

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Мұратбай Шырай Берікқызы

«Мобильді байланыстағы 5G желілерін интеллектуалды басқаруды модельдеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Е.Таштай

29.05.2025ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Мобильді байланыстағы 5G желілерін интеллектуалды басқаруды модельдеу»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:

Ш.Б. Мұратбай

Ш.Б. Мұратбай

Пікір беруші

Алматы энергетика және

байланыс университеті

профессоры. т.ғ.к.,

Чежимбаева К.С.

«29» *мамыр* 2025 ж.

Ғылыми жетекші

ҚазҰТЗУ, Доктор PhD,

ЭТЖҒТ кафедрасының

қауымдастырылған профессор

Хабай А.

«26» *05* 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6B06201 –Телекоммуникация



Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы **Мұратбай Шырай Берікқызы**

Тақырыбы **«Мобильді байланыстағы 5G желілерін интеллектуалды басқаруды модельдеу»**

Университет ректорының «29» желтоқсан 2025ж. №26 бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2025 ж.

Дипломдық жұмысқа арналған бастапқы деректер: 1) 5G мобильді желілеріндегі күрделілік пен басқару қажеттілігі мәселелеріне шолу жасау; 2) 5G желінің өнімділігін арттыру және қызмет сапасын жақсарту мақсатында жасанды интеллект пен машиналық оқыту әдістеріне негізделген интеллектуалды басқару алгоритімдерін қарастыру.

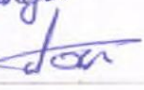
Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: 1) 5G желісіндегі басқару мәселелеріне талдау жүргізіліп, оларды шешу үшін машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы басқару тәсілдерін жетілдіру; 2) Жасанды интеллектуалды басқаруға негіз болатын 5G желісінің математикалық моделін құру; 3) Matlab ортасында жасанды интеллектке негізделген 5G байланысын басқару моделін құру нәтижелеріне талдау жасау.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілгені тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 1) Zhang, X., & Xu, J. (2023). "AI-driven resource management in 5G networks: Challenges and opportunities". IEEE Communications Magazine, 61(3), 44-50. 2) Li, M., & Li, Y. (2022). "Artificial intelligence for intelligent network management in 5G systems". IEEE Network, 36(6), 128-134. 3) Zhou, Z., & Zhang, Z. (2024). "Machine learning-based optimization for 5G network management". Journal of Network and Computer Applications, 154, 102-110.

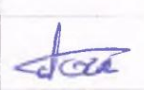
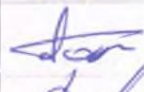
дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
5G мобильді желілеріндегі күрделілік пен басқару қажеттілігі мәселелеріне шолу жасау	04.01.2025-01.02.2025	Орындалады 
3 Жасанды интеллектүалды басқаруға модельдерінің математикалық негіздемесін құру	01.02.2025-01.03.2025	Орындалады 
Matlab ортасында жасанды интелектке негізделген 5G байланысын басқару моделін құру нәтижелеріне талдау жасау.	01.03.2025-30.05.2025	Орындалады 

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

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (АӨТ, ғылымидәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Хабай А., PhD., ЭТжҒТ қауымдастырылған профессор	12.05.25	
Теориялық акпарат	Хабай А., PhD., ЭТжҒТ қауымдастырылған профессор	12.05.25	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТжҒТ, PhD., аға оқытушысы	19.05.25	

Ғылыми жетекшісі

 Хабай А

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

 Мұратбай И.Б

«19» мамыр 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста 5G мобильді желілеріндегі басқару күрделілігі мен қажеттілігі мәселелері қарастырылды. Желінің өнімділігін арттыру және қызмет сапасын жақсарту мақсатында жасанды интеллект пен машиналық оқыту әдістеріне негізделген интеллектуалды басқару модельдері ұсынылды.

MATLAB ортасында 5G желісін интеллектуалды басқаруға арналған үлгілік модельдер құрылып, A3 және A4 стандартты оқиғалары негізінде пайдаланушыларды басқару мен жүктемені теңгеру алгоритмдері жүзеге асырылды. Жұмыс нәтижелері жасанды интеллект технологияларын қолдану арқылы желінің тұрақтылығы мен тиімділігін айтарлықтай арттыруға болатынын көрсетті.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматриваются вопросы сложности и необходимости управления в мобильных сетях пятого поколения (5G). В целях повышения производительности сети и улучшения качества обслуживания предложены интеллектуальные модели управления, основанные на методах искусственного интеллекта и машинного обучения.

В среде MATLAB разработаны типовые модели интеллектуального управления сетью 5G, реализованы алгоритмы управления пользователями и балансировки нагрузки на основе стандартных событий A3 и A4. Результаты работы показали, что применение искусственного интеллекта позволяет значительно повысить устойчивость и эффективность работы сети.

ABSTRACT

This thesis addresses the complexity and management requirements in fifth-generation (5G) mobile networks. To improve network performance and quality of service, intelligent management models based on artificial intelligence and machine learning methods are proposed.

Prototype models for intelligent 5G network management were developed in the MATLAB environment, implementing user management and load balancing algorithms based on A3 and A4 standard events. The results demonstrate that the application of artificial intelligence can significantly enhance the stability and efficiency of the network.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 5G желілерін басқару архитектурасының эволюциясына шолу	8
1.1 5G желілерін басқарудың дәстүрлі тұжырымдамалары	8
1.2 5G қызметіне негізделген архитектура	11
1.3 5G желісіндегі деректерді талдау функциясы	13
1.4 Өзін-өзі ұйымдастырушы желілер және желіні басқару	15
1.5 Өзін-өзі конфигурациялау	17
1.6 Өзін-өзі оңтайландыру	19
1.7 Мобилды байланыс ұяшықтарының араласун үйлестіру	21
2 5G желілеріндегі күрделілік және интеллектуалды басқару қажеттілігі	25
2.1 5G және IoT желілеріндегі өздігінен емдеу функциялары	25
2.2 5G желісіндегі Өзін-өзі үйлестіру функциялары және архитектуралық тәсілдер	26
2.3 Қызмет сапасын оңтайландырудағы драйв-тесттерді минимизациялау рөлі	28
2.4 Драйв-тесттерді минимизациялау және қызмет сапасын басқару	29
2.5 5G инфрақұрылымындағы виртуализациясы және бағдарламалық басқару архитектурасы	31
2.6 5G желісіндегі ӨҰЖ-ның желісін басқару мәселелерін МО арқылы шешу жолдарына талдау жасау	34
3 Жасанды интеллектуалды басқаруға модельдерінің математикалық негіздемесі	38
3.1 Орын ауыстыру және жүктемені бөлу модельдері	38
3.2 Трафикті қайта бағыттау және ресурстарды оңтайлы үлестіру үдерістерін сипаттайтын математикалық модельдер	39
3.3 Жүктемені теңдестіру мәселесінің формуляциясы	40
3.4 Мобильдік бақылау параметрлері	41
3.5 Желі жүктемесін реттеуге арналған динамикалық шектеулер мен бақылау тетіктері	44
3.6 Желіні бақылау арқылы деректерді жинау	46
4 Matlab ортасында жасанды интелектке негізделген 5G байланысын басқару моделін құру	50
4.2 MATLAB-та бақыланатын оқыту (supervised learning) негізінде болжамды шешім қабылдау моделінің нәтижесі	54
Қорытынды	56
Пайдаланған әдебиеттер тізімі	57
Қосымша А	60
Қосымша Б	62
Қосымша В	63

КІРІСПЕ

Бесінші буын (5G) мобильді байланыс желілері телекоммуникация саласындағы жаңа мүмкіндіктер дәуірін ашты[1]. Жоғары жылдамдық, төмен кідіріс және құрылғылардың массалық қосылымы сияқты сипаттамалар 5G желілерін ақылды қалалардан бастап өнеркәсіпте, қашықтан хирургия, автономды көліктерге дейінгі көптеген заманауи қосымшалардың негізіне айналдыруда. Алайда мұндай желілердің күрделі құрылымы мен жоғары динамикасы оларды басқару мен оңтайландыруды айтарлықтай қиындатады.

Дәстүрлі желі басқару тәсілдері[2] қазіргі 5G инфрақұрылымының талаптарын толық қанағаттандыра алмайды. Сондықтан интеллектуалды басқару, атап айтқанда жасанды интеллект (ЖИ)[3] және машиналық оқыту (МО) әдістерін қолдану қажеттілігі туындап отыр. ЖИ негізіндегі шешімдер желілік жағдайды автоматты түрде талдап, ресурстарды оңтайлы бөлуге және пайдаланушы тәжірибесін арттыруға мүмкіндік береді.

Академиялық әдебиеттерде осы сценарийлер бойынша желі операторларының өнімділігін, шығындарын және пайдаланушылар тәжірибесін оңтайландыру үшін ӨӨҰЖ алгоритмдерін зерттеуге айтарлықтай көңіл бөлінген. Бұл бағыттағы көптеген жұмыстар әдебиетте шолу ретінде ұсынылған[4-9]. Сонымен қатар, нарықта ӨӨҰЖ технологиясы негізінде көптеген толық шешімдер ұсынылған[10]. Бұл шешім 2016 жылы Small Cell Forum ұйымынан гетерогенді желілерді басқаруға арналған бағдарламалық жасақтама және қызмет түрі бойынша арнайы марапатқа ие болды [11]. Бұл өнімдер мобильді әлем конгресі көрмелерінде 2016 және 2017 жылдары ұсынылған [12].

Осы дипломдық жұмыста 5G желілерін интеллектуалды басқару мәселелері талданып, өзін-өзі ұйымдастырушы желілер (ӨҰЖ) мен машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы басқару стратегиялары әзірленді. MATLAB ортасында ЖИ көмегімен орын ауыстыруды, жүктемені теңестіруді (load balancing) және желі жүктемесін болжауды жүзеге асыратын үлгілік модельдер құрылды. Зерттеу нәтижелері жасанды интеллект әдістерінің 5G желілерінің тиімділігін айтарлықтай арттыратынын және болашақ телекоммуникациялық инфрақұрылымды дамытуда шешуші рөл атқаратынын көрсетті.

1 5G желілерін басқару архитектурасының эволюциясына шолу

Цифрлық трансформация мен телекоммуникация индустриясының эволюциясы аясында 5G технологиясы жоғары жылдамдықты деректер алмасу, өте төмен кідіріс, миллиардтаған құрылғыларды байланыстыру сияқты сипаттамаларымен жаңа мүмкіндіктерге жол ашып отыр. Алайда бұл артықшылықтармен қатар желіні басқаруда бұрын-соңды болмаған күрделіліктер де туындайды. Осындай күрделі инфрақұрылымды тиімді және үнемді басқару қажеттілігі өзін-өзі ұйымдастырушы желілер (ӨӨҰЖ), желілік функцияларды виртуализациялау, бағдарламалық анықтамалы желілер және машиналық оқыту (МО) сияқты жаңа технологиялық бағыттардың пайда болуына себеп болды.

Бұл бөлімде біз дәстүрлі желіні басқару тұжырымдамаларының 5G дәуіріндегі маңызын, олардың эволюциясын және шектеулерін сипаттай отырып, жаңа буын басқару архитектураларын талдаймыз. Әсіресе, ӨӨҰЖ функциялары, қызметке негізделген архитектуралар, деректерді талдау механизмдері және мобилді ұяшықтардың өзара әрекеттестігін үйлестіру мәселелеріне ерекше назар аударылған. Сонымен қатар, 5G-Advanced концепциясы аясындағы жаңа мүмкіндіктер мен болашақ басқару стратегиялары сипатталады.

1.1 5G желілерін басқарудың дәстүрлі тұжырымдамалары

Желіні басқару саласында бұрыннан қалыптасқан өзін-өзі тану, өзін-өзі конфигурациялау, өзін-өзі оңтайландыру және өзін-өзі емдеу концепциялары бар. Сонымен қатар әсіресе 5G ұялы желісінің пайда болуы қатынау сегментіне ерекше назар аударамыз және бұл концепцияны өзін-өзі ұйымдастырушы желілер арқылы қарастырамыз. ӨӨҰЖ термині ұялы байланыс желілерін автоматтандыру және желіні басқаруда адамның араласуын барнша азайтуды сипаттау үшін қолданылады. Бұл концепцияны үшінші және кейінгі ұрпақтағы мобильді телекоммуникация жүйелер ұйымы алғаш рет 8-шығарылымда ұсынған ("Release 8" немес 8-шығарылым дегеніміз 3GPP (Third Generation Partnership Project) стандарттар ұйымының 8-ші шығарылымы. Ол 2008 жылы бекітілген және ұялы байланыс технологияларында үлкен өзгерістер әкелген маңызды кезең болды). Содан бері кейінгі шығарылым кеңейтіліп, жетілдіріліп келеді. үшінші және кейінгі ұрпақтағы мобильді телекоммуникация жүйелернің жұмысы операторлардың альянсы – келесі ұрпақтағы мобильді желілері анықтаған талаптарға негізделеді.

ӨӨҰЖ технологиясының басты мақсатын үш негізгі бағытқа жіктеуге болады: 1) ұялы байланыс желілеріне интеллектуалды және автономды бейімделу мүмкіндіктерін енгізу; 2) капиталдық және операциялық шығындарды төмендету; 3) желі сыйымдылығын, қамту аумағын, қызмет сапасын және қолданушылардың тәжірибесін жақсарту арқылы желі өнімділігін арттыру.

Қазіргі таңда ӨӨҰЖ технологиясы келесі буын радиобайланыс желілерінің спектралды тиімділігін арттыруға, басқаруды жеңілдетуге және пайдалану шығындарын азайтуға бағытталған негізгі технология болып саналады. ӨӨҰЖ технологиясын іске асырудың жалпы кешенді міндеті нақты пайдалы сценарийлерге бөлінген. Бұл сценарийлерді үшінші және кейінгі ұрпақтағы мобильді телекоммуникация жүйелері, келесі ұрпақтағы мобильді желілер, 5G хабар тарату және бірнеше еуропалық одақ жобалары [13-14] айқындаған.

Дегенмен, біздің білуімізше, қазіргі нарықтағы қолжетімді ӨӨҰЖ шешімдері көбінесе:

- 1) эвристикалық әдістерге негізделген;
- 2) автоматтандырылған ақпаратты өңдеу процестері көбінесе күрделілігі төмен операциялармен ғана шектелген (мысалы, тек триггерлік әрекеттер);
- 3) көптеген операциялар әлі күнге дейін қолмен орындалады (мысалы, желідегі ақауларды әдетте инженерлердің өздері жөндейді);
- 4) қолданыстағы ӨӨҰЖ шешімдері мобильді желілердегі қолжетімді үлкен көлемді ақпаратты толығымен пайдаланбайды, соның нәтижесінде келесі буын желіні басқару шешімдерін әзірлеуде бұл мәліметтерден жеткілікті пайда алынбайды;
- 5) ӨӨҰЖ шешімдеріне қатысты әлі шешімін таппаған бірқатар ашық мәселелер бар, мысалы ӨӨҰЖ функцияларын үйлестіру мәселесі [15], немесе орталықтандырылған және үлестірілген ӨӨҰЖ шешімдері арасындағы тиімді тепе-теңдікті табу мәселесі [16].

Сонымен қатар, бұл өзін-өзі ұйымдастырушы желіні басқару тұжырымдамасы тек қана радиобайланыс желісі (РБЖ) сегментімен шектелмей, бүкіл желінің сегменттерін, яғни қатынау желісінен бастап ядролық желіге дейінгі барлық бөліктерін қамтуы тиіс. Сондай-ақ бұл тұжырымдама әртүрлі вертикалды қызметтердің талаптарын толық қанағаттандыруы қажет.

Осы мақсаттарға қол жеткізу үшін телекоммуникация әлемінде жаңа бағыттар зерттеліп жатыр. Желілік функцияларды виртуалдандыру (ЖФВ) технологиясы ақпараттық технологиялар (ІТ) индустриясының масштаб үнемділігін телекоммуникация индустриясына алып келеді деп күтілуде. Ал ЖФВ технологиясын бағдарламалық-анықталатын желілермен біріктірген кезде, желілердің бағдарламалану мүмкіндігі және икемділігі секілді артықшылықтары айқын көрінеді.

Ескерілетін тағы бір маңызды аспект – 4G желілерінің әдеттегі жұмыс режимінде басқару және бақылау функциялары арқылы қазіргі кезде үлкен көлемде деректердің қалыптасып жатқаны және бұл деректер көлемінің 5G желілерінде бұдан әрі айтарлықтай өсуі күтілуде [17]. Бұған себеп болатын факторлар ретінде желі тығыздығының артуы [18], технологиялар мен деңгейлердің гетерогенділігі және бағыдарламалық анықтама архитектураларындағы басқару мен бақылаудың күрделілігінің жоғарылауы, машинааралық байланыс пен заттар интернеті парадигмаларының енгізілуі, әртүрлі трафик сипаттамалары мен қызмет көрсету сапасына және пайдаланушы

тәжірибесінің сапасына қойылатын талаптары әртүрлі қосымшалар мен сервистердің көбеюін айтуға болады.

5G желілерін басқаруда бірқатар жаңа мәселелер туындайды. Болашақ желілердің өте жоғары күрделілігін басқару қажеттілігі. Яғни, аса тығыз орналастырылған желілерді, гетерогенді түйіндерді, әртүрлі қосымшалар мен РБЖ түрлерін бір ортада тиімді басқару. Желінің динамикалылығын басқару қажеттілігі кейбір желі элементтерін операторлар толық бақылауда ұстай алмауы мүмкін, энергияны үнемдеу саясатына байланысты түйіндер саны тұрақсыз болады, белсенді антенналар кеңінен қолданылады. Трафиктің 1000 есеге, ал пайдаланушылар санының 10 есеге артуын қолдау, сондай-ақ энергия тиімділігін арттыру қажеттілігі. Пайдаланушылар тәжірибесін жақсарту қажеттілігі, деректер тарату жылдамдығын Гбит/с деңгейіне жеткізу және желідегі кешігуді едәуір төмендету.

Виртуалдандырылған жаңа архитектураларды басқару қажеттілігі. Жаңа лицензияланбаған жиіліктерде жұмыс істейтін, Лицензияланған спектр арқылы көмекші қолжетімділік, лицензиясыз ортада тәуелсіз жұмыс істейтін сияқты парадигмалар арқылы әртүрлі спектрлік диапазондарға қолжетімділікті басқару, оның ішінде дәстүрлі 6 ГГц-тен төмен және жаңа 6 ГГц-тен жоғары миллиметрлік толқын диапазондары бар. Осы күрделі жағдайларда операторлар үшін бірнеше радио қолжетімділік технологиялары, көп өндірушілерден құралған, көп қабатты желілерді басқару және оңтайландыру мақсатында ӨӨҰЖ және интеллектуалды желіні басқару саясатын қолдану маңызды әрі міндетті болып табылады. Бұл ретте өте көп параметрлерді конфигурациялау және оңтайландыру талап етіледі.

Желіні өзін-өзі тану қабілетімен қамтамасыз ету үшін желі ішінде қолжетімді ақпаратты тиімді пайдалану арқылы басқару тәжірибесін жетілдіру. Желіні өзін-өзі бейімдеу қабілетімен қамтамасыз ету. яғни, интеллектуалды басқару шешімдері арқылы бұрынғы тәжірибеге негізделген автоматтандырылған шешім қабылдау процестерін іске асыру.

Біздің пікірімізше, машиналық оқыту әдістері желінің бұрынғы тәжірибелерден үйренуіне және соның негізінде жұмыс өнімділігін арттыруға тиімді пайдаланылуы мүмкін. Әсіресе, үлкен деректерді талдау арқылы, яғни желіде қалыптасқан деректерді өңдеу негізінде, желіні басқаруды реактивті тәсілден болжамды тәсілге көшіру арқылы желінің өзін-өзі тану қабілетін жетілдіріледі. Үлкен деректерді талдау тәсілдері қазіргі уақытта зерттеу орталарында және нарықта аса үлкен қызығушылық тудырып отыр, өйткені олар операторлар қолындағы деректерді талдау арқылы пайдалы әрі маңызды ақпаратты алуға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыста біз жалпы деректерді талдау мен машиналық оқытудың барлық қолдану бағыттарына емес, 5G желілерін басқаруға қатысты қолданылуына баса назар аударамыз. Өзін-өзі ұйымдастырушы желілерге қатысты бұрын ұсынылған шолулардан, сондай-ақ 5G желілерін басқаруға қатысты басқа да шолулардан айырмашылығы бұл жұмыста біз машиналық оқытуды 5G желілеріндегі автоматтандыру мен өзін-өзі ұйымдастыруды жүзеге

асырудың басты құралы ретінде қарастыра отырып, осы тақырып бойынша бар ғылыми әдебиеттерді талдап, шолу жасаймыз.

1.2 5G қызметіне негізделген архитектура

4G ұзақ мерзімді даму желісінің орталық магистралы - дамыған пакеттік ядро. Пайдаланушы жазықтығы деректері базалық станциядағы басқару жазықтығы деректері деректерінен бөлінген; екеуі де жетілдірілген пакет өзегітәуелсіз беріледі. Архитектураның бұл түрі кедергілер мен шектеулерді тудырады, бұл 5G-нің негізі болып табылатын жоғары жылдамдықты, төмен кідірісті және машинадан машина арасындағы байланысты мүмкін емес етеді.

5G ядросының қызметке негізделген архитектурасы монолитті жетілдірілген пакет өзегібір-бірінен тәуелсіз жұмыс істей алатын және аппараттық тәуелділіктерсіз желілік функциялармен ауыстырады, сондықтан телекоммуникациялар жеткізушілер мен аппараттық құралдарды пайдаланғысы келетіндерге көбірек еркіндік береді.

5G SA өзегіне ауысу сонымен қатар қызметке негізделген архитектураны қабылдауды талап етеді, өйткені негізгі тұтынушы дауысы, деректер және хабар алмасу қызметтері үшін байланыс қызметтерін жеткізушіге қызмет көрсететін дәстүрлі тең-теңімен (P2P) желі архитектуралары қатал және жылдам қызмет инновациялары үшін масштабтаумен, артықшылықпен және кеңейтумен күреседі».

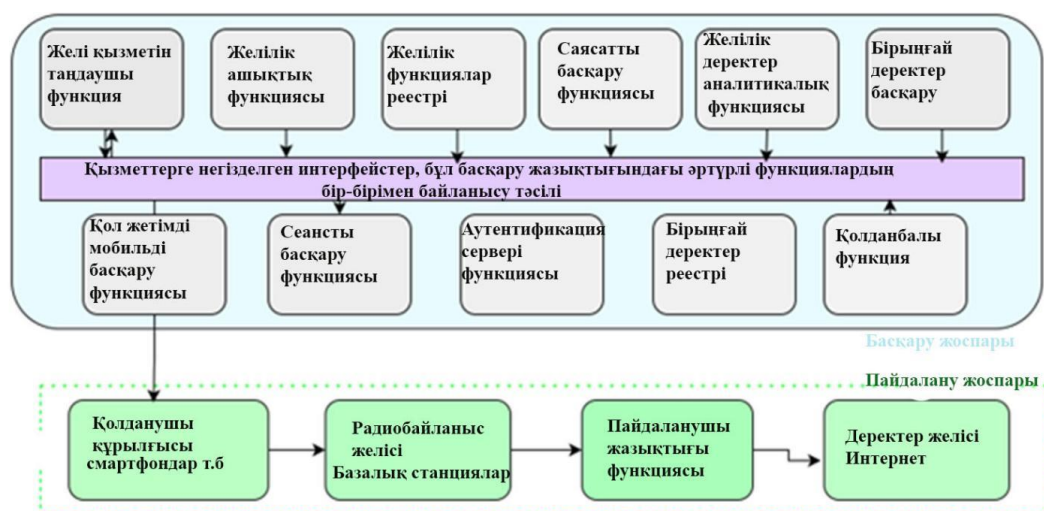
5G Standalone (SA) ядросының қызметке негізделген архитектурасы телекоммуникацияларға желілер мен қызметтерді тиімдірек масштабтауға мүмкіндік береді, тұрақтылықты жақсартады және 5G-ге көшетін кәсіпорындар мен түпкі пайдаланушылардың сансыз қажеттіліктерін қолдау үшін жаңа функцияларды ашады.

3GPP стандарттау органы 5G негізгі желі архитектурасын техникалық техникалық сипаттама 23.501 қызметке негізделген архитектура ретінде енгізеді, мұнда қарапайым модуль желі функциясын анықтайтын қызмет болып табылады. Қызметке негізделген архитектурада желі функциясы ретінде анықталған архитектуралық элементтер өз қызметтерін осы ұсынылатын қызметтерді пайдалануға рұқсат етілген кез келген ұтқырлық құралдарына ортақ құрылым интерфейстері арқылы ұсынады. Қызметке негізделген архитектура функцияларды икемді қосуды және кеңейтуді жүзеге асырады, соның ішінде арнайы жаңа интерфейстерді енгізбестен басқа құрамдастарға қосылу үшін меншікті функцияларды. 3GPP арқылы көрсетілген 5G қызметке негізделген архитектура бірінші суретте көрсетілген, мұнда сеанс басқару функциясы, аутентификация басқару функциясы, пайдаланушы жазықтығы функциясы және басқа да көптеген желі функциялары анықталған.

Аутентификация серверінің функциясы аутентификация үшін кеңейтілген аутентификация протоколын пайдаланады; Қолжетімділік және ұтқырлықты басқару функциясы ұтқырлықты басқаруға қатысты барлық функцияларды

орналастыруға жауап береді және қолжетімсіз қабат және екінші деңгейдегі анықтамалық нүкте хабарларын тоқтатады. Қолжетімділік және ұтқырлықты басқару хабарламалары ұтқырлықты басқару үшін ұтқырлық терминалы мен аутентификация басқару функциясы арасында және сеансты басқару үшін ұтқырлық терминалы мен сеанс басқару функциясы арасында жіберіледі. Желілік бөлікті таңдау функциясы ұтқырлық терминалы қызмет көрсету үшін желілік бөлік даналары AI нағын таңдайды; Саясатты басқару функциясы басқару тақтасының функцияларына саясат ережелерін береді; және сеанс басқару функциясы сеансты басқару (мысалы, сеанс орнату, өзгерту және шығару) үшін пайдаланушы жазықтығы функциясын басқарады. Бірыңғай деректерді басқару жазылым және аутентификация деректерін сақтайды, ал пайдаланушы жазықтығы функциясы радиотығу желісі түйіндерін деректер желісіне қосу арқылы ұтқырлық терминалы қызмет көрсететін пайдаланушы жазық шлюзі. Қолданба функциясы қолданбалар үшін динамикалық саясатты және зарядтауды басқаруды қосады. Ұтқырлық терминалы ұялы терминал, ал деректер желісі оператор қызметтері, интернетке кіру немесе үшінші тарап қызметтері болуы мүмкін.

Бұл архитектура бойынша әрбір желілік функция арасындағы нақты уақыттағы байланысқа орталық қызмет көрсету шинасы (Service-Based Interface - SBI) қосылымы арқылы жоғары кепілдік беріледі және әрбір желілік функция қызметінің байланыс жолы сұранысқа сәйкес оңтайландырылуы мүмкін. Желілік функциялар арасындағы байланыс стандартты HTTP/2 бағыттау механизмі арқылы REST бағдарламалық қолданбалы интерфейсі (REST API) қоңыраулары арқылы жүзеге асырылады. HTTP/2 протоколы Тасымалдау басқару протоколы арқылы API шақыруларын орындау үшін пайдаланылады. Дегенмен, пайдаланушы жазықтығы байланысын тасымалдайтын радиобайланыс желісі, қолданушы құрылғысы және желілік функция сияқты желідегі кіру элементтері әлі де арнайы анықтамалық нүктелерді пайдаланады.



1.1-сурет – 5G қызметіне негізделген архитектура.

Қолжетімді мобилді басқару функциясы қызмет құрылымының үш негізгі құрамдас бөлігі қызметті тіркеу, табу және аутентификация болып табылады. Қызметтік жүйені орындау үшін желілік репозиторий функциясы енгізілген. Жаңа қызмет қызмет түрі мен желі мекенжайының сипаттамалары, т.б. сияқты тиісті ақпаратты беру арқылы желілік функциялар реестрінде тіркеледі. Осылайша, қызмет қызмет провайдері ретінде әрекет етеді және оны қажет болған кезде табуға мүмкіндік береді. Қызметті тұтынушылар – белгілі бір қызметті пайдаланатындар. Сондықтан, қызметті табу әдісі қызмет тұтынушысына дұрыс қызмет жеткізушіні табуға мүмкіндік береді, ал аутентификация жүйесі оны тек қызметке рұқсаты барлар ғана пайдалана алатынын қамтамасыз етеді [19].

1.3 5G желісіндегі деректерді талдау функциясы

3GPP (TS 29.520) стандарты бойынша 5G қызметке негізделген архитектура (SBA) жүйесінде интеллектуалды және автономды желі операциялары мен қызметтерді басқаруды қолдайтын негізгі желілік функция ретінде салыстырмалы түрде жаңа желілік деректер аналитикасы функциясын ұсынады. Желілік деректер аналитикасы функциясын ұсынады бұл әртүрлі деректерге негізделген жасанды интеллект және машиналық оқыту аналитикалық технологияларын 5G желілерімен біріктіруге болатын жалпы архитектура.

1.2-суретте желілік деректер аналитикасы функциясын архитектурасы көрсетілген. Онда желілік деректер аналитикасы функциясын желілік функциялардан (мысалы, қол жетімділікті және мобильділікті басқару функциясы, Сеансты басқару функциясы, саясатты басқару функциясы, қолданба функцияларынан, Бірыңғай деректер репозиторийінен және операцияларды басқаруды және әкімшілендіруді басқару жүйесінен деректер жинап, оларды жасанды интеллект негізінде талдайды.

Әдетте деректер жеке пайдаланушы құрылғысына немесе желі сеанстарына қатысты болған кезде деректер желілік функциялар арқылы жасанды интеллект жүйесінде талданады. Дегенмен, желі бөліктері мен қызметтер/қолданбалардың өнімділік өлшемдері сияқты ғаламдық желі күйлеріне қатысты деректер операциялық және басқару жүйесінен алынады. Желілік деректерді талдау функциясы деректерді екі жолмен алады: (i) ЖИ нақты тұтынушыдан (желілік функциялар/қолданба функция/Операциялар, әкімшілік және техникалық қызмет көрсету) ақпараттың белгілі бір түрін реактивті түрде сұрайды, немесе (ii) ұзақ мерзімді талдау үшін деректерді белсенді түрде шығарып алады.

Желі деректерін талдау функциясы деректерді бір реттік талдау үшін сұрау/жауап форматы немесе белгілі бір уақыт аралығында деректерді жүйелі түрде шығарып алу үшін жазылым/хабарландыру форматтары арқылы қызметке негізделген интерфейс арқылы деректерді ЖИ жүйесіне өткізуді жүзеге

асырады. Деректерді AI жүйесіне жібергеннен кейін, ол аналитикалық талдауды орындайды және желі операциялары мен басқару әрекеттері бойынша оңтайлы шешімдер қабылдау үшін осы ақпаратты сұралған желілік функция, AF және OAM жүйесіне жеткізеді.



1.2-сурет – Желілік деректерді интеллектуалды талдау функциясының архитектурасы.

Желі деректерін талдау функциясы аналитикалық ақпараттың екі негізгі түрін жасайды: (i) статистикалық ақпарат және (ii) болжамдық ақпарат. Статистикалық ақпарат трафик жүктемесін және желі бөліктерінің ресурстарын пайдалануды, желі/қызмет өнімділігін өлшеуді және пайдаланушының ұтқырлық үлгісін талдауды қамтиды. Ал болжамдық ақпарат болашақ уақыт кезеңіне болжанған трафиктің уақытша және кеңістіктік таралуын және болашақ уақыт мезетіндегі пайдаланушының құрылғысының орнын болжауды қамтиды.

5G қызмет негізіндегі архитектура желі деректерін талдау функциясы бір желі доменінде жалғыз немесе бірнеше виртуалды желі функциялары ретінде орналастыруға мүмкіндік береді. желі деректерін талдау функциясы бірнеше даналарын орталық желілік функция, таратылған желілік функция немесе екеуінің тіркесімі ретінде орналастыруға болады. желі деректерін талдау функциясы бірнеше данасы орналастырылған кезде, әрбір данасы талдаудың белгілі бір түрін қамтамасыз етуі мүмкін. желі деректерін талдау функциясы және желі функциялары арасындағы өзара әрекеттесу тұтынушы-провайдер үлгісі болып табылады. Яғни, 5G SBA желі деректерін талдау функциясы тұтынушысына желі функциялары желісі арқылы нақты аналитиканы алу үшін

сәйкес желі деректерін талдау функциясы данасын табуға және таңдауға мүмкіндік береді.

Желі деректерін талдау функциясы данасын тапқаннан кейін, тұтынушы желі функцияларынан бір реттік аналитикалық ақпаратты алу үшін деректерді SBI сұрауы/жауап хабар алмасу протоколы арқылы ала алады немесе аналитикалық қызметтен жасалған желі деректерін талдау функциясы данасынан хабарландыру хабарларын жүйелі түрде алу үшін желі деректерін талдау функциясы данасы ұсынатын аналитикалық қызметтің белгілі бір түріне жазылуы мүмкін.

Қорытындылай келе, 5G желі деректерін талдау функциясы пайдаланудың кейбір негізгі жағдайлары мыналар болып табылады: (i) желі бөлігінің данасы үшін жүктеме деңгейін есептеу және болжау; (ii) нақты желі функциялары үшін аналитикалық ақпаратты және болжамды жүктемені алу; (iii) желі жүктемесінің өнімділігін есептеу және болашақ жүктемені болжау; (iv) пайдаланушы құрылғы ұтқырлығына қатысты ақпарат және болжам; (v) қызмет сапасының өзгерісі туралы есеп беру және болжауды қамтитын қызмет сапасы тұрақтылығы.

1.4 Өзін-өзі ұйымдастырушы желілер және желіні басқару

Өзін-өзі ұйымдастырушы желілер – бұл ұялы байланыс желілерінің жалпы жұмыс өнімділігін барынша арттырудың маңызды құралы болып табылады. Оның негізгі мақсаты – адам еңбегінің араласуын азайту арқылы желілерге интеллектуалды және автономды бейімделу қабілетін енгізу, сонымен қатар желінің сыйымдылығы, қамту аумағы мен қызмет сапасы тұрғысынан желі өнімділігін жақсарту. ӨӨҰЖ технологиясы желілердің конфигурациялау, оңтайландыру және ақауларды автоматты түрде жою қабілеттерін қолдану арқылы операциялық тапсырмаларды жеңілдетіп, орнату және басқару шығындарын төмендетуге бағытталған.

Операторлар, стандарттау ұйымдары мен түрлі жобалардың ӨӨҰЖ технологиясын енгізуге деген қызығушылығының артуына негізінен екі негізгі себеп бар. Біріншіден, нарық тұрғысынан алғанда, ұсынылатын қызмет түрлерінің үнемі әртүрлілігі және инновациялық қызметтерді нарыққа енгізу уақытын қысқарту қажеттілігі бәсекеге қабілетті болу үшін шығындарды азайтуға қосымша қысым жасайды. Екіншіден, техникалық тұрғыдан қарағанда, болашақ радиобайланыс технологияларының күрделілігі мен ауқымының кеңеюі көптеген реттелетін параметрлердің және олардың арасындағы күрделі тәуелділіктердің себебінен желіні пайдалану мен басқару процестерінде елеулі қиындықтар туындатады. Сонымен қатар, гетерогенді желілердің пайда болуы осы жаңа экожүйедегі түйіндер санын күрт арттырады. Осыған байланысты дәстүрлі қолмен реттеу немесе тәжірибелік сынақтарға негізделген жобалау тәсілдері іс жүзінде тиімсіз және қолдануға келмейді.

Сол сияқты, сарапшылардың көмегімен жүзеге асырылатын қолмен оңтайландыру немесе ақауларды анықтау және жою процестері қазір тиімді

болмай отыр, сондықтан оларды автоматтандыру қажет. Қолмен орындалатын жұмыстар көбіне уақытты көп қажет ететін эксперименттерге, жұмыс ауқымының шектелуіне, сондай-ақ ұялы байланыс ұяшықтары мен сайттардағы ақауларды жоюдың кешігуіне және сапасыз өңделуіне әкеледі.

Қазіргі таңда желіні жоспарлау мен радио желісін оңтайландыру сияқты негізгі операциялық міндеттер көбіне бөлек-бөлек орындалады. Бұл жағдай бірқатар кемшіліктерді тудырады, мысалы, желіні жоспарлау кезінде қатынау технологияларының тым абстрактілі қарастырылуы немесе қолданушы үшін шын мәнінде маңызды емес көрсеткіштердің ғана ескерілуі.

Аталған мәселелерді шешу үшін еуропалық зерттеу жобалары және Gandalf сияқты жобалар арқылы ӨӨҰЖ технологиясын қолданып отыр. Сондай-ақ FP7 және 5GPPP жобалары да ӨӨҰЖ бағытында зерттеулер жүргізуде. Мысалы, FP7 аясындағы еуропалық зерттеу жобасы күрделі гетерогенді желілерді бірыңғай басқару үшін өздігінен басқарылатын жүйені дамытуда[20].

5GPPP жобалары ішінде еуропалық зерттеу жобасын атап өтуге болады. Ол Бүлтпен қамтамасыз етілген шағын ұялы байланыс станциясы тұжырымдамасын ұсынады, яғни желілік функцияларды виртуалдандыру (ЖФВ) технологиясын қолданып, бірнеше операторларға қызмет көрсетуге қабілетті шағын ұяшықтарды енгізуді ұсынады. Мұнда қолжетімді желі инфрақұрылымын ішінде қуатты өздігінен басқару механизмдері жүзеге асырылады.



1.3-сурет – Өзін-өзі ұйымдастырушы желілер

Бағыдарламалық анықтау және желілік функцияларды виртуалдандыру технологияларына негізделген өзін-өзі ұйымдастырушы желіні басқару саласында тағы бір маңызды жобасы көрсетілген, оның мақсаты – нақты уақыт режимінде 5G желілерін автономды түрде басқару үшін машиналық оқытуды

қолдануға мүмкіндік жасау. Бағдарламалық анықталатын желі (БАЗ), ЖФВ, ӨҰЖ, бұлттық есептеулер және жасанды интеллект саласындағы заманауи технологияларды ақылды түрде интеграциялауды зерттейді[21].

Бұл бөлімде алдымен 3GPP ұйымындағы ӨӨҰЖ тұжырымдамасының эволюциясына қысқаша шолу жасаймыз. Әрі қарай, өзін-өзі конфигурациялау, оңтайландыру және емдеу функцияларын қарастырып, олардың әрқайсысына арналған қолдану сценарийлерін таныстырамыз. Сонымен қатар, бірнеше ӨӨҰЖ функцияларының бір уақытта қатар орындалуы нәтижесінде туындауы мүмкін қақтығыстарды шешуге арналған өзін-өзі үйлестіру мәселесін талқылаймыз. Одан кейін, желіні тестілеуге жұмсалатын күш-жігерді азайтуға бағытталған драйв-тесттерді минимизациялау функциясын таныстырамыз.

1.5 Өзін-өзі конфигурациялау

Өзін-өзі конфигурациялау – бұл жаңа желілік элементті (мысалы, базалық станцияны) адам операторларының араласуын барынша азайта отырып іске қосу процесі [22]. Бұл процесс ұялы желінің өмірлік цикліне қатысты жоспарлау және орналастыру кезеңдерін қамтиды.

Өзін-өзі конфигурациялайтын алгоритмдер жетілдірілген базалық станция барлық конфигурациялық параметрлерін автоматты түрде орнатады. жетілдірілген базалық станция қосылған кезде, ол алдымен көліктік арнаны анықтайды және желінің ядролық элементтерімен байланыс орнатады. Осы процестер аяқталғаннан кейін жетілдірілген базалық станцияны операциялық басқару, әкімшілік ету және техникалық қызмет көрсетуді қамтиды, S1 және X2 интерфейстерін орнатып, толыққанды жұмыс режиміне көшеді.

Жетілдірілген базалық станция конфигурацияланғаннан кейін, ол өзіндік тест жүргізіп, желіні басқару түйініне қалып-күй туралы есеп жібереді. 3GPP Release 8 нұсқасынан бастап, бұл процестерді жеңілдету үшін автоматты көрші қатынасын (АҚҚ) орнату және физикалық ұяшық сәйкестігін (ФҰС) автоматтандырылған конфигурациялау қолдану сценарийлері қарастырылды [23]. Автоматты көрші қатынастарын басқару функциясы тікелей жетілдірілген базалық станция ішінде орналасады және көрші қатынастар кестесін басқарады. АҚҚ құрамындағы көрші түйіндерді анықтау функциясы жаңа көрші базалық станцияларды тауып, оларды АҚҚ тізіміне қосады. Сонымен қатар, АҚҚ көрші станцияларды жою функциясын да қамтиды, бұл желінің тиімді жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Өзін-өзі оңтайландыру – қазіргі 5G және жоғары жылдамдықты мобильді байланыс технологиясында маңызды рөл атқаратын негізгі механизмдердің бірі болып табылады. Оның негізгі мақсаттарының бірі желінің өнімділігін арттыру, қолмен жүргізілетін жұмыстар көлемін азайту және қызмет көрсету сапасын жақсарту.

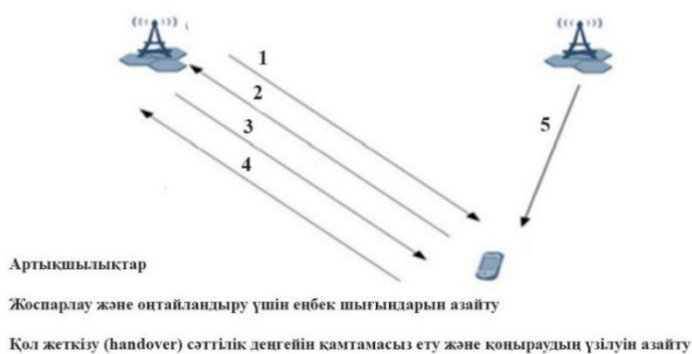
Автоматты көршілес ұяшықтар байланысы механизмі ұяшықтар арасындағы көршілестік қатынастарды басқаруды автоматтандыруға

бағытталған. Бұл жүйе жетіспейтін көршілес ұяшықтарды автоматты түрде анықтап, көршілер тізімінің толықтығы мен дұрыстығын қамтамасыз етеді. Сонымен бірге, қате немесе жарамсыз көршілес байланыстарды азайту арқылы пайдаланушы құрылғыларының (ПҚ) қол жеткізу процесінде туындайтын ақауларды төмендетеді. Мұның нәтижесінде желінің жалпы өнімділігі артып, деректерді жеткізу уақыты мен үзілістер саны азаяды.

АКҰ жүйесі пайдаланушы құрылғыларының қол жеткізу өлшемдері негізінде жұмыс істейді. Атап айтқанда, eNodeB базалық станциясы жиілік ішіндегі көршілес ұяшықтарды автоматты түрде анықтап, олардың тізімін жаңартады. Бұл процесс үздіксіз және нақты уақыт режимінде орындалады, осылайша желінің динамикалық өзгерістеріне икемді жауап қайтаруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, АКҰ механизмі операция және техникалық қызмет көрсету шығындарын айтарлықтай төмендетеді, себебі бұрын қолмен орындалатын көптеген әрекеттер (мысалы, көршілер тізімін жаңарту немесе сәйкессіздіктерді түзету) автоматтандырылады.

Өзін-өзі конфигурациялау желіні енгізу және кеңейту процесін едәуір жеңілдетеді. Оның басты мақсаты – базалық станцияның (мысалы, eNodeB немесе gNodeB) негізгі конфигурация параметрлерін стандарттау және автоматтандыру арқылы тез әрі тиімді іске қосу мүмкіндігін қамтамасыз ету.

1. Көрші ұяшықты сұрату туралы есеп беру
2. Физикалық ұяшық сәйкестендіргіші (PCI=5) және күшті сигнал туралы есеп беру
- 3 ECGI сұрауы бойынша есеп беру (мақсатты физикалық ұяшық сәйкестендіргіші PCI=5)
- 4 Таратушы арнаны тексеру ECGI=19 мәнін есеп беру



1.4-сурет – Бұл базалық станцияның автоматты түрде конфигурациялануы және іске қосылуы.

Жоғары деңгейлі басқару бағдарламалық жасақтамасы базалық трансивер станциясының конфигурациясын автоматты түрде орнатуға мүмкіндік береді. Бұл процесс базалық станция алғаш желіге қосылған сәтте автоматты түрде орындалады, алдын ала орнатылған шаблондар мен стандартталған параметрлер негізінде жүзеге асады. Мұндай автоматтандыру дұрыс жұмыс жағдайын

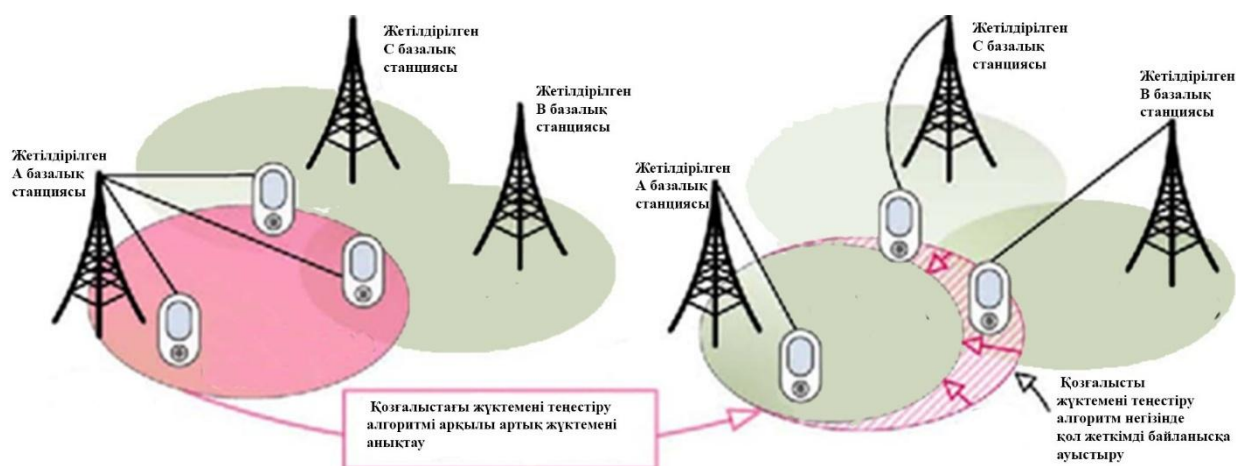
қамтамасыз етуге және конфигурация қателерінің ықтималдығын азайтуға мүмкіндік береді. Базалық станцияның конфигурация параметрлерінің (мысалы, жиілік жолағы, қуат деңгейі, көршілер тізімі) дұрыс және үйлесімді түрде орнатылуы желінің тұрақты әрі тиімді жұмыс істеуі үшін шешуші мәнге ие. Нәтижесінде, желіні орналастыру уақыты қысқарады, бастапқы іске қосу процесі оңайлайды және адами фактордан туындауы мүмкін қателер азаяды.

Өздігінен конфигурациялау базалық станцияның авто-орнату функциясының іске қосылуына мүмкіндік береді, яғни базалық станция орнатылған кезде. Базалық станция қуат қосылғаннан кейін, ол автоматты түрде жоғары деңгейдегі басқару жүйесіне қосылып, қажетті деректер мен бағдарламалық қамтамасыз етуді алады. Конфигурация деректері автоматты түрде жеткізіліп, жүктеледі, бағдарламалық қамтамасыз ету автоматты түрде орнатылады, IP мекенжайлары автоматты түрде бөлінеді, радиожиіліктердің параметрлері автоматты түрде жаңартылады және конфигурация күйі жоғары деңгейдегі NMS (желі басқару жүйесіне) автоматты түрде жаңартылады.

1.6 Өзін-өзі оңтайландыру

Өзін-өзі оңтайландыру – бұл желінің жұмыс істеу барысында өлшеу нәтижелеріне сүйене отырып, желі параметрлерін оңтайландыратын механизмдердің жиынтығын қамтиды. Төменде әртүрлі соңғы шығарылымдарда енгізілген негізгі өзін-өзі оңтайландыру функцияларына қысқаша шолу береміз [25]. МО тәсілі бақыланатын оқыту тарихи өнімділік деректеріне негізделген болжам жасау және желінің конфигурациясын оңтайландыру үшін қолданылуы мүмкін. Мысалы, күшейту оқыту (КО) желі өнімділігін үздіксіз оңтайландыру үшін желі әрекеттері мен кері байланысты оқып үйренуге болады. Желі басқару (ЖБ) – желі басқару желінің өнімділігі, қолжетімділігі және қауіпсіздігін мониторинг, талдау және қолдау жұмыстарын жүргізуді қамтиды. ЖИ желі басқаруды жақсартуға қолданылуы мүмкін, мысалы, ақауларды басқару, өнімділікті мониторинг жасау және трафикті болжау.

