрондау қажет. Бұл TDD уақытша дуплексті бөлу (қабылдау-беру) ерекшелігіне байланысты. TDD режимін қолданған кезде, егер олар жиілікте жеткіліксіз болса, барлық секторлар үшін қабылдау режимінен тарату режиміне бір мезгілде ауысуды қамтамасыз ету қажет [8].

Кең жолақты сымсыз қол жеткізу жүйелерінде (MBD) сандық арнаның негізгі бұзушы факторы көп жолақты қабылдаудың кедергісі болып табылады. Кедергілердің бұл түрі ғимараттар мен басқа құрылыстардан радио сигналының бірнеше рет шағылысуына байланысты көп қабатты ғимараттары бар қалаларда эфирлік қабылдауға өте тән.

1.2 WiMAX және HSPA технологияларын салыстыру

HSPA (High Speed Packet Access жоғары жылдамдықты пакет деректерді беру)- Бұл пакеттік деректерді тарату сымсыз кең жолақты радио технологиясы , WCDMA/UMTS ұялы желілерінде қолданылады

Бұл технология әрбір дуплексті арнаның ені 5 МГц болатын (FDD) жиілікті пайдаланады. Төменгі арнада ағынның жылдамдығы 14 Мбит/с, ал жоғары арнада 5,8 Мбит/с.

WiMAX, өз кезегінде, 2-3 есе жоғары деректерді беру жылдамдығына қол жеткізуге мүмкіндік беретін уақытқа негізделген дуплекстеуді (TDD) пайдаланады. өйткені TDD-де жалпы өткізу қабілеттілігі төмен және жоғары байланыс арасында динамикалық түрде бөлінеді.

Кесте 1.1 – HSPA және WiMAX жүйелерін салыстыру

Параметрлері	HSPA			WiMAX	
Нұсқасы	7		8	1.5	
жиілігі ГГц	2.0			2.5	
Дуплекстеу	FDD			FDD	TDD
Арна ені МГц	2x5			2x5	10
БС Антеналары	1x2		2x2	2x2	
АС Антеналары	1x2			1x2	
Модуляция және кодтау жылдамдығы					
Төменгі арнада	64 QAM 5/6	16 QAM 3/4	64 QAM 5/6	64 QAM 5/6	
Жоғары арнада	16 QAM 3/4			64 QAM 5/6	
жоғары жылдамдық, Мбит/с					
Төменгі арнада	17,5	21	35	36	48
Жоғары арнада	8,3	8,3	8,3	17	24

WiMAX және HSPA салыстыру кезінде мынаны айтуға болады:

Бірдей модуляциясы мен арна ені бар WiMAX технологиясы HSPA-мен салыстырғанда төменгі арнада бірдей деректерді беру жылдамдығына ие.

HSPA өзі 10 МГц арна енімен шектелген, ал WiMAX жиілік пен уақытты дуплекстеу арқылы 20 МГц дейінгі арна енін қолдайды.

1.3 WiMAX және Wi-Fi технологияларын салыстыру

WiMAX және Wi-Fi сымсыз технологиялар. Бұл технологиялардың негізгі айырмашылығы олардың жұмыс аймағында. WiMAX 30 км радиуста абоненттерге қосылуды қамтамасыз етеді, ал Wi-Fi әлдеқайда аз қамту аймағын қамтамасыз етеді, шамамен 100 м.

Кесте 1.2 – Сымсыз байланыс стандарттарын салыстыру

Технологиясы	Стандарты	қолдануы	Өткізу қабілеті	радиусы	жиілігі
Wi-Fi	802.11a	WLAN	54 Мбит/с дейін	100 м	5,0 ГГц
Wi-Fi	802.11b	WLAN	11 Мбит/с дейін	100 м	2,4 ГГц
Wi-Fi	802.11g	WLAN	54 Мбит/с дейін	100 м	2,4 ГГц
Wi-Fi	802.11n	WLAN	300 Мбит/с- 600Мбит/с)	100 м	2,4 — 2,5 н/е 5,0 ГГц
WiMax	802.16d	WMAN	75 Мбит/с дейін	6-10 км	1,5-11 ГГц
WiMax	802.16e	Mobile WMAN	40 Мбит/с дейін	1-5 км	2,3-13,6 ГГц
WiMax 2	802.16m	WMAN, Mobile WMAN	1-Гбит/с (WMAN), 100 Мбит/с (Mobile WMAN)	120-150 км (қолданыста емес)	н/д (қолданыста емес)

Сондай-ақ, Wi-Fi лицензияланбаған спектрде жұмыс істейтінін атап өткен жөн, сондықтан кейбір жағдайларда Wi-Fi арналары бір-біріне кедергі келтіреді.

WiMAX, керісінше, лицензия мен жиілікті сатып алуды талап етеді, бұл осы технологияның жақсырақ, тұрақты және жоғары жылдамдықта жұмыс істеуіне ықпал етеді.

WiMAX және Wi-Fi қызмет көрсету сапасы (QoS) мүлдем басқа. WiMAX базалық станция мен абоненттік құрылғы арасындағы байланысқа негізделген механизмді пайдаланады

Wi-Fi-да тіркелген Ethernet желісіне ұқсас QoS механизмі бар, онда пакеттерге тегтері негізінде әртүрлі басымдықтар берілуі мүмкін.

Wi-Fi технологиясының WiMAX-қа қарағанда сөзсіз артықшылығы абоненттік құрылғылардың заманауи нарығында Wi-Fi технологиясын қолдамайтын абоненттік жабдықты табу іс жүзінде мүмкін емес, WiMAX технологиясын қолдайтын құрылғыны табу әлдеқайда қиын және қымбатырақ.

1.4 LTE мен WiMAX технологияларын салыстыру

WiMAX және LTE стандарттар аса көп ортақ болады. Осылай, екі жағдайларға (MIMO) көптік антенналар, (OFDM) ортогоналді мультиплекстеу және жақын жиіліктерді қолданылады. Сонымен бірге деректерді беру жылдамдығы бірдей.

Сонымен бірге WiMAX (1.0 релиз) жүйелері сол уақытта (TDD) уақытша дуплекстеу болды. Олар 10 МГц жолақтар жанында ұқсас ені төмен түсетін арнадағы жылдамдық 2-3 есе HSPAға қарағанда биігірек қамтамасыз етті (төмен түсетін және жоғары өрлейтін арналардың арасындағы ортақ динамикалық өткізу қабілеті TDD-тың жанында WiMAXке жіктелу дәл мән келтіруге мүмкін емес).

Жүйелердің эволюцияларында келесі адымы 3GPP. Стратегиялық адым LTE (Long Term Evolution) жүйелері болып табылады. Оларды ажырату технологиясы төмен түсетін OFDMA, жоғары өрлейтін арнадағы SC-FDMA . Модуляция - 64-QAM-ге дейін, каналдың ені - 20 МГцке дейін. TDD және FDD дуплекстеу. Адаптивті антенна жүйелері, қатынастың иілгіш желісі қолданады. Толық желілік архитектура - IP желі. LTE-ның жүйесіндегі технология жылжымалы WiMAX қолданылатын әдістері қолданылады, сондықтан LTE-нің жүйелерінің ұқсас тиімділігі және салыстыру параметрлері 1 кестеде көрсетілген.

Бұл 3G-ші революциялық жақсартуды LTE-ның жүйе атап өту керек. LTE CDMA жүйелерінен OFDMA жүйелеріне , сонымен бірге толық пакеттер коммутациясымен IP жүйесіне өтуді ұсынады. Ұялы байланыстың қазіргі желілеріне бұл технологияның енгізуі, сондықтан қалай кең каналдан артықшылықтың алуы үшін жаңа радиожілік қорлардың минимум, қажеттілік болғанын білдіреді. Бұдан басқа, кері үйлесімдіктің қамтамасыз етулері үшін екі

режимді абоненттік құрылымдар қажетті. 3G LTE-ге жүйелеріне бір қалыпты өту сондықтан тіпті проблемалық.

Жылжымалы WiMAX ары қарай дамыту релизді 2.0 спецификациясы суреттейді. Ол стандартта талап IMT-Advanced қамтып көрсететін IEEE 802.16m негізделеді. WiMAX 1.0-релиз мен параметрлермен салыстырғанда сәйкес спектрлік тиімділіктері екі есе үлкееді, жоғары өрлейтін (1,3 бит/с/Гц), төмен түсетін (2,6 бит/с/Гцке дейін) (1.3-сурет).

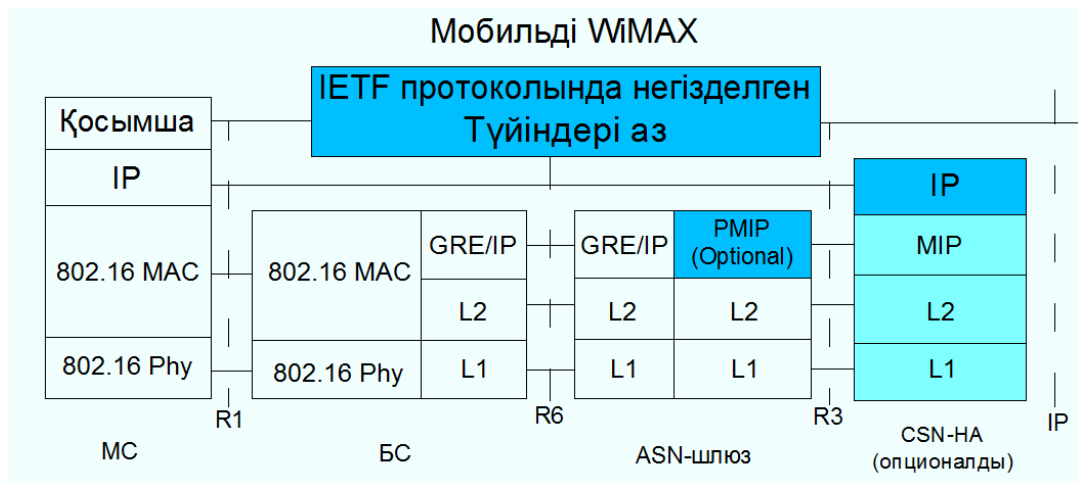
Кесте 1.3 - WiMAX және LTE керекті салыстыру параметрлері

Параметрлер	LTE	WiMAX 1.5 релиз
Дуплекстеу	FDD және TDD	FDD және TDD
Талдау үшін жиілік ауқымы	2000 МГц	2500 МГц
Каналдың ені	20 МГцке дейін	20 МГцке дейін
Базасынан	OFDMA	OFDMA
Базасына	SC-FDMA	OFDMA
Бит/Гц/с спектрлік тиімділік		
Төмен түсетін арна, (2x2) MIMO	1,57	1,59
Жоғары өрлейтін арна, (1x2) SIMO	0,64	0,99
Жылжымалы станцияның максималды жылдамдығы, км/с	350	120
Кадрдың ұзақтығы, мс	1	5
Антенна жүйелері		
Төмен түсетін арна	2x2, 2x4, 4x2, 4x4	2x2, 2x4, 4x2, 4x4
Жоғары өрлейтін арна	1x2, 1x4, 2x2, 2x4	1x2, 1x4, 2x2, 2x4

Бұл параметр екі есе өседі және сота базасының шекарасында - төмен түсетін және жоғары өрлейтін каналдар үшін 0,09 және 0,05 бит/с/Гцке дейін, сәйкесінше.

AMR (12.2 кбит/с) сөйлеу кодегі үшін мегагерцке мүмкін болатын 60 бір уақыттағы дауыс сессияларымен болады. Жылжымалы терминалдардың мүмкін орын ауыстыру жылдамдығы 500 км/с дейін өседі. Хендовердің жанында уақыттың орнатуын қосылуы, радио желісінің ортақ тоқтауы және ауыстырып қосуды уақытты қысқарады. Сонымен бірге 1.0 және 1.5-ші релизді WiMAXтің жүйелері бар толық кері үйлесімдікке кепілдік беріледі WiMAX және LTE-нің технологияларына.

Мобиліді WiMAX тиімді IP-желісін ұсынады, ал LTE желісі айтарлықтай қиындау. Егер WiMAX желілері IETF IP- хаттамаларына толықтай негізделес, онда LTE қиындау, көбірек хаттамалар қосады. Соның ішінде 3G приетарлы хаттамалары бар.



1.5-сурет - WiMAX-тың жүйелік архитектурасы

Мен салыстырмалы талдауды негізде WiMAXтің технологиясын таңдадым, кең жолақты сымсыз рұқсаттың желілерінің технологиясы өйткені үш маңызды есептер шешуге мүмкіндік береді: жылжымалы компьютері бар қарым-қатынасты ықшамдау; өз ноутбугі бар кеңсе келген, іскер әріптестер жұмыс үшін жайлы шарттар, кабелді төсеу мүмкін емес немесе жол тым тар жерге .

Мұндай технологиялардың бірі WiMAX жүйесі болып табылады - 802.16 стандарттарының бұл 75 Мбит/с дейінгі айшылықты алыс жерлерге интернетті екі жақты қатынас жылдамдықпен қамтамасыз ететін радиотехнология сонымен бірге QoS-ты қамтамасыз етеді.

Бүгінгі және келешек операторлардың ықыласына WiMAX-тің рұқсат берілген үш бизнес үлгілері ұсынылады: бекітілген қатынас, кабел немесе DSL алмастыратын; портативті қатынас, құрылымы бар толық жылжымалы жүйе және тіпті қалалық аудан қамтитын - бұл жылжымалы абоненттерге шығынсыз QoS-тардың қызметін алуға мүмкіндік берген 802.16-IEEE 802.16m перспективалы стандарты. WiMAX дауыс байланысының мүмкіндігін қолдайды. Технология артықшылықтардың қатарын алатынын атап өтуі керек.

WiMAX-тің желілері (xDSL, T1) салыстырғанда, сымсыз немесе спутникті жүйелермен операторларға және сервис мүмкіндік беруі керек - провайдерлерге жаңа потенциалдық қолданушыларға емес, енді (тұрақты) бекітілген қатынас болатын қолданушылар үшін ақпараттық және коммуникациялық технологиялардың спектрін кеңейту қамтуға экономикалық тиімді.

Сымсыз технологиялар иілішті және, салдар бойынша, жазуда оңайырақ болатын өйткені масштаб жасай аладуға керегіншеді.

Дамитын елдердегі желілерінің жазуына шығынды кішірейтуді фактор, аз немесе алып тастаған аудандар сияқты қоюды оңайырақ.

Қамтуды алыстық радиобайланыстың жүйесінің маңызды көрсеткіші болып табылады. Кең жолақты деректерді берудің сымсыз технологияларының көпшілігі дәл осы кездегі желі объектілердің арасындағы көрінетіндіктің түзуін бар болулар талап етеді. OFDMA технологиялар WiMAX қолданудың арқасында негізгі станцияға клиент жабдығының көрінетіндіктің түзудің жоқтығы

шарттарындағы жамылғыны аймағын құрады, бұл қашықтықта километрлермен саналады.

WiMAX технология оны интегралдауға оңай және айқын мүмкіндік береді, жергілікті жүйенің IP хаттамасы бастапқы болады.

WiMAX технология бекітілген, басқа орынға ауыстырылатын және біртұтас инфрақұрылымда желілердің жылжымалы объекттері үшін жақындайды.

Бүгінгі күнге, байланыстың сандық технологиялары шапшаң екпіндермен дамиды. Осылай, әлі де әлдеқашан, желілердің сервистері 3G қиял ғажап болатын, әлемнің әр түрлі елдеріндегі барлық үлкен және үлкен мәлімділігін 4G-ден бүгін жаулап алып жатыр. 4G технологиялары сымсыз байланысты ондық және жүздік Мбит/с жылдамдықпен жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Бүгінде, үшжарым мың адамдарға 4G желінің абоненттері болып табылады. Онда мәліметтердің арнайы пакетті тапсыруы іске асырылған 4-ші ұрпақ желінің өте маңызды және маңызды айырмашылығы ғой. Сол бір мезгілде, 3G дауыс трафигінің берілуі және деректер топтамаларында мұндай мүмкіндігі болмайды. 4G-ші осы желілерді максималды өткізу қабілеті 1 Гбит/с жете алады. Демек, технология сол сияқты тіпті қозғалыста бейне фильмдерді қарап шығып, музыканы тыңдап және машинада интернеттің желісінде жұмыс істеуге мүмкіндік береді немесе басқа көлік құралдың қолдануында. Сонымен бірге деректерді беру IPv6 хаттама бойынша (IP 6 болжамы).

WiMAX-ті LTE-мен салыстырғанда үлкен артықшылықтарға ие болады: WiMAX (802.16e) қазірде артықшылығы онымен салыстырылатын 2009 жылдың наурызында стандарт ретінде жасалған LTE-ның болжамдарының үш жыл уақыты көп. WiMAXтің келесі итерациясы, 802.16m, тезірек жинағы, 2012-2013 жылдардағы LTE-Advanced-тың пайда болуы, ол алда ұстайтын 2010 жылда енгізіледі. Бұдан басқа, WiMAX спектрі LTE спекрінен арзан болады. LTE қабылданулар тоқтаулармен қақтығысып қалады, ал WiMAX ары қарай тоқтаусыз дами береді.

1.5 IEEE 802.16 кең жолақты қатынау стандарттары

1.5.1 Кең жолақты IEEE 802.16 стандарттарының түрлері

IEEE 802.16 2001-ші стандарттың бірінші болжамы 2001 жылдың желтоқсаны, 10-66 ГГц стандартта жұмыс жолағы бастапқы қабылданды. IEEE 802.16 стандарты “нүкте-көпнүкте” топологиясы бойынша ұйымдастырылған кең жолақты сымсыз байланысқа архитектураны суреттеді және қаланың масштабының тұрақты сымсыз желілерінің жасауына бағдарлады (WirelessMAN). IEEE 802.16 2001 физикалық деңгейде стандартта өйткені қолдану жинағы бір тасымалдаушы жиілік есептеді, ол WirelessMAN-SC (Single Carrier) аталған болатын.

Сигналдың тез басылуы 10-66 ГГц-тің жиіліктері аралықта таратқышпен және қабылдағыштың аралығында тек қана көрінетіндіктің түзуін аймақта болуы мүмкін. Бірақ радиобайланыстың бас мәселелерінің бірі шешіліп жатыр - сигналдың көп сәуле таратуы. Стандартта модуляцияның мына түрін пайдалануға кеңес QPSK, 16-QAM немесе 64-QAM. Деректерді беру жылдамдығы 20, 25 және 28 МГц радиоканалдардағы еңмен берілуді 32-134 Мбит/с және 2,5 шақырым алыстыққа жетеді. Кейін 2002 жылғы 802.16-2001 стандартта қателік айқындалып, 802.16с-2002 қосымшасы пайда болды - профильдерді кеңейтетін және оларды түзететін.

