

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Дауренқызы Алина

«5G желілерін қолдану сценарийлерін талдау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2024 ж

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд.
Е. Ташғай
« 30 » 05 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «5G желілерін қолдану сценарийлерін талдау»

6B06201 – «Телекоммуникация»

Орындаған:



Дауренқызы.А

Пікір беруші:

ҚазҰАЗУ PhD,

қауымдастырылған профессор

Әлібек Н.

« 10 » 05 2024 ж.

Ғылыми жетекші

PhD, ЭТЖҒТ,

қауымдастырылған профессор

Тайсариева К.Н

« 28 » 05 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация



БЕКІТЕМІН
Кафедра меңгерушісі
Е. Таштай
« 5 » 02 2024 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға ТАПСЫРМА

Білім алушы Дауренқызы Алина

Тақырыбы «5G желілерін қолдану сценарийлерін талдау»

Университет ректорының «4» желтоқсан 2023 ж. бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1) 5G мобильді желінің архитектурасын зерттеу;
- 2) 5G ұялы байланыс жүйелерін енгізу тиімділігін талдау;
- 3) Қазақстан Республикасындағы 5G желісінің қазіргі жағдайы;
- 4) 5G мобильдық байланыстарының негізгі параметрлерін есептеу.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) 5G радиоинтерфейске кіретін технологияларға талдау жасау;
- 2) 5G желілеріндегі mMTC қызметін зерттеу;
- 3) Базалық станцияның Ericsson AIR 6468 16-QAM 5G NR беру жылдамдығын есептеу;
- 4) Simu5G жүйесінде 5G ұялы желісін модельдеу.

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
5G радиointерфейске кіретін технологияларға талдау жасау;	04.01.2024 -01.02.2024	<i>Орындалады</i>
5G желілеріндегі mMTC қызметін зерттеу; 3) Базалық станцияның Ericsson AIR 6468 16-QAM 5G NR беру жылдамдығын есептеу;	01.02.2024 - 01.03.2024	<i>Орындалады</i>
Simu5G жүйесінде 5G ұялы желісін модельдеу.	01.03.2024-30.05.2024	<i>Орындалады</i>

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

Қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	ЭТЖҒТ каф. қауымдастырылған профессоры, PhD, Тайсариева К.Н.	<i>30.05.2024</i>	<i>К.Н.</i>
Теориялық ақпарат	ЭТЖҒТ каф. қауымдастырылған профессоры, PhD, Тайсариева К.Н.	<i>30.05.2024</i>	<i>К.Н.</i>
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы PhD, Досбаев Ж.М.	<i>30.05.2024</i>	<i>Д.М.</i>

Ғылыми жетекшісі

К.Н.

Тайсариева К.Н.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы
Күні «9» желтоқсан 2023 ж.

Д.А.

Дауренқызы А

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс 5G желілеріндегі mMTC қызметін зерттеуге арналған. Бұл жұмыс қолданыстағы ұялы байланыс жүйелеріне шолу мен талдауды қарастырады. 5G ұялы байланыс желісін зерттеу үшін simu5g көмегімен модельдеу жүргізіледі. зерттеу 5G желісінің желілік архитектурасы мен автономды топологиясын зерттеуді қамтиды.

Дипломдық жұмыста 5G ұялы байланысының негізгі параметрлерін есептеуді және mMTC қызметіне қойылатын техникалық талаптарды мұқият зерделеуді қамтиды. Бұл зерттеудің түпкі мақсаты-байланыс сапасын арттыру және көрсетілетін қызметтердің ауқымын кеңейту.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работы посвящена исследованию услуги mMTC в сетях 5G. В данной работе рассматривается обзор и анализ существующих систем мобильной связи. Проводится моделирование с использованием Simu5G для изучения сети мобильной связи 5G. Исследование включает в себе изучение сетевой архитектуры и автономной топологии сети 5G.

Дипломная работа включает в себе расчет основных параметров мобильной связи 5G и тщательное изучение технических требований к услуге mMTC. Конечной целью этого исследования является повышение качества связи и расширение спектра предоставляемых услуг.

ANNOTATION

The thesis is devoted to the study of mMTC services in 5G networks. This paper reviews and analyzes the existing mobile communication systems. Simu5G simulations are carried out to study the 5G mobile communication network. The study includes the study of the network architecture and autonomous topology of the 5G network.

The thesis includes the calculation of the main parameters of 5G mobile communication and a thorough study of the technical requirements for the mMTC service. The feasibility study of the project is being considered. The ultimate goal of this study is to improve the quality of communication and expand the range of services provided.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	
1 Қолданылған мобильді байланыс жүйелерін шолу және талдау	10
1.1 Әлемдегі 5G – нің қазіргі жағдайы	10
1.2 5G ұялы байланыс жүйелерін енгізу тиімділігін талдау	16
1.3 Қазақстан Республикасындағы 5G – нің қазіргі жағдайы	23
1.4 Мәселені қоюдың негіздемесі	28
2 5G желілеріндегі mmtc қызметін зерттеу	30
2.1 5G ұялы байланыс желісінің архитектурасын зерттеу	30
2.2 5G желісінің автономды топологиясы	32
2.3 Simu5G – де 5G ұялы байланыс желісін модельдеу	36
2.4 5G моделін Simu бағдарламалық ортасында енгізу	39
3 5G ұялы байланысының негізгі параметрлерін есептеу	42
3.1 mMTC қызметіне қойылатын техникалық талаптар	42
3.2 Жабдықты таңдау	43
3.3 5G NR BS желісінің деректерді беру жылдамдығын есептеу	48
3.4 Соңғы құрылғылардың қуат тұтынуын есептеу	49
3.5 Желінің жұмысын қамтамасыз ету үшін шуға төзімділікті есептеу	50
Қорытынды	52
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	53

КІРІСПЕ

Зерттеу 5G қызметтерінің маңызды аспектісі болып табылатын массивтік машинадан машинаға байланысқа (mMTC) назар аударады. mMTC бірнеше құрылғылардан шағын деректер пакеттерінің үлкен көлемін бір уақытта жинауды жеңілдету үшін арнайы жасалған.

5G желісінің архитектурасы үш негізгі қызмет көрсету саласын қамти алады. Жаппай машина түріндегі байланыс (mMTC): Бұл технология көптеген құрылғыларды қосуға мүмкіндік береді және заттар интернеті (IoT) индустриясын түрлендіру үшін орасан зор әлеуетке ие. Ол смарт қалалар және басқа да IoT енгізулері сияқты қолданбалардың талаптарына жауап береді.

Жетілдірілген мобильді кең жолақты байланыс (eMBB): Бұл сектор қолданыстағы ұялы деректер инфрақұрылымын кеңейтуге және жақсартуға бағытталған. Ол 10 Гбит/с жылдамдыққа жететін жоғары өткізу қабілетіне ие. eMBB жоғары ажыратымдылықтағы бейне ағыны немесе виртуалды/толықтырылған шындықты пайдалану сияқты деректерді көп қажет ететін тапсырмаларды орындауға арналған, нәтижесінде жүктеу уақыттары мен жақсартылған пайдаланушы тәжірибесі.

Ультра сенімді төмен кідіріс байланыстары (URLLC): URLLC желі сенімділігін және өте төмен кідірісті (1 мс кем) қажет ететін маңызды операциялар үшін арнайы жасалған.

mMTC бір шаршы километрге миллион құрылғыға дейінгі әсерлі құрылғы тығыздығын қолдайды. Осы мүмкіндікпен 5G ұялы желіге қосылған үлкен сенсорлық желілерді қолдау үшін қажетті инфрақұрылымды қамтамасыз етеді. mMTC қызмет көрсету аймағы деректердің шағын пакеттерін тұрақты түрде тасымалдайтын көптеген төмен қуатты құрылғыларды пайдалана отырып, заттар Интернет желісін кеңінен қолдануды жеңілдетуге арналған.

IoT сенсорлары бұл шағын деректер пакеттерін салыстырмалы түрде ұзақ қашықтыққа, 10 км – ге дейін таратады. Бұл сипаттама оларды ақылды ауыл шаруашылығы сияқты қолданбаларға өте қолайлы етеді. Осы тұрғыда жүздеген сенсорлар ауа райы деректерін, топырақтың ылғалдылық деңгейін және жағалаулар туралы ақпаратты шалғай ауылшаруашылық аймақтарына жібереді. Осы деректерді пайдалана отырып, фермерлер егіннің оңтайлы өнімділігін қамтамасыз ету үшін суару жиілігі мен көлемін оңтайландыра алады.

Жұмыстың мақсаты – 5G желілерін қолдану сценарийлерін талдау.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылады және шешіледі:

- әлемдегі 5G – нің қазіргі жағдайы;
- 5G ұялы байланыс жүйелерін енгізу тиімділігін талдау;
- Қазақстан Республикасындағы 5G қазіргі жағдайы;
- мәселені қоюды негіздеу

1 Қолданылған мобильді байланыс жүйелерін шолу және талдау

1.1 Әлемдегі 5G – нің қазіргі жағдайы

Қазіргі заманда ақпаратты жинаудың, өңдеудің және берудің цифрлық әдістерінің пайда болуы деректер алмасудың айтарлықтай өсуіне әкелді. Бұл алмасу дауыстық хабарламалар, мультимедиялық/онлайн ойындар, ағындық трафик және сенсорлық ақпарат сияқты әртүрлі формаларды қамтиды [1]. Демек, байланыс жүйелерін, әсіресе деректерді сымсыз тасымалдау жүйелерінде жақсартуға сұраныс артып келеді. Бұл пайдаланушыларға арналған техникалық құралдарды (қабылдағыш – таратқыш, смартфондар) әзірлеуді, сондай-ақ ақпарат алмасу үшін тарату ортасында (радиожиілік спектрі, РЖ) жаңа мүмкіндіктерді зерттеуді қамтиды.

1980 жылдардан бастап жерүсті сымсыз радиотелефондық (ұялы) байланыстың жаңа буындары шамамен әрбір онжылдықта енгізілді. Бірінші буындағы аналогтық технологиялардан (1G) цифрлық жүйелерге (2G, 3G, 4G) көшу, қазірдің өзінде дауыстық трафикті де, деректер трафигін де (IP трафигі) беру тиімділігін арттырды, бұл ретте жіберу жылдамдығы ең маңызды өнімділік көрсеткіші болып табылады.

Дегенмен, пайдаланушылар жоғары жылдамдықты байланысты талап етуді жалғастыратындықтан, қолданыстағы 2G (GSM), 3G (IMT – 2000) және 4G (Long – Term Evolution, LTE) желілерінің мүмкіндіктері барлық кең жолақты пайдалану жағдайларының талаптарын қанағаттандыру үшін жеткіліксіз. Бастапқыда LTE стандартын әзірлеу кезінде әртүрлі сымсыз стандарттарды қосу үшін жаңа технологияларды іздеуге назар аударылған жоқ. 3G және 4G ұялы желілерінің негізгі мақсаттары деректердің ең жоғары жылдамдығын арттыру және спектрлік арна тығыздығын арттыру болды [2]. «Бесінші буын 5G желілері» анықтамасының әртүрлі түсіндірмесі бар. Дегенмен, олардың барлығы ортақ анықтама бойынша келіседі: 5G желілері Интернетке қолжетімділікті кеңейтуге бағытталған ультра төмен кідіріспен ультра тығыз желі тұжырымдамасын қамтитын технологиялық дамудың жаңа кезеңін білдіреді. Бұл желілер өзара байланысты әлемнің көрінісіне сәйкес келетін төмен кідіріспен ультра кең жолақты сымсыз қатынауды қамтамасыз етеді.

Бесінші буын байланыс желілерінің бірқатар ерекше белгілері бар, соның ішінде:

- конвергентті технология: жеке желілік компоненттерді біртұтас интеллектуалды есептеу кешеніне біріктіру;
- Пайдаланушыға бағытталған тәсіл: Абоненттерге ерекше қызметтерді көрсетуге басымдық беру;
- әртүрлі радиоқабылдау технологиялары: қосылу мүмкіндігін кеңейту үшін барлық қолжетімді жиілік диапазонын пайдалану;

– жоғары тасымалдау жылдамдығы, желінің өткізу қабілеті және ең аз кідіріс.

Бесінші буын желілері көптеген желілерді біріктіретін гетерогенділігімен сипатталатынын атап өткен жөн. Бұл атрибут базалық станцияның (BS) қамту аймақтарының шеткі бөлігінде орналасқан пайдаланушыларға қызмет көрсету сапасын жақсартады. Сонымен қатар, 5G желілері заттар интернетімен (IoT) тығыз байланысына байланысты жиі жоғары тығыздықтағы немесе ультра тығыз желілер деп аталады. Желідегі қосылған құрылғылардың айтарлықтай саны жақын маңдағы құрылғылармен базалық станцияларға немесе маршрутизаторларға сүйенбестен байланыса алатын өте тығыз байланыс желілерін жасайды.

Перспективалы 5G технологиясы ең алдымен байланыс жүйесінің өткізу қабілетін арттыруға бағытталған жақсартулардың айтарлықтай ауқымын қамтиды. Бұл әртүрлі типтегі шағын ұяшықтарды пайдалана отырып, желіні одан әрі біріктіруді талап етеді. 5G желілері тиімді трафик алмасуды қамтамасыз ететін абоненттік терминалдар арасындағы тікелей өзара әрекеттесудің жетілдірілген түрлерін қолдайды. Сонымен қатар, олар күрделірек мультиантенналық конструкциялар арқылы жоғары деректер жылдамдығына және спектрлік тиімділікке қол жеткізу үшін өте жоғары жиіліктерді пайдаланады [3]. Бұл жетістіктер хаптикалық интернет, заттар интернеті және дағдылар интернеті сияқты салалардағы дамуды ынталандырады.

Шын мәнінде, бесінші буынның сымсыз байланыс жүйелері жиілік диапазонын 3,4 – 3,8 ГГц және тіпті 5,8 – 5,9 ГГц дейін кеңейте отырып, қолданыстағы азаматтық радиобайланыс жүйелерінің логикалық дамуын білдіреді. Деректер жылдамдығы 4G желілеріндегі негізгі көрсеткіш болып қала бергенімен, 5G желілері өткізу қабілетінің белгілі бір шектеулеріне қарамастан жылдамдыққа да, өткізу қабілетіне де бірдей мән береді.

1 – кестеде негізгі көрсеткіштерге негізделген байланыс жүйелерінің салыстырмалы қысқаша мазмұны берілген. 1.1 – кестеге сәйкес, 5G жүйесі басқаларға қарағанда, ең алдымен, жылдамдығынан жоғары екені белгілі болды. 1 Гбит/с – қа дейінгі жоғары жылдамдықты мүмкіндіктерімен 5G технологиясын заңды түрде «лезде» деректер технологиясы деп санауға болады. Бір ұяшыққа секундына бірнеше гигабитке жететін айтарлықтай жылдамдықтар 4К және тіпті 8К форматындағы бейне ағынын ғана емес, сонымен қатар виртуалды және толықтырылған шындық технологияларын қолдауды қамтамасыз етеді.

Кесте 1.1 – Әртүрлі буын желілерінің сипаттамаларын салыстыру

Байланыс стандарты	Деректерді беру жылдамдығы (максималды)	Деректерді тасымалдаудың орташа жылдамдығы	Іске асыру жылы	Мобильді стандарттар	RFS жиіліктері
1G	9,6 кбит/с	9,6 кбит/с	1980	AMPS/ NMT/ TACS	824 – 894 МГц

1.1 Кестенің жалғасы

2G	400 кбит/с	100 кбит/с	1990	GSM/ GPRS/ EDGE	400 - 890 МГц
3G	42 Мбит/с	10 Мбит/с	2000	UMTS/ HSPDA	1,25 – 2100 МГц
4G	75 Мбит/с	10 – 100 Мбит/с	2010	UMTS/ HSPDA	6 ГГц төмен
5G	1 Гбит/с	100 Мбит/с – 1Гбит/с	2020	UMTS/ HSPDA	30 ден 300 ГГц

Әуе интерфейсі арқылы коммерциялық мобильді радио желілерін бағалау шешімдері ұялы желі өнімділігін талдау үшін пайдаланылады. Бұл шешімдер спектр мен арналарды бөлуді анықтауға, радио ұяшықтарды анықтауға және орналастыруға, жоғары жиілікті қамту аймақтарын бағалауға және жалған таратқыштарды анықтауға көмектеседі. (1.2 кестені қараңыз).

Кесте 1.2 – Кеңжолқты мобильді желінің ену деңгейі

	Мемлекет	Жазылушылар Ұялы байланыс, (миллионмен)	Халық (миллионмен)	ену	3G/4G пайдаланушы лары (миллиондаған)	Ендіру пайызы
	Барлық елдер	6458,0	7 864,6	97%	2125,0	35,2 %
1	Қытай	2 244,5	2 245,7	87,5%	265,0	29,6%
2	АҚШ	1 011,8	1 845	75,3%	69,3	4,1%
3	Индия	426,8	346,8	109,5%	278,0	75,6%
4	Бразилия	352,6	268,4	108,1%	51,6	17,0%
5	Индонезия	278,4	201,3	145,9%	71,4	25,6%
6	Жапония	198,0	159,9	171,0%	30,0	21,0%
7	Ресей	144,2	136,5	99,5%	99,6	97,2%
8	Германия	136,5	165,6	75,4%	N/A	N/A
9	Нигерия	129,3	84,7	135,6%	66,3	54,2%
10	Мексика	118,7	175,3	59,6%	15,2	5,0%

Халықаралық электрбайланыс одағының (ХЭО) мәліметтері бойынша 2023 жылдың соңында жер шарындағы халық шамамен 8,7 миллиардты құрады, олардың 95% – ға жуығы ұялы байланыс абоненттері. Дамыған елдер ұялы байланыс абоненттері санының қанықтығына жақындап келе жатқанымен, жаһандық статистика абоненттер санының жыл сайынғы өсуін дәйекті түрде көрсетеді (қосымша ақпаратты 1.3 – кестеден қараңыз).

Кесте 1.3 – Ұялы байланыс абоненттерінің саны

	Ұялы телефон пайдаланушылары (миллион)	Ену ұялы байланыс
Барлық елдер	6 765	95,0 %
Дамыған елдер	2 100	131,2 %
Дамушы елдер	4 587	87,6%
Африка	468	66,5%
Араб мемлекеті	401	101,2 %
Азия және Тынық мұхиты	4 016	79,6 %
ТМД	398	158,3 %
Еуропа	754	131,5 %
Америка	1 458	125,6 %

5G желісі спектрлік тиімділіктің жоғарылауына байланысты жоғары жылдамдықты қамтамасыз етеді, бұл төртінші буын желілерімен салыстырғанда 2 – 5 есе жоғары. Бұл жақсартуға келесі техникалық жақсартуларды енгізу ықпал етеді:

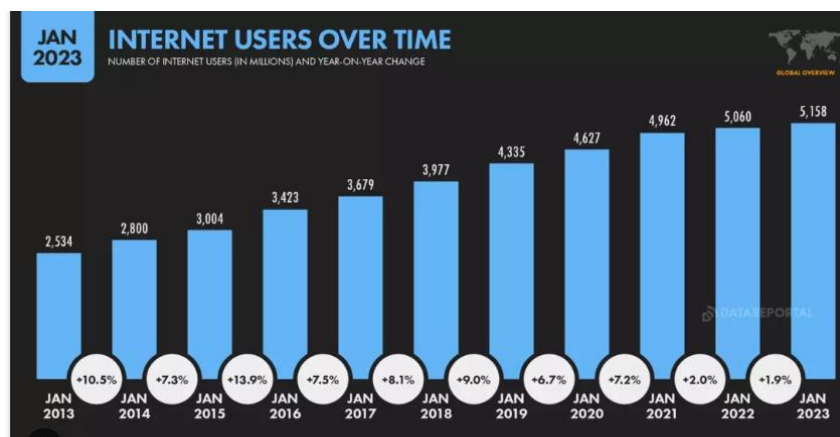
– Жаппай MIMO антенналары: деректерді беру мен қабылдауды жақсарту үшін көптеген антенналарды пайдаланады.

– Жаңа радио интерфейсін (NR) іске асыру: желі өнімділігін оңтайландыру үшін радиоинтерфейстің жаңартылған нұсқасын енгізу.

– Кеңірек жиілік диапазоны: Жиілік диапазонын 200 МГц – тен астамға дейін кеңейту деректердің жоғары өткізу қабілетін қамтамасыз етеді.

Жаһандық ұялы телефонды қабылдау әсерлі 97% ену деңгейіне жетті. 100 миллионнан астам жазылушысы бар елдер тізімінде Ресей көш бастап тұр, ең жоғары ену көрсеткішін көрсетеді, одан кейін Индонезия, Бразилия және Үндістан келеді [4].

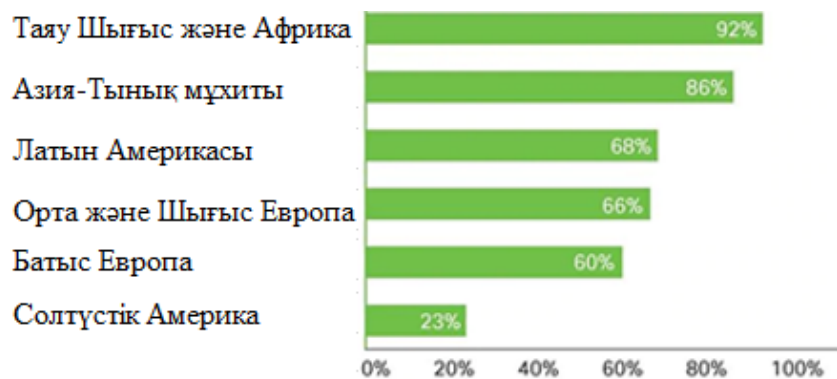
Қазіргі уақытта интернетке қол жетімділігі жоқ 5,1 миллиард адамның шамамен үштен екісі 4G немесе 5G желілері арқылы қосыла алады. Бұл байқау осы тұрғындар арасында мобильді құрылғыларды қабылдаудағы негізгі кедергілер құрылғылардың қолжетімділігі, сәйкес қолданбалар мен мазмұнның болмауы және осы құрылғыларды тиімді пайдалану туралы білімнің болмауы сияқты факторлармен байланысты екенін көрсетеді (1.1 – суретте берілген визуалды көрініс).



1.1-сурет – 2013 – 2023 жылдар аралығында дүние жүзіндегі ұялы байланыстардың саны (миллиардта)

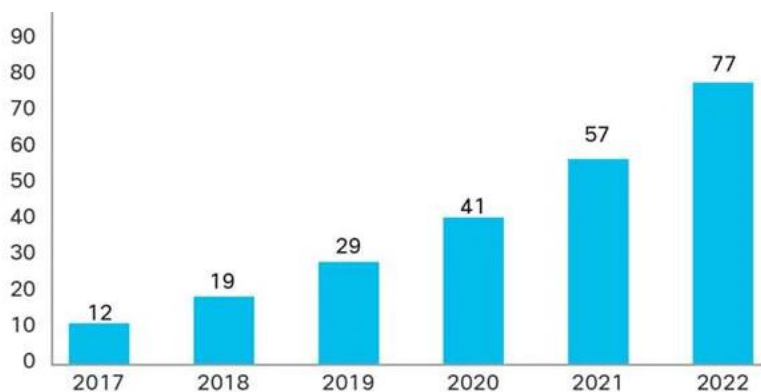
Сонымен қатар, дамыған елдер мобильді ену жылдамдығымен мақтана алады 130%, бұл үлкен халқы бар дамушы елдердің сұранысы есебінен нарықтың айтарлықтай өсуін көрсетеді. Бұл аймақтарда мобильді интернетті қабылдаумен байланысты қиындықтар, ең алдымен, желілік инфрақұрылымның жетіспеушілігінен гөрі қолжетімділік, мазмұнның өзектілігі және цифрлық сауаттылық мәселелерімен байланысты. Айта кету керек, Африкада ұялы байланыстардың ең төмен деңгейі бар.

2020 жылы Батыс Еуропадағы өсім шамамен 60% – ды құрады, Солтүстік Америкадан 23% – ға озды (1.2 – суретті қараңыз). Ұлттық деңгейде Қытай, Франция және Оңтүстік Африка елдері сәйкесінше 178%, 149% және 98% өсу қарқынына қол жеткізіп, әлемдік өсу көшбасшылары болып шықты. Қытай Индонезия және Үндістанмен бірге 2018 жылы жолаушылар ағынының айтарлықтай өсімін көрсеткен үш елдің бірі болды, Қытайдың өсуі 2022 жылы қосымша серпін алды (1.2 – суретті қараңыз) [5].



1.2-сурет – Жаһандық мобильді деректер байланысы

Болжам мобильді деректер айтарлықтай өсіп, 2022 жылға қарай айына 77 экзабайтқа жететінін көрсетеді. Бұл өткен жылдармен салыстырғанда айтарлықтай жеті есеге артқан. Мобильді деректер трафигі 2017 және 2022 жылдар аралығында 46 пайызды құрайтын айтарлықтай орташа өсу қарқынына ие болады деп күтілуде (толығырақ ақпарат алу үшін 1.3-суретті және 1.4-кестені қарастырлған [6]).



1.3-сурет – Мобильді деректер трафигі

Кесте 1.4 – 2023 жылға қарай аймақтық 4G және 5G қосылымдары

	Қосылыстар саны 4G	аймақтық байланыстар %	Қосылыстар саны 5G	аймақтық байланыстар %
Азия-Тынық мұхиты	3850	61%	229	4%
Орта және Шығыс Еуропа	579	63%	5	0,5%
Латын Америкасы	559	58%	10	1%
Таяу Шығыс және Африка	419	23%	3	0,2%
Солтүстік Америка	589	51%	102	9%
Батыс Еуропа	678	58%	74	6%
Жаһандық	6675	54%	422	3%

2022 жылы жаһандық мобильді деректердің айтарлықтай өсуі байқалды, жыл сайынғы әсерлі өсім шамамен 71% болды. Өсу қарқыны әртүрлі аймақтарда айтарлықтай ауытқуларды көрсетті, Таяу Шығыс пен Африка көш бастап тұр, ең жоғары өсу қарқыны 92%. Олардан кейін 86% өсу қарқынымен Азия-Тынық мұхиты, 68% Латын Америкасы және 66% Орталық және Шығыс Еуропа (толығырақ 1.5 суретті қараңыз).

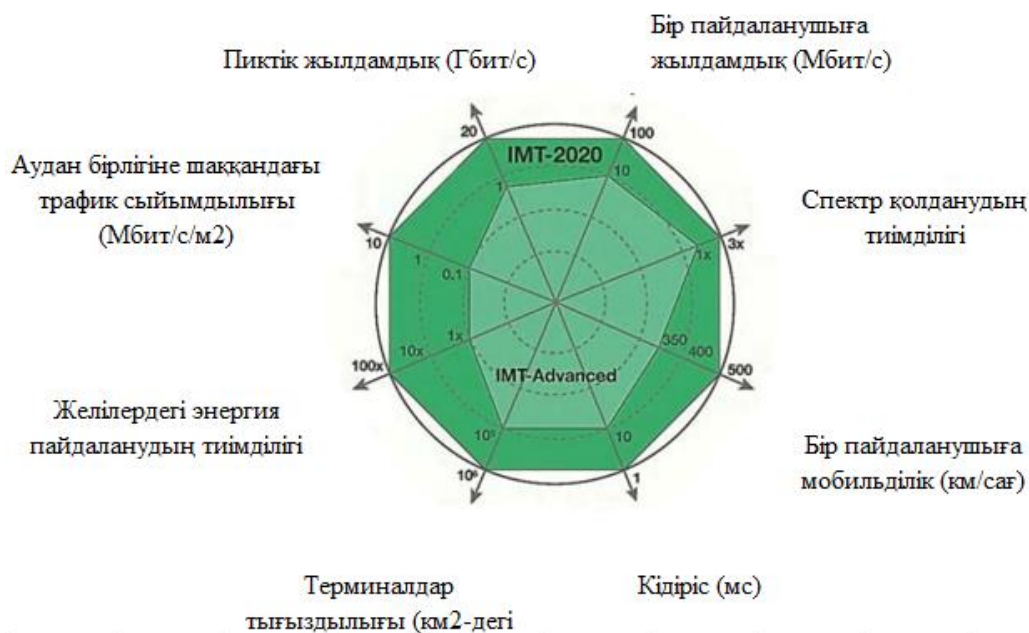
1.2 5G ұялы байланыс жүйелерін енгізу тиімділігін талдау

Жаңа 5G мобильді желісін енгізу ұялы байланыстың алдыңғы буындарынан айтарлықтай алшақтықты білдіреді. Оның негізгі ерекшеленетін факторларының бірі оның қолданыстағы 4G стандарты пайдаланатын 6 ГГц – тен төмен жиіліктерге қарағанда 30 – дан 300 ГГц – ке дейінгі өте жоғары жиіліктерді пайдалануы болып табылады. Бұл жоғары жиіліктерді пайдалану 5G-ге жылдамырақ тасымалдау жылдамдығына және кеңейтілген деректер өткізу қабілетіне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Оның үстіне, бұл жоғары жиілікті жолақтар қазіргі уақытта қолданыстағы ұялы желілермен жеткіліксіз пайдаланылуда, бұл оларды заманауи желілердің өзгермелі талаптарын қанағаттандыру үшін өте қолайлы етеді.

Бұл жиіліктерде жұмыс істеу кедергі немесе амплитуданың қабаттасуын тудырмай, сымсыз құрылғылар арасында параллель байланысты жеңілдететін байқалатын сигнал бағытының сипаттамасын қамтамасыз етеді. Толқын ұзындығының бұл өзгеруі бағытты жіберуге қол жеткізу үшін дәлірек реттелуі мүмкін кішірек антенналарды пайдалануды талап етеді. 5G желілері кеңірек тараған сайын, деректер жылдамдығы айтарлықтай артады, нәтижесінде жіберу дәлдігі және ең аз кідіріс жақсарады [7].

5G мен 4G арасындағы тағы бір маңызды айырмашылық - олардың қуат тұтыну мүмкіндіктері. 5G желілері құрылғылар белсенді пайдаланылмай тұрғанда немесе төмен жылдамдықта жұмыс істегенде тасымалданатын мазмұнға бейімделу, қажет болған кезде автоматты түрде жоғары жылдамдыққа ауысу арқылы қуатты аз тұтынуға мүмкіндік береді. Өте жоғары жиіліктерді пайдалану көптеген артықшылықтарға ие болғанымен, ол белгілі бір шектеулермен бірге келеді. Мысалы, бұл үшін жіберуші және қабылдаушы антенналар арасында анық көру сызығы қажет. Сонымен қатар, бұл жиіліктердегі электромагниттік толқындар ұзақ қашықтыққа жіберілген кезде айтарлықтай әлсіреді, өйткені энергия олар өтетін ортамен жұтылады.

Сондықтан 5G желілерінде антеннаны орналастыру мұқият жоспарлауды талап етеді. Бұл ғимараттарға шағын антенналарды орнатуды немесе 5G қамтуын ұзақ қашықтыққа кеңейту үшін мобильді қайталағыштарды пайдалануды қамтуы мүмкін. Қиындықтарға қарамастан, 5G – ге инвестиция ұсынатын маңызды артықшылықтарға байланысты ұзақ мерзімді пайдаға тұрарлық. 4G – ден 5G – ге өтудің көрнекі көрінісін 2 – суретте бейнеленген диаграммадан табуға болады.



1.4-сурет – LTE – A (Long Term Evolution Advanced – Long Term Evolution ұялы байланыс стандартының жетілдірілген нұсқасы) – 5G – ге дейін негізгі көрсеткіштерді кеңейту

Бесінші буын желілерін (5G) орналастыру үлкен көлемдегі трафикті өңдеуді қажет ететін қолданыстағы қызметтерді пайдалануды айтарлықтай жақсартуға әкеледі ([1 – 11] қараңыз). Бұл жетістіктер мыналарды қамтиды:

- MIMO технологиясы (бірнеше кіріс – бірнеше шығыс): Бұл жаңалық трансиверлерде бірнеше антенналарды бір уақытта пайдалануға мүмкіндік береді, бұл деректерді беру жылдамдығының жоғарылауына және сигнал сапасының жақсаруына әкеледі;

- сантиметрлік және миллиметрлік жиілік диапазоңдарына көшу: төртінші буын желілері пайдаланатын шектеулі жиілік диапазоңынан айырмашылығы, 5G желілері неғұрлым тиімді мобильді байланысты қамтамасыз ете отырып, диапазоңды 100 есеге жуық кеңейтеді (1.5 – суретті қараңыз);

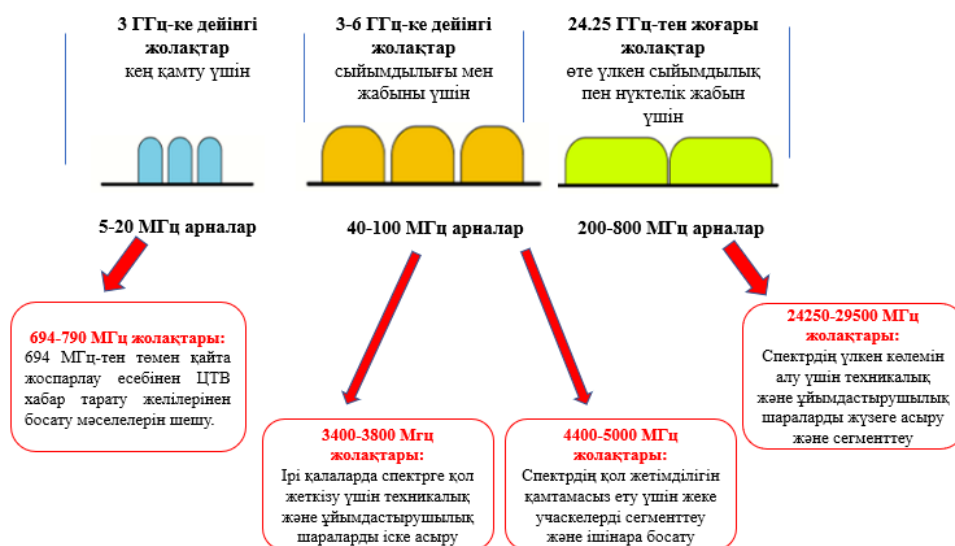
- Мультитехнологиялық қолдау: 5G желілері UMTS, GSM, LTE сияқты ескі технологиялармен және тіпті Wi-Fi сияқты мобильді емес технологиялармен үйлесімді болу үшін жасалған;

- құрылғыдан құрылғыға (D2D) байланыс: бұл технология жақын орналасқан құрылғыларға делдал ретінде 5G желісін қажет етпей, тікелей деректер алмасуға мүмкіндік береді;

- Smart City бастамалары: 5G желілерін енгізу қала бойынша орнатылған әртүрлі сенсорларды пайдалана отырып, нақты уақыт режимінде ақпаратты үзіліссіз тасымалдауды және бақылауды жеңілдетеді. Мысалы, қауіпсіздік

шараларын күшейту және бөлмедегі тәртіпті сақтау үшін жарық пен дыбыс сенсорларын орнатуға болады.

5G технологиясындағы бұл жетістіктер бар қызметтерді тиімді пайдалануға, деректер жылдамдығын арттыруға, жиілік диапазондарын кеңейтуге, бірнеше технологияларды қолдауға, құрылғылар арасында тікелей байланысты қамтамасыз етуге және ақылды қала жобаларының мүмкіндіктерін арттыруға мүмкіндік береді [8].



1.5-сурет – Ұялы байланыс бесінші буын 5G үшін жаңа жиіліктерді бөлу

Архитектура концепциясы телекоммуникацияларды қоса алғанда кез келген жүйе үшін іргелі болып табылады, өйткені ол жеке құрамдас бөліктерді және тұтас жүйені түсінуге негіз болады.

5G байланыс жүйелері контекстінде архитектура желіні басқаруға және сигнал беру қызметтеріне жауапты ішкі жүйелер арасындағы өзара әрекеттесу құрылымын білдіреді. Бұл жүйелер әртүрлі өлшемдегі ұяшықтардың иерархиялық орналасуын қамтитын және әртүрлі радиоқабылдау технологияларын қолданатын гетерогенді желілер ретінде жасалған. Мұндай желілерде абоненттік терминалдар желілік инфрақұрылымға деректерді беру кезінде бір уақытта бірнеше радиотехнологияларды пайдалана алады.

5G желісінің ішкі жүйесі бұлттық технологияларды пайдалана отырып жүзеге асырылуы мүмкін үш ішкі жүйені қамтиды:

- қатынау жазықтығы бойынша қол жеткізу бұлты деп аталатын бұл ішкі жүйе таратылған және орталықтандырылған архитектураларды қолдана алады;
- басқару жазықтығы негізінде Control Cloud ішкі жүйесі ғаламдық желіні басқару функцияларын қамтиды;

– Тікелей жазықтық барысында Transport Cloud ішкі жүйесі жүктемені теңестіру әдістерін қолдана отырып, желі ішінде физикалық деректерді беруді өңдейді.

Жақсы анықталған архитектураны енгізу арқылы 5G байланыс жүйелері желілік операцияларды тиімді басқара алады, сигнал беруді жеңілдетеді және әртүрлі ішкі жүйелерде ресурстарды пайдалануды оңтайландырады. Бұл архитектура 5G желілерінде жақсартылған өнімділікті, ауқымдылықты және тиімділікті қамтамасыз етеді.

Әуе интерфейсі қосылымдарды орнатуда және екі станция арасындағы радиобайланысты жеңілдетуде шешуші рөл атқарады. 5G контекстінде 4G желілерімен салыстырғанда спектрлік тиімділікті үш есе арттыруға қол жеткізуді мақсат етіп, әуе интерфейсінің тиімділігін арттыру бойынша айтарлықтай күш – жігер жұмсалуда. 5G үшін болжанған мақсат – 1 Гц жиілікте 60 бит/с спектрлік тиімділікке қол жеткізу [9].

5G әуе интерфейсі бірнеше негізгі технологияларды қамтиды:

– Sparse code multiple access (SCMA) абонентке желі ресурстарына қол жеткізуді «сирек» код арқылы бөлуге мүмкіндік береді. Ол әртүрлі пайдаланушылардың биттік ағындарын бір жиілік ресурсында кодтық сөзге түрлендіретін кодтық кітапты қамтиды. 5G әуе интерфейсі код кітапшасының үстіне қойылған нәтиже сигналын өңдейді;

– Flash Orthogonal Frequency Division Multiplexing (FOFDM) сүзілген ортогоналды жиілікті бөлу мультиплексирлеуін пайдаланады. Бұл технология таңба ұзындығы мен циклдік префиксті икемді реттеуге мүмкіндік береді, тиімді жіберуді қамтамасыз етеді;

– Полярлық код – деректерді беру сенімділігін арттыру үшін арна поляризациясын пайдаланатын қатені түзетудің сызықтық коды.

Қолданыстағы мобильді желілердің архитектурасы ең алдымен дауыстық және дәстүрлі мобильді кең жолақты қызметтерге бағытталған. Дегенмен, бұл архитектурада 5G ұсынатын қызметтердің кең ауқымын қолдау үшін қажетті икемділік жоқ. Осылайша, 5G архитектурасын құру жаңа аспектілерді қарастыруды қамтиды, мысалы:

– әртүрлі қызметтерді, стандарттарды және түйіндердің түрлерін қамтитын күрделі жоғары жылдамдықты гетерогенді желілер;

– біркелкі интеграция мен үйлесімділікті қамтамасыз ету үшін мультисервистік технологияларды үйлестіру;

– виртуализацияны қолдау арқылы желілік функцияларды икемді ұйымдастыру;

– сұраныс бойынша қамтамасыз етуді қоса алғанда, желіні жылдам орналастыру.

Көптеген компаниялар, соның ішінде Huawei (Қытай) 5G архитектурасын қызмет көрсетуге бағытталған деп сипаттап, оның әртүрлі мобильді қызмет

қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін икемділігін баса көрсетеді. Бұған бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желіні (SDN) және желілік функцияларды виртуалдандыруды (NFV) қабылдау арқылы қол жеткізіледі. Бұл енгізу 5G бұлтты ресурстарға, көлік желілеріне және негізгі желілерге қолжетімділікті тиімді басқаруға мүмкіндік береді [10].

5G – де бағдарламалық жасақтамамен анықталған желінің (SDN) негізгі тұжырымдамасы басқару жазықтығын деректер құрылғыларынан ажырату және оны бағдарламалық жасақтамада енгізу болып табылады. Бұл процестер өзара байланысты дәстүрлі қосқыштар мен маршрутизаторлардан айырмашылығы, SDN заманауи бұлтты ортаны тиімді іске қосу үшін маңызды болып табылатын келесі негізгі артықшылықтарды ұсынады:

- қызметті басқаруды, басқаруды және техникалық қызмет көрсетуді жеңілдету және орталықтандыру;

- техникалық қызмет көрсету және пайдаланумен байланысты пайдалану шығындарын азайту;

- қажетті қызметтерді жеделдетіп орналастыру;

- операторлар байланыс арнасының ресурстары мен бұлтты АТ ресурстарын біріктіретін қызмет ретінде 5G (IaaS) үшін деректер орталығының инфрақұрылымын ұсына алады;

- орталықтандырылған ресурстарды басқару және виртуалдандыру арқылы телекоммуникациялық желі ресурстарын пайдалану тиімділігін арттыру [11].

Желілік функцияны виртуалдандыру (NFV) технологиясы бір физикалық серверде бірнеше операциялық жүйелерді немесе «желі ядроларын» іске қосуға бағытталған. Бұл виртуализация мүмкіндіктерін серверлерден тыс әртүрлі желілік құрылғыларға кеңейтеді, физикалық желі құрылғыларын тауар серверінің аппараттық құралында бірдей функцияларды орындайтын бағдарламалық нысандармен ауыстырады.

Экономикалық тұрғыдан алғанда, 5G құру кезінде осы технологияларды пайдалану және келесі мақсаттарға жету мағынасы бар:

- әрбір 5G сервистік модулі үшін ресурстарды тәуелсіз бөлу;

- жүйенің жоғары ауқымдылығын қамтамасыз ету;

- толық жұмыс істейтін құрамдастардың шығарылуын күтудің орнына

Қызметтік тәуелсіздік блогы (SIB) принципін пайдалана отырып, дайын компоненттерді жылдам орналастыру;

- нарықта жаңа виртуалды операторлардың пайда болуы;

- инновацияның жеделдетілген қарқыны.

Бұл мақсаттарға 5G проблемаларын тиімді шешу үшін жаңа технологиялық шешімдерді қолданатын кешенді тәсіл арқылы ғана қол жеткізуге болады.

5G сымсыз байланыс жүйесінің дамуы жаңа технологиялық шешімдерді енгізуге әкелді, соның ішінде:

- көп арналы кіріс және шығыс көп кірісті көп шығыс (MIMO) жүйелері;

- миллиметрлік толқындардың жиілік диапазонын (mmWave) пайдалану;
- құрылғылар арасындағы байланыс (D2D);
- бірнеше технологияларға кіріктірілген қолдау [12].

Осы және басқа да технологиялық мүмкіндіктер 5G жүйелерін әртүрлі өндірістік және өндірістік емес салаларда кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Келесі бөлімдерде біз әрбір технологияны толығырақ қарастырамыз.

MIMO технологиясы радиожүйенің тарату және қабылдау ұштарында бірнеше антенналарды пайдаланады, бұл кеңістіктік әртүрлілік пен мультиплекстеу тұрғысынан артықшылықтар береді. Максималды тарату жылдамдығына жету үшін радиобайланыстың екі ұшына бірдей антенналар орнатылады. Технологиялық тұрғыдан ақпараттың бірнеше ішкі ағындарын төменірек жылдамдықпен жіберу үшін жіберу жағында ағынды бөлгіш қолданылады, ал ішкі ағындар саны антенналар санына тура пропорционал. Әрбір ішкі ағын өзінің сәйкес антеннасына беріледі. Бір әлеуетті MIMO технологиясы конфигурациясында сигнал әрбір антеннадан белгілі бір поляризациямен беріледі, бұл оны қабылдау кезінде анықтауға мүмкіндік береді.

Радиосигналды түсіру және кеңістіктік әртүрлілікті қамтамасыз ету үшін таратушы жағындағы параметрлерді көрсететін бірнеше антенналар қабылдау ұшына орнатылады. Алынған кодталған радиосигналдар қабылдағыштарға жіберіледі, қабылдағыштардың саны антенналар мен тарату жолдарының санына сәйкес келеді. Әрбір қабылдағыш өзі жауапты болатын жолға сигнал береді. Жүйенің жұмыс істеу принципіне байланысты жіберілген сигнал белгілі бір уақыттан кейін қайталануы мүмкін немесе басқа антенналар арқылы сәл кідіріспен берілуі мүмкін [13].

5G желілерінің жылдамдық талаптарын ескере отырып, миллиметрлік толқындық радиожіілік диапазонындағы жоғары сенімді сымсыз қосылымдар (mmWave қосылымдары) келесі буын байланыс жүйелерінің ажырамас бөлігі болады деп күтілуде. 10 – нан 1 мм – ге дейінгі толқын ұзындығы диапазонына сәйкес келетін 30 – дан 300 ГГц – ке дейінгі диапазондағы жиіліктер 5G шеңберінде пайдаланушылардың әртүрлі қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін қажетті желілік ресурстарды қамтамасыз етеді. 3 – ші буын серіктестік жобасы (3GPP) келесі артықшылықтарды қамтамасыз ете отырып, миллиметрлік толқын ұзындығын пайдаланудың жаңа техникалық сипаттамаларын белсенді түрде әзірлеуде:

- салыстырмалы кең өткізу қабілеттілігі;
- желінің өткізу қабілетін арттыру;
- миссиясы маңызды қолданбаларды қолдау, соның ішінде жаңа заттар Интернеті қызметтері, тым төмен кідіріс желілері және өте тығыз желілер.

Дегенмен, 5G желілерінде миллиметрлік толқын мүмкіндіктері зерттелгендіктен, мұқият қарауды және шешімдерді қажет ететін белгілі бір қиындықтар туындады, соның ішінде:

- радиосигналдарды таратудың жаңа үлгілерін әзірлеу және енгізу.

- mmWave көмегімен антеннаның сәулесін қалыптастырудың (сәулелеудің) жаңа әдістерінің қажеттілігі;
- жаңа буын байланыс жүйелерінде mmWave қосылымдарын динамикалық басқару механизмдерін зерттеу;
- қозғалатын объектілерден туындайтын жіберу/қабылдауды әдейі блоктау мәселесін зерттеу.

D2D технологиясы абоненттік трафикке айтарлықтай үлес қосатын тең дәрежелі (P2P) қолданбаларымен тығыз байланысты. Абоненттердің жақын орналасуы құрылғыдан құрылғыға тікелей қосылымдар арқылы ұялы жүйеден деректерді тиімді тасымалдауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс сөзсіз артықшылықтар береді, соның ішінде:

- деректерді беру жылдамдығын арттыру;
- деректерді жеткізу кідірісі қысқарды;
- қосылудың энергия тиімділігін арттыру.

D2D технологиясы орталықтандырылған инфрақұрылымға сүйенбей ұялы желі абоненттері арасындағы өзара әрекеттесуді жеңілдетеді, осылайша оған түсетін жүктемені азайтады [14]. Бұл аспект осы технологияны енгізуді қарастырған кезде өте маңызды. D2D технологиясы тиімді жұмыс істеуі үшін екі маңызды қадам қажет:

- көрші құрылғыларды анықтау;
- IEEE 802.11 стандарттарына (әдетте WiFi ретінде белгілі) негізделген сымсыз LAN технологиясын жиі пайдалана отырып, тікелей қосылымдарды орнату.

Қазіргі уақытта D2D лицензияланған және лицензияланбаған радиожиілік диапазонында қолданылуы мүмкін, олардың әрқайсысының өзіндік технологиялық нюанстары бар. Лицензияланған радиожиілік ресурсы шектеулі және салыстырмалы түрде қымбат ұялы байланыс ресурсын білдіреді. Кейде мұндай РЖ құрылғысының ресурстары желі пайдаланушысының барлық талаптарын қанағаттандыру үшін жеткіліксіз болуы мүмкін. Осылайша, D2D технологиясы байланыс желісін түсірудің перспективалы бағытын қамтамасыз етеді. Кедергілерді басқару, соның ішінде желіге кіруді басқару және тарату қуатын бөлу осы мәселелерді шешуде маңызды рөл атқарады.

Бұл мәселелерді шешу үшін келесі схема шешімдері орындалды:

- D2D қосылымдары дәстүрлі ұялы байланыстармен бірге лицензияланған спектр ресурстарын пайдаланады [15].;
- D2D қосылымдары арнайы радио ресурстарды пайдаланады;
- D2D қосылымдары орнатылмаған және деректер ұялы инфрақұрылым арқылы тасымалданады.

Лицензияланған RFS жергілікті желі ішінде РЖ ресурстарын бөлу үшін арнайы серверді қажет етпей тиімді байланысты қамтамасыз ететін желі көмекшісін ұсынады. Network Assistant құрылғыдан құрылғыға барлық қосылымдарды басқарады. LTE және LTE – А желілеріне қазіргі уақыттағы назар аударуды және

олардың болашақ әлеуетін ескере отырып, D2D байланыс лицензия аймағының әртүрлі аспектілері қазірдің өзінде қаралды және бағаланды, соның ішінде:

- D2D (MIMO) қолдауымен схеманы әзірлеу;
- желілік кодтау схемалары;
- кедергілерді жүйелі түрде басу;
- D2D арқылы сымсыз бейне тарату.

Екінші жағынан, Wi – Fi және Bluetooth сияқты танымал технологиялар лицензияланбаған радиожилік диапазонында жұмыс істейді (3GPP және GKRCH Ресей бойынша). Олар сымсыз жеке және жергілікті желілерде (WPAN/WLAN) жүзеге асырылады. Лицензияланбаған жиліктерде кейбір бақыланбайтын кедергілер болуы мүмкін. Сондықтан мұндай RFS кездейсоқ кедергілерден айтарлықтай қорғауды қамтамасыз ету үшін сенімді радиоқабылдау технологиясын қажет етеді.

Бұл мәселені шешу үшін құрылғыларға инфрақұрылымсыз байланысуға мүмкіндік беретін Wi-Fi Direct (WFD) технологиясы жасалды. WFD жүйесінде бір құрылғы "Топ иесі" ретінде тағайындалған, ал басқалары "Клиенттер" ретінде әрекет етеді. WFD «Топ иесі» барлық байланысты WFD «клиенттері» арасында синхрондауды қамтамасыз етеді, құрылғыны тиімді табуды және деректер алмасуды жеңілдетеді.

WFD технологиясын қолдайтын байланыс құрылғыларының саны өсуде, кедергі әлеуеті де артады. Бұл мәселені жеңілдету үшін сигнализацияның үстеме шығындарын азайту өте маңызды. Сондықтан D2D технологиясын лицензияланбаған жилік спектрінде желіні пайдаланып немесе бірнеше құрылғылар салыстырмалы түрде шектеулі аумақта өзара әрекеттескенде енгізу ұсынылады [16].

Жаңа буын байланыс желілерінде бірнеше радиотехнологиялардың болуы пайдаланушылар үшін техникалық өнімділік пен электромагниттік үйлесімділік маңызды болған кезде шешуші фактор болып табылады. Жоғарыда айтылғандай, 5G деректер жылдамдығы желінің спектрлік тиімділігін арттырып, шамамен 1 –ден 7,4 Гбит/с – қа дейін алдыңғы буындардан асып түседі. Сонымен қатар, жұмыс жиілігі спектрі 3,4 – тен 3,8 ГГц – ке дейін және 5,2 – ден 8 ГГц – ке дейінгі жаңа жолақтарды қамтитын болады.

1.3 Қазақстан Республикасындағы 5G – нің қазіргі жағдайы

2024 жылы телекоммуникация саласы негізінен байланыстың бесінші буыны 5G-ді дамытуға бағытталады. Дегенмен, нарықтың әртүрлі ойыншыларының бұл жарнамаға қатысты көзқарастары әртүрлі.

5G және LTE (немесе 4G) технологиялары арасында үш маңызды айырмашылық бар. Теориялық тұрғыдан алғанда, 5G 100 есе жылдамырақ жоғары

жылдамдықпен мақтана алады, кідірісті сегіз есе төмендетеді және бір уақытта 100 есе көп құрылғыларды қосу мүмкіндігі бар. Бұл параметрлер үш негізгі қызмет көрсету саласына жол ашады: ультра кең жолақты мобильді байланыс, ультра сенімді төмен кідіріспен машинадан машинаға байланыс және кең ауқымды машинадан машинаға байланыс.

5G технологиясы негізінде жаңа IT шешімдерді енгізу экономиканың цифрлық трансформациясына әкеледі деп күтілуде. Нәтижесінде елдер өздерінің телекоммуникациялық инфрақұрылымын жаңартуға ұмтылады, бұл бәсекелестік бәсекеге әкеледі. Бұл үрдісті Қазақстан да қабылдады. 2021 жылы Елбасы «Цифрландыру, ғылым және инновация арқылы технологиялық серпіліс» ұлттық жобасын бекітті, оның мақсаты – 2023 жылдың соңына дейін үш қалада 5G желісін енгізу және 2025 жылдың соңына дейін оны барлық қалаларға кеңейту жоспарланды.

2024 жылдың басына қарай жаңа буын желісі барлық үш қазақстандық оператор үшін тестілік режимде жұмыс істей бастады. Beeline Қазақстан Алматыда, атап айтқанда, «Достық Плаза» сауда орталығы мен Көк-Төбе саябағының жаяу жүргіншілер аймағында секундына 1,6 гигабитке дейінгі тестілеу жылдамдығына қол жеткізілген 5G желісін енгізді. Tele2 Алматыдағы Панфилов көшесіндегі 5G желісіне қолжетімділікті қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, 2022 жылдың желтоқсан айында Kcell Түркістан қаласының бүкіл тарихи орталығын қамтитын сегіз сыртқы станцияны іске қосты, оның ішінде қалалық әкімдік, Конгресс-холл, «Түркістан Арена» стадионы, автовокзал, Фараб орталық кітапханасы мен «Батыр» жастар сарайы. Кейбір ұялы телефон үлгілері 5G-ге қосыла алатынымен, әлі кең тараған немесе коммерциялық мақсатта қолданылмағанын атап өткен жөн.

Жаһандық жеткізушілер 5G мобильді желілерін әзірлеу мен енгізуде көшбасшылық үшін күреске көп қаражат жұмсауда. Өткен жылы стандартты әзірлеуде айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізілді. 5G мобильді байланыстың жаңа дәуірін білдіреді, ол 1 – 2 Гбит/с дейінгі интернет жылдамдығын, төмен батареяны тұтынуды, төмен кідіріс пен байланыс тұрақтылығын талшықты оптикамен салыстырады. Жақында шындыққа айналатын бұл керемет жылдамдықтар виртуалды шындық, UltraHD бейне ағыны және жабдықты қашықтан басқару сияқты технологияларда қосымшаларды табады. Стандарт сонымен қатар 100 000 – нан астам құрылғыны бір базалық станцияға қосуға мүмкіндік береді, бұл заттар интернетін дамыту үшін өте маңызды.

Жаһандық жеткізушілер жарысы қазір баға бәсекесіне ауысуда. Мысалы, Qualcomm 5G жабдығы үшін патент құнын 4G үшін патент құнына тең етіп, 5G үшін патенттік ережелерді жеңілдетті. Бұл қадам технологияны қабылдаудағы айтарлықтай кедергіні, атап айтқанда 5G жабдығының бағасын еңсеруге бағытталған [17].

Қазақстан жаһандық жеткізуші бәсекелестіктен ұтады. Бұл ел мобильді деректерді тұтынудың әлемдегі ең жоғары деңгейлерінің бірі болып табылады,

қазақстандықтар үшін орташа есеппен айына шамамен 4,4 ГБ (4Service Group деректері бойынша). Қазақстан бұл рейтингке енбегенімен, дүние жүзінде үшінші орынды оңай ала алады. Бұл жетістік жақсы қалыптасқан 4G инфрақұрылымының, салыстырмалы түрде қолжетімді интернет бағасының және шетелдік деректерді қажет ететін қызметтерді оқшаулаудың арқасында мүмкін болды. Мысалы, Қазақстандағы телекоммуникациялық дата орталықтарындағы жергілікті YouTube айналары ұялы байланыс операторларына бейне трафиктің басым бөлігін пайдаланушыларға тегін ұсынуға мүмкіндік береді.

Мобильді трафикті тұтынудың жоғары деңгейі қазақстандық пайдаланушылардың жоғары жылдамдыққа және деректерді тұтынуды арттыруға дайын екенін көрсетеді

5G мобильді желілері талшықты – оптикалық қосылымдармен салыстырылатын жылдамдықты қамтамасыз етеді, жеке үйлер мен пәтерлерге оптикалық кабельдерді тарту қажеттілігін болдыртпай, соңғы миль мәселесін тиімді шешеді. Мысалы, ауылдық жерлерде қазіргі уақытта xDSL арқылы 8 Мбит/с жылдамдықпен қосылған 404 000 абонент, 300 Мбит/с дейінгі жылдамдықпен FTTh (оптикалық) бойынша 25,4 мың абонент, LTE бойынша орташа 18 мыңнан астам абонент бар. жылдамдығы 16 Мбит/с және EVDO бойынша 39,3 мың абонент 1,8 Мбит/с дейінгі жылдамдықпен. 5G – ге ауысу арқылы бұл абоненттердің барлығы қосылым жылдамдығын 1 Гбит/с және одан жоғарыға дейін арттыру мүмкіндігіне ие болады.

Жеке секторға қызмет көрсетумен қатар, 5G ауылдық мектептер мен ауруханаларға кең жолақты интернет қолжетімділігін кеңейтеді. Жоғары жылдамдықты интернет пациенттерге бейнеконференция арқылы дәрігерлермен кеңесуге мүмкіндік беретін телемедицинаның дамуына ықпал етеді. Бір қызығы, Қазақстандағы 7160 мектептің жартысынан астамы ауылдық жерлерде орналасқан және олардың 90% – ында жылдамдығы 4 Мбит/с асатын интернетке қосылу мүмкіндігі бар. Алайда, бұл жылдамдықтар заманауи цифрлық білім беру талаптарына сәйкес келмейді. 5G қосылымы жылдамырақ және сенімді қосылымдарды қамтамасыз ету арқылы бұл мәселені шешеді [18].

5G енгізу қымбатқа түсетін іс. Әрбір оператордың 3G/4G үшін өз желілерін құруы экономикалық тұрғыдан тиімді болғанымен, 5G – де жағдай басқаша. Сарапшылардың бағалауынша, жаңа 5G желісін құруға қажетті инвестиция 4G желісіне салынған инвестициядан кемінде бес есе көп. Бұл мәселені шешу үшін әртүрлі тәсілдер қарастырылуда. Мысалы, Ұлыбританияда British Telecom бүкіл ел үшін біртұтас инфрақұрылым операторын құра отырып, операторлардың операторы ретінде әрекет етуді жоспарлап отыр. АҚШ, Жапония және Оңтүстік Кореяда аймақтық деңгейде желіні бірнеше операторлар арасында бөліп, ортақ инфрақұрылымды пайдалану жоспарлануда.

Мұндай жобаларда инфрақұрылымды ортақ пайдалану жаңа тұжырымдама емес және 4G желілерінің құрылысында жиі қолданылған. Мысалы, Беларусьте

beCloud мемлекеттік операторы 4G желісін құрса, Қазақстанда Beeline мен KCell 4G желісін ортақ пайдалану туралы келісімге отырды. Бұл тәсіл операторларға өз желілерін құру үшін ресурстарды ысырап етпеуге және оның орнына тұтынушыларға жақсартылған қызметтер мен бәсекеге қабілетті бағаларды ұсынуға назар аударуға мүмкіндік береді.

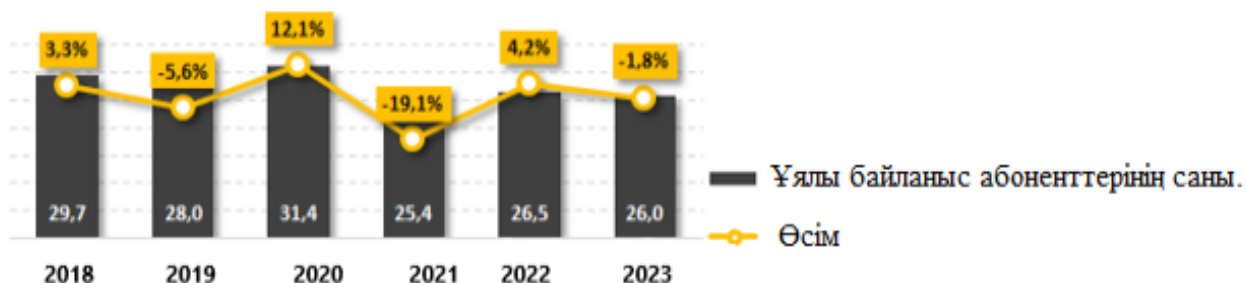
Шын мәнінде, 5G желісін дамытудың бес жылдық бағдарламасы қазақстандық операторларға өткен жылдардағы желілік инфрақұрылымға салынған орташа инвестициямен салыстырылатын сомаға шығын әкеледі. Басқаша айтқанда, ел үшін 5G инфрақұрылымын құру оның жоғары құнына қарамастан қиын. Тарихи тұрғыдан алғанда, Қазақстандағы желілер ең алдымен жергілікті инвесторлардың инфрақұрылымдық инвестициялары арқылы салынған. Соңғы онжылдықта еліміз жабдық пен желіні дамытуға 1 триллион теңге инвестициялады, инвестицияның 51 пайызы Қазақтелекомға тиесілі. Бұл инвестициялар ауылдық инфрақұрылымды дамыту бағдарламаларын қамтиды.

Бақытымызға орай, Қазақстан 5G енгізу үшін берік негіз қалап, ауылдық инфрақұрылымға жүйелі түрде инвестиция салуда. Қазіргі таңда еліміздегі 6744 ауылдың 98 пайызы интернетке қосылып, оның 66 пайызы кең жолақты қолжетімділікке ие. Сонымен қатар, қазіргі уақытта 2019 және 2021 жылдар аралығында қосымша 1249 ауылдық елді мекендерге кең жолақты қолжетімділікті қамтамасыз ететін талшықты желіні кеңейту жоспарлары жүргізілуде. Бұл күш – жігер бүкіл ел бойынша 5G – ті кеңінен енгізу үшін тамаша жағдай жасайды.

Соңғы жылдары «Қазақтелекомның» да, мемлекеттің де инвестициясы есебінен дамып келе жатқан қолданыстағы базалық инфрақұрылымсыз 5G желісін салу мүмкін болмас еді. Kcell, Tele2/Altel және Beeline сияқты операторлар осы инфрақұрылымды өздерінің базалық станцияларына Интернетке қосылуды қамтамасыз ету үшін пайдаланады. Арлан System Integration желілік технологиялар бойынша сарапшысы Сергей Афанасьев атап өткендей, ұялы байланысты дамытуға байланысты шығындардың көпшілігі мұнаралардың өзіне емес, мұнараларды қосатын талшықты-оптикалық байланыс желілеріне түсетінін атап өткен жөн.

2019 жылы телекоммуникация саласының кірісі 728,7 млрд теңгені құрады, бұл өткен жылғы 702,8 млрд теңгеден 3,7% – ға артық. Ұялы байланыс абоненттерінің саны 1,8% – ға аздап азайып, 26 миллионға жеткенімен, Интернет абоненттерінің саны 4,2% – ға өсіп, 14,4 миллионға жетті (1.4 – сурет).

Ұялы байланыс абоненттерінің саны. Желтоқсан (млн бірлік.)



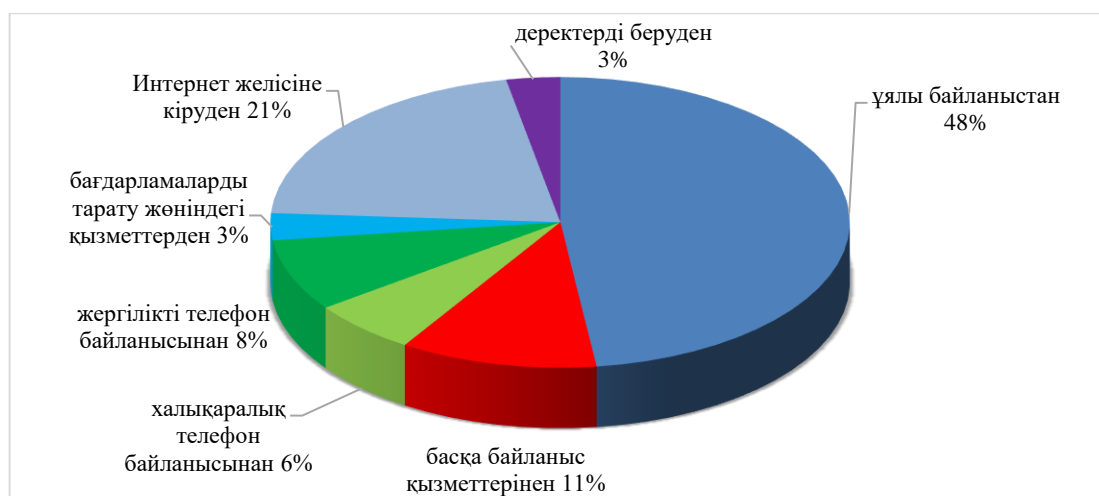
1.6-сурет – Ұялы байланыс абоненттерінің саны

Осылайша, 5G ұялы байланыс шеңберінен шығып, бүкіл Қазақстан бойынша кең таралған Интернетке қол жеткізуді, соның ішінде үйге қосылуды қамтамасыз етуге бағытталған. Алдағы бес жылда 5G елді мекендерде 100% дерлік жоғары жылдамдықты интернетті қамтуға көмектеседі. Ұялы байланыс абоненттері арасында мобильді интернетті пайдаланушылардың үлесі өткен жылғы 50,3% – бен салыстырғанда 55,5% – ға дейін өсті [19].

5G күнделікті тұтынушылар үшін үйдегі Wi – Fi – ға ыңғайлы және үнемді балама ұсынады. Бұл барлық тұрмыстық құрылғыларды, соның ішінде теледидарларды, компьютерлерді, тоңазытқыштарды, телефондарды және т.б. бір 5G желісіне қосылуға мүмкіндік береді. Бұл құрылғылар үйдегі виртуалды жеке желілер арқылы Интернет арқылы бір – бірімен байланыса алады.

2024 жылдың сәуір айында Қазақстандағы ұялы байланыс абоненттерінің саны бір жылмен салыстырғанда 12% – ға өсіп, 2023 жылғы 24,69 миллионнан 29,548 миллион абонентке жетті.

Ұялы байланыс компаниялары жаңа ұстанымдар мен стратегияларды қабылдаса, қазақстандық нарыққа жаңа ойыншылардың келуі екіталай. Демек, бәсекелестіктің шектеулі өзгерістерімен нарық үлестері салыстырмалы түрде тұрақты болып қалады деп күтілуде. Болжамдар бойынша, «Кселл» АҚ ағымдағы жылдың соңына дейін 54 – 55% үлесімен ұялы байланыс операторлары нарығындағы жетекші позициясын сақтайды.



1.7-сурет – Байланыс қызметтерінен түсетін кірістер құрылымының өзгеруі

Байланыс қызметтері секторы кірісінің жартысына жуығы ұялы байланыстан түседі. Дегенмен, бұл сегменттегі жалпы табыс 6% – ға төмендеді. 2023 жылдың бірінші тоқсанында кірістің 0,6 млрд теңгеге өскеніне қарамастан, ұялы байланыстан түскен кірістің үлесі төмендеді. Ұялы телефоннан түскен табысты өткен жылмен салыстырайық. 2022 жылдың бірінші тоқсанында кірістегі ұялы байланыстың үлесі 53% – ды құрады. Алайда 2023 жылдың бірінші тоқсанында бұл көрсеткіш 49% – ға дейін төмендеді. Бұл үлестің төмендеуін телекоммуникация саласындағы интернет қызметтерінің жылдам кененуімен байланыстыруға болады. 2023 – 2024 жылдардың соңына қарай ұялы байланыс қызметтерінен түсетін кірістер барлық басқа кіріс көздерінің шамамен 60 –70% –ын құрайтын болжамды ескере отырып, операторлардың жалпы кіріс құрылымында айтарлықтай өсу болады деп күтілуде. Байланыс қызметтерінен түсетін кірістердің құрылымын және оның эволюциясын талдау интернет қызметтерінен түсетін кірістің айтарлықтай өскенін көрсетеді.

1.4 Мәселені қоюдың негіздемесі

Бесінші буын желілерін (5G) дамыту пайдаланушылар мен қосымшалардың өсіп келе жатқан қажеттіліктерін тиімді қанағаттандыру үшін инновациялық қызметтер мен технологияларды құруды талап етеді. 5G желілері ұсынатын көрнекті қызметтердің бірі машинаға негізделген құрылғылардың масштабталатын байланысын қамтамасыз ететін және олардың кең таралған қосылуын жеңілдететін Massive Machine Type Communications (mMTC) болып табылады.

mMTC миллиардтаған құрылғылар маңызды деректер мен ақпарат алмасуға кедергісіз қосылуы және байланысуы керек Интернетте (IoT) маңызды рөл

атқарады. Дегенмен, mMTC сәтті жүзеге асырылуы желінің ауқымдылығын, кешігуін, өткізу қабілетін, энергия тиімділігін және қауіпсіздікті қоса алғанда, бірқатар техникалық мәселелерді шешуді талап етеді.

mMTC – тің өсіп келе жатқан маңыздылығын және оның туындайтын қиындықтарын ескере отырып, 5G желілеріндегі mMTC қызметтерін зерттеуге кепілдік беріледі. Қызметтің тиімділігі мен сенімділігін арттыру үшін әртүрлі желі жағдайларына бейімделе алатын және қызмет көрсетудің дәйекті дәйекті сапасын қамтамасыз ете алатын жаңа оңтайландыру әдістері мен алгоритмдерін әзірлеу өте маңызды.

5G желілерінде mMTC қызметтерін дамыту және біріктіру тиісті нормативтік база мен стандарттарды құруды талап етеді. Бұл құрылымдар мен стандарттар жүйелер мен құрылғылардың өзара әрекеттесуін, сенімділігін және қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін өте маңызды. mMTC саласындағы зерттеулер және оңтайлы енгізу әдістерін ұсыну телекоммуникацияларды стандарттау ұйымдары үшін баға жетпес құндылығын дәлелдейтін осындай стандарттарды әзірлеудің негізгі талаптары мен критерийлерін анықтауға ықпал етеді.

Сонымен қатар, mMTC – тің 5G желілерінде сәтті интеграциясы оның басқа технологиялармен тиімді өзара әрекеттесуіне және қолданыстағы жүйелерге үздіксіз интеграциялануына байланысты. mMTC қызметін зерделеу және оның тиімділігін арттыру үшін озық тәжірибелерді әзірлеу арқылы әртүрлі технологиялармен және жүйелермен интеграцияның әлеуетті тәсілдері мен стратегияларын анықтауға болады. Бұл mMTC – ті жеңілдетілген енгізу және кеңейту тиімділікті арттырады.

Барған сайын бәсекелес телекоммуникация нарығында 5G желілерінде mMTC енгізудің оңтайлы әдістерін әзірлеу байланыс операторлары мен өнеркәсіптік кәсіпорындардың бәсекеге қабілетті позициясын нығайтады. mMTC – тегі зерттеулер инновациялық өнімдер мен қызметтерді ұсынудың жаңа мүмкіндіктерін ашады, осылайша экономикалық өсуді ынталандырады және жұмыспен қамту мүмкіндіктерін жасайды [20].

Бұған қоса, осы зерттеу тапсырмасын орындаудың негіздемесі mMTC – ті өнеркәсіп, көлік, ауыл шаруашылығы, медицина және ақылды қалалар сияқты әртүрлі қолданбалы салаларда пайдаланудың әлеуетті артықшылықтарынан туындайды. mMTC саласындағы зерттеулер және оңтайлы енгізу әдістерін әзірлеу Интернет заттарының шешімдерін ілгерілетуге және біріктіруге ықпал етеді, бұл сайып келгенде өмір сүру сапасын жақсартуға және экономикалық өсуді ынталандыруға әкеледі.

2 5G желілеріндегі Mmtc қызметін зерттеу

2.1 5G ұялы байланыс желісінің архитектурасын зерттеу

Пайдаланушылардың талаптары мен желілік құрылғылардың саны өсуде, телекоммуникациялық жабдықты жасаушылар мен тасымалдаушылар желілік архитектура мен өзара әрекеттесу ережелеріндегі елеулі өзгерістерге белсенді дайындалуда. Бұл төртінші буын желілерімен салыстырғанда эволюциялық прогресті білдіретін 5G желілеріне әкелді.

5G желілері қолданбалардың кең ауқымын қолдау үшін әртүрлі озық технологияларды біріктіретін динамикалық, дәйекті және икемді құрылымымен сипатталады. Олар базалық станцияның жақындығы немесе радиоға қол жеткізу желілерінің (RAN) күрделі инфрақұрылымы қойған шектеулерді жою үшін ақылды архитектураны пайдаланады. Оның орнына 5G желілері қосымша деректерге қол жеткізу нүктелерін жасау үшін жаңа интерфейстерді пайдаланатын бөлшектелген, икемді және виртуалды RAN желісі болып табылады.

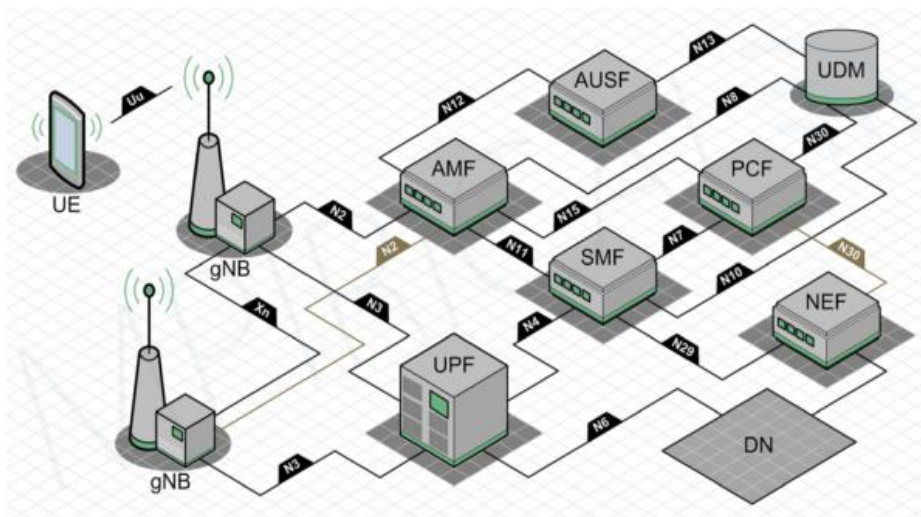
5G желілік инфрақұрылымының маңызды құрамдас бөлігі желілік функцияларды виртуалдандыру (NFV) болып табылады. Онда брандмауэр, жүктеме теңгергіштері және маршрутизаторлар сияқты дәстүрлі желілік функцияларды бағдарламалық жасақтама ретінде жұмыс істейтін виртуалды даналармен ауыстыру арқылы бағдарламалық жасақтаманы аппараттық құралдардан бөледі. Бұл қымбат жабдықты инвестициялау қажеттілігін жояды және орнату уақытын тездетеді, бұл тұтынушыларға табыс әкелетін қызметтерді тезірек жеткізуге мүмкіндік береді. NFV құрылғыларды 5G желісінде виртуалдандырады, соның ішінде бірнеше виртуалды желілердің бір уақытта жұмыс істеуіне мүмкіндік беретін желіні бөлу технологиясы. Виртуалды есептеулерді, сақтауды және желілік ресурстарды қолдана отырып, ол әр түрлі мәселелерді шешеді 5Пб конфигурацияны қосымшалар мен клиенттер сегменттеріне сәйкес бейімдеу арқылы [21].

Желіні бөлу 5G архитектурасының толық әлеуетін ашуда шешуші рөл атқарады. бұл технология NFV доменіне қосымша деңгей енгізеді, бұл жалпы физикалық желілік инфрақұрылымда бірнеше логикалық желілердің қатар өмір сүруін жеңілдетеді. Бұл 5G архитектурасының ажырамас бөлігіне айналады, бұл желілік және сақтау функцияларын қамтитын виртуалды желілерді құруға мүмкіндік береді. Желіні бөлу әсіресе интернет заттары (IoT) сияқты қосымшаларда тиімді болып табылады, мұнда көптеген пайдаланушылар жалпы өткізу қабілеттілігінің төмендігін талап етуі мүмкін. Бұл теңшеу деңгейі шығындарды, ресурстарды басқаруды және желінің икемділігін оңтайландырады, сонымен қатар нарыққа жылдам шығуға ықпал ететін әлеуетті жаңа 5G қызметтерін жылдам тексеруді қамтамасыз етеді.

5G архитектурасы аясында желілік функциялар арасындағы өзара әрекеттесу екі тәсіл арқылы жүзеге асырылады: қызметке бағытталған және интерфейске

негізделген. Қызметке бағытталған тәсілмен белгілі бір желілік функциялар (мысалы, AMF) өз қызметтеріне басқа уәкілетті желілік функцияларға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Екінші жағынан, интерфейске негізделген өзара әрекеттесу кез – келген екі желілік функция (мысалы, AMF және SMF) арасындағы нүктеден нүктеге қосылыстар (мысалы, N11 интерфейсі) түрінде ұсынылған желілік функция қызметтері арасындағы нақты өзара әрекеттесуді сипаттайды.

5G басқару деңгейіндегі желілік функциялар өзара әрекеттесу үшін тек қызметке бағытталған интерфейстерді қолдануы өте маңызды.



2.1-сурет – 5G желісінің архитектурасы

5G желісі әртүрлі негізгі бағдарламалық модульдерді және желілік мүмкіндіктерді (NF) қамтиды:

- қол жетімділік пен ұтқырлықты басқару функциясы (AMF);
- сеансты басқару функциясы (SMF);
- пайдаланушы жазықтығының функциясы (UPF);
- бірыңғай деректерді басқару (UDM);
- бірыңғай деректер қоймасы (UDR);
- құрылымдалмаған деректерді сақтау функциясы (USSD);
- желілік кесуді таңдау функциясы (NSSF);
- саясатты басқару функциясы (PCF);
- желіге кіру мүмкіндігі (NAP);
- Та (Ta)сақтау функциясы;
- қолданбалы функция (AF);
- sms (SMS) функциясы;
- 3GPP (N3IWF) емес өзара әрекеттесу функциясы.

5G технологиясын енгізу өнімділіктің айтарлықтай жақсаруын қамтамасыз етеді және бұлттық ресурстарды пайдалану, виртуалдандыру, желіні бөлу және басқа да инновациялық технологиялар арқылы қолданбалардың кең ауқымын пайдалануға мүмкіндік береді. Дегенмен, бұл жетістіктер жаңа қауіпсіздік мәселелерін тудырады және 5G қауіпсіздік архитектурасының бөлігі ретінде "шабуыл алаңдарын" арттырады.

5G мобильді технологияның алдыңғы буындарының қауіпсіздік әдістеріне негізделгенімен, ол желінің құпиялылығын қамтамасыз ету үшін бірыңғай аутентификация, транзакция қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін кеңейтілетін аутентификация протоколдары, икемді қауіпсіздік саясаттары және тұрақты абоненттік идентификаторлар (SUPI) сияқты кеңейтілген қауіпсіздік мүмкіндіктерін енгізеді. 5G орналастырылған кезде және маңызды өнімділік түйіндерінің виртуализациясы жақсарған сайын, операторлар өздерінің қауіпсіздік жүйелерінің тиімділігін үнемі қадағалап, бағалауы керек. Ең жақсы тәжірибелерді сақтау барлық жүйелік архитектурада, құрылғыларда және қосымшаларда желілік қауіпсіздікті түпкілікті бақылауды қажет етеді.

5G жылдамдықтың экспоненциалды өсуін қамтамасыз ететіні сөзсіз, бұл пайдаланушылар ұялы желілердің әрбір жаңа буынында күтуге дағдыланған. Алайда жылдамдық-бұл тек бастамасы. Барлық салаларда, соның ішінде жеке көлікте, өңдеу өнеркәсібінде және ауыл шаруашылығында күтілетін өзгерістер соншалықты терең, көптеген адамдар 5G – ді келесі өнеркәсіптік революция деп санайды. Бұл трансформациялық ауысымның негізінде мобильді шекаралық есептеулер (MEC), NFV, MIMO және бұлттық қызметтер қызметтердің жаңа толқынын қамтамасыз ету үшін негізгі архитектурада өзара әрекеттесетін көп қырлы 5G архитектурасы жатыр. Осы архитектуралық трансформацияны ескере отырып, 5G сынақ шешімдерін әзірлеу 5G – ге көшудің күшті катализаторы болады.

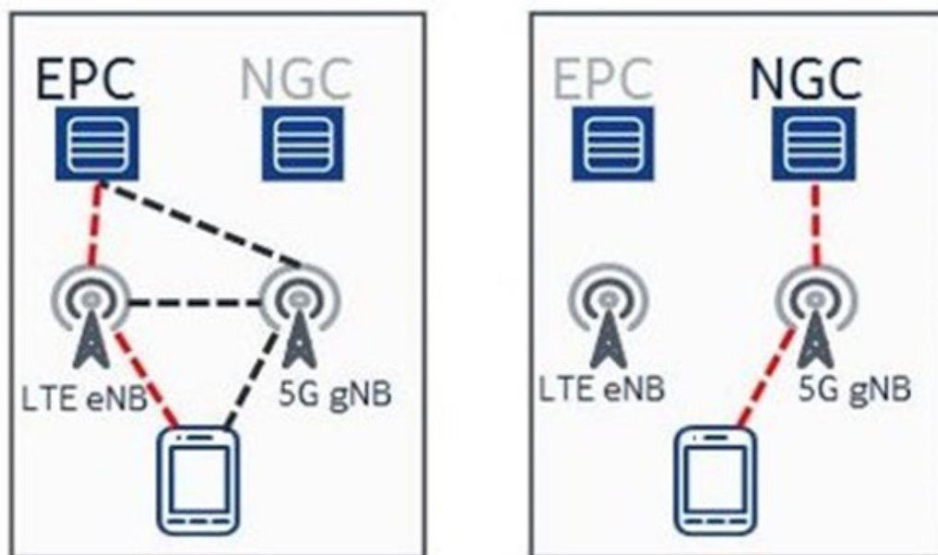
2.2 5G желісінің автономды топологиясы

Алдын ала белгіленген мерзімдерге сәйкес, 5G стандартының "0 фазасы" деп аталатын 3GPP радио ішкі жүйесінің 15 шығарылымының бастапқы сипаттамалары 2022 жылдың соңына дейін сәтті бекітілді. 2.2 – суретте 3GPP шеңберінде 5G жүйелерін стандарттау бойынша ұсынылған Жол картасына шолу берілген. 0 – кезең спецификациясы 5G желілерін енгізу және іске қосу үшін қажетті талаптардың, архитектураның және хаттамалардың негізгі жиынтығын анықтайды.



2.2-сурет – 5G жүйелерін стандарттау бойынша 3GPP жоспарлары

Қазіргі уақытта әзірленіп жатқан бірнеше желілік архитектуралық нұсқалардың ішінде қазіргі спецификация негізінен non – Standalone (NSA) деп аталатын 5G автономды емес архитектуралық нұсқасына баса назар аударады. Бұл архитектура қолданыстағы LTE анықтамалық желілерін (EPC) пайдалану арқылы 5G желілерін бастапқы орналастырудың жеңілдетілген тәсілі болып табылады. Бұл параметрде 5G базалық станциялары (gNB) базалық станциялармен (eNB) бірлесіп жұмыс істейді. Нәтижесінде абоненттік станциялар "қос байланыс" режимінде жұмыс істейді, бұл оларға LTE базалық станциясымен де, 5G базалық станциясымен де бір уақытта өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді [22].



Автономды емес архитектура Автономды архитектура

2.3-сурет – 5G желілік архитектурасының нұсқалары

Автономды емес желілік архитектура контекстінде LTE базалық станциялары 5G базалық станцияларымен өз-ар

а әрекеттесуді жеңілдету үшін, атап айтқанда 5G базалық станцияларына басқару трафигін беру үшін кеңейтілген функционалдылықты қолдауы керек. бұл функцияға арналған сипаттамалар LTE сипаттамаларында көрсетілген және 2023 жылдың бірінші тоқсанында 15 шығарылымының бөлігі ретінде аяқталады деп күтілуде. Екінші жағынан, желіден тыс желілік архитектурада 5G базалық станциялары жаңа 5G тірек желісімен (NGC) бірлесіп жұмыс істейді. 5G (Standalone) желісінің дербес нұсқаларын стандарттау 2023 жылдың ортасында 15 кешенді шығарылымының бөлігі ретінде аяқталды [23].

5G желілерін пайдаланудың мақсатты сценарийлеріне келетін болсақ, қазіргі уақытта 15 шығарылым сипаттамаларына назар негізінен кеңейтілген мобильді кең жолақты (eMBB) қызметтерімен байланысты процедураларға аударылады. Өте сенімді төмен кідірісті байланысты (URLLC) қолдау процедуралары 2022 жылдың бірінші тоқсанында аяқталды. Massive machine-type communication (mMTC) қызметтерін қолдау 16 шығарылым сипаттамаларында сипатталған.

5G дербес желісі қолданыстағы 4G LTE инфрақұрылымына сүйенбестен дербес жұмыс істейтін мобильді желіні білдіреді. Белгілі бір функцияларды орындау үшін 4G LTE желілеріне сүйенетін автономды емес 5G желілерінен айырмашылығы, автономды 5G желілері дербес жұмыс істейді. Бұл тәуелсіздік 5G дербес желілеріне желіні кесу, ультра төмен кідіріс және машина түріндегі жаппай байланыс (mMTC) сияқты жетілдірілген мүмкіндіктерді ұсынуға мүмкіндік береді.

5G дербес желілерінің басты артықшылықтарының бірі-олардың икемділігі мен ауқымдылығын арттыру. Бұл желілер әртүрлі салалардың нақты талаптарына және пайдалану жағдайларына сәйкес бейімделуі мүмкін. Мысалы, автономды көліктерге арналған 5G дербес желісі ультра төмен кідіріске және жоғары сенімділікке басымдық бере алады, ал интеллектуалды ауыл шаруашылығына арналған 5G дербес желісі mMTC және төмен қуат тұтынуға басымдық бере алады.

5G дербес желілерінің тағы бір артықшылығы-олардың желілік архитектураны жеңілдету және өнімділікті арттыру мүмкіндігі. 5G дербес желілері қолданыстағы 4G LTE инфрақұрылымына сенбейтіндіктен, олар ескірген жабдықтың қажеттілігін жойып, желілік архитектураны оңтайландыруы мүмкін. Бұл тезірек орналастыруға, техникалық қызмет көрсету шығындарының төмендеуіне және желінің сенімділігіне әкелуі мүмкін.

5G дербес желісінің жұмысы үш негізгі құрамдас бөлікке негізделген: радио қол жеткізу желісі (RAN), тірек желісі және пайдаланушы жабдығы (UE). Пайдаланушы жабдығы (UE) мен желі арасындағы радио сигналдарды беру және қабылдау радио қол жеткізу желісі (RAN) арқылы жүзеге асырылады. Талшықты-оптикалық кабельдер арқылы тірек желісіне қосылған бірнеше базалық станциялардан тұратын RAN жүйесі ұялы байланыс деп аталатын белгілі бір географиялық аймақтардағы жиіліктер жиынтығын қолдана отырып, деректерді беруді және қабылдауды қамтамасыз етеді.

5G желісінің орталық жүйе жүйесі ретінде жұмыс істейтін негізгі желі UE, Интернет және әртүрлі базалық станциялар арасындағы деректер ағынын басқарады. Ол 5G ядросы, көлік желісі және Қызметтерді басқару және оркестрлеу деңгейі сияқты негізгі компоненттерден тұрады.

Пайдаланушы жабдықтары (UE) 5G желісіне қосылатын Смартфондар, планшеттер немесе ноутбуктер сияқты құрылғыларды қамтиды. UE және RAN арасындағы байланыс гап арқылы негізгі желіге қосылуды орнататын радио сигналдары арқылы жүзеге асырылады [24].

Желіден тыс желіге қосылған кезде 5G UE RAN – мен радио сигналға негізделген қосылымды бастайды. RAN UE түпнұсқалығын тексереді және оны белгілі бір базалық станцияға тағайындайды. UE мен базалық станция арасында қауіпсіз байланыс орнатылады және UE уақытша мобильді абоненттік идентификатор (tmsi) деп аталатын уақытша идентификатор алады.

REN - ге қосылғаннан кейін UE деректерді беруді және қабылдауды жүзеге асыра алады. RAN UE мен базалық станция арасында деректер алмасуды жеңілдету үшін жиілік жолақтарын пайдаланады. Базалық станция алынған деректерді өңдейді және оны мақсатына қарай әрі қарай өңдеу және бағыттау үшін негізгі желіге жібереді. Тасымалдаудан бұрын базалық станция желі арқылы деректердің сенімді берілуін қамтамасыз ету үшін Протокол тақырыптары мен қателерді түзету кодтарын қосу сияқты қажетті тапсырмаларды орындайды.

Дайындалған деректер негізгі желіге деректерді берудің жоғары жылдамдығын қолдауға және кідірістерді азайтуға арналған арнайы физикалық көлік арналары арқылы жіберіледі. Бұл көлік арналары ағынды басқару, қателерді түзету және шамадан тыс жүктемені басқару сияқты мүмкіндіктерді қоса алғанда, қауіпсіз және сенімді деректерді тасымалдауға кепілдік беретін 5G тасымалдау протоколдарын пайдаланады.

Деректер негізгі желіге енгеннен кейін олар маршруттау, деректер қауіпсіздігі шаралары және қызмет көрсету сапасын басқару (QoS) сияқты тапсырмаларға жауап беретін әртүрлі желілік мүмкіндіктермен өңделеді. Деректерді өңдеуге қатысатын негізгі желілік мүмкіндіктерге пайдаланушы интерфейсі (API), сеансты басқару (SMF) және ұтқырлықты басқару (AMF) функциясы кіреді. Бұл мүмкіндіктер бір-бірімен өзара әрекеттесіп, пайдаланушылар үшін Желінің үздіксіз және жоғары жылдамдықты жұмысын қамтамасыз етеді [25].

UPF деректерді жеткізу өнімділігінің қажетті деңгейін қамтамасыз ету үшін QoS саясатын қолдана отырып, UE және интернет арасындағы деректер пакетін жіберуді өңдейді. SMF сеансқа қатысты саясат ережелерін қолдана отырып, UE мен желі арасындағы сеансты басқарады. AMF желідегі ие ұтқырлығына жауап береді, UE орналасқан жеріне қарамастан үздіксіз қосылуды қамтамасыз етеді.

Деректерді негізгі желілік функциялармен өндегеннен кейін олар басқа UE, интернеттегі сервер немесе желідегі басқа соңғы нүкте болуы мүмкін мақсатқа жіберіледі. Деректер Интернет арқылы TCP/IP сияқты стандартты хаттамаларды қолдана отырып беріледі және ұқсас көлік арналары мен хаттамалары арқылы тағайындалған жерге жеткізіледі.

Осы жұмыста 5G желісін модельдеу үшін автономды архитектура mMTC, URLLC және eMBB қызметтерін қолдау қабілетіне байланысты таңдалды. Модельдеу ортасы ретінде танымал simulte кітапханасы мен OMNET++ модел модельдеу платформасына негізделген Simu5G бағдарламасы таңдалды.

2.3 Simu5G – де 5G ұялы байланыс желісін модельдеу

Simu5G – бұл өнеркәсіпте де, академияда да танымал simulte кітапханасына негізделген жетілдірілген 5g (NR) желілік тренажер. Қуатты omni ' t модельдеу платформасын пайдалана отырып, Simu5G дәл анықталған интерфейстері бар үлгілердің кең ауқымын қамтамасыз етеді.

Кең желілік кітапхананы қолдана отырып, Simulink әртүрлі TCP/IP желілерін, соның ішінде 5G NR екінші деңгейлі интерфейстерін модельдеуге мүмкіндік береді. Бір қызығы, Simu5G 5G ran желісінің деректер деңгейін және анықтамалық желіні эмуляциялауға арналған simurg мамандандырылған тренажерін қамтиды. Бұл заманауи тренажер жиілікті бөлу дуплексті режимінде (FDD) және уақытша бөлу дуплексті режимінде (TDD) 5G байланысын имитациялауды қолдайды. Ол x2

интерфейсі арқылы кедергісіз өзара әрекеттесе алатын гетерогенді GNBS (gNodeBs) бар, бұл тегіс деректер процедураларын және ұялы интерференцияны тиімді үйлестіруді жеңілдетеді.



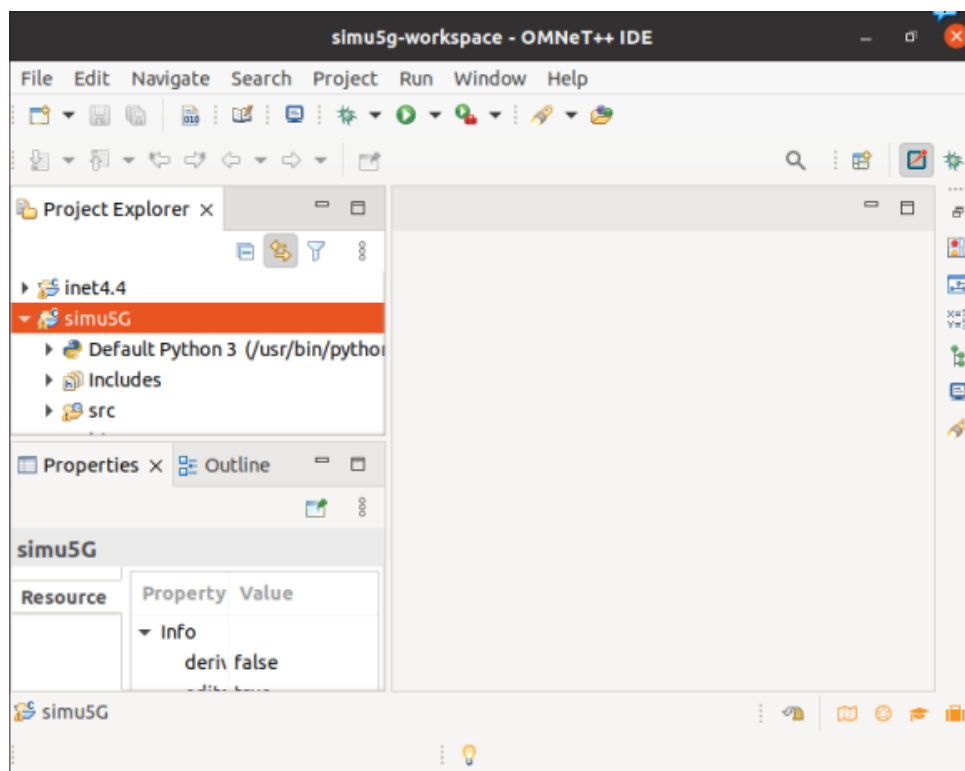
2.4-сурет – Ubuntu Дистрибутивінің Linux ОЖ-де OMNET++ желісін модельдеу бағдарламасын іске қосу

Simu5G үздіксіз үйлесімділікті қамтамасыз ете отырып, eNB (LTE базалық станциясы) және gsm (5 GR базалық станциясы) арасындағы қос байланыстың толық шешімін ұсынады. Ол 3GPP стандарттарымен анықталған Протокол деңгейлерін қатаң ұстанады және физикалық деңгей реттелетін және шынайы арна үлгілері арқылы дәл бейнеленген. Ресурстарды жоспарлау 3GPP стандартында (3GPP TR 38.300, TR 38.211) анықталғандай тасымалдаушыларды біріктіру және бірнеше нөмірлеу сияқты кеңейтілген мүмкіндіктерді қоса алғанда, жоғары және төмен бағыттарда қолдау көрсетіледі.

Simu5G UE mobility модельдерінің кең спектріне, соның ішінде көлік құралдарына арналған арнайы модельдерге кең қолдау көрсетеді. Сонымен қатар, ол нақты құрылғылармен кедергісіз өзара әрекеттесуді жеңілдететін нақты уақыттағы эмуляция режимін қолдайды. Бұл режим Net платформ framework платформасының нақты уақыттағы оқиғаларды жоспарлау мүмкіндіктерін және INET IP пакеттерін бөлісу функционалдығын пайдаланады. Бұл жергілікті қолданбалар, желілік интерфейстер және тренажер арасындағы үздіксіз байланысты қамтамасыз етеді, ал тренажер IP пакеттерін нақты 5G ұялы желісі арқылы өтетін сияқты өңдейді [26].

Осы қуатты функционалдылықты біріктіре отырып, Simu5G пайдаланушыларға негізгі инфрақұрылым ретінде эмуляцияланған 5G желісі бар желілік

қосымшаларды тиімді іске қосуға мүмкіндік береді. Бұл кешенді және тиімді шешімді қамтамасыз ете отырып, модельдеуге де, прототиптеуге де қызмет ететін бірыңғай код базасы арқылы жүзеге асырылады.



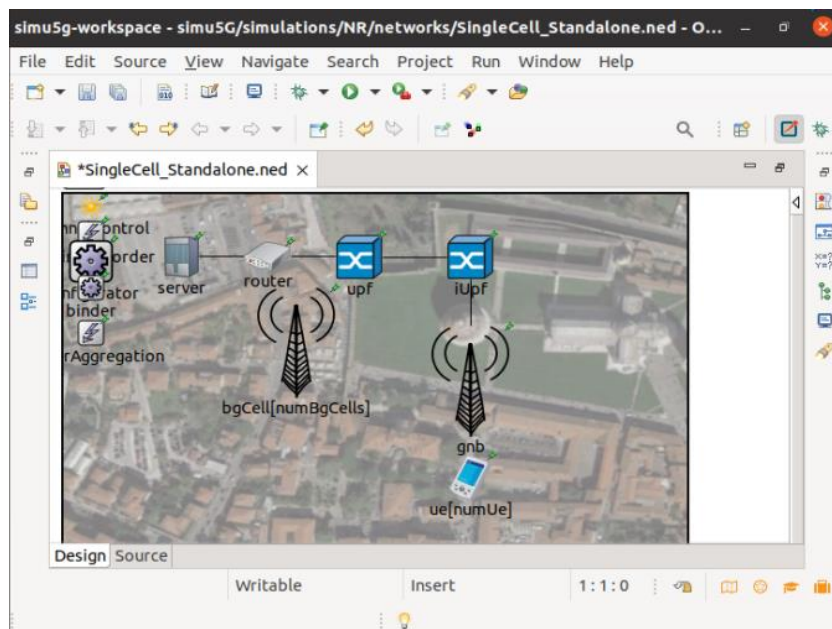
2.5-сурет – OMNET++ дискретті оқиға желісін модельдеу бағдарламасының интерфейсі

Simu5G MAC orchestrator, MAC платформалары, MAC түйіндері және MEC қызметтері сияқты маңызды компоненттерді қамтитын ETSI EMC моделін біріктіреді. Қолданбаның соңғы нүктелеріне арналған интерфейстер, соның ішінде MAC қосымшалары мен құрылғы қосымшалары соңғы модельдегі ETSI стандартына сәйкес келеді. Бұл модельденген 5G желісінде, тіпті нақты уақыттағы сценарийлерде де оңай орындалатын шынайы MAC негізіндегі қосымшаларды орналастыруды жеңілдетеді.

Біздің MAC моделіміз MEC-тің негізгі қызметтерін, атап айтқанда радио желісінің ақпараттық қызметін және орналасқан жерді анықтау қызметін қамтиды. Бұл қызметтер модельденген 5G желісінен тиісті ақпаратты алады және оны MEC әзірлеушілеріне жібереді. Осы қызметтерді енгізу арқылы әзірлеушілер 5G MEC желісінің шынайы және толық бақыланатын ортасында шынайы MAC қолданбаларын мұқият сынақтан өткізіп, бағалай алады.

2.4 5G моделін Simu бағдарламалық ортасында енгізу

Бұл дипломдық жұмыста біз бір ұяшықты 5G желісінің топологиясына назар аударып отырып, 5G желісінің автономды архитектурасын модельдеуді қарастырамыз. Бұл нақты желілік құрылым 3GPP URL және тас қызметтерін қолдау қабілетіне байланысты таңдалды. Бұл модельдеу тәсілін көрсету үшін біз VoIP деректер пакеттерін төмен байланыс (DL) арқылы тасымалдауды қамтитын сценарийді ұсынамыз.



2.6-сурет – 5G желісінің дербес архитектурасы

Суреттегі сұлбада пайдаланушы құрылғысы (UE), gNB базалық станциясы, пайдаланушы деректерін беру функциясы (UPF), резервтік iUPF, маршрутизатор және сервер сияқты көптеген элементтерден тұратын желі конфигурациясын көрсетеді.

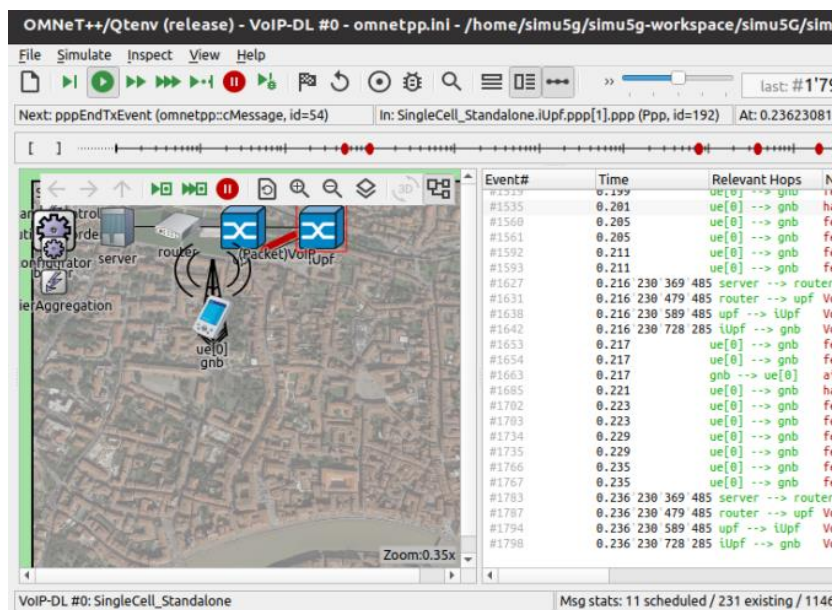
Пайдаланушы деректерін беру функциясы (UPF) келесі функционалдылықты қамтамасыз етеді:

- Ғаламдық интернетті қоса алғанда, сыртқы деректер желілерімен байланыс орнатуға арналған интерфейс;
- пайдаланушы деректер пакеттерін бағыттау және беру;
- бумаларды Буферлеу және пайдаланушы терминалымен (UE) төмен байланыс желісі (DL) арқылы жіберу үшін деректердің қолжетімділігі туралы хабарламалар жіберу;
- Берілген қызмет көрсету сапасының параметрлері (QoS) негізінде деректер пакеттерін таңбалау;

- деректер ағынының шаблондарын қолдана отырып қосымшаларды сәйкестендіруді және PCRF құрған мақсатты белгілерге негізделген желілік саясатты енгізуді қоса алғанда, ақпараттық пакеттерді бағалау;
- трафикті пайдалану туралы есептер шығару;
- Ethernet кадрлары үшін IETF RFC 4861 сәйкес протоколы (ARP) сұрауларын прокси арқылы мекен-жайға рұқсат беру [25].

5G базалық станциясы бүкіл пайдаланушы жазықтығын (UP) және хаттаманы өңдеу мүмкіндіктерін (CP) қамтитын nr baseband протоколын өңдеуге жауапты. Ол сондай – ақ базалық желіге қосылатын кері байланыс интерфейсімен (NG interface) және базалық станциялар арасындағы байланысты жеңілдететін байланыс интерфейсімен (Xn interface) жабдықталған.

5G базалық станциясының негізгі рөлі NR негізгі жиілік диапазонының сигналдарын және NR радиожилік трансивері ретінде жұмыс істейтін радиожилік сигналдарын түрлендіру болып табылады. Төменгі бағытта негізгі 5G құрылғысынан қабылданған негізгі жолақ сигналы түрлендіруге, цифрлық аналогтық түрлендіруге, радиожилік модуляциясына, сүзуге, сигналды күшейтуге және басқа беріліс өңдеуге (TX) ұшырайды. Содан кейін ол коммутация блогы мен тарату антеннасы арқылы өтеді. Жоғары арна арқылы 5G базалық станциясы төмен шуды басуға, сүзуге, демодуляцияға және басқа қабылдаушы байланыс өңдеуге (RX) ұшырайтын антенна блогы арқылы жоғары Байланыс радиожилік сигналын қабылдайды. Содан кейін ол аналогтық-цифрлық түрлендіруден өтеді, түрлендіруді төмендетеді және 5G базалық блогына жібермес бұрын негізгі жиілік диапазонының сигналына айналады.



2.7-сурет – Downlink төмен байланыс желісі бойынша VoIP деректер пакеттерін беру процесі

10.0.0.1: 3088 IPv4 мекен – жайы бар серверге PPP протоколын қолдана отырып VoIP деректер пакеттерін беру міндеті жүктелген. Ол 10.0.0.5:3000 IPv4 мекен –жайы бойынша анықталған маршрутизатормен байланыс орнатады және IPv4 протоколы бойынша деректер пакеттерін кейіннен өңдеу үшін пайдаланушының деректер функциясына (UPF) жібереді.

Event#	Time	Relevant Hops	Name	ID / Source	Kind / Destination	TxUpdate? / Protcl	Len
#1908	0.253	ue[0] --> gnb	feedback_pkt				
#1909	0.253	ue[0] --> gnb	feedback_pkt				
#1933	0.256'230'369'485	server --> router	VoIP	10.0.0.1:3088	10.0.5.2:3000	PPP, IPv4, UDP	
#1937	0.256'230'479'485	router --> upf	VoIP	10.0.0.1:3088	10.0.5.2:3000	PPP, IPv4, UDP	
#1944	0.256'230'589'485	upf --> iUpf	VoIP	10.0.2.1:31	10.0.5.1:31	PPP, IPv4, UDP	
#1948	0.256'230'728'285	iUpf --> gnb	VoIP	10.0.2.1:31	10.0.5.1:31	PPP, IPv4, UDP	
#1967	0.257	gnb --> ue[0]	airframe				
#1976	0.259	ue[0] --> gnb	feedback_pkt				
#1977	0.259	ue[0] --> gnb	feedback_pkt				
#1993	0.261	ue[0] --> gnb	harqFeedback-grant				
#2018	0.265	ue[0] --> gnb	feedback_pkt				
#2019	0.265	ue[0] --> gnb	feedback_pkt				
#2050	0.271	ue[0] --> gnb	feedback_pkt				
#2051	0.271	ue[0] --> gnb	feedback_pkt				
#2085	0.276'230'369'485	server --> router	VoIP	10.0.0.1:3088	10.0.5.2:3000	PPP, IPv4, UDP	
#2089	0.276'230'479'485	router --> upf	VoIP	10.0.0.1:3088	10.0.5.2:3000	PPP, IPv4, UDP	
#2096	0.276'230'589'485	upf --> iUpf	VoIP	10.0.2.1:31	10.0.5.1:31	PPP, IPv4, UDP	
#2100	0.276'230'728'285	iUpf --> gnb	VoIP	10.0.2.1:31	10.0.5.1:31	PPP, IPv4, UDP	
#2111	0.277	ue[0] --> gnb	feedback_pkt				
#2112	0.277	ue[0] --> gnb	feedback_pkt				
#2121	0.277	gnb --> ue[0]	airframe				
#2143	0.281	ue[0] --> gnb	harqFeedback-grant				

2.8-сурет – 5G желісінің желілік трафигін талдау

Қазіргі уақытта деректер пакеттері UPF-тен транзиттік желі арқылы gNb базалық станциясына UDP протоколын қолдана отырып жіберіледі. Gsm базалық станциясы "airframe" деректер пакеттерін пайдаланушы құрылғысына (UE) тасымалдау үшін noma модуляциясын қолданады. Бір уақытта UE "feedback_pkt" деп аталатын пакетті gNb базалық станциясына жіберу арқылы жауап береді.

3 5G ұялы байланысының негізгі параметрлерін есептеу

3.1 mMTC қызметіне қойылатын техникалық талаптар

Ұялы байланыс саласындағы техникалық сипаттамаларды стандарттау 3GPP және басқа стандарттау органдары сияқты ұйымдардың болашақ инновацияларды ынталандыруы үшін өте маңызды. 5G технологиясын дамытудың әрбір кезеңі функционалдылық пен сымсыз байланыс технологиясының жиынтығын анықтайтын бірлескен жоба шеңберіндегі жаңа нұсқа болып табылады.

Бесінші буын ұялы байланысының дамуы 5G озық желілерінің эволюциялық дамуын анықтайтын 18 нұсқасының келуімен жалғасуда. 2023 жылдың 28 маусымы мен 2 шілдесі аралығында 3GPP өткізген семинар барысында 18 шығарылымға арналған зерттеу бағыттары белгіленді және 5G Advanced деп аталатын осы жаңа даму кезеңінің ресми логотипі енгізілді. Сонымен қатар, жоба аясында арнайы мақсатты топтардың жұмыс жоспарлары мақұлданды. 18 шығарылымға арналған 3GPP алдын ала ұсыныстары бірінші кезекте келесі бағыттарға бағытталған:

- кеңейтілген мобильді кең жолақты (eMBB) қызметтерімен байланысты функционалды эволюция;

- eMBB қызметтерімен байланысты емес функционалды эволюция, атап айтқанда, өте сенімді төмен кідірістегі байланыстарға (uRLLC) және массалық машина типті байланыстарға (mMTC) бағытталған;

- eMBB қызметтерінің эволюциясы үшін де, eMBB – ге қатысы жоқ қызметтер үшін де кросс – функционалдылық;

- шығарылымның толық сипаттамасын қамтитын TR 21.918 техникалық есебін дайындау.

5G желілеріндегі негізгі қызметтердің бірі mMTC қызметтерін әзірлеу және қолдау үшін 18 – нұсқа келесі талаптарды белгілейді:

- қалааралық байланысты қамтамасыз ету;

- жоғары құрылғы тығыздығын қолдау (км² үшін 1 млн құрылғы);

- 1 – ден 100 кбит/с дейінгі деректердің төмен жылдамдығын қолдау;

- құрылғылардың энергияны тиімді тұтынуын қолдау [26].

Бұл жобада біздің басты назарымыз Алматыда mMTC қызметтерін көрсету үшін 5G NR радио желісін жоспарлауға бағытталған. Бұл аймақта абоненттердің тығыздығы жоғары болғандықтан, әрбір станцияда абоненттердің жоғары тығыздығын қамтамасыз ету үшін базалық станцияларды (GNBS) мүмкіндігінше жақын орналастыру маңызды. Тиісті жиілік диапазонын таңдағанда, жетекші принцип төменгі жиіліктер сигналдарға ұзақ қашықтыққа жүруге мүмкіндік береді. Сондықтан FR1 жиілік блогының жоғары және төмен арналарына қызмет көрсететін 3300-4200 МГц жиілік диапазоны қолайлы. FR1 блогындағы әрбір радиоарна ені 100 МГц және уақытты бөлу дуплексі (TDD) схемасын пайдаланады.

mMTC қызметі бар абоненттерге немесе құрылғыларға қызмет көрсету үшін келесі параметрлерді есептеу қажет: базалық станцияның қамту аймағы, рұқсат етілген максималды жоғалтулар, деректерді беру жылдамдығы, байланыс шуының иммунитеті және құрылғының қуат тұтынуы [27].

3.2 Жабдықты таңдау

Бұл жобаның негізгі бағыты көптеген құрылғыларға қызмет көрсетуге бағытталған, ал басқа аспектілер осы нақты мәселені шешуге тікелей байланысты. 5G NR желісін енгізу жоғары тығыздықтағы қосылымдарға мүмкіндік береді және 1 – ден 100 кбит/с аралығындағы жоғары және төмен байланыста деректер жылдамдығының ауқымын қамтамасыз етеді. 5G NR технологиясын екі бөлу технологиясын пайдалана отырып, 2 МГц – тен 20 ГГц –ке дейінгі кең жиілік диапазонында қолдануға болады: FDD (Жиілікті бөлу дуплексі) және TDD (уақыт бойынша екі жақты бөлу).

gNB базалық станциясы әртүрлі қамту радиустарын қамтамасыз етеді. Оңтайлы жағдайларда ол 1 – 2 км аумақты қамтуы мүмкін; дегенмен, антеннаның сәйкес биіктігімен бұл диапазон 7 – 10 км – ге дейін артуы мүмкін.

Базалық станция негізгі компоненттерден тұрады, оның ішінде:

- цифрлық сигналды өңдеуге жауапты жүйелік модуль;
- үш қабылдағышпен жабдықталған радиомодуль.

Бұл жоба үшін Ericsson компаниясы шығарған Ericsson AIR 6468 базалық станциясы пайдаланылады. Бұл базалық станция LTE және 5G NR SA желілерімен үйлесімді және 5G режимінде 2 МГц – тен 20 ГГц – ке дейінгі жиілік диапазонында жұмыс істейді. Бұған қоса, ол GSM/EDGE, UMTS/HSPA және LTE/LTE – Advanced технологияларын қолдайды.

Кесте 3.1 – Ericsson AIR 6468 BS техникалық сипаттамалары

Параметры	Мәні
Жиілік диапазоны, МГц	2496–2690, 3300–3800, 5150 - 5925
Модуляция	QPSK, 16QAM, 64 QAM, 256 QAM
Салмағы, кг	16
Шығыс қуаты, Вт	320
Антенна конфигурациясы	LTE және 5G үшін 4T4R MIMO-ге дейін
Энергияны тұтыну, Вт	900 – ге дейін
Сақталған температура, °C	-40°C – тан +65°C – қа дейін
Өлшем, мм	325x325x 178

Құрылғыны орналастыру тығыздығы ескерілетін маңызды фактор болып табылады. IMT2020 талаптарына сәйкес 5G желісі бір шаршы километрге

миллионға жуық құрылғыны қосу мүмкіндігіне ие болуы керек. Бұл құрылғылар негізінен Интернет заттары (IoT) сенсорларынан және әртүрлі өлшеу құрылғыларынан тұрады. Сенсорлар деректерді сирек және төмен жылдамдықпен жіберетіндіктен, радио өткізу қабілеттілігін бірнеше ішкі тасымалдаушыларға бөлу тиімді [28].

Бір базалық станция қолдайтын құрылғылардың санын анықтау үшін есептеу келесі формула бойынша орындалады (3.1):

$$N_{\text{құрлғ.gNB}} = \frac{B \cdot S \cdot E \cdot T \cdot C}{R \cdot L} \quad (3.1)$$

мұндағы $N_{\text{құрлғ.gNB}}$ – бір базалық станция қолдай алатын құрылғылардың максималды саны;

B – базалық станцияға қолжетімді арна өткізу қабілеттілігі, герцпен (МГц);

S – бір ресурс блогындағы ішкі тасымалдаушылар саны (RB);

E – ресурстар блоктарының саны;

T – бір қосалқы кадрдағы уақыт слоттарының саны;

C – антенна порттарының саны;

R – бір құрылғыға қажетті деректерді беру жылдамдығы секундына битпен (бит/с);

L – герцке секундына битпен спектрлік тиімділік (бит/с/Гц).

Бір базалық станция қолдайтын құрылғылардың саны:

$$N_{\text{құрлғ.gNB}} = \frac{100 \cdot 12 \cdot 544 \cdot 14 \cdot 64}{1000 \cdot 30} \approx 180000. \quad (3.2)$$

Бұл зерттеу 5G NR желісіндегі бір базалық станцияның қамту аймағын анықтауға бағытталған. Лонгли – Райс үлгісі, сонымен қатар үзілген жер үлгісі (ITM) ретінде белгілі, қамту аймағын бағалау үшін қолданылады. Лонгли-Райс моделі телекоммуникация желілеріндегі радиосигналдың әлсіреуі мен толқынның таралуын болжау үшін кеңінен қолданылатын әдістеме болып табылады. Ол әртүрлі сценарийлерді, антенна биіктіктерін және 2 МГц – тен 20 ГГц – ке дейінгі жиіліктерді қамтуға арналған. Алынған сигнал күшін жалпылама ұсыну арқылы Лонгли – Райс үлгісі күрделі арна сипаттамаларын жеңілдетеді. Статистикалық ресурстар модель ішінде әртүрлі орталар мен сценарийлердегі айырмашылықтарды есепке алу үшін пайдаланылады.

Базалық станцияның қамту аймағының радиусын анықтау үшін ең жоғары рұқсат етілген байланыс жоғалуын L есептеу қажет. Рұқсат етілген ең жоғары байланыс жоғалуы (MDP) деп аталатын бұл мән қабылдағыш кірісіндегі сигналдың ең аз қуатын шегеру арқылы алынады. таратқыштың эквивалентті изотропты сәулелену қуаты (EIRP). Арнадағы барлық жоғалтуларды ескере отырып, бұл

есептеу қабылдағыштағы сигналдың оңтайлы демодуляциясын қамтамасыз етеді. Бұл есептеуді орындау үшін (3.2) формуланы қолдануға болады:

$$L = P_{EIRP} - S_{RX} + G_{RXA} - L_{RXF} + M_B - M_{INT} - M_{SH} + G_{HO} \quad (3.3)$$

мұндағы, P_{EIRP} – EIRP таратқышы, дБм;

S_{RX} – қабылдағыштың сезімталдығы, дБм;

G_{RXA} – қабылдағыш антеннасының күшеюі, дБм;

L_{RXF} – қабылдағыштың беру жолындағы жоғалтулар, дБ;

M_B – бөлмеге сигналдың енуіне арналған қор, дБ;

M_{INT} – жүйеішілік кедергілерге арналған қор, дБ;

M_{SH} – көлеңкеге арналған қор, дБ;

G_{HO} – хандовердің пайдасы, дБ.

BS антеннасының тиімді изотропты сәулелену қуаты формула бойынша анықталады (3.3):

$$P_{EIRP} = P_{TX} + G_{TX.DIV} + G_{TXA} - L_{TXF} \quad (3.4)$$

мұндағы P_{TX} – таратқыштың шығыс қуаты, дБм;

$G_{TX.DIV}$ – таратқыштардың қуатын қосудың пайдасы, дБ;

G_{TXA} – таратқыш антеннасының күшейту коэффициенті, дБи;

L_{TXF} – таратқыштың фидерлік жолындағы шығындар, дБ.

Ericsson AIR 6468 антеннасының тиімді изотропты сәулелену қуаты:

$$P_{EIRP} = 55 + 7 + 14 - 0,5 = 75,5 \text{ дБм} \quad (3.5)$$

Бөлме сигналдарының енуіне арналған қор M_B :

– 22 дБ тығыз қалалық құрылыста;

– 17 дБ Орташа қалалық құрылыста;

– 12 дБ Қала маңындағы;

– 8 дБ Ауылдық жерлерде.

Бұл жағдайда сигналдардың енуіне арналған қор 22 дБ – ге тең деп қабылданады, өйткені тығыз қалалық құрылыста бесінші буын желісін пайдалану сценарийі қарастырылады.

M_{SH} көлеңкелеу қоры болып табылады және 8,7 дБ тең қабылданады.

Жүйе ішіндегі кедергілер үшін M_{INT} қорының мөлшері қабылдағыштың кірісіндегі Шу қуатының жоғарылауын анықтайды және (3.4) формула бойынша есептеледі:

$$M_{INT} = -10 * \lg(1 - \eta) \quad (3.6)$$

$$M_{INT} = -10 * \lg(1 - 0,86) = 8,54 \text{ дБ} \quad (3.7)$$

мұндағы η – жоғары немесе төмен сілтемедегі салыстырмалы ұяшық жүктемесі.

Кесте 3.2 – BS Ericsson AIR 6468 есептеу үшін қажетті деректер

Белгі	Параметры	TDD 100 МГц
P_{EIRP}	ЭИИМ таратқышы, дБм	75,5
P_{TX}	Таратқыштың шығыс қуаты, дБм	55
S_{RX}	Қабылдағыштың сезімталдығы, дБм	-114
G_{RXA}	Қабылдағыш антеннасының күшеюі, дБи	14
L_{RXF}	Қабылдағыштың беру жолындағы жоғалтулар, дБ	0,5
M_B	Бөлмеге сигналдың енуіне арналған қор, дБ	22
M_{INT}	Жүйе ішілік кедергілерге арналған қор, дБ	8,54
M_{SH}	Көлеңкеге арналған қор, дБ	8,7
G_{HO}	Хандовердің пайдасы, дБ	0
$G_{TX.DIV}$	Таратқыштардың қуатын қосудың пайдасы, дБ	7
G_{TXA}	Таратқыш антеннасының күшейту коэффициенті, дБи	14
L_{TXF}	Таратқыштың фидерлік жолындағы шығындар, дБ	0,7

Барлық қажетті BS параметрлерін тапқаннан кейін MDP мәнін есептеуге болады:

$$L = 75,5 + 114 + 14 - 0,5 + 22 - 8,54 - 8,7 + 0 = 207,76 \text{ дБм} \quad (3.8)$$

Біз MDP мәнін білеміз, олардан ұяшық радиусының қамту аймағын таба аламыз. Қалалық жерде сәйкесінше абоненттік станциялардың антеннасының биіктігін 1,5 м, ал базалық станцияның биіктігін 30 м деп алайық. Ұяшық радиусы (3.5) формула бойынша есептеледі:

$$R = 10^{\frac{L - 45,5 + 13,82 * \lg h_{UE} - 35,4 * \lg F + (1,1 * \lg F - 0,7) * h_{UE}}{(44,9 - 6,55 * \lg h_{NB})}} \quad (3.9)$$

мұндағы L – максималды рұқсат етілген шығындар, дБм;

h_{gNB} – BS биіктігі, м;
 F – BS жұмыс істейтін жиілік, МГц;
 h_{UE} – MS биіктігі, м.

MDP мәнін тапқаннан кейін біз оны бір BS қамту аймағының ұяшық радиусының формуласына ауыстырамыз:

$$R = 10^{\frac{207,76-45,5+13,82*\lg 30-35,4*\lg 3300+(1,1*\lg 3300-0,7)*1,5}{(44,9-6,55*\lg 30)}} \approx 259 \text{ м.} \quad (3.10)$$

Бір базалық станцияның қамту аймағын мына формула арқылы есептеуге болады:

$$S = \frac{3}{2} * \sqrt{3} * R^2 \quad (3.11)$$

$$S = \frac{3}{2} * \sqrt{3} * 0,259^2 = 0,174 \text{ км}^2 \quad (3.12)$$

Базалық станциялардың қажетті саны мына формула бойынша есептеледі:

$$N_{gNB} = \frac{S_{5G}}{3*S} \quad (3.13)$$

мұндағы S_{5G} – қамтылатын аумақ.

Ауданы 682 км^2 болатын Алматы қаласын қамту үшін қажетті базалық станциялар саны:

$$N_{gNB} = \frac{682}{3*0,174} = 1307 \quad (3.14)$$

Алматы қаласын толығымен қамту үшін 5G NR желісінің шамамен 1307 базалық станциясын орнату қажет. mMTC қызметін көрсететін базалық станциялардың саны құрылғылардың санына байланысты болады.

Егер бір шаршы километрге миллион құрылғы болатын сценарийді қарастыратын болсақ, онда алты базалық станцияны gNB $N_{gNB} = \frac{1}{0,174} \approx 6$ орнату қажет, шаршы километрге 1 200 000 құрылғыға қызмет көрсетеді.

3.3 5G NR BS желісінің деректерді беру жылдамдығын есептеу

3GPP TS 38.306, 38.101 – 1.2 құжаттарына сәйкес 5G NR деректерді беру жылдамдығын есептейік. (3.6) формула бойынша жоғары қосылымдағы жіберу жылдамдығын есептейік:

$$R_{5G NR} = 10^{-6} * \sum_{i=1}^j (V_{\text{қабат}} * Q_m * f * \frac{948}{1024} * \frac{N_{\text{PRB}}^{\text{BW}(j)\mu} * 12}{T_S^\mu} * (1 - \text{OH})) \quad (3.15)$$

мұндағы j – жолақтағы немесе жолақтар комбинациясындағы жинақталған құрамдас тасымалдаушылардың саны;

Q_m – модуляция реті;

$V_{\text{қабат}}$ – қабаттар саны;

f – 1, 0,8, 0,75 және 0,4 мәндерін қабылдай алатын үстіңгі қабат параметрімен белгіленген масштабтау коэффициенті;

μ – нумерология 5G NR (TS 38.211 құжаттамасында көрсетілген);

$N_{\text{PRB}}^{\text{BW}(j)\mu}$ – μ нумерологиясымен $\text{BW}(j)$ өткізу жолағындағы RB максималды бөлінуі;

OH – есептік шығындар;

T_S^μ – қосалқы кадрдағы OFDM символының орташа ұзақтығы, мкс.

Кесте 3.3 – Деректерді беру жылдамдығын есептеу үшін мәліметтерді енгізу

Параметры	Кіріс деректері
j	1
Q_m	4(16QAM)
$V_{\text{слоев}}$	4
f	1
μ	1
$N_{\text{PRB}}^{\text{BW}(j)\mu}$	273
OH	0,08
T_S^μ	$3,57 * 10^{-5}$

μ нумерологиясына арналған қосалқы кадрдағы OFDM символының орташа ұзақтығы T_S^μ (3.7) формула арқылы есептеледі:

$$T_S^\mu = \frac{10^{-3}}{14 * 2^\mu} \quad (3.16)$$

$$T_S^\mu = \frac{10^{-3}}{14 \cdot 2^1} = 3,57 \cdot 10^{-5} \text{ с.} \quad (3.17)$$

ОН үстеме шығысы жиілік диапазонына байланысты келесі мәндерге ие:

- [0,14] → DL үшін FR1 жиілік диапазоны;
- [0,18] → DL үшін FR2 жиілік диапазоны;
- [0,08] → UL үшін FR1 жиілік диапазоны;
- [0,10] → UL үшін FR2 жиілік диапазоны.

Бұл жұмыста жоғары байланыс үшін FR1 жиілік диапазоны үшін 0,08 мәнін таңдау қажет. Ericsson AIR 6468 BS деректерді тасымалдау жылдамдығы:

$$R_{5\text{GNR}} = 10^{-6} * \sum_{i=1}^j \left(4 * 4 * 1 * \frac{948}{1024} * \frac{273 * 12}{3,57 * 10^{-5}} * (1 - 0,08) \right) = 1,4 \text{ Гбит/с.} \quad (3.18)$$

IoT құрылғылары бірнеше кбит/с – тан бірнеше Мбит/с дейінгі ауқымдағы деректерді жіберсе де, 16 – QAM модуляциясы бар Ericsson AIR 6468 базалық станциясы деректерді 1,4 Гбит/с жылдамдықпен жіберуге қабілетті.

3.4 Соңғы құрылғылардың қуат тұтынуын есептеу

Келесі шарттарды ескере отырып, терминалдық құрылғы автономды жұмыс істей алатын уақытқа сандық талдау жасайық. Жоғары байланыс хабарламаларын жіберу үшін 59 байт сигналдық хабар қажет, ал төмен байланыс хабарламаларын алу үшін жоғары сілтеме жіберілген 100 байтты қоспағанда 136 байт қажет. Есептеу барлық соңғы құрылғылар кернеуі 1,25 В және сыйымдылығы 1000 мА болатын үш AAA батареясын пайдаланатынын ескере отырып орындалады. Құрылғы ақпаратты күніне үш рет, әрқайсысы 100 байттан тасымалдайды.

Терминалды құрылғының батареясының қызмет ету мерзімі (3.8) формула бойынша есептеледі:

$$T_{\text{жұмыс}} = \frac{P_{\text{бат}}}{E_{\text{толық}}} \quad (3.19)$$

мұндағы $P_{\text{бат}}$ – батареяның жалпы сыйымдылығы;

$E_{\text{толық}}$ – құрылғының жыл бойына энергия тұтынуы.

Құрылғының жыл бойына энергия тұтынуы (3.9) формула бойынша есептеледі:

$$E_{\text{толық}} = 365 * E_{\text{тарату}} \quad (3.20)$$

мұндағы $E_{\text{тарату}}$ – құрылғының тәуліктік энергия тұтынуы;

k – тәулігіне жіберілу саны.

Құрылғының жыл бойы тұтынылатын қуаты:

$$E_{\text{толық}} = 365 * 0,22 \approx 0,08 \text{ Вт} \quad (3.21)$$

Құрылғының батареясының қызмет ету мерзімі аяқталады:

$$T_{\text{жұмыс}} = \frac{P_{\text{бат}}}{E_{\text{толық}}} = \frac{3,75}{0,08} \approx 47 \text{ ай} \approx 4 \text{ жыл} \quad (3.22)$$

3.5 Желінің жұмысын қамтамасыз ету үшін шуға төзімділікті есептеу

$P_{\text{таргNB}} = \text{const}$ және $h_{\text{gNB}} = \text{const}$ бар $P_{\text{қабUE}}$ қабылдағыш кірісіндегі қажетті қуат (3.10) формулаға сәйкес бірінші беру теңдеуі бойынша анықталады:

$$P_{\text{қабUE}} = P_{\text{таргNB}} + G_{\text{gNB}} - 70 - 26,16 * \lg(f) + 13,82 * \lg(h_{\text{gNB}}) - [45 - 6,55 * \lg(h_{\text{gNB}})] * \lg(R) - \alpha_{\text{фgNB}} \quad (3.23)$$

мұндағы $P_{\text{таргNB}}$ – gNB таратқыш қуаты, дБ;

G_{gNB} – базалық станцияның антеннасының күшеюі, дБ;

f – бөлінген жиілік диапазонының жиілігі, МГц;

R – бір BS қамту радиусы, км;

$\alpha_{\text{фgNB}} = l_{\text{ф}} * \alpha_0$ – gNB фидер жоғалтулары, дБ;

$l_{\text{ф}}$ – фидер ұзындығы, ол gNB антеннасының биіктігіне тең немесе одан үлкен болуы мүмкін, м;

α_0 – фидердің сызықтық әлсіреуі, дБ/м.

Базалық станция фидерлерінің жоғалуы:

$$\alpha_{\text{фgNB}} = 28 * 0,14 \approx 4 \text{ дБ} \quad (3.24)$$

Пайдаланушы құрылғысының $P_{\text{қабUE}}$ қабылдағышының кірісіндегі қажетті қуат:

$$P_{\text{қабUE}} = -120 + 14 - 70 - 26,16 * \lg(3300) + +13,82 * \lg(30) - [45 - 6,55 * \lg(30)] * \lg(0,259) - 4 = -76,37 \text{ дБм.} \quad (3.25)$$

Телекоммуникация нарығындағы бәсекелестіктің шиеленісуі жағдайында 5G желілерінде mMTC енгізудің оңтайлы әдістерін әзірлеу байланыс операторлары мен өнеркәсіптік кәсіпорындардың бәсекелестік позицияларын нығайтады. mMTC зерттеулері инновациялық өнімдер мен қызметтерді ұсынудың жаңа мүмкіндіктерін ашады, осылайша экономикалық өсуді ынталандырады және жұмысқа орналасу мүмкіндіктерін жасайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, осы дипломдық жұмыстың зерттеу мәселесінің тұжырымы 5G желілерін одан әрі дамыту және 5G желілерін қолдану сценарийлерін талдау, mMTC табысты енгізу үшін маңызды өзектілік пен маңыздылыққа ие. Зерттеу нәтижелері Интернет – заттар саласындағы инновацияларды алға жылжыту кезінде байланыс операторлары ұсынатын қызметтердің сапасын жақсарту үшін тиімді қолданылуы мүмкін.

5G желілерінде mMTC қызметтерін әзірлеу және біріктіру тиісті нормативтік база мен стандарттарды құруды талап етеді. Бұл құрылымдар мен стандарттар әртүрлі жүйелер мен құрылғылардың үйлесімділігін, сенімділігін және қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін өте маңызды. mMTC саласындағы зерттеулер және енгізудің оңтайлы әдістерін ұсыну телекоммуникацияны стандарттаумен айналысатын ұйымдар үшін баға жетпес бола отырып, осындай стандарттарды әзірлеудің негізгі талаптары мен критерийлерін анықтауға ықпал етеді [30].

Сонымен қатар, mMTC – тің 5G желісіндегі сәтті интеграциясы оның басқа технологиялармен тиімді өзара әрекеттесуіне және қолданыстағы жүйелерге тегіс интеграциялануына байланысты. mMTC қызметін зерттей отырып және оның тиімділігін арттырудың оңтайлы әдістерін жасай отырып, әртүрлі технологиялар мен жүйелермен интеграциялаудың ықтимал тәсілдері мен стратегияларын анықтауға болады. Мұндай жеңілдетілген mMTC енгізу және кеңейту тиімділіктің жоғарылауына әкеледі.

Сонымен қатар, осы зерттеу тапсырмасын орындаудың негіздемесі mMTC – ті өнеркәсіп, көлік, ауыл шаруашылығы, медицина және "ақылды қалалар" сияқты әртүрлі қолданбаларда пайдаланудың әлеуетті артықшылықтарынан туындайды. mMTC зерттеулері және енгізудің оңтайлы әдістерін әзірлеу интернет заттарының шешімдерін ілгерілетуге және біріктіруге ықпал етеді, бұл сайып келгенде өмір сапасын жақсартуға және экономикалық өсуді ынталандыруға әкеледі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Abuajwa, O.; Roslee, M.B.; Yusoff, Z.B. Simulated annealing for resource allocation in downlink NOMA systems in 5G networks. *Appl. Sci.* 2021, 11, 4592.
2. Mohamed, K.S.; Alias, M.Y.; Roslee, M.; Raji, Y.M. Towards green communication in 5G systems: Survey on beamforming concept. *IET Commun.* 2021, 15, 142–154
3. GSMA Report. From Vertical Industry Requirements to Network Slice Characteristics, GSMA, August 2018.
4. 5G Evolution: 3GPP Releases 16–17, 5G Americans, January 2020.
5. A 5G Americans White Paper: 3GPP Releases 16&17&Beyond, 5G Americans, January 2021.
6. Ghosh A., Maeder A., Baker M., Chandramouli D. 5G Evolution: A View on 5G Cellular Technology Beyond 3GPP Release 15, *Open Access Journal*, Volume 7, IEEE, 2019 DOI: 0.1109/ACCESS.2019.2939938.
7. Белая книга МСЭ. Сеть-2030 – проект технологии, приложений и драйверов рынка на пути к 2030 году и далее (май 2019 года).
8. Отчет FG NET-2030. Новые услуги и возможности для сети-2030: описание, технический разрыв и анализ целевых показателей производительности (октябрь 2019 г.).
9. Технический отчет. Сети-2030 – дополнительное представление сценариев использования и ключевых требований к сетям-2030 (июнь 2020 г.).
10. Технический отчет. Сети-2030 – Gap-анализ новых услуг, возможностей и сценариев использования сетей-2030 (июнь 2020 г.).
11. Технические спецификации. Network-2030 – термины и определения для сетей-2030 (июнь 2020 г.).
12. Ханна Б.О., Фицджеральд П., Берни Х., Лакшманан Р., Коберн Н., Гири С. и Малви Б. Устройства и датчики, применимые к реализации систем 5G, 2018.
13. Вольф Н., Шевченко С., Вентцель А., Бенгтссон О. и Хайнрих В. Переключаемые модуляторы и PAs для эффективных передатчиков в беспроводной инфраструктуре 5G, 2018.
14. Ни Ю., Лян Дж., Ши Х. и Бан Д. Исследование ключевых технологий в Сети мобильной связи 5G. Международная конференция 2019 года по интеллектуальному транспорту, Большим данным и умному городу (ICITBS), 2019.
15. Лю С., Лю Л., Ян Х., Юэ К. и Го Т. Исследование технологии 5G, основанной на интернете вещей, 2020.
16. Пан К., Ву Дж., Чжэн Х., Ли Дж., Ли С. и Васиلاكос А.В. Использование искусственного интеллекта и интеллектуальной отражающей поверхности для энергоэффективной связи в 6G, 2020.
17. Акилдиз И.Ф., Как А. и Ни С. 6G и далее: Будущее систем беспроводной связи, 2020.

18. Иsobоев Ш.И. Оценка перспектив развития и применения искусственного интеллекта в мобильной связи 5-го и 6-го поколений // Экономика и качество систем связи, 2022. – № 1(23). – С. 20-25. – EDN QGBSEN.
19. Михайлова И.А. Архитектура HR и LBO роуминга в сетях 5G // Экономика и качество систем связи, 2022. – № 1(23). – С. 26-36. – EDN DKGCLF.
20. Попова Ю.П. 6G беспроводные системы связи: приложения, требования, технологии, проблемы и исследование направления // Наука и общество в эпоху перемен, 2019. – № 1(5). – С. 36-44. – EDN KCDFGC.
21. Ефимушкин В.А. Анализ бизнес-рисков внедрения мобильных сетей 5G в условиях развития технологий 6G // Технологии информационного общества: Сборник трудов XIV Международной отраслевой научно-технической конференции, Москва, 18-19 марта 2020 года. – Москва: ООО «Издательский дом Медиа пabлишер», 2020. – С. 573-574. – EDN HWFASO.
22. Мордачев В.И. Характеристики электромагнитной обстановки, создаваемой излучениями абонентского оборудования сотовой (мобильной) связи 4G/5G/6G в зданиях // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, 2021. – Т. 19. – № 6. – С. 42-50. – DOI 10.35596/1729-7648-2021-19-6-42-50. – EDN RJZNUC.
23. Катеринкина Е.Н. Интеллектуальные отражающие поверхности как один из сценариев создания сетей 6G // Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2020: XXII Международная научно-техническая конференция, IV научный форум телекоммуникации: теория и технологии ТТТ2020, Самара, 17-20 ноября 2020 года. – Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2020. – С. 172-173. – EDN NYDDSD.
24. Бакулин М.Г. Проблема повышения спектральной эффективности и емкости в перспективных системах связи 6G // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2020. – Т. 14. – № 2. – С. 25-31. – DOI 10.36724/2072-8735-2020-14-2-25-31. – EDN HNVLBC.
25. Саломатина Е.В. О поддержке сверхнадежной передачи данных с низкой задержкой в сетях 5G и будущих 5G/6G // Перспективные технологии в средствах передачи информации: материалы 14-ой международной научно-технической конференции, Владимир, 06-07 октября 2021 года. – Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2021. – С. 404-407. – EDN HDBCDP.
26. Харенко А.А. Машинное обучение в сетях 6G // V Научный форум телекоммуникации: теория и технологии ТТТ-2021: Материалы XXIII Международной научно-технической конференции, Самара, 23-26 ноября 2021 года. – Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. – С. 209-210. – EDN KQTTUW.
27. Тихвинский В.О. 5G WORLD SUMMIT - 2014: Курс прежний - ОТ 4G К 5G // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2014. – Т. 8. – № 7. – С. 95-96.

28. Тихвинский В.О. Инновации: 5G world summit: «Достойная старость» 2G на фоне бурного роста 5G. Валерий Тихвинский об итогах 5G world summit. Электросвязь, 2015. – № 10. – С. 18-21.
29. Олейникова А.В., Нуртай М.Д., Шманов Н.М. Перспективы развития связи 5G. Современные материалы, техника и технологии, 2015. – № 2 (2). – С. 233-235.
30. Мельник С.В. 5G – Работа над ошибками предыдущих поколений // Вестник связи, 2014. – № 7. – С. 29-30.

СЫН ПІКІР

дипломдық жұмысқа

Дауренқызы Алина

6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: 5G желілерін қолдану сценарийлерін талдау

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 15 парақ;
б) түсініктеме 54 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Бұл дипломдық жұмыста 5G желілерін қолдану сценарийлерін талданған. 5G желісінің архитектурасы үш негізгі қызмет көрсету саласын қамтиды:

1. Жаппай машина түріндегі байланыс (mMTC): Бұл технология көптеген құрылғыларды қосуға мүмкіндік береді. Ол смарт қалалар және басқа да IoT енгізулері сияқты қолданбалардың талаптарына жауап береді.

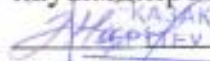
2. Жетілдірілген мобильді кең жолақты байланыс (eMBB): Бұл сектор қолданыстағы ұялы деректер инфрақұрылымын кеңейтуге және жақсартуға бағытталған.

3. Ультра сенімді төмен кідіріс байланыстары (URLLC): URLLC желі сенімділігін және өте төмен кідірісті (1 мс кем) қажет ететін маңызды операциялар үшін арнайы жасалған.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер. Жұмыста грамматикалық қателер кездеседі. Ескерту ретінде, ҰҰА әуеде неше сағатқа дейін тұратынын есептеулер жоқ.

Студент Дауренқызы Алина дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "98/A+/ өте жақсы" деп бағаланды, ал студент ал Дауренқызы Алина 6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының "Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар" саласының бакалавры дәрежесіне сай деп санаймын.

Рецензент
ҚазҰАЗУ, доктор PhD.,
қауымд. профессоры


«22» 2024 ж.
«ИШКЕНЕРЛІК-ТЕХНИКАЛЫҚ»
ФАКУЛЬТЕТІ

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ
дипломдық жұмысқа

Дауренқызы Алина

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: 5G желілерін қолдану сценарийлерін талдау

Бұл дипломдық жұмыста 5G желілерін қолдану сценарийлерін талдау қарастырылды.

Бұл дипломдық жұмыста 5G желілерін қолдану сценарийлерін талданған.

5G желілерінде mMTC қызметтерін дамыту және біріктіру тиісті нормативтік база мен стандарттарды құруды талап етеді. Бұл құрылымдар мен стандарттар жүйелер мен құрылғылардың өзара әрекеттесуін, сенімділігін және қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін өте маңызды. mMTC саласындағы зерттеулер және оңтайлы енгізу әдістерін ұсыну телекоммуникацияларды стандарттау ұйымдары үшін баға жетпес құндылығын дәлелдейтін осындай стандарттарды әзірлеудің негізгі талаптары мен критерийлерін анықтауға ықпал етеді. Бұл жұмыста келесі мәселелер шешілген.

1. 5G мобильді желінің архитектурасын зерттелген.
2. 5G ұялы байланыс жүйелерін енгізу тиімділігін талданған.
3. Қазақстан Республикасындағы 5G желісінің қазіргі жағдайы қарастырылған.
4. 5G мобильдік байланыстарының негізгі параметрлері есептелді.
5. 5G радиоинтерфейске кіретін технологияларға талдау жасалған.
6. 5G желілеріндегі mMTC қызметінтері зерттелген.
7. Базалық станцияның Ericsson AIR 6468 16-QAM 5G NR беру жылдамдығын есептелген.
8. Simu5G жүйесінде 5G ұялы желісі модельденген.

Студент Дауренқызы Алина дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "98/A+/ өте жақсы" деп бағаланды, ал студент ал Дауренқызы Алина 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының "Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар" саласының бакалавры дәрежесіне сай деп санаймын.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. қауымд. профессоры
PhD, докторы

К.Н.Тайсариева

« 24 » 2024 ж.



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

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

Автор: Дауренқызы Алина

Тақырыбы: 5G желілерін қолдану сценарийлерін талдау

Жетекшісі: Кырмызы Тайсариева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 7.3

2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.2

Дәйексөз (35): 0.7

Әріптерді ауыстыру: 0

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 4

Ақ белгілер: 0

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

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

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

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

Негіздеме:

30.05.2024
Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Дауренкызы Алина

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: 5G желілерін қолдану сценарийлерін талдау

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 7.3

Коэффициент Подобия 2: 4.2

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

30.05.2024
Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Дауренкызы Алина

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: 5G желділерін қолдану сценарийлерін талдау

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 7.3

Коэффициент Подобия 2: 4.2

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

30.05.2024
Дата

Мария С
проверяющий эксперт