

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

Жолдыбаев Ұланбек Ерболғанұлы

Тараз қаласында гетерогенді 5G сымсыз желілерін 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 телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



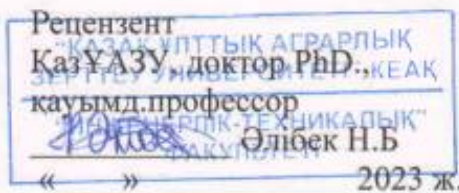
### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Тараз қаласында гетерогенді 5G сымсыз желілерін жобалау»

6B06201 – Телекоммуникациялар мамандығы

Орындаған:

Жолдыбаев Ұ.



Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация



**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Жолдыбаев Ұланбек

Тақырыбы: «Тараз қаласында гетерогенді 5G сымсыз желілерін жобалау»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1) Гетерогенді 5G сымсыз желісінің архитектурасы;
- 2) 5G желісінің бағдарламалық модульдері және желі функциялары;
- 3) 5G-IoT-LPWAN қатынасы және 5G желілері үшін өнімділікті модельдеу әдістері
- 4) Тараз қаласына жобаланатын 5G желілері үшін ұяшықтардың ішіндегі және арасындағы пайдаланушыларға негізделген өнімділік моделі

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) Гетерогенді 5G сымсыз желілеріне талдау жасау;
- 2) 5G/IMT-2020 желілерінің негізгі сипаттамаларын анықтау және олардың бұрынғы IMT желілерімен салыстыру
- 4) Тараз қаласына жобаланатын 5G қолданбаларына арналған өткізу қабілеттілігі мен кідірісті есептеу;
- 5) Тараз қаласына жобаланатын 5G антенналары мен байланыс құрылғыларын Matlab ортасында Toolbox блогында модельдеу

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

- 1) Мохамед Али Рефае Абделлах. Прогнозирование характеристик трафика для сетей 5G на основе технологий искусственного интеллекта. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт Петербург – 2022.
- 2) <https://profit.kz/news/63955/V-5-raz-luchshe-Huawei-rasskazal-o-setyah-na-forume-5G-On-Silk-Road>
- 3) Фокин Г.А. Моделирование сверхплотных сетей радиодоступа 5G с диаграммообразованием // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2021. Том 15. №5. С. 4-21.



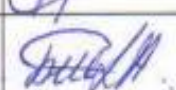


дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

### КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Гетерогенді 5G сымсыз желілеріне талдау жасау	04.01.2023 - 01.02.2023	Әдебиеттік шолу бойынша 2 беттік слайд
Тараз қаласына жобаланатын 5G қолданбаларына арналған өткізу қабілеттілігі мен кідірісті есептеу;	01.02.2023 - 01.03.2023	Өткізу қабілеттілігі мен кідірісті есептеулер бойынша 3-4 беттік слайд
Тараз қаласына жобаланатын 5G антенналары мен байланыс құрылғыларын Matlab ортасында Toolbox блогында модельдеу	01.03.2023-30.05.2023	Құрылғылар немесе бағдарламалау бойынша зерттеуді ұсыну. 3-4 беттік слайд

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	С. Марксұлы., техн., ғыл,маг., ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы	1.03.2023 ж	
Теориялық ақпарат	С. Марксұлы., техн., ғыл,маг., ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы	30.03.2023 ж	
Норма бақылау	Ақылжан П., техн., ғыл,маг., ЭТЖҒТ каф. ассистенті	02.08.2023 ж	

Ғылыми жетекшісі

Марксұлы С

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

Жолдыбаев Ұ.

Күні «22» желтоқсан 2022 ж.

## АНДАТПА

Бұл дипломдық жобада Тараз қаласына гетерогенді 5G технологиясын жобалау қарастырылған. Дипломдық жобаның мақсаты, Тараз қаласына гетерогенді 5G желісін жобалап, Huawei құрылғысының көмегімен, сөз және басқа да мәліметтерді беру қызметін ұсыну, қаладағы бар цифрлық арналарды тиімді пайдаланып желілердің өнімділігін арттыру арқылы, және дестелік коммутациялар технологиясы бойынша қызметтер көрсету негізінде транспорттық желі құру.

5G/IMT2020 желісінің радио интерфейстеріне арналған технологиялық шешімдердің жалпы сипатталары қарастырылды. Тараз қаласына жобаланатын 5G қолданбаларына арналған өткізу қабілеттілігі мен кідірісті есептелді.

5G сынақ модельдері NR (NR-TMs) және жоғары және төмен арна 1 (FR1) жиілік диапазоны мен 2 (FR2) жиілік диапазоны үшін бекітілген сілтеме арналары (FRCs). N RTM және FRC сигналдарын генерациялау үшін N RTM немесе FRC атауын, арнаның өткізу қабілеттілігін, қосалқы тасымалдаушылар арасындағы қашықтықты және дуплексті режимді орнатуға болатыны Матлаб бағдарламасында модельденді.

## АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривалось вопросы проектирование гетерогенной технологии 5G для города Тараз. Целью дипломного проекта является проектирование гетерогенной сети 5G для города Тараз, предоставление услуг передачи голоса и других данных с использованием устройств Huawei, повышение производительности сетей за счет эффективного использования существующих цифровых каналов в городе, а также создать транспортную сеть на основе предоставления услуг на базе технологии коммутации пакетов.

Рассмотрены общие характеристики технологических решений для радиоинтерфейсов сети 5G/IMT2020. Рассчитаны пропускная способность и задержка для приложений 5G, запланированных для города Тараз.

Тестовые модели 5G NR (NR-TM) и фиксированные эталонные каналы (FRC) для полосы частот восходящего и нисходящего каналов 1 (FR1) и полосы частот 2 (FR2), демонстрирующие, как обеспечить соответствие стандарту. В Matlab было смоделировано, N RTM и FRC, полоса пропускания канала, расстояние между под несущими и дуплексный режим могут быть установлены для генерации сигналов N RTM и FRC.

## ANNOTATION

This diploma project provides for the design of heterogeneous 5G technology for the city of Taraz. The aim of the diploma project is to design a heterogeneous 5G network for the city of Taraz, to provide voice and other data transmission services using Huawei devices, to increase the productivity of the networks by effectively using the existing digital channels in the city, and to create a transport network based on the provision of services based on packet switching technology.

General characteristics of technological solutions for radio interfaces of the 5G/IMT2020 network were considered. Bandwidth and latency for 5G applications planned for the city of Taraz were calculated.

Test models of 5G NR (NR-TM) and fixed reference channels (FRC) for uplink and downlink frequency band 1 (FR1) and frequency band 2 (FR2), demonstrating how to ensure compliance with the standard. It was modeled in Matlab, N RTM and FRC, channel bandwidth, distance between subcarriers and duplex mode can be set to generate N RTM and FRC signals.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 5G желісінің ағымдағы жағдайын талдау	10
1.1 5G желінің архитектурасы	10
1.2 Гетерогенді 5G сымсыз желісінің архитектурасы	15
1.3 5G стандартын талдау	17
1.4 4G-дің 5G-ге өткендегі салыстырмалы дамуы	19
1.5 Мәселенің негізделген қойылымы	20
2 5G/IMT2020 желілерінің негізгі сипаттамаларын анықтау және оларды қолданыстағы IMT желілерімен салыстыру	22
2.1 5G/IMT-2020 желілерінде ұсынылатын қызметтер мен қызметтердің жалпы сипаттамасы	22
2.2 Пайдаланушы идентификаторлары	24
2.3 5G технологиясының спектрі	28
2.4 5G технологиясы және спектрге қойылатын талаптар	28
2.5 Базалық желі	31
2.6 5G/IMT2020 желісінің радио интерфейстеріне арналған технологиялық шешімдердің жалпы сипаттамасы	32
2.7 5G-IoT-LPWAN: өзара әрекеті	34
3 Есептеу бөлімі	40
3.1 Тараз қаласына жобаланатын 5G қолданбаларына арналған өткізу қабілеттілігі мен кідірісті есептеу	40
3.2 Тараз қаласына жобаланатын 5G антенналары мен байланыс құрылғыларын Matlab ортасында модельдеу	46
3.3 5G/IMT-2020 NR-TM және FRC сигналдарын генерациялау	51
3.4 5G/IMT-2020 NR-TM және FRC сигналдарын генерациялау	53
Қорытынды	54
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	55

## КІРІСПЕ

5G – бесінші буын ұялы байланыс желісі, 1G, 2G, 3G және 4G желілерінен кейінгі жаңа сымсыз стандарт. 5G жалпы және барлық желілер түрін, атап айтсақ машиналарды, нысандармен құрылғыларды біріктіруге арналған жаңа желіні ұсынады.

5G сымсыз технологиясы өте жоғары Гбит/с деректер жылдамдығын, аса төмен кідірісті, жоғары сенімділікті, жоғары желі өткізу қабілеттілігін, қол жетімділікті көбейтуге және көбірек пайдаланушылар үшін біркелкі пайдаланушы тәжірибесін қамтамасыз етуге арналған. Жоғары өнімділік пен жоғары тиімділік жаңа пайдаланушыларды кеңейтіп, жаңа салаларды байланыстырады. Желінің кешігуін азайту телемедицина және бұл көрсеткіш маңызды болып табылатын басқа салалар үшін өте маңызды көрсеткіш болып табылады.

Қазақстанда үш жыл ішінде ірі қалаларда бесінші буын желілерін іске қосу жоспарлануда. Бастапқыда желілер ірі нысандардың ішінде дамиды. Сынақ сынақтары Нұр-Сұлтан және Алматы қалаларында әртүрлі жиілік диапазонында жүргізілді. Елімізде 5G желісі 2023 -2025 жылдарда енгізу жоспарланып отырғандықтан, барлық зерттеу жұмыстарына әдебиеттік шолу және трафик сипаттамаларын математикалық зерттеу және имитациялық талдау ғана жүргізілді.

2020 және 2022 жылдар аралығында 5G желілерін жаһандық қолдану 55% -ға, ал оларды пайдалану саны 95% -ға өсті. Бұл туралы Huawei Technologies Kazakhstan компаниясының жетекші сарапшылары Digital Bridge 2022 халықаралық форумы аясында өткен 5G On Silk Road шағын форумында бөлісті. Шағын форумның негізгі басты тақырыптары байланыс саласын цифрлық трансформациялаудың ең өзекті мәселелерін, Қазақстанда 5G инфрақұрылымын құру мүмкіндіктерін және өнеркәсіпте және басқа да салаларда 5G желілерін пайдалану сценарийлерін әзірлеуді талқылау болды. [1]

2023-2025 жылдар аралығында Қазақстанның барлық аумақтарына 5G желісі іске қосылу жоспарлануда.

Дипломдық жұмыстың мақсаты ұялы байланыстың 5-ші буынының желілерінің Тараз қаласына жобалау және архитектурасын талдау және мобильді пайдаланушылар үшін желінің өткізу қабілеттілігін анықтау болып табылады.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

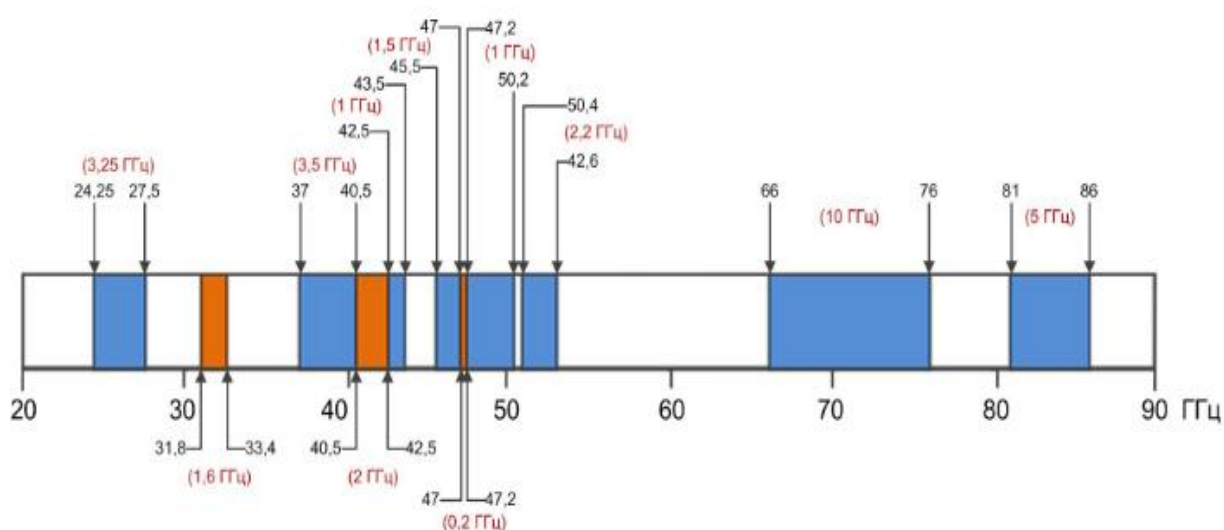
- 1) Гетерогенді 5G сымсыз желілеріне талдау жасау;
- 2) 5G/IMT-2020 желілерінің негізгі сипаттамаларын анықтау және олардың бұрынғы IMT желілерімен салыстыру;
- 3) Тараз қаласына жобаланатын 5G қолданбаларына арналған өткізу қабілеттілігі мен кідірісті есептеу;
- 4) Тараз қаласына жобаланатын 5G антенналары мен байланыс құрылғыларын Matlab ортасында Toolbox блогында модельдеу.

## 1 5G желісінің ағымдағы жағдайын талдау

### 1.1 5G желінің архитектурасы

Бүгінгі таңдағы пайдаланып жүрген 4G-LTE технологиясы бойынша телекоммуникация стандарттары негізінде жұмыс істейтін ұялы байланыс, 2015 жылдың қыркүйек айында АҚШ-тағы 3GPP семинары 5G желілерін стандарттаудан бастады. Осы жоспарларға сәйкесінше спецификацияның бірінші кезеңі 2018 жылдың екінші жартысына дейін, екінші кезеңі 2019 жылдың желтоқсанына дейін аяқталуы тиіс деп жоспарланып, соны іске қоты.

2017 жылдың желтоқсанында Non-Stand-Alone 5G ғимараттарын архитектурасын стандарттау аяқталды. Сол стандарттау кестесі 1.1 суретте көрсетілген.



1.1-сурет – 5G желілерін стандарттау графигі

5G желісінің архитектурасы деректердің жалпы түрлерімен алмасуды және әртүрлі ұсынылатын қызметтерді қолдау үшін әзірленуде.

5G желісінің архитектурасының артықшылығы оның тек аппараттық шешіміне ғана негізделмеген. Аппараттық шешімдер негізінде жасалынған алдыңғы басқа желілерінен айырмашылығы, көп біркелкі емес 5G желісі бағдарламалық шешімдер негізінде жасалған. Сондықтанда бұл желі платформа деп аталады. Ол бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған SDN (Software Defined Network) желілерінің, сонымен қатар NFV (Network Function Virtualization) желілік функцияларын виртуализациялау негізінде құрастырылған. [1]

Біркелкі емес сымсыз желінің NGWN қол жетімділігін қосар алдында қарастыратын көптеген мәселе бар, олар шексіз мобильділік стратегиясын қамтамасыз етеді, соның ішінде:

- пайдаланушылардың жүріс барысындағы қосылулары;



- желілік сипаттамалар негізінде әртүрлі қолжетімді желілер арасындағы таңдау;

- ұсынылатын қызметтер түрі, қажеттіліктер және пайдалану;

- көп модальды құралдар аккумуляторының қызмет көрсету уақытын арттыру үшін қоректі басқару;

- спектрдің динамикалық таралулары.

Бұл проблемаларды шешу орындалуы міндетті, көптеген негізгі функцияларды қажет етеді, соның ішінде: ағымдағы қызмет көрсетуші желілерді және ашық қолжетімді желілерді тексеру, қызмет көрсету берілістерінің шешімдері мен орындалулары.

Гетерогенді сымсыз желілер. Жаһандық жаңа буынды сымсыз желілер тек IP негізінде жүзеге асырылады және олар IP негізінде қызмет ұсыну үшін тіректік желіден және сымсыз қолжетімділіктің бірнеше желісінен тұрады (атап айтсақ, оның ішінде дауыс, бейнежазбалар, мультимедиа және мәліметтер), көптеген көп модальды девайстар үшін қозғалыс кезіндегі әртүрлі технологиялар арасындағы қолжетімділік және операторлардың әртүрлі желілері арасындағы роумингтер үшін керек.

Жетілдірілген NGWN қолданыстағы және пайдаланатын сымсыз қолжетімділік желілерімен біріктіріледі, олар келесідей бөлінеді:

- сымсыз дербес желілер (WPAN) - WPAN, ультра кең ауқымды және Bluetooth, олар қолданушыларға шектелген сымсыз қызмет көрсетумен қамтамасыздандырады;

- сымсыз жергілікті желілер (WLAN) –радиусы 100 метрге дейінгі райондарда сымсыз қолжетімділікті қамтамасыз етуге арналған, жалпы жағдайда, үй және ғимараттарда пайдаланылады. Олар стационарлық квазистационарлық сымсыз пайдаланушыларды қымбат бағадағы 5G желісін қосу үшін жоғары өткізу қабілетімен қамтамасыз етеді;

- сымсыз аймақтық желілер (WMAN) - WMAN кең ауқымды райондарға арналған, мысалы, жергілікті және сымсыз желілердің көп мөлшері бар үлкен қалалар. Қызметтер мен қосымшалар үшін QoS кепілдігін талап ететін сымсыз байланыстың жоғары жылдамдығымен қамтамасыз етуге жасалған; [2]

- сымсыз жаһандық желілер (WWAN) - 4G/5G мобильдік қолжетімділігінің қолданыстағы технологиялары және әмбебап мобильдік байланыс жүйесіне кіреді, олар жоғары мобильділікті пайдаланушылар үшін шектелген өткізу қабілеті мен дауыс берілісін пайдаланады;

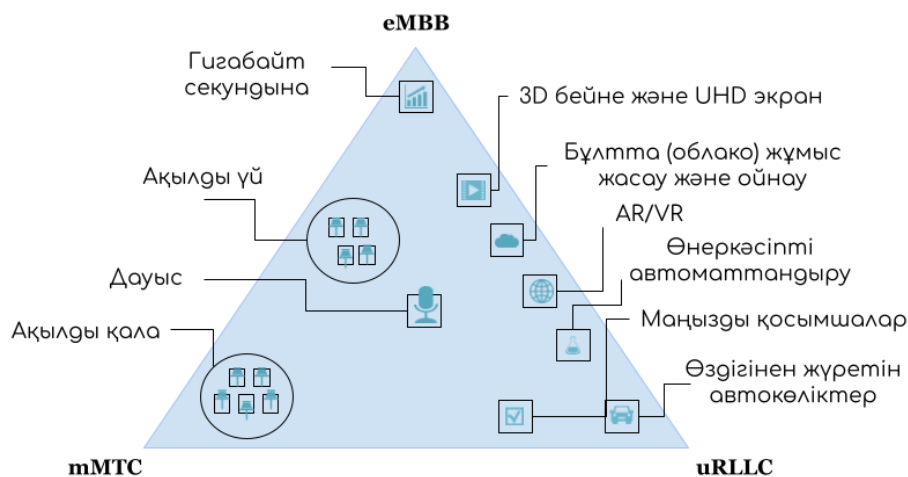
- аймақтық/жаһандық есептеу желілері радио және телевизиялық хабар таратуды, жерсеріктік байланысты және басқалардан тұрады.

5G функциялары NFV инфрақұрылымында жұмыс істейтін виртуалды желі функцияларында (VNFs) жүзеге асырылады. Осыған ұқсас ұғымдардың арасындағы айырмашылығы VNF - бұл мүмкіндік, ал NFV – технология.

Атап айтсақ, NFV COTS (Commercial Off The Shelf) стандартты коммерциялық құрылғысы негізінде деректерді өңдеу орталықтарының, деректер орталықтарының физикалық инфрақұрылымында жүзеге асырылады.