802.16а стандарттың негізгі айырмашылығы 2-11 ГГц жиілік ауқымындағы жұмыс, бұл қабылдағышпен және таратқыштың аралығында көрінетін түзуі бар болуы керек емес. Бұл 802.16а сымсыз желілердің аймақ жамылғысы түрінде стандарттың желілерінде 802.16-ға қарағандасы едәуір кеңірек. 2-11 ГГц қолдану жиілік ауқымдары физикалық деңгейдегі кодтауды техниканың маңызды қайта қарауы және сигналдың модуляциясы да талап етті. 802.16а жабдығы мына модуляциямен жұмыс істеуі QPSK, 16QAM, 64QAM және 256QAM, қабылдайтын өткізу жолағы бар радиоканалдардағы 6-9 км қашықтықтағы, бір базалық станцияның секторына 1-75 Мбит/с мәліметінің тапсыру жылдамдығы 1,5 ден 20 дейін МГц аралығындағы қолдауы керек. Бір үлгідегі негізгі станция секторларда 4 тен 6 ға дейін аралығындағы болады.

802.16а стандартында жұмыс істеу тәртібін сақтауға мүмкіндік берген бір тасымалдаушы, (LOS) сонымен бірге (NLOS) көрінетін түзу шартта да. Сайып келгенде, үйреншікті 256 апаратын сандарында 8 абоненттердің бір уақыттағы жұмыс қамтамасыз етілуде.

2005 жылдың соңында IEEE 802.16е стандартпен қабылданды, IEEE 802.16-2005 немесе жылжымалы WiMAX сияқты белгілі. Бұл интернетке сымсыз кең жолақты рұқсаттың дамытуын эволюциясындағы жаңа адымдары болды. Негізгі ықыластың жылжымалы абоненттердің қолдауының сұрақтары және хендоверді жеке алғанда және желілер аралығындағы роумингке, әртүрлі құрылыстағы сымсыз стандарттарда бөлінді. Роуминг жылдамдықтағы абоненттің орын ауыстыруында 120 км/с дейін (тура бұл ұялы байланыс желілеріндегіндей болады) негізгі станциялардың арасындағы жіксіз ауыстырып қосуға мүмкіндік береді. Жылжымалы WiMAX-те Scalable OFDMAны қолданылады – OFDM қатынас масштаб жасалатын және оның жоқтығына осылай көрінетін түзуі шартта болуы мүмкін жұмыс. Mobile WiMAX-тің желілері үшін жиілік ауқымдары бөлінеді: 2,3-2,5; 2,5-2,7; 3,4-3,8 ГГц.

1.5.2 IEEE 802.16 стандартына қысқаша сипаттама

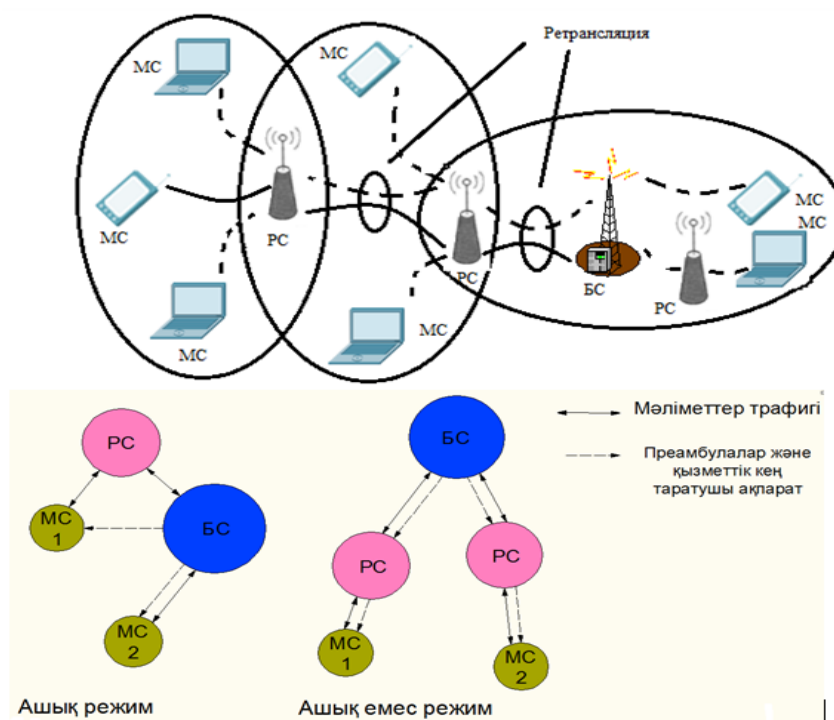
IEEE 802.16j мақсатты тобы 2006 жылдың наурызында, IEEE 802.16 стандарты аясындағы жедел әрекетті көп сатылы ретрансляциялық жүйені жасау үшін құрылған. Шын мәнісінде бұл жұмыс - IEEE 802.16 -2004 суреттелген, mesh-желі бағытының дамуы. Алайда сол құжатта шартты қатынаудың mesh-желісі суреттелген. IEEE 802.16j стандарты көп сатылы таратудағы желінің

жұмыс өнімділігін жақсартуы қажет, және ретрансляторлар да, сондай-ақ абоненттік станциялар да жедел әрекетті бола алады. mesh-желіден айырмашылығы, РС тарату режимінде де жұмыс істей береді (нүкте-көп нүкте).

Ең алдымен, IEEE 802.16j стандарты жаңа түсінікті енгізді – бұл, релейлік станция (ретранслятор, РС). РС жұмысының ашық және ашық болмайтын жұмыс режимін атап көрсетеді. Ашық режимде РС деректерді ғана таратады және преамбулалар мен DL-MAP6 UL-MAP сияқты басқарушы өрісті таратпайды (1.6-сурет). Бұл ақпаратты АС тікелей БС алады. Және сол кезде АС логикалық тұрғыдан РС өзара әрекетке түспейді (оның бар екендігін білмейді).

Ашық болмайтын режимде РС деректерді және преамбуланы ғана беріп қоймай, сонымен қатар, басқарушы барлық хабарламаларды таратады. АС қатысты ол БС түрінде көрінеді, абоненттік станция физикалық және логикалық тұрғыдан дәл сонымен байланысқан.

Сонымен қатар, РС диспетчерлеуге және берілетін трафикті (таратылған басқаруды) қорғауға болады немесе ондай қасиеттерінің болмауы мүмкін (орталықтандырылған басқару). Бірқатар зерттеушілердің мәліметтеріне сәйкес, РС ашық болмайтын режимде қолдану, ұяшықтың жалпы өткізгіштік қабілетін 40% арттырады (жұмыс деректері бойынша 6,2-ден 8,8 Мбит/с дейін).



1.6-сурет - Радиорелейлік байланысын ұйымдастыру сұлбасы

IEEE 802.16j стандарты IEEE 802.16e стандартымен толықтай кері сәйкестігін қамтамасыз етеді (біз қосымша «е» салыстырамыз, өйткені IEEE 802.16j дәл сол жедел әрекетті желілерге бағдарланған). Алайда, оның физикалық деңгейде де, MAC-деңгейінде де, бірқатар айырмашылықтары бар. Атап айтқанда, физикалық деңгейде кадрлардың құрылымы біршама өзгеріске

ұшырайды. OFDMA режиміндегі кадрлардың жалпы құрылымы сақталған. Алайда, төмен түсетін және жоғары өрлейтін субкадрлар қатынау интервалына және ретрансляция интервалына бөлінеді (1.8-сурет). Қатынау интервалында МС пен оның қатынау станциялары - базалық немесе ашық болмайтын режимдегі ретрансляция -арасындағы тарату жүріп жатады. Оның құрылымы OFDMA кадрның режиміне толығымен сәйкес келеді.

Ретрансляция интервалында БС пен РС арасында немесе тек қана РС арасында радиоалмасу жүріп жатады. Яғни, осы сәтте таралатын барша трафик – бұл ретрансляцияланатын трафик. Ретрансляция интервалы R-FCH пакетінен басталады (ретрансляциялық фреймнің басқарушы тақырыбы), оның артынан басқарушы ақпарат жүреді (әрбір қабылдаушы/жіберуші құрылғыға арналған слоттардың бағыты атап көрсетілген, DL/UL-MAP картасының баламасы). РС арасында синхрондау үшін қосымша ретрансляциялайтын преамбула қарастырылған. Ол төмен түсетін ретрансляциялық интервалдың соңында, жіберіледі, және әрбір кадрда емес, 40 мс бір мәртеден кем болмайтындай (ұзақтығы 5мс болатын 8 кадр) етіп, жіберіледі.

МАС деңгейде IEEE 802.16j стандартына өзгеруі негізінен желідегі бастапқы тіркеу процедурасына, авторлауға, шифрлау кілтін беруге қатысты болды.

Айта кетейік, РС шартты түрде, номадтық (жылжымалы ретранслятор) және жедел әрекетті болады. Жедел әрекетті РС үшін тән сипат- жүрдек поезданы (автобустағы) ретрансляциялық станция. Топология тұрғысынан алғанда РС желілерінде әр алуан нұсқалар болуы мүмкін. Мысалы, бірнеше РС бір ғана МС үшін деректер тарата алады (MIMO көпантенналы жүйенің нұсқалары).

IEEE 802.16m мақсатты тобы да маңызды істермен айналысуда. Ол IEEE 802.16 стандартының мүмкіндіктерін ITU тұжырымдаған, IMT-Advanced байланыс желісінің тараптарына дейін жеткізіп, кеңейтетін спецификациясын - яғни, төртінші ұрпақтағы кең жолақты байланыс желілерін жасайды. Оларға Advanced LTE жасаған стандарттарды ғана жатқызады.

Жаңа стандарт «жақсартылған сымсыз интерфейс» деп аталады, бұдан көретініміз, IEEE 802.16e толығымен кері сәйкестігі кезіндегі өзгерістердің негізінен физикалық деңгейге қатыстылығы.

Кесте 1.4 - IEEE 802.16m жүйелеріндегі деректерді берудің қалыптастырылған идеалды жылдамдығы

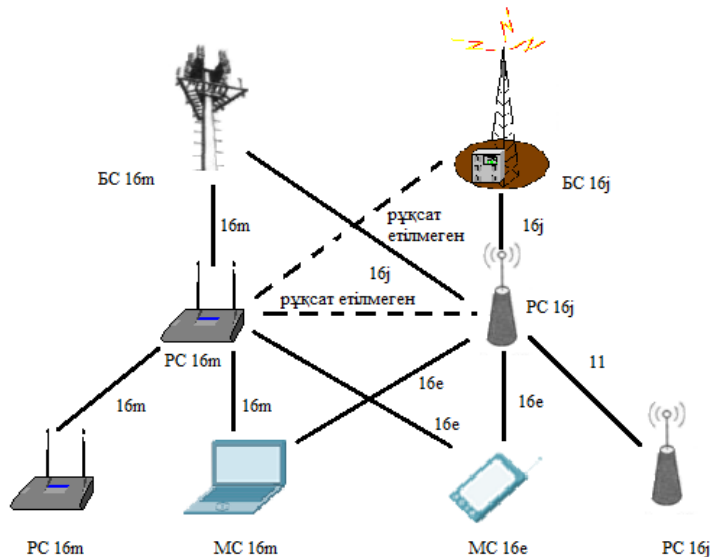
Арнаның бағыты	MIMO конфигурациясы	Ең үлкен жылдамдық, бит/с/Гц
Төмен түсетін	2x2	8,0
	4x4	15,0
Жоғары өрлейтін	1x2	2,8
	2x4	5,6

IEEE 802.16e сәйкес келетін жабдықтың, төмен түсетін арнадағы 150Мбит/с жоғары болатын сектордағы өткізгіштік қабілеті жолақта 20 МГц дейін жетеді. Ең үлкен өткізгіштік қабілеті төмен түсетін және жоғары өрлейтін арналарда сәйкесінше, 8,0 және 2,8 бит/с/Гц кем көрсеткішті құрайды (1.4-кесте). IP-деңгейдегі деректерді берудің тежелуі 10мс артпайды.

IEEE 802.16m жүйесі - IEEE 802.16e жүйесіне қарағанда 3дБ энергетикалық қосымша ұтымдылығын қамтамасыз етеді. Жабын аймағы арта түседі. Радиусы 5 км дейінгі ұяшықтарда жүйе берілген сипаттамалармен жұмыс істеуі керек. Ұяшық радиусын 30 км дейін ұлғайтқанда сапасы біртіндеп төмендей бастайды. Алайда жүйе БС-дан 100 км дейінгі қашықтықта да жұмысқа қабілеттілігін сақтауы керек (шектеулер жылулық шуы тәрізді принципіалды бөгеттерге байланысты болғанда). МС жылдамдығы 350 км/с құрауы мүмкін.

IEEE 802.16m жүйесі МС 50-ден 150 м дейінгі дәлдікте орналасуын анықтауды қамтамасыз ете алады.

m стандарты бастапқы кезден-ақ IEEE 802.16j жобасы аясында жасалатын мүмкіндіктерді қарастырған- яғни, ретрансляциялық режимдегі жұмыс IEEE 802.16m жабдығына тән (1.7-сурет). Және бұл кезде IEEE 802.16m ретрансляциялық станция PC IEEE 802.16j тікелей жұмыс істей алмайды – алайды барлық қажеттілік бұдан көрінбесе керек. Ол аздай, IEEE 802.16j қосымшасы іс жүзінде IEEE 802.16m құрамдас бөлігі болып табылады.



1.7-сурет - IEEE 802.16m стандартындағы ретрансляция жолдары

IEEE 802.16m стандартының негізгі дерлік ерекшеліктерінің бірі – кадрлардың құрылымын өзгерту болып табылады. Әрине, стандарт OFDMA ерекше режимін қарастырады. IEEE 802.16m стандартында жаңа элемент енгізілген – ұзақтығы 20 мс болатын суперкадр (IEEE 802.16e кадрдың максималды рауалы уақыты). Суперкадр ұзақтығы 5с болатын төрт кадрға

бөлінеді. Егер арнаның ені 5, 10 немесе 20 МГц құраса, әрбір кадрде сегіз субкадрдың болғаны. Субкадр төмен түсетін немесе жоғары өрлейтін кеткен арнаға берілуі мүмкін. Беріліс бағытын ауыстырғанда (жоғары өрлейтін төмен түсетін қарай ауысқанда немесе керісінше) қарама қарсы бағыттағы субкадрлар арасында ауыстырып қосудың интервалы (нүкте) қосылады. Әрбір кадрде уақытша дуплекстеу уақытында (TDD) ауыстырып-қосудың екі немесе төрт нүктесі болуы мүмкін. Субкадрлар - OFDM алты (1 түрі) және жеті (2 түрі) символы бар, екі түрлі болады.

Кадрлық құрылымдағы өзгерістер IEEE 802.16 стандарттың алдыңғы нұсқасымен сәйкестігін қамтамасыз етуге, сондай-ақ IMT-2000 және IMT-Advanced (мысалы, LTE) пулға кіретін кең жолақты берілістің стандарттарымен де сәйкестігін қамтамасыз етуге бағытталған. Осы мүмкіндіктердің бәрін қолдау үшін уақытша аймақ түсінігін енгізу қажет. аймақ – бұл бір немесе бірнеше көршілес субкадрлар. Әрбір осындай аймақта IEEE 802.16e немесе IEEE 802.16m құрылғысына арналған трафик қана беріле алады. Сонымен қатар, әрбір аймақ қосымша ретрансляция режимдерін қолдауға арналған уақыттық интервалға бөліне алады (IEEE 802.16e/j және IEEE 802.16m жекелеген аймақтары, өйткені ондағы ретрансляция протоколдары онда әр-түрлі).

IEEE 802.16m стандартының тағы бір мүмкіндігі – ол 20 МГц асатын кең арналармен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Бұндай арналар бірнеше стандартты арналардың жиынтығы болып табылады. Және сол кезде арналар арасындағы қорғанысты жиілік интервалдарына қажеттілік жойылады, бұл өткізудің қол жетерлік жолағын арттырады. Кадр құрылымын икемді реттеу дәстүрлі IEEE 802.16 құрылғылармен сәйкестігін қамтамасыз етуді мүмкін етеді.

Сонымен қатар, IEEE 802.16m жабдығы IMT-2000 және IMT-Advanced құрылғыларымен сәйкес келуі керек. Сәйкес келу, ең алдымен, түрлі типтегі жабдықтардың сигналдарының интерференциясының жоқтығын білдіреді. Бұған, осы стандарттағы кадрлардың ұқсас құрылысын пайдалану арқылы, қол жеткізуге болады. Түрлі жүйелердің төмен түсетін және жоғары өрлейтін ағындары уақытта сәйкес келуі өте маңызды. Және кадрлық құрылым IEEE 802.16m бұндай жолды бос символдар мен кадрдың сәйкес келетін құрылымын таңдауды қосу арқылы, қамтамасыз етеді. Атап айтқанда, LTE стандартының жабдығымен сәйкестік режимі көрсетілген.

IEEE 802.16m стандартында бірқатар маңызды өзгерістер бар. Сонымен, MIMO жүйесі белсенді түрде қолданылуда. Төмен түсетін арнадағы минималды конфигурация БС (сектордағы) берілістің екі антеннасын және қабылдайтын екі МС антеннасын қарастырған. БС барлығы сегізге дейін беріліс және МС сегіз қабылдайтын антенналар болуы мүмкін (DL-арнадағы рауалы конфигурациялар, беріліс x қабылдайтын антенналар – 2×2 , 4×2 , 4×4 , 8×2 , 8×4 , 8×8). БС көтерілетін арнада қабылдайтын екі антеннадан аз болмауы керек, МС-біреу, екеу немесе төрт беріліс антеннасы болуы тиіс. Антенна сандарына қоса, MIMO режимдерінің мүмкіндіктері де ұлғаяды. Multi-user MIMO режимі енгізіледі, соған сәйкес бір мезетте және бір ғана жиілікте ақпаратты түрлі пайдаланушыларға тарату мүмкін болмақ. Және сол кезде БС берілістің екі

антеннасы екі абонентке дейін қолдайды, төрт және сегіз беріліс антенналарында – төрт пайдаланушыға дейін қолдайды.

Сонымен, IEEE 802.16m стандарты – бұл LTE- Advanced стандартының іс жүзіндегі баламасы. Ол 2012 жылдың ортасында- LTE стандартының алғашқы жүйесі күтілетін мерзімде пайда болуы тиіс. Сөйтіп, IEEE 802.16m пайда болысымен, оның икемділігі мен басқа технологиялармен сәйкестігі тұрғысынан алғандағы имманенттік мүмкіндіктерін ескере отырып, 4G жедел әрекеттегі байланыс жүйесін жасау туралы нақты айтуға болады.

