

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

Самакова Саяра Сериковна

«Бесінші және одан кейінгі буын байланыс желілеріндегі қызмет трафигін
мониторингілеу және сәйкестендіру әдісін зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және телекоммуникациялық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

«Бесінші және одан кейінгі буын байланыс желілеріндегі қызмет
трафигін мониторингілеу және сәйкестендіру әдісін зерттеу»

6B06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған: Самакова Саяра

Рецензент

ҚазҰАЗУ доктор PhD, ҒАРЛЫҚ
қауымд. профессоры "СИТЕТІ" КЕАҚ

Әлібек Н.Б.
« 15 » 05 ФАКУЛЬТЕТ 2025 ж.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. қауымд. профессор
Доктор PhD

Тайсариева К.Н.
« 15 » 05 2025 ж

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация



Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы Самакова Саяра

Тақырыбы «Бесінші және одан кейінгі буын байланыс желілеріндегі қызмет трафигін мониторингілеу және сәйкестендіру әдісін зерттеу»

Университет ректорының «26» 01.2025 ж. 297/0 бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері;

- 1) 5G және одан кейінгі буын байланыс желілеріндегі антеннаның сәйкес биіктігі 7-10 км;
- 2) 5G желілеріндегі mMTC кешігуі 10-100 мс;
- 3) 5G ұялы байланысының қамту аймағы: 24 -100 ГГц;
- 4) Заттар интернеті құрылғыларын 1-10 секундта жаппай қосу қызметіне mMTC қойылатын техникалық талаптар.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

1. 5G ұялы байланыс жүйелерін енгізудің артықшылықтары мен тиімділігін талдау
2. 5G NR базалық станциясының деректерді жеткізу жылдамдығын есептеу
3. 5G NR технологиясы үшін кең жолақты жиілік спектрінің есептелуі
4. Simu5G ортасында 5G ұялы байланыс желісінің жұмысын модельдеу

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

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. Bai, J.; Yuan, S.; Duan, Z. Research on the Interference Effects of 5G's Key Parameters on Radio Altimeters.

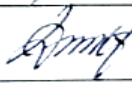
3. Mohamed, K.S.; Alias, M.Y.; Roslee, M.; Raji, Y.M. *Towards green communication in 5G systems: Survey on beamforming concept*. IET Commun. 2021, 15, 142–154

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Бесінші және келесі буын байланыс желілерінде қызметтік трафикті бақылау және талдау мәселелерін зерттеу	04.01.2025 - 01.02.2025	Әдебиеттік шолу бойынша 2 беттік слайд
Бесінші және одан кейінгі буын ұялы байланыс желілеріндегі қызметтік трафикті мониторингілеу мен сәйкестендіру әдістерін зерттеу	01.02.2025 - 01.03.2025	5G NR базалық станциясының деректер тасымалдау жылдамдығын есептеуге арналған 3–4 слайдтық презентация дайындау
Linux операциялық жүйесінің Ubuntu дистрибутивінде OMNeT++ желілік модельдеу бағдарламасы негізінде модельдеу жүргізу	01.03.2025- 30.05.2025	Құрылғылар немесе бағдарламалау саласына қатысты зерттеу жұмысын ұсыну және оны 3–4 бет көлеміндегі слайд түрінде таныстыру

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	Тайсариева К.Н., PhD., ЭТЖҒТ, қауымдастырылған профессор	13.03.25	
Теориялық ақпарат	Тайсариева К.Н., PhD., ЭТЖҒТ қауымдастырылған профессор	29.04.25	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ, PhD., аға оқытушысы	23.05.25	

Ғылыми жетекшісі

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

 Тайсариева К.Н.

 Самакова С.С.

Күні «2» ақпан 2025 ж.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	
1 Ұялы байланыс жүйелерінің даму үрдістерін зерделеу және олардың техникалық ерекшеліктерін талдау	9
1.1 Қазіргі уақытта 5G желілерінің дамуы мен таралуы	9
1.2 5G ұялы байланыс жүйелерін енгізудің тиімділігін кешенді бағалау	15
1.3 Қазақстан Республикасындағы 5G-нің қазіргі жағдайы	21
1.4 Мәселені қоюдың негіздемесі	24
2 5G желілеріндегі mMTC қызметін зерттеу	26
2.1 5G ұялы байланыс желісінің архитектурасын зерттеу	26
2.2 5G желісінің автономды топологиясы	28
2.3 Simu5G-де 5G ұялы байланыс желісін модельдеу	32
2.4 5G моделін Simu бағдарламалық ортасында енгізу	34
3 5G ұялы байланысының негізгі параметрлерін есептеу	38
3.1 mMTC қызметіне қойылатын техникалық талаптар	38
3.2 Жабдықты таңдау	39
3.3 5G NR BS желісінің деректерді беру жылдамдығын есептеу	44
3.4 Соңғы құрылғылардың қуат тұтынуын есептеу	45
3.5 Желінің жұмысын қамтамасыз ету үшін шуға төзімділікті есептеу	46
Қорытынды	48
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	49

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс бесінші және келесі буын ұялы байланыс желілерінде қызмет трафигін тиімді бақылау мен сәйкестендіру тәсілдерін зерделеуге бағытталған. Зерттеу аясында қазіргі заманғы ұялы байланыс технологияларына жан-жақты талдау жүргізіліп, олардың техникалық және құрылымдық ерекшеліктері қарастырылады. 5G желісінің мүмкіндіктерін тереңірек түсіну мақсатында Simu5G симуляциялық ортасы негізінде модельдеу жүргізіледі. Бұл модельдеу желінің архитектуралық құрылымын және автономды ұйымдасу принциптерін талдауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, зерттеу барысында 5G технологиясына тән негізгі сипаттамалар мен параметрлер есептеліп, ауқымды машиналық типтегі коммуникация (mMTC) қызметі үшін қойылатын талаптар егжей-тегжейлі сарапталады. Бұл дипломдық жұмыстың түпкі мақсаты — жаңа буындағы желілерде байланыс сапасын жоғарылату және пайдаланушыларға ұсынылатын қызмет түрлерінің аясын кеңейту жолдарын ғылыми негізде анықтау.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена исследованию методов эффективного мониторинга и идентификации сервисного трафика в сетях мобильной связи пятого и последующих поколений. В рамках исследования проводится всесторонний анализ современных технологий мобильной связи, рассматриваются их технические и структурные особенности. Для более глубокого понимания возможностей сетей 5G проводится моделирование с использованием симуляционной платформы Simu5G. Это моделирование позволяет проанализировать архитектурную структуру сети и принципы автономной организации.

Кроме того, в ходе исследования рассчитываются основные параметры, характерные для технологии 5G, и подробно изучаются технические требования, предъявляемые к сервису массовых машинных коммуникаций (mMTC). Основной целью данной дипломной работы является научно обоснованное определение путей повышения качества связи и расширения спектра предоставляемых услуг в сетях нового поколения.

ABSTRACT

The thesis is dedicated to the study of effective methods for monitoring and identifying service traffic in fifth and subsequent generation mobile communication networks. The research includes a comprehensive analysis of modern mobile communication technologies, examining their technical and structural characteristics. To gain a deeper understanding of the capabilities of 5G networks, modeling is conducted using the Simu5G simulation platform. This modeling enables analysis of the network's architectural structure and principles of autonomous organization.

Additionally, the study involves calculating the key parameters inherent to 5G technology and thoroughly examining the technical requirements for the massive Machine-Type Communications (mMTC) service. The ultimate goal of this thesis is to scientifically substantiate ways to improve communication quality and expand the range of services provided in next-generation networks.

КІРІСПЕ

Машиналар арасындағы жаппай байланыс (mMTC): Бұл технология миллиондаған құрылғыларды біртұтас желіге біріктіре отырып, Интернет заттары (IoT) бағытының дамуына елеулі серпін береді. mMTC шешімдері «ақылды қалалар» және IoT-ке негізделген басқа да сан алуан қолданбалар үшін қажетті функционалдық талаптарды тиімді орындай алады.

Кеңейтілген мобильді кең жолақты байланыс (eMBB): Бұл компонент қазіргі заманғы ұялы деректер желісінің инфрақұрылымын жетілдіру және кеңейтуге бағытталған. Ол жоғары өткізу мүмкіндігімен ерекшеленіп, деректерді 10 Гбит/с дейінгі жылдамдықпен тасымалдауды қамтамасыз етеді. eMBB технологиясы жоғары сапалы бейнемазмұн тарату, виртуалды және толықтырылған шындық қосымшаларын іске асыру сияқты үлкен көлемдегі деректерді өңдеуді қажет ететін қызметтер үшін маңызды. Бұл пайдаланушы тәжірибесін жақсартуға және жүктеу уақытын қысқартуға септігін тигізеді.

Өте сенімді және төмен кідірісті байланыс (URLLC): Бұл байланыс түрі сенімділік пен өте төмен кідірісті (1 миллисекундтан аз) қажет ететін жоғары маңыздағы қолданбаларға арналған. URLLC технологиясы өндірістік автоматтандыру, қашықтан хирургия және автономды көлік құралдары секілді сындарлы жүйелер үшін аса маңызды.

mMTC технологиясы құрылғылардың аса жоғары тығыздығын қолдай алады - бір шаршы километрге шаққанда миллионға дейін құрылғыны қосу мүмкіндігі бар. Бұл мүмкіндік 5G инфрақұрылымының ұялы желіге қосылған сенсорлық жүйелерді кеңінен қолдауына жағдай жасайды.

mMTC қызмет көрсету саласы қуаты төмен көптеген құрылғыларды қолдануға негізделген, олар шағын көлемдегі деректерді белгілі бір аралықпен тұрақты түрде жіберіп отырады.

IoT сенсорлары бұл шағын деректер пакеттерін 10 км-ге дейінгі қашықтыққа жеткізе алады, бұл оларды интеллектуалды ауыл шаруашылығы үшін өте тиімді етеді. Мысалы, жүздеген сенсорлар шалғай ауылдық жерлерде ауа райы, топырақ ылғалдылығы мен топырақ жағдайы туралы мәліметтерді үздіксіз жіберіп отырады. Бұл деректер фермерлерге суару режимін оңтайландыруға және ауыл шаруашылығы өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Зерттеу жұмысының мақсаты - 5G желілеріндегі mMTC қызметін кешенді зерттеу болып табылады.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қарастырылады:

- Әлемдегі 5G технологияларының даму қарқыны мен қазіргі жай-күйін талдау;
- 5G ұялы байланыс жүйелерін енгізудің тиімділігін бағалау;
- Қазақстан Республикасындағы 5G технологияларының даму жағдайын зерделеу

1 Ұялы байланыс жүйелерінің даму үрдістерін зерделеу және олардың техникалық ерекшеліктерін талдау

1.1 Қазіргі уақытта 5G желілерінің дамуы мен таралуы

Қазіргі кезеңде ақпаратты жинау, өңдеу және жеткізу процестерінде цифрлық әдістердің кеңінен қолданылуы байқалады. Бұл әдістердің енгізілуі мәлімет алмасу көлемінің күрт артуына себеп болды. Мәлімет алмасудың өзі әртүрлі нысандарда жүзеге асады. Оларға дауыстық хабарламалар, мультимедиялық контент, онлайн ойындар, ағындық бейне және сенсорлық мәліметтер жатады [1].

Осындай мәлімет түрлерінің артуы байланыс жүйелеріне, әсіресе сымсыз деректер тасымалына деген сұраныстың өсуіне алып келді. Бұл жағдай жаңа техникалық шешімдерді қажет етеді. Соның ішінде пайдаланушылар қолданып жүрген құрылғылардың - смартфондар мен қабылдағыш-таратқыш құрылғылардың - жетілдірілуі аса маңызды. Сонымен қатар, радиожилілік спектрі сияқты тарату ортасын тиімді пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу де өзекті болып отыр.

Ұялы радиотелефондық байланыстың дамуы 1980-жылдардан бастау алады. Жаңа буындағы технологиялар әр онжылдық сайын енгізіліп келеді. Бастапқыда бұл жүйелер аналогтық сипатта болды (1G). Уақыт өте келе олар цифрлық форматқа өтті: 2G, 3G және 4G. Бұл цифрлық жүйелер арқылы дауыстық және деректер трафигін (әсіресе IP трафигін) тарату анағұрлым тиімді бола түсті. Мұнда мәліметтерді жіберу жылдамдығы басты өнімділік көрсеткіші ретінде қабылданады.

Алайда пайдаланушылардың жоғары жылдамдыққа деген сұранысы үнемі артып келеді. Қазіргі қолданылып жүрген 2G (GSM), 3G (IMT-2000) және 4G (LTE) жүйелері кеңжолақты қосылудың барлық талаптарын толық қанағаттандыра алмай отыр. LTE стандартын жасауда оның басқа сымсыз стандарттармен интеграциялануы басты назарда болмаған. 3G мен 4G желілерінің негізгі мақсаты - максималды жылдамдық пен спектрлік арна тығыздығын арттыру болды [2,3].

5G технологиясы жайында әртүрлі анықтамалар кездеседі. Дегенмен, олардың барлығының түйіні бір: бесінші буын байланыс желілері жаңа технологиялық деңгейге өту кезеңін білдіреді. Бұл деңгейдің өзегінде ультра төмен кідіріспен және жоғары тығыздықтағы желі тұжырымдамасы жатыр. Мұндай желілер ғаламторға қолжетімділікті кеңейтуді мақсат етеді. Сонымен қатар, олар заманауи өзара байланысты әлем талаптарына сай келетін кеңжолақты және кідірісі аз сымсыз қатынауды қамтамасыз етуге бағытталған.

5G желілеріне тән бірқатар ерекше сипаттамалар бар. Біріншіден, бұл - технологиялық конвергенция. Яғни жеке-жеке жұмыс істейтін желілік элементтерді біріктіріп, біртұтас интеллектуалды есептеу ортасына айналдыру. Екіншіден, пайдаланушыға бағдарланған тәсіл. Мұнда әр абонентке ерекше қызмет ұсынуға басымдық беріледі. Үшіншіден, радиоқабылдау технологияларының әртүрлілігі

маңызды. Бұл барлық қолжетімді жиіліктерді пайдалану арқылы байланыс аясын кеңейтуге мүмкіндік береді. Төртіншіден, 5G жоғары жылдамдықты тасымалдау, үлкен өткізу қабілеті мен минималды кідірісті қамтамасыз етеді.

Бесінші буын (5G) байланыс желілері өзінің құрылымдық гетерогенділігімен ерекшеленеді. Яғни, бұл желілер әртүрлі желілік инфрақұрылымдарды біріктіріп жұмыс істейді. Мұндай сипаттама әсіресе базалық станциялардың қамту аймағынан тысқары орналасқан пайдаланушылар үшін қызмет көрсету сапасын арттыруға ықпал етеді. Сонымен қатар, 5G желілері заттар интернетімен (IoT) тығыз интеграцияланған, сондықтан олар жиі жоғары тығыздықтағы немесе ультра тығыз желілер ретінде сипатталады. Бұл желілерде құрылғылардың саны едәуір көп болуының нәтижесінде, олар жақын маңдағы құрылғылармен базалық станцияға немесе маршрутизаторға тәуелсіз тікелей байланыс орната алады. Осылайша, өте тығыз байланыс орталары қалыптасады.

Перспективалы 5G технологиясы - байланыс желісінің өткізу қабілетін арттыруға бағытталған кешенді жаңғыртулар жиынтығы. Бұл технология желіні ұсақ ұяшықтарға (small cells) бөліп, инфрақұрылымды одан әрі тығыздауды талап етеді. Сонымен қатар, 5G стандарттары трафикті тиімді бағыттау үшін абоненттік құрылғылар арасындағы тікелей өзара әрекеттесу мүмкіндіктерін кеңейтеді. Бұдан бөлек, мұндай жүйелер мультиантенналық архитектуралар мен жоғары жиілікті диапазондарды пайдалану арқылы деректерді жоғары жылдамдықпен тарата отырып, спектрлік тиімділікті айтарлықтай арттырады [5]. Мұндай мүмкіндіктер хаптикалық интернет, заттар интернеті (IoT) және дағдылар интернеті (Internet of Skills) сияқты жаңа технологиялық бағыттардың дамуына серпін береді.

5G жүйелері шын мәнінде радиожиілік спектрін кеңейте отырып, қазіргі азаматтық байланыс жүйелерінің логикалық жалғасы ретінде көрінеді. Жиілік диапазоны 3,4–3,8 ГГц аралығын және 5,8–5,9 ГГц жоғары диапазонын қамтиды. Бұл кеңейтілген диапазондар үлкен көлемдегі деректерді жылдам әрі сенімді тасымалдауға мүмкіндік береді. 4G жүйелерінде басты назар деректерді беру жылдамдығына қойылған болса, 5G желілері бұл көрсеткішпен қатар өткізу қабілетін де тең дәрежеде бағалайды. Бұл - желінің жүктемесін тиімді басқаруға және жоғары сапалы мультимедиялық қызметтерді тұрақты түрде ұсынуға жол ашады.

1-кестеде байланыс жүйелерінің негізгі техникалық параметрлері бойынша салыстырмалы сипаттамасы берілген. Ал 1.1-кестеде көрсетілгендей, 5G желісі жылдамдық көрсеткіші бойынша басқа буындағы жүйелерден айтарлықтай алда. 1 Гбит/с және одан да жоғары деректер жылдамдығына қол жеткізу мүмкіндігі 5G технологиясын нағыз «лезде әрекет ететін» желі ретінде сипаттауға толық негіз береді. Бір ұяшықта секундына бірнеше гигабитке дейінгі жылдамдықты қамтамасыз ету мүмкіндігі 4K және 8K форматындағы бейне ағындарын, сондай-ақ виртуалды және толықтырылған шындық қызметтерін қолдауға мүмкіндік береді.

Кесте 1.1 – Өртүрлі буындағы мобильді жүйелердің артықшылықтары мен кемшіліктерінің талдауы

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
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

Коммерциялық мобильді радио желілерінің жұмыс тиімділігін бағалау үшін әуе интерфейсі арқылы жүзеге асырылатын шешімдер кеңінен қолданылады. Мұндай бағалау құралдары ұялы байланыс желісінің жалпы өнімділігін сараптауға мүмкіндік береді. Аталған шешімдер спектрлік ресурстар мен арналарды тиімді бөлуге, радио ұяшықтардың шекараларын белгілеуге және олардың орналасуын оңтайландыруға ықпал етеді. Сонымен қатар, бұл әдістер жоғары жиілікті сигналдардың қамту аймағын бағалауға және желіде кездейсоқ немесе жалған таратқыштардың болуын анықтауға септігін тигізеді [6]. Мобильді желілерді енгізу деңгейі 1.2-кестеде көрсетілген.

Кесте 1.2 – Мобильді ену деңгейі

	Мемлекет	Жазылушылар Ұялы байланыс, (млн)	Халық (млн)	Ену	3G/4G пайдаланушылары (млн)	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) 2023 жылғы деректеріне сәйкес, жер бетіндегі халық саны шамамен 8,7 миллиард адамға жетті. Бұл көрсеткіштің шамамен 95%-ын ұялы байланыс қызметін пайдаланатын абоненттер құрайды. Дамыған мемлекеттерде ұялы байланыс абоненттерінің саны қанықтық шегіне жақындап қалғанына қарамастан, әлемдік ауқымдағы статистика жыл сайын абоненттер санының тұрақты өсімін көрсетіп отыр. Қосымша мәліметтер 1.3-кестеде келтірілген.

Кесте 1.3 – Ұялы байланыс абоненттерінің саны

Елдер	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 %

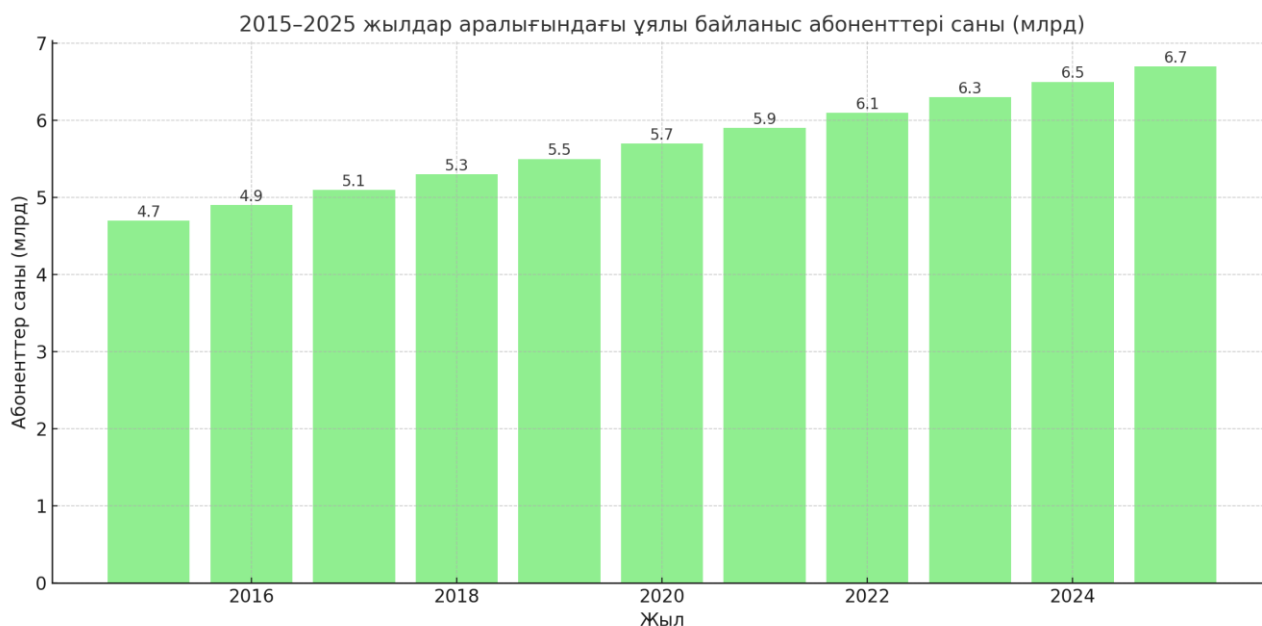
5G желісі спектрлік тиімділіктің артуы нәтижесінде жоғары деректерді беру жылдамдығын қамтамасыз етеді, бұл көрсеткіш төртінші буын желілерімен салыстырғанда шамамен 2-5 есеге жоғары. Мұндай жетістікке қол жеткізу келесі технологиялық жетілдірулерді енгізумен байланысты:

- Жаппай ММО антенналары: деректерді қабылдау және тарату процесін жақсарту мақсатында көптеген антенналарды бір мезгілде пайдалану.
- Жаңа радио интерфейсінің (NR) енгізілуі: радиоинтерфейстің заманауи нұсқасын енгізу арқылы желі өнімділігін арттыру.
- Кеңейтілген жиілік диапазоны: 200 МГц-тен асатын жиілікті қолдану деректерді жоғары өткізу мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Жаһандық деңгейде ұялы байланыс пайдаланушыларының саны 97% ену деңгейіне жеткені байқалады. 100 миллионнан астам жазылушысы бар елдердің қатарында Ресей алдыңғы орынға шығып отыр, одан кейінгі орындарды Индонезия, Бразилия және Үндістан иеленеді [8].

Қазіргі кезде интернетке қосыла алмай отырған 5,1 миллиард адамның шамамен үштен екісі 4G немесе 5G желілері арқылы қосылуға техникалық мүмкіндікке ие. Алайда бұл топта мобильді құрылғыларды кеңінен пайдалануға кедергі болатын бірқатар факторлар анықталған. Атап айтқанда, бұл — құрылғылардың қаржылық тұрғыдан қолжетімсіздігі, қажетті қосымшалар мен

контенттің жетіспеуі, сондай-ақ құрылғыларды тиімді пайдалану үшін жеткілікті білімнің болмауы. Бұл мәселелердің көрнекі көрінісі 1.1-суретте ұсынылған.

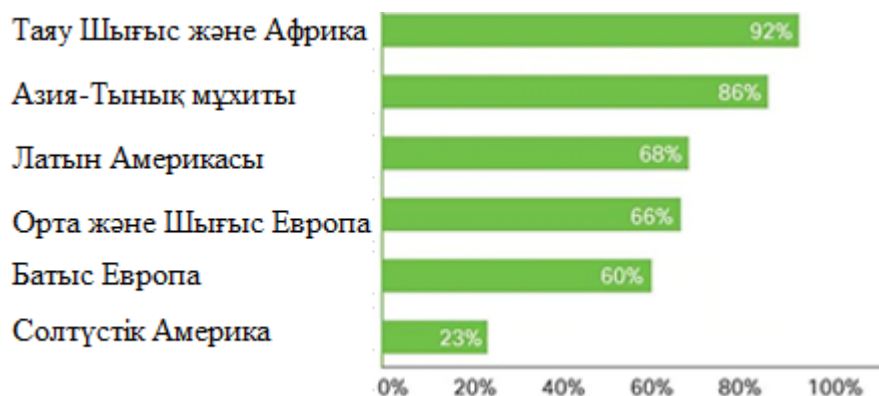


1.1-сурет – 2015-2025 жылдар аралығында дүние жүзіндегі ұялы байланыстардың саны (миллиард)

Дамыған мемлекеттерде ұялы байланыстың таралу қарқыны айтарлықтай жоғары, бұл көрсеткіш 130%-дан асады. Мұндай нәтижелер жаһандық нарықта ірі халыққа ие дамушы елдер тарапынан туындайтын қарқынды сұраныс аясында мобильді байланыстың кең ауқымды дамуын айқын көрсетеді. Бұл ретте аталған аймақтарда мобильді интернеттің енбеу себептері желілік инфрақұрылымның жетіспеушілігіне қарағанда, көбірек экономикалық және әлеуметтік факторлармен түсіндіріледі. Атап айтқанда, құрылғылардың құны мен қолжетімділігі, мазмұнның жергілікті қажеттіліктерге сай болмауы және тұрғындардың цифрлық дағдыларының төмен деңгейде болуы негізгі тосқауыл ретінде танылады. Осы тұрғыда Африка құрлығы мобильді байланысқа ие болу көрсеткіші бойынша әлем бойынша ең төмен деңгейде қалып отыр.

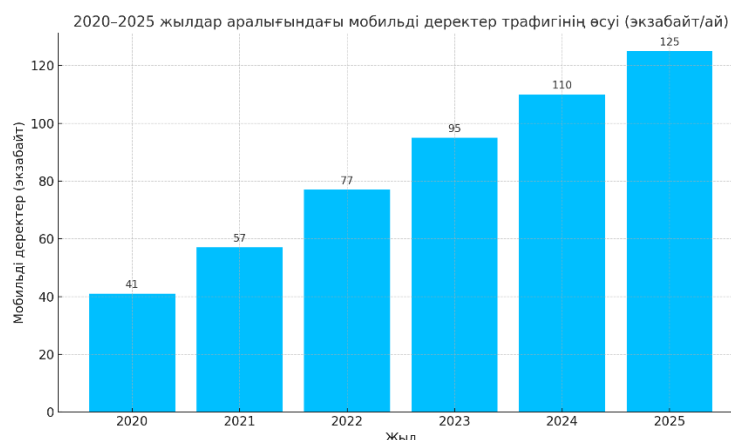
2020 жылы аймақтық салыстырмалар Батыс Еуропаның мобильді байланыс нарығында шамамен 60%-ға жуық өсім байқалғанын көрсетті. Бұл көрсеткіш Солтүстік Америкадағы өсімнен 23 пайыздық пунктке артық болды (толығырақ 1.2-суреттен қараңыз). Жекелеген елдер бойынша алғанда, Қытай, Франция және Оңтүстік Африка мобильді абоненттер санының өсу қарқыны бойынша көш бастады: олар сәйкесінше 178%, 149% және 98% нәтижелерге қол жеткізді. Сонымен қатар, Қытай 2018 жылы Индонезия және Үндістанмен бірге мобильді

пайдаланушылардың қарқынды артуын көрсеткен негізгі үш мемлекеттің қатарында болды. Бұл серпінді өсім 2022 жылы да жалғасын тауып, Қытай нарығы жаңа даму кезеңіне қадам басты (1.2-сурет) [4].



1.2-сурет – Жаһандық мобильді деректер байланысы

Сараптамалық болжамдарға сәйкес, мобильді деректер көлемі алдағы жылдары қарқынды ұлғайып, 2022 жылы ай сайынғы трафик көлемі 77 экзабайтқа дейін жетеді деп күтілуде. Бұл көрсеткіш алдыңғы кезеңдермен салыстырғанда жеті есеге жуық өскенін көрсетеді. 2017 жылдан 2022 жылға дейінгі аралықта мобильді трафиктің орташа жылдық өсім қарқыны 46% деңгейінде болады деп болжанып отыр. Мұндай өсу серпіні деректер алмасудың кеңеюімен, құрылғылар санының көбеюімен және желі инфрақұрылымының дамуына тікелей байланысты. Толығырақ мәліметтерді 1.3-суреттен және 1.4-кестеден қарауға болады [5].



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%

2025 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 енгізудің тиімділігін кешенді бағалау

Бесінші буын мобильді желілерін ендіру — бұрынғы буындарға қарағанда сапалық тұрғыдан мүлде жаңа деңгейге көшу болып табылады. Бұл технология өзінің техникалық параметрлерімен 4G жүйесінен едәуір ерекшеленеді. Ең алдымен, 5G жүйесі 30-дан 300 ГГц аралығындағы жоғары жиілікті диапазондарды пайдалануымен көзге түседі, ал 4G негізінен 6 ГГц-тен төмен жиіліктерді қолданады. Мұндай кең жиілік диапазоны айтарлықтай артық өткізу қабілетін және деректерді жоғары жылдамдықпен жеткізуді қамтамасыз етеді.

Жоғары жиіліктегі сигналдар ұялы желілерде сирек қолданылатындықтан, олар жаңа буын технологиялары үшін әлеуеті зор ресурсқа айналуға мүмкіндік беретін ерекшелігі бар. Сигналдың бағыттылығын жоғарылату сымсыз құрылғылар арасында параллель арналарды тиімді ұйымдастыруға жол ашады, сонымен қатар интерференцияны азайтуға көмектеседі. Бұл мақсатта ықшам әрі дәл бағытталатын

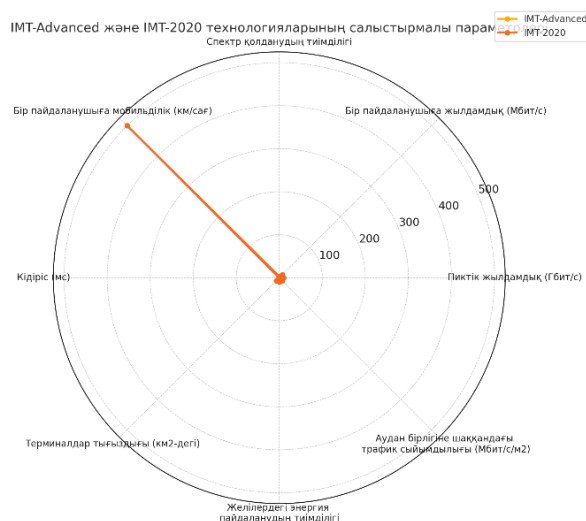
антенналар қолданылады, себебі жоғары жиіліктегі толқындардың ұзындығы аз болады.

5G технологиясы ауқымды түрде енгізілген сайын, желінің өткізу қабілеті мен жылдамдығы артып, кідіріс минимал деңгейге дейін азаяды. Бұл пайдаланушылар үшін контентке тез қолжетімділік пен сенімді байланысты қамтамасыз етеді [8].

Сондай-ақ, 5G мен 4G арасындағы маңызды айырмашылықтардың бірі - энергияны тұтыну стратегиясында. 5G желілері құрылғылар жұмыссыз тұрғанда немесе аз трафик кезінде белсенділікті автоматты түрде төмендетіп, энергияны үнемдеу режиміне ауыса алады. Ал жоғары жүктеме кезінде жүйе автоматты түрде жылдамдықты арттырып, тиімді режимге көшеді.

Алайда, жоғары жиіліктерді қолдану бірқатар техникалық қиындықтармен қатар жүреді. Атап айтқанда, мұндай жиіліктерде сенімді байланыс орнату үшін антенналар арасында кедергісіз көру сызығы қажет. Сонымен бірге, бұл диапазондағы электромагниттік толқындар қашықтық артқан сайын әлсірейді, себебі толқын энергиясы қоршаған орта арқылы өту кезінде жұтылады.

Осыған байланысты 5G инфрақұрылымын жобалау кезінде антенналардың орнын нақты әрі мұқият жоспарлау аса маңызды. Мұндай жоспарлауға ғимараттар мен көлік инфрақұрылымына шағын антенналар орнату, сондай-ақ сигналды күшейту үшін мобильді ретрансляторларды қолдану жатады. Инженерлік қиындықтарға қарамастан, 5G желілеріне салынған инвестициялар болашақта технологиялық, экономикалық және пайдаланушылық тұрғыдан орасан зор пайда әкелетіні сөзсіз. 5G және 4G арасындағы айырмашылықтардың визуалды көрінісі 2-суреттегі диаграммада ұсынылған.



1.4- LTE-Advanced - бұл LTE желісінің жақсартылған нұсқасы, ол 5G шыққанға дейін интернет жылдамдығы мен сапасын арттыру

Бесінші буын байланыс технологияларын ендіру - қазіргі заманғы жоғары жүктемелі ақпарат алмасу жүйелерінің жұмысын сапалық тұрғыдан жаңа деңгейге көтеруге жол ашады ([1–11] қараңыз). Бұл технологиялық серпіліс келесі мүмкіндіктер арқылы жүзеге асады:

Көп арналы антенналық жүйелер (MIMO) бірнеше сигналды параллель өңдеу арқылы деректер жеткізу тиімділігін арттырып, байланыс тұрақтылығын қамтамасыз етеді;

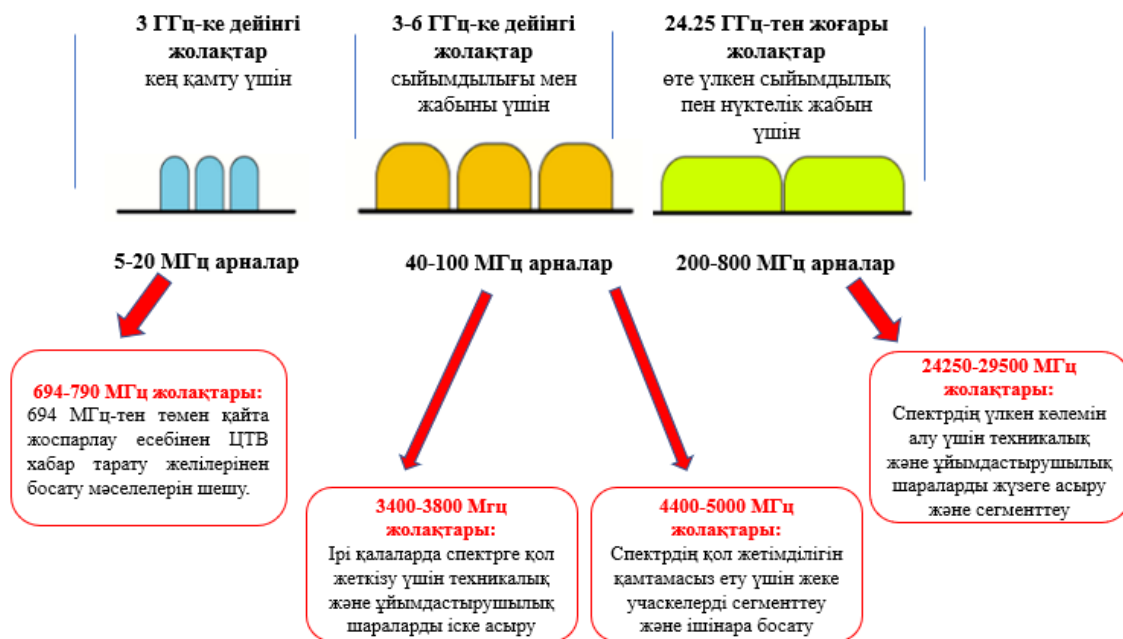
Кеңейтілген жиілік спектрін пайдалану арқылы 5G технологиялары бұрынғы стандарттарға қарағанда айтарлықтай жоғары диапазонда жұмыс істеп, мобильді желілердің өткізу мүмкіндігін кеңейтеді (1.5-суретке жүгінізіз);

Көп протоколды үйлесімділік арқасында жаңа буын желілері алдыңғы телекоммуникациялық стандарттармен және кейбір сымсыз жүйелермен үйлесе әрекет ете алады;

Тікелей құрылғылар арасындағы өзара байланыс (D2D) сыртқы желі инфрақұрылымына тәуелсіз, локальды деңгейде ақпарат алмасуға мүмкіндік береді;

Ақылды инфрақұрылым жобаларында 5G шешімдері датчиктерден ақпаратты үздіксіз қабылдап, нақты уақыт тәртібінде қала процестерін бақылауды оңайлатады. Бұл, мысалы, қоғамдық қауіпсіздікті арттыруда қолданылады.

Қорыта айтқанда, бесінші буын желілері деректер ағынын жылдам әрі тиімді өңдеуді қамтамасыз ете отырып, әртүрлі технологиялармен үйлесімділікті сақтап, құрылғылар арасында тікелей байланыс орнатуға және "ақылды" ортаны дамытуға жаңа мүмкіндіктер ашады [9].



1.5-сурет – 5G ұялы байланыс жүйесі үшін жаңа жиілік диапазондарын бөлу

Кез келген жүйенің, соның ішінде телекоммуникацияның, дұрыс жұмыс істеуі үшін архитектуралық тұжырымдамасы аса маңызды болып табылады. Бұл ұғым жүйені құрайтын жекелеген компоненттердің өзара байланысын және жалпы жүйенің жұмыс істеу логикасын түсінуге көмектеседі.

Бесінші буын байланыс жүйелерінде архитектура – бұл желіні басқару мен сигналдарды өңдеу қызметтеріне жауап беретін ішкі жүйелер арасындағы байланыс пен әрекеттесу қағидаларын сипаттайтын құрылым. 5G технологиялары түрлі радиоқабылдау әдістерін пайдалана отырып, әртүрлі өлшемдегі ұяшықтардан тұратын күрделі әрі гетерогенді желілерді құруға мүмкіндік береді. Мұндай желілерде пайдаланушылар бірнеше радиоарналарды қатар қолдана отырып, желі инфрақұрылымымен тұрақты байланыста бола алады.

5G инфрақұрылымы үш негізгі ішкі жүйеден тұратын кешенді құрылым ретінде қарастырылады. Бұл ішкі жүйелер бұлттық технологиялардың көмегімен жүзеге асырылады:

- Қатынау деңгейі: "Access Cloud" деп аталатын бұл жазықтық желінің шеткі және орталықтандырылған бөлімдерінде жұмыс істей алады;

- Басқару деңгейі: "Control Cloud" ішкі жүйесі желіні орталықтандырылған басқару мен үйлестіру функцияларын атқарады;

- Тасымалдау деңгейі: "Transport Cloud" ішкі жүйесі ақпарат ағындарын тиімді таратып, желідегі физикалық деректерді жіберуге жауап береді.

Жақсы ұйымдастырылған архитектура 5G желісінің тиімді жұмыс істеуіне жол ашып, сигнал алмасуды оңайлатып, желілік ресурстардың оңтайлы пайдаланылуын қамтамасыз етеді. Бұл өз кезегінде желінің өнімділігін, икемділігін және жалпы тиімділігін арттырады.

Сонымен қатар, әуе интерфейсі екі құрылғы арасындағы радиобайланысты орнатып, оның сапалы орындалуына жауапты негізгі буын болып табылады. 5G жүйелерінде бұл компоненттің тиімділігін арттыру үшін айтарлықтай жұмыс жүргізілуде. Негізгі мақсат – 4G жүйелеріне қарағанда спектрлік тиімділікті үш есеге арттыру. 5G технологиясы 1 Гц жиілік ауқымында секундына 60 битке дейін деректерді тасымалдау көрсеткішіне қол жеткізуді көздейді.

Бесінші буын ұялы байланыс жүйелерінде әуе интерфейсі бірнеше озық техникалық шешімдерге негізделеді, олардың әрқайсысы деректерді тиімді әрі сенімді жеткізуге бағытталған. Солардың ішінде басты орын алатын келесі технологияларды атап өтуге болады:

- SCMA (Sparse Code Multiple Access) – бұл әдіс әртүрлі пайдаланушыларға желі ресурстарын үлестіру үшін сирек кодтарды қолданады. Ол пайдаланушы деректерін кодтық кітап арқылы түрлендіріп, әртүрлі пайдаланушылардың ақпаратын бір жиілікте жіберуге мүмкіндік береді. 5G жүйесі осы кодтық құрылым негізінде пайда болған сигналды тиімді өңдейді;

- FOFDM (Flash Orthogonal Frequency Division Multiplexing) – бұл

технология жиілікті бөлудің ортогоналды принциптеріне сүйене отырып, сүзу әдісін қолданады. FOFDM символ ұзындығы мен циклдік префикстерді икемді басқаруға жағдай жасап, сигналдың сапалы берілуін қамтамасыз етеді;

- Полярлық кодтар – бұл катені түзету әдісі арна поляризациясын қолдану арқылы деректердің берілу сенімділігін арттырады және 5G байланысында маңызды рөл атқарады.

Қазіргі мобильді желі құрылымдары негізінен дауыс және дәстүрлі кеңжолқты қызметтерді ұсынуға бағытталған. Алайда, 5G жүйесінің кең көлемді және түрлі салаларға бағытталған қызметтерін тиімді қамтамасыз ету үшін жаңа архитектуралық тәсілдер қажет.

Осы бағытта 5G желілік архитектурасын жобалау келесі маңызды аспектілерді ескереді:

- жоғары өткізу қабілеті мен түрлі стандарттарды қолдайтын, әртүрлі құрылғылармен өзара әрекеттесе алатын гетерогенді желілердің құрылуы;

- әртүрлі қызмет түрлерін бір инфрақұрылымда тиімді үйлестіру үшін мультисервистік шешімдердің енгізілуі;

- желілік функцияларды виртуализация арқылы икемді түрде ұйымдастыру;

- желіні тез әрі тиімді орналастыруды қолдау, соның ішінде қажеттілікке қарай желі ресурстарын бөлу.

Huawei сынды алдыңғы қатарлы компаниялар 5G архитектурасын қызметке бағдарланған жүйе ретінде сипаттап, оның мобильді қызметтерді тиімді түрде бейімдеп ұсыну мүмкіндігін ерекше атап өтеді. Бұл икемділікке жету үшін SDN (бағдарламалық түрде басқарылатын желі) және NFV (желілік функцияларды виртуализациялау) технологиялары кеңінен енгізілуде.

5G желілерінде SDN тұжырымдамасы маңызды орын алады. Ол желінің басқару бөлігін деректер тасымалдайтын құрылғылардан ажыратып, басқару процестерін бағдарламалық деңгейде іске асыруға мүмкіндік береді. Дәстүрлі желі құрылымдарында басқару функциялары физикалық құрылғылармен тығыз байланысты болса, SDN желіні орталықтандырылған түрде, икемді және бұлттық ортаға бейім етіп басқаруға жол ашады.

Бұл тәсіл келесі артықшылықтарды қамтамасыз етеді:

- инфрақұрылымды орталықтан басқару;

- желіні жедел қайта конфигурациялау;

- трафикті тиімді бағыттау;

- ресурстарды оңтайлы пайдалану;

- қызмет көрсету сапасын арттыру.

5G желісін енгізу желіні басқару мен қызмет көрсетуді орталықтандыру және жеңілдету арқылы желілік инфрақұрылымның тиімділігін айтарлықтай арттырады. Мұндай тәсіл келесі артықшылықтарды қамтамасыз етеді:

- қызмет көрсету процесін оңайлату және автоматтандыру;

- техникалық қолдау мен пайдалану шығындарын азайту;
- жаңа қызметтерді тез әрі икемді енгізу;
- бұлттық ресурстар мен байланыс арналарының үйлесімділігін қамтамасыз ететін интеграцияланған 5G инфрақұрылымын құру;
- телекоммуникациялық ресурстардың қолданылуын арттыру мақсатында ресурстарды орталықтан басқару және виртуалдандыру.

NFV (желілік функцияларды виртуализациялау) – бұл технология бір аппараттық серверде бірнеше тәуелсіз желілік функцияларды немесе операциялық жүйелерді іске қосуға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл желілік құрылғыларды дәстүрлі физикалық пішімнен бағдарламалық баламаға көшіру арқылы желі инфрақұрылымын икемдірек етеді.

Экономикалық тұрғыдан алғанда, бұлттық шешімдер мен NFV технологиясын қолдану келесі маңызды нәтижелерге жеткізеді:

- әрбір қызметтік модуль үшін дербес ресурстар бөлу;
- модульдердің масштабталуын қамтамасыз ету;
- қызметтердің жылдам іске қосылуын қамтамасыз ететін SIB (Service Independent Building Block) концепциясын енгізу;
- жаңа виртуалды операторлардың нарыққа шығуына жол ашу;
- инновациялық шешімдердің дамуын жеделдету.

5G технологиясының дамуы бірқатар жаңашыл техникалық шешімдердің пайда болуына себеп болды. Олардың арасында мыналарды ерекше атап өтуге болады: MIMO (Multiple Input, Multiple Output) – бұл технология антенналардың бірнеше жиынтығын пайдалана отырып, кеңістіктік әртүрлілік пен мультиплекстеуді қамтамасыз етеді. Мәлімет ағындарын бөліп беру және қабылдау арқылы жоғары өткізу мүмкіндігіне қол жеткізіледі. Әрбір ағын антеннаға бағытталып, қабылдағыштарда қайта біріктіріледі. Антенналар арасындағы поляризацияның айырмашылығы қабылдау кезінде сигналдарды нақты ажыратуға мүмкіндік береді.

mmWave (миллиметрлік толқындар) – жоғары жиіліктегі радиодиапазон (30–300 ГГц) үлкен өткізу қабілеттілігін ұсына отырып, 5G желісінің өнімділігін едәуір арттырады. Бұл диапазон жоғары жылдамдық, төмен кідіріс, IoT құрылғылары және тығыз орналасқан желілер үшін қолайлы. Алайда, бұл технологияны тиімді енгізу үшін антенналармен бағытталған сәуле қалыптастыру, сигналдардың бөгелуіне қарсы тұру және динамикалық басқару әдістері қажет.

D2D (Device-to-Device) – құрылғылар арасында тікелей байланыс орнатып, желіге түсетін жүктемені азайтады және деректер жеткізудегі кідірісті қысқартады. Бұл әдіс Wi-Fi Direct немесе Bluetooth сынды технологиялар арқылы лицензияланған және лицензияланбаған жиіліктерде іске асырылады. Инфрақұрылымсыз деректер алмасу энергияны үнемдей отырып, байланыс сапасын сақтауға мүмкіндік береді.

D2D технологиясын енгізу келесі маңызды кезеңдерден тұрады:

- жақын құрылғыларды автоматты түрде анықтау;
- тікелей сымсыз байланыс орнату (мысалы, Wi-Fi Direct көмегімен «Топ иесі» және «Клиенттер» үлгісінде).

Лицензияланбаған жиіліктерде жұмыс істейтін жүйелер кедергіге осал болғандықтан, сенімді сигнал беру әдістерін қолдану қажет. Ал лицензияланған спектрде жұмыс істеу үшін D2D байланыс арнайы желілік басқару элементтерімен үйлестіріледі, мысалы, Network Assistant арқылы басқарылатын қосылымдар.

5G желісі көптүрлі радиотехнологияларды біріктіре отырып, электромагниттік үйлесімділік пен техникалық өнімділікті қамтамасыз етеді. Спектрлік тиімділіктің артуымен 5G желісі 1–7,4 Гбит/с аралығындағы өткізу жылдамдығын қолдайды. Бұл үшін жаңа жиілік диапазондары – 3,4–3,8 ГГц және 5,2–8 ГГц – пайдаланылуда. Бұл мүмкіндіктер желілерді кеңінен қолдануға және әртүрлі салаларға интеграциялауға жол ашады.

1.3 Қазақстан Республикасындағы 5G-нің қазіргі жағдайы

Қазақстан Республикасындағы 5G желісін енгізудің қазіргі жағдайы және даму перспективалары

Қазақстанда 5G технологиясын енгізу қарқынды түрде жүзеге асырылуда, бұл елдің цифрлық инфрақұрылымын дамытудағы маңызды қадам болып табылады. 2025 жылдың сәуір айындағы жағдай бойынша келесі жетістіктер мен жоспарлар орындалуда:

Қамту аймағының кеңеюі және базалық станциялар саны:

Қазіргі ахуал: 2024 жылдың маусым айындағы мәліметтерге сәйкес, Қазақстанның 20 қаласында 1 144 базалық станция орнатылған. Бұл көрсеткіш 5G инфрақұрылымының қарқынды дамуын көрсетеді.

Жоспарлар: Президент Қасым-Жомарт Тоқаевтың тапсырмасына сәйкес, 2025 жылдың соңына дейін барлық облыс орталықтары мен республикалық маңызы бар қалалар 5G желісімен қамтылуы тиіс. Бұл мерзім бұрын жоспарланған уақыттан екі жылға ерте аяқталмақ.

Инвестициялар және операторлардың міндеттемелері:

Инвестициялар: 2027 жылдың соңына дейін ұялы байланыс операторлары телекоммуникация саласына 450 миллиард теңгеден астам инвестиция салуды жоспарлап отыр.

Операторлардың рөлі: Kcell және Tele2 операторлары Астана, Алматы, Шымкент және облыс орталықтарында 5G желісін кеңейту жұмыстарын жалғастыруда. Әрбір оператор 2025 жылға дейін 3 500-ден астам базалық станция орнатуды міндетіне алған.

Технологиялық даму және инфрақұрылым:

Жаңа технологиялар: 5G желісін енгізу арқылы жоғары жылдамдықты

интернетке қолжетімділік артып, интернет трафиінің өсуіне байланысты желі жүктемесін азайтуға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе өнеркәсіп, медицина және білім беру салаларында жаңа мүмкіндіктер ашады.

Инфрақұрылымдық мәселелер: Қазіргі уақытта кейбір ауылдық аймақтарда интернетке қолжетімділік шектеулі. Бұл мәселені шешу үшін оптикалық талшықты байланыс желілерін тарту және 5G технологиясын пайдалану жоспарлануда. Ұлттық жоба аясында 3 010 ауылға дейін оптикалық байланыс желісі жеткізілмек, бұл 2,4 миллион адамның интернетке қолжетімділігін қамтамасыз етеді.

Құқықтық және нормативтік база:

Жаңа заң жобасы: 2025 жылдың қаңтар айында Astana Hub алаңында «Телекоммуникациялар және деректерді өңдеу туралы» Қазақстан Республикасының жаңа заңын әзірлеуге арналған стратегиялық сессия өтті. Бұл заң елдің телекоммуникациялық саласын дамытуға және 5G желісін енгізуге құқықтық негіз қалыптастыруға бағытталған.

Халықаралық тәжірибе және Қазақстанның ұстанымы:

Жаһандық үрдістер: Әлемнің көптеген елдері 5G желісін белсенді түрде енгізуде. Қазақстан да осы бағытта айтарлықтай қадамдар жасап, аймақтағы жетекші позицияларды иеленуге ұмтылуда. Дегенмен, кейбір сарапшылардың пікірінше, жиіліктерді бөлу және операторларды тарту мәселелерінде белгілі бір қиындықтар бар.

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 [20].

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.

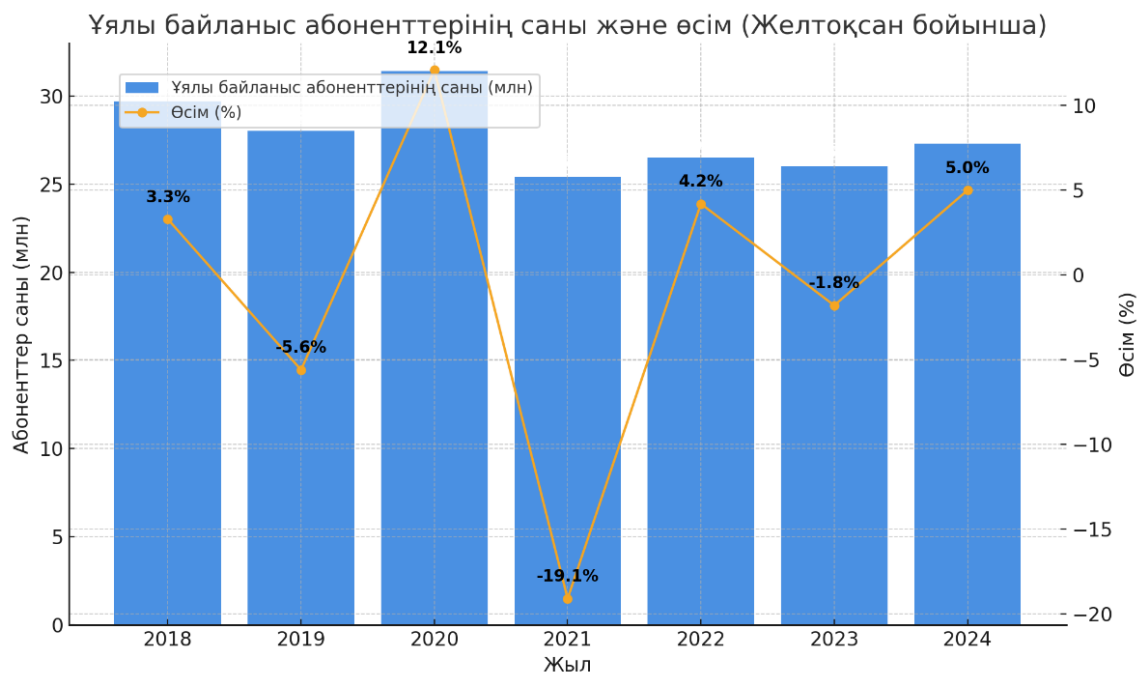
Шын мәнінде, 5G желісін дамытудың бес жылдық бағдарламасы қазақстандық операторларға өткен жылдардағы желілік инфрақұрылымға салынған орташа инвестициямен салыстырылатын сомаға шығын әкеледі. Басқаша айтқанда, ел үшін 5G инфрақұрылымын құру оның жоғары құнына қарамастан қиын. Тарихи тұрғыдан алғанда, 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).



1.6-сурет – Ұялы байланыс абоненттерінің саны

2018 жылдан 2024 жылға дейінгі аралықта Қазақстандағы ұялы байланыс абоненттерінің саны мен олардың жылдық өсім қарқыны әртүрлі динамиканы көрсетті.

- 2018 жылы абоненттер саны 29,7 млн болып, 3,3% өсім тіркелді.
- 2019 жылы абоненттер саны 28,0 млн-ға дейін төмендеп, -5,6% құлдырау байқалды.
- 2020 жылы жағдай жақсарып, абоненттер саны 31,4 млн-ға жетіп, 12,1% өсім көрсетті - бұл кезеңдегі ең жоғарғы өсім.
- 2021 жылы күрт төмендеу орын алып, абоненттер саны 25,4 млн-ға дейін қысқарып, -19,1% құлдырау тіркелді - бұл ең нашар көрсеткіш.
- 2022 жылы нарық қалпына келіп, абоненттер саны 26,5 млн-ға дейін өсіп, 4,2% оң өсім байқалды.
- 2023 жылы сәл төмендеу тіркеліп, 26,0 млн абонент және -1,8% өсім деңгейі болды.
- 2024 жылға болжам бойынша, абоненттер саны 27,3 млн-ға жетіп, 5,0% өсім күтілуде.

Бұл көрсеткіштер ұялы байланыс нарығының өзгермелі әрі сыртқы және ішкі факторларға тәуелді екенін айғақтайды. 2024 жылға болжанған оң өсім – нарықтың қалпына келуін және цифрлық технологияларға сұраныстың артуын білдіреді.

1.4 Мәселені қоюдың негіздемесі

Бесінші буын (5G) байланыс желілерінің дамуы - пайдаланушылар мен қосымшалардың артып келе жатқан қажеттіліктерін қанағаттандыру мақсатында жаңа технологиялар мен инновациялық қызметтерді ендірудің басты алғышарты. 5G желілеріндегі маңызды мүмкіндіктердің бірі - бұл Massive Machine Type Communications (mMTC), яғни машинааралық байланыс қызметтері. Бұл қызмет миллиардтаған құрылғылардың үздіксіз байланысуын және деректермен еркін алмасуын қамтамасыз ететін Интернет заттары (IoT) экожүйесінде маңызды рөл атқарады.

Алайда, mMTC сәтті жүзеге асуы үшін бірқатар техникалық қиындықтарды шешу қажет. Олардың қатарында желінің масштабталуы, кідірістердің төмендеуі, өткізу қабілетінің артуы, энергия тиімділігі және байланыс қауіпсіздігі секілді аспектілер бар. Осы қиындықтарды жеңу үшін mMTC қызметтерін жан-жақты зерттеу өзекті болып отыр. Бұл ретте, әртүрлі желі жағдайларына бейімделе алатын және қызметтің тұрақты сапасын қамтамасыз ететін жаңа оңтайландыру әдістері мен алгоритмдерін әзірлеу аса маңызды.

Сонымен қатар, mMTC қызметтерін кең көлемде енгізу үшін сәйкес нормативтік базалар мен стандарттарды қалыптастыру қажет. Мұндай ережелер құрылғылар мен жүйелердің үйлесімді жұмысын, жоғары сенімділік пен қауіпсіздікті қамтамасыз етеді. Осы саладағы ғылыми зерттеулер стандарттарды анықтауға және жетілдіруге негіз болатын талаптар мен критерийлерді нақтылауға септігін тигізеді.

mMTC-ті 5G желілеріне тиімді енгізу үшін оны басқа технологиялармен және бар инфрақұрылыммен үйлестіру - негізгі шарттардың бірі. Қазіргі таңда озық тәжірибелерге сүйене отырып, түрлі жүйелермен интеграцияның тиімді стратегияларын анықтауға мүмкіндік бар. Бұл өз кезегінде қызметтерді оңтайлы енгізуге және кеңейтуге жол ашады.

Қатты бәсекелестікке толы телекоммуникациялық нарықта 5G желісінде mMTC технологиясын дұрыс ендіру байланыс операторлары мен өнеркәсіп өкілдерінің нарықтағы орнын күшейтеді. Бұдан бөлек, аталмыш зерттеулер жаңа инновациялық шешімдерге жол ашып, экономикалық өсімді жеделдетіп, жаңа жұмыс орындарын қалыптастыруға әсер етеді.

Зерттеудің өзектілігі mMTC технологиясының өнеркәсіп, көлік, ауыл шаруашылығы, денсаулық сақтау және ақылды қалалар сияқты көптеген салаларда кең қолданыс табу әлеуетінен туындайды. Бұл бағыттағы жұмыстар IoT шешімдерін ілгерілетіп, оларды өміріміздің әртүрлі саласына интеграциялау арқылы өмір сүру сапасын арттыруға және экономикалық дамуды қолдауға ықпал етеді.

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.

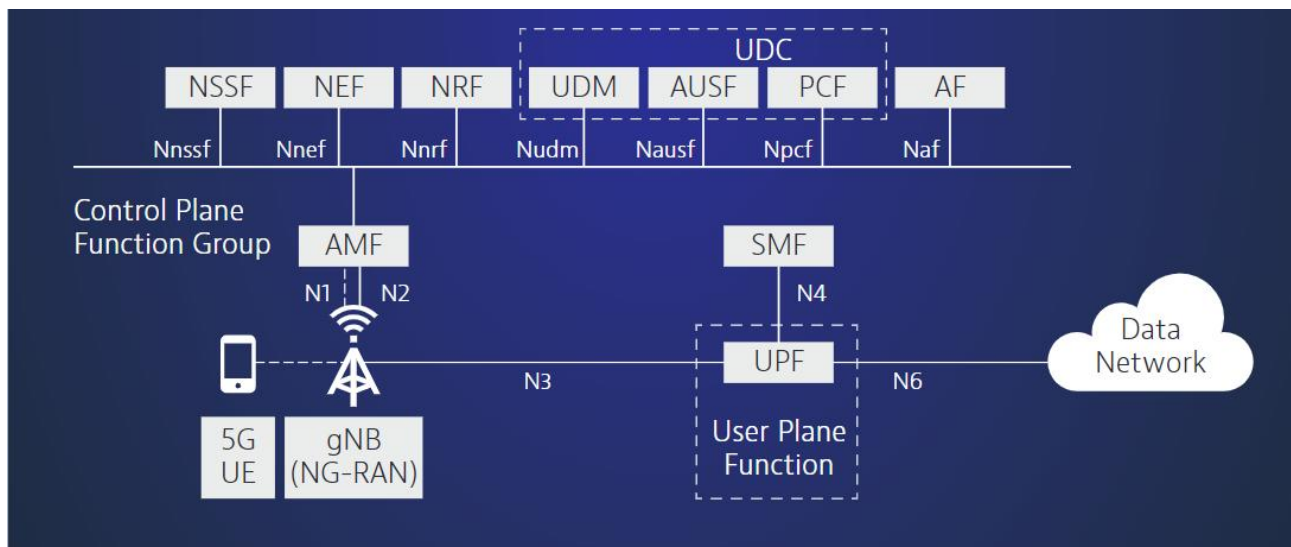
5G желілік инфрақұрылымының маңызды құрамдас бөлігі желілік функцияларды виртуалдандыру (NFV) болып табылады. Онда брандмауэр, жүктеме теңгергіштері және маршрутизаторлар сияқты дәстүрлі желілік функцияларды бағдарламалық жасақтама ретінде жұмыс істейтін виртуалды даналармен ауыстыру арқылы бағдарламалық 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 [25].

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.

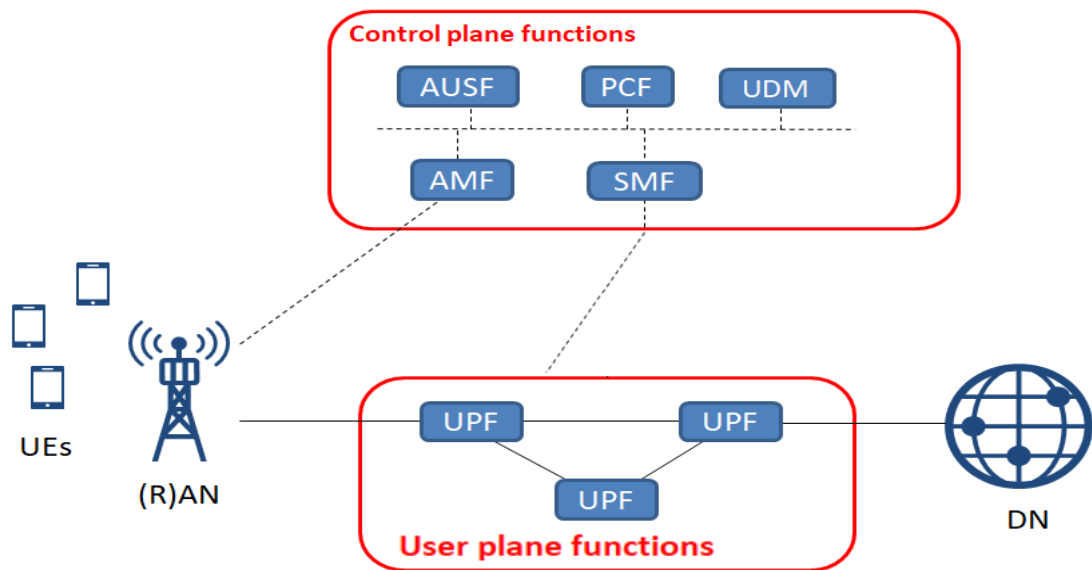
5G технологиясын енгізу өнімділіктің айтарлықтай жақсаруын қамтамасыз етеді және бұлттық ресурстарды пайдалану, виртуалдандыру, желіні бөлу және басқа да инновациялық технологиялар арқылы қолданбалардың кең ауқымын пайдалануға мүмкіндік береді. Дегенмен, бұл жетістіктер жаңа қауіпсіздік мәселелерін тудырады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

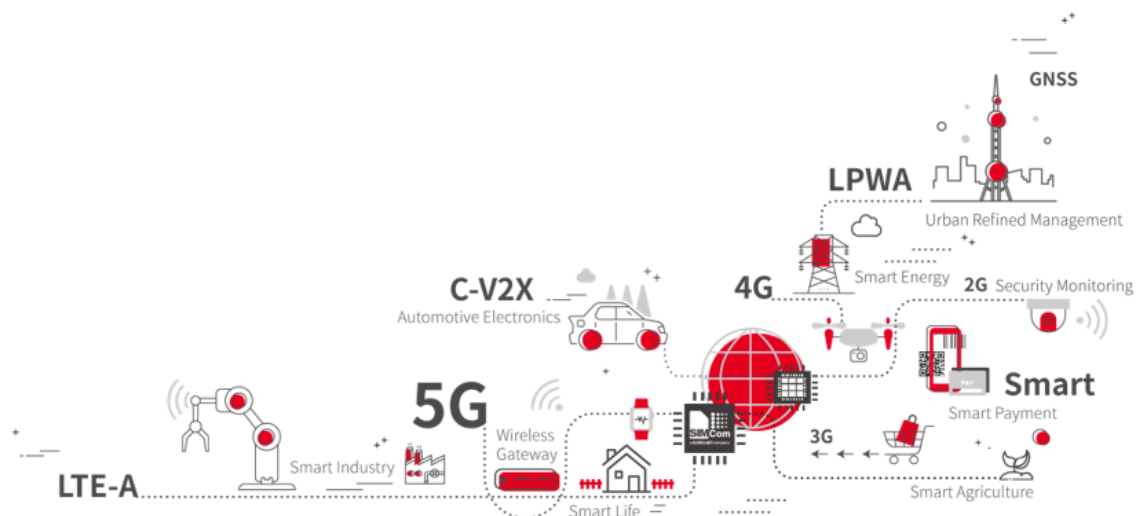
2.2 5G желісінің автономды топологиясы

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 [27].



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 [14].



2.3-сурет – 5G желілік архитектурасының нұсқалары

Автономды емес желілік архитектура контекстінде LTE базалық станциялары 5G базалық станцияларымен өзара 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 жүйке 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 [22].

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 [24].

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 UE 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.

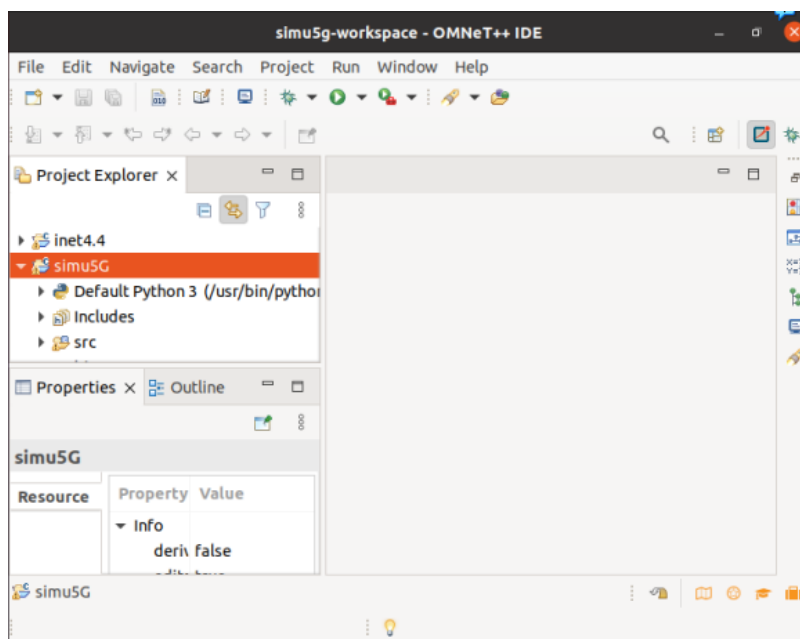


2.4-сурет – Ubuntu Дистрибутивінің Linux ОЖ-де OMNET++ желісін модельдеу бағдарламасын іске қосу

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 [23].

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.



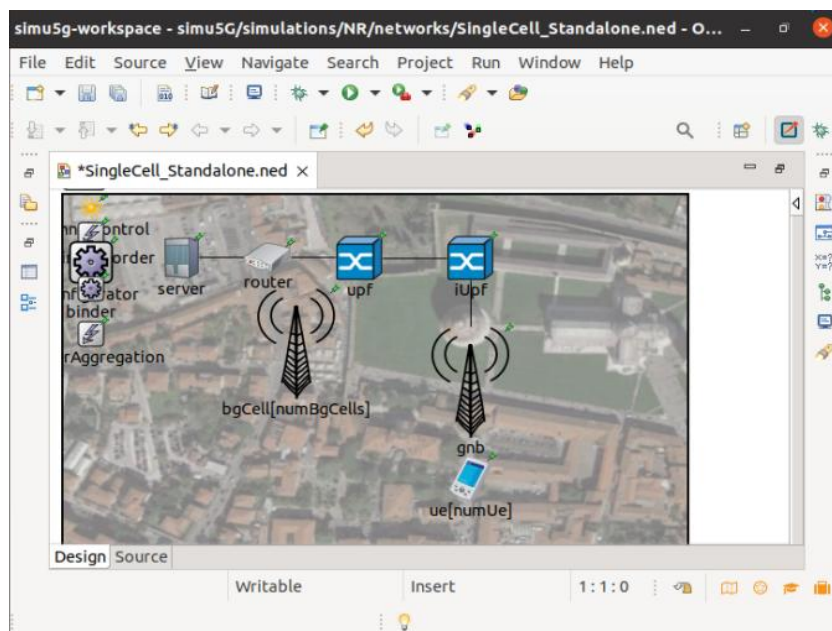
2.5-сурет – OMNET++ дискретті оқиға желісін модельдеу бағдарламасының интерфейсі

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, 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

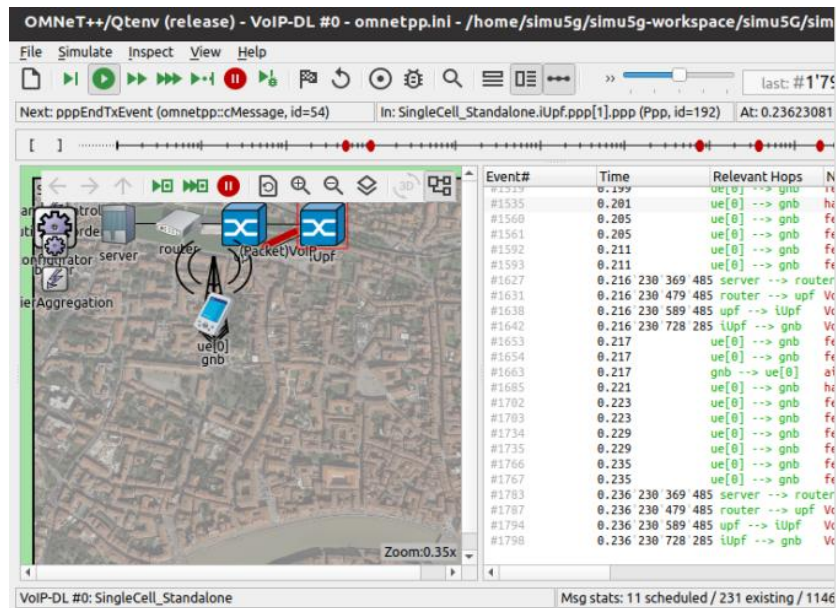
Суреттегі сұлбада пайдаланушы құрылғысы (UE), gNb базалық станциясы, пайдаланушы деректерін беру функциясы (UPF), резервтік iUPF, маршрутизатор және сервер сияқты көптеген элементтерден тұратын желі конфигурациясын көрсетеді.

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 [27].

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 радиожіілік трансивері ретінде жұмыс істейтін радиожіілік сигналдарын түрлендіру болып табылады. Төменгі бағытта негізгі 5G құрылғысынан қабылданған негізгі жолақ сигналы түрлендіруге, цифрлық аналогтық түрлендіруге, радиожіілік 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 радиожіілік 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 poma 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 стандарттарды әзірлеу мен үйлестіру – 3GPP және басқа да стандарттау ұйымдарының болашақ технологиялық жаңалықтарды қолдауындағы басты міндеттерінің бірі. 5G технологиясының дамуы кезең-кезеңімен жүзеге асырылып, әрбір жаңа нұсқа сымсыз байланыс жүйесінің функционалдық мүмкіндіктерін кеңейтуді көздейді.

5G жүйелерінің эволюциясы қазіргі таңда 18-нұсқаның енгізілуімен жалғасуда. Бұл нұсқа 5G Advanced атауымен белгілі. 2023 жылдың 28 маусымы мен 2 шілдесі аралығында өткен 3GPP семинарында осы шығарылымға қатысты негізгі зерттеу бағыттары анықталды, сондай-ақ жұмыс топтарының міндеттері бекітіліп, ресми логотипі ұсынылды.

18-нұсқада 3GPP келесі бағыттарға басымдық береді:

- кеңейтілген мобильді кең жолақты (eMBB) қызметтерінің функционалдық дамуы;

- өте сенімді, төмен кідірісті байланыс (uRLLC) пен массалық машиналық байланыс (mMTC) қызметтерімен байланысты технологиялар;

- барлық қызмет түрлері үшін кросс-функционалды шешімдер;

- жаңа функцияларды сипаттайтын TR 21.918 техникалық есепті дайындау.

- mMTC қызметін қолдау үшін 5G желілерінің 18-нұсқасына сәйкес келесі техникалық талаптар анықталған:

- қалааралық сенімді байланыс мүмкіндігі;

- құрылғылардың жоғары тығыздығын (1 млн/км²) қолдау;

- деректерді төмен жылдамдықпен (1–100 кбит/с) жеткізуге бейімділік;

- құрылғылардың энергияны үнемдеу мүмкіндіктері [26].

Осы жобада Алматы қаласы үшін mMTC қызметін қамтамасыз ету мақсатында 5G NR радио желісін жоспарлау мәселесі қарастырылады. Бұл аймақтағы абонент тығыздығы жоғары болғандықтан, базалық станцияларды (gNB) мүмкіндігінше жақын орналастыру қажет. Таралым қашықтығын ескере отырып, FR1 диапазоны (3300–4200 МГц) таңдалады, бұл жиілік TDD (уақытты бөлу дуплексі) схемасын қолдана отырып, әр арна үшін 100 МГц жолақ енін қамтамасыз етеді.

mMTC құрылғыларын тиімді қолдау үшін есептелуі тиіс негізгі параметрлер:

- базалық станцияның қамту аймағы;

- рұқсат етілген жоғалтулар;

- деректерді жеткізу жылдамдығы;

- шуға тұрақтылық;

- қуат тұтыну деңгейі [29].

3.2 Жабдықты таңдау

Жобаның негізгі мақсаты – үлкен көлемдегі құрылғыларды бір желіде тиімді басқару. 5G NR желісі жоғары құрылғы тығыздығы жағдайында байланыс орнатуға мүмкіндік береді және деректерді 1-ден 100 кбит/с аралығындағы жылдамдықпен тарата алады.

5G NR технологиясы кең жиілік диапазонын (2 МГц–20 ГГц) қамтиды және екі түрлі бөлу әдісін қолданады:

- FDD – жиілікті бөлу дуплексі;
- TDD – уақытты бөлу дуплексі.

gNB базалық станциясы әртүрлі қамту радиусын қамтамасыз ете алады. Қолайлы жағдайларда 1–2 км, ал антеннаның тиімді биіктігі кезінде 7–10 км дейінгі аумақты қамту мүмкіндігі бар.

Базалық станция келесі негізгі құрамдастардан тұрады:

- цифрлық сигналдарды өңдейтін жүйелік модуль;
- үш қабылдағыштан тұратын радиомодуль.

Аталған жобада Ericsson AIR 6468 үлгісіндегі базалық станция қолданылады. Бұл жабдық LTE және 5G NR SA желілерінде жұмыс істеуге бейімделген және 2 МГц–20 ГГц жиілік аралығын қолдайды. Сонымен қатар, ол GSM/EDGE, UMTS/HSPA және LTE/LTE-Advanced технологияларымен үйлесімді.

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

Құрылғыларды орналастыру тығыздығы - 5G желісін жобалауда ескерілетін аса маңызды параметрлердің бірі. IMT-2020 талаптарына сәйкес, 5G технологиясы бір шаршы километр аумақта 1 миллионға дейін құрылғыны қосуға қабілетті болуы тиіс. Бұл құрылғылардың басым бөлігі Интернет заттары (IoT) экожүйесіне жататын сенсорлар мен түрлі өлшеу құрылғыларынан тұрады.

Аталған құрылғылар әдетте сирек және төмен жылдамдықпен дерек жібереді. Сондықтан, радиоарна өткізу қабілеттілігін бірнеше ішкі тасымалдаушыға бөлу - ресурстарды тиімді пайдалану үшін маңызды әдіс болып саналады [28].

Бір базалық станцияға қосыла алатын құрылғылардың санын есептеу үшін келесі формула қолданылады (3.1):

Қаласаңыз, мен сізге осы формуланы нақты есеппен және түсіндіруімен бірге жазып бере аламын немесе есептік кесте дайындап көрсете аламын.

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

мұндағы $N_{\text{устр.gNB}}$ - бір базалық станция қолдай алатын құрылғылардың максималды саны.

BBB – базалық станцияның жалпы қолжетімді арна өткізу қабілеттілігі (МГц немесе Гц);

LLL - спектрлік тиімділік, яғни 1 Гц жиілікке сәйкес келетін деректерді беру жылдамдығы (бит/с/Гц);

CCC - антенна порттарының саны;

TTT - бір қосалқы кадрдағы уақыт слоттарының саны;

RRR - бір құрылғыға қажетті деректерді беру жылдамдығы (бит/с);

NNN - қолдау көрсетілетін құрылғылар саны.

Қосымша параметрлер (кейбір модельдерде пайдаланылады):

SSS - бір ресурс блогындағы ішкі тасымалдаушылар саны;

EEE - жалпы ресурстар блоктарының саны (яғни, спектрдегі бөлінген ресурстардың құрылымы).

Егер ресурстар блогы арқылы есептейтін болсақ, формула басқа түрде де жазылуы мүмкін:

$$N_{\text{устр.gNB}} = \frac{100 \cdot 12 \cdot 544 \cdot 14 \cdot 64}{1000 \cdot 30} \approx 180000.$$

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:

$$L = P_{EIRP} - S_{RX} + G_{RXA} - L_{RXF} + M_B - M_{INT} - M_{SH} + G_{HO} \quad (3.2)$$

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):

$$P_{EIRP} = P_{TX} + G_{TX.DIV} + G_{TXA} - L_{TXF} \quad (3.3)$$

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:

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

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:

$$M_{INT} = -10 * \lg(1 - \eta) \quad (3.4)$$

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

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:

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

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:

$$R = 10^{\frac{L - 45,5 + 13,82 * \lg h_{UE} - 35,4 * \lg F + (1,1 * \lg F - 0,7) * h_{UE}}{(44,9 - 6,55 * \lg h_{NB})}} \quad (3.5)$$

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:

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

Бір базалық станцияның қамту аймағын мына формула арқылы есептеуге болады:

$$S = \frac{3}{2} * \sqrt{3} * R^2$$

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

Базалық станциялардың қажетті саны мына формула бойынша есептеледі:

$$N_{gNB} = \frac{S_{5G}}{3 * S}$$

мұндағы S_{5G} – қамтылатын аумақ.

Ауданы 682 км² болатын Алматы қаласын қамту үшін қажетті базалық станциялар саны:

$$N_{gNB} = \frac{682}{3 * 0,174} = 1307$$

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:

$$R_{5\text{GNR}} = 10^{-6} * \sum_{i=1}^j (V_{\text{слоев}} * Q_m * f * \frac{948}{1024} * \frac{N_{\text{PRB}}^{\text{BW}(j)\mu} * 12}{T_S^{\mu}} * (1 - \text{OH})) \quad (3.6)$$

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 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

Параметрлер	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:

$$T_S^{\mu} = \frac{10^{-3}}{14 * 2^{\mu}} \quad (3.6)$$

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

ОН үстеме шығысы жиілік диапазонына байланысты келесі мәндерге ие:

- $[0,14] \rightarrow$ DL үшін FR1 жиілік диапазоны;
- $[0,18] \rightarrow$ DL үшін FR2 жиілік диапазоны;
- $[0,08] \rightarrow$ UL үшін FR1 жиілік диапазоны;
- $[0,10] \rightarrow$ 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:

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

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 ААА 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:

$$T_{\text{жұмыс}} = \frac{P_{\text{бат}}}{E_{\text{толық}}} \quad (3.8)$$

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:

$$E_{\text{толық}} = 365 * E_{\text{тарату}} \quad (3.9)$$

мұндағы $E_{\text{передача}}$ - құрылғының тәуліктік энергия тұтынуы;
 k - тәулігіне жіберілу саны.
 Құрылғының жыл бойы тұтынылатын қуаты:

$$E_{\text{толық}} = 365 * 0,22 \approx 0,08 \text{ Вт.}$$

Құрылғының батареясының қызмет ету мерзімі аяқталады:

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

3.5 Желінің жұмысын қамтамасыз ету үшін шуға төзімділікті есептеу

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

$$P_{\text{прUE}} = P_{\text{пдгNB}} + G_{\text{gNB}} - 70 - 26,16 * \lg(f) + 13,82 * \lg(h_{\text{gNB}}) - [45 - 6,55 * \lg(h_{\text{gNB}})] * \lg(R) - \alpha_{\text{фgNB}} \quad (3.10)$$

мұндағы $P_{\text{пдгNB}}$ – 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:

$$\alpha_{\text{фgNB}} = 28 * 0,14 \approx 4 \text{ дБ.}$$

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

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

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
- 3 communication in 5G systems: Survey on beamforming concept. IET Commun. 2021, 15, 142–154
- 4 GSMA Report. From Vertical Industry Requirements to Network Slice Characteristics, GSMA, August 2018.
- 5 5G Evolution: 3GPP Releases 16–17, 5G Americans, January 2020.
- 6 A 5G Americans White Paper: 3GPP Releases 16&17&Beyond, 5G Americans, January 2021.
- 7 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.
- 8 Белая книга МСЭ. Сеть-2030 – проект технологии, приложений и драйверов рынка на пути к 2030 году и далее (май 2019 года).
- 9 Отчет FG NET-2030. Новые услуги и возможности для сети-2030: описание, технический разрыв и анализ целевых показателей производительности (октябрь 2019 г.).
- 10 Технический отчет. Сети-2030 – дополнительное представление сценариев использования и ключевых требований к сетям-2030 (июнь 2020 г.).
- 11 Технический отчет. Сети-2030 – Gap-анализ новых услуг, возможностей и сценариев использования сетей-2030 (июнь 2020 г.).
- 12 Технические спецификации. Network-2030 – термины и определения для сетей-2030 (июнь 2020 г.).
- 13 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.
- 14 Вольф Н., Шевченко С., Вентцель А., Бенгтссон О. и Хайнрих В. Переключаемые модуляторы и PAs для эффективных передатчиков в беспроводной инфраструктуре 5G, 2018.
- 15 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.
- 16 Лю С., Лю Л., Ян Х., Юэ К. и Го Т. Исследование технологии 5G, основанной на интернете вещей, 2020.
- 17 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.
- 18 Акилдиз И.Ф., Как А. и Ни С. 6G и далее: Будущее систем беспроводной связи, 2020.

19 Иsoboeв 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 QGBSEH.

20 Михайлова И.А. Архитектура NR и LBO роуминга в сетях 5G // Экономика и качество систем связи, 2022. – № 1(23). – С. 26-36. – EDN DKGCLF.

21 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.

22 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 паблишер», 2020. – С. 573-574. – EDN HWFASO.

23 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.

24 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.

25 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 HHVLBC.

26 Саломатина Е.В. О поддержке сверхнадежной передачи данных с низкой задержкой в сетях 5G и будущих B5G/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.

27 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.

28 Тихвинский В.О. 5G WORLD SUMMIT - 2014: Курс прежний - ОТ 4G К 5G // Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт, 2014. – Т. 8. – № 7. – С. 95-96.

29 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.

30 Олейникова А.В., Нуртай М.Д., Шманов Н.М. Перспективы развития связи 5G. Современные материалы, техника и технологии, 2015. – № 2 (2). – С. 233-235.

31 Мельник С.В. 5G – Работа над ошибками предыдущих поколений // Вестник связи, 2014. – № 7. – С. 29-30.

СЫН ПІКІР
дипломдық жұмысқа

Самакова Саяра

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Бесінші және одан кейінгі буын байланыс желілеріндегі қызмет трафигін мониторингілеу және сәйкестендіру әдісін зерттеу»

Орындалды:

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

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Ұсынылып отырған диплом жұмысы бесінші және кейінгі буын ұялы байланыс желілеріндегі қызмет трафигін, атап айтқанда, ауқымды машиналық типтегі коммуникация (mMTC) қызметін тиімді бақылау және енгізу мәселелерін зерттеуге арналған. Тақырыптың өзектілігі қазіргі телекоммуникациялық жүйелер мен IoT технологияларын қарқынды енгізу жағдайында ерекше маңызды.

Жұмыста 5G желілерінің техникалық және құрылымдық ерекшеліктеріне терең талдау жүргізілген. Зерттеу барысында студент Simu5G симуляциялық ортасын қолдану арқылы модельдеулер жасаған. Бұл шешім желілік архитектураны нақты техникалық контексте зерттеуге мүмкіндік берген. Сонымен қатар, 5G технологиясына тән сипаттамалар мен параметрлер есептеліп, mMTC қызметіне қойылатын талаптар нақты және жан-жақты сипатталған. Жалпы жұмыс жоғары деңгейде жазылғанымен, кейбір бөлімдерде техникалық мәліметтерді сәл ықшамдап, нақтылауға болар еді. Сонымен қатар, зерттеудің кейбір нәтижелерін кестелер немесе диаграммалар түрінде көрсету жұмыстың көрнекілігін арттыра түсер еді.

Диплом жұмысы қойылған талаптарға толық сәйкес келеді, өзектілігі жоғары, ғылыми-тәжірибелік құндылығы мол. Жұмыс авторының зерттеу жүргізу қабілеті, талдау дағдылары және ұсыныс енгізу мүмкіндіктері жеткілікті деңгейде. Жұмыс қорғауға ұсынылады.

Жұмысты бағалау

Жалпы, дипломдық жұмысқа «өте жақсы» (95%) деген баға, ал Самакова Саяраны 6B06201 – Телекоммуникация білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар бакалавры» дәрежесіне ұсынамын.

Рецензент

ҚазҰАЗУ, доктор PhD.,

қауымд. профессоры



Әлібек Н.Б.

« 20 »

05.

2025 ж.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ
дипломдық жұмысқа

Самакова Саяра

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Бесінші және одан кейінгі буын байланыс желілеріндегі қызмет трафигін мониторингілеу және сәйкестендіру әдісін зерттеу»

Ұсынылып отырған диплом жұмысы бесінші және кейінгі буын ұялы байланыс желілеріндегі қызмет трафигін, соның ішінде ауқымды машиналық типтегі коммуникацияны (mMTC) тиімді бақылау және енгізу мәселелерін зерттеуге арналған. Тақырыптың өзектілігі бүгінгі таңда телекоммуникациялық жүйелер мен «заттар интернеті» (IoT) технологияларының кеңінен енгізілуімен тікелей байланысты және жоғары практикалық маңызға ие.

Жұмыста 5G желілерінің құрылымдық және техникалық ерекшеліктеріне терең талдау жүргізілген. Студент зерттеу барысында Simu5G симуляциялық ортасын пайдалана отырып, нақты желілік архитектураларды модельдеген. Бұл тәсіл 5G технологиясына тән параметрлерді техникалық контексте бағалап, mMTC қызметіне қойылатын талаптарды жан-жақты сипаттауға мүмкіндік берген.

Зерттеудің ғылыми тереңдігі, логикалық құрылымы мен жүйелілігі жоғары деңгейде. Сонымен қатар, жұмыста ұсынылған әдістер мен алынған нәтижелер 5G желілерін жобалау және енгізу барысында қолдануға болатыны анық көрінеді. Алайда, жекелеген бөлімдерде техникалық мәліметтерді ықшамдап, нақтылай түсу мәтіннің қабылдануын жеңілдетер еді. Сондай-ақ, зерттеу нәтижелерін кестелермен немесе диаграммалармен толықтыру жұмыстың көрнекілігін арттыра түседі.

Диплом жұмысы қойылған ғылыми және техникалық талаптарға толық сәйкес келеді. Зерттеу өзектілігімен, ғылыми-тәжірибелік құндылығымен ерекшеленеді. Автордың талдау жасау, модельдеу және ұсыныс енгізу дағдылары жеткілікті деңгейде қалыптасқан. Жұмыс қорғауға ұсынылады.

Жұмысты бағалау

Студент Самакова Саяра дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "95/A+/ өте жақсы" деп бағаланды, ал Самакова Саяра 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының "Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар" саласының бакалавры дәрежесіне сай деп санаймын.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. қауымд. профессоры

PhD

 К.Н.Тайсариева

«28» 05

2025 ж.



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

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

Автор: Самакова Саяра Сериковна

Тақырыбы: Бесінші және одан кейінгі буын байланыс желілеріндегі қызмет трафигін мониторингілеу және сәйкестендіру әдісін зерттеу

Жетекшісі: Кырмызы Тайсариева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 9.2

2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.8

Дәйексөз (35): 0.8

Әріптерді ауыстыру: 0

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 7

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:

2025-04-29

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Самакова Саяра Сериковна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Бесінші және одан кейінгі буын байланыс желілеріндегі қызмет трафигін мониторингілеу және сәйкестендіру әдісін зерттеу

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 9.2

Коэффициент Подобия 2: 4.8

Микропробелы: 7

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:

2025-04-29

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Самакова Саяра Сериковна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Бесінші және одан кейінгі буын байланыс желілеріндегі қызмет трафигін мониторингілеу және сәйкестендіру әдісін зерттеу

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 9.2

Коэффициент Подобия 2: 4.8

Микропробелы: 7

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:

2025-04-29

Дата



Сұңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт