ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Бижанов Мадияр Айқынбердіұлы

Шымкент қаласында 5G байланыс желісін ұйымдастыру

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5В071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.канд.
_____Е.Таштай
«____» _____2019 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Шымкент қаласында 5G байланыс желісін ұйымдастыру»

5В071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы

Орындаған: Бижанов М.А.

Пікір беруші
АУЭС ТКСС каф.доценті,
тех.ғыл.канд.
(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)
_____ Касимов А.О.
(қолы)
«___»_____2019 ж.

Ғылыми жетекші
ЭТжКТ кафедрасының
тьюторы,
техн.ғыл.магистры
_____ А.Боранбаева
«____» _____ 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

БЕКІТЕМІН
Кафедра меңгерушісі,
техн.ғыл.канд.
_____Е.Таштай
«____» _____2018 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы *Бижанов Мадияр Айқынбердіұлы*

Тақырыбы *«Шымкент қаласында 5G байланыс желісін ұйымдастыру»*

Университет ректорының «*16» қазан 2018 ж. № 1162-б бұйрығымен бекітілген.*

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі "25" сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

WiMAX жүйесі, 4G-дегі OFDMA және SC-FDMA технологиялары; 4G-дегі модуляция түрлері, OFDM модуляциясы, базалық станциялар, 2.4, 3.5 және 5.6 ГГц диапазонындағы жиіліктік жолақтар.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) WiFi сымсыз желілерін ұйымдастру;

ә) LTE, WiMAX технологиясын талдау;

б) Базалық станциялардың қамту аймағын есептеу;

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдары 11 слайдта көрсетілген: 1. Multipass таратуымен OFDM символын өңдеу; 2. Мүмкін WiMAX желісінің топологиялары; 3. OFDM әдісін іске асыру

1 Ұсынылатын негізгі әдебиет атау: *1.В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, В.И. Дмитриев. Системы мобильной связи /СПб ГУТ. – СПб,1999. – 330с. 2 Карташевский В.Г. и др. Сети подвижной связи. – М.: ЭКО–ТРЕНДЗ, 2001.3 Печаткин А. В. Системы мобильной связи. Часть 1. – Рыбинск: РГАТА, 2008.*

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Теориялық бөлім	20.01.2019 - 01.03.2019	орындалды
4G желісін құру үшін пайдаланылатын жабдықтың сипаттамасы	02.03.2019 - 02.04.2019	орындалды
Есептеу бөлімі	01.04.2019 – 15.04.2019	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
Теориялық бөлім	А.Боранбаева, ЭТжҒТ каф.тьюторы		
4G желісін құру үшін пайдаланылатын жабдықтың сипаттамасы	А.Боранбаева, ЭТжҒТ каф.тьюторы		
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТжҒТ каф.сениор-лекторы Тайсариева К.Н.		

Ғылыми жетекшісі _____ А.Боранбаева

(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____М.Бижанов

Күні “___” _____ 2019 ж.

АҢДАТПА

Берілген дипломдық жұмыста Оңтүстік Қазақстан облысы Шымкент қаласында замануи 5G байланыс желілерінің жобалануы қарастырылған.

Әр түрлі бағытталған желілердің қашықтығы, негізгі станцияның қамту аймағы сияқты есептеулері жасалған, желі сыймдылығының бағасы есептелген. LTE қондырғыларын орналастыруға арналған қолданыстағы негізгі станциялар таңдалған.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе расмотрено проектирование сети связи нового поколения 5G в городе Шымкент Южно-Казахстанской области.

Были произведены такие расчёты, как дальность связи в разных типах направлениях, зона покрытия базовой станции, были произведены оценки ёмкости сети. Были выбраны существующие базовые станции для размещения оборудования LTE.

ANNOTATION

In this thesis work, the communication network of the new generation 5G in the sity Shymkent of South-Kazakhstan has been designed.

Such calculations as the range of communication in different directions, the coverage area of the base station, and the capacity of the network were estimated. The existing base stations for LTE equipment were selected.

In the life safety section, calculations were made for such items as room analysis, artificial and natural light indicators.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Теориялық бөлім	10
1.1 3G-тан 4G-ге көшу	10
1.2 5G желісінің желілік архитектурасы	12
1.3 5G желілерін құру міндеттері	13
1.4 Тапсырманың қойылымы	18
2 Стандарттар: техникалық сипаттамасы	19
2.1 Стандарттарды іске асыру нұсқалары және қолдану ерекшеліктері	19
2.2 5G ұялы желілерін пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу	29
2.3 Бесінші буын желілері	30
3 Есептеу бөлімі	33
3.1 Шығындардың есебі	34
3.2 Базалық станция қамту аймағын есептеу	38
3.3 Антеннаның механикалық қисаюын есептеу	42
3.4 Желінің сыйымдылығын есептеу	43
Қорытынды	49
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	50
Қосымшалар	52

КІРІСПЕ

Бесінші буын немесе 5G технологиясы сымсыз операторларға мобильді құрылғылар арқылы қол жетімді контенттің санын және түрлерін арттыру үшін жоғары жүктеу мен жүктеу жылдамдығын пайдалануға мүмкіндік береді. 5G ұялы пайдаланушыларға дауыс, деректер және мультимедиа мазмұнын кез келген уақытта және іс жүзінде кез келген жерде қамтамасыз ететін толық IP шешімдерін қолданады.

Жаңа уақыттың басты тақырыбы - Интернеттің дамуын және бесінші ұрпақ желісінің 5G желісін ұстап тұру. Қосылған құрылғыларды танымал ету, әсіресе, жоғары жылдамдықтағы, виртуалдандыру және бұлттық қызметтер үшін телекоммуникациялық саланы дамытудың ең мықты катализаторы болып табылады.

5G, бесінші буын сымсыз желілік технологиясы 2020 жылы келеді, инженерлер желі желіге заманауи ұялы желілерге қарағанда мобильді деректерді шамамен 1000 есе дерлік өңдей алады деп күтеді. Ол сондай-ақ , тіркелген және мобильді автоматты құрылғыларды байланыстыратын, Индустриалды-экономикалық революцияның бір бөлігі бола тұрып, Интернеттің негізі болады (IoT).

Жаңа сәулет, жаңа коммуникациялық технологиялар және жаңа жабдықтар бұл трансформацияны мүмкін етеді.

Сарапшылардың пікірінше, LTE түріндегі заманауи телекоммуникациялық инфрақұрылым уақыт өте келе барлық техникалық төбеге жетеді. Бұл интернетке қолжетімділікпен көптеген құрылғылардың жылдам дамуына ықпал етеді. Қазіргі кезде мобильді байланыс желілері клиентке 1 Гбит / с дейінгі деректерді беру жылдамдығын қамтамасыз етеді. Дегенмен, жиілік спектрінің белгілі бір жолақтарына және оларды біріктіруге нақты байланыстыру қиындықтары бар. Сигнал кешігуіне байланысты мәселелер бар. Барлық осы мәселелерді 5G стандартында шешуге болады. Магистрлік жұмыс 5G ұялы стандартын қарауға арналған, ол Интернетте Интернетте (IOT) іске асыруға қолданылатын жүйе ретінде .

Жұмыстың мақсаты - 5G ұялы желілерінде стандарттарды анықтау және оларды Интернет желісіне енгізу болжау, «OFDM» модулін қарастыру және ол 5G ұялы байланысына негізделген Интернетті енгізу мен дамытуға қалай көмектесетінін жобалау.

Жұмыстың негізгі міндеттері:

- OFDM модуляциясының анализі
- Интерсимальды интерференцияны ISI қарастыру
- IEEE 802.16-2004 стандарты
- Кең спектрді агрегациялау

5G ұялы желілерінде стандарттарды анықтау және оларды Интернет желісіне енгізу.

1 Теориялық бөлім

1.1 4G-тан 5G-ге көшу ерекшеліктері

5G желісі мүмкіндіктері мен даму перспективалары туралы болжамдар. Инновациялық және жоғары технологиялық ғасыр басталды және осыған байланысты адамның көптеген қосымша мүмкіндіктері пайда болды. Көптеген гаджеттер, жеңіл компьютерлер және т.б. мүмкіндіктер бар. Барлық осы технологияларды біріктіретін маңызды функция – интернетке қолжетімділік. Адам осы қолжетімділікті пайдаланған кезде, әзірлеушілер желіге қол жеткізуді жақсартуға тырысады, оны мүмкіндігінше жетілдіре алады. Интернетке қол жетімді барлық заманауи құрылғылар енді 3G және 4G (LTE) желісін пайдаланады. Жаңа буын стандарттары пайдаланушыларға интернетте қажетті нәрселерді алу үшін мүмкіндігінше аз уақыт жұмсауға мүмкіндік береді.

Бұдан басқа, бұл стандарт өзінің ізашарлары сияқты бірдей таратылмайды. Енді пайдаланушыларға байланыс болуы аймағында болу керек, бесінші ұрпақтың стандартына мұндай қажеттілік болмайды. Қазіргі антенналардың функциясы бар - радиациялық үлгіні түзету. Интернетке тарату арқылы қол жетімді болады, деректер бұрмаланбайды және шу кедергісі болмайды.

Бесінші буынның стандарты миллиметрлік толқындарды қамтуға мүмкіндік береді, өйткені мұндай жылдамдық көптеген жиілік жолақтарын тастауды талап етеді. Мұндай тәсіл өте қымбат және күрделі. Әзірлеушілердің бүкіл аумақта ондаған ауданды пайдалану туралы шешімі қисынды болып табылады. Бірақ пайдаланушылар жаңа байланыс түрлерінің кең ауқымын күтуге болмайды. Бұл жаңа сигналдың ауқымы бұрынғысынша аз, сондықтан 5G желісі алдымен Интернетке деген сұраныс ең көп болатын орындарда ғана қолданыла алады. Жаңа стандартты әзірлейтін компаниялар 2020 жылы 5G желісін іске қосуға дайын.

Үш жылдан кейін пайдаланушылар Пхёнчхан қаласында Кореяда өтетін қысқы Олимпиада ойындарында жаңа желінің барлық мүмкіндіктерін бағалай алады. Іс-шараны ұйымдастырушылар деректерді беру жылдамдығы 20 Гбит/с жетеді деп уәде етеді, бұл жылдамдық тек бастапқы. Содан кейін Токиода олимпиада өтеді, содан кейін бірінші коммерциялық 5G желілерінің пайда болуын күтеміз. Желінің сыйымдылығы орташа жылдамдығы 100 Мбит/с-ден 1 км²-ге 1 миллионнан астам құрылғыға қызмет көрсету үшін жеткілікті болады деп күтілуде. Егер біз салыстыру жасасақ, онда LTE желісі максималды жылдамдығы 150 Мбит/с, бұл 5G желісін пайдалану кезінде күтілетін ең төменгі жылдамдықпен салыстырғанда 136 есе төмен. Мүмкін, Google-дің қайта құрылымдалуы байланыс құралдарының жаңа ұрпағының пайда болуымен, миллиондаған құрылғыға таратылатын іздеу Alphabet-нің пайда болуымен байланысты болуы мүмкін. 5G желілері «Интернеттің заттарына» көшуді тездетеді - IoT. Интернетті осындай жылдамдықпен елестету қиын, ал жаңа стандарт қолданылғанда әлем қандай болады. Өзін-өзі басқаратын автокөліктер

күтіп тұр, адамның биоритмдерін көтеретін құрылғылар болуы мүмкін. Жаңа желінің мүмкіндіктері шексіз.

Жаңа желінің пайда болуымен біз жаңа қызметтердің пайда болуын, сондай-ақ бар болғандардың эволюциясын күтуіміз керек. Бейнематериалдармен байланысты технологиялар дамиды, оның сапасы арта түседі және оны жеткізу құны төмендейді. Сірә, видео мазмұны 3D сапасында болады және бұл үшін өте жоғары жылдамдық қажет. Интернетке қосыла алатын құрылғылардың саны артады, біз тұрмыстық техникалардан автокөліктерге дейін қосылуға болатын барлық нәрселерді қосуды күтуіміз керек. Бір мезгілде қосылыстардың саны 100 миллиардқа жетеді. Мүмкін көп. Жол қозғалысы бірнеше мың есе жылдам болады. Жаңа байланыс стандарттарының бірегей ерекшелігі - бұл сезімтал Интернет. Веб-ресурстармен толықтырылған шындықта өзара әрекеттесуге болады. «Service intelligence» (ServiceIntelligence, SI) туралы айту керек, технология көптеген кіріс деректерді өңдеуге мүмкіндік береді, ол әрбір пайдаланушының жеке деректерін ғана емес, сонымен қатар оның қоғамдық пікірін, әдеттерін, пайдаланушыны қоршаған айналадағы нәрселерді үнемі талдайтын болады .

Әрине, бәрі біз үшін керемет көрінсе де, шындық аздап басқаша көрінеді. Женевада IoT стандартына қатысты Жаһандық бастаманың қорытынды отырысы өтті. Бұл кездесуді ITU - Халықаралық электробайланыс одағы ұйымдастырды. Негізгі мәселе 5G желісін стандарттау болып табылады, ол өз дамуын қолдайтын, кәрістер желіні стандартсыз пайдаланатын болады. Халықаралық электробайланыс одағы ұялы 5G дамуының жол картасын жариялады, бұл карта «IMT-2020» деп аталды. Жақын болашақтың мақсаттары жаңа желіге қатысты нақты және толық талаптарды, сондай-ақ «IMT-2020 отбасына тиесілі кандидаттарға арналған радиотехникалық технологияларды» белгілеу болып табылады. Қазір қандай технологиялардың әзірленіп жатқанын айту қиын, алайда бұл тұрақты стандартқа айналады. Сарапшылар жаңа стандарттың негізгі талап - 1 Гбит / с жылдамдығы деп санайды. Егер біреу осындай жылдамдықты қамтамасыз ететін технологияны жасай алатын болса, онда бұл технология жаңа стандарт ретінде танылады. Дегенмен, егер технология адамзатқа зиян әкелсе, ол оны қабылдамайды. Кез-келген жаңа даму 5G-ге қатысты белгілі бір шығындарды талап етеді - олар өте маңызды. Біздің елімізде 5G желілерінің құрылысы пайда болатын инновацияларға, сондай-ақ ішкі желідегі трафиктің өсу қарқынына байланысты болады. Негізгі өзгеріс өткізу қабілеттілігінің артуы. Бірақ 4G астында жиіліктер әлі де өзгеретінін білеміз. 5G желісін дамытудың негізгі факторлары Интернетке қосылған, үнемі өсіп келе жатқан және трафикке байланысты құрылғылардың саны. Барлық қалған, пайдаланушылар көп талап ете бастады.

1.2 5G стандартының ерекшеліктері

5G технологиялары мен шешімдерін стандарттау 2021 жылға дейін аяқталуы керек, сондықтан 5G термині болашақта тек IMT2020 толық ауқымды шешімінің бөлігі болатын фрагментті шешімдерді көрсетеді. Мұндай шешімдер әртүрлі елдерде қазірдің өзінде орналастырылған, бірақ олардың жергілікті және сынақ сипаты бар және IMT2020 стандартты желілерінің жоспарланған функционалдылығын қамтамасыз етпейді.

5G негізгі стандарттау ұйымдары. 2019 жылғы жағдай бойынша:

- 3GPP (3rd Generation Partnership Project) - әртүрлі телекоммуникация стандарттарын әзірлейтін жеті ұйымның одағы, бұл өз кезегінде басқа серіктестерді қамтиды. 3GPP-тің мақсаты - техникалық талаптарды тұжырымдау, ұсыныстарды бағалау және стандарттарды түпкілікті қабылдау. 2017 жылдың ортасында жалпы шығарылым Release 15 нұсқасы қабылданды, ал 2019 жылы қабылданатын Release 16 шығарылымы әзірленуде. Жалпы архитектураны дамытудан басқа, 3GPP-де 5G New Radio (NR) радиотехникасы үшін жаңа жиілік жолақтары үшін стандарттар әзірленуде 5G астында 3GPP-ке мүше болып табылатын ETSI - Еуропалық Телекоммуникация Стандарттары Институты және 5G стандарттарын әзірлеуде ең белсенді қатысушы.

- IETF (Internet Engineering Task Force) - NFV(Network Fucntion Vitrualization) желілік функцияларының виртуализациясын қолдауға арналған IP-протокол әзірлейді. Мысалы, IETF базалық станциялар, қызметтік шлюздар және деректер пакеттері сияқты бір виртуалды 5G компоненттерін біріктіретін технологияны байланыстыратын SFC (Service Function Chaining) қызмет функциясын әзірледі. Бұл VNF (Virtual Network Functions) виртуалды желісінің функцияларын динамикалық жасау мен байланыстыруға мүмкіндік береді. IETF 3GPP-мен тығыз жұмыс істейді.