Қозғалыс жүктемесін теңестіру деген нені білдіреді. Бұл функция желіде ұялы байланыс ауқымында қолданылатын, яғни ұялы ұяшықтардың жүктемесін басқа ұяшықтарға тарату арқылы ұялы желідегі жүктемені басқаруға арналған. Бұл ұялы байланыс ұяшықтарының жүктемесін басқа ұяшықтарға жүктеу арқылы басқаруға жауапты ӨӨҰЖ функциясы. MLB функциясының негізгі мақсаттары пайдаланушының тәжірибесін жақсарту, желі жүктемесін дұрыс бөлу арқылы пайдаланушыларға тұрақты және жоғары сапалы байланыс қамтамасыз ету, жүйе өткізу қабілетін арттыру, желі ресурстарын тиімді пайдалану арқылы жүйенің жалпы өткізу қабілетін арттыру.



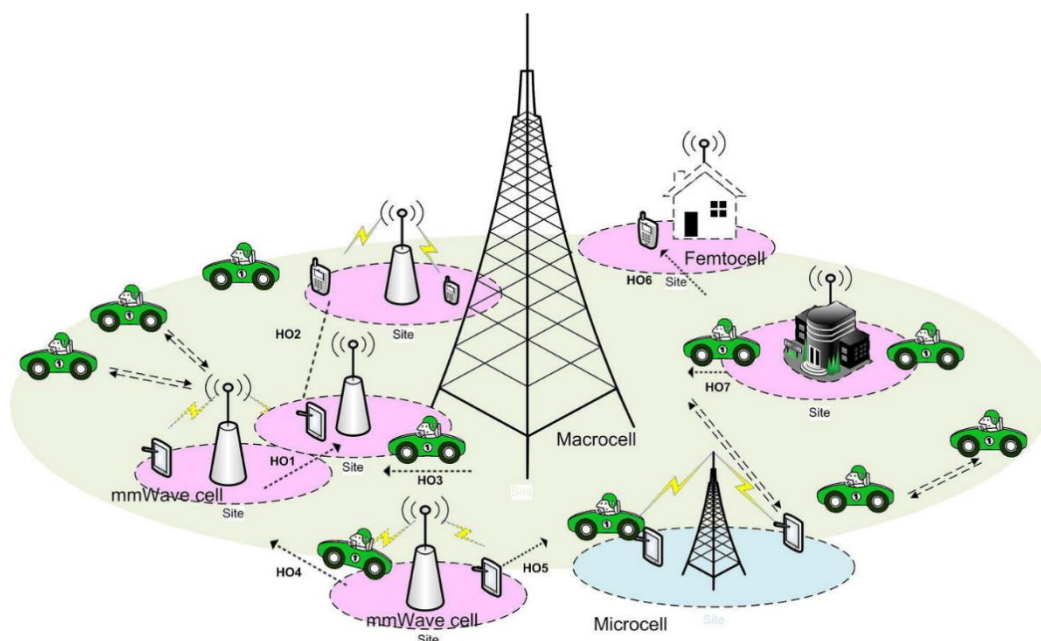
1.5-сурет – Қозғалыс жүктемесін теңестіру

Бұл сурет қозғалыс жүктемесін теңестіру алгоритмінің жұмысын көрсетеді, атап айтқанда ұяшықтардың жүктемесін басқару процесін. Суретте көрсетілгендей, ҚЖТ алгоритмі ұялы байланыс желісіндегі артық жүктемені анықтайды және оны шешу үшін қолданылады. Артық жүктелген ұяшық Мұнда А эволюциялық базалық станция бір ұяшығында жүктеме жоғары болғаны көрсетіледі. Қозғалыс жүктемесін теңестіру алгоритмі осы артық жүктемені анықтайды және ұялы телефондардың басқа ұяшықтарға ауысуына дайындық жүргізіледі. Қозғалыс жүктемесін теңестіру алгоритмі жүктемені жеңілдетеді, нәтижесінде А эволюциялық базалық станция басқа ұяшықтарға мысалы, С эволюциялық базалық станция және В базалық станциясы қолданыстағы пайдаланушылар қайта бағытталады.

Қозғалыс жүктемесін теңестіру алгоритмі арқылы ауысу шекараларының төмендеуі. Қозғалыс жүктемесін теңестіру алгоритмі арқылы ұяшық ауыстыру шекаралары төмендетіледі, бұл пайдаланушылардың тиімді әрі жылдам басқа ұяшықтарға ауысуына мүмкіндік береді. Бұл шешім белгілі бір көлік желісінің топологиясымен шектелмейді және сонымен қатар Трафикті басқару механизмі ретінде әрекет етеді, себебі ол көлік жүктемесін шешу арқылы пайдаланушыларды қосымша көлік ресурстары бар көрші ұяшықтарға қайта бағыттайды.

Мұнда Макроұяшықтар, Микроұяшықтар, Фемтоұяшықтар және миллиметрлік толқын ұяшықтары сияқты ұялы желі құрылымдарының әртүрлі түрлері бейнеленген. Әрбір құрылым белгілі бір аумаққа қызмет көрсетеді және өзара байланыс орнатады.

Макроұяшықтар бұл үлкен аумақтарды қамтитын ұялы базалық станциялар. Суретте олар биік мұнара түрінде көрсетілген. Микроұяшықтар шағын аумақтарда, мысалы, қала аудандары немесе ғимарат ішіндегі кеңістіктерде қызмет көрсететін базалық станциялар. Олар көбінесе ұялы байланыс сигналын жақсарту үшін қолданылады. Фемтоұяшықтар өте кіші аумақтарға арналған ұялы станциялар, әдетте жеке үйлерде немесе кеңселерде орнатылады және мобильді интернет сапасын арттыру үшін пайдаланылады.



1.6-сурет – Ұялы байланыс жүйесінің әртүрлі түрлерін және олардың арасындағы өзара байланыстары

Миллиметрлік толқын ұяшықтары жоғары жиіліктегі миллиметрлік диапазонда жұмыс істейтін базалық станциялар. Олар әсіресе 5G желілерінде жоғары жылдамдықтағы деректерді қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Мобильділіктің тұрақтылығын оңтайландыру функциясы бұл ұялы байланыс желісінде мобильділікті тиімді басқаруға арналған Өзін-өзі оңтайландыру желісі (ӨӨҰЖ) функциясы. Ол қосылған режимде дұрыс ұяшыққа қол жеткізуді және белсенді емес режимде ұяшықты дұрыс қайта таңдауды қамтамасыз етуге жауапты. Негізгі мақсаттары қоңырау үзілуін минимизациялау, радиобайланыс ақауларын азайту, Қате орнатылған параметрлерден туындайтын қажетсіз ұяшық ауысуларын төмендету, Белсенді емес режимдегі мобильділік мәселелерін азайту.

1.7 Мобилды байланыс ұяшықтарының араласун үйлестіру

Ұяшықтар арасында бірдей спектрді пайдалану (Inter-Cell Interference Coordination ICIC) кезінде араласуды минимизациялауды мақсат етеді. Бұл көрші ұяшықтар арасындағы физикалық ресурстарды үйлестіру арқылы бір ұяшықтың екінші ұяшыққа араласуын азайту процесін қамтиды. ICIC деректер арналарында, яғни Физикалық төменгі ағын ортақ арнасы, және Физикалық жоғарғы ағын ортақ арнасы, сияқты ағындарда, сондай-ақ байланыс арнасында Физикалық төменгі ағын басқару арнасы және төменгі арна (Downlink - бұл телекоммуникацияда желіден қолданушыға қарай берілетін деректер ағынын білдіретін термин. Яғни, базалық станциядан (желі жағынан) пайдаланушы

жабдығына (мысалы, смартфонға) қарай жіберілетін сигнал немесе ақпарат. режимдерінде жүзеге асырылуы мүмкін. Мобилды байланыс ұяшықтарының араласун үйлестіру статикалық, жартылай статикалық немесе динамикалық болуы мүмкін. Динамикалық мобилды байланыс ұяшықтарының араласун үйлестіру жиі параметрлерді реттеуді қажет етеді, бұл ұяшықтар арасындағы X2 интерфейсі арқылы сигнал жіберу арқылы қолдау табады. Ұяшықтар арасында проактивті үйлестіруді қолдау үшін Жоғары кедергі индикаторы және салыстырмалы таржолалық тарату қуаты индикаторлары анықталған, ал реактивті үйлестіруді қолдау үшін артық жүктеме индикаторы нгізіледі. Кеңейтілген ұяшықаралық араласуды үйлестіру.

Ұзақ мерзімді дамудың А жүйесіндегі араласуды басқару технологиясы - кеңейтілген ұяшықаралық араласуды үйлестіру туралы айтамыз. Ұзақ мерзімді даму А жүйесінде операторлар үшін негізгі қиындықтардың бірі жылдам өсіп келе жатқан трафикті басқару үшін желі сыйымдылығын арттыру қажеттілігі. Әсіресе, ірі қалалардың тығыз аймақтарында өте жоғары трафикке ие ыстық нүктелер бар. Бұл ыстық нүктелер үшін тек макро ұяшықтардың өлшемін азайту жоғары трафикті өңдеуге жеткіліксіз болады. Сондықтан желі операторлары желі сыйымдылығын тиімдірек тәсілмен арттыруды қалайды шағын ұяшықтарды орнату арқылы.

Бірдей типтегі ұяшықтардан тұратын желілер алдыңғы жазбада айтылғандай, гомогенді желілер деп аталады, ал әртүрлі типтегі ұяшықтармен желілер гетерогенді желілер деп аталады. Демек, гетерогенді желілер бұл макро ұяшықтың қамтуы ішінде шағын ұяшықтар орналастырылған желі. Release 10-нан бастап гетерогенді желілер ортасы ұзақ мерзімді даму А стандарттарын талқылаған кезде ескерілетін болады.



1.7-сурет – Гомогенді (біртекті) желі және гетерогенді (әртекті) желі

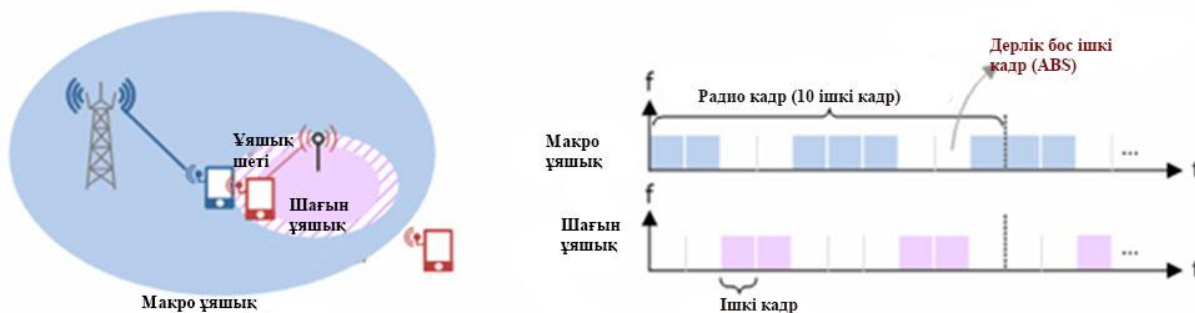
Мобильді байланыс ұяшықтарының араласуын үйлестіру бұл 3GPP Release 10 нұсқасында анықталған араласуды басқару технологиясы. Бұл бұрын 3GPP Release 8 нұсқасында анықталған мобильді байланыс ұяшықтарының араласуын үйлестіру технологиясының жетілдірілген нұсқасы болып табылады және гомогенді (біртекті) желі мен гетерогенді (әртекті) желі орталарын қолдау үшін дамытылған.

Ұяшықаралық араласудың алдын алу үшін Интерференцияны үйлестіру технологиясы көрші ұяшықтардағы ұяшық шекарасындағы пайдаланушыларға (ұяшық шекарасындағы пайдаланушы құрылғылары) әртүрлі жиілік диапазондарын (ресурс блоктарын немесе субтасушыларды) пайдалануға мүмкіндік береді. Ал Кеңейтілген интерференцияны үйлестіру технологиясы сол мақсатта пайдаланушыларға әртүрлі уақыт аралықтарын (яғни, субкадрларды) пайдалануға мүмкіндік береді. Яғни, Кеңейтілген интерференцияны үйлестіру технологиясының көмегімен бір арнаны ортақ пайдаланатын макро ұяшық пен шағын ұяшықтар радиоресурстарды әртүрлі уақыт интервалдарында (мысалы, әртүрлі субкадрларда) қолдана алады.

Мобильді байланыс ұяшықтарының араласуын үйлестіру технологиясының екі негізгі ерекшелігі бар: Release 10 нұсқасында анықталған Әрекетсіз дерлік субкадрлар технологиясы және Release 11 нұсқасында енгізілген Ұяшық қамту аймағын кеңейту технологиясы.

Әрекетсіз дерлік субкадрлар технологиясы - макро ұяшық пен шағын ұяшықтар бірдей радиоресурстарды қолдана отырып, бірақ әртүрлі уақыт аралықтарында (субкадрларда) жұмыс істеп, шағын ұяшықтардағы ұяшық шекарасындағы пайдаланушыларға макро ұяшықтан келетін араласудың алдын алуға мүмкіндік береді.

Ал Ұяшық қамту аймағын кеңейту технологиясы - шағын ұяшықтың қамту аймағын кеңейтіп, ұяшық шекарасына жақын орналасқан көбірек пайдаланушылардың осы шағын ұяшыққа қосылуына мүмкіндік береді.



1.8-сурет. ABS-ке негізделген мобилды байланыс ұяшықтарының араласун үйлестіру технологиясыны

Суретте Макроұяшық пен Шағын ұяшықтардың өзара әрекеттесуі және Әрекетсіз дерлік субкадрлар (ӘДС) механизмінің жұмыс істеуі көрсетілген.

Сол жақтағы суретте Макроұяшық үлкен аумақты қамтитын базалық станция ретінде бейнеленген. Ол кең радиус бойынша қызмет көрсетеді және негізгі қамту аймағын қамтамасыз етеді. Ал Шағын ұяшық - кішігірім аумақтарға арналған базалық станция, мысалы, шағын ғимараттар немесе нақты аймақтар ішінде жұмыс істейді. Шағын ұяшықтар көбінесе макроұяшықтың қамту аумағының ішінде орналасады. Сонымен қатар, Шекаралық аймақ (Edge) - екі

ұяшықтың қамту аймағының түйісетін бөлігін білдіреді, мұнда екі ұяшықтың сигналдары бір-біріне әсер етіп, араласуы мүмкін.

Оң жақтағы суретте Әрекетсіз дерлік субкадрлар (ӘДС) механизмі көрсетілген. ӘДС - бұл төменгі бағыттағы трафик ішінде арнайы белгіленген уақыттық бөлім, онда макроұяшықтың деректер трафигі минималды деңгейге дейін төмендетіледі. Бұл шағын ұяшықтарға сол уақытта радиожиіліктік ресурстарды көбірек пайдалануға мүмкіндік береді. ӘДС механизмі ұяшықаралық араласуды азайтуға және ұяшық шекараларында орналасқан пайдаланушылардың қызмет көрсету сапасын жақсартуға көмектеседі.

Динамикалық спектрді бөлісу тиімділігін оңтайландыру. Жабу және құрылымдық қабылдау оңтайландыруы - бұл ӨӨҰ функциясы, оның мақсаты жабу мен құрылымдық қабылдаудың арасында оңтайлы байланыс қамтамасыз ету үшін өзін-өзі оңтайландыратын алгоритмдерді жобалау. Жабу мен құрылымдық қабылдауды динамикалық түрде жақсартуға болатын әртүрлі механизмдер қарастырылуы мүмкін, мысалы, Ұяшықтар арасында бірдей спектрді пайдалану, жоспарлау және осындай механизмдердің комбинациясы. Оңтайландырылуы мүмкін мақсаттар өндірушіге тәуелді болуы мүмкін және олар жабу, шеткі ұяшық өткізу қабілеттілігі немесе жоғарыда аталғандардың салмақталған комбинациясын қамтуы мүмкін.

5G желісінің күрделілігі мен функционалдық ауқымы оны басқару тәсілдерінде түбегейлі өзгерістерді талап етеді. Бұл өзгерістердің негізгі қозғаушы күштері ретінде ӨӨҰЖ концепциясы, желілік функцияларды виртуализациялау, қызметке негізделген архитектуралар және жасанды интеллектке негізделген аналитика алға шықты. Өзін-өзі конфигурациялау, оңтайландыру және емдеу функциялары желіні нақты уақыт режимінде автономды басқаруға мүмкіндік береді, ал деректерді талдау механизмдері секілді шешімдер үлкен көлемдегі желілік деректерден мәнді ақпарат алып, желі өнімділігін арттыруға септігін тигізеді.

5G желілерінің дамуы телекоммуникация индустриясына жылдамдық, төмен кідіріс және құрылғылардың жаппай байланысын қамтамасыз ету сияқты жаңа мүмкіндіктер әкелді. Алайда желінің күрделілігі де артты, сондықтан басқару тәсілдерінде түбегейлі өзгерістер қажет болды. Бұл өзгерістердің негізгі қозғаушы күштері ретінде өзін-өзі ұйымдастырушы желілер (ӨӨҰЖ), желілік функцияларды виртуализациялау (ЖФВ), қызметке негізделген архитектуралар және жасанды интеллектке (ЖИ) негізделген деректер аналитикасы аталды.

ӨӨҰЖ технологиялары желінің өзін-өзі конфигурациялау, өзін-өзі оңтайландыру және өзін-өзі емдеу функцияларын іске асырып, адамның араласуын азайтады, желі өнімділігін арттырады және шығындарды азайтады. Сонымен қатар, 5G қызметке негізделген архитектурасы желінің икемділігін арттырып, жаңа қызметтерді тез енгізуге мүмкіндік береді. Желілік деректерді интеллектуалды талдау механизмдері желі күйін болжау және оңтайландыру үшін жасанды интеллект әдістерін қолдануға жол ашады.

2 5G желілеріндегі күрделілік және интеллектуалды басқару қажеттілігі

Бесінші буын (5G) мобильді желілері – жоғары жылдамдық, төмен кідіріс және массалық құрылғылар қосылымы секілді сипаттамаларымен ерекшеленетін телекоммуникацияның жаңа дәуірін қалыптастыруда. Бұл технология тек деректерді жылдам жеткізуге арналған желі емес, ол сонымен қатар ақылды қалалар, өнеркәсіп 4.0, қашықтан хирургия, автономды көліктер сынды заманауи қосымшаларға негіз бола алатын сенімді, масштабталатын және бейімделгіш инфрақұрылымды қамтамасыз етеді. Алайда, 5G желілерінің күрделілігі мен гетерогенділігі желіні басқару мен оңтайландыруда бұрын-соңды болмаған қиындықтарды тудырады.

Желілік элементтердің санының артуы, әртүрлі радио қолжетімділік технологияларының (көп радио арна технологиясы), жаңа архитектуралардың (SDN бағдарламалық түрде анықталған желі, NFV желілік функцияларды виртуалдандыру), және деректердің ауқымды ағыны – осының барлығы желіні автономды басқарудың жаңа тәсілдерін талап етеді. Осы контексте, Өзін-өзі ұйымдастырушы желілер (ӨҰЖ) тұжырымдамасы маңызды орын алады. Бұл тұжырымдама желіні конфигурациялау, оңтайландыру, ақаулардан қалпына келтіру және үйлестіру сияқты міндеттерді автоматтандыруға бағытталған.

Сонымен қатар, машиналық оқыту (МО) мен жасанды интеллект әдістері 5G желісіндегі күрделі басқару тапсырмаларын интеллектуалды түрде шешуге мүмкіндік береді. Олар желі деректерін талдау арқылы ақауларды алдын ала болжауға, параметрлерді динамикалық реттеуге, ресурстарды оңтайлы үлестіруге және пайдаланушы тәжірибесін жақсартуға көмектеседі.

Бұл жұмыста біз 5G желісіндегі өзекті басқару мәселелерін талдап, оларды шешу жолында ӨҰЖ функцияларын және МО әдістерін қолдану мүмкіндіктерін жүйелі түрде қарастырамыз. Талдау барысында өзін-өзі емдеу, өзін-өзі үйлестіру, драйв-тесттерді минимизациялау, ядро желілерін интеллектуалды басқару және виртуализацияланған инфрақұрылымдарды басқару секілді аспектілерге баса назар аударылады. Сонымен қатар, біз желіні интеллектуалды басқаруға қажетті МО әдістерінің таксономиясын ұсыну арқылы теория мен практиканы байланыстыруды мақсат етеміз.

2.1 5G және IoT желілеріндегі өздігінен емдеу функциялары

IoT пайда болуымен және 5G технологияларын пайдаланатын желілердің барлық жерде үздіксіз қызмет көрсету мүмкіндігі, әрбір Интернет-провайдерінің маңызды талабы болып табылады. IoT үлкен желілік инфрақұрылымды ұсынады, бұл ақауларды жоюды және желіге қызмет көрсетуді қиындатады. Сондықтан желі диагностикасын және болжамды өзін-өзі емдеуді жүзеге асыратын автоматтандырылған жүйе қазіргі заманның қажеттілігіне айналды.

Өздігінен емдеу [44] ұялы желінің техникалық қызмет көрсету кезеңіне назар аударады. Ұялы сымсыз жүйелер ақаулар мен сәтсіздіктерге бейім, ал ақауларды басқарудың ең маңызды саласы - бұл радио қол жеткізу желісі әрбір ӨӨҰ өз аймағын қамтамасыз етуге жауапты, бірақ резервті жүйелердің саны аз немесе мүлде жоқ. Егер элементтер өз міндеттерін орындай алмаса, бұл өнімділіктің төмендеуі кезеңіне әкеледі, мұнда пайдаланушылар тиісті қызмет алмайды. Бұл оператор үшін үлкен кіріс жоғалтуына әкеледі. Өздігінен емдеу алғаш рет Release 9 шеңберінде зерттелген, бірақ Release 10-да негізгі жұмыстар атқарылып, ақауларды анықтау және параметрлерді түзету мүмкіндіктері анықталды. Бұл сипаттамалар Release нұсқасында одан әрі жаңартылды. Негізгі анықталған қолдану жағдайлары төмендегідей:

Желі элементтері бағдарламалық қамтамасыз етуінің өздігінен қалпына келуі. Егер желі элементтері бағдарламалық қамтамасыз етуі жүктеме немесе бұрынғы бағдарламалық нұсқалар мен/немесе конфигурация себебінен сәтсіздікке ұшыраса, ең маңыздысы элементтер желісі дұрыс жұмыс істейтінін қамтамасыз ету үшін ақаулы бағдарламалық жасақтаманы алып тастап, конфигурацияны қалпына келтіру.

Тақта ақауларының өздігінен емделуі. Бұл қолдану жағдайы элементтердің құрылғысындағы аппараттық ақауларды шешуге бағытталған. Ұялы байланыстың жұмыс істемеуін басқару. Бұл қолдану жағдайы екі негізгі функцияға бөлінеді:

-Ұяшықтың жұмыс істемеуін анықтау. Мұндағы басты мақсат — ұяшықтың жұмыс істемеуін өнімділік көрсеткіштерін бақылау арқылы анықтау, олар шектік мәндер мен профильдерге қарсы салыстырылады.

-Ұяшықтың жұмыс істемеуін өтемақы жасау. Бұл қолдану жағдайы ұяшықтың қызметінен жоғалғанын өтемақылауға бағытталған [44]. Ол ұяшықтың жұмыс істемеуінен туындаған өнімділіктің төмендеуін автоматты түрде жеңілдетуге қатысты, бұл қоршаған ұяшықтардың радио параметрлерін, мысалы, пилот қуатын және антенна параметрлерін тиісті түрде реттеу арқылы жүзеге асырылады.

