

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ

МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Маханова Камила Жанабайқызы

Қарағанды қаласында 5G ұялы желісін жобалау

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B06201– Телекоммуникациялар мамандығы

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Электроника, телекоммуникация  
және ғарыштық технологиялар  
кафедрасының меңгерушісі,  
техн. ғыл. кандидаты

Е. Таптай

2023 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Қарағанды қаласында 5G ұялы желісін жобалау»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

*Мах*

К.Маханова

Рецензент

Ғ.Дәукеев ат. АЭЖБУ доценті,

PhD докторы

*Ө.Ержан*

«30» 05 2023 ж.

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд., аға

оқытушы

*М.М.Ермекбаев*

«30» 08 2023 ж.

Алматы 2023



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Маханова Камила Жанабайқызы*

Тақырыбы «*Қарағанды қаласында 5G ұялы желісін жобалау*»

Университет ректорының «23» қараша 2022 ж. № 408П/Ө бұйрығымен  
бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «25» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- а) 5G стандартының архитектурасы;
- б) Қабылдағыштың орташа жиілігі 8 МГц;
- в) Антенна-фидердік тракт толқындық кедергісі 75 Ом;
- г) Базалық станциядан антеннаның бағытталған коэффициенті 4,1 дБ;
- д) Базалық станцияның биіктігі 60 м.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) 5G архитектурасына шолу, нысанаға өлшеу жүргізу техникаларына шолу жасау;
- 2) 5G стандартына қойылатын талаптар;
- 3) MMW диапазонындағы сымсыз жүйелерді іске қосу;
- 4) Өшуліктерді есептеу.



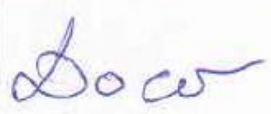
Сызба материалдары \_\_\_ слайдта көрсетілген.

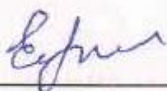
Ұсынылатын негізгі әдебиет 5 атау: 1. TS 32.500: Telecommunication management; Self-Organizing Networks (SON); Concepts and requirements. 2. SELFNET. Framework for Self-Organised Network Management in Virtualised and Software Defined Networks. [Online]. Available: <http://www.cognet.5g-ppp.eu/cognet-in-5gpp/>. 3. Степутин А.Н., Николаев А.Д. Мобильная связь на пути к 6G // учебник / Санкт-Петербург - Инфра-Инженерия, 2017.- 796 с. 4.

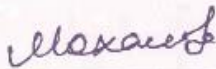
ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫ (ЖОБАНЫ) ДАЙЫНДАУ  
КЕСТЕСІ

| Бөлімдер атауы,<br>қарастырылатын<br>мәселелер тізімі | Ғылыми жетекшіге<br>және кеңесшілерге<br>көрсету мерзімі | Ескерту   |
|---|--|-----------|
| 1 - бөлім   | 1.02.2023 - 21.02.2023                                   | орындалды |
| 2 - бөлім   | 21.02.2023 - 01.03.2023                                  | орындалды |
| 3 - бөлім   | 01.03.2023 - 14.05.2023                                  | орындалды |

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

| Бөлімдер атауы                          | Кеңесшілер<br>(аты, әкесінің аты, тегі,<br>ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол<br>қойылған<br>күні | Қолы  |
|---|--|-------------------------|---|
| Диплом<br>жұмысының<br>тақырыбын талдау | Техн.ғыл.канд., ЭТЖҒТ<br>каф.аға оқытушысы<br>Ермекбаев М.М.       | 25.05.23                |   |
| Теориялық ақпарат                       | Техн.ғыл.канд., ЭТЖҒТ<br>каф.аға оқытушысы<br>Ермекбаев М.М.       | 25.05.23                |  |
| Норма<br>бақылау                        | ЭТЖҒТ каф.аға<br>оқытушысы<br>Досбаев Ж.М.                         | 25.05.23                |  |

Ғылыми жетекшісі  М.М.Ермекбаев  
(қолы)

Талсырманы орындауға алған білім алушы  К.Маханова

Күні "25" 05 2023 ж.

## **АНДАТПА**

5G архитектурасы, халықаралық тәжірибелерді зерттелді. 5G желісі архитектурасының негізгі принциптері, желі функциялары, терминологиялар, 5G үшін жаңа физикалық қабат және миллиметрлік толқынның жоғары жиілікті жұмысы келтірілді.

5G-ге қойылатын негізгі талаптар, ММV диапазонының физикалық сипаттамалары мен ерекшеліктері, АОБЖ мен ММW диапазонындағы ақпаратты беру арналарын салыстырмалы талдау жасалды.

Базалық станцияның орналасуы қарастырылды.

## **АННОТАЦИЯ**

Изучена архитектура 5G, международные практики. Приведены основные принципы сетевой архитектуры 5G, сетевые функции, терминология, новый физический слой для 5G и высокочастотная работа миллиметровой волны.

Были выполнены основные требования к 5G, физические характеристики и особенности диапазона ММВ, сравнительный анализ каналов передачи информации в диапазоне АОПС и ММВ.

Планировка базовой станции была рассмотрена.

## **ANNOTATION**

5G architecture, studied international practices. The basic principles of the 5G network architecture, network functions, terminology, a new physical layer for 5G and high-frequency operation of the millimeter wave are given.

The basic requirements for 5G, the physical characteristics and features of the MMV range, a comparative analysis of information transmission channels in the AOBs and MMW ranges are carried out.

The location of the base station was considered.

## МАЗМҰНЫ

|   |    |
|---|----|
| Кіріспе   | 1  |
| 1 5G архитектурасы, халықаралық тәжірибелерді зерттеу                               | 8  |
| 1.1 5G кең жолақты желісі   | 8  |
| 1.2 5G желісі архитектурасының негізгі принциптері                                  | 8  |
| 1.3 5G архитектурасында желі функциялары  | 9  |
| 1.4 5G терминологиясы және болжалды қолданбалар                                     | 9  |
| 1.5 5G үшін жаңа физикалық қабат және миллиметрлік толқынның жоғары жиілікті жұмысы | 10 |
| 1.6 SON технологиясы мен алгоритмдерін пайдаланып 4G/5G желілерін автоматты басқару | 13 |
| 1.7 Өздігінен ұйымдастырылатын SON желілерін халықаралық стандарттау                | 17 |
| 1.8 Желінің өзін-өзі конфигурациялау ерекшеліктері                                  | 18 |
| 2 5G стандарттағы әлеуетті технологиялар мен қойылатын талаптар                     | 23 |
| 2.1 5G техникалық мінездемесі   | 23 |
| 2.2 5G-ге қойылатын негізгі талаптар  | 24 |
| 2.3 5G стандарттау және зерттеу бағдарламалары                                      | 26 |
| 3 Кең жолақты радиобайланыстың болашағы: миллиметрлік диапазон                      | 33 |
| 3.1 Миллиметрлік диапазонға сұраныс   | 33 |
| 3.2 MMW диапазонының артықшылықтары   | 34 |
| 3.3 MMV диапазонының физикалық сипаттамалары мен ерекшеліктері                      | 35 |
| 3.4 АОБЖ мен MMW диапазонындағы ақпаратты беру арналарын салыстырмалы талдау        | 37 |
| 3.5 MMW диапазондағы сымсыз жүйелерді практикалық іске асыру                        | 39 |
| 4 Есептеу бөлімі  | 42 |
| 4.1 Антенна таңдау  | 42 |
| 4.2 Базалық станцияның орналасуы  | 43 |
| 4.3 RadioWORKS бағдарламасымен зерттеу  | 44 |
| 4.4 Қамту аймағын есептеу   | 48 |
| Қорытынды   | 50 |
| Пайдаланылған әдебиеттер тізімі   | 51 |

## КІРІСПЕ

Қазіргі таңда 5G мобильді телекоммуникация стандарттарының негізгі кезеңі болып табылады. 5G ауқымы айта келгенде, мобильді кең жолақты қызметтерден келесі буын автомобильдері мен қосылған құрылғыларға дейін болады.

5G жаңа радиосының бастапқы сипаттамасы 2018 жылдың маусымында аяқталды және 3GPP Release-дің 15 спецификациясында жарияланды. Қазір әртүрлі сала кадрлары, соның ішінде желілік жабдық жеткізушілері, желі операторлары, жартылай өткізгіштер және құрылғылар өндірушілері жаңа стандартты енгізетін жаңа өнімдерді әзірлеуде.

Және де 5G-ді не басқарады деген сауалға жауап ретінде қарастырсақ, жалпы 5G –дің артында екі тенденция тұр. Олар: бейне және басқа да мазмұнға бай қызметтерді тасымалдай алатын сымсыз кең жолақты байланысқа сұраныстың қарқынды өсуі, және Интернет арқылы көптеген смарт құрылғылар байланысатын Интернет заттары. Осы мақсаттарға жету үшін 5G экстремалды кең жолақты жылдамдықты, өте төмен кідірісті және өте сенімді веб-байланысты қамтамасыз етеді.

5G желілері мен құрылғылары әртүрлі архитектураларды, радиоқабылдау технологиясын және физикалық деңгей алгоритмдерін қажет етеді. Шағын ұяшықтардың тығыз желілері миллиметрлік толқын технологияларында жұмыс істейтін және массивті ММО антенналық массивтерін қолданатын макро базалық станцияларды толықтырады. Ал желілік жабдық пен пайдаланушы құрылғыларындағы өңдеу компоненттері интеграцияланған және бейімделгіш болады.

## **1 5G архитектурасы, халықаралық тәжірибелерді зерттеу**

### **1.1 5G кең жолақты желісі**

Миллиметрлік толқын (мм) жиілік диапазонындағы массивті МІМО байланысы және спектрді тиімдірек пайдалануға қол жеткізетін жаңа радио алгоритмдер арқылы мүмкіндік береді. Жаңа дизайн архитектуралары мен алгоритмдері 5G жүйелерінің барлық аспектілеріне әсер етеді, антенналардан РЖ электроникасына дейін базалық жолақты алгоритмдерге дейін. Бұл ішкі жүйелердің өнімділігі соншалықты тығыз байланысты, олар бірге жобалануы және бағалануы керек.

5G сымсыз байланыс стандарты кеңейтілген мобильді кең жолақты (eMBB) режимімен айтарлықтай жоғары мобильді кең жолақты өткізу қабілетін қамтамасыз етеді. 3GPP Release 15 үшін бірнеше әдістер мен мүмкіндіктер стандартталған.

3GPP 15 шығарылымындағы 5G NR негізгі элементтерінің арасында:

- Сигнал өткізу қабілетін ұлғайту және қысқа кідіріс үшін ұлғайтылған ішкі тасымалдаушы аралығына сәйкес келетін қысқа слот ұзақтығы

- Қателерді тиімдірек түзету және деректер жылдамдығын жақсарту үшін деректерге арналған LDPC және басқару ақпаратына арналған полярлық кодтар сияқты арналарды кодтаудың жаңа әдістері

- Ағымдағы (<7,125 ГГц) және mmWave (>24 ГГц) жиіліктерінде жұмыс істеуге арналған кеңістіктік арна үлгілері

Бұл элементтер өткізу қабілеттілігін, кідіріс пен жүйе тиімділігін жақсартуға мүмкіндік береді, бірақ олар дизайныңызға күрделілік пен кідіріс қосуы мүмкін. MATLAB және Simulink-те қолдануға болатын жаңа құралдар 5G NR жаңа мүмкіндіктерін жылдам сипаттауға және бастапқы кезеңде дизайнға қатысты маңызды сұрақтарды қоюға мүмкіндік береді.

### **1.2 5G желісі архитектурасының негізгі принциптері**

Желілік түйіндерді «пайдаланушы жазықтығы» (UP - User Plane) хаттамаларының жұмысын қамтамасыз ететін элементтерге және «басқару жазықтығы» (CP - Control Plane) хаттамаларының жұмысын қамтамасыз ететін элементтерге бөлу, олар айтарлықтай дәрежеде масштабтау және орналастыру тұрғысынан икемділікті арттырады (жеке құрамдас желі түйіндерін орталықтандырылған және орталықтандырылмаған орналастыруға мүмкіндік береді).

Түпкі пайдаланушылардың нақты топтарына көрсетілетін қызметтерге негізделген желі элементтерін желі деңгейлеріне бөлу (Network Slicing).

Виртуалды желі функциялары түрінде желілік элементтерді жүзеге асыру – VNF (Virtual Network Functions).



Орталықтандырылған және жергілікті қызметтерге бір уақытта қол жеткізуді қолдау, бұл бұлтты (тұмандық есептеулер) және шеттік (шеттік есептеулер) есептеулер тұжырымдамаларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Бір ядролы желімен (CN - Core Network) әртүрлі қол жеткізу желілерін (AN - Access Network) - 3GPP (New Radio - NR) және 3GPP емес (WiFi және т.б.) біріктіретін конвергентті архитектураның анықтамасы.

Бірыңғай алгоритмдер мен аутентификация процедураларын қолдау (қол жеткізу желісінің түріне қарамастан).

Есептеу ресурсы сақтау ресурсынан бөлінген күйі жоқ желі функцияларын қолдау.

Үй желісі арқылы (Үйге бағытталды) және қонақ желісінде (VPLMN) жергілікті қонумен (Жергілікті үзіліс) трафикті бағыттау арқылы роумингті қолдау.

### **1.3 5G архитектурасында желі функциялары**

5G архитектурасында желі функциялары арасындағы өзара әрекеттесу екі жолмен көрсетіледі:

- кейбір желі функциялары (мысалы, AMF) басқа рұқсат етілген желі функцияларына өз қызметтеріне қол жеткізуге мүмкіндік бергенде, қызметке бағытталған.

- кез келген екі желі функциялары (мысалы, AMF және SMF) арасындағы нүктеден нүктеге өзара әрекеттесу (мысалы, N11 интерфейсі) ретінде сипатталатын желі функцияларының қызметтері арасында өзара әрекеттестіктің қандай түрі бар екенін көрсететін интерфейс.

5G басқару жазықтығындағы желі функциялары өзара әрекеттесу үшін тек қызметке бағытталған интерфейстерді пайдалануы керек.

### **1.4 5G терминологиясы және болжалды қолданбалар**

Ағымдағы 4G қолдайтын кең жолақты байланысқа қарағанда жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ете отырып, 5G мобильді кең жолақты пайдаланушылардың жоғары тығыздығын қамтамасыз етеді және өте сенімді құрылғыдан құрылғыға және жаппай машиналық типтегі байланысты қолдайды.

Телефондар мен инфрақұрылымға, виртуалды және толықтырылған шындыққа, 3D және ультра HD бейнеге және сенсорлық кері байланысқа арналған сыйымдылығы жоғары және өте жылдам ұялы байланыс үшін

URLLC — өте сенімді және төмен кідіріс

Көліктен көлікке (V2V) және көліктен инфрақұрылымға (V2I) байланыс, автономды жүргізу үшін

Mmtc (Massive Machine-Type Communications) немесе ММТК—Массалық машина типті коммуникациялар

Тұтынушы және өнеркәсіптік IoT, Industry 4.0 миссиясы үшін маңызды машинадан машинаға (MC-M2M)

Кесте 1.1 – 5G негізгі параметрлері

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Әуе байланысындағы кідіріс                                    | <1 мс                      |
| Кешігу (құрылғыдан ядроға)                                    | <10 мс                     |
| Қосылу тығыздығы  | 100x және қазіргі 4G LTE   |
| Ауданның сыйымдылығының тығыздығы                             | 1 (Тбит/с)/км <sup>2</sup> |
| Жүйенің спектрлік тиімділігі                                  | 10 (бит/с)/Гц/ұяшық        |
| Бір қосылым үшін ең жоғары өткізу қабілеті (төменгі сілтеме). | 10 Гбит/с                  |
| Энергия тиімділігі  | LTE бойынша >90% жақсарту  |

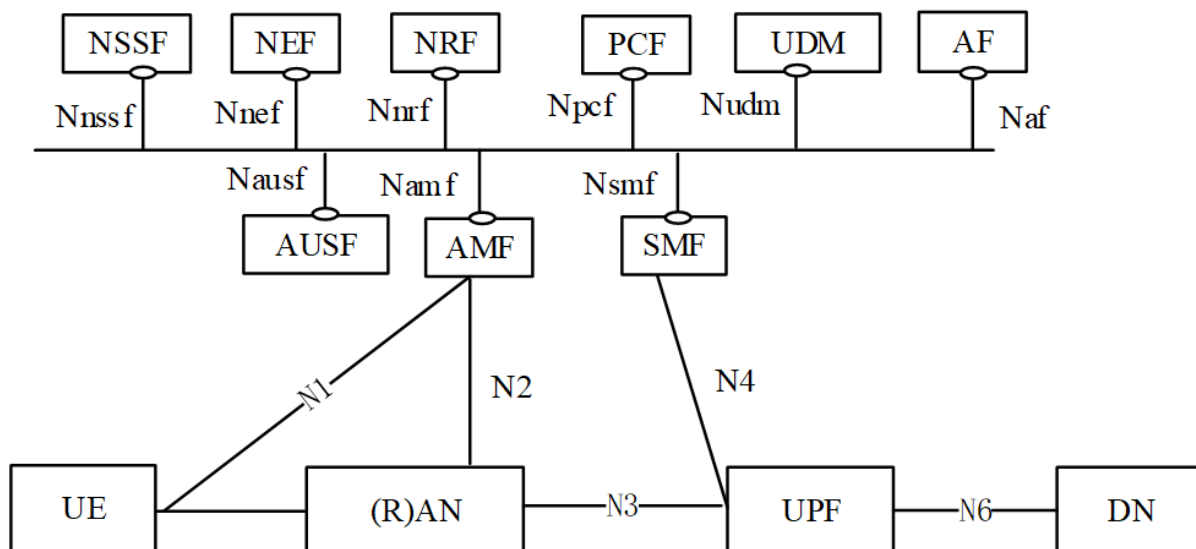
### 1.5 5G үшін жаңа физикалық қабат және миллиметрлік толқынның жоғары жиілікті жұмысы

5G физикалық деңгейі спектрлік тиімділікті және деректер жылдамдығын жақсарту үшін 4G LTE-ден бірнеше жолдармен кетеді. Бір ерекшелік - белсенді антенналар мен антенналық массивтер санының айтарлықтай секіруі, сонымен қатар сәулені қалыптастыру және миллиметрлік толқын РЖ сигналын өңдеу мәселелері. Жаңа модуляция және кодтау сұлбалары, қуат және төмен шуыл күшейткіш конструкциялары және арна үлгілері әзірленуі керек.

Деректердің жоғары жылдамдықтары (мульти-Гбит/с) үлкен өткізу қабілеттілігі жүйелеріне қажеттілікті тудырады және 7,125 ГГц-ке дейінгі спектрдегі қолжетімді өткізу қабілеттілігі бұл талаптарды қанағаттандыру үшін жеткіліксіз. (Анықтама үшін, ағымдағы ұялы байланыс 3 ГГц-тен төмен.) Бұл сымсыз байланыс жүйелерінің келесі буыны үшін мақсатты жұмыс жиілік диапазондарын миллиметрлік толқын (ммТолқын) ауқымына жылжытты. Мысалы, жабдықты әзірлеушілер жоғары жиілікті таратудың өміршеңдігін көрсету үшін ұялы байланыс операторларымен 5G NR сынақтарын өткізді. Бұл сынақтар 3,3 ГГц-тен 5,0 ГГц-ке дейінгі ортаңғы жолақты спектрде, сондай-ақ 28 ГГц және 39 ГГц жиіліктегі mmWave спектрінде жұмыс істейді, бұл әртүрлі спектр диапазондарында бірыңғай 3GPP негізіндегі 5G NR дизайнын көрсетеді.

Жоғары жиіліктер өткізу қабілеттілігінің үлкен болуын және бекітілген кіріс үшін антеннаның кішірек өлшемдерін немесе берілген антенна өлшемі үшін жоғары күшейтуді қамтамасыз етеді. Дегенмен, бұл базалық жолақ және РЖ конструкцияларында модемнің күрделілігін арттырады. Өнімділікті зерттеу үшін бізге 5G-дегі жаңа жиіліктер үшін нақты арна үлгісі қажет.

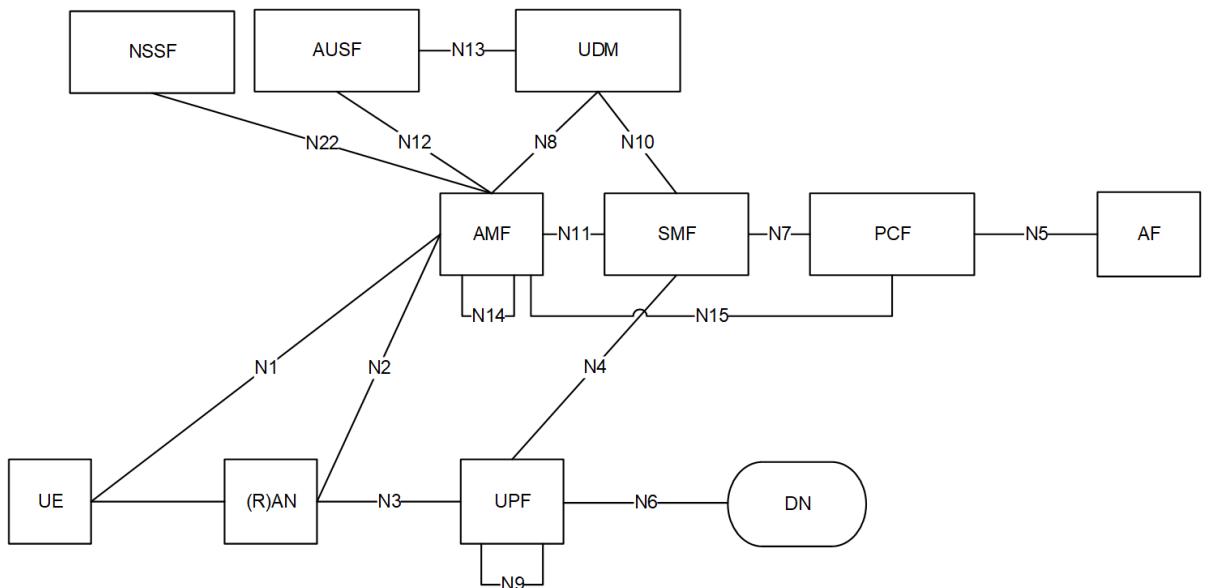
5G желісі келесі негізгі бағдарламалық модульдерді және желілік функцияларды (NF) қамтиды:



1.1-сурет – 5G желілік архитектурасы

Желілік функциялардың өзара әрекеттесуі.

- Қолжетімділік пен ұтқырлықты басқару функциясы (AMF-Access and Mobility Management Function);
- сессияны басқару функциясы (SMF-Session Management Function);
- пайдаланушы деректерін беру функциясы (UPF - User plane Function);
- пайдаланушы деректерін басқару модулі (UDM-Unified Data Management);
- біріздендірілген дерекқор (UDR-Unified Data Repository);
- құрылымданбаған деректерді сақтау жүйесі(UDSF-Unstructured Data Storage Function);
- желі қабатын таңдау функциясы (NSSF - Network Slice Selection Function);
- саясатты басқару функциясы (PCF-Policy Control Function);
- сыртқы қосымшалармен өзара әрекеттесуді қамтамасыз ету функциясы (NEF - Network Exposure Function);
- желілік функцияларды сақтау (NRF-NF Repository функциясы);
- қолданбалы функция (AF-Application Function);
- NAS протоколы (SMSF-SMS Function)арқылы қысқа мәтіндік хабар алмасуды қолдау функциясы;
- 3GPP емес қатынау желісімен өзара әрекеттесу функциясы (N3IWF - Non-3gpp InterWorking функциясы);



1.2-сурет – 5G желілік архитектурасы. Желілік интерфейстер

Қол жеткізуді басқару және ұтқырлық функциясы (AMF) қамтамасыз етеді:

- N1, N2 басқару жазықтығының интерфейстерін ұйымдастыру;
- N1 интерфейсі арқылы NAS сигнализациясын алмасуды ұйымдастыру, nas сигнализациясының тұтастығын шифрлау және қорғау;
- пайдаланушы терминалын (UE) желіде тіркеуді басқару және тіркеудің мүмкін күйлерін бақылау (RM-DEREGISTERED, RM-REGISTERED);
- пайдаланушы терминалының (UE) желіге қосылуын басқару және мүмкін қосылу күйін басқару (cm-IDLE, CM-CONNECTED);
- cm-IDLE күйінде желідегі пайдаланушы терминалының (UE) қол жетімділігін басқару;
- cm-CONNECTED күйінде желідегі пайдаланушы терминалының (UE) ұтқырлығын басқару;
- пайдаланушы жабдығы (UE) мен SMF арасында қысқа хабарлама жіберу;
- орналасқан жерді анықтау қызметтерін басқару;
- ue және LMF орынды басқару функциясы (Location Management Function) арасында, сондай-ақ RAN және LMF арасында хабарлама жіберу;
- EPS-пен өзара әрекеттесу үшін EPS деректер ағынының идентификаторын (Evolved Packet System) таңдаңыз;
- n3iwf (non-3gpp InterWorking Function) өзара әрекеттесу модулі арқылы 3GPP кіру желілерінің белгісіз стандарттарымен өзара әрекеттесу.

Сондай-ақ, AMF қауіпсіздікті басқарудың ішкі функцияларын, соның ішінде якорьді қауіпсіздік функциясын (SEAF), қауіпсіздік контекстін басқару функциясын (SCMF) және қауіпсіздік саясатын басқару функциясын (SPCF) қамтуы мүмкін.

## 1.6 SON технологиясы мен алгоритмдерін пайдаланып 4G/5G желілерін автоматты басқару

Өзін-өзі ұйымдастыру желісі - белгілі бір құрылымы жоқ желі, жаңа құрылғыны қосу, трафик сипатын және т. б. өзгерту кезінде тораптар арасындағы функцияларды өзгерту және таратату процессін жасайды [1].

Қазіргі өзін-өзі ұйымдастыру желілерінің тарихы 1970 жылдан бастап АҚШ Қорғаныс министрлігімен қаржыландырылған PRNET (Packet Radio Networks) құрылған сәттен басталады. Өзін-өзі ұйымдастыру желілерін құру мақсаты желіде жұмыс істеу, кез-келген жерде, тіпті қозғалыста да Интернет желісіне қол жеткізу мүмкіндігіне ие болу. Барлық бағыттаушы желілердің дамуымен, тұрақты құрылымсыз және байланыс арналарының өзгермелі сипаттамаларына бейімделуге қабілетті желілердің жаңа түрін пайдалану қажеттілігі туындады. Мұндай желілерді өздігінен ұйымдастырушы деп атай бастады. Алғашқы коммерциялық өзін-өзі ұйымдастырған мобильді желілер 2009-2010 жылдары АҚШ пен Жапонияда ашылды. Өткізгіштер желісінің жылдамдығына байланысты өзін-өзі ұйымдастыру, қатысу үлесіне қарай нысаналы (ad hoc) және ұяшықты (mesh) желілер деп бөлінеді. Латын тілінен аударғанда ad hoc сөзбе-сөз "бұл үшін, бұл жағдай үшін арнайы" дегенді білдіреді. Ad hoc және mesh желілерінің арасындағы негізгі айырмашылық, әдетте, ad hoc терминалдық желілерге жатқызады, ал Mesh - транзитті болып табылады [2].

Өздігінен ұйымдастырылған желі мынадай сипаттамаларға ие:

- өзін - өзі реттеу - жаңа қосылған құрылғыларды тану және желіде тіркеу. Бұл ретте көрші өзінің техникалық параметрлерін автоматты түрде түзетеді (мысалы, сәуле шығару қуаты, антеннаның еңісі және т.б.);

- өздігінен пайдалану - желі параметрлерін өзгерткен кезде құрылғы параметрлерін бейімдеу: пайдаланушылар саны, сигнал деңгейі, сыртқы кедергілер деңгейі және т. б.;

- өзін - өзі қалпына келтіру - автоматты түрде ақауларды табу және жою: желінің бас тарту тұрақтылығын арттыру үшін, желінің қандайда-бір тораптары істен шыққан кезде құрылғылар арасында функцияларды қайта бөлу.

Өзін-өзі ұйымдастыру желілерін ұйымдастыру үшін Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee, маршрутизация үшін - AODV, SAODV, ZRP, OLSR, LAR протоколдарын жиі қолданады. Төтенше жағдайларда сенсорлық желілерді жылдам өрістету: мысалы, зардап шеккендерді іздеу, жергілікті желілерде апат және т.б. ауқымын талдау үшін (HANET желісі), мысалы, ғимараттарды, үйлерді автоматтандыру жүйесін, жергілікті позициялау жүйелерін (RTLS) құру кезінде қолданылады. Көлік саласында ақылды көлік және ақылды трафик жүйесі үшін - VANET желісі қолданылады, толығырақ төменгі бөлімдерде танысамыз. Адамдар көп жиналатын жерлерде базалық станцияларды түсіру және мобильді құрылғылардың байланысын қамтамасыз ету үшін базалық станциялардың қатысуынсыз тікелей қолданылатын MANET желісі жұмыс жасайды [4].

Енді 5G дегеніміз не, пайда болуы мен адамдарға, қоршаған орта мен экономикаға деген әсері қандай екенін анықтап көрейік. Бесінші буынның ұялы байланыс стандарты (5G) - бұл радиоқатынау желісі арқылы Интернетке қол жеткізу мүмкіндігін кеңейтуге бағытталған технологияларды дамытудың жаңа кезеңі. Барлық ұялы байланыс желілерін стандарттауды 3-ші буын жүйелерін стандарттауға арналған серіктестік (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) 5G желісінің жобасын орындайды.

5G технологиясын шешуге арналған міндеттер:

- ұялы трафиктің өсуі;
- желіге қосылатын құрылғылар санын арттыру;
- жаңа қызметтерді іске асыру үшін кідірістерді қысқарту;
- жиілік спектрінің жетіспеушілігі.

5G желілеріндегі қызметтер:

1. жоғары кең жолақты ұялы байланыс (Extreme Mobile Broadband, eMBB) - "ауыр" контентті тарату мақсатында ультра кең жолақты байланысты іске асыру;
2. жалпы машина аралық байланыс (Massive Machine-Type Communications, mMTC);
3. (Ultra-Reliable Low Latency communication, URLLC) - өте төмен кідірістермен қызметтердің ерекше сыныбын қамтамасыз ету.

Өзіміз көріп отырғандай, жаңа буынға қойылып отырған талаптар мен қызметтер орасан зор. Бірақ оның да өзіндік себептері бар, тұтынушылар саны күннен күнге арту үстінде, сәйкесінше олардан түсетін сұраныс та арта түспек. Болашақта желіге әлдеқайда көп құрылғылар қосылады, олардың көпшілігі "әрқашан онлайн" қағидаты бойынша жұмыс істейтін болады. Бұл ретте, олардың төмен энергия тұтынуы өте маңызды параметр болып табылады[3].

Ұялы байланыс желілерін басқару процестерін автоматтандыру стратегиясын, ұялы байланыстың техникалық сипаттамаларын, 4G және 5G байланыс желілерінің өмірлік циклінің барлық кезеңдерін қамтитын, өзін-өзі ұйымдастыратын SON желілерін пайдалануға арналған технологиялық тұжырымдамада іске асырды. 3GPP техникалық сипаттамасында тұжырымдалған анықтамаға сәйкес, SON - бұл басқаруға және адамның басқару ісіне араласуын мейлінше азайта отырып, оның жұмысын автоматтандыру үшін ұялы байланыс желісі және басқару жүйесі пайдаланатын желілік технология.

4G және 5G мобильді желілеріне SON алгоритмдерін енгізудің негізгі мақсаты:

- зияткерлік мүмкіндіктерді кеңейту және басқару жүйелері мен пайдалану жүйесінде жасанды интеллектті қолдану;
- желіні орналастыру, пайдалану және оңтайландыру кезінде операторлардың капиталды және пайдалану шығындарын азайту (CAPEX/OPEX);
- желінің спектрлік тиімділігін, өнімділігі мен өткізгіштігін арттыру, радиожілікті жақсарту, келесі буынының (NG-RAN) радиоға қол жетімділік ресурстарын пайдалану тиімділігін арттыру.

Сондықтан бүгінгі таңда SON 4G және 5G желілерін дамытудың драйвері болып саналады. Алайда, SON желілік алгоритмдерінің дұрыс жұмыс істемеуі (мысалы, ұялы байланыс аймағын жаңартқаннан кейін және жаңа базалық станцияларды (BS) қосқаннан кейін) желінің қалыпты жұмысына қауіп төндіреді және желіге қосылған пайдаланушыларға қызмет көрсету сапасы төмендейді.

SON алгоритмдері 3GPP техникалық шарттарымен стандартталмағандығын ескере отырып [1], оператордың (желіні жоспарлаушы) араласуынсыз 4G және 5G желілерін адамның автоматты басқару мәселесі күн сайын күшейіп келеді.

3GPP тұжырымдамасына сәйкес, SON желілерінің техникалық шешімдері мен міндеттерін үш санатқа бөлуге болады [2]:

- желінің өзін-өзі конфигурациясы (SELF-конфигурациясы);
- желінің өзін-өзі оңтайландыру (SELF-Optimization);
- өзін-өзі қалпына келтіру желісі (SELF-Healing).

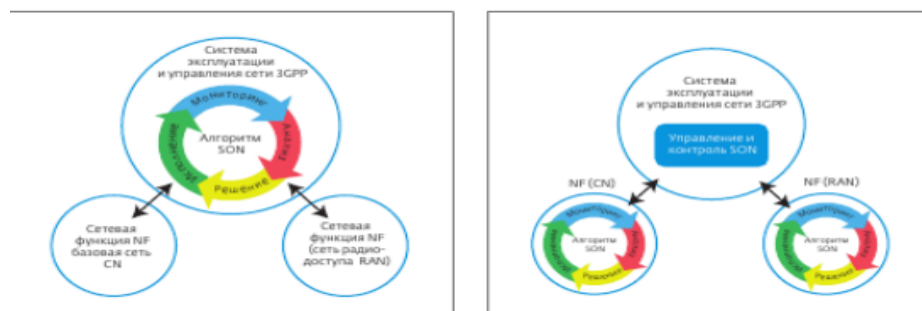
Бұл міндеттер LCM 4G және 5G желілерінің өмірлік циклінің барлық кезеңдерін қамтиды.

Желінің өзін-өзі конфигурациялау мәселесін шешуге арналған функциялар алдымен 8-шығарылымдағы LTE желілерінің желілік міндеттерінің қатарына қосылды [1]. 9-шы шығарылымда алғаш рет өзін-өзі оңтайландыру мәселелерін шешуге арналған функциялар желілік тапсырмалар қатарына қосылды. Олар қамтуды, өткізу қабілеттілігін, беру және кедергілерді оңтайландыру керек [4]. Желінің өзін-өзі сауықтыру мәселелерін шешуге арналған функциялар (сынған BS-ді автоматты түрде анықтау және жабдықтың жұмысындағы ақауларды жою, сонымен қатар параметрлердің автоматты параметрлері) негізінен 10 шығарылымға кіреді [5].

SON алгоритмінің негізгі архитектурасы үш түрде жүзеге асырылады: орталықтандырылған, таратылған және гибридті SON.

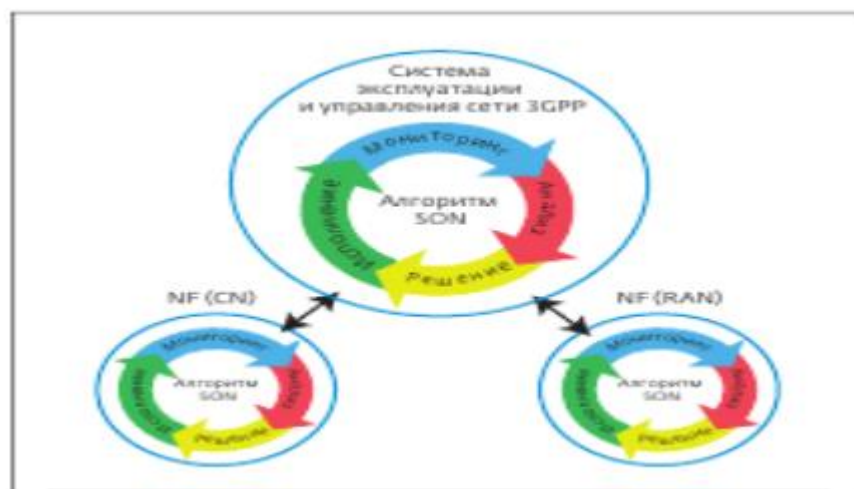
Орталықтандырылған SON (C-SON) SON алгоритмі 1.3-суретте көрсетілгендей, 3GPP ұялы желісінің OAM (пайдалану, басқару және техникалық қызмет көрсету) жүйесінде орналасқандығын білдіреді. Орталықтандырылған SON ұғымы LTE желілері үшін TS 32.500, ал 5G желілері үшін TR 28.861 анықталды. 3G-OAM, C-SON көмегімен мобильді желіні OAM басқару жүйесінде алынған мәліметтер негізінде жоғарыда аталған үш тапсырманың біреуін шешуге бағытталады, яғни желіні басқару деректерін талдайды, SON әрекеттері туралы шешім қабылдайды және SON алгоритмін қолданып әрекеттерді орындайды.