ХЭО(Халықаралық электробайланыс одағы) – бұл телекоммуникациялық кең ауқымын стандарттаумен айналысатын Женевадағы БҰҰ агенттігі. Атап айтқанда, радиожиілік спектрін бөлу жөніндегі жұмысты үйлестіреді, оның ішінде 5G желілері үшін.

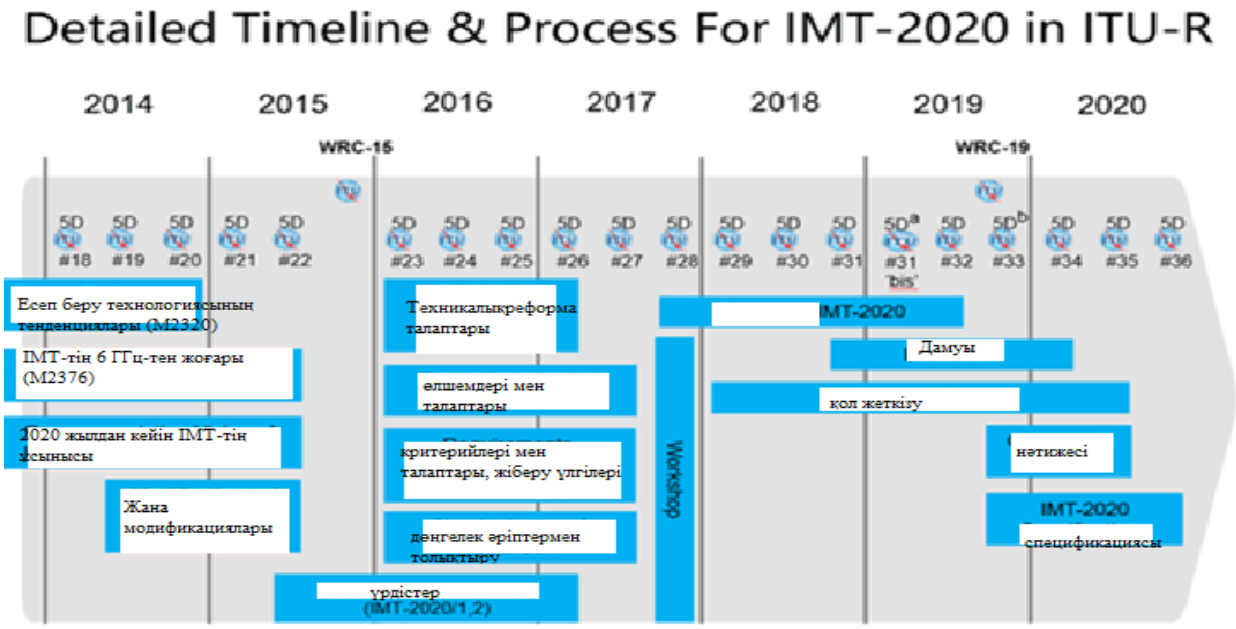
Осы үш негізгі үйлестіру ұйымына қосымша IMT2020 (5G) стандарттарын әзірлеу бойынша жүйелі практикалық жұмыс жүргізілуде.

5GPPP (5G инфрақұрылымы мемлекеттік-жеке меншік әріптестік) 5G стандарттау серіктестігінің бірі болып саналады. Ұйым 5G желілерінің талаптарын дамытуға, мысалы, желінің қуатын 1000 есеге дейін көтеруге, қолданушы құрылғыларының қуат тұтынуын 90% -ға төмендетуге, жаңа қызметтер мен қызметтерді жасау уақытын күрт қысқартуға, желіні толық және қауіпсіз қамтуға және деректерді берудің сәл кем болуына байланысты өршіл мақсаттарды белгілейді.

NGMN (Next Generation Mobile Networks) 5G шешімдерінің толық спектрін стандарттайтын альянс. Альянстың ішіне АҚШ-тың жетекші операторлары кіреді: AT&T, U.S. Cellular и Verizon.

Сонымен қатар 5G America, Small Cell Forum сияқты салалық және аймақтық ұйымдар бар, олар 5G шешімдерін әзірлеуге және стандарттауға үлкен үлес қосады.

5G 3GPP стандарттау жол картасы



Сурет 1.1 - МӘС-да жоспарланған 5G стандарттау кестесі

AT & T, Verizon сияқты ірі телекоммуникациялық операторлар, сондай-ақ стандарттарды дамытуға үлкен үлес қосады, олар ETSI және МӘС-мен жұмысын үйлестіреді, бірақ кейде олар осы ұйымдардан озуда. Сондықтан осы операторлардың шешімдері көбінесе ETSI және МӘС стандарттарының негізін құрайды.

1.3 5G желілерін құру міндеттері

Алдыңғы мобильді желілері келесі функцияларға ие болды:

1G: Аналогтық желі қызметтеріне дауыс беру

2G: сандық желілік қызметтерге дауыс беру, жылдамдығы жоғары деректер қызметтері (GPRS, EDGE)

3G: Жоғары жылдамдықтағы деректерді беру қызметтері (HSPA), IP желісінен дауыс беру, MBB мобилді Интернетке қатынау мүмкіндігі (Mobile Broadband).

4G: LTE, LTE-A, дауыс беру (VoLTE) базасында MBB ұялы кеңжолақты мобильді қатынау

5G желілері бұрынғы буын ұялы желілерінің шектеулі функционалдығын айтарлықтай кеңейтеді. 5G желілерінің негізгі функционалдық мүмкіндіктері:

- Кеңейтілген мобильді кең жолақты байланыс eMBB (жақсартылған MBB)
- ULLRC Ultra Low Latency сенімді байланыс
- Машиналық массив коммуникациясы Massive IoT/IIoT, мMTC (massive Machine Type Communication)

Осы үш жалпыланған функционалды түрлердің негізінде IMT2020 (5G) желілерінің барлық қызметтері мен мүмкіндіктері жасалды, олардың ең тәні төмендегі суретте көрсетілген:

Сурет 1.2 - IMT2020 / 5G желісінің функционалдық мүмкіндіктері

5G желілері түрлі радиобайланыс технологиялары (RAT) арқылы деректерді беру жылдамдығын айтарлықтай арттыра алады және жаңа 5G NR (жаңа радио) радиожиілік спектрін пайдалану арқылы мүмкін. Пайдаланушы әртүрлі қызметтерді үйде пайдалану үшін де, кәсіпорындардың мақсаттары үшін (Immersive Telepresence, Industrial IoT және т.б.) шексіз өткізу қабілеттілігін алады.

Ақылды үй. Smart Home және Smart Building шешімдері үшін әртүрлі интернеттегі қызметтердің барлық түрлері ұсынылады: бейнебақылау, тұрмыстық техниканы басқару және автоматтандыру, қауіпсіздік жүйелерін басқару, контентті сақтау, ауаны баптау және т.б.

Ақылды қала. «Ақылды қала» - «Ақылды үй» қызметінің қызметтері мен спектріне кішкене ұқсас болып келеді. «Ақылды қаланың» негізгі қызметтері: «Қауіпсіз қала», электрондық үкімет, электрондық денсаулық сақтау, электрондық білім беру, электрондық банкинг, электронды куәлік, ақылды желілер және т.б.

4К / 8К жаңа бейне қызметтері: көлемді бейне, ультра жоғары экранды (UHD), қатысудың ықтималдығы.

Бұлттағы жұмыс. Қызмет деректерді бұлт қоймасында сақтауды ғана емес, сол жерден шығаруға мүмкіндік береді, сонымен бірге бұлттағы тікелей жұмыс істейтін бағдарламаларды пайдалану мүмкіндігін береді. Сонымен қатар, кез-келген құрылғыда және кез-келген жерден оларды пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұлтты қызметтерді жеткізушілер өз қызметтерін 5G желілік операторының абоненттеріне бере алатын қолданбалы бағдарламалау интерфейстері үшін API-ді пайдалануға болады.

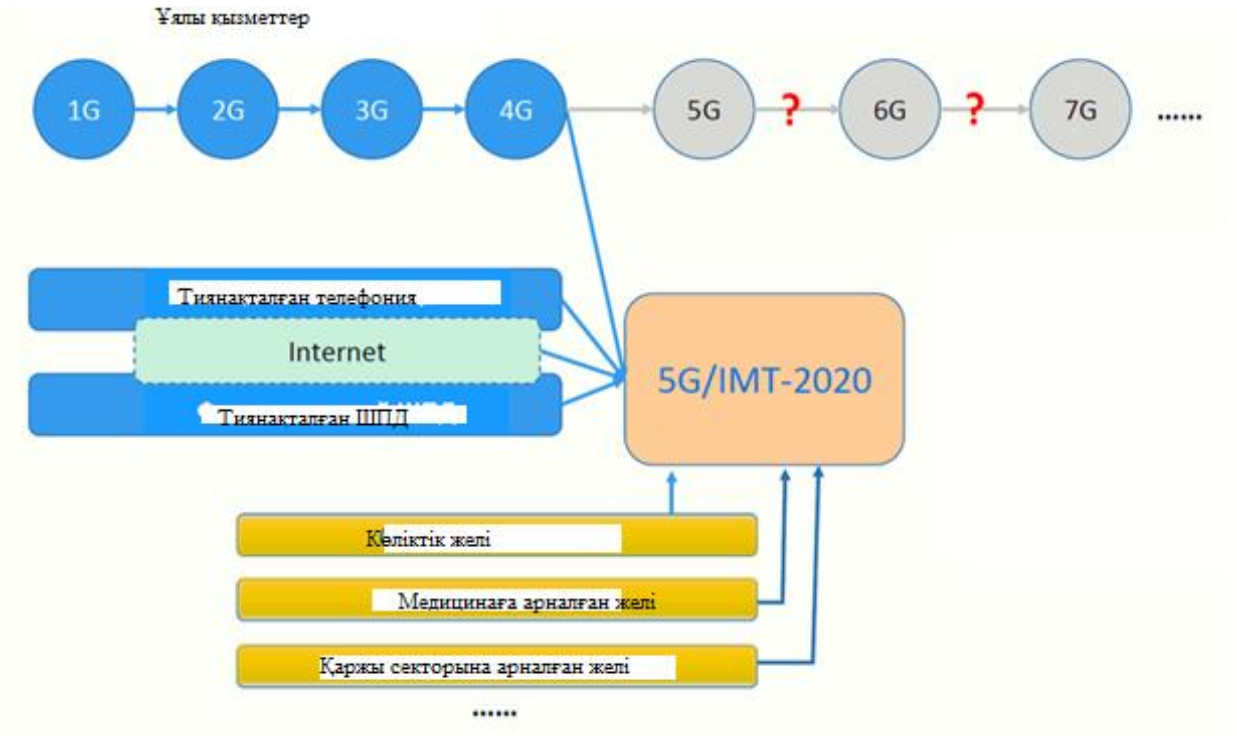
Толықтырылған және виртуалды шындық (AR / VR). VR виртуалды шындық қызметі адамды басқа әлемге, оның сезімдеріне, әсіресе оның көзқарасына (VR көзілдірігі) әсер етеді. Толықтырылған шындық AR қызметі нақты ортаны пайдаланушыға арналған виртуалды нысандармен біріктіреді. Бұл қызметтер тек «телепрезентация» режимінде ойын-сауық виртуалды байланыс үшін ғана емес, сонымен қатар VR көзілдірігі арқылы студенттер оқи алады, мысалы, анатомиялық лекцияда адамның ішкі құрылымын көре алады, күрделі жинақ пен заттар жинау тәртібін зерттей алады.

Өнеркәсіптік автоматтандыру. 5G желісі, IoT технологиясының көмегімен, IoT индустриалды датчиктерімен, сондай-ақ жасанды интеллект көмегімен өндірісті автоматтандыру дәрежесін едәуір арттыра алады. Бұл жағдайда нақты уақыт ауқымында үлкен деректерді талдау және алынған нәтижелерге және машина мен терең оқыту негізінде талдау мүмкіндігі болады.

Іскерлік маңызды қосымшалар. Бұл қосымшалар, мысалы, электронды медицина, төтенше жағдайлар туралы хабарламалар, тактильный интернет және басқалары болуы мүмкін.

Адамсыз көлік. Көмексіз көлік «Ақылды қала» қызметінің бөлігі бола алады, бірақ олар өз платформасында ұсынылуы мүмкін. Оның құрамына тек жүргізуші жоқ машиналар ғана емес, сондай-ақ «ақылды ауыл шаруашылығы» үшін жұмыссыз тракторлар, метрополитендер мен қала маңындағы темір жолдарға арналған ұшқышсыз пойыздар, ұшқыштар және басқа да қоғамдық және арнайы көліктер кіреді. Сонымен қатар, 5G платформасында ADAS драйверіне көмек көрсету жүйесін енгізу мүмкін

Айта кету керек, жоғарыдағы суретте 5G платформасының кейбір қызметтері мен шешімдері көрсетілген. Алдыңғы ұрпақ желілерінен айырмашылығы, қызметтердің ауқымы шектелген және 4G-де біршама кеңейтілді, 5G платформасының қызметтері синергетикалық және ауқымды болып табылады және бір рет көрсетілген функциялармен шектелмейді. Шын мәнінде, 5G жаңа қызметтерді әзірлеу режимі және DevOps қосымшалары үшін платформаның рөлін атқарады, егер жаңа функцияларды әзірлеушілер оларды іске асыру және пайдалану үшін жауапты командалармен тығыз үйлескен кезде жасайды.



Сурет 1.3 - 5G / IMT2020 платформасының көп жақтығы

Бесінші буын желілерінің арқасында, трафиктің үлкен көлемі тартылатын қолданыстағы қызметтерді пайдалану сапасын жақсартуға болады.

Bell Labs компаниясының сымсыз технологияларды дамыту жөніндегі вице-президенті Теодор Сизер (Theodore Sizer) 5G желілерінде кең ауқымды құрылғылар жұмыс істейтінін айтты. Смартфондар мен планшеттер ешқайда кетпейді, бірақ сонымен қатар, желіде әртүрлі құрылғылардың тұтас «хайуанаттар» пайда болады, оның ішінде қадағалау камералары, ауа-райы сенсорлары, «ақылды» электр желілерінің сенсорлары, «ақылды» үйлер мен машиналар.

Оңтүстік Кореяның SK Telecom операторы 5G технологиясын көрсететін алғашқы компаниялардың бірі болып табылады, ол жаңа буын желілерін орналастырудың бастапқы кезеңінде қарапайым пайдаланушыларға қызмет көрсетудің негізгі тұтынушысы болып табылады. 5G арқасында пайдаланушылар 3D-теледидарды көзілдіріксіз көре алады.

Сондай-ақ SK Telecom компаниясында атап өткендей, виртуалды және кеңейтілген шындықтың жаңа деңгейде қолданылатын қосымшаларында да пайдалануға болады. Мысалы, оқу үдерісінде кеңейтілген шындық элементтерін қамту, виртуалды мұражайлар мен сынып бөлмелеріндегі әлем модельдерін құру.

«Ақылды қалалар» жобаларында 5G түрлі сайттардағы сенсорлардың әлдеқайда көп санынан нақты уақыттық ақпаратты беруге мүмкіндік береді. «Qualcomm» компаниясының мобильдік технологиялар өнімдерін басқару жөніндегі аға директоры Санжев Атали (Sanjeev Athalye) 100-ге жуық орнына мыңдаған сенсорларды қолдануға болады деп есептейді, оларда бар желілермен салыстырғанда базалық станциялар аз болады. Олар, мысалы, тұрғын үй-

коммуналдық шаруашылық объектілерінің жай-күйін бақылайтын сенсорлар, «ақылды жарықтандыру» сенсорлары немесе қалада қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін орнатылған дыбыстық сенсорлар болуы мүмкін. Соңғы жағдайда сенсорлар күдікті немесе тым қатты дыбыстарды жаза алады және бұл ақпарат автоматты түрде қауіпсіздік қызметтеріне жіберіледі.

5G технологиясын қолданатын жаңа қызметтер медицинада жүзеге асырылуы мүмкін. Мысалы, науқастарды қашықтықтан бақылауды ұйымдастыру үшін. Дәрігер арнайы сенсорлардан ақпаратты жылдам алуға және тәулік бойы пациенттердің жағдайын бақылауға қабілетті болады.

Деректерді берудің өте төмен кідірілуіне байланысты, 5G роботты пайдаланып қашықтағы операцияларды жүргізу үшін қосымша мүмкіндіктер ашады. Мұндай қызмет, әсіресе, роботтың манипуляциясын басқаруға мүмкіндік беретін кішігірім елді мекендер үшін өте маңызды. Операцияны мүлде басқа жерде орналасқан маман жүзеге асыра алады. 5G арқасында мұндай қызмет сымсыз желілерде қолданылуы мүмкін.