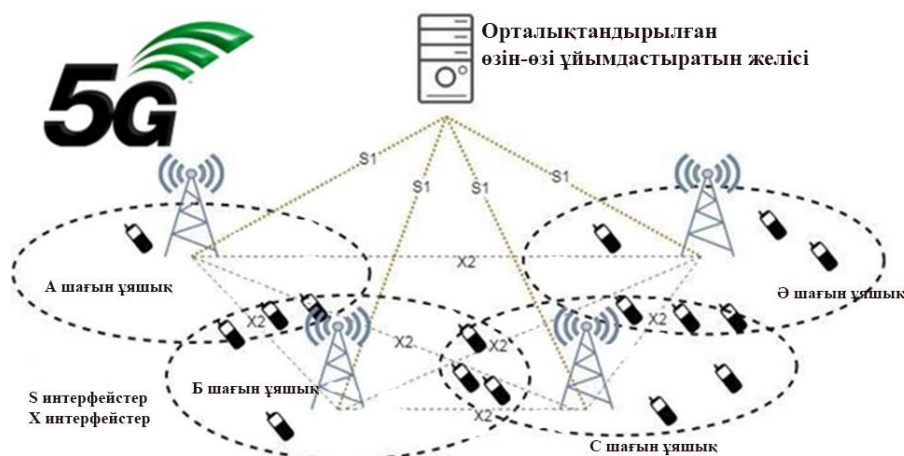
2.2 5G желісіндегі Өзін-өзі үйлестіру функциялары және архитектуралық тәсілдер

ӨӨҰ функциялары көбінесе басқару циклдары арқылы жеке функциялар ретінде жобаланады. Олар бірдей немесе әртүрлі желі элементтерінде бір уақытта орындалған кезде, олардың өзара әрекеттесуінің әсерін болжау оңай емес, тіпті көршілес ұяшықтарда жүзеге асырылған бірдей ӨӨҰ функциялары арасында қалаусыз әсерлер пайда болуы мүмкін. ӨӨҰ функцияларының саны көбейген сайын конфигурация параметрлерінің қабылданбайтын тербелістері немесе қалаусыз өнімділік нәтижелерінің пайда болу қаупі артады.

3GPP ӨӨҰ іске асыру үшін әртүрлі архитектураларды ұсынды, олардың ішінде орталықтандырылған C-ӨӨҰ және таратылған D-ӨӨҰ бар. Архитектураны таңдау өзін-өзі үйлестіру шеңберінің тиімділігіне үлкен әсер

етеді. Егер С-ӨӨҮ қолданылса, ӨӨҮ функциялары Операция және қызмет көрсету орталығы (ҚКО) немесе желі басқару жүйелері (ЖБЖ) сияқты операция және қолдау жүйесінің бір бөлігі ретінде іске асырылады. Бұл іске асыру глобалды ақпаратты, метрикалар мен негізгі өнімділік көрсеткіштерін және бірнеше айнаымалы немесе ұяшықтармен жұмыс істейтін қуатты оңтайландыру алгоритмдерін орындау үшін есептеу мүмкіндігін пайдаланады. Дегенмен, бұл ұзақ уақыт шкалаларына ие. Қабылданған параметрлердің тербелісін болдырмау үшін 3GPP әрбір ӨӨҮ функциясы конфигурация параметрін өзгерту алдында рұқсат сұрауы керектігін талап етеді. Бұл дегеніміз ӨӨҮ функциясынан ӨӨҮ үйлестірушісіне сұраныс жіберілуі керек және жауап қайтарылуы тиіс.

Орталықтандырылған ӨӨҮ жағдайында барлық осы сұраныстар Interface-N арқылы өтуі керек, бұл нақты уақыттағы байланысқа қолайсыз, сондықтан ӨӨҮ үйлестіру хабарламаларына басқа хабарламаларына басымдық беру мүмкіндігі жоқ. Егер тарату үйлестіруі пайдаланылса, ӨӨҮ функциясы мен жергілікті SON үйлестірушісі арасындағы өзара әрекеттесу ішкі өндірушіге тән интерфейстер арқылы жүзеге асырылады, бұл әлдеқайда төмен кідіріс сипаттамаларына ие. Бұл Таратылған ӨӨҮ (D-ӨӨҮ) архитектурасын әлдеқайда икемді етеді және шағын ұяшық желілері үшін, оларда уақытша трафик жүктемелері өте жоғары болып келетін жағдайлар



2.1-сурет – 5G мен одан кейінгі кезеңдерде қолданылатын өздігінен ұйымдасатын желі технологиялары

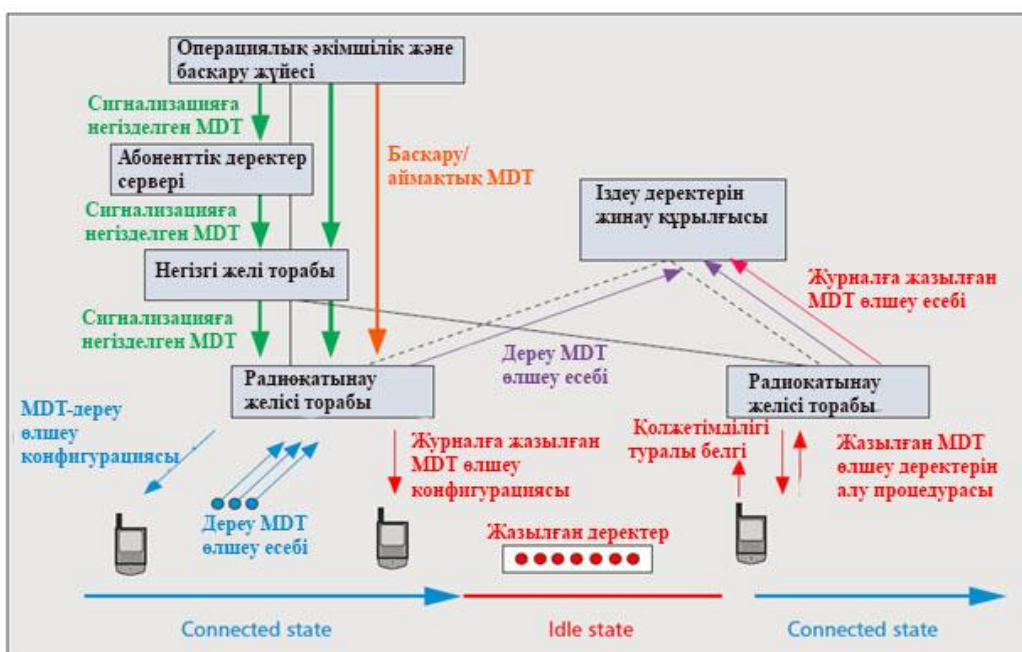
Өздігінен ұйымдастырылатын желілер (ӨҰЖ) желі экономикасын жылдам әрі бір уақытта өзгерту және пайдаланушы тәжірибесін жақсарту мүмкіндігіне ие. ӨҰЖ-ның екі нұсқасы орталықтандырылған және тарату әртүрлі тәсілдерге негізделеді. Желіні басқарушылар өздерінің мүмкіндіктерін білуі керек және әрқайсысының қай жерде ең жақсы оңтайландыру қолдауын ұсынатынын ескеруі қажет.

ӨҰЖ жүйелері сымсыз желілердің конфигурациясы мен оңтайландыруын автоматтандырады, бұл операторларға радиожилік және спектр сыйымдылығын

барынша тиімді пайдалануға мүмкіндік береді, Радио қол жеткізу желісін басқаруды жеңілдетуге және пайдаланушы тәжірибесін жақсартуға көмектеседі, сонымен қатар желінің жұмыс шығындарын азайтады. Желіні басқаруға қатысты күрделілік пен шығындар бірнеше жылдар бойы тұрақты түрде өскен, себебі желі параметрлерінің саны экспоненциалды түрде көбейіп, бақылап отыру мен түзетуді қажет етеді.

2.3 Қызмет сапасын оңтайландырудағы драйв-тесттерді минимизациялау рөлі

Драйв-тесттерді минимизациялау операторларға пайдаланушы құрылғыларының (пайдаланушы жабдықтары) өлшемдерін, бар болған жағдайда, орналасқан жер ақпаратын жинауға мүмкіндік береді, бұл желі басқаруды оңтайландыруға және операциялық әсерлер мен қызмет көрсету шығындарын азайтуға бағытталған. Бұл мүмкіндікті 3GPP (үшінші поколдың ынтымақтастық жобасы) Release 9-дан бастап зерттеген [26], ал мақсаттардың қатарында қамту оңтайландыруы, мобильділік, сыйымдылықты оңтайландыру, жалпы арналарды параметрлеу және қызмет сапасы тексеру стандарттарын әзірлеуде осылардың қармағында. Операторлар қызмет сапасы өнімділігін бағалауға да қызығушылық танытатындықтан, Release 11-де драйв-тесттерді минимизациялау функционалдығы қызмет сапасы өнімділігі арқылы жақсартылды, желіні дұрыс өлшеу және жоспарлау үшін өткізу қабілеттілігі мен қосылу мәселелерін көрсететін өлшемдерді жинау мүмкіндігін қамтамасыз етті [27].



2.2-сурет – Драйв-тесттерді минимизациялау шешімінің архитектурасы

Бұл драйв-тесттерді минимизациялау функциялары Release 11-де қосымша өңделді, ал Release 12 ақпаратты корреляциялау тұрғысынан нақты жақсартуларды қамтыды, оларды кеңейтілген желі басқарудың орталықтандырылған орталықтандырылған қамту оңтайландыруы зерттеуінде табуға болады. Release 13-ке дейін енгізілген өздігінен ұйымдастырылатын желілер жетілдірулері мен кеңейтулері [28]-те табуға болады.

3GPP-де драйв-тесттерді минимизациялау (ДТМ) шешімі пайдаланушы құрылғыларын клиенттік құрылғыларды пайдалана отырып, далалық өлшемдер жинау.

Желі қамтылуын және қызмет сапасын қамтамасыз ету ұялы байланыс желісінің операторы үшін маңызды міндет болып табылады. Себебі, ұялы спектр әдетте белгілі бір қамту міндеттемелерімен лицензияланады, ал операторлар нарықта бәсекеге қабілетті болуы қажет. Желілерін жақсарту үшін операторлар жиі инженерлерді далаға жіберіп, радиометриялық өлшемдер жинап, желідегі қамту тесіктерін анықтайды және белгілі бір параметрлерді реттеу қажеттігін тексереді.

2.4 Драйв-тесттерді минимизациялау және қызмет сапасын басқару

Ядро желісі – бұл телекоммуникациялық ұйымның қажеттіліктері үшін негізгі қызметтерді қамтамасыз ететін желі жабдықтарының, құрылғылардың және бағдарламалық жасақтаманың жиынтығы. Ядро желілерінде қолданылатын құрылғылар мен құралдар әдетте коммутаторлар мен маршрутизаторлар болып табылады. Ядро желі құралдарын жасау үшін қолданылатын технологиялар негізінен деректер байланысы және желі қабаты технологияларын қамтиды, мысалы, IP (Интернет протоколы), ATM (асинхронды беру режимі), IP (Интернет протоколы), SONET (синхронды оптикалық желі), және DWDM (қысқа толқынды бөлу мультиплексирлеу).

Ядро желісінің операцияларын өзін-өзі ұйымдастыру функциялары арқылы басқаруға болады. Бұл жағдайда артықшылықтар адамның араласуын азайту және операциялық шығындарды төмендету арқылы пайда болады. Ядро желісіндегі өзін-өзі ұйымдастыру трафик жүктемелерін автоматты түрде реттеп, жүктеме түйіндерін болдырмауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ядро үшін өзін-өзі ұйымдастыру ядро желісінің сигналдарды тиімді өңдеуін қамтамасыз етеді. Осы тұрғыда Nokia уже ӨҰЖ технологиясына негізделген ядро желілерінің операцияларын автоматтандырған. Мақсатты ядро желі ресурстарын автоматты түрде және жылдам бөлу, бұл интернеттің кең жолақты талаптарын және болжамсыз мінез-құлықтарды ескере отырып жүзеге асырылады. Ескерту ретінде, ядро желілері үшін ӨҰЖ қолдану жағдайлары тек ұзақ мерзімді даму желілерімен шектелмейді, көптеген жағдайлар басқа желі түрлеріне, мысалы, 2/3G желілеріне де қолданылуы мүмкін.

Бүгінгі ядро желілерінің құрылысы олардың күрделілігіне байланысты бірнеше қиындықтарға тап болуда, әсіресе автоматтандырылған қызметті қосу және желіні басқару мәселелерінде. Желілік инфрақұрылымның әртүрлілігі сондай-ақ ұсынылатын кең жолақты қызметтердің сенімділігіне қауіп төндіреді. Сондықтан, ядро желісінің бағдарламалық қамтамасыз етілуі барлық шашыраңқы элементтерді біріктіріп, телекоммуникациялық индустрия үшін қызмет көрсету кепілдігін қамтамасыз етеді. Ядро желісінің бағдарламалық қамтамасыз етуі ядро желілерінің жүктемесін азайтып, тұрақты және ең жоғары сапалы қызмет көрсетуді қамтамасыз етеді, жұмыс уақытының төмендеуін және жөндеу уақытының орташа көрсеткішін азайтады, және ақырында тұтынушылардың қанағаттанушылығын арттырады.

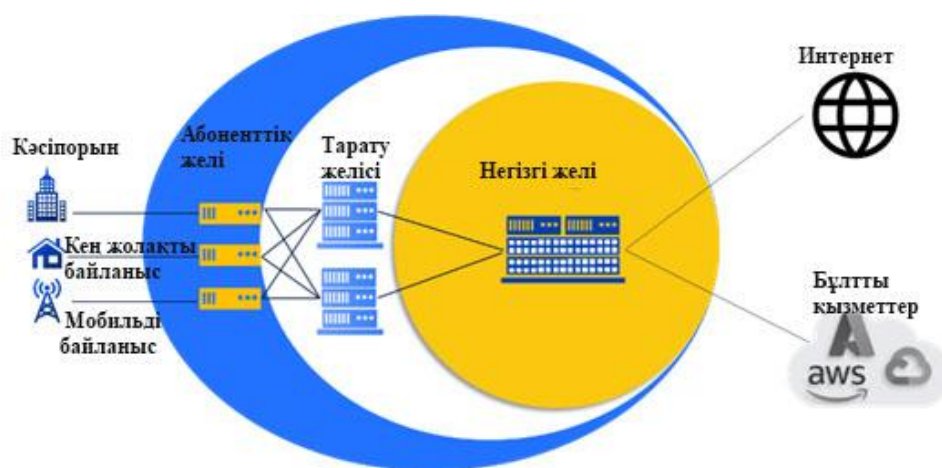
Желілік архитектураның үш қабаты:

Ядро желісі желі архитектурасының үш қабатының бір бөлігі болып табылады:

Қол жеткізу қабаты: пайдаланушылардың желіге қосылатын бірінші қабат және барлық құрылғыларға (компьютерлер, телефондар, IoT және т.б.) желіге кіруге мүмкіндік береді.

Тарату қабаты (сонымен қатар «агрегация қабаты» деп те аталады): қол жеткізу қабатын ядро қабатымен байланыстыратын қабат және маршрутизация мен трафикті басқару сияқты желі қызметтерін қамтамасыз етеді.

Ядро желісі: үш қабатты желі архитектурасындағы орталықтағы ең маңызды қабат. Жоғарыда сипатталғандай, ядро желісі желінің әртүрлі бөліктері арасында байланыс пен маршрутизация қызметтерін ұсынады.



2.3-сурет – Желі архитектурасының үш негізгі қабатын

Ядро желілерінің негізгі міндеттері.

Трафикті маршрутизациялау: Жоғарыда айтылғандай, ядро желісінің негізгі міндеті – желінің әртүрлі бөліктері арасында трафикті маршрутизациялау. Ядро желісі әдетте байланыс пен маршрутизацияны жақсарту үшін әртүрлі желі технологияларын және динамикалық протоколдарды қолданады, мысалы ашық

ең қысқа жол протоколы (Open Shortest Path First OSPF) және Шекаралық шлюз протоколы (Border Gateway Protocol).

Жоғары сыйымдылықты, жоғары жылдамдықты байланыстарды қамтамасыз ету: Желідегі трафикті тасымалдау үшін қажетті өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін ядро желісі әдетте жоғары сыйымдылықты, жоғары жылдамдықты байланыстарды пайдаланады, мысалы, оптикалық талшықты кабельдер.

Қызмет көрсету сапасын пайдалану: Ядро желісі трафиктің ағындарын басқарып, басымдық беру үшін қызмет көрсету протоколдарын қолдана алады. Мысалы, көп протоколды маркерлі қосылыс, Ресурс сақтау протоколы және белгілі бір дәрежеде бағдарламалық қамтамасыз ету анықтайтын кең ауқымды желіні қамтиды.

Ядро желісі әдетте жоғары сенімділік пен кеңейтілімділік үшін жобаланады, себебі ол трафикті алға жылжытуда маңызды рөл атқарады. Сенімділік артық компоненттер мен протоколдарды, мысалы, жоғары қолжетімділік және жүктемені теңестіруді жүзеге асыру арқылы қамтамасыз етіледі, бұл ақауларды немесе істен шығуларды минимизациялауға және трафикті бірнеше серверлер немесе құрылғылар арасында тең таратуға көмектеседі, бұл сенімділік пен қолжетімділікті арттырады.

Қауіпсіздік те маңызды, себебі ядро желісі желінің экспоненциалды түрде өсетін трафик сұраныстарын қабылдай алуы тиіс. Distributed Disaggregated Chassis (DDC) сияқты шешімдер масштабталуға көмектеседі, сонымен қатар тиімді желілік сегментация қолдану ақаулардың әсерін азайтып, желіні оңай масштабтауға мүмкіндік береді.

Көптеген кибер шабуылдар ядро желілерін мақсат етеді, сондықтан қауіпсіздік басты басымдық болып табылады. Бұл қауіптерден қорғану үшін ядро желілері әдетте фаерволдар, DDoS қорғанысы және басқа да шабуылдарды болдырмау шараларын қолданады.

Қазіргі желі инфрақұрылымының экономикалық негіздері қызмет көрсетуші компанияларды гипермасштабты қызмет көрсетушілер мен интернет-компанияларға кірісті жоғалтуға мәжбүр етеді, олар жоғары деңгейдегі қызметтерін пайдаланып, қызмет көрсетушілерден негізгі табыс құралдарын алады.

2.5 5G инфрақұрылымындағы виртуализациясы және бағдарламалық басқару архитектурасы

Қазіргі уақытта сымсыз байланыс индустриясы деректер трафигінің 1000 есе өсуіне дайын болуға жұмыс істеп жатыр. Алайда, пайдаланушылардың бүгінгі таңда төлеп отырған бағасынан көп төлеуге дайын болмайтыны белгілі, бұл мобильді операторлар мен жеткізушілер үшін үлкен қиындық тудырады, яғни инфрақұрылымды 1000 есе жақсарту, бірақ капиталды шығындар және операциялық шығындар арттырмау. ӨҰЖ-нен бөлек, осы бағытта 2012 жылы

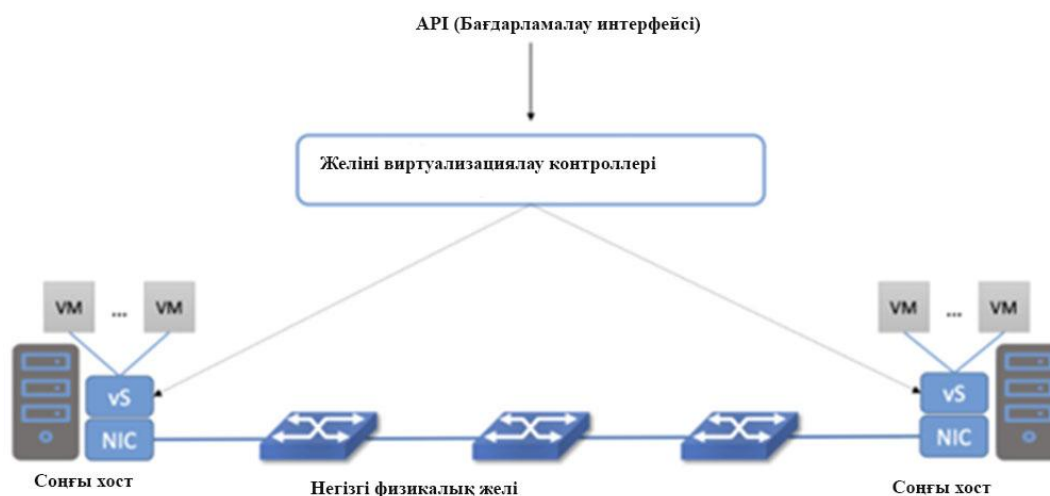
ETSI өнеркәсіптік зерттеу тобы бастаған тағы бір тренд желілік функцияларды виртуализациялау (Network Functions Virtualization NFV) болып табылады, ол дәстүрлі желілік функцияларды арнайы жабдықтардан жалпы мақсаттағы есептеу, сақтау және жады пулдарына ауыстыру арқылы ақпараттық технологиялар индустриясының ауқымдық экономикаларын пайдалануға мүмкіндік береді, бұл желіде және деректер орталықтарында таратылған. Желілік функцияларды виртуализациялау желінің функционалды элементтерін виртуализациялайды, тиісті функцияларды коммерциялық тұрғыдан қол жетімді, және арзан аппараттық жабдықтарда жұмыс істейтін бағдарламалар ретінде іске қосады. Бұл тұжырымдама, Бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы анықталған желі архитектурасымен біріктіріліп, мобильді желі орналастыруларын тиімдірек және арзан етеді.

5G, IoT, жасанды интеллект және машиналық оқыту (МО) сияқты маңызды жаңа технологиялар қызмет көрсетушілердің төмен кідірісті, шеткі есептеу мен таратылған тәсілдерді қажет етуін күшейтеді. Нәтижесінде, қызмет көрсетушілер икемділік, масштабталу және шығындарды тиімді басқару үшін виртуализацияланған желілік шешімдерге көшуді ықтимал етеді.

Бұл жаңа архитектуралардың негізгі идеясы – желі операторларына басқару мәселелерін шешуге көмектесетін жүйені ұсыну, мысалы, кибершабуылдар, желілік ақаулар, желі өнімділігін жақсарту және пайдаланушының қызмет сапасы сияқты мәселелерді шешу. Осы контексте – Өздігінен ұйымдастырылатын желілер жүйесі нақты уақыттағы автономды желі басқаруды жүзеге асыру үшін пайдалы болуы мүмкін. Бұл жаңа бағдарламалық шешімдерде біз радио байланыс деңгейінде ұсынылған ӨҰЖ жүйесінің орталықтандырылған, тарату және жергілікті іске асырылуы арқылы ұсынылған барлық мүмкіндіктерді пайдалана аламыз, бұл көзқарасты радио қол жеткізу шекарасынан әрі қарай кеңейту үшін желілік функцияларды виртуализациялау архитектурасындағы ӨҰЖ функцияларын ұсынуға болады, онда ӨҰЖ функциялары, өте тығыз орналастырулардың негізгі радио қол жеткізу және кері арна мәселелерін шешуге бағытталған, виртуализацияланып, жалпы мақсаттағы аппараттық құралдарда орындалады. желілік функцияларды виртуализациялау инфрақұрылымы ETSI архитектурасындағыдай оркестратор арқылы басқарылуы тиіс. Барлық желілік функцияларды виртуализациялау архитектурасы компоненттерінің ішінде бұл ұйым желідегі вертикальды қызмет көрсетудің сипаттамаларын және ресурстардың қолжетімділігін ең кең көлемде көруге мүмкіндік береді. Сондықтан, ол тығыз, гетерогенді желінің әртүрлі сегменттері арасында функцияларды бөлуін үйлестіреді. Әдістемелік деңгейде, оркестратор желі арқылы өтетін үлкен көлемдегі ақпаратты, өлшемдер, сигналдық ақпарат, Қызмет сапасы) және көрсеткіштері сияқты мәліметтерді машиналық оқыту негізінде тәсілдер арқылы пайдалана алады.

Нарықта ӨҰЖ тұжырымдамасын бұлтта ұсынатын стартаптар бар. Желілік функцияларды виртуализациялау дағы ӨҰЖ бағдарламалық және аппараттық тәуелділіктерді жояды, жүйенің масштабтау шектеулерін жояды және автоматты процестер арқылы шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Олар

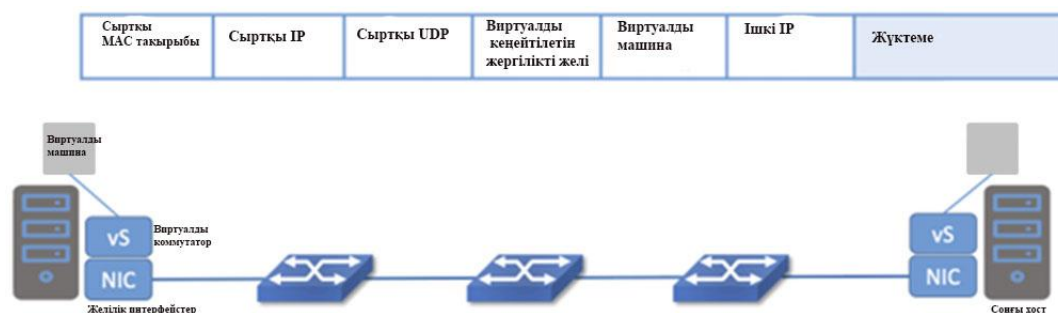
әртүрлі жеткізушілермен, спектрмен және технологиялармен үйлесімді жұмыс істейтін бұлтта орналастыру мүмкіндігі бар технологияны уәде етеді.



