

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Абдраимова Диана Бауыржанқызы

«Бесінші буын 5G байланыс жүйелері үшін антенналарды есептеу және  
жобалау»

## **ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай

«20» 05 2022 ж.

## ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Бесінші буын 5G байланыс жүйелері үшін антенналарды есептеу және жобалау»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:



Д.Б.Абдраимова

Пікір беруші  
Даукеев ат.АЭБУ доценті,  
техн.ғыл.канд.

  
А.О.Касимов

«20» мамыр 2022 ж.

Ғылыми жетекші  
ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы,  
экон.ғыл.канд.

  
А.Е.Куттыбаева

«20» мамыр 2022 ж.

Алматы 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай

« 20 » xii 2022 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Абдраимова Диана Бауыржанқызы

Тақырыбы «Бесінші буын 5G байланыс жүйелері үшін антенналарды есептеу және жобалау»

Университет ректорының «24» желтоқсан 2021 ж. № 489-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «20» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: а) TV50D теледидарлық таратқышы, қойылым стандарты: DVB-T2; б) ішкі опоралық генератор 10 МГц, -5... + 10 dBm; Аралық жиілік – 36MHz+- 0.02Hz per. 30...40 Гц; в) шығыс қуаты: 1 W; г) жүктеме кедергісі 50 Ом; қорек көзі 220 В+10%.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: 1) Мәселеге аналитикалық талдау жасау, 5G архитектурасы; 2) Қазақстанда 5G үшін пайдаланылатын жиіліктер; 3) Radio Dot және 5G LampSite технологияларының негізгі артықшылықтары; 4) Рұқсат етілген шығындар, ұяның радиусын және деректерді беру жылдамдығын есептеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет 17 атау:


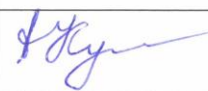

1. [http://www.fondazionerosselli.it/DocumentFolder/REFERENCES\\_DTG\\_System%20and%20MHEG%20Extensions%20for%20euroMHEG%201\\_8%20marzo%201999.pdf](http://www.fondazionerosselli.it/DocumentFolder/REFERENCES_DTG_System%20and%20MHEG%20Extensions%20for%20euroMHEG%201_8%20marzo%201999.pdf); 2. Ю.Б.Зубарев, М.И.Кривошеев, И.Н.Красносельский «Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы.» - М.; Радио и Связь.-2007 г.; 3 Артюхин В.В. Мобильное цифровое телевидение: Учебное пособие. - Алматы: КУПС, 2012. – 120с.; 4 <https://optiwave.com/applications/100-gbps-dp-qpsk-system-with-digital-signal-processing/>

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫ (ЖОБАНЫ) ДАЙЫНДАУ  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	01.12.2021-25.12.2021	орындалды
Теориялық ақпарат	20.01.2022 -25.02.2022	орындалды
Жабдықтар жұмысының есебі	25.02.2022 – 20.05.2022	орындалды

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	А.Е.Куттыбаева, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы.	20.05.	
Теориялық ақпарат	А.Е.Куттыбаева, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы.	20.05	
Норма бақылау	/PhD докторы, ЭТЖҒТ каф.ассоц-профессоры Смайлов Н.К.	20.05.	

Ғылыми жетекшісі



А.Е.Куттыбаева

(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Д.Б.Абдраимова

Күні

«20»

05

2022 ж.

## АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста 5G заманауи желісін құрудың, пайдаланудың негізгі талаптары, және технологияның негізгі көрсеткіштері және болашақ желінің ықтимал болатын архитектуралары келтірілген.

Алматы қаласында бесінші буын желісін ұйымдастыру үшін әлемдік жетекші вендорлардан ең заманауи жабдықтар іріктелді.

Қазақстан нарығының мүмкіндіктеріне талдау жасай отырып, болашақ желі архитектурасының ең оңтайлы нұсқасы таңдалды. Сонымен қатар, желіні өрістету кезінде операторлар тап болатын мәселелер қарастырылды. Бұл мәселелерді шешу үшін өрістету жылдамдығын арттыра алатын және жобаның құнын айтарлықтай төмендететін билік органдары үшін шешім ұсынылған.

Үшінші тарауда ең жоғары рұқсат етілген шығындар, ұяның радиусы және деректерді беру жылдамдығы есептелді.

## АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе были рассмотрены ключевые требования к построению и эксплуатации сети 5G, основные показатели технологии и возможные архитектуры будущей сети. Подобрано самое современное оборудование от ведущих мировых вендоров, для организации сети пятого поколения в городе Алматы

Проведя анализ возможностей рынка Казахстана был подобран самый оптимальный вариант архитектуры будущей сети. Так же были рассмотрены проблемы, с которыми столкнутся операторы при развёртывании сети. Для решения этих проблем представлены решение для органов власти, которые могут увеличить скорость развёртывания и существенно снизить стоимость проекта.

В третьей главе произведены расчёты максимально допустимых потерь, радиуса соты и скорости передачи данных.

## ANNOTATION

In this thesis, the key requirements for the construction and operation of the 5G network, the main technology indicators and possible architectures of the future network were considered. The most modern equipment from leading world vendors was selected for the organization of the fifth generation network in the city of Almaty

After analyzing the market opportunities in Kazakhstan, the most optimal version of the architecture of the future network was selected. The problems that operators will encounter when deploying the network were also considered. To solve these problems, a solution is presented for authorities that can increase the speed of deployment and significantly reduce the cost of the project.

In the third chapter, the calculations of the maximum allowable losses, cell radius and data transfer rate are made.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 5G технологиясына шолу	10
1.1 3G-ден 5G -ге дейін ұялы байланыс технологияларын дамыту	10
1.2 Бесінші буынның негізгі стандарттау ұйымдары	12
1.4 5G жұмыс принципі	13
1.5 5G желісінің параметрлері	14
1.6 Жаңа стандарт үшін пайдаланылатын жиіліктер	15
1.7 5G -де қолданылатын технологиялар	16
2 5G желілерінде ұялы байланыс қызметтерін көрсету сценарийлері	21
2.1 Жаңа технологияны қолдану нұсқалары	21
2.2 5G тірек желісінің архитектурасы	24
2.3 Желіні модельдеудегі негізгі міндеттер	26
2.4 5G желілерін жоспарлаудың заманауи тәсілдері	27
2.5 LTE-ден 5G -ге дейінгі байланыс желілерін жаңғырту перспективалары	28
2.6 Қазақстанда 5G үшін пайдаланылатын жиіліктер	32
2.7 Non-Standalone немесе Standalone желілік архитектурасын таңдау	32
2.8 5G желілерін орналастырудағы негізгі қиындықтар	33
2.9 Базалық станцияға арналған жабдықты жаңғырту	34
2.10 Дайын ұяшық үлгілері	36
3 Ішкі 5G қамту технологиясы	38
3.1 Radio Dot және 5G LampSite технологияларының негізгі артықшылықтары	39
3.2 Үй-жай ішінде желіні ұйымдастыруға арналған жабдық	40
3.3 5G желілерінің адам денсаулығына әсері	42
3.4 Алматы қаласы үшін жобаланатын 5G желісін бағалау	43
3.4 5G NR деректерді беру жылдамдығын есептеу	46
Қорытынды	50
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	51



## КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасының телекоммуникациялық желісі үлкен мүмкіндіктермен сипатталады. Ұлттық телекоммуникациялық ақпараттық инфрақұрылымды дамытудың стратегиялық мақсаты-елді сапалы байланыс құралдарымен және қызметтерімен қажетті көлемде және ең жақсы бағамен қамтамасыз ету. Бұл жоғары сапалы байланыс желілерін, деректер желісін, жоғары жылдамдықты факсимильді жүйені, дерекқордағы жоғары жылдамдықты іздеу жүйесін, дауыстық және құжаттық деректер алмасуды қамтамасыз ететін хабарламаларды өңдеу және сымсыз байланыс жүйесін құруға мүмкіндік береді.

Елдің кейбір аудандарында желілерді орналастыру мәселесі негізінен халықтың тығыздығының төмендігімен анықталады (осы көрсеткіштің үлкен таралуы және үлестік шығындардың жоғары деңгейімен айқындалады. Бұл хабтар, жұптастырылған құрылғылар, таңдалған жиілік диапазонын бірнеше рет қолданатын радио жүйелері, сондай-ақ тарату жүйелерін пайдалану сияқты техникалық құралдар мен шешімдерді қолдануды қажет етеді. Барлық осы жүйелер ұялы байланысты ұйымдастыруға бейімделуі керек.

Дәстүрлі байланыс қызметтерімен қатар республикада жаңа қызмет түрлері белсенді енгізілуде: мобильді және спутниктік байланыс. Ұялы байланысты қолданудың бір тәсілі-жергілікті байланысты дамыту мәселелерін шешу үшін сымсыз радио қол жетімділік жүйелерін пайдалану.

Қазіргі уақытта Sub-6 жиілік диапазондары негізінен телефония, деректерді беру және Интернетке кіру үшін жаңа WLL кең жолақты сымсыз байланыс жүйелері де қолданылады. LTE технологиясы Қазақстанның көптеген қалаларында енгізілді, бірақ ол аз кідірістермен және адамдар көп жиналатын жерлерде аса жылдам интернетті талап ететін технологияларды дамыту үшін аса тиімді емес. Сондықтан абоненттің 5G базасында мультисервистік желіге қол жеткізуін ұйымдастыру абоненттерге жаңа жоғары жылдамдықты технологиялар мен жаңа қызметтерді ұсынуға қатысты. Ұялы байланыс жүйелерін дамытудың қазіргі кезеңінің басты ерекшелігі-бесінші буын жүйелеріне көшу. 5G желісіне көшу ұялы байланыс саласындағы қалыптасқан жағдайды сапалы өзгертуге мүмкіндік береді. Бұл негізінен 5G желілері клиенттерге операторлардың кірістілігін, BS жабдықтары мен смартфондарын сатуды едәуір арттыратын жаңа қызметтердің кең спектрін ұсынуға мүмкіндік береді.

## 1 5G технологиясына шолу

### 1.1 3G-ден 5G -ге дейін ұялы байланыс технологияларын дамыту

5G - бұл ұялы желілердің бесінші буыны, ол 4G стандарттарынан кейін келесі буын телекоммуникация стандарттары деп аталады. 5G телекоммуникациялық желілері 4G желілерінде туындайтын мәселелерді шешуі керек. Ұялы байланыс жүйелерінің ұрпақтары 1.1-кестеде келтірілген.

#### 1.1 Кесте - Ұялы байланыс жүйелерінің ұрпақтары

Буындар	Стандарт аты
0G	PTT, MTS, IMTS, AMTS, Mobitex, Autotel/PALM, ARP
1G	NMT, AMPS, Ncap
2G	GSM, iDEN, D-AMPS, IS-95, PDC, CSD, GPRS, HSCSD, WIDEN
2.75G	EDGE/EGPRS, CDMA2000 (1xRTT)
3G	UMTS (W-CDMA, FOMA), CDMA2000, TD-SCDMA, WiMAX
3.5G	UMTS (HSPA, HSDPA, HSUPA), CDMA2000 (EV-DO Rev.A)
3.75G	UMTS (HSPA+), CDMA2000 (EV-DO Rev.B/3xRTT)
4G	WiMAX, LTE
5G	WiMAX, LTE, CDMA

Ұялы байланыс желісі пайда болған сәттен бастап ұзақ даму жолына түсті. Құрылғылардың жаңа түрлері пайда болды-Смартфондар, планшеттер, кеңейтілген шындық құрылғылары, дрондар және т.б. мобильді технологияның мүмкіндіктері дауыстық қызметтердің шеңберінен шығып, деректермен алмасудың жаңа тәсілдерін жасауда. Бұл бүкіл әлем бойынша желілердегі трафиктің көбеюіне әкелді.

Технологиялар көптеген мүмкіндіктерге қарай дами береді. Әрбір жаңа буынмен жаңа проблемаларды шешуге мүмкіндік беретін жаңа технологиялар пайда болады. Қолданыстағы және жаңа технологияларды интеграциялау қолданыстағы пайдаланушы қызметтерінің сапасын арттыруға және жаңаларының пайда болуына ықпал етеді. Ұялы желі технологиясының даму перспективасы 1.1-суретте көрсетілген.



1.1 Сурет - 2021 жылға дейінгі мобильді желілердің дамуы

Екінші буын жүйелері TDMA әдісіне негізделген (уақытты бөлуге бірнеше реттік қол жетімділік). Қазірдің өзінде 1992-1993 жылдары. АҚШ - та ұялы байланыс жүйесіне арналған стандарт CDMA (кодты бөлумен бірнеше рет қол жеткізу) әдісі негізінде әзірленді-is-95 стандарты (800 МГц жолағы). Ол 1995 жылдан 1996 жылға дейін қолданыла бастады. Гонконгта, Америка Құрама Штаттарында, Оңтүстік Кореяда ең көп таралған және Америка Құрама Штаттарында осы стандарттың 1900 МГц нұсқасы қолданылды.

3.5 G-HSDPA (базалық станциядан ұялы телефонға жоғары жылдамдықты пакеттік деректерді беру) - бұл сарапшылар төртінші буын ұялы байланыс технологияларына (4G) көшудің өтпелі кезеңдерінің бірі деп санайтын ұялы байланыс стандарты. Стандарт бойынша теориялық деректерді берудің максималды жылдамдығы-14,4 Мбит / с. қолданыстағы желілерде іс жүзінде қол жетімді - шамамен 8 Мбит / с.

4G - бұл мобильді кең жолақты желілерге арналған Төртінші буын технологиясы, ол 3G-ді алмастырды. әлемдегі алғашқы LTE желісін Стокгольм мен Ослода TeliaSonera / Ericsson альянсы іске қосты-бір абонентке деректерді берудің максималды жылдамдығының есептік мәні абоненттен 382 Мбит/с және 86 Мбит/с құрайды. 4G деректерді беру әдісі ретінде жоғары жылдамдықты пакеттік жүктеу және жүктеу жүйесін қолданады. 4G желілері пайдаланушыларға жолда кең жолақты жылдамдыққа қол жеткізуге мүмкіндік береді. Барлық жағынан, 4G-бұл жоғары технологиялық және заманауи радио жүйесі.

## 1.2 Бесінші буынның негізгі стандарттау ұйымдары

5G технологиялары мен шешімдерін стандарттау 2021 жылға қарай аяқталуы керек, сондықтан 5G термині тек фрагменттелген шешімдерді білдіреді. Мұндай шешімдер қазірдің өзінде әртүрлі елдерде орналастырылған, бірақ әлі де жергілікті және сынақ болып табылады, олар әлі де ИМТ2020 стандартты желілерінің барлық жоспарланған функцияларын қамтамасыз етпейді.

5G стандарттау жөніндегі негізгі ұйымдар:

3GPP (3rd Generation Partnership Project) - бұл әртүрлі телекоммуникациялық стандарттарды әзірлейтін жеті ұйымның альянсы, олар өз кезегінде басқа серіктестерді қамтиды. 3GPP мақсаты-техникалық сипаттамаларды әзірлеу, жобаларды бағалау және стандарттарды әзірлеу. Жалпы шығарылым 15 стандартының нұсқасы 2017 жылдың ортасында қабылданды. Осы жоспарларға сәйкес сипаттамалардың бірінші кезеңі 2018 жылдың екінші жартысына дейін аяқталуы керек (15 3GPP шығарылымының бөлігі ретінде), ал екінші кезең 2019 жылдың желтоқсанына дейін (3GPP 16 шығарылымының бөлігі ретінде). Қазіргі уақытта бірінші кезең бір жылға кідіріспен аяқталды, ал екінші кезең 2020 жылдың үшінші тоқсанына ауыстырылды. Жалпы архитектураны дамытудан басқа,

3GPP сонымен қатар 5G -ге арналған жаңа жиілік диапазондарына арналған 5G nr радиотехнологияларының стандарттарын жасайды[1].