Жаңа ұрпақ желілері қамтамасыз етуге қабілетті деректердің кешігуі ақылды торларды орналастыру үшін де маңызды. Датчикті пайдалану қуат желілерінің зақымдалуын дереу анықтап, сызықтан кейінгі зақымданулардың таралуын блоктауға мүмкіндік береді. Осылайша, зиян электр тұтынушыларының аз санына әсер етеді.

Үлкен өндірістік компанияларда, бөлшек, логистика саласында 5G индустриалды роботтарды қолдануға мүмкіндік береді, олар адамдардың орнына әр түрлі функцияларды орындайды, сондай-ақ ұшақтар. Соңғы бірнеше салаларда қазірдің өзінде қолданылады, бірақ көбінесе Wi-Fi желілері арқылы бақыланады. 5G Wi-Fi желілеріне қарағанда үлкен қашықтықты қамтуға мүмкіндік береді және төменгі кешігу салдарынан мұндай жүйелердің тұрақтылығын арттырады. Ұшақтарды пайдалану арқылы өнім жеткізу жүйесін енгізу жобасы, мысалы, Amazon.

Қызмет көрсету үлгісінде 5G артықшылығы болады, қалалық бейнебақылау жүйелерін келтіруге болады. 5G олардың орналасуын және пайдалануын жеңілдетуге көмектеседі. Енді қалаларда мыңдаған камералардан трафик негізінен тіркелген желілер арқылы тасымалданады. Осындай инфрақұрылымды орналастыру оңай емес, өйткені көптеген сымдар салынады. 5G көмегімен сымды қолданбастан жоғары рұқсатты бейне терабайт алуға болады.

Тағы бір мысал - компанияларда көліктік бақылау қызметі. Qualcomm компаниясынан Санжив Атали жаңа буын желілерінің пайда болуымен осындай қызметтерді жеткізушілер ретінде әрекет ететін операторлар оның құнын төмендете алады деп санайды. Бұл бір 5G базалық станциясының құны қолданыстағы желілерге арналған станциялардың бағасынан төмен болатындығына байланысты, сондай-ақ, бір базалық станция бір мезгілде көптеген құрылғыларға қызмет көрсете алады, тиісінше, қызмет үшін аз базалық станциялар талап етіледі.

1.4 Тапсырманың қойылымы

Осы жұмыста ҚР да 5G стандартындағы қазіргі заманғы сымсыз байланыс технологиясын LTE, WiMAX технологиясын қолдана отырып зерттеу, сенімді радиожелісінде сымсыз қатынау Интернет желісін ұйымдастыруда, LTE желісінің қамту және көмек көрсету, тұрғындар және қала қонақтарын жоғары сапалы сымсыз қатынау Интернет желісімен қамтамасыз ету үшін қарастырылды.

Дипломдық жобада, қажетті есептік желі сыйымдылығын жұмыс мақсаттарының барынша сапалы қызмет көрсету аумағында қол жеткізу үшін – жаңғырту желісіне сымсыз интернетке қолжетімділік, Қазақстан Республикасында LTE, WiMAX технологиясын қолдану қамтамасыз етіліп, осы мәселелер шешілетін де болады.

Бұл үшін:

- жобаланатын желі санын ескерумен ықтимал тұтынушылар өткізу қабілеттілігін есептеу керек;
- көліктік LTE жабдықтарын талдау және таңдау қажет;
- байланысты ұйымдастыру ссызбасын әзірлеу керек;
- базалық стансалардың жобаланатын ең үлкен жүктеме желісі аймағын, желі сыйымдылығы, қуаттың ысырабы, сигналды күре жолда тарату және параметрлердің сапасын бағалауды есептеу;
- жасалуы тиісті қорытындылар.

2 Стандарттар: техникалық сипаттамасы

2.1 Стандарттарды іске асыру нұсқалары және қолдану ерекшеліктері

Қарастырылған IEEE 802.16-2004 стандарты 10 ... 66 ГГц ауқымындағы операцияны сипаттайтын негізгі IEEE 802.16 стандартын кеңейту болып табылады. IEEE 802.16-2004 стандарты 2 ... 11 ГГц диапазонында жұмыс істеуді, сондай-ақ физикалық деңгейде де, қол жеткізуді бақылау деңгейінде де мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді.

iMAX Халықаралық электр және электроника инженерлерінің институты (IEEE) әзірлеген IEEE 802.16 стандарттарының отбасына негізделген тасымалдаушы технологиясы ретінде түсініледі. IEEE 802.16 стандарттары қалалық деңгейдегі бекітілген сымсыз кеңжолақты қатынау жүйелерінің физикалық қабілетін және кіруді бақылау деңгейін анықтайды.

IEEE 802.16 және IEEE 802.16-2004 стандарттарының негізгі параметрлері кестеде келтірілген [1].

Кесте 2.1 - IEEE 802.16 және IEEE 802.16-2004 стандарттарының негізгі параметрлері

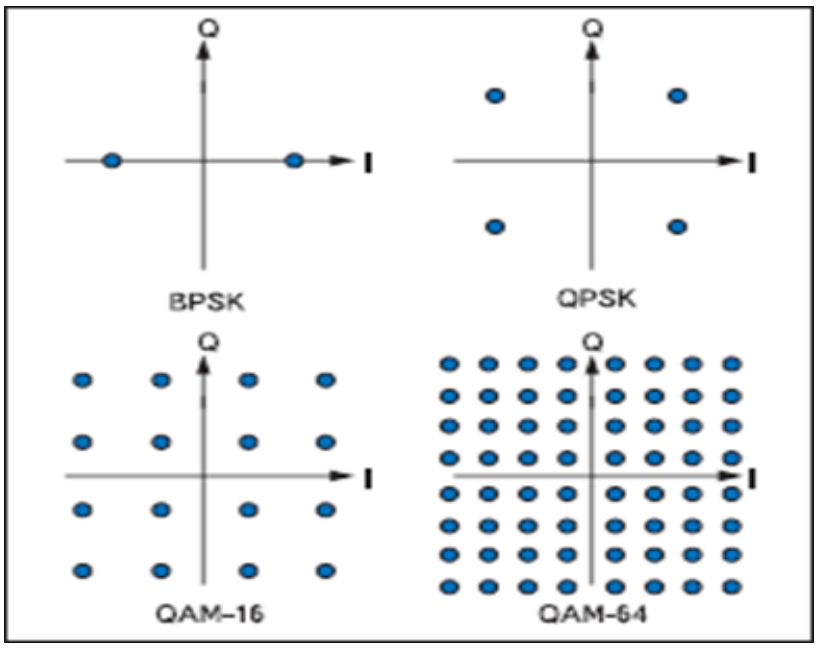
Параметр	IEEE802.16	IEEE802.16-2004
Жиілік диапазоны	10-66 UUw	2-11 ГГц
Пайдалану шарты	Тек тікелей көрініс	Тікелей және тіклей емес көрініс
Мәлімет тарату жылдамдығы	32-134 Мбит/с	1-75 Мбит/с
Модуляция	Бір тасушы (SC), манипуляция QPSK QAM-16, QAM-64	Бір тасушы (SC), манипуляция QPSK QAM-16, QAM-64. 2048 тасушы, BPSK, QPSK QAM-16. QAM-646 опционды QAM-256
Дуплекс типі	TDD/FDD	TDD/FDD
Арна ені	20,25,28 МГц	1.25-20 МГц
Қамту аймағы радиусы	2-5 км	4-6 rv

Стандартты сипаттамасы. Физикалық деңгейде IEEE 802.16-2004 стандарты деректерді берудің үш әдісін анықтайды: бір тасымалдағыш модуляциясы (SC), ортогоналды жиілік мультиплекстеуі (OFDM) және мұндай мультиплексингке негізделген бірнеше рұқсат (OFDMA).

WirelessMAN -OFDM физикалық қабатының ерекшелігі практикалық іске асыру тұрғысынан ең қызықты. Аппараттың мүмкіндіктерін айтарлықтай кеңейтетін OFDM технологиясына негізделген, атап айтқанда тікелей көрінбейтін болмаған кезде салыстырмалы жоғары жиілікте жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Бұған қоса, ол әрбір (меш) топологиясына қолдау көрсетеді ,

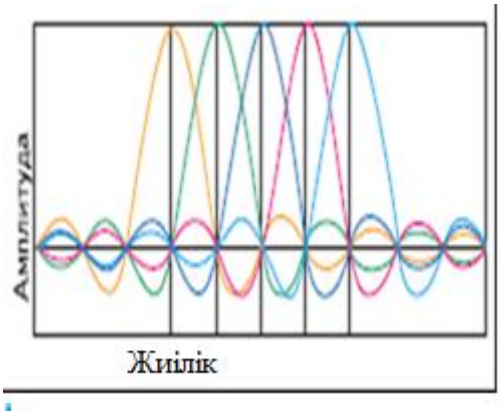
онда абоненттік құрылғылар бір уақытта желілерді орналастыруды айтарлықтай жеңілдететін және көзбе-көз проблемаларды еңсеруге көмектесетін базалық станциялар ретінде жұмыс істей алады.

OFDM модуляциясы. OFDM-сигнал сандық деректер ағынын қалыптастыру кезінде бірнеше қосалқы ағымдар бөлінеді, және әр поднесущей сіздің деректер substream байланысты. а поднесущую амплитудасы және фазасы таңдалған модуляция схемасын негізінде есептеледі. Стандартқа сай, жеке немесе қосалқы құрылғыларды бинарлық фазалық жылжыту пернелері (BPSK), квадрафталық фазалық жылжыту пернесі (QPSK) немесе 16 немесе 64-ретті тапсырыс бойынша квадрафталық амплитудалық жылжыту пернесі (QAM) арқылы модуляциялауға болады. Кілттерді манипуляциялаудың әр түрі үшін фазалық жазықтықты бит карталау параметрлері күріш. Таратқышта фазаның функциясы ретінде амплитудасы Фурье түрлендірудің кері жылдамдығын (IFFT) пайдаланып, уақыт функциясына айналады. Қабылдағышта жылдам Фурье түрлендіруін (FFT) пайдаланып, сигналдардың амплитудасы уақыт функциясы жиілік функциясына айналады.



Сурет 2.1 - Фазалық жазықтықтағы биттерді көрсету нұсқалары

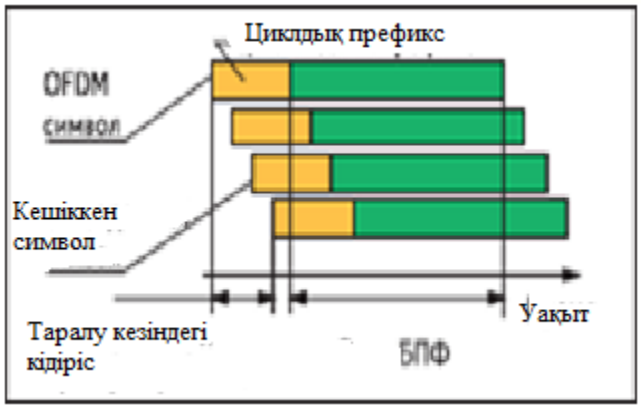
Фурье түрлендіруін қолдану жиіліктердің диапазонын субстрокорындарға бөлуге мүмкіндік береді, олардың спектрі қабаттасады, бірақ ортогоналды болып қалады. поднесущих ортогоналды олардың әрқайсысы трансмиссиялық символы кезеңінде тербеліс бүтін сан бар екенін білдіреді. Суреттен көрініп тұрғандай. 2, кез-келген субконструкцияның спектральды қисық сызықты қисық сызығының «орталық» жиілігі үшін нөлдік мәні бар. Бұл қосалқы тасушылар спектрінің ерекшелігі және олардың арасындағы кедергі болмауын қамтамасыз етеді [2].



Сурет 2.2 - Ортогоналды подрубрикаторлар

OFDM әдісінің негізгі артықшылықтарының бірі - многопротездің таралуына кедергі болып табылады. Бұған кедергілерден көрінетін сигнал беретін сигнал қабылдау антеннасына түрлі жолдармен келіп түсетіндіктен (3-сурет) әсер етеді, бұл интерминболды бұрмалауды тудырады. Ғимараттар мен басқа құрылымдардан радиосигналдың көптеген көріністеріне байланысты көп қабатты ғимараттары бар қалалар үшін мұндай кедергі типі тән . Интерминболды бұрмалауды болдырмау үшін әрбір OFDM символы алдында циклдік префикс деп аталатын күзет интервалы енгізіледі. Циклдік префикс - субконструкциялардың ортогоналды болып қалуын қамтамасыз ететін пайдалы сигналдың фрагменті (бірақ многопротивтік тарату кезінде көрсетілген сигнал циклдік префикстің ұзақтығынан аспайтын жағдайда ғана). Сонымен қатар, циклдік префикс таңбалық уақыт аралығы кез келген жерде Фурье түрлендіруіне арналған терезені таңдауға мүмкіндік береді (4-сурет) [2].

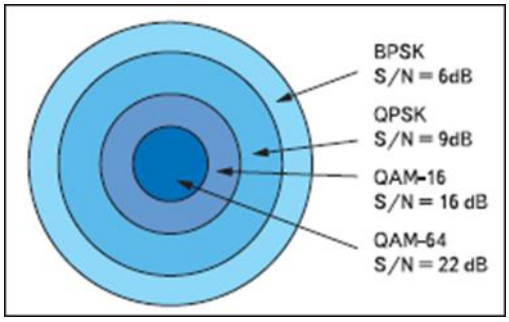
Сурет 2.3 - Көпполдық әсердің суреттері



Сурет 2.4 - Multipass таратуымен OFDM символын өңдеу

Кедергісіз кодтау. Радиожиіліктің көп таралуы тікелей және кешіктірілген сигналдардың кедергісіне байланысты кейбір подрубрикаторлардың әлсіреуіне және тіпті толық басылуына әкелуі мүмкін . Бұл мәселені шешу үшін қателерді түзету кодтамасы қолданылады. IEEE 802.16-2004 стандарты әдеттегі шу-иммундық кодтау технологияларын және салыстырмалы түрде жаңа әдістерді қарастырады. Витерби декодтау Рид-Соломон кодтарының дәстүрлі алаңдаушылық Гофрдың кодтау. Салыстырмалы түрде жаңа - блокты және конвективті Turbo. Кодекс жылдамдығын төмендетпестен кодтау тиімділігін арттыру үшін, деректерді біріктіру пайдаланылады. Кедергі кодының тиімділігін арттырады, себебі қателік пакеттері кодтау жүйесі жұмыс істей алатын шағын фрагменттерге бөлінеді.

Икемділік. Физикалық қабаттың маңызды ерекшелігі - бұл арнаның өткізу қабілеттілігінің енін таңдау мүмкіндігі. Стандарт радиожиілік спектрін неғұрлым тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін көптеген аралық нұсқалармен 1,25 МГц-дан 20 МГц-ге дейінгі қадамдарда өткізу қабілеттілігін таңдауды қарастырады. Бұдан басқа, стандарт бейімделген сигнал-кодты жобалау болып табылады, яғни жүйе кез келген уақытта арнаның сипаттамаларына, «жылдамдықты айдау» шуына иммунитетке және керісінше реттейді. Сигнал-шу қатынасына байланысты (S / N) стандарттарға сәйкес жүйе тұрақты жұмысын қамтамасыз ете алатын модуляция әдісін таңдайды (5-сурет) [4,5].



Сурет 2.5 - Сигнал-шу қатынасына негізделген қолайлы модуляция

Радиожиілік спектрін пайдаланудың тиімділігін арттыру үшін физикалық қабат үшін қосымша құралдар арна сапасын өлшеу және сигнал қуатын автоматты басқару.

Кіру әдісі. IEEE 802.16-2004 стандарты базалық станция уақытша бөліктерді абоненттік станцияларға уақытша бөлуді кездейсоқ тәртіпте емес, белгілі бір тәртіпте жіберуге мүмкіндік беретін уақытты бөлуді бірнеше қол жетімділік (TDMA) технологиясын қолданады.

Деректермен алмасудың дуплекстік режимін жүзеге асыру үшін екі технология қолданылады: төмен және жоғары ағындардың уақыт бөлу (TDD) және жиілік бөлу (FDD) дуплекстеу режимі бар дуплекстік режим.