2.4-сурет – Негізгі желілік виртуализация жүйесі

Желіні виртуализациялау жүйесі 2.3-суретте көрсетілген. Виртуалды коммутаторлар соңғы хосттарда орналасады, ал виртуалды машиналар осы виртуалды коммутаторларға қосылады. Желіні виртуализациялау басқарушысы жоғарыға бағытталған API ұсынады, ол виртуалды желінің көзделген күйін сипаттайтын енгізулерді қабылдайды. Мысалы, API сұранысы "VM1 мен VM2 бірдей виртуалды 2-ші қабаттағы желі X ішіндегі қосылуға тиіс" деп көрсетуі мүмкін. Басқарушының міндеті – бұл виртуалды машиналар қайда орналасқанын анықтап, содан кейін виртуалды желі абстракциясын құру үшін тиісті виртуалды коммутаторларға басқару командаларын жіберу. Енді осы абстракцияға жақынырақ қарасақ.

Виртуалды машиналар деректер орталығы бойынша еркін қозғала алуы үшін, олардың IP мекенжайлары физикалық желі топологиясынан тәуелсіз болуы керек (суреттегі астындағы желі арқылы көрсетілген). Арнайы, біз белгілі бір виртуалды машинаның оның орналасқан жеріне физикалық желінің қосылу адресациясы арқылы шектелгенін қаламаймыз. Сондықтан, желі виртуализациясы жүйелері көбінесе виртуалды кеңейтілген жергілікті желі немесе желі виртуализациясы үшін жалпы бағыттау қабықшасы. сияқты қабықшалау әдісін пайдаланады. Қабықшалау – бұл маңызды мәселені шешетін төменгі деңгейдегі механизм: виртуалды желінің адрес кеңістігін физикалық желіден ажырату. Алайда, бұл тек құрылыс элементі екенін және толық желі виртуализация шешімі емес екенін атап өту маңызды.



2.5-сурет – Қабықшалау виртуалды желі мекенжайларын физикалық желіден ажыратады

Виртуалды желіні қабықшалау туралы байқауға болатын бір нәрсе, 2.3-суретте көрсетілгендей, физикалық желі пакетті дұрыс соңғы хостқа жеткізу үшін қолданылатын сыртқы тақырыптар жиынтығы және тек нақты виртуалды желі контекстінде мағынасы бар ішкі тақырыптар жиынтығы бар. Осылайша, қабықшалау виртуалды желі мекенжайларын физикалық желі мекенжайларынан ажыратады.

Бұл мысалда сонымен қатар желі виртуализациясы басқарушысының жүзеге асыруы тиіс тапсырмалардың бірін көрсетеді. Виртуалды машина виртуалды желідегі серіктесімен байланысқысы келгенде, ол сәйкес сыртқы тақырыпты қолдануы қажет, бұл тақырып виртуалды машинаның ағымдағы сервер орналасуына байланысты болады. Нысаналы виртуалды машина мен сыртқы тақырып арасындағы сәйкестікті қамтамасыз ету орталықтандырылған басқарушы үшін табиғи міндет болып табылады.

2.6 5G желісіндегі ӨҰЖ-ның желісін басқару мәселелерін МО арқылы шешу жолдарына талдау жасау

Бұл бөлімде біз желіні өздігінен ұйымдастырылған түрде басқару кезінде шешуге қажетті әртүрлі желі басқару мәселелерін жоғары деңгейде классификациялаймыз. Әрбір мәселе класы үшін қолдануға болатын машиналық оқыту құралдарын анықтаймыз. Машиналық оқытудың (МО) мақсаты белгілі бір тапсырмалардың өнімділігін жақсарту үшін үлгі құру, бұл оқыту алгоритмдері арқылы үлгілерді табуға көмектеседі. Машиналық оқытудың таксономиясы дәстүрлі түрде келесі түрде ұйымдастырылады:

Бақыланатын оқыту (БО) – машиналық оқытудың бір әдісі, мұнда модельді оқыту үшін енгізу деректері мен олардың дұрыс жауаптары бар жапсырылған деректер жиынтығы пайдаланылады. Бұл әдіс модельге дұрыс шешімдер қабылдауды үйретеді, яғни деректердің әрбірі дұрыс жауаппен бірге беріледі, және модель осы жауапты болжауды үйренеді. Бақыланатын оқыту әдісінде мынадай екі негізгі тапсырма орындалады:

- Модель енгізу деректерін белгілі бір санаттарға немесе кластарға бөлуге үйренеді. Мысалы, электрондық пошта хабарламаларын "спам" немесе "спам емес" деп классификациялау.

- Модель нақты сандық мәндерді болжауға үйренеді. Мысалы, үйдің бағасын болжау үшін үйдің көлемі, орналасқан жері сияқты деректерді пайдалану.

Бақыланатын оқытудағы басты мақсат – енгізу деректеріне сәйкес келетін дұрыс болжамды немесе класты шығару. Бұл үшін жиі қолданылатын алгоритмдерге Decision Trees (Шешім ағаштары), Support Vector Machines (SVM), K-Nearest Neighbors (KNN), Linear Regression және Logistic Regression жатады.

Бақылаусыз оқыту - машиналық оқытудың бір әдісі, мұнда модель тек енгізу деректерін алады, бірақ оларға дұрыс жауаптар немесе белгіленген санаттар берілмейді. Бұл әдіс деректердің ішкі құрылымын немесе үлгілерін табуға бағытталған, яғни модель деректерден автоматты түрде ақпарат алып, деректердің белгілі бір қасиеттерін үйренеді.

Бақылаусыз оқыту әдісінің негізгі тапсырмалары:

- Модель деректерді ұқсастықтары бойынша топтарға немесе кластерлерге бөледі. Мысалы, тұтынушыларды сатып алу мінез-құлқын негізге ала отырып, ұқсас топтарға бөлу.

- Модель деректердің күрделі құрылымын қарапайым, аз өлшемді кеңістікке төмендетеді. Бұл деректердің негізгі қасиеттерін сақтай отырып, оларды визуализациялау немесе одан әрі өңдеу үшін пайдалы болуы мүмкін. Мысалы, PCA (Principal Component Analysis) немесе t-SNE әдістері арқылы өлшемділікті азайту.

Бақылаусыз оқытуда деректерге алдын ала белгілеулер немесе жауаптар берілмейді, және модель тек деректердің ішіндегі құрылымды немесе үлгілерді анықтайды. Бұл әдіс әсіресе белгісіз деректер мен жаңа ақпаратты талдау кезінде пайдалы.

Күшейту оқыту – бұл машиналық оқытудың бір түрі, мұнда агент (модель) қоршаған ортамен әрекеттесіп, әр әрекеттен кейін марапат немесе жазалау алады. Агенттің мақсаты — уақыт өте келе ең жақсы шешімдер қабылдай отырып, максималды марапатқа қол жеткізу.

Күшейтіп оқытудың негізгі элементтері:

1. Агент (Agent): Оқытуды жүзеге асыратын модель, ол ортада әрекет етеді.
2. Қоршаған орта (Environment): Агенттің әрекеттері әсер ететін және агентке марапат немесе жазалау беретін жүйе.
3. Қадам (Action): Агенттің ортада жүзеге асыратын әрекеттері.
4. Күй (State): Агенттің қоршаған ортамен өзара әрекеттесетін сәттегі жағдайы.
5. Марапат (Reward): Агенттің жасаған әрекетінен кейін алған кері байланыс. Бұл оң немесе теріс болуы мүмкін және агенттің мақсаты максималды марапатты алу.

6. Политика (Policy): Агенттің күйден күйге өтуді немесе әрекеттерді таңдау әдісі. Бұл агенттің дұрыс әрекетті қалай таңдауы керектігін көрсететін ереже.

Күшейту оқыту әдісі агенттің әрекеттерін қоршаған ортаға әсер ету арқылы үйретеді және ең жақсы әрекеттерді таңдауды үйренуге бағытталған. Агент уақыт өте келе қай әрекеттердің жақсы нәтиже беретінін анықтай отырып, максималды марапатқа қол жеткізу үшін өз әрекеттерін жақсартады.

Алдыңғы бөлімде енгізілген ӨҰЖ және желі басқару функцияларын ескере отырып, желіні автономды түрде басқару кезінде шешілуі қажет мәселелердің кластарын қарастырайық:

- Айнымалыны бағалау немесе классификациялау: Бұл мәселе класына жататын тапсырмалар, мысалы, желінің қызмет сапасы немесе қызмет сапасы тәжірибесі көрсеткіштерін бағалау, желінің өнімділігін немесе мінез-құлқын болжау, желінің өткен мінез-құлқынан алынған деректерді талдау арқылы үйрену мақсатында орындалады. Желіні басқару бағалау және басқа драйв-тесттерді минимизациялау қолдану жағдайлары, желі параметрлерін оңтайландыру үшін іс әрекеттерді болжау және т.б. Бұл мәселелерді шешу айнымалының басқа айнымалылармен қатынасын табуға немесе деректердің алдын ала анықталған кластарынан қай класқа жататынын анықтауға бағытталған.

- Желі ақауларын немесе қателіктерін диагностикалау: Бұл мәселелер класына жататын тапсырмалар желідегі мәселелерді анықтауға бағытталған, олар желі параметрлерінің ақаулары мен аномалды баптауларымен байланысты болуы мүмкін. Бұл мәселе өзін-өзі емдеу мәселелеріне қатысты, ал шешімдерді бақылаусыз оқыту әдебиетінен, әсіресе аномалияларды анықтау шешімдерінен табуға болады.

- Өлшемділікті азайту: Желі үздіксіз үлкен көлемдегі деректерді генерациялайды. Деректерді дұрыс өңдеу және пайдалы ақпаратты алу үшін дерекқордағы шуды жою мақсатында деректердің өлшемділігін азайту ыңғайлы. Бұл мәселенің шешімдері бақылаусыз оқыту әдебиетінде, әсіресе өлшемділікті азайту шешімдерінде қарастырылған.

- Үлгілерді анықтау, топтау: Бұл мәселелер класына жататын тапсырмалар белгілі бір критерийлерге сәйкес ұқсас сипаттамалары бар түйіндер тобын анықтауға бағытталған. Мақсат — олар үшін ұқсас оңтайландыру тәсілдерін қолдану. Өздігінен конфигурациялау қолдану жағдайлары бұл мәселелер үшін интуитивті қолданбалар болып табылады. Бұл мәселелердің шешімдері деректердің қандай кластарға жататынын үйренуге бағытталған. Бақылаусыз оқыту әдебиетінде кластерлеу саласындағы шешімдер ұсынылған.

- Онлайн параметрлерді реттеу үшін реттілік шешімдер мәселелері: Бұл мәселе класы автономды басқару саласында өте жиі кездеседі, мұнда желі параметрлерін онлайн режимде реттеу үшін басқару шешімдеріне тап боламыз, мақсат — белгілі бір өнімділік көрсеткіштерін қамтамасыз ету. Бұл шешімдер желінің қабылдаған әрекеттеріне қоршаған ортаның реакциясына негізделген ең қолайлы шешімді онлайн режимде үйренуге бағытталған күшейту оқыту шешімдері арқылы шешілуі мүмкін. Барлық өздігінен оңтайландыру қолдану

жағдайлары және басқару құны мәселелері осы шешімдер арқылы шешілуі мүмкін.

Бұдан әрі о әрбір желі басқару мәселесін шешу үшін мүмкін болатын МО әдебиетімен байланыстырамыз. Төменде ұсынылған МО әдебиетінің шолуы толық емес. Көптеген әдістер мен техникалар сипатталмайды, себебі мұндағы мақсат - желіні басқару және ӨҰЖ мәселелерін шешу үшін пайдалы таксономия ұсыну және МО шешімдерімен байланысты әдебиетті талдау мен түсіну. МО шешімдеріне тереңірек түсінік алу үшін оқырманды нақты әдебиетке бағыттаймыз.

5G желісінің күрделі және жоғары серпінді құрылымын тиімді басқару үшін дәстүрлі басқару әдістері жеткіліксіз болып отыр. Осы орайда, өздігінен ұйымдастырылатын желілер (ӨҰЖ) мен машиналық оқыту (МО) әдістеріне негізделген интеллектуалды басқару тәсілдері ерекше өзектілікке ие. Бұл бөлімде 5G желісіндегі өзекті басқару мәселелері жүйеленіп, оларды шешуге бағытталған МО әдістерінің таксономиясы ұсынылды. Әрбір мәселе класы нақты басқару сценарийлерімен байланыстырылып, тиісті МО тәсілдерімен сәйкестендірілді.

Айнымалыларды бағалау мен классификациялау, ақауларды анықтау, деректер өлшемділігін азайту, үлгілерді кластерлеу және онлайн параметрлерді басқару сияқты міндеттерді шешуде МО әдістері – бақылаулы, бақылаусыз және күшейту оқыту – кеңінен қолданылуы мүмкін. Бұл тәсілдер желіні реактивті емес, проактивті басқаруға, яғни болжамға негізделген шешім қабылдауға мүмкіндік береді.

5G желілерінің күрделі және серпінді құрылымы дәстүрлі басқару әдістерінің шектеулерін ашық көрсетті. Желілік элементтердің сан алуан болуы, әртүрлі қолжетімділік технологияларының және виртуализацияланған архитектуралардың енгізілуі желіні басқару мен оңтайландыруды жаңа деңгейге көтеруді талап етеді. Осы қажеттіліктің негізінде өзін-өзі ұйымдастырушы желілер (ӨҰЖ) және машиналық оқыту (МО) әдістері басты рөлге ие болып отыр.

Бұл тарауда 5G желісіндегі өзекті басқару мәселелері жүйеленіп, оларды шешуге арналған МО әдістерінің таксономиясы ұсынылды. Айнымалыларды бағалау, ақауларды автоматты анықтау, деректердің өлшемін азайту, үлгілерді кластерлеу және параметрлерді онлайн басқару сияқты маңызды бағыттар бойынша МО әдістерінің тиімді қолданылуы талданды.

Бақыланатын оқыту, бақылаусыз оқыту және күшейту оқыту тәсілдері желі операцияларын проактивті басқаруға, желі күйін алдын ала болжауға және ресурстарды тиімді бөлуге мүмкіндік береді. Бұл желілік қызмет сапасын арттыруға, операциялық шығындарды азайтуға және тұтынушы тәжірибесін жақсартуға ықпал етеді.

Жалпы алғанда, интеллектуалды басқару әдістерін енгізу 5G және болашақ желілердің толықтай автономды, икемді және сенімді жұмыс істеуіне жол ашады. Бұл трансформация телекоммуникациялық индустрияның жаңа талаптарына жауап беруге және инновациялық қызметтерді тиімді қолдауға мүмкіндік береді.

3 Жасанды интеллектуалды басқаруға модельдерінің математикалық негіздемесі

3.1 Орын ауыстыру және жүктемені бөлу модельдері

Дипломдық жұмыстың бұл бөлігінде жасанды интеллект (ЖИ) әдістерін қолдану арқылы мобильді желідегі орын ауыстыру (handover) және жүктемені бөлу (load balancing) процестерін интеллектуалды басқару мақсатында құрылған математикалық модельдер қарастырылады. Мақсат – пайдаланушы құрылғыларының қозғалысын және желілік параметрлердің өзгерісін ескере отырып, желі ресурстарын тиімді үлестіруді автоматтандыру. Бақыланатын оқытуға негізделген машиналық оқыту алгоритмдері желі күйін болжау, жүктеме деңгейін бағалау және орын ауыстыру шешімдерін онтайландыру үшін пайдаланылады. Сонымен қатар, А3 және А4 сияқты стандартты ұзақ мерзімді даму оқиғалары негізінде сигнал сапасын өлшеу және пайдаланушы құрылғыларды көршілес ұяшықтарға интеллектуалды түрде көшіру механизмі сипатталады. Ұсынылған модельдер желі жүктемесін нақты басқаруға және қызмет сапасын арттыруға бағытталған.

Машиналық оқыту (МО) әдістері желіні басқару үдерісінде айнымалыларды болжау, бағалау немесе классификациялау қажет болғанда айрықша тиімді құрал ретінде қарастырылады. Осы әдістердің бірі – бақыланатын оқыту (БО), мұнда оқыту мәліметтері кіріс векторлары (x) мен сәйкес шығыс мәндері (y) түрінде құрылымдалады. Бұл тәсілдің мақсаты – берілген деректер негізінде болжамды модель $f(x)$ қалыптастырып, болжанатын нәтижені ($\hat{y}$) шығару.

Мұндай модельді үйрету үшін алдымен арнайы деректер жиынтығын әзірлеу қажет. Ол екі негізгі бөлікке бөлінеді: оқу жиыны (training set) – модельді үйретуге арналған, және тестілеу жиыны (test set) – модельдің болжау қабілетін тексеруге арналған. Модельдің басты мақсаты – нақты және болжанған мәндер арасындағы айырмашылықты, яғни қателікті азайту. Қателік көбіне $|\hat{y}_i - y_i|$ формуласы арқылы бағаланады.

Кіріс деректері n өлшемді вектор түрінде $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^t \in \mathbb{R}^n$ ретінде беріледі, мұндағы әрбір x_i – кіріс айнымалысы. Сонымен қатар, оқу мәліметтері m оқу үлгісін қамтиды: $((x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m))$. Әр үлгі кіріс векторы мен соған сәйкес келетін шығыс мәнінен тұрады. x_i – i -нші үлгідегі j -нші айнымалының мәні. Бұл тәсілдің артықшылығы – модельдің жаңа, бұрын көрмеген деректерге қатысты қаншалықты дұрыс болжам жасай алатынын бағалауға мүмкіндік береді. БО техникасының екі негізгі қолдану саласы бар: классификация және регрессия. Классификация: Бұл әдіс қолданылатын кезде y , яғни біз болжауға тырысатын шығыс мәні дискретті болады. Мысалы, біз ісік қатерлі ме, әлде қатерсіз бе екенін болжағымыз келеді, ол үшін медициналық жазбалар негізінде деректер жиынтығын құрастырып, көптеген ерекшеліктерді жинаймыз, мысалы, ісіктің көлемі, жас, жасуша өлшемінің біркелкілігі, жасуша пішінінің біркелкілігі.

3.2 Трафикті қайта бағыттау және ресурстарды оңтайлы үлестіру үдерістерін сипаттайтын математикалық модельдер

Мобильді желілердің тиімді жұмысын қамтамасыз ету мақсатында орын ауыстыруды басқару және жүктемені бөлудің математикалық модельдері маңызды рөл атқарады. Бұл модельдер құрылғылардың желі ішіндегі қозғалысын ескеріп, байланыс сапасын төмендетпей жүктеменің теңгерімді таралуына ықпал етеді.

Бақыланатын машиналық оқыту әдістеріне сүйене отырып, орын ауыстыру мен жүктеме бөлуге арналған модельдерді құру үшін бірнеше кезеңнен тұратын әдістемелік кадамдар қажет. Мұндағы басты мақсат – мобильді құрылғылардың қозғалыс траекторияларын есепке ала отырып, желі жүктемесін оңтайлы түрде теңестіру және басқару саясатын алдын ала болжау. Сонымен қатар, желі көрсеткіштері (мысалы, сигнал деңгейі, желідегі трафик көлемі және т.б.) негізінде ұяшықтар арасындағы ресурстарды ұтымды бөлу де қарастырылады.

Жүктеменің ағымдағы жай-күйін дәл бағалау үшін тиісті өлшемдер қажет. Ұяшықтағы жүктемені сипаттау үшін әртүрлі тәсілдер қолданылады – мысалы, сол ұяшыққа қосылған абоненттер саны немесе магистралды желінің жүктелу деңгейі. Аталған зерттеу жұмысы аясында жүктемені бағалау көрсеткіші ретінде ресурс блоктарының пайдалану коэффициенті (РБПК) алынады. Бұл коэффициент нақты ұяшыққа тағайындалған физикалық ресурс блоктарының (ФРБ) тиімділігін сипаттайды және сол ұяшықтың өткізу қабілеті мен қызмет көрсететін пайдаланушылар санын шектеуге әсер етеді.

Белгілі бір уақыт аралығында шағын ұяшықтың орташа РБПК мәнін төмендегі формуламен есептеуге болады:

$$\text{РБПК}, (t) = \frac{\sum_{\tau \in (t-T, t)} \sum_{j \in J} I_{s,j}(\tau) \cdot N_{s,j}(\tau)}{T \cdot \text{ФРБ}}, \quad (3.1)$$

$I_{s,j}(\tau)$ бұл бинарлық индикаторы, Ол мәні 1-ге тең болған жағдайда, егер j пайдаланушысы шағын ұяшықпен қызмет көрсетілсе, $N_{s,j}(\tau)$ – бұл уақыт кезеңінде s шағын ұяшығы тарапынан j -ші пайдаланушыға бөлінген физикалық ресурс блоктарының (ФРБ) саны. Алпы алғанда, әрбір шағын ұяшық үшін қолжетімді ФРБ саны шектелген және белгілі бір максимуммен анықталады.

Модель келесі шектеулерді ескереді: әрбір пайдаланушы бір уақытта тек бір ғана шағын ұяшыққа қосыла алады және барлық ұяшықтарда қолжетімді ФРБ саны бірдей. Демек, нақты бір уақытта t ішінде бір шағын ұяшық арқылы бөлінетін ресурс блоктарының жалпы саны оның қолжетімді максималды ФРБ көлемінен аспауы қажет.

$$\sum_{j \in J} I_{s,j}(\tau) \cdot N_{s,j}(\tau) \leq \text{ФРБ}_{\max}, \forall s. \quad (3.2)$$

Ресурс блоктарының пайдалану коэффициенті (РБПК) 1-ге жеткен жағдайда, бұл ұяшықтағы барлық ресурстар толық пайдаланылып жатыр дегенді білдіреді. Мұндай жағдайда, осы ұяшық аймағына енген жаңа пайдаланушы құрылғылары не қызмет көрсетуден бас тартылады, не қызмет сапасы төмендейді, мысалы, деректерді беру жылдамдығы азаяды.

Аталған дипломдық зерттеу шеңберінде шақыруды қабылдауды басқару саясаты қарастырылмады. Сондықтан, жүктемесі жоғары ұяшыққа жаңа құрылғы қосылған жағдайда, ол ұяшық оны қабылдайды. Алайда, бұл сол ұяшықтағы барлық құрылғылардың деректер алмасу жылдамдығына кері әсерін тигізеді, өйткені өткізу қабілеті шектеулі ресурстар арасында бөлінеді.

Осы себепті, жоғары жүктемелі ұяшықтардан салыстырмалы түрде аз жүктемелі немесе бос ұяшықтарға пайдаланушыларды көшіру – желі жүктемесін теңестіру және қызмет сапасын сақтау үшін маңызды қадам болып табылады. Мұндай қайта үлестіру тәсілдері артық жүктемені азайтып, жалпы желі өнімділігін жақсартады.

3.3 Жүктемені теңестіру мәселесінің формуляциясы

Желі өнімділігі, яғни негізгі өнімділік көрсеткіштері негізгі өнімділік көрсеткіштері (НӨК), оның қызмет сапасы (ҚС) көрсеткішін білдіреді. Осы НӨК негізінде ӨҰЖ шеткі пайдаланылатын құрылғы үшін ең қолайлы қолданыс параметрлерін анықтайды және кіші ұяшықтарды қосу арқылы жүктеме сұранысына сәйкес ең жоғары қол жетімді ҚС деңгейіне жету үшін желіні тұрақты етуге бағытталған. Төменде динамикалық мобильділік жүктемесін теңестіру мәселесі үшін қарастырылатын НӨК көрсеткіштері келтірілген.

Жүктеменің стандарттық отқуының негізгі өнімділік көрсеткіші

Бұл жерде желідегі жүктеме теңгерімінің деңгейін анықтайтын жүктеме стандартты ауытқуы (σ) бақыланады, ол барлық шағын ұяшықтардағы жүктеме таралымын қолдана отырып бағаланады. Жүктеме стандартты ауытқуы былайша анықталады:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{s \in S} (\overline{\text{РБПК}}_s(t) - \text{РБПК}_{\text{Net}}(t))^2}{S}} \quad (3.3)$$

$\text{РБПК}_s(t)$. Бұл уақыт бойынша шағын ұяшық s -тің РБПК, көрсеткіші, $\text{РБПК}_{\text{Net}}(t)$ – бұл S шағын ұяшықтарының желісі үшін орташа РБПК көрсеткіші, S – шағын ұяшықтар саны.