Таратылған SON (D-SON) - бұл (1.3-суретте көрсетілгендей), SON алгоритмі NF желілік функциясында (желілік модуль) орналасқан, өзіндік ұйымдастырушылық желі архитектурасы. NF желісінің функцияларына кіретін және RAN радиоқабылдау желісінде немесе CN негізгі желісінде локализацияланған D-SON пайдалану кезінде желілік оқиғаларды бақылайды, желі мәліметтерін талдайды.



1.3-сурет – Орталықтандырылған (C-SON) және таратылған (D-SON) SON архитектурасы

SON тапсырмалары туралы шешім қабылдайды және желіде қажетті SON алгоритмін орындайды. 3GPP мобильді желісіндегі OAM басқару жүйесі D-SON функцияларын басқару және бақылау үшін жауап береді. Бұл басқару мен бақылауға мыналар кіреді: D-SON функциясын қосу/өшіру, D-SON функциясы үшін саясат құру, D-SON функциясы үшін қосымша ақпарат (мысалы, сәйкестендіргіш мәндерінің ауқымы) және D-SON функциясының жұмысын бағалау. Таратылған D-SON түсінігі LTE үшін TS 32.500, ал 5G желілері үшін - TR 28.861-де көрсетілген.



1.6-сурет – Гибридті SON архитектурасы (H-SON)

Гибридті SON (H-SON) - бұл өзін-өзі ұйымдастыратын желі архитектурасы, онда SON алгоритмі 3GPP ұялы желісінің OAM басқару жүйесінде ішінара орналасқан және ішінара NF желісінің функциясына кіреді. Гибридті SON тұжырымдамасы LTE үшін TS 32.500, ал 5G үшін - TR 28.86, (1.4 - суретте көрсетілгендей). OAM мобильді желісін басқару жүйесі және NF желілік модулі (желі функциясы) гибридтік үлестірілген функциялар мен



алгоритмдерге негізделген SON алгоритмін толық орындау үшін бірге жұмыс істейді.

Өздігінен ұйымдастырылатын N-SON желісінің әрекеттерінің реттілігі туралы шешімді 3GPP ұялы желісінің OAM басқару жүйесі немесе NF желілік модулі (желінің функциясы) нақты қолданбалы сценарийлерге байланысты қабылдай алады. Оператор - желіні жоспарлаушы, SON жұмысын басқару процесіне араласатындығына байланысты, оның жұмыс процесі ашық цикл және жабық цикл басқару процесі болып жіктеледі.

## **1.7 Өздігінен ұйымдастырылатын SON желілерін халықаралық стандарттау**

Өзін-өзі ұйымдастыратын желілердегі 3GPP серіктестік жобасының техникалық сипаттамаларын талдауға бағытталған 8-шығарылым, өзін-өзі конфигурациялау мәселесін шешуге, жабдыққа бастапқы қондырғыларды орнатуға және оны біріктіруге байланысты SON функционалды мүмкіндіктеріне тұжырымдама мен талаптарды қалыптастырғанын көрсетті. Ұсынылған ANR тетігі - көрші BS-мен өзара әрекеттесуді автоматты түрде басқару, eNB жаңадан орналастырылған BS-де көрші ұяшықтардың тізімін құру кезінде LTE желісінің операторының техникалық персоналының қол жұмысының қысқаруын қамтамасыз етті.

Өзін-өзі оңтайландыру тұжырымдамалары 9-шығарылымда нақтылап көрсетілген. Бұл тұжырымдама SON алгоритміне басқару тетіктерін енгізді, мысалы, BS (MLB) арасындағы жүктемелерді теңдестіру, беру тұрақтылығын оңтайландыру (MRO), ұяшықшілік кедергілерді үйлестіру (ICIC) және кездейсоқ қол жеткізу каналын оңтайландыру (RACH). 10-шы шығарылымда SON технологиялары микроұяшықтар мен макроұяшықтардың (HetNet) өзара әрекеттесуін жақсарту, сонымен қатар қамту мен өткізу қабілетін оңтайландыру (CCO), жетілдірілген ICIC механизмі және сәтсіздікті анықтап, орнын толтыру механизмін алды. 11 шығарылымның тұжырымдамасына сенсек жетілдірілген жетекті (MDT) және энергияны үнемдеуді (ES) азайту тетіктерін енгізді, 11 шығарылымда енгізілген SON тетіктері гетерогенді желілерді автоматтандырылған басқаруға қатысты. Олар оңтайландыруды және ұтқырлықты жақсартуды, сондай-ақ әртүрлі радиокатынау технологиялары бар BS арасында беруді (HO) оңтайландыруды қамтиды. 12 шығарылымында ұяшықтардың тығыздығы жоғары аудандарға орналастыру, микроұяшықтарды жабу және оңтайландыру тетіктері ұсынылды.

13 шығарылымында лицензияланбаған спектрдің учаскелерін пайдалануға негізделген LTE-U жаңа технологиясы енгізілді. Сонымен қатар, бұл шығарылым OAM желісін басқару және басқару жүйесінің орталықтандырылған және үлестірілген SON архитектурасына арналған жетілдірулерді зерттеді, ол үлестірілген MLB қозғалтқышына, сондай-ақ жетілдірілген NM немесе орталықтандырылған CCO қозғалтқышына баса назар аударады. 14

шығарылымы SON-ға 5G талаптарын қанағаттандыруға және SON-ді белсенді AAS антенналарына, оларды автоматты басқару кезінде көлбеу бұрышты өзгертетін қолдануға бағытталған. 16 шығарылымы 5G желілерінің жабдықтарында қолданылатын барлық SON тетіктерін анықтады.

5G желілеріндегі SON үшін техникалық талаптар TR28.861 техникалық сипаттамасында көрсетілген: Техникалық сипаттама тобы қызметтері және жүйелік аспектілері; Телекоммуникацияны басқару; 5G желілері үшін өзін-өзі ұйымдастыратын желілерді зерттеу (SON) (16 шығарылым). 3GPP серіктестік жобасын зерттеумен қатар FP7 және FP8 (Horizon-2020) бағдарламаларының бірқатар еуропалық зерттеу жобаларында SON тетіктерін дамыту мәселелері қарастырылды. Бұл SOCRATES[6], Gandalf[7] және SELFNET[8] жобалары. Жобаларда қабылданған шешімдердің басым бөлігі жоғарыда аталған 3GPP шығарылымдарына енгізілді.

## **1.8 Желінің өзін-өзі конфигурациялау ерекшеліктері**

Желінің өзін-өзі конфигурациялау - бұрыннан құрылған eNB/gNB базалық станциялары үшін жаңадан орналастырылған 4G/5G желілерінің плагин-ойнату принциптеріне негізделген желілік параметрлердің динамикалық конфигурациясы. Өзін-өзі конфигурациялаудың тағы бір анықтамасы – бұл желінің жаңа элементін пайдалану процесі, яғни, инженердің минималды араласуымен eNB/gNB базалық станциясын басқару[4].

Бұл міндет жоспарлауға және орналастыруға байланысты ұялы байланыс желісінің өмірлік кезеңін қамтиды. Өзін-өзі реттеу алгоритмдері eNB/gNB базалық станцияны конфигурациялаудың бірқатар аспектілерін шешеді. eNB қосулы процесі - RAN радио байланысы желісінің элементтерімен және CN негізгі желісімен байланыс орнату арқылы жүзеге асырылады. eNB станциясы PCI ұяшығының физикалық сәйкестендіргішін, пайдаланылған тасымалдаушының жиілігін және сәулеленетін қуатты дербес теңшейді (настройка), бұл ұяшықтың жылдам жоспарлануына және желіде орналасуына әкеледі. Осыдан кейін eNB/gNB базалық станциясы S1 және X2 интерфейстері арқылы OAM жүйесімен байланыс орнатуға дайын және жұмыс режиміне өтеді. eNB/gNB конфигурацияланғаннан кейін ол өзін-өзі тексеріп, күй туралы есепті OAM желісін басқару орталығына жібереді. Қолмен жұмыс көлемін азайту үшін желілік инженерлер SON шешімінің құрамына кіретін көрші ұяшықтармен (ANR) автоматты әрекеттесу функциясын қолданады. ANR функциясы жаңадан орналастырылған eNB/gNB базалық станция үшін көрші ұяшықтар тізімін орнатады және желінің жұмысы кезінде осы тізімнің конфигурациясын оңтайландырады. ANR функциясы жаңадан орналастырылған eNB/gNB-ны теңшеу (настройка) үшін, қажет жұмысты азайту үшін, сонымен қатар жұмыс кезінде конфигурацияны оңтайландыру үшін қолданылады. Көрші ұяшықтардың дұрыс және ағымдағы тізімдері сәтті тапсыру санын көбейтеді және қабылданбаған қоңыраулар санын азайтады. Тапсырысты өткізер алдында

eNB көзіне көршілес ұяшықтар туралы ақпарат қажет: PCN және мақсатты eNB CGID. PCI сәйкестендіргіші eNB/gNB жасаған әр өлшеу есебіне қосылады. Желілік инженер белгілі бір ұяшықтарды блоктау үшін ANR ұяшығын қара тізімге ала алады, мысалы, гетерогенді желідегі ішкі ұяшықтардан сыртқы ұяшықтарға. 3GPP ANR жиілікте жұмыс жасайтын ұяшықтарға немесе басқа жиіліктерге қызмет ететін көршілес ұяшықтардың тізімдерін құратын және оңтайландыратын басқа радиотасымал технологияларын қолдана отырып анықтады. Сонымен қатар, SON өзін-өзі конфигурациялау тапсырмасы 1-деңгей идентификаторларының конфигурациясын қамтиды: Физикалық қабаттың ұяшық идентификациясы (PCI) және Global CGID. PCI және CGID-ті жоспарлауды OAM жүйесінен алынған ақпарат немесе абоненттік терминалдың хабарлама көмегімен, мақсатты ұяшықтағы тарату арнасындағы CGID-кодты декодтау мүмкіндігі арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. CGID-ті декодтау мүмкіндігі UE абоненттік терминалының қосымша функциясы болып табылады.

PCI индикаторы LTE/5G желісінің физикалық қабатын анықтайды (PSS/SSS ұяшықтың синхрондау сигналдарының жалған кездейсоқ тізбегі), синхрондау сигналдарын әр түрлі ұяшықтардан бөлуді кодтау үшін қолданылады және eNB/gNB негізгі базалық станциялардың сигналдарын ажыратуға мүмкіндік береді. Ол уақыт сигналына негізделген. Таңдалған PCI идентификаторы қақтығыстардың болмау шарттарын қанағаттандыруы керек, және де BS желілері арасында таратуда шатасулар туындамауы керек. PCI идентификаторын орталықтандырылған немесе таратылған түрде тағайындауға болады.

Орталықтандырылған тағайындау қолданылған кезде OAM жүйесі әрбір физикалық ұяшық үшін PCI-ны толық біледі және басқарады. Егер бөлінген тағайындау қолданылса, OAM жүйесі желідегі жаңадан орналастырылған eNB базалық станциясына мүмкін PCI тізімін тағайындайды, бірақ PCI таңдауды eNB базалық станциясы жасайды. Жаңадан орналастырылған eNB есепті абоненттік терминал (UE) радио интерфейсі арқылы немесе басқа eNB базалық станция арқылы X2 интерфейсі, соның ішінде бұрын қолданылған PCI арқылы жіберуді сұрайды. PCI-ді автоматты түрде тағайындау - қақтығыстар мен шатасуларсыз ұяшықтарды автоматты түрде идентификациялауға бағытталған [8].

SON функциялары мен алгоритмдерінің тиімділігін бағалау. SON желілерін ұяшықтар мен жүйелік инженерлердің коммуникациялық желілерді орнатуды және олардағы SON-ны қолдануды жоспарлайтын күрделі және маңызды міндеттерінің бірі - пайдалану немесе іске асыру кезінде олардың тиімділігін бағалау. C-SON орталықтандырылған желісін іске асыру нарықта AMDOCS, Ingenia Telecom және Cisco сияқты әзірлеушілермен ұсынылады. Таратылған D-SON шешімдері вендорлар үшін әдеттегіден гөрі күрделі және әр түрлі жеткізушілердің желілік шешімдерінің оңай өзара әрекеттесуіне жол бермейді, сондықтан SON желілерінің тиімділігін бағалау сонымен қатар әр түрлі D-SON нұсқаларын қолдануды үйлестіру үшін қажет. Соңғы кездері Qualcomm және Airhop сияқты вендорлар SON негізгі өнімі ретінде таратылған

D-SON ұсына бастады, өйткені шағын ұялы және HetNet-желілер үшін мс. өлшенетін D-SON жауап берудің өте қысқа уақыты талап етіледі[3].

Сонымен, орындалған функциялар мен SON алгоритмдерінің әр түрлі пайдалану жағдайларының тиімділігін зерттеу мен бағалаудың мақсаты мыналар болуы керек:

- SON тиімділігін бағалау әдістерін анықтау және көрсеткіштерін таңдау;
- вендорлар әзірлейтін SON алгоритмдерінің тиімділігін бағалау;
- ұялы байланыс желісі OAM жүйесінде болса, ең жақсы SON алгоритмін таңдау;

- SON арқылы қол жеткізуге болатын артықшылықтарды бағалау;
- желіні қолмен оңтайландырумен салыстырғанда артықшылықтарды бағалау.

- [19]-да көрсетілгендей, енгізілген функциялар мен SON алгоритмдерін бағалау кезінде тиімділік критерийі ретінде келесілерді таңдау ұсынылады:

- GoS/QoS сияқты ұялы байланыс желілеріне қызмет көрсету және қызмет көрсету сапасы;

- БС/желінің қамту деңгейі;
- БС/желінің өткізу қабілеті және абоненттік сыйымдылығы;
- операциялық шығындар (OPEX);
- күрделі шығындар (CAPEX).

SON алгоритмін қолданғанға дейін және одан кейін GoS/QoS сияқты ұялы байланыс желісінде қызмет көрсету және қызмет көрсету сапасының параметрлерін келесі жұмыс көрсеткіштерінің көмегімен бағалауға болады:

- блокталған қоңыраулардың салыстырмалы саны (Call blocking ratio);
- үзілген қоңыраулардың салыстырмалы саны (Call dropping ratio);
- сәтті қоңыраудың салыстырмалы саны (Call success ratio);
- пакеттерді кідірту (Packet delay), Transfer time;
- өткізу қабілеті (roughput);
- жоғалған пакеттердің салыстырмалы саны (Packet loss ratio);
- MOS қабылданатын сөйлеу сапасының көрсеткіші (Mean opinion score).

SON алгоритмінің қамту көрсеткіштерін келесі критерийлер бойынша бағалауға болады:

- SNR сигнал/кедергі қатынасының берілген мәнімен анықталатын БС қамтуының шамасы;

- Деректерді беру жылдамдығымен анықталатын БС қамту шамасы;
- BS желісінің жиынтық қамтуының мәні және желінің сыйымдылық индексі (Capacity Index).

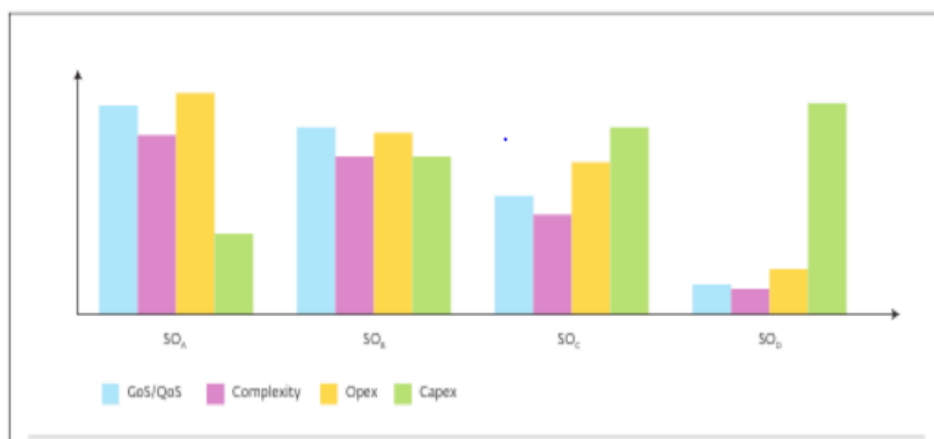
Желі сыйымдылығын екі деңгейде қарастыруға болады: ұялы немесе бүкіл желі қызмет көрсету саласы. Жаңа базалық станцияны қосу ұядағы өткізу қабілетін ұлғайтпайды. Шын мәнінде, SON алгоритмін қолдану арқылы ұяшық ішілік интерференция деңгейі жоғарылаған сайын ұялардың өткізгіштік қабілеті төмендейді. Алайда, қызмет көрсету аймағында желінің өткізу қабілеттілігі артуы мүмкін, өйткені көбірек BS пайдаланылады.

Енгізілген функциялар мен SON алгоритмдерінен қосымша кіріс алу критерийі қосылған базалық станциялардың есебінен жаңа сайттағы трафиктен оператордың қосымша кіріс әкелуіне негізделген. Алайда, оны бағалау қиын, сондықтан бұл көрсеткіш тиімділікті бағалау үшін қолайсыз болып саналады.

CAPEX индикаторы негізінде іске асырылған SON функциялары мен алгоритмдерінің тиімділігін бағалау таңдалған бағалау стандартына байланысты болады. Егер BS қолмен жоспарлау нәтижесінде қосылса, бұл CAPEX желісінің төмендеуін білдіреді, бірақ бұл SON функциялары мен алгоритмдерін қолдану арқылы болмас еді. SON пайдалану сценарийі негізінде сайттарды таңдау жаңа базалық станциялардың қажет болатын жерлерін дұрыс таңдауға әкелуі мүмкін, және SON пайдалану желіге қажет емес сайттарды қосудан аулақ болуға көмектеседі, бұл жағдайда SON пайдалану операторлық капитал шығындарының азаятынын білдіреді. SON-тың CAPEX-ке әсері сайттар санының азаюымен қатар, сайттарға SON енгізілуіне байланысты желілік жабдықтардың жалпы құнының өсуімен де байланысты болады. SON пайдалану үшін OPEX негізделген индикатордың әсерін бағалау үшін желіні оңтайландыру кезінде жоспарлаушының сайтты таңдаудың әр кезеңіне кететін шығындарын анықтау қажет. Осы қадамдардың әрқайсысы үшін SON функциялары мен алгоритмдерін қолдану нәтижесінде қандай қадамдар қажет емес екенін және оператор үшін OPEX үнемдеуін бағалау керек. 1.5-суретте LTE желісін моделдеу кезінде алынған төрт түрлі SON алгоритмдерін пайдаланудың тиімділік көрсеткіштерінің мысалдары көрсетілген [4].

Алынған нәтижелеге сәйкес SON – SOA өздігінен оптимизациялаудың алгоритмі ең аз CAPEX-ке қол жеткізуге мүмкіндік беретін максималды тиімділікке ие. Бірақ бұл үшін көптеген өлшеулер (оңтайландыру күрделілігі) және уақыт бірлігінде параметрлерді түзету (оңтайландыру үшін оператордың араласуы жағдайында OPEX өсуі) қажет. SON-SOD ең аз күрделі алгоритмі ең нашар өнімділік пен ең көп күрделі шығындарды қамтамасыз етеді.

Өкінішке орай, әр түрлі өлшемдік көрсеткіштермен және ұялы байланыс желілерінің әр түрлі сипаттамаларына қатысты пайдаланудың әртүрлі сценарийлері үшін SON функциялары мен алгоритмдерінің тиімділігін бағалауға белгілі тәсілдер тиімділіктің бірыңғай интегралдық көрсеткішін енгізуге мүмкіндік бермейді, бұл салыстырмалы әдіс "көп-кем" негізінде тек сапалы бағалау мүмкіндігіне әкеледі. SON желісін инвестициялық жоба ретінде және 4G/5G желісін басқарудағы инновация ретінде қарастыра отырып, белгілі көпкритериалды талдаудың танымал әдістерінің бірін қолдана отырып, SON тиімділігінің интегралды индикаторын ұсынатын осындай көпкритериалдық бағалау мәселесін шешуді ұсынған жөн [5].



1.5-сурет – LTE желісін моделдеу кезінде алынған төрт түрлі SON алгоритмдерін пайдаланудың тиімділік көрсеткіштерінің диаграммасы

Мұндай зерттеулерді мультикритериалды бағалау әдісін қолдана отырып және әртүрлі пайдалану сценарийлері үшін функциялар мен SON алгоритмдерінің тиімділік көрсеткіштерін ескере отырып жүргізу сараптамалықбағалау әдістерін қолдану негізінде таңдалған бағалау критерийлерінің әрқайсысының мәні мен салмағын анықтауды және оны әр өлшемді қалыпқа келтіру үшін әр көрсеткішті қалыпқа келтіруді талап етеді.

Кесте 1.2 – Мобильдік байланыс жүйелерінің сипаттамасы

| Ұрпақтар          | 3G                                  | 4G  | 5G  |
|-------------------|-------------------------------------|---|---|
| Басталу кезеңдері | 1990                                | 2000  | 2013  |
| Жүзеге асу        | 2002                                | 2008-2010   | 2018-2020   |
| Сервистер         | Үлкен сыймдылық, жылдамдық 2 Мбит/с | Үлкен сыймдылық, IP желісі, мультимедиа, секундына 100 мегабит    | Үлкен сыймдылық, IP желісі, мультимедиа, секундына 100 мегабит    |
| Тарату жылдамдығы | 2 Мбит/с                            | 100 Мбит/с – 1 Гбит/с   | 1 Гбит/с - 10 Гбит/с  |
| Стандарт          | WCDMA CDMA 2000, UMTS               | LTE-Advanced, WiMax Release 2 (IEEE 802.16m), WirelessMANAdvanced | LTE-Advanced, WiMax Release 2 (IEEE 802.16m), WirelessMANAdvanced |
| Желі              | Мәліметтерді пакетпен тарату        | Мәліметтерді пакетпен тарату                                      | Мәліметтерді пакетпен тарату                                      |

## 2 5G стандарттағы әлеуетті технологиялар мен қойылатын талаптар

### 2.1 5G техникалық мінездемесі

5G (сымсыз жүйелердің 5-ші буыны) - бұл бүгінгі таңда кейбір зерттеу жобаларында алдыңғы ұрпақ стандарттарына сәйкес келетін келесі ұялы байланыс стандарттарын белгілеу үшін қолданылатын атау (дәстүрлі 3G және 4G ресми түрде енгізілген). Алайда осы жүйелерді белгілеу үшін ХЭО (Халықаралық электрбайланыс одағы) осы жүйелердің атауларын "IMT2020" деп ұсынды.

5G мобильді байланыс технологиясы келесі мінездемелерге ие:

- сызық бойынша төменгі жылдамдығының ең жоғарғы мәні 20 Гбит/с (яғни, базалық станциядан мобильге дейін); және кері бағытта 10 Гбит/с жылдамдыққа ие болады.

- абоненттің практикалық жылдамдығының 100 Мбит/с әрі одан да көп өсуі.

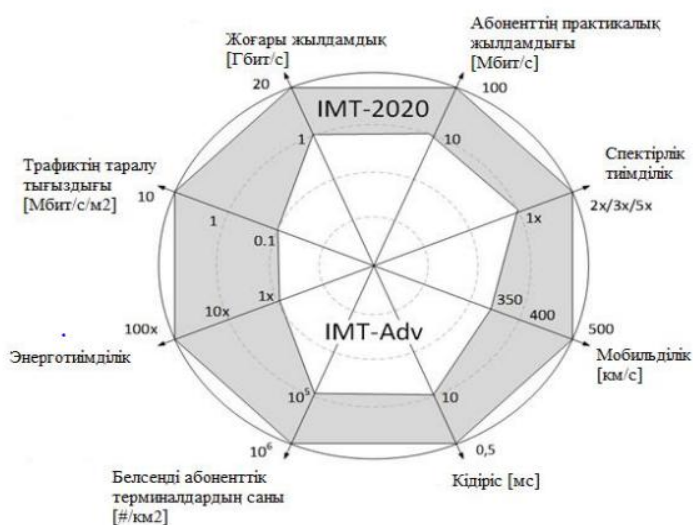
- спектрлік тиімділігінің 2-5 есе артуы (сызық бойынша төмен - 30 бит/с, сызық бойынша жоғары - 15 би/с).

- энерготиімділігінің 2 қатарға жоғарылауы. Бұл интернет құрылғыларына 10 жыл бойы аккумулятор қуаттамай жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

- радиоинтерфейсте уақытша кідірісті 0,5 мс дейін (URLLC машинааралық байланыс сервистері үшін) және 4 мс дейін (eMBB аса кеңжолақты ұялы байланыс сервистері үшін) қысқарту.

- абоненттің қозғалыс жылдамдығын 500 км/с дейін арттыру.

- қосылатын құрылғылардың жалпы санын 1 млн./км<sup>2</sup> арттыру. Төменде төртінші буын мен бесінші буынның техникалық сипаттамаларына салыстырмалы сурет көрсетірген (2.1 сурет).



2.1-сурет – 4G мен 5G-дың техникалық сипаттамасы

Осы уақытқа дейін әлемде төрт ұялы байланыс буыны болды. Қазіргі уақытта операторлар жабдықты жеткізушілердің (вендорлардың) қолдауымен бесінші буын желілерінің мүмкіндіктерін белсенді тестілеуде, оның коммерциялық өркендеуі 2022 жылға қарай күтілуде. Мұны түсіндіру оңай: он жыл ережесі бар. Егер өткенге қарар болсақ, ұялы байланыстың әрбір жаңа буыны алдыңғы пайда болғаннан кейін шамамен 10 жылдан кейін пайда болғанын байқауға болады: бірінші ұрпақ 80 - жылдардың басында пайда болды, екінші ұрпақ 90-жылдардың басында, үшінші ұрпақ 00-жылдардың басында, төртінші 2009 жылы пайда болды. 5G коммерциялық желілері әлемді 2020 жылы толтыра бастайды деген қорытынды туындайды.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып және жаңа шешімдерді сипаттау кезінде белгілеу қарапайымдылығына сүйене отырып, осы дипломдық жұмыста біз "5G" терминін пайдаланатын боламыз. Қазіргі таңда желіде өте аз уақыт кідірістерін талап ететін көптеген қосымшалар бар (қашықтықтан зондтау, жол қозғалысының қауіпсіздігі, өндірістік процестерді басқару және т. б.), желі сенімділігінің жоғары деңгейі (сындарлы инфрақұрылымды басқару - электрмен жабдықтау желілерін беру, өнеркәсіптік бақылау және көлік, телемедицина, "ақылды" қала мен үйді басқару сияқты өмірлік маңызды әлеуметтік функцияларды қамтамасыз ету) және деректердің әртүрлі көлемін жылдам берудің тиісті форматтары (үлкен көлемдер және - қашықтық бақылау кезінде, шағын көлемде-жүктердің қозғалысын және т. б. бақылау кезінде).

## **2.2 5G-ге қойылатын негізгі талаптар**

Бұл талаптар алдын ала ХЭО-R жұмыс құжатында және төменде қарастырылған бірқатар зерттеу жобаларында тұжырымдалған. Сандық көрсеткіштер түріндегі белгіленген талаптар 2.1-кестеде келтірілген.

5G-ге қойылған талаптар келесідей бөлінген:

- шағын ұяшықтары бар жаңа әуе интерфейсі (New Cell Interface) - сигналдардың жаңа формаларына, дәлірек айтқанда-көпше қол жеткізудің жаңа әдістеріне, дуплекстің жаңа типтеріне (New duplexing), қарапайым және икемді хаттамаларға (Light MAC) және неғұрлым жоғары ретті модуляцияларға, ұяшықаралық өзара іс-қимыл және үйлестіру механизмдеріне (Multi - cell cooperation), кедергілерді басудың/пайдаланудың тиімді әдістеріне, көп өлшемді антенналық жүйелерде (Massive MIMO) және m - көп қабатты тарату үшін бағытталған шоғырдың үш өлшемді құрылымы (MU 3D Beam forming);

- радиожилік – жоғары жиілікті диапазондарды, оның ішінде миллиметрлік толқын диапазонын пайдалану, лицензиялаудың жаңа режимдері, лицензиялық және лицензиялық емес жұмыс диапазондарын пайдалану, спектрді бірлесіп пайдалану, жабық және сыртқы жағдайларда спектрді құрамдастырылған күйде пайдалану (indoor-outdoor operation);

- зияткерлік және бейімді желі - желілік ресурстарды стохастикалық және бейімді пайдалану (зондтау спектрі) және оны когнитивті радио (Cognitive radio



and network), өзін-өзі теңшейтін және автоматтандырылған желілер/Plug & Play, төмен және "зияткерлік" энергия тұтыну (энергияны аз және ұтымды пайдалану);

- радиокатынау желісінің жаңа архитектурасы (New NW Architecture) - иерархияның және ресурстарды басқарудың әртүрлі деңгейлерімен аралас ұяшықтарды гетерогенді хет-сатылымда (аралас ұяшықтар және Het-Net басқару), орталықтандырылған және бұлтты RAN (RAN/облако RAN) , SDR және SDN үшін қайта жаңғыртылатын радио және желілік элементтерді (SW Defined Radio/Networks) пайдалану деректерін және басқару ақпаратын (қызметтік командалар) әртүрлі физикалық орталарда (Separation of data & control planes) беру, желі құрылымын алмасу (Network sharing).

Жалпы ой бойынша, 2021 жылдың соңына және одан кейін 5G жүйелері кез келген жерде және кез келген уақытта ақпаратқа шектеусіз қол жеткізуді қамтамасыз етуі тиіс. Бұл мақсатқа қол жеткізу үшін қазіргі заманғы кеңжолақты қатынау желілеріне қарағанда қосымшалар мен құрылғылардың әлдеқайда көп түрлілігі болуы қажет. 5G тұжырымдамасы - бұл қарапайым желі технологиясы деуге келмейді. 5G әр түрлі сценарийлердің көмегімен адамдар мен құрылғылар арасында сымсыз кіру және байланыс үшін ортақ орта ретінде қарастырылуы керек. 5G желілік ортасы "интернет заттар", "желілік қоғам" және машинаға бағытталған коммуникациялар (M2M-machine - to machine, D2D-device - to device) түрінде адам жаратылысынан тыс шығады. Осы қосымшалардың 23 арқасында 5G біртұтас технология болмайды, керісінше (әсіресе бастапқы кезеңде) бұл әр түрлі радиотехнологиялардың, ең алдымен HSPA және LTE-дің жетілдірілген нұсқаларын, сондай-ақ жаңа радиокатынау технологияларын біріктіретін болады.

Кесте 2.1 – 5G желілеріне қойылатын негізгі техникалық талаптар

| Параметрі                               | Мәні  |
|---|---|
| Деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы | 10-50 Гбит/с (DL); 100 Мбит/с - 1 Гбит/с (UL)         |
| Спектрлік тиімділік                     | 5x (LTE-A-мен салыстырғанда )                         |
| Радиоинтерфейсте уақытша кідіріс        | 1 мс  |
| Абоненттік ұтқырлық                     | 500 км/с-қа дейін                                     |
| Абоненттік трафик                       | 500 Гбит/айына  |
| Трафикті тарату тығыздығы               | (1-10) Тбит/с/км <sup>2</sup>                         |
| Абоненттік құрылғылар саны              | (106-107)/км <sup>2</sup> (бір ұяшыққа 300 000 дейін) |
| Батареяның қызмет ету мерзімі           | 10  |
| Энергия тиімділігі                      | 10% дейін төмендетілді (4G-мен салыстырғанда)         |

Кейбір бағалаулар бойынша, тіпті GSM құрылғылардың арасында қысқа пакеттерді жылдам жылдамдықта таратуда да рөл атқарады, әлемнің көптеген бөліктерінде 2021 жылға дейін маңызды радиотехника болып қала береді.

Сондықтан, 5G туралы айтатын болсақ, әңгіме қолданыстағы технологияларды ауыстыру туралы емес, олардың дамуы мен жаңа технологиялармен толықтырылуы туралы болып отыр. Жалпы, 5G қолданыстағы стандарттарды әзірлеу + жаңа технологиялар. 3G (IMT-2000) және 4G (IMT Advanced) жүйелерінің дамуы орта мерзімді перспективада (шамамен 2021 жылға дейін) дамиды деп күтілуде, өйткені олар жетілдіруді жалғастырады және өзінің функционалдығы үшін үлкен әлеуетке ие.

Орта мерзімді перспективада, 2020 жылдан бастап, кеңейтілген мүмкіндіктері бар және жаңа, неғұрлым жоғары жиілік диапазондарын, тіпті миллиметрлік толқындар диапазонына дейін қолдана отырып, IMT-2020 радиоқолжеткізудің принципті әр түрлі технологияларының болуы күтілуде.

### **2.3 5G стандарттау және зерттеу бағдарламалары**

5G стандарттағы әлеуетті технологиялар:

1) Көлемді MIMO. MIMO технологиясы бірнеше антенналарды қабылдағышта пайдалануды білдіреді, сонымен қатар, егер қазіргі уақытта желілерде MIMO 2x2 және 4x4 пайдаланылса, болашақта антенналар саны артады. Бұл технология қолдану үшін бірден екі салмақты аргументке ие:

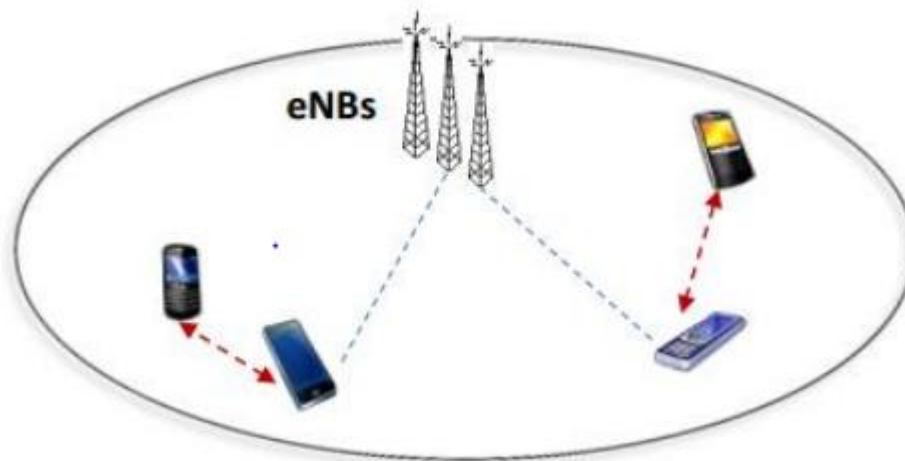
1) деректерді беру жылдамдығы антенналардың санына пропорционалды түрде өседі;

2) сигналдың сапасы таратылып алынған қабылдау есебінен бірнеше антеннаны бірден қабылдаған кезде жақсарады (Receive Diversity);

3) Сантиметрлік және миллиметрлік диапазонға өту. 5G стандартының ұялы байланыс желілерінің толыққанды жұмыс істеуі үшін желілерді еркін жоғары жиілікті диапазондарда тарату қажет. Ақпарат берілетін жиілік артқан кезде байланыс қашықтығы азаяды (яғни байланыс ауқымы төмендейді). Бұл физиканың заңы, оны санитарлық нормалармен шектелген таратқыштың қуатын арттыру арқылы айналып өтуге болады. Алайда, бесінші буындық желілердің базалық станциялары қазіргіден гөрі тығыз, өйткені желінің сыйымдылығын едәуір кеңейту қажет;

4) Мультитехнологиялық. 5G желілерінде жоғары сапалы қызмет көрсетуді қамтамасыз ету үшін UMTS, GSM, LTE және басқа да, мысалы, Wi-Fi сияқты қолданыстағы стандарттарды қолдау қажет. Wi-Fi технологиясы бойынша жұмыс істейтін базалық станциялар аса жүктелген жерлерде трафикті түсіру үшін пайдаланылуы мүмкін;

5) D2D (Device-to-device). Device-to-device технологиясы бір-біріне жақын орналасқан құрылғыларға 5G желісінің қатысуынсыз тікелей деректерді алмасуға мүмкіндік береді, оның ядросы арқылы тек сигнал трафигі өтетін болады (2.2 сурет). Мұндай технологияның артықшылығы деректерді беру спектрдің лицензияланбайтын бөлігіне ауыстыру мүмкіндігі болып табылады, бұл желіні қосымша жүктеуге мүмкіндік береді.



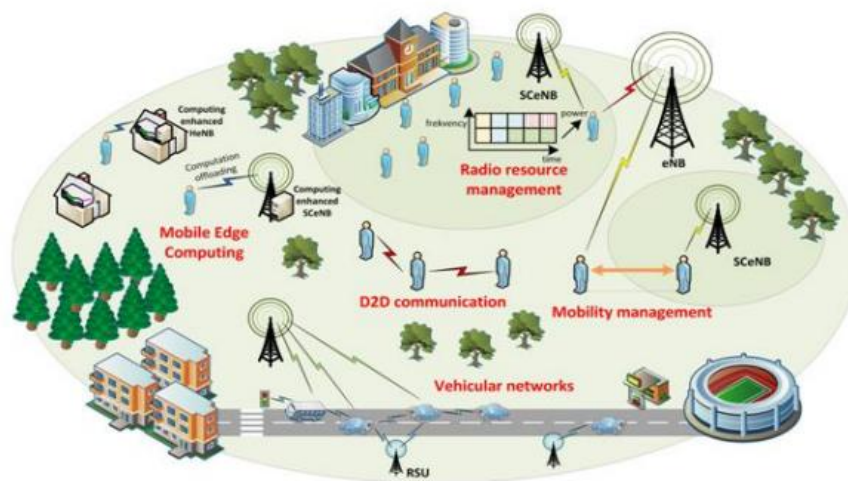
2.2-сурет – D2D технологиясының жұмыс істеу принципі

6) 5G желілеріндегі жаңа радиоинтерфейс. 5G радиоинтерфейсіне келетін болсақ, төртінші буын желілерімен (4G) салыстырғанда спектралдық тиімділікті 3 есе арттыру жоспарлануда. Бұл бір ғана ендікте өткізу жолағының 3 еседен артық берілуіне, яғни 1 Гц-ға 6 бит/сек-қа жуық мүмкіндік береді. Жаңа радиоинтерфейс икемді, жеңіл конфигурацияланатын және кері 4G және 3G желілерімен үйлесімді болады. Huawei компаниясы жаңа интерфейс үшін келесі шешімді ұсынды:

SCMA ( Sparse Mode Multiple Access) – абсолютті код негізінде абоненттерді бөлу, әрі бұл ретте жеткізілімді растаудың қажеті жоқ. Бұл технологияда бір жиілік ресурсындағы әр түрлі пайдаланушылардың биттік ағындары арнайы жиынтықтан код кітапшасы деп аталатын кодты сөзге тікелей айналдырылады. Бұл кодтар шартты түрде квазиортогоналды деп аталады және бұл кодтардың саны өте үлкен әрі екі өлшемді құрылымы бар. Яғни, бастапқы сигнал кодтар кітабына түсіріліп, нәтижесінде түрленген сигнал радиоинтерфейске жіберіледі. Приемниктегі сигналды қалпына келтіру процесі де код кітапшасының көмегімен жүзеге асырылады.

F-OFDM (Flexibel OFDM) – жетілдірілген OFDM технологиясы икемді тасушылар бөлуге, таңбалардың ұзындығын және циклдік префиксті өзгертуге мүмкіндік береді. Яғни, әр тапсырма үшін өзіндік параметрлер жиынтығы қолданылады.

Polar Code-кодтаудың субквадраттық күрделілігі бар технология. Арнаны поляризациялау құбылысына негізделген сызықтық түзетуші код болып табылады. Полярлық кодтар жиілік спектрін 3 есе арттыруға мүмкіндік береді, желілік күрделілікті декодтауды жүргізуге және деректерді беру жылдамдығын айтарлықтай арттыру мақсатында қолданылады.



2.9-сурет – 5G желілері үшін тиімді технологияларды қысқаша суреттеу

Кесте 2.1 – 5G технологиялары үшін тиімді технологиялар

| № | Технологиясы  | Функциясы  | № | Технологиясы           | Функциясы  |
|---|---|--|---|------------------------|--|
| 1 | Novel Multiple Access                                   | - Кол жеткізу технологиясы   | 5 | Flexibel Duplex-       | Жоғары және төмен желілер бойынша трафикті икемді беру   |
| 2 | Filter Bank Multicarrier/Universal Filter Multi-Carrier | Спектрлік тиімділікті жақсарту<br>- арналық іріктеуді оңтайландыру<br>- «КОГНИТИВТИ радиода 5G қолдану | 6 | Ultra-dense networking | - виртуалдау технологиясы есебінен аса тығыз желілерді ұйымдастыру<br>- абоненттердің көп санына қызмет көрсету<br>- бір-бірімен бір мезгілде өзара іс-қимылды ұйымдастыру |
| 3 | Advanced Coding and Modulation                          | -жақсартылған модуляция және кодтау технологиялары жиынтығын қолдану                                   | 7 | New Full - Duplex      | - турлі тапсырмалар үшін бір жиілікті пайдалану  |
| 4 | Low latency & high reliability                          | - желі кідірісін азайту<br>- желінің сенімділігін арттыру  | 8 | Spectrum sharing       | - әртүрлі деңгейде әртүрлі кол жеткізу технологияларымен жиіліктік спектрін бірлесіп пайдалануды ұйымдастыру   |

Төменде желілік элементтердің виртуалдануын және функционалдығын (SDN/NFV), радиоқатынау бұлтты технологияларын (Cloud RAN) енгізуді және көлік желісін виртуалдандыруды (Virtualized Backhaul) ескере отырып, 5G/IMT2020 желілік инфрақұрылымын құру бойынша жоғары деңгейдегі талаптар қарастырылған.

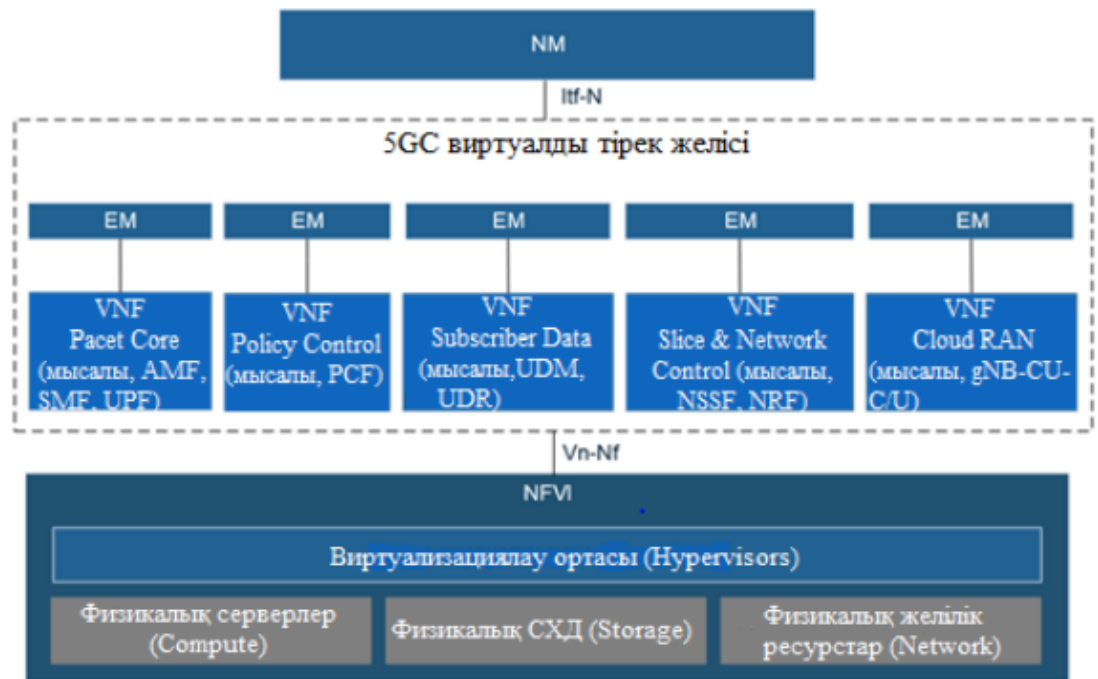
1. NFV виртуализация технологиясы бағдарламалық жасақтаманы физикалық қондырғылардан ажыратуға, атап айтқанда әмбебап жабдықта - IT-серверлерде телекоммуникациялық жабдықтың функцияларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Өнімділігі жоғары бір физикалық серверде виртуализация бағдарламалық жасақтамасын (гипервизорды) пайдалану арқылы бірнеше виртуалды серверлерді (немесе VM) олардың операциялық жүйелерімен және виртуалды коммутатор арқылы бір-бірімен байланысатын бағдарламалық жасақтамамен ұйымдастыруға болады. Сонымен бірге виртуалды серверлер физикалық серверлердің ресурстарымен бөліседі.

5GC желісінің негізгі ерекшелігі - виртуализация технологиясын қолдану - VNF виртуалды желі функцияларын қолдана отырып, телекоммуникациялық модульдерді (5G Core network функциялары) жүзеге асыру (2.10-сурет).

5G/IMT-2020 желісінің деректерді өңдеу орталығы NFV виртуалды желілік инфрақұрылымы MANO басқару және оркестрлік жүйенің құрылысына қатысты 3GPP және ETSI техникалық сипаттамаларына сәйкес келуі керек.

NFV виртуалды инфрақұрылымы байланыс қызметтерінің талаптарына бейімделген икемді, кеңейтілетін байланыс желісін құруға мүмкіндік береді және әдеттегі жоғары өнімді және сенімді деректер орталығы инфрақұрылымын пайдалану арқылы TCO (Total Cost of Ownership - меншіктің жалпы құны) желісіне иелік ету құнын азайтады.

Виртуалды инфрақұрылымның кемшілігі пайдаланушылар трафигін өңдеу (User Plane жазықтықының деректер пакеттері) үлкен ресурстарды қажет ететін сервер деңгейінде жүзеге асырылады. Бұл жетіспеушілікке SDN бағдарламалық жасақтамасымен анықталған желі тұжырымдамасын қолдану арқылы қол жеткізуге болады.



2.10-сурет – 5G/IMT-2020 инфрақұрылымның желілік элементтерін  
Виртуалдандыру

2. Software Defined Network (SDN) - бұл деректерді беру қабатының функцияларын, коммутатордың басқару қабатының функцияларынан және оған берілетін трафиктен бөлуге мүмкіндік беретін технология. Мұндай тәсіл зияткерлік компонентті желілік құрылғыдан арнайы серверге беруді және нәтижесінде желілік элементтерді - коммутаторларды, маршрутизаторларды барынша жеңілдету мен арзандатуды қамтиды.

SDN технологиясы келесі мәселелерді шешуге бағытталған:

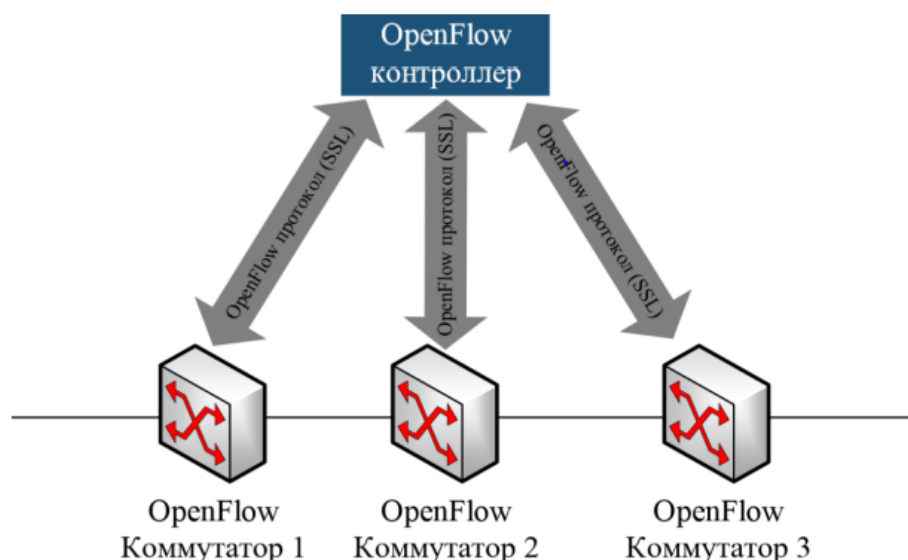
- өткізу қабілетін басқару тетіктерінің тиімділігін арттыру;
- желіні басқаруды жеңілдету және оның автоматтандыру деңгейін жоғарылату;
- желінің масштабталуын арттыру;
- желілік қауіпсіздікті нығайту;
- маршруттаудың тиімділігін арттыру;
- күрделі шығындар мен пайдалану шығындарын азайту.

SDN-тәсілдің негізгі идеясы:

- желілік жабдықты басқаруды әдеттегі жеке компьютерде жұмыс істей алатын және желі администраторының бақылауында болатын арнайы бағдарламалық қамтамасыз етуді құру есебінен деректерді беруді басқарудан бөлу;

- желілік жабдықтың жеке даналарын басқарудан желіні тұтастай басқаруға көшу;

- желілік бағдарлама мен желінің көлік ортасы арасында интеллектуалды бағдарламалық-басқарылатын интерфейс құру. OpenFlow хаттамасына негізделген бағдарламалық анықталған SDN-нің негізгі компоненттері (2.11-сурет):



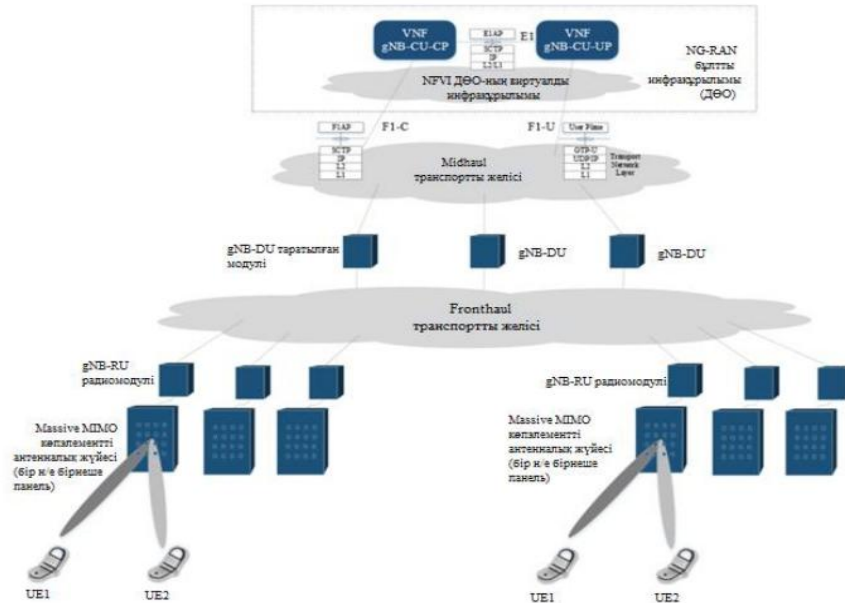
2.11-сурет – OpenFlow хаттамасы бойынша контроллермен коммутаторлардың өзара әрекеттесу сұлбасы

- OpenFlow коммутатор;
- OpenFlow контроллер немесе желілік операциялық жүйе;
- Қорғалған арна, ол арқылы контроллер мен коммутатордың өзара әрекеттесуі жүзеге асырылады (көп жағдайда берілетін хабарларды қорғау үшін TLS (transport layer security - транспорттық деңгейдегі қорғау хаттамасы) қолданылады, алайда шифрлаусыз берілуі мүмкін).

Бағдарламалық-жасақтамамен анықталған SDN желісінің инфрақұрылымы OpenFlow ашық хаттамаларына сәйкес құрылуы тиіс, біртұтас болуы керек және мультивендорлық техникалық шешімдерді іске асыру мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс. SDN бағдарламалық-анықталатын желісінің желілік инфрақұрылымы жоғары коммутациялық сыйымдылықпен және деректерді беру жылдамдығымен желілерді құруға мүмкіндік береді.

Cloud RAN – NG-RAN радиокатынау желісінің бұлтты инфрақұрылымы. NG-RAN бұлтты радиокатынау желісі (2.12-суретте көрсетілгендей), NVF виртуалдау технологиясын пайдалана отырып, gNB базалық станциясының модельдерін жүзеге асыруға негізделген және бірқатар артықшылықтарға ие:

- NR/E-UTRA бағдарламалық қамтамасыздандырылған мультистандартты базалық станцияларды енгізу, виртуалды шешімдердің икемділігі мен ауқымдылығы;
- базалық станция жабдықтарын сенімділік пен қауіпсіздіктің жоғары деңгейіндегі деректер орталықтарына орналастыру;
- Cloud RAN бұлтты инфрақұрылымы көптеген радио модульдерді басқарады және радиожиліктің кең аймағын қамтиды, жиілік ресурсын неғұрлым оңтайлы пайдалануды, ICIC кедергілерінің орнын толтыру алгоритмдерінің тиімді жұмыс істеуін және CoMP, Intra-RAT өткізгіштерін тиімді басқаруды қамтамасыз етеді.



2.12-сурет – NG-RAN радиоқатынау желісінің Cloud RAN бұлтты инфрақұрылымы

4. Транспорттық желіні виртуализациялау (Virtualized Backhaul). Ұялы байланыстың классикалық транспорттық желісі екі негізгі бөліктен тұрады: базалық станцияларды негізгі желінің функционалды элементтерімен қосатын таратушы желі (Backhaul) және негізгі желінің функционалды элементтері арасында жоғары жылдамдықты байланыс арналарын қамтамасыз ететін магистральдық желі. C-RAN архитектурасына көшу Backhaul желісінде екі жаңа сегменттің бөлінуіне әкелді: gNB-RU радиомодульдерінің пулдарын және GNB-DU таратылған модульдерін біріктіретін "Fronthaul" желісі және GNB-DU таратылған модульдерінің пулдарын және gNBCU орталық модульдерін біріктіретін "Midhaul" желісі. "Fronthaul", "Midhaul" және "Backhaul" желілерінің жиынтығы "X-haul" желісінің жалпылама атауын алды және байланыстың оптикалық-талшықты желілерін, радиорелелік желілерді, байланыстың спутниктік желілерін, Carrier Ethernet, IP/MPLS, Segment Routing және т. б. қоса алғанда, әртүрлі технологияларды қолдана отырып салынуы мүмкін.