Ақпараттық қауіпсіздік. Стандартқа сәйкес рұқсатсыз кіруді болдырмау және пайдаланушының деректерін қорғау үшін желінің бүкіл трафигі шифрланған. WiMAX базалық станциясы (BS) - қажет болса, өздерінің интерфейсінің бірнеше түрлері бар бірнеше модульді орнатуға болатын модульдік құрылым, бірақ сонымен бірге желіні басқару үшін әкімшілік бағдарламалық жасақтаманы қолдау керек. Бұл бағдарламалық қамтамасыз ету бүкіл желіні орталықтандырылған басқаруды қамтамасыз етеді. Бар желілік абоненттік желілерге логикалық қосу бұл әкімшілік функция арқылы жүзеге асырылады.

Абоненттік станция (AS) - бірегей сериялық нөмірі, MAC мекенжайы және X 509 сандық қолтаңбасы бар құрылғы, оның негізінде BS-де AC-ның аутентификациясы орын алады. Бұл жағдайда, стандартқа сәйкес, AU-ның цифрлық қолтаңбасының жарамдылығы 10 жыл. Динамикті клиентте орнатып, динамикті орнатқаннан кейін базалық станцияда радиожиілік белгінің белгілі бір жиілігін қолданып рұқсат етіледі, одан кейін жоғарыда аталған сәйкестендіру деректеріне негізделген базалық станция TFTP протоколы арқылы абонентке конфигурация файлын жібереді. Бұл конфигурация файлы деректерді беру жолағы (қабылдау) туралы, трафик түрі және қол жетімді жолақ, трафикті шифрлау үшін кілттерді бөлу кестесі және АЖ жұмысына қажетті басқа ақпаратты қамтиды. Конфигурация деректері бар қажетті файл автоматты түрде жасалады, АТ жүйесінің әкімшісі абоненттік деректер базасына енеді, кейінгі параметрлерге белгілі бір қол жеткізу параметрлерін тағайындайды.

Конфигурация процедурасынан кейін, базалық станциядағы аутентификациясы келесідей:

- Абоненттік станция X.509 сертификатын, қолдаулы шифрлау әдістерінің сипаттамасын және қосымша ақпаратты қамтитын авторизация сұрауын жібереді.
- Рұқсат сұрауына жауап ретінде базалық станция (егер сұрау дұрыс болса) авторизациялаудың келесі кілтін анықтауға қажетті тізбекті анықтау үшін 4-биттік кілт, түпнұсқалық растау кілтін қамтитын жауапты, сондай-ақ кілт .
- АВ пайдалану барысында жүйелік әкімгер анықтаған уақыт кезеңінен кейін аутентификация және аутентификация қайталанады, ал түпнұсқаландыру және авторизация сәтті болған жағдайда деректер ағыны үзілмейді.

Стандарт РКМ протоколын пайдаланады (Құпиялылық Кілт Басқару), оған сәйкес берілетін ақпараттарды шифрлау үшін бірнеше кілттер түрі анықталған:

- авторизация кілті (АК) - Базалық станцияда АК-ға рұқсат беру үшін пайдаланылатын кілт;
- Traffi с шифрлауы кілт (ТЕК) - трафикті шифрлау үшін пайдаланылатын кілт;
- кілт шифрлау кілт (KEK) - берілген кілттерді шифрлау үшін пайдаланылатын кілт.
- стандартқа сәйкес бір мезгілде бір мезгілде екі перне пайдаланылады, бір-бірімен үйлесімді өмір сүреді. Бұл шара пакеттегі жоғалту (ауада міндетті емес) жоғалу жағдайында қажет және үздіксіз желінің жұмысын қамтамасыз етеді. Динамикалық түрде өзгеретін кілттердің көп саны бар, олар өте ұзақ уақытқа созылады, ал қауіпсіз қосылымдарды орнату цифрлық қолтаңба арқылы жүзеге асырылады. Стандартқа сәйкес, криптографиялық қорғау 3-DES алгоритміне сәйкес орындалады, ал шифрлауды ажыратуға болмайды. Қажет болған жағдайда шифрлау сенімді AES алгоритмі үшін ұсынылған [3, 4].

«Чиптегі жүйелер» негізінде WiMAX жабдығын дамыту. Телекоммуникация нарығын дамытудың қазіргі заманғы үрдістері «чиптегі жүйелер» деп аталады. System-on-chip құрылғылары әдетте бір немесе бірнеше процессорлар бір чипке, белгілі бір мөлшерге, бірнеше периферияльық құрылғыларға және интерфейстерге біріктірілген құрылғылар, яғни жүйеге қойылған міндеттерді шешу үшін қажет болатын ең көп құрылғылар деп түсініледі. «Чиптегі жүйелерді» әзірлеу дамытылған схеманы оңтайландыруды қамтиды , ол электр қуатын тұтынуға, чиптің аумағына және, демек, шығындарға тікелей әсер етеді.

Бүгінгі таңда әлемдегі жетекші өндірушілер WiMAX стандартының физикалық және MAC деңгейлерінің негізгі функцияларын біріктіретін «чиптегі жүйелер» жүйесін дамытуға баса назар аударды . IEEE 802.16-2004 спецификациясы негізінде әзірленген бірінші үлгілер Fijitsu , Intel , Sequans Байланыс , Wavesat және PicoChip . Осы компаниялар ұсынған физикалық деңгейдегі шешімдер 2562 ішкі тасушылармен OFDM модуляциясын пайдаланады және ішкі код үшін Viterbi конволиталды кодтау және декодтауды пайдаланатын негізгі кодтау схемасы және сыртқы коды үшін Рид-Соломон кодтары қолданылады.

Функционалды түрде WiMAX жабдығы негізгі және абонентке бөлінген. Базалық станцияларға арналған алғашқы чиптердің құрамдас бөлігі абоненттік станцияларға қарағанда интеграцияның төмен деңгейіне ие. Базалық станцияның MAC протоколын енгізу осы шешімдердің орындалуын арттыруды қажет етеді. Ол үшін MAC протоколының жоғарғы деңгейін орындау үшін қызмет ететін сыртқы процессорлар қолданылады. Осылайша, WiMAX чипсеталары физикалық қабаттың функцияларын және MAC протоколының төменгі қабатының функцияларын орындайды.

Абоненттік жабдық. WiMAX абоненттік жабдықты әзірлеушілер үшін төрт өндірушілерден: «Fujitsu», «Intel», «Sequans» және «Wavesat» жүйелерінен «чиптегі жүйелер» барынша перспективалы болып табылады .

Intel екі физикалық және MAC қабаттарының функцияларын біріктірілген болатын абоненттік станциялар, әзірлеушілер бір чипте «жүйесін» Сымсыз / PRO 5116 WiMAX ұсынуға бірінші болып табылады. Fujitsu компаниясының MB87M3400 микросхемасы кең ауқымды қосымшаларға арналған және базалық және абоненттік жабдықты дамытуға мүмкіндік береді. Компания кейбір Sequans чипсы SQN1010 және SQN2010 әзірледі - базасы мен UE үшін, тиісінше.

Fujitsu, Intel және Sequans жүйелерінен « Чиптегі жүйелер» WiMAX абоненттік станцияларына арналған MAC протоколының функцияларын толықтай жүзеге асырады. Wavesat екі микросхеманы шығару арқылы дамудың тағы бір тәсілді ұсынды: DM256 OFDM модемі (физикалық деңгейдегі функцияларды жүзеге асырады) және MC336 (MAC протоколының төменгі қабатын іске асыратын есептеуіш ядросы). Fujitsu , Intel және Sequans жүйесінен «чиптегі жүйеге» негізделген абоненттік модемді әзірлеу үшін қосымша сыртқы процессор қажет емес.

Кесте 2.2 - WiMAX абоненттік жабдықты дамытуға арналған шешімдердің негізгі параметрлері

	Fujitsu MB 87M3400	Intel PRO/Wireless 5116	Sequens SQN 1010	Wavesat DM256/MC336
Функциялар	PHY/MAC	PHY/MAC	PHY/MAC	PHY/MAC төменгі деңгей
Арна ең үлкен ені	20 МГц	10 МГц	28 МГц	10 МГц
Дуплекс режимі	H-FDD, TDD, FDD (2 чип)	H-FDD, TDD	FDD, H-FDD, TD	FDD, H-FDD, TDD
Жүйелік интерфейс	MII, 32-bit generic	MII	RMII, PCI	PCI
Шифрлеу-дешифрлеу функциясын ұстану	бар	бар	бар	бар

Дуплекстің түрі, арна ені және басқа параметрлер бойынша анықталған қаралған чиптердің сипаттамалары өте ерекшеленеді. Fujitsu MB87M3400 шешіміне негізделген толық дуплексті жұмысын ұйымдастыру екі фишканы пайдалануды талап етеді. Sequans SQN1010 чип толық дуплексті жұмыс қолдайды бірінші «жүйесі чипте» болып табылады. Wavesat DM256 / MC336 шешімі, DM256 OFDM модемінің чипі негізінде толық дуплексті жұмыс режимін ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Intel чиптің және Wavesat үшін арна барынша ені 3,5 және 7 МГц аралық мәндері бар 10 МГц, ал микрочиптер компания Fujitsu және Sequans, тиісінше, ені арналарын 20 және 28 МГц ұйымдастыру мүмкіндік береді.

Қарастырылған «чиптегі жүйелер» радиосы интерфейсі сыртқы трансивермен тікелей аналогтық қосылу үшін ADC/DAC блоктары бар. Қойындыда. 2 WiMAX абоненттік жабдықты дамыту бойынша шешімдердің негізгі параметрлерін ұсынады [6].

Базалық станциялар. Белгілі фишкалар негізінде WiMAX базалық станцияларын дамыту нұсқаларын қарастырыңыз . Fujitsu негізгі және абоненттік станциялары үшін чип MB87M3400 әзірледі. Дегенмен, Intel шешіміне қарағанда, Fujitsu чипі сыртқы процессордың интерфейсі бар. Толық дуплексті режимді іске асыру үшін, екі чиптерді пайдалану қажет, олардың біреуі физикалық қабаттың және MAC протоколының төменгі қабатының функцияларын орындайды, екіншісі MAC протоколының жоғарғы қабатын енгізу үшін сыртқы процессор (үшінші тарап компания). Негізгі станцияларды дамыту үшін Fujitsu Freescale MPC8560 процессорымен толық дуплексті операцияны жүзеге асыратын, бірақ жоғары деңгейлі MAC протоколының функцияларын қамтамасыз ететін бағдарламалық қамтамасыз етуді қамтамасыз етпейтін отладка жинағын ұсынады.

PicoChip оның екі параллель процессорлар PC102 салынған шешімдер PC102 / PC8520, ұсынады. Компания PC102 чиптеріндегі MAC протоколының төменгі деңгейінің физикалық қабатын және функцияларын орындайтын бағдарламалық қамтамасыз етуді ұсынады. Сондай-ақ Fujitsu, PicoChip компания күйін келтіру жинағына жоғарғы MAC-деңгейлі хаттама жүзеге асыру үшін Freescale MPC8565 процессор пайдаланады. Алайда, Fujitsu айырмашылығы, PicoChip жоғарғы MAC-қабат хаттамаға олардың лицензиялық бағдарламалық қамтамасыз ету болды. PC102/PC8520 шешімі шифрлау-дешифрлеу функцияларын қамтымағандықтан, оларды орындау үшін сыртқы процессор пайдаланылуы керек.

SQN2010-ның Sequans базалық станцияларын дамыту чипі толық дуплексті режимге ие бірінші «чиптегі жүйе». SQN2010 базалық станцияның толық дуплексті жұмысы үшін қажетті физикалық және MAC қабаттарының барлық функцияларын орындайды. Chip SQN2010 MAC протоколының жоғарғы қабатын енгізетін екінші орталық процессордың қатысуымен SQN1010-нан ерекшеленеді. Сыртқы процессордың қосылуын қамтамасыз ету үшін PCI интерфейсі SQN1010 чипте берілген.

Wavesat DM256 / MC336 шешімімен базалық станцияларды дамыту үшін де пайдалануға болады. Бұл шешім толық дуплекстік операцияны қолдайды, бірақ шифрлау-дешифрлеу функцияларын іске асыру үшін сыртқы процессордың қосылуын талап етеді. Сондай-ақ Fujitsu, Wavesat жоғарғы MAC-қабаты протокол үшін ешқандай бағдарламалық қамтамасыз ету қолдау көрсетеді, сіз базалық станциялар дамыту қажет.

Сипатталған төрт шешімді тек PicoChip PC102 чиптері ADC/DAC функцияларын біріктірмейді. Демек, аналогтық радиобайланысты қолданатын әзірлемелер қосымша ADC/DAC құрылғыларын талап етеді. Негізгі станцияларды дамытуға арналған қарастырылған шешімдердің негізгі параметрлері Кестеде келтірілген. 3 [6].

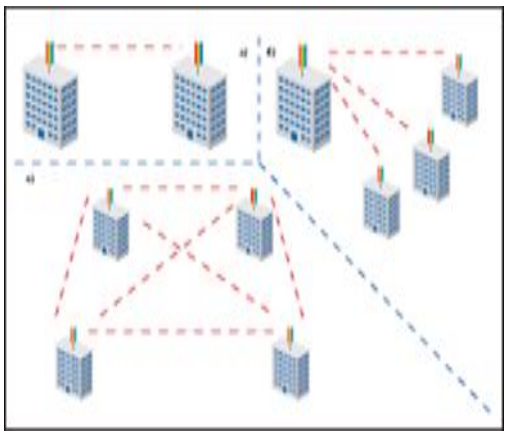
Кесте 2.3 - WiMAX базалық станцияларын дамытуға қарастырылған шешімдердің негізгі параметрлері

	Fujitsu MB 87M3400	PicoChip PC102/PC&520	Sequens SQN 2010	Wavesat DM256/MC336
Функциялар	PHY/MAC	PHY/MACтөменгі деңгей	PHY/MAC	PHY/MAC төменгі деңгей
Арна ең үлкен ені	20 МГц	10 МГц	28 МГц	10 МГц
Чиптер саны: TDD FDD	1 чип 2 чипті	2 чипті 2 чипті	1 чип 1 чип	1 чип 1 чип
Жүйелік интерфейс	MII, 32-bit generic	MII	RMII, PCI	PCI
Радиоинтер-фейс	Аналогты, цифрлы	цифрлы	Аналогты және цифрлы	Аналогты және цифрлы
Шифрлеу-дешифрлеу функциясын ұстану	бар	бар	бар	бар

WiMAX жүйесін дамыту үшін микросхемерлерді таңдау маңызды стратегиялық шешім болып табылады. Жылдам әрі тиімді жүйені жетілдіру бағдарламалық және аппараттық қамтамасыз етудің ең толық қолдауын және өңдеу мен жөндеуді қажет етеді. Отладка жинақтарының бар болуы өнімді таңдағанда негізгі критерийлердің бірі болып табылатын WiMAX жабдығының даму жылдамдығын едәуір арттыруға және төмендетуге мүмкіндік береді .

WiMAX жүйесін қолдану, Бекітілген сымсыз қатынау желісін құру базалық станциялардың арасында байланыс орнату үшін базалық станциялар, абоненттік станциялар мен жабдықтардың үш түрін пайдалануды қамтиды. WiMAX негізіндегі қатынау желілерінде кең диапазондағы антенналар мен антенналар, сонымен қатар көп бағытты қамтитын антенналар қолданылады.

Желілік топология. Нүктелік байланыс (сурет) үшін бір-біріне бағытталған екі антенна қолданылады; мысалы, іргелес релелік мұнаралар арасындағы қашықтық 10 километрге есептелетін радиорелейлік электр жеткізу желілері осы жолмен салынады. Ұпайдан мультиплатиналы топологияға (6-сурет), ұяшықтың ортасына көп функциялы немесе секторлық антеннасы бар базалық станция орналасқан, ал оған қызмет көрсететін барлық абоненттер оған бағдарланған антенналармен жабдықталған.



Сурет 2.6 – Мүмкін болатын WiMAX желісінің топологиялары

Қосылымның басқа түрі тек барлық бағытты антенналарды пайдалану арқылы алынады. Бұл жағдайда «әрқайсысы», немесе «көп нүктелі - көп нүкте» (тор) байланысу мүмкіндігіне қол жеткізіледі (6-сурет).

WiMAX базалық станциясы модульдік шешім болып табылады, ол қажет болғанда әртүрлі бірліктермен толықтырылуы мүмкін, мысалы, провайдердің магистральдық желісімен байланысу үшін модульдер. Минималды конфигурацияда радио интерфейс модулі және сымды желі қосылымы модулі орнатылады .