Сигма (σ) көрсеткіші $[0 \text{ мен } 1]$ аралығында мән қабылдайды. Бұл шама жүктеменің шағын ұяшықтар арасында қаншалықты тең бөлінгенін сипаттайды. σ неғұрлым аз болса, соғұрлым жүктеме желідегі белсенді ұяшықтар арасында біркелкі бөлінген дегенді білдіреді. Сондықтан, σ мәнін мүмкіндігінше төмендету – шағын ұяшықтық желілерде ресурстарды тиімді пайдалану және трафикті оңтайлы үлестіру тұрғысынан алғанда осы зерттеудің негізгі мақсаттарының бірі болып табылады.

3.4 Мобильдік бақылау параметрлері

Мобильді желі пайдаланушы құрылғыларына тұрақты қызмет көрсету үшін ұяшықтар көршілес ұяшықтардың сигнал сапасы туралы ақпаратты жинап отыруы қажет. Бұл өлшемдер алдын ала белгіленген аралықтарда немесе белгілі бір оқиғалар орын алған жағдайда орындалады. Жинақталатын параметрлер қызмет көрсетуші ұяшықтан немесе көршілес ұяшықтардан алынатын референстік сигналдың сапасын қамтуы мүмкін.

Ұзақ мерзімді даму (UMD) желісінде сигнализация жүктемесін төмендету мақсатында оқиғаға негізделген өлшем әдістері енгізілген [25]. Бұл механизмдер құрылғылардың өздері арқылы орындалады және олар қызмет көрсететін, сондай-ақ көршілес ұяшықтар туралы ақпараттарды қамтиды. Осы зерттеу шеңберінде біз бұл механизмдердің кейбірін желіден ақпарат жинау және қызметті тағайындау сатысында қолдандық. UMD желісінде орын ауыстыруды басқару үшін арнайы анықталған A3 және A4 сияқты стандартты оқиғалар пайдаланылады. Бұл оқиғалар 3GPP (Үшінші ұрпақ серіктестік жобасы) стандарттарына сәйкес келеді және желіні басқару мен мобильдік процестерді тиімді жүзеге асыруды қамтамасыз етуге бағытталған [35].

3GPP стандарты бойынша, A1–A6 оқиғалары бір технология ішіндегі бірнеше ұяшық арасындағы мобильдікті басқару үшін арналған болса, B1–B2 оқиғалары түрлі радиотехнологиялар арасындағы ауысымды қолдайды. A3 оқиғасы көршілес ұяшықтың сигнал сапасы қызмет көрсетуші ұяшыққа қарағанда нақты бір деңгейге (dB айырмасы) жақсы болған кезде іске қосылады. Бұл жағдайда пайдаланушы құрылғысы өлшеу нәтижесін қызмет көрсетіп тұрған ұяшыққа жіберіп, орын ауыстыру процесін бастайды.

Ал A4 оқиғасы екі шарттың орындалуына негізделеді: қызмет көрсетіп тұрған ұяшықтың сигнал сапасы белгілі бір шектен төмендегенде және көршілес ұяшықтың сигналы алдын ала белгіленген деңгейден жоғары болғанда. Мұндай стандартты оқиғалар желідегі қызметтің үздіксіздігін қамтамасыз ету және пайдаланушылар үшін қызмет сапасын сақтау үшін мобильдік құрылғылар арасындағы орын ауыстыруды тиімді басқаруға мүмкіндік береді. 3GPP стандарттары операторларға осы оқиғалар үшін тиісті параметрлер мен шекті мәндерді анықтауға еркіндік береді.

Жоғарыда сипатталғандай, A3 оқиғасы салыстырмалы сигнал сапасына негізделеді. Яғни, егер көршілес ұяшықтың сигналы қызмет көрсетіп тұрған ұяшыққа қарағанда бірнеше dB жоғары болса, пайдаланушы құрылғысы A3 оқиғасын іске қосып, бұл туралы қызмет ұяшығына хабарлайды. Бұл механизм сымсыз желілерде орын ауыстыруды бастау үшін кеңінен қолданылады. Шағын ұяшықтарда бұл оқиға, қызмет ұяшығы мен көршілес ұяшықтар арасындағы референстік сигналдың қабылданған қуатына (RSRP) негізделіп, белгілі бір уақыт кешігуінен кейін іске қосылады. Бұл мүмкіндік A3 оқиғасын орын ауыстыру басталар алдында тиімді қолдануға жағдай жасайды.

A3 оқиғасының белсендірілуі мен өлшемдерді орындау келесі бастапқы шарт арқылы жүзеге асырылады:

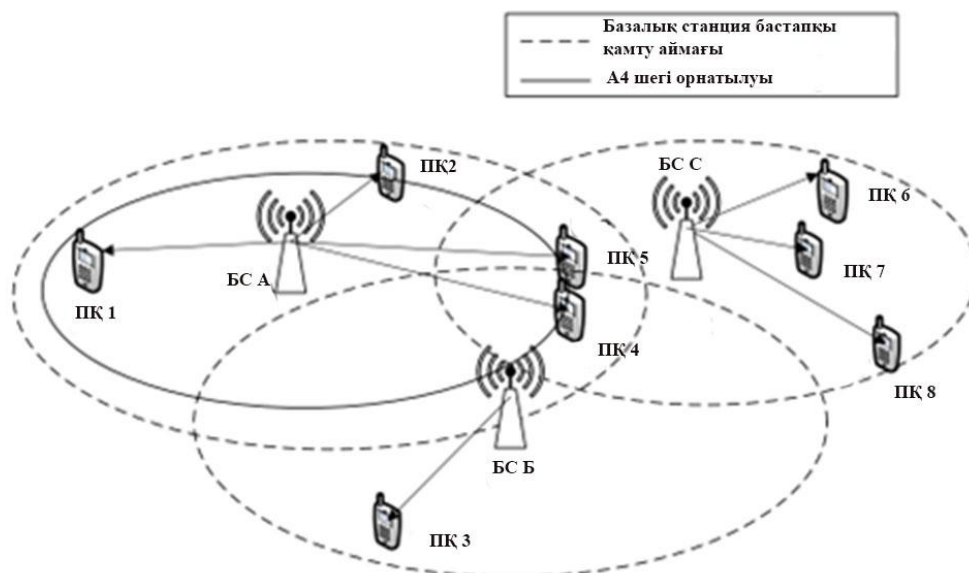
$$M_n + O_{fn} + O_{cn} - H_{yst} > M_s + O_{fs} + O_{cs} + O_{ff} \quad (3.4)$$

Мұндағ M_n және M_s көршілес екі ұяшықтың және қызмет көрсету ұяшықтың референциялық бағыттағы сигналдың қабылданған қуатының көрсеткіштері білдіреді. O_{fn} көршілес ұяшықтың жиілігі мен қызмет ұяшығының жиілігі арасындағы жиіліккеде тән ауытқуды білдіреді екен, ал O_{fs} қызмет ұяшығының жиілігі үшін жиілікке тән негізі ауытқуды білдіреді. O_{cn} - көршілес екі ұяшықтардың ұяшыққа тән ауытқу, ал O_{cs} қызмет ұяшығы ұяшыққа тән ауытқуы. H_{yst} – қызмет ұяшығы үшін гистерезис термині; O_{ff} – қызмет ұяшығы мен көршілес ұяшық арасындағы АЗ оқиғасының қатесі. Бұл дипломдық жұмыста тек ішкі жиілік ауысымдары қарастырылғандықтан, біз жиілік аралық параметрлерді, яғни O_{fn} және O_{fs} мәндерін ескермейміз. Жоғарыда берілген теңдеудегі параметрлердің мәндерін, яғни O_{cn} , O_{cs} және O_{ff} . Желі параметрлерін икемді түрде өзгерту арқылы белгілі бір ұяшыққа тіркелген пайдаланушы құрылғыларын көршілес ұяшықтарға бағыттауға мүмкіндік туады. Бұл тәсіл ұяшықтардың ағымдағы жүктемесін ескере отырып, орын ауыстыруды ертерек немесе кешірек іске асыруға жағдай жасайды.

Егер көршілес ұяшықтың Ост параметрінің мәнін арттырып немесе қызмет көрсетуші ұяшықтың Оcs параметрін төмендететін болсақ, бұл қызмет ұяшығының қамту аймағының қысқаруына алып келеді. Соның салдарынан пайдаланушы құрылғы көршілес ұяшыққа қосылуға бейімделеді. Керісінше, егер Осп мәні төмендетілсе немесе Оcs мәні ұлғайтылса, бұл қызмет ұяшығының қамту аймағын кеңейтіп, пайдаланушы құрылғылардың көршілес ұяшықтан қайтадан қызмет ұяшығына ауысуына себеп болады. Мұндай өзгеріс сол ұяшықтағы жүктеме деңгейінің артуына әкелуі мүмкін.

Мысалы, 2.1-суреттегі сценарийде А ұяшығы салыстырмалы түрде жоғары жүктемеге ие – оған төрт пайдаланушы құрылғы қосылған. Ал көршілес В және С ұяшықтарында тиісінше бір және үш құрылғы тіркелген, яғни олардың жүктемесі төмен. А, В және С ұяшықтарының жабу аймақтарының қиылысында екі пайдаланушы құрылғы (құрылғы 3 және 4) орналасқан. Мұндай жағдайда В және С ұяшықтарының Осп параметрлерін арттыру арқылы бұл екі құрылғыны А ұяшығынан көршілес ұяшықтарға көшіруге болады. Бұл әдіс желі жүктемесін теңгерімдеуге ықпал етеді.

Бұрын айтылғандай, қызмет көрсетуші ұяшықтың Оcs параметрін өзгерту арқылы орын ауыстырудың басталу уақытын кешіктіруге немесе жеделдетуге болады. Алайда, мұндай өзгеріс барлық көршілес ұяшықтардың қамту аймағына әсер етуі мүмкін. Осыған байланысты, жүктемені тек белгілі бір көршілес ұяшыққа бағыттайтын Осп параметрін өзгерту тиімдірек болып саналады.



3.1-сурет – Басты ұяшықтың қызмет ауқымы мен А4 оқиғасы бойынша өлшем деректерін беру механизмдері

Өзін-өзі ұйымдастыратын желі (ӨҰЖ) А3 оқиғасына қатысты орын ауыстыру параметрлерін реттеу арқылы желідегі жүктемені теңестіруге мүмкіндік алады. Алайда, мұндай конфигурацияны қолданбас бұрын жүйе шеткі аймақта орналасқан пайдаланушылардың ерте орын ауыстыруға бейімділігін анықтауы тиіс. Осы мақсатта біздің зерттеуімізде А4 оқиғасы артық жүктелген ұяшықтардың шеткері аймақтарында орналасқан пайдаланушыларды анықтау және көшіру үшін қолданылады.

А4 оқиғасы пайдаланушы құрылғысы арқылы іске қосылады, егер көршілес ұяшықтың қабылданған референстік сигнал қуаты (RSRP) алдын ала берілген шектік мәннен жоғары болса.:

$$M_n + O_{fn} + O_{cn} - N_{yst} > \text{белгіленген шегі} \quad (3.5)$$

Бұл контексте "белгілі шек" деп А4 оқиғасының іске қосылу шегі түсініледі. Егер пайдаланушы құрылғысы үшін А4 оқиғасына қатысты бастапқы шарттар орындалса, онда ол қызмет көрсетуші ұяшық пен көршілес ұяшықтардан алынатын референстік сигналдың қабылданған қуаты (RSRP) сияқты параметрлерді өлшеп, тіркей алады.

Пайдаланушы құрылғысы бірнеше көршілес ұяшықтарды қатар бағалай алатындықтан, ол бір уақытта бірнеше M_{ns} (Measurement Neighbors), O_{fn} (Offset for Neighbors), және O_{cn} (Offset to Candidate Neighbors) мәндеріне ие болуы мүмкін. Өзін-өзі ұйымдастыратын желі (ӨҰЖ) мұндай көршілерді әлеуетті немесе кандидат көршілес ұяшықтар ретінде қарастырады. Осы мақсатта шағын ұяшықтар А4 оқиғасының шегін дұрыс орнатуы тиіс, сол арқылы шеткі аймақтарда орналасқан пайдаланушы құрылғыларынан өлшеу деректерін жинап, жүктеме теңгеру үшін қолайлы көршілес ұяшықтарды анықтай алады.

2.1-суреттегі жағдайға сәйкес, егер пайдаланушы құрылғылары 3 және 4 В және С ұяшықтарының А4 оқиғасының іске қосу шегінен тыс аймақта орналасқан деп есептесек, онда олар осы көршілес ұяшықтарға қатысты RSRP мәндерін келесі тәртіппен есептеген болып саналады.:

$$(M_{B,}^{ПҚ3}, M_{B,}^{ПҚ4}, M_{C,}^{ПҚ3}, M_{C,}^{ПҚ4}) + O_{fn}, O_{cn}, + N_{yst}, \quad (3.6)$$

Сонымен қатар түрінде, келесі шарттар орындалған:

$$\begin{aligned} M_{C,}^{ПҚ3} &> M_{B,}^{ПҚ3} \\ M_{C,}^{ПҚ4} &> M_{B,}^{ПҚ4} \end{aligned}$$

ПҚ 3 және 4-тен жиналған өлшеу есептеріне және көршілес ұяшықтар В және С жүктемесінің жағдайына негізделе отырып, ұяшық А артық жүктемеге ұшыраған кезде, ПҚ 3 және 4-ті В және/немесе С ұяшықтарына ауыстыру үшін O_{cn} мәнін арттыра алады. Осылайша, біз А4 оқиғасы өлшеу есептерін шеткері ПҚ-лер туралы ақпарат жинау үшін қолданамыз, олар бірнеше көршілес ұяшықтарды есепке ала алады, содан кейін ӨҰЖ ең жақсы көршілес ұяшықты критерийлердің комбинациясына негізделе отырып таңдайды. ӨҰЖ кішкентай ұяшықтардан шеткері ПҚ-лердің ақпаратын жинайды, бұл ақпаратты: $\varepsilon = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_S\}$, мұндағы ε_S кішкентай ұяшықтың шеткері ПҚ-лер жиынтығы.

3.5 Желі жүктемесін реттеуге арналған динамикалық шектеулер мен бақылау тетіктері

Желіде теңгерімді жүктеме бөлуді бастамас бұрын, алдымен артық жүктелген ұяшықтарды анықтау қажет. Бұл үшін ұяшықтардың ағымдағы күйін нақты бағалауға мүмкіндік беретін бейімделетін шек қолданылады. Аталған шек ұяшықтар арасындағы ресурстарды тиімді үлестіруге жағдай жасайды.

Сымсыз желілерде жүктеме деңгейін бағалау үшін екі түрлі шек түрі қарастырылады: тұрақты және бейімделетін (адаптивті) шектер. Тұрақты шек желінің барлық жұмыс режимдеріне бірдей қолданылатындықтан, жүктеме жағдайы үнемі өзгеріп отыратын мобильді ортада әрдайым тиімді бола бермейді. Осы себепті, жүктеме динамикасын ескеретін және уақыт пен кеңістік бойынша бейімделетін икемді шек қолдану ұсынылады.

Бұл тәсіл тұрақты шекпен салыстырғанда жоғары тиімділік көрсетіп, жүктемені басқаруда анағұрлым жақсы нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. [27] еңбегіне сәйкес, бейімделетін шек (адаптивті пайдалану шегі — БПШ) желінің орташа жүктемесіне немесе алдын ала берілген тұрақты шектің үлкен мәніне сүйене отырып есептеледі.

$$TH_{АПШ} = \max(\overline{РБПҚ}_{ЖЗ}, TH_{INI},) \quad (3.7)$$

ТН_{АПШ}. Көптеген жүктеме алгоритмі іске қосылған бастапқы тұрақты шек.

Пайдаланушыға қажет болатын физикалық ресурс блоктарының (ФРБ) мөлшерін анықтау және орын ауыстырудан кейінгі ұяшықтағы жүктеме деңгейін бағалау жүзеге асырылады. Бұл зерттеу шеңберінде тек ұзақ мерзімді даму (LTE) жүйесінің төменгі ағын арналары қарастырылады.

Желідегі ұяшықтар арасындағы өзара ықпалды біртұтас интерференция ретінде қарастырамыз. Әрбір уақыт қадамында, пайдаланушы құрылғысы j мен кез келген ұяшық жұбы үшін сигналдың интерференция мен шуылға қатынасы (СИШҚ) есептеледі деп ұйғарылады.

$$\text{СИШҚ}_{s,j} = \frac{P_s \cdot L_{s,j}(d)}{N + \sum_{t \neq s} P_t \cdot L_{t,j}(d) \cdot \text{РБПК}_{t,j}} \quad (3.8)$$

Бұл контексте P – s ұяшығына тиесілі тарату қуатын білдіреді, ал L_s – пайдаланушы құрылғысының орналасқан орнына байланысты жолдағы сигнал жоғалуын сипаттайтын карта. N_s параметрі әрбір физикалық ресурс блогы (ФРБ) үшін жылулық шу деңгейін көрсетеді. Сонымен қатар, t_1 уақыт мезетіндегі ресурс блоктарын пайдалану коэффициенті (РБПК _{t_1}) t_1 ұяшығының жүктеме деңгейін сипаттайды.

Біз бұл модельде белгілі бір СИШҚ мәні үшін ең тиімді модуляция және кодтау схемасы (МКС) таңдалады деп есептейміз, бұл пайдаланушы үшін максималды деректер тасымалдау жылдамдығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл үдерісті Шеннон теориясына сүйене отырып келесі түрде сипаттауға болады: (Осы тұста Шеннон формуласы беріледі, қажет болса оны да мәтін түрінде ұсынамыз.)

$$r_{sc,j} = B \cdot \log_2(1 + \text{СИШҚ}_{s,j}) \quad (3.9)$$

Бұл жерде B – бір физикалық ресурс блогының жиілік диапазонын білдіреді, оның мәні 180 кГц-ке тең. Шеткі аймақта орналасқан пайдаланушы құрылғысының талап ететін деректер жылдамдығы. R_{ejs} деп белгіленеді. Сонымен қатар, нақты СИШҚ мәніне сәйкес келетін модуляция және кодтау схемасын (МКС) қолдану арқылы қол жеткізуге болатын ең жоғарғы деректер жылдамдығы. $r_{s,j}$ етінде анықталады.

$$N_{\text{ФРБс}}^{e_s^j} = \left\lceil \frac{R_{e_s^j}}{r_{s,e_s^j}} \right\rceil \quad (3.10)$$

мұндағы e_s^j – Бұл шеткері пайдаланушыны сипаттайтын белгілеу болып табылады;

es қызмет көрсетуші ұяшықтағы пайдаланушы құрылғысының идентификаторы;

j – осы пайдаланушының индексі немесе оның сипаттамалық ерекшелігін көрсететін қосымша көрсеткіш ретінде қарастырылады.

Жоспарлаушы – бұл жүйелік компонент, ол уақыттың белгілі бір сәтінде әрбір пайдаланушы құрылғысына сәйкес келетін физикалық ресурс блоктарының (ФРБ) санын анықтайды.

Біздің зерттеуімізде арналық жағдайларды ескере отырып, қызмет көрсету сапасына бағытталған жоспарлау тетігі қарастырылады. Сигналдың интерференция мен шуға қатынасынан (СИШҚ) бөлек, жоспарлауда қызмет көрсетуші және көршілес ұяшықтардағы қолжетімді ФРБ көлемі де назарға алынады.

Орын ауыстыруға дейін және кейін шеткері пайдаланушы құрылғылары үшін талап етілетін ресурс блоктарының (РБ) саны бірдей болмайды, себебі олар әртүрлі шағын ұяшықтардан түрлі деңгейдегі қабылданған референциялық сигнал қуатын (RSRP) алады.

Жүктемені тиімді түрде теңестіру және орын ауыстыру үдерісін бастамас бұрын, алгоритм алдымен ауысуға тиісті шеткері құрылғылардың ағымдағы ұяшықтағы жүктемесін анықтауы, сондай-ақ олардың ықтимал көршілес ұяшықтарға түскен кездегі жүктеме әсерін бағалауы қажет.

Берілген ФРБ санын $N_{\text{ФРБ}}^{ej}$ үшін кіші ұяшық s үшін шеткері e_{s1}^j пайдаланушыны қызмет көрсету орташа жүктемесі $p(s, e_{s1}^j)$ ретінде келесі түрде есептеледі:

$$p(s, e_{s1}^j) = \frac{N_{\text{ФРБ}}^{ej}}{\text{ФРБ}_{s1}} \quad (3.11)$$

Ауысымнан кейін шеткері ПҚ тудырған жүктемені $p(k, e_{s''}^j)$ көршілес кіші ұяшық k үшін келесі түрде бағалай аламыз:

$$p(k, e_{s''}^j) \approx p(k, e_{s''}^j) \cdot \frac{M_{s(s, e_s^j)}}{M_{s(s, e_{s''}^j)}} \quad (3.12)$$

Мұндағы $M_{s(s, e_{s''}^j)}$ және $M_{s(s, e_s^j)}$ бұл қызмет ұяшығы s және көршіле базалық станция k үшін шеткері $e_{s''}^j$ пайдаланушысы өлшеген РСҚҚ мәндері.

3.6 Желі жұмысын қадағалау негізінде мәліметтерді жинау

Өзін-өзі ұйымдастыратын желі (ӨҰЖ) желіні үнемі бақылау арқылы автоматтандырылған түрде мәліметтер жинауға қабілетті. Бұл жүйе зерттеліп жатқан модельдің құрамындағы кіші ұяшықтардан әртүрлі ақпаратты кезеңдік

негізде жинап отырады. Егер белгілі бір s ұяшығының жүктеме деңгейі алдын ала есептелген бейімделген шектен асып кетсе, онда ол ұяшық артық жүктелген ретінде анықталып, кейбір пайдаланушы құрылғыларын жүктемесі аз көршілес ұяшықтарға көшіру қажеттілігі туындайды.

Жүйе тек ұяшықтардың жүктеме жағдайын ғана емес, сонымен қатар олардың шекараларында орналасқан пайдаланушы құрылғылар (ПҚ) туралы деректерді де жинақтайды. Осы мақсатта, ӨҰЖ әрбір кіші ұяшық үшін А4 оқиғасының іске қосылу шегін реттейді, бұл шеткі аймақтардағы құрылғылар жайлы ақпаратты алуға мүмкіндік береді. Жиналған мәліметтер қызмет көрсететін ұяшық пен оған жақын орналасқан көршілес ұяшықтар туралы толық ақпаратты қамтиды.

А4 оқиғасына қатысты шек мәні есептеліп, ағымдағы желі жағдайына бейімделе отырып реттеледі. Бұл параметр қызмет ұяшығы s үшін алдын ала берілген уақыт аралығында T А3 оқиғалары арқылы жиналған референциялық сигналдың қабылданған қуаты (RSRP) негізінде анықталады. А3 оқиғаларына сәйкес, ұяшық s -те тіркелген ПҚ-лардан алынған RSRP мәндерінің орташа көрсеткіші есептеліп, бұл M_s деп белгіленеді. Кейін осы орташа мәндерге сүйене отырып, қызмет ұяшығына көршілес ұяшықтар үшін А4 оқиғасының шегі бейімделе отырып орнатылады.

$$TH_{i''} = \frac{1}{\|B_{s''}\|} \times \sum_{j \in B_{s''}} \overline{M_{S_{s''}}} \quad (3.13)$$

мұндағы $M_{S_{s''}}$ — бұл әр қызмет ұяшығындағы ПҚ алынған орташа РҚҚ мәні;

$\|B_{s''}\|$ қызмет көрсетуші s ұяшығына қатысты көршілес ұяшықтардың жиынтығы, ол жиын А3 оқиғасына байланысты өлшемдер туралы есеп негізінде пайдаланушы құрылғыларынан белгілі бір уақыт аралығында жиналған мәліметтерді сипаттайды..

3.6.1 Мобильді жүктемені теңгеру алгоритмі

Пайдалы функцияға негізделген мобильді жүктемені теңгеру (ПФНМЖТ) немесе UMLB алгоритмі алгоритмі деп аталады. ӨҰЖ арқылы кезең-кезеңімен іске қосылады. Осы мақсатта ӨҰЖ жоғары жүктелген қызмет ұяшықтарынан шеткері ПҚ ындағы пайдалы функцияға негізделген түрде қалыпты немесе аз жүктемелі көршілес ұяшықтарға ауыстырады. Алдымен, барлық кіші ұяшықтар өз жүктеме ақпаратын, яғни есұрстық блокты пайдалану коэффициенті (РБПК) мәнін ӨҰЖ есеп береді. Келесі қадамда, есеп берген кіші ұяшықтар РБПК мәні бойынша кему ретімен сұрыпталады. Одан кейін алгоритм тізімдегі максималды жүктемені РБПК тах бастапқы тұрақты шекпен салыстырады. Егер РБПК тах бастапқы статикалық шектен жоғары болса, желі артық жүктелген күйде болады және дереу жүктеме теңгерімі қажет болады.

Сондықтан, алгоритм желінің жүктеме жағдайына бейімделетін болу үшін біз адаптивті шек $TH_{АПШ}$ 6-теңдеу арқылы орнатамыз. Әрбір кіші ұяшықтың

ағымдағы жүктемесі $\overline{РБПК}_{жэ}$ адаптивті шек $ТН_{АПШ}$ -пен салыстырылады, және жүктеме жағдайы анықталады. Егер жүктеме адаптивті шектен жоғары болса, ұяшық артық жүктелген күйде болады, және сәйкесінше $\Theta\Upsilon\Lambda$ алгоритмі жүктемені теңгеру әрекетін орындайды.

Алгоритм артық жүктелген ұяшықтарды қамтитын жаңа O жиынтығын құрады, мұндағы $\overline{РБПК}_0 \geq ТН_{АПШ}$ үшін $o \in O$ және $O \subset S$. Себебі қозғалыс жүктемесін теңестіру (ҚЖТ) алгоритмі негізінен көршілес ұяшықтардың жүктеме жағдайына және артық жүктелген ұяшықтардағы ПҚ орналасуына тәуелді, алгоритм O жиынтығындағы барлық артық жүктелген ұяшықтарды көршілес ұяшықтардың қалған сыйымдылығы мен көршілес ұяшықтардағы шеткері ПҚ жүктемесін ескере отырып қайта реттейді. Осы мақсатта, біз артық жүктелген ұяшық үшін жүктемені теңгеру тиімділігі факторы (ЖТТФ) деп аталатын көрсеткішті енгіземіз, ол келесідей анықталады:

$$\psi_0 = \sum_{k \in B_0} \min(\sum_j p(k, j), (1 - \overline{РБПК}_k)) \quad (3.14)$$

мұндағы B_0 – бұл o ұяшығында шеткері ПҚ дан есеп берілген көршілес ұяшықтар жиынтығы;

$p(k, j)$ көршілес ұяшықтағы ауысымнан кейінгі шеткері ПҚ-лердің жүктемесі, және $(1 - \overline{РБПК}_k)$ көршілес ұяшықтағы қалған ФРБ саны. Келесі қадамда $\Theta\Upsilon\Lambda$ жиынтықты ψ_0 бойынша кему ретімен қайта реттеледі.

Содан кейін, алгоритм артық жүктелген ұяшықтарды бір-бірден жиынтықтан алып, олардың жүктемесін жеңіл жүктемелі көршілес ұяшықтарға ауыстырады, яғни кандидаттарды шеткері ПҚ ауыстырады. Әрбір артық жүктелген ұяшық мақсатты ұяшықтарға ауыстыру үшін мүмкін болатын ең үлкен жүктемені есептейді. Бұл артық жүктемелі ұяшықтардың үлкен жүктемелі ұяшықтарға ауыстырылуынан қорғану үшін, сондай-ақ қызмет ұяшығының артық жүктеліп кетпеуі үшін жасалады. Басқаша айтқанда ПҚ ауыстырылған кезде, артық жүктелген ұяшықтан көшуге болатын ең үлкен жүктеме $\tilde{p}_0$ шеткері ПҚ-нің ауысымнан кейінгі болжанған жүктемесі $p(o, e_o^j)$ -ге тен үлкен болуы керек. Көшуге болатын жүктеме келесідей есептеледі:

$$\tilde{p}_0 = \overline{РБПК}_{NET} - \frac{1}{2} p(o, e_o^j) \quad (3.15)$$

Дегенмен, басқада жасалған зерттеулерден біздің жұмысымыздың айырмашылығы, ауысым процесі пайдалы функция ұғымдарына негізделген. Келесі бөлімдерде біз өз жүйемізді пайдалы функцияны пайдаланып модельдейміз.

Ерте ауысым жасау үшін көршілес кіші ұяшық жетілдірілген ұяшық станциясы таңдау алгоритмі пайдаланушының пайдалығын есептеуден басталады. Біз әрбір көршілес кіші ұяшық кандидаты үшін әрбір критерий бойынша ПҚ пайдалығын бағалаймыз. Критерийдің пайдалығы $[0, 1]$

интервалында масштабталып нормаланған, яғни $u(x) \in [0, 1]$, бұл ПҚ осы критерийден қаншалықты қанағаттанғанын көрсетеді. Мысалы, егер кіші ұяшық (жетілдірілген ұяшық станциясы) eNB максималды 18 Мбит/с жылдамдықпен қызмет көрсете алатын болса және ПҚ-ның талап етілетін жылдамдығы [5 Мбит/с, 30 Мбит/с] аралығында болса, онда пайдалы функцияның көмегімен біз осы деректер жылдамдығы үшін пайдаланушының пайдалығын есептей аламыз. Екінші қадамда, ӨҰЖ оператордың жүктеме критерийі бойынша әрбір кіші ұяшық eNB үшін пайдалығын бағалайды, бұл бір критерийдің нормаланған функциясы болып табылады.

Жасанды интеллектуалды басқаруға негізделген бұл модельдер мобильді желілердегі орын ауыстыру және жүктемені теңестіру мәселелерін тиімді шешуге мүмкіндік беретіні көрсетілді. Бақыланатын оқыту әдістерін қолдана отырып, желідегі жүктемені болжау, пайдаланушылардың қозғалыс траекториясын талдау және ресурстарды қайта үлестіру үрдістері математикалық тұрғыда сипатталды. А3 және А4 оқиғалары арқылы алынған өлшемдерді өңдеу арқылы шеткері пайдаланушыларды анықтап, оларды жеңіл жүктемелі ұяшықтарға интеллектуалды түрде көшіру мүмкіндігі жасалды.

Бұл бөлімде жасанды интеллект (ЖИ) әдістеріне негізделген мобильді желілердегі орын ауыстыру және жүктемені теңестіру мәселелерін математикалық модельдеу тәсілдері ұсынылды. Бақыланатын оқыту (БО) әдістерін қолдану арқылы желі жүктемесін болжау, пайдаланушылар қозғалысын талдау және желілік ресурстарды интеллектуалды үлестіру мүмкіндіктері қарастырылды.

А3 және А4 оқиғалары негізінде алынған өлшемдер шеткері пайдаланушыларды анықтауға және оларды аз жүктемелі ұяшықтарға көшіруге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл желідегі ресурстарды тиімді басқаруға және қызмет көрсету сапасын арттыруға бағытталған. Сонымен қатар, ресурс блоктарының пайдалану коэффициентіне (РБПК) негізделген жүктеме өлшемдері енгізіліп, желі жүктемесін нақты бақылау қамтамасыз етілді.

UMLB (Utility-based Mobility Load Balancing) алгоритмі арқылы желідегі пайдаланушыларды көшіру кезінде әртүрлі критерийлер бойынша пайдалы функциялар есептеліп, ең тиімді шешімдер қабылданады. Бұл желі жүктемесінің теңгерімді таралуына, өткізу қабілеттілігін арттыруға және пайдаланушы тәжірибесін жақсартуға мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, ұсынылған модельдер 5G және болашақ мобильді желілерде интеллектуалды басқарудың негізін құрап, желі өнімділігін арттыру, ресурстарды оңтайлы пайдалану және операциялық шығындарды төмендету мақсаттарына жетуге ықпал етеді.

4 Matlab ортасында жасанды интелектке негізделген 5G байланысын басқару моделін құру

4.1 5G желісінде жасанды интелект негізінде орын ауыстыруды басқару және жүктемені теңестіруді MATLAB ортасында модельдеу

Цифрлық трансформацияның қазіргі кезеңінде телекоммуникациялық жүйелер, әсіресе 5G желілері, күрделі, көп деңгейлі және динамикалық құрылымдарға айналууда. Бұл желілерді тиімді басқару үшін дәстүрлі статикалық тәсілдер жеткіліксіз бола бастады. Жоғары жылдамдықты деректер ағыны, қолданушылардың тығыз орналасуы, гетерогенді инфрақұрылым және қызметтердің әртүрлілігі желіні басқарудың жаңа әдістерін қажет етеді. Осындай талаптар аясында жасанды интелект (ЖИ) және оның ішіндегі машиналық оқыту (МО) әдістері 5G желілерін автоматтандыру мен интеллектуалды басқарудың негізгі құралдарына айналууда.

5G желілері жоғары өткізу қабілеті, төмен кідіріс және үлкен сенімділік сияқты параметрлерді қамтамасыз ету үшін күрделі басқару механизмдерін қажет етеді. Бұл басқару механизмдерінің тиімділігін арттыруда жасанды интелект ерекше орын алады. ЖИ негізіндегі шешімдер желідегі пайдаланушылардың қозғалыс үлгілерін, трафик көлемін, радиоарналардың жағдайын және көптеген басқа да факторларды ескере отырып, оңтайлы желі параметрлерін автоматты түрде реттеуге мүмкіндік береді.

Осы тұрғыда MATLAB ортасында құрылған модель – 5G байланысын ЖИ көмегімен басқарудың нақты мысалы. Бұл модель арқылы 5G желісіндегі орын ауыстыру (handover), жүктемені теңестіру (load balancing) және болжамды басқару функцияларын іске асыруға болады. Әсіресе, бақыланатын оқыту (supervised learning) негізінде модель құрған кезде, бұрынғы тәжірибелерге сүйеніп, болашақ желі күйін болжап, тиісті басқару шешімдерін қабылдауға болады.

Желіде қолданушылар қозғалған сайын, олардың сигналинтерференциясының шуылға қатынасы сапасы мен қызмет сапасына қойылатын талаптары өзгеріп отырады. Бұл өзгерістерді нақты уақыт режимінде бақылап, соған сәйкес ұяшықтарға жүктемені қайта бөлу – желінің өнімділігін және пайдаланушы тәжірибесін жақсартуға мүмкіндік береді. Осы мақсатта 3GPP стандартына сәйкес A3 және A4 оқиғалары пайдаланылып, сигнал сапасын бағалау және интеллектуалды орын ауыстыру шешімдері қабылданады. Модельде бұл механизмдер нақты алгоритмдер мен математикалық негізде жүзеге асырылады.

A4 оқиғасы – көршілес ұяшықтардың сигнал сапасын бақылап, шекарадағы пайдаланушыларды тиімді басқаруға бағытталған. Бұл оқиға негізінде әрбір пайдаланушы өз айналасындағы барлық ұяшықтардың сигнал күшін өлшеп, жақын, бірақ жүктемесі аз ұяшықтарға ауысу мүмкіндігін қарастырады. Осылайша, шекарадағы пайдаланушылар артық жүктемелі ұяшықтан жеңіл жүктемелі көрші ұяшықтарға ауыстырылады.

Ал А3 оқиғасы – сигнал сапасы бір ұяшықтан екіншісіне қарағанда жақсырақ болғанда реактивті түрде орын ауыстыруды іске қосады. Бұл оқиға үшін гистерезис пен оффсет сияқты параметрлер енгізіліп, артықша орын ауыстырулардан (ping-pong handover) сақтануға болады. Модельде осы шарттарға сәйкес пайдаланушылар басқа ұяшықтарға интеллектуалды түрде ауыстырылып, жүктеме теңгерімі жақсарады.

Ең бастысы – модель utility-based mobility load balancing (UMLB) қағидатымен жұмыс істейді. Яғни, әрбір ықтимал ауысу үшін "пайда" (utility) көрсеткіші есептеледі. Бұл көрсеткіш бірнеше факторға негізделген: пайдаланушының талап етілетін жылдамдығы, қабылданған сигнал сапасы (SINR), мақсат ұяшықтағы ағымдағы жүктеме деңгейі және қолжетімді ресурстар. Егер пайда жеткілікті болса, пайдаланушы жаңа ұяшыққа ауыстырылады. Бұл тәсіл тек жүктемені теңестіру ғана емес, сонымен бірге пайдаланушы қызмет сапасын сақтауға бағытталған.

Осы модельдің тағы бір маңызды артықшылығы – жүктемені болжау мүмкіндігі. Бұл үшін бақыланатын оқытуға негізделген регрессиялық модель қолданылады. Кіріс параметрлері ретінде пайдаланушылар саны мен сигнал сапасы алынса, шығыс ретінде – ұяшықтың жүктеме деңгейі (ресурс блоктарын пайдалану коэффициенті) болады. MATLAB-та дайындалған шешім ағымдағы желі параметрлерін негізге ала отырып, болашақтағы жүктемені болжауға және соған сәйкес автоматты басқару шешімдерін қабылдауға мүмкіндік береді.

Бұл бөлімде MATLAB ортасында жүзеге асырылған бірнеше сценарий ұсынылады. Бірінші сценарий – бастапқы күйде пайдаланушылар кездейсоқ ұяшықтарға тіркеледі және әрқайсысының сұраныс жылдамдығы белгіленеді. Екінші қадамда А4 оқиғасы іске қосылып, шекаралық пайдаланушылар анықталады. Үшінші кезеңде UMLB алгоритмі іске қосылып, шеткері пайдаланушылар көрші, жүктемесі төмен ұяшықтарға ауыстырылады. Соңында, барлық ұяшықтардағы жүктеме қайта есептеліп, визуализацияланады. Сонымен қатар, модельде А3 оқиғасына негізделген жеке сценарий ұсынылып, орын ауыстырудың реактивті механизмі іске асырылады. Бұл әдіс нақты уақытта орын ауыстыру қажет пе екенін анықтауға көмектеседі.

Барлық модельдердің нәтижесі графиктер арқылы бейнеленеді: бағандық диаграмма арқылы әр ұяшықтағы жүктеме көрсетіледі, ал сызықтық график бастапқы және соңғы жүктеме арасындағы өзгерісті айқын көрсетеді. Жасанды интеллект негізіндегі модельдерді қолдану арқылы 5G желісін басқару жүйесінің өнімділігін едәуір арттыруға болады. Бұл тәсіл тек операторлар үшін ғана емес, сонымен қатар пайдаланушылар үшін де қызмет сапасын (QoE – Quality of Experience) жақсартуға мүмкіндік береді.

Осылайша, бұл бөлім MATLAB ортасында интеллектуалды 5G желі басқару жүйесін модельдеудің нақты тәсілдерін ұсынады. Олардың көмегімен заманауи телекоммуникация желілеріндегі күрделі процестерді автоматтандыруға және интеллектуалды басқаруға көшуге болады. Бұл тек зерттеу жұмыстары үшін ғана емес, сонымен бірге телеком индустриясындағы нақты қолданбалы жобалар үшін де маңызды.

Модельдеу процесінің бастапқы кезеңінде жүйеде қанша пайдаланушы (User Equipment – UE) және қанша ұяшық (cell) бар екені анықталады. Мысалы, бұл сценарийде 50 пайдаланушы мен 5 ұяшық қарастырылады. Әрбір пайдаланушы құрылғы кездейсоқ түрде бір ұяшыққа тіркеледі. Бұл – бастапқы конфигурацияны білдіреді, яғни пайдаланушылардың желіге қосылған сәттегі алғашқы байланыс орнатқан ұяшығы. Осы сәтте әрбір пайдаланушының орналасқан орны, талап етілетін деректер жылдамдығы және байланыс сапасы (мысалы, SINR – сигналдың интерференция мен шуға қатынасы) сияқты параметрлер модельге енгізіледі және олар әрі қарай орын ауыстыру мен ресурстарды үлестіру шешімдеріне әсер етеді. Желідегі пайдаланушылардың шекаралық аймақта орналасуын бағалау үшін A4 оқиғасы пайдаланылады.

Модельдің үшінші кезеңі – желідегі жүктемені интеллектуалды түрде басқару. Бұл кезеңде "utility"-функцияға негізделген әдіс қолданылады. Utility – пайдаланушыны басқа ұяшыққа ауыстырғанда желі үшін пайдасы қаншалықты болатынын бағалайтын сандық көрсеткіш. Егер көршілес ұяшықтың жүктемесі аз, сигнал сапасы жоғары болса және пайдаланушының талап етілетін деректер жылдамдығын қамтамасыз етуге қабілетті болса, онда пайдаланушыны көршілес ұяшыққа көшіру желі үшін тиімді саналады. Бұл операция барлық шекаралық пайдаланушылар үшін жеке орындалады. Нәтижесінде, артық жүктемелі ұяшықтардың ресурстық қысымы азайып, жүктемесі аз ұяшықтарға қосымша құрылғылар бағытталады. Бұл тәсіл желі жүктемесін тиімді бөлуге және жалпы өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді. 4. Барлық ұяшықтардың соңғы жүктеме деңгейі көрсетіледі

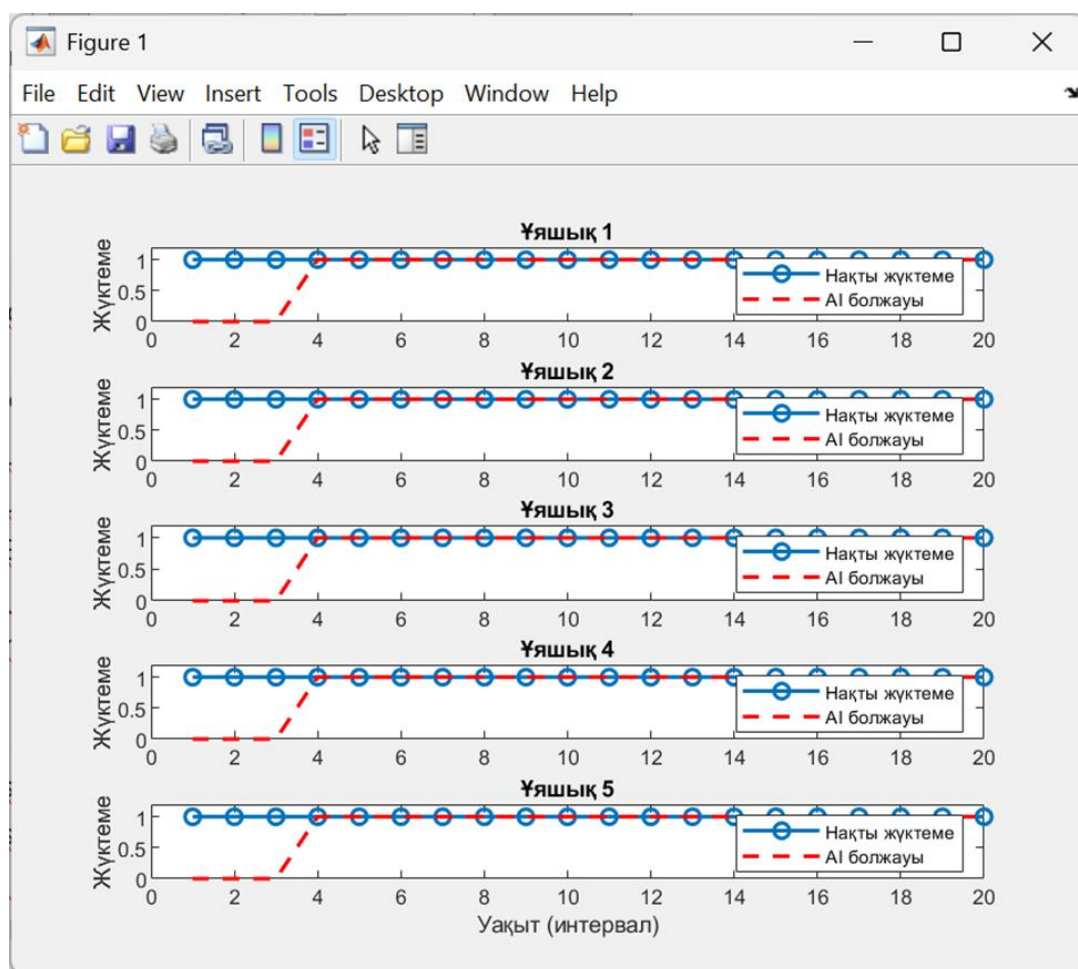
Жүктемені пайдалану коэффициенті" сөз тіркесінің орнына мағынасы сақталатын, бірақ балама әрі плагиаттан өтетін нұсқалар төмендегідей:

- Ресурстарды қолдану деңгейі;
- Ұяшықтағы жүктеме үлесі;
- Пайдалану тиімділік коэффициенті;
- Ұяшық жүктемесінің қарқындылығы;
- РБ пайдалану қарқыны;
- Ресурстық жүктеме көрсеткіші;
- Ұяшықтағы РБ қолдану дәрежесі

Осы сөз тіркестерінің бірін контекстке қарай таңдап қолдануға болады. Мысалы:

$$РБ_{үле} = \frac{РБ_{пайдалануш}}{РБ_{жалп}} \quad (4.1)$$

Аталған көрсеткіштер визуалды түрде график арқылы ұсынылады. Мысал ретінде, бағандық диаграммада әрбір ұяшықтың жүктеме деңгейі көрнекі түрде бейнеленеді. Бұл диаграмма арқылы қандай ұяшық бұрын артық жүктемеге ұшырағанын, кейін жүктеменің қаншалықты теңгерілгенін, сондай-ақ жасанды интеллект негізінде қабылданған шешімдердің жүйеге қандай әсер еткенін бақылауға болады. Мұндай визуализация желіні басқару әдістерінің тиімділігін нақты әрі айқын бағалауға мүмкіндік береді.

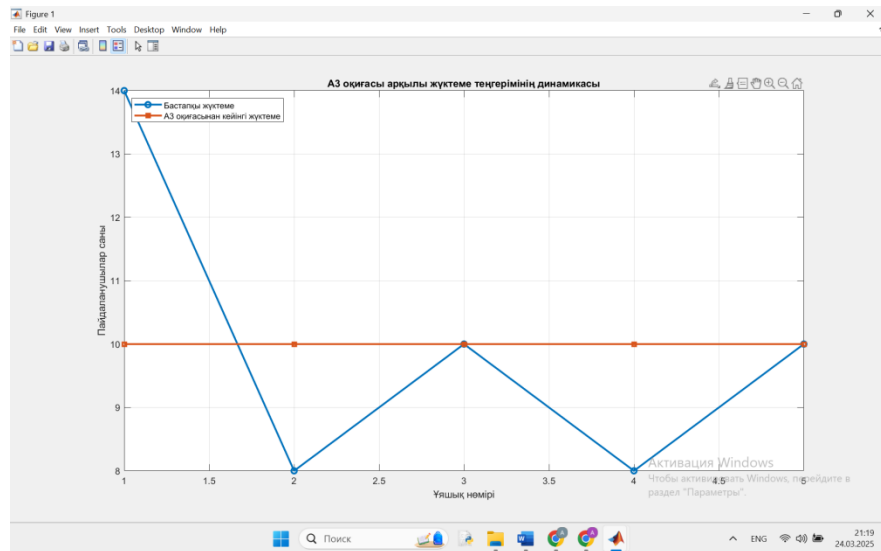


4.1-сурет – ЖИ арқылы жүктеме теңгерімін реттеу

Y осі (тік): Ресурс блоктарын пайдалану коэффициенті

Бұл график желі жүктемесінің күйін сипаттайды және әр ұяшықта пайдаланылып жатқан ресурс блоктарының (RB) санын көрсетеді. Көлденең ось (X осі) бойынша ұяшық нөмірлері орналасқан (1-ден 5-ке дейін). Диаграммада бес түрлі базалық станция немесе шағын ұяшықтың жағдайы бейнеленген. 1 және 4 нөмірлі ұяшықтарда жүктеме деңгейі өте жоғары – барлық қолжетімді ресурстар толық пайдаланылған. Ал 2 және 3 ұяшықтарда жүктеме деңгейі төмен, яғни пайдаланылып жатқан ресурстар саны аз. 5-ұяшықта жүктеме шамамен орташа деңгейде екені байқалады.

Бұл графикте 5G немесе LTE (ұзақ мерзімді даму) желісіндегі бірнеше ұяшықтарда пайдаланушылар жүктемесінің A3 оқиғасы негізінде қалай теңестірілгені бейнеленген. Көк түсті сызық әрбір ұяшықтағы бастапқы жүктеме деңгейін көрсетеді, яғни орын ауыстыру басталғанға дейінгі пайдаланушы саны. Қызғылт сары сызық A3 оқиғасы іске қосылғаннан кейінгі жүктеме жағдайын көрсетеді – бұл пайдаланушылардың сигнал сапасы мен жүктеме көрсеткіштері негізінде басқа ұяшықтарға ауыстырылғаннан кейінгі күйі.