COTS құрылғысы стандартты, салыстырмалы түрде арзан құрылғылардың тек үш түрін қамтиды:

- сервер-есептеу құрылғысы,
- коммутатор -желілік құрылғы,
- мәліметтерді сақтау жүйесі. [2]



1.2-сурет – 5G желісінің қолданылу аясы

5G – бұл дүние жүзілік тренд, онсыз жаңа технологиялар дами алмайды. Жалпы алғанда, 5G желілерін енгізудің басты мақсаты адамдар үшін емес, роботталған пилотсыз платформаларға арналған. Себебі, бүгінгі таңдағы қолданыстағы 4G пайдаланушы-адамдарға жеткілікті дәрежеде жоғары қызмет көрсете алғанымен, IoT технологиясының негізгі талаптарын қанағаттандыра алмайды. 5G желісі– IoT технологиясын кеңінен қолдануға мүмкіндік беретін жаңа технология.

5G URLLC және Industry 5.0 мәліметтері бойынша Интернетке қол жетімділік үлкен деректерді талдаумен және ИОТ-пен бірге цифрлық экономиканы дамытуға бағытталған.

Зерттеу нәтижелері «Қазақстан Республикасының ақпараттық-коммуникациялық технологияларын және цифрлық индустрияны дамыту тұжырымдамасын бекіту туралы» жарлықта қойылған барлық міндеттерді шешуге негізделген.

5G өте аз кідірісті (1 мс-тан аз), деректерді аса жоғары жылдамдықта беру (10 Гбит/с), жоғары өткізу қабілеттілігі, энергияны аз тұтынуы сияқты артықшылықтарға ие. Сонымен қатар, 5G лицензияланған және лицензияланбаған спектрді де қолдана алатыны бар. 5G желісі орналасқан жерімен уақытына қарамастан, Интернетке көптеген құрылғыларды қосуға мүмкіндік береді [3].

5G-IoT технологиясының негізгі функционалдығын бес компонентін сипаттайды. Датчиктер нақты белгілі уақыт режимінде деректерді қабылдай алады және оны жоғарғы модуль немесе интернет заттары шлюзі арқылы жібере алатын ең төменгі деңгейде орналасқан. Интернет заттары шлюзі

барлық сенсорлық деректерді жинайды және оны 5G базалық ортамен 5G қосылымын пайдалана отырып жібереді. Жаңа буын базалық станциясы (gNB) сақтау және одан әрі өңдеу үшін ақпаратты бұлтқа жібереді. Бұл деректерді Ақылды үйлерді автоматтандыру, пилотсыз автокөлік және т.с.с әртүрлі мақсаттарда пайдалануға мүмкіндік береді. 5G-IoT архитектурасы 1.3 – суретте көрсетілген. [4]



1.3-сурет – 5G-IoT архитектурасы

5G ұялы байланыс желісінің ең негізгі сипаттамалары:

- аса-кең жолақты мобильді қолжетімділік (жақсартылған Mobile Broadband, eMBB);

- өте төмен кідіріспен өте сенімді байланыс (Ultra-Reliable and Low Latency Communications, URLLC);

- IoT әлемінен әртүрлі сенсорлар мен құрылғыларды жаппай қосу (массивті Machine Type Communications, mMTC).

3GPP 5G желілері үшін келесі негізгі көрсеткіштерді анықтайды:

- төменгі деректерді беру жылдамдығы ең жоғары жылдамдығы 20 Гбит/с (спектрлік тиімділік 30 бит/с/Гц);

- жоғары байланыс бойынша деректердің ең жоғары жылдамдығы 10 Гбит/с (спектрлік тиімділік 15 бит/с/Гц);

- URLLC қызметтері үшін радио қабылдау ішкі жүйесіндегі ең аз кідіріс – 0,5 мс, eMBB қызметтер үшін – 4 мс;

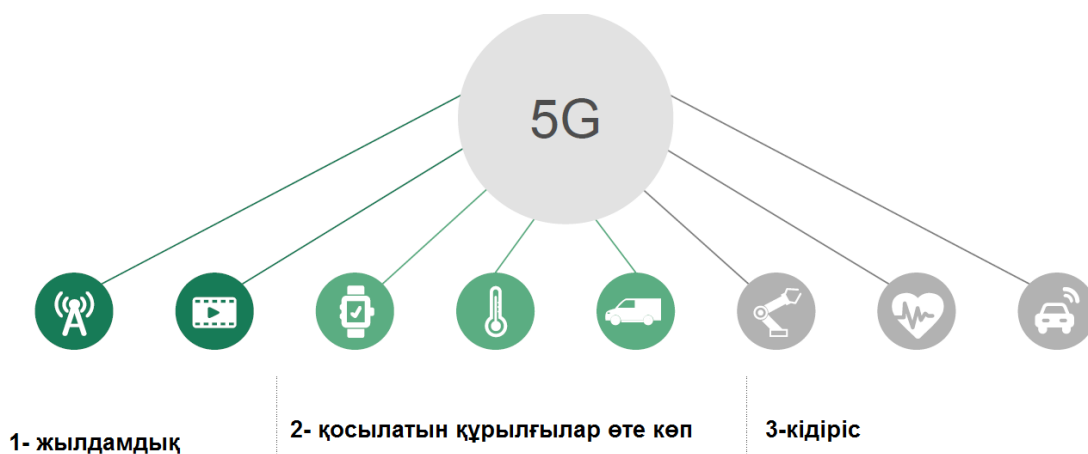
- қала жағдайында желіге қосылған интернет заттар құрылғыларының тығыздығы – 1 000 000 құрылғы/км<sup>2</sup>;

- IoT құрылғылардың 10 жыл бойы аккумуляторды қайта зарядтаусыз автономды жұмыс істеуі;

- 500 км/сағ объектілер қозғалысының максималды жылдамдығында тез қосылу.

Бұл көрсеткіштер кейде үйлесімсіз болып табылады. Сондықтан белгілі бір көрсеткіштері бар, жалпы бір қызметтер ғана әртүрлі құрылғыларға уақыттың әртүрлі нүктелерінде қолжетімді болады.

Осылайша, 5G желісінің негізгі ерекшеліктері жоғары жылдамдық, құрылғылардың көптігі және ең аз кідіріс болып табылады (сурет 1.4).



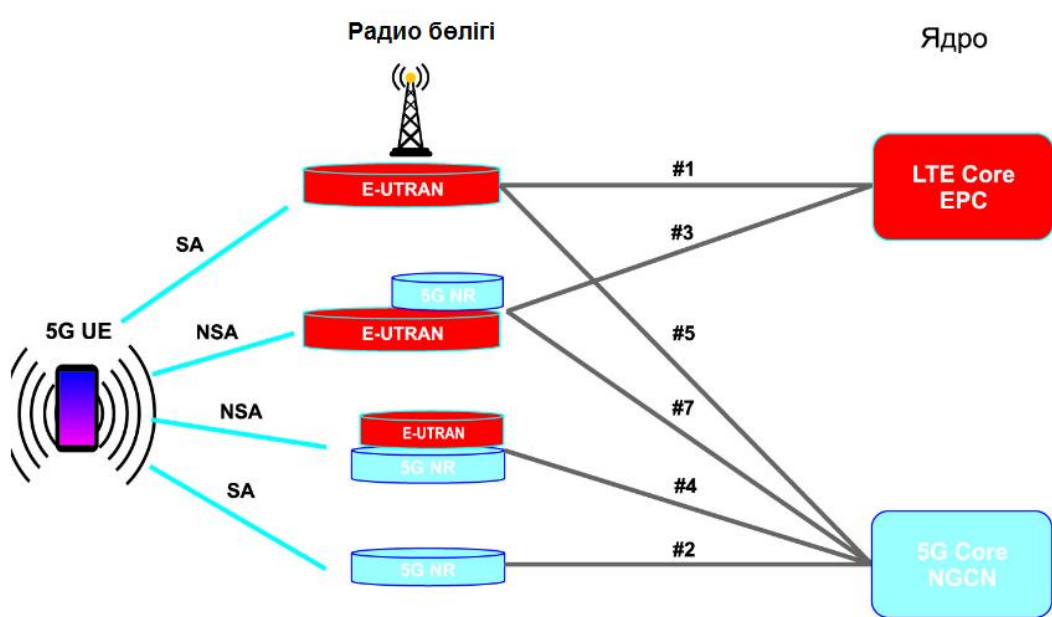
1.4-сурет – 5G желісінің қосылу ерекшелігі

5G желісінің дамуы қазіргі қоғамның талаптарына толық жауап бере алады. Қосылған объектілер мен құрылғылар санының артуы нарықтағы жұмысты автоматтандыру үшін жаңа қызметтер мен байланысты бизнес үлгілерінің кең спектріне жол ашады (мысалы, энергетика, электрондық денсаулық сақтау, ақылды қала, қосылған көліктер, өнеркәсіптік өндіріс және т.б.)

Виртуалды және кеңейтілген қолданбалардың кеңеюі, 4k бейне ағыны және т.б. адамға бағытталған қосымшалар үшін қосымшаны қамтамасыз етеді. 5G желілері өміріміздің қауіпсіздігін жақсарту үшін машинадан машинаға және машинадан адамға қолданбалардың байланыс қажеттіліктерін қолдайды. Автономды қосылған құрылғылар бүгінгі трафиктен айтарлықтай ерекшеленетін сипаттамалары бар мобильді трафикті жасайды.

Адам мен машинаға негізделген қолданбалардың қатар өмір сүруі 5G желілері қолдауы қажет функционалдық және бастапқы өнімділік көрсеткіштерін (KPI)/өнімділік талаптарын қояды.

Осылайша, желіні сегменттеу концепциясы [3] 1.5 суретте көрсетілгендей, операторларға тұтынушы алдында тұрған желілік сегмент талаптарының спецификацияларын ұсыну арқылы таратылған телекоммуникация қызметтерін сұрайтын тік секторлардың сұранысын қанағаттандырады.



1.5-сурет – 5G желісінің жалпы сегменттеу архитектурасы

## 1.2 Гетерогенді 5G сымсыз желісінің архитектурасы

5G желісі архитектурасының негізгі принциптері төмендегідей:

- желі түйіндерін «Пайдаланушы жазықтығы» хаттамаларының жұмысын қамтамасыз ететін элементтерге (UP - User Plane) және «басқару жазықтығы» хаттамаларының жұмысын қамтамасыз ететін элементтерге (CP-Control Plane) бөлу, олар икемділікті айтарлықтай арттырады. масштабтау және орналастыру шарттары (орталықтандырылған және орталықтандырылмаған желі түйіндерінің жеке құрамдастарын орналастыруға мүмкіндік береді);

- соңғы пайдаланушылардың нақты топтарына ұсынылатын қызметтер негізінде желі элементтерін желі деңгейлеріне бөлу (Network Slicing);

- желілік элементтерді виртуалды желі функциялары түрінде жүзеге асыру-VNF (Virtual Network Functions);

- орталықтандырылған және жергілікті қызметтерге бір уақытта қол жеткізуді қолдау, бұл бұлтты есептеулер (тұмандық есептеулер) және шеттік есептеулер (життік есептеулер) тұжырымдамаларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді;

- қол жеткізу желілерінің әртүрлі типтерін біріктіретін конвергентті архитектураны анықтау - an-Access Network) бір ядролық желімен (CN - Core Network) - 3GPP (New Radio-NR) және 3GPP емес (WiFi және т.б.);

- және бірыңғай алгоритмдер мен аутентификация процедураларын қолдау;

- үй желісі арқылы да, қонақ желісіндегі жергілікті желі (VPLMN) арқылы да трафикті бағыттау арқылы роумингті қолдау. [1]



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 беретін қызметке бағытталған;

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

5G басқару жазықтығындағы желі функциялары өзара әрекеттесу үшін тек қызметке бағытталған интерфейстерді пайдалануы керек. 5G желісі келесі негізгі бағдарламалық модульдерді және желі функцияларын (NF) қамтиды:

- қол жеткізу және мобильді басқару функциясы (AMF-функция access and mobile management);

- сеансты басқару функциясы (SMF-сессияны басқару функциясы);

- пайдаланушы деректерін тасымалдау функциясы (UPF пайдаланушы жазықтығы функциясы);

- пайдаланушы деректерін басқару модулі (Udm-бірыңғай деректерді басқару);

- бірыңғай деректер базасы (UDR-бірыңғай мәліметтерді сақтау); құрылымдалмаған деректерді сақтау жүйесі (UDF – құрылымсыз деректерді сақтау функциялары);

- желілік деңгейді таңдау функциясы (nssf-желінің фрагментін таңдау функциясы);

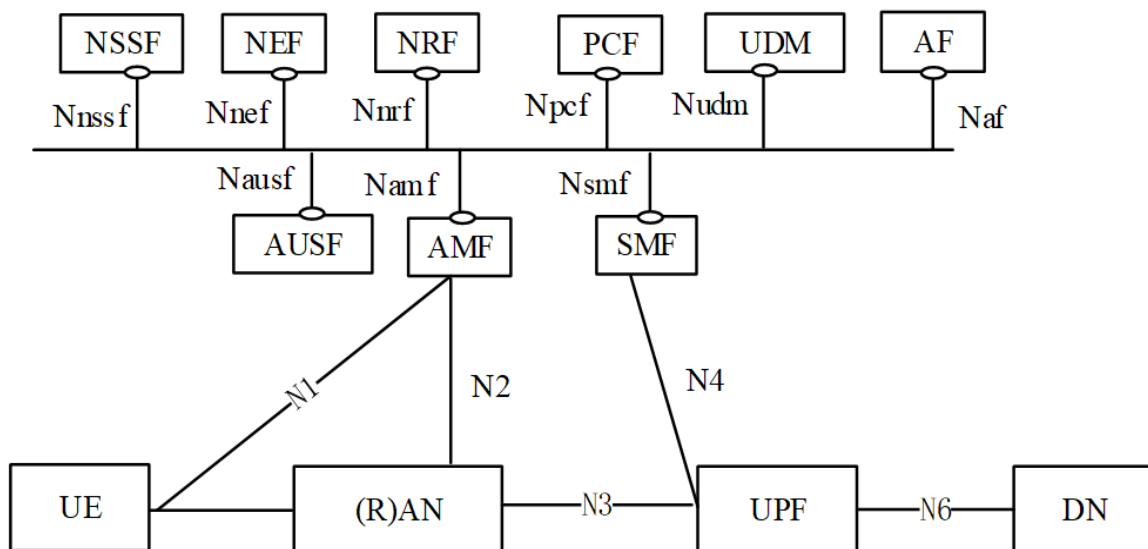
- саясатты басқару функциясы (PCF-полицияны басқару функциясы);

- сыртқы қолданбалармен өзара әрекеттесуді қамтамасыз ету функциясы (NEF-функция желілік экспозиция);

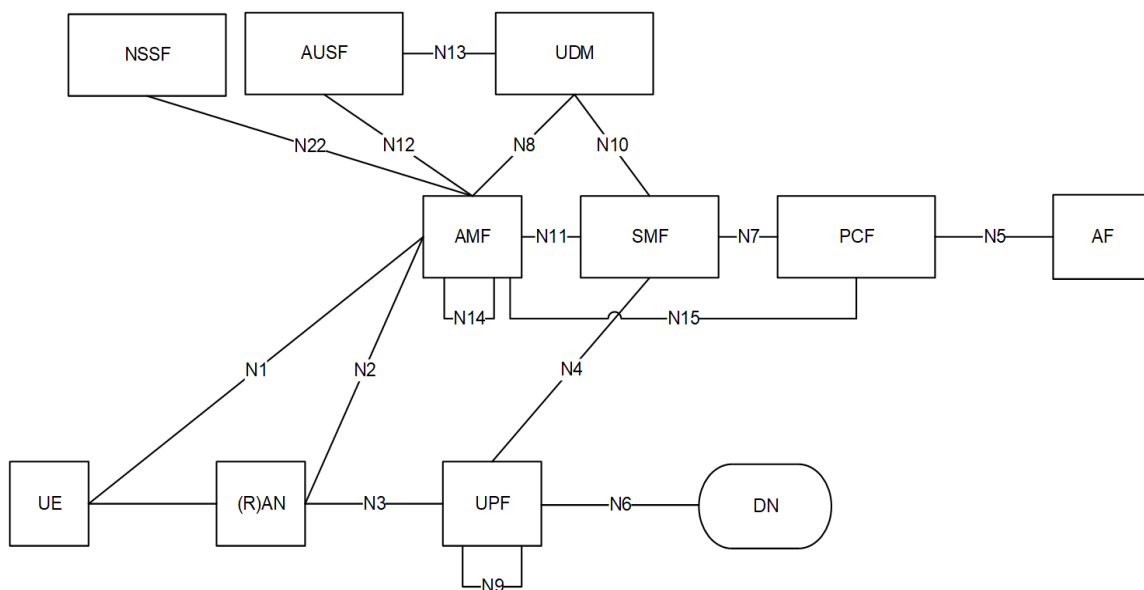
- желілік функцияларды сақтау (NRF репозиторийі - NF функциясы); - қолданбалы функция (AF- қолданбалы функция);

- NaN протоколы арқылы қысқа мәтіндік хабарламаларды қолдау функциясы (SMSF функциясы SMS);

- n3iwf-non-3GPP interworking функциясы) 1.6 -суретте басқару жазықтығындағы әр түрлі желілік функциялардың сервисті -арналған өзара әрекеттесуі тұрғысынан 5G желісінің архитектурасы көрсетілген. 1.7-суретте желілік интерфейстер көрсетілген 5G желісінің архитектурасы бейнеленген.



1.6-сурет – 5G желі архитектурасы. Желілік функциялардың өзара әрекеттесуі



1.7-сурет – 5G желі архитектурасы. Желілік интерфейстер

### 1.3 5G стандартын талдау

5G технологиялары мен шешімдерін стандарттау 2021 жылға дейін аяқталуы керек, сондықтан 5G термині болашақта толыққанды ИМТ2020 шешімінің бір бөлігі ғана болатын бөлшектелген шешімдерді білдіреді. Мұндай шешімдер қазірдің өзінде әртүрлі елдерде қолданылған, бірақ олар жергілікті және сынақ сипатында және стандартты ИМТ2020 желілерінің жоспарланған функционалдығын қамтамасыз етпейді.

5G негізгі стандарттау ұйымдары. 2023 жылғы есеп бойынша:

- 3GPP (3rd Generation Partnership Project) – әртүрлі телекоммуникация стандарттарын әзірлейтін жеті ұйымның альянсы, олар өз кезегінде басқа серіктестерді қамтиды. 3GPP мақсаты - техникалық талаптарды тұжырымдау, ұсыныстарды бағалау және соңында стандарттарды қабылдау. 15-шығарылым 2017 жылдың ортасында қабылданды, ал 2019 жылы қабылданатын 16-шығарылым әзірленуде.

Архитектураны дамытудан басқа, 3GPP-де 5G New Radio (NR) радиотехникасы үшін жаңа жиілік жолақтары үшін стандарттар әзірленуде 5G астында 3GPP-ке мүше ретінде ETSI - Еуропалық Телекоммуникация Стандарттары Институты және 5G стандарттарын әзірлеуде ең белсенді қатысушы болып табылады.

- IETF (Internet Engineering Task Force) – NFV (Network Function Virtualization) желілік функцияларының виртуализациясын қолдауға арналған IP хаттамаларын әзірлейді. Мысалға айтсақ, IETF базалық станциялар, қызметтік шлюздар және деректер пакеттері сияқты бір виртуалды 5G компоненттерін біріктіретін технологияны оңтайластыратын SFC (Service Function Chaining) қызмет функциясын дайындады. Бұл VNF (Virtual Network Functions) виртуалды желісінің функцияларын динамикалық жасау мен байланыстыруға мүмкіндік беретінін айта кеткен жөн. IETF 3GPP-мен өзара тығыз жұмыс істейді.

- Халықаралық электробайланыс одағы – бұл телекоммуникациялық үлкен ауқымын стандарттаумен айналысатын Женевадағы БҰҰ агенттігі. Сондықтан, радиожілік спектрін бөлу жөніндегі жұмысты оңтайластырады, оның ішінде 5G желілері үшінде қарастырылған.

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

5GPPP (5G инфрақұрылымдық мемлекеттік-жекешелік әріптестік) 5G стандарттау серіктестерінің бірі болып саналады. Ұйым желінің сыйымдылығын 1000 есеге дейін ұлғайту, пайдаланушы құрылғыларының қуат тұтынуын 90%-ға азайту, жаңа қызметтер мен қызметтерді әзірлеу уақытын күрт қысқарту, толық және қауіпсіз желі сияқты 5G желісі талаптарын дамыту бойынша өршіл мақсаттарды қояды. қамту және деректерді беру сәл азырақ.

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

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

## 1.4 4G-дің 5G-ге өткендегі салыстырмалы дамуы

4G – ауқымды деректер мен дауыстық хабарламаларды тасымалдайтын ұялы байланыстың төртінші буыны. Төртінші буын технологиясы 100 Мбит/с жылдамдықты қамтамасыз ете алады. 4G сияқты Wi-Fi және WiMax желілері 1 Гбит/с қабылдай алады. Салыстыру үшін, 2G – 240 Кбит/с, 3G – 10 Мбит/с. G деректер пакетіне негізделген. Ол үшін IPv6 протоколы қолданылды.

Деректерді беру үшін жиі 40 немесе 60 ГГц жиі пайдаланылады. 4G технологиясы Халықаралық телекоммуникациялар одағы екі мобильді құрылғы арасында 1 Гбит/с дейінгі деректерді қабылдау, 100 Мб/с дейін деректерді беру мүмкіндігін бағалады. Егер желі басқаша болса, бұл олардың жұмысын жеңілдетеді. Олардың жұмысын жеңілдету үшін 40 немесе 60 ГГц жылдамдығы қолданылады.

4G шығарғандар OFDM сандық мультиплекстеу технологиясын сынады. Мұндай әсер желінің сигналдарын одан әрі күшейтеді екен. Сондықтан желі нөлге тең болса да, біраз уақыт бойы сақтауда жұмыс істеуге болады. Сигналдарды біреуіне жіберу, фазаларды жылжыту арқылы біраз уақытқа көбірек сигналдар жібереді немесе арналарға қосылуға мүмкіндік береді. Бұл түрдің өзі желіге мүмкіндігінше тез қосылып, өнімділікті арттырады. Сонымен қатар, жұмыс желіге тоқтаусыз бірден қосылуға мүмкіндік береді.

LTE сияқты біркелкі стандарттарды немесе көп мобильдік байланыс операторларын қабылдай отырып, сонымен қатар жалпы стандарттарға сай дауыстық хабарламаларды жібереу және SMS жүзеге асырылады. Әртүрлі провайлер мен мобильдік құрылғылармен қамтамасыз ететін желілер Telefonica, AT&T, TeliaSonera, Orange, Vodafone, Verizon, Alcatel-Lucent, Ericsson, Samsung Electronics, Nokia, Nokia Siemens Networks, Sony компаниялары тұтынады. [3]

Барлығы бірдей стандартты пайдалану олардың тегіс роумингін пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл GSM, HSDPA желілерінен баяу көшу үшін қолайлы болды. Көптеген компаниялар қазірдің өзінде 362,4 Мбит/с, 172,8 Мбит/с қабылдай алатын осы түрден жоғарырақ тұтытуда. 5G технологиясымен бәсекелесе алатын желілер:

1. LTE
2. Mobile WiMAX
3. TD-LTE
4. HSPA+
5. UMB

Бесінші ұрпақ стандарты миллиметрлік толқындарды қамтуға мүмкіндік береді, өйткені бұл жылдамдық көптеген жиілік диапазондарын тастауды талап етеді. Бұл әдіс өте қымбат және күрделі. Әзірлеушілердің бүкіл аумақта ондаған аудандарды пайдалану туралы шешімі қисынды. Бірақ пайдаланушылар жаңа байланыс түрлерінің кең ауқымын күте алмайды.

Бұл жаңа сигналдың ауқымы әлі де аз, сондықтан 5G желісін бірінші кезекте интернетке сұранысы жоғары жерлерде ғана пайдалануға болады.

5G - 21-ші ұрпақтың жалғасы, біз көптеген ғылыми жобаларда ресми рұқсатсыз қолданатын ұрпақ түрі. Сондықтан 5G ресми түрде LTE сияқты ұялы байланыс ретінде қарастырылмайды, тек қазіргі уақытта әзірленіп жатқан стандартты буындардың бөлігі ретінде. Оның әртүрлі атаулары бар, бірақ 3G және 4G-ді сілтеме ретінде «5G» деп атаған жөн болар еді, және қазіргі уақытта бұл ұрпақты әлем толығымен пайдалана алады деп болжануда.

Қазірдің өзінде Кореяда олар деректерді беру жылдамдығынан 22 есе жоғары және оны бесінші буын ретінде қабылдай алатын ұялы технологияны сәтті шығарды. Бұл технология 3,6 Гбит/с дейін жүктей алады, бұл 4G технологиясына қарағанда 1 Гбит/с дейін жылдамырақ. Бұл мобильді жылдамдықты жаңарту. Дәстүрлі сымды желілер бұл жағдайда тек қолдарымен көрінеді, өйткені олардың мұндай жылдамдығы да жоқ. Жаңа технология толық метражды фильмдерді бірнеше секунд ішінде оңай жүктей алады.

Әрине, бұл стандартқа көшу үшін 4G қолданатын компания көшуі керек. Кім бірінші қозғалса, жоғары жылдамдықпен 5G технологиясының көшбасшысы болады. ON World аналогтық компаниясы 2012 жылы сымсыз сенсорлық желіні зерттеуге 1,3 миллиард доллар жұмсалғанын хабарлады. АҚШ-та ҒЗТКЖ электр энергиясының негізгі драйвері болып саналады. Онжылдықта электр энергиясын үнемдеу бағытында қыруар жұмыстар атқарылды.

WSN жобасына шетелдегі Канада, Қытай, Австралия, Кореяда қамтамасыз етіп отыр. Ол жердегі кіріс негізінен қоршаған ортаны қорғауға (30%), халыққа орта транспорттарға, медицинаға (30%), ішкі өнімге жұмсалады. Әрине осылардың бәрін жүзеге асыру үшін сымсыз желілердің маңызы жоғары, дегенмен оларға да ақшаны жақсылап бөлу керек. Көптеген мобильді желілерді енгізу сәтсіз аяқталды, сондықтан кейбір мемлекеттер осыған байланысты дамуды қолдамайды. Ал АҚШ болса, спутниктік сегменттермен ұялы байланыс желілерін дамытуда және одан жарқын болашақ күтеді. 2008 жылдың маусымында M2mi Corp. LinkedData Planet конференциясында 23 ақпараттық құрылым желісін ұсынды және оны «5G» деп атады. Бұл желі ғаламды кең жолақты деректер байланысымен қамтамасыз ете алатынына уәде берді.

## **1.5 Мәселенің негізделген қойылымы**

Жұмыстың негізгі мақсаты: Тараз қаласына гетерогенді 5G желісін жобалап, Huawei жабдығының көмегімен, сөз және басқа да мәліметтерді беру қызметін ұсыну, қаладағы бар сандық арналарды тиімді пайдаланып желілердің өнімділігін арттыру арқылы, және дестелік коммутациялар технологиясы бойынша қызметтер көрсету негізінде транспорттық желіні құру.

Осы жұмыстың мақсатын анықтау үшін, басқарушы әлемдік телекоммуникация операторларымен ұсынылған, 5G желілеріне өту



стратегияларын қарастыру керек. 5G желілеріне өтуінің мүмкін стратегияларын үш негізгі топтарға бөлген жөн: аралдық, революциялық, эволюциялық.

Бірінші стратегия екі жағдайда қолайлы: жаңа желі құрылуда; барлық жұмыс істейтін коммутациялық және тарату жабдықтарын ауыстыру қажет. Революциялық стратегияны қолдану бойынша практикалық нұсқаулар өте сирек кездеседі.

Екінші стратегия – оператор қажеттілік барысында, ескірген коммутациялық станцияларын көрсетіп, «арал» тәрізді өзінің 5G желісін құрастыруын мақұлдайды.

Үшінші стратегия – операторлардың желіні түрлендіру үшін нақты жоспар құруын мақұлдайды. Жалпы пайдалыныстағы телефон (ОҚТЖ) желісінің цифрленуі кезеңінде қабылданған, «үстіне қойылған» желі тұжырымдамасы осы келтірудің аналогі болып саналады.

Осы жұмыстың басты мақсаты – абоненттерге қазіргі сапа мен сенімділікті қамтамасыз етіп, телекоммуникация қызметтерінің қосымша түрлеріне сұранысын қанағаттандыру арқасында, «Қазақтелеком» АҚ – ның телекоммуникация нарығында орнықтыру және қосымша табыс табу.

Технологиялық мақсаттар:

– дауысты трафикті дестелі тарату технологиясының «тегіс» сәулетінің қолданылуы нәтижесінде, телефон желісінің әмбебап, тиімді, біріккен мультисервисті құрылымын құру;

– жалпы пайдаланыстағы телекоммуникация желісін 5G/IMT-2020 деректерді тарату желісімен конвергенциялау;

– ашық хаттамалар негізінде кез – келген қызметтер түрін енгізу үшін технологиялық негіз құру;

– мониторинг және желі қорларымен басқарудың бітұтас жүйесін құру;

– желі жұмысының сенімділігін арттыру.

Жұмыста мына сұрақтар қарастырылған:

– желі құрастырудың ең тиімді нұсқауын анықтау;

– жабдықты сипатталау;

– жабдықты есептеу;

## **2 5G/IMT2020 желілерінің негізгі сипаттамаларын анықтау және оларды қолданыстағы IMT желілерімен салыстыру**

### **2.1 5G/IMT-2020 желілерінде ұсынылатын қызметтер мен қызметтердің жалпы сипаттамасы**

Қолданылатын 4G желілері абоненттердің инновациялық ұялы байланыс қызметтеріне жаңа қажеттіліктерін қажетті мөлшерде қанағаттандыруға мүмкіндік бермейді. Бұл ретте операторлар байланыс желілерінің жеткіліксіз икемділігіне, олардың күрделілігін арттыруға және оларды пайдалану құнының өсуіне тап болады. Осы кемшіліктерді жоюға мүмкіндік беретін 5G/IMT2020 технологиялары мобильді желілерді дамытудың табиғи кезеңі болып табылады.

ITU-R Халықаралық электрбайланыс одағы желінің негізгі операциялық сипаттамаларының көрсеткіштерін анықтады, оларға қол жеткізу оны 5-ші буын желісі ретінде жіктеуге мүмкіндік береді:

- желінің өткізу қабілетін ұлғайту (бір абонентке деректерді беру жылдамдығын 10-100 есеге арттыру – 10 Гб/с (DL) және 5 Гб/с (UL) дейін);
- 1 абонентке тұтынылатын трафиктің өсуін қамтамасыз ету (1000 есе өсу) – бір пайдаланушыға айына 500 ГБ дейін;
- розеткадағы қосылған абоненттік құрылғылардың санын 10-100 есеге арттыру – бір түйінге 300 000-ға дейін және 1 км<sup>2</sup>-ге 1 млн құрылғыға дейін;
- желіде мәліметтерді жіберудің өту кідірісін 10 мс-ден 1 мс-ке дейін азайту;
- радиоинтерфейстің спектрлік тиімділігін 3 есеге дейін арттыру;
- IoT/M2M/D2D сенсорлары сияқты қуаты аз абоненттік құрылғылардың батареясының қызмет ету мерзімін бірнеше есе арттыру - 10 жылға дейін;
- 4G желісімен салыстырғанда 5G/IMT2020 желілерін пайдалану құны мен қуат тұтынуды 10 есеге дейін төмендету [5,6].

5G / IMT2020 байланыс желісі ұсынатын қызметтер 3 ICE-R тобына жіктеледі:

Бірінші топ: Жетілдірілген мобильді кең жолақты (emvv). Бұл қызметтер тобы мультимедиялық мазмұнға, қызметтерге және деректерге (қазіргі уақытта LTE желілері ұсынатын қызметтерге ұқсас) қол жеткізуді қамтамасыз ететін адамға бағытталған пайдалану жағдайларын қамтиды. Бұл қызметтерге мыналар жатады:

Ultra HD және бейне, 3D бейне, соның ішінде нақты уақыттағы бейне, онлайн ойындар, виртуалды шындық (мүмкін қолданбалар: білім беру, ойын-сауық, денсаулық сақтау, әскери өнеркәсіп), жетілдірілген әлеуметтік желі қызметтері, бұлттық қызметтер (мүмкін қолданбалар: мемлекеттік қызметтер, бизнес қолданбалар, есептеу), дауыс, соның ішінде ағындық, нақты уақыттағы музыка, mbms тарату жатады. [5,6]

Бұл қызметтерді сапалы қолдау үшін көп гигабиттік деректерді тасымалдау жылдамдығы қамтамасыз етілуі керек. Emvv сценарийлерінде практикалық пайдаланушы деректерінің жылдамдығы, аудан бірлігіне

шаққандағы трафик, деректердің максималды жылдамдығы, ұтқырлық, қуат тиімділігі және спектрдің тиімділігі жоғары мәнге ие.

Екінші топ: ауқымды машинааралық байланыс жүйелері (МІоТ). Бұл пайдалану сценарийі кідіріске өте сезімтал емес салыстырмалы түрде аз көлемдегі деректерді жіберетін көптеген қосылған құрылғылармен сипатталады. Бұл қызметтерді сапалы қолдау үшін абоненттік құрылғылардың төмен құнын, үлкен қамту аймағын және құрылғының ұзақ батареяның қызмет ету мерзімін сақтау қажет. Қолданудың негізгі бағыттары: энергетика, көлік, денсаулық сақтау, сауда, қоғамдық қауіпсіздік, өнеркәсіп, ТКШ, пилотсыз көлік.

Заттар интернеті сценарийлері қосылымдардың аса жоғары тығыздығымен және желідегі мыңдаған құрылғылардың дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету қажеттілігімен сипатталады. Бұл сценарийді іске асыру негізінде құрылғының төмен құны және оның энергия тиімділігі маңызды болып саналады. [5,6]

Үшінші топ: өте сенімді төмен кідірісті деректерді беру (URLLC). Бұл пайдалану сценарийі өткізу қабілеттілігі, кідіріс және қол жетімділік сияқты желілік өнімділік көрсеткіштеріне қатаң талаптар қояды. Мұндай қызметтерге өнеркәсіптік және өндірістік процестерді сымсыз басқару (роботтандыру), қашықтықтан медицина, атап айтқанда хирургия, "ақылды" электр желілерінде энергияны бөлуді автоматтандыру, қоғамдық қауіпсіздік, "ақылды" үйлер мен қалалар, Интеллектуалды көлік құралдарын пайдалану және V2X негізінде интеллектуалды жол инфрақұрылымын енгізу және т. б. жатады.

Төмен кідіріс, сондай-ақ көлік қауіпсіздігі саласындағы ұтқырлықтың жоғары деңгейі маңызды қауіпсіздік қызметтерінің жұмысын қамтамасыз ету үшін маңызды. [5,6]

5G/IMT2020 қызметтерінің кейбір қосымшаларына қойылатын ықтимал талаптар және оларды қолданыстағы желілерді қолдана отырып жүзеге асыру мүмкіндігі көрсетілген. [5,6]

5G/IMT2020 желісінің жоғарыда аталған үш негізгі қызмет тобының бесінші буыны ұялы байланыс желісінде жүзеге асыру үшін келесі сипаттамаларға ие болуы керек:

- спектрдің икемділігі және өткізу қабілеттілігі-әр түрлі спектрлік сценарийлер үшін байланыс жүйесін жобалау мүмкіндігі, атап айтқанда әр түрлі жиілік диапазонында жұмыс істеу мүмкіндігі;

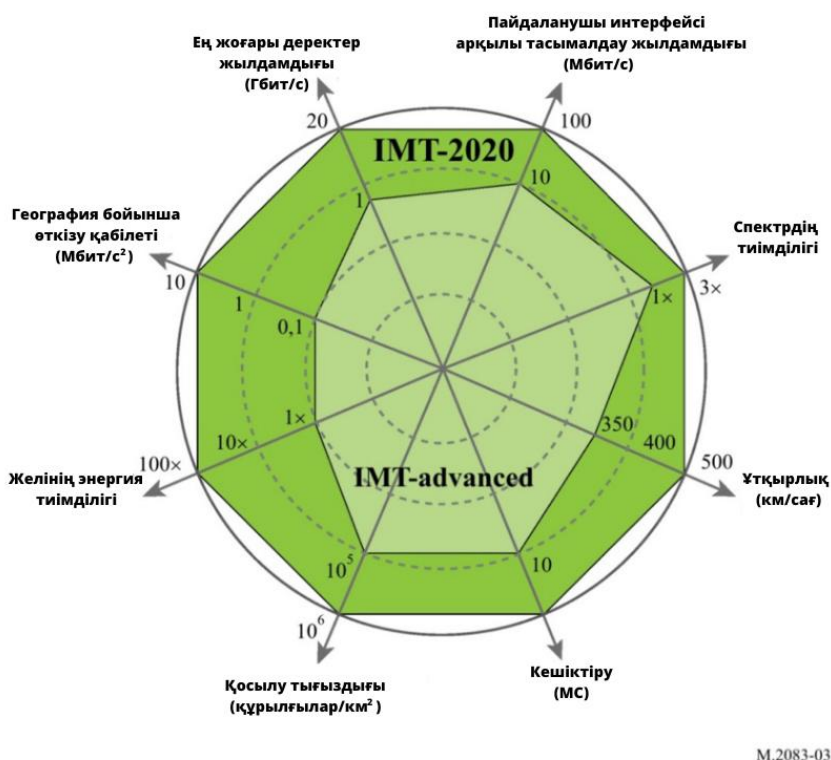
- сенімділік-өте жоғары дайындық коэффициенті бар қызметтің жұмысын қамтамасыз ету мүмкіндігі (мұнда дайындық коэффициенті желінің кез-келген уақытта жұмыс істеу ықтималдығын білдіреді); [5,6]

- тұрақтылық-желінің сыртқы әсерлер кезінде және одан кейін (авариялар, электр энергиясының авариялық сөнуі және т. б.) өзінің жұмыс жағдайын сақтау қабілеті;

- қауіпсіздік және құпиялылық-абоненттер деректерінің тұтастығын шифрлау және қорғау, рұқсатсыз кірудің, желіні бұзудың, алаяқтықтың және т. б. алдын алу;

- энергия тиімділігі жинақталған энергия сыйымдылығымен қамтамасыз етілетін, жасалған жұмыс уақытын қамтамасыз ету мүмкіндігі бар. Бұл әсіресе аккумулятордың өте ұзақ қызмет ету мерзімін қажет ететін (мысалға, 10 жылдан астам) M2M нысандары үшін өте маңызды, өйткені оларды үнемі күтіп ұстау физикалық немесе экономикалық себептерге байланысты қиын. [5,6]

Жетілдірілген мобильді кең жолақты жүйелер үшін IMT-2020 деректерінің ең жоғары жылдамдығы 10 Гбит/с жетеді деп күтілуде. Дегенмен, белгілі бір шарттар мен сценарийлерде IMT-2020 жүйелері 2.1 -суретте көрсетілгендей, 20 Гбит/с дейінгі ең жоғары деректер жылдамдығына қолдау көрсете алады.



2.1-сурет – IMT-2020 жүйелері

Қалалық және қала маңындағы аумақтар сияқты кең қамту аймақтары бар сценарийлер үшін пайдаланушылар үшін деректер жылдамдығы 100 Мбит/с болады деп күтілуде. Сымсыз кіру нүктесі сценарийлері үшін пайдаланушылар жоғары деректер жылдамдығына жетеді деп күтілуде (мысалы, үй ішінде 1 Гбит/с).

## 2.2 Пайдаланушы идентификаторлары

2.2.1 Абоненттің халықаралық тұрақты жазылым идентификаторы – 5G SUPI (Subscription Permanent Identifier)

5G желісінің әрбір абонентіне тағайындалады және пайдаланушы модулі UDM және USIM бірыңғай дерекқорында сақталады. Supi идентификаторы халықаралық мобильді абонент идентификаторы – IMSI (International Mobile Subscriber Identity) немесе желіге кіру идентификаторы-naï (network Access Identifier) болуы мүмкін, оның форматы RFC 4282 арқылы анықталады. [1]

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

### 2.2.2 Тұрақты пайдаланушы жабдығының идентификаторы - Permanent Equipment Identifier (PEI)

IMEI (International Mobile Station Equipment Identity) бұл - қазіргі уақытта 3GPP тек бір мүмкін PEI форматын анықтайды. IMEI бірегей цифрлық реттілік болып табылады және оларды өндіру кезінде 3GPP радиосына қол жеткізу технологиясын қолдайтын барлық пайдаланушы терминалдарына (UE) тағайындалуы керек. [1]

Бұл жағдайда ұсынудың екі формасын ажырату керек - 15 ондық саннан және IMEI (16 Сан) тұрады. IMEI келесі өрістерді қамтиды:

- TAC (Type Allocation Code) - 8 ондық сан;
- SNR (Serial Number) - 6 ондық сан;
- CD (Check Digit) / SD (Spare Digit) - бір ондық сан.

IMEISV құрамына мыналар кіреді:

- TAC (Type Allocation Code) – 8 ондық сан;
- SNR (Serial Number) - 6 ондық сан;
- SVN (Software Version Number) - екі ондық сан.

TAC GSM қауымдастығымен GSM TS.06 ұсынысына сәйкес тағайындалады және пайдаланушы терминалының нақты моделінің кодын анықтайды.

SNR өндіруші тағайындайды және құрылғының сериялық нөмірін анықтайды.

CD - бұл Ай алгоритмі бойынша есептелген бақылау сомасы.

SD - Желі тарапынан IMEI идентификаторын сұраған кезде пайдаланушы терминалының (UE) жауабында қолданылатын толтырғыш (0 мәніне орнатылады).

SVN - UE бағдарламалық нұсқасының нөмірі.



Ұялы телефон модельдерінің көпшілігінде IMEI идентификаторын құрылғының пернетақтасында терілген \*#06# тіркесімі арқылы экранға шығаруға болады. [1,2]

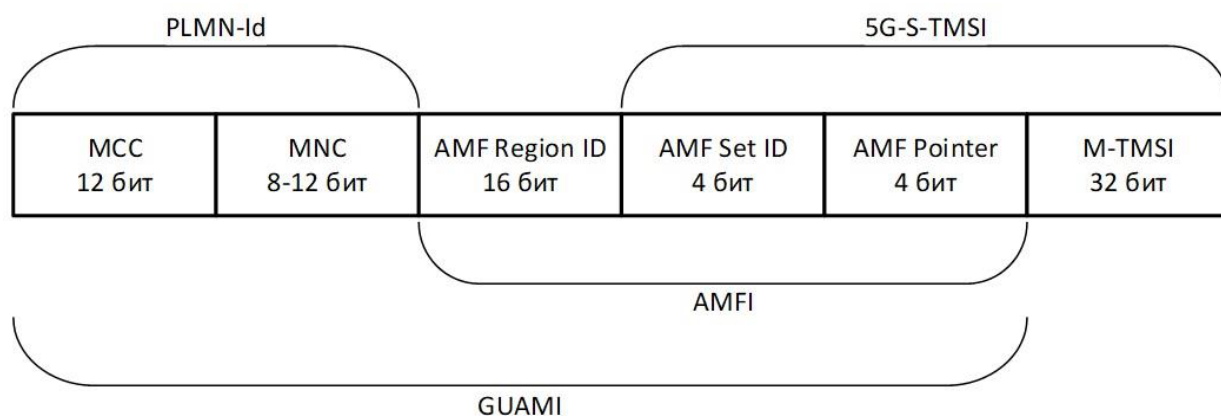
### 2.2.3 Жасырын пайдаланушы идентификаторы – SUCI (Subscription Concealed Identifier)

Бұл абоненттің қызметтерге жазылуының халықаралық тұрақты идентификаторының (5G SUPI) шифрланған көшірмесі және 5G SUPI-ді желі арқылы ашық түрде, тіпті пайдаланушы терминалын желіде (Initial attach) бастапқы тіркеген кезде де жіберуге жол бермейді.

SUPI-ді қорғау үшін эллиптикалық қисықтарға негізделген криптографиялық схема қолданылады (Elliptic Curve Integrated Encryption Scheme – ECIES). SUPI шифрлау үшін қолданылатын жалпыға ортақ кілт USIM картасының қорғалған жадында сақталуы керек; жеке кілт – функционалды пайдаланушы идентификаторын шығару элементінде (SDF) болады. Бұл ретте елдің мобильді коды (MCC) және желінің мобильді коды (MNC) бар және сигналдық трафикті бағыттау үшін тартылған SUPI бөлігі шифрланбайды. 3GPP пайдаланушы терминалында (әдепкі опция) және USIM модулінде SUPI шифрлау мүмкіндігін береді. Тасымалдаушы желісі мен пайдаланушы терминалы сонымен қатар жалпыға ортақ пайдаланушы идентификаторын қорғау жүзеге асырылмайтын нөлдік схеманы (null-scheme) қолдауы керек [1.2].

### 2.2.4 Жаһандық уақытша бірегей абоненттік идентификатор 5G GUTI (5G Globally Unique Temporary Identifier)

Кіру және ұтқырлықты басқару модулін (AMF) кіру желісінің түріне қарамастан тағайындайды (3GP, 3gp емес). "Эфирге шығу" кезінде пайдаланушы терминалы дәл 5G-GUTI идентификаторын қолдануы керек (желідегі алғашқы тіркеуді қоспағанда — initial attach, сондай-ақ қолданыстағы 5G-GUTI болмаған басқа жағдайларда). 5 GUTI форматы 1.10-суретте көрсетілген. [1]



2.2-сурет – 5G-GUTI форматы

## 2.2.5 Кіші ұяшықты орналастыру қиындықтары

Кейбір елдерде реттеушілер мен жергілікті өзін-өзі басқару саясаты операторларға инвестицияларға кедергі келтіретін шамадан тыс әкімшілік және қаржылық ауыртпалықты жүктей отырып, шағын ұяны орналастыруды ынталандырмайды. Бұл шектеулерге рұқсат алудың ұзақ процедуралары, ұзақ сатып алу процедуралары, шамадан тыс төлемдер және кіруге кедергі келтіретін ережелер кіреді.

Арнайы жерлерге рұқсат беру және жоспарлау процедуралары.

Жергілікті үкіметтің шағын ұяшықтарды қолдану жоспарларын бекітуі он сегізден жиырма төрт айға созылуы мүмкін, бұл кідірістерге әкеледі.

Ұзақ келіссөздер мен сатып алу процедуралары.

Алты айдан он сегіз айға дейін созылатын ұзақ сатып алу процедураларынан кейін ғана жергілікті өзін-өзі басқару органдары сымсыз байланыс провайдерлеріне сыртқы жабдыққа шағын ұялы жабдықты орнатуға айрықша құқықтар береді, бұл уақыт пен шығындарды арттырады.

Көше жабдықтарына қол жеткізу үшін жоғары ақы. Қазіргі уақытта жергілікті өзін-өзі басқару органдары көше жабдықтарын пайдаланғаны үшін жоғары ақы алады. Американың тұтынушылар институтының мәліметі бойынша, бір қала шам бағанасына шағын ұялы жабдықты орнату үшін 30 000 доллар алады. Басқа қалада комиссиялық алым сомасы 45 мың долларды құрайды. Радиожиілік электромагниттік өрістердің (ЭМӨ) адамға әсері белгіленеді және кейбір жағдайларда олар шектен тыс шектеледі.

ТЖМ (медициналық-әлеуметтік сараптама) ұсынымына сәйкес, радиожиілік электромагниттік өрістің (РФ ЭМӨ) рұқсат етілген шекті деңгейлері болмаған немесе тиісті жиіліктер қабаттаспаған жағдайда, иондамайтын сәулелену жөніндегі халықаралық комиссия (ICNIRP) белгілеген шектер қолданылады. Егер жаңа антенналар қосылса, әрекет ету кезеңінде қоғамның кез келген алаңдаушылығына жауап беру үшін барлық қажетті ағымдағы шаралар қабылдануы керек. Осындай мәселелердің бірі-антенналардың, әсіресе шатырлардың көрінуі. Көрнекі әсерді азайту үшін шатырларда бірдей Антенналарды қалдыру арқылы көп диапазонды Антенналарды пайдалануға болады.

Спектрді пайдалану немесе технологияны қайта құру стратегиялары болмаған жағдайда, 5G желісі кем дегенде радиотехнологиядан туындаған локализацияланған әсерді уақытша күшейтеді. Сондықтан ұлттық реттеушілерді 5G-ді қалай орналастыру және пайдалану туралы шешім қабылдауға, сондай-ақ ұлттық шектеулерді бағалау мен орындаудың тиімді әдістерін қолдануға ертерек тарту маңызды. Бұл әсер ету шегін Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ) ICNIRP RF EMF1 үшін дайындады. Бірақ мемлекет белгілеген радио желілеріндегі шектеулер бірнеше елдерде проблемалар туғызды, олар нұсқаулықтар ұсынғаннан гөрі шектеулі. Кодекске сәйкес қол жетімділік және құқықтар. Сымсыз байланыс операторлары шам

бағаналары сияқты сыртқы жабдыққа шағын ұяшықтарды немесе радио жабдықтарын орнатуға кұқылы болмауы мүмкін. Мысалы, Англияда бұл шектеулерді жену үшін кодекске өзгертулер енгізілді, бірақ олар міндетті емес, яғни оларды қолдануға мемлекет кез келген сәтте қарсы болуы мүмкін.

### **2.3 5G технологиясының спектрі**

Әлемдік қауымдастықтың, аймақтық телекоммуникациялық ұйымдардың және Nro-ның жаһандық келісілген жиілік спектрін анықтау және тарату жөніндегі күш-жігерін үйлестіру қажет. NRO үшін бұл 5G желілерін сәтті орналастырудағы ең үлкен қиындықтардың бірін білдіреді. Үйлестірілген таратудың көптеген артықшылықтары бар, өйткені ол трансшекаралық радио кедергілерді азайтады, халықаралық роумингті жеңілдетеді және жабдықтың кұнын төмендетеді. Мұндай жалпы үйлестіру Дүниежүзілік радиобайланыс конференциялары (ДРК) кезінде ДРК-ның негізгі міндеті болып табылады.

VSD-19-ға келетін болсақ, қазіргі уақытта IMT сәйкестендіру және кең өткізу қабілеттілігі бар 24 ГГц-тен жоғары жаһандық келісілген радиожілік спектрінің үлкен іргелес блоктарын тарату бойынша консенсусқа қол жеткізу процесі жүріп жатыр. Осы мәселе бойынша ӘК-19 шешімдері осы және көршілес жиілік диапазондарындағы дәстүрлі қызметтермен жиіліктерді бөлісу және жылжымалы қызметтердің үйлесімділігі бойынша МӘС-R ауқымды зерттеулерінің нәтижелеріне негізделетін болады.

5G желілерін бастапқы орналастыру үшін дамыған елдердегі бірқатар NRO 700 МГц, 3,4 ГГц және 24 ГГц диапазондарын осындай желілердің камту және өткізу қабілеттілігі талаптарын қанағаттандыру үшін қарастырады.

Сондай-ақ, қолда бар спектрді тиімді бөлісу мәселесін қарастыру қажет. Дәстүр бойынша, NRO ұялы байланыс операторларына спектрді ерекше негізде бөледі. Дегенмен, жиіліктерге деген қажеттіліктің артуына байланысты қол жетімді спектрді пайдалану тиімділігін арттырудың бір жолы оны бөлісу болуы мүмкін.

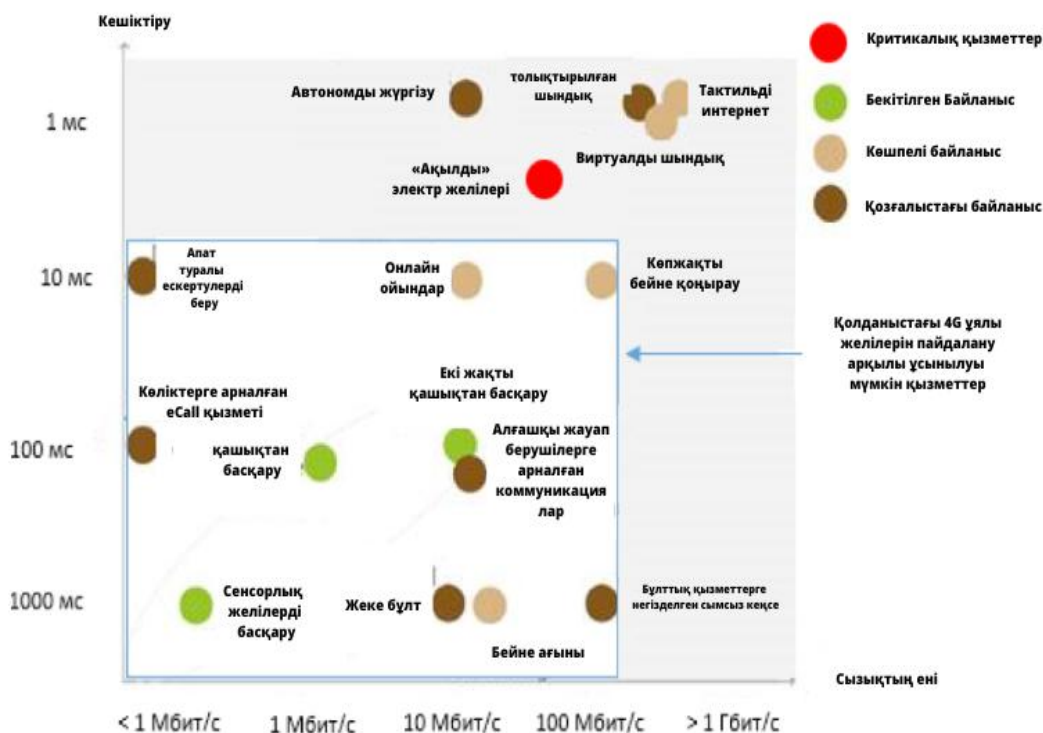
Сонымен қатар, 5G желілері үшін, әсіресе 24 ГГц-тен жоғары жиілік диапазонында спектрді лицензиялау және пайдалану модельдерін қарастыру қажет. Дәстүр бойынша, тар жолақтарға бөлінген ұялы байланыстың жиілік спектрі (5 МГц, 10 МГц, 20 МГц және т.б.) тапшы, сондықтан аукцион бағасының өсуіне әкелуі мүмкін. 24 ГГц-тен жоғары Спектр қол жетімді, сондықтан оның тапшылығы мәселесі соншалықты өткір емес.

### **2.4 5G технологиясы және спектрге қойылатын талаптар**

Радио қол жеткізу желілері

Қазіргі уақытта орналастырылған 4G сыртқы мобильді желілерінің көпшілігі макростарға негізделген. Дегенмен, макростатистика кең

географиялық аймақтарды қамтитын тығыз қамтуға қол жеткізу қиын екенін көрсетеді, өйткені кейбір 5G қолданбалары қысқа кідіріс пен жоғары өткізу қабілеттілігін қажет етеді.

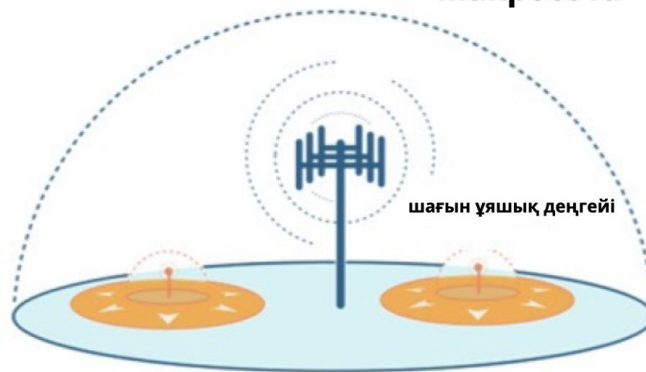


2.3-сурет – 5G қолдану үшін өткізу қабілеттілігі мен кідіріс талаптары

5G желілері үшін қажетті тығыз қамту мен жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін сымсыз байланыс операторлары 4G радиосына қол жеткізу желілерін (RAN) тығыздауға қаражат салады, әсіресе халық тығыз орналасқан қалалық жерлерде шағын ұяшықтарды орналастырады. Макростарға қарағанда әлдеқайда аз географиялық аймақ, шағын ұяшықтар желіні қамтуды жақсартады, өткізу қабілеттілігі мен қызмет көрсету сапасын арттырады.

Шағын ұяшықтарды орналастыру қолданыстағы 4G желілерінің өткізу қабілеті мен сапасын арттырудың және коммерциялық 5G желілері мен алғашқы eMBB қызметтерінің негізін қалаудың бір әдісін ұсынады. Кейбір сымсыз байланыс операторлары өткізу қабілеттілігін арттыру және 4G желілерін қамту үшін шағын ұяшықтарды пайдаланады, әсіресе тығыз қала құрылысы жағдайында; мысалы, кірістіруді қараңыз.

## Макросота



2.4-сурет – 5G желілерін өткізу қабілетін арттыру және қамту үшін шағын ұяшықтарды

Шағын ұяшықтар спектрді қосымша бөлуді қажет етпестен желінің өткізу қабілеттілігін арттырады, бұл оларды спектрі шектеулі немесе спектрі жеткіліксіз операторлар үшін тартымды етеді. Сонымен қатар, өнеркәсіпте қолданыстағы 4G желілерінің сапасын жақсарту үшін тығыз қоныстанған қалалық жерлерде шағын ұяшықтарды орналастыру 5G технологиясының жоғары өткізу қабілеттілігін және eMBB алғашқы қызметтерін қанағаттандыруға ықпал етуі мүмкін деген пікір кең таралған.

Кішкентай ұяшықтар тығыз жабуды қамтамасыз етуі керек болғандықтан, олардың антенналары көше инфрақұрылымының элементтеріне – автобус аялдамаларына, бағдаршамдарға, бағдаршамдарға және т.б. орнатылуы керек.



2.5-сурет – Шам бағанасында орналасқан антенна жүйесі және оған сәйкес сыртқы шкаф көрсетілген

Шағын бал ұясын және сыртқы шкафты қолдайтын антенна жүйесінің мысалы Ауқымды mimo (Multi-Input/Multi-Output) жүйелерінде деректер жылдамдығын арттыратын және қуатты тиімді беру үшін қажетті сәулеленуді

қолдайтын жүздеген, тіпті мыңдаған антенналар бар. Ауқымды mimo жүйелері спектрдің тиімділігін арттыра алады және операторларға 5G технологиясының өткізу қабілеттілігіне қойылатын талаптарды қанағаттандыруға, сондай-ақ шағын ұяшықтардың тығыз орналасуын қамтамасыз етуге көмектеседі.

## 2.5 Базалық желі

5G желілерінің айқындалушы ерекшеліктерінің бірі ұшты-соңды байланыс икемділігі болады. Мұндай икемділік көп дәрежеде желілік бағдарламалауды жүзеге асыруға байланысты болады, онда негізгі желілік аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етудің функциялары бөлінген. Network Function Virtualization (NFV), Software Defined Networking (SDN), Network Slicing және Cloud RAN (C-RAN) арқылы желілік бағдарламалау инновация жылдамдығын да, мобильді желілерді жаңғырту қарқынын да жеделдетуге бағытталған.

NFV - маршрутизаторлар, жүктеме теңестіргіштері және желіаралық қалқандар сияқты арнайы құрылғылармен орындалатын желі функцияларын дайын жабдықта жұмыс істейтін виртуалдандырылған бағдарламалық құрал даналарымен ауыстырады, бұл желіні өзгерту мен жаңарту құнын төмендетеді.

SDN - нақты уақыт режимінде желі элементтерін динамикалық қайта конфигурациялауға мүмкіндік береді, 5G желілерін аппараттық құрал емес, бағдарламалық құрал арқылы басқаруға мүмкіндік береді, желінің тұрақтылығын, өткізу қабілетін және қызмет көрсету сапасын жақсартады.

Желіні кесу - физикалық желіні бірнеше виртуалды желілерге (логикалық сегменттерге) бөлуге мүмкіндік береді, олар әртүрлі RAN немесе белгілі бір тұтынушы сегменттері үшін қызметтердің бірнеше түрін қолдай алады, бұл байланыс арналарын тиімдірек пайдалану есебінен желіні құру шығындарын айтарлықтай төмендетеді.

C-RAN - 5G желілерін жүзеге асыру үшін маңызды революциялық технология болып саналады. Бұл мобильді базалық станциялардағы таратылған сигналдарды өңдеу модульдерінің орнына орталықтандырылған процессорлармен үйлестіре отырып виртуалдандыру технологияларын қолданатын бұлтқа негізделген радиожелілік архитектурасы, бұл шағын ұяшықтар негізінде тығыз мобильді желілерді орналастыру құнын төмендетеді.

Қарастырылып отырған басқа технологиялық жақсартуларға 5G желілері үшін қажетті спектрлік тиімділікті және жоғары беру жылдамдығын қамтамасыз ететін сигналдарды кодтау әдістері кіреді. сонымен қатар, нақты уақыттағы қолданбалар мен жоғары кідіріс сезімталдығы бар қолданбалар үшін перифериялық есептеу маңыздырақ. Перифериялық есептеулер деректерді соңғы пайдаланушының құрылғыларына жақындатады, бұл ең талап етілетін қосымшалар үшін өте қысқа кідіріспен есептеу мүмкіндіктерін ұсынады. Бұл практикалық мәні бар деректерді жеткізуді тездетеді, көлік шығындарын азайтады және трафик бағыттарын оңтайландырады.



## 2.6 5G/IMT2020 желісінің радио интерфейстеріне арналған технологиялық шешімдердің жалпы сипаттамасы

Байланыс желілерінің әрбір жаңа буыны үшін (2G, 3G, 4G) жаңа радио интерфейсі әзірленген алдыңғы буындардан айырмашылығы, 5G/IMT-2020 технологиясының ұялы байланыс желісі жаңа радио интерфейсін (3gpp 38 сериясының спецификациясына сәйкес New Radio немесе NR) және LTE-Advanced стандартының эволюциясын қамтиды. [5,6]

LTE-Advanced стандарты nr стандартының мүмкіндіктеріне оның сипаттамалары бойынша жақындау арқылы дамуын жалғастыруда. LTE-Advanced стандарты белсенді антенна жүйелерін қолдауды, тиімді кодтау мен модуляцияны, бірнеше жиілік арналарын біріктіруді және радио интерфейсінің кідірісін азайтуды қамтиды. Алайда, nr радио интерфейсінің құрылымы бастапқыда деректер жылдамдығының жоғарылауын және кідірістердің аз болуын, жиілік ресурстарын тиімді пайдалануды қамтамасыз ету үшін жасалған:

- кең спектрлі сигналдарды қолдану (6 ГГц-ке дейінгі диапазонда 100 МГц - ке дейін және 6 ГГц-тен жоғары диапазонда 400 МГц-ке дейін);

- радиоресурстарды басқару хаттамасын өзгерту есебінен кадр құрылымының уақытша слоттарының жиілігін ұлғайту мүмкіндігі есебінен радио интерфейсте ең аз кідірістерді қамтамасыз ету;

- жүктемеге бейімделетін уақытша дуплексті қолдану;

- тиімді шуға төзімді кодтарды қолдану;

- элементтердің көптігі, сәулелену бағытының тар диаграммасы және жоғары селективтілігі бар миллиметрлік диапазондағы белсенді антенна жүйелерін пайдалану;

- әр түрлі типтегі және өнімділіктегі абоненттік терминалдар үшін NR арнасының жиілік жолағы ресурстарын пайдаланудың жеке сценарийлерін іске асыру (WB/NBUE кең жолақты/тар жолақты абоненттік терминалдар, SA UE тасымалдаушы агрегациясы бар абоненттік терминалдар). [5,6]

Nr-мен салыстырғанда енгізілген техникалық шешімдердің тиімділігі төмен болғанымен, эволюциялық даму жолының құны төмен және қолданыстағы инфрақұрылымға негізделген жоғары орналастыру жылдамдығын, сондай-ақ қолданыстағы LTE терминалдарына қызмет көрсету мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

IoT тұжырымдамасын іске асыру шеңберінде 3gpp-де қуаты аз құрылғылардың көп санын қосу мүмкіндігін қолдау үшін eMC және NB-IoT сияқты қосымша LTE жұмыс режимдері әзірленді. LTE-umts технологиясы ұтқырлықты қолдаумен және максималды қамту және энергия шығыны бар жоғары жылдамдықты беру мүмкіндігімен (жоғары беріліс жылдамдығына байланысты) сенімді байланысқа көбірек бағытталған. NB-IoT максималды байланыс диапазоны, төмен жылдамдық және жоғары энергия тиімділігі қажет болатын it сегменті үшін оңтайландырылған.

Nr радио интерфейсі жоғары өткізу қабілеттілігі және төмен кідіріс сценарийлері үшін негізгі радио интерфейс ретінде әрекет етеді. Жаңа радио радиожииліктің төменгі және жоғарғы диапазонында орналастырылуы керек. Радио интерфейсінң негізгі ерекшеліктері-кідірістің 1 мс төмендеуімен қайта өңделген жақтау құрылымы, кеңірек арналар, шуға төзімді кодтау және күрделі антенна жүйелерін тиімдірек пайдалану.

5G/IMT 2020 технологиясының спектрлік тиімділігі жақсартылған радио интерфейсін пайдалану арқылы 4G-ге қарағанда айтарлықтай жоғары. Миллиметрлік радио диапазонында (26 ГГц) спектрлік тиімділіктің артуына негізгі үлес белсенді антенна торында көптеген сәуле шығаратын элементтері бар Massive MIMO-ны пайдалану арқылы беріледі, ал пайда 50-80% жетуі мүмкін. 3GPP-де қарастырылған 5G/IMT2020 желісіндегі спектрдің тиімділігін арттыру әдістеріне [5,6] жатады:

1. Жетілдірілген сигнал формалары, модуляция және кодтау, көп станциялы қол жеткізу схемалары:

- сүзілетін OFDM (OFDMA);
- банктік сүзгілерді (FBMC) қолдана отырып, көптеген тасымалдаушылардың модуляциясы;
- үлестірілген көп станциялы қол жетімділік моделі (CDMA);
- рұқсат етілген кодтар негізінде көп станциялы қол жетімділік (SCMA);
- қозғалысқа негізделген бірнеше станциялардың таралуы (IDMA) және тығыздығы төмен тасымалдаушылардың таралуы (LDS).

Жаңа желі технологиясын стандарттаудың осы кезеңінде/IMT-2020 стандарты 3GPP шығарылымы 15, мультиплекс теу әдісі ретінде ең төмен арнасында ортогональды жиілікті бөлу арналары бар Циклдік префикс және ең жоғары арнасында OFDM бар немесе жоқ әдісі қабылданады.

2. Антенна технологиясы:

- FD-mimo сәулесінің үш өлшемді түзілуі (3D beamforming);
- эмитенттік торы бар белсенді антенна жүйесі (as);
- жетілдірілген көп арналы енгізу/Көп арналы Шығыс жүйелері (жаппай және көп қолданушы MIMO).

3. Спектрдің икемділігі:

- әр түрлі дуплексті тасымалдаушылардың тіркесімі (TDD және FDD);
- екі арналы Байланыс, оның ішінде көп стандартты желі;
- динамикалық ТДД.

4. Абоненттік терминалдар арасындағы тікелей байланысты қамтамасыз ету.

5. Микроэлементтерде жоғары ретті модуляция схемаларын қолдану және қызметтік ақпараттың аз мөлшері бар анықтамалық сигналдарды қолдану (Lean Carrier функциясын пайдалану негізінде). [5]

## **2.7 5G-IoT-LPWAN: өзара әрекеті**

5G технологиялары 4G технологияларымен салыстырғанда жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етуі тиіс, бұл кең жолақты ұялы байланыстың, сондай-ақ device-to-device ("құрылғы-құрылғы", абоненттер арасындағы тікелей байланыс) режимдерінің, жоғары сенімді кең жолақты байланыстың қолжетімділігін арттыруға мүмкіндік береді. құрылғылар арасындағы байланыс жүйелері, және-кідірісті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, Интернет жылдамдығы 1-2 Гбит/с, батарея қуатын тұтыну 4G жабдықтарына карағанда аз, бұл заттар интернетінің (IoT) дамуына оң әсер етеді [8].

IoT қосымшаларының санаты. Бұл қосымшаларға 4G, 5G және 802.11 стандарттары кіруі мүмкін. Жобаның қолданылуы, ауқымы, қол жетімділігі және нәтижесі сізге қосылудың оңтайлы шешімін таңдауға көмектеседі. IoT қосымшалары — бұл Интернет арқылы қосылған немесе басқарылатын кез келген нәрсе. Олар автомобильдерден жарықтандыруға, дәрі-дәрмектерге және тіпті биологиялық функцияларға дейін.

Біз қазір бастайтын келесі эволюция-жоғары жылдамдықты немесе өткізу қабілеттілігін қажет етпейтін немесе қажет етпейтін, бірақ кең аумақты қажет ететін құрылғыларды қосу. Бұған бақылау нүктелерінен бастап есептегіштерге, құрылғыларға, дабылдарға және адам денсаулығының көрсеткіштеріне дейін барлығы кіреді.

Біз қолданатын технологиялар мен шешімдер (Ethernet, Wi-Fi және ұялы байланыс) байланыстың жаңа түрі үшін артық.

LPWAN төмен өткізу қабілеттілігіне, төмен жиілікті арналарға, кең қамту аймақтарына ие және батареяның ұзақ қызмет ету мерзімін (5-10 жыл) қажет етеді.

LPWAN технологиялары лицензияланған және лицензияланбаған жиіліктерді қамтиды. Әрбір Ішкі жиында (лицензияланған және лицензияланбаған) бірнеше бәсекелес технологиялар мен шешімдер бар.

LPWAN-ны лицензиясыз жағынан қарастырайық. Бұл өнеркәсіптік, ғылыми және медициналық (ISM) спектрі, 900 МГц, 2,4 ГГц және 5 ГГц. Ірі ойыншылар нарық сегменттері үшін қажет емес өткізу қабілеттілігі арқылы қашықтықты арттыру үшін төменгі жиіліктерге назар аударады.

Бұл салада және желілерді құру процесінде SigFox, LoRa және Ingenu негізгі шешімдердің бірі болып табылады.

LoRa Alliance әзірлеушілері LoRa технологиясының Wi-Fi және ұялы желілерге карағанда айтарлықтай артықшылықтары бар деп санайды, өйткені машинааралық қосылыстар (machine-to-machine, M2M) 20 км-ге дейін 50 кбит/с дейін орналастырылуы мүмкін., және бірнеше жыл батареяның бір түрінде AA батареясы ең аз қуат тұтынумен батареяның ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз ету. Бұл технологияның үй автоматикасы мен заттар интернетінен бастап өнеркәсіп пен ақылды қалаларға дейін кең ауқымы бар [7,9].

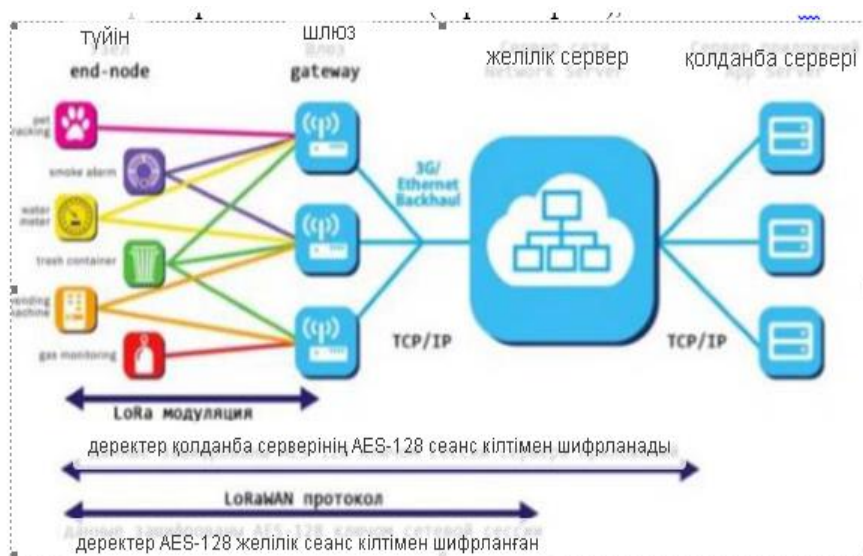
LPWAN шешімін дамытудың келесі кезеңін Lora-sematch корпорациясы әзірледі және патенттеді. Технологияның мәні сызықтық жиілік модуляциясының өзгеруіне байланысты (Chirp Spread Spectrum, CSS). Технология белгілі бір уақыт аралығында жиіліктері азаятын немесе

жоғарылайтын кең жолақты импульстармен деректерді кодтауды қолданады. Бұл шешім қабылдағышқа жиіліктің ауытқуларына төзімді болуға мүмкіндік береді және арзан кварц резонаторларын пайдалануға мүмкіндік беретін сағат генераторына қойылатын талаптарды жеңілдетеді.

Жүйе қателерді тікелей түзетуді (FEC) қолданады және АҚШ-та 169, 433 және 915 МГц жиілік диапазонында және Еуропада 868 МГц диапазонында жұмыс істейді. Көбінесе 868 және 915 МГц жұмыс жиіліктері қолданылады. Сондай-ақ, сыртқы әсердің жоғары деңгейіне байланысты 2,4 МГц жұмыс диапазоны шектеулі [10, 11]. [7.12] спецификациясына сәйкес, LoRa (және SIGFOX) хабарлама жасау жылдамдығын шектейтін циклдік бір реттік опцияны қолданады. Алайда, бірнеше арналарды қолдай отырып, LoRa соңғы түйіндерге әр арна үшін бажсыз цикл шегін сақтай отырып, тасымалдаушы жиілігін өзгерту арқылы деректер алмасу процедураларына қатысуға мүмкіндік береді.

Деректер жылдамдығын таңдау-бұл әр түрлі жылдамдықтағы хабарламалар бір-біріне кедергі келтірмеуі үшін қамту аймағы мен деректер көлемі арасындағыромаға келу. Соңғы құрылғылардың батареяның қызмет ету мерзімін және желінің жалпы өткізу қабілеттілігін арттыру үшін LoRa желілік инфрақұрылымы адаптивті деректер жылдамдығы арқылы әр құрылғы үшін деректер жылдамдығын жеке басқара алады.

LoRa іске асырылуы жабық болғанымен, Larawan деп аталатын хаттама стегінің қалған бөлігі ашық күйінде қалады және оны IBM басқаратын LoRa Alliance жүзеге асырады. LoRa желісінің айрықша ерекшелігі-ол желідегі әртүрлі тапсырмалар мен қолданбаларды шешуге арналған құрылғылардың үш класын ұсынады.



2.6-сурет – Жаңа буын желілерін өткізу қабілетін арттыру және қамту үшін шағын ұяшықтар

Радиоарна арқылы соңғы құрылғылардан деректерді қабылдайтын және оларды транзиттік желіге - LoRa шлюзіне (шлюз/хаб) жіберетін құрылғы.

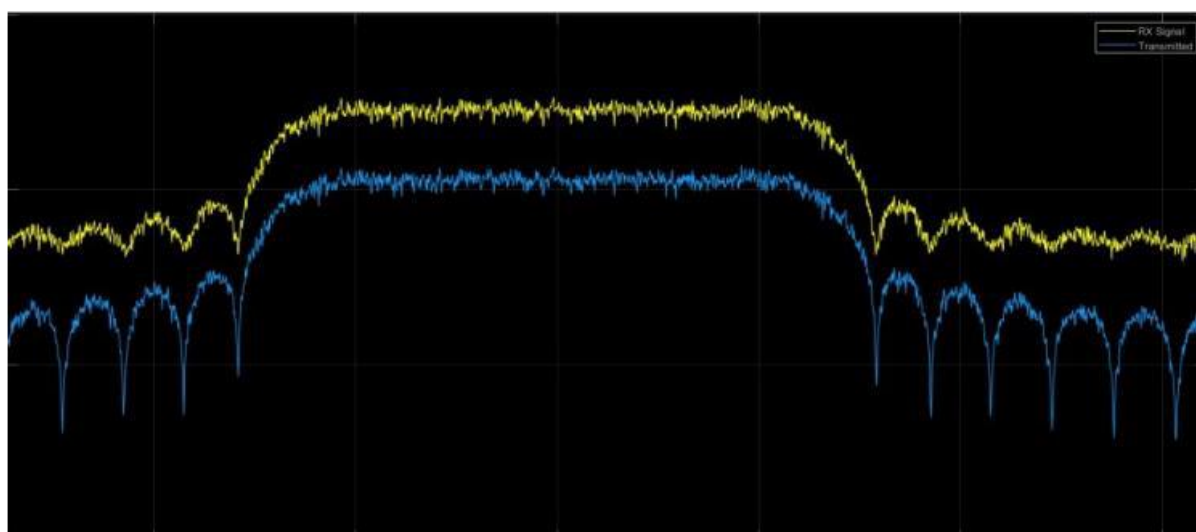


Таратқышпен қабылдағыштарды модельдеуге керек параметрлер 2.1-кестеде көрсетілген. Бұл параметрлерді қолдана отырып (LoRa спецификациясына сәйкес) Simulink моделін алуға болады және алынған нәтижелер кестедекелтірілген;

Кесте 2.1 – Модельдеу кезінде пайдаланылған параметрлер

Модельдеу кезінде пайдаланылған параметрлер	Мағынасы
Деректердің кадры (Data Frame)	64 символ
Таңбаға арналатын үлгілер (Samples per Symbol)	8
Факторлар тізімдері (Roll of Factor)	0.2 дБ декада
Жиіліктерді арттыру (Up sampling)	8
LNA күшейтуі ( LNA power gain)	18 дБ
LNA Шу коэффициенттері ( LNA noise figure)	3 дБ
LNA кедергісі (LNA Impedance)	50 Ом
Фазалық ауысулар (phase shift)	90°
Жиілікті төмендеткіш (down sampling)	8
Кідіріс тер саны (Receive delay)	7

LoRa трансивер жүйесін модельдеу нәтижесінде келесі нәтижелер алынды. 2.8-суреттен көріп отырғанымыздай, қабылдағыш пен ADC құрамдас бөліктерінің сигнал деңгейі мен сипаттамаларының өзгеруі қабылдағыштың жұмысына тікелей әсер етеді.



2.8-сурет – Берілетін және қабылданатын сигнал

2.8-суретте берілген және қабылданған сигналдар қабылданған сигналдың шамалы нашарлауымен ғана бірдей екендігі көрсетілген. Блокқа Шу



кіреді. Берілетін сигнал және қабылданған сигнал 0 Гц орталық жиілікте алынады. [7]

Sigfox Технологиясы. SIGFOX-бұл құрылғылар үшін арнайы жасалған дүниежүзілік желіні құруға мамандандырылған жеке компания (Internet of Things, IoT). Технология таратқыштың қуаты төмен және батарея сыйымдылығы төмен болған кезде деректерді ұзақ қашықтыққа жіберуге мүмкіндік береді. Желі желі арқылы деректердің аз мөлшерін тасымалдайтын қарапайым және дербес құрылғылар үшін өте қолайлы.

Осылайша, sigfox желісі ұялы инфрақұрылымға ұқсас (GSM - және GPRS-3G-4G), бірақ энергияны үнемдейді және одан да арзан. Sigfox құрылғыларды ғаламдық желіге қосу үшін радиотехнологияға негізделген ультра тар өткізу қабілеттілігін (Ultra Narrow Band, UNB) пайдаланады. UNB пайдалану сенімді деректер байланысы режимінде қолданылатын таратқыштың өте төмен қуат деңгейін қамтамасыз етудің негізгі факторы болып табылады.

Желі қолданыстағы лицензияланбаған диапазондарда (өнеркәсіптік, ғылыми және медициналық, ISM) ғаламдық деңгейде жұмыс істейді және осы жиіліктердегі басқа радиотехнологиялармен қатар желінің қабаттасуынсыз немесе өткізу қабілеттілігі проблемаларынсыз жұмыс істейді. Еуропада 868,8 МГц диапазоны кеңінен қолданылады (ETSI және CEPT анықтамасына сәйкес), ал АҚШ - та 915 МГц (FCC анықтамасына сәйкес). SIGFOX желісінің қамту аймағы ауылдық және қалалық жерлерде шамамен 30-50 км құрайды. Әдетте, үлкен қиындықтар мен Шу туындаған кезде диапазон 3-10 км-ге дейін қысқарады.

2.9 суретте sigfox технологиясының желілік топологиясы ұсынылды [8,15]. Желінің жалпы топологиясын қарапайым және жеңіл "жұлдызды" топологияны сақтай отырып, өте төмен қуатты, масштабталатын, жоғары өнімді желіні қамтамасыз етуге арналған жүздеген инфрақұрылымдар.



2.10-сурет – Sig fox желісінің топологиясы

SIGFOX-тағы түйіндерді екі конфигурацияда пайдалануға болады:

- P2P режимі-түйіндер арасындағы тікелей байланыс (жергілікті желі интерфейсі);

- Гибридті режим-SIGFOX / P2P(SIGFOX желісіндегі P2P + GW). P2P режимінде түйіндер бір-біріне тікелей қосыла алады және дереу хабарлама жібере алады, деректерді беру ақысыз, өйткені деректерді беру транзиттік арнасыз жүзеге асырылады.

Бұл пайдалы, өйткені сіз кез-келген уақытта қосымша желілер құра аласыз және кірістірілген бағдарламалық жасақтаманы өзгертудің қажеті жоқ, тек ағымдағы кітапхананың арнайы командаларын қолданыңыз. Гибридті режимде біз тек белгілі бір хабарламаларды желі арқылы жіберуге мүмкіндік беретін sigfox және P2P режимдерінің тіркесімін қолданамыз. Бұл жағдайда біз бір түйінді желілік шлюз ретінде қолданамыз (P2P + SIGFOX режимі), ал қалған түйіндер P2P режимінде қолданылады. [7]

### 3 Тараз қаласына жобаланатын 5G қолданбаларына арналған өткізу қабілеттілігі мен кідірісті есептеу

Желінің өткізу қабілеттілігін бағалау желілік технология мен желілік архитектураның техникалық интерпретациядағы негіздерінің бірі болып табылады, ол желілік арнаның жүктелу коэффициентіне және трафиктің негізгі түрлерінің үлесіне байланысты. Өткізу қабілеттілігін бағалау және трафикті талдау негізінде Сіз оның нақты жүктелуін болжай аласыз.

Жаңа буын желісі қызметін пайдаланушылар желіге үлкен жүктеме түсіреді, өйткені берілетін дыбыстың, деректердің және бейне сигналдың сапасын қамтамасыз ету үшін өткізу қабілеттілігін кемінде 8 Мбит/с пайдалану қажет.

Әр пайдаланушының жалпы жұмыс уақыты күніне 1 сағатты құрайды. Е2 жолының жұмыс уақыты алты сағатты құрайды.

Біз 3.2 формула бойынша жұмыс күні ішінде пайдалы ақпаратты тарату үшін жаңа буын кадрларының қажетті санын есептейміз:

$$N = \left[ \frac{Q}{2048} \right] + 1, \quad (3.1)$$

мұндағы:  $Q$  – таратылатын мәліметтер көлем саны, байт;

2048 – бір Gigabit 5G кадры бөлігінің ақпараттық (пайдалы) ұзындығы.

Таратылатын кадрлардың саны (3.2)-формула бойынша мынаған тең:

$$N = \left[ \frac{21600000000}{2048} \right] + 1 = 10546876$$

Біз магистральдық байланыс арнасының қажетті өткізу қабілетін есептеу үшін жаппай қызмет көрсету теориясының математикалық аппаратын қолданамыз. Есептеу үшін бастапқы деректер жоғарыда табылған 5G хабар тарату кадрларының саны және стандартты мән болып табылатын бір кадрдың ақпараттық бөлігінің ұзындығы болып табылады.

Жаппай қызмет көрсету теориясын қолдану үшін кадр жиілігі мен техникалық қызмет көрсету арасындағы байланысты білу қажет.

Біз кадрларды беру жылдамдығын трафиктің қарқындылығымен, яғни 3.2 формуласына сәйкес берілген кадрлар санымен анықтаймыз [8]:

$$V = \frac{N_{\text{кадр}}}{T \cdot 3600}, \quad (3.2)$$

мұндағы  $N_{\text{кадр}}$  – жұмыс күні ішінде таратылатын 5G кадрлар саны;

$T$  – жұмыс күнінің ұзақтығы, сағат.

Берілген шарттарда 5G кадрлардың түсу жылдамдығы (3) формула бойынша мынаған тең:

$$V = \frac{10546876}{6 \cdot 3600} = 488 \text{ кадр/с.}$$

Ақпаратты магистралді 5G желі бойынша тарату үшін ақпараттық кестелерге адрестік ақпарат таратылады, демек, магистралді арна 5G бойымен таратылатын кадрдың жалпы ұзындығы 3.3-формуламен есептеледі:

$$L_{\text{кадр}} = L_{\text{инф}} + L_{\text{транс}}, \quad (3.3)$$

мұндағы  $L_{\text{инф}}$  – 5G кадрдың ақпаратты бөлігінің ұзындығы;

$L_{\text{адр}}$  – 5G кадрдың адрестік бөлігінің ұзындығы.

5G технологиясы үшін ақпараттық бөліктің ұзындығы (біздің жағдайда)  $L_{\text{инф}}=2048$  байт және 5G транспорттық бөліктің ұзындығы  $L_{\text{транс}}=184$  байт, яғни кадрдың жалпы ұзындығы (3.3) формула бойынша есептеледі, байт:

$$L_{\text{кадра}} = 2048 + 184 = 2232.$$

5G желісіне қызмет көрсету жылдамдығын есептеу үшін магистралды арнаның нығайтылған жұмыс жылдамдығын аламыз. Бір кадрға қызмет көрсету уақыты (3.4) формуламен анықталады:

$$t_{\text{обс.кад}} = \frac{L_{\text{кадра}} \cdot 8}{V_{\text{канала}}}, \quad (3.4)$$

мұндағы  $L_{\text{кадр}}$  – 5G желісінде таратылатын кадр ұзындығы, байт;

$V_{\text{канал}}$  – 5G желісі арнадағы ақпарат алмасу жылдамдығы, бит/с.

$$V_{\text{канал}} = 1 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^9,$$

$$V_{\text{канал}} = 1 \cdot 10^9 = 1000000000,$$

$$t_{\text{обс.кад1}} = \frac{2232 \cdot 8}{1000000000} = 0,000017856.$$

5G желісінде кадрды тарату уақыты қызмет көрсету уақытымен теңестіріледі.

$$V_{\text{кызмет}} = \frac{1}{t_{\text{жалпы.кка}}} = \frac{V_{\text{канала}}}{L_{\text{кадра}} \cdot 8} \quad (3.5)$$

Қызмет көрсету уақытын есептеу нәтижесінде екі жағдай туындауы мүмкін:

5G желісінде кадрларды беру жылдамдығы кадрлардың түсу жылдамдығынан жоғары. Бұл жағдайда негізгі арнаның өткізу қабілеті жеткілікті болады. Жалпы, 5G желісінде кадр жиілігі орташа уақыт екенін атап өткен жөн. Қарбалас уақытта қарқындылығы магистральдық каналдың 5G желісінде өткізу қабілеттілігінен асатын ақпараттың үлкен көлемі таралатын жағдайлар болады;

5G желісінде кадрларды беру жылдамдығы кадрларды тастау жылдамдығынан аз. Бұл жағдайда негізгі арнаның өткізу қабілеті жеткіліксіз болады. Бұл жағдайда магистральдық коммутатор деректерді буферлейді: қабылданған кадрлар алдыңғы кадрлар берілгенге дейін буферлік жадта сақталады. Мұнда кезектер мен кідірістер пайда болады. Жаппай қызмет көрсету теориясы байланыс желісінің жұмыс жылдамдығы бойынша кідіріс уақытын бағалауға мүмкіндік береді.

$$V_{\text{кызм}} = \frac{1}{0,000017856} = 56003,6 \text{ бит} / \text{с}$$

5G желісінде есептеу желілері қызметінің тиімділігі үлкен дәрежеде желі қолданушылары арасында деректерді беру кезіндегі уақытша кідірістермен есептеледі.

5G желісінде гетерогенді трафикті желілерде кідірістерді азайтуды жобалау кезінде біртекті жұмыстар ағынына байланысты түгел қызмет көрсетудің математикалық моделін қолдана отырып қамтамасыз етіледі.

Қазіргі уақытта мультисервистік желілер кеңінен қолданылады, олардың ерекшелігі-трафиктің біркелкі естігі. Трафиктің гетерогенділігі телекоммуникациялық желі арқылы пакеттердің бірнеше түрін (бейне және ауызша пакеттер, аудио пакеттер, мәтіндік пакеттер және т.б.) беруде көрінеді. Оларға қойылатын талаптар да әртүрлі. Бұл талаптар сәлемдемелердің әртүрлі түрлерін жеткізу уақытына шектеулер түрінде қалыптасады, шектеулердің екі түрі болуы мүмкін:

Телекоммуникациялық желідегі пакеттердің кешігу уақытының белгіленген шегінен асып кету ықтималдығы келесі формула бойынша анықталады:

$$P = \left( \tau_i > \tau_i^* \right) < \gamma_i^*, (i = \overline{1, n}) \quad (3.6)$$

мұндағы кідіріс былай беріледі:

$$\bar{\tau}_i < \tau_i^* (i = \overline{1, n}), \quad (3.7)$$

мұндағы  $n$  – желідегі пакеттер типтерінің саны;

$\tau_i^*$  – шектеу түріндегі орташа мән;

$\tau_i$  – кідірістің орташа уақыты.

Егер бір кластағы пакеттердің ұзындығы бірдей болса және пакет ағындары қарапайым болса, салыстырмалы басымдықтарға негізделген трафикті басқару әдісін қолданған кезде  $i$ -ші пакеттің орташа кідірісі келесі формула бойынша анықталады:

$$\tau_i = \frac{\sum_{j=1}^n \lambda_j L_j^2}{\left( V - \sum_{j=1}^{i-1} \lambda_j L_j \right) \left( V - \sum_{j=1}^i \lambda_j L_j \right)} + \frac{L_i}{V}, \quad (3.8)$$

мұндағы  $V$  - 5G желісінде байланыс арнасының өткізу қабілеті;

$L_i$  - 5 G желісінде  $i$ -ші типті пакеттің орташа ұзындығы.

3.1 кестеде байланыс арнасындағы пакеттердің уақыт кідірістерін есептеу нәтижелері келтірілген (басымдықтардың төрт деңгейі үшін және әртүрлі өткізу қабілеттілігі бар байланыс арналарын пайдалану кезінде басымдықтарды тағайындаудың екі әдісі үшін).

Корпоративті компьютерлік желіні жобалау кезеңінде шешілуі керек маңызды міндеттердің бірі-байланыс арналарының өткізу қабілеттілігіне қойылатын талаптарды анықтау. Бір таңқаларлығы, бұл талаптар тасымалданатын деректер пакеттері тудыратын жүктемелерге және жоғары басымдықты пакеттердің (мысалы, word пакеттері) кешігу мәндерінің шектеулеріне байланысты.

Кесте 3.1 – 5G желісіндегі пакеттердің уақытша кідірістерін есептеу нәтижелері

$V_{кс}$ (Кбит/с)	168			215			
приоритет коды	$\lambda_i$ (с <sup>-1</sup> )	L (байт)	$\tau_i$ (мс)	$\lambda_i$ (с <sup>-1</sup> )	L (байт)	$\tau_i$ (мс)	
011							
010							
001							
000							
КС жүктемесі			0,9375	0,625		0,9375	0,625



5G желісіндегі барлық типті проиоритетті пакеттердің минимальды кідірісін қамтамасыз ету үшін қысқа пакетпен жіберу қажет.

5G желісіндегі байланыс арналарына түсетін жүктеме көп болған кезде төменгі приоритетті пакеттер сөздік пакеттер шектеуінен 150-300мс асып кететін кідірістерді қамтиды.

5G желісіндегі байланыс арнасының өткізу қабілетін 1,5 есеге (168-ден 215 Кбит/с-қа дейін) өскен кезде жоғары приоритетті пакеттер үшін кідіріс екі еседен артады, ал төменгі приоритеттілер – бір реттен астам өлшемге азаяды.

5G желісіндегі жоғары (бірінші) приоритетті қамтитын сөздік пакеттерге кідірістің орташа уақытына шектеу  $\bar{\tau}_1 < \bar{\tau}_1^*$  түрінде берілетін жағдайды қарастыралық. Атап айтсақ, жалпы типтердің өлшемдері бірдей (барлық  $(i = \overline{1, n})$  үшін  $L_i = L$ ), ал жалпы жүктемедегі сөздік пакеттер үлесі  $k(0 \leq k \leq 1)$  -ны құрайды, яғни:  $\lambda_1 = k\lambda$ . Олай болса (3.1) ескере отырып квадраттық теңсіздікті  $\bar{\tau}_1 < \bar{\tau}_1^*$  шешіп, байланыс арнасының өткізу мүмкіндігі мына шарттан таңдалу керек:

$$V > \frac{L}{2} \left\{ \frac{1}{\tau_1^*} + k\Lambda + \left[ \left( k\Lambda - \frac{1}{\tau_1^*} \right)^2 + \frac{4\Lambda}{\tau_1^*} \right]^{1/2} \right\} \quad (3.9)$$

Теңсіздіктің оң жағындағы өрнек  $V_k$  байланыс арнасының өткізу қабілеттілігінің төменгі шекарасын көрсетеді (басымдықты басқару желілерінде берілген сапамен сөз пакеттерін беру үшін қажет).

Кәсіпорын желісін жобалау процесінде жалпы жүктемедегі  $K$  сөздерінің пакеттерінің үлесін анықтау қиын. Сонымен қатар, бұл үлес күн ішінде айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Сондықтан  $k$  өзгерісінің барлық диапазоны үшін қажетті өткізу қабілеттілігін бағалау ұсынылады.

Онда біз байланыс арнасының өткізу қабілеттілігінің төменгі және жоғарғы шектерін аламыз:

$$V_{\min} > \frac{L}{2} \left\{ \frac{1}{\tau_1^*} + k\Lambda + \left[ \frac{1}{\tau_1^{*2}} + \frac{4\Lambda}{\tau_1^*} \right]^{1/2} \right\} \quad (3.10)$$

$$V_{\max} > L \left( \frac{1}{\tau_1^*} + \Lambda \right) \quad (3.11)$$

$V_{\max}$  үшін соңғы есеп 5G желі түйіндерінде трафикті приоритетсіз басқару негізінде талап етілетін өткізу мүмкіндігіне сәйкес келетінін көрсетуге болады. Онда, приоритеттік басқаруды енгізуден түсетін тиімділік:

$$\delta = (V_{\max} - V_k) / V_k \quad (3.12)$$

Сөздік трафикті сапалы беру үшін мүмкін болатын кідіріс мынаны құрайды  $\tau_1^* = 150-300$  мс. Сөздік трафикті тарату үшін N тізбекті байланыс арналары жұмысқа таратылған болса, егер әр арнадағы кідіріс  $\tau_1^*/N$ -нен аспау керек.

3.2 кестеде 5G желісіндегі жүктеу параметрлерінің мәндері әртүрлі және пакеттер кідірісіне шектеулер де түрлі болатын кездегі байланыс арналарының өткізу мүмкіндігін есептеу нәтижелері көрсетілген.

Кесте 3.2 – 5G желісіндегі өткізу мүмкіндігін есептеу нәтижелері

Мүмкін болатын кідіріс, $\tau_1^*$ , мс	Интенсивтілік $\lambda$ , с-1	Сөздік пакеттер үлесі K	Өткізу мүмкіндіктері			
			Vk, Кбит/с	Vmin, Кбит/с	Vk, Кбит/с	Vmin, Кбит/с
150	10	0.1	6.4	6.2	8.5	32.8
	30	0.3	11.3	9.2	18.8	66.4
	50	0.1	12.4	11.2	29.0	133.9
		0.3	15.2	11.2	29.0	90.8
		0.5	18.6	11.2	29.0	55.9
		0.99	28.8	11.2	29.0	0.7
300	10	0.1	4.1	3.9	6.8	65.9
	20	0.2	6.0	5.1	12.0	100.0
	30	0.3	8.5	6.0	17.1	101.2
	40	0.5	13.3	6.8	22.2	66.9
	50	0.99	27.1	7.5	27.3	0.7
Пакеттер ұзындығы L=64 байт						

Алынған нәтижелерді талдау трафиктің басымдылығын басқаруды енгізу байланыс арналарының өткізу қабілеттілігіне қойылатын талаптарды төмендетуге мүмкіндік беретіндігін көрсетеді, ал:

- мүмкін болатын  $\alpha$  кідірісін азайту арнаның өткізу қабілеттілігін кем дегенде бірнеше есе арттыруды талап етеді;
- жүктеме ұлғайған сайын (қарқындылығы  $\lambda$ ) трафиктің басымдықтарын басқаруды енгізудің әсері де артады.
- word пакеттерінің үлесі азайған кезде, бұл әсер жалпы жүктеме кезінде артады.

Осылайша, мультисервистік желінің байланыс арнасында ұсынылған басымдықты басқару моделі арнаның өткізу қабілеттілігін анықтауға және трафиктің басымдылығын басқаруды қолдану арқылы қол жеткізілген әсерді бағалауға мүмкіндік береді.

## 3.2 Тараз қаласына жобаланатын 5G антенналары мен байланыс құрылғыларын Matlab ортасында модельдеу

Жаңа буын желісі бойынша модельдеу теориялық материалдар практикалық растауды талап етеді. Эмпирикалық нәтижелердің теориялық сәйкестігін зерттеу үшін MATLAB - тағы Simulink нақты модельдеу әдісі таңдалған.

### 3.2.1 Matlab - қысқаша сипаттамасы

MATLAB-техникалық есептеулерді орындауға арналған өнімділігі жоғары математикалық құрал. Ол пайдаланушыға ыңғайлы ортада есептеуді, визуализацияны және бағдарламалауды қамтиды. Сонымен қатар, проблемалар мен шешімдер математикалық модельге жақын формада ұсынылған. MATLAB типтік қолданылуы:

- математикалық есептеулер;
- Алгоритмдер құру;
- модельдеу;
- деректерді талдау, зерттеу және визуализация;
- ғылыми және инженерлік графика;
- графикалық интерфейсті қоса, қосымшаларды әзірлеу.

MATLAB ортасы келесі элементтерден тұрады:

- мәзір;
- түймелері мен ашылмалы тізімдері бар құралдар тақтасы;
- Launch Pad және Workspace қойындылары бар терезе, одан құралдар тақтасының әртүрлі қосымша модульдеріне және жұмыс ортасының мазмұнына оңай қол жеткізуге болады;
- бұрын енгізілген пәрмендерді көруге және шақыруға, сондай-ақ ағымдағы каталогты теңшеуге арналған пәрмендер тарихы мен ағымдағы каталог қойындылары бар терезе;
- пәрмен терезесі пәрмен терезесі.

### 3.2.2 Matlab қосымша мүмкіндіктері

MATLAB-та маңызды рөл құралдар жиынтығы деп аталатын бағдарламалардың арнайы топтарына беріледі. Құралдар жиынтығы-бұл жеке техникалық мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін MATLAB функционалдығының кешенді жиынтығы. Жүйелерді модельдеу үшін сигналдарды өңдеу, бейне талдау, басқару және т. б. құралдар жиынтығы қолданылады.

Олардың ішінде, пайдаланудың қарапайымдылығы үшін MATLAB жүйелерді графикалық модельдеуге мүмкіндік беретін Simulink бағдарламасын

қамтиды. Simulink жеке блоктардан жүйелер құруға арналған элементтер кітапханасын (блоктар жиынтығын) қамтиды және бұл блоктарды тінтуірдің көмегімен бір-бірімен байланыстыруға мүмкіндік береді.

Олардың ішінде, пайдаланудың қарапайымдылығы үшін MATLAB жүйелерді графикалық модельдеуге мүмкіндік беретін Simulink бағдарламасын қамтиды. Simulink жеке блоктардан жүйелер құруға арналған элементтер кітапханасын (блоктар жиынтығын) қамтиды және бұл сізге осы блоктарды тінтуірдің көмегімен бір-бірімен байланыстыруға мүмкіндік береді.

### 3.2.3 5G буынды MATLAB Simulink -те модельдеу

MATLAB және Simulink өнімдерін қолдана отырып, сымсыз жүйелерді жобалау. Бұл антеннаны биттермен модельдеуді қамтиды, бұл өз кезегінде идеяларды сыналған прототиптерге айналдыруға мүмкіндік береді; радиожилік сәулеті, бұл радиожилік сәулелену өнімділігін жылдам модельдеуге мүмкіндік береді, сонымен қатар жобаларыңызды тікелей радио сигналдар арқылы тексеруге мүмкіндік беретін сымсыз тестілеу. Сымсыз жүйелердің басқа міндеттеріне LTE және жергілікті желілерді модельдеу, сондай-ақ борттық және автомобиль радиолокациялық модельдеу кіреді.

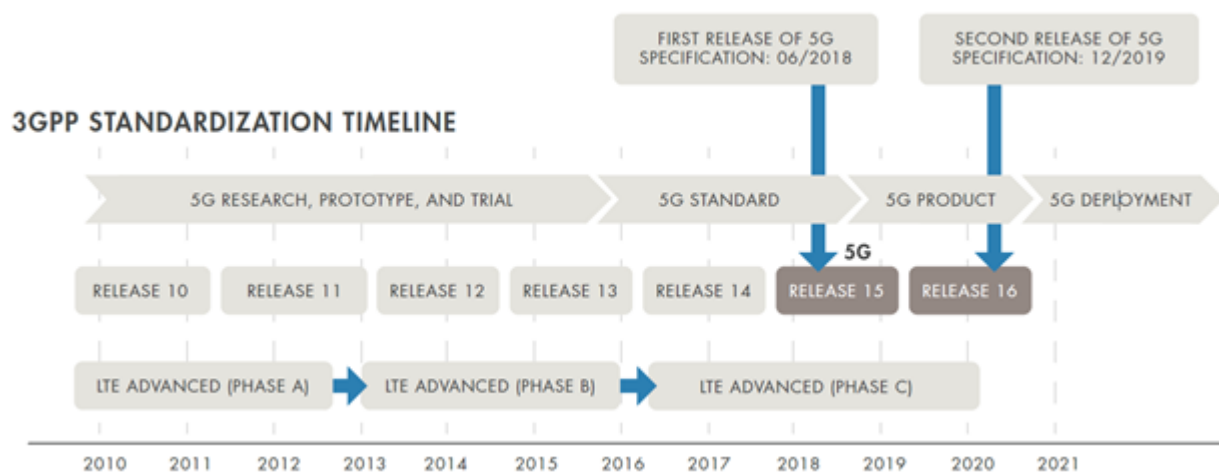
Бұл дипломдық жобада желілік өзара әрекеттесудің бірінші сценарийі-еММВ-ге де баса назар аударылады; Радиобайланыс жүйелерін ұйымдастырудың алдыңғы стандартына байланысты жаңа енгізулер - LTE (ұзақ мерзімді эволюция), бұл деректерді беру жылдамдығын және мобильді ақпаратты берудің энергия тиімділігін бірнеше рет арттыруға мүмкіндік берді, спектрлік тиімділікті арттырады және радио желісінің кешігуін азайтады, қарастырылады.

Сонымен қатар, 5G Toolbox құралдарын қолданатын MATLAB модельдеу ортасында бесінші буын байланыс стандартына сәйкес келетін құрылғыларды модельдеу және прототиптеу ерекшеліктері қарастырылады.

Ол үшін мысал ретінде 5G радио интерфейсінің жаңа Стандартына енгізілген негізгі сипаттамалар 3.1-кестеде келтірілген. Бұл деректер бұрын ұсынылған желілік байланыстарды жүзеге асыруды қамтамасыз ететін маңызды көрсеткіштерді қамтиды. Осы кестеге сәйкес 5G стандартын енгізу мен енгізудің негізгі кезеңдерін қарастырайық - олар оны әзірлеудің негізгі жетекші ұйымының сайтында жарияланған - 3GPP 2010 жылдан 2015 жылға дейін зерттелген, сонымен қатар осы салада алғашқы прототиптер жасау және әр түрлі тестілеу жұмыс істейді.

2016 жылдан бастап 2018 жылға дейін стандарттау бойынша жұмыс жүргізілді. Ол шыққаннан кейін үш ай өткен соң MATLAB ортасында 5G Toolbox құралы пайда болды. Қазіргі уақытта толықтырылған және нақтыланған 16 релиз дайындалады, содан кейін 2022 жылдан бастап осы стандартты коммерциялық енгізуді бастау жоспарланып отыр. LTE стандартына қатысты 5G стандартының әзірленуін және шығуын бейнелейтін

сұлба 3.1-суретте келтірілген. Жаңа стандарттар әзірленгеніне қарамастан, бұрынғы буын стандарттарын қолдау тоқтатылмайды.

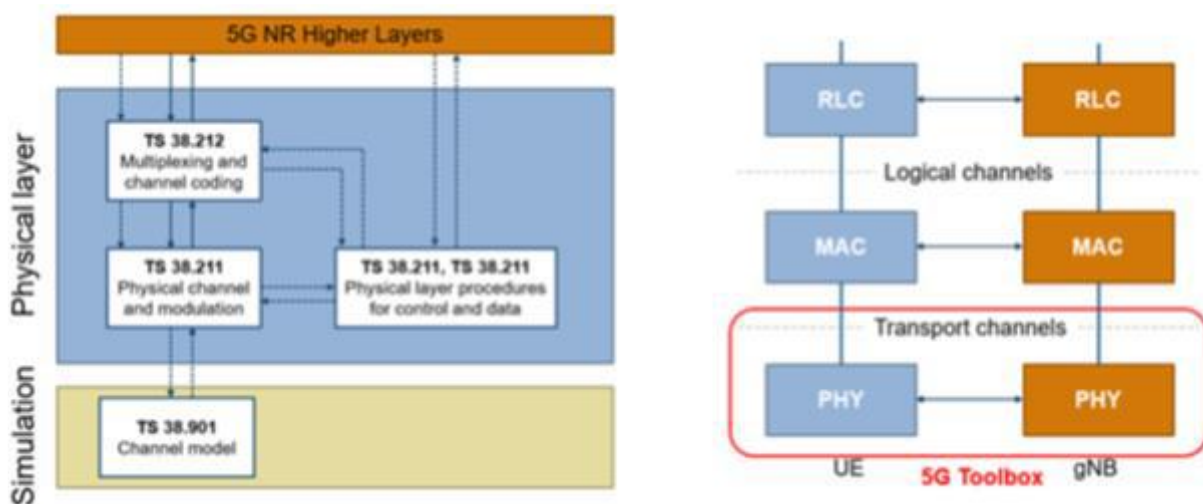


3.1-сурет – 4G және 5G буындағы стандарттарды дамытудың уақыт схемасы

Осы стандартты анықтайтын сипаттамалар және оның негізгі әзірлеушісі болып табылатын 3GPP ұйымының жұмысы келесідей ұйымдастырылған. Олар үш негізгі техникалық сипаттамалар тобына бөлінеді (TSG - техникалық сипаттамалар топтары), олар жауап береді радио қол жеткізу желісі (RAN - Радио қол жеткізу желісі), қызметтер және жүйелік аспектілер (SA - сервистік және жүйелік аспектілер), желі ядросы және терминалдық қосымшалар (SN - негізгі желі және терминалдар). ) бөлінген. Техникалық сипаттамалардың әр тобы TSG сипаттаған жүйенің төменгі деңгейлерінің біріне жауап беретін алты жұмыс тобына (WG - жұмыс тобы) бөлінеді.

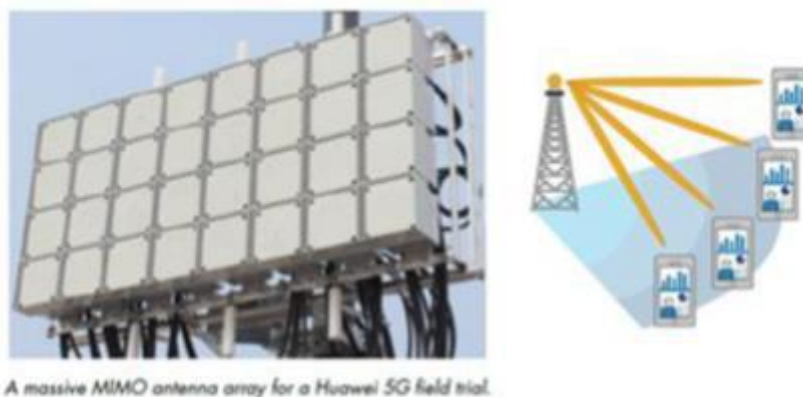
5G new Radio физикалық ішкі қабаты TSG ran WG-1 спецификациясында, атап айтқанда TS 38.201-де сипатталған, онда оның жалпы сипаттамасы және физикалық деңгейдегі ішкі жүйелердің әрқайсысын егжей-тегжейлі сипаттайтын сипаттамаларға сілтемелер берілген. Техникалық сипаттамалардың өзара байланысын және хаттамалар стегіндегі физикалық деңгейдің орнын бейнелейтін Диаграмма 3.3-суретте көрсетілген.

Алдыңғы буын стандартымен салыстырғанда жаңа 5G радиобайланыс стандартының негізгі функцияларын енгізу.

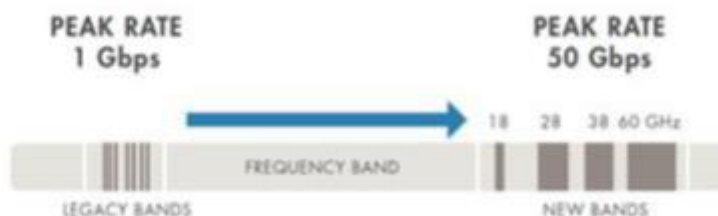


3.2-сурет – Физикалық деңгейдегі кіші жүйелердің өзара әрекеттесуі және оның радиосызықтар хаттамаларының стегінде орналасуын суреті

3.3-суретте Huawei массивтік mimo антеннасы, сондай-ақ осы стандарттың жиілік диапазоны көрсетілген. Mass mimo технологиясы Тараз қаласына дейін тар сәулелерді қалыптастыруға және негізгі станцияның қамту аймағында белгіленген нүктеге бағытталған төмен жылдамдықты жоғары жылдамдықты арнаны ұйымдастыруға мүмкіндік береді.



A massive MIMO antenna array for a Huawei 5G field trial.

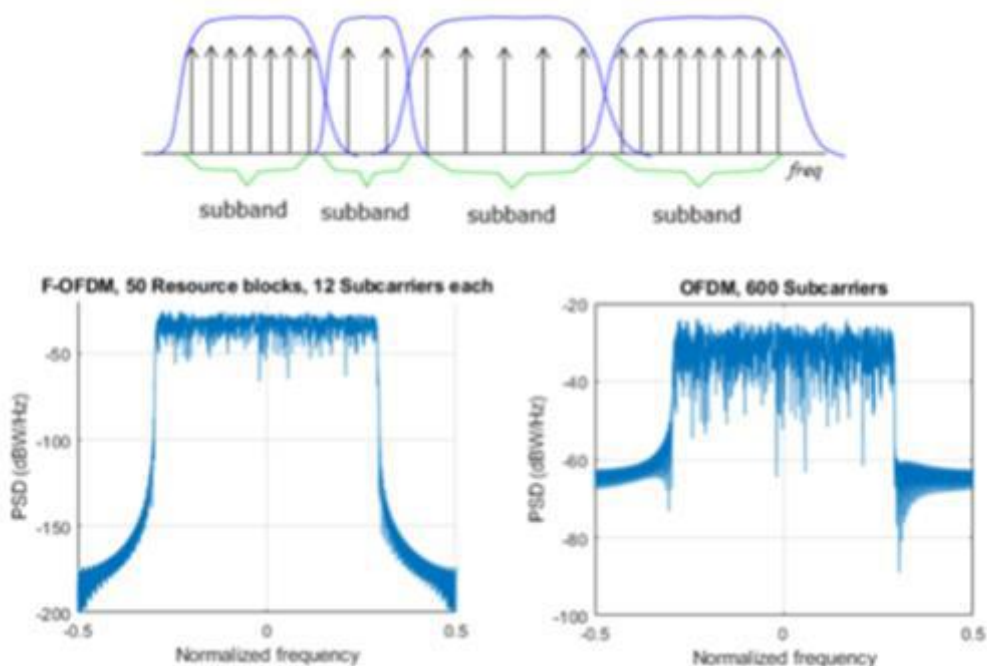


3.3-сурет – Тараз -қаласына жобалаудағы физикалық деңгейдегі кіші 5G жүйелердің өзара әрекеттесуі және оның радиолиния хаттамаларының стегінде орналасуын схемасы



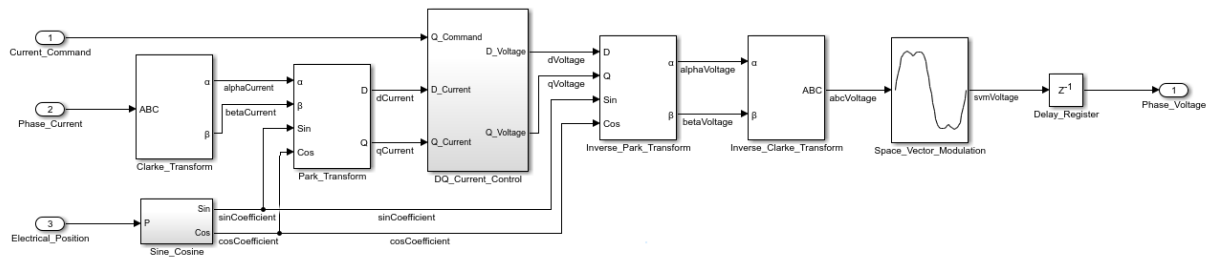
Стандартты қысқаша шолуды аяқтай отырып, біз MATLAB модельдеу ортасында 5G Toolbox функционалдығын қарастырамыз. Ең алдымен, бұл жаңа 5G радио сигналдарының генерациясы, нәтижесінде төмен жиілікте қалыптасқан сигналдың есептеулері пайда болуы мүмкін. Әрі қарай, SDR-Xilinx Zynq & ADFMCOMM немесе ADAM-PLUTO сияқты платформалардың бірін қолдана отырып, бұл сигнал жұмыс жиілігіне ауысып, радио толқындарына берілуі мүмкін. Бұл жағдайда біз тек F-OFDM сигналы туралы ғана емес, сонымен қатар 5G буыны стандартының толыққанды төмендейтін байланыс желісінің сигналы туралы айтып отырмыз. ең алдымен, осы құралдың F-OFDM сигналдарын генерациялау мүмкіндіктерін қарастырайық.

Сигналды генерациялаудың бұл әдісінің классикалық ортогональды жиіліктің таралуынан басты айырмашылығы-тарату сигналдары ішкі диапазондарға бөлінеді және сүзгілеу ішкі диапазондардың әрқайсысына қолданылады. Сигналды қалыптастырудың осы әдісін қолдану мүмкіндігі бесінші буын стандартының жиілік-уақыт ресурстары желісінің икемділігін қамтамасыз етеді. 3.4-суретте OFDM сигналын генерациялау принципін және F-OFDM сигналдарының амплитудалық спектрі мен OFDM диапазонын салыстыруды бейнелейтін диаграммалар көрсетілген.



3.4-сурет – F-OFDM және OFDM сигналдарының амплитудалық спектрлері және қалыптасу принципі

Сондай-ақ, MATLAB-Simulink ортасында HDL-кодты генерациялау үшін бейімделген модель құруға болады. Осы жүйенің модел мысалы 3.5-суретте келтірілген.



3.5-сурет – HDL-кодты генерациялау үшін MATLAB-Simulink имитациялық моделі

Әрі қарай біз 5G-ші буындағы стандартты жиілік-уақыттық қорлар торын қарастырамыз және магистральдық байланыстың физикалық арнасының құрылысына сәйкес құрылған сигналдардың генерациясын қарастырамыз.

### 3.3 5G желісінің төменгі арна NR векторлық сигнал генерациясы

Онда `Nrdlcarrierconfig` функциясын қолдана отырып, Тараз қаласында 5G-ді қалай орнатуға және құруға болатындығы, тасымалдаушы негізгі жиілік диапазонының компоненті үшін төмен сигналдың векторлық формасын беру үшін көрсетілген.

Бұл мысалда `nrdlcarrierconfig` функциясын қолдана отырып, 5G төмен түсетін радио арнасының (NR) сигналының жаңа формасын қалай орнатуға және жасауға болатындығы көрсетілген. Жасалған толқын пішінінде осы арналар мен сигналдар бар:

- PDSCH және онымен байланысты DMR және PTRS;
- PDCCCH және онымен байланысты DM-RS;
- PBCH және онымен байланысты DMR;
- PSS және SSS;
- RS CSI.

Бұл мысалда қосалқы тасымалдаушы (SCS) мен өткізу қабілеттілігінің бөліктері (BWP) арасындағы көптеген қашықтықтармен сипатталатын тасымалдаушы компонентінің сигналының негізгі формасын параметрлеу және құру әдісі көрсетілген.

Әртүрлі BWPS көмегімен физикалық төмен байланыс арнасының (PDSCH), физикалық төмен байланыс желісін басқару арнасының (PDCCCH) және арна күйі туралы ақпараттың анықтамалық сигналының (CSI-RS) бірнеше даналарын жасауға болады. `Pdcchs` көрсету үшін ресурстардың басқару жиынтықтарын (негізгі жиынтықтар) және іздеу кеңістігін басқару функцияларын конфигурациялауға болады. Бұл мысалда алдын-ала кодтау физикалық арналар мен сигналдарға қолданылмайды.

Толқын пішіні және тасымалдаушы параметрі `nrDLCarrierConfig` пайдаланамыз, құрылғы жолақты сигнал генерациясын параметрлеу үшін керек. Онда толқын пішінінің арналары мен сигналдарына сәйкес келетін қосымша нысандар жиынтығы бар және тасымалдаушының төмен конфигурация параметрлерін орнатуға мүмкіндік береді.

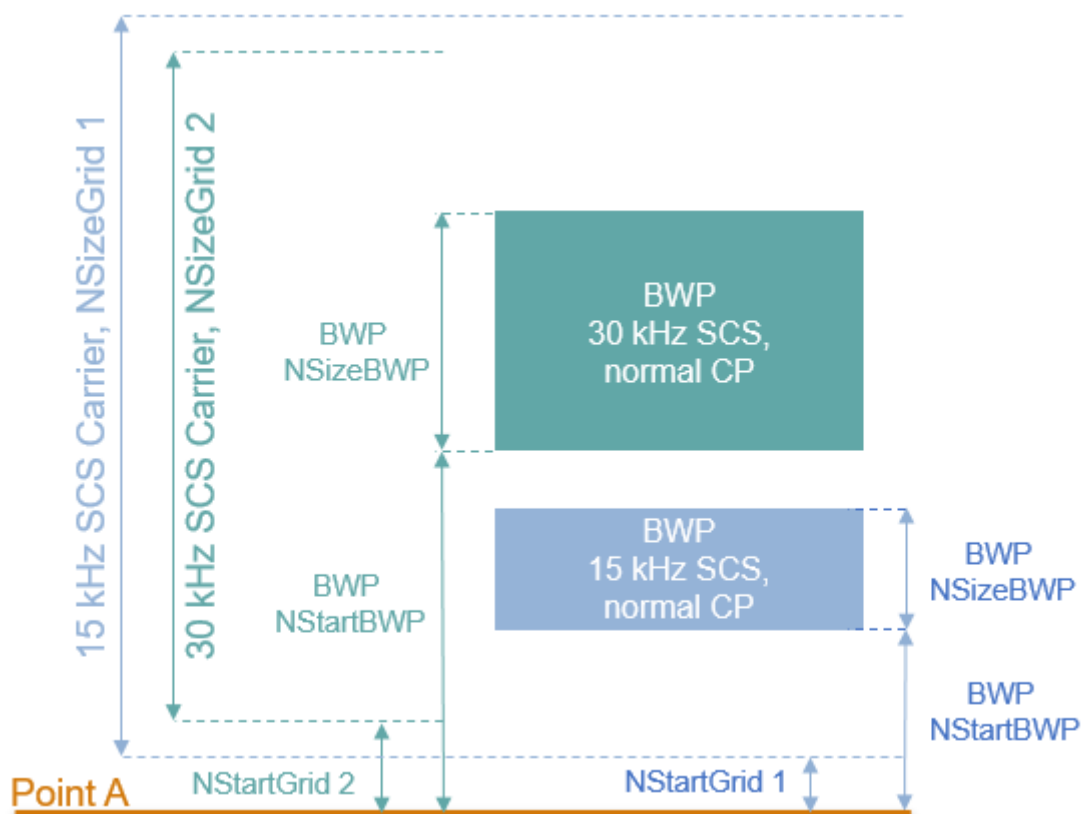
- Осы параметр үшін DL медиасын көрсетіңіз
- Ресурстық блоктардағы SCS тасымалдаушысының өткізу қабілеті
- Тасымалдаушы ұяшық идентификаторы
- Ішкі кадрларда пайда болатын сигналдың ұзындығы
- Windows-пен жұмыс
- OFDM модуляцияланған сигналды іріктеу жиілігі
- Символдық фазаны өтеу үшін тасымалдаушы жиілік

SCSI тасымалдаушы өткізу қабілеттілігі мен қорғаныс жолақтарын `nrscscarrierconfig` объектісінің `NStartGrid` және `N Size Grid` қасиеттері арқылы басқаруға болады.

#### SS пакеті

Бұл бөлімде сигналдарды синхрондау бумасының (SS) параметрлерін орнатуға болады. SS пакеттерінің нөмірленуі сигналдың басқа бөліктерінен өзгеше болуы мүмкін. Бит массиві пакетке 5 мс ішінара координаттар жүйесін жіберу үшін блоктарды орнатады. Сондай-ақ, жиілікті миллисекундтарда және пакеттің дәрежесін орнатуға болады. `NrWavegenSSBurstConfig`-ті SS breaks теңшелетін қасиеттерінің толық тізімі ретінде қараңыз.

BWP берілген SCS тасымалдаушысында нумерологияны бөлісетін үздіксіз ресурстар жиынтығымен қалыптасады. Бірнеше орнатуға болады BWPs ұяшық массивін пайдалану. `nrWavegenSSBurstConfig` ұяшықтар массивіндегі әрбір элемент Нысандар BWP орнатады. Әрбір BWP үшін SCS, циклдік префикс ұзындығы (CP) және өткізу қабілеттілігін орнатуға болады. `SubcarrierSpacing` қасиеті BWP - ді біреуімен байланыстырады SCS бұрын анықталған тасымалдаушылар. `Nstartbwp` сипаты BWP нумерологиясы тұрғысынан ортақ ресурс блоктарында (CRB) сипатталған `A. nstartbwp` нүктесіне қатысты тасымалдаушыдағы BWP орнын басқарады. Әр түрлі BWPs бір-бірімен қабаттасуы мүмкін.



3.6-сурет – 5G желісінің төменгі арна NR векторлық сигнал генерациясы

### 3.4 5G/LMT-2020 NR-TM және FRC сигналдарын генерациялау

Тараз қаласына жобалау стандартына сәйкестікті қалай қамтамасыз ету керектігін көрсететін 5G nr (NR-TMs) және 1 (FR1) жиілік диапазонының және 2 (F2) жиілік диапазонының жоғары және төмен арналарына арналған бекітілген сілтеме арналарының (FRCS) сынақ үлгілері. N RTM және FRC сигналдарын генерациялау үшін N RTM немесе FRC атауын, арнаның өткізу қабілеттілігін, қосалқы тасымалдаушылар арасындағы қашықтықты және дуплексті режим.

Программның құралдар тақтасының қолданбаларында сигналдарды өңдеу және байланыс астындағы жаңа буын желісін сигнал генераторы қолданбасының белгішесін басамыз. Бұл қолданба 5G жаңа буын сигналдарын генерациялау үшін конфигурацияланған Wireless Waveform generator қолданбасын ашады. NR толқынның 5G формасын таңдаймыз.

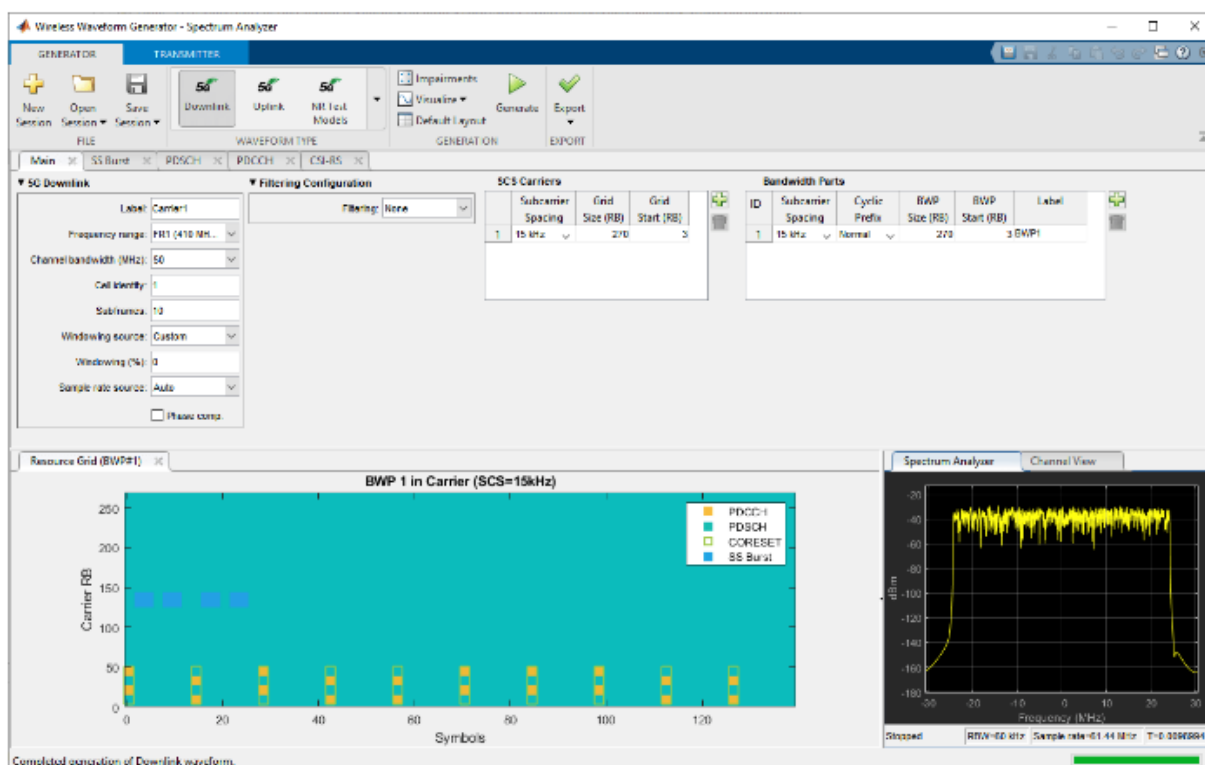
Программның құралдар тақтасындағы Waveform Type бөлімінде жасағыңыз келетін толқын пішінін басыңыз. Осы толқын пішіндерінің бірін аламыз:

- Uplink 5G;
- Downlink 5G;
- Test Models 5G;

- Downlink FRC 5G;
- Uplink FRC 5G.

Модельдеу нәтижесінде NR толқынының 5G формасы алынды. Таңдалған сигнал пішініне байланысты қолданба таңдалған сигнал пішінінің параметрлерін орнатуға болатын белгілі бір қойындыларды ұсынады. Қолданбаның құралдар тақтасында, генерация бөлімінде сіз деградацияны қосып, таңдалған сигнал пішініне қолданылатын бейнелеу құралдарын теңшей аласыз. Таңдалған визуализация құралдарында сигнал пішінін көрсету үшін Жасау түймесін басыңыз.

Әдепкі параметрлерді пайдаланып nr арнасының өшуін көрсететін 5G бейнелеу нәтижелерінің сигнал пішіні алынған.



3.7-сурет – 5G бейнелеу нәтижелерін көрсетеді толқын пішіні әдепкі параметрлерді қолдана отырып, NR арнасының төмендеуі

3GPP 5G nr стандарты стандартқа сәйкестігін тексеру үшін сигнал пішіні мен параметрлеріне сілтемелер орнатады. Сәйкестік сигналдарының екі нақты түрі-nr (NR-TM) сынақ үлгілері, базалық станция мақсаттары үшін радиожилікті тестілеу (BS) және пайдаланушы жабдығын (UE) іске асыруды сынау үшін тіркелген байланыс арналары (FRC).

Олар радиожилік тестілеу мәндері саласында қолданылады, соның ішінде:

- BS шығыс қуаты;
- Туралау қатесін синхрондау (TAE);
- Қабылдау жолағындағы сәулелену;

- Іргелес арнаның ағып кету коэффициенті (ACLR);
- Жұмыс жолағының қажетсіз сәулеленуі;
- Таратқыштың жанама сәулеленуі;
- Таратқыштың интермодуляциясы.

Олар базалық станцияларда көптеген қабылдау сынақтарында қолданылады, соның ішінде:

- Анықтамалық сезімталдық;
- Көршілес арнаның селективтілігі (ACS);
- Ішкі және жолақтан тыс құлыптау;
- Қабылдағыштың интермодуляциясы;
- Арнаның селективтілігі;
- Динамикалық диапазон;
- Өнімділікке қойылатын талаптар.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыс барысында сымсыз ұялы байланыстың бесінші буынын 5G Тараз қаласына орнатуды қарастырдық. Осы жұмыста оның архитектурасын анықтайтын факторларына талдау жасалынды, 5G негізіне айналған технологияларға тоқталып өттім.

Сымсыз желілердегі MIMO массивіне тоқталып, оның:

1. 3D математикалық моделін MatLab арқылы құрдық;
2. Қабылданатын сигнал фазасының, сигналдың өшу деңгейінің формулаларын MatLab көмегімен өрнектедік;

3. MIMO сымсыз байланыс жүйесінің сапасын жақсарту үшін массивтік өңдеуді қалай қолдануға болатындығы түсіндіріледі. Арнаның сипатына байланысты массивтерді SNR-ді массивті немесе әртүрлілікті арттыру арқылы жақсарту үшін немесе кеңістіктік мультиплекстеу арқылы өткізу қабілетін жақсарту үшін пайдалануға болады. Бұл жобада сол сценарийлерді модельдеу үшін `likecatteringchanmtx` және `diagbfweights` функцияларын қалай пайдалану керектігі көрсетілген.

4. Сигнал шу қатынасының тәуелділігі сызбалары алынған. Миллиметрлік диапазон радиорнасының модельдеу методикасын құрған кезде белгілі аналитикалық және эксперименталдық деректерге негізделіп, сигналдың әлсіреу коэффициентін, оның әлсіреуіне жаңбыр, тұман, қардың қалай әсер ететіні қарастырылды.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. <https://profit.kz/news/63955/V-5-raz-luchshe-Huawei-rasskazal-o-setyah-na-forume-5G-On-Silk-Road>.
2. Techniques and Open Issues," / Y. Sun, M. Peng, Y. Zhou, Y. Huang and S. Mao //in IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 21, No. 4, pp. 3072-3108, Fourthquarter 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2924243.
3. Abdellah A.R. Deep Learning for IoT Traffic Prediction Based on Edge Computing. / Abdellah A.R., Artem V., Muthanna A., Gallyamov D., Koucheryavy A. // In: Vishnevskiy V.M., Samouylov K.E., Kozyrev D.V. (eds) Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications. DCCN 2020. Communications in Computer and Information Science, Springer,
4. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2100000961>
5. Рамиз Шыхалиев. А О методах идентификации сетевых трафиков. “İnformasiya təhlükəsizliyinin aktual problemləri” III respublika elmi-praktiki seminarı, 08 dekabr 2017-ci il.
6. MANUEL EUGENIO MOROCHO-CAYAMCELA, HAEYOUNG LEE, AND WANSU LIM ,“Machine Learning for 5G/B5G Mobile and Wireless Communications: Potential, Limitations, and Future Directions”, IEEE access, Sept 2019.
7. Ефимов М.М., Киричек Р.В.: Интернет вещей: перспективы адаптивных систем // Информационные технологии и телекоммуникации. 2020. Том 8. № 1. С. 55–66.
8. Росляков А. В., Ваняшин С. В., Гребешков А. Ю. Интернет вещей: учебное пособие. Самара: ПГУТИ, 2015. 200 с.
9. Ali R. Abdellah, “IoT traffic prediction using multi-step ahead prediction with neural network,” / Ali R. Abdellah, Omar Abdul Kareem Mahmood, Alexander Paramonov, Andrey Koucheryavy // 2019 11th International Congress on Ultra Modern 140 Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), Dublin, Ireland, 2019, pp. 1-4.
10. Мохамед Али Рефае Абделлах. Прогнозирование характеристик трафика для сетей 5g на основе технологий искусственного интеллекта. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт Петербург – 2022.
11. Abdellah, A.R. Machine Learning Algorithm for Delay Prediction in IoT and Tactile Internet. / Abdellah, A.R.; Mahmood, O.A.; Kirichek, R.; Paramonov, A.; Koucheryavy, A. // Future Internet 2021, Vol. 13, Issue. 12, 304, pp. 1-19.
12. Abdellah, A.R. Performance Estimation in V2X Networks Using Deep Learning-Based M-Estimator Loss Functions in the Presence of Outliers. / Alshahrani, A.; Muthanna, A.; Koucheryavy, A // Symmetry 2021, Vol. 13, Issue. 11, pp. 1-18.
13. Бородин А. С. Глубокое обучение с долговременной краткосрочной памятью для прогнозирования трафика интернета вещей / Бородин А. С., Абделлах А.Р, Кучерявый А.Е. // Электросвязь, № 2, 2021.

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

дипломдық жұмысқа

Жолдыбаев Ұланбек

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: Тараз қаласында гетерогенді 5G сымсыз желілерін жобалау

Бұл дипломдық жұмыста Тараз қаласында гетерогенді 5G сымсыз желілерін жобалау қарастырылды.

Дипломдық жұмыс барысында сымсыз ұялы байланыстың бесінші буынын 5G Тараз қаласына орнатуды қарастырды. Осы жұмыста оның архитектурасын анықтайтын факторларына талдау жасалынды. 5G негізіне айналған технологиялар талданды. Сымсыз желілердегі ММО массивіне тоқталып, оның 3D математикалық моделін MatLab арқылы құрылды. Қабылданатын сигнал фазасының, сигналдың өшу деңгейінің формулаларын MatLab көмегімен өрнектедік. ММО сымсыз байланыс жүйесінің сапасын жақсарту үшін массивтік өндеуді қалай қолдануға болатындығы түсіндіріледі. Арнаның сипатына байланысты массивтерді SNR-ді массивті немесе әртүрлілікті арттыру арқылы жақсарту үшін немесе кеңістіктік мультиплекстеу арқылы өткізу қабілетін жақсарту үшін пайдалануға болады. Бұл жобада сол сценарийлерді модельдеу үшін `likecatteringchanmtx` және `diagbfweights` функцияларын қалай пайдалану керектігі көрсетілген. Сигнал шу қатынасының тәуелділігі сызбалары алынған. Миллиметрлік диапазон радиорнасының модельдеу методикасын құрған кезде белгілі аналитикалық және эксперименталдық деректерге негізделіп, сигналдың әлсіреу коэффициентін, оның әлсіреуіне жаңбыр, тұман, қардың қалай әсер ететіні қарастырылды.

Студент Жолдыбаев Ұланбек дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "85/B+/+ жақсы" деп бағаланды, Жолдыбаев Ұланбекке 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «техника және технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші  
техника ғылымдарының магистрі  
ЭТЖҒТ каф. аға оқытушы,  
Марксұлы С.  
«11» 11.2023 ж.



## СЫН – ПІКІР

Жолдыбаев Ұланбек

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: Тараз қаласында гетерогенді 5G сымсыз желілерін жобалау

- а) графикалық бөлімі \_\_\_ бет;  
б) түсіндірме жазбасы \_\_\_ бет.

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Дипломдық жобада Жолдыбаев Ұланбек Тараз қаласында гетерогенді 5G сымсыз желілерін жобалауды қарастырған. Тараз қаласына гетерогенді 5G желісін жобалап, Huawei құрылғысының көмегімен, сөз және басқа да мәліметтерді беру қызметін ұсыну, қаладағы бар цифрлық арналарды тиімді пайдаланып желілердің өнімділігін арттыру арқылы, және дестелік коммутациялар технологиясы бойынша қызметтер көрсету негізінде транспорттық желі құру.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер етерогенді 5G сымсыз желілеріне талдау жасау. 5G/IMT-2020 желілерінің негізгі сипаттамаларын анықтау және олардың бұрынғы IMT желілерімен салыстыру. Тараз қаласына жобаланатын 5G қолданбаларына арналған өткізу қабілеттілігі мен кідірісті есептеу. Тараз қаласына жобаланатын 5G антенналары мен байланыс құрылғыларын Matlab ортасында Toolbox блогында модельденген.

Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғары дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер ақпаратты өңдеп тарату технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

### Жұмыс бағасы

Жалпы, дипломдық жұмыс «85/B+/ жақсы» деген бағаға, ал Жолдыбаев Ұланбек 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша техника және технологиялар «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

«ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ  
ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТИ» КЕАК  
**Сын – пікір беруші**  
ҚазҰАЗУ РНД, қауым. проф  
Өлібек Н.Б.

(қолы)

«2» маусым 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 Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Жолдыбаев Ұланбек**

**Тақырыбы: Тараз қаласында гетерогенді 5G сымсыз желілерін жобалау**

**Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 8.2**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 3.9**

**Дәйексөз (35): 0.6**

**Әріптерді ауыстыру: 20**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 1**

**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:**

Күні 01.06.2023 ж.

Кафедра меңгерушісі





## Протокол

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

**Автор:** Жолдыбаев Ұланбек

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Тараз қаласында гетерогенді 5G сымсыз желілерін жобалау

**Научный руководитель:** Сұңғат Марқсұлы

**Коэффициент Подобия 1:** 8.2

**Коэффициент Подобия 2:** 3.9

**Микропробелы:** 1

**Знаки из других алфавитов:** 20

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

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

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

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

Обоснование:

Дата 01.06.2023г.

Заведующий кафедрой



## Протокол

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

**Автор:** Жолдыбаев Ұланбек

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Тараз қаласында гетерогенді 5G сымсыз желілерін жобалау

**Научный руководитель:** Сұңғат Марқсұлы

**Коэффициент Подобия 1:** 8.2

**Коэффициент Подобия 2:** 3.9

**Микропробелы:** 1

**Знаки из других алфавитов:** 20

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

1.06.2023г.  
Дата

Марқсұлы С.С.У.  
проверяющий эксперт