Жиілік диапазоны. WiMAX жабдықтарын таңдағанда, оның техникалық сипаттамалары мен бағасынан басқа, маңызды және жиі шешуші фактор Ресейге тән жиіліктерді алуға мүмкіндік беретін қиындықтар сияқты фактор болып табылады. Ресейде іс жүзінде «лицензиясыз» диапазондар жоқ. Жабдықтардың әртүрлі түрлері үшін жиілік рұқсатнамаларын алудың басқа тәртібі бар. Кез-келген топта жұмыс істеу үшін телекоммуникациялық операторлар жиілік қызметтері мен коммуникацияларды қадағалау қызметтері үшін жеткілікті күрделі және көп деңгейлі шешімдер алуға тиіс [5].

Біздің елімізде WiMAX жүйелерін енгізу жылдамдығына әсер ететін негізгі фактор спектрді реттеу мәселелері болып табылады, өйткені WiMAX қызметтер нарығының дамуы операторларға қажетті жиілік ресурсын тікелей байланысты болады. Бүгінгі таңда WiMAX технологиясын болашақ дамыту тұрғысынан ең перспективалы болып табылады 2.4, 3.5 және 5.6 ГГц диапазонындағы жолақтар.

Спектрдің әртүрлі бөліктерінде радиотолқындардың таралуының көбінесе жабдықтардың диапазонын, сондай-ақ многолистке қарсылығын анықтайтын өз ерекшеліктері бар екенін ескеру қажет .

WiMAX жүйесін таңдаудың жалпы тәсілдері

Қол жетімді WiMAX жүйесі мына мәселелерді қарастырады [7]:

- жиілік диапазонын таңдау;
- қажетті жиілік қорының шамасын анықтау;
- радиожиіліктерді бөлу және тағайындау рәсімдерін әзірлеу;
- заңнамалық мәселелерді әзірлеу.

Белгілі бір жүйелерді қарастырудан бұрын жүйенің таңдаудың жалпы мәселелерін қарастыру ұсынылады, ол талдаудың алдын ала сатысында нақты қолайсыз нұсқаларды қабылдамауға көмектеседі. Біз WiMAX тіркелген сымсыз кіру жабдықтарын таңдауды басшылыққа алатын критерийлерді тұжырымдаймыз [7]:

Жабдықты сымсыз жабдықты әзірлеу мен өндіру тәжірибесі бар мамандандырылған компания жасайды, бұл сапаның белгілі бір кепілі болып табылады.

Өндіруші ұсынған жабдықтың техникалық сипаттамалары оның мүмкіндіктері туралы қорытынды жасай алу үшін жеткілікті түрде толық болуы керек. Мұндай сипаттамалардың көрсетілуі қызметкерлердің кәсіпқойлығы туралы айтады және белгілі бір дәрежеде сатушының тауар белгісімен белгілі брендті қайта сату туралы емес, түпнұсқа өнім туралы болып табылады.

Жөн, базалық станциясы мүмкіндігі болды таңбалар және ол қабілетті болуы тиіс, ол үшін фазалық арттыру өнімділігі, сыртқы антеннаны қосыңыз. Содан кейін, бірінші кезеңде, көп бағытты антеннасы бар бір базалық станция жеткілікті, келесі екі, 180 грамм ені бар антенналармен және тағы басқалармен.

Жабдық сертификатталған болуы керек.

Жабдықпен пайдаланылатын жиіліктерде жиіліктерді пайдалануға рұқсат алуға болады.

Жүйе қолайлы шығындарға ие болуы керек, ең алдымен, абоненттік жабдықтың ең төменгі құны маңызды.

WiMAX бүгінгі күні сымсыз деректерді берудің ең озық және перспективалық технологияларының бірі. Біріктірілген кезде, жабдықтарды өндірушілер мен байланыс операторлары WiMAX DSL және кабельдік қосылыстардың нақты ауыстыруы болуы мүмкін, бұл абоненттерді ірі қалаларда және шеткеріде қажетті қызметпен қамтамасыз етеді.

2.2 5G ұялы желілерін пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу

«Гараждоның» сапалы ақпараттары шетелдік көздерден табылған. Жұмыста Иот 5G мұқтаждықтары [1], автор жалпы алғанда ұялы байланыс проблемаларын қарастырады және осы мәселелермен қалай күресуге болатынын сипаттайды. Мақалада IEEE 802.16 WiMAX стандарттар [2] бесінші буын желілерінің хаттамалық стандартын толығымен сипаттайды. OFDM және MCCS егжей-тегжейлі қарастырылған.

IEEE 802.16 стандартының талдауы С.Пахомов пен Ю.Семеновтың мақалаларында келтірілген [4]. Осы мақалада авторлар стандартты және олардың ішкі категорияларының ерекшеліктерін талдайды.

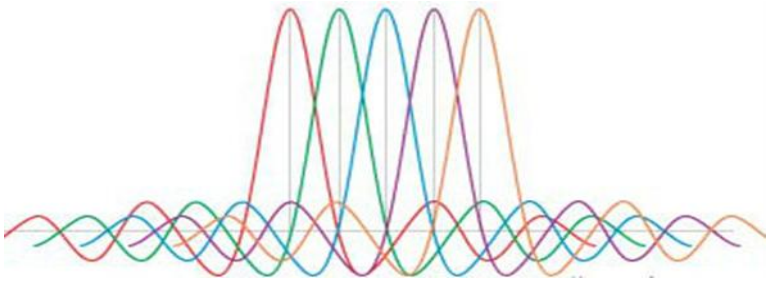
Васильев В.Г. [5] көптеген субконструкцияларымен (OFDM) ортогоналды жиілікті бөлуді қарастырады . Бір мақаланың авторы 802.16 Стандарттар негіздері стандарттың құрылымдық бөлінуі сипатталады.

2.3 Бесінші буын желілері

WiMAX (Worldwide Бірлескен жұмыс үшін Микротолқынды пеш Access) Халықаралық электр және электроника инженерлерінің институты (IEEE) әзірлеген IEEE 802.16 стандарттарының отбасына негізделген тасымалдаушы технологиясы ретінде түсініледі. IEEE 802.16 стандарттары қалалық деңгейдегі бекітілген сымсыз кеңжолақты қатынау жүйелерінің физикалық қабілетін және кіруді бақылау деңгейін анықтайды.

OFDM - модуляция мен мультиплексингтің тіркесімі. Әдетте, мультиплексирование әртүрлі көздерден алынған тәуелсіз сигналдарға жатады . OFDM-та мультиплексорлық тапсырма жеке сигналдарға қолданылады, бірақ бұл жеке сигналдар бір негізгі сигнал жиынтығы болып табылады.

OFDM жиіліктік бөлу мультиплексированияның ерекше жағдайы болып табылады. OFDM негізгі ұғымы - субструкция ортогоналдығы.



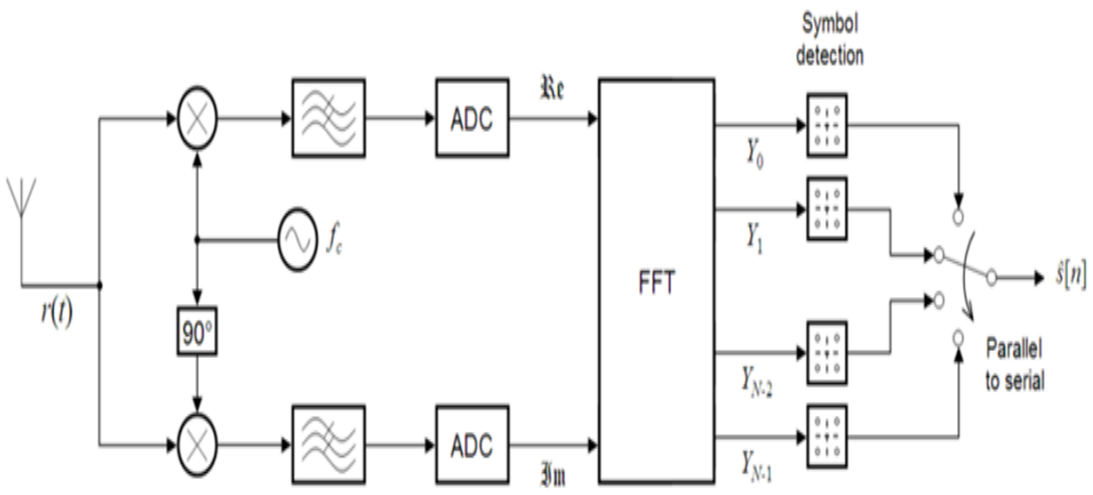
Сурет 2.7 - Ортогоналды көтергіштері бар жабылатын жиілік арналарының мысалы

IEEE 802.16 стандарты 66 ГГц дейінгі диапазонда аймақтық ауқымдағы желілерді құруды сипаттайды. Физикалық деңгейде стандарт үш түрлі деректерді беру әдісін қарастырады:

- бір тасымалдаушыны модуляция әдісі.
- ортогоналды көтеру арқылы модуляция әдісі (OFDM).
- ортогоналды көтеру арқылы мультиплексирлеу әдісі.

OFDM режимі - ені 1-2 МГц және одан жоғары бір жиілік арнасында деректер ағынын модуляция әдісі.

Мұндай жиіліктер диапазонында осы модуляцияны кең қолдану қолданыстағы желілердің жылдамдығын арттыруға мүмкіндік береді.



Сурет 2.8 - OFDM әдісін іске асыру

5G желілерінде 1 ГГц бастап және одан төмен миллиметрлік диапазонға дейінгі жиілік спектрі пайдаланылады.

Интернет заттар үшін ұсынылған жиіліктер 1 ГГц төмен. Төмен жиіліктер алыс қашықтықта сенімді қабылдауды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл қазіргі уақытта LTE интернет саласында заттарды кедергі келтіреді. IPv6 қолдайтын түйіндердің рұқсат етілген тығыздығының бірнеше рет өсуі желіге жаңа құрылғылардың үлкен санын шығаруға мүмкіндік береді.

OFDM сигналын WiMAX желісінің физикалық деңгейінде қолдану. WiMAX жүйесінде кеңжолақты Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) таржолақты сигналдардың жиіліктік спектрі бойынша көптеген таржолақты сигналдардан құралған сигнал қолданылады. Қолдану ИНСТРУМЕНТАЛДЫ сигнал қамтамасыз етеді WIMAX жүйелерінде ең жоғарғы сыныпта BWA спектральную тиімділігі (деректерді беру жылдамдығы бір Герце белдеуін жиілік спектрін), жұмыс істеу мүмкіндігі тыс тікелей көріну, ең жоғары энергетикалық параметрлері байланысты қамтамасыз ететін жоғары қашықтығы, мүмкіндігін тиімді қызмет көрсету мобильдік абоненттер.

Маңызды үздік инструменталды технология қарапайым бөліну радиосигналды бірнеше параллель жиілік арналары болып табылады ортогональность поднесущих топтық спектрінде инструменталды сигнал. Ортогональдылықтың физикалық мағынасы әр әкелетін арнайы белгінің құрылымына – фаза бойынша 90 градусқа айыратын сигналдың синусоидалы тербелісінің белгілі бір бірегей санын араластыру болып табылады (ортогоналдық функциялар), олардың жиіліктік спектрлері ішінара жабылған жағдайда да белгі деректерін талдау негізінде демультиплексорға әкелетін сигналдарды бөлуге мүмкіндік беретін. Қазіргі заманғы жолақтық жиіліктік сүзгілердің шектеулі технологиялық мүмкіндіктерінің салдарынан жалпы спектрде әдеттегі көп арналы сигналдарды алып жүру жеткілікті үлкен жиіліктік таратуды талап етеді, бұл берілген жиілік жолағында олардың санының артуын шектейді. Демультиплексирлеу кезінде OFDM топтық спектрінде салмақ түсетін сигналдарды бөлу сигналдарды ортогоналдық түрлендірудің көмегімен

жүргізіледі. Бұл сигнал спектрінде оларды орналастырудың жиіліктік тығыздығын айтарлықтай арттыруға және спектрлік тиімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

Кесте 2.4 – Стандарттар ерекшелігі

Стандартты	802.16	802.16 / a / d (802.16-2004)	802.16e
Жиілік диапазоны	16-66 ГГц	2-11 ГГц	2-6 ГГц
Желі түрі	Тұрақты	Тұрақты	Жылжымалы
Қамту аймағы	Көзқарас сызығы	Көру жоқ	
Қамту радиусы	2-4 км	4-6 км (ашық кеңістікте 15-20 м	4-6 км
Деректерді беру жылдамдығы	28 МГц жолағы бар 32-134 Мбит / с	20 МГц жолағы бар 75 Мбит / с дейін	5 МГц жолағы бар 15 Мбит / с дейін
Модуляция	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM 256, OFDMA, BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	
Арна ені	20, 25 және 28 МГц	Сайлаудың ені 1,25-ден 20 МГц-ке дейін	

IEEE 802.16 хаттамасы мегаполис деңгейінде сымсыз қатынауды қамтамасыз етуге арналған және «соңғы миля» мәселесін шешуге арналған, сондай-ақ бірыңғай шешім арқасында жаңа байланыстарды орнату үшін қаржылық шығындар мен уақыт шығындарын азайтады. Егер бүгінгі күні бір кәсіпорынды желісіне қосу үшін бірнеше ай қажет болса, болашақта мұны бірнеше сағат немесе күндерде жасауға болады. IEEE 802.16 кіру нүктелері ұялы желілердің биік ғимараттар мен шыңдарында орнатылады. 2-ден 11 ГГц жиіліктер диапазонында жұмыс істейтін, олар бір базалық станцияның секциясына секундына 70 мегабитке дейінгі арна ені бар сымсыз қатынауды және көзге көрінетіндей деректерді беруді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Клиенттерге бөлінген өткізу жолағы провайдер тарапынан бақылануы мүмкін, мысалы, DSL деңгейінде жеке тұлғаларға және T1 деңгейіне дейін ұйымдарға беруге мүмкіндік береді. IEEE 802.16 хаттамада тек деректерді беру ғана емес, сондай-ақ осы протоколға негізделген бейне телефония (параллель дауыстық деректер және бейне) көмегімен ұялы байланыс желілерін ұйымдастыруға мүмкіндік беретін бейне және бейне (сол деректер түрінде) және Интернетке кіру.

Дипломдық жұмыс өзекті тақырыптарға арналған бесінші буын желілерін стандарттау үшін негізгі бөліктерді зерттеу міндеті қойылды. Сондай-ақ, осы деректерге негізделе отырып, Интернеттің қалай көрінетінін болжауға болады.

3 Есептеу бөлімі

LTE желісін жос.парлау мына этаптармен жүзеге асырылады:

а) желі кеңістік параметрлерін анықтау (жоғалтулар, шуылдар);

б) жиіліктік жоспарлау (диапазон және жолақтар ені);

в) жабу бағасы (аймақты жабу үшін базалық станциялары).

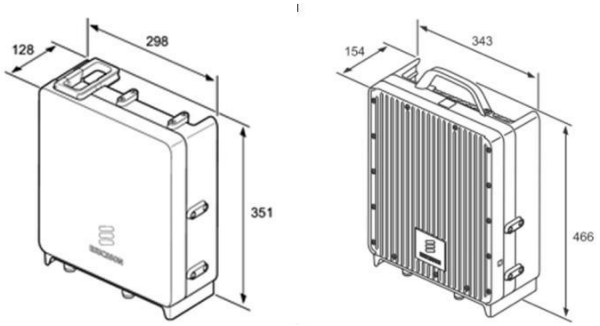
Ең алғашқыда жоғалтулар энергетикалық бюджетін немесе жолдарда ең жоғары рұқсат етілген шығындарды (МДП) санау қажет. МДП эквивалентті изотропты сәулеленетін қуаттың айырмасымен есептеледі.

Эквивалентті изотропты сәулелеленетін қуат – станция антеннасына жететін қуатты өндіру

$$P_{ЭИИМ} = P_{ПРД} + G_{ПРД} + G_{ПРДАН} - L_{ПРДф} \quad (3.1)$$

LTE 800 МГц және 1800 МГц жиілік диапазондарында жұмыс жасайды. Арна өткізу жолағы 20 МГц. Жиіліктік бөлу принципі FDD. FDD – ұялы байланыс, сигналды жиілікпен бөледі. Осы жағдайда сигнал екі түрлі жиілікке бөлінеді. Бір жиілік мәліметтерді қабылдау үшін (download), басқасы – қабылдау үшін (upload). Бұл байланыс сапасын жақсартуға көмектеседі, және мәліметтерді тарату кезінде үзілістерді болдырмайды. Бұл жағдайда DL – 10 МГц, UL – 10 МГц.

Ercisson – Radio2217 компаниясының радиоблогы (800 МГц жиілік үшін) және Radio2219 (1800 МГц жиілігі үшін) пайдаланылады. Берілген радиоблоктар орын тиімді пайдалану және ыңғайлылық үшін қос бекіту көмегімен антенна жанына орналастырылады.