ETSI (European Telecommunication Standard Institute), 3GPP мүшесі болып табылатын және 5G стандарттарын әзірлеуде ең белсенді еуропалық телекоммуникациялық стандарттар институты.

IETF (Internet Engineering Task Force) желілік функцияларды виртуализациялауды (NFV) қолдау үшін IP протоколын жаңарту шешімін әзірлейді. Мысалы, IETF базалық станциялар, қызмет шлюздері және деректер пакеттері сияқты виртуализацияланған 5G сәулет компоненттерін бір бағытқа біріктіретін Service Function Chaining (SFC) технологиясын жасады. Бұл виртуалды желі (VNF) функцияларын динамикалық түрде құруға және біріктіруге мүмкіндік береді. IETF 3GPP-мен тығыз жұмыс істейді.

ITU (International Telecommunication Union) - БҰҰ-ның Женевадағы өкілдігі, ол телекоммуникациялық технологиялардың кең спектрін стандарттайды. Атап айтқанда, ол жоғары жиілікті спектрді, оның ішінде 5G желілерін бөлуді үйлестіреді.

5G ppp (5G Infrastructure Public Private Partnership) 5G стандарттау бойынша жетекші серіктестердің бірі болып саналады. Ұйым 5G желісіне қойылатын талаптарды әзірлеу бойынша өршіл мақсаттар қойды, мысалы, желінің сыйымдылығын 1000 есе алу, Пайдаланушы жабдықтарының қуат тұтынуын 90% төмендету, жаңа қызметтер мен қызметтерді құруға кететін

уақытты едәуір азайту, толық және қауіпсіз ngmn (Next Generation Mobile Networks) Alliance. Келесі буын мобильді желілер альянсы 5G шешімдерінің барлық спектрін стандарттайды. Альянсқа мыналар кіреді

АҚШ-тың жетекші операторларының басшылары: AT&T, U. S. Cellular және Verizon.

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

AT & T, Verizon және басқалары сияқты ірі байланыс операторлары ETSI және ITU-мен жұмысты үйлестіру арқылы стандарттарды әзірлеуге өз үлестерін қосады, бірақ кейде бұл ұйымдардан озып кетеді. Сондықтан, осы операторлардың шешімдері көбінесе ETSI және ITU стандарттарының негізін құрайды.

## **1.4 5G жұмыс принципі**

5G -бұл қолданыстағы LTE технологиясынан кейінгі телекоммуникация стандарттарына сәйкес жұмыс істейтін ұялы байланыс буыны. Жылдамдықтың артуы бұрын пайдаланылмаған жоғары жиілік диапазонына ауысумен байланысты болады. Мысалы, үйдегі WiFi жиілігі 2,4 немесе 5 ГГц, қолданыстағы ұялы желілердің жиілігі 2,6 ГГц - ке дейін. Алайда, біз 5G туралы сөйлескен кезде бірден ондаған гигагерц туралы айтамыз, сәйкесінше деректерді беру жылдамдығы бірнеше есе артады. Және желі тұтастай түсіріледі.

Жиілік ондаған есе өсті, сондықтан 5G -де миллиметрлік толқындар қолданылады. Олар кедергілерден нашар өтеді, осыған байланысты желінің архитектурасы өзгереді. Ерте байланыс үлкен мұнараларды ұзақ қашықтыққа қамтамасыз етті, бірақ қазір барлық жерде көптеген ықшам және қуаты аз мұнараларды орнату қажет болады.

LTE-ден айырмашылығы, 5G үш түрлі спектрде жұмыс істейді. Төмен жиілікті спектрді 1 ГГц-тен төмен спектр ретінде де сипаттауға болады. Төмен жиілікті спектр қамту мен енудің үлкен аймағын қамтамасыз етеді, үлкен кемшілігі бар: деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы 100 Мбит / с аспайды.

Орташа диапазон спектрі төмен жиілікті диапазонға қарағанда тезірек қамтуды және кідірісті қамтамасыз етеді. Алайда, ол ғимаратқа енбейді, өйткені төмен жиілікті диапазон. Ең жоғары жылдамдық 1 Гбит/с дейін күтіледі.

Операторлар ену мен қамтуды жақсарту үшін Massive MIMO қолданады. Жаппай MIMO бір корпуста бірнеше антеннаны біріктіреді және бір ұялы мұнарада әртүрлі пайдаланушылар үшін бір уақытта бірнеше сәулелер жасайды. 5G сонымен қатар қызметті жақсарту үшін сәулені қалыптастыруды пайдаланады. Сәуленің пайда болуы ұяшықтағы әр пайдаланушыға бір

бағытталған сигнал жібереді және оны қолданатын жүйелер әр пайдаланушының келісілген сигналға ие екендігіне көз жеткізу үшін бақылайды.

Жоғары жиілікті спектр-бұл 5G туралы естігенде көп адамдар ойлайтын нәрсе. жоғары жиілікті спектр 10 Гбит / с дейінгі жылдамдықты ұсына алады және кідірісі өте төмен. Жоғары жиілікті диапазонның басты кемшілігі-оның төмен қамту аймағы және ғимаратқа нашар енуі.

## 1.5 5G желісінің параметрлері

Стандарттар мен ерекшеліктерге сәйкес, 3GPP ұйымы жасаған байланыстың келесі буыны үшін келесі негізгі көрсеткіштер анықталды:

- Төмен сызықтағы деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы (Downlink) 20 Гбит/с

- Жоғары сызықтағы деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы (Uplink) 10 Гбит/с

— URLLC қызметтері үшін радио қол жетімділіктің ішкі жүйесіндегі минималды кідіріс-0,5 мс, eMBB қызметтері үшін — 4 мс;

- Қалалық жағдайда желіге қосылған IoT құрылғыларының максималды тығыздығы-1'000'000 құрылғы/шаршы км;

- 10 жыл бойы батареяны зарядтамай IoT әлемінен құрылғылардың автономды жұмысы;

- Объектілердің қозғалысының ең жоғары жылдамдығы 500 км/сағ болғанда ұтқырлықты қолдау.

- Жоғары энергетикалық тиімділік.

- Адам денсаулығы үшін қауіпсіздік.



## 1.2 Сурет - 5G практикалық артықшылықтары

5G желілік платформасы операторларға айтарлықтай артықшылықтар береді, олар негізінен желінің функционалдығы мен сипаттамаларын кеңейтуде, пайдаланушылардың қанағаттанушылығын арттыруда (пайдаланушы тәжірибесі) көрінеді. Төмендегі суретте IMT-Advanced (4G) көрсеткіштерімен салыстырғанда imt2020 (5G) желісінің негізгі параметрлері көрсетілген.

Ең жоғары жылдамдық: 5G желісі 4G-ге қарағанда 20 есе жоғары жылдамдықты қамтамасыз етеді, яғни шамамен 20 Гбит/с.

Пайдаланушының жылдамдығы 100 Мбит/с немесе одан да көп болуы мүмкін.

Спектрді пайдалану тиімділігі, 5G желісіндегі жиілік диапазонының бірлігіне берілетін ақпарат көлемі 4G желісіне қарағанда кемінде үш есе жоғары болады.

Пайдаланушының ұтқырлығы, 5G терминалы бар пайдаланушы базалық станциялар арасында берілісті жоғалтпай желінің қамту аймағында жүре алатын жылдамдық, 5G желісінде 500 км/сағ жылдамдыққа жетеді, бұл 5G қызметтерін жоғары жылдамдықты пойыздарда пайдалануға мүмкіндік береді.

5G желісінің кідірісі 1 мс немесе одан азға дейін азаяды, ал 4G желісі кем дегенде 10 миллисекундқа жетуі мүмкін. Бұл аса маңызды коммуникациялар және бейнебақылау, тактильді Интернет-қызметтер, AR / VR және т. б. үшін 5G технологиясын пайдалануға мүмкіндік береді.

5G желісіндегі терминалдардың тығыздығы едәуір артады және 1 шаршы шақырымға бірнеше миллион құрылғыға жетуі мүмкін. км құрайды, яғни бетінің бір шаршы метрінде бірнеше ондаған немесе тіпті жүздеген миниатюралық құрылғылар болуы мүмкін (мысалы, IoT сенсорлары).

5G желісінің энергия тиімділігі алдыңғы буын желілеріне қарағанда әлдеқайда жақсы.

Бірлік ауданына жұмыс сыйымдылығы, яғни 5G желісінің қамту аймағының шаршы метріне деректерді беру жылдамдығы 4G желісіне қарағанда екі есе жоғары.

## 1.6 Жаңа стандарт үшін пайдаланылатын жиіліктер

5G қолдану әр түрлі жиілік спектрінде қабылданады. Бірақ Sub-6 спектрінде қол жетімді бос жиіліктерде қиындықтар бар. 5G желілерінде төмен жиілікті пайдалану арқылы желінің үлкен аймағына қол жеткізуге болады, сондай-ақ төмен жиілікті пайдалану үлкен инвестицияларды қажет етпейді. Сонымен қатар, олар радиотолқындардың бөлмеге жақсы енуін қамтамасыз етеді, бұл заттар интернетін қолдану сценарийі үшін өте маңызды фактор. 700

МГц жиілігі М2М байланыс жүйесі, Ақылды қала, ақылды үй үшін маңызды. 3,4–3,8 ГГц диапазоны өзін-өзі басқаратын машиналар, Роботтар, өнеркәсіптік автоматтандыру сияқты объектілерді ерекше сенімді қосу үшін пайдаланылуы мүмкін. 5G стандартында операторлар 300-400 МГц үздіксіз жиілік диапазонын бөледі деп күтілуде.

Жылдамдыққа жету үшін 5G желілері үшін жоғары жиілікті спектр қажет 20 Гбит / с дейінгі деректерді беру, әсіресе UHD, AR / VR форматындағы 3D бейне қызметтерін, жұмыс істеуге арналған бұлтты қызметтерді, тактильді Интернетті және т.б. ұсыну үшін, осы мақсатта 24,25-27,5 ГГц және 37-43, 5 ГГц диапазоны пайдалану мүмкіндігі қарастырылады.

3GPP әзірлеген ерекшеліктер 5G үшін жаңа жиілік диапазоны анықтап, оларды екі блокқа бөлді: FR1 (жиілігі 6 ГГц-ке дейін) және FR2 (жиілігі 6 ГГц-тен жоғары немесе). Жоғары жиілікті пайдалану жоғары диапазонда әлдеқайда аз болатын желідегі кедергілерден туындаған мәселені шешуге көмектеседі. Сонымен, жоғары жиілікті қолданған кезде радиоарнаның ені артады, сондықтан деректерді беру жылдамдығы артады. Сондықтан FR1 блогы үшін радио арнасының енін 100 МГц - ке дейін, ал FR2 блогы үшін 50-ден 400 МГц-ке дейін пайдалану керек! Мысалы, LTE желілерінде тек 1.4, 3, 5, 10, 15 және 20 МГц арналарының еніне рұқсат етіледі.

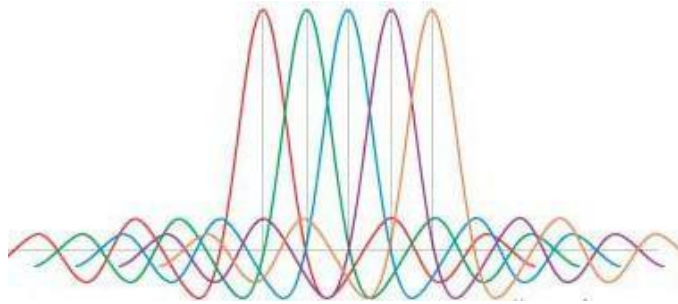
## **1.7 5G -де қолданылатын технологиялар**

Үнемі өсіп келе жатқан сымсыз байланыс қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін 5G стандарты "Жаңа 5G радиосы" деген атпен жасалды. 5G nr әзірлеу 5G желілерінің талаптарын ескере отырып және ең жақсы технологияларды қолдана отырып, нөлден басталды. Сондықтан, 5G NR ең жаңа модуляция технологиясын, толқындарды қалыптастыруды және радиоға қол жеткізу технологиясын (RAT) қолданады, ол басқалармен қатар жоғары жылдамдықты қамтамасыз етеді және 5G пайдаланушыларының батареясының қызмет ету мерзімін ұзартады.

5G NR радиотехнологиясының негізгі ерекшеліктері:

OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing — арнаны ортогональды жиіліктік бөлумен мультиплекстеу) оңтайландырылған технологиясы. Бұл технология қазірдің өзінде 4G / LTE-A. OFDM-де сәтті қолданылады, бұл модуляция мен мультиплексингтің тіркесімі. Әдетте, мультиплекстеу әр түрлі көздерден келетін тәуелсіз сигналдарды қамтиды. OFDM-де мультиплекстеу міндеті жеке сигналдарға қолданылады, бірақ бұл жеке сигналдар бір негізгі сигналдың жиынтығы болып табылады.





1.3 Сурет - Ортогональды тасымалдаушылары бар қабаттасатын жиілік арналары

OFDM технологиясының бірнеше параллель жиілік арналары арқылы радио сигналын қарапайым бөлуден маңызды айырмашылығы-OFDM сигналының топтық спектріндегі қосалқы тасымалдаушылардың ортогоналдылығы. Ортогоналдылықтың физикалық мәні әр қосалқы тасымалдаушы құрылымында 90 градус фазада (ортогональды функциялар) ерекшеленетін сигналдың синусоидальды тербелістерінің ерекше санын араластыру болып табылады, бұл демультимплексорға осы белгілерді талдау негізінде қосалқы тасымалдаушы сигналдарды бөлуге мүмкіндік береді, тіпті олардың жиілік спектрлері ішінара қабаттасқан жағдайда да. Қазіргі заманғы жолақты жиілік сүзгілерінің шектеулі технологиялық мүмкіндіктеріне байланысты кәдімгі көп арналы сигналдың жалпы спектріндегі тасымалдаушыларды таңдау тасымалдаушылардың жеткілікті үлкен жиілігін бөлуді қажет етеді, бұл олардың осы жиілік диапазонындағы санының өсуін шектейді. Топтық тасымалдаушыны таңдау демультимплексстеу кезінде OFDM сигналының спектрі ортогональды сигнал түрлендірулері арқылы жүзеге асырылады. Бұл көрші қосалқы тасымалдаушылардың спектрлерін қабаттастыруға мүмкіндік береді, бұл олардың сигнал спектрінде орналасу жиілігінің тығыздығын едәуір арттырады және спектрдің тиімділігін арттырады.

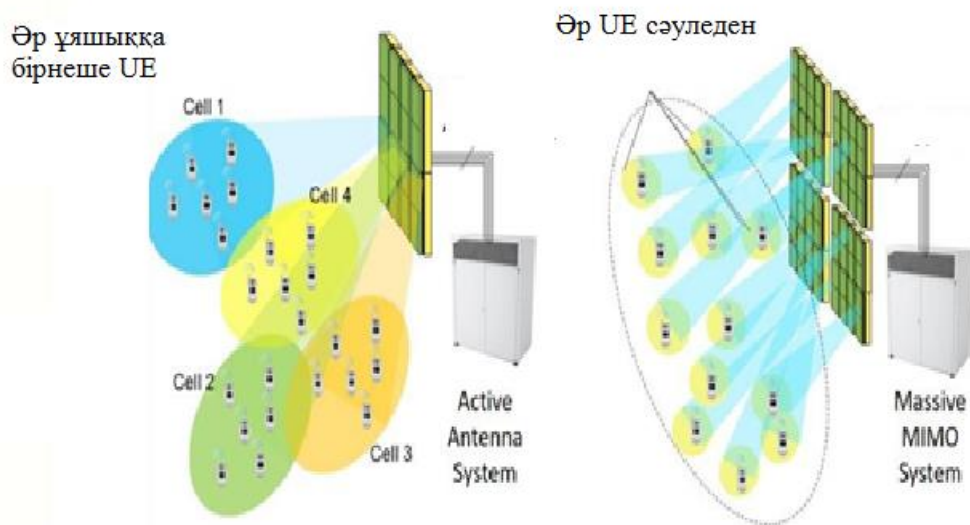
Сәулені қалыптастыру (Beamforming). Энергияны тұтынуды азайту және диапазонды ұлғайту үшін сәулені қалыптастыру технологиясы қолданылады - белгілі бір қолданушы үшін радиоучтың динамикалық қалыптасуы. Базалық станция сигналдың қайдан келгенін және қашан (тек телефоннан ғана емес, кедергіден де көрінеді) есте сақтайды және сіздің орналасқан жеріңізді есептеу үшін триангуляция әдістерін қолданады, содан кейін сигналдың оңтайлы жолын жасайды. Алайда, қабылдағыштың жағдайын бақылау қажеттілігі әр түрлі пайдалану жағдайларында көрінетін тұрақты және мобильді пайдалану жағдайлары үшін аздап айырмашылықтарға әкеледі [2].



1.4 Сурет - beamforming сәулелерін қалыптастыру

MIMO (Multiple Input Multiple Output). MIMO-Wi-Fi және 4G желілерінде қолданылатын арнаның енін ұлғайтуға мүмкіндік беретін кеңістіктік сигналды кодтау әдісі 5G -де едәуір жақсарды, әсіресе көп қолданушы MU-MIMO (Multi-User-MIMO) 5G -де GNB базалық станциялары, олардың антенналары радиациялық элементтердің матрицасынан тұрады. Бұл сигналдың басқа пайдаланушыларға әсерін азайту арқылы белгілі бір пайдаланушы үшін сигнал деңгейін жоғарылатуға мүмкіндік береді[4].

MIMO антенналарын қолдана отырып сәуле шығару ұзақ уақыт бойы жаңа технология емес және нарықта AAS (Active Antenna System) сияқты ұяшықтары бар. Базалық станцияда орнатылған AAS MIMO антенналары қамту аймағын ұяшықтарға бөледі, соның арқасында арналардың саны сияқты спектрдің тиімділігі артады. Алайда, қазіргі шамадан тыс жүктелген желілер спектрді одан да тиімді пайдалану үшін сандық сәулелердің динамикалық генерациясын қажет етеді.



1.5 Сурет - 2D MIMO антенна (сол жақта) және Massive MIMO антенна (оң жақта)

MIMO антенналарын fr2 миллиметрлік диапазонда қолдану анағұрлым өзекті бола түседі, өйткені миллиметрлік радио толқындары антеннаға антенна элементтерінің көбеюіне байланысты жақсы фокусқа ие[5]. Мұндай антенна элементтерінің жиынтығын (256 немесе одан көп) бір жаппай MIMO антеннасына біріктіруге болады. Сигналдардың фазасы мен амплитудасын басқара отырып, мұндай антенна белгілі бір құрылғылардың бағыттарында динамикалық түрде көптеген күшті және өткір сәулелер жасай алады.

Спектрді бөлісу технологиялары (Spectrum sharing). Көптеген бөлінген радиожилік спектрлері көбінесе тиімді пайдаланылмайды. Бұл мәселені шешу үшін спектрді бөлісу технологиялары жасалды.

Бірегей дизайн across frequencies). 5G NR-ге көптеген жаңа жилік диапазондары қосылғандықтан, негізгі станциялар арасында беру кезінде арналарды бір жиліктен екіншісіне ауыстыру кезінде өзара әрекеттесу интерфейсін қамтамасыз ету маңызды. Бұл бізге Біртұтас жилік өзара әрекеттесу технологиясына көмектеседі.

Кішкентай ұяшықтар (кішкентай ұяшықтар). Желілік жабынның тығыздалуы базалық станциялардың көбеюіне әкеледі. Сондықтан шағын ұяшық шешімі әзірленді - арзан, оңай орнатылатын және базалық станциялардың қуаты аз болған кезде қызмет көрсетілетін шешім.

Оларды көше жарығының тіректеріне, үйдің қабырғаларына және басқа заттарға іліп қоюға болады. 5G желісі өз жұмысын тиімді үйлестіруге және жүктемені антенналар арасында қайта бөлуге қабілетті.

Сәуленің пайда болуымен бірге кішкентай жасушалар төмен кідіріспен өте жылдам жабуды қамтамасыз ете алады. Кіші ұяшықтарға көптеген элементтер кіреді - макро базалық станциялар, метросоттар, сыртқы және ішкі желілерге (немесе DAS) таратылған антенна жүйелері, кіші ұяшықтар және басқалары - барлығы гетерогенді желіде бірге жұмыс істейді.

5G жоғары жилік диапазонында жұмыс істейді, сондықтан шағын бұл жиліктерде бал аралары өте маңызды болады, өйткені сигналдар қабырғаларға немесе ғимараттарға ене алмайды, ал бал араларының мөлшері 500 метрден аз қамту радиусына ие болады. Көптеген жылдар бойы, бүгінде кішкентай ұяшықтар үшін қолданылатын жүйелерден басқа, 5G желілерінде кедергілер туындауы мүмкін. бұл жағдайда сіз таратылған антенна жүйесін (DAS) базалық станцияның бір немесе бірнеше көп қабатты ғимараттарын "жабу" үшін қолдана аласыз.

Радио блоктары бар кішкентай Антенналарды кез-келген бөлмеде орнатуға болады, бұл байланыстың ең жақсы сапасын қамтамасыз етеді. Бірыңғай базалық станция мен DAS инфрақұрылымын бір уақытта бірнеше байланыс операторлары қолдана алады.

SRS (sounding Reference Signal) технологиясы сәуленің пайда болуына керемет қосымша болып табылады. Оның арқасында базалық станция құрылғыдан жіберілген арнайы пакет арқылы арнаның сапасы туралы біле

алады. Көптеген құрылғылар әдетте SRS беруді тек негізгі тарату антеннасы арқылы қолдайды, ал базалық станция тек осы антенна үшін арна ақпаратын қабылдай алады. Бірақ таратушы антеннаны таңдау технологиясын қолдана отырып, сіз құрылғының барлық антенналарының арнасы туралы барлық ақпаратты ала аласыз. Сондықтан базалық станция сәулені UE бағытына ең жақсы бағытта бағыттай алады. Нәтижесінде UE беру жылдамдығы едәуір артады, ал алыс және орта жерлерде базалық станциядан + 40% дейін артады.

Торды кесу немесе желіні кесу. Бұл тұжырымдама операторларға мүмкіндік береді. Желіні желі қабаттарына бөліңіз. Әр қабат бір-бірінен оқшауланған болады. Бұл 5G желісін әр түрлі қолдану сценарийлері үшін қажетті негізгі параметрлерге байланысты құру үшін қажет. Бірақ мұны желі ядросының жаңа буынына көшу кезінде ғана жүзеге асыруға болады.

## **2 5G желілерінде ұялы байланыс қызметтерін көрсету сценарийлері**

Аталған көрсеткіштердің кейбіреулері, мысалы, өткізу қабілеті мен автономия бір уақытта орындалмайды және өзара ерекше. Бірақ бұл көрсеткіштер бір уақытта бір құрылғымен орындалмауы керек. Идея - кез-келген параметрдің маңыздылығына байланысты мобильді қызметтерді ұсыну үшін сценарийлердің әртүрлі түрлерін ажырату. Сонымен, желіні кесу тұжырымдамасында 5G физикалық архитектурасын көптеген виртуалды желілерге немесе қабаттарға бөлуге болады, олардың әрқайсысы белгілі бір қолдану нұсқасына арналған.

Желі үш пайдалану сценарийіне бөлінеді:

- eMBB (enhanced mobile Broadband), ультра кең жолақты ұялы байланыс,
- URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communication), төмен кідіріспен өте сенімді байланыс,
- mMTC (Massive Machine-Type Communications), жаппай машинаның өзара әрекеттесуі.

mMTC-бұл адамның әсері аз болған кезде және барлық дерлік процестер белгілі бір дәрежеде автоматтандырылған кезде машинааралық өзара әрекеттесу сценарийі. Мұндай құрылғыларға: су, газ, электр есептегіші, көше жарықтандыру контроллері, тұрақ сенсоры және IoT әлемінен көптеген басқа заттар кіреді. Бұл сценарий үшін жоғары жылдамдықтар мен төмен кідірістер қажет емес, бірақ көптеген қосылған құрылғылардың дербестігі мен қолдауы қажет. Бұл төмен қуатты құрылғылар (LPWA) деп аталады - қарапайым және өте арзан, өте төмен қуатты құрылғылар, олардың батареялары 10 жылға дейін жұмыс істей алады. Ұялы байланыс операторларының қызығушылығы үлкен инвестицияларды қажет етпейді.

URLLC және eMBB үшін 5G . Urrlc сценарийлері (16 нұсқасының 3GPP бөлігі болады) және

eMBB (3GPP 15 нұсқасында анықталған) 5G жауапкершілік аймағында. Urrlc сценарийі, өз атауы бойынша, төмен кідіріспен өте сенімді байланысты білдіреді. EMBB-бұл жоғары жылдамдықты байланысты білдіретін ультра кең жолақты байланыс.

### **2.1 Жаңа технологияны қолдану нұсқалары**

Үйдегі интернет. 5G сымсыз желілері біздің пәтерлердегі сымды интернетке балама болады. Егер бұрын кабель пәтерге кірсе, болашақта сигнал 5G мұнарасынан маршрутизаторға жіберіледі, ол оны үйдегі WiFi сияқты

таратады. Әдеттегі 5G маршрутизаторы 2-3 Гбит / с жүктеу жылдамдығын қамтамасыз етеді, сондықтан операторлар мәселені шешеді

"соңғы миль" және кабельдерді төсеу құнын төмендетеді.

Адамдар көп жиналатын орындар. Алдыңғы ұрпақтардың ұялы байланысын қолданудың басты кемшіліктерінің бірі-адамдар көп болатын жерлерде желіні проблемалық пайдалану, желі толып кетеді. Бірақ 5G бұл мәселені шешуге көмектеседі, сондықтан мұндай сценарийлер үшін бұл технология маңызды. Samsung жапондық байланыс операторы KDDI-мен бірге 30 мыңдық стадионда 5G қолдана отырып тестілеу өткізді. 5G сынақ планшеттерін қолдана отырып, олар бір уақытта 4K бейнелерін бірнеше планшетке жібере алды.

Көлігі. Жолаушылардың көңіл көтеруі мен жайлылығы үшін 5G темір жолын жалғаумен жабдықтау идеясы пайда болды. Зерттеу көрсеткендей, жоғары жылдамдықты жіксіз байланысқа қол жеткізу үшін теміржолды бір-бірінен 800 метр қашықтықта кіру нүктелерімен жабдықтау қажет. Сынақтар Токио маңындағы пойызда сәтті өтті-оларды Samsung компаниясы жүргізді

KDDI байланыс операторымен бірге. Тесттер кезінде 1,7 Гбит / с жылдамдыққа қол жеткізілді, тест кезінде 8K және 4K бейнелер жүктелді.

Connected car. Негізгі артықшылығы-көлік құралдарының бір-бірімен сағатына 500 км жылдамдықпен байланысуына мүмкіндік беретін кідіріс.жүргізуші адамдардан айырмашылығы, автомобильдер бір-бірімен немесе белгіленген инфрақұрылыммен маневр жасау туралы келісе алады, бұл жол қауіпсіздігін арттырады. Жүйе ауа-райының жағдайын да ескереді. Қосылған көлікті пайдалану кезіндегі негізгі міндеттер-жол қозғалысы қауіпсіздігі мен жүргізу тиімділігі. 5G смартфондары бар велосипедшілер мен жаяу жүргіншілер де қауіпсіздікке сене алады. Қызмет автомобильге салынған қуатты жасанды интеллекттің бақылауымен жұмыс принципіне негізделген. Автомобиль визуалды ақпарат пен радиолокациялық деректер (Waymo) негізінде ситуациялық шешім қабылдайды.

Индустрия 4.0 өнеркәсіптік роботтардың қозғалысын басқару кезінде кідіріс пен сенімділіктің ең жоғары талаптары белгіленеді, мұнда жауап беру уақыты ондаған миллисекундтан аспауы керек. Қазір бұл Өнеркәсіптік Ethernet арқылы шешілуде. 5G бұл орын үшін күресетін шығар. Өнеркәсіптік контроллерлер немесе адам операторы, сенсорлық желілер арасындағы байланыс сияқты басқа қосымшалар аз талап етіледі. Қазіргі уақытта осы желілердің көпшілігінде кабель қолданылады, сондықтан 5G сымсыз желісі өндірісті тез қалпына келтіруге мүмкіндік беретін үнемді шешім болып көрінеді.

Интернет заттар. Біріншіден, 5G қазіргі уақытта осы саланың дамуын шектейтін көптеген және нашар қолдау көрсетілетін интернет-байланыс стандарттарымен мәселені шешеді. Қазіргі уақытта бізде бір-бірімен әрекеттесе алатын сенсорлар бар, бірақ олар әдетте көп ресурстарды қажет етеді және LTE деректерінің сыйымдылығын тез бұзады. 5G жылдамдығы мен төмен кідіріс кезінде IoT сенсорлар мен ақылды құрылғылар арасындағы байланысты

қамтамасыз етеді. Нарықтағы заманауи ақылды құрылғылармен салыстырғанда, mMTC құрылғыларына аз ресурстар қажет болады, өйткені бұл құрылғылардың көп бөлігі бір базалық станцияға қосыла алады, бұл оларды тиімдірек етеді.

Денсаулық сақтау. 5G -де өте сенімді, сенімді, кідіріссіз байланыс компоненті (URLLC) денсаулық сақтауды түбегейлі өзгерте алады. URLLC 5G кідірісін одан әрі төмендететіндіктен, сіз кеңейтілген мобильді кең жолақты көре аласыз, жана мүмкіндіктер әлемі ашылады. Алдағы жылдары Сіз аймақтың жақсаруын күте аласыз телемедицина, қашықтықтан қалпына келтіру және физиотерапия, дәл хирургия және тіпті қашықтан хирургия. Ауруханалар пациенттерді бақылау үшін жаппай сенсорлық желілерді құра алады, сақтандырушылар дұрыс емдеу мен процестерді анықтау үшін қатысушыларды басқара алады. Бейне хабар тарату. Нарық қатысушылары мұндай классикалық қосымшадағы, мысалы, "бейне түсірілім", деректерді беру жылдамдығын кідіріске ешқандай ерекше талаптарсыз арттыру жағына қарай жылжуды болжайды. Негізгі қозғаушы күш жоғары сапалы 8K бейнесіне қажеттілік болады. 5G 4K және тіпті 8K пайда болған кезде, бейне қала мен қала маңындағы барлық тұрғындар үшін қалыпты жағдайға айналады және кино түсіру / суретке түсіру саласындағы егжей-тегжейлі осы сапаға көбірек көңіл бөлінеді. 5G жоғары жылдамдықты және түсіруді ашады. Бұл барлық континенттерде интеллектуалды тұлғаны танитын қалалық бейнебақылау жүйелерін енгізуге есік ашады. Жасанды интеллектпен барлық есептеу бөлігі желіде орналасқан және бейнебақылау камераларынан талап етілетін барлық жүйелерде серверге тиісті ажыратымдылықтағы бейнені жіберіңіз.

Sky Office. Смартфондарды қоспағанда, 5G коммерциялық орналастырудың алғашқы кезеңдерінде 5G негізгі өнімі sky Office-ке қосылған ноутбук болады деп күтілуде. Sky Office-бұл ноутбуктің өңдеу қуатын бұлтқа беру тұжырымдамасы, онда ноутбук 5G модемімен жабдықталған. бұлтты сақтауға тек жеке файлдарды (Cloud Drive) ғана емес, сонымен қатар MS Office 365 (Cloud Office) немесе ойын бағдарламалық өнімдері (Cloud Games) сияқты бағдарламаларды орналастыруға болады. Бұл тұжырымдамада ноутбук пернетақта мен камерасы бар экранға айналады.

Виртуалды және кеңейтілген шындық. Ойын-сауық индустриясы әрқашан тұтынушылық электрониканы дамытудың қозғаушы күші болды. Ойын консолін тұтынушылар ең жоғары өнімділікке қойылатын талаптарды ұсынады. Ойын әлеміндегі ең дамыған, бірақ аз таралған технологиялар-бұл тактильді интернет (ТИ) - бұл тактильді сезімдерді кез-келген қашықтықта минималды, көрінбейтін кідіріспен беру. Технологияның атауы Дрезден технологиялық университетінде ұсынылды, онда 2012 жылы Коммандаларды қашықтықтан жеткізе алатын роботты жүйелерді құру жұмыстары басталды.

ҰҰА (пилотсыз ұшу аппараттары) - шағын кідірісті талап ететін сала. Бүгінгі таңда сізді әр түрлі мақсаттағы жеңіл ұшқышсыз роботтармен - ойын-сауықтан бастап мамандандырылған әскери ұшқыштарға дейін ешкім таң қалдырмайды. Олардың көмегімен олар қызықты бейнелер түсіреді, айналаны

зерттейді, адамдарды құтқарады, тауарларды тасымалдайды және т.б. бірақ олардың барлығын дерлік лицензиясыз жиілікте тікелей сымсыз сенімді байланысы бар адам басқарады.

## **2.2 5G тірек желісінің архитектурасы**

5G желілік архитектурасының ерекшелігі-5G желісіндегі аппараттық шешімдерге негізделген дәстүрлі "желілік сәулет" тұжырымдамасы енді өзекті емес. Сондықтан 5G көбінесе желі емес, аппараттық платформа емес, бағдарламалық платформа дегенді білдіретін жүйе немесе "платформа" деп аталады. Егер 1/2/3/4G желілері аппараттық шешімдер (құрылғылар) негізінде құрылған болса, онда 5G платформасы бағдарламалық шешімдер, атап айтқанда Defined Network (SDN) бағдарламалық желілері, сондай-ақ NFV желілік функцияларын виртуализациялау негізінде құрылды. виртуализация).

5G функциялары NFV инфрақұрылымында жұмыс істейтін виртуалды желілік функцияда (VNF) жүзеге асырылады. Ұқсас дыбыстық ұғымдардың айырмашылығы-VNF-бұл функция, ал NFV-бұл технология. Екінші жағынан, NFV стандартты коммерциялық жабдықтар (COTS) негізінде физикалық деректер орталығының (DC) инфрақұрылымына енгізілген. COTS жабдығында салыстырмалы түрде арзан құрылғылардың тек үш түрі бар - сервер, коммутатор және сақтау жүйесі.

Осылайша, дәстүрлі ұялы байланыс желілерінің жабдықтары стандартты серверлер мен виртуалды машиналардағы деректер орталықтарында жұмыс істейтін бағдарламалық жасақтама объектілерімен ауыстырылады.

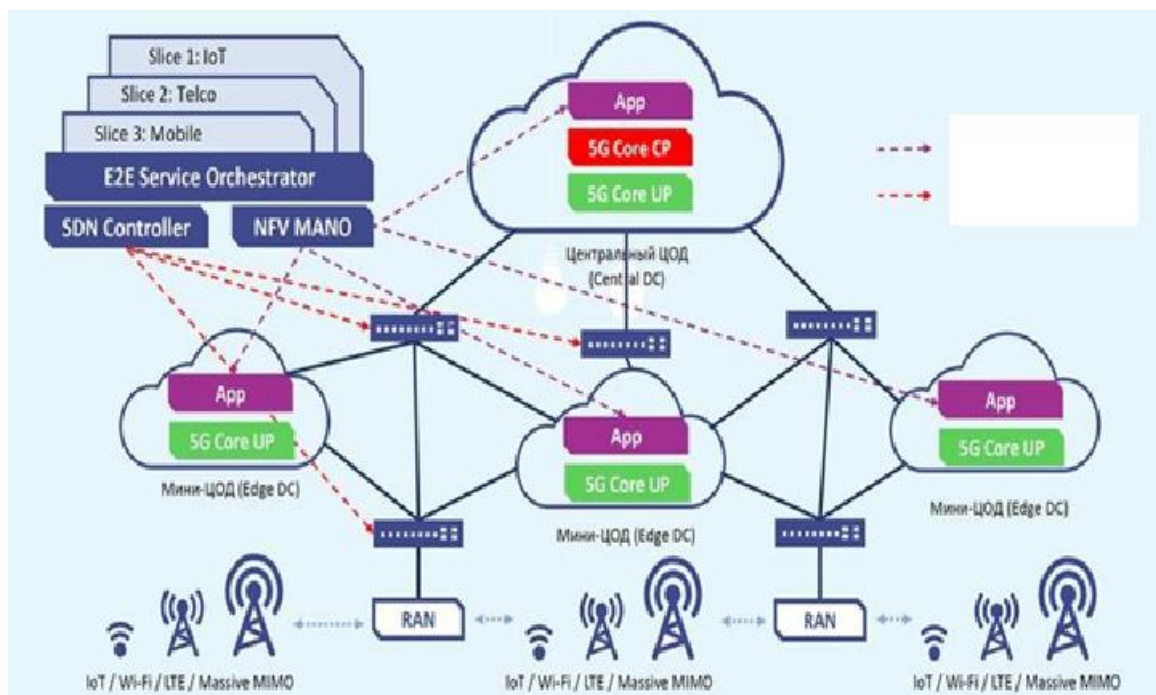
Виртуалды машиналардан басқа, бағдарламалық жасақтама контейнерлері (containers), сондай-ақ микросервистердің бағдарламалық архитектурасы бағдарламалық функцияларды орындау үшін қолданылады.

4G желілеріндегі таратылған ұялы байланыс желісінің архитектурасы (D-RAN) біртіндеп орталықтандырылған C-ran (орталықтандырылған RAN) архитектурасына айналады.

5G архитектурасында негізгі желілік функциялар виртуалды машиналарда орталық бұлтта (Cloud RAN) жүзеге асырылады. 5G желілерін дамытуда Edge Cloud технологиясы, MEC технологиясы (Mobile Edge Cloud), сондай-ақ "бұлтты бұлт" (Fog Cloud) маңызды рөл атқарады[3].

NFV / SDN негізіндегі желіні виртуализациялау өте пайдалы 5G желісі үшін де маңызды: желіні кесу (Network Slicing).





2.1 Сурет - 5G желісінің жалпы архитектурасы

Желіні бөлу технологиясы (Network Slicing) бірыңғай интеграцияланған желілік ресурс негізінде деректерді беру ортасының әртүрлі қасиеттері бар radio қол жетімділігінің әртүрлі технологияларын қажет ететін 5G қызметтерінің әртүрлі түрлері үшін желіні логикалық түрде бөлуге мүмкіндік береді. Мысалы, осындай қызметтер:

- Жоғары сапалы UHD бейнесі
- Дауыстық қызметтер (5G Voice)
- Сенсорлар, сенсорлар көп Интернет заттары.

Network Slicing технологиясына негізделген барлық осы қызметтер орталық және шекаралық бұлтты деректер орталықтарының бірыңғай физикалық инфрақұрылымында, сондай-ақ Massive IoT және заттардың өнеркәсіптік интернеті үшін қажет "тұман" инфрақұрылымында (Fog Computing) жұмыс істейді[7].

Бұл бұрын жасалған аппараттық және бағдарламалық инфрақұрылымды қайта пайдалануға, сондай-ақ қолда бар ресурстарды икемді түрде қайта бөлуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл тәсіл желіні құруға арналған инвестициялық шығындарды ғана емес, сонымен қатар оны күтіп ұстауға кететін шығындарды да азайтуға мүмкіндік береді.

5G желілік архитектурасының негізгі принциптері:

Желі тораптарын "пайдаланушы жазықтығы" (UP) хаттамаларының жұмысын қамтамасыз ететін элементтерге және "басқару жазықтығы" (CP) хаттамаларының жұмысын қамтамасыз ететін элементтерге бөлу, бұл масштабтау және өрістету тұрғысынан икемділікті айтарлықтай арттырады.

Белгілі бір түпкі пайдаланушылар топтарына көрсетілетін қызметтерге негізделген желіні бөлу.

Виртуалды желі режимінде желілік элементтерді енгізу - Vnf (Virtual Network Functions).

Бұлтты есептеу (fog computing) және шекаралық есептеу (edge computing) тұжырымдамаларын жүзеге асыруға мүмкіндік беретін орталықтандырылған және жергілікті қызметтерге бір уақытта қол жеткізуді қолдау.

Әр түрлі қол жеткізу желілерін (AN - Access Network) - 3GPP (Nr) емес, 3GPP (WiFi және т.б.) Бірыңғай негізгі желімен (CN - Core Network) біріктіретін конвергентті архитектураны анықтау.

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

Есептеу ресурсы сақтау ресурсынан бөлінген күйді сақтамай желілік функцияларды қолдау.

Трафикті үй желісі (home routed) арқылы және жергілікті қону (local breakout) арқылы қонақтар желісіне (VPLMN) бағыттау арқылы роумингті қолдау. Алматы қаласының 5G желісін жоспарлау және жобалау.

### **2.3 Желіні модельдеудегі негізгі міндеттер**

Коммерциялық желіні орналастыруды бастамас бұрын желіні кең және тиімді модельдеу қажет. Желіні модельдеудің мақсаты келесі негізгі мәселелерді шешу болып табылады:

- Ақпарат берудің талап етілетін сапасын және қолданыстағы радио жабдығымен ЭМС қамтамасыз ете отырып, қызмет көрсетудің ең жоғары аймағы кезінде жүйеаралық кедергілердің ең аз санын қамтамасыз ету үшін жиіліктік аумақтық жоспарлау міндетін шешу қажет

- Бар желінің сипаттамаларын тексеру;

- Болашақ желі бойынша ақпаратты түрлендіру және беру әдістерін оңтайландыру;

- Осы желіде жұмыс істейтін құрылғылардың параметрлерін оңтайландыру.

Жоғарыда аталған сымсыз модельдеу мәселелерін шешу үшін келесі бастапқы деректер қажет:

- автоматтандырылған компьютерлік жүйелерде модельді пайдалану кезінде қарастырылып отырған аймақтағы сигналдың таралу жағдайларын барабар сипаттау үшін қажет аймақ картасы;

- аналитикалық анықталған немесе бірін-бірі алмастыратын картографиялық деректер форматында ұсынылған бағаланатын саладағы абоненттердің (трафиктің) бөлінуі және олардың сипаттамалары (меншікті Эрланг жүктемесі) туралы ақпарат;

- қолданыстағы стандартқа байланысты болашақ желінің техникалық сипаттамалары (ақпаратты беру және өңдеу технологиялары, жиілік диапазоны, ЖЖЖ талап етілетін деңгейі және т. б.);

- болашақ жабдықтың сипаттамалары;

- Қарастырылып отырған аймақта жұмыс істейтін радио жабдықтарының координаттары мен техникалық сипаттамалары, осы аймақта жобаланған және пайдаланылатын желілердің ЭМУ көрсеткіштерін есептеу үшін қажет.

## **2.4 5G желілерін жоспарлаудың заманауи тәсілдері**

5G желісін жобалау алдыңғы стандарттарды жобалау процестерінен өзгеше. 5G үшін жабдық, сондай-ақ желі архитектурасының өзі айтарлықтай өзгереді. Бұрын айтылғандай, 5G аппараттық құралға қарағанда виртуалды болады. Яғни, деректер орталығында деректерді өңдеу процесі де өзгереді [6].

Желінің қажетті сыйымдылығын қамтамасыз ете отырып, максималды қамту аймағын құру дамудың алғашқы кезеңдерінде келесі буын желісін жобалаудың негізгі тәсілі болып табылады. Бұл міндеттер көбінесе бір-біріне қайшы келеді. Мысалы, тығыз дамуы бар қалада желінің жабыны олардан әлдеқайда аз, бірақ сонымен бірге жақсы өткізу қабілеті сақталады. Ал қала маңындағы аймақта керісінше, қамту аймағы үлкенірек және үлкен аумақтарды қамтиды, бірақ өткізу қабілеті әлдеқайда төмен.

Бүгінгі таңда 5G желісін жоспарлаудың бірнеше тәсілдері бар:

1. Желіні "нөлден" жоспарлау: желі қолданыстағы желілерге (4G) сүйенбестен жаңа аймақта өтеді. Мұндай желілер автономды деп аталады. Қазақстанда мұндай тәсіл оның кең аумағына байланысты орынсыз.

2. 5G желісі қолданыстағы 4G желілерін барынша пайдалана отырып (жаңғырту арқылы) біртіндеп құрылады. Бұл жағдайда алғашқы 5G базалық станцияларын 4G желісі трафикке қызмет көрсете алмайтын жерлерде орнатқан жөн және қамту мәселесін емес, ең алдымен желінің сыйымдылығын арттыру мәселесін шешкен жөн. Осы тәсілді пайдалану аз инвестицияларды талап ететінін ескере отырып, бұл Қазақстандағы нарық үшін оңтайлы таңдау.

3. 5G желісі 3G / HSPA базалық станцияларын (сондай-ақ олардағы бағдарламалық қамтамасыз етуді) 5G -ге ауыстыру және тиісінше көлік инфрақұрылымын нығайту (жаңғырту арқылы) арқылы ҚОЛДАНЫСТАҒЫ 3G желісінің инфрақұрылымын пайдалана отырып құрылады. Бұл айтарлықтай бір реттік инвестицияны қажет ететін қымбат шешім. Бұл опция да қарастырылады, өйткені 3G желісінің маңыздылығы жыл сайын төмендейді және көптеген елдер үшінші буын желісінен бас тартуға ниет білдірді.

4. Бүкіл ел бойынша 5G бірыңғай операторын құру. Егер мұндай мүмкіндік пен қаржыландыру болса, оны 1 немесе 2 тәсілмен жасауға болады.

Барлық қолданыстағы операторларға осы "тасымалдаушының" қызметтерін сатуға мүмкіндік беріледі. Бірқатар кемшіліктер бар:

- Дайын емес заңнама;
- Бәсекелестік тетігі іске қосылмаған, яғни жобаның құны мен оның қызметтерінің бағасы тым жоғары болуы мүмкін;
- Дамуға ынталандыру жоқ.

5. Бірнеше оператормен 5G желілерін бірлесіп салу. Бұл тәсіл мемлекет лицензиялар мен жиіліктерді береді дегенді білдіреді, егер мұндай лицензиялардың әрқайсысы немесе бірнешеуі екі немесе одан да көп операторлармен бөлісуге арналған болса. Мұндай мысалдар шетелде бар. Бұл әдіс ең ықтимал, өйткені бұл жобаға инвестиция салу өте үлкен және бұл әдіс операторларға шығындарды үш есе азайтуға көмектеседі.

Желіні жобалау келесі кезеңдерді қамтиды:

- дайындық кезеңі, онда жоспарланған желі туралы ақпарат жиналады, яғни болашақ желінің сыйымдылығы, қамту аймағы, қажетті ресурстар дайындалып, модельдеу жүргізіледі.

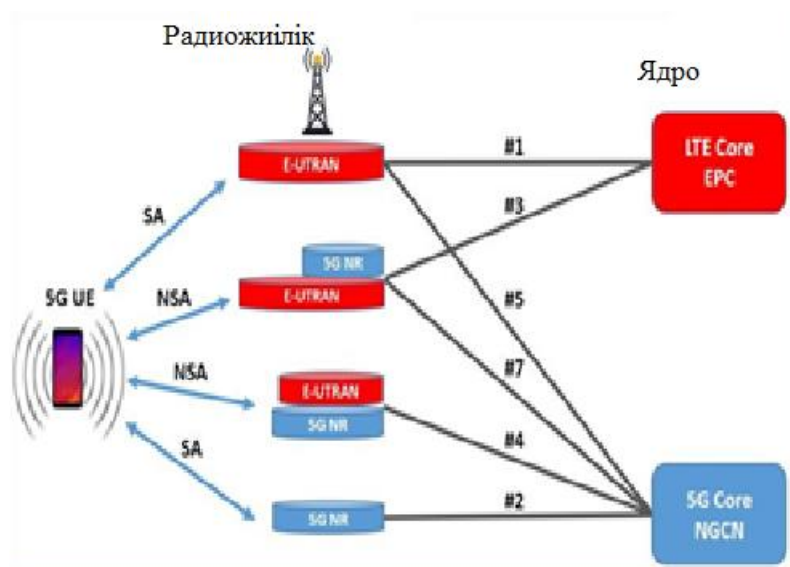
- Әр түрлі жоспарлау әдістерін таңдау мен қолдануды қамтитын номиналды және егжей-тегжейлі жоспарлау. Оған тарату моделін орнату, жоспарланған ресурстан шекті мәндерді анықтау, шекті мәндерге негізделген радио желісінің егжей-тегжейлі жоспарын құру, трафикті егжей-тегжейлі бағалау арқылы жылдамдықты тексеру, жоспарлау параметрлері, GNB жоспарлау параметрлері кіреді;

- жабдық жеткізушісінің негізінде негізгі көрсеткіштер мен мақсаттардың тиімділігін анықтайтын gNB параметрлері мен есептегіштерін пайдалану тиімділігінің негізгі көрсеткіштерін және жоспарлау параметрлерін анықтау, жоспарлау арқылы тиімділік пен мақсаттардың негізгі көрсеткіштерін бақылау және желіні іске қосқанға дейін және кейін оңтайландыру.

## **2.5 LTE-ден 5G -ге дейінгі байланыс желілерін жаңғырту перспективалары**

Жоғарыда айтылғандай, қазіргі заманғы 4G желілері Жаңа қолдану сценарийлерінде көрсетілген талаптарға сәйкес келмейді. Қосылу тығыздығынан, радиобайланыс жолағының енінен және т.б. басқа, 4G желілеріндегі кідірістер салыстырмалы түрде үлкен. Кідірістер радиобайланыс пен инфрақұрылым бөлігіндегі кідірістерден тұрады және бүгінде ондаған миллисекундқа жетеді. Ұзақ мерзімді перспективада slicing және URLLC қолдауын қоса алғанда, толыққанды 5G желілері үшін жаңа ngsn желілік инфрақұрылымы (келесі буын конвергентті желісі) және радио қол жетімділік желісін жаңарту қажет болады.

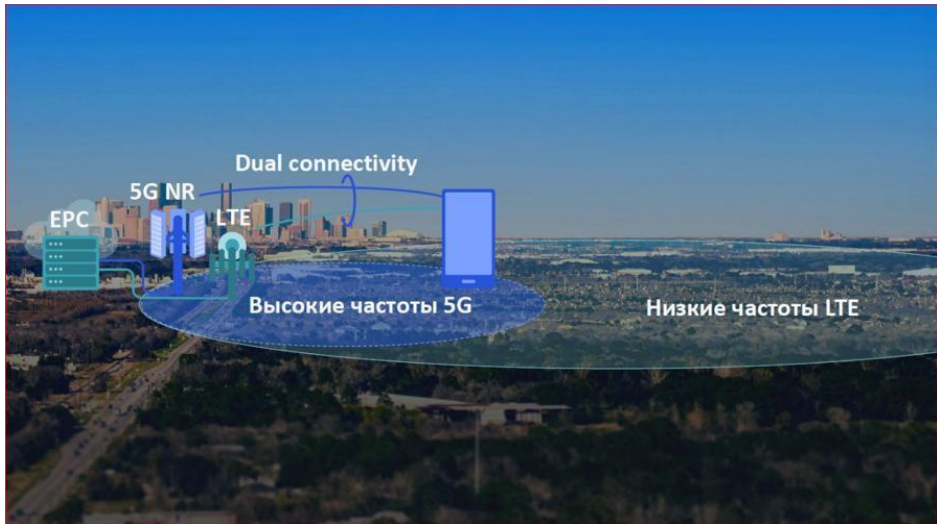
3GPP консорциумы бастапқыда жаңа желілерді орналастырудың күрделілігін ескерді және LTE желілерінің стандартты конфигурациясынан 5G - ге өту сценарийлерін қабылдады. 5G енгізуді алдымен ұялы байланыс операторлары сияқты NSA (non-Standalone) режимінде LTE EPC инфрақұрылымының үстінен жүргізу ұсынылады. Бұл конфигурацияда радио нүктелерінде кідірістер азаяды, бірақ LTE ядросының EPC шектеулері түрінде жалпы кідіріс көрсеткіші URLLC талаптарынан алыс болады. Бұл конфигурацияның басты мәні басқасында-радиода біз көптеген қолданыстағы eMBB қосымшалары үшін жеткілікті өткізу қабілеттілігінің едәуір артуына, сондай-ақ бір базалық станцияға қосылған абоненттердің көптігімен қосылудың тұрақтылығына қол жеткіземіз.



2.2 Сурет - Бастапқы және аралық кезеңдерді құру сценарийлері

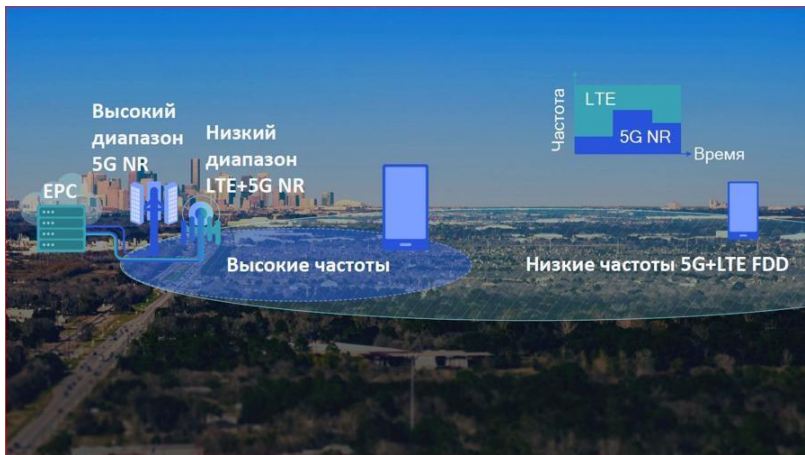
NSA бастапқы моделі EN-DC (E-UTRAN New Radio) режимінде қосылуды пайдалану арқылы берілетін деректердің сенімділігі мен көлемін арттыру үшін мобильді кең жолақты интернеттің сапасын жақсартуға бағытталған

— Dual Connectivity). En-DC қолдайтын пайдаланушы терминалдары LTE және 5G базалық станцияларына бір уақытта қосыла алады, LTE базалық станциясы Зәкір болып табылады (ng-eNb немесе new generation eNB дейін жаңарту қажет). Пайдаланушы терминалы (UE) бастапқыда e-UTRAN арқылы төмен жиіліктерде (<2 ГГц) тіркеледі және 5G -nr радио қол жеткізу желісінде орындалатын өлшеу нәтижелерін желіге жібере бастайды. 5G "радио сигналының сапасы" қанағаттанарлық болған кезде LTE базалық станциясы ng-eNb ие желілік ресурстарын бөлу үшін 5G GNB базалық станциясына сұраныс бастайды. Процедура аяқталғаннан кейін UE бір уақытта LTE ng-eNB және 5G gNB базалық станцияларына қосылады. Әрине, 5G базалық станциясының қамту аймағы LTE-ге қарағанда әлдеқайда тар болады, өйткені миллиметрлік диапазондағы жоғары жиілікті сигналдың ыдырау коэффициенті жоғары.



2.3 Сурет - е-ді LTE NG-eNB және 5G gNB-ге EN-DC режимінде қосу

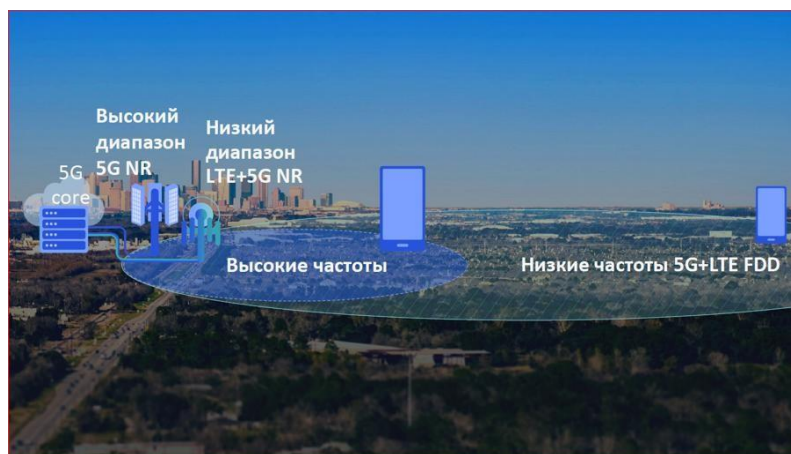
Одан әрі LTE+5G -NR құрамдастырылған базалық станциялары арқылы e-UTRAN (<2 ГГц) төменгі жиілік диапазоны 5G -NR-мен динамикалық бөлінген кезде DSS (Dynamic Spectrum Sharing, спектрдің динамикалық бөлінуі) технологиясын қолдану есебінен 5G қамту аймағын кеңейтуді жүзеге асыруға болады. 5G ядро операторларын енгізгенге дейін желілер осылай жұмыс істей алады.



2.4 Сурет - LTE төмен жиіліктері есебінен 5G қамту аймағын кеңейту

№ 3 кезеңнен кейін ұялы байланыс операторлары 5G ядросын біріктірген кезде, олар e-UTRAN немесе 5G -nr бір радио қол жетімділік технологиясын қолданған кезде мақсатты және соңғы SA режиміне (#2 және #5 опциялары) ауыса алады. Төменде URLLC қызметтерін ұсына алатын 5G желісінің соңғы көрінісі берілген.





2.5 Сурет - 5G желісінің соңғы көрінісі

Өсіп келе жатқан қажеттілікті қанағаттандыру үшін eMBB орташа жиіліктерді (2 ГГц-7 ГГц) қолдана алады, осылайша жиіліктерді біріктіру арқылы деректерді беру жылдамдығын арттырады. Төменгі жиілік-жабын көп, бірақ арнаның ені аз. Дегенмен, қосымша арна желісі (SUL, Supplementary Uplink) арқылы жоғары түсіру жылдамдығын сақтай отырып, қамтуды арттыру әдісі бар. Бұл қалай жұмыс істейді? Төмендегі суретте "жұптасқан" ретінде көрсетілген

(UL/DL) орташа жиіліктегі радиоресурста UE үшін төмен жиіліктерден "жоғары" (SUL) желісінің қосымша ашылмаған арнасы тағайындалады. Содан кейін бір ұяшықта UE 1xdl (орташа жиіліктер) және 2xul (төмен және орташа жиіліктер) алады, олардың қолданылуы желі арқылы бақыланады. Бұл жағдайда DL арнасындағы ұяшықтың шекарасында "жұпталған" диапазоннан жоғары қуаты бар орташа жиілікті сигнал, ал UL арнасында-толық емес SUL диапазонындағы төмен жиілікті сигнал қолданылады. Нәтижесінде базалық станция UE-ді алыс қашықтықта "көреді", ал жүктеу жылдамдығы орташа жиіліктерді қолдану арқылы сақталады.



## 2.6 Сурет - <өлінбеген арна есебінен орташа жиіліктердің жабылуын кеңейту

### 2.6 Қазақстанда 5G үшін пайдаланылатын жиіліктер

Үйде тұтыну моделіне толықтай назар аударатын алдыңғы 3G / 4G ұрпақтарынан айырмашылығы, біз 5G стандартынан жаңа жаңа мүмкіндіктер жиынтығын күтеміз: жоғары жылдамдықты деректер жылдамдығы, бір шаршы шақырымға жоғары құрылғы тығыздығы және кідіріс. Жаңа желінің параметрлері өте маңызды және жоғары жиілікті қажет етеді: бастапқы іске қосу үшін 3,6 - 3,7 ГГц және миллиметрлік толқындар - 27,5 - 28,3 ГГц деп аталады. Міне, осы жиіліктермен бөлісуге асықпайтын армия туралы әңгіме бар, таза сандық мәселе бар. Жалпы және 3G / 4G желілеріне тән 5G қамтуды қамтамасыз ету үшін, жүктеме ондаған есе өсетін деректер орталықтары сияқты инфрақұрылымның қалған бөлігін айтпағанда, базалық станциялардан 3-5 есе көп салу керек.

Қазақстан мен Орталық Азиядағы KPMG ат-кеңес беру тобының менеджері Зарина Қажмағанбетова 5G -ді Алматыда алғашқы іске қосу құны шамамен 35 миллиард теңгені құрайды деп бағалайды. Осылайша, әрбір оператор үшін желіні жеке-жеке құрған жағдайда, Алматыны жабудың жалпы құны шамамен 25-тен 40 миллиард теңгеге дейінгі диапазонда бағалануы мүмкін.

### 2.7 Non-Standalone немесе Standalone желілік архитектурасын таңдау

5G орналастырудың басында, операторлар 5G желілік архитектурасын таңдаған кезде, олар NSA немесе SA архитектураларын таңдауға тап болады. Желілік архитектураны зерттеумен қатар, операторлар NSA және SA терминалдары бір уақытта 5G желісіне қол жеткізе ала ма деген сұрақ мазалайды.

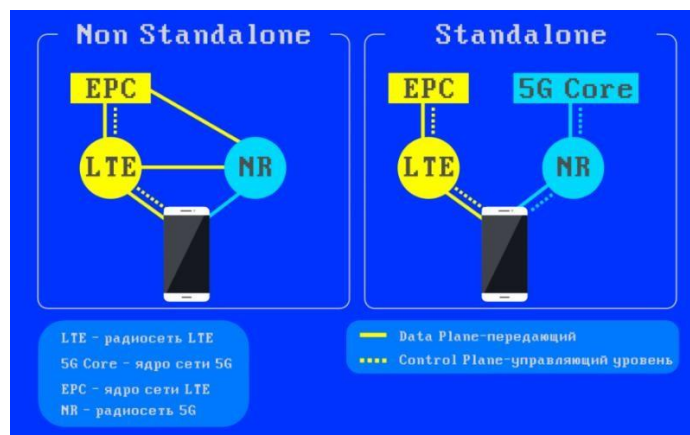
Желі тұрғысынан радио қол жетімділік желісі 3GPP базалық желісіне толық стандартты интерфейсті анықтайды. 5G базалық станциясы NSA және SA архитектураларын қолдайды. Бірдей негізгі желілік платформа бір уақытта 4G EPC және 5G Core қолдай алады. Нәтижесінде, NSA немесе SA енді операторлар үшін дилемма емес. Бірдей 5G желісі, екі архитектура үйлесімді өмір сүреді және NSA базалық станциясын бағдарламалық жасақтаманы жаңарту арқылы SA базалық станциясына оңай жаңартуға болады.

Зарина Қажмағанбетованың айтуынша: "операциялық тиімділік тұрғысынан ұялы байланыс операторлары автономды режимді (SA) іске асыру үшін қолайлы деп санауы мүмкін, өйткені бұл жағдайда сәулет оңайырақ көрінеді. Екінші жағынан, қытайлық және жаһандық операторлардан SA



режимін таңдауға қатысты жақында оң динамикаға қарамастан, NSA режимін таңдаған бірнеше операторлар да бар.

"Кейбір операторлар үшін бұл шешім нарыққа шығу уақытының артықшылығына және 5G -ді мүмкіндігінше тезірек орналастыру мүмкіндігіне негізделген. Басқалар үшін бұл опция құнмен де тығыз байланысты, өйткені NSA режимі LTE негізгі желілерімен 5G радио байланысы болып табылады, ол кем дегенде бастапқы кезеңде базалық желіні құру шығындарын үнемдейді".



2.7 Сурет - желілік архитектуралар

Қазақстанда ең шынайы сценарий Non-Standalone 5G болып табылады, онда компаниялар бесінші буын желілерін өрістетуді бастау үшін LTE қолданыстағы базалық станцияларын пайдаланады.

Қазақстанда 5G тестілеу Mobile World Congress 2019 (Барселона) халықаралық көрмесінде басталды, оның барысында Қазақтелеком мен Эрикссон тестілеу туралы келісімге қол жеткізді және өзара түсіністік туралы Меморандумға қол қойды. Алғашқы демонстрация Астана экономикалық форумы аясында Нұр-Сұлтанда өтті. Тестілеу 3,6 - 3,8 ГГц жиілік диапазонында жүргізілді. Демонстрация сонымен қатар Ericsson Radio Systems желілік жабдықтарының 27,5–28,3 ГГц радиожілік диапазонында 800 МГц канал енімен жұмыс істейтінін көрсетті. Тест нәтижелері бойынша құрылғыға 15 Гбит / с дейінгі максималды жылдамдыққа қол жеткізілді.

## 2.8 5G желілерін орналастырудағы негізгі қиындықтар

Бұл бөлімде байланыс операторларының 5G желілерін орналастырудағы негізгі қиындықтары қарастырылады. дұрыс реттеу және мемлекеттік саясат ұялы байланыс операторларына кішкентай бал аралары мен талшықты-оптикалық транзиттік қосылыстарды орналастыруға, сондай-ақ спектрді тиімді пайдалануға қалай көмектесетініне ерекше назар аударылады.

Негізгі мәселелер:

Шағын Ұяларды орналастырудағы проблемалар. Реттеуші органдар мен жергілікті билік органдарының саясаты шағын балдарды өрістетуге кедергі жасайды және операторларға мөлшерлес емес әкімшілік және қаржылық міндеттемелер жүктейді, бұл инвестицияларды қиындатады. Бұл шектеулерге ұзақ рұқсат беру рәсімдері, ұзақ мерзімді сатып алу рәсімдері, артық төлемдер және қол жеткізуді шектейтін ескірген ережелер кіреді. Бұл мәселелер төменде егжей-тегжейлі сипатталған:

- Жергілікті жерлерде рұқсат беру және жоспарлау рәсімдері.
- Келіссөздер мен сатып алуды ұйымдастырудың ұзақ рәсімдері.
- Көше жабдықтарына қол жеткізу үшін жоғары төлемдер мен төлемдер.
- Кодекске сәйкес қол жеткізу және құқықтар.

Осы жергілікті нормалар мен ережелердің көпшілігі 5G қызметтері үлкен сұранысқа ие болатын қаланың орталық бөлігінде small cells-ті тез және үнемді орналастыруға кедергі келтіреді.

Талшықты транзиттік желілер. Деректердің жоғары жылдамдығын және қысқа кідірістерді қолдайтын small cells үшін транзиттік оптикалық желілерді орналастыру көптеген қалаларда мұндай желілердің болмауына байланысты операторлардың басты мәселелерінің бірі болып табылады.

Негізгі шешім: 5G желілерін орналастыруды жеңілдету үшін мемлекеттік органдар талшықты - оптикалық байланыс желілерін орналастыруға байланысты инвестициялық шығындарды азайту мақсатында салық жүктемесін азайтуды қарастыруы мүмкін.

Спектр. Әлемдік қоғамдастықтың, өңірлік электр байланысы және НРО ұйымдарының күш-жігерін үйлестіру жаһандық деңгейде келісілген спектрді анықтау және бөлу үшін қажет. НРО үшін бұл 5G желілерін сәтті орналастырудың маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Үйлесімді үлестірудің көптеген артықшылықтары бар, өйткені ол шекара бойындағы радио кедергілерін азайтады, халықаралық роумингті жеңілдетеді және жабдықтың құнын төмендетеді. Мұндай жалпы үйлестіру Дүниежүзілік радиобайланыс конференциялары (ДРК) кезінде ХЭО-R маңызды рөлі болып табылады.

Сондай-ақ, қолданыстағы спектрді тиімді бөлісу мүмкіндігін қарастырған жөн. Ұлттық реттеушілер дәстүрлі түрде ұялы байланыс операторларына ерекше жағдайларда спектр ұсынады. Алайда, жиілікке сұраныстың артуын ескере отырып, қол жетімді спектрді пайдалану тиімділігін арттырудың бір әдісі оны бөлісу болуы мүмкін.

Негізгі шешім: қол жетімді спектрді пайдалануды барынша арттыру үшін саясаткерлер жаһандық деңгейде келісілген спектрді қолдануды қарастыруы керек.

## **2.9 Базалық станцияға арналған жабдықты жаңғырту**

Дәстүрлі тәсіл жаңа жолақтар пайда болған кезде жаңа антенна мен радиожилік модульдерін қосуды қажет етеді. Бұл режим көбінесе мұнара жүктемелеріне, жоғары жалдау ақысына және күрделі техникалық қызмет көрсетуге әкеледі, жолақты қосу немесе 4t4r және Massive MIMO орналастыру үшін бос орын қалдырмайды. Балама шешім 5G желісін құру талаптарын қанағаттандыруға арналған [8].

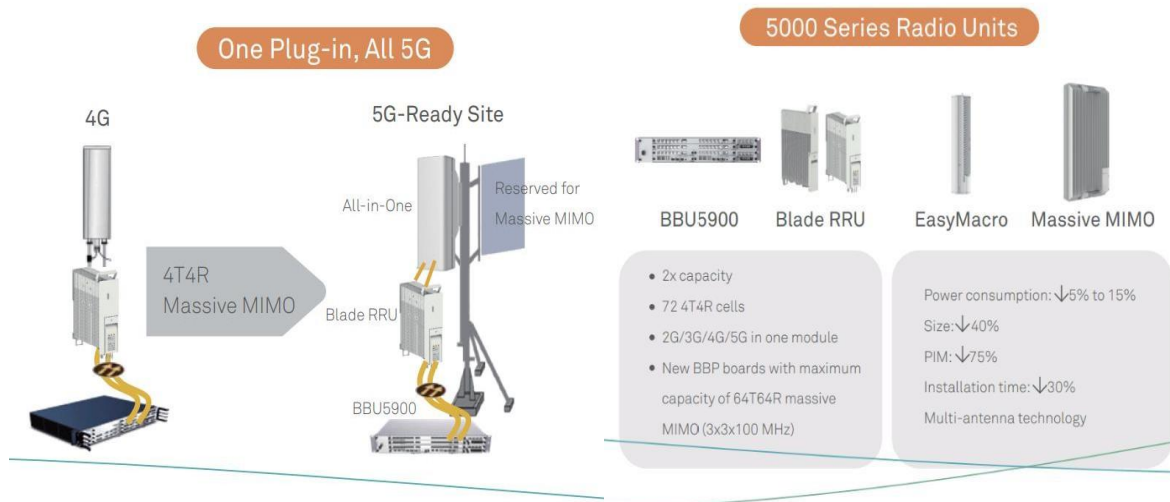
Бұл мәселенің шешімін Huawei әмбебап пассивті антенна деп атады. Бір антенна 3 ГГц-тен аз барлық жиілік диапазондарын және 4t4r жоғары жиілікті диапазонын қолдай алады. Сайт оңай болады, мұнаралар ауыр жабдықтардан босатылады және болашақ қосымша үшін көбірек орын сақталуы мүмкін. 5G орналастыру туралы айтатын болсақ, барлық операторлар бұл үшін 5G антенналарын орнату тіректеріндегі резервтік кеңістікке қосу керек.



2.8 Сурет - Антеннаны жаңғырту

4t4r, 8t8r немесе Massive MIMO сияқты озық шешімдерді қосқаннан кейін, антенналар, радиожилік (RF) модульдері және басқа 4G жабдықтары 5G бағытталған эволюцияға дайын. Бірнеше қарапайым Қосымша қадамдармен ұяшықтар толығымен 5G үйлесімді болады. Бұл тегіс эволюция процесі жабдыққа деген қажеттіліктің төмендігімен, шығындардың азаюымен және операциялық шығындар платформаларының (OPEX) азаюымен сипатталады.

Huawei bts5900 / DBS5900 жаңа мультимодты базалық станциялары 5G NR, 4t4r және Massive MIMO қолдайды. 5G орналастыру туралы айтатын болсақ, операторлар жаңа 5G nr тақталарын қосып, бағдарламалық жасақтаманы жаңартып, "one plug-in, all 5G" шындыққа айналдыруы керек.



## 2.9 Сурет - Сайтты жаңғырту және қажетті жабдықтар

Саладағы жетекші 5000 сериялы радиожилік модульдері жабдықталған жоғары өнімділікпен және энергияны аз тұтынумен ерекшеленетін инновациялық радио платформа және көп қырлы технологиялар. Төмен жиілікті диапазон модульдерінің бірі 1 ГГц-тен төмен жиілікті қолдайды (700-ден 900 МГц-ке дейін) және негізгі конфигурация ретінде 2T4R-ге ие. Екіншісі 1-ден 3 ГГц-ке дейін қолдайды және 4t4r конфигурациясын қолдайды (бірнеше rru Blade блоктары немесе көп арналы Модульдер). 5000 сериялы жаңа платформаны еш қиындықсыз оңай орналастыруға болады.

### 2.10 Дайын ұяшық үлгілері

Жылжымалы кең жолақты қызметтердің және желінің үздіксіз қарқынды дамуымен көбірек жиілік жолақтары мен сайттар қызметтерді ұсынуға және кең ауқымды және трафиктің талаптарына жауап беруге міндетті. Алайда, қосымша макро - сайтты орналастырудың дәстүрлі тәсілі, атап айтқанда күрделі бекіту процедуралары мен жоғары OPEX қиындықтарға тап болады. Бұл сайтты орналастыру жылдамдығына әсер етеді, нәтижесінде өсіп келе жатқан қызметтің талаптарын қанағаттандыра алмайды. Мысалы, кейбір аймақтардағы учаскені сатып алу әдетте екі айдан алты айға дейін созылуы мүмкін, ал сайттың құрылысы 12 айды құрайды. Құрылысқа, энергияға және алаңды жалға алуға жалпы құнының 55% дейінгі болуы мүмкін.

TubeStar, PoleStar және Uralstar ұяшықтар арасын иеленудің жиынтық құнын қалпына келтіреді және әртүрлі сценарийлерде сайтты үнемді орналастыруды қамтамасыз етеді. Бұл сайт үшін жаңа шешімдер операторларға сатып алу қиындықтарын азайтуға, құрылыс пен жалға алу шығындарын азайтуға және энергиямен жабдықтау мәселесін шешуге көмектеседі. Бұл

шешімдер желі сыйымдылығын және пайдаланушылар санын арттыру үшін негізгі қамтуды және тамаша пайдаланушы тәжірибесін тиімді қамтамасыз етеді[11].



2.10 Сурет - TubeStar, PoleStar және RuralStar

TubeStar - бұл шешім түбі диаметрі 800 мм және кіріктірілген негізгі жабдықты шкафы бар құбырды біріктіруге мүмкіндік береді. Сыйымдылығы жоғары шкаф бес-жеті жиілік диапазонына қолдау көрсете алады. Құрылыс алаңы 30-100 м<sup>2</sup>-ден 2 м<sup>2</sup>-ге дейін қысқарылды, ал жер учаскесін алу уақыты алты айдан екі айға дейін қысқарды. 5 жылдық жалпы меншік құнын 30%-ға төмендетуге болады. Сонымен қатар, Massive MIMO эволюция порттары және 8T8R кеңейту кабиналары 5G желісін одан әрі қолдау үшін сақталынады.

PoleStar-бұл полюсті орнату шешімі қайта қолданылатын полюстерге, жаңа полюстерге және агрегация алаңдарына қолданылады. Бұл шешім трафикті бөледі, терең қамтуды жақсартады, ыстық нүктелердегі жабынды арттырады және жабынның тесіктерін толтырады (меншіктің жиынтық құны 40% - ға азаяды).

RuralStar - шалғай ауылдық елді мекендерді арзан және дәл қамту талаптарына жауап беретін шешім. Ауылдық жерлерде жұмыс істемейтін LTE спектрін және мұнараға орнатылған учаскелерді шалғай ауылдарды кең және дәл қамтуды қамтамасыз ететін полюс алаңдарына түрлендіру үшін көзге көрінбейтін (NLOS) қайталағышты пайдаланады. 2000-ға жуық тұрғыны бар ауылда үш жыл ішінде алынған ROI TCO-ны 30%-ға төмендетуге болады.

### 3 Ішкі 5G қамту технологиясы

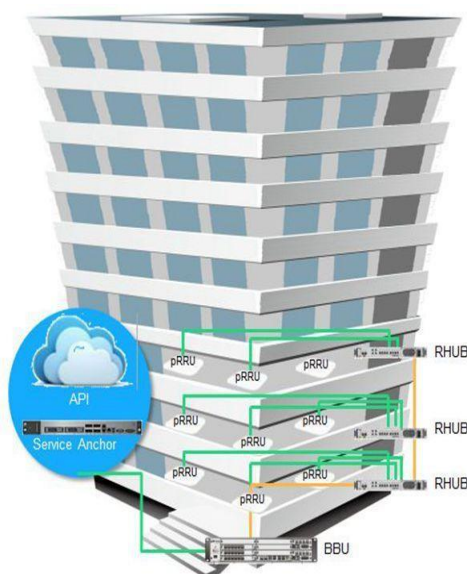
Ericsson жүргізген зерттеулерге сәйкес, ғаламдық мобильді кең жолақты трафиктің (MBB) 70 пайыздан астамы үй ішінде жүреді. Сондықтан өнеркәсіптік өндірісті автоматтандыру сымды қосылымдарды сымсыз технологиялармен ауыстыруды басымдыққа айналдырды. Осыған байланысты 5G -нің пайда болуымен сандық ішкі ұялы байланыс желісін құру маңыздырақ болып отыр[10].

5G желісін құру кезінде ғимаратқа сыртқы макро-радиосигналдардың енуінде мәселе туындайды, сондықтан таратылған антенналық жүйелер (DAS) негізінде 5G желісін құру яғни ғимарат ішінде кішкентай ұяшықтар алу тұжырымдамасы пайда болды.. Желілер 5G -ге көшкен сайын, шағын ұяшықтар ішкі дауыс пен деректерді беру сұранысын қанағаттандыруда үлкен рөл атқарады. DAS жаңа технология емес. Ол 4G-де сәтті қолданылды, бірақ трафиктің тез дамуы мен жоғарылауымен бұл желі енді желінің қажетті жылдамдығын қамтамасыз ете алмайды.

Қазірдің өзінде нарықта осы желіні ұйымдастыра алатын құрылғылардың өте көп саны бар. Ericsson және Huawei тиісінше Radio Dot және 5G LampSite технологиялары арқылы ғимарат ішінде 5G желілерін орнатуда көшбасшы болып табылады. Олар 4G-ден 5G -ге ауысқан кезде бар ішкі желі инфрақұрылымын қайта пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл технологияларды ақылды өндіріс, смарт ауруханалар, смарт көліктер және смарт қоймалар сияқты әртүрлі салаларда қолдануға болады. Бұл кәсіпорындарға зияткерлік дамуды жеделдетуге және цифрлық трансформацияны алға жылжытуға көмектеседі.

Мысалы, желі қосылымдары 99,999% сенімділікті және өте төмен кідірісті қажет етсе. Шектеулі кеңістіктегі құрылғылардың үлкен саны бір уақытта қол жеткізуді және нақты уақытта орналасқан жерді қажет етеді. Өтініштер негізінен кәсіпорындардың үй-жайларында жұмыс істейтін өнеркәсіптік терминалдарға арналған. Әртүрлі өнеркәсіптік талаптарды қанағаттандыра отырып, ішкі 5G желісін қамтуды қамтамасыз ету қазірдің өзінде өзекті талапқа айналды.

Бұл технологиялар 5G -нің бес негізгі мүмкіндігін қамтамасыз етеді: ішкі ультра кең жолақты, ішкі дәл позициялау, өнеркәсіптік деңгейдегі ультра төмен кідіріс, ішкі ультра сенімділік және өнеркәсіптік деңгейдегі тығыз сәйкестік. Осыған байланысты олар кәсіпорындарға өндіріс пен басқару тиімділігін арттыруға бағытталған салалық қосымшаларды орналастыруға байланысты шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.



### 3.1 Сурет - Indoor Ішкі желіні қосу схемасы

Бұл желі Қытайда сәтті сынақтан өтті. Жүйе Бейжіңдегі ғимаратта орналастырылған және бір станцияға 3,4 Гбит/с жылдамдықты қамтамасыз ететін China Unicom Beijing және China Telecom Beijing арасында желіні ортақ пайдалануды қолдайды. 5G LampSite модулі 300 МГц ультра кең жолақты 3,3 және 3,6 ГГц С диапазоны спектрін және 4T4R көп антенналық технологиясын қамтамасыз етеді. Ұялы желінің өткізу қабілеттілігін үш есеге арттырады. Сондай-ақ, өнім операторлар арасында желіні ортақ пайдалануды қолдайды, бұл трафик көп сценарийлерде 5G желісін жылдам құруға мүмкіндік береді.

### 3.1 Radio Dot және 5G LampSite технологияларының негізгі артықшылықтары

Жоғары өнімділік және үлкен сыйымдылық. LampSite бірнеше pRRU бір ұяшыққа қызмет көрсетуге мүмкіндік береді, әрбір ұяшыққа әрбір pRRU жеке түрде бірдей физикалық ұяшық идентификаторы қызмет етеді, бұл төмен байланыс RSRP және SINR көбейтеді. LampSite бірнеше pRRU сигналдарын бөлек демодуляциялайды, содан кейін DAS арқылы жоғары байланыс өнімділігі мен қабылдауды қамтамасыз ету үшін фондық шуды арттырмай сигналдарды BBU біріктіреді.

E2E O & M-LampSite pRRU деңгейіндегі желіні басқаруды қолдайды, бұл пайдаланушыларға нақты уақыт режимінде қызмет көрсетудің нақты статистикасын, қоңыраулардың жоғалуын және желідегі NE жұмыс күйінің көрсеткіштерін алуға мүмкіндік береді. LampSite пайдалану және техникалық қызмет көрсету шығындарын азайту үшін NMS-ті макро желілермен бөлісе алады.



Үлкен сыйымдылық және қарапайым сыйымдылықты кеңейту. Ішкі сандық LampSite өте үлкен сыйымдылықты қолдайды және бағдарламалық жасақтама арқылы ұяшықтың сыйымдылығын кеңейтуге көмектеседі.

Орналастыру және техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығы. E2E сандық жүйесінің қарапайым және түсінікті архитектурасы желілік кабельдерді, сондай-ақ оптикалық және электрлік композиттік кабельдерді қолданады. Оны тез орналастырып, визуализацияны қолдансақ болады.

Жеңіл эволюция. LampSite сандық шешімі көп RAT мишығын қолданады және бағдарламалық құралды жаңарту арқылы 5G C-диапазонына дейін жаңартуға болады.

### **3.2 Үй-жай ішінде желіні ұйымдастыруға арналған жабдық**

Ғимарат ішінде желіні құру үшін екі сценарий бар. Бірінші сценарий-бұл бір оператордың шешімі, ол ішкі және сыртқы трафиктің кең ауқымды желілік сценарийлеріне арналған. Екінші сценарий қол жетімділік мәселелерін тиімді шешу және инвестицияларды жақсарту үшін бірнеше операторлармен бірлесіп құруға және бөлісуге бағытталған. LampSite Sharing сонымен қатар O & M визуализациясы үшін үй-жайларды цифрландыруға және операторлардың / иелердің әртүрлі бизнес-модельдерінің үлкен сыйымдылықты қажеттіліктеріне мүмкіндік береді. Екі сценарий өте ұқсас, бірақ екінші жағдайда DCU және nRRU блогының болуымен ғана ерекшеленеді.

LampSite және Radio Dot технологияларына негізделген базалық станция негізгі жиілік диапазонын өңдеу блогынан (BBU), Pico rru (pRRU) қашықтан радиобасынан, rru HUB (RHUB) үлкен деректердің конвергенция блогынан, DCU мультиоператорлық кіру блогынан, қуатты hrru қашықтан радио блогынан тұрады. Барлық блоктар Ethernet CAT 6A және оптикалық кабель арқылы өзара байланысты [9].

Негізгі жиілік жолағын өңдеу блогы (BBU) – пайдалану мен қызмет көрсетуді орталықтандырылған басқаруды, сондай-ақ базалық станцияның барлық жүйесінің сигнализациясын өңдеуді қамтамасыз етеді және синхрондаудың тірек сигналын қамтамасыз етеді.

Қашықтан радио басы Pico (pRRU) – радиожілік сигналдарын өңдейді. Ол келесі функцияларды қамтамасыз етеді:

- Тарату жолағындағы негізгі жиілік сигналдарын модуляциялайды, осы сигналдарды сүзеді және күшейтеді және оларды тарату үшін антеннаға жібереді.

- Антенналардан радиожілік сигналдарын қабылдайды, осы сигналдарды сүзеді және күшейтеді, төмендетілген сигналдарды түрлендіреді, оларды сандыққа түрлендіреді және өңдеу үшін BBU-ға жібереді.

- CPRI деректерін Ethernet кабельдері немесе талшық арқылы жібереді.



- Ішкі Антенналарды пайдаланады.
- PoE және DC қуатын қолдау.
- Көп режимді көп жолақты жұмыс үшін икемді орнатуды қолдайды.

RRU HUB Үлкен деректерді конвергенциялау бірлігі (RHUB) - қашықтағы RF модульдерінен CPRI деректерін біріктіреді және келесі функцияларды қамтамасыз етеді:

- Ішкі қамтуды қамтамасыз ету үшін DCU және pRRU-мен жұмыс істейді.
- BBU/DCU-дан төмен байланыс деректерін алады және деректерді pRRU-ға жібереді, сонымен қатар pRRU жоғары байланыс деректерін BBU/DCU-ға жібереді.
- PoE көмегімен pRRU-ны қуатпен қамтамасыз етеді.



### 3.2 Сурет - Бір оператордың БС үшін жабдық

Қуатты қашықтағы hRRU радио блогы-қашықтағы радиожиілік модульдерінен CPRI деректерін біріктіреді және келесі функцияларды қамтамасыз етеді:

- Ішкі қамтуды қамтамасыз ету үшін DCU және pRRU-мен жұмыс істейді.
- BU / DCU-дан төмен байланыс деректерін алады және деректерді pRRU-ға бағыттайды, сонымен қатар pRRU-ның жоғары байланыс деректерін BBU/ DCU-ға жібереді.
- PRRU-ға тұрақты ток тізбектері мен тұрақты ток кабельдері арқылы қуат береді.

- PRRU-мен талшықты қосылыстарды қолдайды.

Multi Operator Access Unit DCU- РЖ қолжетімділігін және BBU қатынасын қамтамасыз етеді. Келесі мүмкіндіктерге ие:

- РЖ сигналын енгізу үшін порттарды ұсынады.
- Радиожиілік сигналдарын сандық сигналдарға түрлендіреді.
- Бірнеше BBU-ға қол жеткізуге мүмкіндік береді.
- Деректерді жинақтайды және оптикалық талшықтарды RHUB және hRRU-ға қосу үшін порттарды ұсынады.



3.3 Сурет - Бірнеше операторлардың БС үшін жабдықтар

### 3.3 5G желілерінің адам денсаулығына әсері

Технологияның дамуымен бизнес модельдері өзгеруде, ол жаңа стандартқа бейімделе бастайды. Бірақ технологиялар әрдайым пайда әкелмейді және көбінесе олар тек пайда әкеліп қана қоймай, сонымен қатар пайдаланушының денсаулығына зиян тигізуі мүмкін. 5G технологиясының пайда болуымен технологияның денсаулыққа әсері мәселесі өзекті бола түсуде.

4G технологиясы біздің нарықта 10 жылдай болды. Бұл технологияның іске қосылуы Интернетке жоғары сапалы қол жеткізуге мүмкіндік берді. Көптеген адамдар енді 4G желі қосылымы бар гаджетсіз уақыт өткізе алмайды. Оның адам денсаулығына зияны бар ма? Егер басқа жағынан қарасаңыз, сымсыз технологиялар басқа қоршаған орта факторлары, атап айтқанда ауаның, судың, тағамның химиялық ластануы сияқты көп зиян келтірмейді.

Егер электромагниттік толқындарды қарастыратын болсақ, ол екі маңызды бөліктен тұратыны анық - иондамайтын сәулелену және иондаушы. Иондаушы емес сәулеленудің адам денсаулығына әсері шамалы. Бірақ екінші жағынан, EMW, жиіліктен басқа, қуатқа да ие. Ол сәулелену көзіне дейінгі қашықтықтың квадратына кері ыдырайды. 5G желілерінің жиілігі радио және микротолқындар арасындағы жиілік спектрінде. Сондықтан олар санаторийдегі тотығу немесе адам ұшақта 10 000 км биіктікте ұшқан кезде алатын күннің иондаушы радиациясы сияқты күнделікті заттарға қарағанда қауіпті емес, ал ұшақтың корпусы денені осы радиациядан қорғамайды.

Жаңа технологияларға ұшыраған кезде 5G тікелей әсерін және 5G -дің алдыңғы буын технологияларымен аралас әсерін ескеру қажет. Жоғарыда айтылғандай, базалық станциялардың саны артып, олардың арасындағы қашықтық азаяды. Осылайша, тіпті смартфондарды пайдаланбайтын адамдар да миллиметрлік сәулеленуге ұшырайды. Тәжірибелер көрсеткендей, миллиметрлік сәуле терінің беткі қабатынан асып кетпейді. Сондықтан теориялық тұрғыдан адам ағзасына әсер ету қиын болады. Демек, 5G технологиясының әсері барлық базалық станциялар мен жабдықтардың жиынтық әсеріне қарамастан, сәулелену

4G стандартынан (және алдыңғы ұрпақтардан) жиіліктің әсеріне қарағанда аз болады. Барлық технологиялардың бірлескен әсері үлкен қауіп төндіреді, өйткені барлық ұрпақтар бірге жұмыс істейді. Нәтижесінде жиілік радиациясының жалпы әсері алдыңғы ұрпақтардың диапазоны өшірілгенге дейін артады. Осыдан кейін жалпы жиілік фоны бізде бар нәрседен аспайды. Алдыңғы буындарды өшірудің тағы бір артықшылығы-гаджеттің өзінде әртүрлі диапазондарға арналған антенналар аз болады. Халықаралық танылған стандарттарға сәйкес радиожілік сәулеленудің рұқсат етілген әсер ету қуаты 1,6 Вт / кг-нан аспауы керек.және барлық телефон өндірушілері өздерінің сипаттамаларына сәйкес олардың құрылғыларының әсері бұл саннан аз екенін жазады. Алайда, өлшеу керемет сигналдар жағдайында және Терінің бетінен 10-нан 15 миллиметрге дейінгі қашықтықта жүзеге асырылады. Алайда, егер сигнал тұрақсыз болса (лифтте, жертөледе, жабыны нашар аймақта), сәуле 6-7 есе артуы мүмкін. Құлақтың жанында телефонмен сөйлесетін адамдарға телефонды үстелге қою арқылы динамикпен сөйлесетіндерге қарағанда көбірек әсер етеді. Қалай болғанда да, кез-келген технологиялық инновация енгізу кезінде үлкен назар мен сақтықты қажет етіледі.

### 3.4 Алматы қаласы үшін жобаланатын 5G желісін бағалау

Ең жоғары жол берілетін шығындарды есептеу (ХЖТ)

Желіні құру кезінде желіні талдау қажет, ол желідегі ең жоғары рұқсат етілген шығындарды (MDP) есептеуден басталады. ХЖТ таратқыштың эквивалентті изотропты сәулеленетін қуаты (ЭИМ) мен қабылдағышқа кірудегі сигналдың ең аз қуаты арасындағы айырма ретінде есептеледі, бұл ретте қабылдағыштағы сигналдың оңтайлы демодуляциясын қамтамасыз ету үшін арнадағы барлық ысыраптар алынып тасталды.



3.4 Сурет - Энергетикалық бюджетті есептеу принципі

Трансивермен жабдықталған ВС алайық, таратқыштың шығыс қуаты 100

Вт (50 дБм). Радиожиілік блогы антеннаға тікелей жақын орнатылады. Біз ұяшықтың шетіндегі пайдаланушы үшін энергия бюджетін есептейміз, яғни BS-тен төмен сигнал / шу қатынасы (SNR) сигналдарын қабылдайды және осыған байланысты сигналдарды UE-ге аралық режимде жібереді. Пайдаланушы құрылғысы ретінде біз таратқыштың қуаты 23 дБм болатын CPE модемін қарастырамыз.

Ең жоғары жол берілетін шығындарды есептеу мынадай формула бойынша жүргізіледі:

$$M_{APLE} = P_{EIRP} - S_{RX} + G_{RAY} - L_{RXF} - B_{UILD} - M_{INT} - S_{HADE} + G_{HO} \quad (3.1)$$

Бұл жерде

$P_{EIRP}$ -таратқыштың ЭИМ, дБм;

$S_{RX}$ -қабылдағыштың сезімталдығы, дБм;

$G_{RXA}$ -қабылдағыш антеннасының күшейту коэффициенті, дБм;

$L_{RXF}$ -қабылдағыштың фидерлік жолындағы шығындар, дБ;

$M_{BUILD}$ -үй-жайға сигналдың енуіне арналған қор, дБ;  $M_{INT}$ -жүйеішілік кедергілерге арналған қор, дБ;

$M_{SHADE}$ -көлеңкелеу қоры, дБ;

$G_{HO}$  – хэндоверден пайда, дБ.

Қор ену сигнал үй-жайға  $m_{build}$ :

- - 22 дБ тығыз қалалық құрылыс жағдайында;

- - 17 дБ орта қалалық құрылыс жағдайында;

- - Сирек құрылыс жағдайында 12 дБ (қала маңында);

- Ауылдық жерде 8 дБ (ашық жерде автомобильде).

$M_{SHADE}$ -көлеңкелеу қоры, дБ 8,7 дБ тең қабылданады (жабудың талап етілетін ықтималдығы 95% және көлеңкелеу шығынының орташа квадраттық ауытқуы 8дб үшін)

Жүйе ішіндегі кедергілер үшін қор мөлшері  $M_{INT}$  қабылдағыштың кірісіндегі Шу қуатының артуын сипаттайды. Есептеу жүйеде жүйелік кедергілердің қоры тең болады деп болжайды:

$$M_{INT} = -10lg - (1 - n)$$

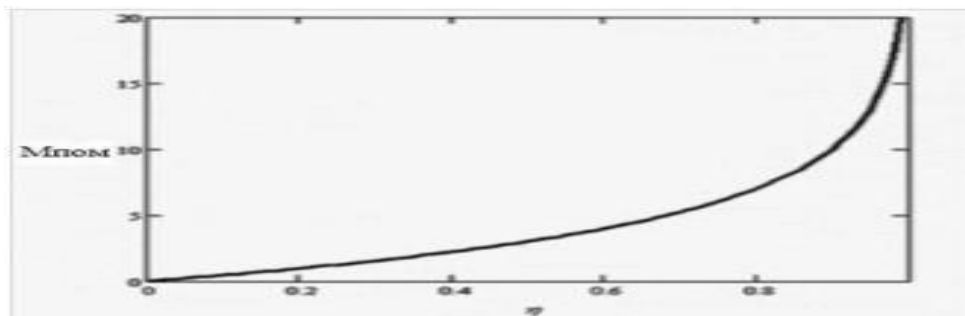
$$M_{INT} = -10lg - (1 - n) = 7.96$$

$$M_{INT} = -10lg - (1 - 0.65) = 4.56$$

мұндағы  $\eta$  - жоғары немесе төмен сызықтағы балдың салыстырмалы жүктемесі. Жүйелік кедергілердің қоры ұяшықтың жүктемесіне байланысты: ұяшыққа рұқсат етілген жүктеме неғұрлым көп болса, есептеу кезінде маржа соғұрлым көп ескерілуі керек. Жүктеме 100% - ға дейін көтерілгенде, кедергі диапазоны шексіздікке жетеді, ал балдың қамту аймағы нөлге дейін төмендейді.

UL және DL үшін алынған TIR екі мәнінің минимумы таңдалады, оған сәйкес базалық станцияның радиусы одан әрі есептеледі.

Байланыс ауқымы үшін шектеу сызығын әдетте құрастыру (UL) болып табылады.



3.5 Сурет - Қордың ұялы байланыс жүктемесіне жүйелік кедергілерге тәуелділігі

Біз қабылдағыштың Шу жолағын формула бойынша табамыз:

$$B = N_{RB} \cdot \Delta f_k, \quad (3.3)$$

мұндағы

$N_{RB}$  – ресурстық блоктар саны;

$\Delta f_k$  – (радиоканал в сетях 5G желісіндегі радиоарна жиілігі)

Подставляем значения:

$$B = 273 \cdot 30 \cdot 10^3 = 8.19 \cdot 10^6$$

$$B = 133 \cdot 30 \cdot 10^3 = 3.99 \cdot 10^6$$

### 3.1 Кесте– Максимальды жиілік жолағы

SCS (кГц)	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	90	100
	МГц	МГц	МГц	МГц	МГц	МГц	МГц	МГц	МГц	МГц	МГц	МГц
	$N_{RB}$											
15	25	52	79	106	133	160	216	270	-	-	-	-
30	11	24	38	51	65	78	106	133	162	217	245	273
60	-	11	18	24	31	38	51	65	79	107	121	135

Табамыз  $P_N$  (қабылдағыштағы жылулық шуыл қуаты, дБм)

$$P_N = 10 \lg(100kTB) \quad (3.4)$$

$$P_N = 10 \lg(100 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 8.19 \cdot 10^6) = -114.79,$$

$$PN = 10 \lg(100 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 3.99 \cdot 10^6) = -117.92.$$

Қабылдағыш сезімталдығы  $SRX$  мына формуламен анықталады:

$$SRX = PN + MSNR + LN \quad (3.5)$$

мұндағы

$MSNR$  – қабылдағыштағы сигнал/шуыл қатынасы, дБ;

$LN$  – қабылдағыш шуыл коэффициенті, дБ.

Біздің мәнімізді қоямыз:

$$SRX = -114.79 + 7 + 7 = -100.79, \quad SRX = -117.92 + 2 + 11.5 = -104.42,$$

Ары қарай тиімді изотропты сәулеленетін қуатты табамыз  $PTX$ , дБм;

$$PEIRP = PTX + GTX.DIV + GTXA - LTXF \quad (3.6)$$

мұндағы

$PTX$  – таратқыш шығыс қуаты, дБм;

$GTX.DIV$  – таратқыш қуаттарының бірігуі, дБ;

$GTXA$  – таратқыш антеннеасының күшейту коэффициенті, дБи;

$LTXF$  – таратқыш фидерлік жолындағы өшуліктер, дБ.

Мәндерді қоямыз:

$$PEIRP = 50 + 3 + 18 - 0.4 = 70.6 \quad PEIRP = 23 + 0 + 0 - 0 = 23$$

DL және UL аралары үшін максималды рұқсат етілген өшуліктерді есептейміз:

$$LMAPL = 70.6 + 100.79 + 0 - 0 - 22 - 7.96 - 8.7 + 0 = 132.73$$

$$LMAPL = 23 + 104.42 + 18 - 0.4 - 22 - 4.56 - 8.7 + 0 = 109.76$$

### 3.2 Кесте– Линия мәліметтері

Белгісі	Параметр	TDD 100 МГц	
		DL	UL
	<i>Линия</i>		
	Модуляция және кодалау сызбасы	64QAM ½	32QAM ½
$P_{TX}$	Таратқыш шығыс қуаты, дБм	50	23
$G_{TXDIV}$	Таратқыш қуаттыры, дБ	3	0
$G_{TXA}$	Таратқыш антенна күшейту коэффициенті, дБи	18	0
$L_{TXF}$	Таратқыш фидерлік жолындағы жоғалтулар, дБ	0,4	0
$P_{EIRP}$	Таратқыш ЭИИМ, дБм	70,6	23
$N_{RB}$	Ресурстық блоктар саны	273	133
$\Delta f_k$	Ені РБ, кГц	30	
$P_N$	Қабылдағыш жылулық шуыл қуаты, дБм	-114,79	-117,92
$L_N$	Қабылдағыш шуыл коэффициенті, дБ	7	2
$M_{SNR}$	Сигнал/шум қатынасы, дБ	7	11,5
$S_{RX}$	Қабылдағыш сезімталдығы, дБм	-100,79	-104,42
$G_{RXA}$	Қабылдағыш антенна күшейту коэффициенті, дБи	0	18
$L_{RXF}$	Қабылдағыш фидерлік тракт өшулігі, дБ	0	0,4
$\eta$	Сота жүктемесі	84%	65%
$M_{INT}$	Ішкі жүйелік бөгеуілдер қоры, дБ	7,96	4,56
$M_{BUILD}$	Мекеме/автомобиль сигнал ену қоры, дБ	2 2	
$M_{SHADE}$	Көлеңке, дБ	8.7	
$L_{MAPL}$	Жолдағы МДП, дБ	132,73	109,76

COST 231 моделі бойынша БС қамту аймағын есептеу

Бізге рұқсат етілген өшуліктер берілген, біз одан сота жабу радиусын таба аламыз. Абоненттік станция антеннасын көтеу биіктігін 1.50 м деп аламыз, ал базалық станция биіктігі 30 м қалалық жерлерде сәйкесінше болады.

Рұқсат етілген өшуліктерден сота радиусын таба аламыз:

$$L + 45.5 - 13.82 \lg H_{\text{БС}} - 35.4 \lg F + (1.1 \lg F - 0.7) \text{НМС} + (44.9 - 6.55 \lg H_{\text{БС}}) \lg R$$

Ұяшықтың радиусы мына формула бойынша табылады:

$$R = 10^{\frac{L - 45.5 + 13.82 \lg H_{\text{БС}} - 35.4 \lg F + (1.1 \lg F - 0.7) \text{НМС}}{(44.9 - 6.55 \lg H_{\text{БС}})}}$$

Ұяшықтың қамту аймағын есептеу

$$R = 10^{\frac{109.76 - 45.5 + 13.82 \lg 30 - 35.4 \lg F + (1.1 \lg F - 0.7) 1.5}{(44.9 - 6.55 \lg 30)}} = 374 \text{М}$$

### 3.4 5G NR деректерді беру жылдамдығын есептеу

5G nr деректерді беру жылдамдығын 3GPP TS 38.306, 38.101-1,2 құжаттарына сәйкес есептейміз. УІ желісі үшін берілу жылдамдығын формула бойынша есептейміз:

$$R_{5\text{GNR}} 10^{-6} * \sum_{j=1}^j (V_{\text{Слоев}} * Q_m * f * R_{\text{max}} * \frac{N \frac{BW(j)\mu}{FAR}}{T_s^\mu} * (1 - OH))$$

Бұл жерде

J-жолақта немесе жолақтар комбинациясында агрегатталған компоненттік тасымалдаушылар саны,

Qm-модуляция реті

V қабаттар-қабаттар саны

f-масштабтау коэффициенті

μ-нумерология 5G NR

Oh-үстеме шығындар

Ts (МКС) = ішкі кадрдағы OFDM таңбасының орташа ұзақтығы.

Нумерологияға арналған подкадрдағы OFDM таңбасының орташа ұзақтығын есептейміз μ

$$T_s^\mu = \frac{10^{-3}}{14 * 2^\mu}$$

$$T_s^\mu = \frac{10^{-3}}{14 * 2^\mu} = 3.5 / 10^{-3}$$



### 3.3 Кесте - Кіріс деректер

Параметр	Кіріс мәліметтері
J	1
Vқабат	4
f	1
μ	1
OH	0.08
Ts	3.57 * 10 <sup>-5</sup>
NPRB	133
Qm	6(QAM 32)
Rmax	948/1024

Үстеме және келесі мәндерді қабылдайды:

[0,14] = DLE үшін FR1 жиілік диапазоны

[0,18] = DL үшін F2 жиілік диапазоны

[0,08] = UL үшін FM1 жиілік диапазоны

[0,10] = UL үшін F2 жиілік диапазоны

Біз деректерді формулаға ауыстырамыз:

$$R_{SGNR} = 10^{-6} \cdot \sum_{j=1}^J (4 \cdot 6 \cdot 1 \cdot \left(\frac{948}{1024}\right) \cdot \frac{133 \cdot 12}{3.57 \cdot 10^{-5}} \cdot (1 - 0.08)) = 913.49 \text{ Мбит / с}$$

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста 5G заманауи желісін құрудың, пайдаланудың негізгі талаптары, және технологияның негізгі көрсеткіштері және болашақ желінің ықтимал болатын архитектуралары келтірілген.

Алматы қаласында бесінші буын желісін ұйымдастыру үшін әлемдік жетекші вендорлардан ең заманауи жабдықтар іріктелді.

Қазақстан нарығының мүмкіндіктеріне талдау жасай отырып, болашақ желі архитектурасының ең оңтайлы нұсқасы таңдалды. Сонымен қатар, желіні өрістету кезінде операторлар тап болатын мәселелер қарастырылды. Бұл мәселелерді шешу үшін өрістету жылдамдығын арттыра алатын және жобаның құнын айтарлықтай төмендететін билік органдары үшін шешім ұсынылған.

Үшінші тарауда ең жоғары рұқсат етілген шығындар, ұяның радиусы және деректерді беру жылдамдығы есептелді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Jonathan Rodriguez. Fundamentals of 5G Mobile Networks 1<sup>st</sup> Edition/ Wiley., 2015 – 334 стр.
- 2 Christofer Larsson. 5G Networks Planning, Design and Optimization 1<sup>st</sup> Edition/ Academic Press. 2018 – 418 стр.
- 3 А.Н. Степунин, А.Д. Николаев. Мобильная связь по маршруту 6G. Инфра-Инженерия. 2017 – стр. 415
- 4 Hussain Sk.S. et al. An overview of massive MIMO system in 5G // International Science Press, I J C T A. 2016. P. 4957-4968.
- 5 И. Степанец, Г. Фокин. особенности реализации Massive MIMO в сетях 5G / Первая миля., 2018 – 50
- 6 Тихвинский В.О. Возможности технологии 5G для создания сетей широкополосного беспроводного доступа в малых и средних населенных пунктах.
- 7 Mahesh K Choudhary. Building Fully Connected Intelligent LATAM with 5G . 2019-20 стр.
- 8 Pat Hindle, Randy Oltman, Bror Peterson. 5G Semiconductor Solutions – Infrastructure and Fixed Wireless Access/ 2018 – 35 стр
- 9 Huawei lamppsite, Digital Indoor Solution/ Huawei products, 2020 – электронная версия статья на сайте <https://e.huawei.com/se/products/wireless/lamppsite>
- 10 Ericsson radio dot system/ Ericsson products, 2020 – электронная версия статьи на сайте <https://www.ericsson.com/en/portfolio/networks/ericsson-radio-system/radio/indoor/radio-dot-system>
- 11 Huawei's Intelligent Operation Center Solution – электронная версия статьи на сайте <https://e.huawei.com/en/solutions/industries/government/smart-city/ioc>

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ  
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Абдраимова Диана Бауыржанқызы

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

Тақырыбы: «Бесінші буын 5G байланыс жүйелері үшін антенналарды есептеу және жобалау»

Берілген бітіру жұмысында 5G технологиясына шолу жасалған. Бесінші буынның негізгі стандарттау ұйымдары, жұмыс принциптері, параметрлері, жиіліктер келтірілген.

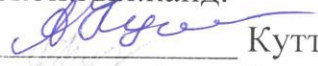
Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, желі архитектурасын көрсету өте орынды.

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

**Ғылыми жетекші**

ЭТ және ҒТ каф. сениор-лекторы,  
экон. ғыл. канд.

  
Куттыбаева А.Е.  
(қолы)

«15» мамыр 2022 ж.

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Абдраимова Диана Бауыржанқызы

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

Тақырыбы: «Бесінші буын 5G байланыс жүйелері үшін антенналарды есептеу және жобалау»

Берілген бітіру жұмысында 5G технологиясына шолу жасалған. Бесінші буынның негізгі стандарттау ұйымдары, жұмыс принциптері, параметрлері, жиіліктер келтірілген.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, желі архитектурасын көрсету өте орынды.

Жалпы, студент Абдраимова Диана Бауыржанқызы 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне алдынала қорғауға ұсынылады.

### Ғылыми жетекші

ЭТ және FT каф. сениор-лекторы,

экон. ғыл. канд.

 Куттыбаева А.Е.

(қолы)

«5» мамыр 2022 ж.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Абдраимова Диана Бауыржанқызы

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар  
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбына: «Бесінші буын 5G байланыс жүйелері үшін антенналарды есептеу және жобалау»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 5 парақ;  
б) түсініктеме 51 бет.

**ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ**

Берілген бітіру жұмысында 5G технологиясына шолу жасалған, оның сипаттамаларымен мәлімет таратуды талдау мәселелері талданған.

5G заманауи желісін құрудың, пайдаланудың негізгі талаптары, және технологияның негізгі көрсеткіштері және болашақ желінің ықтимал болатын архитектуралары келтірілген.

Алматы қаласында бесінші буын желісін ұйымдастыру үшін әлемдік жетекші вендорлардан ең заманауи жабдықтар іріктелді.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

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

**ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ**

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Абдраимова Диана Бауыржанқызы мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

**Сын - пікір беруші**

АУЭС доценті,

техн. ғыл. канд

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

А.О.Касимов

(КОЛЫ)

«    »





## Протокол

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

**Автор:** Абдраимова Диана Бауыржанқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Бесінші буын 5G байланыс жүйелері үшін антенналарды есептеу және жобалау

**Научный руководитель:** Айнур Куттыбаева

**Коэффициент Подобия 1:** 8.2

**Коэффициент Подобия 2:** 4.4

**Микропробелы:** 15

**Знаки из других алфавитов:** 9

**Интервалы:** 48

**Белые Знаки:** 0

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

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

2022-05-19

*Дата*

Сүңғат Марксұлы

*проверяющий эксперт*



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

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

**Автор: Абдраимова Диана Бауыржанқызы**

**Тақырыбы: Бесінші буын 5G байланыс жүйелері үшін антенналарды есептеу және жобалау**

**Жетекшісі: Айнур Куттыбаева**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 8.2**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.4**

**Дәйексөз (35): 0.2**

**Әріптерді ауыстыру: 9**

**Аралықтар: 48**

**Шағын кеңістіктер: 15**

**Ақ белгілер: 0**

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

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

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

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

**Негіздеме:**

2022-05-19

Күні

Кафедра меңгерушісі

