

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Тайманов Береке Джантураевич

«5G-де қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеу»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісінің  
міндетін атқарушы

Е.Таштай

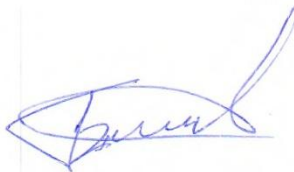
«30» 05 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «5G-де қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеу және зерттеу тәсілдері»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:



Б.Д. Тайманов

Пікір беруші  
ҚазҰАЗУ, PhD, «Энергияны үнемдеу  
және автоматика» кафедрасының  
меңгерушісі

«30» 05 2024 ж.  
А.О. Касимов  
ФАКУЛЬТЕТІ

Ғылыми жетекші  
Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ  
ЭТЖҒТ кафедрасының  
қауымдастырылған профессоры, т.ғ.к.

«30» 05 2024 ж.  
А.О. Касимов

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

« 9 » 12 2023 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Тайманов Береке Джантураевич*

Тақырыбы *«5G-де қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеу»*

Университет ректорының *«04» желтоқсан 2023 ж. №548-П/Ө* бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«30» сәуір 2024 ж.*

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) *5G желілерінің жалпы сипаттамасы; 2) 5G NR радио қол жетімділік технологиясын талдау; 3) Миллиметр диапазонындағы 5G NR қатынау желілері талдау; 4) Ресурстарды резервтеу және көп Байланыс функцияларын бөлісу әдісін зерттеу; 5) 6 ГГц-тен төмен жиілік диапазонында жұмыс істейтін байланыс желілері;*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) *5G NR желілеріндегі динамикалық құлыптау модельдері; ә) 5G NR қол жеткізу желілерінде абоненттерге қызмет көрсету сипаттамаларын зерттеу әдіснамасы; б) 5G N11 желілерінің негізгі сипаттамаларын бағалау; в) 5G N11 қатынау желілеріндегі абоненттерге қызмет көрсету сипаттамаларын жақсарту алгоритмдері: мульти байланыс функциясы; г) 5G N11 қатынау желілерінде көп адрестік сессияларды қолдаудың модельдері мен әдістері.*

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет 20 атау:

1) *5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology. Erik Dahlman 2018 у.*

2) *Технологии в системах радиосвязи на пути к 5G. Бакулин М. Г., Крейнделин В. Б., Панкратов Д. Ю. 2018 г.*



3). Сети мобильной связи 5G: технологии, архитектура и услуги». Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Коваль В.А..2019 г.


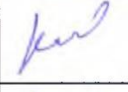

4) 5G Core Networks: Powering Digitalization. Stefan Rommer, Peter Hedman , Magnus Olsson, Lars Frid, Shabnam Sultana, Catherine Mulligan. 2019 у.

### КЕСТЕСІ

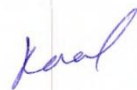
Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2024 - 01.02.2024	Орындалды
Теориялық ақпарат	01.02.2024 - 01.03.2024	Орындалды
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2024 - 30.05.2024	Орындалды

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

### қолтаңбалары

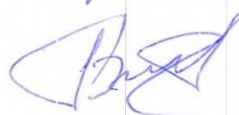
Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Касимов А.О. ЭТЖҒТ каф.қауым.профессоры, т.ғ.к.	02.02.2024	
Теориялық ақпарат	Касимов А.О. ЭТЖҒТ каф.қауым.профессоры, т.ғ.к.	01.03.2024	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	01.05.2024	

Ғылыми жетекшісі



Касимов А.О.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Тайманов Б.Д.

Күні «06» желтоқсан 2023 ж.

## **АНДАТПА**

Дипломдық жұмыс сымсыз байланыс арнасының динамикасын және сұраныстарға қызмет көрсету процесін ескере отырып, абоненттерге қызмет көрсету сипаттамаларын және 5G NR қол жеткізу желілерінің өнімділік параметрлерін зерттеудің жаңа әдіснамасын әзірлеу арқылы анықталады.

Теориялық құндылығы бұл бірнеше қол жетімді NR базалық станциясы жағдайында нәтижелерді жалпылауға мүмкіндік беретін ресурстарға кездейсоқ сұраныстармен және сигналдармен NR базалық станцияларда қызмет көрсету процесін сипаттайтын жаппай қызмет көрсету жүйесінің моделін талдау болып табылады.

Жұмыстың практикалық құндылығы, 5G NR қол жеткізу желілерін жоспарлау бойынша ғылыми негізделген ұсыныстарды дайындаудан тұрады. NR базалық станцияның бір мезгілде қолжетімділігі жағдайында да қызмет көрсетуге қабылданған сессияларға қызмет көрсету сенімділігін арттыратын әдістер жиынтығы қызығушылық тудырады. Ұсынылған әдістер мен модельдер абоненттерге қызмет көрсетудің берілген сипаттамаларын және жүйенің жұмыс параметрлерін қамтамасыз ететін жүйенің параметрлерін негізделген таңдауға мүмкіндік береді.

## **АННОТАЦИЯ**

Дипломная работа определяется разработкой новой методологии исследования характеристик обслуживания абонентов и параметров производительности сетей доступа 5G NR с учетом динамики беспроводного канала связи и процесса обслуживания запросов.

Теоретическая ценность заключается в анализе модели системы массового обслуживания, описывающей процесс обслуживания на базовых станциях NR со случайными запросами на ресурсы и сигналами, позволяющими обобщить результаты в условиях нескольких доступных базовых станций NR.

Практическая ценность работы заключается в подготовке научно обоснованных рекомендаций по планированию сетей доступа 5G NR. NR представляет интерес комплекс методов, повышающих надежность обслуживания принятых к обслуживанию сессий даже в условиях одновременной доступности базовой станции. Предлагаемые методы и модели позволяют абонентам обоснованно выбирать параметры системы, обеспечивающие заданные характеристики обслуживания и параметры работы системы.

## **ANNOTATION**

The thesis is determined by the development of a new methodology for studying the characteristics of subscriber services and performance parameters of 5G NR access

networks, taking into account the dynamics of the wireless communication channel and the process of servicing requests.

The theoretical value lies in the analysis of a queuing system model describing the service process at NR base stations with random requests for resources and signals, allowing to generalize the results in the conditions of several available NR base stations.

The practical value of the work lies in the preparation of scientifically based recommendations for the planning of 5G NR access networks. NR is of interest to a set of methods that increase the reliability of servicing sessions accepted for servicing even in conditions of simultaneous availability of the base station. The proposed methods and models allow subscribers to reasonably choose the system parameters that provide the specified service characteristics and system operation parameters.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 5G NR желілеріндегі динамикалық құлыптау модельдері бесінші буын ұялы желілері	9
1.1 5G желілерінің жалпы сипаттамасы	9
1.2 5G желілерін стандарттау процесі	11
1.3 5G желілерінің базалық қызметтері	12
1.4 5G NR желілерінің техникалық ерекшеліктері	14
1.5 5G негізгі технологиялары	15
1.6 Транзиттік және фронтальды қосылыстар	16
2 5G NR қол жеткізу желілерінде абоненттерге қызмет көрсету сипаттамаларды зерттеу әдістемесі	18
2.1 Радиоқолжетімділік желілерін модельдеу әдістері	18
2.2 Жаппай қызмет көрсету теориясы	22
2.3 5G NR кіру желілерін модельдеу компоненттері	23
2.4 Таратудың кластерлік моделі	27
2.5 Жеңілдетілген екі өлшемді модель	29
2.6 Антенна модельдерін қолдану	31
2.7 NR базалық станциясының негізгі қызмет моделі	33
3 5G NR қол жеткізу желілерінде абоненттерге қызмет көрсету сипаттамаларын жақсарту әдістері: ресурстарды резервтеу	37
3.1 Блоктау, тарату және антенналар модельдері	37
3.2 Модельдің дәлдігін бағалау	40
3.3 Қызмет көрсету сипаттамаларын бағалау	41
3.4 Жүйенің өнімділігін бағалау	45
3.4 Қызмет көрсету сипаттамаларын жақсарту алгоритмдері	48
3.5 Қол жеткізілетін жылдамдықтың жоғарғы шегін бағалау	49
3.6 Бір мезгілде қосылыстар санының әсерін бағалау	52
Қорытынды	57
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	59

## КІРІСПЕ

Бұл дипломдық жұмыстың теориялық маңыздылығы сымсыз байланыс арнасының динамикасын және сұраныстарға қызмет көрсету процесін ескере отырып, абоненттерге қызмет көрсету сипаттамаларын және 5G NR қол жеткізу желілерінің өнімділік параметрлерін зерттеудің жаңа әдіснамасын әзірлеу арқылы анықталады. Ұсынылған әдістеме 5G NR қол жеткізу желілері үшін бірқатар мәселелерді шешуге мүмкіндік беріп қана қоймай, сымсыз қол жеткізу аймағында деректерді беру үшін одан да жоғары жиіліктерді қолданатын келесі буын желілері үшін де кеңінен қолданыла алады.

Теориялық құндылық-бұл бірнеше қол жетімді NR БС жағдайында нәтижелерді жалпылауға мүмкіндік беретін ресурстарға кездейсоқ сұраныстармен және сигналдармен NR БС-да қызмет көрсету процесін сипаттайтын жаппай қызмет көрсету жүйесінің моделі. 5G NR БС өрісінде АҚ үшін деректерді беру жылдамдығының жоғарғы шегін бағалау моделінің белгілі бір теориялық мәні бар. Модель тек стохастикалық геометрия әдістерін қолданады және жылдамдықтың жоғарғы шекарасын нақты түрде бөлуге мүмкіндік береді, бұл көп байланыстыруды жүзеге асырудың ұсынылған әдістерінің көрсеткіші болып табылады.

Дипломдық жұмыстың практикалық құндылығы, ең алдымен, 5G NR қол жеткізу желілерін жоспарлау бойынша ғылыми негізделген ұсыныстарды дайындаудан тұрады. Бірінші кезекте, жеке тұрған NR БС-да да, сондай-ақ бірнеше NR БС-ның бір мезгілде қолжетімділігі жағдайында да қызмет көрсетуге қабылданған сессияларға қызмет көрсету сенімділігін арттыратын әдістер жиынтығы қызығушылық тудырады. Ұсынылған әдістер мен модельдер абоненттерге қызмет көрсетудің берілген сипаттамаларын және жүйенің жұмыс параметрлерін қамтамасыз ететін жүйенің параметрлерін негізделген таңдауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, зерттелетін параметрлер арасындағы алмасу қатынасы көрсетілді және 5G nr қол жеткізу желілерінде қызмет көрсетуге қабылданған сессияны жоғалтудың нөлдік емес ықтималдығы әрқашан бар екендігі көрсетілді. Ғарышта да, уақытта да локализацияланған жүктемелерге қызмет көрсетудің дамыған әдістері практикалық қызығушылық тудырады.



# 1 5G NR желілеріндегі динамикалық құлыптау модельдері бесінші буын ұялы желілері

## 1.1 5G желілерінің жалпы сипаттамасы

Бесінші буын байланыс желілерінің (Fifth Generation, 5g) міндеті мемлекеттердің, кәсіпорындардың, сондай-ақ жекелеген азаматтардың ұялы байланысқа деген өсіп келе жатқан қажеттіліктерін қанағаттандыру болып табылады [13-15].

5G желілері қалаларды ақылды қалаларға айналдыруда шешуші рөл атқарады, бұл азаматтар мен жалпы қоғамға деректерді қарқынды қолдана отырып, алдыңғы қатарлы сандық экономика беретін әлеуметтік-экономикалық пайда алуға мүмкіндік береді [16-18]. 5G байланыс желілерін құру тұжырымдамасы гигабиттік деректер жылдамдығымен жаңа қосымшалар мен қызметтерді ұсына отырып, соңғы пайдаланушыларға қызмет көрсету сапасын арттыруға, сондай-ақ жалпы өнімділігі мен сенімділігін едәуір арттыруға уәде береді. 5G желілері жаңа қызметтер мен бизнес-модельдер ұсыну арқылы қоғамды өзгерткен алдыңғы ұрпақтардың мобильді желілерінің жетістіктеріне сүйенеді. Атап айтқанда, 5G желілері сымсыз байланыс операторларына байланыс қызметтерін ұсынуға ғана емес, сонымен қатар әртүрлі салалардағы тұтынушылар мен өнеркәсіп үшін жаңа шешімдер мен қызметтерді дамытуға мүмкіндік береді.

5G коммерциялық желілері 2020 жылдан кейін, осындай жүйелерді стандарттау жұмыстары аяқталғаннан кейін басталады деп күтілуде. 2025 жылға қарай GSM қауымдастығы (GSMA) 5G желілеріне қосылудың бір реттік саны 1,1 миллиардқа жетеді деп күтеді, бұл жалпы қосылыстардың шамамен 12 пайызын құрайды [19]. Сондай-ақ, операторлардың жалпы табысы 2025 жылға қарай 1,3 триллион АҚШ долларына жетіп, орта есеппен 2,5 пайызға өседі деп болжануда.

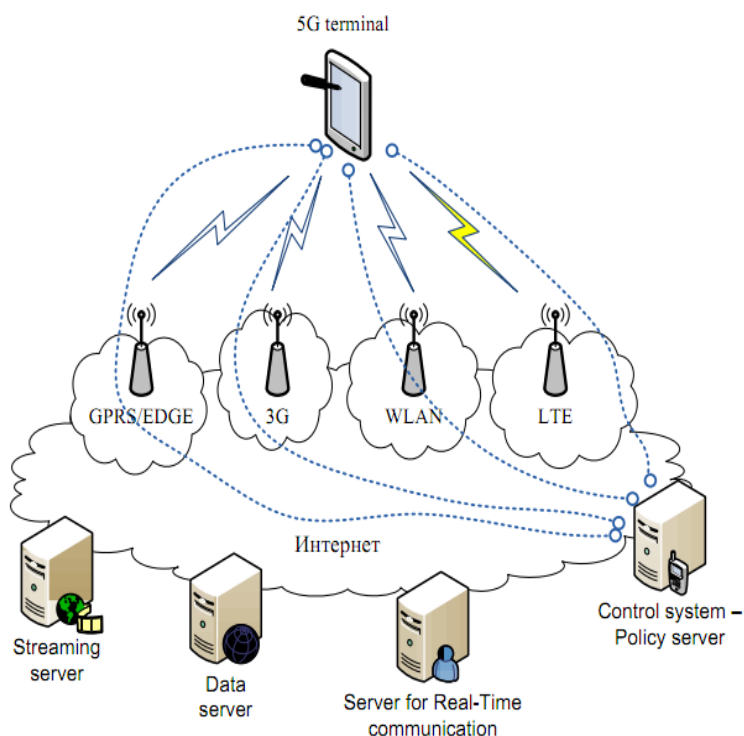
Техникалық жағынан, 5G желілері деректерді беру жылдамдығын едәуір арттырды және алдыңғы буын желілерімен салыстырғанда кідірісті азайтады деп күтілуде. Атап айтқанда, 5G байланыс желілері сымсыз кіру учаскесінде 1 мс-тан кем кідірісті қамтамасыз етуге арналған, бұл деректер жеткізу уақытына сезімтал болатын маңызды қызметтер үшін қажетті шарт болып табылады. Жалпы алғанда 10 Гбит/с-қа жететін абонент учаскесіне қол жеткізудің жоғары жылдамдығы 5G байланыс желілеріне жоғары жылдамдықты кең жолақты қызметтердің кең спектрін ұсынуға мүмкіндік береді және "соңғы мильге" қол жеткізудің балама тәсілін ұсынады.

Техникалық қызмет көрсету сипаттамаларына қойылатын талаптар

5G байланыс желілері әртүрлі пайдалану қамтитын пайдаланушыларға берілген әртүрлі деректерді беру жылдамдығын қолдайды [5]. ХЭО-Р М. 2083 ұсынымында айқындалған 5G жүйелеріне қойылатын талаптарға сәйкес, суретті қараңыз. 1.1, sum жүйесі 5G-де деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы 10 Гбит/с-қа жетуі керек деп күтілуде, алайда, белгілі бір шарттар мен сценарийлерде деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы 20 Гбит/с-қа дейін

болуы керек. [13] Үлкен алаңдарда, мысалы, қалаға және қала маңындағы аудандарға өрістету жағдайлары үшін пайдаланушы үшін деректерді беру жылдамдығы 100 Мбит/с болуы тиіс деп күтілуде, экстремалды талаптары бар аймақтарда бір пайдаланушыға деректерді беру жылдамдығы неғұрлым жоғары мәндерге жетуі тиіс, мысалы, үй-жайлардың ішінде 1 Гбит/с дейін.

5G байланыс желілерінде спектрді пайдалану тиімділігі 4G-ге қарағанда екі-үш есе жоғары болады деп күтілуде [13]. Сондай-ақ, 5G байланыс желілері 10 Мбит/с жоғары сұранысқа ие аудандарға, мысалы, алаңдарға, сауда орталықтарына жететін кеңістіктік жемдеуді қамтамасыз етеді. 5G диожегімділігі желісі үшін энергия тұтыну бүгінгі күні орналастырылған желілердегіден жоғары болмауы тиіс



1.2-сурет - 5G ұялы желісінің архитектурасы

4G. демек, даму сатысында энергия тиімділігі базалық станцияларды (БС), сондай-ақ абоненттік құрылғыларды (АБ) кем дегенде, болжанған дәрежеде көтеру керек 4G-мен салыстырғанда 5G өткізу қабілеттілігін арттыру.

Арнайы режимде 5G желісінің көрсетілген талаптарынан басқа 1 мс аспайтын сымсыз интерфейсте кідірісті қамтамасыз ету, кешіктірудің өте жоғары талаптары бар қызметтерге қолдау көрсету керек. Сондай-ақ, 5G байланыс желілері сізден абоненттерді қолдауды қамтамасыз етуі керек.

Жылдамдығы 500 км/сағ-қа жететін қозғалғыштың бұл қызмет көрсету сапасының қажетті параметрлері. Мұндай қызмет атап айтқанда, жүрдек пойыздарға арналған. Соңында, 5G байланыс желілері, абоненттердің

тығыздығын  $10^6/\text{км}^2$  дейін сақтау керек. Мысалы, машинааралық өзара әрекеттесудің өте тығыз орналасуы.

## 1.2 5G желілерін стандарттау процесі

5G байланыс желілерінің стандарттарын әзірлеу бірнеше халықаралық ұйымдар. Олардың арасында ресми орган ретінде қатысады. Жалпы жүйенің спецификацияларын дайындаумен айналысатын организациялар және тар мамандандырылған салалық одақтар немесе басқа аймақтар.

Үшінші буын серіктестік жобасы (3rd Generation Partnership Жоба, 3GPP) технологиялық стандарттарды анықтауға және қолдауға жауапты ұялы байланыс технологиясының кейінгі және кейінгі буыны. Жұмыс 3GPP-де стандарттарды әзірлеу келесі топтарда ұйымдастырылған: (i) мен - (ii) абоненттерге қызмет көрсету аспектілері, (iii) көлік желі және АБ. Осы топтардың әрқайсысына бірнеше жұмысшы кіреді. 3GPP стандарттарды анықтау үшін кезеңді тәсілді қолданады, анықтауға бағытталған үш кезеңді анықтау қызметтер спектрі, желілік архитектура және соңында егжей-тегжейлі сипаттамалары интерфейстер жүйесі.

Еуропалық электр байланысын стандарттау институты (European Telecommunications Standardization Institute, ETSI) іс-шаралар өткізеді, талаптар анықталатын стандарттау бойынша бүкіл 5G жүйесіне арналған мүмкіндіктер мен құрылыс блоктары. Бірқатар техникалық комитеттер 3GPP-мен белсенді жұмыс істейді және кейбір жағдайларда шешеді 3GPP анықтаған тапсырмалар.

ХЭО Электр байланысының жаһандық стандарттарын әзірлеуді үйлестіреді сектордың өсуі мен тұрақты дамуын ынталандыруға қосымша жүйенің ағымдағы ерекшеліктеріне жалпыға бірдей қолжетімділікті қамтамасыз ету. МСЭ қызметі үш негізгі секторға шоғырланған, атап айтқанда: (i) телекоммуникация секторы (ХЭО-Т) жаһандық стандарттарды анықтайды, (ii) радиобайланыс секторы (ХЭО-Р), халықаралық (iii) даму секторы (МСЭ-Д)) МСЭ-тің ССОП-пен интеграцияны қамтамасыз ету жөніндегі миссиясын қолдайды. Халықаралық жылжымалы байланыс стандарттары 2020 (IMT-2020) жүйелердің, компоненттердің және олармен байланысты элементтердің жиынтығын анықтайды қосымша мүмкіндіктерді қолдайтын жолдастар олар қазірдің өзінде IMT-2000 (3G) және IMT-Advanced (4G) жүйелерімен ұсынылған.

IMT-2020 келесі мақсаттарды көздейді: (i) зерттеу процесін үйлестіру-(ii) стандарттау процесінің құрылымы мен жалпы мақсаттарын анықтау 5G, (ii) жобаны әзірлеу, оған сәйкес процесс стандарттау 2020 жылға қарай аяқталуы тиіс.

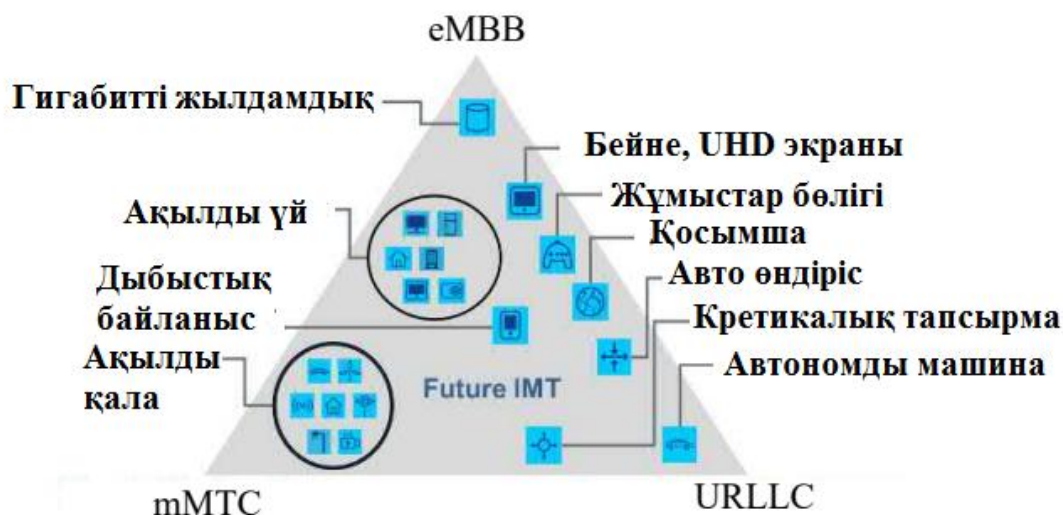
5G байланыс желілерін стандарттау процесіне мыналар әсер етеді белгілі бір саланың мүдделерін білдіретін жарыс Альянстары топтар, сондай-ақ үлкен халықаралық жобалар. Мұндай жүз альянстарға it 5G PPP, DVB, ONF, MultiFire, MEF, NGMN, METIS қамтиды.

### 1.3 5G желілерінің базалық қызметтері

ССОП операторлары, ұйымымен бірлесіп жабдық өндірушілер 5G байланыс желілерін стандарттау бірнеше әлеуметті анықтады мұндай желілерді пайдалану жағдайлары [12]. Негізінде талдау үш түрлі категорияға қолдау көрсетеді:

- кеңейтілген кеңжолалық қызмет (Enhanced Mobile Broadband, eMBB);
- төмен кідіріспен өте сенімді байланыс қызметі (Ultra-Reliable Low-Latency Communications, URLLC);
- аса тығыз машинааралық өзара әрекеттесу қызметі (Massive Machine-Type Communications, mMTC).

eMBB қызметі пайдаланушының қажеттіліктерін қанағаттандыруға бағытталған пайдаланушылардың да өте жоғары жылдамдықты абоненттік учаскеде қол жеткізу [12]. Мұндай жылдамдықты қажет ететін қосымшаларға бейнені көруге болады жоғары ажыратымдылық, көзілдірік және дулыға толықтырылған және виртуалды реал-деректердің үлкен көлемін беру. eMBB болады деп күтілуде оның алғашқы орналастыруларында 5G негізгі пайдалану жағдайы [3].



1.2-сурет - 5G байланыс желілерінің жоспарланған қызметтері

eMBB сонымен қатар тұтынушыларға жоғары жылдамдықты бағдарламаларды пайдалануға мүмкіндік береді. Ол бойынша экран және мобильді құрылғыларға арналған ток қызметтері корпоративтік қызметтерді одан әрі дамытуды қамтамасыз етеді [3].

Кейбір операторлар eMBB-ді "соңғы" шешім ретінде қарастырады "оптикалық қол жеткізу желілері жоқ аудандарда" миль " [5].

5G байланыстары интеллектуалды транс дамуында маңызды рөл атқарады. Болашақ транспорттық жүйелері, бұл көлік құралдарын байланыстыруға мүмкіндік береді.

Автономды жүйелерді енгізу үшін жаңа мүмкіндіктер жасай отырып, жеңіл және жүк көліктері [6-8]. Мысалы, автономды транс-бұлтты жүргізу жүйесі арқылы басқарылатын транспортты дереу тоқтатуға, жеделдетуге немесе тоқтатуға қабілетті болу алынған нұсқауларға сәйкес болу [9]. Берудің кез келген кідірісі желідегі ақпарат немесе базалық станциядан сигналдың жоғалуы кедергі келтіреді хабарды жеткізу апатты салдарға әкелуі мүмкін[10]. Төмен кідіріс 5G желілерін қашықтан басқаруға жарамды етеді өндірісті автоматтандыру және процестерді бақылау уақыты[4].

5G байланыс желілері де дамуға ықпал етеді деп күтілуде ақылды қалалар мен заттар интернеті (Internet of Things, IoT) қалалар мен ауылдық жерлердегі сенсорлық желілердің дамуы[6].

5G-ге салынған сенімділік мұндай желілерді қолайлы етеді. Қоғамдық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін, сондай-ақ полиция және қауіпсіздік қызметтері сияқты маңызды қызметтер, энергетика, сумен жабдықтау және денсаулық сақтау [9]. 5g желілері ұсынатын қызметтер ауқымы eMBB-мен шектелмейді, URLLC және mMTC. Бұл қызметтер типтік қосымшаларды полярлардан анықтайды, техникалық қызмет көрсету сипаттамаларына қойылатын қызметтер спектрі.

5G байланыс желілерінде қолдау көрсетіледі суретте көрсетілгендей шаршы. Мұнда үшбұрыштың қырлары қол жеткізу жылдамдығына, беру сенімділігіне бекітілген талаптар және кешіктіру. Үшбұрыштың ішінде де, оның бетінде де орналасқан қандай да бір талаптар жиынтығына ие қосымшалар бар.

#### **1.4 5G NR желілерінің техникалық ерекшеліктері**

Сымды және сымсыз желілерді конвергенция технологияларының жиынтығы (Fixed mobile Convergence, FMC) - желі шешімі кез келген уақытта соңғы пайдаланушыға қызмет көрсету сымды немесе мобильді қол жетімділік технологиясына қарамастан және орналасқан жері пайдаланушының ережелері [1]. FMC тұжырымдамасы SSOP жүзеге асырылған 2005 жылы. 5G байланыс жүйелеріне көшумен FMC толықтыруларды алады тартымдылығы. ХЭО ұсынысында. 3101 [2] 5G желісі қол жеткізу желісіне тәуелсіз архитектураны, ядро қамтамасыз етеді жаңа технология үшін бірыңғай көлік желісі болады IMT-2020, сондай-ақ қолданыстағы бекітілген және сымсыз желілер, мысалы, сымсыз жергілікті желілер (сымсыз) Local Area Network, WLAN).

Қол жеткізу технологияларынан бөлінген басқару тетіктері [3; 4]. Жаңа ақпараттық және коммуникациялық технологиялар, мысалы, бағдарламалық-анықталатын желілер (Software-Defined Network, SDN), виртуалдыжелілік функциялардың лизациясы (Network Function Virtualization, NFV) -жоғары деңгейге жету үшін байланыс операторларының сымды және мобильді желілері-ресурстарды пайдалану деңгейі және желінің икемділігі, бұл өз кезегінде.

5G байланыс желілеріндегі функциялардың конвергенциясына ықпал етеді [45]. Осы мақсатта ХЭО-Т ХЭО-Т Y. 3130 [5] ұсынысын мақұлдады, онда

бірыңғай сәйкестендіру сияқты қызметтерге қатысты талаптар пайдаланушының тарификациясы, үздіксіздігі және кепілдендірілген саны қызмет көрсету.

4G мобильді қатынау желілерінің көпшілігі инфузияға енеді бюджетте уақыты негізделген тұжырымдамасын макросот [6]. Макро қолдану ұялы үлкен аумақтарды қамтуға мүмкіндік береді, бірақ проблемаларға әкеледі, желінің сыйымдылығын арттыру. Тығыз жабылған желілерді іске асыру үшін, өткізу қабілеті жоғары және кідірісі төмен, операторлар су байланысы өз радио қол жеткізу желісін тығыздауға қаражат салады.

4G (әсіресе халық тығыз орналасқан қалалық жерлерде) орналастыру арқылы микросоталар. Мұндай ұяшықтар әлдеқайда аз географиялық аймақ желінің өткізу қабілетін арттыруға мүмкіндік береді және із сияқты қызмет көрсету сапасын арттыру.

Өрістету микросот арттыру тәсілдерінің бірі болып табылады қолданыстағы 4G желілерінің бөліктері, сонымен бірге коммерциялық желілерін негізін қалайды 5g өлшеу желілері және eMBB қызметтері [9]. Микросоталар үлкейтуге мүмкіндік береді желінің өткізу қабілетін қосымша қажеттіліксіз жиілік спектрі, бұл оларды операторлар үшін тартымды етеді. Оператор байланыс торлары бастапқы орналастыру деген пікірде, желілер 5G халық тығыз орналасқан қалалық жерлерде болады [5] микросоттардың негізі. Керісінше, желілерді орналастыру коммерциялық тұрғыдан қиын болады 5G байланыс қызметтеріне сұраныс төмен ауылдық жерлерде болады [5]. Алайда, егер бар болса, жиілік спектрін 1 ГГц-тен төмен пайдалану, мұндай аудандарды қамту мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Спектрдің бұл бөлігі ұялы байланыс операторларына үлкен аумақтарды жабуға мүмкіндік береді аз шығындармен.

### **1.5 5G негізгі технологиялары**

Икемділігі және бейімділігі бірі болып табылады анықтайтын мүмкіндіктер бұл сипаттамалар едәуір дәрежеде болады және транс аппараттық құралдары бар желі ядросының іске асырылуына байланысты транспорттық желісі мен басқару функциялары бөлінеді. Мұндай бөлу 5G байланыс желілерінде қызметтерді енгізудің қажетті икемділігін қамтамасыз етеді және төрт негізгі функцияға негізделген [3]:

- NFV функциялары желілік функцияларды ауыстырады және біріктіреді маршрутизаторлар, теңдестіргіштер сияқты құрылғылар және брандмауэр, виртуалды экзэмплярлар, бұл шығындарды азайтады желінің өзгеруі мен жаңартылуын жасайды[4-6].

- SDN функциялары желінің динамикалық қайта конфигурациясын қамтамасыз етеді элементтерді нақты уақыт режимінде басқаруға мүмкіндік береді.

- 5G-ді аппараттық емес, бағдарламалық желінің тұрақтылығы, өнімділігі және қызмет көрсету сапасы [7-9].



- Спектрдің динамикалық бөліну функциялары бөлуге мүмкіндік береді бірнеше виртуалды желілерге арналған физикалық желі (логикалық сегменттер-радионың әртүрлі технологияларын қолдайтын қол жеткізу немесе белгілі бір клиенттер үшін қызметтердің бірнеше түрлері сегменттер, бұл желіні орналастыру шығындарын едәуір азайтады жиілік диапазонын тиімді пайдалану арқылы) [4].

- Виртуализ әдістері негізінде радиоқолжетімділіктің бұлттық технологиясы желілік функцияларды орталықтандырылған блоктармен үйлестіре отырып өңдеу, таратылған сигналдарды өңдеу блоктарын ауыстырады.

АҚ және БС, нәтижесінде салдарды орналастыру құнын төмендетеді микросоталар негізіндегі мобильді желілер [10]. 5G байланыс желілерінің басқа жетілдірулері мыналарды қамтиды сигналды кодтаудың және сымсыз ин ұйымдастырудың жаңа әдістері жақсартылған спектрлік тиімділікті қамтамасыз ететін терфейстер сонымен қатар, перифериялық есептеу (Edge Computing) жүзге режимінде жұмыс істейтін қосымшалар үшін көбірек маңызды арнайы уақыт [17]. Атап айтқанда, перифериялық есептеулер жақындатуға деректер АБ қамтамасыз ете отырып, төмен ұстап өңдеу ақпарат.

## **1.6 Транзиттік және фронтальды қосылыстар**

Транзиттік участклер радиоқолжетімділік желісін көлік қатынасымен байланыстырады желісі бар. 5G байланыс желілерінің транзиттік участыктерге қойылатын негізгі талаптары ультра жоғары сыйымдылығы және ақпаратты беру шағын кідіріс болып табылады [8; 9]. Бүгінгі таңда талшықты-оптикалық байланыс желілері алынды ұзақ уақытқа байланысты желінің осы бөлігінде ең көп таралған жоғары өткізу қабілеті мен сенімділігі. Алайда, мұндай қамту желілер кең таралған емес. Өйткені жаңа талшықты салу оптикалық желілер жоғары шығындармен байланысты, ССОП операторлары миллиметрлік жиілік спектрін пайдалану мүмкіндігі (30-100 ГГц) транзиттік учаскедегі нүкте-нүкте конфигурациясында [1]. Мұндай технология өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді қабілеті 10 Гбит/с дейін және 2-ден 4-ке дейінгі қашықтықта 1 мс-тан кем кідірту километр.

Жер үсті технологиясына назар аударылады 5G-де сіздегі байланыс жүйелері де маңызды рөл атқарады. Платформалары (High Altitude Platforms, HAP, [2-4]) және спутникті технология [5-7]. HAP және спутниктік жүйелер өте жақсы қамтамасыз ете алады деректерді берудің жоғары жылдамдығы, 100 Мбит/с-тан 1 Гбит/с-қа дейін, осылайша транзиттік сайттың сымды және сымсыз технологияларын толықтыратын ірі қалалық және қала маңындағы аудандардан тыс. HAP және спутниктер мүмкіндіктерді кеңейтетін басқа желілермен біріктіруге болады.

5G және өсуді қолдауға қатысты кейбір негізгі мәселелерді шешеді мультимедиялық трафик, жаппай қамту және машинааралық байланыс.

ХЭО ұсынысы-Т Ү. 3100 [8] алдыңғы бағытты анықтайды «орталықтандырылған радио контроллерлер арасындағы желілік интерфейс және RRU». Атап айтқанда, 5G істеріне деректерді беру жылдамдығын арттыру бұл функциялардың әрқайсысында осы функцияларды бірлесіп іске асыру орынсыз қашықтағы радиоблоков (Remote Radio Unit (RRU) [39; 40]. Пайдалану фронтальды қосылыстар өңдеу функцияларын орталықтандыруға мүмкіндік береді бірақ кідіріске өте жоғары талаптар қояды қосылыстардың іске қосу қабілеті [1-3]. Транзиттік қосылымға ұқсас Niyam, фронтальды қосылыстарды жүзеге асырудың негізгі технологиясы оптоволоконные технологиясы [4-6].

Желілердің кеңістіктік сыйымдылығы бойынша талаптарды қанағаттандыру үшін 5G байланыстары, суретті қараңыз. 1.1, салыстырмалы жиіліктердің кең спектрін қажет етеді сала 4G желілерімен келісілген шараларды қабылдайды.

Спектрді үйлестіру бойынша күш. АЖ анықтау міндетінің негізгі бөлігі 5G байланыс желілері үшін пайдаланылатын спектр ХЭО-Р шегінде шешіледі. Бағытталған Антенналарды іске асыру негізгі спектрі ретінде жоғары жиіліктерде қол жетімді диапазонының төменгі бөлігін пайдалану ұсынылады, 30-100 ГГц, 6 ГГц-тен төмен жолақтарды қосымша ретінде пайдалануға болады.

## 2 5G NR қол жеткізу желілерінде абоненттерге қызмет көрсету сипаттамаларды зерттеу әдістемесі

### 2.1 Радиоқолжетімділік желілерін модельдеу әдістері

Бұл бөлімде қазіргі заманғы қысқаша экскурсия ұсынылған сымсыз байланыс желілерін модельдеу. Шекаралары анықталған менимости әдістері мен ұсынылған аралас тәсіл, ол олардың әлсіз жақтарын ерітеді және модельдерді кеңейтуге мүмкіндік береді. 5G NR кешенді кіру желісіне дейін жеке NR БС-де қызмет көрсету.

Алынған сымсыз байланыс желілерін талдаудың негізгі әдісі соңғы онжылдықта ең үлкен дамуы стохастикалық әдісі бойынша геометриямен қарастырады. Стохастикалық геометрия кездейсоқ екі немесе үш өлшемді кеңістіктегі өмір және осы мақсатта үшін кеңістіктік нүктелік процестер (Пуассон, Матерна және т. б.) БС және АҚорналасқан жерлерді, сондай-ақ кездейсоқ графиктерді және біртүрлі тесселяциялар (мысалы, Дирихле тесселяциясы қызмет көрсету аймақтарын модельдеуге арналған).

Бағалау үшін қолданылатын ықтималдық теориясының негізгі әдісі сымсыз байланыс желілерінде абоненттерге қызмет көрсетудің негізгі сипаттамалары бұл кездейсоқ шамалардың функционалды түрленуі. Естеріңізге сала кетейік, егер ықтималдықтың бірлескен тығыздығы белгілі болса, не болады  $w_n(x_1, \dots, x_n)$  үкі- кездейсоқ шамалардың қосындылары  $\{\psi_1, \dots, \psi_n\}$  және Якобиан түрлендіру кездейсоқ шамалар  $\{\psi_1, \dots, \psi_n\}$  кездейсоқ мәндерге  $\{v_1, \dots, v_n\}$ :

$$J = \frac{\delta(x_1, \dots, x_n)}{\delta(y_1, \dots, y_n)} \quad (2.1)$$

онда ықтималдықтың бірлескен тығыздығы тең болады:

$$w_n(y_1, \dots, y_n) = \sum_k w_n(x_{1k}, \dots, x_{nk}) |J|, \quad (2.2)$$

мұнда  $x_{ik} = (y_1, \dots, y_n)$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $k$ -кері түрлендірудің тармағы.

Егер бастапқы жиынтықта  $m < n$  кездейсоқ шамалар болса  $\{v_1, \dots, v_m\}$  содан кейін (2.2) жүйені  $m - n$  кездейсоқ қосу керек мәндермен  $v_j = \psi_j$ ,  $j = m + 1, \dots, N$ . содан кейін бірлескен бөлу  $Y_{M+1}$  айнымалыларын біріктіру арқылы алынады  $\dots, y_n$ :

$$w_n(y_1, \dots, y_n) = w_n(x_{1k}, \dots, x_{nk}) |J| d_{y_{m+1}} \dots d_{y_n} \quad (2.3)$$

Мысалы, кездейсоқ нүктеден Пуассондағы  $I$ -ші көршіге дейінгі қашықтық, кедергі көздерінің өрісі таралу гаммасына бағынады және ықтималдық тығыздығы: [3]

$$f(x) = \frac{2(2\pi\lambda)^i}{(i-1)!} x^{2i-1} e^{-\pi\lambda x^2}, x > 0, i=1, 2, \dots \quad (2.4)$$

Біз жеңілдетілген қабылдағышта қабылданған қуат моделін қолданамыз  $p(x) = Ax^{-\zeta}$ , мұндағы  $x$ -қабылдағыш пен пере арасындағы қашықтық сенсор,  $\zeta$ -өшу константасы,  $a$ -қасиеттерге байланысты тұрақты таратқыш, қабылдағыш және тасымалдаушы жиілік. Кері функция және модуль оның туындысы келесідей анықталады:

$$G(y) = p^{-1}(x) = \left(\frac{y}{A}\right)^{-1/\zeta}, G'(y) = \frac{\left(\frac{y}{A}\right)^{-\frac{1}{\zeta}-1}}{A\zeta} \quad (2.5)$$

Содан кейін кездейсоқ мән  $I$ -ші кедергінің қуатын анықтайды көзі ретінде айқындалады:

$$f_i(y) = \frac{2(\pi\lambda)^i}{(i-1)!} \left(\frac{y}{A}\right)^{-\frac{1}{\zeta}-1} e^{-\pi\lambda \left(\frac{y}{A}\right)^{\frac{1}{\zeta}-1}}, y > 0, i=1, 2, \dots$$

Үшбұрыш сценарийі сияқты қарапайым сценарийлер үшін бір қабылдағыш-таратқыш және бір кедергі көзі бар, көзделген жағдайларда авторы [4], фрагменті, ұялы байланыс алты источник[5] немесе ішкі жағдайларда автор қарастырған кедергі. Ұй-жайлар, сондай-ақ кедергі көздерінің шектеулі саны [4], бұл әдісті қолдану негізгі үлестірімдерді алуға мүмкіндік береді сипаттамаларын байланыс арналарын сияқты НОМ, қарым-қатынас сигналы бойынша бөктеліс (ОЖП), қарым-қатынас сигналы-қосымша шуыл және бөктеліс (ОСШП) спектральды деректерді беру тиімділігі мен жылдамдығы. Сондай-ақ, атап өткен жөн або стационарлық емес қозғалысы жағдайында талдау едәуір күрделене түседі жазықтықта көрсетілгендей авторы [7-9].

Кедергі көздерінің саны болған жағдайда сызықтық емес түрлендіру әдісін қолдану үшін жабық өрнектерді алуға мүмкіндік бермейді сипаттамаларын. Шынында да, габо-дан келесі мысалды қарастырыңыз [5]. Жұмыста таратқыштар жұмыс істейді деп болжанады Пуассон процесі бойынша бірдей жиілікте бөлінеді белгілі бір қарқындылығы  $\lambda$  болатын жазықтықтар. Байланысты қабылдағыштар таратқыштар қабылдағыштан белгіленген қашықтықта орналасқан,  $r_0$ . Кездейсоқ таңдалған қабылдағышты және кейбір мысалы, ОЖЖ, ол жеңілдетілген түрде сипатталуы мүмкін келесі түрде жазылуы керек:

$$S(x) = \frac{C_0}{C_1 + 1} \quad (2.6)$$

мұндағы  $C_0$ - қабылданған пайдалы ақ судың деңгейін анықтайтын тұрақты  $r_0$ . бекітілген қашықтықта орналасқан таратқыштан қабылдағыш,  $C_1$ --берілістегі және қабылдаудағы шығындарды ескеретін тұрақты,  $I$  кедергі көздерінің өрісінен туындайтын жалпы кедергі:

$$I=C_2 \sum_{i=1}^{\infty} R_i^{-\zeta}, \quad (2.7)$$

мұндағы  $C_2$ --беріліс пен қабылдаудағы күшейтуді ескеретін тұрақты,  $\zeta$ - тарату жағдайларына байланысты тарату стантасы,  $R_i$ -ди таратқыштардан қабылдағышқа дейінгі станциялар.

Қарастырылып отырған сценарийде RI-кездейсоқ шамалар, бөлу жалпыланған Гамма үлестіруге бағынады. Пайдалана отырып, кездейсоқ шамаларды түрлендіру әдісі үлестірімді алуға болады кез-келген I таратқыштан кедергі. Алайда, модельдің ерекшелігін ескере отырып тарату моделі, сондай-ақ таратқыштарды жазықтықта орналастыру моделі, жалпы кедергі кездейсоқ кездейсоқ қосынды екенін көруге болады әр түрлі үлестірімдері бар шамалар. Алу үшін кедергі моменттерін бағалауды Кэмбелл теоремасын қолдануға болады [1], жедел, жеке жағдайда, кездейсоқ сәттерді алуға мүмкіндік береді кездейсоқ шамалардың қосындылары. Интерференция аймағын кейбір  $d$  радиусымен шектейік.

D кедергі көзінің үлесін табу үшін таңдалуы мүмкін D-ге қарағанда үлкен қашықтықта, басқа кедергілердің мәнінен аз арналған қабылдау. Пуассон процесінің қасиеттерін ескере отырып, IP-ден қашықтық бұл қабылдағышқа кедергі нүктелері бірдей бөлінеді және өздігінен, ықтималдық тығыздығымен

$f_r(x) = 2x/D^2, x > 0$ . Шексіз кішкентай радиалды өсу D-dr. Ықтималдығы, кедергі көзі R қашықтықта орналасқандығына пропорционал орналастыру облысының  $dr$ .. Осылайша:

$$\pi(r + dr)^2 - \pi r^2 = 2\pi r dr + O(1), \quad (2.8)$$

Сонда жалпы кедергінің бастапқы сәттерін былай жазуға болады:

$$E|I^n| = \int_{r_b}^D (C_{2R}) 2\pi \lambda r dr \quad (2.9)$$

мұндағы  $r_B$ -қарастырылып отырған қабылдағыштан ең аз қашықтық кедергі көзі болуы мүмкін.

Айта кету керек, нәтиже (2.10) блок жағдайында кеңейтілуі мүмкін антенналардың бағыттылығы, таратқыштардың кездейсоқ биіктігі және қабылдағыштар, сондай-ақ Пуассон орналастырудан басқа таратқыштар жазықтықтағы және қабылдағыштар [5].

Әрі қарай, OSB, OSHP сәттерін, сондай-ақ жақында бағалауды алу үшін түрлендіруді қолдану қажет (2.14), мұнда I –моменті анықталған кездейсоқ шама (2.10). Рас болмаған жағдайда I шектеуді қолдануға болады, мысалы, қалаған функтардың ыдырауы автор көрсеткендей, I-дің орташа мәні туралы бірқатар Тейлор ([5]). Атап айтқанда, кездейсоқ шаманың орташа мәні үшін  $Y=g(X)$  мұндағы X-орташа мәні мен дисперсиясы  $\mu_X$  және  $\sigma$  болатын кездейсоқ шама.

$$E[Y]=g(\mu x) + \frac{g''(\mu x)\sigma^2 x}{2} \quad (2.10)$$

Басқа базалық сипаттамалары сияқты НОМ және ҚЖЖ моделі, жоғарыда айтылғандар кейбір жағдайларда жылдамдықты бағалауға мүмкіндік береді пайдаланушыға берілетін бекітілген жиілік диапазонында. Бір нақты жүйелерде қол жетімді жиілік диапазоны бөлінетінін ескеріңіз белсенді пайдаланушылар арасында белгілі бір пропорцияда. Бағалау үшін стохастикалық геометрияны да қолдануға болады бәсекелестердің қатысуымен пайдаланушыға берілетін жылдамдықтар пайдаланушылар. Алайда, мұндай бағалау үшін толықтыруларды қабылдау қажет бәсекелес арасында ресурстарды бөлу туралы болжам пайдаланушылар. Мысалы, БС қызмет көрсету аймағында радиус R-бұл заң бойынша таратылған пайдаланушылар саны  $\Lambda\pi R^2$  параметрі бар Пуассон, мұндағы  $\lambda$ -әр шаршыға пайдаланушылардың тығыздығы метр. Әр пайдаланушының орналасқан жері де бар делік ла БС қызмет көрсету аймағында біркелкі бөлінген, ал қол жетімді поло СА жиіліктері, В, пайдаланушылар арасында біркелкі бөлінеді. Осы сценарий БС-тің Пуассон алаңында орналасуына сәйкес келеді қарқындылығы  $\lambda$  болатын денелер. Қарастырылған сценарийде қосымша қол жетімді жиілік диапазоны қызмет көрсету аймағына енгізілген пайдаланушыға В/і с ретінде анықталады Пуассон ықтималдығы:

$$p_i = \frac{(4\pi R^2)^i e^{-\lambda\pi R^2}}{i!}, i=1,2,\dots, \quad (2.11)$$

і бәсекелес пайдаланушылардың қатысуымен қол жеткізуге болатын жылдамдық денелер кездейсоқ Апи шамасын түрлендіру арқылы анықталуы мүмкін  $F_X(x) = 2x/R^2, x > 0$ , в Шэннон формуласына сәйкес жылдамдықтың жоғарғы шегі үшін:

$$C_i = \frac{B}{i} \log_2[1 + S(x)], i = 1,2,\dots \quad (2.12)$$

мұндағы  $S(x)$  - БС-тен  $x$  қашықтықта. Соңғы жауап келесідей болуы мүмкін лучен аймақтағы І пайдаланушыларға сәйкес келетін жылдамдықтарды қосу арқылы коэффициенттермен мөлшерленген қызмет көрсету (2.12).

Қарастырылған сценарийді кеңейтуге болатындығын ескеріңіз бәсекелес арасында ресурстарды бөлудің әртүрлі әдістерінің жағдайы пайдаланушылар. Мысалы, ресурстарды минимакспен бөлу немесе пропорционалды бөлу, неғұрлым тиімді шарттарда пайдаланушыларға басымдық беру, алынуы мүмкін енгізе отырып қосымша салмақтық коэффициенттері ретінде көрсетілгендей авторы жұмыстарға жүру керек[2;3]. Сондай-ақ, АЖ-ға дейін кеңейту мүмкін  $\alpha$  басым, онда оператор бөлуді басқара алады мен [4] көрсетілгендей пайдаланушылар арасындағы жылдамдықты қамтиды.



## 2.2 Жаппай қызмет көрсету теориясы

Кездейсоқ бағдарламалық жасақтамасы бар жүйелердегі абоненттерге қызмет көрсету динамикасы өтінімдер дәстүрлі түрде масса теориясының әдістерін қолдана отырып жүзеге асырылады тұрмыстық қызмет көрсету [5]. Сымсыз қол жеткізу желілерінің пайда болуымен пакеттік коммутациямен, ағынның кездейсоқ мінез-құлқынан басқа, мен кіремін сұранымдар көлемінің кездейсоқтығын да ескеру қажет қызмет көрсетуге арналған өтінімнің пайда болу орнынан туындаған ресурстарға атауы [4]. Жоғарыда көрсетілгендей, стохастикалық гео әдістері геометриялар соңғы әсерді ескеруге мүмкіндік береді қызмет көрсетілетін трафиктің икемділік қасиеті бар.

5G NR жүйелері v10-ға бағытталған деп болжанады сымсыз учаскедегі өткізу қабілетін талап ететін жоғары ажыратымдылықтағы бейнелерді беру, қосымшалар сияқты қол жетімділік және Виртуалды шындық [5; 7]. Мұндай қосымшалар туралы емес олар трафиктің серпімділік қасиетімен үйлеседі және көбінесе бірнеше фик қажет қызмет көрсетудің барлық ұзақтығындағы жылдамдық.

Техникалық қызмет көрсету модельдерін құрудың мүмкін нұсқаларының бірі 5G NR сымсыз қатынау жүйелеріндегі абоненттер стохастикалық геометрия және қызмет көрсету теориясы әдістері. Бұл тәсілдегі стохастикалық геометрияның тоттары жағдайды ескеруге мүмкіндік береді жаңа өтінімдердің орналасу орны және динамикалық блоктау процесі таралу жолдарын сипаттау, сондай-ақ кездейсоқ перфекционист ресурстарға арналған. Қызмет көрсету теориясының модельдері мыналарды ескеруге мүмкіндік береді көрсетілген факторлар, сондай-ақ қызмет көрсетуге өтінімдер ағынының кездейсоқтығы жүреді [15].

## 2.3 5G NR кіру желілерін модельдеу компоненттері

Электромагниттік толқындар Максвел теңдеулерімен реттеледі тиісті шекаралық жағдайлары бар, жалпы болуы мүмкін емес нақты ортадағы электромагниттік өріс үшін аналитикалық шешім тарату. Электромагниттің таралуын модельдеудің мақсаты толқындық толқын бұл сигнал деңгейінің бағасын алу жиілік, сипаттамалар сияқты жүйенің кейбір параметрлері берілген антеннаның биіктігі және т.б.

Жалпы жағдайда қабылдағышта ЖББЖ келесідей жазылуы мүмкін түрде:

$$S(x) = \frac{P_t G_a G_u}{B N L(x) C_L M_i M_s} \quad (2.14)$$

мұндағы В-өткізу қабілеті, РТ-сәулелену қуаты, G<sub>A</sub> және G<sub>U</sub>-Wuxi-антеннаны қабылдау және беру, L(x) - тарату кезіндегі шығындар қашықтықта сигнал x, N<sub>0</sub>-жылу Шу, C<sub>1</sub>-пе сигнал жоғалту передатчике, M<sub>i</sub>-кедергі, M<sub>S</sub>-замирания арна

байланысты үлкен объектілері.(2.14)  $N_0$  компоненті тұрақты, -174 дБ екенін ескеріңіз М / Гц.  $C_1$  коэффициенті қабылдағыш өндіріс технологиясына байланысты датчик және сондай-ақ, константой болып табылады. Жалпы жағдайда MS және L (x) тәуелді жүйе орналастырылатын және АЖЖ модельденетін аумақтаншай мөлшері. MI-абоненттердің тығыздығы және NR функциясы BC, сондай-ақ жиі кездейсоқ шамамен модельденеді. GA және GU тәуелді антенна торының түрінен, антенна элементтерінің санынан және бағдардан таратқыш пен қабылдағыш бір-біріне қатысты.

Миллиметрлік жиілік диапазонындағы радиотолқындардың таралуы қала құрылысының шарттары бөлінуден түбегейлі айырмашылықтарға ие қазіргі заманғы свя жүйелері жұмыс істейтін жиіліктерде серуендеу төртінші буын. Мұның себебі толқын ұзындығында (1 милли-30 ГГц жиілігіне арналған метр) физикалық тарату ортасындағы объектілерді. Мысалы, бетонның кедір-бұдырлығы ғимараттардың беттері радио толқынына айтарлықтай қиындықтар туғызады миллиметрлік жиілік диапазонындағы арасы. Өйткені мұндай объектілердің өлшемдері толқын ұзындығымен салыстыруға болады шағылысудың орнына диффузиялық толқынның таралуы, бұл сигнал деңгейін едәуір әлсіретеді. Шашырау сондай-ақ, радиотолқын ағаштардың тәжінен өткен кезде пайда болады.

Таралудың осы қасиеттерін ескере отырып, мынаны байқауға болады. Миллиметрлік жиілік диапазонының толқындарының таралуы қатты байланысты зерттелетін ортаның геометриясынан ғана емес. Қазіргі уақытта құрылыс үшін АЖ ерекше жағдайларында таратудың дәлдігі жоғары модельдерін сәулелерді бақылау негізінде модельдер қолданылады. Сәулелерді бақылау әдісі оптика әдістеріне негізделген және Максвелл теңдеулерін олармен шешуге мүмкіндік береді арқылы. Бұл әдіс модельдеудің жалпы құралы болып табылады.

Тарату шығындарын бағалауды қамтамасыз ететін тарату сәуленің келу азимуты (Angle of Arrival, AoA), сәуленің түсу азимуты (Angle of Departure, AoD) және сигнал тарату кідірістері. Айырмашылығы теориялық және эмпирикалық модельдерден сәулелерді бақылау әдісі жоқ.

Ысырапты есептеу үшін қарапайым өрнектерді алуға мүмкіндік береді практ. Сәулелерді бақылау әдісін автор [16] бағалау үшін қолданған-

қалалық алаң жағдайында миллиметрлік толқындардың таралу әр түрлі модуляцияны қажет ететін геометриялық аймақтарды анықтау кодтық схемалар (Modulation and Coding Schemes, MCS).

Сәулелерді бақылауға негізделген модельдер алуға мүмкіндік бермейді дистаннан алынған функция ретінде таралуды жоғалтуға арналған қарапайым өрнектер таратқыш пен қабылдағыш арасындағы Бұл қасиет пайдалануға мүмкіндік бермейді мұндай модельдерді орналастыруды Математикалық талдау үшін шақыру 5G NR су байланыс желілері. Алайда, мұндай модельдер өлшемдермен бірге радиотолқындардың таралуы эмпирикалық мо тұжырымдауға мүмкіндік береді.

Эмпирикалық модельдердің құрылысы AP функциясын іздеуге негізделген кейбір зерттелген облада жүргізілген проксимациялық өлшеулер. Эмпирикалық модельдерді қолдану гео ұқсастығына негізделген қарастырылып отырған аймақтың метрикасы және жүргізілген геометрия өлшеу. Тео коэффициенттерін нақтылау анықтамалық тәсіл болып саналады таралуының ретикалық моделі, ол ізімен анықталады түрде:

мұндағы В-өткізу қабілеті, РТ-сәулелену қуаты, GA және GU-Wuxi- антеннаны қабылдау және беру, L (x) - тарату кезіндегі шығындар қашықтықта сигнал x,  $N_0$ - жылу Шу, сI-пе сигнал жоғалту передатчике, MI-кедергі, MS-замирания арна байланысты үлкен объектілері.

(2.14)  $N_0$  компоненті тұрақты, -174 дБ екенін ескеріңіз 17М / Гц.  $C_1$  коэффициенті қабылдағыш өндіріс технологиясына байланысты датчик және сондай-ақ, константой болып табылады. Жалпы жағдайда MS және L (x) тәуелді жүйе орналастырылатын және АЖЖ модельденетін аумақтаншай мөлшері. MI-абоненттердің тығыздығы және NR функциясы BC, сондай-ақ жиі кездейсоқ шамамен модельденеді. GA және GU тәуелді антенна торының түрінен, антенна элементтерінің санынан және бағдардан таратқыш пен қабылдағыш бір-біріне қатысты.

Миллиметрлік жиілік диапазонындағы радиотолқындардың таралуы қала құрылысының шарттары бөлінуден түбегейлі айырмашылықтарға ие қазіргі заманғы жүйелері жұмыс істейтін жиіліктерде серуендеу төртінші буын. Мұның себебі толқын ұзындығында (1 милли- 30 ГГц жиілігіне арналған метр) физикалық тарату ортасындағы объектілерді. Мысалы, бетонның кедір-бұдырлығы ғимараттардың беттері радио толқынына айтарлықтай қиындықтар туғызады миллиметрлік жиілік диапазонындағы.

Қазіргі уақытта құрылыс үшін АЖ ерекше жағдайларында таратудың дәлдігі жоғары модельдерін сәулелерді бақылау негізінде модельдер қолданылады. Сәулелерді бақылау әдісі оптика әдістеріне негізделген және Максвелл тендеулерін олармен шешуге мүмкіндік береді стационар арқылы. Бұл әдіс модельдеудің жалпы құралы болып табылады.

Тарату шығындарын бағалауды қамтамасыз ететін тарату сәуленің келу азимуты (Angle of Arrival, AoA), сәуленің түсу азимуты (Angle of Departure, AoD) және сигнал тарату кідірістері. Айырмашылығы теориялық және эмпирикалық модельдерден сәулелерді бақылау әдісі жоқ ысырапты есептеу үшін қарапайым өрнектерді алуға мүмкіндік береді.

Сәулелерді бақылау әдісін автор [16] бағалау үшін қолданған қалалық алаң жағдайында миллиметрлік толқындардың таралу әр түрлі модуляцияны қажет ететін геометриялық аймақтарды анықтау кодтық схемалар (Modulation and Coding Schemes, MCS).

Сәулелерді бақылауға негізделген модельдер алуға мүмкіндік бермейді алынған функция ретінде таралуды жоғалтуға арналған қарапайым өрнектер таратқыш пен қабылдағыш арасындағы Бұл қасиет пайдалануға мүмкіндік бермейді мұндай модельдерді орналастыруды Математикалық талдау үшін шақыру 5G NR су байланыс желілері. Алайда, мұндай модельдер өлшемдермен

бірге радиотолқындардың таралуы эмпирикалық тұжырымдауға мүмкіндік береді.

Эмпирикалық модельдердің құрылысы AP функциясын іздеуге негізделген кейбір зерттелген облада жүргізілген проксимациялық өлшеулер. Эмпирикалық модельдерді қолдану гео ұқсастығына негізделген қарастырылып отырған аймақтың метрикасы және жүргізілген геометрия өлшеу. Тео коэффициенттерін нақтылау анықтамалық тәсіл болып саналады таралуының ретикалық моделі, ол ізімен анықталады түрде:

$$L_{dB}(x) = 32.5 + 20 \log_{10}(x) + 20 \log_{10}(f), \quad (2.15)$$

мұндағы  $x$ -таратқыш пен қабылдағыш арасындағы километрдегі қашықтық,  $f$  МГц жиіліктегі тасымалдаушы. 3GPP TR 38.901 стандарты [19] Бірнеше эмпирикалық анықтайды миллиметрлік жиілік диапазонының толқындарына арналған модельдер. Негізгі айырмашылық модельдер арасында сценарийдің қарастырылған геометриясы жатыр. Қолданбалы зерттеулер көбінесе қалалық ға моделін пайдаланады пiona (Canyon-Street Urban Micro, UMi), ол келесідей ұсынылған өрнегімен:

$$L_{dB}(x) = 32.4 + 20 \log_{10}(x) + 20 \log_{10}(f), \quad (2.16)$$

және бұл Фриис моделіне сәйкес келеді.

(2.16) түріндегі Модель нәсілдердің жоғалуының орташа мәнін береді таратқыштан белгілі бір қашықтықта және келесіге дейін ескермейді және т. б. бұғаттау, сондай-ақ толық әсерлерін, сымсыз кіру желілерін математикалық зерттеулерде көбінесе сызықтардағы таралудың жоғалуын білдіретін модель қолданылады:

$$L(x) = A(x) - \gamma, \quad (2.17)$$

$$A = 10 - 2 \log_{10} fc + 3.24, \quad \gamma = 2.1. \quad (2.18)$$

## 2.4 Таратудың кластерлік моделі

5G NR байланыс жүйелері миллиметрмен жұмыс істейді деп күтілуде жиілік диапазонында антенналардың жоғары бағыты қолданылады таратушы және қабылдаушы тарапта. Байланысқа кіру үшін мұндай жүйелер сәулені іздеу алгоритмдерін қолдануы керек. Бұл үшін алгоритмдердің кейбіреулерінде таралудың орташа жоғалуы маңызды Таратқыштан қашықтық, ал мәні бойынша таралу жолдарының саны өзара әрекеттесетін құрылғылар мен олардың әр түрлі характеристика.

Орташа тарату модельдерінен басқа, 3GPP TR стандарты 38.901 [19] таратудың үш өлшемді кластерлік моделін анықтайды.

Бұл модель қабылданған қуат қуатты los жолын қоса алғанда, кластерлер деп аталатын қатардан түсетін және бірнеше шағылысқан компоненттер. Осылайша, байланыстыру моделі миллиметрлік жиілік диапазонының таралу ортасының ерекшелігін (i) сәуленің келу/шығу зениті (zenith of Arrival, zenith of Departure ZoA / ZoD) және сәуленің келу/шығу азимутымен (angle of Arrival, Angle of Departure, AOA / AoD) кластері, (ii) әр кластердің кідірісі және (iii) дейін әрбір кластер енгізетін қуат көзі. Алайда, модель құру кездейсоқ шамалардың күрделі функцияларын қамтиды, бұл оны қиындатады 5G NR байланыс желілерін қолданбалы талдауда қолдану.

Үш өлшемді кластерлік модельді автор [17] зерттеген. Көрсетілген: (i)  $\theta_i(x)$  кластері I,  $i = 2,3, \dots, N$ , мүмкін Лаплас үлестірімінің орташа мәні жақын, LoS зениттік және азимуттық бұрыштарымен сәйкес келетін және тұрақты дисперсия, (ii) I-ші кластердің қуаты логикалық қалыпты рас-қа бағынады алгоритм көмегімен бағалауға болатын параметрлермен шектеу, ұсынылған [19]:

$$f_{\theta_i}(y; x) = \frac{1}{2b_i(x)} e^{-\frac{|y-a_i(x)|}{b_i(x)}}, i=2,3,\dots, \quad (2.19)$$

$$f_{P_s}(y; x) = \frac{1}{y d_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{|\ln y - a_i(x)|}{2d^2}}, i=1,2,\dots, \quad (2.20)$$

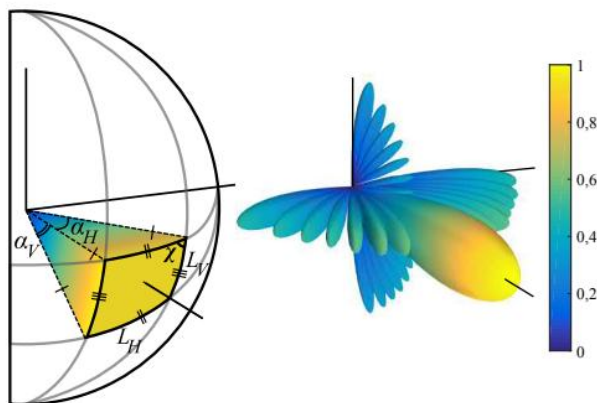
қайда  $a(i)(x)$ ,  $b(i)(x)$ ,  $c_i$ ,  $d_i$ ,  $i = 2,3, \dots, N$ -бөлу параметрлері. [17] Автор сонымен қатар  $a_i(x)$  класстер санына тәуелді емес екенін көрсетеді шұңқыр I және тек таратқыш пен қабылдағыш арасындағы қашықтыққа байланысты  $x$ . сонымен қатар, барлық кластерлер үшін ZoA орташа мәні сәйкес келеді Zoa LoS кластерінің тұрақты мәні. Өз кезегінде  $a_i(x)$ ,  $b_i(x)$  және  $c_i(x)$  қашықтыққа тәуелді емес және тек класстер нөміріне байланысты.

Үш өлшемді кластерлік модель контекстінде орташа бұрын қарастырылған модельдер идеалды програманы қамтиды сәулені іздеудің мәні. Өйткені, қабылданған қуаттың орташа мәні мұндай модельдермен ұсынылатын сәулелер ең көп сәулені таңдауды ескереді кез келген уақытта кластердің қуаты бойынша ескеріледі.

Фокустық диаграммалары бар антенна моделін қарастырыңыз беру бағытында да, қабылдау бағытында да одина бар Марков нысаны, бірақ әртүрлі тік және көлденең бағытталған. Мұндай модельдің мүмкін нұсқаларының бірі-PiKa моделі тік және көлденең анықталған ортаңғы аймақ ті бұрыштары,  $\alpha T$ ,  $V$  және  $\alpha T$ ,  $H$ . Бұл модель теориялық фокустық диаграммаларды абстракциялау, кейбір тұрақты антеннаның негізгі жапырақшасының қуаты. Айта кетейік, модель де бүйірлік және артқы жапырақшалардағы қуаттың жоғалуын ескермейді.

G антеннасының пайдасын анықтау үшін белгілі бір мәндерге ( $\alpha_V$ ,  $\alpha_H$ ) сәйкес келетін толқын фронты сфералық тіктөртбұрыштың ауданына тең, көрсетілген 2.1 - сурет бойынша Косинустың сфералық Заңын қолдана отырып, елестетіп көріңіз  $\cos \chi$  келесідей өрнектеледі:

$$\cos \chi = \frac{\cos(\frac{\pi}{2} - \frac{L_h}{2}) - \cos(\frac{\pi}{2} - \frac{L_h}{2})\cos(LV)}{\sin(\frac{\pi}{2} - \frac{L_h}{2})\sin(LV)} = \frac{\sin(\frac{L_h}{2})1 - \cos LV}{\cos(\frac{L_h}{2})1 - \sin LV} = \tan(\frac{L_h}{2})\tan(\frac{LV}{2})$$



2.1-сурет - Бағыттылық диаграммасының үш өлшемді моделі.

Естеріңізге сала кетейік, сфералық тіктөртбұрыштың төрттен бір бөлігі ( $\rho - \pi/2$ ), суретті қараңыз. 2.1, келесі өрнекке әкеледі:

$$\cos(\rho - \pi/2) = \tan(\frac{L_h}{2})\tan(\frac{LV}{2}) \quad (2.21)$$

мұндағы  $LH$  және  $LV$ -сфералық геодезиялық сызықтар.

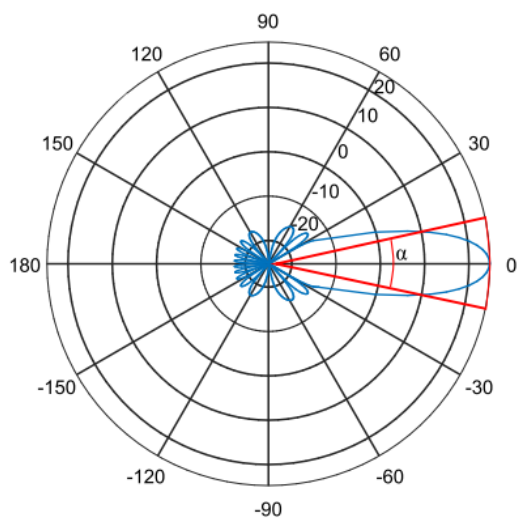
Сфералық геодезиялық сызықтар  $LH$  және  $LV$  бұрыштарға сәйкес келеді тиісінше  $\alpha_H$  және  $\alpha_V$  түзулігі. Тиісінше, сфераның ауданы тік төртбұрышқа тең:

$$S_A = 4 \arcsin(\tan(\frac{L_h}{2})\tan(\frac{LV}{2})) \quad (2.22)$$

Толқындық фронтындағы сәулелену қуатының тығыздығы  $PR = Ag - \zeta$  сияқты, антеннаның күшейту коэффициенті,  $G$ , сәйкес  $\alpha_V$  және  $\alpha_H$  бұрыштарын келесідей орнатуға болады:

$$G(\alpha_V, \alpha_H) = \frac{4\pi}{S_A} = \frac{\pi}{\arcsin(\tan(\frac{\alpha_V}{2})\tan(\frac{\alpha_H}{2}))}. \quad (2.23)$$





2.2-сурет - Бағыттылық диаграммасының екі өлшемді моделі.

## 2.5 Жеңілдетілген екі өлшемді модель

Үш өлшемді модельдің ерекше жағдайы деп аталады суретте көрсетілген антеннаның моделі  $G$  антеннасының пайдасын анықтау керек  $\alpha$  бұрышы бар бір жапырақ үшін.

Келесі  $R$  қашықтықта қуаттың спектрлік тығыздығын жазамыз белгіленген аумақтар түрде:

$$P_{rx} = \frac{P_{Tx}}{2\pi rh} \quad (2.24)$$

мұндағы  $S_A$ -алаңмен анықталатын толқын фронтының беткі ауданы сфералық сектордың беттері,  $h = r [1 - \cos(\alpha/2)]$ , мұндағы  $\alpha$ -бағытталған антеннаның басы болып келеді.

Екінші жағынан, тарату моделіне сәйкес жабық кеңістік (free-Space Path Loss, FSPL), қуат тығыздығы  $R$  қашықтықта келесідей жазуға болады:

$$P_{rx} = \frac{P_{Tx}}{S_A} = \frac{P_{Tx}}{2\pi rh} \quad (2.25)$$

бұл  $G$  антеннасын негізгі жапырақшасы үшін күшейту дегенді білдіреді жеңілдетілген конустың екі өлшемді моделі келесідей анықталады:

$$G = 2/(1 - \cos(\alpha/2)). \quad (2.26)$$

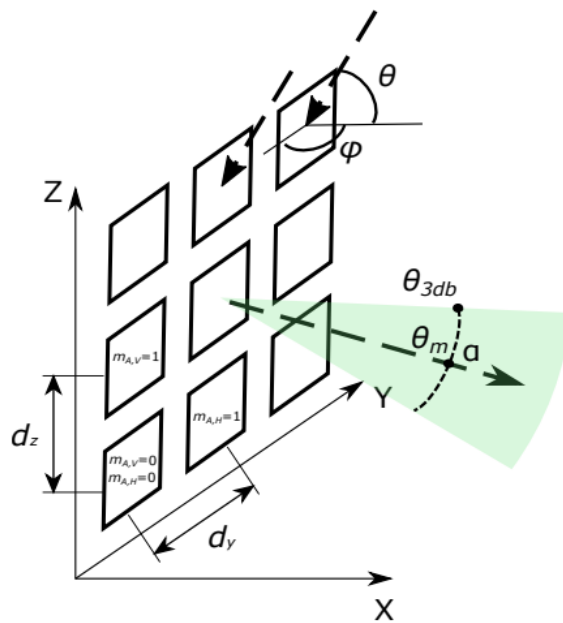
$A = 2\pi$  үшін, яғни мінсіз всен үшін оң жақ антенна,  $G = 1$  және  $S_A = 4\pi R^2$ , қалай және қалай болуы керек равномерном тарату. Антенна торларының параметрлерімен байланыс. Жоғарыда аталған екі модель параметрлік болуы

мүмкін екенін ескеріңіз антеннаның негізгі жапырақшасының бұрыштық бұрышы. Алайда, практикада, нақты антенна торлары үшін бұл бұрыш функция болып табылады антенна элементтерінің саны. Параметрлік процесті суреттеңіз үлгісі антенна торлар мысалында рассмотренном авторы [19].

$$AF(\theta, \beta) = \sin(N[\pi \cos(\theta) + \beta]/2) / \sin([\pi \cos(\theta) + \beta]/2), \quad (2.27)$$

мұндағы  $n$ -тордағы элементтердің жалпы саны,  $\beta$ -сәулелену бағыты,

$\theta$ -азимут. Болашақта  $\beta = 0$  деп есептейміз және олардың арасындағы қашықтықты аламыз көрші элементтер  $\lambda / 2$  – ге тең, мұндағы  $\lambda$ -толқын ұзындығы. Жарты қуат сәулесінің ені (Half-Power Beamwidth, HPBW) антенна торы,  $\alpha$ , элементтер санына пропорционал.



2.3 Сурет – Антенна торы мен оның параметрлерінің иллюстрациясы.

Жазықтық ретінде төмендегідей есептеледі.:

$$\alpha = 2|\theta - \theta_{3db}|, \quad (2.28)$$

мұндағы  $\theta_{3db}$ -қуаттың 3 дБ-ға төмендеуіне сәйкес келетін нүкте,  $\theta_m$  антенналық тордың максимумын қою. Соңғы параметр анықталады келесідей:

$$\theta = \arccos(-\beta/\pi). \quad (2.29)$$

$\beta = 0$  деп есептегенде, бізде  $\theta_m = \pi / 2$  болады. Жоғарғы және төменгі нүктелер қуаттың 3 дБ-ға азаюы ретінде анықталады.:

$$\theta_{3\pm db} = \arccos[-\beta \pm 2.782/(N\pi)]. \quad (2.30)$$

## 2.6 Антенна модельдерін қолдану

Жүйенің параметрлеріне байланысты әр түрлі пайдалануға болады антеннаның бағыттылық диаграммасының модельдері. Егер элементтер саны тік жазықтықтағы диаграмманы қалыптастыру өте аз (5G NR желілерін орналастырудың алғашқы кезеңдерінде не күтіледі) және дистанция құрылғылар арасындағы өзара әрекеттесу үлкен, жеңілдетілген екі өлшемді модель өте жақсы жуықтауды қамтамасыз етеді. Олай болмаған [11;12] көрсетілгендей жағдайда үш өлшемді мо пайдалану қажет. Қабылдағыштың сезімталдық диаграммасы ұқсас модельденеді осылайша.

Сондай-ақ, жоғарыда келтірілген барлық модельдер ескерілмейтінін ескеріңіз бүйірлік жапырақшаларға қуаттың жоғалуы. Алайда, бұл әсер жеткілікті тек үш өлшемді және екі өлшемді модельде ескеру керек, жоғалған қуат барлық бағытта біркелкі таралады, мен басты жапырақшамын. Мұндай модельдің бір нұсқасы деп аталады «конус плюс сфера» моделін автор [150] қарастырған.

Сәулені іздеу процедурасы байланыс жүйелерінің маңызды элементі болып табылады бағытталған антенналар. Жай-күйінің тұрақты өзгеруі салдарынан арна, сондай-ақ ықтимал жағдайды өзгерту АУ, бұл рәсім байланыс орнатылған кезде ғана емес, сонымен қатар орындалуы мерзімді түрде, мүмкін болатын ең жақсы ға қолдау үшін байланыс арнасының 3GPP стандарттары іздеу процедурасын нақты анықтамайды. Сәуле тек осы жерде қызмет көрсететін кадрларды анықтайды процесс бойынша болады. Осылайша, сәулені іздеу алгоритмі өз қалауы бойынша қалады жабдық өндірушілер. Кеңінен қолданылатын алгоритм ретінде көрсетуге болады келесі:

Бұл жағдайда ең тиімді конфигурация қабылданған сигнал деңгейі тұрғысынан PU орнатылады - NR БС Және де барлық қол жетімді конфигурацияларды іздеу. Бұл тәсілдің уақыт шығындары  $TS = NUNAd$  құрайды, мұндағы NU және NA - антенна торларының антенна элементтерінің саныАҚ және NR БС, ЖӘНЕ  $\delta$ -антенна конфигурациясының ауысу уақыты торлар.

Итеративті іздеу. Балама ретінде жиі қарастырылады процедуралардың көмегімен жүзеге асырылатын сәулені итеративті іздеу секторды іздеу және сектор шегінде одан әрі нақтылау. Бұл шешім, мысалы, IEEE 802.11 d стандартында, WiGig ретінде [13], онда таратқыш пен қабылдағыш іздейді.

Сәуле бөлек, екінші жағын барлық бағытта қолдануға мәжбүр етеді режимі. Атап айтқанда, таратқыш жағы па жібереді .Маяк антенна торының барлық мүмкін конфигурациялары арқылы, қабылдағыш қабылданған сигналдың деңгейін өлшейді всенаправленном режимінде. Екінші кезеңде бұл рөлдер өзгереді . Уақыт шығындары  $TS = (NU + NA)\delta$  құрайды.

Антенна торын ауыстыру уақыты  $\delta$  негізгі жұп болып табылады метр, ол іске асыруға байланысты және микроға байланысты өзгеруі мүмкін миллисекундқа дейін секунд. Мысалы, IEEE 802.11 ad (WiGig) мәні бойынша  $\delta$  -

1 мс [13]. Мұнда  $n_a = 64$  типтік мәндерін қабылдау және  $NU = 4$ , TS толық және итеративті іздеу үшін 4 мс және 0,41 мс құрайды, тиісінше.

Толық іздеу әдісі мен итеративті әдістерден басқа, бар иерархиялық Алгоритмдер қатары [14]. Иерархиялық іздеу кезінде код антенна торының кітаптары әртүрлі нұсқаларды ғана емес сәуленің ені, сонымен қатар сәуленің енінің бірнеше конфигурациясы. Қашан басталса сканерлеу процедурасы қолданылады, массив бастапқыда конфигурацияға байланысты ең кең садақпен. Ең кең конфигурация табылған кезде сәуле, массив итерацияны орындай отырып, төменгі «қабатқа» ауысады белгіленген шешім бағытында іздеу. Иерархиялық күрделілік іздеу байланысты ең аз сәуленің енінің «қабаттарының» санынан күрделілігі  $(\log_2(N)) \log_2$  үшін  $(N)$  қабаттар.

## 2.7 NR базалық станциясының негізгі қызмет моделі

Байланыс желілерінің компоненттерін модельдеу әдістеріне шолу негізінде 5G NR бұл бөлімде процесті модельдеу әдісі ұсынылады NR БС кіру нүктесінің трафигіне ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ. Ұсынылды бұл әдіс неғұрлым күрделі модельдердің негізін қалайды, соның негізінде ұсынылған алгоритмдер мен сапаны арттыру әдістеріне талдау жасалады жұмыстың келесі бөлімдерінде абоненттерге қызмет көрсету.

Кейбір минималды бөлінбейтін бірлік бар деп саналады мысалы, ең төменгі өлшемге сәйкес келетін  $\Delta$  өлшемнің 5G NR технологиясындағы бастапқы ресурстық блоктың RU. Өтінім түседі жүйеге Пуассонның стационарлық процесіне сәйкес қарқындылықпен  $\lambda$ . Өтінімге қызмет көрсету уақыты параметрмен экспоненциалды түрде бөлінген  $\mu$ . Ресурстарға сұраныс бірдей тәуелсіз бөлінген кездейсоқ шамалар, олар да тәуелді емес қабылдау және қызмет көрсету процестері және бөлу функциясымен анықталады. Дискретті құрылымы бар  $FR(x)$ ,  $x > 0$  ықтималдықтарының PM,  $m \geq 0$  бөлу қатарымен. Егер өтінім жүйеге келгеннен кейін болмаса оның талаптарын қанағаттандыру үшін жеткілікті ресурстар, содан кейін келіп түскен өтінішке қызмет көрсетуден бас тартады. Айта кетейік, аталған СМО кездейсоқ сұраулары бар ресурстық жалпы класының ерекше жағдайы ресурстарға [15-17].

Ұсынылған СМО-дағы ресурстарға қойылатын талаптар тұрақты болып қалмайды қызмет көрсетудің барлық уақыты ішінде. Әрбір өтінім, ол Пуассон ағынымен байланысты жүйеде қызмет көрсету қарқындылығы  $\alpha$  болатын сигналдар. Сигнал келген кезде өтінім босатады барлық бос ресурстар және жасайды жаңа талап ресурстарға бірдей ықтималдылықты бөлу арқылы  $FR(x)$ ,  $x > 0$  және жаңа ко алуға тырысады ресурстар. Егер ресурстарға қойылатын жаңа талаптардың көлемі асып кетсе жүйедегі бос емес ресурстардың саны, өтінім бұғатталады (төгіледі).

Сипатталған процедура негізгі ерекшеліктердің бірін ескеруге арналған 5G байланыс жүйесінің NR -блогымен байланысты АҚкүйінің өзгеруі NR БС және АҚ арасындағы сигналдың таралу жолдарын белгілеу. Ретінде тарату

модельдері орташа үлестіру моделін қолдануға болады кезбе немесе кластерлік үлестіру моделі. Сценарийлер ретінде кейбір қамту радиусы бар NR БС қарастыруға болады,  $dE$ , және қалай стационарлық немесе дви өрісіндегі стационарлық және мобильді абоненттер бөгеіштердің. Стационарлық абоненттер жағдайында және стационарлық блокаторлар қосымша ақ процесс қажеттілігі АҚ с күйін өзгерту процесін білдіретін бұғатталған блокировкасы жоғалады.

Ұсынылған модельді параметрлеу үшін мыналарды анықтау қажет келесі параметрлер: (i) берілген сәуле үшін NR БС қамту аймағы сондай-ақ тарату және қабылдау антенналарының конфигурациясы,  $dE$ , (ii) ФРВ жаңа сессияның NR БС-тен сұралған ресурстар саны ол,  $FR(x)$  және (iii) АҚ күйінің өзгеру қарқындылығы,  $\alpha$ . Айта кетейік, бұл тәсіл сымсыз ыңғайлы абстракцияны қолдануға мүмкіндік береді жүйенің құрамдас бөлігі оны үш параметрмен алмастырады. Әдістері, көрсетілген параметрлерді алу үшін осы бөлімде әрі қарай қарастырылады.

Оператор үшін негізгі жүйелік өнімділік параметрлерінен бос емес ресурстардың орташа саны. Қызмет көрсету сипаттамаларына абоненттердің өмір сүруі си-ға түскен өтінімді жоғалту ықтималдығын қамтиды қызмет көрсетуге қабылданған өтінімді жоғалту ықтималдығы.

Енгізілген QS моделін талдау тәсілі қосымша талап етеді түсіндірмелер. Біріншіден, ҚМҰ-ның толық сипаттамасы мыналарды қажет етеді шексіз өлшемді Марков процесін құру. Себебі қызмет көрсетуге қабылданған барлық өтінімдердің мөлшерін бақылау қажеттілігі олар жүйеден шыққанға дейін және бос емес адамды босатқанға дейін өмір сүру олар ресурстардың көлемі. Өлшемді қысқартудың мүмкін нұсқаларының бірі қарастырылып отырған процестің мәні минималды шектеуден тұрады жүйеде бір өтінім алатын ресурстар көлемі. Шын мәнінде, кезінде жүйеге кіретін өтінімдер талап ететін кейбір жылдамдық сұрау салынатын ресурстардың кейбір ең аз көлемі демек, ресурстардың кез-келген берілген мөлшерімен жүйеде өтінімдер саны шектеулі болады. Алайда, бұл тәсіл шектеулі ұсынылған модельдің икемділігі жүйені қарастыруға мүмкіндік бермейді қол жетімді ресурстардың үлкен көлемі және/немесе аз минималды көлемсұрау салынған ресурстарды бір өтініммен.

Ұсынылған QS үшін біз күйлерді біріктіру әдісін қолданамыз ТМО-да өте кең таралған. Оған сәйкес, Саны әрбір өтінім алған ресурстар тікелей бақыланбайды. Мұны біз барлық мәлімдемелермен айналысатын ресурстардың жалпы көлемін ғана байқаймыз жүйесінде. Енгізілген жеңілдету өлшемді айтарлықтай төмендетеді.

Марков процесі екі айнымалымен шектелуге мүмкіндік береді жүйедегі өтінімдер және жұмыспен қамтылған ресурстардың жалпы көлемі. Алайда, кезінде процестің бұл сипаттамасында ресурстар санының нақты мәні белгісіз, өтініш жүйеден шыққан кезде немесе АҚ күйінің өзгеру сигналының түсуі. Анықтау үшін өтінім жүйеден шыққан кезде босатылатын ресурстар ұсынылады пайдалану тәсіл негізінде теоремалары Байеса. Бұл тәсілге сәйкес егер жүйеде  $N$

өтінімдер  $m$  ресурстарын алса, онда өтінім кеткен кезде ол  $i$  ресурстарды жүйеден шығарады:

$$\frac{p_i p_{m-i}^{(n-1)}}{p_m^n} \quad (2.31)$$

мұндағы  $p_m^n$  өтінімдердің  $m$  ресурстарын алу ықтималдығын білдіреді және жинақтау формуласы бойынша бағалануы мүмкін:

$$p_m^n = \sum p_i p_{m-i}^{n-1} \quad n > 2. \quad (2.32)$$

мұнда, анықтамасы бойынша,  $p_m^1 = p_m$ ,  $m > 0$ .

Өзгеру сигналы келіп түскен кезде ресурстарды қайта бөлу АУ-ның тұруы да осылай орындалады. Егер өтінімдердің  $N$  жүйеде болса олар  $m$  ресурстарын алады, содан кейін  $I$  ресурс сигналын алған кезде ықтималдықпен беріледі

$$\frac{p_i p_{m-i}^{(n-1)}}{p_m^n} \quad (2.33)$$

Осылайша, түскеннен кейін  $N$  өтінім сигналдары  $k$  ресурстарын ықтималдылықпен алады

$p_i p_{m-i}^{n-1} p_{k-m+i} / p_m^n, k < M$  және ықтималдықпен  $p_i p_{m-i}^{n-1}$  жаңа қажеттіліктер ресурстардағы өтінімдер орындала алмайды және қызмет көрсету, төгіледі.

Нормалау шартымен  $m_0$  теңгерімінің теңдеулер жүйесін толықтыра отырып қол жетімді әдістердің кез-келгенін қолдана отырып, сандық түрде шешілуі керек сызықтық теңдеулер жүйесін құру. Генераторда екенін ескеріңіз.

Марков процесі  $X(t)$  мемлекеттер арасындағы барлық ауысулар орын алады. Бір  $SN$  қосалқы күйінің күйлері арасында немесе күйлер арасында  $SN$  және  $Sn-1$  аралас қосалқы күйлер. Стационарлық ықтималдылықты қолдана отырып, негізгі мәндерді бағалауға болады жүйе өнімділігінің көрсеткіштері:

Енгізілген QS моделін параметрлеу үшін сізге келесі параметрлерді бөліңіз: (i) осы үшін NR БС қамту аймағы мен шығаратын қуатты, сондай-ақ таратушы және қабылдайтын конфигурацияларды қабылдаймын NR БС-тен сұралатын ресурстар санының  $dE$ , (ii) ФРВ антеннасы жаңа сессия,  $FR(x)$  және (iii) АҚ күйінің өзгеру қарқындылығы,  $\alpha$ . Бұл бөлімде осы параметрлерді алуға мүмкіндік беретін модельдер берілген.



### 3 5G NR қол жеткізу желілерінде абоненттерге қызмет көрсету сипаттамаларын жақсарту әдістері: ресурстарды резервтеу

#### 3.1 Блоктау, тарату және антенналар модельдері

Ол тіпті құлыптау жағдайында да байланысты жоғалтпайды, яғни, R қашықтықта кейбір модуляциялық-кодтық схема бар NR үшін анықталған [19]. R не болуы мүмкін екенін ескеріңіз тарату моделін қолдана отырып бағаланған немесе орнатылғантабиғи өлшемдер, мысалы, табиғи ғимараттар осылайша, NR БС қамту аймағын шектеңіз.



3.1-сурет - Ресурстарды резервтеу талдау үшін үлгі.

Ортаның динамикалық құлыпталуын қарастырыңыз, 3.1. суретті қараңыз. Жаяу жүргіншілерге сәйкес жүру керек 2-бөлімде анықталған RDM қозғалыс моделі, алайда, ак ішінде сессияда абонент қозғалыссыз деп саналады. Тиісінше, про блоктау цессі 2-бөлімде анықталған модельмен сипатталады. Ағын шекара арқылы жаяу жүргіншілер тұрақты болып саналады. Жаяу жүргіншілер модельдері биіктігі  $hV$  және радиусы  $rV$  болатын цилиндрлер сияқты.

Антенналарды күшейту және АҚ көрсетілген модельге сәйкес есептеледі.

Бұл бөлімде біз көрші NR БС кедергісін қолданамыз кедергі шекарасы  $M$ . Жұмыс істейтін жүйелердегі соңғы кедергілер туралы зерттеулер автор

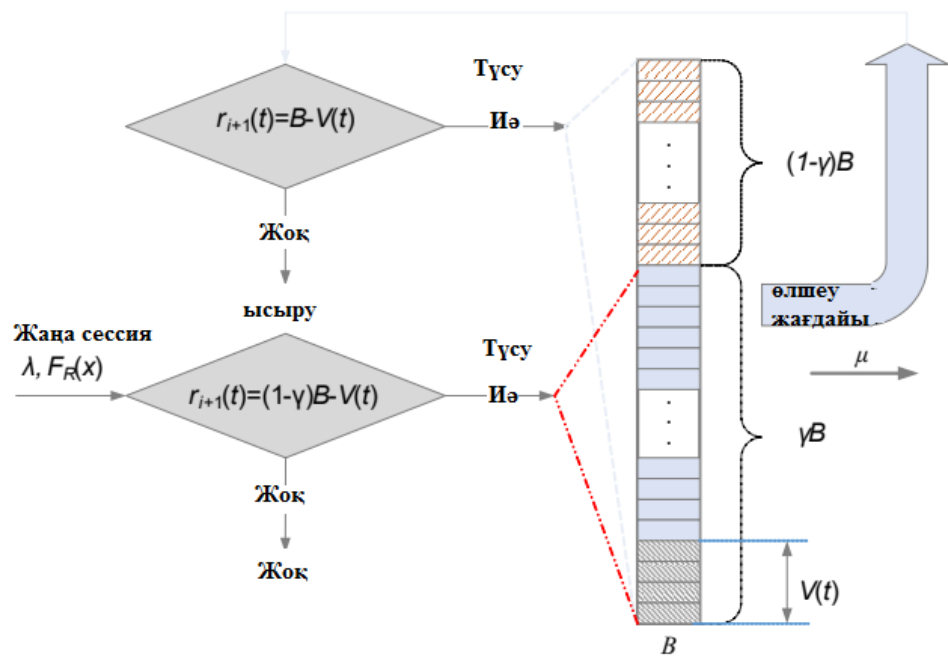
жүргізген миллиметрлік жиілік диапазонында [1;11;12], а сондай-ақ, тар диаграммаларды қолдану бағытталғанын көрсетті NR жүйелеріндегі таратушы және қабылдаушы тараптардағы да, микротолқындармен салыстырғанда желінің жалпы кедергісін айтарлықтай төмендетеді жаңа LTE жүйелері. Алайда, кейінірек кедергі болса да, бұл БС тығыздығы айтарлықтай болған кезде 5G NR кіру желілерін орналастыру өседі, әрі қарай ұсынылған талдау тәсілі өзгеріссіз қалады.

Шынында да, кедергі OSHP-ге теріс әсер етеді, сондықтан, балдың қамту радиусы кішірейеді. Осылайша, барлық АҚ R радиус шеңберінде орналасқан, брондау әдісіне сене алады ресурстар, ал сыртқы АҚ пайдалану қажет басқа ХБ-мысалы, көп сөйлесу сияқты ханизмдер егжей-тегжейлі қарастырылады 5-бөлімде.

Қабылдаудың кеңістіктік қарқындылығы сессиялар-шаршы метрге  $\lambda$  сессия. Белсенді АҚ саны NR БС қамту аймағы Пуассонды орташа мәнмен таратуы керек  $\lambda \lambda t^2$ . Әр Белсенді абоненттің позициясы біркелкі бөлінген қамту аймағының шегінде. Сессияның ұзақтығы экспоненциалды түрде  $\mu$  параметрімен бөлінген. Әрбір кіретін сессия біраз талап етеді ФРВ бар ресурстар саны FR (x),  $x > 0$ . Қаралады неэластичный трафик. Төменде ұсынылған әдісті келесіге кеңейтуге болатындығын ескеріңіз  $f_{rv}$  ресурстарға сұранысы бар сессиялардың бірнеше түрлері,  $FR_i(x)$ . Есептеу Ресурстарға сұраныс ФРВ-да қарастырылған әдіске сәйкес жасалады

Әрбір NR БС-де В ресурстары бар деп болжанады бастапқы ресурстық блоктарда өлшенеді (Primary Resource Block, PRB). Осы ресурстардың тек бөлігі,  $B_0 = \gamma B$ ,  $\gamma \in (0,1)$ , жаңалары үшін қол жетімді сессиялар. Бұл ретте, ресурстардың барлық көлемі сессияларға ұсынылады қызмет көрсетуге арналған.  $B - B_0 = B(1-\gamma)$  айырмашылығы қорғаныс деп аталады NR БС-де сақталған сыйымдылық. Жүйе келесідей жұмыс істейді деп болжанады, 4.2. суретті қараңыз.  $V(t)$ ,  $T > 0$  болсын, NR БС ресурстарының саны уақыт t. жаңа сессия жүйеге қабылданады, егер кеткендердің саны  $\max(B_0 - V(t), 0)$  ресурстары талаптарды қанағаттандыру үшін жеткілікті ФРВ-дан алынған кіріс сұрау ресурстарына,  $re$ -дегі FR(x) сұраныс. Әйтпесе, жаңа сессия қызметке қабылданбайды.

Қызмет көрсетуге қабылданғаннан кейін сес байланысты АҚ жағдайы- бұл құлыптан оқшауланбағанға және керісінше өзгеруі мүмкін оның экспоненциалды бөлінген ұзақтығы кезінде. АҚ күйі өзгерген кезде, сессия ресурстарына қойылатын талаптар тағы да FR(x) үлестірімінен таңдалады. Енді бұл сессия қаралды ол «қайтарылған» сияқты, және әр қайтарылған кезде оған барлық бассейн қол жетімді қызмет көрсету кезінде Сессия үзілген (тасталған) болып саналады. Егер сұралатын ресурстар саны оның кез келген «қайтарымында» болса»  $\max(B - V(t), 0)$  асады. Сессия қызмет аяқталғаннан кейін немесе техникалық қызмет көрсету кезінде қалпына келтіріледі, жүйе жалпы көлемді азайтады мен осы сессияға бөлінген ресурстар санына бос емес ресурстарды жеймін.



3.2 Сурет – Қызмет көрсету жүйесінің иллюстрациясы.

ПО мәні неғұрлым төмен болса, соғұрлым жақсы жүйеде сессияларға қызмет көрсетудің үздіксіздігі және, демек, тақырыптар дежнее үдеріс-қызмет көрсету. Тағы бір сипаттамасы келіп түскен (жаңа) сессияны қалпына келтіру ықтималдығы,  $\pi N$ . Екі ықтималдық жоғарыда келтірілген жүйелік параметрлердің функцияларымен және осы екі сипаттаманың арасында тіршілік иесі болуы керек деп күтуге болады алмасу қатынасы.

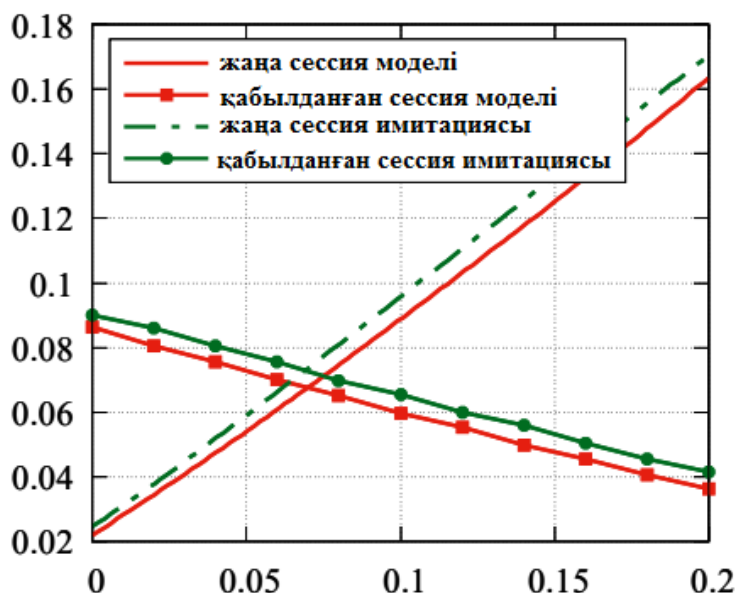
Сондай-ақ, біз  $\gamma$  ресурстарды пайдалану коэффициентіне әсерін зерттейміз, айқындалатын келесі:

$$U = \lim_{t \rightarrow \infty} V(t)B \quad (3.1)$$

мұндағы  $V(t)$  - жұмыспен қамтылған ресурстардың ағымдағы көлемі,  $B$  - жүйесі.

### 3.2 Модельдің дәлдігін бағалау

Жаңа сессиялардың және қабылданған сессиялардың қалпына келу ықтималдығын салыстыру әзірленген математикалық мо көмегімен алынған қызмет көрсету Дели және компьютерлік модельдеу, үшін  $\lambda = 1.15 \times 10^{-7}$  блокаторлардың қарқындылығы  $\lambda B = 0,04$  және орташа жылдамдығы сессия  $E[R] = 10$  Мбит/с. өйткені сенімді интервалдар әрқашан 0,01 сәйкес абсолютті мәннен аз болды маңыздылық деңгейі үшін 0,95-ке тең, мұнда тек нүктелер көрсетілген

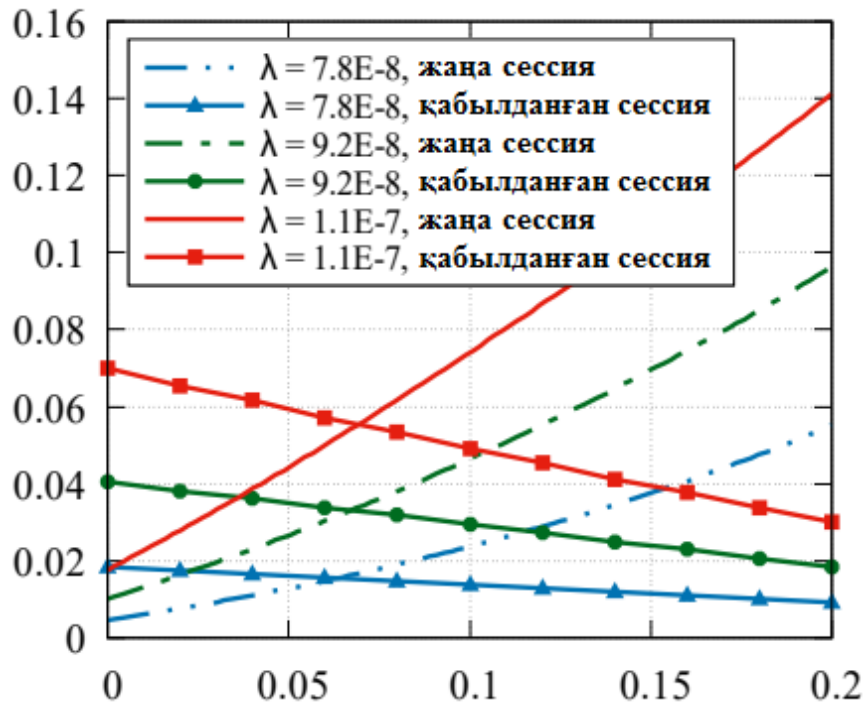


3.3 Сурет – Аналитикалық және имитациялық модельдерді салыстыру

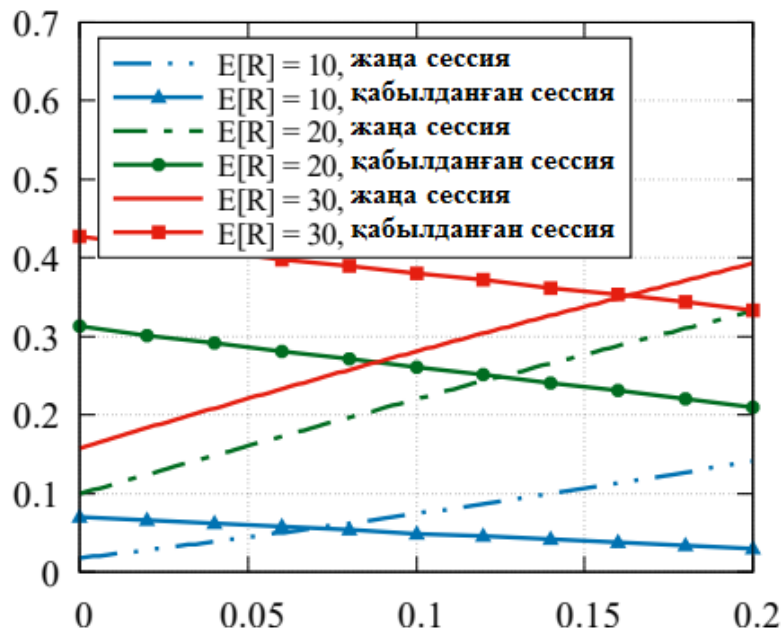
Зерттелетін сипаттамаларды бағалау. Көріп отырғаныңыздай, бұл сәнлиризация талдау нәтижелерімен жақсы үйлеседі. Ұқсас жүйенің басқа параметрлері үшін, сондай-ақ ресурстарды пайдалану тиімді.

### 3.3 Қызмет көрсету сипаттамаларын бағалау

Алдымен біз қолданушыға бағытталған нәрсеге назар аударамыз- жаңа сессияны және сессияны қалпына келтіру мүмкіндігін қоса алғанда, қызмет көрсетуге қабылданған. Бұл бөлімде система жауабын салыстыру үшін біз  $n_B$  БС-де  $32 \times 4$  антенналық торды қарастырамыз, беріліс қуаты 2 Вт, бұл 355 М тиімді жабуға сәйкес келеді.



3.4-сурет -  $\gamma$  функциясы ретінде сессиясының қалпына келтіру ықтималдығы.



3.5-сурет -  $\gamma$  функциясы ретінде сессиясының қалпына келтіру ықтималдығы.

Жаңа сессияны және қызмет көрсетуге қабылданған сессияны тастау ықтималдығы резервтелген ресурстардың үлесіне байланысты, сурет суретте көрсетілген. 4.5 сессия жылдамдығы үшін 10 Мбит / с және блокаторлардың қарқындылығы үшін 0,04 блок шаршы метр.  $\Gamma$  қалпына келтіру ықтималдығына

әсерін талдау Үлкен мәндер  $\gamma$  оң әсер ететінін байқауға болады ағымдағы сессияны қалпына келтіру ықтималдығына. Күтілгендей, бұл туралы қарастырылатын Ықтималдықтар мен Ықтималдықтар арасындағы ресурстарды резервтеу әдісін пайдалану барлық адамдар үшін айқын сессиялардың түсу қарқындылығы қарастырылды. Атап өту маңызды, бұл қызмет көрсетуге қабылданған сессияны тастау ықтималдығына оң әсер етеді өмір сүру, сессиялардың түсу қарқындылығының артуымен артады. Осылайша, ұсынылған әдіс артық жүктеме жағдайында жақсы жұмыс істейді кі, бұл 5G NR қатынау желісінің операторлары үшін өте маңызды. Әрі қарай, көрсетілген сеанстардың берілу жылдамдығының әсерін қарастырыңыз.

Бірнеше маңызды әсерлерге назар аударыңыз. Біріншіден, ұлғайту сеанстардың жылдамдығы екеуіне де теріс әсер етуі мүмкін. Негізгі себеп жоғары жылдамдығы бұл жүйеде жаңа ресурстар болған кезде пайдаланылмаған көп ресурстарды қалдырады немесе ағымдағы сессия ресурстардың жетіспеушілігіне байланысты қалпына келтіріледі. Екіншіден, және, ең бастысы, ресурстарды резервтеудің артықшылықтары артып келеді сессияның өсіп келе жатқан жылдамдығына жауап ретінде. Атап айтқанда, 10 сессиясының жылдамдығы үшін Мбит / с уменш қызметіне қабылданған сессияны жоғалту ықтималдығы  $\gamma = 1$  үшін шамамен 0,42-ден  $\gamma = 0,8$  үшін шамамен 0,33-ке дейін.

Жылдамдықтың бірдей мәндерінде  $R = 10$  Мбит/с жақсармайды. Сондықтан брондау әдісі деп қорытынды жасауға болады ресурстар әсіресе СҚО-ға жоғары талаптары бар сессиялар үшін пайдалы деректер. Мұндай сессияларға қызмет көрсету негізгі болып табылады Іуи болашақ 5G NR кіру желілері.

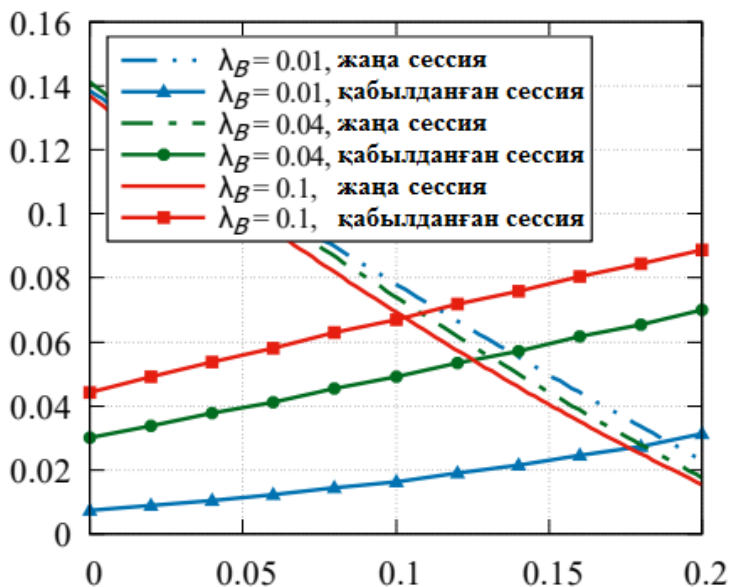
Бұғаттау құбылысы өндірушіге айтарлықтай әсер ететіні белгілі 5G NR қол жеткізу желілерінің 3.6 суреттен қарқындылықтың әсерін көрсетеді жаңа сессияны және об-ға қабылданған сессияны тастау ықтималдығына блокаторларды сессия жылдамдығы 10 Мбит / с және түсу қарқындылығы үшін қызмет ету  $1,1 \times 10^{-7}$  сессия бір шаршы метрге сессия. Біріншіден, сіз көре аласыз қызмет көрсету кезінде қабылданған сессияны тастау ықтималдығы арасындағы үлкен айырмашылық блокаторлардың әртүрлі қарқындылығына сәйкес өмір сүру. Болжамды түсімдердің нақты, көрсетілген ықтималдық 0,03-тен 0,8-ге дейін артады. Тиісті жаңа сессияны тастау ықтималдығындағы айырмашылық әлдеқайда аз және  $\gamma$  мәндерінің барлық қарастырылған диапазонында 0,01-ден аспайды. Түсініктеме өзгерістің жоғары қарқындылығымен түсіндіріледі АУ-дағы түйіндер блокаторлардың тығыздығының жоғары мәндерінен туындайды.

Демек, сессияға қызмет көрсету кезіндегі күй өзгерістерінің саны өсіп келеді, бұл қабылданған сессияны қалпына келтіру ықтималдығының артуына әкеледі қызмет көрсетуге. Назар аударыңыз, бұл сапалы мінез-құлық.

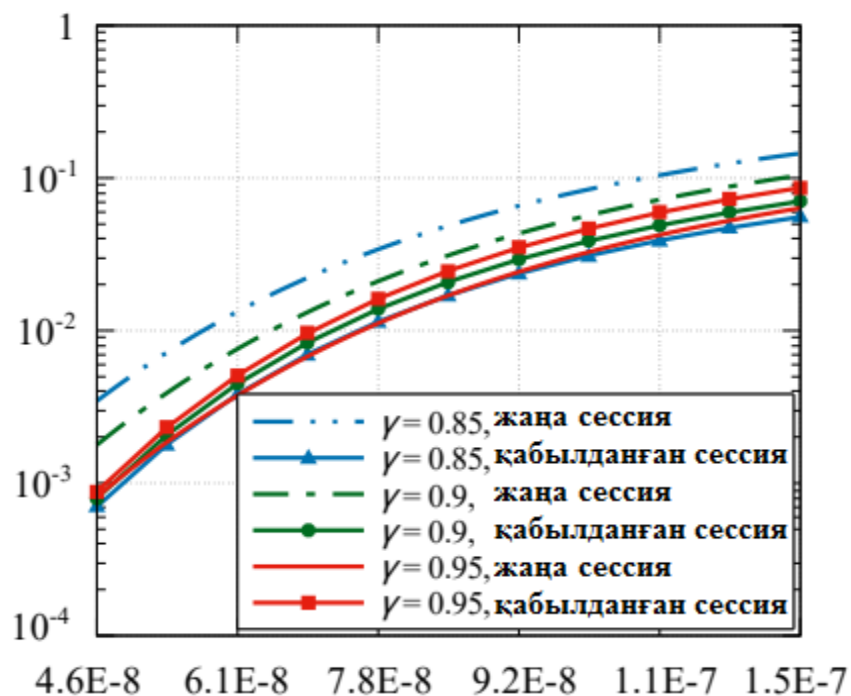
Ықтималдықтар қарастырылған барлық мәндер үшін бірдей болып қалады блокаторлардың тенсивтілігі.

Ресурстарды резервтеу әдісі әсіресе пайдалы екенін анықтағаннан кейін жоғары жүктемелер, кіріс қарқындылығының әсерін толығырақ қарастырыңыз

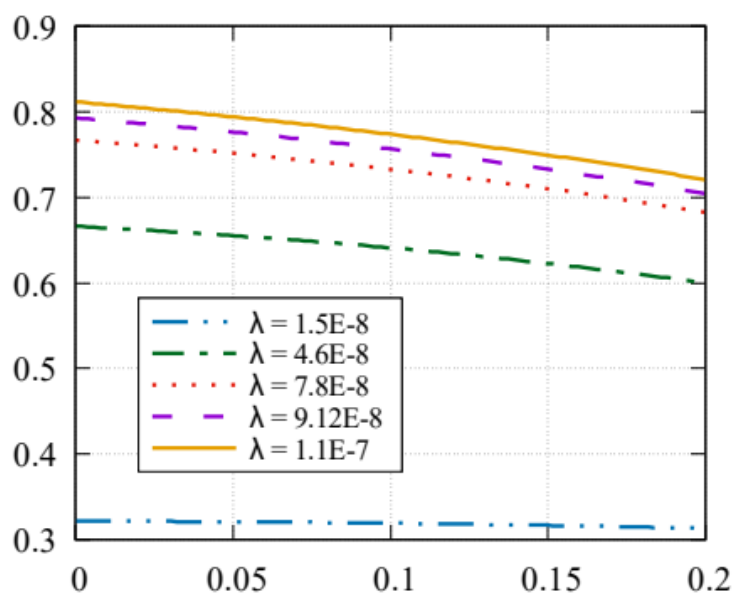
суретте көрсетілген сессиялар. Қалпына келтіру ықтималдығы ретінде күтілуде жаңа сессия, сондай-ақ қызмет көрсетуге қабылданған сессиялар өсуі  $\lambda$ . Қабылдаудың салыстырмалы түрде төмен қарқындылығымен сіз ағымдағы сессияны қалпына келтіру ықтималдығы бірдей екенін байқаңыз әр түрлі мәндер  $\gamma$ . Алайда,  $\lambda$  өсуімен IP-дегі өзгерістерді байқауға болады келесі ықтималдық. Сапалы, ұқсас мінез-құлық байқалады және жаңа сессияны қалпына келтіру ықтималдығы үшін. Алайда қисықтар арасындағы қашықтық, әр түрлі мәндерге сәйкес келетін  $\gamma$ , әдетте үлкенірек.



3.6-сурет -  $\gamma$  функциясы ретінде жаңа сессиялардың қалпына келтіру ықтималдығы.



3.7-сурет -  $\lambda$  функциясы ретінде сессияларды қалпына келтіру ықтималдығы.



3.8-сурет - Жүйенің ресурстарын пайдалану коэффициенті.

Жаңа сессияны қалпына келтіру ықтималдығы үшін. Алайда қисықтар арасындағы қашықтық, әр түрлі мәндерге сәйкес келетін  $\gamma$ , әдетте үлкенірек.



### 3.4 Жүйенің өнімділігін бағалау

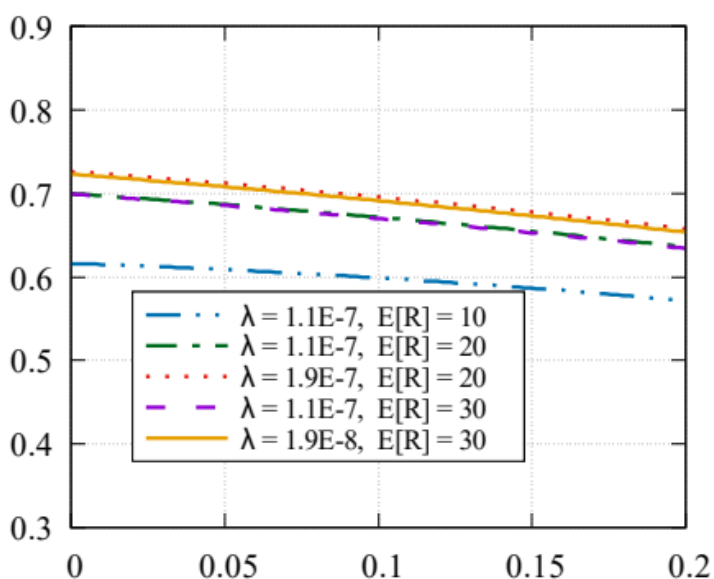
Анықтама бойынша ресурстарды резервтеудің ұсынылған әдісі харак арасындағы алмасу қатынасын пайдалануға арналған пайдаланушыға ұсынылатын қызмет көрсету, атап айтқанда, жаңа сессияларды және қызмет көрсетуге қабылданған сессияларды қалпына келтіру ықтималдығы.

Алайда, об-ға қабылданған сессиялар үшін ресурстардың бір бөлігін резервтеу қызмет көрсету пайдалану коэффициентінің төмендеуіне әкелуі мүмкін ресурстар жүйесі. Осы сипаттаманы зерттеуді бастайық.

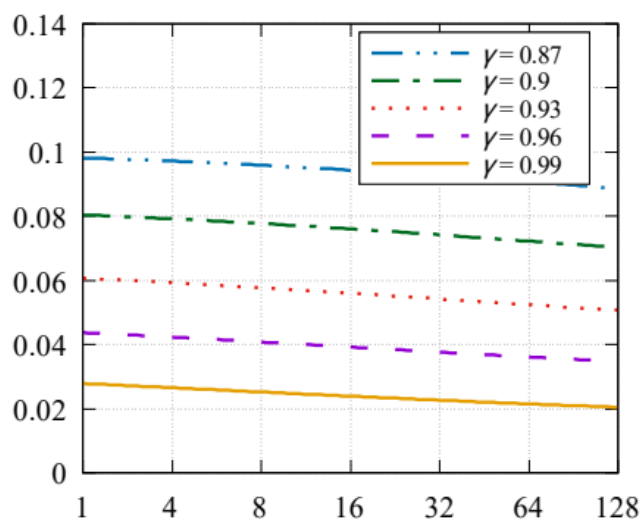
Ресурстарды пайдалану коэффициенті система,  $\lambda$ , суретте көрсетілген. 4.9 жақында орташа үшін сессиялар 10 Мбит / с және блокаторлардың қарқындылығы 0,04 блокаторлар кваджауынгерлік метр. Әлбетте,  $\lambda$  өсуімен жүйелік ресурстарды қолдану үкі қарастырылып отырған  $\gamma$  мәндерінің барлық диапазонында артады. Бірақ ресурстарды пайдалану шынымен өсумен бірге азаяды мәндер  $(1-\gamma)$ ,  $\gamma = 0,8$  және  $\gamma = 1$  арасындағы айырмашылық сәйкес келмейді. Атап айтқанда,  $\lambda$  төменгі мәндерінде, мысалы,  $1,5 \times 10^{-8}$  ресурстарды пайдалану іс жүзінде өзгеріссіз қалады жәнешамамен 0,3  $\gamma$  үшін (0,8, 1). Жоғары мәндер үшін сессияларды қабылдау жылдамдығы, мысалы,  $1,1 \times 10^{-7}$ , қайда брондау ресурстар үлкен пайда әкеледі, суретті қараңыз. 4.8. коэф мәні-ресурстарды пайдалану коэффициенті  $\gamma = 1$  үшін 0,81 және 0,73 үшін  $\gamma = 0,8$ .

Бұл жүйелік сипаттың аздап нашарлауы қызметке қабылданған сессиялардың мінез-құлқымен түсіндіріледі, өзгерістер нәтижесінде резервтелген ресурстарды. Қорытындылай келе, брондау функциясын қолдануресурстар пайдаланушыға бағытталған жақсартуды ұсынады-

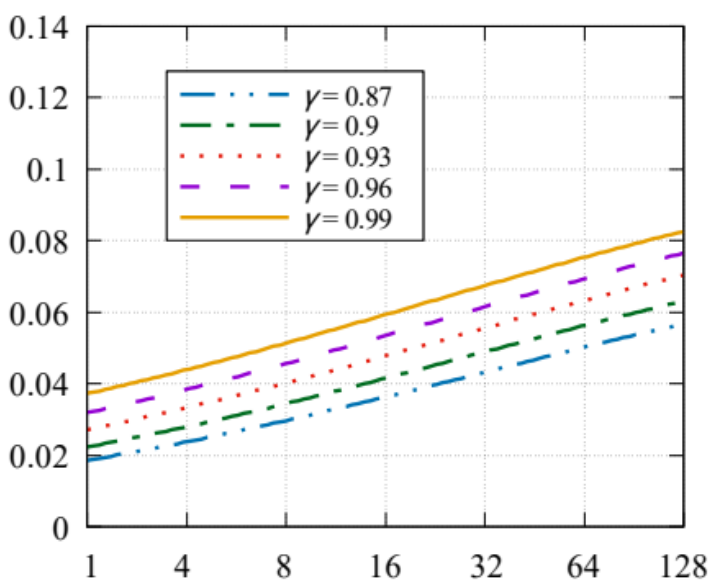
АЖ коэффициентінің аздап төмендеуі есебінен қызмет көрсету жүйенің ресурстарын пайдалану.



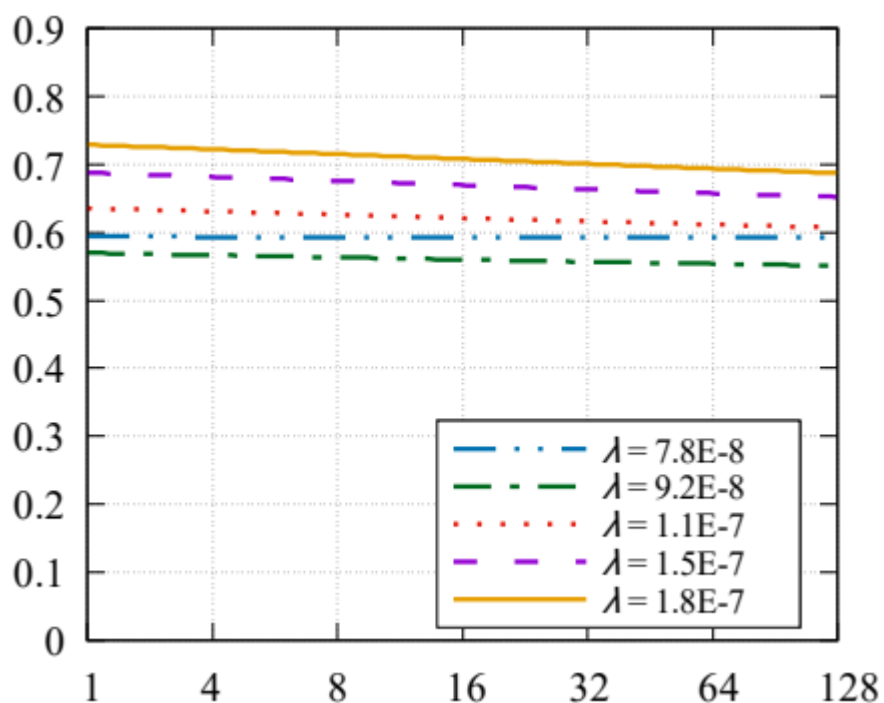
3.9-сурет - Жүйе ресурстарын пайдалану коэффициенті.



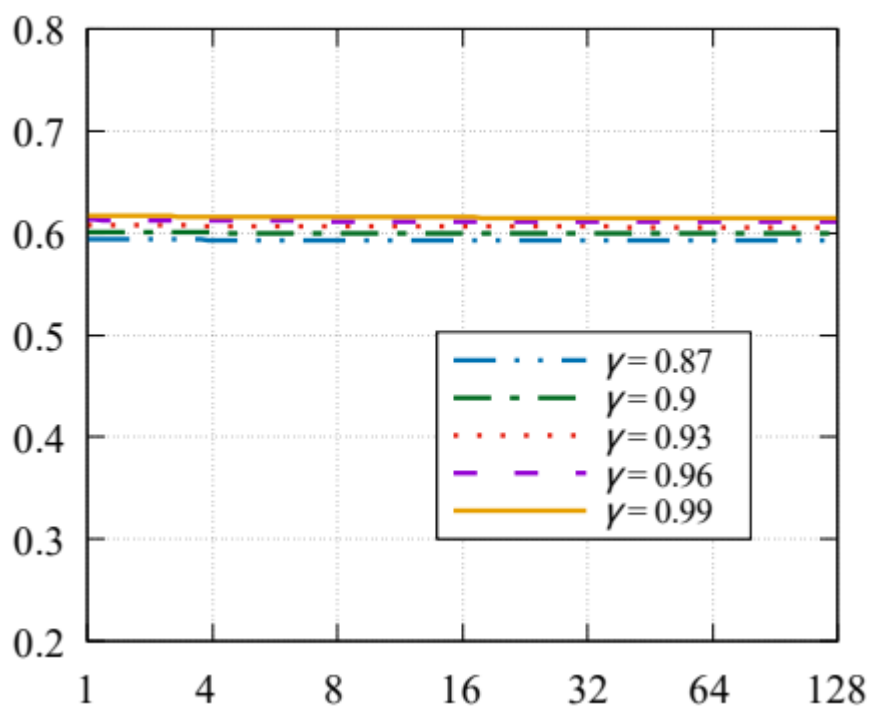
3.10-сурет -  $\gamma$  функциясы ретінде жаңа сессияны қалпына келтіру ықтималдығы.



3.11-сурет -  $\gamma$  функциясы ретінде қабылданған сессияларды қалпына келтіру ықтималдығы.



3.12-сурет - Жүйе ресурстарын пайдалану коэффициенті.



3.13-сурет - Жүйе ресурстарын пайдалану коэффициенті.

3.12 Суретте көрсетілгендей сессия жылдамдығы үшін 10 Мбит/с және қарқынды блокторлар шаршы метрге 0,04 блоктор. Айырмашылық маңызды қисықтар арасында өзгеріссіз қалады (мән арасындағы айырмашылық  $1,8 \times 10^{-7}$

және  $7,8 \times 10^{-7}$  сәйкес келетін бір шаршы метрге сессия санының барлық қарастырылған мәндері үшін шамамен 0,1)-

алынған элементтер. Сонымен қатар, ресурстарды резервтеу мардымсыз қарастырылған барлық ресурстар үшін ресурстарды пайдалану коэффициентіне әсер етеді антенна элементтері санының мәндері, 3.13 суретті қараңыз, себебі-эффектісі қабылдау қарқындылығын арттыру арқылы қол жеткізіледі сессиялар.

### **3.4 Қызмет көрсету сипаттамаларын жақсарту алгоритмдері**

Осы жағдайларда сессия сенімділігін арттыру үшін, 3GPP бірнеше қосылу операциясын ұсынды [19]. Сәйкес оған, АҚ берілістің кеңістіктік таралуын пайдалануға рұқсат етіледі бірнеше NR БС в-Мен бір мезгілде қосылыстар орнату арқылы жақын орналасқан. Ағымдағы белсенді со бұғатталған жағдайда бірлік АҚ өзінің трафигін басқа оқшауланбаған бағытқа бағыттайды қазіргі уақытта БС,

Осы уақытқа дейін мульти-байланыс функциясының тиімділігі 5G NR бірнеше жұмыстарда қаралды.

Екі пайдалану кезінде сыйымдылықтың тиісті өсуі [15] модельдеу әдістерін қолдана отырып жүйелік деңгейде модельдеу. [16] жылы нәсіл алынды мультибайланысты функцияны пайдалану кезінде де ЖБМЖ-ны шектеу, сондай-ақ және онсыз.

Жоғарыда аталған зерттеулер қолдау деп келіседі 5G NR байланыс желілеріндегі бірнеше қосылыстар сенімділікті жақсарту алады сессияларды қалпына келтіру ықтималдығын азайту арқылы сессияларға қызмет көрсету қызмет көрсетуге қабылданған. Алайда, іс жүзінде оң нәтиже көп Байланыс шектеулі болуы мүмкін. Біріншіден, біррет саны қолдау қосылыстар негізінен байланысты болады АҚ мүмкіндіктерінен және NR БС орналастыру тығыздығынан және мүмкін емес бұл әдістің артықшылықтарын толығымен пайдалану, әсіресе 5G NR кіру желілерін орналастырудың алғашқы кезеңдері.

Мульти байланыс функциясын және резерв әдісін бөлісу ресурстарды енгізу үздіксіз елеулі жақсартуларды ұсына алады пайдалануымен салыстырғанда 5G NR жүйелеріндегі сессияларға қызмет көрсету бұл тетіктерді жеке-жеке. Осы бөлімнің басында ин-ға сүйене отырып стохастикалық геометрия, егжей-тегжейлі зерттеу жүргізілді.

Сан бір уақытта қолдау көрсетілетін көп Байланыс функциялары тек желінің орналасу тығыздығымен шектеледі 5G NR және ау-дағы ЖОМ. Әрі қарай, стохастикалық гео әдістерін біріктіру геометрия, ТМТ және имитациялық модельдеу, ложенного әдісін бірлесіп пайдалану мультисвязности мен әдісін ресурстарды NR БС-ге резервтеу. Бөлімнің соңында қысқаша шолу 5G NR кіру желілерін орналастырудың ерекше жағдайлары бар.

### 3.5 Қол жеткізілетін жылдамдықтың жоғарғы шегін бағалау

NR БС орындары R-де PPP арқылы берілген делік 2 интенсивтілік  $\lambda$ . NR БС биіктігі бекітілген және потенциалды блокаторлар ретінде әрекет етеді. Блокаторлардың кеңістіктік тығыздығы тұрақты деп қабылданады,  $\mu$ . Кезіндебұл блокаторлар R-ге бөлінеді 2 PPP сәйкес. Астында блокаторлар сәйкес жылжымалы және аймақ бойынша қозғалады модель RDM [12]. Байланыс арнасындағы шығындар  $m_0$  көмегімен модельденеді түрі  $L(r) = A\gamma - \gamma$ , мұндағы  $\gamma$ -таралу константасы,  $a$ -коэффициент антеннаның берілу қуаты мен күшейтілуін ескеретін ҰБТ,  $r$ -қашықтық АҚ және оған қызмет көрсететін БС арасында.

Біз белгіленген ауға шоғырланамыз, одан әрі RB өзінің ең жақын NR БС-тен, мұнда RB радиусы Барлығына арналған  $n$  БС позициялары  $x > RB$ , құлыптау оқиғасынан алыс орналасқан байланыстың жоғалуына әкеледі. RB қашықтығы модель негізінде есептеледі ЖББМ-нің АУ-ға таралуы мен шекті АҚ фиксидің биіктігі,  $U$ .

Қарастырылып отырған көп Байланыс схемасына сәйкес, белгіленген АҚ әрқашан өзінің ең жақын NR БС-мен байланыс орнатады жедел жәрдем құлыптау күйінде емес. Ассоциация уақыты елеусіз. Қызығушылық сипаттамасы-орташа  $B$  жиілік диапазонындағы АҚ жылдамдығы, ол келесідей анықталады түрде:

$$X = \bigcup_{k=1}^N X_k, X_k = \{(k, r) : 0 \leq r \leq B, p_r^{(k)} \geq 0\}, \quad (3.2)$$

Ең жақын БС-тен RB-ден гөрі АҚ-ны қарастырыңыз. Қарастырылып отырған АҚ байланысты жоғалту жағдайларына тап болатынын ескеріңіз кем дегенде бір блокатор бар болған кезде  $n$  БС-мен LoS жолын ашады. Жоғарғы грасты алудың стандартты тәсілі АҚ сыйымдылығы келесі қадамдардан тұрады: (i) жылдамдықты анықтаңыз,

$i$ -ші ең жақын БС-тен алынған,  $i = 1, 2, \dots$  (ii) уақыт үлесін бағалаймыз АҚ  $I$ -ші ең жақын БС - мен байланысты болған кезде және (iii) біз қолданамыз тиісті жылдамдықты өлшеу үшін алынған факторлар. NASO бұл процедура жабық түрдегі шешімге әкелмейді, өйткені ықтималдық тығыздығының шексіз өлшенген қосындысын қамтиды.

Стандартты тәсілді тікелей қолданудың орнына, RDM моделі бойынша қозғалатын блокаторлар әрқашан нені білдіреді PPP өзі, өйткені PPP кездейсоқ орын ауыстыруы қайтадан PPP болып табылады [11].

(i)  $I$ -ші жақын БС-мен блоктау ықтималдығын анықтау,  $r, r > RB$ , (ii) қашықтықта ықтималдық тығыздығын алу БҚ бұғаттау болмаған жағдайда ең жақын NR БС дейінгі арақашықтық және (iii) алынған кездейсоқ сызықты емес бұрын анықталған жылдамдық функциясын қолданатын шамалар.

Біз тек NR БС мұра болатын жаңа процесті анықтаймыз қазіргі уақытта оқшауланбаған. Ол ықтималдық ретінде алынады  $1 - P_b(r)$  ықтималдығы бар бастапқы процестің жұқаруы [11] белгіленген АҚ-дан шығатын радиалды сызықтар. Алынған процесс жедел қарқынды біртекті емес PPP NR БС болып табылады  $[1 - p_B(r)], r > 0$ .

Ең жақын оқшауланбаған қашықтыққа  $x$ -проекциясы болсын. Ықтималдықтың тығыздығын  $F_X(r)$  аламыз,

$R$  радиус шеңберінің ішіндегі барлық  $NR$  БС Құлыпталған,  $P\{B_0\}$  және кем дегенде бір оқшауланбаған  $NR$  БС бар екендігі  $(r, r + \Delta r)$ ,  $P\{B_1\}$ . Оқшауланбаған болмау ықтималдығы  $B$ -дағы  $NR$  БС  $(0, r)$ :

$$p_r\{B_0\} = e^{-\lambda(0,r)\pi r^2} \quad (3.3)$$

мұндағы  $\Lambda(0, r)$  - БС процесінің орташа қарқындылығы:

$$\Lambda(0, r) = \frac{\lambda(h_A - h_U)(e^{\frac{2\mu r r B(h_u - h_b)}{h_A - h_U}} - 1)}{2\mu r r B(h_u - h_b)} \quad (3.4)$$

$B(r, r + \Delta r)$  - да кем дегенде біреуі бар БС тең:

$$p_r\{B_1\} = 1 - e^{-\pi r^2[\Lambda(0,r+\Delta r) - \Lambda(0,r)]}. \quad (3.5)$$

Ауыстыру (3.3) в (3.4) және  $\Delta R$  нөлге ұмтылу

$$p_r\{B_1\} = \frac{\pi \lambda e^{\frac{2\mu r r B(h_u - h_b)}{h_A - h_U}} (h_u + 2\mu r r B(h_u - h_b) - h_A)}{2\mu r r B(h_u - h_b)} + \frac{\lambda(h_A - h_U)}{2\mu r r B(h_u - h_b)}. \quad (3.6)$$

(3.2) және (3.5) біріктіру арқылы біз  $F_X(r)$  үшін жабық өрнек аламыз:

$$f_x(r) = \frac{e^{\frac{2\mu r r B(h_u - h_b)}{h_A - h_U}} (h_A + 2\mu r r B(h_u - h_b) - h_U) - h_A + h_U}{2\mu r r B(h_u - h_b)(\lambda\pi)^{-1}} * e^{\frac{\pi \lambda r (h_u - h_A)(e^{\frac{2\mu r r B(h_u - h_b)}{h_A - h_U}} - 1)}{2\mu r r B(h_u - h_b)}}, r > 0.$$

Себебі  $RB$ -ден гөрі  $AQ$  қарастырылады оның ең жақын  $NR$  БС, қашықтық ықтималдығының шартты тығыздығы  $i$  - ші  $NR$  БС дейін, ол үлкен екенін ескере отырып,

$$f_x(r|R_B) = f_x(r) e^{\frac{-\pi \lambda r (h_u - h_A)(e^{\frac{2\mu r r B(h_u - h_b)}{h_A - h_U}} - 1)}{2\mu r r B(h_u - h_b)}}, r > 0.$$

демек, қол жеткізу жылдамдығының ықтималдық тығыздығын алу - сызықтық емес түрлендіруді бөлу функциясын есептеу үшін берілген түрінде:

$$\phi(r) = B \log_2 \left( 1 + \frac{A[r^2 + (h_A - h_U)]}{BN_0} \right)$$

мұндағы  $\gamma$  – ең жақын оқшауланбаған NR БС, В-интере дейінгі қашықтық жолақ жиіліктер,  $N_0 = -174$  дБм – шу бір Герц жиілік белдеулері.

### 3.6 Бір мезгілде қосылыстар санының әсерін бағалау

Әлі күнге дейін жоқ негізгі практикалық аспектілердің бірі жан-жақты қарастырылды, көп байланысты дәрежені таңдау, яғни бір мезгілде қолданылатын қосылыстардың саны, абоненттерге қызмет көрсетудің бір немесе басқа сипаттамасын беру. Дегенмен көп байланыстың үлкен дәрежелері жақсартуға әкелуі мүмкін осы сипаттамалардың болуы және соның салдарынан қызмет көрсету сенімділігін арттыру тірі абоненттер, бұл желілік хаттамалардың күрделілігін арттырады және АҚ және үстеме шығындардың айтарлықтай өсуіне әкелуі мүмкін дабылмен байланысты.

Жүйені жобалаудың аталған аспектісіне назар аудара отырып, біз байланыс пен спектрлік эффекттің болмау ықтималдығын сипаттаймыз-

5G қатынау желілерін орналастырудың әдеттегі қалалық сценарийіндегі интенсивтілік NR статикалық ретінде болған кезде көп Байланыс дәрежесінің функциясы ретінде ғимараттар мен динамикалық құлыптардан туындаған құлыптар, адамдар. Шекарада орналасқан пайдаланушы қарастырылады кәрездер, орташа алғанда, арнада нашар жағдайды бастан кешіреді ең жақын NR БС,

Жүйені жобалаудың аталған аспектісіне назар аудара отырып, біз байланыс пен спектрлік эффекттің болмау ықтималдығын сипаттаймыз-

5G қатынау желілерін орналастырудың әдеттегі қалалық сценарийіндегі интенсивтілік NR статикалық ретінде болған кезде көп Байланыс дәрежесінің функциясы ретінде ғимараттар мен динамикалық құлыптардан туындаған құлыптар, адамдар. Шекарада орналасқан пайдаланушы қарастырылады кәрездер, орташа алғанда, арнада нашар жағдайды бастан кешіреді ең жақын NR БС,

Байланыстың болмау күйін оның күйі ретінде анықтаймыз Қабылдағыштағы ЖОМ белгілі бір шекті мәннен төмен болады,  $S < S_T$ , мұндағы  $S_T$ -дБ-мен өлшенетін OSH шегі. Демек, шағын NR БС ЖӘНЕАҚ арасындағы қашықтықтың кіші проекция ұзындығытбайланыстың болмауы келесідей:

$$R_0 = \sqrt{10^{\frac{P_A + G_A + G_U - N_0 - S_T - 32.4 - 20 \log_{10} f_c}{21}} - [h_A - h_U]^2},$$

$$R_B = \sqrt{10^{\frac{P_A + G_A + G_U - N_0 - S_T - 52.4 - 20 \log_{10} f_c}{21}} - [h_A - h_U]^2},$$

$$R_{nL} = \sqrt{10 \frac{P_A + G_A + G_U - N_0 - S_T - 32.4 - 20 \log_{10} f_c}{31.9} - [h_A - h_U]^2},$$

мұндағы RO-бұл байланыс жоқ қашықтық оқшауланбаған пом LoS күйі, RB-байланыс жоқ қашықтық блокталған LoS күйінде, RnL-жоқ қашықтық plus күйіндегі байланыс.

Енгізілген оқиғаларды қолдана отырып, байланыс болмауы ықтималдығы,  $q_{O, N}$ ,

келесідей жазылуы мүмкін:

$$q_{o,N} = (P_r(A1) + (1 - P_r(A1))P_r(A_2^2|A_2^1))(P_r(B1) + (1 - P_r(B1))P_r(B_2^2|B_2^1) + P_r(B_3^1|B_3^2|B_3^3)).$$

A1 және B1 оқиғаларын қарастырыңыз. NR BC болмау ықтималдығы (RnL,RB) ретінде анықталады:

$$P_r(A1) = P_0^{R_{nL,B}} = e^{-\lambda \pi [R_B^2 - R_{nL}^2]}, \quad (3.7)$$

A1 және B1 оқиғаларын қарастырыңыз. Кольде NR BC болмау ықтималдығы (RnL,RB) ретінде анықталады:

$$P_r(B1) = P_0^{R_{B,O}} = e^{-\lambda \pi [R_0^2 - R_B^2]}, \quad (3.8)$$

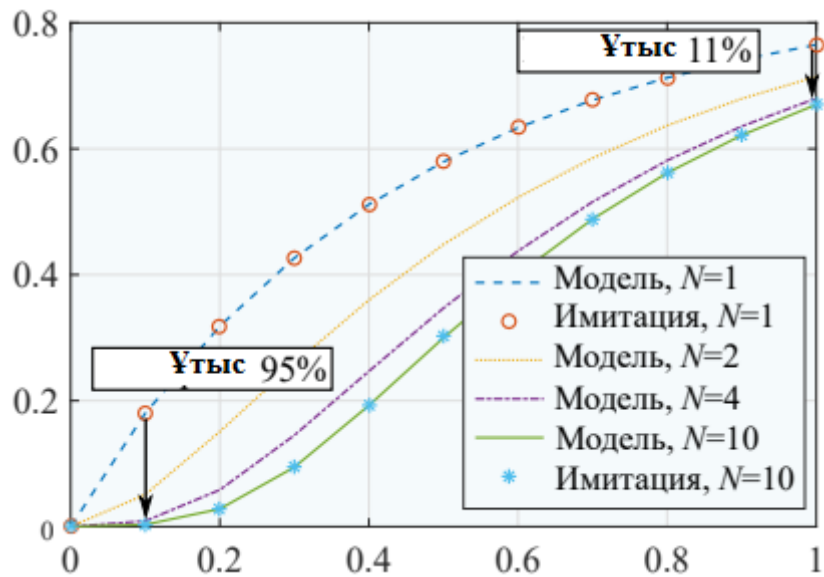
Сақинадағы барлық NR BC ықтималдығын анықтау үшін (RnL, RB) plus күйінде, бұл сақинада кем дегенде бір, жаңа процесті анықтайық- тек қазіргі уақытта орналасқан NR BC кіреді nLoS күйі, яғни үйлер бұғатталмаған.

N = 1-мен салыстырғанда 95%. Алайда, блокаторлардың тығыздығы жоғары, мысалы,  $\lambda_B = 1$ , Байланыс болмау ықтималдығындағы айырмашылықты азайтады көп Байланыс дәрежелері арасында N = 4 және N = 1 барлығы 11%. Сіз үшін жүйенің антикалық параметрлері және мультибайланыстық дәрежесі оң мульти-байланыстың әсері блокато тығыздығының жоғарылауымен төмендейді.

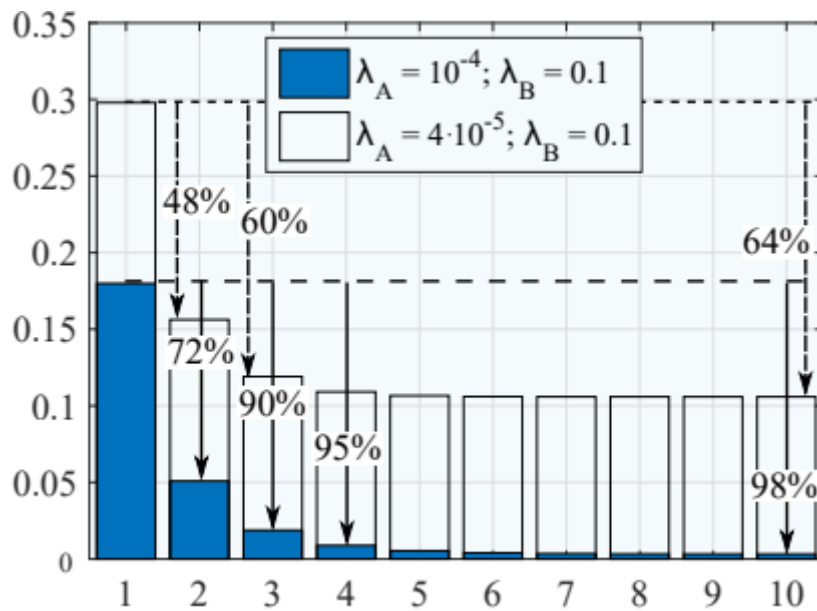
NR BC,  $\lambda_A$ , FIC кезінде әртүрлі тығыздықтар үшін байланыстың болмауы блокаторлардың тығыздығы  $\lambda_B = 0.1$ .  $\lambda_A = 10^{-4}$  үшін қосу тек бір қосымша қосылыс кету ықтималдығын азайтады байланыс 72% - ға артты. Көп Байланыс дәрежесін одан әрі арттыру бұл іс жүзінде жоғалып кететін әлдеқайда аз пайдаға әкеледі SLE N = 4. Бұл құлыптау ықтималдығының мінез-құлқымен түсіндіріледі NR BC ЖӘНЕАҚ арасындағы қашықтықтың ұлғаюымен бірлікке ұмтылады. Сонымен қатар, кіру нүктелерінің тығыздығын  $\lambda_A = 4 \times 10^{-5}$  дейін төмендету азаяды екі көршілес мөндердің арасындағы айырмашылық NR қарқындылығы BC  $\lambda_A = 10^{-4}$ . Мұны фактімен түсіндіруге болады, NR BC төмен қарқындылығында олар орта қашықтықта орналасқан ше, бұл байланыс болмау ықтималдығының төмендеуіне әкеледі. Оның үстіне, N = 4 пайдалану барлық



Ықтимал ұтыстардың 97% құрайды. Шексіздікке дейін көп Байланыс дәрежесін жоғарылату кезінде. Сондай-ақ, қ OSH шегінің жоғарылауы NR санының азаюына әкеледі

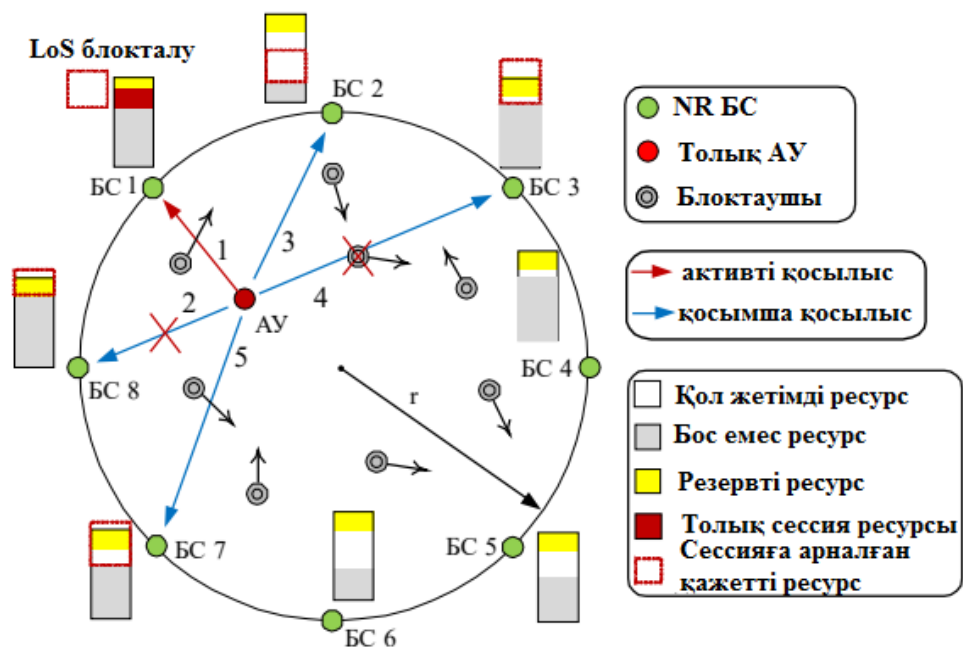


3.14 Сурет - $\lambda_B$  функциясы ретінде байланыс болмау ықтималдығы.



3.15-сурет - N функциясы ретінде байланыстың болмау ықтималдығы.

Бірнеше байланыс дәрежелері арасында N = 4 және N = 1 барлығы 11%. Сіз үшін жүйенің ежелгі параметрлері және көп функциялы дәреже оң мульти-байланыстың әсері блокато тығыздығының артуымен азаяды.



3.16-сурет - 5G NR желісінің зерттелетін моделі, бір уақытта көп Байланыс және ресурстарды резервтеу функцияларын қолдайды

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыстың нәтижелері:

1. Байланыс желілерінің дамуын, сондай-ақ ХЭО-Т, ХЭО-Р және 5G байланыс желілерін стандарттау жөніндегі 3GPP құжаттарының ағымдағы жай-күйін талдау жақын болашақта бесінші буын желілері мен жүйелерін іске асыруда миллиметрлік жиілік диапазонында жұмыс істейтін NR сымсыз қол жеткізу желілері шешуші рөл атқаратынын көрсетеді. Жоспарланған үш 5G, eMMB және URLLC байланыс қызметтерінің екеуін іске асыру дәл осы қол жеткізу технологиясын қолдана отырып жүзеге асырылады.

2. 5G NR кіру желілерінің ерекшеліктерін талдау олардың 6 ГГц-тен төмен жиілік диапазонында жұмыс істейтін байланыс желілерінен айтарлықтай ерекшеленетінін көрсетеді. Атап айтқанда, сигнал тарату жолдарының динамикалық бұғатталуы қызмет көрсетуге қабылданған сессиялардың жоғалуына әкелуі мүмкін. Бұл ретте, осындай желілердің сенімді жұмыс істеуі үшін абоненттік қол жеткізу учаскесінде 5G NR желілерін зерттеудің жаңа әдіснамасын, сондай-ақ абоненттерге қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін арттырудың модельдері мен әдістерінің кешенін әзірлеу талап етіледі.

3. NR БС-дан АҚ-ға дейінгі сигнал тарату жолдарының блоктау параметрлерін сипаттауға мүмкіндік беретін модельдер кешені жасалды, бұл абоненттердің де, блокаторлардың да қозғалғыштығын ескеруге мүмкіндік береді. Ұсынылған модельдер құлыптау процесінің параметрлерін бағалауға мүмкіндік береді, мысалы, құлыптау және көру режиміндегі уақытты бөлу, сонымен қатар сигнал тарату жолдарының құлыптау процесінің қарқындылығы.

4. 5G NR қол жеткізу желілерінің өнімділік параметрлерін бағалау әдісі ұсынылған, оның ішінде жалпы кедергі, спектрлік тиімділік және беру және қабылдау құрылғыларындағы көлденең және тік бағыттылықты, өзара әрекеттесетін құрылғылардың биіктігін және сигнал тарату жолдарын бұғаттауды ескере отырып, деректерді беру жылдамдығы. 5G NR қол жеткізу желілерінің бұл қасиеттері қарастырылатын жүйе параметрлеріне байланысты ОЖЖ мәнін 10 – 40 дБ-ға арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілген, бұл абоненттік қол жеткізу учаскесіндегі жылдамдыққа оң әсер етеді. Сондай-ақ, бұл байланыс операторларына nr БС арасындағы қашықтықта бірнеше ондаған метр қашықтықта желінің сыйымдылығын динамикалық түрде арттыруға мүмкіндік береді.

4. 5G NR қатынау желілерінде көп байланыс функциясын пайдаланудан ұтысты сандық бағалау үшін модель жасалды. NR БС орналастырудың ақылға қонымды тығыздығы үшін, сондай-ақ блокаторлардың тығыздығының кең ауқымы үшін сессияларға қызмет көрсету сенімділігі мен қол жеткізу жылдамдығы бойынша 95% - ға бір уақытта төрт белсенді қосылысты пайдалану кезінде қол жеткізілетіні көрсетілген.

5. Резервтік NR БС көмегімен сәулені іздеу процедурасын үнемі қолдануды қажет етпейтін көп байланыс функциясын жүзеге асыру әдісі ұсынылған және талданған. Сандық зерттеу көрсеткендей, ұсынылған әдіс берілген АҚ-ның

орташа жылдамдығын едәуір арттырады, сонымен қатар АҚ-ны іске асырудың күрделілігін де, энергияны тұтынуды да төмендетеді.

6. Бір адрестік және көп адрестік трафиктің қоспасына қызмет көрсететін 5G NR қатынау желілері үшін жаңа сессиялар мен қызмет көрсетуге қабылданған сессияларды жоғалту тұрғысынан берілген қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету үшін NR БС орналастыру тығыздығына баға алынды. Айта кету керек, бұл бағалау теориялық болып табылады, өйткені миллиметрлік жиілік диапазонының радио толқындарының таралу ерекшелігі орналастырудың нақты сценарийіне байланысты.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ericsson mobility report / Patrik Cerwall, Peter Jonsson, R Moller et al. // On the Pulse of the Networked Society. Hg. v. Ericsson. — 2015.
2. Index Cisco Visual Networking. Global mobile data traffic forecast update, 2016–2021 white paper // Cisco: San Jose, CA, USA. — 2017.
3. Facilitating the delegation of use for private devices in the era of the Internet of wearable things / Aleksandr Ometov, Sergey V Bezzateev, Joonas Kannisto et al. // IEEE Internet of Things Journal. — 2016. — Vol. 4, no.
4. — Pp. 843–854. 4. Efficient traffic engineering for 5G core and backhaul networks / Gang Wang, Gang Feng, Shuang Qin, Ruihan Wen // Journal of Communications and Networks. — 2017. — Vol. 19, no. 1. — Pp. 80–92.
5. Spatio-temporal analysis and prediction of cellular traffic in metropolis / Xu Wang, Zimu Zhou, Fu Xiao et al. // IEEE Transactions on Mobile Computing. — 2018.
6. TOSS: Traffic offloading by social network service-based opportunistic sharing in mobile social networks / Xiaofei Wang, Min Chen, Zhu Han et al. // IEEE INFOCOM 2014-IEEE Conference on Computer Communications / IEEE. — 2014. — Pp. 2346–2354.
7. Ye Qiang, Zhuang Weihua. Distributed and adaptive medium access control for Internet-of-Things-enabled mobile networks // IEEE Internet of Things Journal. — 2016. — Vol. 4, no. 2. — Pp. 446–460.
8. An overview of sustainable green 5G networks / Qingqing Wu, Geoffrey Ye Li, Wen Chen et al. // IEEE Wireless Communications. — 2017. — Vol. 24, no. 4. — Pp. 72–80.
9. 5G multi-RAT LTE-WiFi ultra-dense small cells: Performance dynamics, architecture, and trends / Olga Galinina, Alexander Pyattaev, Sergey Andreev et al. // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. — 2015. — Vol. 33, no. 6. — Pp. 1224–1240.
10. Saxena Navrati, Roy Abhishek, Kim HanSeok. Traffic-aware cloud RAN: A key for green 5G networks // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. — 2016. — Vol. 34, no. 4. — Pp. 1010–1021.
11. Toward low-latency and ultra-reliable virtual reality / Mohammed S Elbamby, Cristina Perfecto, Mehdi Bennis, Klaus Doppler // IEEE Network. — 2018. — Vol. 32, no. 2. — Pp. 78–84.
12. The effect of Pokémon Go on the pulse of the city: a natural experiment / Eduardo Graells-Garrido, Leo Ferres, Diego Caro, Loreto Bravo // EPJ Data Science. — 2017. — Vol. 6, no. 1. — P. 23.
13. Кучерявый А. Е., Цуприков А. Г. Сети связи следующего поколения. — 2006.
14. Гольдштейн Б. С. Сети связи пост-NGN. — БХВ-Петербург, 2013.
15. Макаров С. Б. Телекоммуникационные технологии. — 2006.
16. Бородин А. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пятого поколения как основа цифровой экономики // Электросвязь. — 2017. — no. 5. — P. 45.

17. Соколов Н. А. Задачи планирования сетей электросвязи // СПб.: Техника связи. — 2012.
18. Росляков А. В. Сети следующего поколения NGN. — 2008.
19. [www.gsma.com](http://www.gsma.com)

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ**  
ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСҚА

Тайманов Береке Джантураевич

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «5G-де қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеу»

«5G-де қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеу» тақырыбындағы дипломдық жоба келесі буын желілерін дамыту және олардың өнімділігін оңтайландыру саласына маңызды үлес болып табылады.

Студент 5G желілерінде қызмет көрсету сапасының негізгі көрсеткіштеріне (QoS) терең талдау жүргізді және оларды модельдеу әдістерін әзірледі. Жұмыс QoS тұрғысынан 5G желілерін басқару мен оңтайландырудың техникалық аспектілерін де, мәселелерін де қарастырады.

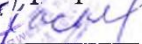
Жобаның практикалық бөлігіне ерекше назар аудару керек, онда студент әртүрлі сценарийлерді модельдеді және 5G желілеріндегі QoS көрсеткіштеріне әртүрлі факторлардың әсерін талдады. алынған нәтижелер жаңа буын желілерін түсінуге және оңтайландыруға құнды үлес болып табылады.

Студенттің жұмысы кәсібиліктің жоғары деңгейін, желілік технологиялардың техникалық аспектілерін терең түсінуді және өзекті мәселелерді шешу үшін ғылыми әдістерді қолдану қабілетін көрсетеді.

Бұл жұмыс жоғары бағалауға лайық және ғылыми қоғамдастық үшін де, телекоммуникация және ақпараттық технологиялар саласындағы инженерлер мен мамандар үшін де қызықты болатынына сенімдімін.

Студент, Тайманов Береке Джантураевич дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс «**85/B+/ жақсы**» деп бағаланды, ал **Тайманов Береке Джантураевичті** 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші  
ЭТЖҒТ каф. қауымдастырылған,  
профессоры, т.ғ.к.

 Касимов А.О.

«19» 05 2024 ж.





Дипломдық жұмысқа  
РЕЦЕНЗИЯ

Тайманов Береке Джантураевич

6B06201 Телекоммуникация

Тақырыбына: «5G-де қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеу»  
Орындалды:

- а) графикалық бөлім 14 парақ;  
б) түсініктеме 61 бет.

**ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ**

«5G-де қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеу» тақырыбындағы дипломдық жұмыс мобильді желілердің бесінші буыны (5G) және оның пайдаланушыларға қызмет көрсету сапасына әсері саласындағы маңызды зерттеу болып табылады. Жұмыс авторлары 5G желілерінде олардың өнімділігі мен тиімділігін бағалау үшін әртүрлі қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеуді ұсынады.

Бұл жұмыстың басты артықшылықтарының бірі оның ұялы байланыс технологияларының қарқынды дамуы және желілердің жаңа буынына көшу контекстіндегі өзектілігі болып табылады. 5G жоғары деректер жылдамдығын, төмен кідірісті және көптеген құрылғыларды қосу мүмкіндігін қамтамасыз ету арқылы байланыс төңкерісін уәде етеді. Дегенмен, бұл технологияны сәтті енгізу үшін қызмет көрсету сапасының әртүрлі аспектілерін ескеру және бағалау қажет.

Сонымен қатар, дипломдық жұмыс 5G желілерінде қызмет көрсету сапасын басқару және оңтайландыру бойынша практикалық ұсыныстар береді. бұл өнімділікті арттыру және пайдаланушылардың қажеттіліктерін қанағаттандыру мақсатында техникалық шешімдерді тандау, желі конфигурациясы және трафикті басқару бойынша ұсыныстарды қамтиды.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай.

**ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ**

Жалпы, дипломдық жұмысқа «жақсы» (85%) деген баға, ал студент Тайманов Береке Джантураевичті 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар бакалавры» дәрежесіне лайықты деп санаймын.

**Рецензент:**

ҚазҰАЗУ, PhD, «Энергияны үнемдеу және автоматика» кафедрасының меңгерушісі

А.К. Молдажанов  
« 29 » 05 2024 ж. АЛҰҚ  
ФАКУЛЬТЕТІ



## Протокол

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

**Автор:** Тайманов Береке Джантураевич

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** 5G-де қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеу

**Научный руководитель:** Сұңғат Марксұлы

**Коэффициент Подобия 1:** 3.1

**Коэффициент Подобия 2:** 0.8

**Микропробелы:** 0

**Знаки из других алфавитов:** 37


**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

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

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

19.05.2024  
Дата

  
Марксұлы С  
проверяющий эксперт

## Протокол

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

**Автор:** Тайманов Береке Джантураевич

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** 5G-де қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеу

**Научный руководитель:** Сұңғат Марксұлы

**Коэффициент Подобия 1:** 3.1

**Коэффициент Подобия 2:** 0.8

**Микропробелы:** 0

**Знаки из других алфавитов:** 37

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

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

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

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

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

Обоснование:

29.05.2024  
Дата

Заведующий кафедрой



**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: Тайманов Береке Джантураевич**

**Тақырыбы: 5G-де қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін модельдеу**

**Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.1**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.8**

**Дәйексөз (35): 0.5**

**Әріптерді ауыстыру: 37**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 0**

**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:**

29.05.2024

Күні

Кафедра меңгерушісі