2 Радиорелелік желілерді пайдалана отырып, WiMAX желісінің қамту аймағын құру

2.1 WiMAX желісінің BS қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндіктері

Қазіргі уақытта компаниялардың көпшілігі WiMAX жүйелерін кең жолақты қатынау құралдарын салу кезінде үлкен ақпараттық сыйымдылыққа, үлкен қамту аймағына және өздерінің дамыған сапа менеджменті жүйесіне (QoS) байланысты пайдаланады. WiMAX жүйелері ең заманауи технологияларды пайдаланады: OFDM модуляциясы, MIMO режимінде жұмыс істеу мүмкіндігі (бірнеше кіріс және бірнеше шығыс), кеңістік-уақыт кодтау, модуляция мен кодтаудың адаптивті түрлері, белгілі бір мәселені шешуге бейімделген антенналық жүйе құрылысы. Технология 50 км-ге дейінгі қашықтықта тура және кері бағытта бір арнаға 75 Мбит/с жылдамдықпен деректерді беруді қамтамасыз етуге қабілетті. Бірақ көру сызығы болмаған кезде жүйені орналастыру керек рельефке байланысты, жоғары жиіліктерде және жоғары деректер жылдамдығында базалық станцияның қамту аймағы айтарлықтай азаяды. Абонентке қажетті қашықтықты қамтамасыз ету үшін сымсыз релелік желілерді пайдалануға болады. Радиорелелік желілер арқылы WiMAX желісінің қамту аймағын ұлғайту мүмкіндіктерін анықтай отырып, бұл жұмыс осы тақырыпқа бағытталған.

2.1.1 Ұсынылған технологияны қарастыру және сипаттау

Қарастырылып отырған технология 2.1-суретте көрсетілген. Мына суретте көрсетілгендей: Базалық станция 1 дана және радиорелелік станциялар 2 дана (RS). РС үшін кадр ұзақтығын екі бөлікке бөлуге болады. РС бірінші бөлімнің жалғасы ретінде жергілікті трафикпен қосылған абоненттерге қызмет көрсететін базалық станция ретінде жұмыс істейді. РС релелік трафикке сәйкес кадрдың екінші жартысы кезінде жақын орналасқан РС немесе БС-мен байланысады. WANC жүйесінен төменгі ағындық цифрлық ағын алдымен БС -ге келеді, содан кейін РС -ке жіберіледі.

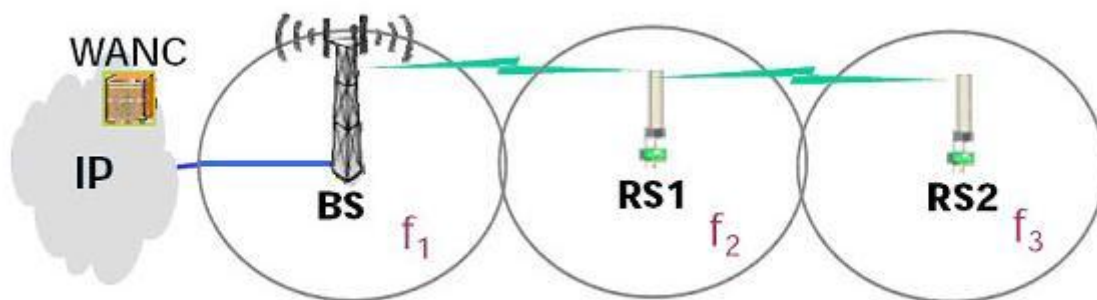
Әрбір БС сымды желілер арқылы WANC-ке қосылған дәстүрлі жоспармен салыстырғанда, мульти-хопты радиорелелік желі ешқандай сымды қосылымдарды пайдаланбай бір БС қамту аймағының өлшемін айтарлықтай арттыра алады. Бұл, сайып келгенде, желіні орналастыру жобасының құнына әсер етеді. Бұл жағдайда әрбір БС пайдаланушыларға жергілікті трафикті беру үшін өзінің кадрының бір бөлігін ғана пайдаланады және осылайша әрбір осындай РЖ немесе БС үшін пайдаланушы сыйымдылығы айтарлықтай төмендейді. WiMAX жүйесінің үлкен бастапқы сыйымдылығы бұл қысқартудың әсерін айтарлықтай жеңілдететін алатындығына байланысты аралықтардың ең қолайлы санын, сондай-ақ модуляция және кодтау параметрлерін және олардың

ең оңтайлы түрлерін анықтау қажет. жүйе параметрлері абоненттердің ыңғайлы пайдалануы үшін сапаға сәйкес болады.

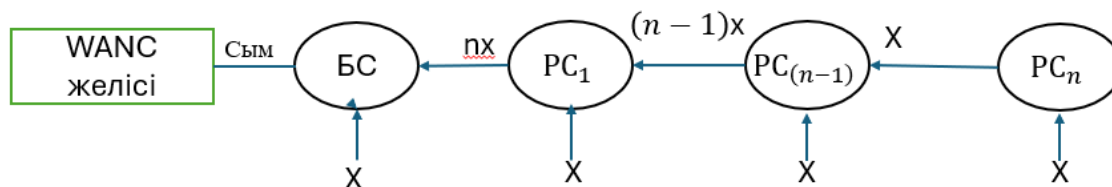
2.1.2 Көп диапазонды радиорелелік байланыс жолы

- Барлық базалық станциялар мен релелік станцияларда антенна биіктігі бірдей (30м) бірдей қуаттағы таратқыштар бар.
- Барлық базалық станциялар мен релелік станциялар эфирде бірдей жиілік диапазонын алады.
- Базалық станциялар мен релелік станциялардың қызмет көрсету аймақтарының әрқайсысында абоненттердің бірдей саны бар.
- Барлық релелік станциялар трафикті беру үшін бірдей модуляция және кодтау схемаларын пайдаланады.
- NLOS шарттарын имитациялау үшін біз Cost-231 Nata үлгісін қолданамыз.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде әрбір БС және РЖ бірдей қамту аумақтарына ие және нәтижесінде БС және РЖ үшін жергілікті кіру трафигі де бірдей.



2.1-сурет. БС қызмет көрсету аймағын кеңейтетін мульти-хопты радиорелелік желіні ұйымдастыру сұлбасы



2.2-сурет - Сымсыз релелік байланыстағы нәтижелі трафик

Әрбір ұяшық үшін жергілікті трафикті x деп, ал секірулер санын n деп белгілейік, сонда әрбір құлмаққа осылайша жіберілетін нақты нәтиже трафик 2-суретте көрсетілгенге сәйкес болады.

Пайда болған трафик радиорелелік желі бойымен қозғалған сайын күрт артады (2.2-сурет) және көп ілгерілейтін желі үшін ең үлкені бірінші станцияда RS 1 болады. Әрбір кадр кезінде жіберілетін трафик 1-ге тең деп алайық.

содан кейін жүйеге қол жетімді нормаланған кіру трафигі X_{max} мына формула бойынша анықталуы мүмкін:

$$X_{max} = \frac{a}{2_n - 1 + a}$$

мұндағы a – микротолқынды байланыс үшін спектрлік тиімділіктің жергілікті қатынас байланысының орташа спектрлік тиімділігіне қатынасы.

Модуляция түріне және кодтау параметрлеріне байланысты спектрлік тиімділікті ғана қарастырайық. QPSK және турбокоды 1/2 және 64 QAM үшін 4,5 және турбокоды 3/4 үшін спектрлік тиімділік 1 болады. Егер абоненттер ұяшық аумағына біркелкі бөлінген болса және БС және РЖ 30 м биіктікке көтерілген жағдайда, IEEE 802.16 стандартымен (1-кестеде көрсетілген) анықталған әртүрлі модуляция және кодтау схемалары үшін сигнал/шу (SNR) қатынасымен бірге пайдаланушының қол жеткізу сілтемесі үшін орташа спектрлік тиімділік 2,158 құрайды.

Кесте 2.1. Әртүрлі модуляция және кодтау схемаларын пайдалану кезінде қажет SNR

Радиореле	Шуыл	a
QPSK- 1/2	9.4дБ	0.4634
QPSK-3/4	11.2дБ	0.6951
16QAM- 1/2	16.4дБ	0.9268
16QAM-3/4	18.2дБ	1.3902
64QAM-2/3	22.7дБ	1.8536
64QAM-3/4	24.4дБ	2.0853

2.1-кестеде келтірілген мәндер радиорелелік желіде қолданылатын модуляция мен кодтаудың әртүрлі түрлеріне сәйкес есептеледі.

2.3-суретте әртүрлі модуляция және кодтау сұлбаларын қолданатын септіктер санының функциясы ретінде жүйенің қол жеткізілетін қалыпқа келтірілген пайдаланушы деректерінің қуаттары көрсетілген. Қолжетімді пайдаланушы ақпаратының сыйымдылығы слоттар саны артқан сайын күрт

төмендейді. Мысалы, бір секіруде, 64 QAM -3/4 пайдаланылған жағдайда, жалпы сыйымдылықтың 68%-ы абоненттік қатынас үшін пайдаланылуы мүмкін, ал 3 септікте тек 29%-ы ғана пайдаланылуы мүмкін. Осылайша, турбокодтау кезінде жоғары деңгейлі модуляцияны және үлкен арақатынастарды қолдану ғана мульти-хоптық желідегі ақпараттық сыйымдылық тұрғысынан қолайлы нәтиже бере алады. Екі реттік радиобайланыс жағдайында QPSK -1/2 үшін қол жеткізілетін ақпарат сыйымдылығы 41% құрайды. Жоғарыда айтылғандардың негізінде, құлмақтың көп саны бар радиобайланысты пайдалануға болатынына қарамастан, құлмақ саны 3-тен асатын радиобайланысты пайдаланбау ұсынылады. BS және RS арасындағы радиорелелік байланыс бюджеті (немесе RS және RS арасындағы) оңтайлы модуляция мен кодтауды қолдану мүмкін болу үшін мұқият жоспарлау керек - 64 QAM -3/4.

Жеке базалық станцияның қызмет көрсету аймағын ұлғайту үшін көп диапазонды радиорелелік желі ұсынылды. Бұл жұмыста көп диапазонды радиорелейлік желіні пайдаланумен бірге жүретін WiMAX жүйесіндегі қамту аймағының көлемін ұлғайту үшін пайдаланылатын пайдаланушының ақпараттық сыйымдылығының төмендеуі талданады. Көрсетілгендей, құлмақ саны артқан сайын пайдаланушының қол жеткізуге болатын ақпараттық сыйымдылығы күрт төмендейді. Турбокодтау кезінде жоғары ретті модуляция схемаларын және үлкен арақатынастарды пайдалану ғана қол жеткізу мүмкіндігін айтарлықтай арттыра алады. Осылайша, WiMAX үшін мульти-хоптық радиорелелік жүйелерді сәтті енгізу үшін ұсынылады:

1. Пайдаланушының ақпараттық сыйымдылығы қолайлы деңгейде болуы үшін аралықтар саны 3-тен аспауы керек.
2. Радиорелелік станциялардың радиожиілік жабдығы 64 QAM -3/4 сәйкес болуы керек.

2.2 WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайтудың өзектілігі мен мақсаты

«WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндігін талдау» тақырыбы сымсыз желілерді дамыту және деректерді беру тиімділігін арттыру контекстінде өзекті болып қала береді. Бұл тақырыптың маңызды болып қалуының бірнеше себептері:

1. Қамтуды кеңейту: WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын арттыру кабельдік инфрақұрылымды жүргізу экономикалық тұрғыдан тиімсіз болуы мүмкін шалғай және халқы аз аудандарда желіге қолжетімділікті кеңейтуге мүмкіндік береді.

2. Қалалық жерлерде байланысты жақсарту: жоғары құрылыс тығыздығы мен кедергілердің болуы сигнал сапасын төмендетуі мүмкін қалаларда қызмет көрсету аймағын ұлғайту пайдаланушылар үшін тұрақты байланысты қамтамасыз етуге көмектеседі.

3. Экономикалық тиімділік: базалық станциялардың жұмысын оңтайландыру және олардың қамту аймағын ұлғайту байланыс операторларының операциялық шығындарын төмендетуі мүмкін, бұл олардың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал етеді.

2. Технологиялық инновациялар: сымсыз желілер саласындағы технологиялардың үздіксіз дамуы деректерді беру ауқымын ұлғайту және жабдықтың жұмысын оңтайландыру үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

5. Пайдаланушының қажеттіліктері: ұялы телефондар, планшеттер, ақылды құрылғылар және интернет заттары сияқты желіге қосылуды қажет ететін құрылғылардың көбеюімен Интернетке үздіксіз қол жетімділікті қамтамасыз ету үшін қамту аймағын ұлғайту сұранысқа ие бола бастады.

Осылайша, WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндігін талдау технологиялық, экономикалық және әлеуметтік аспектілерді қоса алғанда, мүдделердің әртүрлі аспектілері тұрғысынан өзекті мәселе болып қала береді.

«WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндігін талдау» тақырыбы бойынша дипломдық жобаның мақсатын келесідей тұжырымдауға болады:

Бұл дипломдық жобаның мақсаты WiMAX базалық станциясының қамту аймағын ұлғайтудың ықтимал әдістері мен стратегияларын анықтау үшін техникалық, аппараттық және бағдарламалық аспектілерге кешенді талдау жүргізу болып табылады. Талдау нәтижесі негізінде, жоба базалық станцияның жұмысын оңтайландыруға және оның қамту аймағын кеңейтуге көмектесетін ұсыныстар мен практикалық шешімдерді әзірлеуге бағытталған, бұл пайдаланушылар үшін сымсыз байланыстың тиімділігі мен қолжетімділігін арттырады.

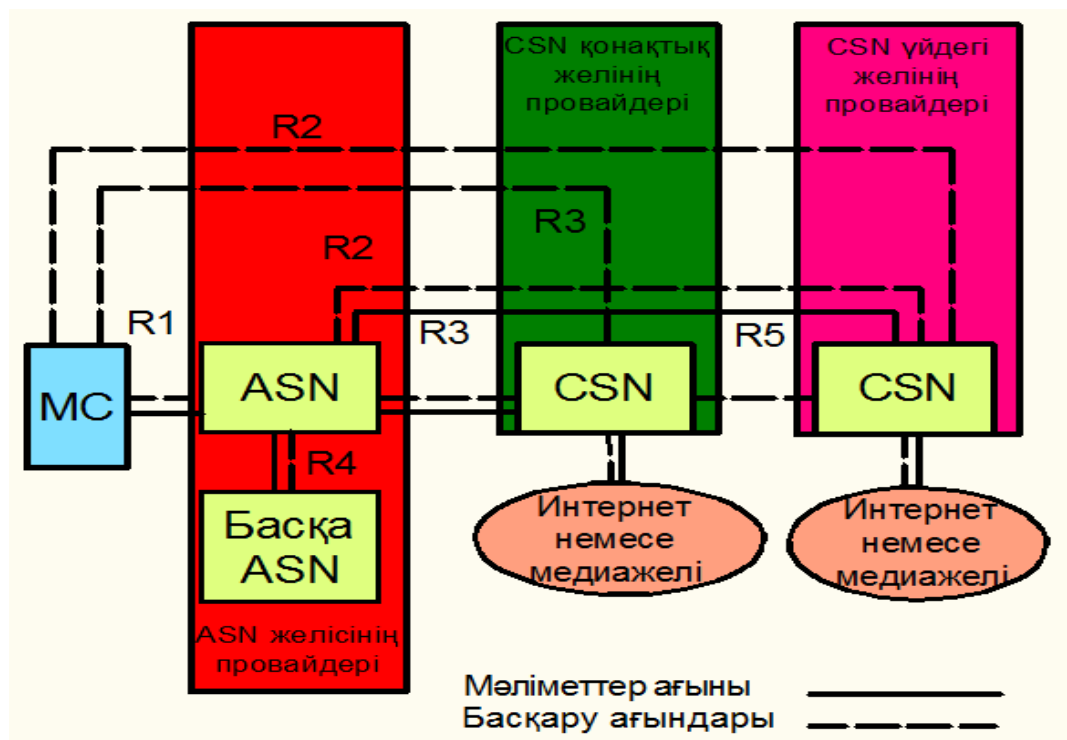
2.3 WiMAX желілерін құру принциптері

WiMAX желісінің негізгі үлгісі (БМ) WiMAX желі архитектурасының логикалық көрінісі болып табылады. Бұл жағдайда «логикалық» термині модель стандартты логикалық функционалдық модульдер мен стандартты интерфейстер жиынтығын (модуль интерфейсінің нүктелері) қарастыратынын білдіреді.

БМ үш негізгі элементті қамтиды: абоненттік (мобильді) станциялар жиынтығы (АС), қатынау желілерінің жиынтығы (ASN, Access Service Network) және қосылу желілерінің жиынтығы (CSN, Connectivity Service Network). Сонымен қатар, БМ негізгі нүктелерді (R1...R8) қамтиды, олар арқылы функционалдық модульдер өзара байланысады.

ASN желіге кіру провайдеріне (NAP, Network Access Provider), бір немесе бірнеше WiMAX қызмет провайдерлеріне (NSP, Network Service Provider) радио желісіне кіруді қамтамасыз ететін ұйымға жатады.

ASN қатынау желісі – IEEE 802.16 сымсыз қол жеткізу базалық станцияларының және IP көлік желісімен байланысқа арналған шлюздердің жиынтығы.



2.3-сурет - WiMAX желісінің негізгі моделі

ASN желілері екінші логикалық деңгейде AC деректерін жіберуге және CSN желілерінен келетін қызметтік және ақпаратты AC хабарламаларын жіберуге жауапты. Қосылу дайындығы күйлері және әрбір AC үшін WiMAX желісіне интегралды қосуды қамтамасыз ету ASN-ге келесі функционалдық талаптарды қояды:

- Желіні табу және абоненттің қалаған WiMAX NSP таңдауы;
- IEEE 802.16 екінші логикалық деңгейінің ережелеріне сәйкес динамикті желіге қосу;
- үшінші логикалық деңгейде динамиктердің қосылуын ұйымдастыру үшін хабар тарату функциясын жүзеге асыру (IP мекенжайларын бөлу);
- желілік радиоресурстарды басқару;
- топтық және трансляциялық хабарламаларды басқару; ASN негізіндегі ұтқырлықты қолдау
- ASN байланысты мобильділік үшін сыртқы агенттерді қолдау;
- абоненттердің орналасқан жерін анықтау бойынша жеке қоңыраулар мен қызметтерді басқару;
- деректерді жылжыту; қызмет ағындарын авторизациялау; QoS деңгейлерін қолдау;
- қол жеткізуді бақылау және сәйкестікті бақылау.

ASN желілерінің аталған функциялары WiMAX форумының Release 1.0 құжатында анықталған профильдерге сәйкес BC және ASN шлюздері арасында таратылады. Бүгінгі күні осындай үш профиль сипатталған: A, B және C. Барлық профильдер арнайы анықтамалық нүктелер арқылы CSN және басқа ASN арасындағы өзара әрекеттесуді қамтамасыз етеді.

Негізгі WiMAX желісі үлгісіндегі анықтамалық нүктелер негізгі модульдер арасындағы байланыс арналары болып табылады. Олар анықтамалық нүкте арқылы қосылған модульдер құрылымдық түрде бір құрылғыда орналасқан болса, міндетті түрде физикалық емес, стандартты интерфейстерді анықтайды. Анықтамалық нүктелердің мақсаты 3.1-кестеде сипатталған. Анықтама нүктелері әртүрлі өндірушілер шығарған құрылғылардың өзара әрекеттесуін жақсарту үшін қажет.

Кесте 2.2 - WiMAX IEEE 802.16 желісінің BM анықтамалық нүктелерін тағайындау

Анықтам а	Мақсаты
R1	Мобильді станция мен ASN қатынау желісі арасындағы байланыс арнасы, IEEE 802.16 стандартының сымсыз интерфейсi.
R2	MC және ASN немесе CSN шлюзі арасындағы арна аутентификацияны, AS авторизациясын және IP конфигурация процедураларын қамтиды. Бұл нүкте әдетте аутентификация, IP конфигурациясының авторизациясы және AS ұтқырлығын басқару үшін пайдаланылатын логикалық интерфейс болып табылады.
R3	Құрамында AAA процедураларын жүзеге асыру және желі ережелерінің орындалуын бақылау үшін ASN және CSN арасындағы өзара әрекеттесу үшін хаттамалар жиынтығы бар. Бұл анықтамалық нүкте динамик қонақ желісінде болғанда және үй желісімен ақпарат алмасуда пайдаланылады.
R4	Әртүрлі ASN желілерінің ASN шлюздері немесе бір ASN желісі арасындағы байланыс арнасы. Бұл анықтамалық нүкте динамиктерді әртүрлі ASN арасында жылжитқанда пайдаланылады. Алдыңғы нүктелерден айырмашылығы, R4 нүктелері арасында, соның ішінде IP-Sec немесе SSL VPN протоколдарын пайдалану арқылы қауіпсіз қосылымдар жасауға болады.
R5	Үй мен қонаққа қызмет көрсету провайдері желісі арасындағы байланыс арнасы.
R6	BC и ASN арасындағы интерфейс
R7	ASN шлюздеріндегі DP және EP блоктары арасындағы виртуалды арна.
R8	Тікелей BS арасындағы байланыс арнасы. Бұл анықтамалық нүкте бірнеше BS арасында тапсыру және жүктемені теңестіру кезінде сигнал беру үшін пайдаланылады. R4 нүктелері сияқты, R8 нүктелері арасында, соның ішінде IP-Sec немесе SSL VPN арқылы қауіпсіз қосылымдар жасауға болады.

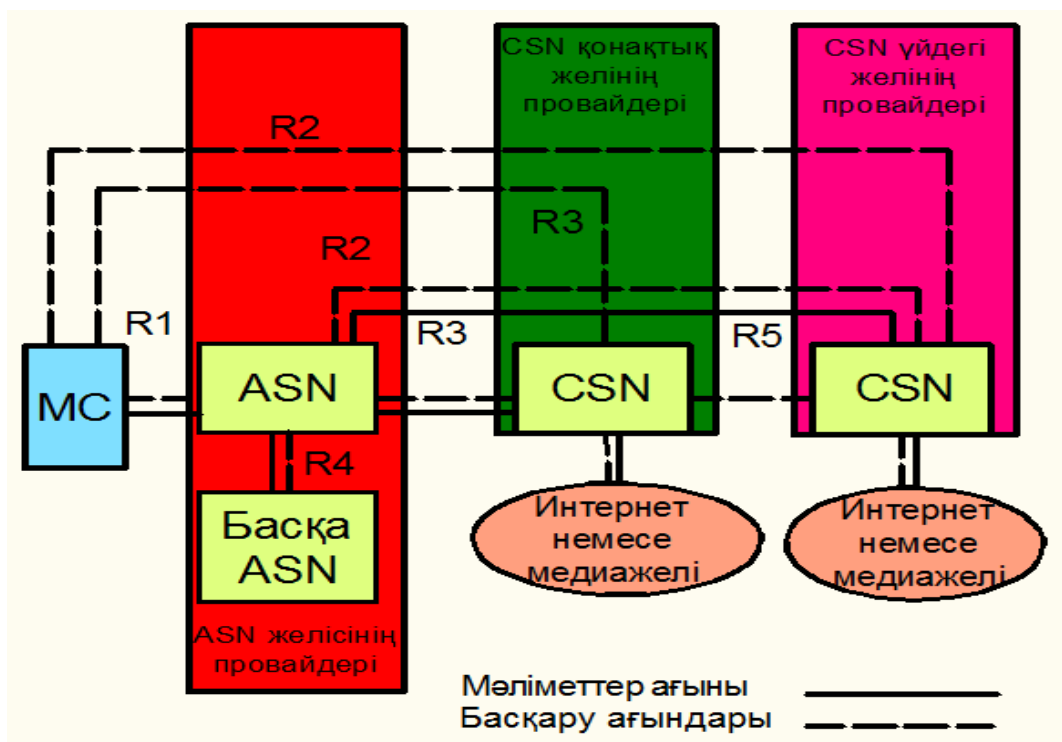
WiMAX БС — радиоинтерфейсті және IP желілеріне интерфейссті жүзеге асыратын логикалық нысан. БС IEEE 802.16 стандартының физикалық деңгейін және MAC ішкі деңгейін, сондай-ақ ASN шлюзімен және басқа БС-мен өзара әрекеттесу үшін бір немесе бірнеше ASN функцияларын жүзеге асырады.

БС жүктемені теңестіру немесе тасымалданатын деректерде артықшылықты қамтамасыз ету үшін бірнеше ASN шлюзімен байланыса алады. Физикалық түрде БС бірнеше БС нысандарын қамтуы мүмкін, өйткені БС логикалық нысан ретінде анықталған. БС негізгі элементі – төменгі және жоғары ағындық байланыс арналарында алмасуды ұйымдастыру кезінде желінің жиілігі мен уақыт ресурстарын басқаратын тапсырмаларды жоспарлаушы.

2.4 Желінің базалық үлгісі

WiMAX желісінің базалық үлгісі (БМ) – бұл WiMAX желілік архитектурасының логикалық көрінісі. «Логикалық» термині бұл жерде үлгінің стандартты логикалық функционалды модулдер мен стандартты интерфейсстердің жиынтығын қарастырады. Практикалық тұрғыдан жүзеге асырғанда бір құрылғы бірнеше функционалды элементті қамти алады немесе функция түрлі құрылғылар арасында таралуы мүмкін.

БМ негізгі үш элементті қамтыған- абоненттік станциялардың көптігі (МС), қатынау желісінің жиынтығы (ASN қатынауының сервистік желісі) және қосылу желілерінің жиынтығы (CSN). Сонымен қатар, БМ базалық нүктелер де кіреді, солар арқылы функционалды модулдердің түйіндесуі жүріп жатады. ASN желісі қатынау (NAP) желісінің провайдеріне - WiMAX бір немесе бірнеше сервис-провайдерлері үшін қытнаууды ұсынатын ұйымға тиесілі. Өз кезегінде WiMAX сервис-провайдері- IP-қосылысты және соңғы абоненттерге WiMAX қызметін ұсынатын, ұйым. Бұл үлгі аясында WiMAX сервис-провайдерлері Интернет- провайдерлермен, қатынау желісінің басқа операторларымен роуминг туралы келісімге келеді. Сервис-провайдерлер абонентке қатысты әркім-өз желісімен CSN, үй жағдайындағы және қонақты бола алады.



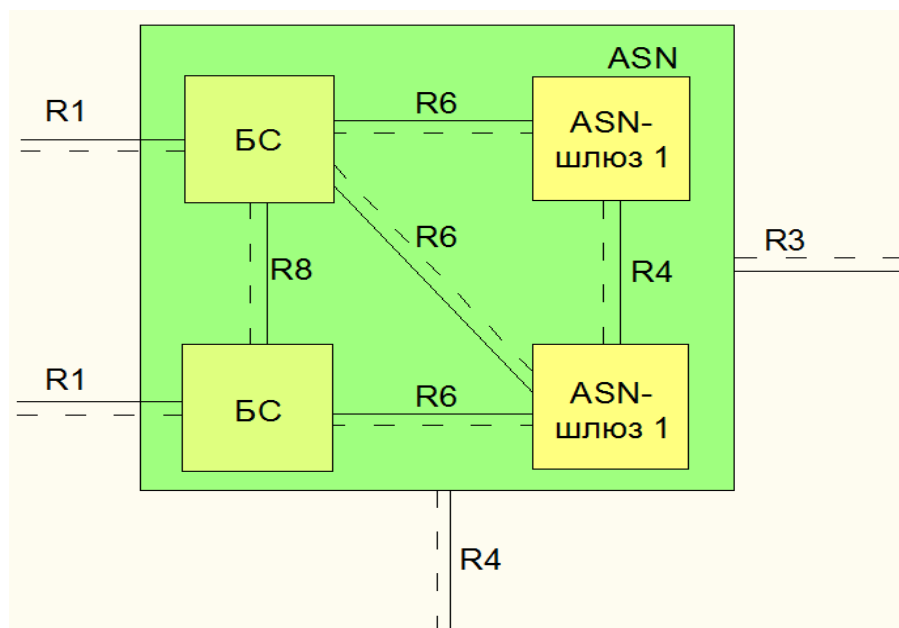
2.4- сурет - WiMAX-желісінің стандартқа сәйкес базалық үлгісі

ASN қатынаудың желісі IEEE 802.16 стандарты және көліктік IP-желімен байланыстың шлюзі бойынша сымсыз қатынаудың көптеген базалық станциялары (БС) болып келеді. Іс жүзінде бұл желі IEEE 802.16 радиожелісін IP-желімен байланыстырып тұрады. ASN кем дегенде бір БС және бір ASN-шлюзді қамтиды. Бірақ, базалық станциялар да, шлюздер де бір ASN бірнеше болуы мүмкін, және бір БС бірнеше шлюздермен логикалық байланыста болуы мүмкін.

Бір үлгі аясындағы БС- бұл IEEE 802.16 протоколдарының жиынтығын және сыртқы түйіндесу функцияларын қолдайтын логикалық құрылғы. Логикалық БС- бір секторлы, бір жиіліктегі номиналы бар.

ASN шлюз - бұл да бір ASN базалық станцияларын қатынаудың басқа желілерімен және CSN қосылу желісімен жалғайтын логикалық құрылғылардың бірі. ASN-шлюз деректерді беру деңгейінде де, басқару деңгейінде де жалғауды қамтамасыз етеді. Әрбір MC үшін базалық станция бір шлюзбен логикалық жалғанған. Алайда, әрбір MC үшін ASN-шлюздің нақты функциясы қатынаудың бір немесе бірнеше желілеріне тиесілі бірнеше шлюз арасында таралуы мүмкін.

ASN шлюз опциялық тұрғыдан функционалды элементтердің екі тобының – шешім блогы (DP) мен орындау блогының (EP) жиынтығы түрінде көрінеді. EP деректер ағынын берумен байланысты функцияларды орындайды, ал DP деректерді беруге тікелей қатысы жоқ функциялар шоғырланған. Осы екі функционалды модуль R7 базалық нүкте арқылы жалғасқан. Жалпы алғанда, нақты шлюздер мен базалық станциялар арасындағы функциялардың бөлінуі былайша атағандағы ASN профилдерімен анықталады.



2.5- сурет - ASN қатынау желісінің логикалық үлгісі

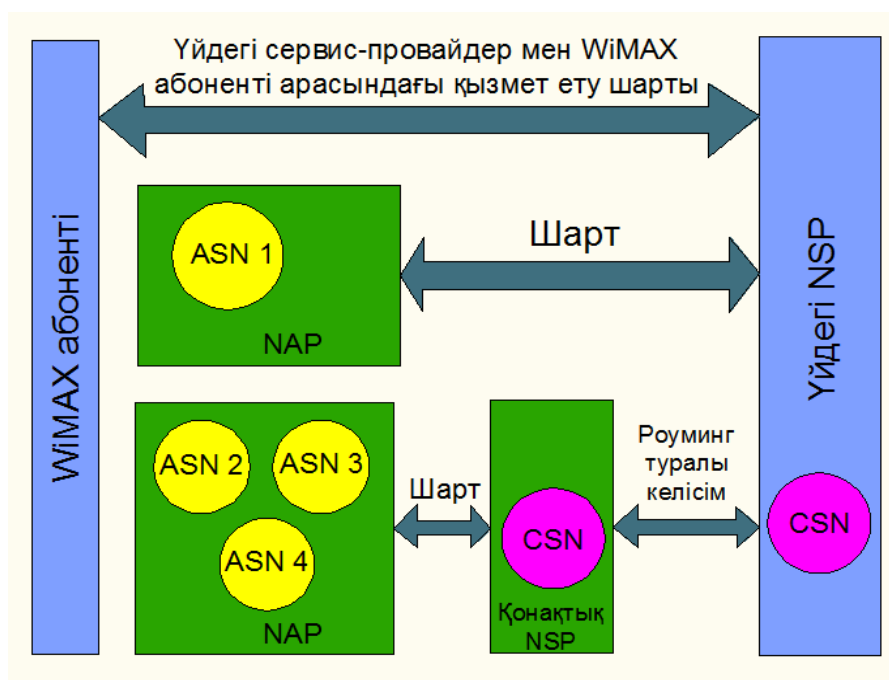
CSN қосылу желісі- бұл WiMAX операторының желісі, дәл осында авторлау, аутентификациялау және қатынаудың функциясы, WiMAX абоненттерін жаһандық IP желіге қосу, IP-телефония, жалпы пайдаланудың телефон желісіне қатынау, Интернетке және жеке желілерге қатынау сияқты функциялар жүзеге асырылады. WiMAX желісінің базалық үлгісі, ASN қатынаудың бір желісімен WiMAX бірнеше сервис-провайдерлері пайдалануына болады. Және, керісінше, - бір CSN түрлі провайдерлердің қатынау желісіне қосыла алады.

CSN- жедел әрекетті абоненттерге IP-адресстер мен желілік сессия кезінде желілік параметрлерді ұсыну, қатынаудың саяси/бақылау сервері мен абоненттердің профилдерін сақтау, қатынау желілері арасында деректерді беру мен қосу, WiMAX абоненттерінің биллингті мен оператор аралық есептеулер, роумингте түрлі CSN арасындағы деректерді туннелдеу, MC бір ASN аясынан шығардағы жедел әрекеттілігін қамтамасыз ету сияқты функциялар жүзеге асырылған. «Нүкте-нүкте», авторлау және/немесе мультимедиялық IP-сервиске қосылу, трафикті легалды тартып алу функциясы сияқты WiMAX-қызметтер де атқарылады.

CSN- маршрутизаторлар, авторлау/аутентификация/қатынау функциялары үшін серверлер, пайдаланушылардың деректер базасы, шлюздар сияқты элементтерді қамтиды.

Жедел әрекеттілікті қолдауға байланысты WiMAX желісінің базалық үлгісіне үй және қонақты сервис-провайдерлер – H-CSP және V-CSP түсініктері енгізілген. Үйде қолданатын NSP- бұл WiMAX абонентімен қызмет көрсету туралы келісім жасасқан оператор. Авторлау/аутентификация/қатынауды бақылау функцияларын орындайтын (биллингті және абоненттік төлемді

өзгертуді қоса алғанда) дәл осы оператор. Роумингті қолдау үшін үйде қолданатын WiMAX сервис-провайдері басқа NSP роумингтік келісім жасасады.



2.6-сурет - WiMAX сервистік желілерінің операторлары мен абоненттер желісінің қолжетімділіктерінің өзара әсерлерінің моделі

Қонақтық NSP (V-NSP)- бұл WiMAX абонентке роуминг қызметін ұсынатын оператор. Ең алдымен, V- NSP осындай абонент үшін AAA функциясын, сондай-ақ WiMAX-желінің барлық ұқызметіне толықтай немесе жартылай қатынауды қамтамасыз етеді. Және бұл кезде трафиктің түрлі маршрутизаторлары болуы мүмкін – қосылудың үйдегі желісі арқылы немесе тікелей қонақтық CSN-желісі арқылы.

WiMAX-желісінің базалық үлгісі аясындағы базалық нүктелер- бұл базалық модулдер арасындағы байланыс арнасы. Олар стандартты интерфейстер болып табылады, және физикалық болуы міндетті емес, әсіресе егер базалық нүктемен қосылатын модулдер конструктивті тұрғыдан бір құрылғыда болса.

R1 базалық нүктесі жедел әрекетті станция мен ASN қатынау желісі арасындағы байланыс арнасы. Бұл- IEEE 802.16 стандартына сәйкес келетін, сымсыз интерфейс, алайда басқарудың қосымша протоколдары болуы мүмкін.

R2 базалық нүктесі MC пен CSN арасындағы арна болып табылады. Оған MC аутентификациясымен, авторлаумен және IP-конфигурациялаумен байланысты протоколдар мен процедуралар кіреді. Бұл- таза логикалық интерфейс, оған MC пен CSN арасындағы қандай да бір нақты физикалық интерфейссті қоюға болмайды.

R3 базалық нүктесінде AAA процедураларын жүзеге асыру үшін, жедел әрекеттілікті басқару мен түрлі саясатты орындауға арналған, ASN мен CSN арасындағы бақылау протоколдарының жинағы бар. Ол сондай-ақ ASN мен CSN

арасындағы деректерді берудің қызметін де атқарады (соның ішінде туннельдеу де).

R4 базалық нүктесі-бұл түрлі ASN желілердің ASN-шлюздері арасындағы және бір ASN аясындағы ASN-шлюздердің арасындағы байланыс арнасы.

R5 базалық нүктесі үйде қолданатын және қонақты сервис-провайдер желісі арасындағы байланыс арнасы болып табылады.

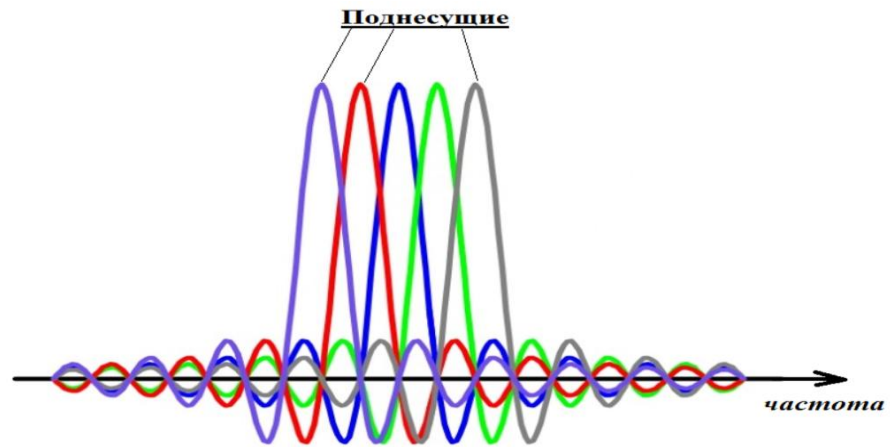
R6 базалық нүктесі БС пен ASN-шлюз арасындағы интерфейс қызметін атқарады.

R7 базалық нүктесі функцияның екі тобының байланысына арналған ASN-шлюзінің ішіндегі қандай да бір виртуалды арна түрінде (ақпаратты беру арнасымен байланысқан және байланыспаған) анықталған.

R8 базалық нүктесі-бұл тікелей базалық станциялар арасындағы байланыс арнасы болып табылады. ОЛ басқарушы хабарламаларды беруді және опциялық түрде- деректерді тікелей таратуды қолдауы керек.

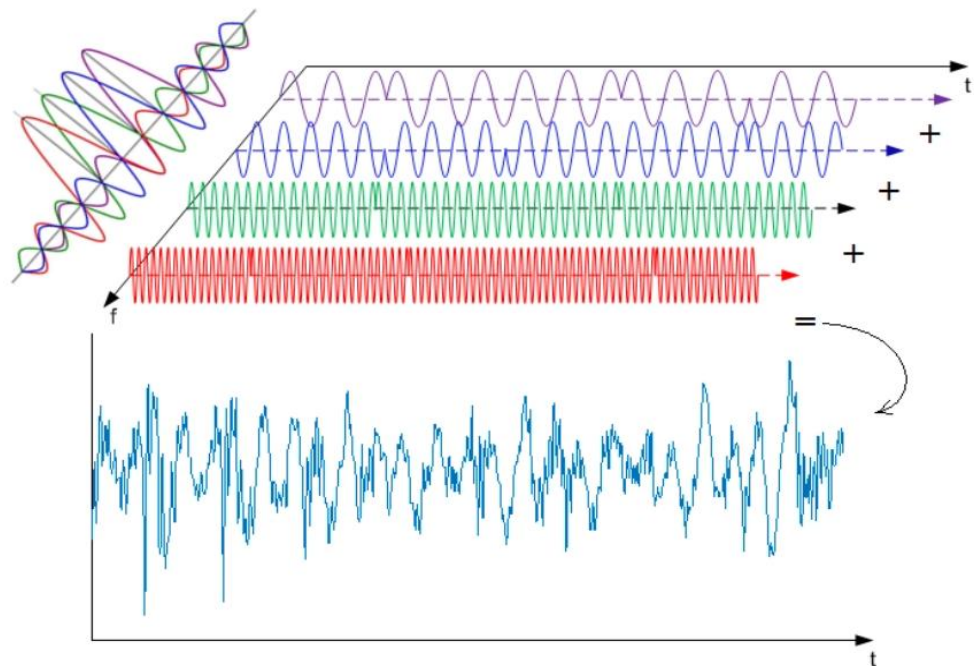
2.5 OFDM модуляциясы

OFDM ерекшеліктерінің бірі - барлық арбалар бір-біріне кедергі жасамай, қатарлас дерлік параллель қозғала алады. Ақпаратты беру кезінде арбалардың рөлін қосалқы тасымалдаушы сигналдар орындайды, яғни. көптеген тасымалдаушы. Терминатор 2 фильмін еске түсіріп, арбалардың сұйық металдан жасалғанын елестетейік. Осыған байланысты, қозғалыс кезінде арбалардың жолдары ішінара қабаттасса да, олар бір-біріне кедергі жасамайды, ыңғайлы бірге өмір сүріп, әрі қарай жүреді. Сигналдың берілуіне қатысты ұқсас әсер бар – сигналдың ортогональдылығы. Әдетте сигналдардың ортогональдығы терминін түсіндіру үшін интегралды математикалық өрнек беріледі. Дегенмен, бәрін егжей-тегжейлі түсіндіруге уәде берілгендіктен, келесіні түсінуге болады. Ортогональды сигналдардың тамаша қасиеті бар – олардың өзара энергиясы нөлге тең. Ішкі тасымалдаушылардың ортогональдылығы олардың әрқайсысын қабылдау кезінде жалпы сигналдан оқшаулауға мүмкіндік береді, тіпті олардың спектрлерінің ішінара қабаттасуы жағдайында. Ішкі тасымалдаушылар бір-біріне жақын орналасқандықтан және тіпті ішінара қабаттасатындықтан (3-суретті қараңыз), модуляцияланған OFDM сигналының спектрлік тиімділігі жоғары.



2.7-сурет – Жиілік осіндегі ішкі тасымалдаушылардың кескіні

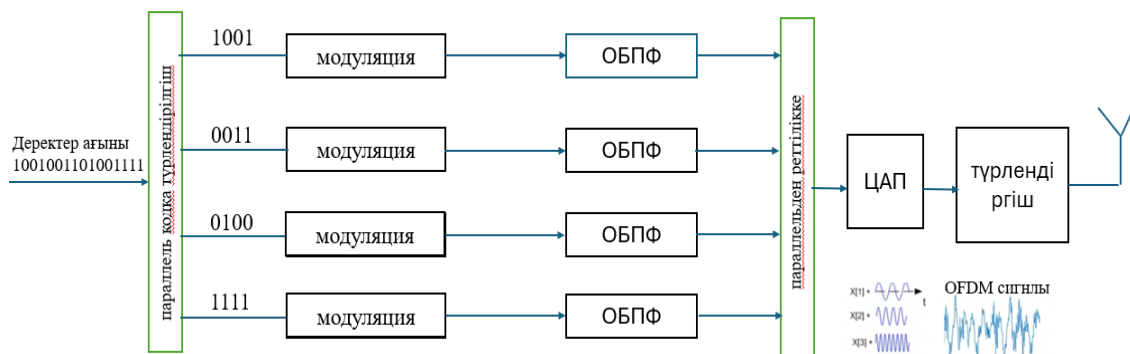
Суреттен көрініп тұрғандай, әрбір ішкі тасымалдаушы бөлек шыңмен көрсетілген. Әрбір ішкі тасымалдаушының ең жоғары нүктесінде қалған ішкі тасымалдаушылардың мәні нөлге тең болатынын ескеріңіз. Уақыт осінде әрбір қисық өзінің модуляцияланған сигналына сәйкес келеді. Барлық осы сигналдардың қосындысы күрделі OFDM сигналын береді.



2.8-сурет. OFDM сигналының күрделі пішіні

Тасымалдаушы сигналдардың параметрлері (мысалы, синусоидтар) бір-біріне ортогональды болатындай етіп таңдалады. Есептеу құрылғыларының көмегімен бұл әрекетті жылдам орындау үшін кері жылдам Фурье түрлендіру (IFFT) алгоритмі қолданылады. Яғни, біз ОВРҒ блогының алдындағы сигнал мәндері жиілік доменіне жатады деп әдейі елестетеміз. Содан кейін ОВРҒ

блогының шығысында уақыт осіндегі сигнал мәндерін аламыз. Барлық мәндерді біріктіре отырып, күрделі композиттік OFDM сигналын аламыз.



2.9-сурет - OFDM модуляциясының сұлбасы

Бұл жеңілдетілген диаграмма нақты OFDM жүйелерінде табылған барлық блоктарды көрсетпейтінін ескеру маңызды. Диаграмманы жеңілдету үшін технологияның ажырамас бөлігі болып табылатын қорғаныс биттерін және циклдік префиксті қосу блоктары мұнда көрсетілмеген.

ОБПФ өлшемі 2^k массивтермен тиімді жұмыс істейтіндіктен, ішкі тасымалдаушылар саны ұқсас еселікпен таңдалады. Мысалы, WiMAX жүйесінде қосалқы тасымалдаушылар саны 128-ден 2048-ге дейін таңдалады және 1,25 МГц-тен 20 МГц-ке дейінгі жиілік диапазондарын алады.

Кесте 2.3 - WiMAX жүйесіндегі арналар енінің және қосалқы тасымалдаушылар

арна ені	қосалқы тасымалдаушылар
1.25 МГц	128
2.5 МГц	256
5 МГц	512
10 МГц	1024
20 МГц	2048

Әрбір ішкі тасымалдаушы арнадағы кедергілер мен талаптарға байланысты өзінің модуляция пішімін пайдаланады.

Қабылдау ұшында жоғарыда аталған сұлбаның барлық блоктары төңкерілген (DAC орнына ADC орнатылған, ал кері FFT орнына тікелей FFT орнатылған) және кері ретпен орналастырылған.

OFDM: (ерекшеліктері)

- радиоарнадағы қиын жағдайларға төтеп беру қабілеті, ең алдымен таңбааралық кедергілерді жою және тар жолақты кедергілермен күресу

(мысалдағыдай, біз арбалардың бірін жоғалттық және кейінгі уақытта біз бұл жолды әлі де кедергімен өзгерте аламыз басқа);

- жоғары спектрлік тиімділік. Ішкі тасымалдаушылардың саны шексіздікке жақындаған сайын, OFDM жүйелері дәстүрлі жиілікті бөлу жүйелерімен салыстырғанда екі есе дерлік спектрлік тиімділікті көрсетеді.

- әдістің бейімділігі – сигналдың таралу шарттарына және қабылданған сигналдың сапасына қойылатын әртүрлі талаптарға бейімделуге мүмкіндік беретін әртүрлі қосалқы тасымалдаушылар үшін әртүрлі модуляция схемаларын қолдану мүмкіндігі;

- цифрлық өңдеу әдістерін қолдану арқылы қарапайым іске асыру (есептеу құрылғыларының қуатының дамуымен қарапайым болды);

- көп жолды таратуда жақсы өнімділікке әкелетін қосалқы тасымалдаушылар арасындағы кедергілерге қарсы тұру мүмкіндігі

- OFDM кемшіліктері:

- уақыт пен жиілік бойынша жоғары дәлдіктегі синхрондау қажет;

- OFDM сигналы шамадан тыс энергия шығындарына әкелетін салыстырмалы түрде жоғары крест коэффициентіне ие;

- қорғау интервалдарын қолдану әдістің спектрлік тиімділігін төмендетеді;

- әдіс Доплер эффектісіне сезімтал, бұл оны мобильді желілерде пайдалану кезінде қосымша қиындықтар туғызады.

Ағымдағы OFDM қолданбалары.

Бүгінгі таңда OFDM модуляциясының ең танымал қолданылуы сымсыз байланыс жүйелерінде Wi-Fi, WiMax, LTE, DVB-T жерүсті цифрлық теледидар жүйелерінде, DVB-C кабельдік теледидар жүйелерінде, ADSL технологиясында, және бұл барлық мысалдар емес.

3 Базалық және релелік станциялар үшін жабдықтарды таңдау

3.1 Абоненттік станцияның жабдықтарын таңдау

WiMAX абоненттік жабдығын әзірлеушілер үшін ең перспективалы төрт өндірушінің болып табылады: Fujitsu, Intel, Sequans және Wavesat.

Intel бірінші болып әзірлеушілерге физикалық және MAC деңгейлерінің функцияларын біріктіретін WiMAX абоненттік станцияларына арналған чиптегі PRO/Wireless 5116 жүйесін ұсынды. Fujitsu MB87M3400 чипі негізгі және соңғы пайдаланушы жабдықтарын дамытуға мүмкіндік беретін қосымшалардың кең ауқымына арналған. Sequans сәйкесінше базалық және абоненттік жабдық үшін жеке SQN1010 және SQN2010 чиптерін әзірледі. Fujitsu, Intel және Sequans компанияларының SoC құрылғылары WiMAX абоненттік станциялары үшін MAC протоколының функцияларын толығымен орындайды. Дамытуға тағы бір тәсілді Wavesat ұсынды, ол екі чипті шығарды: OFDM модемі DM256 (физикалық деңгей функцияларын жүзеге асырады) және MC336 (MAC протоколының төменгі деңгейін жүзеге асыратын есептеуіш ядроны білдіреді). Fujitsu, Intel және Sequans фирмаларының чиптегі жүйе негізіндегі абоненттік модемді әзірлеу үшін қосымша сыртқы процессор қажет емес. Fujitsu және Sequans чиптері ені 20 және 28 МГц-ке дейінгі арналарды ұйымдастыруға мүмкіндік береді, ал Intel және Wavesat чиптері үшін арналардың максималды ені 3,5 және 7 МГц аралық мәндерімен 10 МГц құрайды. 3.1-кестеде WiMAX абоненттік жабдығын дамытудың негізгі параметрлері көрсетілген.

Кесте 3.1- WiMAX абоненттік жабдығының негізгі параметрлері

Параметрлері	Fujitsu MB87	Intel	Sequans	Wavesat
Функциялары	PHY/MAC	PHY/MAC	PHY/MAC	PHY/MAC
Максималды арна ені	20 МГц	10 МГц	28 МГц	10 МГц
Дуплексті режим	H-FDD, TDD, FDD (2 чипа)	H-FDD, TDD	H-FDD, TDD, FDD	H-FDD, TDD, FDD
Жүйе интерфейсі	Mill, 32-bit generic	Mill	RMLL, PCI	PCI

3.3 Базалық станция жабдықтарын таңдау

Белгілі чиптер негізінде WiMAX базалық станцияларын дамыту нұсқаларын қарастырайық. Fujitsu базалық станциялар мен абоненттік станциялар үшін MB87M3400 чипін әзірледі. Дегенмен, Intel шешімінен айырмашылығы, Fujitsu чипінде сыртқы процессорға арналған интерфейс бар. Толық дуплексті режимді енгізу үшін екі микросхеманы пайдалану қажет,

олардың біреуі физикалық деңгейдің және MAC протоколының төменгі қабатының функцияларын орындайды, ал екіншісі сыртқы процессор (үшінші тарап компаниясынан) MAC протоколының жоғарғы қабатын жүзеге асыру үшін. Базалық станцияны әзірлеу үшін Fujitsu Freescale MPC8560 процессоры бар толық дуплексті әзірлеу жинағын қамтамасыз етеді, бірақ жоғарғы деңгейлі MAC протоколының функцияларын қамтамасыз ететін бағдарламалық құралды қамтамасыз етпейді. PicoChip екі параллельді PC102 процессорында құрылған PC102/PC8520 шешімін ұсынады. Компания PC102 чиптерінде MAC протоколының физикалық деңгей және төменгі деңгей функцияларын жүзеге асыратын бағдарламалық қамтамасыз етуді ұсынады. Fujitsu сияқты, PicoChip өзінің әзірлеу жинағында MAC протоколының жоғарғы қабатын енгізу үшін Freescale MPC8565 процессорын пайдаланады.

Дегенмен, Fujitsu-дан айырмашылығы, PicoChip өзінің бағдарламалық жасақтамасын MAC протоколының жоғарғы деңгейіне лицензиялады. PC102/PC8520 шешімі шифрлау/шифрды шешу функцияларын қамтымағандықтан, оларды орындау үшін сыртқы процессорды пайдалану қажет. Sequans компаниясының SQN2010 базалық станцияны әзірлеу чипі - толық дуплексті жұмысы бар чиптегі бірінші жүйе. SQN2010 толық дуплексті базалық станция жұмысы үшін қажетті барлық физикалық және MAC деңгей функцияларын жүзеге асырады. SQN2010 чипі SQN1010 микросхемасынан MAC протоколының жоғарғы деңгейін жүзеге асыратын екінші орталық процессордың болуымен ерекшеленеді. SQN1010 чипінде сыртқы процессорды қосу мүмкіндігін қамтамасыз ететін PCI интерфейсі бар.

Wavesat DM256/MC336 шешімін базалық станцияларды әзірлеу үшін де пайдалануға болады. Бұл шешім толық дуплексті операцияны қолдайды, бірақ ол шифрлау-шифрды шешу функцияларын жүзеге асыру үшін сыртқы процессорды қажет ететінін ескеру қажет. Fujitsu сияқты Wavesat базалық станцияларды әзірлеуге қажетті жоғарғы деңгейлі MAC протоколының бағдарламалық жасақтамасын қамтамасыз етпейді.

Сипатталған төрт шешімнің ішінде тек PicoChip PC102 чиптері ADC/DAC функцияларын біріктірмейді. Сондықтан аналогтық радио интерфейсін пайдаланатын әзірлемелер үшін қосымша ADC/DAC құрылғылары қажет болады. Базалық станциялар үшін барлық қарастырылған параметрлер 3.2-кестеде келтірілген.

Кесте 3.2-WiMAX базалық станцияларының негізгі параметрлері

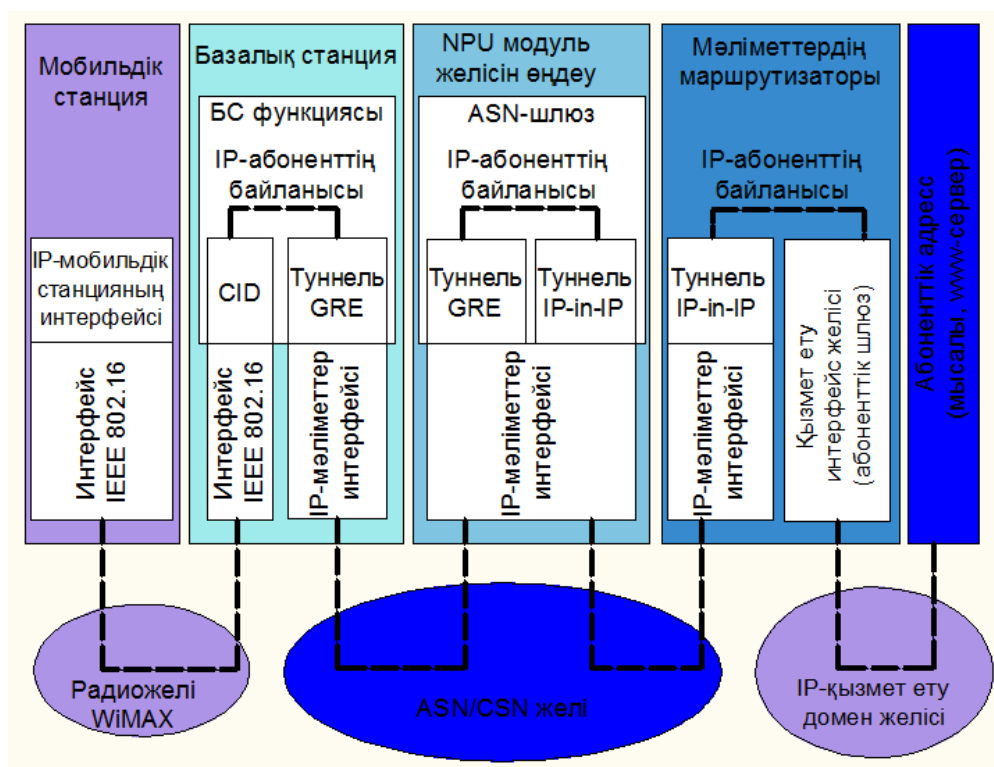
Параметрлері	Fujitsu MB87	PicoChip PC102/PC8520	Sequans SQN2010	Wavesat DM256/MC336
Функциялары	PHY/MAC	PHY/MAC	PHY/MAC	PHY/MAC
Максималды арна ені	20 МГц	10 МГц	28 МГц	10 МГц
TDD FDD чиптерінің саны	1 чипті 1 чипті	2 чипті 2 чипті	1 чипті 1 чипті	1 чипті 1 чипті

Жүйе интерфейсі	Mill, 32-bit generic	MII	RMLL, PCI	PCI
Радио интерфейсі	Аналогтық және цифрлық	цифрлық	Аналогтық және цифрлық	Аналогтық және цифрлық

3.2.1 BreezeMAX 4Motion платформасының негізіндегі WiMAX жабдығы

BreezeMAX 4Motion жүйесінің базалық және абоненттік станциялары негізіндегі WiMAX жедел әрекетті жабдығын құрудың мысалын қарастырайық. 4Motion жүйесі- операторлық қаластағы жедел әрекетті WiMAX толық функциялық шешімі, архитектурасы ашық, түрлі өндірушілердің жабдықтарын бір желіге түйістіруге болады. Желі элементтерінің өзара әрекеттестігін суреттейтін желілік профилі ретінде ASN-профилі C таңдап алынды.

BreezeMAX 4Motion платформасына негізгі төрт құрамдас кіреді: абоненттік станциялар, базалық станциялар, қатынау желісінің шлюздері және авторлау, аутентификация мен қатынауды басқару жүйесінің серверлері. Соңғылары стандартты желілік сервер болып табылады, олардың барлық функционалдығы бағдарлықпен жүзеге асырылады.



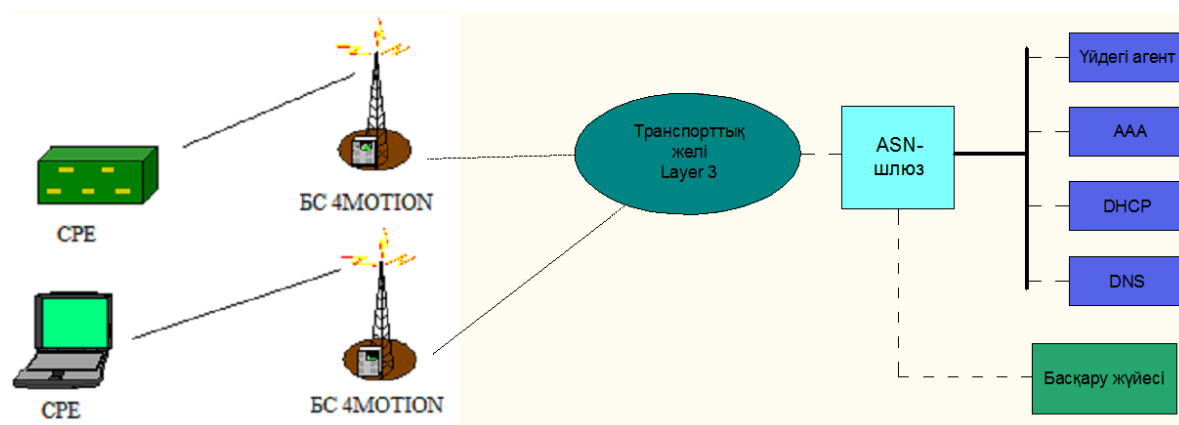
3.1-сурет - Alvarion компаниясының 4Motion жабдығы негізіндегі WiMAX желісінде мәліметтерді таратудың сұлбасы

“Комстар-ОТС” компаниясы Intel корпорациясымен мобильді WiMAX технологиясын дамытудағы стратегиясын бастады. “Комстар-ОТС” компаниясы Алматы қаласында 5 базалық станциясын орнатты.



3.2-сурет - Алматы қаласындағы базалық станцияның қамту аймағы

“Комстар-ОТС” желісі стандартты WiMAX – архитектурасы түрінде болады. Бірінші кезеңде 5 базалық станция жұмыс істейді, ол толықтай Алматы қаласын қамтамасыз етеді, екінші кезеңде базалық станция санын арттырамыз.



3.3- сурет - “Комстар-ОТС” компаниясы мобильді WiMAX – желісінің архитектурасы

БС-ның бір секторында 512 абоненттік құрылғыларға дейін қолдайды. Әрбір БС үш сектор бар деп есептесек, 5 БС үшін теориялық тұрғыда бірінші кезең үшін, 7680 абонент деп есептейміз. Бірақ, БС саны желінің абоненттік сыйымдылығы үшін жалғыз ғана шектеу емес. Маңызды фактордың бірі ASN – шлюздері мен AAA авторизацияларының серверлерінің өндірістілігі.

Тиімді шешім есесінде “Комстар-ОТС” БС-ны АТС-ке МГТС желісінде орнаттық. “Комстар-ОТС” желісі үшін биллинг үшін есептеу жүйесі қолданылады, осы жағдайда да желіге кірудің саны, көрсетілген сервис, алынған ақпарат т.б. ақпаратты дайындаудағы ААА-серверлерінің мүмкіндіктері қолданылады. Бұл ірбір абонентті жеке тарифтеуге мүмкіндік береді. Тесттік эксплуатация процессінде анықталғандай, бір абоненттік арнадағы пиктік өткізу жолағы 15 Мбит/с жетуі мүмкін, ал шығыс трафик үшін 7 Мбит/с дейін. Осы кезде шықпайтын арнада 64-QAM модуляциясы 5/6 кодалау жылдамдығында, шығатын 16-QAM кодалау жылдамдығы $\frac{3}{4}$.

3.2.2 Базалық станция BreezeMAX 4 Motion PRO

BreezeMAX 4Motion платформасымен бірге (CPE) соңғы тұтынушы құрылғыларының бірнеше нұсқалары ұсынылады, олар операторларға іскерлік және тұрғын секторларда болсын, әртүрлі тұтынушыларға тиімді қызмет көрсетуге мүмкіндік береді. CPE-ң 4 нұсқасы шығарылады: BreezeMAX PRO CPE құрылғысының сыртқы монтажі үшін (сыртқы және ішкі модульдері бар) мекеменің ішіне орнату үшін- BreezeMAX 4Motion Si өзбетінше инсталлушы құрылғылар, және де PC Card және USB Dangle форматындағы моделдер.

BreezeMAX 4Motion PRO CPE абоненттік құрылғысы ішкі (IDU) мен сыртқы (ODU) модульдерінен құрылған. Сыртқы модуль барлық белсенді компоненттерден тұрады және күшейтулуі жоғары интегралданған жазық антеннаға ие. Ол 2-нұсқада шығарылады-Intel (RD2) компаниясының чипсеттерінің және Весеет негіздерінде. Ішкі және сыртқы модульдер 5 Ethernet кабелі арқылы байланысады. Осы кабель арқылы-Ethernet ақпараттары күйді бақылау сигналды, -IDU арқылы басқару және де қорек көзі (54В) таратылады. Сыртқы модульдер 2,3 , 2,5 және 3.5 ГГц диапазондарға жеткізіледі. Жиіліктерді автоматты түрде анықтайтын мультидиапазонды модульдер де өндіріледі.

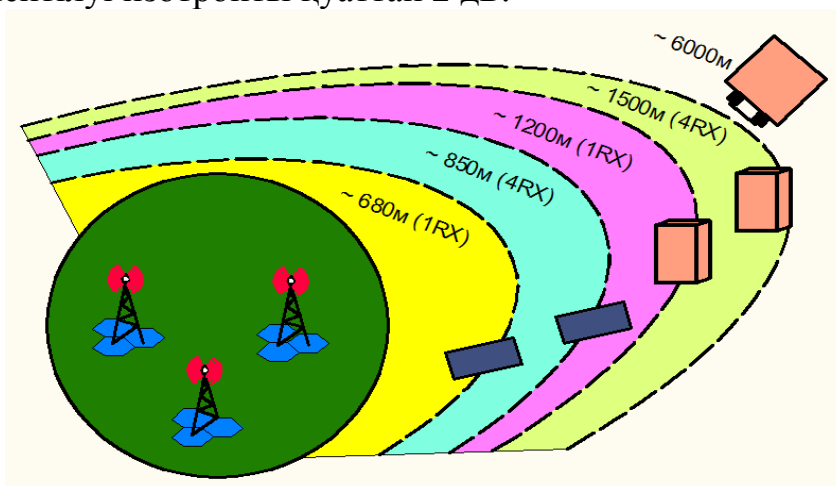
PRO CPE ішкі модулі желілік интерфейстердің әртүрлі кескіндер конфигурацияларымен қол жетімді. Жеке компьютермен және абоненттің мәлімет тарату желілеріне стандартты IEEE 802.3 Ethernet 10/100-BaseT (RJ 45) интерфейсін қосылады және де ШС өзіне 2-дыбыстық портты (RJ-11) VoIP тарату үшін қоса алады. Тағы Wi-Fi модулі қарастырылған (802.11b/gj-шкалалы қол жеткізу нүктесін ұйымдастыру үшін).

BreezeMAX 4Motion Si құрылғысы- бұл шағын портативті құрылғы, ол соңғы тұтынушымен инсталлирленеді. Ол тікелей ПК-ға (plug және play) қосылады және SIM карта немесе арнайы көмегімен іске қосылады. Ол PRO абоненттік құрылғысы секілді. Портативтік абоненттік станция 2-нұсқада Intel RD2 және Весеет компанияларының чипжелілерінде шығарылады. Бірінші жағдайда құрылғы 6-антенналармен қамтылған, олар корпусының астында орналасқан. Весеет чипжелісіндегі құрылғы барлық бағытқа бағытталған 2-аса үлкен емес антенналарымен жабдықталған.

US210 құрылғысы-бұл WiMAX USB адаптері ПК үшін.. Адаптер IEEE 802.16e стандартына толықтай сай келеді, және толық сәйкес келеді және 130

км/сағ дейінгі жылдамдықта мобильді сымсыз байланысты қолдайды. Құрылғы инсталлирленеді және соңғы қолданушымен жөнделеді, шықпайтын арнадағы пиктік жылдамдық - 33 Мбит/с дейін, шығатында - 7 Мбит/с дейін 2,3; 2,5 және 3,5 ГГц жиілік диапазонында жұмыс істейді. Таратқыштың қуаты 23 дБм, антеннаның күшейтілуі 2 дБ, ол изотропты қуаттылықтан алынған. 1-таратушы және 2-қабылдаушы антенналардың арқасында US210 МГМО-технологиясын қолдайды. Энерготқтынуы - 2,4 В, антеннаның қуаты - 23 дБ кезінде.

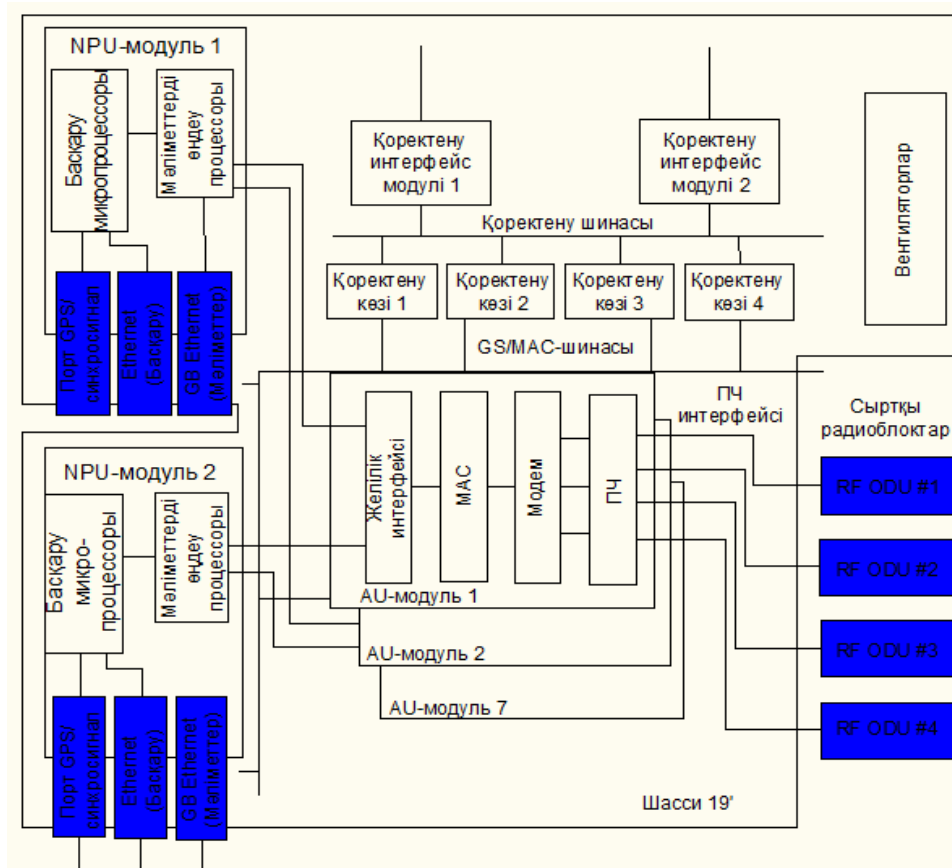
WiMAX – адаптері, WU211 Quanta computers компаниясы шығарған, жоғарыда қарастырылған құрылғыға аналогты. Ол 2,496, 2, 69 ГГц диапазонында жұмыс істейді. Антеннадағы максималды шығыс қуаты: 23 ± 1 дБм, антеннаның күшейтілуі изотропты қуаттан 2 дБ.



3.4-сурет. Әр түрлі абоненттік құрылғылар үшін типтік қызмет көрсетудің аймақтары.

БС-ның қамту аймағы тек БС-ның тарату қуаты мен абоненттік құрылғысына ғана тәуелді емес, ол абоненттік құрылғының типі мен жұмыс шарттарына да тәуелді (рельеф және құрылыстың типі) (3.2-сурет). Олар жұмыстың қашықтығы мен көру мүмкіндігіне айтарлықтай әсер етеді. Тікелей көрініс кезінде, қашықтықтың теориялық шектелуі 54 км құрайды, ал практикалық түрде тұрақты байланысты өткішгіштік қабілетінен 3 Мбит/с БС-дан 30 км қашықтықта алуға болады.

Интерфейсті РІУ-модулі сүзгілеуді және БС жіберілетін тоқты тұрақтандыруды жүзеге асырады. Ол БС жабдығын электр қуатымен болатын қиындықтардан қорғайды. БС толықтай конфигурациясы үшін бір РІУ жеткілікті, алайда БС себетінде резервтік РІУ арналған екі слот болады. резервтегенде әрбір РІУ-модуль электрмен қоректендірудің жеке қуат көзіне қосылады, ал қуат көздерінің бірін сөндіргенде базалық станция резервтік қуат көзінен жұмысын жалғастыра береді. РІУ-модулі 58 А токқа дейін БС бере алады, бұл сыртқы радиоблоктардың 20 дейін электрмен қоректендіре алады. Оларға келетін РІУ қуат ВЧ-кабелдер арқылы тікелей беріледі. Базалық станцияның бәрі ауамен желдету модулі арқылы салқындатылады. Оған 10 желдеткіш кіреді, соның 9 толық жинақталған БС салқындату үшін жеткілікті.



3.5- сурет. BreezeMAX базалық станциясының жалпы архитектурасы.

Негізгі функционалдық модулдер 6U-слоттарда орнатылады. Олардың екі түрі бар- желілік өңдеудің модулдері және қатынау құрылғысының модулдері. Осы құрылғылар барлық қызметті атқарады. Жердегі желіні жалғастарушы желілік өңдеудің құрылғысы басқарушы функциясын атқарады.

Желілік өңдеудің модулдері(NPU) базалық станция жабдығының барлық компоненттерін және БС қызмет көрсететін абоненттік құрылғыларды басқарады. NPU қатынау құрылғысының модулдерінің трафигін біріктіріп, оны бөлінген Gigabit/Fast Ethernet арқылы IP-магистралге жібереді. Деректердің және басқарудың Ethernet-ағыны жеке құрылады. NPU- БС модулдерін, AU басқару мен диагностикасын, қуат көздерінің жағдайына мониторинг, желдеткіштер модулін басқару мен резервтеу үшін артық модулдің болуын қоса алғандағы жалпы басқаруды, жүзеге асырады. Ол қамтамасыз етеді:

- CLI командалық жолдың интерфейсі, программаны тиеуді қоса алғандағы, SMMP протоколы арқылы жергілікті және қашықтан басқаруды;

- өнімділікті басқару және ақауларды анықтау, сыртқы ақаулар мен ішкі құрылғылардың ақауларын қоса алғандағы ақаулар туралы ескертпелерді басқаруды;

- БС, сондай-ақ барлық AU модулдерді жер серіктік навигациялық жүйелер арқылы немесе ішкі генератордың сағаты арқылы, синхрондауды;

- қауіпсіздік функциясын: өткізгіштік қабілетін шектеу, басқаруға қатынау тізімін және басқалары.

NPU-модулі екі режимде жұмыс істей алады- ашық және ASN-шлюз режимінде. Режиміне қарай, деректер ағыны мен ашық басқару NPU арқылы жіберіледі немесе жекелеген жағдайларда осы құрылғымен инициацияланады/.

Ашық режимде орталықтандырылған ASN-шлюз пайдаланылады, онда барлық трафик Gigabit/Fast Ethernet арқылы жіберіледі. Содан басқа, ашық режимде NPU БС каскадты қосуды, трафикті MAC-деңгейде коммутациялауды, ішкі және сыртқы трафиктер үшін VLAN- инкапсуляциясын, QoS сәйкес дестелерді маркерлеулі қамтамасыз етеді.

NPU ASN-шлюз режимінде, аталған міндеттерден басқа, қатынау желісінің шлюздері қолданылады, атап айтқанда:

- аутентификация;
- AAA RADIUS-сервер клиенті;
- биллингтің AAA клиенті;
- абоненттік станцияларды қосу саясатының профилдерін сақтау;
- QoS сервистік ағындарын авторлау;
- GRE инкапсулдау;
- IP- in- IP инкапсулдау/ декапсулдау;
- берілетін дестелердің тақырыптарын қысу;
- DHCP-сервер;
- хэндовер;
- дестелерді бөлу/ жинақтау;
- R4, R6, R3 интерфейстерін жүзеге асыру.

Себетке NPU екі модуліне дейін орнатылады. Оларды резервтеуге болады-модулдердің бірі жетекші (Master)болып, ал екіншісі жетектегі (Slave)болып тағайындалады.

Master –модуль істен шыққанда Slave оның функциясын өзіне алады.

NU модулері қатынау құрылғыларының барлық слоттарымен Fast Ethernet арналары арқылы жалғасқан. Бұл жеті арна «жұлдызша» топологиясы бойынша біріккен, оның ортасында – MAC-деңгейлі NPU коммутаторы орналасқан. NPU желілік процессоры де осы коммутаторға GB Ethernet арнасы арқылы қосылған. Егер резервтік NPU қолданылса, біріктіретін шинаның «қос жұлдызша» топологиясы болады. Бұл әрбір NPU деректерді бір-біріне қатыссыз алуына мүмкіндік береді.

Әрбір NPU синхрондау портымен жабдықталған. Уақытша мультиплекстеуі бар кез келген технологиядағы сияқты, WiMAX желілері үшін желідегі қабылдау-беру жабдықтарының барлығының синхрондалуы қажет. Абоненттік құрылғылар БС кадрлардың преамбулаларындағы синхрондалатын арнайы тізбектер арқылы синхрондалады. Базалық станциялар желінің аясында синхрондаудың сыртқы көзі арқылы ғана синхрондалады. Бұндай платформа ретінде BreezeMAX 4Motion жер серіктік навигациялық GPS жүйесінің сигналдары қолданылады. GPS-қабылдағыштар NPU ұзындығы 100 м. кабелдер бойынша RS-422 интерфейс арқылы қосылады.

Қатынау құрылғысы (AU) ішкі (IDU) және сыртқы (ODU) модулдерден тұрады. Ішкі модуль (IDU) ASN-профилімен C сәйкестікте жүзеге асырылған. Ол радиожелідегі жұмыстың қажетті функцияларын IEEE 802.16е стандартына және WiMAX –спецификасына сәйкес қамтамасыз етеді. IDU қабылдау-берудің кеңістікті-уақыттық таралуын, адаптивті антенналық жүйелермен жұмысты, арнаның енін икемді баптауды (20МГц дейін), қосылыстарды басқаруды (желіге қосылу, сәйкестіктің негізгі келісімі, аутентификация мен тіркеу, басқару), жоспарлауды (жеткізілетін деректердің барлық типі үшін ықтималды жолақтарды бөлуді есептеу), фреймдерді қалыптастыруды, хэндоверді басқаруды, абоненттік және базалық станциялардағы берілістің қуаттылығын басқару және бақылауды жүзеге асырады.

Бұл құрылғы аутентификация мен трафикті шифрлау, аутентификациялық сұратуды жіберу, қауіпсіздік кілттерін алу сияқты қауіпсіздік және қатынауды бақылау функцияларын орындайды. Қатынау құрылғысы R1, R6 және R8 интерфейстерін қолдайды. Бір AR 521 абоненттік станциялармен жұмыс істей алады.

BC бір себетінде қатынаудың алты құрылғысы, - сәйкесінше, BC алты секторына дейін болу мүмкін. Жетінші слот резервтік IDU үшін қолданылады.

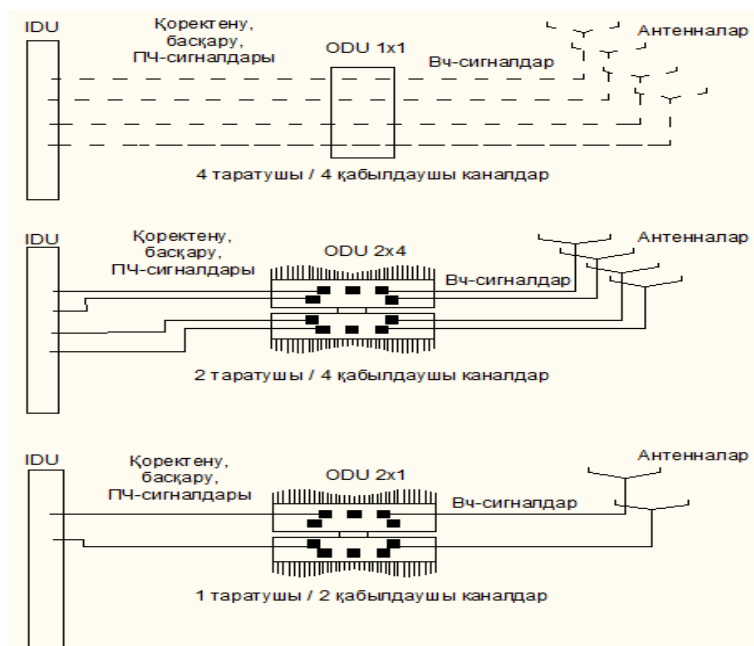
IDU үшін сыртқа шығатын сигнал Fast Ethernet арнасы бойынша NPU ерілетін MAC-деңгейдің ағыны болып табылады. Қатынау құрылғысы оны IEEE 802.16 стандартына сәйкес физикалық деңгейдің ағынына түрлендіріп, шығатын сигналды аралық жиілікте 240 МГц (ПЧ) қалыптастырады. Радиожеліден деректерді IDU қабылдағанда сол ВЧ –арнасы бойымен ПЧ 140МГц түседі, оны IDU MAC-деңгейлі ағынға түрлендіреді.

Әрбір IDU сыртқы модулдермен ODU жалғануына арналған қос бағытталған ПЧ төрт арнасы болады. Бұл MIMO технологиясын жүзеге асыруға және антенналық жүйенің бағыттылық диаграммасын құруға мүмкіндік береді. ПЧ сигналдардан басқа бұл кабелде 14МГц жиілікте бақылау мен басқарудың қос бағытты қызметтік арнасы ұйымдастырылған. ВЧ-кабелі бойынша қоректендіру кернеуі (48В) мен 64МГц сағаттарды синхрондау сигналдары беріледі. Сигналдарды коаксиалды кабель бойынша берудің арқасында аралық жиілікте қатынау құрылғысының ішкі және сыртқы блоктарын 150м таратуға болады. Бұл жабдықты кез келген жағдайда орнатып, іске қосуға мүмкіндік береді.

AU сыртқы блогы-бұл толықтай дуплексті, шығатын қуаты өте жоғары (5Вт дейін) болатын, көп арналы радиомодуль. Ол 2,3; 2,5; 3,5; 3,6 және 3,8 ГГц диапазондарда жұмыс істей алады. Барлық ODU уақытша дуплекстеу қолданылады. Радиоблогтың антеннасымен ұзындығы 1,5 м дейінгі жоғары жиіліктегі кабелмен жалғанады (LMR-400 кабелі үшін, кабелдің ұзындығы төменгі сөнуі бар кабелдерді пайдаланғанда, ұзартыла алады).

ODU үш түрде орындалатын моноблок түрінде шығарылады- бір қабылдағыш/бір таратқыш (1x1), екі қабылдағыш/бір таратқыш (2x1) және төрт қабылдағыш/екі таратқыш (4x2).

ODU- IDU қосудың түрлі нұсқалары болуы мүмкі. Сонымен, бір IDU төрт ODU 1x1 (4 тарату x 4 қабылдайтын арна жүзеге асырылады) немесе бір ODU 2x4 (2 тарату x 4 қабылдайтын арна) қосыла алады (3.6 сурет).



3.6- сурет. Сыртқы қол жеткізу құрылғыларының радиоблоктарын қосу

3.3 ASN-шлюздер

BreezeMAX 4Motion жүйесі ASN-шлюздердің екі түрімен жүзеге асырылуы мүмкін: таратылған және орталықтандырылған. Таратылған үлгіде ASN-шлюздердің қызметі БС құрамындағы құрылғыны іске қосады (желілік өңдеу құрылғысының модулі NPU). Бұндай шешім ең алдымен шағын көлемдегі желілерге арналған: абоненттердің саны 3 мыңнан аспайды және бір ASN-шлюзге 200Мбит/с келеді. Желідегі абоненттер санын WiMAX-желідегі таратылған ASN GW санын арттыру арқылы, көбейтуге болады. Бұл желіні біртіндеп ұлғайтуға мүмкіндік береді. Орталықтандырылған ASN-шлюз жүздеген базалық станциялары бар және желінің ішіндегі абоненттер саны ондаған мыңға жететін үлкен көлемдегі желілерге арналған. Бұндай шешім 7600 сериялы Cisco компаниясының операторлық класының маршрутизаторларында жүзеге асырылады.

Орталықтандырылған ASN-шлюзді қолдану желінің көлемін ұлғайтуға мүмкіндік береді. Cisco жабдығы SAMI blade-архитектурасының модулі бойынша құрылады. Бір SAMI-модуль жинақты өткізгіштік қабілеті 5 Гбит/с дейінгі 100 мың. абонентті қосуға мүмкіндік береді. Себеттегі SAMI blade-модулдерінің барлығы алтыға дейін жетеді, бұл 600 мың абонент және абоненттерден агрегатталған 30 Гбит/с трафик.

3.4 Радио қамту аймағын бағалау

Радио интерфейстегі айырмашылықтар радио қамту аймағына қалай әсер ететіні туралы зерттеулер жүргізейік. Конфигурация үшін екі жүйеге арналған радио қамту аймағын талдау жүргізілді: үш секторлы таратылған базалық станция, абоненттік терминал-компьютер (PCMCIA картасы). Салыстыру үшін бастапқы деректер 2.2-кестеде келтірілген.

Кесте 2.2 – LTE және WiMax жүйелерін салыстыруға арналған бастапқы деректер

Параметрлер	LTE	WiMax
Стандарты	3GPP Release 8	IEEE 802.16e
Дуплексті режим	TDD	TDD
Жиілік диапазоны	2,4 ГГц	2,4 ГГц
TDD, DL / UL қатынасы	1:01	3:02
Жүйелік жолағы	15 МГц	15 МГц
Жиіліктерді қайта пайдалану	1	3
BTS секторларының саны	3	3
Секторға жолақ	15 МГц	5 МГц
Төмен сызықтағы MIMO схемасы	2x2	2x2
Жоғары сызықтағы MIMO схемасы	Аралық қабылдау	Аралық қабылдау
Базалық станция антеннасының биіктігі	25 м	25 м
UE биіктігі	1,5 м	1,5 м
Қызмет	Деректерді беру	Деректерді беру

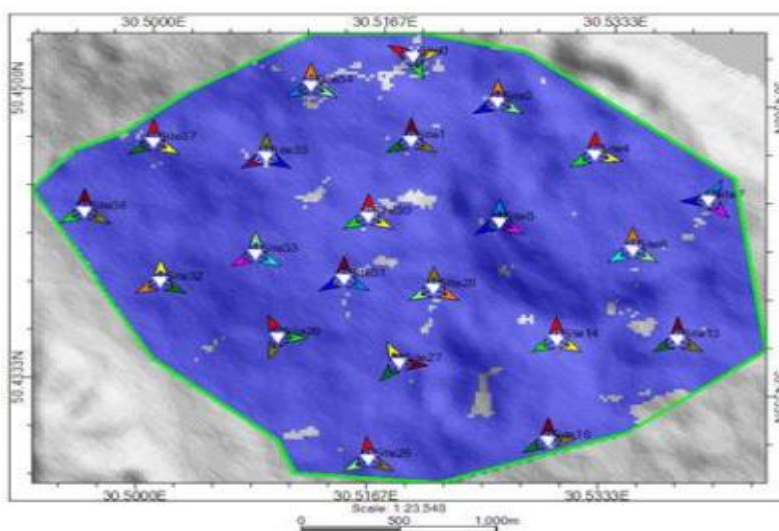
Радио қамту аймақтарын талдау үшін алдымен энергетикалық бюджетті немесе MAPL (maximum Allowable path Loss) желісіндегі максималды рұқсат етілген шығындар деңгейін есептеңіз. LTE үшін де, WiMax үшін де (UE таратқыштары мен ~ 20 дБ базалық станциясының үлкен теңгерімсіздігіне байланысты) байланыс диапазонындағы шектеу сызығы көп жағдайда жоғары сызық болып табылады, сондықтан mapl есептеу жоғары сызық үшін жасалады. Энергетикалық бюджет UE үшін ұяшықтың шекарасында және максималды қуатта сигнал шығарады. Есептеу нәтижелері 2.3-кестеде келтірілген.

TD-LTE жүйесіндегі MAPLE WiMax жүйесімен салыстырғанда 5,6 дБ-ға үлкен, яғни TD-LTE жақсы радио қамтуды қамтамасыз етеді. Радиожоспарлау

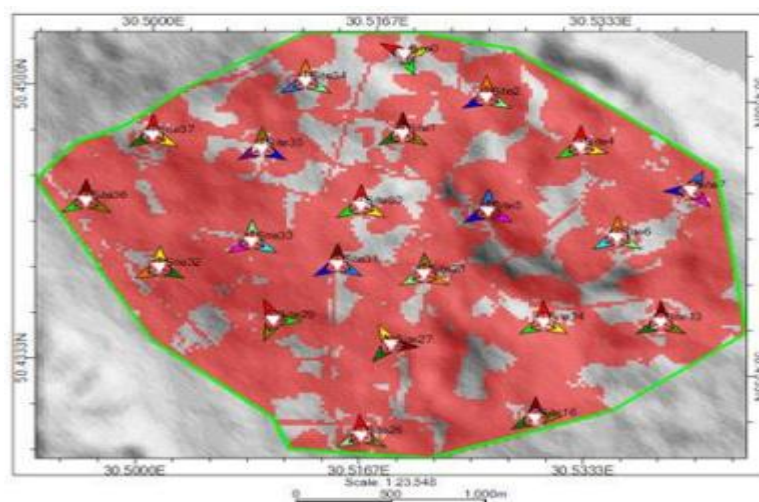
кез-келген қаласының 7,6 км² фрагменті үшін ATOLL "A9955" бағдарламасының көмегімен орындалды.

Басында LTE жүйесі үшін радио жоспарлау жүргізілді, базалық станцияларды орнату орындары таңдалды және радио қамту есептелді. Радио жоспарлау нәтижесі: 22 базалық станция 7,6 км²-ден 7,5-ті жабады (2.8-сурет).

Содан кейін сол 22 позицияда WiMax базалық станциялары орнатылып, радиоқабылдағыш тексерілді: нәтиже-радиоқабылдау алаңы 77% - ға дейін қысқарды (3.7-сурет).



3.7-сурет – LTE радио қамту аймағы



3.8-сурет – WiMAX радио қамту аймағы

Екі жүйеге арналған радио қамту статистикасы 2.4-кестеде келтірілген.

Кесте 2.4 – радио қамту статистикасы

Жүйе	Аумақ	Фокустық аймақ
■ TD-LTE	7,49 кв. км	98,50%
■ WiMax	5,85 кв. км.	77%

4 Базалық және релелік станциялардың негізгі параметрлерін есептеу

4.1 БС абоненттеріне қызмет көрсету үшін жиілік арналарын есептеу

Бір сектордағы абоненттерге қызмет көрсету үшін пайдаланылатын жиілік арналарының саны осы формула бойынша анықталады:

$$n_s = \text{int} \left(\frac{n_k}{c \cdot n_s} \right) \quad (4.1)$$

$$n_s = \text{int} \left(\frac{128}{4} \cdot 3 \right) =$$

мұндағы n_s – секторлар саны.

4.2 БС рұқсат етілген жүктемесін есептеу

Бір сектордағы рұқсат етілген жүктеме мына қатынаспен анықталады:

$$A = n_0 \left[1 - \sqrt{1 - \left(P_B \sqrt{\pi \cdot \frac{n_0}{2}} \right) \frac{1}{n_0}} \right] \quad (4.2)$$

мынадай жағдай болса:

$$P_B \leq \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot n_0}} \quad (4.3)$$

мұнда, $n_0 = n_s \cdot n_a$;

n_a – бір жиілікті радиоарнаны бір уақытта пайдалана алатын абоненттер саны. Бұл жағдайда мән $n_a=1$, өйткені аналогтық стандарт қолданылады.

$$\sqrt{\frac{2}{\pi \cdot 10}} = 0,252$$

Радикалды өрнек P_B мәнінен үлкен, өйткені $0,11 < 0,252$.

$$A = 10 \left[1 - \sqrt{1 - \left(0,11 \sqrt{\pi \cdot \frac{10}{2}} \right) \frac{1}{10}} \right] = 7,117 \text{ Эрл}$$

4.3 Бір БС және РС қызмет көрсететін абоненттер санын есептеу

Ең жоғары сағаттағы бір абоненттің берілген әрекеті үшін формула арқылы бір БС қызмет көрсететін абоненттер санын есептей аласыз.

$$N_{aBTS} = N_{aRS} = \text{int} \left(N_a / N_{BTS} \right),$$
$$N_{aBTS} = N_{aRS} = \text{int} \left(7,17 / 0,026 \right) \cdot 3 = 828 \quad (4.4)$$

4.4 БС санын есептеу

Берілген аумақтағы базалық станциялардың қажетті саны қызмет көрсету коэффициентімен анықталады:

$$N_{BTS} = \text{int} \left(N_a / N_{BTS} \right), \quad (4.5)$$
$$N_{aBTS} = \text{int} (3600 / 828) = 13$$

мұндағы N_a – ұялы желі қызмет көрсететін абоненттердің берілген саны.

4.5 БС қызмет көрсету аймағының радиусын есептеу

Радиус мәнін өрнек арқылы анықтауға болады:

$$R = \sqrt{1,21 \frac{s_0}{N_{BTS} \cdot \pi}}, \quad (4.6)$$
$$R = \sqrt{1,21 \frac{280}{43 \cdot \pi}} = 1,584 \text{ км}$$

4.6 WiMax үшін тарату кезінде әлсіреуді есептеу

Біз базалық станцияның антеннасы (BS) мен мобильді абоненттік (as) станция арасындағы байланыс ауқымын есептейміз. AS және BS нүктелері арасындағы күтілетін байланыс ауқымын бағалаңыз.

Есептеуді Стэнфорд университеті әзірлеген Эрсега [12] моделі бойынша жүргізетін боламыз, бұл модель 2-2, 5 ГГц үшін жиналған көптеген

эксперименттік мәліметтерге негізделген. IEEE 802.16 тобы мобильді кең жолақты қосымшалар үшін ұсынылған модель ретінде қабылдаған модельде рельеф түріне негізделген үш нұсқа бар:

1 Модельseg A моделі орташа және жоғары ағаш тығыздығы бар таулы жерлерге қолданылады;

2 Модельseg B моделі ағаш тығыздығы аз таулы жерлерге немесе орташа және жоғары ағаш тығыздығы бар жазық жерлерге қолданылады;

3 Модельseg C моделі ағаш тығыздығы аз жазық жерге қолданылады.

Бұл жағдайда модельsega V моделі ең қолайлы болып табылады.

Факторларды ескере отырып таралу шығындарының негізгі теңдеуі:

$$PL = H + 10\gamma \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_f + X_h + s \text{ үшін } d > d_0 \quad (4.7)$$

$d > d_0$ үшін d - қабылдағыш пен таратқыш арасындағы бұл қашықтық м., $d_0 = 100$ м және H ретінде анықталады:

$$H = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right) \quad (4.8)$$

мұндағы λ -толқын ұзындығы, ал γ -рельефтің әр түрі үшін Гаусстың кездейсоқ шамасы, оны келесідей жазуға болады:

$$\gamma = (e - gh_b + \frac{k}{h_b} + x\sigma_\sigma) \quad (4.9)$$

h_b – базалық станция антеннасының аспалы биіктігі метрмен,

σ_γ - шаманың стандартты ауытқуы,

x -кездейсоқ Гаусс шамасының нөлдік математикалық күтуі,

e, g, k, σ_γ - рельефтің әр түрі үшін алынған тұрақтылар

S - бір терминалдан екіншісіне кездейсоқ өзгертін көлеңкелі қату компоненті, берілген Гаусс шамасы келесідей анықталады:

$$s = \gamma\sigma \quad (4.10)$$

$$\sigma = \mu_\sigma + z\sigma_\sigma \quad (4.11)$$

σ стандартты ауытқу болып табылады s , математикалық күтуді білдіреді σ және стандартты ауытқу болып табылады σ .

Бұл шамалар рельефтің әр түрі үшін алынады.

Эрseg, A, B, C модельдерінің параметрлері және әр түрлі рельефтік санаттар үшін 4.1 кестеде келтірілген [2]. Тек орташа шығынды болжайтын хат үлгісінен айырмашылығы, модель seg моделі орташа шығынды да, көлеңкелі сөнуді де, гаусстың кездейсоқ шамасын нөлдік математикалық күтуді қамтиды. Негізгі модель жоғары жиіліктерде, MS антеннасының өзгермелі биіктігінде,

сондай-ақ фокуста қамту үшін түзету коэффициенттерімен кеңейтілді. Моделиseg моделінің жетілдірілген нұсқалары келесі параметрлер шегінде жарамды:

- $1900 \text{ MHz} \leq f \leq 3500 \text{ MHz}$
- $10 \text{ m} \leq h_b \leq 80 \text{ m}$
- $2 \text{ m} \leq h_r \leq 10 \text{ m}$
- $0.1 \text{ km} \leq d \leq 8 \text{ km}$

Кесте 4.1 – Эрсега моделінің параметрлері

Параметрлері	Эрсега А моделі	Эрсега В моделі	Эрсега С моделі
e	4,6	4,0	3.6
g (m-1)	0.0075	0.0065	0.005
k (m)	12.6	17.1	20
σ_U	0.57	0.75	0.59
$\mu\sigma$	10.6	9.6	8.2
$\sigma\sigma$	2.3	3.0	1.6

4.7 Cost-231 Nata үлгісімен NLOS шарттарын модельдеу

COST 231-Nata моделін Могенсен Okamura және Хата үлгілерін 1,5-тен 2 ГГц жиілік диапазонына дейін кеңейтуді ұсынды. Бұл диапазонда аталған үлгілерді пайдалану сигналдың әлсіреуін бағаламауға әкеледі.

COST 231-Nata моделі 1,5-тен 2 ГГц-ке дейінгі диапазондағы тасымалдаушы жиіліктерге, базалық станция антеннасының биіктігі 30-дан 200 м-ге дейін, жылжымалы станция антеннасының биіктігі 1-ден 10 м-ге дейін және олардың арасындағы қашықтық 1-ден 20 км-ге дейін жарамды.

Ресми түрде Okamura, Nata және COST 231-Nata үлгілері 30 м-ден асатын базалық станция антеннасының биіктігі үшін ғана пайдаланылуы мүмкін, бірақ көрші ғимараттар антеннадан айтарлықтай төмен болған жағдайда оларды төменгі биіктіктер үшін де пайдалануға болады. COST 231-Nata үлгісі жылжымалы және базалық станциялар арасындағы қашықтық 1 км-ден аз болған кезде сигналдың әлсіреуін бағалауға жарамайды. Бұл жағдайда әлсіреу сигнал таралатын аймақтың топографиясына өте тәуелді. Бұл модель сонымен қатар биік ғимараттары (көше шатқалдары деп аталатын) көшелер бойымен сигналдың таралуын бағалау үшін пайдаланыла алмайды.

Қаладағы тас жолдағы негізгі шығын формуласы:

$$L_u = 46.3 + 33.9 \lg f - 13.821 \lg h_b - \alpha h_m + (44.9 + 6.55 \cdot \lg h_b) \cdot \lg d + c_m \quad (4.12)$$

Осыдан

$$\alpha h_m = (1.1lgf - 0.7)h_m - (1.56lgf - 0.8) \quad (4.13)$$

$c_m = 0$ дБ орташа ағаштар тығыздығы орташа қалалар мен қала маңындағы аудандар үшін.

f – ГГц жиілігі;

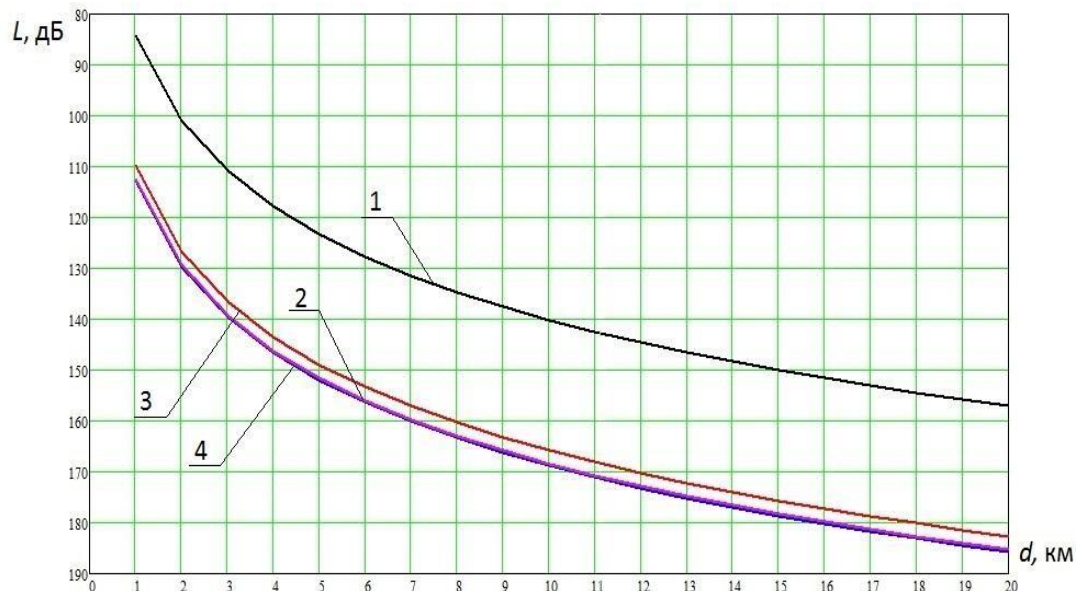
h_p – 3-15 км шегінде талданатын бағыт бағытында рельефтің орташа биіктігінен асатын базалық станция антеннасының биіктігі (метрмен)

αh_m – түзету коэффициенті;

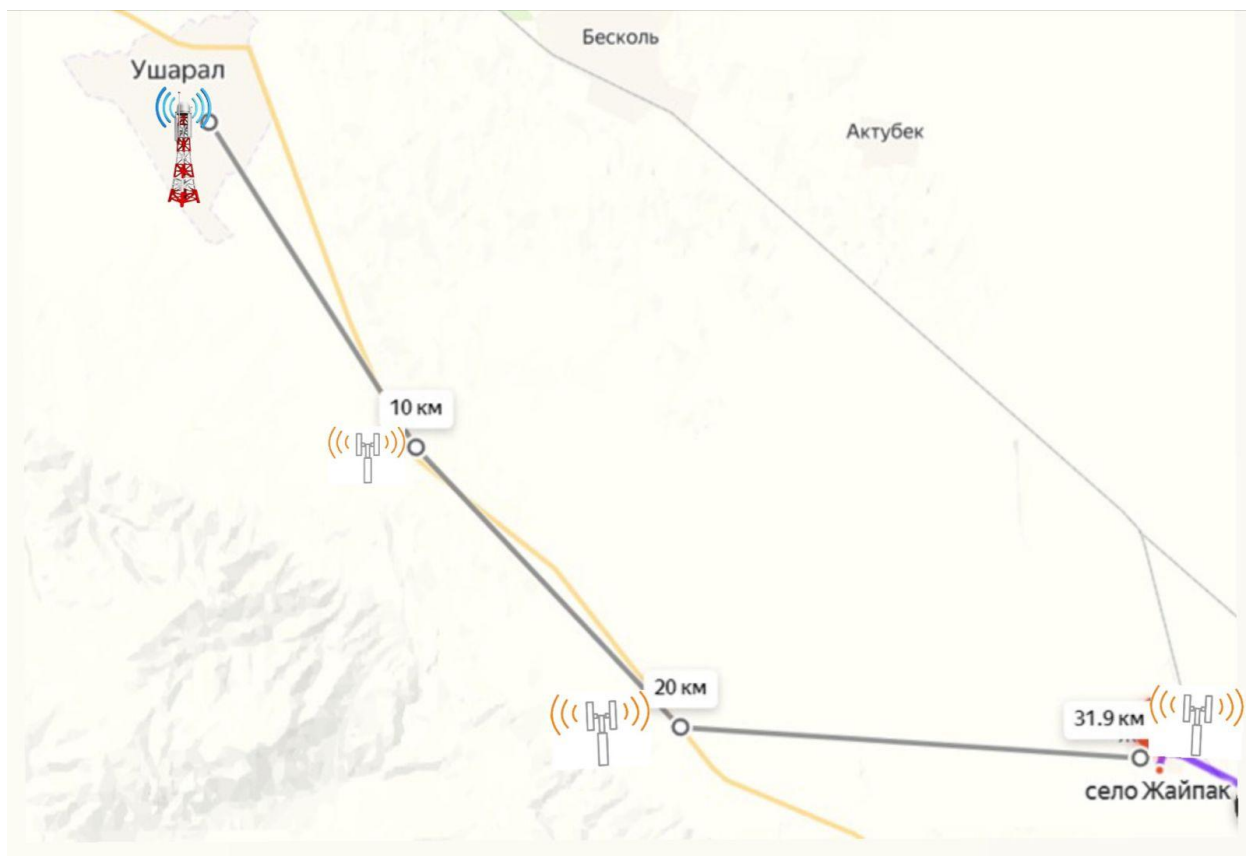
d – таратқыштан қабылдағышқа дейінгі қашықтық, км.

Басқа айнымалылар Nata үлгісіндегідей. Ауылдық квази-ашық және ашық аумақтар үшін дәл осындай түзетулер мұнда қолданылады. Қала маңындағы аймақтарға арналған түзетулер қолданылмайды.

1-сурет (3-ші және 4-ші қисықтар) COST 231-Nata үлгісі үшін орташа қалалар мен қалалық орталықтар үшін сигналдың әлсіреуінің қашықтыққа тәуелділігін көрсетеді.



1-сурет – COST 231-Nata үлгісі орташа қалалар мен қала маңындағы аудандарға арналған



4.1-сурет – Қала аралық IEEE 802.16 стандартындағы ретрансляция жолдары

ҚОРЫТЫНДЫ

«WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндігін талдау» бітіру жұмысының тақырыбы бүгінгі таңда байланыс тиімділігі тұрғысынан өте өзекті болып табылады, өйткені телекоммуникациялық нарықтың қарқынды дамуы мультимедиялық деректердің үлкен көлемін беруді қамтамасыз етуге қабілетті жаңа технологияларды енгізуді талап етеді. Осыған байланысты бітіру жұмысында 4-ші буын WiMax және LTE технологиялары қарастырылған. Теориялық тұрғыдан екі технологияға салыстырмалы талдау жасалды, байланыстың тиімділігін бағалауға болатын келесі есептеулер жасалды:

- тарату шығындары есептелді және WiMax технологиялары үшін сыйымдылықты эрсега мен LTE – COST 231 таратудың жаңа моделі бойынша бағалау жүргізілді;

- радиобайланыс, байланыс ауқымы тұрғысынан бағалау жүргізілді;

- осы жүйелердің техникалық принциптері қарастырылып, салыстырылды.

Есептеу нәтижелері бойынша байланыс тиімділігі тұрғысынан LTE технологиясына артықшылық беріледі деген қорытындыға келді, өйткені радио қамту аймақтарының сипаттамалары мен LTE желісінің сыйымдылық параметрлері WiMax технологиясының ұқсас сипаттамаларына қарағанда әлдеқайда жақсы.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ghosh A, Wolter D.R., Andrews J.G. and Chen R. Broadband wireless access with Wi- Max/802.16: current performance benchmarks and future potential // IEEE Commun. Mag. 2005. Vol. 43, Iss. 2. P. 129- 136.
2. Vaughan-Nichols S.J. Achieving wireless broadband with WiMax // Computer. 2004. Vol. 37, Iss. 6. P. 10-13.
3. Системы радиосвязи и сети телерадиовещания. Курс лекций, компьютерные лабораторные работы, компьютерный практикум, задание на самостоятельную работу. — Изд. перераб. и доп. [Электронный ресурс] / А. М. Голиков. — Томск: ТУСУР, 2018. — 354 с.
4. Вишневский В. М., Беспроводные сети широкополосного доступа к ресурсам интернета. - Электросвязь, 2010, с. 943.
5. Вишневский В., Портной С., Шахнович И. Энциклопедия WiMAX путь к 4G – М.: Техносфера, 2009.
6. Iyer, A.P. & Iyer, J. (2009) 'Handling Mobility across WiFi and WiMAX', Proceedings of the 2009 International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing: Connecting the World Wirelessly. New York, NY, USA, pp.537-541.
7. Arlene. (2012) WiMax and WiFi was developed to replace or coexist with each other. Available at: <http://network.chinabyte.com/177/12438177.shtml> (Accessed: 23 July 2014).
8. Charles. (2011) Wireless access technology - WiFi and WiMAX. Available at: <http://network.chinabyte.com/222/12223722.shtml> (Accessed: 5 July 2014).
9. Cheng, Z. (2012) Said that in 2016 China WiFi home users will reach 110 million. Available at: <http://info.tele.hc360.com/2012/04/060957380441.shtml> (Accessed: 5 August 2014)
10. Niyato, D. & Hossain,E. (2007) 'Integration of IEEE 802.11 WLANs with IEEE 802.16-Based Multihop Infrastructure Mesh/Relay Networks: A Game-Theoretic Approach to Radio Resource Management', Network, IEEE, 21(3), pp.6-14. International Journal of Computer Networks & Communications(IJCNC) Vol.6, No.6, November 2014
11. Pareit, D., Lannoo, B., Moerman, I., & Demeester, P. (2012) 'The History of WiMAX: A Complete Survey of the Evolution in Certification and Standardization for IEEE 802.16 and WiMAX', Communications Surveys & Tutorials, IEEE 14(4), pp.1183-211.
12. EEFOCUS. (2007) WiMAX technical standards and networking technology. Available at: <http://www.eefocus.com/html/07-06/19872s.shtml> (Accessed: 10 July 2014) Ehtisham, F., Panaousis, E. A., & Politis, C. (2011). Performance Evaluation of Secure Video Transmission over WiMAX, International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), 3(6), pp.133-144.
13. Gumaidah, B. F., Soliman, H. H., & Obayya, M. (2012). Study the Effect of Base Frequency on the Performance of WiMAX Network Carrying Voice,

International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), 4(4), pp.77-88.

Дипломдық жұмысқа
РЕЦЕНЗИЯ

Туякпай Дамир Еркінұлы

6B06201 Телекоммуникация

Тақырыбына: «WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын
ұлғайту мүмкіндігін талдау»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 18 парақ;
б) түсініктеме 40 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

«WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндігін талдау» тақырыбындағы дипломдық жұмыс сымсыз технологиялар және WiMAX желілерін қамту аймағын кеңейту саласындағы маңызды зерттеу болып табылады. Жұмыс авторлары WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағына әсер ететін әртүрлі аспектілерге талдау жасайды және оны ұлғайту әдістерін ұсынады.

Бұл жұмыстың басты артықшылықтарының бірі оның сымсыз желілерді дамыту және шалғай немесе нашар жарықтандырылған аудандарда интернеттің қолжетімділігін арттыру контекстіндегі өзектілігі болып табылады. WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту жоғары жылдамдықты Интернетке қол жетімділікті кеңейту және осындай аудандардағы байланысты жақсарту үшін үлкен маңызға ие.

Сонымен қатар, дипломдық жұмыс WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту бойынша практикалық ұсыныстар береді. Бұған антенналардың оңтайлы орналасуы мен конфигурациясын таңдау, сигнал параметрлерін оңтайландыру және деректерді беру тиімділігін арттыру технологияларын қолдану бойынша ұсыныстар кіреді.

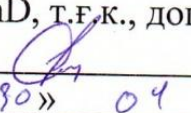
Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жұмысқа «өте жақсы» (90%) деген баға, ал студент Туякпай Дамир Еркінұлын 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар бакалавры» дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Рецензент:

Ғ.Дәукеев атындағы АЭЖБ университеті,
PhD, т.ғ.к., доцент

 М.М. Ермекбаев
« 30 » 04 2024 ж.

Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю

Персоналды басқару жөніндегі бөлім
Отдел по управлению персоналом

Қызметі
« 29 » 05 2024



Ғылыми жетекшінің пікірі

Дипломдық жұмыс

Туякпай Дамир Еркінұлы

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын
ұлғайту мүмкіндігін талдау»

Бұл дипломдық жұмыстың тақырыбы өзекті болып келеді, өйткені бұл дипломдық жұмыста WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын радиорелелік станциялар арқылы ұлғайту мүмкіндігі қарастырылған.

Бастапқы тарауларда WiMax және LTE технологияларының жұмысының теориялық мәселелері қарастырылып, салыстырмалы талдаулар жүргізілген. Сонымен қатар базалық және релелік станциялар үшін жабдықтарды таңдау жүргізілген. WiMAX желісінің негізгі моделі және ASN қатынау желісінің логикалық моделі көрсетілген. Бұл дипломдық жұмыста OFDM модуляциясы және IEEE 802.16 стандарты қолданылған. WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын кеңейтетін радиорелелік желіні ұйымдастырудың құрылымдық сұлбасы көрсетілген.

Есептеу бөлімінде Бір БС және РС қызмет көрсететін абоненттер санын есептелген. Сонымен қатар есептеу бөлімінде Cost-231 Nata үлгісімен NLOS шарттарын модельдеу қарастырылған.

Жұмысты жасау барысында дипломант өзінің тиынақты көрсете алды. Жалпы жұмыстың мәтіндік және графикалық материалдардың құрылуы, баяндалуы, рәсімделуі және мазмұнына қойылатын жалпы талаптар Мем СТ сай орындалған.

Дипломдық жұмыс 90/А/«өте жақсы» деген бағаға орындалған, ал дипломант, Туякпай Дамир 6B06201 «Телекоммуникация» мамандығы бойынша техника және технология бакалавры деген академиялық дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

Ғылыми жетекші

ЭТЖТ кафедрасының аға оқытушысы

Н.А. Джунусов

HR Қызметі қолы

« 30 » 04 2024 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Туякпай Дамир Еркінұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндігін талдау

Научный руководитель: Нуридин Джунусов

Коэффициент Подобия 1: 9.4

Коэффициент Подобия 2: 2.8

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 8

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

29.05.2024.
Дата

 Маркелова С.
проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Туякпай Дамир Еркінұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндігін талдау

Научный руководитель: Нуридин Джунусов

Коэффициент Подобия 1: 9.4

Коэффициент Подобия 2: 2.8

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 8

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

29.05.2024
Дата

Заведующий кафедрой



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Туякпай Дамир Еркінұлы

Тақырыбы: WiMAX базалық станциясының қызмет көрсету аймағын ұлғайту мүмкіндігін талдау

Жетекшісі: Нуридин Джунусов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 9.4

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.8

Дәйексөз (35): 1.1

Әріптерді ауыстыру: 8

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

19.05.2024
Күні

Кафедра меңгерушісі