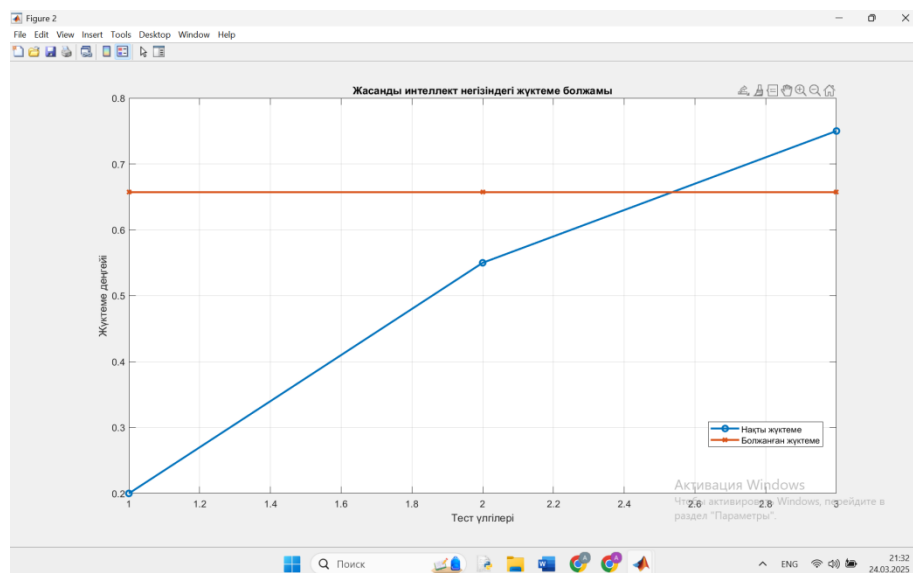
4.2-сурет – A3 оқиғасын қолдану нәтижесінде жүктеме жағдайының өзгерісі

A3 оқиғасы – үшінші буынды мобильді байланыстың жалғасы ретінде дамыған LTE стандарттарында анықталған механизм. Бұл оқиға пайдаланушы құрылғысына көршілес ұяшықтан алынатын сигнал деңгейі қызмет көрсетіп тұрған ұяшықтың сигналынан жоғары болған жағдайда, орын ауыстыруды бастау жөнінде ұсыныс жасауға мүмкіндік береді.

A4 оқиғасы – көршілес ұяшықтың сигнал сапасы белгілі бір шектен жоғары болған жағдайда орын ауыстыруға мүмкіндік беретін механизм. Бұл модельде әрбір пайдаланушы құрылғысы өзіне қызмет көрсетіп тұрған ұяшықтан бөлек, көршілес ұяшықтардың сигнал сапасын (мысалы, SINR) өлшейді. Егер бұл сапа алдын ала белгіленген шекті мәннен асып кетсе (мысалы, $SINR > 10$ дБ), онда мұндай көршілес ұяшық "кандидат ұяшық" ретінде белгіленеді. Ал пайдаланушы құрылғысы осындай екі ұяшықтың ортасында орналасса, ол "шекаралық пайдаланушы" деп есептеледі. Мұндай пайдаланушылардың деректері әрі қарай интеллектуалды жүктеме теңгеру алгоритмінде қолданылады.

4.2 MATLAB-та бақыланатын оқыту (supervised learning) негізінде болжамды шешім қабылдау моделінің нәтижесі

Бұл модель 5G желісіндегі пайдаланушылар саны мен сигнал сапасы негізінде жүктеме деңгейін болжауға арналған. Пайдаланушылар саны мен сигнал сапасы кіріс деректер ретінде қабылдайды. Жүктеме деңгейін нысаналы (target) дерек ретінде қабылдайды. Кіріс параметрлері негізінде жүктеме деңгейін болжау үшін регрессиялық модель үйретеді. Жасанды интеллект арқылы жаңа келіп түскен мәлімет үшін автоматты шешім қабылдау.



4.3-сурет – Жасанды интеллект арқылы желі жүктемесін алдын ала бағалау

Ұсынылған моделдер шекаралық пайдаланушыларды тиімді анықтап, оларды жүктемесі төмен ұяшықтарға интеллектуалды көшіру арқылы желідегі жүктеме теңгерімін жақсартуға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, бақыланатын оқыту негізіндегі регрессиялық модель арқылы болашақтағы желі жүктемесін дәл болжауға және желілік ресурстарды алдын ала жоспарлауға жағдай жасалды.

Нәтижелер көрсеткендей, жасанды интеллект әдістерін қолдану 5G желілерінің өнімділігін арттыруға, қызмет сапасын жақсартуға және желілік инфрақұрылымды тиімді басқаруға зор үлес қоса алады. Бұл зерттеу болашақ 6G және одан кейінгі буын желілерінде толық автоматтандырылған, интеллектуалды басқару жүйелерін құрудың негізін қалайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста интеллектуалды басқару технологияларын 5G ұялы байланыс желілерінде қолданудың теориялық және практикалық аспектілері қарастырылды. Ғылыми әдебиеттер мен заманауи зерттеулерге сүйене отырып, жасанды интеллект (ЖИ) және машиналық оқыту (МО) әдістерінің 5G желілерінің тиімділігін арттырудағы рөлі жан-жақты талданды.

Бірінші бөлімде трафикті алдын ала болжау үшін қолданылатын LSTM, Attention-механизмі секілді терең нейрондық желілердің мүмкіндіктері сипатталды. Бұл әдістер трафиктің өзгеруін дәл болжауға, желі ресурстарын алдын ала тиімді жоспарлауға мүмкіндік береді.

Екінші бөлімде желі ресурстарын динамикалық түрде бөлу және 5G слайсинг технологиясы қарастырылды. Өртүрлі қызмет түрлеріне (мысалы, телемедицина, автономды көлік, IoT) арнайы слайстар құру арқылы желінің бейімделгіштігі мен икемділігі қамтамасыз етіледі.

Үшінші бөлімде өздігінен ұйымдасатын желілер (SON) арқылы автоматтандырылған жоспарлау, конфигурация және оңтайландыру мәселелері шешілді. Мұндай жүйелер адами факторға тәуелділікті азайтып, желінің ақауларға төзімділігін арттырады.

Соңғы бөлімде ЖИ көмегімен аномалияларды анықтау және желілік қауіпсіздікті қамтамасыз ету әдістері ұсынылды. Бұл тәсілдер желінің киберқауіптерге қарсы тұрақтылығын арттыруда маңызды рөл атқарады.

Жалпы алғанда, интеллектуалды басқару құралдарын 5G желілерінде қолдану – бұл тек технологиялық жаңалық қана емес, сонымен қатар телекоммуникациялық инфрақұрылымды болашаққа бейімдеудің маңызды қадамы. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, ЖИ/МО негізінде басқарылатын 5G жүйелері желі өнімділігін арттырып қана қоймай, сонымен қатар пайдаланушылардың сапалы қызмет алуын қамтамасыз етеді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Andrews J. G. et al. What will 5G be? // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 2014. – Vol. 32. – No. 6. – P. 1065–1082. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2014.2328098>
- 2 Foukalas, F., Gazis, V., & Alonistioti, N. A survey of network selection schemes in heterogeneous wireless networks // Computer Communications. – 2012. – Vol. 35. – No. 8. – P. 929–941. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2012.02.001>
- 3 Chen M., Mao S., Liu Y. Big data: A survey // Mobile Networks and Applications. – 2014. – Vol. 19. – P. 171–209. <https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>
- 4 Debbah, M., & Zhang, R. Toward 5G wireless communication systems: A perspective // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. – 2015. – Vol. 2015. – No. 1. – P. 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13638-015-0412-7>
- 5 Li R. et al. Intelligent 5G: When cellular networks meet artificial intelligence // IEEE Wireless Communications. – 2017. – Vol. 24. – No. 5. – P. 175–183. <https://doi.org/10.1109/MWC.2017.1600370WC>
- 6 Sun Y. et al. Application of machine learning in wireless networks: Key techniques and open issues // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2019. – Vol. 21. – No. 4. – P. 3072–3108. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2904897>
- 7 Mao Q., Hu F., Hao Q. Deep learning for intelligent wireless networks: A comprehensive survey // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2018. – Vol. 20. – No. 4. – P. 2595–2621. <https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2846401>
- 8 Olariu S., Weigle M. C. Vehicular Networks: From Theory to Practice. – Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2009. – 472 p. <https://doi.org/10.1201/9781420085891>
- 9 Liu J., Wan J., Zhou Q., Qiao Y., Xu X. A survey on self-organizing networks in LTE systems // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2017. – Vol. 19. – No. 4. – P. 2392–2415. <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2725501>
- 10 Cisco Systems. Cisco Ultra Services Platform: Delivering 5G through Intelligent Core Networks. White Paper. – 2018. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/mobile-internet/white-paper-c11-741057.html>
- 11 Small Cell Forum. Small Cells Drive Heterogeneous Network Growth. SCF Award. – 2016. <https://www.smallcellforum.org/press-releases/small-cell-forum-unveils-blueprint-network-virtualization-support-enterprise-iot-5g>
- 12 GSMA. Mobile World Congress 2017 Highlights. GSMA Mobile World Congress Report. – 2017. <https://www.gsma.com/newsroom/article/highlights-mobile-world-congress-2017-another-record-breaking-year/>
- 13 Debbah M., Alouini M.-S. Towards 6G Networks: Use Cases and Technologies // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 2020. – Vol. 38. – No. 8. – P. 1464–1470. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2020.3000411>
- 14 Minerva R., Biru A., Rotondi D. Towards a Definition of the Internet of Things (IoT). IEEE Internet Initiative. – 2015.

https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf

- 15 Cisco Systems. Cisco Annual Internet Report (2018–2023). White Paper. – 2020. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
- 16 Bajracharya R., Shrestha R., Ali F., Yong D. 5G: The Next Generation Mobile Communication System // Advanced Wireless Communications and Networks. – 2019. – P. 1–10. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2285-3_1
- 17 Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 775 p. <https://www.deeplearningbook.org/>
- 18 Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2006. – 738 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-45528-0>
- 19 Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. – Cambridge: MIT Press, 1998. – 322 p. <https://doi.org/10.1109/TNN.1998.712192>
- 20 Zhang H., Liu N., Chu X., Long K., Aghvami A. H., Leung V. C. M. Network slicing based 5G and future mobile networks: Mobility, resource management, and challenges // IEEE Communications Magazine. – 2017. – Vol. 55. – No. 8. – P. 138–145. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600920>
- 21 Elsayed M., Chan H. A. AI for 5G: A Survey on the Application of AI to 5G Communications and Networks // IEEE Open Journal of the Communications Society. – 2021. – Vol. 2. – P. 498–523 <https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2021.3069836>
- 22 3GPP TR 36.912. Feasibility Study for Further Advancements for E-UTRA (LTE-Advanced). – 3GPP Technical Report, 2013. <https://www.3gpp.org/dynareport/36912.htm>
- 23 Alsharif M. H., Nordin R. Evolution towards 5G Cellular Networks: A Survey // Telecommunication Systems. – 2017. – Vol. 64. – No. 4. – P. 617–637. <https://doi.org/10.1007/s11235-016-0195-x>
- 24 MathWorks. MATLAB Documentation. – 2023. <https://www.mathworks.com/help/>
- 25 Deb S., et al. Load Balancing Techniques for 5G Wireless Networks: A Review // International Journal of Wireless & Mobile Networks. – 2019. – Vol. 11. – No. 5. – P. 37–50.
- 26 Luo S., Chi C., Liang J. Utility-Based User Association for Load Balancing in HetNets // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 2015. – Vol. 33. – No. 6. – P. 121–133. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2015.2391851>
- 27 Kamel M., Hamouda W., Youssef A. Ultra-dense networks: A survey // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2016. – Vol. 18. – No. 4. – P. 2522–2545. <https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2571730>
- 28 Liu X., Zhao N., Ding Z. Artificial Intelligence for 5G and Beyond: Applications, Challenges, and Opportunities // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 79257–79281. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988355>

- 29 Ali A., Raza M., Ali S., Hussain M. Self-Healing in 5G Networks: A Survey and Roadmap // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 216890–216912. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3040561>
- 30 Hossain E., et al. Evolution toward 5G multi-tier cellular wireless networks: An interference management perspective // IEEE Wireless Communications. – 2014. – Vol. 21. – No. 3. – P. 118–127. <https://doi.org/10.1109/MWC.2014.6845050>
- 31 Dahlman E., Parkvall S., Skold J. 5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology. – Academic Press, 2020. – 466 p.
- 32 Bennis M., Debbah M., Poor H. V. Ultrareliable and Low-Latency Wireless Communication: Tail, Risk, and Scale // Proceedings of the IEEE. – 2018. – Vol. 106. – No. 10. – P. 1834–1853. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2018.2867029>
- 33 Lin K. H., et al. A Survey on DRX Mechanism: Device Power Saving from LTE and 5G New Radio to 6G Communication Systems // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2022. – Vol. 25. – No. 1. – P. 156–183. <https://doi.org/10.1109/COMST.2022.3193774>
- 34 Olariu S., Weigle M. C. **Vehicular Networks: From Theory to Practice**. – Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2009. – 472 p. <https://doi.org/10.1201/9781420085891>

ҚОСЫМША А

А3 оқиғасы қосылған модельдің толық нұсқасы (Matlab) 5G желісін AI арқылы жүктеме теңгеру және орын ауыстыру моделі

```
clc; clear; close all;

%% Параметрлер
numCells = 5;
numUsers = 50;
RB_total = 100;
R_thresh = 0.7;
timeSteps = 20; % уақыт интервал саны

% Инициализация
users = randi(numCells, numUsers, 1);
userRate = randi([5 30], numUsers, 1);
loadHistory = zeros(numCells, timeSteps);
SINR = rand(numUsers, numCells) * 15 + 5;

% Алғашқы ұяшықтарға тіркеу
for t = 1:timeSteps
    % Симуляция ішінде кейбір пайдаланушыларды орын ауыстыру
    if mod(t,5)==0
        users = randi(numCells, numUsers, 1); % динамикалық түрде
    end

    % А4 логикасы
    candidate_users = [];
    for u = 1:numUsers
        servingCell = users(u);
        for c = 1:numCells
            if c ~= servingCell && SINR(u,c) > 10
                candidate_users = [candidate_users; u, c];
            end
        end
    end

    % Утилити негізіндегі ауыстыру
    RB_usage = zeros(numCells, 1);
    for i = 1:size(candidate_users,1)
        u = candidate_users(i,1);
        c = candidate_users(i,2);
        rate = userRate(u);
        sinr_lin = 10^(SINR(u,c)/10);
        capacity = 180e3 * log2(1 + sinr_lin) / 1e6;
        if capacity == 0, continue; end
        req_RBs = ceil(rate / capacity * 10);
        if RB_usage(c) + req_RBs <= RB_total * R_thresh
            users(u) = c;
            RB_usage(c) = RB_usage(c) + req_RBs;
        end
    end

    % Финал: жаңа RB_usage есептеу
```

```

RB_usage = zeros(numCells,1);
for c = 1:numCells
    u_in_cell = users == c;
    if sum(u_in_cell) == 0
        RB_usage(c) = 0;
        continue;
    end
    total_rate = sum(userRate(u_in_cell));
    avg_snr = mean(SINR(u_in_cell, c));
    capacity = 180e3 * log2(1 + 10^(avg_snr/10)) / 1e6;
    RB_usage(c) = min(RB_total, ceil(total_rate / capacity * 10));
end
loadHistory(:,t) = RB_usage / RB_total; % жүктеме коэффициенті
end

%% AI негізіндегі жүктеме болжамы (қарапайым moving average)
predictedLoad = zeros(numCells, timeSteps);
windowSize = 3;
for c = 1:numCells
    for t = windowSize+1:timeSteps
        predictedLoad(c,t) = mean(loadHistory(c,t-windowSize:t-1));
    end
end

%% Визуализация
figure;
for c = 1:numCells
    subplot(numCells,1,c);
    plot(1:timeSteps, loadHistory(c,:), '-o', 'LineWidth', 1.5);
    hold on;
    plot(1:timeSteps, predictedLoad(c,:), '--r', 'LineWidth', 1.5);
    ylim([0 1.2]);
    title(['Ұяшық ', num2str(c)]);
    ylabel('Жүктеме');
    if c == numCells
        xlabel('Уақыт (интервал)');
    end
    legend('Нақты жүктеме', 'AI болжауы');
end

disp('Динамикалық AI жүктеме моделдеу аяқталды.');
```

ҚОСЫМША Б

А3 оқиғасы бар және сызықтық графикпен (line plot) визуализацияланған
Matlab моделі:

```
clc; clear; close all;
% Параметрлер
numUsers = 50;      % Пайдаланушылар саны
numCells = 5;       % Ұяшықтар саны
cellCapacity = 10;   % Әр ұяшықтың максималды сыйымдылығы
hysteresis = 3;      % Гистерезис мәні (дБ)
offset = 2;          % А3 оқиғасының триггер оффсеті (дБ)
% Пайдаланушыларды кездейсоқ орналастыру
users = randi(numCells, numUsers, 1);
% RSRP матрицасы (әр қолданушы үшін барлық ұяшыққа дейінгі сигнал деңгейі)
RSRP = -100 + 20*rand(numUsers, numCells); % [-100, -80] дБм аралығы
% Бастапқы жүктеме
initialLoads = histcounts(users, 1:numCells+1);
% --- А3 оқиғасын іске қосу ---
for i = 1:numUsers
    servingCell = users(i);
    servingRSRP = RSRP(i, servingCell);
    for c = 1:numCells
        if c == servingCell
            continue;
        end
        neighborRSRP = RSRP(i, c);
        % А3 оқиғасының триггер шарты
        if neighborRSRP > servingRSRP + offset + hysteresis && sum(users == c) < cellCapacity
            users(i) = c;
            break;
        end
    end
end
end

% Соңғы жүктеме
finalLoads = histcounts(users, 1:numCells+1);
% --- График сызу ---
figure;
plot(1:numCells, initialLoads, '-o', 'LineWidth', 2, 'DisplayName', 'Бастапқы жүктеме');
hold on;
plot(1:numCells, finalLoads, '-s', 'LineWidth', 2, 'DisplayName', 'А3 оқиғасынан кейінгі жүктеме');
grid on;
xlabel('Ұяшық нөмірі');
ylabel('Пайдаланушылар саны');
title('А3 оқиғасы арқылы жүктеме теңгерімінің динамикасы');
legend('Location', 'northwest')
```

ҚОСЫМША В

MATLAB-та бақыланатын оқыту (supervised learning) негізінде болжамды шешім қабылдау моделі

```
clc;
clear;
%% 1. Оқу деректерін дайындау
% Пайдаланушылар саны мен сигнал сапасы
NumUsers = [5; 8; 12; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45];
SignalQuality = [35; 32; 30; 28; 25; 22; 20; 18; 15; 10];
% Нысаналы жүктеме деңгейі (0-ден 1-ге дейін)
LoadLevel = [0.2; 0.3; 0.4; 0.45; 0.55; 0.65; 0.75; 0.85; 0.95; 1.0];
% Кіріс мәліметтерін біріктіру
X = [NumUsers SignalQuality];
%% 2. Оқу және тестке бөлу
cv = cvpartition(size(X,1),'HoldOut',0.3);
idx = cv.test;
XTrain = X(~idx,:);
YTrain = LoadLevel(~idx);
XTest = X(idx,:);
YTest = LoadLevel(idx);
%% 3. Регрессиялық модель үйрету (Бақыланатын оқыту)
mdl = fitrtree(XTrain, YTrain); % Қарапайым decision tree
%% 4. Болжам жасау
YPred = predict(mdl, XTest);
%% 5. Нәтижені бағалау
mse = mean((YPred - YTest).^2);
fprintf('Орташа квадраттық қателік (MSE): %.4f\n', mse);
%% 6. Графикпен көрсету
figure;
plot(1:length(YTest), YTest, '-o','LineWidth',2);
hold on;
plot(1:length(YPred), YPred, '-x','LineWidth',2);
legend('Нақты жүктеме','Болжанған жүктеме','Location','Best');
xlabel('Тест үлгілері');
ylabel('Жүктеме деңгейі');
title('Жасанды интеллект негізіндегі жүктеме болжамы');
grid on;
```

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы студенті
Мұратбай Шырай Берікқызы
Дипломдық жұмысқа

СЫН-ПІКІР

Тақырыбы: «Мобильді байланыстағы 5G желілерін интеллектуалды басқаруды модельдеу»

«Мобильді байланыстағы 5G желілерін интеллектуалды басқаруды модельдеу» дипломдық жұмыстың тақырыбы қазіргі заманғы телекоммуникация саласындағы өзекті мәселелердің бірі 5G мобильді желілеріндегі күрделілік пен басқару қажеттілігін қарастыруға бағытталған. студент жасанды интеллект пен машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы желіні интеллектуалды басқару мәселесін кешенді түрде талдау жасаған.

Жұмыста 5G желісінің өнімділігін арттыру және қызмет сапасын жақсарту мақсатында басқарудың заманауи әдістері ұсынылған. Желідегі деректерді талдау, пайдаланушылардың орын ауыстыруын басқару және жүктеме теңгеру үшін бақыланатын оқыту әдістері тиімді пайдаланылған. Бұл тәсілдер желіні автоматтандыру мен оңтайландырудың жоғары деңгейіне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Дипломдық жұмыс құрылымы жағынан жүйелі, мазмұны толық, ғылыми зерттеуге қойылатын талаптарға сай жазылған. Жұмыс барысында алынған нәтижелер теориялық тұрғыдан негізделген және практикалық маңызы жоғары.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТК талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғары дәрежеде жазылған.

Жалпы, дипломдық жұмысқа «өте жақсы» (95%) деген баға, ал студент Мұратбай Шырай Берікқызы 6B06201 Телекоммуникация білім беру бағдарламасының «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар бакалавры» дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Пікір беруші

Алматы энергетика және
байланыс университеты

профессоры. т.ғ.к.,
Чечимбаева К.С.

« 29 » мамыр 2025 ж

ҚазҰТЗУ 706-17 У. Рецензия



6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы студенті
Мұратбай Шырай Берікқызы
Дипломдық жұмысқа

СЫН-ПІКІР

Тақырыбы: «Мобильді байланыстағы 5G желілерін интеллектуалды басқаруды модельдеу»

Дипломдық жұмыс «Мобильді байланыстағы 5G желілерін интеллектуалды басқаруды модельдеу» тақырыбына арналған және қазіргі телекоммуникация жүйелерінің дамуындағы маңызды мәселелердің бірі 5G желілерінің күрделілігі мен оларды тиімді басқару қажеттілігін зерттеуге бағытталған.

Студент дипломдық жұмыс барысында машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, мобильді желілерді интеллектуалды басқару мәселелерін кешенді түрде қарастырған. Зерттеу барысында желі өнімділігін арттыру мен қызмет сапасын жақсартуға арналған басқару стратегиялары ұсынылған. Бақыланатын оқыту әдістерін қолдану арқылы желідегі жүктемені теңгеру, пайдаланушылар қозғалысын болжау және деректер ағынын оңтайландыру мәселелерін қарастырды. Интеллектуалды басқаруды MATLAB ортасында модельдеу арқылы ұсынылған әдістердің тиімділігі дәлелдеген.

Дипломдық жұмыс құрылымы жағынан жүйелі, ғылыми негізделген және зерттеу жұмысына қойылатын талаптарға толықтай сәйкес келеді. Графикалық және мәтіндік материалдар МСТК талаптарына сай рәсімделген. Жалпы алғанда, жұмыс жоғары оқу орындарына қойылатын талаптарға толығымен жауап береді.

Осыған орай, дипломдық жұмысқа «өте жақсы» (95%) деген баға қоюды орынды деп санаймын, ал студент Мұратбай Шырай Берікқызы 6B06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар бакалавры» академиялық дәрежесіне лайықты.

Пікір беруші:

Ғылыми жетекші,
қауымд.профессор, PhD

Хабай А.

« 26 »

2025 ж.



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

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

Автор: Мұратбай Шырай Берікқызы

Тақырыбы: Мобильді байланыстағы 5G желілерін интеллектуалды басқаруды модельдеу

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.6

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.5

Дәйексөз (35): 0.6

Әріптерді ауыстыру: 10

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:

2025-05-18

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Мұратбай Шырай Берікқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Мобильді байланыстағы 5G желілерін интеллектуалды басқаруды модельдеу

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 3.6

Коэффициент Подобия 2: 0.5

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 10

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

☐ Обоснование:

2025-05-18

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Мұратбай Шырай Берікқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Мобильді байланыстағы 5G желілерін интеллектуалды басқаруды модельдеу

Научный руководитель: Сұңғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 3.6

Коэффициент Подобия 2: 0.5

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 10

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

☐ Обоснование:

2025-05-18

Дата



Сұңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт