

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникациялар және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Нұрлан Б.

ҚР-ның аймағында 5G технологиясының тарату және технологиясын жобалау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071900 – «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

тех.ғыл.канд, профессор

 Е.Таштай

« 29 » 04 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Қазақстан Республикасы аймағында 5G технологиясын тарату және технологиясын жобалау»

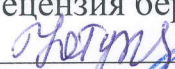
5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:



Нұрлан Б.

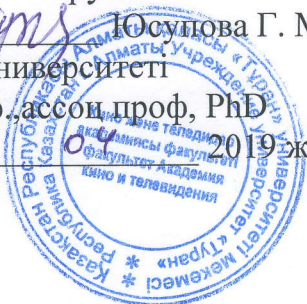
Рецензия беруші

 Юсупова Г. М.

Туран университеті

РЭТ каф., ассон проф, PhD

« 30 » 04 2019 ж.



Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. техн.ғыл.маг.,

ассистенті

 Мамадияров М.М

« 30 » 04 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

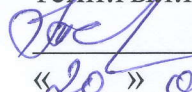
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі,

техн.ғыл.канд.

 Е.Таштай

«20» 01 2019 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Нұрлан Бақжан

Тақырыбы: «Қазақстан Республикасы аймағында 5G технологиясын тарату және технологиясын жобалау»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі “25” сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Сымсыз байланыс технологиясының дамуы;

2) 5G ұсынылып жатқан жобалар;

3) Есептеу бөлімі;

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Желілердің салыстырмалы анализі;

ә) 5G стандартындағы цифрлық құрылғылардың байланыс жүйелеріндегі ерекшелігі;

б) Жүйеге арналған жабу алаңына жуықталған есептеу;

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс).

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

- 1) В.Г.Скрынников, «Будущий облик 5G» ISSN 0013-5771, ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ, №10,2013.
- 2) Aleksandar Tudzarov and Toni Janevski, “Functional Architecture for 5G Mobile Networks” International. Journal of Advanced Science and Technology Vol. 32, July, 2011.
- 3) В.Г.Скрынников, «5G: Облик будущих систем мобильной связи. Часть 1» журнал Технологии и средства связи №1,2015.

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Сымсыз байланыс технологияларының даму кезеңдері мен тарихы	20.01.2019 - 01.03.2019	орындады
5G концепциясының жалпы көрсетілімі	02.03.2019-02.04.2019	орындады
Байланыс сапасының төмендеуінің жиынтық ықтималдығы	01.04.2019–15.04.2019	орындады.

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
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТжҒТ каф.сениор-лекторы Смаилов Н.К.	29.04.19	

Ғылыми жетекшісі  М. М. Мамадияров
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Б. Нұрлан

Күні “29” 04. 2019 ж.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Сымсыз байланыс технологиясының дамуы	10
1.1 Сымсыз байланыс технологияларының даму кезеңдері мен тарихы	10
1.2 Желілердің салыстырмалы анализі	12
1.3 5G ұялы желісінің архитектурасы	14
1.4 Тапсырманың қойылуы	16
2 5G ұсынылып жатқан жобалар	18
2.1 5G стандартындағы цифрлық құрылғылардың байланыс жүйелеріндегі ерекшелігі	18
2.2 5G концепциясының жалпы көрсетілімі	21
2.3 5G радиожелісіне ұсынылған архитектура	22
2.4 Ұялы байланыс желілерінің бесінші ұрпағы 5G қолданылатын D2D-коммуникациясы	26
2.5 Милиметрлік толқындар 5G желілеріне жаңа спектр аша алады	33
2.6 SAMSUNG компаниясы ұсынған көп-өлшемді смарт антенна	34
2.7 «pCell» технологиясы	37
3 Есептеу бөлімі	38
3.1 Жүйеге арналған жабу алаңына жуықталған есептеу	38
3.2 Байланыс сапасының төмендеуінің жиынтық ықтималдығы	42
3.3 Жүйенің жіберу қабілеттілігін есептеу	45
3.4 Қажетті арналар санын бағалау мен шақырымдарды жоғалту ықтималдығы	45
3.5 Тарқатулардың жинақтылық бойынша қателігін бақылау	48
3.6 Дыбысты тарату кезінде күтілім уақытын есептеу	49
3.7 Жүйеге арналған жабу алаңына мүмкін болатын есептелуі	49
Қорытынды	51
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	52
Қосымша А	

КІРІСПЕ

Мобильдік байланыс термині қазіргі заманда адамның өміріндегі ролі зор. Ол бір немесе бірнеше абоненттің орын ауыстырған кезінде де байланыспен қамтамасыз етіп отыратын радиобайланыс.

Мобильдік байланыстың дамуының бастауы сонау 1980 жылдардан бастау алады. Ол кезде тек қана ұялы телефондар дауыстық мәліметтерді таратумен ғана шектелген. Бірақ аз уақыт ішінде көптеген өзгерістерді бастан өткізген сымсыз байланыс технологиясы, қазіргі уақытта жер бетінің кез келген жерінде байланыспен қамтамасыз ете алады. Сымсыз байланыстың дамуы сонымен қатар электронды құрылғылардың дамуына да әсерін тигізді. олар тек қана планшет, телефондардың өзгеруі емес арақашықтықтан басқарылатын басқа да тұрмыста қолданылатын электронда құрылғылардың дамуына бет алды. Осы байланыстың дамуымен «барлығына бір технология» қолдану мүмкін бола ма деген пікірлер пайда бола бастады. Көптеген шетелдік ғалымдардың ойынша оны мобильдік сымсыз байланыстың бесінші ұрпағы (5G) жүзеге асыра алады деген ойларды білдірді. 5G туралы мәліметтер соңғы кезде көптеген ғылыми мақалаларда кездесе бастады. Оны ресми түрде 5G термині деп енгізілмегенмен, 5G ретінде қарастыруда. Дүние жүзі бойынша бірнеше ұйым құрылып, 5G жүзеге асыратын технологияларды тестілеуді өткізіп жатыр. 5G тіптен жаңа технология болады деп болжанып жатқан жоқ, ол тек қана 3G-4G технологиялардың жалғасы, бірнеше технологияның жиынтығы, олардың жүзеге асыра аламаған мүмкіндіктерін жүзеге асыруға тырысатын технология болып болады деп болжануда. Байланысты үздіксіз қамтамасыз ету үшін кейбір мемлекеттер архитектурасын өзгертуге ой салса, кейбіреулері антенналарды өзгертіп, бір-бірінен тіптен жақындатып жасауды ұсынады, кейбіреулері бұлтты технологияны қолдану арқылы мүмкін болады деген ұсыныстар жасайды. Бірақ ең алдымен, әрбір сымсыз байланыс технологияның дамуымен оның қуаты, электромагниттік толқындардың адам денсаулығына әсері көбейе түседі. Сондықтан, 5G технологиясы алдымен «жасыл технология» болу керек. Яғни, адамға зияны аз тиіуі керек. Энергия эффектілікті болу керек. Оған сонымен қатар келесідей талаптар қойылады:

- мәліметтерді тарату жылдамдығының бірнеше есе өсуі;
- кез келген жерде, кез келген технологиямен интернетті 1 Гбит/с қамтамасыз ету;
- байланыс сапалығын қамтамасыз ету;
- бұлттық инфрақұрылымға көшу.

1 Сымсыз байланыс технологиясының дамуы

1.1 Сымсыз байланыс технологияларының даму кезеңдері мен тарихы

Ұялы сымсыз байланыс технологиясы 1970 жылдардан бастау алды. Осы уақыт аралығында ол көптеген технологиялық революцияларды бастан өткерді. Қазіргі заманда мобильдік технологиялардың бірнеше нұсқасы бар. Мысалы: UMTS – әмбебап ұялы телекоммуникациялық жүйе, CDMA2000; LTE – төртінші ұрпақтың байланыс стандарты; WI-FI (IEEE 802.11) – сымсыз желі; WiMAX (IEEE 802.16) – сымсыз және ұялы желі. Барлық сымсыз және ұялы байланыс терминалдары IP-принципін қолданады. Яғни, барлық мәліметтер желілік деңгейде IP протоколы арқылы (Интернет протокол) жүзеге асады. Мобильді коммуникациялар өзінің жылдам эволюциясы арқылы көпке танымал болды.

3G – ұялы байланыстың үшінші ұрпағы. Ол дестелер коммутациясымен жұмыс істейді. 3G технологиясы дециметрлік толқындар ұзындығымен жұмыс істейді. 3G өзіне IMT-2000 стандартының 5 ішкі стандартын қосады. Олар: UMTS/WCDMA, CDMA2000/IMT-MC, TD-CDMA/TD-SCDMA (Қытайдың өзіндік стандарты), DECT және UWC-136. Дүние жүзінде кең таратылған келесі екі стандарт: UMTS (және W-CDMA) және CDMA2000 (IMT-MC); екеуінің негізінде CDMA стандарты жатыр.

CDMA2000 технологиясы – жіңішке жолақты арналарды IS-95 коды бойынша бөлетін жүйелерден CDMA арналарына көшкен революциялық технология. Солтүстік Америка мен Тынық мұхиты жанында орналасқан Азиялық елдерде кең тарау. Үшінші буынның мобильдік байланысы мәліметтерді пакеттермен тасымалдау негізінде құрылған. 3G үшінші буын желілері шамамен 2 ГГц ауқымында жұмыс істейді және мәліметті 14 Мбит/с-қа дейінгі жылдамдықпен тасымалдайды. UMTS (Universal Mobile Telecommunication System – ұялы электробайланыстың әмбебап жүйесі) технологиясы – GSM желілерін модернизациялау үшін арналған. Дүние жүзіне кең тараған.

3G келесі бір түрі: EDGE – Enhanced Data-Rates For GSM Evolution — каналдың үлкен өткізгіштік қабілетін қамтамасыз ететін және GPRS-пен салыстырғанда тасымалдаудың жоғары жылдамдығын қамтамасыз ететін мәлімет жөнелту технологиясы. EDGE технологиясын қолдану үшін қосымша баптаулар керек емес - EDGE қамту аймағында мобильдік телефон оны автоматты түрде таңдайды. EDGE сөзі ашып оқығанда Enhanced Data rate for GSM Evolution, яғни дамып келе жатқан GSM-желілерде мәлімет берудің жетілдірілген технологиясы дегенді білдіреді. Технологияның ерекшелігі қолданылып жүрген GSM желілеріне айтарлықтай жеңіл енгізілуі болып табылады. Бүгінде EDGE стандарты көптеген операторлық компанияларда экономикалық тиімді және қымбат тұратын 3-буын желілерінің жеткілікті

технологиялық баламасы ретінде қарастырылады. EDGE технологиясы ақпарат алмасу жылдамдығын GPRS-қа қарағанда в 2-3 есе арттыруға, жәәне желінің шамадан тыс жүктелуі кезінде 150-200 КБ/сек болатын максималды жылдамдыққа жеткізуге мүмкіндік береді. Жоғары жылдамдықты EDGE технологиясының артықшылықтары GSM желілерінің операторларына бүгіннен бастап «3-буын сервистерін» жүзеге асыруды бастауға мүмкіндік береді. Ол сервистерге мыналар жатады: нақты уақыт тәәртібіндегі мобильдік аудио/видеотрансляциялар (audio/video broadcasting), видеотелефония (video call), Интернет арқылы ойнау мүмкіндігі бар көп қолданушылық мобильдік ойындар (multiplayer games) жәәне т.б.

3G технологиясы негізгі екі базалық қызмет көрсетуге негізделген: мәліметтер тарату мен дауыс тарату.

4G енгізу жылдамдығын 100 Мбит/с жеткізді. 4G LTE мультимедиялық сервистермен, ұялы телекөрсетіліммен, видеоконференциялармен, мониторинг жүйелерімен, әр түрлі онлайн ойындармен және үстемелермен-яғни, заманауи интернеттің барлық түрлерімен қолдануды жеңілдете түсті. 4G – ұялы байланыстың төртінші ұрпағы, мәліметтер таратудың жоғары жылдамдығын және байланыс сапасының жоғарлауын сипаттайды. Төртінші ұрпаққа мәліметтерді таратуда 100 Мбит/с–тан асатын жылдамдық көрсететін технологиялар жатады. Мысалы 4G ретінде LTE және WiMax технологиялары саналады да, 1 Гбит/с теориялық жылдамдықта мәліметтер таратады. Салыстырмалы түрде максималды жылдамдық GSM (2G) үшін 240 кбит/с, ал 3G үшін 10 Мбит/с. 4G-дің ерекшелігі сол бұнда тұтынушыға 326,4 Мбит/секундқа және кері бағытқа 172,8 Мбит/секундқа (3G-ден 2 есе жылдам) дейін мәлімет жіберуді жүзеге асыра алатын жылдам интернет, бейнеқоңырау мен ұялы телекөрсетілімді көруге, т.б. көптеген қызметтерге қол жеткізе алады. 4G технологиялық жүйе деңгейінде бейнеленеді:

- OFDM модуляцияларына толық өтуімен (қайта шағылыстыру шарттарда жұмыс істеу);

- физикалық радиохаттамалары бірлескен жұмыстың келісушілігі мен деңгейде;

- биік иілгіштік пен жиілік жолақтары, жиілік ауқымдарының таңдауында әдістердің модуляциялары адаптивті қайта құрумен;

- арналық түзететін кодтаудың өте мүлтіксіз әдістерінің қолдануымен (каскадты кодтар, LDPC-тың коды, көп деңгейлі интерлигваның дамыған жүйесі мен тағы сол сияқтылар);

- (IPv6 хаттамаларға өтумен), біртұтас NGN–шы әр түрлі стандарттардың жүйелерінің кірігуіне мүмкіндік пайда болады – (мысалы MPLS–тың технологиясының негізінде желі) толық IP–ші желінің тіректік/базалық, IMS-ші платформаның қолдауы.

LTE технологиясы үшінші және екінші кезең ұялы байланыс желісі эволюциясының негізгі бағыты болып табылады. LTE базалық станциядан пайдаланушыға мәліметтерді жеткізуде 326,4 Мбит/с, кері бағытта секундына 178 Мбит теориялық жылдамдықпен қамтамасыз етеді.

Қазіргі зерттеу алаңына келген 5G технологиясы. 5G қазіргі қолданыста бар ұрпақтардың даму нәтижесі деп те атауға болады. Қолданушының тәжірибесін қолдану арқылы төртінші ұрпақтан алынған нәтижелерді асырып түсу керек. Желі абоненттері ұялы байланыстың максимальды потенциалын, жаңа сервистерді ашып көре алады. Ол операторлардың бәскелестігін асырып түсе алады. Бұл ұрпақ көптеген танымал телекоммуникациялық компаниялармен зерттелу үстінде және оның өткізілуі 2020 жылдарға тураланып отыр. 5G максимальды мәліметтерді таратудың жылдамдығы 10 Гбит/с болады деп жоспарлануда. Осы уақытта 4G мәліметтер жылдамдығы тек қағаз түрінде 1Гбит/с болып тұр, ал іс-жүзінде ол 326 Мбит/с ақпарат жылдамдығын береді.

1.2 Желілердің салыстырмалы анализі

Бұл тақырыпшада болашақ 5G технологиясы оның алдында қолданылған ұрпақтармен салыстырылады.

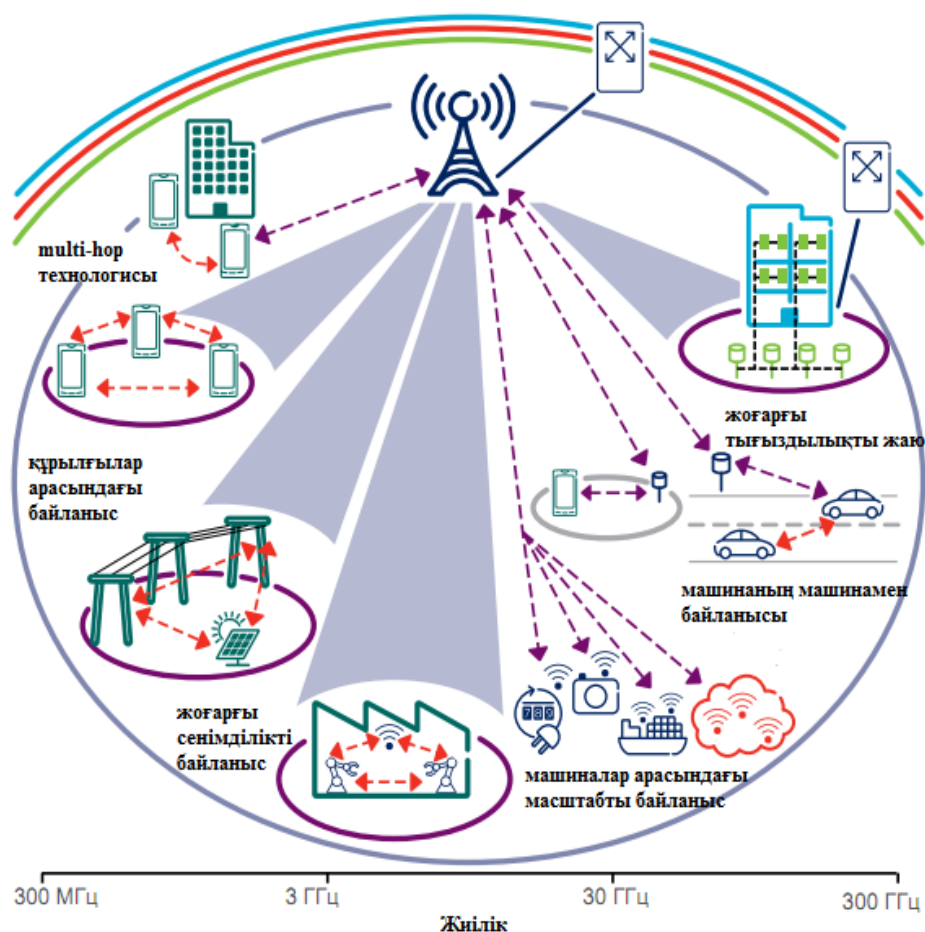
Кесте 1.1- 3G мен 5G арасындағы салыстырмалы анализі

3G	5G
Ол пайда болардың алдында ол жолақты 3G деп аталған	Сымсыз байланыс технологиясының бесінші ұрпағы
Кеңжолақты жиіліктерде мәліметтерді өткізу қабілетінің жоғарлығына негізделген	IPv6 интернет протоколына негізделген
Мәліметтерді таратудың максимальды жылдамдығы 3.1 Мбит/с	Мәліметтерді таратудың максимальды жылдамдығы 10 Гбит/с
Видео қол жетімділікпен қамтамасыз етеді	Жоғарғы көрсетілім мен би бағытты* кең жолақты арналарды формалауды қамтамсыз етеді
Цифрлық навигациямен қамтамасыз етеді	Виртуальды жеке желіні қамтиды
2G қабылдағышы	4G қабылдаушысы
Тігінсіз роуминг**	IP мобильділікке негізделген
Мәліметтерді таратудың жоғарғы қызметі	Мәліметтер жылдамдығы өте жоғары
Жиілікті арналарға арналған өткізу қабілеті 20 МГц жоғары	Жиілікті арналарға арналған өткізу қабілеті 28 ГГц жоғары

Кесте 1.2 - 4G мен 5G арасындағы салыстырмалы анализі

4G	5G
4G 2000 жылдары пайда болды	5G сымсыз және ұялы байланыс технологиясы нарыққа 2020 жылы шығады
4G бұл ұялы телекоммуникацияның төртінші ұрпағы	5G бұл ұялы телекоммуникацияның бесінші ұрпағы
Киілетін құрылғылармен (виртуальды ақиқат беретін шлем, ұялы телефондардық қол сағаттары және т.б.) келетін ақпаратқа динамикалық қол жетімділікті қамтамасыз етеді	Киілетін құрылғылармен (виртуальды ақиқат беретін шлем, ұялы телефондардық қол сағаттары және т.б.) келетін ақпаратқа динамикалық қол жетімділікті қамтамасыз етеді және AI қабілеттіліктермен қамтамсыз етілген
Мәліметтердің тарату қабілетін Мбит/с қамтамасыз етеді	Мәліметтердің тарату қабілетін Гбит/с қамтамасыз етеді
3G жоқ ультра кең жолақты интернетпен және мультимедиялық газетпен қамтамсыз етілген	Жылдам тізбекпен қамтылған, laptop, кең жолақты интернет қол жетімділікпен
Жиілікті арналарға арналған өткізу қабілеті 100 МГц жоғары	Жиілікті арналарға арналған өткізу қабілеті 28 ГГц жоғары
4G қателерді анықтау үшін каскадты кодалар қолданылады	5G технологиясының жоғарғы сапалы қызметі қателерді айналып өту политикасына негізделген (қателер тіптен болмайды)
CDMA көп сатылы қол жетімділік	Тек қана CDMA көп сатылы қол жетімділік емес, сонымен қатар BDMA

Әрине, бесінші ұрпақ желісінің дамуымен тек қана технологиялар емес, сонымен қатар, ұялы телефондарда жетілдіре түседі. Қазіргі уақытта көптеген смартфон шығаратын компаниялар, болашақ телефондарды көрсетілімге шығарып жатыр. 5G технологиясының беретін жаңа қызметтері мен ақпараттар көлемі тек технологияның жаңаруын емес, сонымен қатар ұялы телефондардың да жетілдіруін қажет етеді. 5G технологиясын қамтамасыз ететін телефондар өздеріне: камера, MP3 күй табақ, видео күй табақ, үлкен көлемді жады, аудио күй табақ және т.б. қосады. Бұл технология интернетке кез келген уақытта кез келген жерден кіруге мүмкіндік беру керек. Сондықтан 5G тек қана бір технология деп қарастыру қателікті болады, оны бірнеше технологиялар жиынтығы деп қарастыруымыз қажет. Сонда, 5G белгілі бір технологияларды келесі бір технологияларға ауыстыру емес, оған тағы жаңа технологияларды қосу арқылы спектрді кеңейту қарастырылады. 1.1-суретте 5G қол жетімді желісі жапыланған технологиялар жиынтығы ретінде қарастырылуда [1].

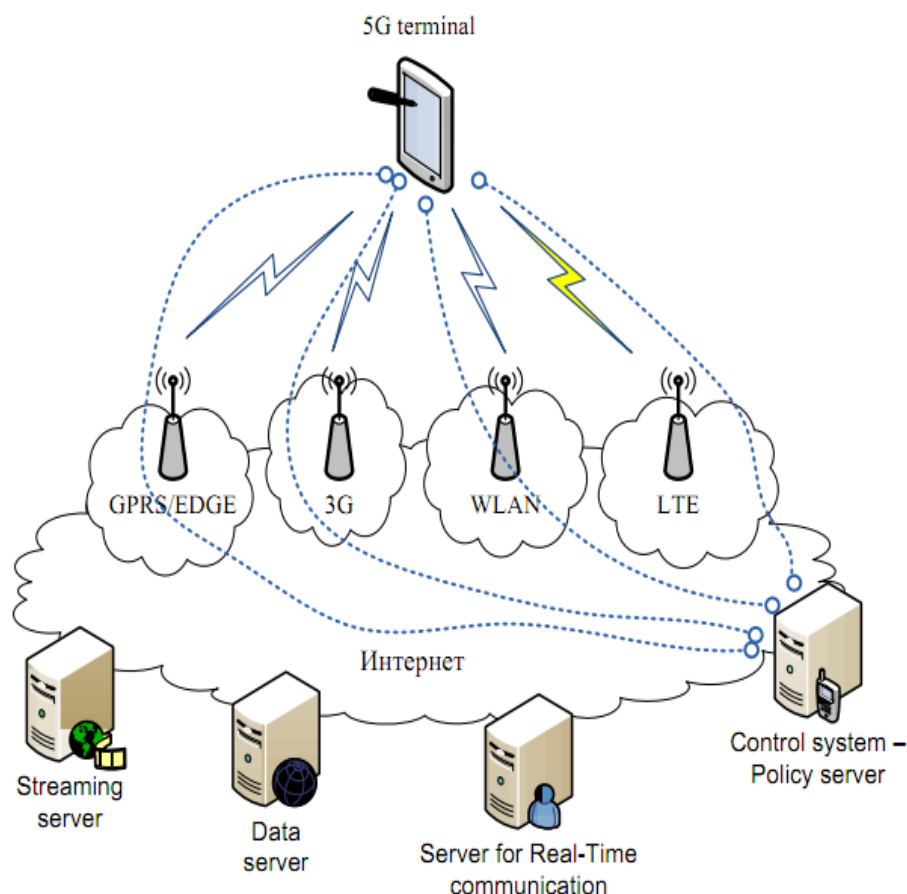


Сурет 1.1 - 5G қолжетімділік желісінің келбеті

1.3 5G ұялы желінің архитектурасы

1.2-суретте 5G радио қол жетімділік желісі көрсетілген[2]. Ол IP негізделген комбинирленген технологиялар жинағы ретінде көрсетілген. Бұл жерде көрсетілген серверлардың түрі келесідей: Ағымдағы сервер (Stream server), Мәліметтер сервері (Data server), Ақиқат уақытындағы коммуникацияға арналған сервер (Server for real-time communication), Политикалық сервер бақылау жүйесі (Control system - Policy server).

Жүйе жаңа архитектурада шешуші рөл атқаратын абоненттік терминалдан құрылған. Дәл осы терминал болашақта бағдарланған-конфигурирленген желілік технологияларының тірегі болады деп болжалануда. Әрбір терминал тарататын трафигін біріктіру арқылы бір уақытта әр түрлі сымсыз технологияларды қолдануды қамтамасыз етеді. Терминал интернетке шығу үшін немесе кез келген сервисті қолдану үшін, өзіне қажетті радио қол жетімді технологияны өзі таңдайды. Одан басқа, ол сымсыз желілер мен сымды желілерлі байланыстыртатын көпір болып табылады.



Сурет 1.2 - 5G ұялы желісінің архитектурасы

Кез келген радио қол жетімді технологияны (RAT) бір уақытта демеу арқылы әрбір радио қол жетімділік үшін әртүрлі радиоинтерфейс қолданады деп болжауда. Мысалы, егер біз 4 әртүрлі RAT қол жеткізгіміз келсе, біз ұялы телефонымызда 4 түрлі қол жетімді радиоинтерфейсті қажет етеміз. Сонымен қатар, архитектура функциональды болу үшін, оларды бірнеше сағат белсенді түрде ұстап тұруымыз керек.

Жоғарыда айтылғандай, абоненттің мобильділігі бір уақытта бірнеше әртүрлі желі қамтамасыз ете алады. Атап айтқанда, нақты бір сервис үшін не анау, не мынау нұсқаны таңдаудың соңғы шешім терминалға байланысты болады. Бұнымен қоса, бір базалық станциядан басқа базалық станцияға ауысқанда пайда болатын виртуальды хэндовер мәселесі шешіледі. Хэндовер маңызды механизм болып табылады, ол мобильді желіде тігінсіз жылжуға мүмкіндік береді. Осы мәселені шешу үшін, аралық қабатындағы бағдарламаның категориясына қатысты мобильды терминалдардағы арнаулы аналитикалық үстеме өзгерістер енгізу керек болады. Болжам бойынша, бұндай үстемелердің бір бөлігі ашық бағдарламалық қамтамсыз етумен жасалады [1]. Бір радио қол жетімді RAT технологиясының спектрі басқа бір радио қол жетімді RAT технологиясына икемді бейімделеді. Сонымен бірге, платформаның қуаты да өзгереді.

5G жүзеге асырудың бірнеше тәсілдері бар. Олардың біреуі келесідей. Әр текті сымсыз желілерде «әрқашан тек жақсы байланыс» (әрқашан тек сапалы қасиеттермен байланысты болады) ұғымы абоненттік терминалдарға байланысты болып келеді де, әр түрлі сымсыз байланыс желілерінің жұмысына байланысты болады. Бұл тәсіл әр текті радио қол жетімді технологияларда виртуалды хэндовердің пайда болуымен сипатталады. Әртекті желілер ұғымы жоғарыда көрсетілген жүйедегі радио қол жетімді технологиялар арасындағы кіріс жұмысы туралы мәселесін көтереді. Сонда желіде, жерде RAT өзгерілуі талап етілмегенімен, желінің жүрегіндегі басқарушы функцияның қызметі өзгертіледі. Әртекті жүйелерде немесе әр түрлі желілердегі қолданушы термині немесе қолданушының үстемесі термині біріктірілген желі мен унифицирленген сегменттерге қол жеткізу деп қарастырылады.

IP тағайындалуы – сәйкестендірілген маршрут бойынша IP-дестелі мәліметтерді таратуын бақылауды қамтамасыз етеді. Клиенттер мен серверлар арасындағы үстемелердің қосылысы сокеттер арқылы жүзеге асады. Әрбір желінің сокеті транспорттық типтің хаттамасына, мақсатты IP адрессіне, сәйкестендірілген локалдық портқа және локалды IP адресске унифицирленген және уникалды комбинерленген.

5G жүзеге асыратын талаптар:

- спектральды эффективтілікті жоғарлату арқылы қызмет көрсетудің әрбір аясында жіберілетін мәліметтерді көлемін 1000 есе өсіру (салыстырмалы қажетті өңдеу қабілеті $ASE=1,5...60$ Гбит/с/км²);
- қосылатын абоненттік құрылғылардың санын 10 бастап 100 есеге өсіру (қол жеткізу түйініне 300 мың абоненттен бастап);
- мәліметтерді тарату жылдамдығын 10 бастап 100 есе өсіру (күтілетін мәліметтер тарату жылдамдығы 1 бастап 10 Гбит/с);
- төменгі қуатты абоненттік құрылғылардағы батарея қызмет көрсету уақытын 10 есе көбейту;
- «end-to-end» тізбегі бойынша күту уақытын 10 есе азайту (жобаланған $t_{\text{күту уақыты}}=1\text{мс}-0,1\text{мс}$);
- энергетикалық эффективтілік;
- адам денсаулығына қауіпсіздігі;
- байланыс сапасының жоғарлығы.

1.4 Тапсырманың қойылуы

Мобильді трафиктің көлемі жыл сайын тез қарқынмен өсіп келеді. Абоненттердің кез келген жоғарғы сервистік қызметті кез келген жерде, кез келген уақытта қол жеткізгісі келеді. Ол үшін сымсыз байланыстың қол жетімділік мәселесін эффективті шешу үшін жаңа, мінсіз өнімдерді жасап шығару керек. Ол үшін қолданыста бар қол жетімділік технологиясын бір тұтас жасайтын технология қажет. Ол мәселені бесінші ұрпақ желісі 5G шешу керек.

5G жобасының жүзеге асуы 2020 жылға күтіліп жатыр.

5G қазіргі қолданыста бар технологиялардың жетілдірілген түрі деп те қарастыруға болады. Ол төртінші ұрпақ беретін мүмкіндіктерді асып түсетін, өнімділік пен қызмет көрсету сапасын жоғарлататын технология болып табылады. Желі абоненттері жаңа сервирлер мен мобильдік технологияның бүкіл потенциалын максимальды түрде қолдану арқылы, операторлардың бәсекелестігін арттыра түседі.

Бесінші ұрпақтың дамуымен тек қана технологиялар емес, сонымен қатар желідегі құрылғылар мен қолданушылардың мобильдік құрылғылары да арта түседі деп болжауымыз әбден мүмкін. Өйткені, үлкен көлемдегі ақпарат пен 5G мүмкін болатын технологиялар желідегі құрылғылардың да өзгертілуін талап етеді. 5G технологиясына арналған телефондар өздеріне камера, MP 3 күй табак, видео күй табак, үлкен көлем мен т.б. қызметтерді қосады. Абоненттік құрылғылар желілік түйіндерге түрленеді деп болжалданып жатыр. Сонда гаджеттерді базалық станция арқылы емес, бір-бірімен тікелей байланыстыру арқылы, алып mesh-желі немесе гетерогенді желі жасайды. Mesh-желі дегеніміз – бір рангты, ұяшықты желі. Сонда желідегі жеке әрбір ұяшықтың өзінің өкілеттілігі бар, яғни желдігі бүкіл түйіндер бірдей.

Жаңа ұрпақтың ерекшелігі, ол кез келген спектрді қолданады және кез келген технологияны қолдана алады, яғни, заманауи сымсыз желілердегідей белгілі бір тұрақтандырылған радио-параметр болмайды. Роуминг термині тіптен жоқ болады деген болжам айтылып жатыр, ал роуминг жоқ болса онда абоненттің шығындары да азая түседі.

Берілген дипломдық жұмыс бесінші ұрпақ 5G радио қол жетімді технологиясының дамуын анализдеуге арналған. Оны жүзеге асырудың әр түрлі қадамдары қарастырылып жатыр: радиожеліге жаңа архитектура ұсыну арқылы; миллиметрлік толқындарды қолданып 5G жаңа спектр ашу; көп-өлшемді смарт анттеналар арқылы, қойылған талапқа жету; интерференцияны пайдалану арқылы, жаңа формадағы тербеліске негізделген «pCell» технологиясын қарастыру.

2 5G ұсынылып жатқан жобалар

5G (мобильдік желінің бесінші ұрпағы немесе сымсыз байланыс технологиясының бесінші ұрпағы) – телекоммуникациялық байланыс стандартындағы жаңа ұрпақ. Қазіргі уақытта 5G басылатын телекоммуникациялық компанияларда немесе стандартизация мүшелерінде, мысалы, 3GPP, WIMAX, Forum немесе МСЭ-Р сияқты, нақты айырықшамаларда немесе ресми іс-қағаздарда ресми термин ретінде қолданылмайды. NTT DoCoMo Жапон компаниясы, бұндай желілердің 2020 жылы ғана қолдануына шығарылады деп болжалданып жатыр. Олар LTE технологиясына қарағанда мәліметтер жылдамдығын жүз есе, тарату мүмкіндігін мың есе арттырады.

Адам өміріне қауіпсіздігі мен энергетикалық эффективтілігі, байланыс сапасы, күту уақыты – 5мс кем болмайды деген талаптар халықаралық телекоммуникация қоғамымен (МСЭ) расталмаған.

Берілген технологияны жүзеге асыруды көптеген инвестиция бөлу арқылы Huawei қытайлық компаниясы көш бастап келеді. Huawei компаниясының орындаушы директор Eric Xu айтуы бойынша, компания 600 млн.доллар жуық инвестиция жасау арқылы сымсыз байланыс технологиясына, мәліметтер жылдамдығын 10Гбит/с асырып түсетін технологияны жасамақшы. «Инновацияларды ашу» Мәскеу инновациялық даму халықаралық форумында, Ресейдегі Huawei компанияның президенті пайымдауы бойынша: «Мәліметтердің трафигі мен өсуіне және технологияның қиындатылуына байланысты желілерді жаңа деңгейге шығару көзделіп жатыр. Келесі ұрпақтың негізгі архитектурасы болып SDN (бағдарламалы-қамтылған желі) технологиясы болады. Сонымен қатар, Біз жоғарғы кең жолақты байланысқа қол жеткізетін барлық жерде қол жетімді болатын байланысты орнату керекпіз. Huawei 5G технологиясын зерттеп жатыр және Біз оны жақындағы 5 жыл ішінде коммерциялық қолдануға қол жетімді ете аламыз деп үмітенеміз».

2.1 5G стандартындағы цифрлық құрылғылардың байланыс жүйелердегі ерекшелігі

Өзінің уақытында Халықаралық электробайланыс одағы мобильдік қоғамды жүйелердің ұрпағын IMT белгілейтін реттік сандарды термин ретінде белгілеуді сұраған. Ертерек белгіленген терминдер «келесі жүйелер» («IMT және келесі жүйелер») және «IMT-2000 болашақ дамуы» тек уақытша қолданылатын терминдер дегенге сілтеме жасап. МСЭ-Р №56 резолюциясында «Халықаралық жылжымалы электробайланыстың атауын анықтау» терминдер аралығындағы қатынасын түсіндіретін «IMT-2000» мен «IMT-2000 болашақ дамуы», сонымен қатар келесі жүйелердің мүмкіндіктерін кірістіретін жаңа

радиоинтерфейстерді қосатын жаңа жүйелердің атауын келтіреді[3].

«5G» (мобильдік желінің бесінші ұрпағы немесе сымсыз байланыс технологиясының бесінші ұрпағы) – қазіргі ұрпақтардың (ресми 3G мен шартты кірістірілген 4G) жалғастырушысы болатын, мобильді байланыстың келесі стандарттарының кейбір зерттеуші жобаларда белгілеуге арналған, Қазіргі уақытта ресми түрде емес қолданылатын термин. Сонымен, 5G ресми термин болып табылмайды, осыған орай, қолданыстағы LTE жүйелерінің ары қарай дамытатын жаңа стандарттар, стандартизация мүшелерімен жаңа ұрпақ болып табылмайды, тек қана соларды жалғастырушы болып табылады.

Бұл талаптар МСЭ-Р[4] іс-қағаздарда алдын-ала көрсетілген және төменде көрсетілген бірнеше зерттеуші жобаларда қарастырылған. 2.1-кестеде белгіленген талаптар сандық көрсетілімдермен көрсетілген.

Кесте 2.1 - 5G желілеріне негізгі техникалық талаптар

Параметр	Мағынасы
Мәліметтерді таратудың жылдамдығының шыңы	10-50 Гбит/с (DL); 100Мбит/с-1Гбит/с (UL)
Спектральды эффективтілігі	5x (LTE-A салыстырғанда)
Радиоинтерференцидағы күту уақыты	1мс
Абоненттің мобильдігі	500 000м/сағ дейін
Абоненттің қоректенетін трафигі	500Гбит/ор дейін
Трафикті тарату тығыздығы	(1-10) Тбит/с/км ²
Абоненттік құрылғылар саны	(106-107)/км ² (300 мың/ұяшықта дейін)
Батарея қуатының өмірі	10х (М2М-энергия қоректену қуаты төмен құрылғылар үшін)
Энергетикалық эффективтілігі	(4G салыстырғанда) 10% төмендеді

Бұл талаптар (IMT TBD) қолданыстағы жүйелер 3G(IMT-2000) және 4G(IMT-Adv) (2.1-сурет төменде көрсетілген) салыстырғандағы параметрлер.



Сурет 2.1 - 5G параметрлеріне басқа жүйелермен 3G/4G салыстырғанда қойылатын талаптар

5G қойылатын негізгі талаптарды бірнеше доменге бөлу арқылы қарастыруға болады. Себебі, олар қазіргі уақытта алдын-ала қарастырылу сатысында болғандықтан, жалпы сипаттамада болады: «болжалды не болу керек». 5G талаптарының форматының ерекшеленген төрт домені:

- кіші соталармен құрастырылған радиоинтерфейс (new Air Interface (Small Cells)) – жаңа формадағы тербелістерге негізделуі керек (New Waveform), дуплекстің жаңа түрлері (New duplexing), арналық деңгейдегі қарапайым және майысқақ протоколдар (Light MAC), жоғарғы реттегі модуляциялар (Higher order modulation), ішкі жүйелік бөгеуілдердің эффективті компенсациялау әдістерінде (interference cancelation/utilization) және көп-өлшемді антенналық жүйелер (Massive MIMO);

- радиожелінің жаңа архитектурасы (new NW Architecture) – HetNet (HetNet resource allocation&management) гетерогенді архитектурасында ресурстарды басқару мен тарату, реконфигурленген радио-және желі элементтері SDR мен SDN (Software Defined Radio, Software Defined Networks), қолданушының мәліметтерін тарату мен ақпаратты басқару (қызметтік тапсырыстар) әр түрлі физикалық ортада (Physical separation between data&control planes);

- радиожилікті ресурс (Radio Frequency) – миллиметрлік диапазондағы (Millimeter wave) толқындарды қоса отырып, жоғарғы жиілікті диапазондардағы толқындарды қолдану, лицензирлеудің жаңа режимі (New Licensing regime), лицензирленген және лицензирленбеген спектрді қолдану (Licensed and unlicensed band operation), спектрді бірігіп қолдану (Spectrum sharing), сыртқы ортада және ғимарат ішінде комбинерленген спектрді қолдану (Indoor-Outdoor operation);

- интеллектуальды және адаптивті желілер (Intelligent and Adaptive Networks) – желілік ресурстарды стохастикалық және адаптивті қолдану (Opportunistic and adaptive use of resources), қол жетімді спектрді анықтау (Spectrum sensing) және оны когнитивті радио принцип бойынша қолдану (Cognitive radio and network), өзі басқарылатын (өзі конфигурируется) және автоматтандырылған желілер (Selfmanagement and automated networks, Automation (plug and play)).

Мәліметтерді жоғарғы жылдамдықпен таратын ұялы байланыс технологиясын Кореяда бүгінгі күндері жақсы нәтижемен тестілеп және өңдеп қойған. Ол технология Nomadic Local area Wireless Access (NoLA) деп аталады және ол бесінші ұрпақ 5G технологиясында қолдану мүмкін деген болжам айтылып жатыр. Бұл технология 3,6 Гбит/с жүктеме жылдамдығын қамтамасыз етеді. Бұл мобильдік жылдамдықтардың жаңа жетістігі болып табылады. Дәстүрлі сымды желілердің операторлары бұндай жылдамдық туралы армандап та көрген емес. Жаңа технология DVD-сапасындағы толықметражды фильмді бірнеше секундта жүктеуге мүмкіндік береді.

«5G» желісі екі негізі бола алатын элементтерден құрылады: Machine-to-Machine Intelligence (M2MI) Corp компаниясының технологиялық өнімі, «универсальды ретранслятор» деп аталатын; НАСА өңделіп жатқан, наноспутниктар топтарына негізделген транспортты желі.

M2MI Corp компаниясының орындаушы директоры Джеф Браун айтуы бойынша, өңделіп жатқан технологиялар Wi-Fi үстіндегі mesh принципі бойынша ғана интернет-қосылыссыз немесе телекоммуникациялық қолданусыз бен адамның көмегінсіз тұтас кеңістікте бір-бірімен тігінсіз байланысатын мобильдік құрылғылардың ортасын жасауға арналған өңделіп жатқан технологиялар болып табылады.

2.2 5G концепциясының жалпы көрсетілімі

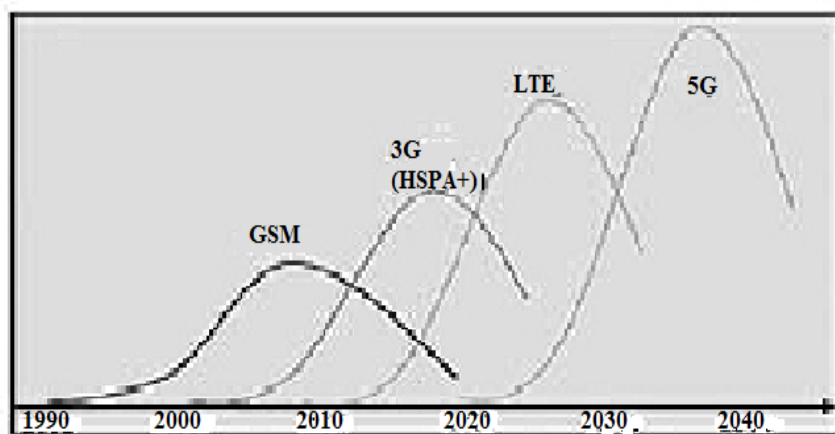
Жалпы көрсетілім бойынша 5G технологиясы 2020 жылы қай жерде болмасын, қай уақытта болмасын ақпаратқа шексіз қол жеткізу мүмкіндігін беру керек. Оған қол жеткізу үшін, қазіргі қолда бар кең жолақты желілердегі үстемелер мен құрылғылардағы әр түрлілігін көбейте түсу керек. 5G концепциясы – ол қарапайым желілік технологияларға қарағанда маңызы зор технология. 5G сымсыз қол жеткізу ортасы ретінде және әр түрлі сценариялар жиынтығы арқылы адам мен құрылғы арасындағы байланыс ретінде қарастырылу керек. 5G желілік ортасы «Интернет заттар» (IoT – the Internet of things), «Желілік қоғам» (the Networked Society) және машина-бағдарланған коммуникациялар (M2M – machine-to-machine, D2D – device-to-device) сияқты адами шектен шығады.

Жиынтықты үстемелер нәтижесінде, 5G белгілі бір технология болмайды, болжам бойынша (көбінесе бастапқы сатыларда), ең алдымен, HSPA мен LTA

нұсқаларының дамуын мен жаңа технологияларды қоса, әр түрлі радио технологиялардың комбинациясы болады. Кейбір мәліметтер бойынша, GSM құрылғылар арасында қысқа дестелерді таратуда төменгі жылдамдықты белгілі бір рөл атқарады. Ол 2020 жылға дейін жер бетінің біраз бөлігінде маңызды рөл атқарады.

5G айтатын болсақ, ол қолданыстағы бар технологияларды ауыстыру емес, оларды жаңа технологиялармен толықтыру ретінде қарастырылады. Жалпы көріністе $5G = \text{қолданыстағы стандарттарды дамыту} + \text{жаңа технологиялар}$.

Орташа уақыттық перспективада (2020 жылға жуықтағанда) 5G мақсаттарына қол жеткізу 3G (IMT-2000) мен 4G (IMT-Advanced) жүйелерінің дамуымен байланысты болады. Олар ары қарай дамып, өздерінің функциональды мүмкіндіктерінде аса зор потенциалы бар (2.2-сурет).

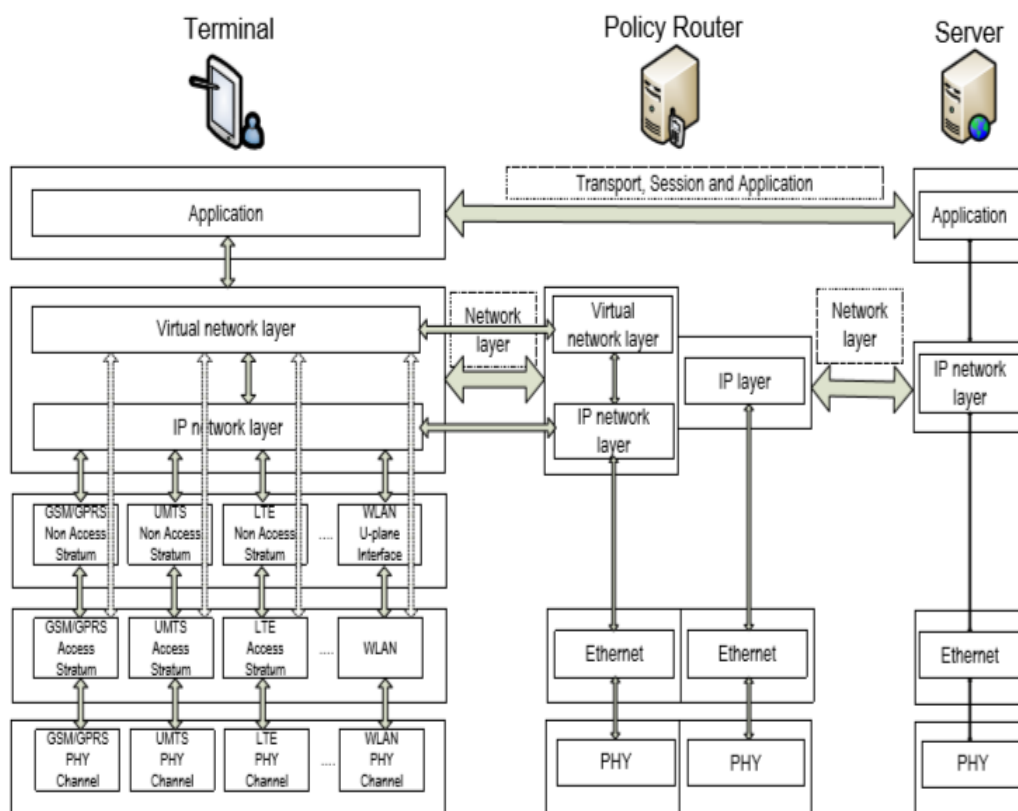


Сурет 2.2 - Ұялы байланыс технологияларының өмірлік циклы

2.3 5G радиожелісіне ұсынылған жаңа архитектура

Алдыңғы тарауларда көрсетілген мәселелерді біз жаңа архитектура жасау арқылы шеше аламыз. Жаңа архитектура протоколды стектің жоғарғы деңгейлері мен қол жетімді технологиялардың желілік деңгейлерінің байласын жаңа абстракциялық деңгей қосу арқылы шеше алады. Осы абстракциялық деңгей жаңа архитектурада кілттік бола алады. Жұмысты бақылау мен қолданбалы мөлдірлік (бөгеуілсіз) функциясы немесе сәйкес келетін RAT арқылы дестелердің тікелей маршрутын бақылайды. Ұсынылып отырған функционалды архитектурада желіге бақылаушы жүйе (политикалық маршрутизатор) енгізіледі. Ол қолданушының терминалымен толықтай қатынаста жұмыс істеп отырып, желіні берілген политикаға негізделген маршрутпен және абстракті функциямен қамтиды. Сонымен бірге, бұл бақылаушы жүйе әрбір тарату технологиясы үшін сервис сапасының

мәселелерін шешетін ажыратылмайтын бөлігі болып табылады. Интернет көзқарасымен, ұсынылып отырған архитектура қол жетімді технологиялардың сапалы қасиеттерін тексеретін идеальды жүйе болып табылады. 2.3-сурет қолданыста бар протоколды стектің ішінде жаңа деңгейді күйге келтіру көрсетілген [2].



Сурет 2.3 - 5G ұсынылған архитектурадағы элементтерге протоколдар сұлбасы

Абстаркті деңгейдің желісі қол жетімді терминалға (мобильді терминал (terminal)) қол жетімді технология арқылы қосылған терминалға қолданатын IP интерфейстің үстіне салынған өңделіп жатқан IP туннельдермен қамтамсыз етеді. Іс жүзінде, туннель қолданушының терминалы мен бақылаушы жүйе арасында жасалу мүмкін. Бақылаушы жүйе берілген сұлбада Политикалық Маршрутизатор (Policy Router) деп аталады. Ол берілген политикаға негізделді. Бұл тәсілмен, клиент көзқарасынан, әртүрлі RAT технологияларына қосылған туннельдерге сәйкес номер жасалады да, клиент тек қана интернет сервер мен клиент үстемесінің арасындағы интернет коммуникацияланған сокеттермен жасалған локальды IP адрессті қана орнатады. IP пакеттердің жолы туннельдер арқылы маршруталады. Туннельдер протоколдың виртуальды желілік деңгей арқылы заңдарымен ауысатын политика ретінде жұмыс істей мүмкін. Политикалық маршрутизаторда туннельдердің орнатылуы RAT арқылы IP қосылғаннан кейін бірден орнатылады. Ол виртуальды желідегі мобильдік

терминалдың бастапқы жұмыс сатыларында орнатылған. Орнатылған туннель жоғарыда айтылған қосылыста бақылауда ұстап отырып, негізгі виртуальды желілік деңгей (немесе абстракциялық деңгей) болып табылады.

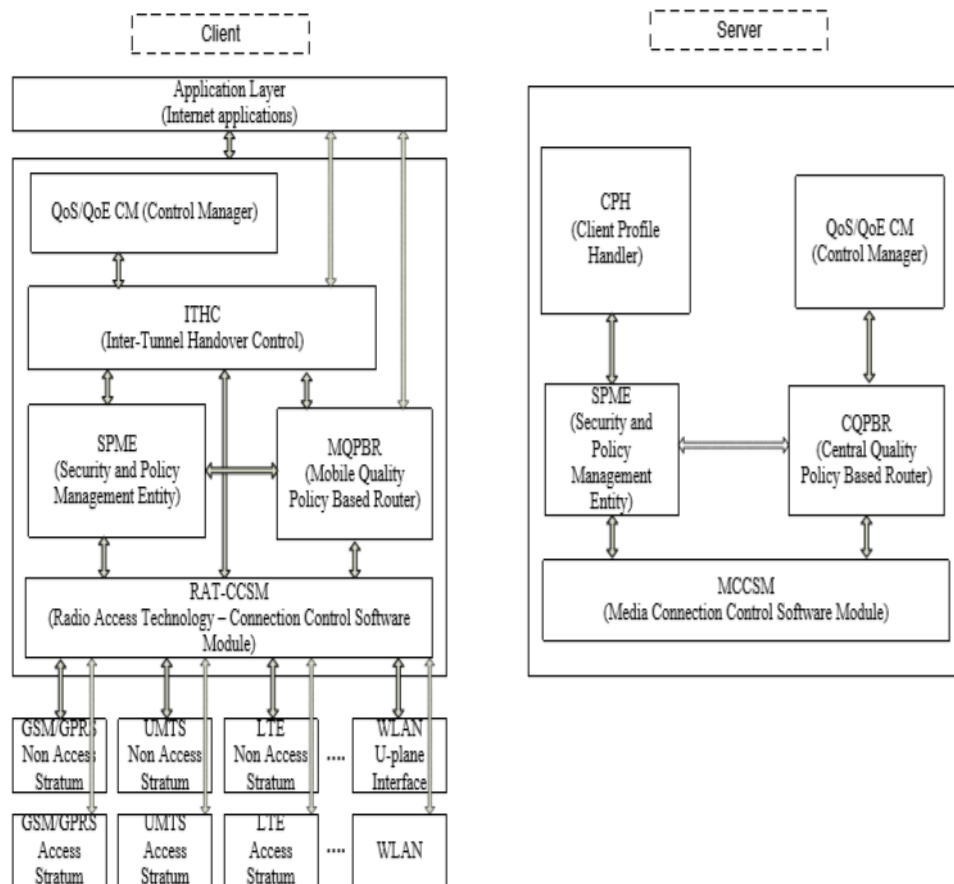
2.3.1 Берілген архитектурада функциональды ұйымдастыру мен функциональдығы

Сымсыз желілердің әртектілігін өзіне қажетті қол жетімді технологияны таңдап, пайдалану үшін, өзінің құрамына қолданушы терминалды қосады. Бұл таңдау арқылы қолданушы өзіне қажетті радио қол жетімді технологияны таңдай алады. Үрдістердің жаңа қоршаған ортада қосылуға қол жеткізуі үстеме үрдісімен тығыз байланысты. Нақтырақ айтқанда, қолданушының үстемесінің қажеттілігіне байланысты кез келген бір қосылысты орнатуды жүзеге асырғанда, сервер әдетте оны желілік деңгейге қосылу арқылы ұйымдастырады.

Берілген архитектурада виртуальды желілік қабаты қосылысты жүзеге асыратын көптеген функцияларды өзіне қосып, қолданушымен басталған қосылыстың сенімділік пен үздіксіздігін қамтамасыз ете отырып, виртуальды желілік деңгей бірнеше кооперативті әр түрлі функцияны жүзеге асыратын бағдарламалық қамтамасыз етілген модельдерге бөлінеді. 2.4 - суретте виртуальды желілік деңгейдегі бағдарламалық қамтамасыз етілген модельдердің блок-диаграммасы көрсетілген [2].

Қолданушы мен сервер арасындағы виртуальды желілік желінің функциясы арасында анықталған ерекшеліктер бар. Қолданушының жағында бес бағдарламалық қамтамасыз етілген модульдер бар:

- RAT-CCSM (Радио Қол Жетімді Технология – Басқарушы Бағдарламалық Қамтамасыз Етілген Модульдің Қосылуы);
- MQPBR (Политикалық Негізделген Маршруттың Мобильдік Сапасы);
- SPME (Қауіпсіздік пен Ұйымды Политикалық Басқару);
- ITNC (Кірістірілген Туннельдік Хэндовер Басқарушысы);
- QoS/QoE CM (QoS және QoE Менеджер).



Сурет 2.4 - Берілген виртуальды желілік деңгейдегі бағдарламалық қамтамасыз диаграммасы

Қарама-қарсы жақта политикалық маршрутизатор өзіне төрт модульді қосады. Олар келесілер:

- MCCSM (Басқарушы Бағдарламалық Қамтамасыз Етілген Модульдің Медиа Қосылуы);
- CQPBR (Политикалық Негізделген Маршрутизатордың орталық сапасы);
- SPME (Қауіпсіздік пен Ұйымды Политикалық Басқару);
- CPH (Қолданушыдың өңделетін профилі);
- QoS/QoE CM (QoS және QoE Менеджер).

Әрбір бағдарламалық қамтамасыз етілген модуль глобалды архитектураның ішінде өзіне берілген орынды алады. Ол арқылы соңғы функциональдылығы әр текті жүйелерде 5G үйлесімділігін қамтамасыз етеді. Бағдарламалық қамтамасыз етілген модульдер арасындағы жабдықтандырылған функциональдылық модульдер арасындағы нақты анықталған интерфейс арқылы және архитектураның екі жағындағы сәйкестендірілген бірдей желілер арқылы жүзеге асады.

2.4-суреттен көріп отырғаныңыздай екі жақта төрт жалпы кооператив (екі түрлі жақтан (қолданушы және сервер) модульдерді бағыттайтын) бар. Олар бір-бірімен тығыз байланыста болады. Сонда, біз төрт негізгі

функциональдықты бөліп алып, солар арқылы желілік деңгейдің жұмысын жүзеге асыра аламыз.

2.4 Ұялы байланыс желілерінің бесінші ұрпағындағы 5G қолданылатын D2D-коммуникациясы

Жоғарғы тығыздықты гетерогенді Het-Nets желілік архитектурасы мобильділік байланыс желілерінің бесінші ұрпағының 5G негізі болып табылады. Гетерогенді желілерде базалық станцияның қатысуынсыз құрылғылар бір-бірімен жұмыс жасайды. Оны D2D-коммуникациясы деп атайды. Ол коммуникацияда энергия қоректенуі төмен, мәліметтер тарату жылдамдығы тез, екі абонент арасындағы күту уақыты өте аз болады. 3G және 4G мобильдік байланыс желілері мәліметтерді таратуда пиктік жылдамдықты және каналдарды спектральды тығыздауды [7] эффективті жоғарлату үшін шығарылғын еді. 5G мобильділік желіні өңдеу кезінде, оның негізінді базалық станцияның қатысуынсыз, тек құрылғылар арасындағы жоғарғы тығыздықты Het-Net желілік архитектурасы болады [8].

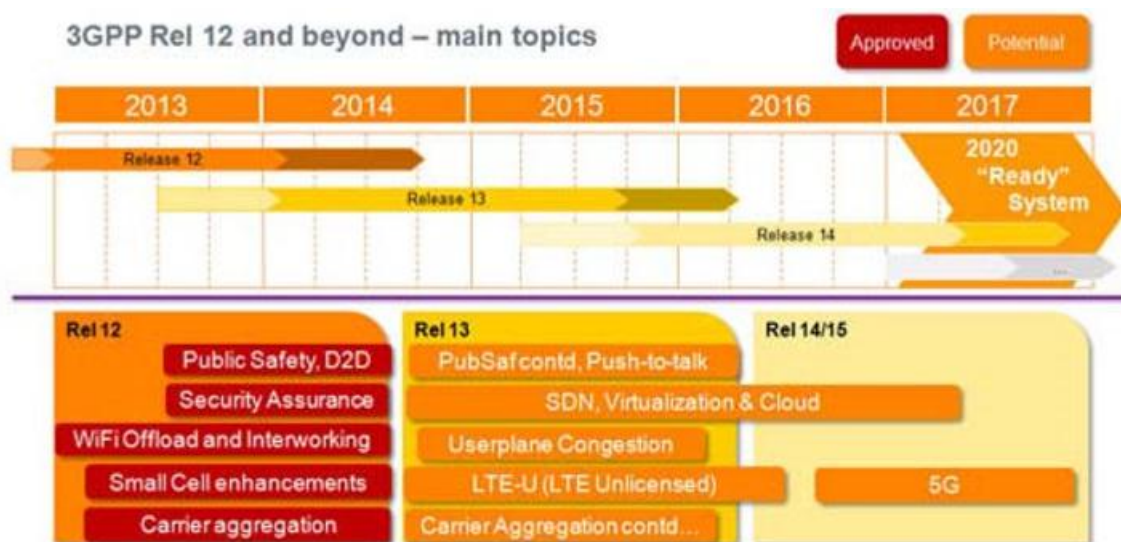
5G мен жоғарғы тығыздықты Het-Net желілісінің концепциясын қарастырғанда, тек қана оны технологиялық аспект ретінде емес, қауымды жақындастыратын, заманауи технологиялардың интеграциясы ретінде қарастырылады. Қолданыста бар және жаңа технологиялардың мөлдірлік интеграциясы жаңа қызметтердің пайда болуы мен қызмет көрсету сапасының жоғарлауына алып келеді. 5G стандарты органикалық интегралданған қол жетімді технологиялардың жиынтығы ретінде қарастырылады.

5G стандартының шегінде алғашқы қадамдар абонентік құрылғылар осы стандартын ажырамас бір бөлігі болу керек. Қолданушылар бір-бірімен жақын орналасқанда, сонымен бірге ақпарат қолдану орнына байланысты нақты спецификалық болса (мысалы, қолданушы қоршаған ортамен тікелей ақпарат алмасқанда немесе өзара әсерлескен жағдайдағы, әр түрлі жақындағы қызметтердің іс-әрекеті) желінің инфрақұрылымына қарағанда, мәліметтерді «құрылғы-құрылғы» протоколы бойынша алмасу дұрыс болады. Желілік протоколдың басқаруының астында болған D2D протоколы, өзі D2D-трафикті басқара алғандықтан, байланыс оператор классына локальды қызметтерде қауіпсіздікті қамтамасыз етеді. Одан басқа, D2D-протоколы инфрақұрылымды желі бұзылған кезде, локальды желіні қолдануға мүмкіндік береді.

2.4.1 3GPP консорциумның нұсқасы

Мобильдік жүйелердегі желілік технология аясында техникалық мамандандыруды жасайтын 3GPP консорциумы 2004 жылы ұзақ эволюцияның

мәселелерін шешеуге кірісті. Қазіргі уақытта 12 нұсқаға кіретін стандартын өңдеу жұмыстары аяқталып жатыр[9]. Бұл жұмыспен бір уақытта 3GPP RAN тобы келесі ұрпақтардың желілерін кемшілігінен айырумен айналасты. Қазіргі уақытта 13 нұсқаға жататын негізгі стандарттар бекітілді. Арналарды спектральды тығыздау кезінде жылдамдық жоғарлатуды қамтамасыз ететін мобильді байланыс желілерінің даму бағытының стратегиясы жүйенің ең ұзақ эволюциясы болды. 3GPP консорциумының эволюциялық нұсқасы 2.5-суретте көрсетілген.



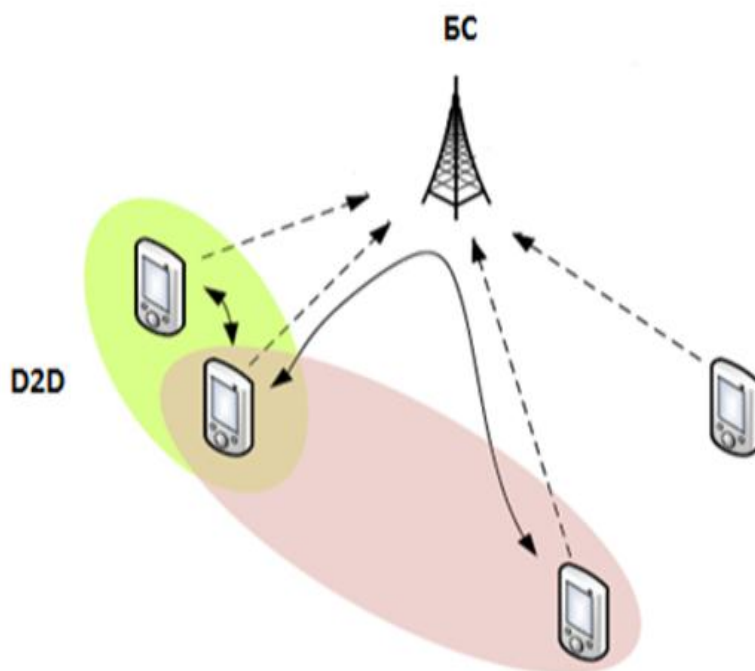
Сурет 2.5 - 3GPP нұсқасы

LTE және D2D технологиясы шиеленісті сұрақ болып, ақпараттық қауіпсіздік мәселелерімен байланысты жұмыстары жақсартты. Жоғарыда көрсетілгендерге назарға алсақ, 12 нұсқада ұзақ эволюция жүйесінде жақын орналасқан қолданушылар үшін қызметтерді D2D стандартымен қоса қолданып, локализациялауға (Proximity Services) түсініктемесі кірістірілді[9].

2.4.2 D2D-коммуникациялары

D2D-коммуникациялары – желілік инфрақұрылымсыз мәліметтерді маршруттаусыз құрылғыларды бір-біріне тікелей байланыстыруға мүмкіндік береді (сурет-2.6). D2D-коммуникациясын қосатын мүмкін болатын сценарилер басқаны есепке алмағанда, бір-бірімен өзара әсерлесетін, жақындықты анықтағанда, D2D құрылғысында қызметті локализациялау. Ондай қызметтерге жатады: әлеуметтік үстемелер; қолданушы арқылы шақырылған шартты өткізім; жарнама; жергілікті ақпарат алмасу; смарт байланыс (мағыналы, өлшенетін, нақты шарттардағы «ақылды» байланыс). D2D құрылғысы жергілікті желіге қосылған кезде ақпараттың қауіпсіздікті қамтамасыз ететін

тіректі қосатын басқа үстемелер. Сонымен бірге, 5G гетерогенді зонасының инфрақұрылымның сынуы кезінде.



Сурет 2.6- D2D-коммуникациясы

D2D-коммуникациясының күту уақытының азаю көзқарасынан желілік архитектурасының жоғарғы тығыздықты артықшылығы мен энергияны тұтынудың төмендеуі, мәліметтердің тарату жылдамдығының жоғарлауын сезуге мүмкіндік беру керек. D2D-коммуникациясы, сонымен бірге, бөгеуілдер мен мобильді басқару, қауіпсіздік пен жобалау аясындағы жаңа мәселелерді шешуге мүмкіндік беру керек. Одан басқа, бұл технологияның жетістікке жетуі келесі сценарияларға тікелей байланысты: бір-бірімен сұхбаттасатын қолданушлардың жақындығынан және жақындағы жылдары жасалатын жаңа үстемелерден.

2.4.3 Лицензирлеген жиілік диапазонындағы D2D-коммуникациясы

Лицензирлеген жиілік спектрі осы уақытқа дейін жеткіліксіз және қымбат болып келеді. Егер күтілетін сұраныстың қанағаттандыру жеткіліксіз болса, операторлар ұялы байланыс үшін қосымша арналарды қол жеткізуге мүмкіндіктер жасайды. 5G желілері қазіргі уақытта бар шарттарда желілердің өткізу мүмкіндігін ашу арқылы оны өсірудің жаңа тәсілдерін табуға көмектеседі.

D2D-коммуникациялары лицензирленген жиілік топтарында мобильді құрылғыны тек қана синхронизациялау үшін қолданған[10]. LTE желілеріне

қазіргі уақытта көңіл бөлуді қарастыра отырып, оның көрсеткіштерінің жақсартылуы, D2D-коммуникациялары лицензирленген зонасында қарастырылып, бағаланған. D2D-Aware (MIMO) сұлбасының дизайн, желілік кодтау, бөгеуілдерді тізбектей басу, D2D арқылы видеоны сымсыз тарату және т.б.

D2D зерттемесіне жауап ретінде 3GPP консорциумы LTE-Direct жобасын технико-экономикалық орнату жұмыстарымен айналыса бастады. LTE-Direct – оператордың басқарумен лицензирленген спектрінде жұмыс істейтін синхронды жүйе.

2.4.4 Лицензирленбеген жиілік диапазонындағы D2D-коммуникациясы

Оператор кез келген лицензирленбеген жиілік спектрін қолдана алмайды. Ол өндірістік, ғылыми, медициналық көзқарапен байланысты. Лицензирленбеген жиілік спектрінде Bluetooth, Wi-Fi сияқты танымал технологиялар жұмыс істейді. Олардың сымсыз персональды және локальды есептеу желілерінде (WPANs, WLAN) әйгілі болып келеді.

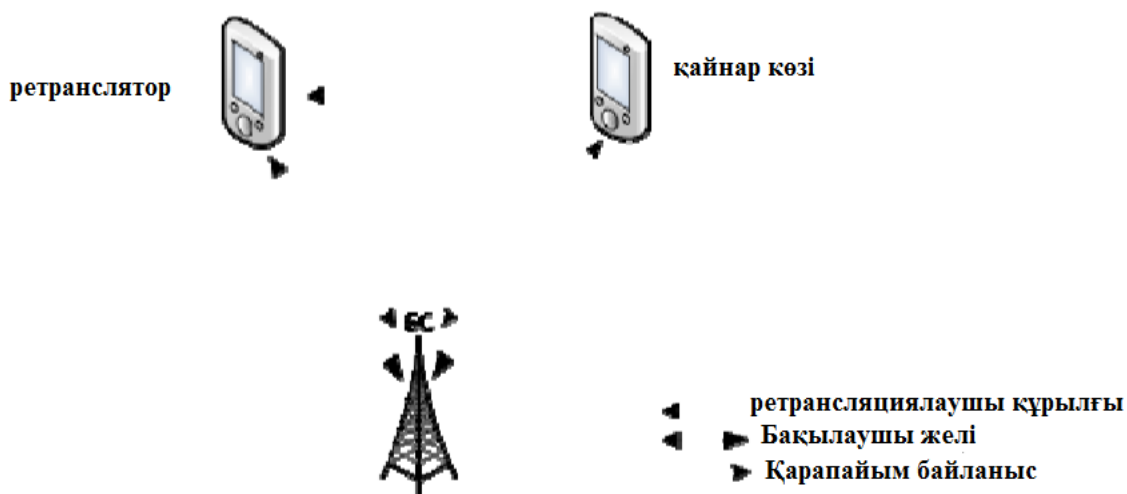
Қарапайым сымсыз желілерде қол жетімділік нүктесіз ресурстарды басқаратын құралдары жоқ. Арнайы қолданушының қосылыстары таратылған режимде лицензирленбеген арна топтарын таңдауды қажет етеді. Wi-Fi технологиясы QoS қызметін сапасы бойынша қанағаттандырмағандықтан жиі сынайды. Бірақ, оған қарамастан бұл технология, қолданушыларға басқа бәсекелес сымсыз технологиямен салыстырғанда эффективті жұмыс пен мәліметтерді таратудың жоғарғы жылдамдығын қамтамасыз етеді. Негізінде, арнайы қосылыстарды қол жетімділік түйінсіз тұрақты жұмыстың нәтижесі арқылы мүмкін болады. Жақын арада қолданушылардың құрылғысын қосатын Wi-Fi-Direct (WFD) технологиясы жасалды. Ол осы құрылғыларға инфрақұрылымның көмегісіз, бір құрылғыға «топтың басшысы» статусын, екіншісіне «клиент» статусын беру арқылы сұхбатты орната алады. Әрбір WFD «топтың басшысы» онымен байланысқан бүкіл WFD «клиенттеріне» синхронизацияны қамтамсыз етеді.

Көптеген қолданушылардың құрылғысы осы уақытта WFD тірегі қамтамасыз етекенімен, сигнализацияны қосымшасының шығының шамасын минимумға келтіру қажет болып табылады. Осылайша, D2D болашақ жүйелері инфрақұрылымның жағынан тірек арқылы және анау не мынау басқару формасымен олжаны ала алды. D2D құрылғысын қауіпсіздік пен аутентификациясы үшін қажетті ұялы инфрақұрылымның қауіпсіздік туралы ақпарат ретрансляцияланады [12].

2.4.5 D2D-коммуникациялардың түрлері. Негізгі техникалық мәселелер

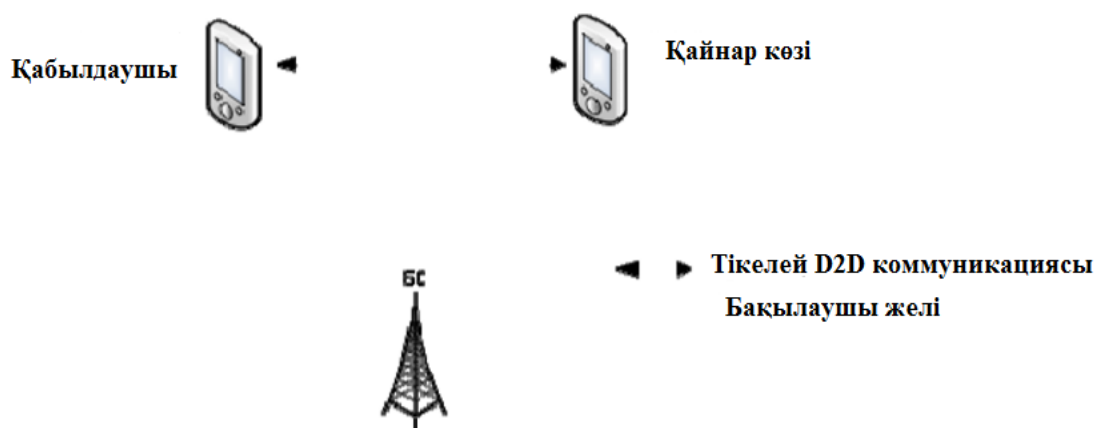
Екі деңгейлік 5G желісі макроұяшықтың деңгейі мен құрылғы деңгейімен (device-tier) тұрады.

Макроұяшық – қарапайым ұялы жүйелердегі базалық станция BS-to-device. Құрылғы D2D-коммуникациясын тірекпен қаматамсыз ете алады делік. Егер құрылғы ұялы желіге базалық станция арқылы қосылса, онда мұндай құрылғылар макроұяшықтың деңгейінде жұмыс істейтін құрылғы деп аталады. Егер құрылғы тікелей басқа құрылғыларға қосылса немесе басқа құрылғылармен әрекеттесіп жұмыс істесе, ондай құрылғылар құрылғы деңгейінде жұмыс істейтін құрылғылар деп аталады. Тығыз орналасқан аудандарда құрылғылар бір-бірімен жұмыс жасауға мүмкіндік алып, ad hoc немесе mesh-желілерін жасайды [12].



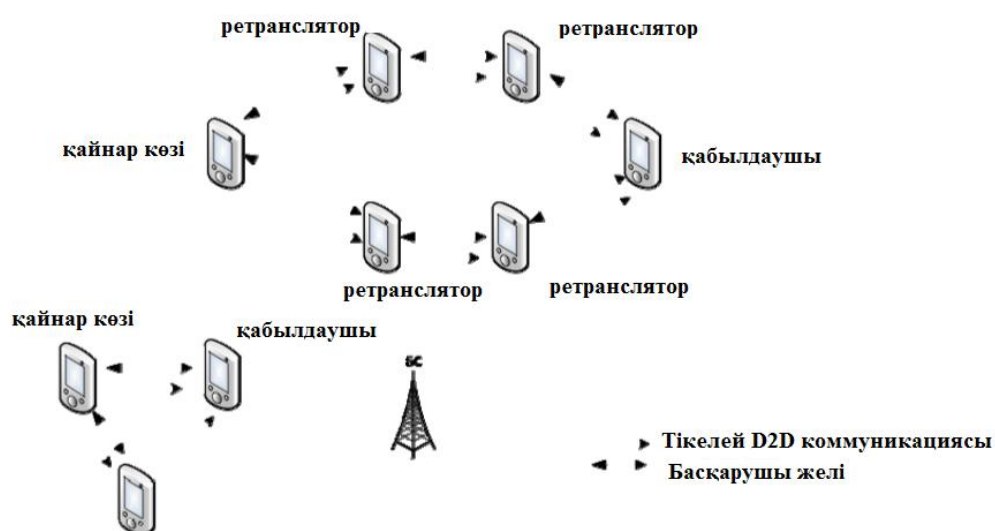
Сурет 2.7 - Басқа құрылғылардың көмегімен ақпаратты базалық станция мен өзара әсерлесетін құрылғыларды ретрансляциялау

Коммуникация деңгейінің екінші түр құрылғысы – DC-OC құрылғысы (Direct D2D Communication with Operator Controlled link establishment). Ол D2D құрылғысымен тікелей өзара әсерлесу орнына ие. Бұндай қосылыс кезінде ақпаратты аламасу қабылдаушы мен қайнар көзі арасында базалық станция көмегінсіз болады[12], бірақ олардың өзара әсерлесуі оператормен координаталады (сурет 2.8).



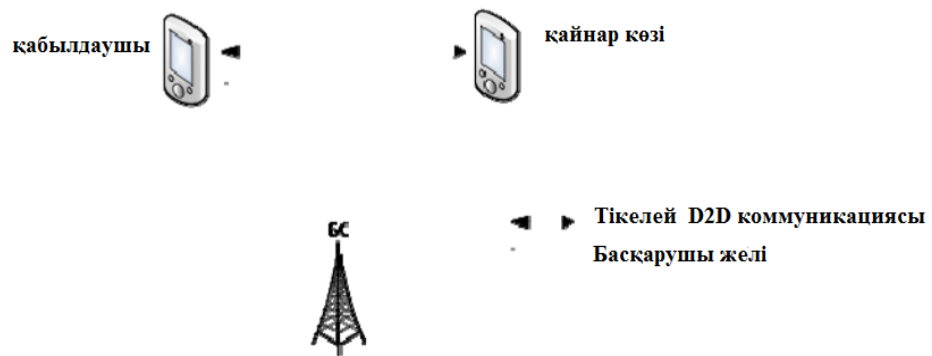
Сурет 2.8 - D2D-құрылғыларының тікелей өзара әрекеттесуі

Коммуникация деңгейінің үшінші түр құрылғысы – DR-OC құрылғысы. Құрылғы қайнар көзі және қабылдаушы ретрансляторды қолдану кезінде өзара әрекеттесудің координациялауға жауап береді [12]. Бұндай қосылыс кезінде, қосылысты орнатуда оператор қатыспайды (сурет 2.9).



Сурет 2.9 - Ретрансляция құрылғысы арқылы тұтынушы мен қайнар көзінің өзара әрекеттесуі

Коммуникация деңгейінің төртінші түр құрылғысы – DC-DC құрылғысы. Бұндай құрылғыда қайнар көзі мен тұтынушы бір-біріне тікелей, оператор жағынан бақылаушысыз, байланысты орната алады[12]. Бұл дегеніміз, қайнар көзі құрылғысы мен тағайындалуы, макроұяшықтың деңгейіндегі бірдей деңгейдегі басқа құрылғыларға арналған бөгеуіл деңгейлерінің шектелуін қамтамасыз ететіндей қолдануы керек (сурет 2.10).



Сурет 2.10 - DC-DC типті D2D-құрылғыларының тікелей өзара әрекеттесуі

Мобильді байланыстың бесінші ұрпағының екі деңгейлік желісін классикалық ұялы желісін архитектурасымен салыстырғанда жақсарту үшін бөгеуілдерді басқарумен және қауіпсіздікпен байланысты бірқатар мәселелерді шешу керек [12].

Себебі, қолданушының мәліметтері басқа қолданушылардың құрылғылары арқылы бағытталады. Берілген деңгейлерде жұмыс істейтін құрылғыларға жабық қол жеткізу арқылы қауіпсіздіктің мәселелерін шешуге мүмкіндік туады. Жабық қол жетімділікте құрылғыда «сенімді» құрылғылардың тізімі мен ол тізімге кірмейтін макроұяшықтың деңгейіндегі қосылысты орната алатын құрылғылар тізімі болуы керек. Мысалы, қолданушылар белгіленен конфиденциалдық деңгейді қанағаттандыру керек: не олар бірін-бірін білу керек, не олар шынайылыққа тексеруден өту керек, не олар сенімді адамдар иемдену керек және т.б.

Ашық қол жетімділікте әрбір құрылғы басқа құрылғыларға ешбір шектеусіз ретранслятор ретінде қолдана алмайды. Бұндай жағдайда қауіпсіздік ең қиын зертелетін мәселе бола алады. Соның өзінде, D2D-коммуникациялардың қауіпсіздік мәселесі жүйенің осалдығы мен қауіпін, потенциалды шабуылын идентификациялауды қосады.

Екі деңгейлік басқару жүйелерінде ең үлкен екінші мәселердің бірі – бөгеуілер. DR-OC мен DC-OC ресурстарды тарату мен орнату базалық станция арқылы орнатылады. Яғни, базалық станция орталықтандыру әдістерінің көмегімен бөгеуілдерді басқару мәселесін жеңілдете алады. Басқа жағынан қараса, DR-OC мен DC-OC ресурстарды құрылғылар арасында таратуға арналған орталықтандырылған объект жоқ. Сол лицензирленген түрде қолданушының макроұяшығына әсер етеді.

DR-DC мен DC-DC құрылғыларды басқаратын сервер немес базалық станция жоқ. 2.9-2.10-суретте көрсетілгендей бір немесе бірнеше құрылғылар басқа құрылғылар бір-бірімен өзара әрекеттесе алатын шарт бар. Бұл типті желілер бүгінгі күндері зерттеуге қиын болады. Себебі, онда орталық ретрансляциялауды басқарушы жоқ [12].

2.5 Миллиметрлік толқындар 5G желілеріне жаңа спектр аша алады

4G мен LTE ұялы байланыс технологияларының жер бетіне толықтай таралуына бос спектр жеткіліксіздігі тоқтатып отыр. LTE технологиясы үшін байланыс қызметін қамтамасыз ететін ұсынушының иелігінде ғана болатын үлкен жиілік жолағын талап етеді. Жаңа спектрді өз иелігіне сатып алу қымбатқа түседі және оның көлемі шектелген. Ол спектрді кеңейту үшін байланыс операторлары неше түрлі кулықтарға бет алады.

Қазіргі заманда ұялы байланыс операторлары электромагниттік толқындардың тек кішкене бір бөлігін алу үшін ғана биллиондаған ақша жұмсауда. Ол өйткені, қазіргі кезде ұялы байланыста бар төрт ұрпақ та тек қана тек сол жиілік спектрінің арналарын ғана қолдануда. Ол тек қана бүкіл басқарылатын спектрдің 1% ғана. Қазіргі кезде ұялы байланыс инженерлері 300МГц - 3ГГц аралығындағы жиілік спектрін қолдануға кірісті, ол жиілік спектрі жылжымалы байланыс үшін «тәтті дақ» болды. Бұл жердегі толқын ұзындығы кішкене антенналарда қолдану үшін жеткілікті түрде қысқа, бұл телефондарға жақсы сәйкес келеді. Ал бөгеуілдерді айналып өту үшін және бөгеуілдерде жұтылу үшін (мысалы, ғимараттар мен жапырақтар) жеткілікті ұзын болып табылады. Бұл толқындарды өте үлкен қуатпен жіберген өзінде олар өздерінің бағыттарын бірнеше километрде де жоғалтпайды. Бірақ бұған қарамастан, уайымдайтын заттар бар. Қанша көп оператор осы спектрді қолданылатына қарамастан олар толқындардың жабу алаңның кеңейте алмайды. Смартфондар мен планшеттердің қолдануы күннен күнге артып барады. Адамдар web-ті, сурет пен фото ағындарын қозғалып бара жатқанда қарауы арттып келеді. Сонда оларда пайда болатын әуе бұлттары да көп мәліметтерді жинақтап отырады. Мобильді трафик жыл санап өсіп келуде, Ericsson мен Cisco баяндамасы бойынша 2020 жылға таман ұялы байланыс қолданушылардың жүктемесі 1тбит асуы мүмкін. Сол себепті миллиметрлік толқындар бізге кең спектр жолағын бере алатындықтан, соны қолданған ыңғайлы болады.

Миллиметрлік толқындарды басқаша айтқанда өте жоғары жиілікті толқындар деп те атай аламыз. Олардың жиілік интервалы 30-300 ГГц. Инженерлер бұл спектрдің енді 10-30 ГГц аралығындағы жиілік спектрімен жұмыс істеу үшін зерттеу жұмыстарын жүргізуде. Өйткені осы аралықтағы толқындардың беретін жиілік кеңдігі жоғары таралады. Инженерлердің бағалауы бойынша осы толқынмен мобильді коммуникациялардың орта саны қазіргі қолданылыста бар коммуникациялардан 100 есе көп жиілік жолағының кеңдігін бере алады. Бірақ нарықта, бұндай тауарды компаниялар RF айналу маршруты үшін және антенналық жүйесі үшін өте қымбат санайды.

Көптеген соңғы қолданылыстағы смартфондар мен теледидарлар, lar-top миллиметрлік толқындардың екі стандартына негізделген сымсыз байланыстың

маркаларын қолданылады. Олар: сымсыз жоғары анықталған (WirelessHP), сымсыз гигабитті (WiGig).

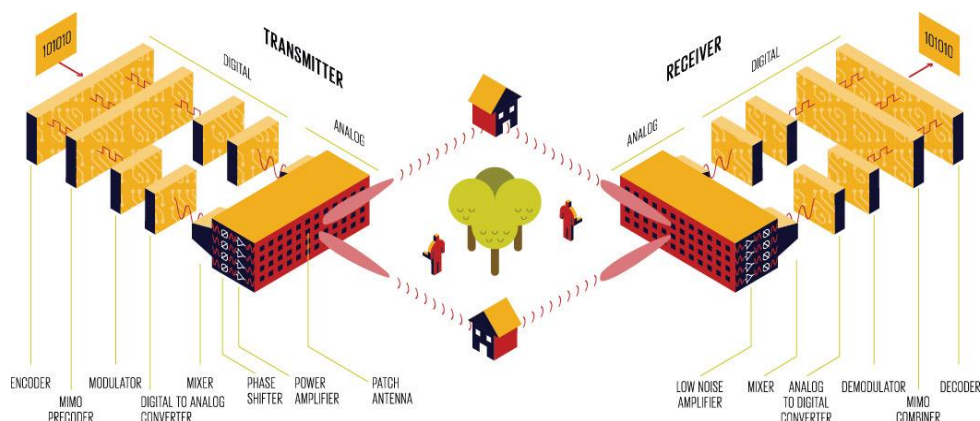
WirelessHD стандарты 60-Гигагерцтық технологияларға арналып жасалған. Бұл технология 1080 форматтағы 24-биттік түсте және 60 Гц кадр жаңару жиілігімен сығылмаған видео (онымен бірге келетін аудиофайл) тарата алады. Сонымен қатар, EIA 861 форматтағы сығылғын видені де жібере алады. Мәліметтер таратудың максимальды жылдамдығы 3Гб/с асып түседі. Еркеше жағдайларда жылдамдық 10 мен 28 Гб/с жете алады. Осыны есепке ала отырып, 57 мен 64 ГГц аралығындағы жиілік диапазонында жұмыс істей алады.

Бұл технологиялар смартфондармен қалалық телефондар арасындағы коммуникациялар емес. Олар үлкен көлемді мәліметтерді тасымалдауға арналған. Оларға келесілерді жатқыза аламыз: сығылмаған видео, Ethernet пен HDMI кабельдері. WirelessHD мен WiGig бірге 60ГГц жиілік жолағынан алынғанмен, бірақ болашақта 5-7 ГГц дейін қабылдағыш және таратқыш құрылғыларында жуықтатылған. Бұндай жиілік жолағындағы магнитудалары спектрден үлкен және секундына 7 Гбит дейін мәліметтер көлемін өсіре алады, ол ең жылдам Wi-Fi да көп есе тез болады. Ұялы байланыс желілері үшін белгіленген құрылғылар жоғарғы кеңдікті арналардың жетілдіруін қабылдап, қымбат болғанына қарамастан миллиметрлік толқындардың спектрімен жұмыс істеуді бастады. Базалық станция мен бас желінің арасын қосатын тікелей көзге көрерлік желіні жоғарғы жылдамдықпен қамтамасыз ететін миллиметрлік толқындарды бірнеше ұялы байланыс жабдықтаушылары, оның ішінде: Ericsson, Huawei, Samsung, қолданады. Миллиметрлік толқындар көптеген скептиктердің ойынан шықты. Олардың пайымдауынша бұл толқындардың жиілігі ғимаратта орналасқан немесе өте үлкен жылдамдықпен кетіп бара жатқан көлікте отырған абоненттерге де интернетті үздіксіз түрде қамтамасыз ете алады. Бірақ бұндай толқындардың кемшілігі хаосты үлкен мегаполистерде, яғни смартфонды қолданатын абоненттер ағаштың артында, баспалдақтың астында орналасқан болса толқындар бұл бөгеуілдерді өте алмай, тікелей көзге көрінерлік бағытта орналасқан базалық станция мен телефондық қондырғыға байланысты орната алмайды.

2.6 SAMSUNG компаниясы ұсынған көп-өлшемді смарт антенна

Смарт антенна - адаптивті антенналық тор (Smart Antenna) технологиясымен жұмыс істейді. Ол өзіне бағытталу диаграммасының жасау функциясы мен сәулені аңду функциясын қосады. Ол сигналды тікелей көру аясынан алыс жерлерге тарату мен байланыс ұзақтығын көбейту, бөгеуілдер әсерін азайтуға ісерін тигізеді. Жоғары күшейту коэффициентін қамтамасыз ете алатын фазаланған антенналық тормен сәулені жасау үшін функциясын қамтамасыз ете алады. Осының барлығын есепке ала отырып, изотропты сәулеленетін қуатының максимальды мәні 10В жетеді. Сәулені аңду

технологисы арқылы тарату немесе қабылдау антеннасы орын ауыстырғанда, болмаса сәуле жоғалса немесе бөгеуіл пайда болса да, антенналардың бағыты бір орнында қалады. 2.11-суретте смарт анттенна көрсетілген [5].



Сурет 2.11 - Смарт анттеннадағы таратқыш және қабылдағыш

Болашақтағы 5G мобильдік желілері миллиметрлік толқындық құрылғылар арқылы өздерінің резервтерін кеңейте алады.

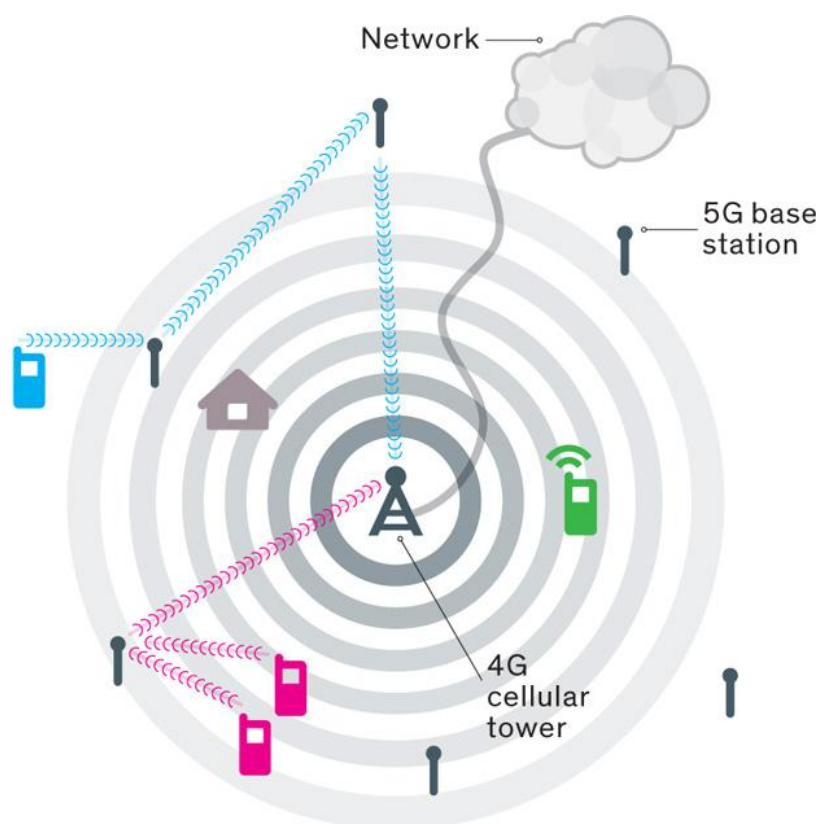
Сонда мүйіз тәріздес, ебейсіз, моторланған антенналар орнына төртбұрышты металдан жасалған патч антенналарды қолдана аламыз. Бұл антенналардың ең үлкен құндылығы олардың көлемдерінде, олар белгіленген жиіліктегі толқын ұзындығында орналасқан көп емес телефондарды байланыспен қамтамсыз ете алады. Samsung ұсынған прототип 28 ГГц (жиілік жолағымен жұмыс істей алады. Жекеленген патч антенна диаметрі сонда 5 мм болады. Инженерлер 10 кішкентай панельді бір желі моделіне орналастыру арқылы, олардың жалпы энергиясын тарату қуатын үлкейтпей энергияны өсірте алады.

Кесте 2.2 - Қазіргі кездегі ұяшықты технология мен болашақтағы миллиметр-толқындық технологиялар арасындағы салыстырмалы анализ

	Қазіргі кездегі ұяшықты технология	Болашақтағы миллиметр-толқындық технологиялар
Жекеленген антенның ұзындығы бос кеңістікте	700 МГц-те 0,213м сайын	28 ГГц-те 0,005 м сайын
Максимальды қалалық тарату желілері	700 МГц-те 3000м сайын	28 ГГц-те 300 м сайын
Сигнал өшулігі (1000м-ге)	700 МГц-те Әуеде: 005 дБ Қатты жауын кезде: 0,2 дБ	28 ГГц-те Әуеде: 0,1 дБ Қатты жауын кезде: 10 дБ

Бұл сәулелер әр түрлі толқындар үшін қайта формаланып, басқарылып жұп құрауы мүмкін. Бұл өзгерістер аналогты сатыларда фаза ауыстырып-қосқышы немесе күшейткіш (power amplifier) арқылы ғана тек сигнал таратылғанға дейін немесе қабылданғаннан кейін жасалу мүмкін немесе цифрлық құрылғыларда аналогты түрге конвертелгеннен кейін ғана жүзеге асуы мүмкін. Цифрлық сигнал ең жақсы дәлдікті қамтамасыз етем дегенше, оның құрылымы қиындатыла түседі, соның себебінен ол қымбаттырақ болады. Сонда ол есептегіш модульді және цифрлы-аналогты, аналогты-цифрлы конвертерлерді әрбір жеке патч антенна үшін қажет етеді.

Бір жағынан алып қарасак, бұл толқындар қатты материалға жақсы сіңбейді. Олар сонымен қатар, олар төменгі жиіліктегі толқындар сияқты ұзақ ара қашықтыққа барғанда көп энергияны жоғалтады. Өйткені, олар газдармен, жаңбырмен және жапырақтармен тез жұтылып немес таратылып кетеді.



Сурет 2.12 - Сәулелік сұлба

Ағымдағы Самсунг протипі жоғарыда көрсетілген matchbook-size матрицасы. Ол матрица 64 антенналық элементтен тұратын антенна. Әрбір антеннада сигналдың фазасын динамикалық жолмен өзгерту арқылы сигналды жылдам бірнеше бағытта таратуға мүмкінлік береді. Оның жұмысын гиперактивті прожектор жұмысымен сәйкесендіре аламыз. Базалық станция мен мобильды станция бір-бірімен қосылу үшін ұдайы сәулелерді жазу арқылы ең мықты қосылысты іздеп, бөгеуіл айналасындағы шағылысу арқылы сенімді

қосылысты қамтамсыз етеді. Патч сәулелерді табу үшін таратқыш пен қабылдағыш ұдайы бірге жұмыс істеп тұрады.

2.7 «pCell» технологиясы

5G технологиясын зерттеп жатқан кандидаттардың барлығы миллиметрлік толқындар ұялы байланыстағы интерференцияны басқаруды, ұяшықтарды кішірейтудің бірден-бір амалы екенін ескере кетті. Бүкіл дүние жүзі 5G технологиясына неше түрлі архитектуралар ұсынап жатқанда, Америкадағы Сан-Франциско штатында «Артемисті желі» деп аталатын «pCell» технологиясын ұсынды. Осы технология арқылы жаңа сымсыз байланыс технологияларындағы желінің тым асыра жүктелуін жоя отырып, мәліметтердің жылдам әрі сенімді тасымалдауын қамтамасыз етеді. Егер осы технология өзін көрсете алса, онда pCell сымсыз байланыстың эксплуатациялау жолын радикалды түрде өзгертуі мүмкін. Яғни pCell қазіргі кездегі ұялы байланыстың архитектурасын толықтай жаңа архитектураға көшіре алады. Ол сигналды антеннадан көп сатылы түрде таратып, әрбір сымсыз байланыс құрылғысының айналасында кішкентай қабылдау зонасын құра алады. Әрбір зона қол жетімді желінің спектр арнасының кеңдігін толықтай қолданып, жүйенің сыйымдылығын фактілі түрде шексіз жасай алар еді.

3 Есептеу бөлімі

3.1 Жүйеге арналған жабу алаңына жуықталған есептеу

Абонент жағында орналасқан абоненттік блок (SU) мен базалық станцияның антеннасының (BS-AU) арасындағы байланыс алшақтағын есептеп шығарайық. Жүйедегі SU мен AU блоктарының арасындағы күтілетін арақашықтықты бағалау.

Есептеу үшін алынған бастапқы мәліметтер:

- қол жетімділік құрылғысы (AU);
- таратқыштың қуаты – 28 дБм;
- қабылдағыштың кірісіндегі минимальды шектік деңгей – 68 дБм;
- қабылдағыш жиілігі – 3,5 ГГц;
- таратқыш жиілігі – 3,5 ГГц;
- антенналық бөлгіш пен сүзгілердегі өшулік – 15 дБ;
- антенна бағыттанушылығының диаграммасы – 60°;
- БС антеннасының күшейту коэффициенті – 11 дБ;
- антенна орналасу биіктігі – 40 м;
- фиксирленген абоненттік қол жетімділік блогы (FAU);
- бағыттанушылықтың диаграммасы – 6,1°;
- антеннаның күшейту коэффициенті – 13,5 дБм;
- қабылдаушы антеннаның биіктігі (FAU) – 3 бастап 10 м дейін;
- қабылдаудың сапалығын толықтай қамтамасыз ететін кернеулік өріс 53

дБм тең.

Орташа кедір-бұдырлығы бар аймақтың үстінде таралатын радио толқындарға негізделе отырып, бір БС жабу алаңының анықтап, есептейміз. есептеу тәсілінің негізіне қойылған таратылатын радиотолқындардың қисықтары көрсетілген (3.1.-суретте).

Ол қисықтардың мәліметі қуаты 1 кВт болатын таратқышты қолдану арқылы тұрғызылған. Ол қабылдау пунктерінде r аралықты, таратушы антеннадағы қисықтың биіктігімен вертикаль қиылатын сәйкесті E кернеулік өрісін жасайды. Таратқыштардың нақты сипаттамасы алынған қисықтардың сипаттамасынан ерекшеленеді, сондықтан, түзетілетін коэффициенттер енгізіледі, ал жалпы формула келесідей түрде көрсетіледі[6]:

$$E = E_C + B_{P.H} + B_{\Phi} + B_{h2} + B_{PEL} + (\alpha \cdot 1) - D_{RPU} - D_{FAU} + B_{\theta}, \quad (3.1)$$

мұндағы E_C – белгіленген көрсеткіштерді алу үшін қажетті сигналдың кернеулік өрісі. E_C құрылғыға қатысты техникалық құжаттамада берілген, $E_C=53$ дБ;

$B_{P.H}$ – таратқыштың қуатынан номинальды қуат 1 кВт айырмашылығы бар екенін ескеретін, қисықтарға қабылданған түземе, дБ.

B_{Φ} – резонатордағы, көпірлік фильтрлерде және антенналық бөлгіштегі өшулік, $B_{\Phi}=7$ дБ;

B_{h2} – қабылдағыш антеннаның биіктігін есептейтін түземе, дБ;

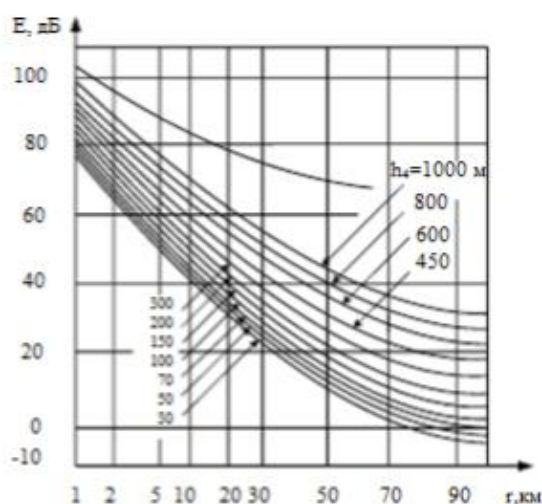
$B_{PEЛ}$ – аумақтың рельефін есептейтін түземе, дБ;

$(\alpha \cdot 1)$ – қабылдаушы мен таратушы антеннаның фидеріндегі өшулік, дБ, біз көрсеткен құрылғыда қолданылмайды, себебі RPU блогымен қосылуды HDSL цифрлық қосқыш желі арқылы жүзеге асады.

DAU – БС RPU антеннасының күшейту коэффициенті, DRPU = 11 дБ;

DSU – AU абоненттік құрылғы антеннасының күшейту коэффициенті, DSU = 13,5 дБ;

B_{θ} – төрт толқынды кадалық істікпен салыстырғанды бөгеуілге сезімталдығының кемігеннің ескере отыратын түземе, дБ.



Сурет 3.1 - Қалалық зонадағы жер үстіндегі радиотолқын қисықтарының таралуы

$B_{P.H}$ түземесін келесі формула арқылы анықтайық:

$$B_{P.H} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1000}{P_H}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{1000}{0,316}\right) = 35 \text{ дБ}, \quad (3.2)$$

мұндағы P_H – таратқыштың номинальды қуаты, $P_H = 316$ мВт.

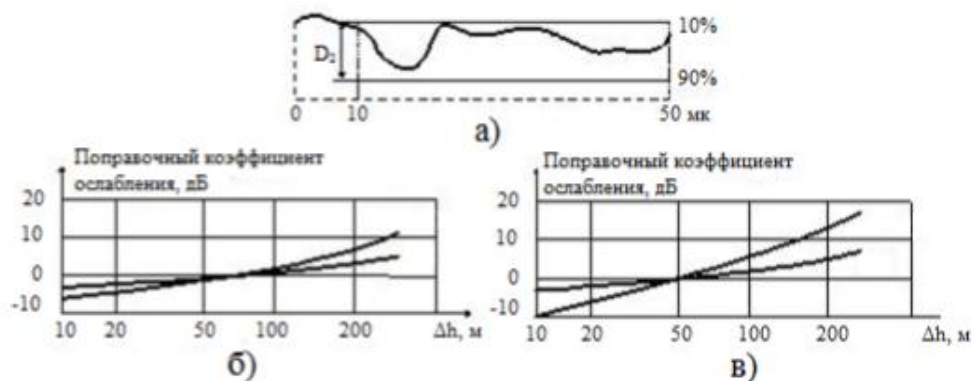
1,5 м айырмашылығы бар қабылдағыш антеннасын ескере отырып, B_{h2} түземесін келесі формула арқылы анықтаймыз:

$$B_{h2} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1,5}{h_2}\right) \cdot 10 \cdot \lg\left(\frac{1,5}{10}\right) = -8,2 \text{ дБ}, \quad (3.3)$$

мұндағы h_2 – қабылдағыш антеннаның биіктігі, $h_2=10$ м.

Радио қолжетімділік жүйесіндегі әрекет ету зонасының түземесі $B_{PEЛ}$,

аумақтың рельефін ескере отырып, келесідей есептелінеді. БС таратушы антеннаның әр түрлі биіктікте орналасуына байланысты кернеулік өрістің байланыс арақашықтығына тәуелді графиктер шарты орташа қиылатын аумақтың шарттарының өзгеруіне байланысты статистикалық ақпараттың өңдеу негізінде құрылады. Орташа қиылған аумақ деп – БС 10-15 км арақашықтықта орналасқан биіктіктердің орташа тербелісі 50 м аспайтын аудандарды айтады. 3.2-суретте аумақтың рельефін анықтайтын график көрсетілген. Δh аумақтың тербеліс деңгейін анықтау үшін, аумақтың рельефі салынады және Δh тербелісін анықтайды. Δh 50 м не мынау, не анау жаққа ерекшеленген кезде, $r < 100$ болатын 3.2а-суретімен және 3.2.б-суретімен анықталған графикпен түземені енгізу керек. Breeze ACCESS жүйесіндегі базалық станцияның антеннасы секторлық құрылымға ие, бір сектордың қамту зонасы 60° , онда 360° қамту үшін алты сектор алынады. Жеке сектордағы байланыс арақашықтығы аумақтың рельефімен, құрылым иелігімен немесе басқа да тікелей көріністе сигналды өтуіндегі бөгеуілдермен анықталады.



а) аумақ рельефі, б) және в) түземелерді анықтайтын графиктер

Сурет 3.2 - Аумақтың рельефті есепке ала отырып, түземелердің графиктерін анықтау

3.2-суреттегі графитер бойынша $B_{РЕЛ}$ түземесін рельефті және жеке секторлардың құрылымын ескере отырып анықтаймыз.

Бірінші сектор. Биіктігі 10 м болатын құрылымдардың барымен сипатталады. Түземе $\Delta h_5 = 10$ м. Рельефтегі түземе $B_{РЕЛ} = -10$ дБ.

Екінші сектор. Бір-екі қабатты үйлермен және 10 м ұзындыққа баратын ағаштардың бар болумен сипатталады. Түземе $\Delta h_2 = 10$ м. Рельефтегі түземе $B_{РЕЛ} = -10$ дБ.

Үшінші сектор. Бір-екі қабатты үйлермен және 10 м ұзындыққа баратын ағаштардың бар болумен сипатталады. Түземе $\Delta h_3 = 10$ м. Рельефтегі түземе $B_{РЕЛ} = -10$ дБ.

Төртінші сектор. Биік ғимараттардың бар болуымен сипатталады (биіктігі 28 м) дейін. Түземе $\Delta h_5 = 28$ м. Рельефтегі түземе $B_{РЕЛ} = -3$ дБ.

Бесінші сектор. Орналасқан ғимараттар биіктігі 10 м шейін болумен сипатталады. Бес километр арақашықтықтан кейін тау бөктері басталады,

аумақтың биіктігі 100 м барады, орнатылған БС деңгейімен деңгейлес болып келеді. Түземе $\Delta h_4 = 100$ м. Рельефтегі түземе $B_{PEЛ} = 7$ дБ.

Алтыншы сектор. Радио қамту зонасында әрбір 5 км сайын бес қабатты үйлердің көп орналасуымен сипатталады. Бұдан алысырақ орналасқан ағаштар мен ғимараттың биіктігі 14 м аспайды. Түземе $\Delta h_1 = 15$ м. Рельефтегі түземе $B_{PEЛ} = -6$ дБ.

ΔB_θ түземесін есептейміз. Төрт толқынды қадалық істікпен салыстырғанды бөгеуілге сезімталдығының кемігеннің ескереміз:

$$\Delta B_\theta = 10 \cdot \lg \left(\frac{\theta_E}{360} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{6,1}{360} \right) = -17,7 \text{ дБ}, \quad (3.4)$$

мұндағы θ_E – қабылдаушы антеннаның бағытталуының диаграмасының бұрышы, $\theta_E = 6,1^\circ$.

Мәндерді формулаға (3.1) қоя отырып, абонентік станцияда қабылдау пунктінде БС таратылуында жасалынатын өрістің кернеулігін анықтаймыз: бірінші сектор үшін, дБ:

$$E = 53 + 35 + 7 - 8,2 - 10 - 11 - 13,5 - 17,7 = 34,6 \text{ дБ},$$

екінші сектор үшін:

$$E = 53 + 35 + 7 - 8,2 - 10 - 11 - 13,5 - 17,7 = 34,6 \text{ дБ},$$

үшінші сектор үшін:

$$E = 53 + 35 + 7 - 8,2 - 10 - 11 - 13,5 - 17,7 = 34,6 \text{ дБ},$$

төртінші сектор үшін:

$$E = 53 + 35 + 7 - 8,2 - 3 - 11 - 13,5 - 17,7 = 41,6 \text{ дБ},$$

бесінші сектор үшін:

$$E = 53 + 35 + 7 - 8,2 - 7 - 11 - 13,5 - 17,7 = 51,6 \text{ дБ},$$

алтыншы сектор үшін:

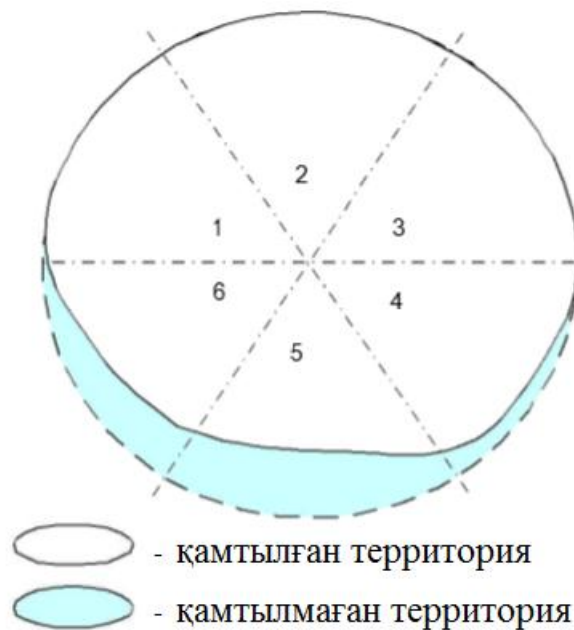
$$E = 53 + 35 + 7 - 8,2 - 6 - 11 - 13,5 - 17,7 = 38,6 \text{ дБ},$$

Қабылдау пунктінде БС арқылы жасалған өріс кернеулігін мәндерін алу арқылы, 3.2-суреттегі график арқылы жеке секторлардағы байланыс алшақтығын анықтаймыз. Жеке сектордың арақашықтығы келесідей:

-біріншіде, екіншіде және үшіншіде – 20000 м, $E = 34,6$ дБ болғанда;

- төртіншіде – 13 000 м, $E = 41,6$ дБ болғанда;
- бесіншіде – 8 000 м, $E = 51,6$ дБ болғанда;
- алтыншыда – 17 000 м, $E = 38,6$ дБ болғанда.

3.3-суретте жеке секторлардағы байланыс арақашықтығы көрсетілген. Алынған нәтижелер нақты нәтижелерден ерекшелену мүмкін. Алынған арақашықтықты салыстыра отырып, орташа байланыс арақашықтығы 16 км екенін көруге болады. Бұл техникалық іс-қағаздардағы орташа байланыс арақашықтығымен сәйкес келеді.



Сурет 3.3 - Әрбір базалық станция жабатын зона

3.2 Байланыс сапасының төмендеуінің жиынтық ықтималдығы

Байланыс сапасының төмендеуінің ықтималдығы сигналдың терең қатуынан болады. Ол келесі үш себеппен шартталады:

а) $T_0(V_{min})$ радиотолқындар субрефракциясы үшін Френель зонасының минимальды бөгеуілдермен экрандау кезінде;

ә) $T_{инт}(V_{min})$ біртекті қатпарлы тропосферадан шағылған сәулелер мен қабылдау нүктесіндегі тікелей сәулелердің интерференциясы кезінде;

б) $T_{ж}(V_{min})$ жаңбырлар үшін сигналдың әлсіреуі. Осылайша[6]:

$$T_{пр}(V_{min}) = T_0(V_{min}) + T_{инт}(V_{min}) + T_{ж}(V_{min}) \quad (3.5)$$

Әлсіз сәуленің орташа мәнін анықтаймыз:

$$H(g) = H(0) + \Delta H(g), \quad (3.6)$$

$$\Delta H(g) = -\left(R_0^2/4\right)g \cdot k(1-k),$$

$$\Delta H(g) = \frac{-(39 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot (-10 \cdot 10^{-8}) \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 9,51 \text{ м},$$

$$H(g) = 23,14 + 9.51 = 32,65 \text{ м}.$$

Салыстырмалы әлсіз сәуле:

$$P(g) = \frac{H(g)}{H_0} = \frac{32,65}{22,66} = 1,44. \quad (3.7)$$

Радиотолқындар субрефракциясы үшін Френель зонасының минимальды бөгеуілдермен экрандау кезіндегі байланыс сапасының төмендеу ықтималдығы, бөгеуілдің жоғарғы жағының формасына тәуелді болады. Есептеуді унификациялау үшін, бөгеуілді кез келген сфера ретінде аппроксимациялау керек. Аппроксимацияланған сфераны сиппаттау үшін, μ параметрі келесі түрде анықталады: $\Delta y = H_0$ аралықта бөгеуілдің төбесінен бастап радио сәулеге параллель АВ түзуін жүргіземіз де, профильдан бөгеуілдің енін анықтаймыз $r = R_0 = 39\,000 \text{ м}$.

$$\mu = \sqrt[3]{k(1-k) \cdot l} \cdot \sqrt[6]{64 \cdot \pi \alpha / 3}, \quad (3.8)$$

мұндағы $1 = r/R_0 = 39/39 = 1$, $\alpha = \Delta y/H_0 = 1$,

$$\mu = \sqrt[3]{0,5 \cdot 0,5} \cdot \sqrt[6]{64 \cdot 3,14/3} = 0,79.$$

Әлсіреу көбейткішін анықтаймыз V_0 кезінде $H(0) = 0$ [1], $V_0 = -18 \text{ дБ}$.

Минимальды Френель зонасын бөгеуілмен экрандау кезінде шақырылған сигналдың терең қатуы пайда болатын қатыстық әлсіз сәуленінің $p(g_0)$ мәнін есептеп шығарамыз.

$$p(g_0) = (V_0 - V_{min})/V_0, \quad (3.9)$$

$$p(g_0) = \frac{[-18 - 33,67]}{-18} = -0,87.$$

Ψ параметрін есептейміз:

$$\Psi = 2,31 \cdot A[p(g) - p(g_0)], \quad (3.10)$$

$$A = 1/\sigma \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{[R \cdot k(1-k)]}},$$

$$A = 1/10,5 \cdot 10^{-8} \cdot \sqrt{15,8 \cdot \frac{10}{[(39 \cdot 10) \cdot 0,5 \cdot 0,5]}} = 0,983,$$

$$\Psi = 2,31 \cdot 0,983 \cdot [1,44 - (-0,087)] = 5/3.$$

$T_0(V_{min})$ мәнін анықтаймыз, $T_0(V_{min}) \approx 0\%$.

Қиылған аралықта $T_{\text{инт}}(V_{min})$ шамасының есептелуі тропосферадағы біртекті қатпарлардан шағылған сәулелердің қатуы арқылы анықталады.

$$T_{\text{инт}}(V_{min}) = V_{min}^2 \cdot T(\Delta\varepsilon), \quad (3.11)$$

мұндағы V_{min} – салыстырмалы бірлікте;

$V_{min} - -33,67$ дБ;

$V_{min}^2 - 4,3 \cdot 10^{-4}$.

$$T(\Delta\varepsilon) = 4,1 \cdot 10^{-4} \cdot \xi \cdot R_0 \cdot \sqrt{f}, \quad (3.12)$$

мұндағы $\xi=1$ құрлықтағы трасса үшін;

R_0 – километрмен;

f_0 – гигагерцпен.

$$T(\Delta\varepsilon) = 4,1 \cdot 10^{-4} \cdot 39^2 \cdot \sqrt{1,9} = 1,63\%,$$

$$T_{\text{инт}}(V_{min}) = (4,3 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 1,63 = 3 \cdot 10^{-7}\%.$$

J шектелген мүмкін болатын жаңбырдың интенсивтілігі, бұл аралық үшін анықталған мән $V_{min} = -33,67$ дБ арқылы табылады, $J > 190 \frac{\text{мм}}{\text{сағ}}$.

Анықталған жаңбыр интенсивтілігі арқасында $T_{\text{ж}}(V_{min}) \approx 0,00014\%$. Сапаның жиналған төмендеу ықтималдылығы формуладан:

$$T_{\text{ж}}(V_{min}) = 0 + 3 \cdot 10^{-7} + 14 \cdot 10^{-5} = 1,4 \cdot 10^{-4}\%.$$

3.3 Жүйенің жіберу қабілетілігін есептеу

Айырықшыланған және жүйенің оң болатын ерекшелігі QoS параметрінің бар болуы – басқаруға мүмкіндігі бар қызмет көрсету сапасының параметрі.

QoS келесіден құрылады: CIR (Committed Information Rate) кепілді жіберу жолақтары және MIR (Maximum Information Rate) – максимальды тарату жылдамдығы. Тек қана осы QoS, жүйенің қасиеті, VoIP (Voice over Internet Protocol) – сапаны жоғалтпай дауысты таратуды жүзеге асыруға мүмкіндік берді.

Жүйеде сөзді сығуға G. 711 (64 кбит/с), G.729 (8 Кбит/с) және G.723.1 (6,3 кбит/с) кодектер қолданылады.

Жүйеде CIR болуы жүйенің сыйымдылығы мен физикалық қабілеттілігін арттыруға көмектеседі. Сонда, егер ұяшық-сотада абоненттер саны БС физикалық қабілетінен 10 есе асып түссе, CIR мәніне жету мүмкіндігі болады. Яғни, абонентке кепілдендірілген жиілік жолағын алу 97% тең болады. Осылайша, 6 секторлы БС үшін қолданушылар саны CIR = 64 кбит/с және MIR = 128 кбит/с қоса есептегенде, 2,4 диапазонында 960 тең, ал 3,5 диапазонында 1740 тең болады, сәйкесінше, бір абонентке 0,1 Эрланг мәні келеді.

Мысал ретінде, CIR = 512 К, ал CIR жету ықтималдылығы 99,5% құраса, қолданушылардың жалпы саны 18 бен 32 сәйкес келеді. Абоненттерді тарқату кезінде, мысал ретінде, қолданушылардың 20% CIR=256 кбит/с және трафиктің 80% ие, ал қолданушылардың 80% CIR=64 кбит/с және сәйкесінше трафиктің 20% ие, жүйенің сыйымдылығы 2,4 бір ұяшыққа, базалық станциясына алты сектордан құралған болса, оған 300 абоненттік құрылғыны интернетпен қамтамасыз ете алады. Жиілікті дуплексті технологиясын қолдану арқылы жүйенің сыйымдылығы 3,5 ГГц жиілігін ала алады, ал абоненттердің максималды санын өсіру үшін жүйенің сыйымдылығын жобалау мен үш АУ жұмысын біріктіру мүмкіндігін қолданып, абоненттік құрылғылар санын 5220 дейін өсіре алады.

3.4 Қажетті арналар санын бағалау мен шақырылымдарды жоғалту ықтималдығы

Бұл есептеу тәсілі Эрланг формуласы сияқты, үздіксіз уақытта дискреттік күйінің өзгеру ықтималдығын сиппаттайтын үздіксіз марковтық тізбектер теориясындағы бастапқы сызықтық дифференциалдық теңдеулерге негізделетін мезгіл динамикасына әдісіне негізделеді. Бұл тәсіл жүйедегі біртекті және тәуелсіз күйлердің біріктіруін қарастырды. Ол орта саны E_i элементтердің i -күйінде орналастырған, элементтің жалпы сандарының $N(\sum E_i = N)$ туындысы бар, p_i ықтималдығы i -күйіне жатады.

Бұл жағдайда жүйенің элементтерімен ретінде абоненттер қарастырылады, олардың әрқайсысы екі күйдің біреуінде бола алады: пассивті және байланыс сеансы уақытында арнаның жұмыспен қамтылу күйінде. λ мен μ - күйлер арасындағы бір абоненттің көшу интенсивтілігі. Орташа мәндердің динамикасының теңдеуі келесі түрде болады:

$$\frac{dE_1}{dt} = -\lambda \cdot E_1 + \mu \cdot E_2, \quad (3.13)$$

$$\frac{dE_2}{dt} = \lambda \cdot E_1 - \mu \cdot E_2. \quad (3.14)$$

Осыдан, орнатылған режим үшін:

$$\frac{dE_1}{dt} = \frac{dE_2}{dt} = 0. \quad (3.15)$$

Осылайша, жұмыспен қамтылған арналардың орташа саны:

$$E_2 = N \cdot \rho \cdot (1 + \rho), \quad (3.16)$$

мұндағы ρ – тапсырыстардың келтірілген интенсивтілігі;

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}. \quad (3.17)$$

Кездейсоқ дискретті x_{ij} тек екі мәнді қабылдайтын болсын делік:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ егер } j - \text{ші элемент } i \text{ күйінде болса} \\ 0, \text{ кері жағдайда.} \end{cases} \quad (3.18)$$

Тарқату үшін әрбір j үшін бір түрді қабылдай алады:

$x_i=0$, $p_i=1-p_i$ болғанда; $x_i=1$, $p_i=p_i$ болғанда,

мұндағы p_i – i -күйінде болу ықтималдылығы.

Сондықтан $i = 2$ дисперсиясының саны N сомасы болады, мәндері бірдей дисперсия өлшемі $x_{ij}=x_i$:

$$D[x_2] = (0 - p_2)^2 \cdot (1 - p_2) + (1 - p_2)^2, \quad (3.19)$$

$$D_2 = E_2 \cdot \left(1 - \frac{E_2}{N}\right) = N \cdot \rho \cdot (1 + \rho)^2. \quad (3.20)$$

«Үш сигма заңы» күйінде жұмыспен қамтамасыз етілген арналардың максимальды мәні практикалық мүмкіндікпен келесідей құралады $E_2 + 3 \cdot \sqrt{D_2}$ (әрине, жұмыспен қамтамсыз етілген арналар санын нормальды тарқатуды болжасақ). Осы негіздемеге негізделе отырып талап етілетін n арналар саны N абоненттерге қызмет көрсетеді, олардың әр қайсысы ЧНН жүктемені ρ жасайды да, келесідей көрсетіледі:

$$n = \frac{(N \cdot \rho + K \cdot \rho \cdot \sqrt{N})}{1 + \rho}, \quad (3.21)$$

мұндағы K – нормальды тарқату кезіндегі функция мәніне сай келетін аргументтің (орташа квадраттық ауытқуымен нормальданған) мәні ретінде анықталған бас тартудың мүмкінділік коэффициенті.

K коэффициенті бас тарту шартынан анықталады. 70 шақыруларға орташа бір бас тартудың мүмкінділігі $K=2,2$. 100 шақыруларға орташа бір бас тартудың мүмкінділігі $K=2,31$.

1000 абонентке арналған СТОП желісі мен EWSD жобаланған станциясы арасындағы қосатын желіге қажетті n арналар санын анықтаймыз:

$$n = \frac{(1000 \cdot 0,05 + 2,31 \cdot \sqrt{1000 \cdot 0,05})}{1 + 0,05} \approx 63 \text{ арна.}$$

Формула дәлдігін бағалау үшін есептелген нәтижелер мен Эрлангтың бірінші формуласы бойынша есептелген есептеулердің нәтижелерімен салыстырайық. Бұндай салғастыруды $\rho=0,05$ үшін (яғни, бір абоненттің жүктемесі 0,05 эрл) алайық, нәтижелердің көретілімі бойынша екі әдіс арасындағы есептеу айырмашылығы 14% құрайды.

Шақыруларды жоғалту ықтималдығын есептейік. Жоғарыда анықталған үшін (орташаларды динамикалық әдісі арқылы) математикалық күтілім E_2 мен дисперсия D_2 сәйкесінше болжанған нормальды тарқатудың кездейсоқ санын күйінің бас тарту ықтималдығы $P_{\text{бас тарту}}$ Лаплас интегралы арқылы көрсетуге болады:

$$\Phi(y) = \left(\frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \right) \cdot \int_0^y \exp \cdot \left(\frac{-t^2}{2} \right) \cdot dt. \quad (3.22)$$

Яғни, n мәнінің өлшемінің кездейсоқ болып асып түсу ықтималдығы, немесе орташадан ауытқуды асып түсуі $E_2 = \frac{N \cdot \rho}{(1+\rho)}$ өлшемі $n - E_2$:

$$P_{\text{бас тарту}} \approx 1 - 2 \cdot \Phi n \cdot \left[\frac{1 + \rho}{\sqrt{N \cdot \rho} \cdot \sqrt{N \cdot \rho}} \right]. \quad (3.23)$$

Формуланы түрлендіру бас тарту ықтималдығын береді $P_{\text{бас тарту}}$:

$$P_{\text{бас тарту}} \approx 1 - 2 \cdot \Phi[K]. \quad (3.24)$$

Қате құрастырылады:

$$\Delta P_{\text{бас тарту}} = P_{\text{бас тарту}} - P_n, \quad (3.25)$$

мұндағы P_n – Эрлангтың бірінші формуласындағы жоғалтулар ықтималдығы мен Δn қатесін формуласы бойынша анықтайтын, сонымен қатар, сан күйінің нормальды тарқату болжамымен байланысты қатемен анықталады.

Δn қатесінің $P_{\text{бас тарту}}$ қателігіне әсер етуін бағалау Эрлангтың бірінші формуласының есептеу нәтижесімен салғастыру арқылы $K=2,2...2,31$ (яғни, $P_{\text{бас тарту}} = 0,01 \dots 0,014$), $N \geq 20$ және $0,04 \leq \rho \leq 0,1$ мәндері, пәтерлік абоненттер телефондарының орташа ЧНН жасауға арналған, жүктемені сипаттайды. Соның ішінде, $P_{\text{бас тарту}} < 0,03 P_n$ үшін $\Delta n = (0,01 \dots 0,015)n$ және қателікті анықтау $P_{\text{бас тарту}}$ бағалау қателігі үшін n тәртібі $1...1,5\%$ құрап, 7% аспайды немесе абсолюттік мәні бойынша $\Delta P_{\text{бас тарту}} < 0,0004$. Осыдан байқайтынымыз, жіберілген нормальды тарқату заңы бойынша кірістірілген тек қателік қана елеулі болуы мүмкін.

3.5 Тарқатулардың жинақтылық бойынша қателігін бақылау

Жоғарыда келтірілген тарқатулардың шамалардың x_{ij} сәйкесінше N соммасын тарқатуына тәуелсіз кездейсоқ болғандықтан биноминальды шамалар болып саналады және келесі бағалау дәл болады:

$$P(|n - E_2| \geq K \cdot \sqrt{D_2}) \leq \frac{4}{(9 \cdot K)^2}. \quad (3.26)$$

Теңсіздіктің оң жағында N параметрі жоқ, сондықтан $N < 10$, болғанын өзінде ықтималдылық $|n - E_2|$ санын асып түспейді $K \cdot \sqrt{D_2}$ шамасы $K=2,2...2,31$ және $\rho=0,05...0,1$ үшін құрамы $0,042...0,046$ аспайды. N шамасының өсуі нормальды тарқатуға жақындап, эксцессаның нолдік мәнге жақындауымен анықталады.

N шамасының 10 бастап 1000 дейін өсуі эксцесса шамасының нормальды тарқатудың нолдік мәнге жақындауы (алтыдан 0,06 шейін азаюы) болып табылады. Яғни, биноминальды тарқатудың тығыздығының қисығының симметриялық «өткір төбелігі» тіптен жоғалады.

Сонымен, формуласын (3.21) арналар саны үшін, жуықталған формуланы

(3.22) шақыруларды жоғалтудың ықтималдығы үшін 1% дәлдікпен жарамды деп қарастыруға болады.

3.6 Дыбысты тарату кезінде күтілім уақытын есептеу

Хабарламалар олардың уақыт бойынша келуіне байланысты кезекке тұрғызылады. Арнада кезекті хабардың таратылуы аяқталған уақытта, басқару «қақпашыға» беріледі. Таңдалған хабарлама тарату уақытында бүкіл арнаны өз иелігіне алады. Егер жүйеге N жай хабарлар ағыны $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ интенсивтілігі бар, әрбір типті таратылатын хабардың ұзақтығы $\tau_1, \dots, \tau_N$ тең болса, сонда екінші бастапқы мезгілдер $\tau_1^{(2)}, \dots, \tau_N^{(2)}$ тең болады, хабардың кезекте орташа күту уақыты t_k , K приоритеті бар, келесі қатынаспен анықталады:

$$t_k = \frac{\sum_{i=0}^N \lambda_i \cdot \tau^{(2)}}{2(1 - R_{k-1})(1 - R_k)}, \quad (3.27)$$

мұндағы $R_{k-1} = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_{k-1}$, $R_k = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_k$;

$$t_x = \frac{2 \cdot 0,01}{2(1 - 0,18)(1 - 0,2)} = \frac{0,02}{1,64 \cdot 0,8} = \frac{0,02}{1,312} = 0,015c.$$

Хабарды таратудың орташа квадраттық уақыт ауытқуының қатынасын алсақ:

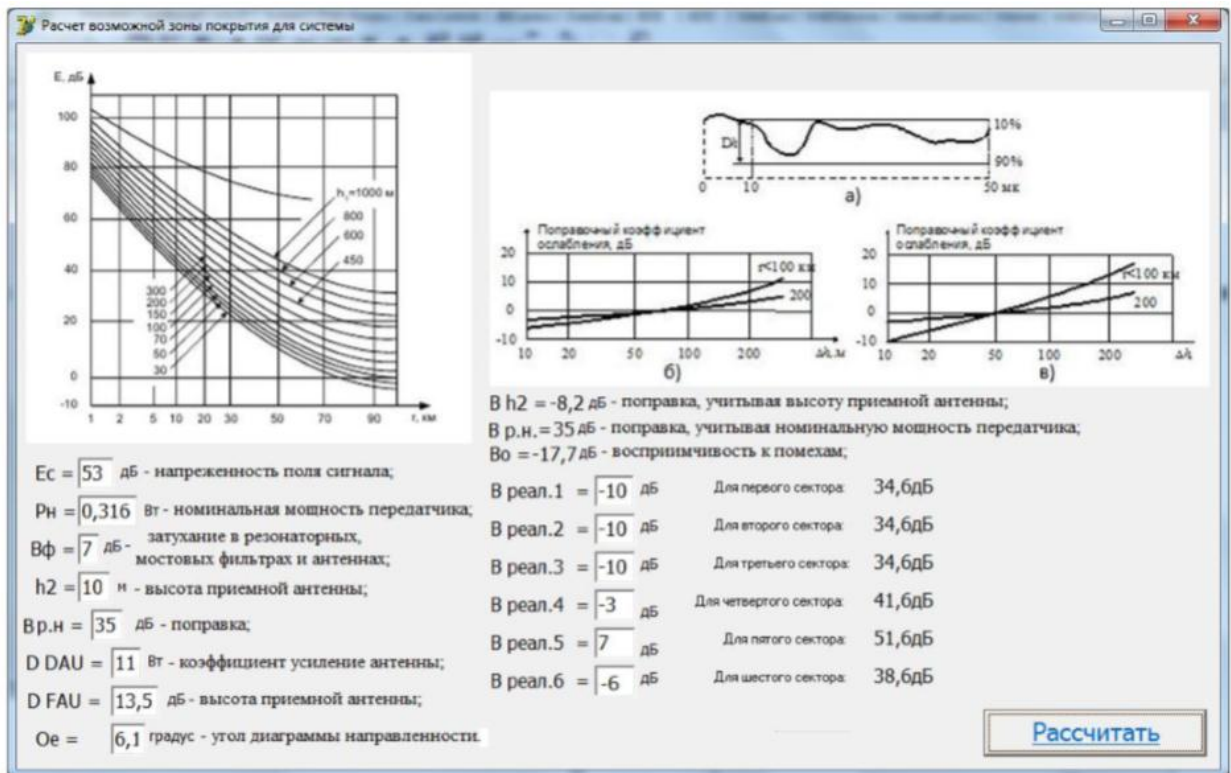
$$t_x = \frac{\sum_{i=1}^N \rho_i \tau_i (1 + v_i^2)}{2(1 - R_{k-1})(1 - R_k)}, \quad (3.28)$$

мұндағы $k=1, 2, \dots, N$.

$$t_x = \frac{0,2 \cdot 10^{-3} [1 + 1^2]}{2(1 - 0,18)(1 - 0,2)} = 3,048 \cdot 10^{-3} = 0,003c.$$

3.7 Жүйеге арналған жабу алаңына мүмкін болатын есептелуі

Жүйеге арналған жабу алаңының мүмкін болатын есептелуін Borland Delphi 7 бағдарламасы арқылы есептейік. Бағдарламалық терезе 3.4-суретте көрсетілген.



Сурет 3.4 - Borland Delphi 7 бағдарламасы есептеу

3.4-бөлімдегі Borland Delphi 7 бағдарламаның есептеу нәтижесі А қосымшасында көрсетілген.

ҚОРЫТЫНДЫ

Берілген дипломдық жұмыста біз сымсыз мобильдік байланыстың бесінші ұрпағын қарастырдық. Бұл дипломда оның жаңадан ұсынылып отырған архитектурасы, антеннасы қолданылатын толқындар, бұлтты технологиясы қарастылып, анализдендірілді. Осы технология арқылы «барлығына бір» технологиясын жасауды көздеді. Осыған байланысты, бұл дипломдық жұмыста келесі есептеулер жасау арқылы, байланыстың эффективтілігін бағалауға болады:

1) мүмкін болатын жабу алағы мен байланыс сапасының нашарлауның болжалды ықтималдығы қарастырылған;

2) жүйенің техниклық принциптері қарастырылған.

Экономикалық бөлімде егер капиталдық шығындар 22368,576 теңгені құраса, жұмыскерлердің саны аз болғанмен, жоғарғы деңгейдегі капиталды қаражат жұмсаудың өзі жеткілікті.

Еңбекті қорғау бөлімінде жұмыскерлердің еңбек шартына әсер ететін факторларды есептеп шығардық. Оның ішінде санитарлы талаптар, ауаны баптау, кондиционерді таңдау қарастырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 В.Г.Скрынников, «Будущий облик 5G» ISSN 0013-5771, ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ, №10,2013.
- 2 Aleksandar Tudzarov and Toni Janevski, “Functional Architecture for 5G Mobile Networks” International. Journal of Advanced Science and Technology Vol. 32, July, 2011.
- 3 В.Г.Скрынников, «5G: Облик будущих систем мобильной связи. Часть 1» журнал Технологии и средства связи №1,2015.
- 4 IMT Vision – "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond". – Draft new Recommendation ITU-R M. [IMT.VISION]. October 2014.
- 5 Theodore S.Rappoport, Wonil Roh and Kyung-Whoon Cheun, «Smart Antennas Could Open Up New Spectrum For 5G» International. Journal of IEEE SPECTRUM, 28 August, 2014.
- 6 Бабаков В. Ю., Вознюк М. А., Михайлов П. А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. Учебное пособие для ВУЗов. – М: Горячая линия – Телеком, 2007.
- 7 3GPP LTE Release 10 and beyond (LTE-Advanced).
- 8 Koucheryavy Y. , Andreev S., Pyattaev A., Johnsson K. and Galinina O., “Cellular traffic offloading onto network-assisted device-to-device connections,” IEEE Communications Magazine, vol. 52, no. 4, PP. 20–31, 2014.
- 9 Astely D. et al., “LTE Release 12 and Beyond,” IEEE Commun. Mag., vol. 51, no. 7, 2013, PP. 154–60.
- 10 Vigato A. , Vangelista L., Measson C. and Wu X. “Joint discovery in synchronous wireless networks,” IEEE Transactions on Communications, vol. 59, pp. 2296–2305, August
- 11 Cha I. et al., “Trust in M2M Communication,” IEEE Vehic. Tech. Mag., vol. 4, no. 3, Sept. 2009, PP. 69–75.
- 12 Мутханна А.С., Кучерявый А. Е. «D2D – КОММУНИКАЦИИ В СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ 5G» electronic scientific journal, vol 8, №4 (2014).
- 13 Павел Иванов. Поколение «5». «Сети/network world», №06, 2012.
- 14 Ms. Neha Dumbre, Ms. Monali Patwa, Ms. Kajal Patwa, “5G WIRELESS TECHNOLOGIES-Still 4G auction not over, but time to start talking 5G” International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR) Volume 2, Issue 2, February 2013.
- 15 Akhilesh Kumar Pachauri and Ompal Singh, “5G Technology – Redefining wireless Communication in upcoming Years” International Journal of Computer Science and Management Research Vol 1 Issue 1 Aug 2012 ISSN 2278 – 733X.

ҚОСЫМШАА

Borland Delphi 7 бағдарламасындағы есептеу нәтижесі

```
unit Unit1;
interface
uses
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, jpeg, ExtCtrls, Buttons, Math;
type
TForm1 = class(TForm)
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Edit2: TEdit;
Label3: TLabel;
Edit3: TEdit;
Label4: TLabel;
Edit4: TEdit;
Label5: TLabel;
Edit5: TEdit;
Label6: TLabel;
Edit6: TEdit;
Label7: TLabel;
Edit7: TEdit;
Label8: TLabel;
Edit8: TEdit;
Label9: TLabel;
Edit9: TEdit;
Label10: TLabel;
Edit10: TEdit;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
Label16: TLabel;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
Label19: TLabel;
Label20: TLabel;
Label28: TLabel;
Label29: TLabel;
Label30: TLabel;
Label31: TLabel;
```

А қосымшасының жалғасы

```
Label32: TLabel;
Label33: TLabel;
Label34: TLabel;
Label35: TLabel;
Label36: TLabel;
Label37: TLabel;
Image1: TImage;
Image2: TImage;
StaticText1: TStaticText;
Label38: TLabel;
StaticText2: TStaticText;
Label39: TLabel;
StaticText3: TStaticText;
Label40: TLabel;
StaticText4: TStaticText;
Label41: TLabel;
StaticText5: TStaticText;
Label42: TLabel;
StaticText6: TStaticText;
Label43: TLabel;
BitBtn1: TBitBtn;
Edit1: TEdit;
Edit14: TEdit;
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
private
{ Private declarations }
public
{ Public declarations }
end;
var
Form1: TForm1;
E1,E2,E3,E4,E5,E6,Ec,Pn,Bf,h2,Epn,DDAU,DFAU,Oe,Breal1, Breal2, Breal3,
Breal4, Breal5, Breal6, Bh2, Bpn,Bo:real;
implementation
{$R *.dfm}
procedure TForm1.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
Pn:=StrToFloat(edit2.Text);
Bpn:=Trunc(10*Log10(1000/Pn));
label34.Caption:=FloatToStr(Bpn);
```

А қосымшасының жалғасы

```
h2:=StrToFloat(edit4.Text);
Bh2:=10*Log10(1.5/h2);
label25.Caption:=FloatToStr(RoundTo(Bh2,-1));
Oe:=StrToFloat(edit14.Text);
Bo:=10*Log10(Oe/360);
label37.Caption:=FloatToStr(RoundTo(Bo,-1));
Breal1:=StrToFloat(edit5.Text);
Breal2:=StrToFloat(edit6.Text);
Breal3:=StrToFloat(edit7.Text);
Breal4:=StrToFloat(edit8.Text);
Breal5:=StrToFloat(edit9.Text);
Breal6:=StrToFloat(edit10.Text);
Ec:=StrToFloat(edit1.Text);
Bf:=StrToFloat(edit3.Text);
Epn:=StrToFloat(edit11.Text);
DDAU:=StrToFloat(edit12.Text);
DFAU:=StrToFloat(edit13.Text);
E1:=Ec+Epn+Bf+Bh2+Breal1-DDAU-DFAU+Bo;
E2:=Ec+Epn+Bf+Bh2+Breal2-DDAU-DFAU+Bo;
E3:=Ec+Epn+Bf+Bh2+Breal3-DDAU-DFAU+Bo;
E4:=Ec+Epn+Bf+Bh2+Breal4-DDAU-DFAU+Bo;
E5:=Ec+Epn+Bf+Bh2+Breal5-DDAU-DFAU+Bo;
E6:=Ec+Epn+Bf+Bh2+Breal6-DDAU-DFAU+Bo;
label38.Caption:=FloatToStr(RoundTo(E1,-1))+ 'дБ';
label39.Caption:=FloatToStr(RoundTo(E2,-1))+ 'дБ';
label40.Caption:=FloatToStr(RoundTo(E3,-1))+ 'дБ';
label41.Caption:=FloatToStr(RoundTo(E4,-1))+ 'дБ';
label42.Caption:=FloatToStr(RoundTo(E5,-1))+ 'дБ';
label43.Caption:=FloatToStr(RoundTo(E6,-1))+ 'дБ';
end;
end.
```

Дипломдық жұмысқа

РЕЦЕНЗИЯ

Нұрлан Бақжан

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Қазақстан Республикасы аймағында 5G технологиясын тарату және технологиясын жобалау»

Орындалды:

- | | |
|---------------------|--------|
| а) графикалық бөлім | парақ; |
| б) түсініктеме | бет. |

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Бұл дипломдық жұмыста ұялы сымсыз технологиялардың әр түрлі ұрпақтарына шолу жасалды. Әрбір жаңа ұрпақ өзінің түземелерін енгізеді, өнімділікті өсіріп және жаңа мүмкіндіктерді ашады. Қазіргі уақытта абоненттер тек қана жоғарғы сапалы дауыстық сервистерді ғана алмай, сұхбаттасудың, мәліметтердің және бизнес модельдердің жаңа тәсілдерін жасады. Ұялы байланыс трафигінің көлемі жылдан-жылға артып келеді. Кез келген жерде, кез келген уақытта абоненттердің жоғарғы класстық сервистерді алғысы келеді. Оны жүзеге асыру үшін, жаңа, кемелді және тиімді сымсыз қол жетімділіктің шешімдерін табуды қажет етеді

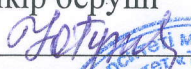
Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

Бұл дипломдық жоба жоғарға оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – желілерді құруды талдау және салыстыру технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Нұрлан Бақжан 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Пікір беруші

 Юсупова Г. М.
Туран университеті
РЭТ каф. ассон. проф. PhD
« 30 » 04 2019 ж.



ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс
(жұмыс түрлерінің атауы)

Нұрлан Бақжан
(оқушының аты жөні)

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандық атауы мен шифры)

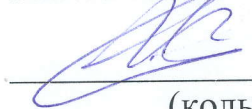
Тақырыбы: «Қазақстан Республикасы аймағында 5G технологиясын тарату және технологиясын жобалау»

Бұл дипломдық жобада 5G архитектурасына шолу жасалады, оның артықшылықтары мен басқа сымсыз желілер ұрпақтарымен салыстырмалы анализ жасалады және оны жүзеге асыру қарастырылды мәліметтер жылдамдығы жоғарлатып, батареяның өміршеңдігін арттыратын әр түрлі мәселелер қарастырылған.

Дипломдық жобада математикалық модельді аналитикалық әдіспен құру негізіндегі, қабылдағыштың кірісіндегі сигналдардың параметрлерін анықтайтын радиоарналардың әртүрлі статистикалық сипаттамалары және классификациясы қолданылған.

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Нұрлан Бақжан 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші



Мамадияров М.М

(ҚОЛЫ)

« 22 » 04. 2019 ж

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс
(жұмыс түрлерінің атауы)

Нұрлан Бақжан
(оқушының аты жөні)

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандық атауы мен шифры)

Тақырыбы: «Қазақстан Республикасы аймағында 5G технологиясын тарату
және технологиясын жобалау»

Бұл дипломдық жобада 5G архитектурасына шолу жасалады, оның артықшылықтары мен басқа сымсыз желілер ұрпақтарымен салыстырмалы анализ жасалады және оны жүзеге асыру қарастырылды мәліметтер жылдамдығы жоғарлатып, батареяның өміршеңдігін арттыратын әр түрлі мәселелер қарастырылған.

Дипломдық жобада математикалық модельді аналитикалық әдіспен құру негізіндегі, қабылдағыштың кірісіндегі сигналдардың параметрлерін анықтайтын радиоарналардың әртүрлі статистикалық сипаттамалары және классификациясы қолданылған.

Студент дипломдық жобаны жасауда өздігінен жұмыс істеу қабілетін көрсете алды. Дипломант Нұрлан Бақжан алдына қойған инженерлік есептерін шеше алатынын, әдебиеттермен жұмыс істей алатынын көрсетті. Сонымен қоса, дипломдық жоба стандартқа сай жасалған. Студент Нұрлан Бақжан диплом алды қорғауға жіберілді.

Ғылыми жетекші

 Мамадияров М.М.

(қолы)

«15» 04. 2019 ж