Сурет 3.1 – Wi-Fi роутер Huawei E5776

Қолданылатын стандарттар мен технологиялар:

2G GPRS, EDGE (GSM 850, 900, 1800, 1900 МГц),

3G HSPA, HSPA+, DC-HSPA+ (UMTS 900, 2100 МГц),

4G LTE Cat4 FDD/TDD (LTE FDD 800/1800/2600 МГц, TDD 2300 МГц)3G үшін ең жоғары деректерді жинау жылдамдығы

43,2 Мбит/с, ал 4G — 150 Мбит/с (FDD).

Сигнал сапасы нашар жерлерде 14 дБи күшейту коэффициенті бар MIMO антеннасы.

Шығу қуаты 18 дБм.

3.1 Шығындардың есебі

Кесте 3.1 - 800/1800 және UL жиіліктеріне арналған DL энергиясының параметрлері

Параметрлер	DL800	DL1800	UL800	UL1800
Станция шығыс қуаты, дБм	43		23	
БС антенна күшейту коэффициенті, бДм	14.5	16.8	0	
АС антенна күшейту коэффициенті	0		14	16
Кабель өшуліктері	0.5		0	
Таратқыш қуаттарын қосқандағы ұтым	3		0	
Жылулық шуыл қуаты, дБм	-103.9		-118.1	
Signal/Noise қатынасы	-0,23		0.62	
Қабылдағы шуыл коэффициенті	8		2.5	
Бөгеуіл запасы бД	8,51		3.9	
Мекемеге радиотолқын ену қоры	9	12	9	12
Көлеңкелеу қоры, бД	8,7		8.7	

$$S_{ПРИЕМ\,DL} = -103{,}9 - 0{,}23 + 8 = -96{,}13,$$

Ең рұқсат етілген шығындар формула бойынша есептеледі:

$$L_{СУММ} = P_{ЭИИМ} - S_{ПРИЕМ} + G_{АН} - L_{АН} - M_{ПРОН} - M_{ПОМ} - M_{ЗАТЕН} + G_{ХЭНД} \quad (3.2)$$

800 МГц жиілік үшін төмендегі сызықтар:

$$L_{СУММ} = 60 + 96{,}13 - 0 - 0{,}5 - 9 - 8{,}51 - 8{,}7 + 2{,}5 = 131{,}92 \text{ дБ}$$

жолдың төменгі жиілігін төмендету үшін:

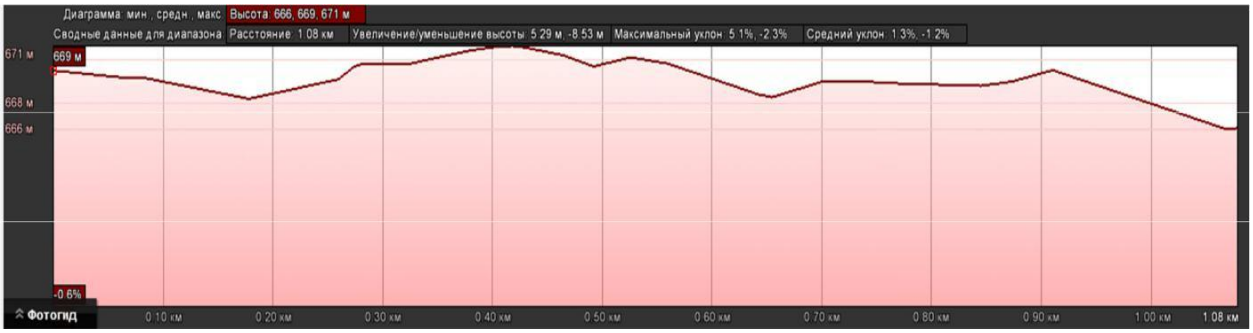
$$L_{СУММ} = 62{,}3 + 96{,}13 - 0 - 0{,}5 - 12 - 8{,}51 - 8{,}7 + 2{,}5 = 131{,}22 \text{ дБ}$$

Жиілік үшін 800 МГц жоғары сызық:

$$L_{СУММ} = 23 + 120{,}08 + 14 + 0 - 9 - 3{,}9 - 8{,}7 + 2{,}5 = 138{,}48 \text{ дБ}$$

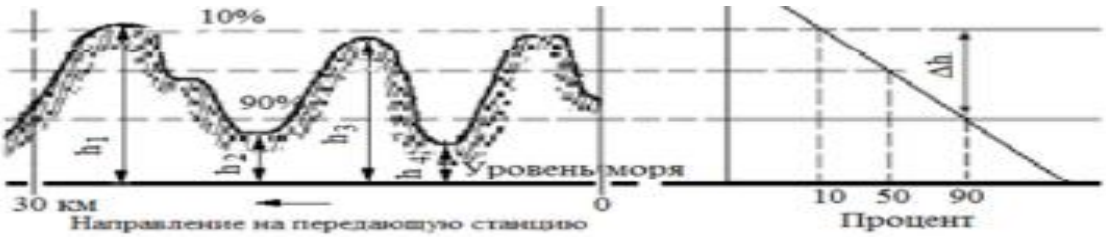
Сурет 3.2 - Оңтүстік-Шығыс бағыты бойынша жеңілдік

h_{max}= 681 м,
h_{min}= 676 м,
$h_1 = 681 \cdot 0{,}9 = 612{,}9$ м,
$h_2 = 676 \cdot 1{,}1 = 743{,}6$ м,
$\Delta h = 743{,}6 - 612{,}9 = 130{,}7$ м



Сурет 3.3 - Батыс бағытта жеңілдік

h_{max}= 671 м,
h_{min}= 666 м,



Сурет 3.4 - Жер бетінің біркелкі емес дәрежесін сипаттайтын параметрді анықтау

Радиотолқындардың жүру жолы оның орынына байланысты болады, мысалы:

- орналасу антенналарды беруші-базалық станция;
- жер бедері;
- үлгіде орналасқан жер бедері,онда байланыс жүйесі орналасады.

радио толқындарын тарату бөлігіндегі ең жоғары және ең терең нүктелер арасындағы биіктік айырмасы ретінде есептеледі. Бұл жағдайда биіктік биіктігі 10 пайызға төмендейді, ал депрессияның тереңдігі жоғарғы бөліктің 90% -на қабылданады (3.4-сурет).

Жер телімі радиотолқындардың таралуына айтарлықтай әсер етеді өріс қарқындылығын құру және әрдайым радиотолқынды тарату жолында әрдайым жаратылыстану - биіктік, жердегі өсімдіктер, теңіз толқындары және жасанды құрылымдар, инженерлік құрылымдар сияқты тегіс емес. Әрбір нақты жолда әртүрлі бет жағының бетінде біркелкі емес теңдеулер болуы мүмкін, сондықтан олардың әсерін азайту факторының шамасына әсер ету туралы шамамен есептелуі мүмкін.

Бұл әсердің дәрежесі көптеген факторлармен анықталады: биіктік, қателіктердің салыстырмалы позициясы мен нысаны, маршруттың ұзақтығы.

Ауыстырылатын антенналардың орналасқан жеріне жол бермеу үшін сізге жерді (карталармен) білу қажет.

Рельефті есептеу үшін базалық станция мен абоненттік станция арасындағы нақты жерді ескеретін түзетуін анықтау қажет.

Түзетудің шамасы 200 м-ден жоғары биіктікте Δh биіктікте -5 дБ-дан бастап көру көзі үшін және +5 дБ дейін бағаланады.

Бұдан кейін, картасын пайдаланып, ықшамауданының жерін анықтаймыз.

Бағыттара жер рельефін түзету:

Солтүстік-Шығыс

$$L_{РЕЛ} = \frac{10+6}{2} = 8 \text{ дБ}$$

Оңтүстік-Шығыс

$$L_{РЕЛ} = \frac{11+7}{2} = 9 \text{ дБ}$$

Батыс

$$L_{РЕЛ} = \frac{9+5}{2} = 7 \text{ дБ}$$

Қосындыланған өшулік мына формула бойынша табылады:

$$L_р = L_\Sigma - L_{РЕЛ} \tag{3.3}$$

мұндағы L шашырау кезіндегі жоғалтулар;
Lрел– жер рельефіне байланысты түзетулер.
Осы жер типіне байланысты өшуліктер:

$$L_р = L_\Sigma - L_{РЕЛ} \tag{3.4}$$

800 МГц жиілігі үшін төмен сызық (DL):

Солтүстік-Шығыс: $L_р = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 131{,}92 - 8 = 123{,}92 \text{ дБ}$,

Оңтүстік-Шығыс: $L_р = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 131{,}92 - 9 = 122{,}92 \text{ дБ}$,

Жер телімі радиотолқындардың таралуына айтарлықтай әсер етеді өріс қарқындылығын құру және әрдайым радиотолқынды тарату жолында әрдайым жаратылыстану - биіктік, жердегі өсімдіктер, теңіз толқындары және жасанды құрылымдар, инженерлік құрылымдар сияқты тегіс емес. Әрбір нақты жолда әртүрлі бет жағының бетінде біркелкі емес теңдеулер болуы мүмкін, сондықтан олардың әсерін азайту факторының шамасына әсер ету туралы шамамен есептелуі мүмкін.

Бұл әсердің дәрежесі көптеген факторлармен анықталады: биіктік, қателіктердің салыстырмалы позициясы мен нысаны, маршруттың ұзақтығы.

Ауыстырылатын антенналардың орналасқан жеріне жол бермеу үшін сізге жерді (карталармен) білу қажет.

Рельефті есептеу үшін базалық станция мен абоненттік станция арасындағы нақты жерді ескеретін LREL түзетуін анықтау қажет. Түзетудің шамасы 200 м-ден жоғары биіктікте Δh биіктікте -5 дБ-дан бастап көру көзі үшін және +5 дБ дейін бағаланады.

Бұдан кейін, картасын пайдаланып, ықшамауданының жерін анықтаймыз.

Батыс: 1800 МГц жиілігі үшін төменгі жол (DL):

Солтүстік-Шығыс: $L_р = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 131{,}22 - 8 = 123{,}22 \text{ дБ}$,

Оңтүстік-Шығыс: $L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 131{,}22 - 9 = 122{,}22$ дБ ,

Батыс: $L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 131{,}22 - 7 = 124{,}22$ дБ

800 МГц жиілігі үшін төменгі жол (UL):

Солтүстік-Шығыс: $L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 138{,}48 - 8 = 130{,}48$ дБ ,

Оңтүстік-Шығыс: $L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 138{,}48 - 9 = 129{,}48$ дБ ,

Батыс: $L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 138{,}48 - 7 = 131{,}48$ дБ

1800 МГц жиілігі үшін төменгі жол (UL):

Солтүстік-Шығыс: $L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 137{,}48 - 8 = 129{,}48$ дБ ,

Оңтүстік-Шығыс: $L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 137{,}48 - 9 = 128{,}48$ дБ ,

Батыс: $L_P = L_\Sigma - L_{РЕЛ} = 137{,}48 - 7 = 130{,}48$ дБ

Өшулік табылған соң байланыс ұзақтығын табуға болады.

3.2 Базалық станция қамту аймағын есептеу

Қазіргі кезде радиожелі аймақтарының үш тобын қарастыруға болады:
- статистикалық үлгі;
- детерминирленген үлгі;
- квазидетерминирленген үлгі.

Статистикалық үлгілер эксперименталды зерттеулер қорытындысына негізделген. Есептеу дәлдігі жер картасына негізделген эмпирикалық коэффициенттерге байланысты. Жетістігі – есептеудің аз уақыты.

Статистикалық үлгілерге Окамура, Хата, COST231-Хата, Ли және басқа да үлгілер жатады.
др.

Біздің есетеулер үшін Хата жәнеCOST231-Хата үлгілері қолданылды.

Хата үлгісі мына шарттарға пайдаланылады:
- жұмыс жиілігі: 150-1500 МГц;
- трасса ұзақтығы: 1-20 км;
- антенна биіктігі БС: 30-200 м;
- АС антенна биіктігі: 1-10 м.

COST231-Хата үлгісі 1500-2000 МГц жиіліктерде пайдаланылады. Сонымен қатар бұл үлгіде жер: кіші қалалар/қала маңы, ірі қалалар әсер етеді.

Сәйкесінше, 800 МГц диапазонында Хата үлгісін мына формула бойынша шығаруға болады:

$$L_p = A + B \cdot \lg(r) - C, \tag{3.5}$$

мұндағы L_P – берілген жер өшулігі;
r –БС және АС ара қашықтығы.

r ді формула арқылы өрнектейміз (3.6):

$$r = 10^{\frac{L_p - A + C}{B}} \tag{3.6}$$

A, B, C шамалары мына формуламен өрнектеледі:

$$A = 69{,}55 + 26{,}16 \cdot \lg(f) - 13{,}82 \cdot \lg(h_b) - a(h_m),$$
$$B = 44{,}9 - 6{,}55 \cdot \lg(h_b),$$
$$C = 2 \cdot \left[\lg\left(\frac{f}{28}\right)\right]^2 + 5{,}4,$$

$$C = 2 \cdot \left[\lg\left(\frac{f}{28}\right)\right]^2 + 5{,}4, \tag{3.7}$$

мұндағы f – жұмыс жиілігі;
h_b – антенна ілу биіктігі;
$a(h_m)$ – АС антенна ілі коэффициенті.
Ол мына формула бойынша анықталад (кіші немесе орташа қала):

$$a(h_m) = [1{,}1 \cdot \lg(f) - 0{,}7] \cdot h_m - [1{,}56 \cdot \lg(f) - 0{,}8], \tag{3.8}$$

мұндағы h_m –АС антенна биіктігі.

1800 МГц диапазоны үшін COST231-Хата үлгісін мына формула бойынша анықтаймыз:

$$L_p = A + B \cdot \lg(r) + C \tag{3.9}$$

A, B, C мәндері келесі формулалармен анықталады:

$$A = 46{,}3 + 33{,}9 \cdot \lg(f) - 13{,}82 \cdot \lg(h_b) - a(h_m),$$
$$B = 44{,}9 - 6{,}55 \cdot \lg(h_b),$$
$$C = 0$$

C мәні 0 ретінде алынады, себебі шағын аудан қала маңындағы аймақта орналасқан.

800 жиілік ауқымы үшін DL желісін (төмен) есептеу:

$$a(h_m) = [1{,}1 \cdot \lg(780) - 0{,}7] \cdot 1{,}5 - [1{,}56 \cdot \lg(780) - 0{,}8] = 0{,}01\ ,$$
$$A = 69{,}55 + 26{,}16 \cdot \lg(780) - 13{,}82 \cdot \lg(30) - 0{,}01 = 124{,}783\ ,$$
$$B = 44{,}9 - 6{,}55 \cdot \lg(30) = 35{,}225\ ,$$
$$C = 2 \cdot \left[\lg\left(\frac{780}{28}\right)\right]^2 + 5{,}4 = 9{,}576$$

Солтүстік-Шығыс:

$$r = 10^{\frac{123{,}92 - 124{,}783 + 9{,}576}{35{,}225}} = 1{,}767 \text{ км}$$

Оңтүстік-Шығыс:

$$r = 10^{\frac{122{,}92 - 124{,}783 + 9{,}576}{35{,}225}} = 1{,}656 \text{ км}$$

Батыс:

$$r = 10^{\frac{124{,}92 - 124{,}783 + 9{,}576}{35{,}225}} = 1{,}887 \text{ км}$$

1800 МГц жиілік диапазоны үшін DL желісін (төмен) есептеу:

$$a(h_m) = [1{,}1 \cdot \lg(1785) - 0{,}7] \cdot 1{,}5 - [1{,}56 \cdot \lg(1785) - 0{,}8] = 0{,}043\ ,$$
$$A = 46{,}3 + 33{,}9 \cdot \lg(1785) - 13{,}82 \cdot \lg(30) - 0{,}043 = 136{,}074\ ,$$
$$B = 44{,}9 - 6{,}55 \cdot \lg(30) = 35{,}225\ ,$$
$$C = 0$$

Солтүстік-Шығыс:

$$r = 10^{\frac{123{,}22 - 136{,}074}{35{,}225}} = 0{,}432 \text{ км}$$

Оңтүстік-Шығыс:

$$r = 10^{\frac{122{,}22 - 136{,}074}{35{,}225}} = 0{,}404 \text{ км}$$

Батыс:

$$r = 10^{\frac{124{,}22 - 136{,}074}{35{,}225}} = 0{,}461 \text{ км}$$

800 МГц жиілік ауқымы үшін UL сызығын (жоғарғы) есептеу

$$a(h_m) = [1{,}1 \cdot \lg(830) - 0{,}7] \cdot 1{,}5 - [1{,}56 \cdot \lg(830) - 0{,}8] = 0{,}013\,,$$

$$A = 69{,}55 + 26{,}16 \cdot \lg(830) - 13{,}82 \cdot \lg(30) - 0{,}01 = 125{,}487\,,$$

$$B = 44{,}9 - 6{,}55 \cdot \lg(30) = 35{,}225\,,$$

$$C = 2 \cdot \left[\lg\left(\frac{830}{28}\right)\right]^2 + 5{,}4 = 9{,}733$$

Солтүстік-Шығыс:

$$r = 10^{\frac{130{,}48 - 125{,}487 + 9{,}733}{35{,}225}} = 2{,}619 \text{ км}$$

Оңтүстік-Шығыс:

$$r = 10^{\frac{129{,}48 - 125{,}487 + 9{,}733}{35{,}225}} = 2{,}619 \text{ км}$$

Батыс:

$$r = 10^{\frac{131{,}48 - 125{,}487 + 9{,}733}{35{,}225}} = 2{,}796 \text{ км}$$

1800 МГц жиілік диапазоны үшін UL желісін (up) есептеу:

$$a(h_m) = [1{,}1 \cdot \lg(1825) - 0{,}7] \cdot 1{,}5 - [1{,}56 \cdot \lg(1825) - 0{,}8] = 0{,}044\,,$$

$$A = 46{,}3 + 33{,}9 \cdot \lg(1825) - 13{,}82 \cdot \lg(30) - 0{,}044 = 136{,}399\,,$$

$$B = 44{,}9 - 6{,}55 \cdot \lg(30) = 35{,}225\,,$$

Солтүстік-Шығыс:

$$r = 10^{\frac{129{,}48 - 136{,}399}{35{,}225}} = 0{,}636 \text{ км}$$

Оңтүстік – Шығыс:

$$r = 10^{\frac{128{,}48 - 136{,}399}{35{,}225}} = 0{,}596 \text{ км}$$

Батыс:

$$r = 10^{\frac{123,48 - 136,399}{35,225}} = 0,679 \text{ км}$$

Есептеулердің нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

3.2 Кесте - Таңдалған жиіліктер диапазоны

Бағыты жиілігі	Солтүстік-Шығыс	Оңтүстік - Шығыс	Батыс
DL - 780 МГц жиілігі төменгі сызық	1,767 км	1,656 км	1,887 км
UL - 830 МГц жиілігі жоғарғы сызық	2,619км	2,453 км	2,796 км
DL - 1785 МГц жиілігі төменгі сызық	0,432км	0,404 км	0,461 км
UL - 1825 МГц жиілігі жоғарғы сызық	0,636км	0,596 км	0,679 км

Radio Mobile Online бағдарламасының көмегімен радио толқындарының таралуын көрейік. Картадан базалық станциялардың орналасуын атап өтеміз.

Үш жаққа: Солтүстік-Шығыс, Оңтүстік-Шығыс және Батыс бағыттарын жасаймыз, өйткені базалық станция үш секторды құрайды.Біз антеннаның биіктігін, таратқыштың күші мен қуатын орнаттық.Нәтижесінде радиотолқындардың таралуының жоғарылауын, тиімді изотроптық сәулелену қуатын және т.б. аламыз.

3.9-суретте Шымкент қаласында 800 МГц жиілік диапазоны үшін алынған бағдарламалары микрорайонның орталығынан солтүстікке қарай орналасқан.

3.3 кестеде салыстыру үшін сигналды жоғалту бағдарламасының теориялық есептеулері мен есептеуі келтірілген.

Кесте 3.3 - Сигналды азайту:

	Таңдалған жердегі өшу процессі L_p, дБ			
	Есептелген мәлімет DL		Radio Mobile Online	
Таңдалған бағыт	800 МГц	1800 МГц	805 МГц	1800 МГц
Солтүстік-Шығыс	123,92	123,22	126,34	125,56
Оңтүстік-Шығыс	122,92	122,22	126,30	126,02
Батыс	124,92	124,22	127,75	126,47

3.3 Антеннаның механикалық қисаюын есептеу

Қажетті қашықтықты жабу үшін, механикалық антеннаны табу мына формуланы анықталады:

$$\alpha = tg^{-1} \cdot \frac{h_1 - h_2}{r}, \quad (3.10)$$

мұндағы h1 - антенна суспензиясының биіктігі BS, м;

h2 - антенна биіктігі, м;

r - байланыс ауқымы, м.

Солтүстік-шығыс бағыты бойынша 1,760 км-дың ең көп байланыс желісі бар бірінші сектор.

$$\alpha = tg^{-1} \cdot \frac{30 - 1,5}{1760} = 0,5°$$

Оңтүстік-шығыс бағытындағы 2-сектор, ең жоғары байланыс диапазоны 1,656 км.

$$\alpha = tg^{-1} \cdot \frac{30 - 1,5}{1656} = 0,6°$$

Солтүстік-шығыс бағыты бойынша 1-сектор, 1.887 км.

$$\alpha = tg^{-1} \cdot \frac{30 - 1,5}{1887} = 0,4°$$

3.4 Желінің сыйымдылығын есептеу

Орташа желі өткізу қабілетін есептеу.

MIMO схемасы төмендегі байланыс үшін 4 x 2 және жоғарғы сызық үшін 1x2, сценарий 1 (алаңдар арасындағы қашықтық 500 м).

FDD жүйелері үшін базалық станцияның бір секторының өткізу қабілеттілігі арнаның енін арнаның спектралды тиімділігіне көбейту жолымен алуға болады:

$$R = S \cdot W, \quad (3.11)$$

мұндағы S - орташа арнайы тиімділік;

W -канал ені 10 МГц.

DL-ның төмендегі сызығы үшін:

$$R_{DL} = 1,87 \cdot 10 = 18,7 \text{ Мбит/с}$$

Кесте 3.4 - макростардағы орташа спектралдық тиімділік:

Сызық	MIMO схемасы	Орташа спектралды эффект, бит/с/Гц	
		Сценарий 1	Сценарий 3
UL	1 x 2	0,735	0,681
	1 x 4	1,103	1,038
DL	2 x 2	1,69	1,56
	4 x 2	1,87	1,85
	4 x 4	2,67	2,41

UL-ның төмендегі сызығы үшін:

$$R_{UL} = 0{,}735 \cdot 10 = 7{,}35 \text{ Мбит/с}$$

Базалық станцияның өткізу қабілеттілігі бір сектордың өткізу қабілеттілігін базалық станция секторының санына көбейту жолымен есептеледі; секторлардың саны 3, сонда:

$$R_{БС} = R_{DL/UL} \cdot 3 ,$$

DL-ның төмендегі сызығы үшін:

$$R_{БС\ DL} = 18{,}7 \cdot 3 = 56{,}1 \text{ Мбит/с}$$

DL-дың келіп түскен сызығы үшін:

$$R_{БС\ DL} = 7{,}35 \cdot 3 = 22{,}05 \text{ Мбит/с}$$

Бұдан әрі жоспарланған желідегі ұяшықтардың санын есептейміз.

Есептеу үшін болжамды LTE желісін орналастыру және бөлінген арналардың жалпы санын анықтау қажет. N арналарының жалпы саны мына формула бойынша есептеледі:

$$N_k = \frac{\Delta f_\Sigma}{\Delta f_k} , \qquad (3.12)$$

мұндағы Δf_Σ – 100 МГц желісінің жұмыс істеуіне арналған жиілік ауқымдары;

Δfk - бір арнаның өткізу қабілеттілігі, LTE желілерінде арнасы 180 кГц ені бар ресурстық блок.

$$N_k = \frac{100000}{180} = 555$$

Бұдан әрі, сол ұяшықтың бір секторындағы абоненттерге қызмет көрсету үшін қажет арналардың санын анықтаймыз:

$$N_{k\ сек} = \frac{N_k}{N_{кл} \cdot M_{сек}}, \tag{3.13}$$

мұндағы Nk - арналардың жалпы саны;

Nkl - кластерлік өлшем - секторлардың санын ескере отырып, біз 3ке тең етіп аламыз;

Mse - базалық станцияның секторларының саны, 3 ретінде қабылданады.

$$N_{k\ сек} = \frac{555}{3 \cdot 3} = 62$$

Бұдан әрі, бір ұяшықтың бір секторында трафик арналарының санын анықтаймыз.Трафик арналарының саны мына формула бойынша есептеледі:

$$N_{кт\ сек} = N_{кт1} \cdot N_{к\ сек}, \tag{3.14}$$

мұндағы Nkt1 - OFDMA стандартында анықталған бір каналдағы трафик арналарының саны; LTE желісі үшін біз Nkt1 = 3 таңдаймыз.

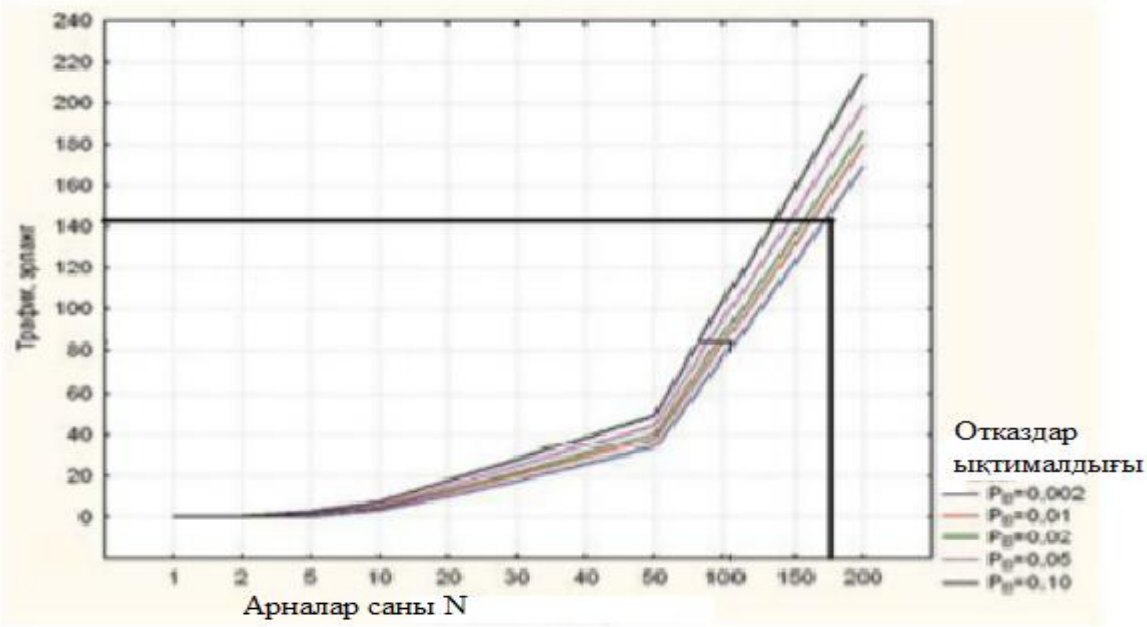
$$N_{кт\ сек} = 3 \cdot 62 = 186 \text{ арна}$$

3.10 суреттегі диаграмма түрінде ұсынылған Эрланг үлгісіне сәйкес, біз Acek бірінші ұяшығындағы жүктеме қабілеттілігін анықтаймыз.1% ықтималдығының рұқсат етілген шамасы және Nct секның есептелген мәні. Acek = 140 Erl екенін анықтаймыз.

Бір базалық станцияға қызмет ететін абоненттер саны осы формула бойынша анықталады:

$$N_{аб\ БС} = M_{сек} \cdot \left(\frac{A_{сек}}{A_1}\right), \tag{3.15}$$

мұндағы A1 - бір абоненттен трафиктің барлық түрлеріне орташа мән, A1 мәні 0,04-ден 0,2 Эрлге дейін болуы мүмкін.



Сурет 3.6 –Эрланг моделі

Жоспарланған желі жоғары жылдамдықты ақпарат алмасу үшін сканерленеді, содан кейін максималды 0.2 Erl үшін A1 мәнін аламыз. Осылайша:

$$N_{аб\ БС} = 3 \cdot (140/0{,}2) = 2100 \text{ абоненттер}$$

Болжалды LTE желісіндегі базалық станциялардың саны мына формула бойынша анықталады:

$$N_{БС} = \left(\frac{N_{аб}}{N_{аб\ БС}}\right) + 1\,, \tag{3.16}$$

мұндағы Nab - потенциалды абоненттер саны.

Басты абоненттер жалпы халық санының 45% -на ие болады. Первомайский шағын ауданының абоненттерінің жалпы саны - 12834 адам.Осылайша, потенциалды абоненттер саны 5776 адамды құрайды, одан кейін:

$$N_{БС} = \left(\frac{5776}{2100}\right) + 1 = 3\ БС$$

Жоспарланған желінің орташа өткізу қабілеттілігі БС санын БС орташа өткізу қабілеттілігімен көбейту арқылы анықталады. Формула түрін қабылдайды:

$$R_N = (R_{БС\ DL} + R_{БС\ UL}) \cdot N_{БС} \tag{3.17}$$

$$R_N = (56{,}1 + 22{,}05) \cdot 3 = 218{,}25 \text{ Мбит/с}$$

Одан кейін біз жобаланған желінің қуаттылығын есептік есептемемен сынақ бағасын береміз. Бір абоненттің ең жоғарғы шегі кезінде орташа трафикті анықтаймыз:

$$R_{тЧНН} = \frac{T_т \cdot q}{N_{ЧНН} \cdot N_д}, \tag{3.18}$$

мұндағы Тт - бір абоненттің орташа айлық трафигі, Тт = 30 Гбайт / ай;

q - қалалық аудандар үшін коэффициент, q = 3;

NCHH - тәулігіне ең үлкен жүктеме сағаттарының саны, NCHH = 14;

Nd - айдағы күндер саны, Nd = 30.

ЧНН-де болжамды желінің жалпы трафигін анықтаймыз:

$$R_{общ./ЧНН} = R_{тЧНН} \cdot N_{акт\ аб}, \tag{3.19}$$

мұндағы Nакт ab - желінің белсенді абоненттерінің саны, біз 15% потенциалды абоненттер Nab аламыз, яғни Nакт ab = 866 абоненті.

$$R_{общ./ЧНН} = 0{,}21 \cdot 866 = 181{,}86 \text{ мбит/с}$$

3.7 Сурет - Базалық станциялардың орналасу картасы мен қамтылуы

Осылайша, Rn> Rобщ / ЧНН. Бұл шарт жобаланған желі ЧНН-да шамадан тыс жүктелмейтінін көрсетеді.

Қажетті базалық станциялардың санына сүйене отырып, біз Google Maps Карталарында қамту аймағын және орналасуын белгілейтін боламыз.

Бұдан бұрын да айтылғандай, LTE жабдығына негізделген базалық станциялар ұялы байланыс операторының қолданыстағы мұнаралары мен басқа да базалық станцияларына орналастырылған.

Карта 3.11-суретте көрсетілген.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жоба тақырыбы бойынша мынанадай қорытындыар жасалынды.

Шымкент қаласында ұялы байланыстың бесінші ұрпақ технологиясын енгізу мәселелері қарастырылды;

Шымкент қаласында ұялы байланыстың бесінші ұрпақ технологиясына өту жолдары ұсынылды;

Дипломдық жобада, қажетті есептік желі сыйымдылығын жұмыс мақсаттарының барынша сапалы қызмет көрсету аумағында қол жеткізу үшін - жаңғырту желісіне сымсыз интернетке қолжетімділік, Қазақстан Республикасында LTE, WiMAX технологиясын қолдану қамтамасыз етіліп, осы мәселелер шешілетін болады.

Сондай–ақ, LTE, WiMAX технологиясында басқа да өнімділігін айтарлықтай арттыру мен салыстыру мүмкіндіктерін бастауыш жүйесі мен үшінші буынның эволюционды 4G технологиялары қамтамасыз ете отырып, 5G термині қолданылуы мүмкін.

LTE беруге өте жоғары тасқынды бейне сапасы, смұндағый–ақ үлкен файлдарды, тіпті, белгілі бір жағдайларда кейбір осы DSL желілерді ауыстыруды пайдалануға пайдаланушылар арқасында беріледі.

Мүмкін болған байланысты қамтитын жүйе аумағы есептелінді. Жүйенің техникалық ұстанымдары қарастырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, В.И. Дмитриев. Системы мобильной связи /СПб ГУТ. – СПб,1999. – 330с.

2 Карташевский В.Г. и др. Сети подвижной связи. – М.: ЭКО–ТРЕНДЗ, 2001.

3 Печаткин А. В. Системы мобильной связи. Часть 1. – Рыбинск: РГАТА, 2008.

4 Варукина Л.И. Планирование сетей LTE, технические предпосылки объединения операторов. MForum.ru, 2010.

5 Баева Н.Н, Многоканальная электросвязь и РРЛ: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 2000 6 Бабков В.Ю. Общие подходы к задачам планирования и оптимизации
2G – 4G сетей подвижной связи, СП, 2011.

7 Гельгор А.Л, Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб, пособие, – С.: Изд–во Политехн, ун–та, 2011. – 204 с.

8 Варукина Л.И. Производительность сети TD–LTE в сравнении с WiMAX. MForum.ru, 2010.

9 Мясковский Г.М. Системы производственной радиосвязи: Справочник. – М.: Связь, 1980.

10 Коньшин С.В., Сабдыкеева Г.Г. Теоретические основы систем связи с подвижными объектами: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2002.

11 Андрианов В.И., Соколов А.В. Сотовые, пейджинговые и спутниковые средства связи. – СПб. БХВ Петербург Арлит, 2001.

12 Волков А. Н, Рыжков А. Е, Сиверс М. А. UMTS. Стандарт сотовой связи третьего поколения –С.: Издательство “Линк”, 2008. –224 с.

13 Макаров С. Б, Певцов Н. В, Попов Е. А, Телекоммуникационные технологии: введение в технологии GSM. –М.: Издательский центр “Академия”, 2006. – 256 с.

14 Хакимжанов Т.Е. Жандаулетова Ф.Р., БЖД. Дипломное проектирование. Расчет воздухопровода и выбор вентилятора. – Алматы: АИЭС, 2006. – 22 с.

15 Спивак Г.И. Шепелев А.Г. Электробезопасность на предприятиях связи. – М. Радио и связь. М. Энергоатомиздат, 1984. –448с.

16 Волков О. М. Пожарная безопасность вычислительных центров. – М.: Стройиздат, 1990. – 416 с.

17 Баклашов Г.Д, Под ред. А.Р, Охрана труда на предприятиях связи: Учебник. Естественное и искусственное освещение. Часть 4. Козловского. – А.:1994. – 123с

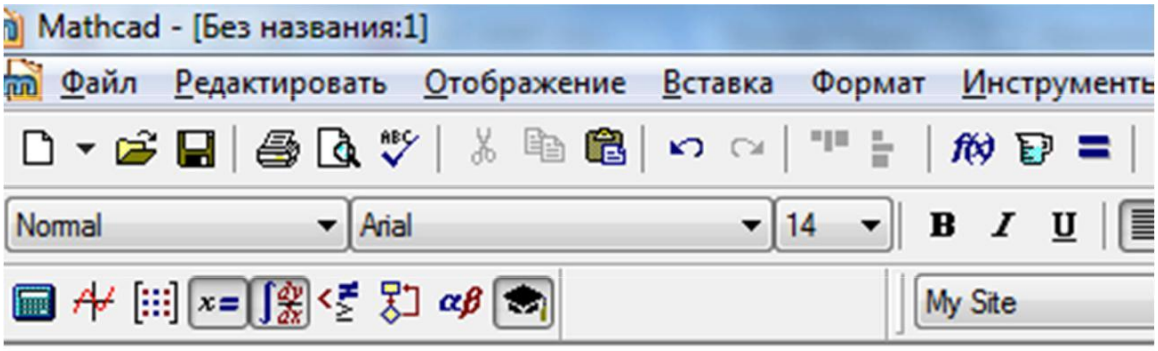
18 Акинчев Н.В. Общеобменная вентиляция цехов с тепловыделениями – М. Стройиздат. 1984

19 Хакимжанов Т.Е, Сборник задач по охране труда и безопасности жизнедеятельности. – Алматы: Эверо, 2007.

20 Аманжолова К. Б., Алибаева С. А. Экономика предприятий телекоммуникаций: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2003.

21 Голубицкая Е. А.,. Жигульская Г. М. Экономика связи. – М.: Радио и связь, 2000.

Қосымша А
MATHCAD 13 бағдарламасында техникалық бөлікті есептеу



$f := 780 \quad hb := 30 \quad hm := 1.5$

$a(hm) := (1.1\log(f) - 0.7)1.5 - (1.56\log(f) - 0.8)$

$A := 69.55 + 26.16\log(f) - 13.82\log(hb) - a(hm)$

$B := 44.9 - 6.55\log(hb)$

$C := 2\left(\log\left(\frac{f}{28}\right)\right)^2 + 5.4$

$a(hm) = 0.01$

$A = 124.783$

$B = 35.225$

$C = 9.576$

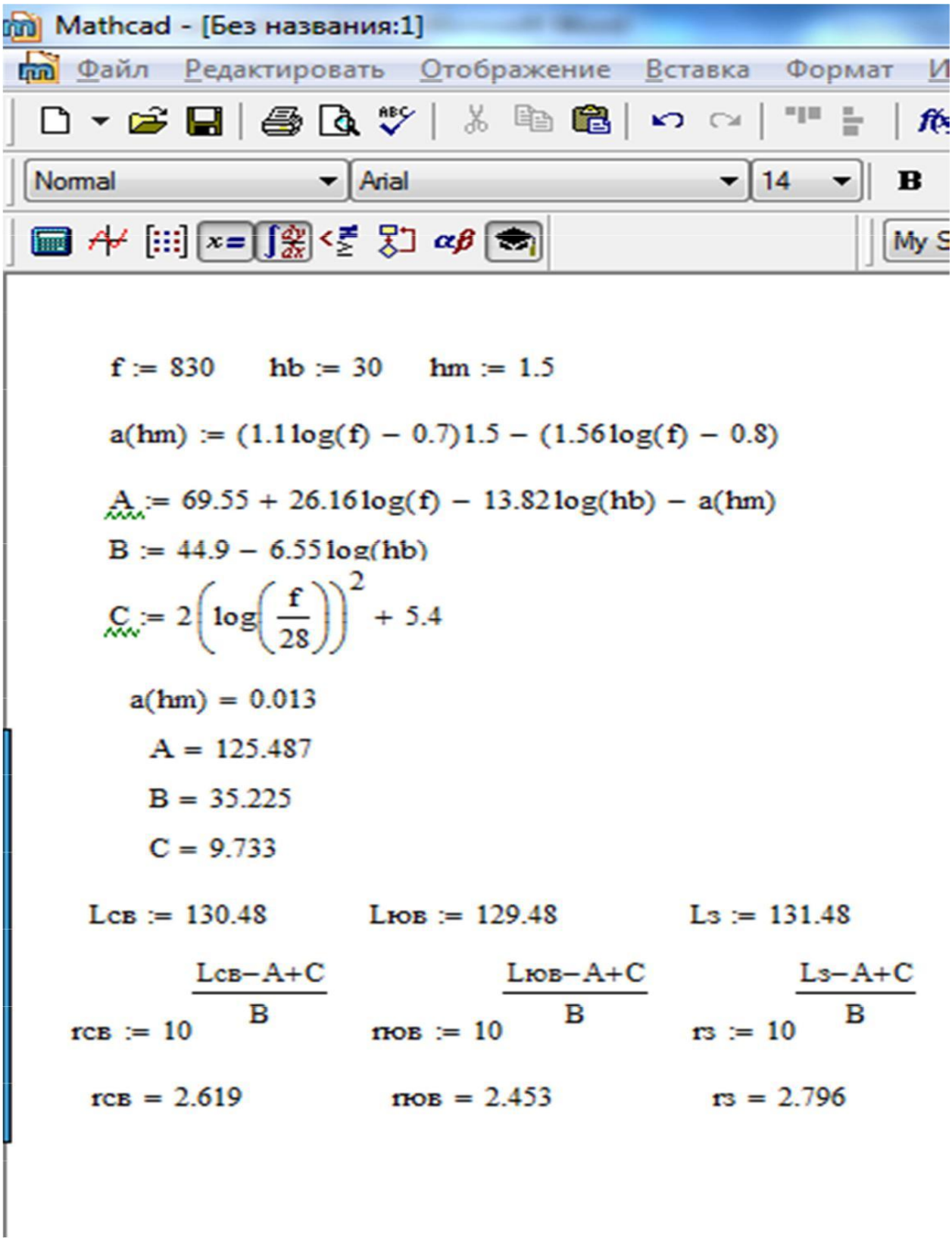
$Lсв := 123.92 \qquad Lюв := 122.92 \qquad Lз := 124.92$

$rсв := 10^{\frac{Lсв - A + C}{B}} \qquad rюв := 10^{\frac{Lюв - A + C}{B}} \qquad rз := 10^{\frac{Lз - A + C}{B}}$

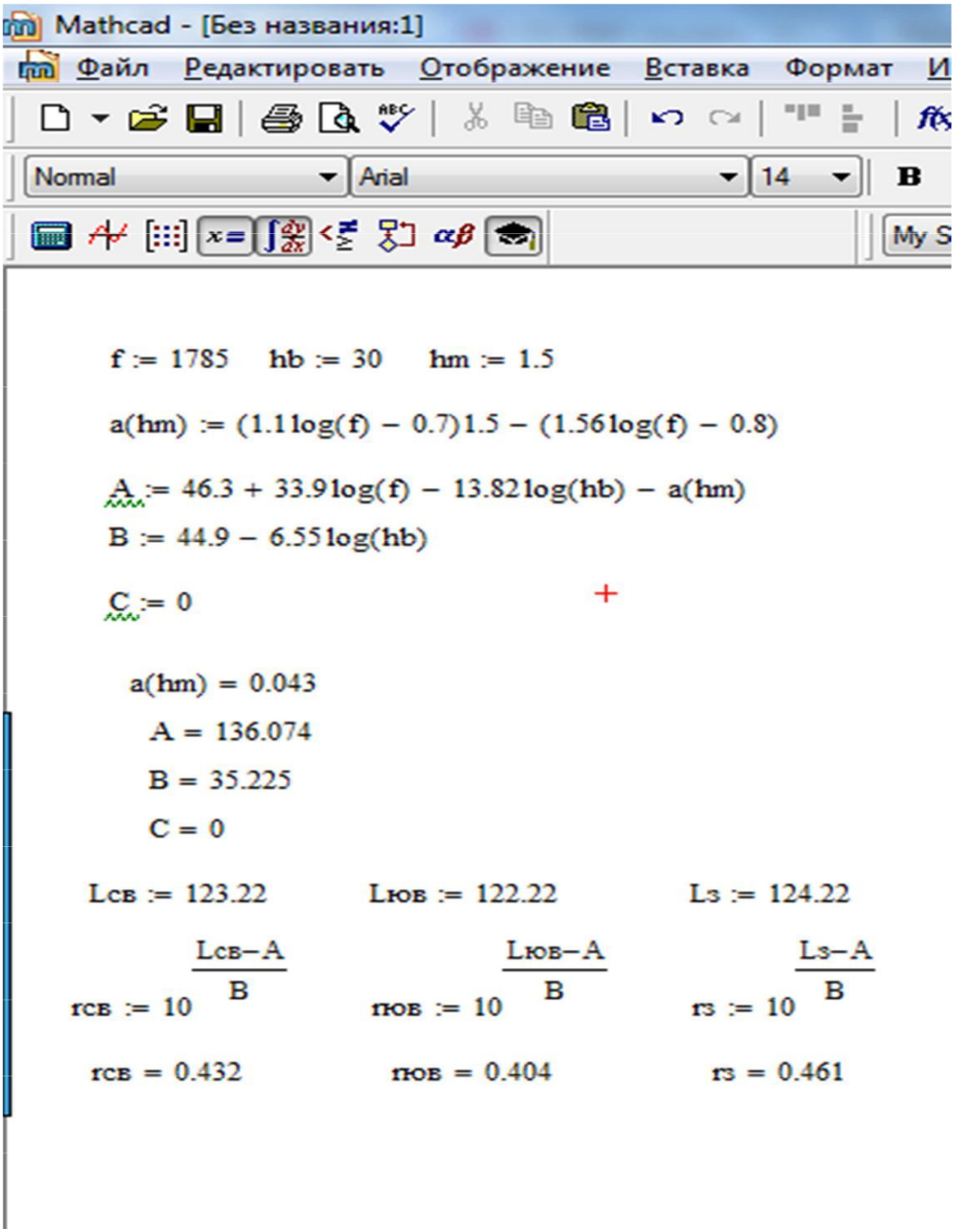
$rсв = 1.767 \qquad rюв = 1.656 \qquad rз = 1.887$

Сурет А.1 –800 МГц диапазонында линия бойымен төмен бағытта байланыс ұзақтығын есептеу

А қосымшасынң жалғасы

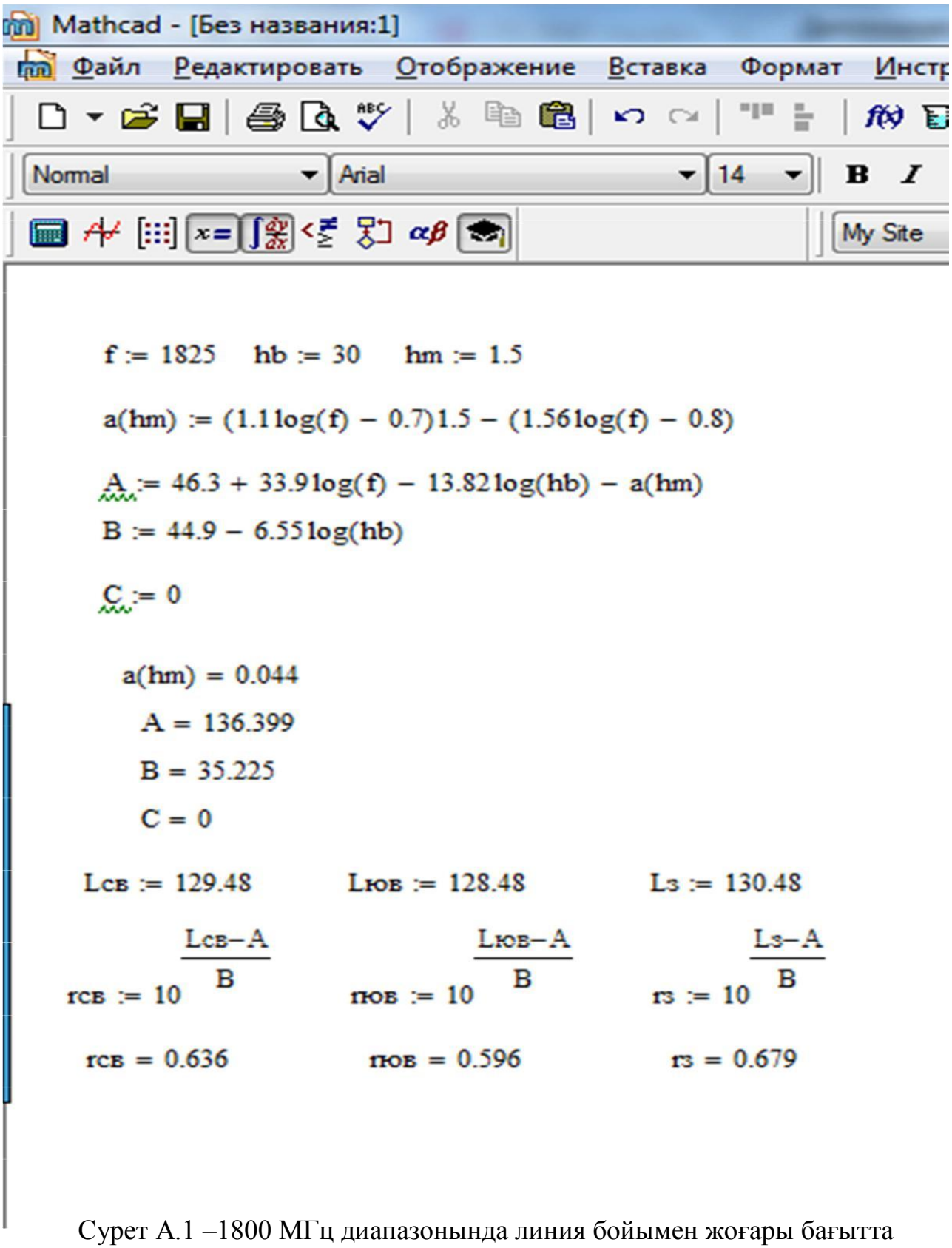


Сурет А.2 –800 МГц диапазонында линия бойымен жоғары бағытта байланыс ұзақтығын есептеу



Сурет А.3 – 1800 МГц диапазонында линия бойымен төмен бағытта байланыс ұзақтығын есептеу

А қоымшасының жалғасы



Сурет А.1 –1800 МГц диапазонында линия бойымен жоғары бағытта байланыс ұзақтығын есептеу