5G/IMT-2020 желісіне SDN/NFV технологияларын енгізу транспорттық желінің (мысалы, P, PE түйіндері, IP/MPLS желілері) функционалды түйіндерін жаңарту үшін де қажет. Сондықтан, транспорттық желіні құру үшін тек NFV тұжырымдамасын, яғни COTS серверлерінде жұмыс істейтін виртуалды маршрутизаторлар мен коммутаторларды енгізуді және SDN/NFV тұжырымдамасын қолдану қажет, бұл желілік өзара әрекеттесуді ұйымдастырудың жаңа тәсілін білдіреді (виртуализацияланған н/е керісінше болсада контроллер мен SDN коммутаторларын пайдалану).

SDN/NFV бағдарламалық-анықталатын транспорттық желісі басқару функционалын (Control Plane және Management Plane жазықтығы) деректер



пакеттерін қабылдау, өңдеу және жіберу функционалынан (Data Plane жазықтығы) бөлуге, сондай-ақ виртуалдау технологиясын пайдалана отырып басқару функционалын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Виртуалды транспорттық желісі желінің өткізу қабілетін басқару механизмдерінің тиімділігін арттыруға, желіні басқару алгоритмдерін орталықтандыруға, желінің ауқымдылығын арттыруға және жаңа желілік сервистер мен 5GC (5G Core) тірек желісінің жаңа желілік қабаттарын (network slices) автоматты түрде іске асыруды қамтамасыз етеді.

### **3 Кең жолақты радиобайланыстың болашағы: миллиметрлік диапазон**

#### **3.1 Миллиметрлік диапазонға сұраныс**

Қазіргі уақытта коммерциялық және әскери мақсаттағы байланыс жүйелерін дамытудың қарқынды процесі жүріп жатыр, радиорелелік және оптикалық толқындардың дәстүрлі емес диапазондарын, оның ішінде АЖЖ және ӨЖЖ, миллиметрлік толқындарды (MMW), терагерц диапазон толқындарын қоса алғанда, инфрақызыл толқынды диапазонды игеру жүріп жатыр. Қазіргі уақытта зертханалардың қабырғаларынан MMW жүйелері, сондай-ақ атмосфералық оптикалық байланыс желілерінде (АОБЖ) жұмыс істеуге арналған лазерлік (инфрақызыл) сәулелену жүйелері шығып жатыр.

MMW диапазонына келетін болсақ, бұл өте үлкен сұранысқа ие, оның басты себептері мобильді трафиктің ультра жоғары жылдамдықты сымсыз көлік желілерін, сондай-ақ радиорелелік жүйелерді құруға деген талаптардың артуы. Сонымен қатар, бұл ассортиментті пайдалану лицензиялауды қажет етпейді, бұл жабдықты мүмкіндігінше тезірек пайдалануға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, бұл диапазон IEEE 802.11ad және WirelessHD қысқа қашықтық сымсыз стандарттары бойынша сұранысқа ие болады деп күтілуде.

Қазіргі уақытта кеңінен қолданылатын 802.11ad стандарты – бұл IEEE (электротехника және электроника инженерлері институты) енгізген Wi-Fi ретінде танымал 802.11 сымсыз стандартының кеңейтілген жүйесі. 11ad нұсқасы 60 ГГц диапазонына арналған. Ол 11a/b/g/n/ac қосқандағы барлық алдыңғы нұсқалармен үйлесімді, өйткені Media Access Control (MAC) деңгейлері ұқсас. 11ad сипаттамасы WiGig коммерциялық атауымен де белгілі.

Миллиметр диапазоны 30-дан 300 ГГц-ге дейінгі жиілік спектрін алады. Бұл микротолқын (1-30 ГГц) мен инфрақызыл диапазонға жақын орналасқан. Толқын ұзындығы ( $\lambda$ ) 1–10 мм аралығында болады.

Бірнеше ондаған жылдар бойы MMW мұндай ЭМ-тербелістерді генерациялау және қабылдау үшін элементтік базаның болмауынан, миллиметр диапазонында антенна-фидерлік трактінің құрылуынан, сондай-ақ жер атмосферасында және қалалық ортада сәулеленудің таралуы жөніндегі деректердің болмауынан практикалық пайдалануға жарамсыз деп саналды.

Миллиметр диапазонында байланыс жүйелерін құруға көптеген отандық (IRE RAS) және шетелдік (NTT, Жапония) түрлі толқындардың таралуын, сондай-ақ 30 ГГц-ден жоғары жиіліктегі сигналдарды шығарудың, күшейтудің, қабылдаудың және қайта өңдеудің жаңа құралдарын жасауды зерттеу жүргізді. Нәтижесінде қазірдің өзінде бейінді инжинирингтік компаниялар бұрын пайдаланылғандармен салыстырғанда, кодтаудың қосымша алгоритмдерін қолданбай, QAM-256, QPSK сияқты модуляция әдістерін пайдалана отырып, 10 Гбит/с дейін деректерді беру жылдамдығын қамтамасыз етуге қабілетті желілерді құруға жақындады.

### 3.2 MMW диапазонының артықшылықтары

Берілген диапазонның негізгі артықшылықтары:

- деректерді беру жылдамдығын 10 Гбит / с-қа дейін қамтамасыз ету мүмкіндігі;

- Индустриялық ЭМ-кедергілерден, жоғары бөгеуілден қорғау;

- Антенналық жүйелердің габариттерін айтарлықтай төмендету және тарату және қабылдау антенналарының бағытталуының аса жоғары диаграммаларын алу мүмкіндігі –  $0,3-1,5^\circ$ , бұл дәстүрлі АЖЖ-сантиметрлік диапазонды жүйелерімен салыстырғанда байланыс қашықтығын едәуір арттырады;

- миниатюралық антенналар желдің жүктемесін едәуір төмендетеді, бұл фактор тұтасымен байланыс жүйесінің сенімділігін арттырады және жабдықтың құнын төмендетуге оң әсер етеді;

- MMW диапазонындағы таратушы және қабылдайтын антенналар тар радиациялық үлгіні қолданатындықтан, көрші базалық станциялар арасында ешқандай кедергі жоқ және MMW байланыс арнасының ауқымы ұлғайтылған. Бұл фактор антенналарды бір-біріне мүмкіндігінше бірнеше сантиметрге жақын орналастыруға мүмкіндік береді, бұл көп жиілікті режимде жұмыс жасайтын ұялы байланыс үшін базалық станцияны құру кезіндегі сөзсіз артықшылық;

- өткізгіш сәулелердің кішкентай бұрыштарын қолданудың арқасында MMW диапазонының жүйелері жоғары қуатқа ие.

Милиметр диапазонының тағы бір артықшылығы - бұл толқындарда жұмыс істейтін жабдықтың аз мөлшері. Қазіргі заманғы микроэлектронды технология микротолқынды пештердің шағын құрылғыларын құруға мүмкіндік береді, ал MMW диапазонында антенналарды микросхеманың көлеміне дейін азайтуға болады. Мысалы, 900 МГц жиілігінде жұмыс істеуге арналған әдеттегі жартылай толқынды вибратор 15 см ұзындыққа ие, бірақ 95 ГГц жиілік үшін жартылай толқынды антенна 1,58 мм ұзындыққа ие болады, тіпті оданда аз, егер диэлектрлік субстратта дайындалса. Бұл радио таратқыштың, соның ішінде антеннаның бүкіл дизайны өте ықшам болуы мүмкін екенін білдіреді. Микросхеманың субстратында көптеген элементтері бар фазалық антенна массивін құру оңай, олар кіріс, қуат және берілу қашықтығын арттыру үшін энергияны ауыстырып, фокустай алады.

Мысал ретінде 24-24.25 ГГц ISM диапазонында жұмыс істейтін Infineon компаниясының 24-ГГц BGT24MTR11 бір чипті радарларын алуға болады. Қабылдағыш пен таратқыш QFN пакетінде бірдей чипте орналасқан. Құрылғыны пайдалану өте оңай, өйткені әзірлеушіге бортқа радиожиілікке сәйкес келетін элементтерді орнатудың және жоғары жиілікті қосылыстарды есептеудің қажеті жоқ (3.1-сурет).

MMW диапазонында жұмыс істейтін радио байланыстарды салу кезінде қазіргі уақытта Cassegrain екі айналы параболалық антенналар қолданылады. Осы типтегі антенналарды таңдау айна бетінің аз көлеңкеленуіне және,

сәйкесінше, бетті пайдаланудың жоғары коэффициентіне байланысты (приборлар).



3.1-сурет – 24 ГГц диапазонындағы бір кристалды радар

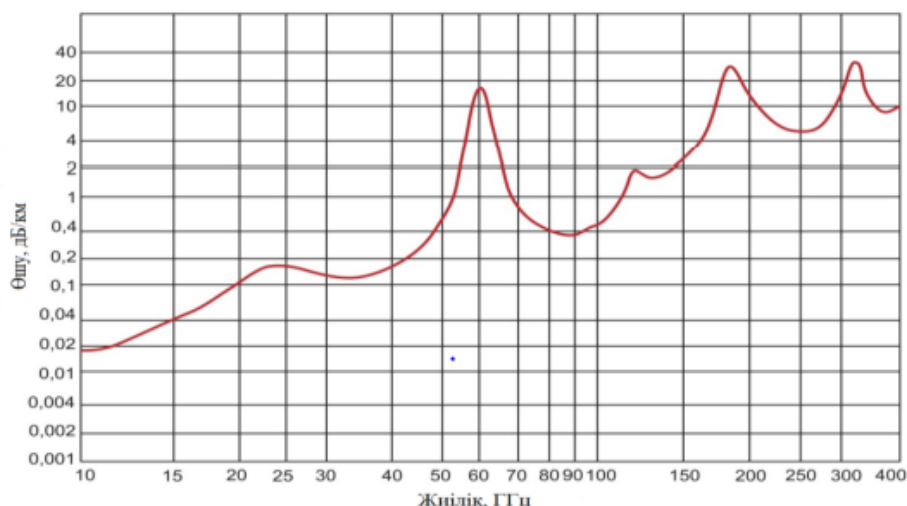
### **3.3 MMW диапазонының физикалық сипаттамалары мен ерекшеліктері**

Жоғарыда айтылғандай, MMW диапазоны 30-300 ГГц радиожиілікті құрайды (толқын ұзындығы 1-ден 10 мм-ге дейін). Үш негізгі жиілік диапазоны 71–76, 81–86, 92–95 ГГц (E-диапазоны) және 40.5–43.5 ГГц (Q-диапазоны), бұл сигналдардың атмосфера тарату мөлдірлігінің «терезесі» болып табылады. Спектрдің мұндай бөлінуі 30-100 ГГц жиілік диапазонында MMW таралу ерекшеліктеріне байланысты болды.

Зерттеулер көрсеткендей, олардың нәтижелері егжей-тегжейлі сипатталған [19], миллиметр диапазонындағы электромагниттік толқындардың таралуына радио толқындарының түсуі, шашырау, сіңіру, деполяризация сияқты факторлар әсер етеді, сонымен қатар маусымдық фактор. Оларды толығырақ қарастырайық.

Радиотолқындардың өшуі. Тропосферада құлдыраудың екі түрі бар: резонанстық және респондентті емес. Резонанс молекулалардың ЭМ толқындарын және ЭМ өрісін өздері шығаратын қасиетіне байланысты. Энергияны сіңіру кіріс электромагниттік толқынның жиілігі энергия ішілік молекулалық квант деңгейінің дискретті жиіліктерінің бірімен сәйкес келген кезде пайда болады.

Резонанттылықтың төмендеуі әр түрлі метеорологиялық жағдайларда электромагниттік толқынның таралуы кезінде жылу энергиясының жоғалуына байланысты. Бұл шарттар деп гидрометеорлар (орташа және үлкен қарқындылық жаңбыр, тұман), бұлттар және тропосфераның төменгі қабаттарындағы басқа да метеорологиялық құбылыстар түсініледі. Жауын-шашынның тозуы 10 ГГц-ден жоғары жиіліктерге айтарлықтай әсер етеді. MMW сигналының сөнуінің логарифмдік шкала бойынша жиілікке тәуелділігі графигі 3.2 суретте келтірілген



3.2-сурет – MMW диапазонындағы атмосфералық өшуліктің +20 °C температурадағы жиілікке тәуелділік графигі.

Шашырау. Сигналдың шашырауы молекулалар мен молекулалардың агрегаттарында, әсіресе қауіпті жағдайда болады.

Сіңіру. Біз тропосферадағы сигналдың қатты бөлшектермен (шаң, түтін және т.б.), яғни қараңғылық жағдайында жұтылуы туралы айтамыз. Транссивті антеннаның радиациялық үлгіні есептеу кезінде бұл қасиетті ескеру қажет, өйткені антенналардың бетіне түскен шаң бөлшектері беттің қасиеттерін өзгертіп, антенналардың сипаттамаларын нашарлатуы мүмкін.

Деполяризация. Жауын тамшыларында немесе тұманда пайда болған токтар деполяризация эффектінің пайда болуына әкелетін шашыраған немесе қайталама сәулеленудің көзі болып табылады [18]. Жаңбыр 10 ГГц-ден жоғары жиіліктерді қайта пайдалану үшін қажет ортогоналды поляризацияланған радио толқындар арасындағы оқшаулануды едәуір төмендетеді. Деполяризация бұл жағдайда арналар арасындағы өзара кедергілердің пайда болуына әкеледі.

Көмірқышқыл газы, озон және метанның құрамында миллиметрлік радио толқындардың сіңуі болмайды.

Маусымдық фактор. Тропосфераның шашырауына байланысты жыл мезгілінің көбею жағдайларына әсері, солтүстік жарты шарда орналасқан маршруттарда жаз айларында сигнал деңгейінің қысқы кезеңге қарағанда жоғары екендігі көрінеді. Ортаңғы ендіктерде сигнал деңгейінің маусымдық өзгерісі 10–12 дБ [21] деңгейіне жетеді.

[21] көрсетілгендей, жоғарыда аталған деструктивті факторлардың ішінде миллиметрлік радио толқындардың таралуына едәуір әсер гидрометеорларда сіңу және радио толқындардың деполяризациясы арқылы жүреді, аз әсер оттегі мен су буының сіңуіне байланысты.

MMW диапазонындағы электромагниттік тасушы диапазонның құлдырауы нәсер немесе қар кезінде 30-50 дБ/км-ге жетуі мүмкін. Алайда, орта ендіктерде мұндай жауын-шашын сирек байқалады және тез аяқталады: Мәскеу

тас жолдарында миллиметрлік толқындық радио көпірлерді белсенді қолданатын НЦТ FIORД компаниясы қызметкерлерінің айтуынша, жаңбырдың салдарынан байланыс желісінің максималды бұзылуы жылына 22 минуттан аспады.

Гидрометеорлардағы MMW-нің едәуір әлсіреуі радиожолдың энергетикалық әлеуетін арттыру қажеттілігіне әкеледі. Байланыс желісінің энергетикалық потенциалы (ЭП) тарату және түсіру геометриясына байланысты шығындардың жалпы мөлшерін анықтайды, таратқыш пен қабылдағыш арасындағы сигналдың өшуін анықтайды. ЭП келесі формуламен анықталады [22]:

$$P = P_0 + G_1 + G_2 - L_1 + L_2 \quad (3.1)$$

мұндағы,  $P$  — қабылданған сигналдың қуаты, дБ;  $P_0$  — таратқыштың қуаты, дБ;

$G_1$ ,  $G_2$  — тарататын және қабылдайтын антенналардың күшею коэффициенті, дБ;

$L_1$  — жолдағы геометриялық жоғалудың коэффициенті, дБ;

$L_2$  — өшу кезіндегі жоғалу коэффициенті, дБ.

Геометриялық жоғалу коэффициенті келесі формула бойынша есептеледі:

$$L_1 = 92.4 + 20 \lg(f) + 20 \lg(d) \quad (3.2)$$

мұндағы,  $d$  — көру аймағында берілетін және қабылдайтын антенналар арасындағы қашықтық, км-де көрсетілген,  $f$  — жиілік, ГГц.

Әдеттегі E-байланыс желісі 190-197 дБ құрайды.

Белгілі бір аймақ үшін MMW диапазонының радиоарналарын есептеу кезінде жауын-шашын туралы статистикалық деректерді ескеру және олардың қарқындылығының аудандық карталарын пайдалану қажет.

#### **3.4 АОБЖ мен MMW диапазонындағы ақпаратты беру арналарын салыстырмалы талдау**

Кең жолақты желідегі MMW байланыс жүйелерінің ең жақын бәсекелестері АОБЖ болып табылады. Сондықтан олардың негізгі сипаттамаларын қарастырған жөн.

Кәдімгі атмосфералық оптикалық байланыс жүйесі 0,85-0,95 мкм, 1,5-1,6 мкм мөлдірлік терезелерінде жақын инфрақызыл диапазонды қолданады және көзге көрінетін жерде орналасқан екі қабылдағыштың арасындағы “нүкте-нүкте” архитектураны қолданады. Таратқыш сандық ағынмен берілетін оптикалық сәулеленудің сыртқы немесе ішкі модуляторы бар жартылай өткізгіш лазерлі диодты пайдаланады. Модульденген лазер сәулесі таратушы оптикалық жүйемен коллимацияланады және фотоқабылдағыштың фокустаушы оптикалық

жүйесі жағына жіберіледі, онда оны детектирлеу және берілетін ақпаратты декодтау жүргізіледі.

АОБЖ артықшылықтары:

- электромагниттік кедергілерге қатысты жоғары кедергіден қорғау;
- "күн желіне" деген сезімталдық»;
- аса тар, 1-10 мрадиан ( $0,057-0,57^\circ$ ), таратушы және қабылдаушы құрылғылардың бағыттылық диаграммаларын қарапайым оптикалық құралдармен қалыптастыру;

- қысқа импульстар технологиясын қолдану мүмкіндігі, бұл жерде уақытша пульсті модуляция көмегімен ақпарат шифрланады. Кезектегі «тұрақты» позицияға қатысты импульстің ығысуы алға қарай «0» және артқа «1» орнатады. Ауытқу уақыты импульстің ұзақтығынан 0,25 аспайды. Бұл импульстік қосалқы станцияның кезекшілік циклімен анықталатын ең жоғары орташа деңгейдегі таратқыштың қуатын алуға мүмкіндік береді;

- соңғы екі фактордың арқасында ақпараттың оптикалық арнасының жоғары энергетикалық құпиясына қол жеткізіледі;

- тек пассивті айналар мен призмаларды пайдалана отырып, сәуленің тікелей жүрісін бұза отырып, арналардың топологиясын іске асыру мүмкіндігі; АОБЖ лицензиялауды қажет етпейді.

Қазіргі уақытта бар оптоэлектронды элементтік база 10 Гбит/с дейін өткізу қабілеті бар АОБЖ құруға мүмкіндік береді.

Инфрақызыл сәулеленудің атмосфералық таралу ерекшеліктері:

- гидрометеорларға, түтіннің, шаңның және басқа да ауаның ластануына тәуелділік. Қатты тұман немесе қар кезінде сөну 60-70 дБ/км-ге жетуі мүмкін;

- жоғары температура мен жел кезіндегі атмосферадағы турбулентті құбылыстар ауаның сыну көрсеткішінің өзгеруіне әкеледі, толқынның бұрмалануына әкеледі, төмен жиілікті (0,5 Гц - 3 кГц) сәуленің түсуіне және берілетін сандық пакеттердің жоғалуына әкеледі. Турбуленттіліктің әсері 1 кмден астам қашықтықта көрінеді. Турбуленттіліктің ұзақ қашықтықтағы АОБЖтердің жұмысына әсерін азайту үшін толқындардың бұрмалануын өтеу үшін өте қымбат (5000-6000 доллар) бейімделгіш оптикалық жүйелер қолданыла бастады.

Көрсетілген проблемаларға қарамастан, атмосфералық лазерлік байланыс 1-2 км қашықтықта өте сенімді болды және АОБЖ қолжетімділік коэффициенті 99% деп бағаланады [23].

Қазіргі уақытта ғарыш аппараттары арасындағы байланыс үшін жақын және алыс кеңістіктерде ақпаратты таратуға арналған лазерлік жүйелер көп сұранысқа ие, дегенмен таратқыш пен қабылдағыштың микрометеориттерден және шу шығаруға қарсы өзара басшылықтан қорғаныс және қабылдау міндеттері әлі толық шешілген жоқ.

Қызықты мысал: 2013 жылы LADEE зонды деректерді ғарыш аппаратының бортындағы арнайы Lunar Laser Communication Demonstration құрылғысы арқылы берді. NASA мамандарының мәліметтеріне сәйкес, 385 000

км (Жер мен зонд арасындағы қашықтық) қашықтыққа ақпаратты беру жылдамдығы кіріс сигнал үшін 622 Мбит/с және шығыс үшін 20 Мбит/с құрады.

Миллиметрлік және оптикалық диапазондардың атмосфералық жүйелерін салыстыра отырып, келесідей қорытындылар жасауға болады:

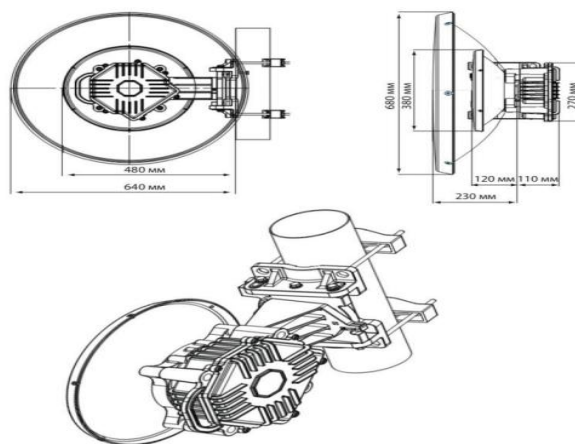
- шамамен 1-2 км қашықтықта, бұл жүйелер ұқсас техникалық сипаттамаларға ие;

- ұзындығы үлкен атмосфералық желілерде (5-10 км және одан жоғары) ИҚ-диапазонымен салыстырғанда сигналдардың таралуының өзге физикалық сипаттамаларына байланысты ММВ диапазонының жүйелері басымдыққа ие.

### 3.5 ММВ диапазондағы сымсыз жүйелерді практикалық іске асыру

2016 жылы ДОК (Санкт-Петербург), миллиметрлік толқындық жүйелердің жетекші жасаушысы, жаңа құрылғыны - PPC-10G моделін екі нұсқада ұсынды: E-диапазонына 71–76/81–86 ГГц және Q-диапазоны 40,5-43,5 ГГц. Тамыз айының басында осы компанияның мамандары 10 Гбит/с өткізу қабілеті бар PPC-10G жаңа радиорелелік байланыс желісінің технологиялық мүмкіндіктерін сәтті көрсетті. Тұсаукесер аясында Лондонның орталығындағы Темза өзені арқылы сымсыз байланыс арнасы ұйымдастырылды, ол арқылы әртүрлі ұзындықтағы IP пакеттері жіберілді.

Қазіргі уақытта қол жеткізілген беру жылдамдығы магистральды сымсыз байланыс индустриясындағы ең жоғары әлемдік жетістік болып табылады. RRS10G қамтамасыз ететін арнаның максималды жылдамдығы - 10 Гб/с толық дуплекстің, минимум - 350 Мбит/с толық дуплекстің. Сигналдың өткізу қабілеттілігі 250-ден 2000 МГц-ге дейін (деректерді беру жылдамдығына байланысты). RRS-10G радио көпірінде бейімделгіш модуляция жүйесі бар (QPSK - 256QAM). PPC-10G моделінде екінші деңгейлі интеграцияланған қосқыш және Ethernet қызметін басқару жүйесі бар.



3.3-сурет – PPC-10G антеннасы бар габаритті сурет.



PPC-10G жүйесінің техникалық сипаттамалары 3.1 және 3.2 кестелерінде келтірілген.

Кесте 3.1 – PPC-10G жүйесінің негізгі сипаттамалары

|   |   |                      |                      |  |                       |                       |                       |
|---|---|----------------------|----------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ГГц   |   |                      |                      |  |                       |                       |                       |
| өткізу қабілеті   | 10 Гбит/с дейін Full duplex, кенейту мүмкіндігі бар   |                      |                      | 7,2 Гбит/с дейін, кенейту мүмкіндігі бар |                       |                       |                       |
| Сәулелену жоларының ені МГц   | 250/500/750/1000/1250/1500/2000   |                      |                      |  |                       |                       |                       |
| Модуляция типі  | QPSK-дан QAM-256-ға дейін   |                      |                      |  |                       |                       |                       |
| Бейімделу жылдамдығы  | Бейімделу - кодтау, диапазон және модуляция   |                      |                      |  |                       |                       |                       |
| Ашық ауарайында 0,6 м антенналарға арналған максималды қашықтық, км | 20 км дейін   |                      |                      |  |                       |                       |                       |
| QPSK-модуляция кезінде 0,6 м антенналары бар радиокөпірдің элеуеті  | 197dB; 250MHz   |                      |                      | 183dB; 250MHz                            |                       |                       |                       |
| Макс. өткізу қабілеті (E&Q band)                                    | 1330 Мбит/с, 250 МГц  | 1330 Мбит/с, 500 МГц | 1330 Мбит/с, 750 МГц | 1330 Мбит/с, 1000 МГц                    | 1330 Мбит/с, 1250 МГц | 1330 Мбит/с, 1500 МГц | 1330 Мбит/с, 2000 МГц |
| Мониторинг/басқару  | SNMP v.1; v.2; v.3; MIB-II, DOK Enterprise MIB; WEB GUI   |                      |                      |  |                       |                       |                       |
| Интерфейс (деректерді тарату)                                       | 1×SFP/SFP+ (1000Base-X, 10GBase-LR/SR)  |                      |                      |  |                       |                       |                       |
| Интерфейс (мониторинг)  | 100 Base-Tx (RJ-45)   |                      |                      |  |                       |                       |                       |
| Ethernet сипаттамасы  | Ethernet қызметтерін ашық беру; Flow Control режимі қолдау (IEEE 802.3 ×); қосымша: SyncE қолдайтын L2 switch, IEEE 1588v2, CPRI 9,8 Гбит/с дейін |                      |                      |  |                       |                       |                       |
| Кателерді түзету  | LDPC; Reed Solomon  |                      |                      |  |                       |                       |                       |
| Поляризация   | Tik/көлденең  |                      |                      |  |                       |                       |                       |

PPC-10G базасындағы деректерді беру жүйелері келесі салаларда қолданылуы мүмкін:

- ұялы телефонияны қоса алғанда, байланыс операторларының жоғары жылдамдықтағы негізгі желілерін құру;
- 3G/LTE/5G/WiMax базалық станцияларын қосуды ұйымдастыру;
- корпоративті кеңселер мен тұрғын үйлерді қосуды ұйымдастыру;
- «соңғы мильді» қосу;
- кәсіпорындардың сервистік желілерін орналастыру;
- қауіпсіз кең жолақты сымсыз байланыс жүйесін құру;

- күрделі электромагниттік жағдайдағы жоғары жылдамдықты байланыс арналары.

Таяу уақытта миллиметрлік толқындық жүйелер радиорелейлік жүйелер, мобильді трафик желілері, Интернет заттары, IEEE 802.11ad және WirelessHD стандарттарының қысқа қашықтық радиожілілік жүйелерінде жетекші орынды алады деп сеніммен айтуға болады.

## 4 Есептеу бөлімі

### 4.1 Антенна таңдау

Радиоарнаның немесе сымсыз желінің сапасының басты шарты - антеннаны және жалғау кабелін дұрыс таңдау. Байланыс сапасына әсер ететін негізгі параметрлердің бірі, құрылғының шығу қуатына және сезімталдығына қосымша, антенна-фидер құрылғысының сапасы. Антенна қосымша шу шығармайды және кедергілерді арттырмайды, сондықтан жақсы бағытты антенна тар сәулені қолдану салдарынан бағытқа кедергі келтірмейді.

Базалық станция үшін секторлық антенналарды қолданған дұрыс. Қызмет көрсету бұрышы (секторы) неғұрлым аз болса, антеннаның кедергісі соғұрлым аз болады. Ең көп таралған антенналар, ені 60, 90 және 120 градус, 17-ден 13 дБ-ге дейін. Әдетте тік жазықтықта жапырақшаның ені 6-8 градус болады, яғни сәуле жерге «басылып», көлденең таралады.

Антеннаның негізгі қақпағының ені неғұрлым аз болса, сәулеленетін энергияның шоғырлануына байланысты оның пайдасы соғұрлым көп болады. Антеннаны таңдау және күйге келтіру кезінде қажетті антеннаның еңкейтуін бұрыштың бойымен есептеу үшін тиісті есептеуді қолданыңыз. Тік жазықтықтағы радиациялық бұрыштың тым аз болуы базалық станцияның жанында клиенттердің байланысын шектеуі мүмкін, әсіресе егер олар тым жоғары болса.

Кесте 4.1 – Кассегрена антеннасының сипаттамалары

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Күшейту мен сәуле ені              | 51 дБ/0,35 <sup>0</sup> , 44дБ/0,7 <sup>0</sup> |
| Қуат көзі                          | 88-132/176-264 В, 50/60 Гц                      |
| Тұтыну қуаты, Вт                   | 35  |
| Кернеуі                            | 36-60 В   |
| Қосқыштар, қорғаныс классы         | IP-65   |
| Жұмыс температурасы                | -50...+60 <sup>0</sup> С                        |
| Антеннасыз корпус                  | 246-246-110                                     |
| 1 қабылдағыштың антеннасыз салмағы | 4 кг  |
| Жеткізу жиынтығы                   | 2ODU +2 антенна +2 қорек көзі                   |

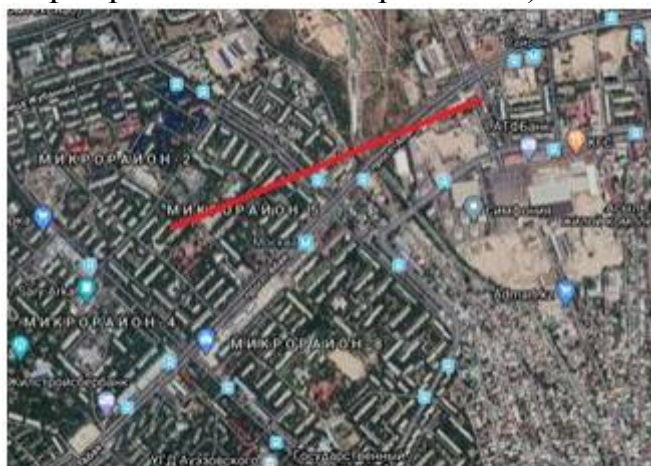


4.1-сурет – Кассегрена антеннасы

PPC-10G құрылғысының сипаттамасы мен сызбасы 3-ші бөлімде толықтай қарастырылып кеткен.

#### 4.2 Базалық станцияның орналасуы

Бұл дипломды жобаның зерттеу бөлігі екі көп қабатты үйлердің шатырында орналастырылған антенналар аранысда жүргізіледі. Таратқыш антенна 3-ші ықшама ауданында орналасқан ATLAS тұрғын үй кешеніне орналастырылған. Қабылдағыш Абай даңғылы, 200 тұрғын үй кешене бекітілді (4.2 суретте – екі тұрғын үй арақашықтығы көрсетілген).



4.2-сурет – Екі антеннаның орналасу сызбасы

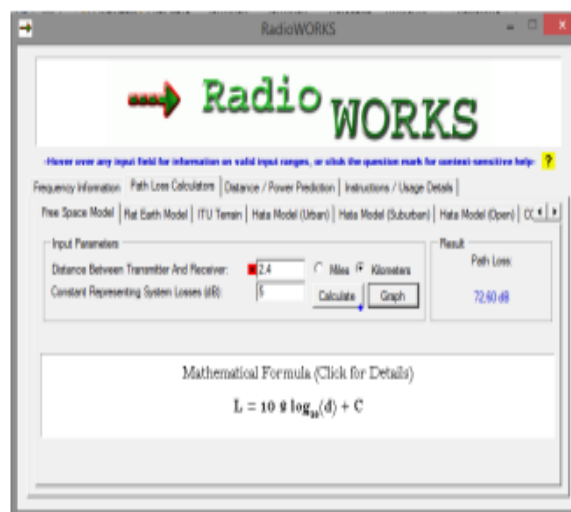


4.3-сурет – Amanat тұрғын үй кешені

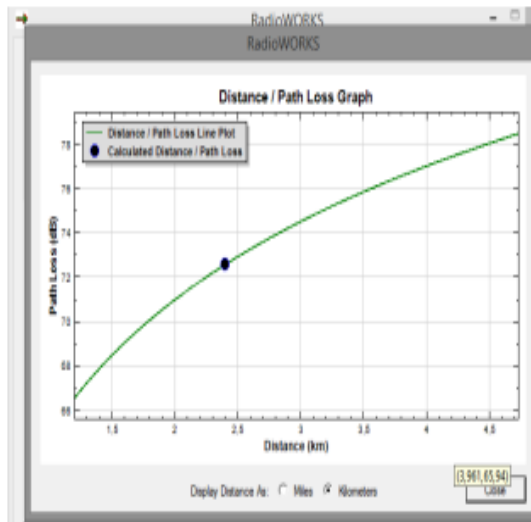
БС антеннасының биіктігі 60 метрді құрайды, ал қабылдағышқа дейінгі ара қашықтық 2,4 км (4.3 суретте БС антеннасы орнатылатын кешен көрсетілген).

### 4.3 RadioWORKS бағдарламасымен зерттеу

4.3.1 Бос кеңістік моделі Free Space Model. Бұл модельде трассадағы шығындарды есептеу кезінде жергілікті жердің табиғи кедергілерін, уақытша және кеңістіктік статистика факторларын, құрылыс пен ағаштарды есепке алу керек. Бұл модель микротолқынды диапазонда радиотолқындардың өтуін талдау үшін ең қолайлы, қолданылу аясы MMDS типті жүйелер үшін бағытталған антенналары бар стационарлық қабылдау станциялары. RadioWORKS бағдарлама берілген мәндерге сәйкес модельдің формуласы бойынша есептейді (4.4 суретте көрсетіргендей), нәтижесінде сигналдың сұлбасын шығарып береді (4.5 суретте көрсетіргендей).

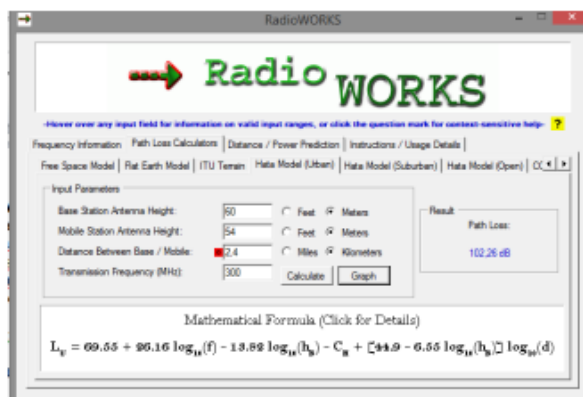


4.4-сурет – Модельдің есептеу бөлігі

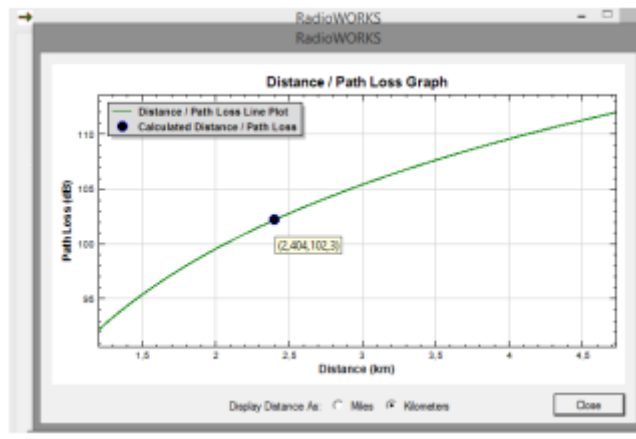


4.5-сурет – Есептеу нәтижесінен алынған сұлба

4.3.2 Хата моделі (Қалалық). Бағдарламада қолданылатын Okumura әдісі - бұл Хата жасаған Окумура әдісінің компьютерлік енгізуі. Окумура әдісі Токио мен оның маңындағы бірнеше жиілік диапазонындағы таратқыштан сигнал деңгейін өлшеуге негізделген. Бұл әдісті таңдау қалалық аймақтар үшін неғұрлым қолайлы, онда талдау қашықтығы салыстырмалы түрде Үлкен емес (30 км - ден кем емес), таратушы антеннаның тиімді биіктігі - 200 м-ден кем, қабылдағыш антеннаның тиімді биіктігі-10 м-ден кем және жер салыстырмалы түрде тегіс. Бұл әдісті басқа жағдайларда немесе алыс қашықтықта пайдалану қолайсыз болуы мүмкін. Okumura (hata) әдісін пайдалана отырып, жер бетіндегі кедергілер - "жоқ", "қала маңы" немесе "қала" түрлерін таңдай аласыз. Бұл таңдау жоғалулар үшін тиісті өрнекті анықтайды. Бағдарлама, шамаларды жинақтап керекті формула қою арқылы өзі есептеп шығады (4.6 суретте көрсетілгендей).

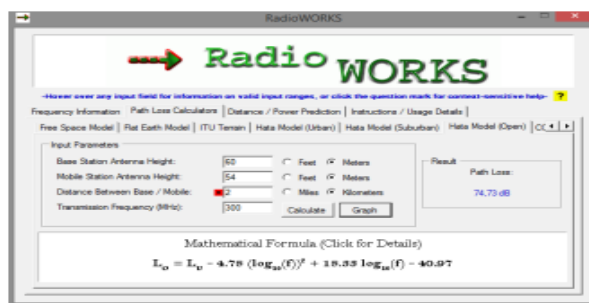


4.6-сурет – Окумура моделінің есептеу жолы мен мәні

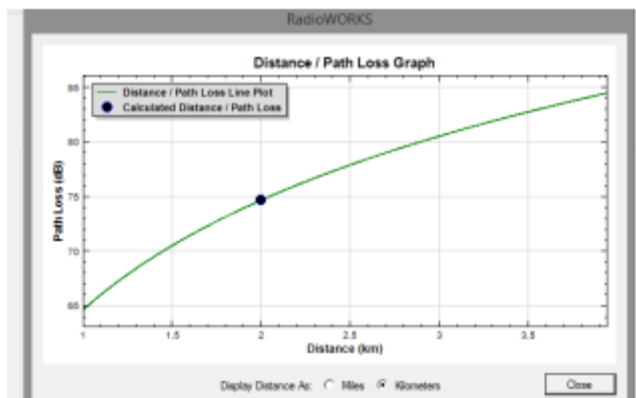


4.7-сурет – Бағдарламадан алынған сұлба

4.3.3 Ашық Хата моделі. Бұл жоғарыда сипатталған Hata моделіне негізделген мамандандырылған модель. Бұл модельде базалық станция антеннасының жиілік диапазонын, қашықтық диапазонын және биіктік диапазонын кеңейту үшін, Дэвидсон (Моторола) 30-дан 1500 МГц-ге дейінгі жиіліктерге қисықтарды, қашықтық диапазонын 300 км-ге, базалық станция антенналарын 30-дан 1000 метрге дейін экстраполяциялау үшін графикалық әдістерді қолданды.

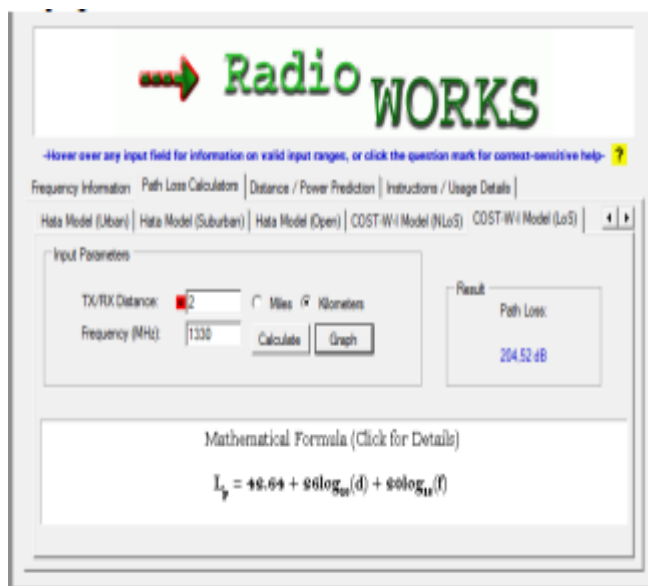


4.8-сурет – Hata Model бағдарламалық жұмысы

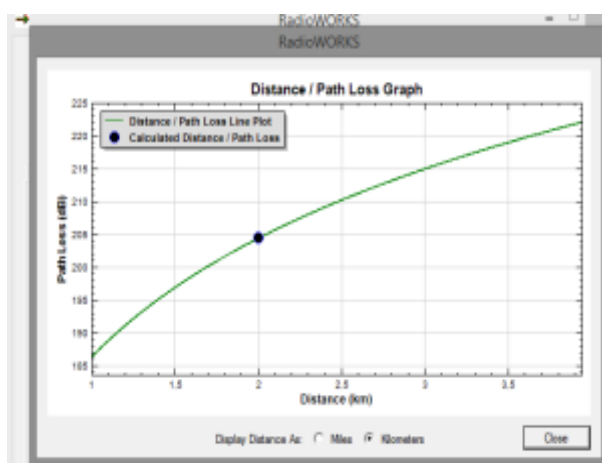


4.9-сурет – Hata Model нәтижесінің сұлбасы

4.3.4 COST-W-I (LoS) моделі. Бұл модель бұрын сипатталған Hata моделінің нұсқасы болып табылады. Бұл нұсқа 1,5-2 ГГц жиілік диапазонында жұмыс істейтін модель алу үшін жасалды.



4.10-сурет – Жолдың жоғалуын есептеу бағдарламасы



4.11-сурет – COST-W-I (LoS) моделінің сұлбалық нәтижесі

#### 4.4 Қамту аймағын есептеу

Қарағанды қаласының тұрғыдары 2023 ж мәліметтер бойынша 515 835 адам.

Қазақстан бойынша 5G.

2022 жылдың соңында министрлік 5G-технологиялардың ұялы байланысын енгізу үшін радиожіліктерді сату үшін аукцион өткізді. Нәтижесінде бюджетке шамамен 156 миллиард теңге түсті. Сондай-ақ, қазіргі



уақытта байланыс операторларына қажетті рұқсат құжаттары, міндеттемелер берілді, олар бойынша олар 2027 жылға дейін Республикалық маңызы бар қалалардың аумақтарын 75%, ал облыстық қалаларды 65% қамтуды қамтамасыз етуге тиіс. 2023 жылы олар 2268 базалық станция орнатуы керек. Егер қалалар бойынша Астанада 380 базалық станция, Алматыда мыңға жуық, Шымкентте де 380, Қызылорда мен Түркістанда 14 станция бөлінсе, олар берілген міндеттемелерге сәйкес белгіленуі тиіс. Ұсынылған Қарағандының Майқұдық қаласының тұрғындарының санына сәйкес 5 базалық станция жеткілікті болады.

Біз рұқсат етілген шығындарды білеміз, олардың ішінен ұяның қамту радиусы қандай болатынын таба аламыз.

Қамту аймағын есептеу. Абоненттік станциялардың антеннасының көтерілу биіктігін 1,5 м, ал базалық станцияның биіктігін қалалық аймақта 30 м алайық.

Рұқсат етілген шығындар формуласынан радиусты анықтау формуласын шығарамыз:

$$L = 45.5 - 13,82 \lg H_{\text{БС}} + 35,4 \lg F + (1,1 \lg F - 0,7) H_{\text{МС}} + (44,9 - 6,55 \lg H_{\text{БС}}) \lg R$$

Радиусы мына формула бойынша анықталады:

$$R = 10^{\frac{L - 45,5 + 13,82 \lg H_{\text{БС}} - 35,4 \lg 1710 + (1,1 \lg 1710 - 0,7) 1,5}{(44,9 - 6,55 \lg 30)}}$$

Сотамен қамту аймағын есептейміз:

$$R = 10^{\frac{109,76 - 45,5 + 13,82 \lg 30 - 35,4 \lg 1710 + (1,1 \lg 1710 - 0,7) 1,5}{(44,9 - 6,55 \lg 30)}} = 0,374 \text{ км}$$

Кассегрена антеннасын таңдап алу себебім, Кассегрейн радио антеннасы- бұл кассегрейн оптикалық телескопынан алынған жұмыс принципі бар қос шағылыстыратын айналар жүйесі.

Кассегрена антенналары қазіргі уақытта миллиметрлік толқын диапазонындағы байланыс жүйелеріне арналған антенналардың кең таралған түрі болып табылады. Кассегрена антенналары жоғары күшейту коэффициентімен және өте тар фокустық диаграммасымен негізінен нүктеден нүктеге сымсыз байланыс жүйелері үшін қолданылады. Кассегрена антенналары радарлар мен спутниктік байланыс жүйелері үшін де қолданылады. Кассегрена антенналарының танымалдығы негізгі айна (рефлектор) диаметрі 100-ден астам толқын ұзындығында болатын экономикалық есептеуге негізделген, кассегрена антенналары антенналардың көптеген басқа түрлеріне қарағанда өндірісте экономикалық тұрғыдан тиімдірек.

Кассегрена антеннасының дизайны негізгі параболалық айна мен гиперболалық көмекші айнаны қамтиды. Гиперболаның Қос фокустарының бірі бүкіл жүйенің фокусында орналасқан және сәулелендіргіш ортасында, екіншісі параболаның фокусында орналасқан. Кассегрена антенналарының маңызды артықшылығы-антенналардың әртүрлі конструкцияларының пайда болуына ықпал ететін эмитентті орналастырудың шағын өлшемдері мен айтарлықтай төзімділігі.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жоба тақырыбы бойынша мынандай қорытындылар жасалынды

ҚР ұялы байланыстың бесінші ұрпақ технологиясын енгізу мәселелері қарастырылды.

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

Сондай-ақ, LTE технологиясында басқа да өнімділігін айтарлықтай арттыру мен салыстыру мүмкіндіктерін бастауыш жүйесі мен үшінші буынның эволюционды 4G технологиялары қамтамасыз ете отырып, 5G термині қолданылуы мүмкін. Меніңше бұл – 2001 жылғы 4G стандарты бүгінде "5G" желісі деп аталатындығына ешкім дауласа алмайды. LTE беруге өте жоғары тасқынды бейне сапасы, смұндағый-ақ үлкен файлдарды, тіпті, белгілі бір жағдайларда кейбір осы DSL желілерді ауыстыруды пайдалануға пайдаланушылар арқасында беріледі.

Мүмкін болған байланысты қамтитын жүйе аумағы есептелінді.

Жүйенің техникалық принциптері қарастырылды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, В.И. Дмитриев. Системы мобильной связи /СПб ГУТ. – СПб,1999. – 330с.
- 2 Карташевский В.Г. и др. Сети подвижной связи. – М.: ЭКО–ТРЕНДЗ, 2001.
- 3 Печаткин А. В. Системы мобильной связи. Часть 1. – Рыбинск: РГАТА, 2008.
- 4 Варукина Л.И. Планирование сетей LTE, технические предпосылки объединения операторов. MForum.ru, 2010.
- 5 Баева Н.Н, Многоканальная электросвязь и РРЛ: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 2000
- 6 Бабков В.Ю. Общие подходы к задачам планирования и оптимизации 2G – 4G сетей подвижной связи, СП, 2011.
- 7 Гельгор А.Л, Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб, пособие, – С.: Изд–во Политехн, ун–та, 2011. – 204 с.
- 8 Варукина Л.И. Производительность сети TD–LTE в сравнении с WiMAX. MForum.ru, 2010.
- 9 Мясковский Г.М. Системы производственной радиосвязи: Справочник. – М.: Связь, 1980.
- 10 Коньшин С.В., Сабдыкеева Г.Г. Теоретические основы систем связи с подвижными объектами: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2002.
- 11 Андрианов В.И., Соколов А.В. Сотовые, пейджинговые и спутниковые средства связи. – СПб. БХВ Петербург Арлит, 2001.
- 12 Волков А. Н, Рыжков А. Е, Сиверс М. А. UMTS. Стандарт сотовой связи третьего поколения –С.: Издательство “Линк”, 2008. –224 с.
- 13 Макаров С. Б, Певцов Н. В, Попов Е. А, Телекоммуникационные технологии: введение в технологии GSM. –М.: Издательский центр “Академия”, 2006. – 256 с.
- 14 Хакимжанов Т.Е. Жандаулетова Ф.Р., БЖД. Дипломное проектирование. Расчет воздухопровода и выбор вентилятора. – Алматы: АИЭС, 2006. – 22 с.
- 15 Спивак Г.И. Шепелев А.Г. Электробезопасность на предприятиях связи. – М. Радио и связь. М. Энергоатомиздат, 1984. –448с.
- 16 Волков О. М. Пожарная безопасность вычислительных центров. – М.: Стройиздат, 1990. – 416 с.
- 17 Баклашов Г.Д, Под ред. А.Р, Охрана труда на предприятиях связи: Учебник. Естественное и искусственное освещение. Часть 4. Козловского. – А.:1994. – 123с
- 18 Акинчев Н.В. Общеобменная вентиляция цехов с тепловыделениями М. Стройиздат. 1984
- 19 Хакимжанов Т.Е, Сборник задач по охране труда и безопасности жизнедеятельности. – Алматы: Эверо, 2007.
- 20 Аманжолова К. Б., Алибаева С. А. Экономика предприятий

телекоммуникаций: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2003.

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

22 Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

23 Кошулько Л.П. Производственное освещение. Мет. указ. по охране жизнедеятельности. Энергоатомиздат, Алматы, 1987.

24 Волков О.М. Пожарная безопасность вычислительных центров. – М.: Стройиздат, 1990.

25 5G. Интернет страница свободной энциклопедии Википедия: <http://ws-wiki.ru/5G>

26 Статья интернет издания computerra.ru "Чего ждать от сетей пятого поколения?" автор Александр Ромов. Интернет страница: <http://www.computerra.ru/89955/chego-zhdat-ot-setey-pyatogo-pokoleniya.html>

27 Статья интернет издания kaminfo.school.org.ru "Какой будет мобильная связь пятого поколения?" автор В.Слепухин. Интернет страница: <http://kaminfo.school.org.ru/index.php/novosti/17-kakoj-budet-mobilnaya-svyaz-pyatogo-pokoleniya.html>

– Технологии мобильной связи пятого поколения (5G). White Paper.Ericsson, Сентябрь 2013:

28 Описание оборудования. Интернет страница НПЦ "Дэйтлайн": <http://www.dateline.ru/oborudovanie/>

29 Описание оборудования MacroMAXe. Интернет страница компании Alvarion: <http://www.alvarion.ru/products/products-list/breezemax/>

## РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Маханова Камила Жанабайқызы

6B06201 - Телекоммуникация

Тақырыбына: «Қарағанды қаласында 5G ұялы желісін жобалау»:

Орындалды:

а) графикалық бөлім 56 парақ;

б) түсініктеме 5 бет.

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген бітіру жұмысында 5G технологиясын қолдана отырып кең жолақты қатынауды жақсарту мәселелері қарастырылады. Қолданылатын технология үшін тарату жүйелерінің жабдықтары мен оптикалық кабель таңдалды және талдау жасалады.

Бұл дипломдық жұмыста 5G архитектурасына шолу, нысанаға өлшеу жүргізу техникаларына шолу жасалды, MMW диапазонындағы сымсыз жүйелерді іске қосу ұйымдастырылды.

Дипломдық жұмыста оптикалық лазерлердің, базалық құрылымы сызбасында студент өз тарапынан қандай жақсартулар енгізуі мүмкіндігін көрсете алмаған. Кейбір орфографиялық қателер кездеседі.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

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

### ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (90%) деген баға, ал студент Маханова Камила Жанабайқызы 6B06201 – Телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

#### Рецензент:

Ғ.Дәукеев ат. АЭЖБУ доценті,

PhD докторы

(қызметі ғыл. дәрежесі, атағы)



А.Ержан

(КОЛЫ)

« 30 » 05 2023 ж.



## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Маханова Камила Жанабайқызы

6B06201 - Телекоммуникация

Тақырыбына: «Қарағанды қаласында 5G ұялы желісін жобалау».

Берілген бітіру жұмысында 5G технологиясымен байланыс жұмысын ұйымдастыру мәселелері қарастырылады. Қолданылатын технология үшін тарату жүйелерінің жабдықтары мен оптикалық кабель таңдалды және талдау жасалады.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жұмыста 5G архитектурасы, халықаралық тәжірибелерді зерттеу, 5G желісі архитектурасының негізгі принциптері және құрылысы көрсетілген.

Желінің типтік құрылымы, 5 G технологиясының артықшылықтары атап өтілді.

5 G физикалық деңгейі үшін бағалау есебі жасалды.

Дипломдық жобаға 85 («жақсы») деген баға, ал студент Маханова Камила Жанабайқызы 6B06201 - Телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

ЭТЖТ каф.аға оқытушысы,

техн.ғыл.кандидаты

Ермекбаев М.М.

(қолы)

2023 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: Маханова Камила Жанабайқызы**

**Тақырыбы: Қарағанды қаласында 5G ұялы желісін жобалау**

**Жетекшісі: Сұңғат Марқсұлы**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 2.3**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.5**

**Дәйексөз (35): 0.7**

**Әріптерді ауыстыру: 70**

**Аралықтар: 48**

**Шағын кеңістіктер: 15**

**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:**

2023-05-31

Күні

Кафедра меңгерушісі





о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Маханова Камила Жанабайқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қарағанды қаласында 5G ұялы желісін жобалау

Научный руководитель: Сұңғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 2,3

Коэффициент Подобия 2: 1,5

Микропробелы: 15

Знаки из здругих алфавитов: 70

Интервалы: 48

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:

2023-05-31

Дата

Заведующий кафедрой



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Маханова Камила Жанабайкызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Қарағанды қаласында 5G ұялы желісін жобалау

**Научный руководитель:** Сұңғат Марксұлы

**Коэффициент Подобия 1:** 2.3

**Коэффициент Подобия 2:** 1.5

**Микропробелы:** 15

**Знаки из других алфавитов:** 70

**Интервалы:** 48

**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:

2023-05-31

*Дата*



Сұңғат Марксұлы

*проверяющий эксперт*