

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар
кафедрасы

Нүсіпали Аяулым

«5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2024

КАЗАКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

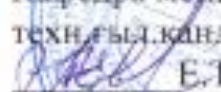
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд.

 Е.Таштай

«30» 05 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану»


6B06201 – «Телекоммуникация»

Орындаған:




Нүсіпәли А.М

Пікір беруші:
ҚазҰАЗУ PhD,
қауымдастырылған профессор

 **Өлібек Н.**
«ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

«27» 05 2024 ж.

Ғылыми жетекші
PhD, ЭТЖҒТ,
қауымдастырылған профессор
 Тайсариева К.Н

«27» 05 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай
Е. Таштай

« 31 » 01 2024 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Нүсіпали Аяулым Мұратқызы

Тақырыбы «5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану»

Университет ректорының «4» желтоқсан 548 П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1) Ұшқышсыз ұшу аппараттарына шолу жасау;
- 2) Сымсыз деректер желісін пайдаланатын ұшқышсыз ұшу аппараттарын байланыс жүйесін зерттеу;
- 3) Ұшқышсыз ұшу аппараттарына 5G үшін Mobile Edge Computing (MEC), бағдарламалық құралмен анықталған желілер (SDN) және желі функциясын виртуалдандыруды (NFV) зерттеу;
- 4) Ұшқышсыз ұшу аппаратында SINR деңгейін арттыру үшін төмен байланыс бағыты үшін қуатты басқаруды оңтайландыру мәселесін қарастыру.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану әдістеріне талдау жасау;
- 2) 5G-RAN желісінде радиусы 2 gNB жұмыс жасайтын ҰҒА математикалық моделін жасау;
- 3) 5G ұялы желі базалық станциясының құрамындағы борттық пайдалы жүк жабдығы, радиолокациялық және радиорелейлік жабдық, бейнебақылау жабдығы және т.б. қарастырып, олардың салмағын есептеу.
- 4) Ұшқышсыз ұшу аппараттарынан хабарланған SINR DQL алгоритміне модель құру.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1) Yan, K.; Ma, L.; Zhang, Y. Research on the Application of 5G Technology in UAV Data Link. In Proceedings of the 2020 IEEE 9th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC), Chongqing, China, 11–13 December 2020; pp. 1115–1118.




2) Warriar, A.; Al-Rubaye, S.; Panagiotakopoulos, D.; Inalhan, G.; Tsourdos, A. Interference Mitigation for 5G-Connected UAV using Deep Q-Learning Framework. In Proceedings of the 2022 IEEE/AIAA 41st Digital Avionics Systems Conference (DASC), Portsmouth, VA, USA, 18–22 September 2022.

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
1) 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану әдістеріне талдау жасау;	04.01.2024 - 01.02.2024	<i>Орындалды</i>
5G-RAN желісінде радиусы 2 gNB жұмыс жасайтын ҰҰА математикалық моделін жасау; 5G ұялы желі базалық станциясының құрамындағы борттық пайдалы жүк жабдығы, радиолокациялық және радиорелейлік жабдық, бейнебақылау жабдығы және т.б. қарастырып, олардың салмағын есептеу.	01.02.2024 – 01.03.2024	<i>Орындалды</i>
Ұшқышсыз ұшу аппараттарынан хабарланған SINR DQL алгоритміне модель құру.	01.03.2024- 30.05.2024	<i>Орындалды</i>

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

Қолтаңбалары

Бөлімдератауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылымдәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Тайсариева К.Н., PhD., ЭТЖҒТ қауымдастырылған профессор.	30.05.2024	
Теориялық ақпарат	ЭТЖҒТ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD, Тайсариева К.Н.	30.05.2024	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ кафедрасының аға оқытушысы, PhD Досбаев Ж.М.	30.05.2024	

Ғылыми жетекшісі



Тайсариева К.Н.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы






Нүсіпали А.М.

Күні « 9 » желтоқсан 2023 ж.

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

Қолтаңбалары

Бөлімдератауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылымидәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Тайсариева К.Н., PhD., ЭТЖҒТ қауымдастырылған профессор.	30.05.2024	
Теориялық ақпарат	ЭТЖҒТ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD, Тайсариева К.Н.	30.05.2024	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ кафедрасының аға оқытушысы, PhD Досбаев Ж.М.	30.05.2024	

Ғылыми жетекшісі



Тайсариева К.Н.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Нүсіпали А.М.

Күні « 9 » желтоқсан 2023 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану зерттелді. SDN (Software-Defined Networks), бағдарламалық-конфигурацияланатын желілері MEC (Mobile Edge Computing) шекаралық есептеулері және ҰҰА (Unmanned Aerial Vehicles) сияқты жаңа телекоммуникация технологияларын пайдалана отырып, жер үсті және әуе желілері ресурстарын ортақ пайдалану мәселелері зерттелді. 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану әдістеріне талдау жасалды. ҰҰА көмегімен сенсорлық өрістерден деректерді жинау қарастырылды. Желілік ядрода бірыңғай контроллері бар SDN ерітінділері мен көп контроллерлік SDN талданады. Осы талдау негізінде біз ҰҰА-да SDN қолдану шешімдерін қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе исследовано применение беспилотных летательных аппаратов в сетях 5G. Были исследованы проблемы совместного использования ресурсов наземных и воздушных сетей с использованием новых телекоммуникационных технологий, таких как SDN (Software-Defined Networks), программно-настраиваемые сети MEC (Mobile Edge Computing) и БПЛА (Unmanned Aerial Vehicles). Проведен анализ методов применения беспилотных летательных аппаратов в сетях 5G. Рассматривается сбор данных с сенсорных полей с помощью БПЛА. В сетевом ядре анализируются решения SDN с одним контроллером и SDN с несколькими контроллерами. На основе этого анализа рассмотрено решения по применению SDN в БПЛА.

ANNOTATION

The thesis examines the use of unmanned aerial vehicles in 5G networks. The problems of sharing the resources of terrestrial and aerial networks using new telecommunications technologies such as SDN (Software-Defined Networks), software-configurable MEC (Mobile Edge Computing) networks and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) were investigated. The analysis of the methods of using unmanned aerial vehicles in 5G networks has been carried out. Data collection from sensor fields using UAVs is being considered. The network core analyzes SDN solutions with one controller and SDN with multiple controllers. Based on this analysis, solutions for the use of SDN in UAVs are considered.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 5G байланыс желілері мен ұшқышсыз ұшу аппараттары саласындағы зерттеулерге шолу	9
1.1 Ұшқышсыз ұшу аппараттарының классификациясы	10
1.2 Сымсыз желілерді қолдау үшін ҰҰА пайдалану	13
1.3 Интернет заттары желілерінен ақпарат жинау үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану	15
1.4 Жер үсті байланыс желілерінде қосылуды қамтамасыз ету үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану	16
1.5 ҰҰҚ-ны шекаралық есептеулер ұзақтығы және кәштеу үшін пайдалану	19
2 Бағдарламалық-конфигурацияланатын желілер	22
2.1 Бағдарламалық жасақтамамен конфигурацияланған желілер	22
2.2 Бағдарламалық жасақтама желілерінің архитектурасы	22
2.3 Абстрактті SDN архитектурасы	25
2.4 Бірнеше контроллері бар бағдарламалық конфигурацияланатын желілер	27
3 к-орталар және FOREL кластерлеу алгоритмдері	32
3.1 к-орталар алгоритмі	32
3.2 FOREL кластерлеу алгоритмі	33
3.3 Модельдеу нәтижелері	38
3.4 MEC түйінін ҰҰА – ға орналастыру кезінде және ҰҰА-ға жердегі желіден трафикті түсіру әдісін әзірлеу	41
3.5 Түсіру алгоритмі	44
Қорытынды	51
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	52

КІРІСПЕ

Бесінші буын байланыс желілері, ҰҰА, бағдарламалық-конфигурацияланатын желілер және шекаралық есептеулер саласында отандық және шетелдік ғалымдар В. М. Вишневский, Б. С. Голдштейн, в. г. Карташевский, Р. В. Киричка, А. Е. Кучерявый, А. и. Парамонов, К. Е. Самуилов, в. К. Сарян, Р. Л. Смелянский, с.Н. Степанова, В. О. Тихвинский, а. в. Абилова, А.С. Бородин, Ю. В. Гайдамаки, Е. А. Кучерявого, М. А. Маколкина, Д. А. Молчанова, А. С. А. мутантты А. А. А. Ateya, M. Dohler, M. Maier, және басқалар.

Жоғарыда аталған авторлардың жұмыстары бесінші буын байланыс желілері, гетерогенді трафик, бағдарламалық жасақтама конфигурацияланатын желілер, шекаралық есептеулер және ҰҰА желілері саласындағы зерттеулерге айтарлықтай үлес қосты. Алайда, осы уақытқа дейін бесінші буын байланыс желілерінің гетерогенді трафигіне қызмет көрсету мәселелерін шешу үшін жоғарыда аталған технологияларды бөлісуге аз көңіл бөлінді. Бұл мәселенің күрделілігі интеграцияланған байланыс желілерін құрудағы архитектуралық және жүйелік шешімдердің маңызды жаңалығымен анықталады, онда қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету үшін кеңістіктің әртүрлі орталарында жұмыс істейтін әртүрлі жаңа технологиялар қолданылады. Мұның бәрі диссертацияның мақсатын, міндеттерін, объектісін және тақырыбын анықтайды. Бұл ретте 2.2.15 мамандығы бойынша зерттеу саласындағы келесі ғылыми міндет шешіледі. Телекоммуникация жүйелері, желілері және құрылғылары: ҰҰА технологияларын, бағдарламалық конфигурацияланатын желілерді және шекаралық есептеулерді ортақ пайдалану негізінде байланыс желілерін құру бойынша шешімдерді зерттеу және әзірлеу. Диссертацияның объектісі мен пәні. Зерттеу нысаны-бесінші буын байланыс желілері, ал пән – ҰҰА технологияларын, бағдарламалық жасақтаманы конфигурациялайтын желілерді және шекаралық есептеулерді бөлісу.

Қазіргі уақытта байланыс желілерінің дамуы гетерогенді желілерді құру бағытында жүріп жатыр. Төртінші буын байланыс желілерін бастап, әртүрлі желілік технологиялардың барлық ресурстарын пайдаланған кезде ғана қызмет көрсету сапасының қажетті сипаттамалары бар желі пайдаланушыларына қажетті қызметтерді көрсетуге болатындығы белгілі болды. Бесінші буын байланыс желілерінде желінің гетерогенділігі негізгі сипаттамалардың біріне айналды, ал кейіннен алтыншы буын байланыс желілерін енгізу кезінде sagsin (Space – Air – ground – Sea Integrated Networks) интеграцияланған байланыс желілерінің тұжырымдамасы пайда болды. Ғарыш – әуе – Жер – Теңіз байланыс желілерінің пайда болуы барлық соңғы буындардың байланыс желілерінің дамуының логикалық жалғасы болып табылады. Бұл ретте 1997 жылдан бері болып жатқан конвергенция теориясы негізінде байланыс желілерінің дамуы аяқталады және барлық ортада жұмыс істейтін барлық желілердің ресурстарын біріктіретін Бірыңғай байланыс желісін құрудың алғышарттары пайда болады.

Жұмыстың мақсаты - 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдануды зерттеу. Жұмыста мына тапсырмалар қарастырылды.

1) 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану әдістеріне талдау жасалды;

2) 5G-RAN желісінде радиусы 2 gNB жұмыс жасайтын ҰҰА математикалық моделін жасалды;

3) 5G ұялы желі базалық станциясының құрамындағы борттық пайдалы жүк жабдығы, радиолокациялық және радиорелейлік жабдық, бейнебақылау жабдығы және т.б.қарастырып, олардың салмағын есептелді.

1 5G байланыс желілері мен ұшқышсыз ұшу аппараттары саласындағы зерттеулерге шолу

Сымсыз желілер мен байланыс жүйелері соңғы бірнеше жылда инновациялардың, техникалық және академиялық зерттеулердің арқасында айтарлықтай өзгерді. Қазіргі уақытта бесінші және одан кейінгі ұрпақтардың байланыс желілерін дамытуға баса назар аударылуда. Бұл желілер тек жоғары жылдамдықтар арқылы ғана емес, сонымен қатар Заттар интернеті [1, 2] және тактильді Интернет [3, 4] тұжырымдамаларын жүзеге асыруға көшу арқылы бар желілерден түбегейлі ерекшеленеді.

Желілердің жаңа сипаттамаларын ұсынады: жоғары тығыздық және ультра төмен кідірістерді айтуға болады [5, 6]. Тек осы арқылы бесінші және кейінгі ұрпақтардың байланыс желілерінің ерекшеліктері талдауға болады. Бұл желілер гетерогенді болады, нәтижесінде sagsin (Space, Air, Ground, Sea Integrated Netwok) деп аталатын алтыншы буын байланыс желілері пайда болады [7, 8]. Бұл барлық пайдаланушылар үшін бірыңғай желі.

Айта кету керек, бұл жаңа технологиялар әлемді желілерді жобалаудан тыс мобильді құрылғылардан әртүрлі құрылғыларға жоғары жылдамдықпен қосыла алатын жүйелерге ауыстырады [9, 10].

Жақын арада кең ауқымды енгізу күтілетін бесінші буын байланыс желілеріне толығырақ тоқталайын. Бесінші буын байланыс желілері көп қабатты болады [11, 12], гетерогенді, сондай-ақ динамикалық түрде өзгертін масштабталатын болады. Сонымен қатар, 5G байланыс желілері өте көп құрылғылар үшін жоғары байланыс пен QoS қызмет көрсету сапасының кепілдендірілген деңгейін қолдайды (өте тығыз желі).

Сонымен бірге, әрине, жаңа ғылыми - зерттеу міндеттері мысалы, үлкен мәліметтер бойынша туындайды, алайда, бесінші және одан кейінгі буындардың байланыс желілерін әзірлеу және енгізу кезінде өте тығыздыққа немесе өте аз кідірістерге байланысты тапсырмалар ғана емес, көптеген ғылыми - зерттеу міндеттерін атқарады. Көптеген міндеттер осы желілердің гетерогенділігіне және әртүрлі технологияларды қолдану қажеттілігіне байланысты қалыптасады.

Дипломдық жұмыс бұдан әрі бесінші және одан кейінгі ұрпақтардың байланыс желілерінде пайдаланушыларға қызметтерді жүзеге асыру үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану мәселесін зерттейді. Ол бүгінгі күні зерттеулерде маңызды орын алады [7, 8].

2023 жылы байланыс желілері арқылы берілетін мобильді деректер көлемі 31,6 миллиард құрылғыдан айына 100 экзабайттан асады, бұл қолданыстағы деңгейден 2 есе дерлік көп. Бұл нәтижелер көбінесе бесінші буын байланыс желілерінің технологияларымен анықталады, оларды енгізу тез қарқын алуда. Бір пайдаланушыға шаққандағы ресурстардың орташа саны онша көп болмаса да, бұл құрылғылардың бұрын-соңды болмаған өсуі желілік құрылымды оңтайландыруды және ресурстарды бөлуді қажет етеді [13]. Халықаралық телекоммуникация Одағының зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, бесінші

буын байланыс желілерін енгізу кезінде келесі үш маңызды технологиялық жүйелік шешімді анықтауға болады [14]:

eMBB кеңейтілген мобильді кең жолақты байланыс (жетілдірілген мобильді кең жолақты) айтарлықтай үлкен өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді, сондай-ақ, бесінші және одан кейінгі буындардың байланыс желілеріндегі кешігу сипаттамаларын жақсартуды айтамыз.

Бұл ұялы телефонды пайдалануды дамытуға бейне жіберу, 3D, UHD (ультра жоғары ажыратымдылық), AR/VR сияқты жаңа қызметтер үшін жоғары жылдамдықты деректерге қол жеткізу қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жеткілікті болатын, кең жолақты қол жеткізу және деректерді беру жылдамдығы ықпал етеді. Сонымен қатар, мұндай шешімдер қалалар, стадиондар және концерттік алаңдар сияқты қозғалыс көлемі жоғары аймақтар үшін өте пайдалы.

- Массивті машина типті байланыс (ММТБ). Бұл технологияның мақсаты қуатты аз тұтыну (батареяның қызмет ету циклі 15 жылға дейін) және төмен тасымалдау жылдамдығы (1-100) бар өте көп құрылғыларды (200 000 құрылғы/ш. км дейін) жоғары тығыздықтағы қосылымдарды қамтамасыз ету болып табылады. (әр құрылғыға кбит/с). Бұл технология сенсорлық желілер, заттар интернеті, ақылды қалалар, құрылғылар және т.б. сияқты қолданбаларға қолданылады.

- Өте төмен кідіріс uRLLC (ультра сенімді төмен кідіріспен байланыс) бар ультра жоғары сенімді желілер [15, 16]. Бұл технология 1 мс кідіріс пен 0,999999 желінің қолжетімділік коэффициентін қамтамасыз етеді. Мұндай желілерге арналған қосымшалардың мысалдары тактильді интернет, жоғары жылдамдықты пойызды басқару, желіге қосылған өздігінен жүретін вагондар, роботтарды басқару және т.б.

- Бесінші буын байланыс желілеріндегі ең маңызды қолданбалардың бірі – пайдаланушыларға қызмет көрсету және желіге қосылу үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА) пайдалану.

- 5G байланыс желілерінде ҰҰА пайдалану коммерциялық және қоғамдық қолданбалар үшін өте әртүрлі болуы мүмкін. Көрсетілетін қызметтердің мысалдарына іздестіру, картаны жасау, табиғи апаттар кезінде байланыспен қамтамасыз ету, желіге қосылудың қажетті деңгейін қолдау, трафикті басқару және т.б. Сонымен қатар, ұшқышсыз ұшу аппараттарын қажетті жағдайларда ультра төмен кідіріс, сенімділік сипаттамалары, ең жоғары жүктемені өңдеу және т.б. қамтамасыз ету үшін тиімді пайдалануға болады.

- Сондай-ақ ұшқышсыз ұшу аппараттары желі ресурстарын қамту және тарату үшін базалық станциялар желісін уақытша кеңейту үшін, стадиондардағы және басқа адамдар көп жиналатын орындардағы бұқаралық іс-шараларды өткізу кезінде, интернет желісін, сымсыз сенсорлық желілерді және т.б. желіні қолдау үшін тиімді пайдаланылуы мүмкін. Сондықтан ұшқышсыз ұшу аппараттары қазіргі заманғы байланыс желілерінің архитектурасының ажырамас бөлігіне айналуы кездейсоқ емес.

1.1 Ұшқышсыз ұшу аппараттарының классификациясы

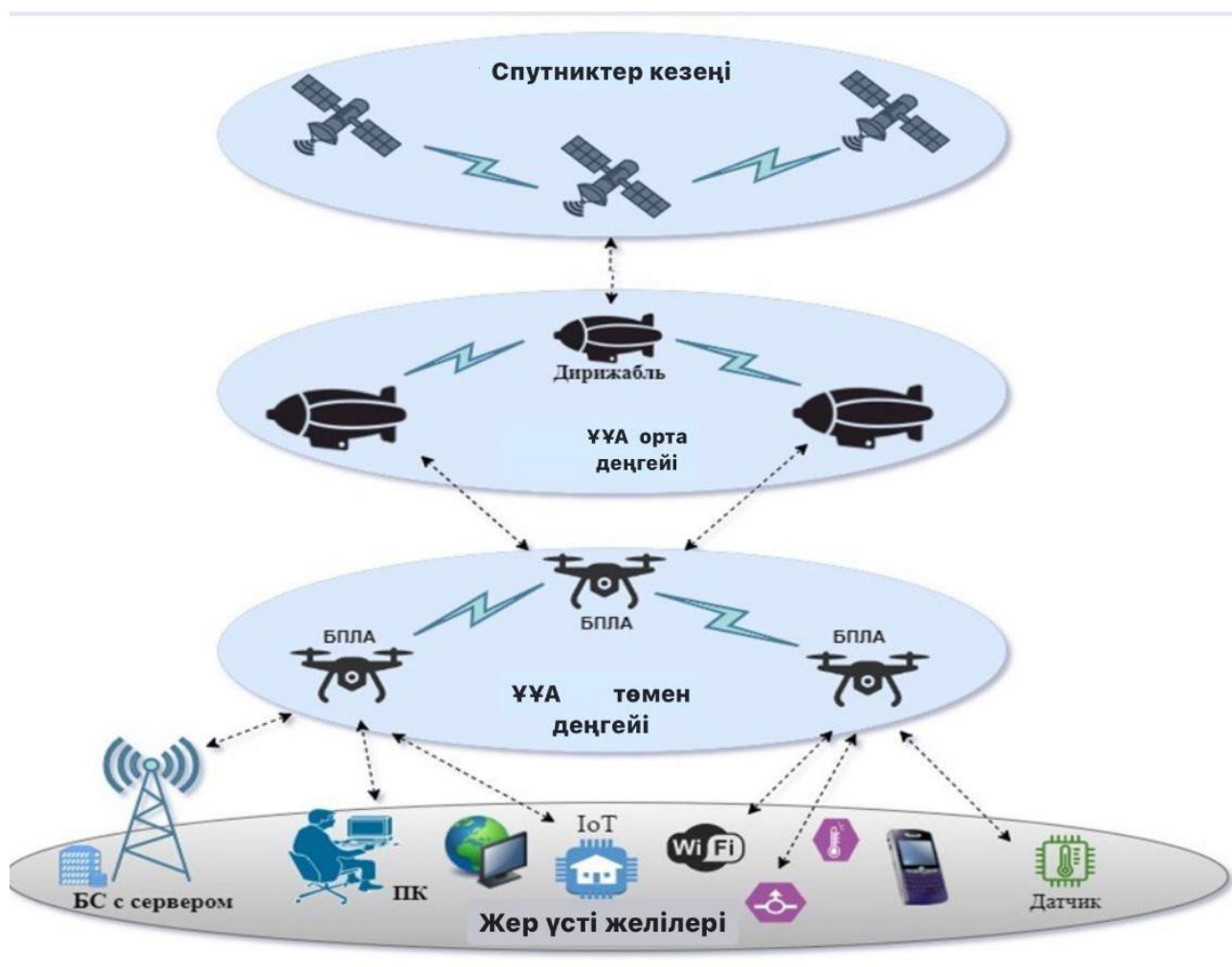
Кез келген ұшатын желілерді немесе телекоммуникациялық платформаларды құру үшін ең маңыздысы қолданылатын ұшқышсыз ұшу аппаратының түрін таңдау болып табылады [17]. ҰҰА түрін таңдау құрылатын желіге немесе платформаға қойылатын әртүрлі талаптармен анықталады, мысалы, қажетті QoS деңгейі, энергияны тұтыну сипаттамалары, сыртқы жағдайлар және реттеуші стандарттар [18]. Ұшу биіктігі, көтеру салмағы, басқару әдісі, ұшақ класы, ұшу автономиясының деңгейі, байланыстырылған ұшқышсыз ұшу аппараттары және т.б. Белгілі классификацияларға сүйене отырып, біз ұшқышсыз ұшу аппараттарын желілік тұрғыдан жіктеу үшін келесілерді қолданамыз: 1.1-кестеде көрсетілгендей, төмен ұшатын ұшқыштар, биіктікте ұшу аппараттары және жерсеріктері. 1.1-кестеде жоғарыда келтірілген сыныптарға бөлуді және желіні және/немесе платформаны құру үшін ұшқышсыз ұшу аппаратын таңдаудың қажетті критерийлерін ескере отырып, ҰҰА классификациясы көрсетілген [19].

Кесте 1.1 – ҰҰА классификациясы

Критерий	Төмен ұшатын ұшқышсыз ұшу аппараттары	Жоғары биіктіктегі ұшқышсыз ұшу аппараттары	Спутниктер
Биіктігі	10000 м – ге дейін	23000 м – ге дейін	36000 м – ге дейін
Бақылау әдісі	Қолмен	Пропеллер	Баллистикалық
Автономия деңгейін басқару	Икемді	Азикеімді	Автономды емес
Орналастыру уақыты	Қысқа	Орташа	Ұзақ
Ұшу уақыты	40 минут – қа дейін	100 күнге дейін	15 жылға дейін
Жүктеме	7 кг дейін	1000 кг дейін	25000 кг дейін
Тікелей көріну аймағы	Кіші	Орта	Толық
Функционалдылық	Қарапайым	Орта	Қиын
Ұшу қашықтығы	200 км-ге дейін	20 млн км дейін	Белгісіз
Ұтқырлық	Квзистационарлық, жоғары мобильді	Азмобильді	Квзистационарлық
Электрстанциясы	Батареялар	жанармай	Күнэнергиясы
Мысалдар	Дрондар	Дирижабльдер	Геостационарлық спутниктер

1.1.1 Төмен ұшатын ұшқышсыз ұшу аппараттары

Төмен ұшатын ұшқышсыз ұшу аппараттары – бұл квазистационарлық, мобильділігі жоғары (мысалы, ұшқышсыз ұшу аппараттары) және стратосферадан төмен ұшу биіктігі бар ұшақтар [20, 21]. Мұндай ұшқышсыз ұшу аппараттарын орналастыру өте жылдам және қарапайым түрде жүзеге асырылуы мүмкін. Төмен ұшатын ұшқышсыз ұшу аппараттарының қасиеттері оларды кең жолақты спутниктік байланыс концепциясын жүзеге асыруда [22], сондай-ақ 3G, 4G, 5G, B5G және тіпті 6G желілерінде қолданғанда таптырмас желілік құрамдас етеді. Төмен ұшатын ұшқышсыз ұшу аппараттары негізінен энергия шығындарын азайтатын көру желісіндегі байланысты қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, төмен ұшатын ҰҰА –дың ұтқырлығы энергияны тұтынуды азайта отырып, қайта орналастыруға және қамтуды барынша арттыруға икемділікке мүмкіндік береді. Төмен ұшатын ұшақтардың кезкелгені сәтсіз болса, қажет болған жағдайда оларды оңай ауыстыруға болады.



1.1-сурет – Байланыс желілеріндегі ұшқышсыз ұшу аппараттарының әртүрлі кластары

1.1.2 Жоғары биіктіктегі ұшқышсыз ұшу аппараттары

Жоғары биіктіктегі ұшқышсыз ұшу аппараттары (дирижабльдер) сымсыз телекоммуникацияны дамыту үшін де қызығушылық тудыратын тағы бір ұшқышсыз ұшу платформасы болып табылады. Жоғары биіктіктегі ұшқышсыз ұшу аппараттары ұтқырлығы аз, бірақ стратосферада орналастыру мүмкіндігі бар ұшқышсыз платформалар ретінде қарастырылады [23]. Жоғары биіктіктегі ұшқышсыз ұшу аппараттары географиялық аймақтарды ауқымды қамту, спутниктермен салыстырғанда аз кідіріс, ақпарат алмасудың жоғары жылдамдығы және, әрине, төмен ұшатын ұшқышсыз ұшу аппараттарына қарағанда ұзақ жұмыс уақыты сияқты мүмкіндіктерді қамтамасыз ете алады [24]. Оларды орналастыру, мысалы, аймақтар арасындағы ұзақ мерзімді байланысты қамтамасыз ете алады [25]. Дегенмен, биіктікте ұшу аппараттарының бір қатар кемшіліктері бар: жоғары энергия тұтыну, жоғары экономикалық шығындар және жоғары кедергі.

1.1.3 Жерсеріктерге шолу

Жерсеріктерді жер шарының орбиталарында ғарыш кеңістігінде орналасқан ұшқышсыз ұшатын аппараттар деп санауға болады [26]. Оларды ғылыми зерттеулерге, коммерциялық мақсаттарға, жаһандық позициялау жүйелерінің жұмысын қолдауға және т.б. орналастыруға болады.[27]. Қазіргі уақытта жер серіктерінің үлкен саны жерді айналады. Дегенмен, жердегі пайдаланушылар тұрғысынан спутниктік ұтқырлық стационарлық болып саналады. Әдетте, спутниктер күннен қуат алады, салмағы көп тонна және өте қымбат. Ұшу биіктігіне қарай спутниктерді төменгі орбиталық (700-2000 км), орташа орбиталық (8000-20000 км), геостационарлық (35786 км) және жердің жоғары орбиталары (42000 км-ге дейін) деп бөлуге болады [28] . Пайдаланушыларға жерсерік арқылы ұсынылатын бар қызметтерге қосымша, кеңейтілген қызметтерді болашақ сымсыз желіде спутниктерді пайдалану арқылы жүзеге асыруға болады. Спутниктер биіктікте де, төменнен де ұшатын ұшқышсыз ұшу аппараттарымен кері немесе тікелей байланысты қамтамасыз ете алады. Дегенмен, бұл шешім кейбір қолданбалар үшін жарамсыз болуы мүмкін екенін атап өткен жөн. Жерсеріктерді төмен ұшатын ҰҰА немесе жоғары биіктіктегі ұшқышсыз ұшу аппараттарынан бөлетін өте үлкен қашықтық айтарлықтай кідіріс береді, бұл тактильді Интернет сияқты кешігуге сезімтал қолданбалар үшін жарамсыз.

1.2 Сымсыз желілерді қолдау үшін ҰҰА пайдалану

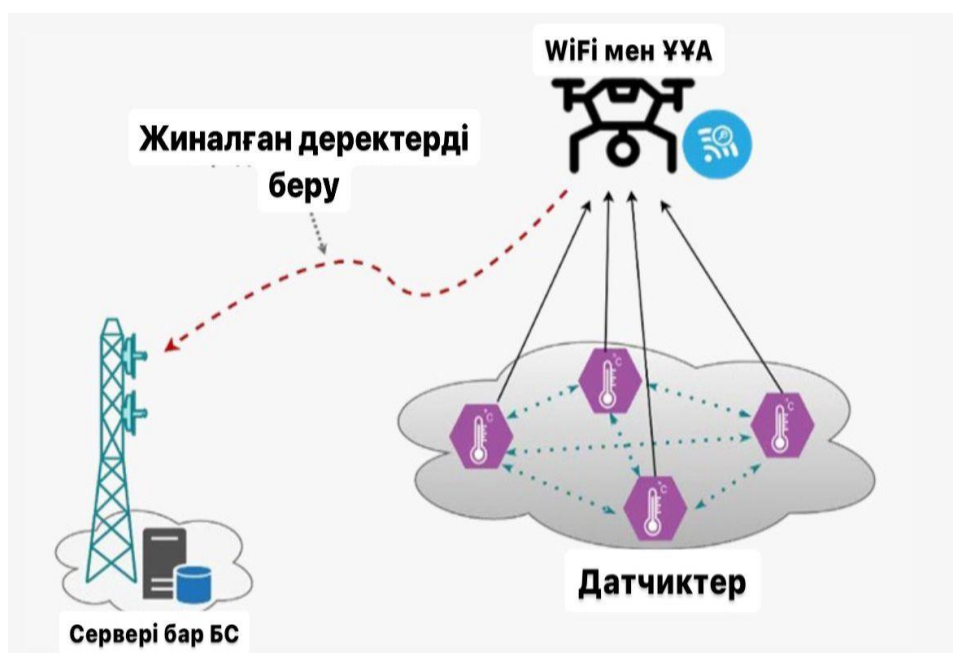
Сымсыз сенсорлық желілер үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын (дрондарды) қолданудың кең ауқымын екі негізгі бағытқа бөлуге болады: ҰҰА сымсыз желі инфрақұрылымының бөлігі ретінде және ұшқышсыз ұшу аппараты

мобильді терминал ретінде қызмет етеді. Бірінші жағдайда, ұшқышсыз ұшу аппаратын, мысалы, жердегі құрылғыларды қолдауға арналған жылжымалы базалық станция ретінде қарастыруға болады. Екінші жағдайда ұшқышсыз ұшу аппараты ұшқышсыз ұшу аппаратына қажетті қосымшаларға сәйкес жүктемені генерациялайтын, ауа массасында орналасқан пайдаланушы жабдық ретінде қарастырылады.

1.2.1 Сымсыз сенсорлық желілерден ақпаратты жинау үшін ҰҰА пайдалану

Сымсыз сенсорлық желілер WSN (Сымсыз сенсорлық желілер) - қоршаған орта, процестер, құбылыстар және т.б. Деректер одан әрі өңдеу үшін тиісті серверлерге жіберіледі. Сенсорлық түйіндер ресурстары шектеулі және деректерді ұзақ қашықтыққа жібере алмайтын шағын құрылғылар болып табылады. Осылайша, ҰҰА сенсорлық желілерден деректерді жинау және оларды беру үшін тиімді пайдаланылуы мүмкін, жердегі сенсорлық түйіндерге қарағанда әлдеқайда жақсы энергетикалық сипаттамалары бар. ҰҰА қолдайтын сымсыз сенсорлық желі 1.2-суретте бейнеленген. Көріп отырғаныңыздай, деректер жиналып, қашықтағы базалық станцияға тасымалданады, деректерді тікелей ҰҰА ұшуды басқару нүктесіне жеткізу үшін бірақ басқа опция қолданылады.

Сенсорлық желілер (немесе сенсорлық өрістер) арқылы ҰҰА -ды орналастыру идеясын көптеген зерттеушілер қарастырды. [28] зерттеушілер ҰҰА -дың желілік қолдауына негізделген WSN үшін маршруттау протоколын ұсынды. Маршруттау стратегиясы кластерлер жасау және жер үсті сенсорлық түйіндерден деректерді жинауды қосу үшін жерүсті сымсыз сенсорлық желіге бейімделді. [29]-да авторлар жердегі сенсорлық түйіндердің ояту және ұйықтау кестесін және ҰҰА ұшу жолын бірлесе отырып, жердегі желі элементтерінің энергияны тұтынуын азайту үшін және жердегі әрбір сенсорлық түйіннен жиналған деректер көлемін барынша арттырды. Ұшақ бірдей биіктікте ұшып жүр деген болжам жасалды. [30] Ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалана отырып, энергияны үнемдейтін деректерді жинау протоколы ұсынылды. ҰҰА ғарышта кластерлерде ұйымдастырылған сенсорлық өріс үстінде орналастырылды. Бұл әдіс кейіннен сымсыз сенсорлық желілер үшін кеңінен қолданылды. Бұл стратегиямен деректер тек бас сенсорының түйіндерінен жиналған кезде, ҰҰА арқылы деректерді жинаудың оңтайлы жолы таңдалды.



1.2-сурет – ҰҰА көмегімен сенсорлық өрістерден деректерді жинау

1.3 Интернет заттары желілерінен ақпарат жинау үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану

Сымсыз сенсорлық желілер сияқты, Интернет заттары құрылғылары көбінесе деректерді жинауға арналған батарея ресурстары шектеулі шағын өнімдер болып табылады. Бұл IoT құрылғылары шектеулі энергия ресурстарына байланысты ұзақ қашықтыққа деректер транзитін қамтамасыз ете алмайды. Әдетте, деректердің бұл транзитіне Интернет желісінің көптеген транзиттік түйіндері арқылы, не кешігулер мен қателердің артуына әкелетін реле арқылы жүзеге асырылады [11]. Бұл жағдайда ҰҰА -мен өзара әрекеттесу деректерді тікелей жинауды да, негізгі серверге деректерді беруді де қамтамасыз ете алады [12]. Сонымен бірге нақты уақыт режимінде деректерді жинау және беру үшін ұшқышсыз ұшу аппараттары мен IoT құрылғыларының өзара әрекеттесуін қамтамасыз етуге болады. Осылайша, ұшқышсыз ұшу аппараттары мен заттар интернетінің тікелей өзара әрекеттесуі жеткілікті қашықтықта орналасқан, базалық станцияға дейінгі қашықтықтың орнына IoT құрылғысы мен жақын маңдағы ҰҰА арасындағы қашықтықты пайдалану арқылы ақпаратты беру үшін қажетті энергияны азайтады, бұл өз кезегінде қызмет ету мерзімін арттырады. сымсыз сенсорлық желінің циклі болып саналады [24]. Сонымен қатар, ҰҰА желісін кез келген уақытта және кез келген жерде тиісті жүкті көтере отырып, әртүрлі орындарда орналастыруға болады. ҰҰА - IoT өзара әрекеттесуінің бар артықшылықтары сонымен қатар төмен бағаны, жақсырақ қосылуды және жоғары сапалы қызмет көрсетумен деректерді жеткізуді қамтиды. Ұшқышсыз ұшу аппараттары Интернет желісінде деректерді жеткізу қызметтерін ұсынуда және құрылғылардан деректерді жинауда жетекші рөл атқара бастады. Сонымен

қатар, ұшқышсыз ұшу аппараттарының өзі заттар интернеті құрылғыларымен жабдықталған, олар сенсорларды, сандық камераларды, жетектерді және Wi-Fi сияқты телекоммуникациялық технологияларды қамтуы мүмкін.

Бұл жабдық құрылғыны қашықтан басқару, деректерді жинау және жеткізу қызметтері үшін тиімді қолданылады. Көріп отырғанымыздай, ұшқышсыз ұшу аппараттары IoT құрылғыларынан деректерді ҰҰА - на қосымша жүктеме жасайтын жабдық арқылы жинай алады. Деректерді жеткізу қызметтерін ұшқышсыз ұшу аппараттары WiFi, LTE және 5G сияқты сымсыз технологиялар арқылы қамтамасыз етеді. Бұл ретте 4G/5G желілері сенсорлармен, камералармен, GPS және ГЛОНАСС қабылдағыштарымен жабдықталған ҰҰА пайдалану тиімділігін арттырудың ең жақсы мүмкіндіктеріне ие. IoT реле ретінде ҰҰА пайдалану сенімділік пен энергия тұтыну сипаттамаларын айтарлықтай жақсарта алады. Шынында да, ҰҰА сенімділікті қамтамасыз ете отырып, жердегі IoT құрылғыларынан деректерді жинау кезінде таратқыш қуатын азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мұндай сценарийлерде IoT құрылғыларының қуат тұтынуы айтарлықтай төмендейді және ҰҰА жердегі құрылғыларға ұзақ уақыт қызмет ете алады. Сонымен қатар, ҰҰА - тар денсаулықты бақылау жабдықтары, қоршаған орта сенсорлары және т.б. сияқты шағын құрылғылардан ақпаратты жинай алады. IoT құрылғыларымен жабдықталған Smart ҰҰА - тар осындай желілердің тиімділігін арттыру мәселелерін кешенді шешу үшін деректерді жинауға, сақтауға және өңдеуге қабілетті. IoT құрылғыларында деректерді өңдеу және сақтау жоғары энергия шығындарын талап етеді, бұл мүмкін емес. Сондықтан, осы мақсаттарда ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану энергияны тұтынуды азайтуға және жасыл технологиялар мүддесінде заттар интернеті түйіндерін белсенді және ұйықтау режимінде ұстауға мүмкіндік береді. ҰҰА қолдану айтарлықтай әсер етуі мүмкін басқа да бірқатар сценарийлер бар: төтенше жағдайларда басқару, қоғамдық қауіпсіздік, ауыл шаруашылығы және т.б. Ақпаратты жинау, өңдеу және сақтау үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану зерттеушілердің назарында. Зерттеушілер Интернет желісінің жердегі сегментінен тиімді деректерді жинау үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарының ұтқырлығын және 3D желісін орналастыруды оңтайландыру үшін негізді ұсынды. Ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану Интернет заттар желісінің қосылу мүмкіндігін және энергия тиімділігін айтарлықтай жақсартатыны дәлелденді. Сонымен қатар, ұшқышсыз ұшу аппараттары ақылды қалаларда деректерді динамикалық үйлестіру және бағыттау, оқиғаларды бақылау, интеллектуалды көлік жүйелері, апатты қалпына келтіру, оқшауланған сенсорлық желі сегменттерінен деректерді базалық станцияға жіберу және т.б. сияқты әртүрлі қолданбалар үшін деректерді жинау үшін пайдаланылуы мүмкін. Сонымен қатар, ҰҰА арқылы деректер жинау ауыл шаруашылығы саласына су сапасын бақылау, қалыптан тыс жағдайды анықтау, төтенше жағдайларды ертерек ескерту және т.б. сияқты көптеген сервистік қолданбаларға көмектесе алады.

Бұл жағдайда деректерді жинау үшін IoT ҰҰА өзара әрекеттесуі екі жолмен жүзеге асырылуы мүмкін:

- ҰҰА жердегі IoT құрылғыларынан деректерді жинайды және Деректерді ең жақын базалық станцияға жеткізеді,
- ҰҰА IoT құрылғыларымен жабдықталған және смарт қалалардағы IoT құрылғыларынан деректерді жинайды.

1.4 Жер үсті байланыс желілерінде қосылуды қамтамасыз ету үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану

Байланыс желілеріндегі ұшқышсыз ұшу аппараттарының маңызды қосымшаларының бірі байланыс желісі жұмыс істейтін аймақтағы белгілі бір оқиғаларға байланысты инфрақұрылымдық байланыс болмаған кезде желілік құрылғылар арасындағы қосылымды қолдау үшін қарастырылуы мүмкін. Енді ҰҰҚ пайдаланудың әртүрлі нұсқаларын қарастырайық, олар байланыс желілерінің сипаттамаларын жақсартуға көмектеседі.

1.4.1 ҰҰҚ қосымша әуе базалық станция

Бұл сценарий болашақ желілердегі ҰҰҚ пайдаланудың негізгі сценарийлерінің бірі ретінде қарастырылады. ҰҰҚ ҰҰА-BS ретінде ұшатын базалық станция ретінде функциялайды, бұл ретте ҰҰҚ сигналдарды қабылдау, өңдеу және беру үшін қажетті жабдықтармен жабдықталған, бұл өз кезегінде бар сотовый желіге қосымша сыйымдылықты қамтамасыз етуге көмектеседі, мәселен, кез келген уақытта іс-шаралар кезін айтуға болады. Сонымен қатар, ҰҰҚ төтенше жағдайларда және қоғамдық қауіпсіздікке қатер төндіретін жағдайларда телекоммуникация инфрақұрылымын қайта конфигурациялау үшін пайдаланылуы мүмкін, тіпті бар желі толықтай сәтсіз болған кезде де. ҰҰҚ-ның ауа негізіндегі базалық станциялары тікелей көріністе өте жоғары сапалы қызмет көрсете алады. Олардың орналасуы қажетті жабын және өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін оптимизациялануы мүмкін. ҰҰҚ-ның ауа негізіндегі базалық станциялар желісі ретінде жұмыс істеуінің мысалдық сценарийі 1.3-суретте көрсетілген, мұнда әрбір ҰҰҚ жергілікті желімен және басқа ҰҰҚ-мен өзара әрекеттесе алатын радиоалғыштармен жабдықталған. Бұл сценарийде жеке ҰҰҚ және ҰҰҚ тобы қолданылуы мүмкін. ҰҰҚ-ны ұшатын базалық станциялар ретінде қолдану жабын, жүктеме теңестіру, спектрлік тиімділік және пайдаланушыларға қызмет көрсету сапасы жағынан бар жерүсті базалық станцияларына қарағанда маңызды артықшылықтарын ұсынады. ҰҰҚ-ға қатысты қолжетімділік сызықтарының сипаттамалары, соның ішінде әлсіреуі, әдебиетте белсенді зерттелуде. Жұмысында авторлар жабын мүмкіндігін анықтайды және ҰҰҚ жергілікті пайдаланушыларға төменгі байланыс желісі ретінде қолданылған кездегі жұмыс өнімділігін талдайды, бұл кезде D2D (құрылғыдан құрылғыға) өзара әрекеттесу кезінде туындайтын араласуды ескереді. Бұл зерттеуде D2D пайдаланушыларының тығыздығы артқан сайын бұл биіктіктің азаюы көрсетілген ҰҰҚ-ның оптималь орналасу биіктігі табылды.

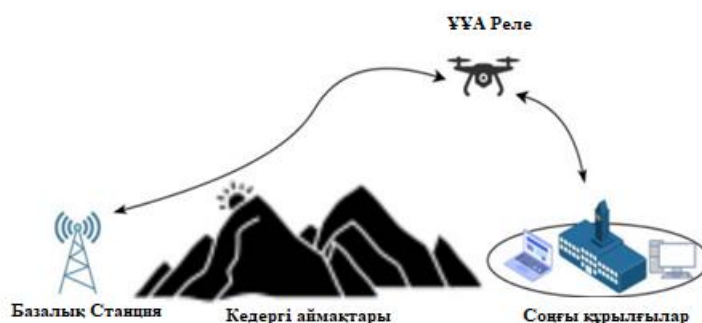
Сондай-ақ, зерттеуде берілген аймақты ең аз қажетті беріліс қуатымен жабу үшін қажет ҰҰҚ тоқтату нүктелерінің ең аз санын анықтау құрылымы ұсынылған. Әрбір ҰҰҚ үшін тоқтату нүктелері жергілікті пайдаланушыларды жабу мүмкіндігін арттыру мақсатында қажет екендігі дәлелденді.



1.3-сурет – ҰҰҚ-ны жергілікті желінің белгілі бір аймағындағы ауа базасындағы базалық станциялар ретінде пайдаланылуы

1.4.2 ҰҰҚ ретінде ретранслятор

Бұл сценарийде ҰҰҚ алыс пайдаланушы мен базалық станция арасындағы байланыс үшін ретранслятор ретінде қолданылады, мысалы, тау сызығы сияқты кедергілерді жеңу үшін, бұл 1.4-суретте көрсетілгендей. ҰҰҚ негізіндегі мобильді ретранслятор ретінде бірнеше алға басушылықтары бар, әдеттегі стационарлы ретрансляторларға қарағанда тиімді. Табиғи түрде, ҰҰҚ негізіндегі мобильді ретранслятор экономикалық тұрғыдан тиімді және қажет кезде, мысалы, маңызды оқиға кезінде, оңай іске қосылуы мүмкін. Сонымен қатар, жоғары мобильді ҰҰҚ үшін нақты уақыттағы нақты жағдайларды ескере отырып, ретрансляцияны қамтамасыз ету үшін ең қолайлы орын таңдалуы мүмкін.



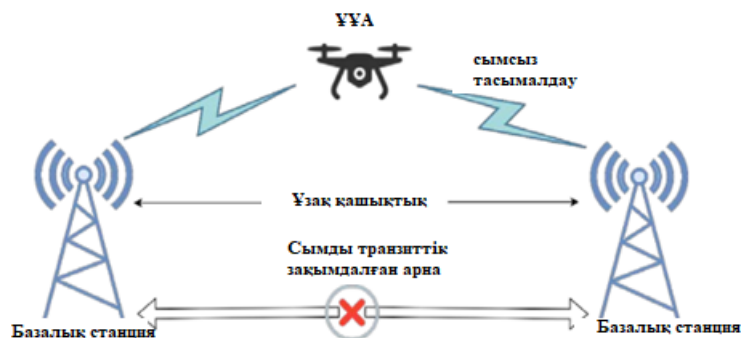
1.4-сурет – ҰҰҚ негізіндегі мобильді ретранслятор

ҰҰҚ негізіндегі ретрансляция желінің өткізгіштігін, сенімділік сипаттамаларын арттыру және желінің қамту радиусын ұлғайту үшін тиімді шешім болып табылады. ҰҰҚ-ны ретранслятор ретінде пайдаланудың

мүмкіндіктері қазіргі заманғы әдебиетте жеткілікті түрде зерттелген. [41] мақаласында авторлар кіші ҰҰҚ-ларды сотовы байланыс желілері үшін ретрансляторлар ретінде пайдалану кезіндегі далалық сынақтардың эксперименталдық нәтижелерін ұсынады. Бұл жұмыста көрсетілгендей, ҰҰҚ-ларды заманауи сотовы желілерге сымсыз ретранслятор ретінде интеграциялау арқылы шыңға шығу қабілеттілігі мен ring time маңызды түрде арттырылуы мүмкін. ҰҰҚ-ларды ретранслятор ретінде пайдаланудың әлеуетті мүмкіндіктері [42–47] жұмыстарында талданған.

1.4.3 ҰҰҚ жергілікті желінің базалық станциялары үшін ұшатын сымсыз транзиттік түйін ретінде

Сымды транзиттік берілістер – жергілікті желілердегі базалық станцияларды желінің ядросына қосудың кең таралған әдісі. Дегенмен, сымды қосылымдар географиялық шектеулерге байланысты қымбат немесе мүмкін емес болуы мүмкін, әсіресе жоғары тығыздықты желілермен жұмыс істегенді атаймыз. Сымсыз транзиттік берілістер икемді және экономикалық тұрғыдан тиімді шешім болғанымен, олар блоктау және араласулардан зардап шегеді, бұл радиожелінің тиімділігін төмендетеді. Мұндай жағдайларда ҰҰҚ кілтті рөл атқара алады, вертикалды транзиттік байланысты қамтамасыз етеді. Транзиттік түйіндер ҰҰҚ-ға орнатылып, жергілікті немесе тіпті ауа базалық станцияларын жердегі желінің ядросымен байланыстыра алады. Бұл ретте ҰҰҚ жергілікті желілер үшін тиімді, сенімді және жоғары жылдамдықтағы сымсыз транзиттік желіні қамтамасыз ете алатын кілтті рөл атқарады. Атап айтқанда, ҰҰҚ оптималды түрде орналастырылып, кедергілерден аулақ және сенімді тікелей көрініс байланысын қамтамасыз ете алады. ҰҰҚ-ны миллиметрлік толқын диапазонындағы (mmWave) байланыс мүмкіндіктерімен пайдалану, жоғары жүктемелі аудандардағы пайдаланушылардың жоғары трафик талаптарын қанағаттандыру үшін қажет жоғары деректерді беру жылдамдығын қамтамасыз ететін жоғары жылдамдықты сымсыз транзиттік байланыстарды қамтамасыз ете алады. ҰҰҚ сондай-ақ қайта конфигурацияланатын аспан желісін құрып, бірнеше участкілермен бірнеше бөліктермен тікелей көріністегі транзит мүмкіндіктерін қамтамасыз ете алады. 1.5- сурет екі базалық станция үшін ҰҰҚ негізіндегі беспроводты транзиттің мысалы көрсетілген, олар үлкен қашықтықта орналасқан немесе зақымдалған сымды транзитке ие немесе тікелей көрініс сызықтары бойынша байланыс жасау мүмкіндігі жоқ. Осылайша, ҰҰҚ негізіндегі икемді транзиттік желілер жергілікті желілердің сенімділігін, өткізгіштігін арттыра алады және транзиттік шығындарды азайтады.



1.5-сурет – Екі базалық станция үшін транзиттік түйін ретінде ҰҰҚ

1.5 ҰҰҚ-ны шекаралық есептеулер ұзақтығы және кәштеу үшін пайдалану

5G сымсыз желісі қомақты трафикті және әртүрлі қызметтерді қолдау үшін түрлі ресурстарды қамтамасыз етеді. Осы шешімдердің негізінде байланыс, есептеу және кәштеу конвергенциясы теориясы жатыр. 5G желілерінің ажырамас бөлігі ретінде ҰҰҚ шекаралық есептеулер платформасы ретінде әрекет етіп, өңдеу мүмкіндіктері шектеулі жергілікті пайдаланушыларға, мысалы, IoT-ға икемді және сенімді қызметтер ұсына алады, сондай-ақ пик кезеңдеріндегі транзиттік трафикті және демек кешіктіруді азайту үшін танымал контентті кәштеуге мүмкіндік береді.

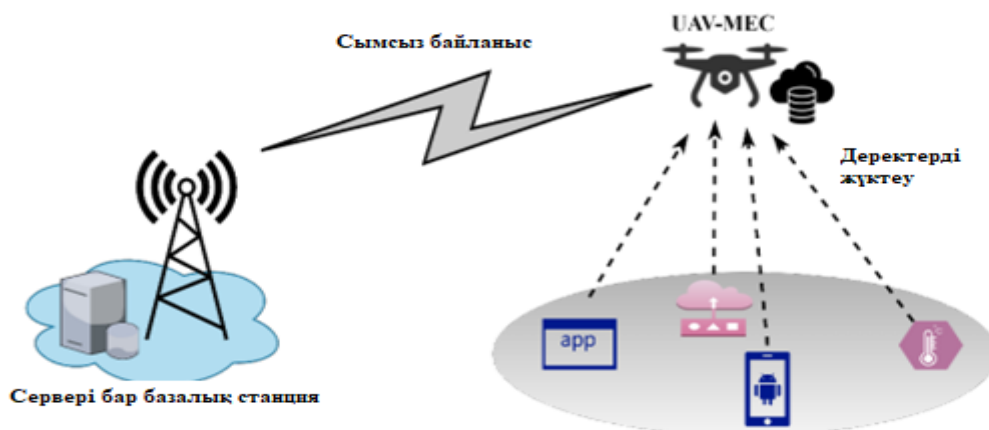
1.5.1 ҰҰҚ негізіндегі шекаралық есептеулер

Батареяның шектеулі қуаты мен төмен есептеу қабілеттері сияқты шектеулі ресурстары бар құрылғыларға, мысалы, Интернет заттарына, реалды уақытта қызметтер көрсету қиынға соғады. Мобильдік шекаралық есептеулер (МЕС) концепциясының пайда болуы осындай мәселелерді шешудің принципіалды жолы болды. МЕС орналастыруымен есептеулік тапсырмалар желінің шекарасына мүмкіндігінше жақын ауыстырылуы мүмкін, бұл келесі мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді:

- егер алыс құрылғы есептеулік ресурстарға ие емес болса, қосымшаны орындау уақытын қысқарту.
- қосымша МЕС серверінде орындалған кезде құрылғының батарея өмір сүру ұзақтығын арттыру.

ҰҰҚ пайдаланылатын желілерде шектеулі ресурстары бар құрылғылар өздерінің ресурс жұмсартатын тапсырмаларын шешу үшін жеткілікті есептеулік ресурстары бар және шекаралық байланыс мүмкіндіктері жоғары ұшатын ҰҰҚ-ды пайдалана алады, бұл құрылғылардың энергиясын үнемдейді және стационарлық бұлттық серверлерге трафикті төмендетеді. ҰҰҚ МЕС функцияларын орындау арқылы дәстүрлі жер үсті сотовы желісіне қарағанда

қосымша мүмкіндіктер ұсынады. ҰҰҚ негізіндегі шекаралық есептеулер құрылымы 1.6- суретте көрсетілген, мұнда әрбір мобильді құрылғы локальды есептеулерді пайдалану немесе ҰҰҚ негізіндегі шекаралық есептеу жүйесін пайдалану арқылы есептеулер жүргізу туралы шешім қабылдайды. Шын мәнінде, әрбір мобильді құрылғы қазіргі уақытта батареясының заряды жеткілікті және есептеу ресурстары бар ең жақын ҰҰҚ-ға байланысты болады. Егер ҰҰҚ-ның борттық процессорының кішкентай өлшеміне байланысты есептеу ресурстары жеткіліксіз болса, бұл күрделі қосымшаларды тиімді орындауға шектеу қояды деп атап өту керек.



1.6-сурет – ҰҰҚ шекаралық есептеулер платформасы

ҰҰҚ-ның энергетикалық және есептеулік мүмкіндіктері сымсыз арна арқылы алыстағы шекаралық серверлерге есептеулерді ауыстыру арқылы виртуалды түрде жақсартылуы мүмкін. Сонымен, ҰҰҚ-MEC өзінің ішкі ресурстарын пайдалана отырып, қосымшаны өзі өңдей алады немесе есептеулік тапсырмаларды сапа қызмет көрсету талаптарына сәйкес келетін келесі деңгейдегі шекаралық серверге жібере алады.

Шекаралық есептеу процессорын тікелей ҰҰҚ-ға орнату идеясын бастапқыда Чжон және т.б. енгізді, оларда беспилотный ұшаққа есептеулерді ауыстыруға бағытталған шешімдер ұсынылды.

Авторлар бұл жұмыста мобильді құрылғы мен ҰҰҚ-ны ҰҰҚ-ның белгілі бір траекториясы шартында көтеру/түсіру байланысы үшін биттердің оптималды бөлінуі арқылы мобильді құрылғының энергия тұтынуды минимизациялау мақсатында қарастырды.

Одан кейін Чжон және т.б. мобильді құрылғылар тобы үшін жақсартылған шешімді ұсынды, онда биттердің бөлінуі мен ҰҰҚ-ның траекториясының оптимизация мәселесі мобильді құрылғылардың энергия тұтынуды минимизациялау үшін кешіктіру және ҰҰҚ-ның энергетикалық сипаттамаларының шектеулерін ескере отырып шешілді.

1.5.2 Контентті кэштеу үшін ҰҰҚ пайдалану

ҰҰҚ мобильді пайдаланушыларға қызмет көрсетуде тиімді бола алады, олар мазмұнды кэштеу арқылы және олардың қозғалыс үлгісіне сәйкес олардың қозғалысын бақылау арқылы қамтамасыз етеді. Базалық станциялардағы кэштеу желінің өткізгіштігін арттыру және кешіктіруді азайтуға арналған жаңа әдістердің біріне айналды. Дегенмен, жергілікті базалық станцияда кэштеу мобильді пайдаланушыларға қызмет көрсеткенде, жиі ауысулар кезінде тиімсіз болуы мүмкін. Сондықтан, кэштеу тиімділігін арттыру үшін, пайдаланушының мобильділігін бақылауға қабілетті базалық станцияларды орнату қажет, бұл ҰҰҚ негізінде жасалады. Шын мәнінде, кэштеу функциясын қолдау арқылы ҰҰҚ пайдаланудың перспективалы шешімі сымсыз желілерде трафикті жүктемені азайтуға болады. Осы жағдайда, пайдаланушыға бағытталған ақпаратты, мысалы, мазмұн сұраныстарының таралуын және мобильділік үлгілерін пайдалана отырып, кэштеуді қолдау арқылы ҰҰҚ жақын маңдағы оптималды шешімге қозғалуы және қызметтерді ұсыну үшін орнатылуы мүмкін. ҰҰҚ-ны кэштеуді қолдау арқылы орнатудың тағы бір маңызды артықшылығы - кэштеу күрделілігі жергілікті базалық станцияның дәстүрлі жағдайымен салыстырғанда едәуір төмендетілуі мүмкін. Сондықтан, кэштеу мүмкіндігі бар ҰҰҚ-ны орнату пайдаланушылардың қызмет көрсету сапасын (QoE) жақсартып алады, энергия тұтынуды азайтады және желіде артық жүктеме қаупін азайтады.

2 Бағдарламалық-конфигурацияланатын желілер

2.1 Бағдарламалық жасақтамамен конфигурацияланған желілер

Байланыс желілеріндегі жаңа қызметтер мен трафиктің бұрын - соңды болмаған өсуі, пайда болуы желіні виртуалдандыру тұжырымдамалары үнемі кеңейіп отырады, қазіргі желілік ортада мобильді құрылғыларды пайдалану байланыс желілерінің дәстүрлі архитектурасының негізгі мәселелері болып табылады. Дәстүрлі 21 ғасырдың бірінші және екінші онжылдықтарындағы байланыс желілерінің желілік архитектурасы статикалық болып келеді, өйткені ол бастапқыда белгілі бір топтардан трафиктің белгілі бір түріне қызмет көрсету үшін ойластырылған. Интернет заттарының кең таралуы (IoT) және нәтижесінде өзін-өзі ұйымдастыратын желілер түбегейлі байланыс желілеріне қойылатын талаптарды өзгертті. Сонымен қатар, тактильді Интернет жаңа архитектураны және байланыс желілеріне қойылатын талаптарды қалыптастыруға өз үлесін қосады. Шынында да, 1мс кідірісі байланыс желілерін орталықсыздандырады, бұл үшін жеткілікті қуатты ақпаратты жылдам өңдеу есептеу ресурстары қажет. Мұның бәрі желінің мүмкіндіктерінің икемді өзгерістерін қажет етеді, тіпті оның ресурстардың микро архитектураға көшуіне дейін қарастырады. Бұл ретте барған сайын конфигурацияланатын SDN (Software Defined Networks) маңызды бағдарламалық жасақтама желілерінің байланысын құру үшін пайдалану тиімді.

Бағдарламалық жасақтамамен конфигурацияланған желілер (SDN) негізінен өздеріне арналған желіні деректер жазықтығына және басқару жазықтығына саралау үшін желіні құру шығындарын оңтайландыруға ғана емес, сонымен қатар ультра төмен кідірістермен тығыз желілер мен байланыс желілерін қамтамасыз ету QoS қызмет көрсету сапасы мен сапа параметрлері бойынша талаптарды орындау үшін қажету.

Алайда тек бір SDN контроллерін пайдалану басқару функцияларын шамадан тыс орталықтандыруға байланысты бір контроллердегі трафик бірқатар мәселелерге әкеледі. Мәселелер желіні құру икемділігімен туындауы мүмкін, жүктемені теңестіру, бірақ ең маңызды мәселе – мұндай жүйенің сенімділік сипаттамалары. Ең сенімді құрылым радиалды болып табылатыны бәріне белгілі, ол бір контроллерді пайдалану кезінде байқалады. Айтылғандарға байланысты, соңғы жылдары мульти контроллер SDN желілері бойынша қарқынды зерттеулер жүргізілуде. Әрине, мұндай құрылым көптеген жаңа міндеттер қояды. Осындай міндеттерді шешу үшін құрылымды мета эвристикалық әдістер қолданылады.

2.2 Бағдарламалық жасақтама желілерінің архитектурасы

Бағдарламалық жасақтамамен конфигурацияланған SDN желілері негізгі желілердің бірі болып табылады. Олар бесінші және кейінгі ұрпақтардың байланыс желілері құрылатын технологиялар. Оларды пайдалану жүйені

ұтымды түрде құруға, желідегі трафикті басқару және желінің кешігуін азайтуға мүмкіндік береді. SDN қолдану сондай-ақ күрделі және операциялық шығындарды азайтуға, оның құрылымын оңтайландыру және икемділікті едәуір арттыру арқылы желі оны практикалық мәселелерді шешуде қолдануға мүмкіндік береді. Бастапқыда бағдарламалық-конфигурацияланатын желілерді құру идеялары 2006 жылы Стэнфорд және Беркли университеттерінде пайда болды. Содан бері көп уақыт өтіп, SDN желілерін құрудың негізгі МСЭ-Т, ETR, IETF, ETSI және т. б. шешімдері стандартталды.

ONF құжаттарына сәйкес бағдарламалық жасақтама желілері динамикалық өзгертін адаптивті желілік құрылым мүмкіндіктерін береді. Дегенмен деректерді жіберу деңгейі желіні басқару деңгейінен бөлінеді, сонымен қатар желіні басқару деңгейі бағдарламаланатын болып табылады, ал қосымшалар мен қызметтер деңгейі желілік инфрақұрылымнан бөлінген [60, 61].

IETF өз кезегінде SDN-ді желі ретінде қарастырады, ол байланыс желілерін және олардың ресурстарын тікелей басқару үшін меншікті есептеу ресурстары болып табылады, бағдарламаланатын басқару және оқшауланған ашық интерфейстер негізінде желілерді басқару желілік деңгей деп есептейміз [62]. Желілерінің дәстүрлі құрылысымен салыстырғанда ISDN желілік элементтер үшін жақсы, себебі контроллерлерыңғайлы басқарылады.

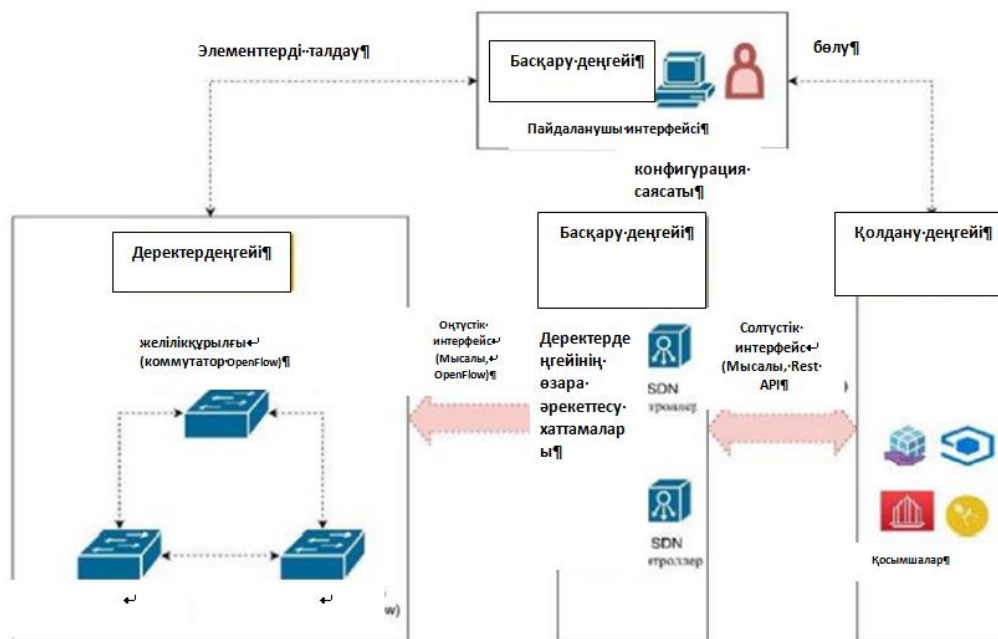
Бағдарламалық жасақтамамен конфигурацияланған желілерді құру тұжырымдамасын жақсы түсіну үшін SDN желілік элементтерінің өзара әрекеттесуінің функционалды диаграммаларын қарастырайық. SDN желілерінің функционалды көрінісін үш түрлі жолмен көрсетуге болады:

- желілік құрылымын деңгейлер бойынша бөлу;
- желі интерфейстері арқылы;
- абстракттілі архитектураны қолдану [20].

2.2.1 SDN деңгейлері

SDN желісінің архитектурасы деректер деңгейімен, басқару деңгейімен және қосымшалар деңгейімен 2.1-суретте көрсетілгендей ұсынылған.

Қосымшалар деңгейі пайдаланушыларға қызмет көрсетуге жауап береді және желінің жұмысын бақылайды. Қызметтер деңгейінің міндеттеріне желінің мониторингін қамтамасыз ету кіреді, оның жұмыс істеуін оңтайландыру және желілік қауіпсіздік, QoS қызмет көрсету сапасының белгіленген деңгейі, SDN контроллерін сақтау, желіні басқару деңгейіне және оның жұмысына жауап береді. Бұл ретте қызметтер және қосымшалар туралы ақпарат негізінде қосымшалар деңгейімен қамтамасыз етіледі, соған сәйкес SDN желісінің элементтері қызметтерін деректер трафигі арқылы жүреді. Басқару деңгейі бағдарламалық жасақтаманы басқарып, желілік құрылғылар бойынша трафик пен тапсырмаларды тиімді бөлу ағымдағы жүктеме және желідегі ақауларға назар аудару керек. Бұл деңгейдің мақсаты да желінің сенімділігін қамтамасыз ету.



2.1-сурет – SDN функционалды архитектурасы

Басқару деңгейі және де желілік құрылғыларда орналастырылған ағындық кестелерді генерациялайды және деректер пакеттерін тасымалдау үшін қолданылады. Деңгейдің негізгі функциялары басқару элементтерін SDN контроллері орындайды. Контроллер желінің жұмыс істеуі үшін қажетті хаттамаларға жауап береді. Жоғарыда айтылғандай, басқару деңгейін бірнеше контроллерлер арасында бөлуге болады.

Деректер деңгейі деректер пакеттерін коммутаторлар мен маршрутизаторларды қолдана отырып терминалға жеткізуіне жауап береді. Деректерді жеткізу деңгей нұсқауларына сәйкес жүзеге асырылады. Айта кетсек, желі арқылы деректерді жеткізуді түзету кезінде желілік құрылғылар пакеттерді қайта бағыттауға жауапты болуы керек.

2.2.1 SDN интерфейстері

Ашық желі технологиялары SDN үшін екі интерфейсті қамтамасыз ететін, солтүстік ашық API және Оңтүстік ашық интерфейс контроллер болып бөлінеді.

Оңтүстік API интерфейсі желілік ресурстардың қосылуын және коммутаторлармен қамтамасыз етеді. Интерфейс контроллерлер мен қосқыштардың өзара әрекеттесуіне мүмкіндік береді. Ең көп жиі қолданылатын протоколдар тобы OpenFlow деп аталады. Бұл хаттамалар ETF стандартталған және деңгейлердің өзара әрекеттесуіне негіз болады. Оңтүстік интерфейсті пайдалану кезінде бағдарламалық конфигурацияланатын желілерде деректерді жіберу барысында қосқыштар openflow протоколын қолдауға міндетті. Айта

кетсек, деңгейлік өзара әрекеттесу үшін openflow-дан басқа көптеген меншікті шешімдер бар, яғни оңтүстік интерфейстегі деректерді басқару және беру деңгейлері.

Солтүстік API интерфейсі SDN желісінің қосымшалары арасындағы өзара әрекеттесуді қамтамасыз етеді. Солтүстік интерфейсте бизнес шешімдерінің логикасы желі нұсқауларына сәйкес жүзеге асырылады. Іскери қосымшалар деректерді контроллерге жібереді, оны желіні қайта бағдарламалау үшін пайдаланамыз. Сонымен қатар, солтүстік интерфейс ті пайдалану арқылы, қосымшалар мен қызметтер беру туралы ақпаратпен қамтамасыз етіледі.

2.3 Абстрактті SDN архитектурасы

Желі архитектурасында қабаттарды бөлудің SDN абстракттілі моделін қолдана отырып, тек икемді архитектураны және әртүрлі қосымшаларды ғана емес, сонымен қатар тұтастай желіні құру тиімділігі артады. Абстракттілі сәулет SDN абстракцияның екі деңгейіне бөлінуі мүмкін:

1. dal (Device and Resource) құрылғылары мен ресурстарының абстракттілі деңгейі Abstraction Layer). Бұл деңгей деректерді беру деңгейін бөлуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, дерексіз dal деңгейі интерфейс терді стандарттауға мүмкіндік береді.

2. SAL (Service Abstraction Layer) қызметтерінің дерексіз деңгейі. Бұл деңгей үшін қолданылады:

- деректерді беру деңгейінің конфигурациясының дерексіз көрінісі пакеттерді беру ережелеріне сәйкес,

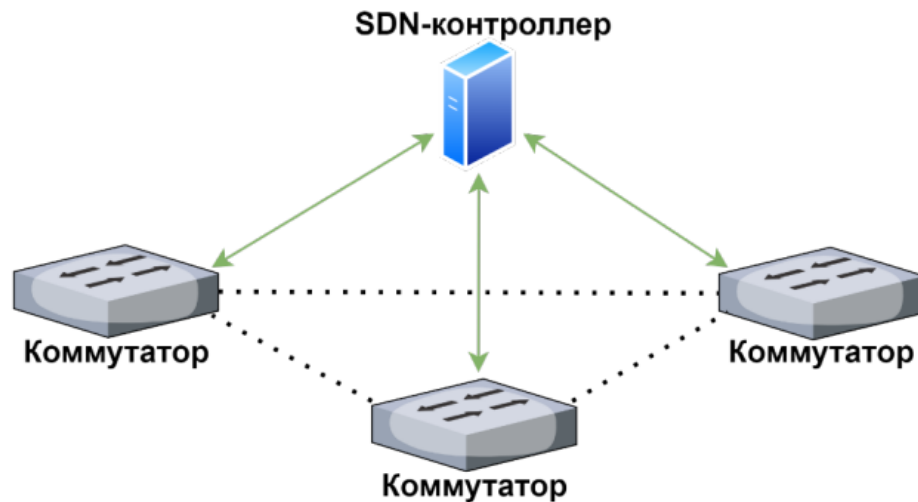
- график түріндегі желі архитектурасын ұсыну шарты,

- ақпаратты жинау жөніндегі басқару деңгейі үшін мүмкіндікті қамтамасыз ету желінің ағымдағы жағдайы.

2.3.1 Бір контроллері бар бағдарламалық конфигурацияланатын желілер

Жалғыз контроллері бар SDN бағдарламалық жасақтамамен анықталған желіні құрудың орталықтандырылған нұсқасы теориялық жағдайда ең тиімдісі болып табылады. Мұндай бір контроллері бар SDN желісі 2.2 – суретте көрсетілген. Қарапайым контроллері бар жүйе нашар масштабтайды және желінің дамуын қажетті мөлшерде қолдай алмайды.

Қазіргі уақытта бір контроллері бар бағдарламалық конфигурацияланатын желіні іске асырудың бірнеше тәсілдері бар. [13] 5G байланыс желілерін құру бойынша жұмыс шеңберінде мұндай жүйені енгізу шешімдері ұсынылған. Авторлар ұсынуы бойынша шекара сызықтарын қолдана отырып, SDN негізінде құрылған желі құрылымын есептеу SDN - мен бірге желілік кодтауды қолдануды ұсынады бесінші буын байланыс желілеріндегі кідірісті азайту үшін.



2.2-сурет – Бірконтроллері бар SDN

Желіні кодтау бағдарламалық қамтамасыз ету маршрутизаторында жүзеге асырылады, ол виртуалды желінің функцияларын орындайды. Ұсынылған шешім желілік шешім ретінде жарияланады бесінші буын байланыстары және заттар интернеті.

Ұсынылған жүйе өлшемдерді азайтады, маршруттау кестелері және бірнеше желідегі белгілі бірқосқыштардағы трафикті біріктіреді. Жүйе коммутаторлық қатынасты базалық станциялар пайдаланады, олар жұмсақ қосқыштар ретінде ұсынылған. Кіру қосқыштары базалық станциялар үшін қызмет пакеттерін жіктей алады, мысалы, қажетті өткізу қабілетіне сәйкес. Қосымшалар SoftCell технологиялары дәстүрлі ұялы желілердің компоненттерін пайдаланады. Желінің дамып кележатқан пакеттік ядросы контроллер үшін желі ядросын білдіреді.

Сонымен қатар, контроллерлер орнатылғандықтан коммутаторлар мен дабылдарға арналған ережелер мүмкіндіктер де қолданылады. Технология LTE эволюциясының ұзақ мерзімді желілердің мүмкіндіктерінде негізделген. Ұзақ эволюциялық жүйелердің мобильді желілері үшін бұл шешім өте икемді және ауқымды болып саналады. Ұсынылған шешімнің негізгі мәселесі желілік контроллердің өнімділігінен тұрады және желінің ядросында SGW, PGW шлюздерін қамтамасыз етеді.

Орталықтандырылған контроллер желінің ортасында орналасқан және физикалық ресурстар тарату үшін қолданылады. VLAN виртуалды желі ресурстарын ішкі желілердің ішінде бөлу үшін желі алгоритмін пайдаланады (Virtual network Embedding). Жүйелік модельдің ішіне шекаралық маршрутизаторлар және қарапайым шлюздер кіреді. Шекаралық маршрутизаторлар мобильді менеджментіне жауап береді, таратылған мобильді менеджмент DMM (Distributed Mobility Management) тұжырымдамасына негізделген. Ұсынылған шешім виртуалды желіні маршруттау мен пайдалануды оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Жүйе кешіктіру үшін жақсы мәндерді қамтамасыз етеді, сонымен бірге пайдаланушының ұтқырлық сипаттамалары да жақсарады. Өкінішке орай, мобильді шекаралық есептеулердің мүмкіндіктері МЕС қолданылмайды, бірақ ұсынылған жүйе LTE-A ұзақ эволюциялық жүйелеріне ғана қатысты болуы мүмкін.

5G байланыс желісінің архитектурасы бағдарламалық-конфигурацияланатын пайдалану негізінде түйіндердің тығызконтроллерлерді желі ядросында орналастыруды ұсынады орналасқан желілерінде орналасады. Сонымен қатар, контроллерлердің тағы бір маңызды функциясы радио ресурстарды желіге бөлу және желінің гетерогенділігі мәселелерін шешу – радио бөліктерінде көптеген технологияларды қолдану. Ұсынылған жүйе, негізінде, кідірісті азайтады, ультра төмен кідірістермен байланыс желілерін кеңінен енгізу бұл табиғи жағдайда өте маңызды.

Контроллер қамтамасыз ететін үш бағдарламаланатын интерфейсті пайдаланады жүйеге қатысты пайдаланушының ықтимал қозғалысын болжау және, осылайша, хэндоверге жұмсалатын уақыттың азаюына ықпал етеді. Жоғарыда аталған жұмыстардың әрқайсысы желі ядросында орталықтандырылған контроллерді қолдану зерттеуге арналған. Барлық ұсынылған кідірістер бұл ретте жүйелер желінің жылдамдығын және тиімділігін арттыруды қамтамасыз етеді.

2.4 Бірнеше контроллері бар бағдарламалық конфигурацияланатын желілер

Multicontroller SDN желісінде контроллерлер саны желінің масштабынан және оған түсетін трафикке байланысты болады. Бұл жағдайда көптеген адамдар үшін негізгі проблема контроллер желісі контроллерлердің қажетті саны және желі бойынша олардың таралуы болып табылады. Бұл мәселе контроллер ресурстарын орналастыру мәселесі ретінде белгілі [18]. Контроллерлерді желі арқылы орналастырудың мақсаты кідірістерді азайту, энергетикалық тиімділікті арттыру, жүктемені теңестіру және желінің сенімділігін жақсарту болып табылады. Айта кетейік, күрделі және операциялық желі үшін шығындарда (CAPEX және OPEX) айтарлықтай қажетті контроллер саны тәуелді. Осылайша, оңтайлы анықтамасы контроллер сандары және олардың желі бойынша еңжақсы таралуын бағалау, көпконтроллерлі бағдарламалық жасақтама желілерін жоспарлаудағы еңмаңыздысы болып табылады. Сондай-ақ, контроллерлердің саны да, олардың таралуы да динамикалық түрде желі көлеміндегі және түсетін трафик көлеміндегі өзгерістерге байланысты болып өзгеруі мүмкін.

Динамикалық өзгеруі кіретін трафик көлемінде процеске қатысатын трафик кеңістік көрсететін контроллерлер санының өзгертуі мүмкін. Трафик өскен кезде жаңа контроллерлер іске қосылу мүмкін және трафик азайған кезде контроллерлердің белгілі бір санын өшіруге болады. Трафиктің өзгеру жиілігі үшін контроллерлерді белсендіру мен өшірудегі ілеспе процесс болып табылады.

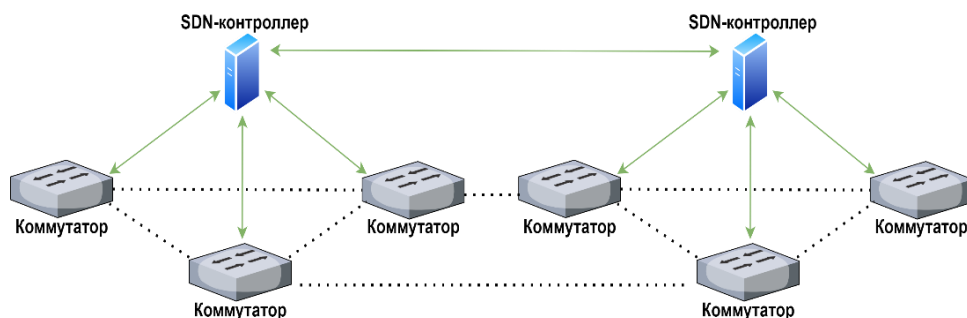
Контроллерлерді белсендендіру және өшіру процесінің балама нұсқасының келесідей қарастыруға болады. Контроллерлердің оның ішінде эксперименттік бағалау негізінде біреуін немесе екіншісін пайдалану туралы шешім техникалық қызмет көрсету сипаттамаларын жақсарту үшін қабылдануы мүмкін.

Контроллерлерді желі бойынша орналастыру және ресурстарды бөлу мәселесі SDN тиімді жұмыс істеуі үшін маңызы өте зор. Көптеген зерттеулер осы мәселелерге бағдарламалық жасақтама желілерінде ресурстарға арналған.

Әрбір контроллер желінің бір бөлігі үшін басты болып табылады және контроллер алдын ала қарастырылған механизмге сүйене отырып, өз ресурстарын біріктіреді.

2.4.1 SDN контроллерлерінің иерархиялық емес таралуы

SDN мультиконтроллер желісінің иерархиялық емес құрылымы 2.3-суретте келтірілген, әр контроллер ішкі желіні немесе жалпы желі доменін басқарады. Мұндай желіге біріктірілген бірнеше контроллерлер желідегі кідірісті азайтуға және оның сенімділігін жақсартуға мүмкіндік береді. Көп контроллерлік желінің таратылған архитектурасының екі стратегиясы бар. Жергілікті стратегия әрбір контроллердің өзінің жергілікті желісі бар екенін және жақын маңдағы әрбір жергілікті желі логикалық түйін ретінде абстракцияланғанын көрсетеді. Жаһандық стратегия әрбір контроллер ортақ желінің бір бөлігі болып табылады деп болжайды. Екіжағдайда да контроллерлер көрші домендердің күйі туралы қажетті ақпаратты қамтамасыз ету үшін контроллер-контроллер арналары арқылы өзара әрекеттесуді қажет етеді.



2.3-сурет – Иерархиялық емес көп контроллерлік SDN желісі

HyperFlow протоколы орталықтандырылған архитектурадан үлестірілген архитектураға және is openflow протоколының жалғасы болып табылады. Hyperflow-да авторлар өз аймағындағы талаптарға қызмет ететін жергілікті контроллерлерді пайдаланады. Бұл нақты жүйеде жүзеге асырылады NOX [73] жауапты қосымша:

- (a) контроллерлер арасындағы ғаламдық желілік синхрондау,
- (b) басқа контроллерлер басқаратын қосқыштармен өзара әрекеттесу және

(с) басқа желі элементтерінен бастапқы контроллерге келетін жауаптарды басқару. Классикалық күту жүйесі болып табылатын "жариялау/жазылу" деп аталатын жүйе осы тапсырмаларды әртүрлі сайттардағы контроллерлер арқылы орындау үшін қолданылады. Желілік ресурстарды келісілген бөлуді қамтамасыз ету, желілік қосымшалар арасында жалпы желінің Ғаламдық көрінісі, істен шыққаннан кейін қалпына келтіру механизмдері және т. б. сияқты мәселелерді ескере отырып, ауқымды желілер үшін "Erix" деп аталатын жаңа таратылған желілік платформаны ұсынады. желіні басқару жүйелерінде. Erix элементтері желіні мүмкіндігінше масштабтау үшін желі күйін басқа элементтерге береді. Желінің масштабталуын жақсарту үшін келесі тәсілдерді ұстанады: (1) желілік ақпараттық базаны (NIB) контроллерлерге бөлу, (2) иерархиялық құрылым үшін кластерлерді біріктіру және (3) қолданбалар үшін желі күйлерінің үйлесімділігі мен тұрақтылығы. Ұқсас Software Transactional Networking (STN) жүйесі сонымен қатар таратылған контроллер мен деректер жазықтығы арасындағы трафикке қызмет көрсету саясатының дәйектілігі үшін деңгейаралық бағдарламалық өнімді пайдалана отырып, таратылған басқару жазықтығының өзара әрекеттесуін қамтамасыз етуді ұсынады. Erix жүйесі қолданба әзірлеушілерінен бірнеше контроллерді параллель басқаруға байланысты желі күйінің қайшылықтарын анықтау және шешу үшін қажетті логиканы қамтамасыз етеді деп күткен кезде, STN жүйесі әртүрлі контроллерлер үшін келісілген параллель саясаттарды пайдалану механизмдерін ұсынады.

Бұл ретте белгілі бір контроллерді пайдаланудың орындылығын көру үшін ағынды бағыттау әдістемесі және іске асырудың екі тәсілі қолданылады: жол-жол бөлігі және жол бөлігі-өзара әрекеттесу жолы. Желіні масштабтау жағдайында контроллерлер арасындағы өзара әрекеттесуді қамтамасыз ету үшін кластерлеуге негізделген таратылған контроллер архитектурасын және құрылымды ұсынады. Бұл кластерлік архитектура контроллерлерді қосу немесе жою кезінде желінің икемділігін қамтамасыз етеді, өйткені ол желілік қосымшаларды пайдалануды қажет етпейді. Контроллерлер контроллерлер арасындағы, сондай-ақ контроллерлер мен қосқыштар арасындағы тапсырмаларды шектеуге жауап беретін бас контроллерді таңдайды. SDN желілерінің масштабталу мәселелерін шешу үшін таратылған контроллер архитектуралары ұсынылады. Дегенмен, таратылған контроллерлердің кез келген архитектурасы контроллерлерге жүктеме теңгерімінің болмауына байланысты желінің қажетті масштабталуын қамтамасыз етпеуі мүмкін. Elasticon жүйесі жүктемені контроллерлер пулына негізделген контроллерлерге біркелкі таратуға мүмкіндік береді. Бұл жүйе контроллерлер пулынан контроллерлерді қосу немесе алып тастау және/немесе жүктеме шегі негізінде жүктемені жеке контроллерлерге қайта бөлу арқылы контроллерлер арасында жүктемені динамикалық түрде бөледі. Фемиус және т.б. контроллерлердің әрқайсысында желіні үйлесімді көрсету үшін біріктірілген жалпы желілік ақпаратты ортақ пайдаланатын әртүрлі SDN домендерін басқаратын бірнеше контроллерлерден тұратын "DISCO" (distributed SDN Control plane) таратылған SDN басқару жазықтығының құрылымын ұсынды. DISCO құрылымы екі негізгі

бөліктен тұрады. Ішінде домен бөлігі контроллердің меншікті доменінің функцияларына жауап береді, ал Доменаралық бөлік таратылған желілердегі ағындарды брондау, топология және т. б. сияқты желінің күйі туралы жиынтық ақпаратпен бөлісу арқылы басқарады.

Доменаралық ақпарат, мысалы, MPLS туннельдері және SATCOM қосылыстары сияқты гетерогенді Доменаралық қосылыстармен бірге. Бари және басқалар. [80] кең ауқымды ғаламдық желіде бірнеше таратылған контроллерлерді орналастыру шешімдерін ұсынады. Хабарламалар ағынын реттеу уақытын, контроллерлер арасындағы көлденең уақыт шығындарын және контроллерлер мен коммутаторлар арасындағы тік уақыт шығындарын азайту үшін желінің ағымдағы динамикасына сәйкес белсенді контроллерлердің қосылған қосқыштармен өзара әрекеттесуін түзету мүмкіндігі қарастырылған архитектура қарастырылады. Ұсынылған архитектурада белгілі бір уақытта белгілі бір контроллерлерге қызмет көрсету үшін коммутаторларды тағайындау мүмкіндігі бар.

2.4.2 SDN контроллерлерінің иерархиялық таралуы

SDN иерархиялық архитектурасы 2.4-суретте көрсетілген, бұл басқару деңгейі талап етілетін қызметтерге байланысты көп деңгейлі болады. Сәйкес басқару деңгейінің иерархиялық ұйымы SDN ауқымдылығы мен өнімділігін жақсартып алады. Масштабталуды жақсарту үшін авторлар басқару функцияларын жергілікті және ғаламдық деп бөлетін иерархиялық екі деңгейлі басқару құрылымын ұсынады. Сондай-ақ, openflow қосқыштарын өзгертпестен басқару жазықтығындағы жалпы жүктемені азайту ұсынылады. Бұл ретте екі деңгейлі басқару иерархиялық жазықтығында деректер беру жазықтығында орын алатын жиі оқиғалар иерархияның төменгі деңгейімен өңделеді (жергілікті қосымшалардың орындалуын қамтамасыз ететін брандмауэрсіз жергілікті контроллерлер), ал жалпы желіні ұсынуды қажет ететін желілік оқиғалар иерархияның жоғарғы деңгейімен өңделеді (желілік қосымшаларды орындайтын және жергілікті контроллерлерді басқаратын логикалық орталықтандырылған контроллер).



2.4-сурет – SDN иерархиялық көпконтроллерлік желі

Соңғысы орталықтандырылған дерексіз иерархиялық басқару жазықтығын құру үшін қолданылатын модуль. Бұл жағдайда басқару жазықтығы екі модульден тұрады:

1) бағдарламаланатын объект болып табылатын және пакеттерді порттар арасында қайта бағыттау алатын logical xBar

2) маршруттау кестесін басқаратын, сондай-ақ басқару жазықтығындағы есептеулерді қамтамасыз ететін LogicalServer.

Ұсынылған архитектурада желінің өзі физикалық иерархиялық болмауы керек, оның орнына логикалық xBar және логикалық серверлерді біріктіру желіде дерексіз иерархия жасайды.

Әрине, басқару деңгейінің иерархиялық емес және иерархиялық құрылымдарында белгілі бір проблемалар бар. Басқару жазықтығының иерархиялық емес архитектурасында контроллерлер желіні масштабтау нәтижесінде есептеу күрделілігінің жоғарылау проблемасына тап болуы мүмкін. Екінші жағынан, иерархиялық архитектураларда желі элементтері арасындағы үлкен қашықтық мәселесі бар [11]. Жоғарыда аталған екі мәселені жеңілдету үшін бірауақытта бір әкімші басқаратын ауқымды желілер үшін "Орион" жүйесін, иерархиялық басқару жазықтығын ұсынады.

Орионның үшқабаты бар: төменгі қабат желілік құрылғылардан тұрады, орта деңгей аймақтық контроллерлерден тұрады, ал жоғарғы қабатта Домен контроллері бар. Домен контроллерлерінде домендері үшін ғаламдық желілік көріністер бар және бұл ақпаратты таратылған хаттама бойынша бір-бірімен синхрондайды. Жылы авторлар орталықтандырылмаған decentralize-SDN (D-SDN) желісін ұсынады, бұл басқару жазықтығын физикалық жағынан ғана емес, логикалық жағынан да бөлетін архитектуралық шешім. D-SDN белгілі бір желілік құрылғыларды басқару үшін негізгі контроллерлер (жоғарғы деңгей) басқаруды екінші контроллерлерге (төменгі деңгей) беретін контроллер иерархиясын қолданады. Жүктемені теңестіру және желі өнімділігі тұрғысынан бірнеше домендер арасындағы жақсы өзара әрекеттесу үшін "FlowBroker" архитектурасын ұсынады. FlowBroker архитектурасы Домен контроллерлерімен және олардың үстінде орналасқан брокерлер деп аталатын бір немесе бірнеше суперконтроллерлермен иерархия идеясын қолданады. Әрбір домен контроллері бірнеше брокерлерге олардың сипаттамаларына сәйкес қосыла алады, олар брокердің жүктемені теңестіру және сенімділік өнімділігін қамтиды. Иерархияға негізделген желілік архитектураны, сондай-ақ QoS қызмет көрсету сапасының кепілдендірілген деңгейімен маршруттау тәсілін ұсынады. Авторлар желі контроллері орналасқан деңгейлер идеясын пайдаланады. Сондай-ақ, желінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін желілердің жоғарғы жағында брокер ретінде жұмыс істейтін негізгі контроллер бар. Эксперименттік нәтижелер иерархиялық ортадағы желілік контроллер иерархиялық емес ортадағы желілік контроллерге қарағанда 50 % аз трафикті өңдейтінін көрсетеді.

3 к-орталар және FOREL кластерлеу алгоритмдері

3.1 к-орталар алгоритмі

Алгоритмнің әрекеті ол кластер элементтерінің осы кластерлердің орталықтарынан жалпы квадраттық ауытқуына зайтуға тырысады. Кішірейтілетін функция былай жазылады

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2 \quad (3.1)$$

мұндағы k – кластерлердің саны

SS_{ii} - i -ші кластер элементтерінің жиыны;

μ_i - i -ші кластердің массалар центрінің координаталары;

x_{jj} – кластердің j -ші элементінің массалар центрінің координаталары.

$x_{jj} - \mu_{ii}$ - кластер элементі мен кластердің масса центрі арасындағы евклидтік қашықтықты көрсетеді.

Екі өлшемді кеңістік үшін әрбір элемент жазықтықтағы нүкте ретінде қарастырылады және оның координаталарымен (x_{jj}, y_{jj}) сипатталады.

i -ші кластердің массалар центрінің координаталары келесідей анықталады:

$$x_i^{(\mu)} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_j, y_i^{(\mu)} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} y_j \quad (3.2)$$

мұндағы n_{ii} - i -ші кластердегі деректер нүктелерінің санын көрсетеді.

Алгоритм қадамдары:

1. X_{x_1, x_2, \dots, x_n} мәліметтер нүктелерінің жиыны, V_{v_1, v_2, \dots, v_n} кластер орталықтарының жиыны және кластерлердің қажетті саны (k) болсын;

2. Евклидтік қашықтық метрикасы арқылы әрбір деректер нүктесі мен кластер орталықтары арасындағы қашықтықты есептеңіз:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - y_j)^2} \quad (3.3)$$

3. Кластер орталығынан қашықтығы барлық кластер орталықтары арасында ең аз болатын деректер нүктесін кластер орталығына тағайындаңыз.

4. (3.2) көмегімен жаңа кластерлік орталықты қайта есептеу.

5. Әрбір деректер нүктесі мен жаңа алынған кластер орталықтары арасындағы қашықтықты қайта есептеңіз.

6. Ешбір деректер нүктесі қайта тағайындалмаған болса, тоқтатыңыз, әйтпесе 3-қадамнан бастап қайталаңыз).

k-орталар алгоритмінің артықшылықтары орындалу жылдамдығы мен орындаудың қарапайымдылығы болып табылады, бірақ оның кемшіліктері де бар:

- алгоритмді бастамас бұрын, кластерлердің санын көрсету қажет, сонымен қатар кластерлердің санын дұрыс анықтау қажет, өйткені соңғы бөлімнің нәтижелері осыған байланысты;

- кластерлік орталықтар үшін бастапқы нүктелерді таңдауға сезімтал (бастапқы кезеңде кластер орталықтары кездейсоқ таңдалады деп болжанады, бұл өз кезегінде қателік көзі болуы мүмкін).

Егер нысан бірдей артықшылықпен бірнеше кластерге тағайындалуы мүмкін болса немесе нысанды қалыптасқан ықтимал кластерлердің кез келгеніне тағайындау мүмкін болмаса, алгоритм мәселені шеше алмайды.

3.2 FOREL кластерлеу алгоритмі

FOREL (Формальды Элемент) алгоритмі кластерлік элементтердің осы кластерлердің массалар центрлерінен жалпы квадраттық ауытқуын азайту арқылы кластерлік талдау мәселесін шешу үшін де қолданылады.

FOREL алгоритмі k-means алгоритміндегідей кластер санын емес, R кластер өлшемін анықтайды. Геометриялық жазықтықтағы екі өлшемді есепте R деп кластер элементінен оның масса центріне (радиусы) дейінгі ең үлкен қашықтық түсініледі. Әрбір элемент жазықтықтағы нүкте ретінде де қарастырылады және оның x_{jj} – y_{jj} координаталарымен сипатталады.

Іші кластердің массалар центрінің координаталары (3.2) сәйкес анықталады.

Алгоритм қадамдары:

1. Кластер орталықтары деректер жиынынан k деректер нүктесін кездейсоқ таңдау арқылы анықталады.

2. Әрбір деректер нүктесі мен кластер орталықтары арасындағы қашықтықты есептеңіз.

3. Әрбір деректер нүктесін ең жақын кластер орталығына тағайындаңыз.

4. Осы кластер орталығына тағайындалған барлық деректер нүктелерінің орташа мәнін алу арқылы жаңа кластер орталықтарын қайта есептеңіз.

5. Кластер тағайындаулары өзгермейінше немесе итерациялардың ең көп санына жеткенше 2-4 қадамдарды қайталаңыз.

FOREL әдісінің артықшылықтары:

- ерікті пішінді кластерлерді дәлірек сипаттау мүмкіндігі; R радиусының өзгеруіне байланысты әр түрлі кластерлерді сипаттауға болады

- егжей-тегжейлі талаптар (сфералық кластерлер үшін жоғары R мәні, күрделі пішіндер үшін төмен мән);

- кластерлік орталықтарда операцияларды орындау, жинақылық пен ұқсастық гипотезаларын тексеру және аралық сапа функцияларын есептеу мүмкіндіктерін қамтамасыз ету;

- кластерлеу процесінің көбірек көрнекі көрінісі. FOREL әдісінің кемшіліктері:
- төмен өнімділік;
- алгоритмнің ең басында таңдалған объектілерге байланысты тұрақсыздық;
- объектілерді кластерлерге бөлуді жүзеге асыру қиын болса, әдісті қолданудың күрделенуі;
- алгоритмді бастамас бұрын, алынған кластерлердің радиусын анықтау қажет.

3.2.1 Кластерлеу мәселесін құрастыру

Бұл құжат 3.1-суретте көрсетілгендей, стационарлық байланыстырылған ұшқышсыз ұшу аппараттары SDN контроллерлерінің функцияларын орындаған кезде сенсорлық өрістерден деректерді жинау үшін ҰҰА желісін ұйымдастыру әдісін ұсынады.

Сонымен қатар, бұл ҰҰА желісі құрылымы бірнеше кластерлерге таратылады, бұл өз кезегінде байланыстырылған ұшқышсыз ұшу аппараттарымен әрекеттесу үшін бас түйінді таңдауды талап етеді. Мұндай ұшқышсыз ұшу аппараттары белгілі бір аумақтан сенсорлық түйіндерден деректерді жинауы керек деп есептейік. Сағат

Бұл жағдайда ұшқышсыз ұшу аппараттарының екі тобы да, датчик өрістері де барлық аумаққа әртүрлі тығыздықпен таралатын болады.

Нақты әлем жағдайында ұшқышсыз ұшу аппараттары тобы бірнеше сенсорлық өрістерден деректерді жинай алады. Сондықтан сенсорлық құрылғылардың барлық таралу аймағынан мәліметтерді ұтымды жинау үшін сонымен қатар ұшқышсыз ұшу аппаратының бағытын анықтау қажет [149, 150]. ҰАО бірнеше кластерлерге бөлінгендіктен, сенсорлық құрылғылардан ақпарат жинау аймағы бір ұшқышсыз ұшу аппаратының ауданы бойынша емес, бүкіл кластердің ауданы бойынша анықталады.

Мәліметтер ағындарын басқару және сәйкесінше желідегі деректер пакеттерінің берілуін бақылау стационарлық байланыстырылған ұшқышсыз ұшу аппараттарымен жүзеге асырылатын болады. Осылайша, SDN технологиясын біріктіретін ҰҰА желісінде байланыстырылған ҰҰА SDN контроллері ретінде әрекет етеді. Бұрын атап өтілгендей, бұл желіде ҰАО бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған желілік технология шеңберінде SDN коммутаторларының функцияларын орындайды. Бір кластердің барлық ұшқышсыз ұшу аппараттарын байланыстырылған ұшқышсыз ұшу аппаратына қосу ұсынылады, олардың арасындағы қашықтық және кластердің бас түйіні минималды болады. Байланысқан ұшқышсыз ұшу аппараты мен ұшқыштың арасындағы қашықтық байланыстырылған ҰҰА таңдау критерийі ретінде таңдалды, өйткені барлық ағынды басқару ақпараты бас ұшы арқылы өтеді.

Бір кластер ішінде ұшқышсыз ұшу аппараттары бір-бірімен еркін әрекеттесе алады деп болжануда. Сенсорлық түйіннің деректерін басқа желіге

немесе соңғы пайдаланушыға жіберу үшін жеке ұшқышсыз ұшу аппараттарынан жиналған деректер кластердің басы түйініне, ал бас түйіннен байланыстырылған ҰАА-ға беріледі. Айта кету керек, әртүрлі кластерлердің ұшқышсыз ұшу аппараттарының өзара әрекеттесуі кластерлердің бас түйіндері мен байланыстырылған ұшқышсыз ұшу аппараттары арқылы да жүзеге асырылатын болады. Сондай-ақ ақпаратты беру үшін байланыстырылған ұшқышсыз ұшу аппараттары бір-бірімен және жердегі инфрақұрылыммен деректер алмасу мүмкіндігіне ие болады деп болжануда.

Контроллер ретінде байланыстырылған ұшқышсыз ұшу аппараттарын енгізу арқылы желіні ұйымдастыру кезінде

SDN келесі мәселелерді қарастыруы керек:

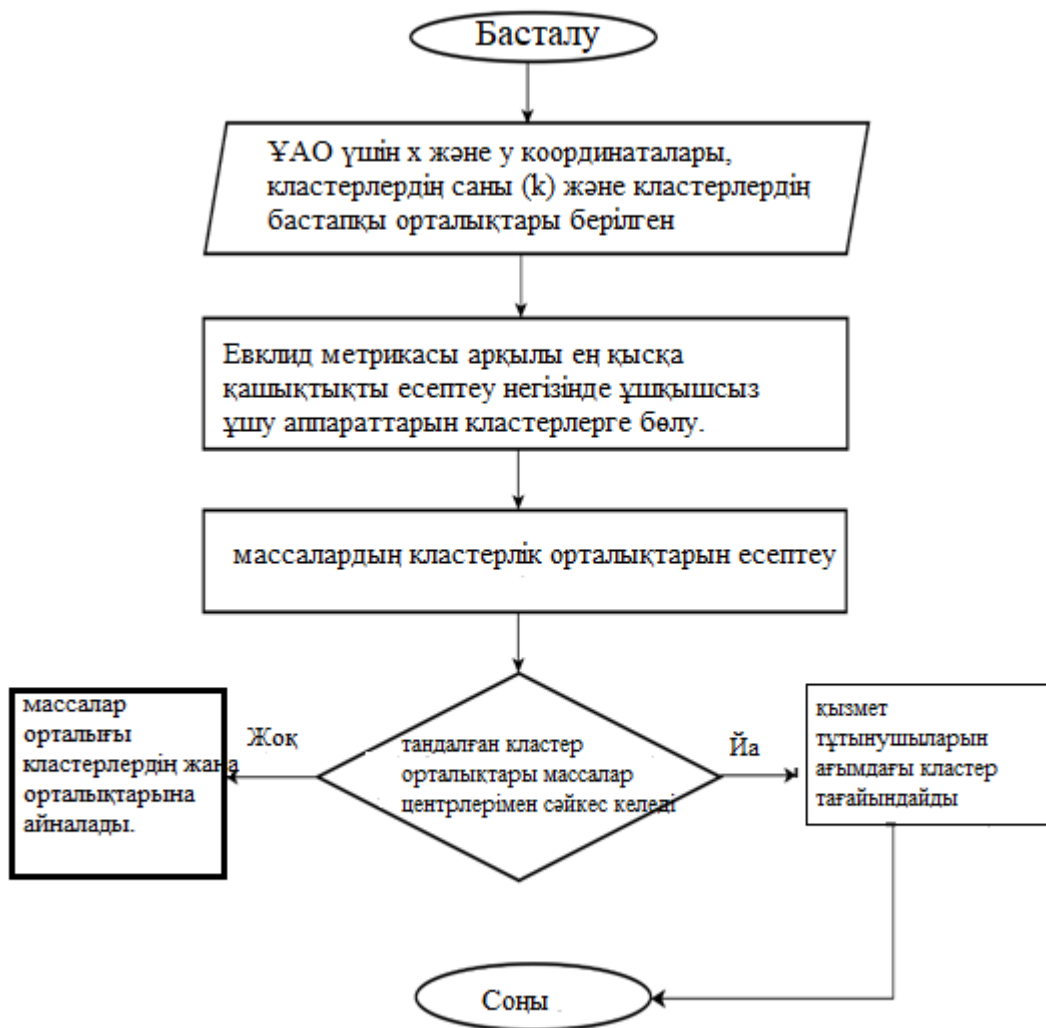
- 1) ҰАО кластерлерін қалыптастыру;
- 2) әрбір кластердегі бас түйіндерді таңдау;
- 3) бірнеше сенсорлық өрістерден мәліметтерді оңтайлы жинау үшін ҰАО топтарының қозғалыс жолын анықтау.

Осы есептердің барлығын шешу үшін біз есептерді шешу үшін 4.4.1 бөлімінде егжей-тегжейлі қарастырылған алгоритмдерді қолданамыз:

а) К-орталар ұшқышсыз авиациялық кластерлерді құру алгоритмі. Нақты жағдайларда кластерлердің өлшемдері және олардың арасындағы таралу тығыздығы кластерлердің әртүрлі топтары үшін әртүрлі болуы мүмкін болғандықтан, бұл алгоритм әртүрлі өлшемдегі кластерлерді қалыптастыру үшін ең қолайлы болып табылады;

б) ҰАО топтарының қозғалыс жолын анықтауға арналған FOREL алгоритмі. Алгоритм берілген радиустардың кластерлерін құруға мүмкіндік береді. Белгілі бір кластерлердің орталықтары ҰҰА кластерлері сенсорлық желі түйіндерінен деректерді ең оңтайлы жинай алатын нүктелер болады. Осылайша, FOREL алгоритмін орындау кезінде анықталған кластерлік орталықтар ҰҰА тобының қозғалыс нүктелерін анықтайды. Алгоритмді ұшқышсыз ұшу аппараттарының әрбір тобы үшін жеке орындау ұсынылады (қалыптастырылған ҰАО кластері). Осыған байланысты, ҰҰА топтары қызмет көрсететін сенсорлық өрістердің тізімі әртүрлі болуы мүмкін, яғни әртүрлі топтар үшін қозғалыс бағыты әртүрлі болады. Мысалы, сенсорлық өрістер екі топсыз ұшу аппараттарымен сұралатын белгілі бір аумаққа, сондай-ақ тек бір топ деректер жинайтын сенсорлық өрістерге орналастырылуы мүмкін. ҰАО кластерлері үшін деректерді жинау аймағы өзгеріссіз қалатындықтан, FOREL ұшқышсыз ұшу аппараттары топтарының қозғалыс бағытын анықтау мәселесін шешу үшін ең қолайлы алгоритм болып табылады.

k-орташа алгоритмі үшін кіріс деректері қалыптасқан кластерлердің саны, есептелген кластер орталықтарының координаталары және ҰАА координаталары болады. Бұл жұмыста біз қалыптасқан кластерлердің саны алдын ала белгілі болған жағдайды қарастырамыз. k-орталар алгоритмі 4.3-суретте көрсетілген.



3.1-сурет – ҰАО үшін K-орталар алгоритмі

FOREL алгоритмі үшін кіріс деректері кластерлердің радиусы, есептелген кластер орталықтарының координаталары және сенсор құрылғыларының координаталары болып табылады. Кластер тобының қамту аймағының өлшемі кластер радиусы ретінде қарастырылады. Басқаша айтқанда, FOREL алгоритмі үшін кластер радиусы k-орташа алгоритмін орындау кезінде қалыптасқан кластерлердің жинақтау аймағына байланысты болады. FOREL алгоритмі 4.4-суретте көрсетілген.

Модельдеуді жеңілдету үшін сенсорлық құрылғылардан деректерді жинау аймақтарының радиустарын алдын ала анықтау ұсынылады.



3.2-сурет - ҰАО үшін FOREL алгоритмі

Әрбір ҰАО кластеріндегі бас түйінді ҰАО параметрлерінің қосындысының мәніне қарай таңдау ұсынылады: бір кластердегі параметрлердің жалпы мәні ең үлкен болатын ҰҰА бас түйін ретінде таңдалады. Параметрлердің жалпы мәні келесідей анықталады:

$$S = \sum_{i=1}^n W_i * R_i \quad (3.4)$$

мұндағы S – жалпы параметр;

W_i – i -ші параметрдің салмағы;

R_i – i -ші параметрдің мәні;

n – параметрлер саны.

Біз келесі төрт параметрді қолданамыз: процессор, жад, батарея, желі сыйымдылығы. Желі өткізу қабілетіне арналған орталық процессор, жад, аккумулятор (ұшқышсыз ұшу аппаратының қалдық энергиясы) параметрлерінің

мәндеріне сәйкес осы параметрлердің белгілі бір өнімді орындау үшін белгілі бір уақытта пайдалануға болатын бөлігін ғана ескеру ұсынылады. ҰҰА желісіндегі тапсырмалар. Салмақтау коэффициентінің мәні ҰАО параметрлерінің жалпы мәнін есептеу үшін қажет.

ҰАО-ның әрбір параметрі үшін салмақ коэффициенттерінің мәндері 3.1-кестеде берілген, олардың барлығы пайызбен көрсетілген. Тәжірибеде параметр мәндері белгілі бір ҰАО бір параметрінің мәнінің осы параметрдің максималды мүмкін мәніне қатынасы ретінде есептелетін болады. ҰҰА параметрінің мәні де пайызбен көрсетіледі. Бұл жұмыста модельдеу кезінде барлық төрт параметр 20-дан 75% -ға дейінгі диапазонда орнатылды.

Кесте 3.1 – Әрбір ҰҰА параметрі үшін салмақтардың мәні.

Құрылғы ресурсы, R	Салмақ коэффициенті, W
Батарея	0.34
CPU	0.22
Жад	0.22
Желінің сыйымдылығы	0.22

Осылайша, SDN технологияларының интеграциясы бар ҰҰА желісінің алгоритмі (әрекеттер тізбегі) келесідей болады:

1. k-means кластерлеу алгоритмін пайдалана отырып, ҰҰА кластерлерін құру.
2. ҰҰА параметрінің төрт мәніне негізделген әрбір кластердегі бас түйінді бастапқы таңдау.
3. Әрбір ҰАО кластері үшін ақпарат жинау аймағын анықтау.
4. Белгілі бір сенсорлық өрістерден деректерді жинау үшін FOREL алгоритмі арқылы әрбір кластер үшін қозғалыс бағытын анықтау. Деректерді жинау аймағы кластер радиусы ретінде таңдалады.
5. Деректерді ҰҰА желісі арқылы беру үшін кластерлер бас түйін арқылы 5G контроллері қызметін атқаратын ең жақын байланыстырылған ҰҰА-ға қосылады. Бұл нүкте белгілі бір аралықпен қайталануы керек.
6. Бас бөлігінің батарея деңгейі белгілі бір деңгейден төмен түссе, жаңа бас бөлігін таңдау керек.

3.3 Модельдеу нәтижелері

Бұл жұмыс Matlab ортасында жүзеге асырылды. 3.2-3.4 кестелер мен 3.5 және 3.3 суреттерде модельдеу нәтижелері көрсетілген.

Кесте 3.2 – ҰҰА параметрлерінің мәндері

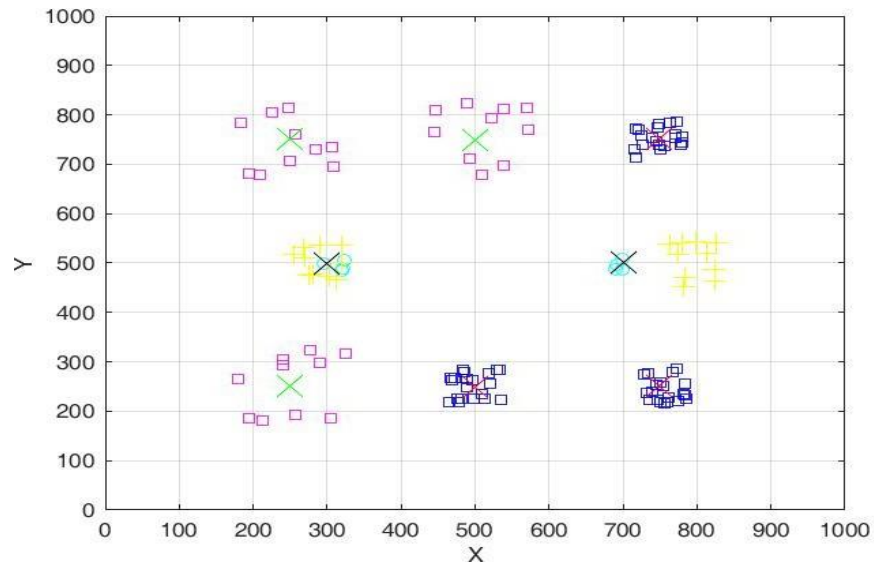
№ ҰҰА	1 ҰҰА топ				2ҰҰА топ			
Батарея,%	44	38	56	57	62	60	58	41
CPU,%	26	66	51	71	62	33	64	30
Жад,%	31	73	72	30	74	56	70	35
Желісыйымдылығы,%	46	42	68	73	75	38	37	46
Барлығы,%	37.62	52.74	61.06	57.66	67.5	48.34	57.34	38.36

Кесте 3.3 – Қозғалыс жолының координаттары

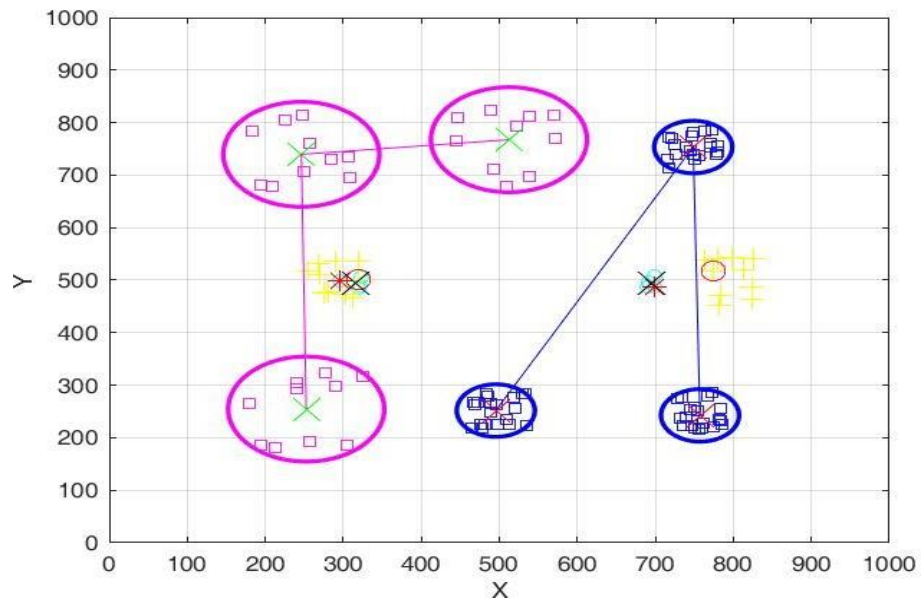
Сенсорлықкөрістер	1	2	3	4	5	6
Бастапқы координаттар жолдар	250.4300 250.7785	249.4372 750.4209	500.3774 749.4930	499.4920 249.9028	749.5322 750.8624	749.2641 250.2313
Координаттар табылған жол	252.5074 254.6018	246.2347 739.6170	512.3393 767.4720	495.4359 251.7571	748.5660 753.5483	757.2423 242.6276

Кесте 3.4 – ҰҰА кластерлерінің параметрлері

ҰҰА тобы	1	2
Орталықтардың бастапқы координаттары (x, y) м	299.6884 499.5166	700.5088 500.2622
Табылған кластер орталықтарының координаттары (x, y) м	315.18 495.27	695.03 494.89
Ең үлкен параметрлері бар ұшқышсыз ұшу аппараттары	3	1
Ең үлкен параметрдің жалпы мәні	61.0600	67.5000
Ең жақын 5G контроллер нөмірі	1	16
Еңжақын 5G контроллерінің координаттары (x, y) м	319.55 502.19	774.91 517.23



3.3-сурет – Ұшқышсыз ұшу желісінің бастапқы сұлбасы



3.4-сурет – Ұсынылған алгоритм орындалғаннан кейін ҰҰА желісінің сұлбасы

SDN контроллері әртоптағы 10 құрылғыдан тұратын координаттарға (300,500) және (800,500) қатысты екі топ бойынша ерікті түрде орналастырылды.

3.3 және 3.4 суреттерде көрсетілген элементтердің сипаттамасы:

- қызғылт сопақ-ҰҰА 1 тобының жинау аймағы;
- көксопақ-ҰҰА 2 тобының жинау аймағы;
- сызықтар ҰҰА тобының қозғалыс бағытын көрсетеді;
- жасыл кресттер – 1 - 3 сенсорлық өрістерден деректерді жинау аймақтарының орталықтары;
- қызыл кресттер сенсорлық өрістерден деректерді жинау аймақтарының орталықтары;

- қара кресттер – ҰҰА топтарының орталықтары;
- қызғылт квадраттар-1-3 сенсорлық өрістердің сенсорлық құрылғылары;
- көк квадраттар-сенсорлық өрістердің сенсорлық құрылғылары;
- көк шеңберлер – ұшқышсыз ұшу аппараттары;
- сары плюс-5G контроллері;
- қызыл шеңбер-белгілі бір ҰҰА тобына ең жақын 5G контроллері;
- қызыл жұлдызша – ең жақсы параметрлері бар ұшқышсыз ұшу аппараттары.

3.4 МЕС түйінін ҰҰА – ға орналастыру кезінде және ҰҰА-ға жердегі желіден трафикті түсіру әдісін әзірлеу

Бұл бөлімде қоршаған ортадағы өлшеу нәтижелері бойынша деректерді шығаратын IoT сияқты жердегі түйіндерге қолдау көрсету үшін ҰҰА - МЕС негізіндегі ұшатын мобильді шекаралық есептеу мәселесі қарастырылады. IoT құрылғылары шектеулі ресурстарға байланысты қарапайым есептеулер мен деректерді өңдеуді ғана шеше алады. Дәстүрлі әдістерде есептеулер деректерді Орталық базалық станцияға сервер мен жіберу арқылы жүзеге асырылады, бұл көбінесе бірнеше ауысулар мен релелер арқылы есептеулерді қамтамасыз етеді, бұл кідірістер мен қателіктерге әкеледі. Мұндай мәселелер үшін ҰҰА - МЕС негізіндегі ұшатын есептеулер IoT құрылғыларының атынан деректерді IoT түйіндерінен (жердегі Сенсорлардан) ең жақын ұшатын ұшқышсыз ұшу аппараттарына түсіру арқылы есептеу тапсырмаларын орындау үшін маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, нақты уақыт режимінде деректерді өңдеуге және жүктеуге арналған ұшқышсыз ұшу аппараттары мен IoT құрылғылары арасындағы тиімді өзара әрекеттесуді пайдалануға болады. Осылайша, ҰҰА-МЕС негізіндегі ұшатын есептеулер өңдеу үшін деректерді түсіру арқылы IoT құрылғыларының кешіктіру уақытын қысқартуы мүмкін (IoT құрылғысы қашықтағы базалық станцияға IoT құрылғысы емес, ең жақын ұшқышсыз ұшу аппараттарына). Бұл сымсыз сенсорлық желінің немесе IoT желісінің өмірлік циклін ұзартады. ҰҰА негізіндегі МЕС- жад, сандық камералар, сенсорлар, байланыс технологиялары және жетектерді қоса алғанда, борттық құрылғылардың жабдықтары.

3.4.1 МЕС және ҰҰА мобильді шекаралық есептеулер

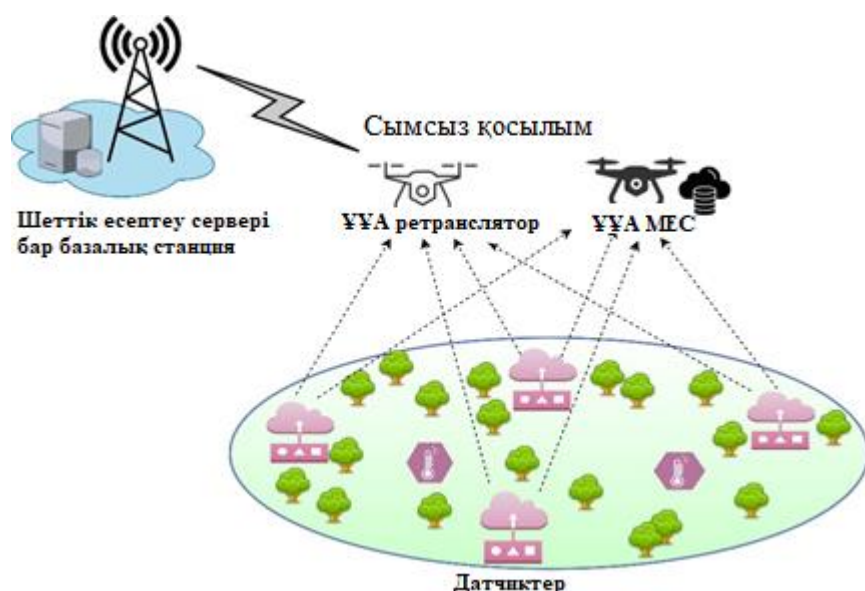
Бұл бөлімде ҰҰА және mes интеграциясының мәселелерін зерттеген ең өзекті жұмыстарды талдау нәтижелері келтірілген. Зерттеуде ҰҰА қолдайтын МЕС желісі үшін жалпы қуатты азайту мәселесі шешілуде. Авторлар үш ішкі есепті итеративті шешу арқылы қосынды дәрежесін азайту үшін дөңес емес есепті шешу алгоритмін ұсынды. Бұл итеративті алгоритм үшін мүмкін шешім ұсынылады, алгоритм бұлыңғыр с – Орташа кластерлеу. МЕС серверлері мен пайдаланушылар арасындағы орталықтандырылмаған оңтайландыру

механизмін қарастырады. Тағайындау механизмі - ҰҰА гетерогенді пайдаланушыларға таратылған ортада әртүрлі МЕС ресурстарын таңдауға көмектесу. Шектеулі кідіріс жағдайында баға мен қуат тұтынуды оңтайландыру үшін есептеулерді түсіру схемасының тиімді механизмі модельденді. Сонымен қатар, зерттеуде МЕС үшін тапсырмаларды кәштеу және жүктеу стратегиясы зерттелді, онда қандай тапсырмаларды кәштеу керек және қанша тапсырманы жүктеу керек екендігі анықталды. Ұсынылған алгоритм желінің кідіріс талаптары орындалған кезде мобильді құрылғылар тұтынатын жалпы энергияны азайтады. Физикалық деңгейде қауіпсіздікті қамтамасыз етуге баса назар аудара отырып, ҰҰА - МЕС жүйелері үшін Энергетикалық тиімді есептеуді түсіру процедурасын ұсынды. Жұмыста тұжырымдалған тапсырмалармен қамтамасыз етілген оңтайлы нәтижелер белсенді және пассивті тыңдау құрылғылары үшін анықталады. Қажетті энергияны және берілген кідірісті ескере отырып, ұсынған түсіру алгоритмі ұшқышсыз ұшу аппараттарына трафикті түсірудің екі әдісін ұсынады. Біріншіәдіс-әуежелісіндегі түсіру, онда ҰҰА өзінің есептеу тапсырмаларын қол жетімді есептеу және энергетикалық ресурстары бар жақын маңдағы ҰҰА-ға бере алады. Екінші түсіру әдісі — бұл жердегі станцияларға қосылған көпдеңгейлі шекаралық бұлт құрылғыларынан шекаралық бұлт серверіне тапсырмаларды жүктеуге мүмкіндік беретін жердегі жүктеу. Алгоритм кідіріс пен энергия шектеулерінен егізделген атқарушы құрылғы мен түсіру әдісін таңдайды. Сонымен қатар, зерттеу жердегі пайдаланушы жабдықтары (UE) үшін есептеу ресурстарын қамтамасыз ету үшін МЕС ұшатын платформасы ретінде орналастырылуы мүмкін бірнеше ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдайтын мобильді шекаралық есептеулерді (МЕС) қарастырды. Авторлар бүтін сызықты емес қолданады.

Екі мәселені шешуге арналған бағдарламалау: біріншіден, бірнеше UE мен ҰҰА арасындағы өзара әрекеттесуге қалай қолжеткізуге болады, екіншіден, ҰҰА-тен UE-ге ресурстарды бөлуге қалай қолжеткізуге болады. Сонымен қатар, бұл мәселені тиімді шешу үшін арматуралық оқыту (RL) негізінде өзара әрекеттесу және ресурстарды бөлу алгоритмі (RLAA) ұсынылады.

3.4.2 Жүйелік модель және сценарий

Ұсынылған жүйелік модельге ақылды фермада мысал ретінде таратылатын және өндеуге қажетті деректерді шығаратын IoT түйіндерінің жиынтығы (жердегі сенсорлар) кіреді. Сонымен қатар, Жүйелік модельге екі ұшқышсыз ұшу аппараттары кіреді, олардың біреуі шекаралық есептеу серверімен, екіншісі қайталағышпен жабдықталған. Сонымен қатар, қашықтағы базалық станцияда 3.5 -суретте көрсетілгендей шекаралық сервер бар.



3.5-сурет–Жүйелік модель

Деректер ҰҰА-МЕС ұшатын шекаралық есептеу сервері арқылы жақын жердегі заттар интернетінің түйіндерінде немесе қашықтан бұлтты есептеудің орталық шекаралық серверінде өңделеді.

Бірінші сценарий – бұл ұшатын мобильді шекаралық есептеу жүйесі, бұл МЕС ретінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдаланады, мұнда деректер есептеу ресурстарымен жабдықталған IoT түйіндерінен (ең жақын ұшқышсыз ұшу аппараттарына - МЕС) түсіріледі. Бұл ретте оның деректерді сақтау, өңдеу және талдау мүмкіндігі бар [16].

Екінші сценарий қашықтағы есептеу жүйесі болып табылады, мұнда ҰҰА 3.5-суретте көрсетілгендей IoT түйіндерінен орталық бұлттық есептеу шекаралық серверінде деректерді сымсыз жіберу үшін қайталағыш ретінде пайдаланылады.

IoT түйіндері жалпы жағдайда өңделуі керек N тәуелсіз есептерін шығарады.

3.4.3 k-орталар алгоритмі

Алгоритмнің әрекеті ол кластер элементтерінің осы кластерлердің орталықтарынан жалпы квадраттық ауытқуын азайтуға тырысады. Кішірейтілетін функция былай жазылады

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_i - \mu_i)^2 \quad (3.5)$$

мұндағы k – кластерлердің саны;

SS_{ii} - i -ші кластер элементтерінің жиыны;

μ_{ij} - i -ші кластердің массалар центрінің координаталары;

x_{jj} - кластердің j -ші элементінің массалар центрінің координаталары.

$x_{jj}-\mu_{ii}$ -кластер элементі мен кластердің масса центрі арасындағы евклидтік қашықтықты көрсетеді.

Екі өлшемді кеңістік үшін әрбір элемент жазықтықтағы нүктеретінде қарастырылады және оның координаталарымен (x_{jj}, y_{jj}) сипатталады.

i -ші кластердің массалар центрінің координаталары келесідей анықталады:

$$x_i^{(\mu)} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_j, y_i^{(\mu)} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} y_j \quad (3.6)$$

мұндағы n_{ii} - i -ші кластердегі деректер нүктелерінің санын көрсетеді.

Алгоритм қадамдары:

1. X_{x_1, x_2, \dots, x_n} мәліметтер нүктелерінің жиыны, V_{v_1, v_2, \dots, v_n} кластер орталықтарының жиыны және кластерлердің қажетті саны (k) болсын;

2. Евклидтік қашықтық метрикасы арқылы әрбір деректер нүктесі мен кластер орталықтары арасындағы қашықтықты есептеу қажет:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - y_j)^2} \quad (3.7)$$

3. Кластер орталығынан қашықтығы барлық кластер орталықтары арасында ең аз болатын деректер нүктесін кластер орталығына тағайындаңыз.

3.5 Түсіру алгоритмі

Бұл қағазда ұшу есептеулерінің демпингтік алгоритмі «Хамминг арақашықтығын оның жұмысын аяқтау өлшемі ретінде (DPH)» пайдалана отырып, динамикалық бағдарламалау алгоритміне негізделген. Алгоритм авиациялық есептеу кешені үшін түсірудің оңтайлы ерітінділерін іздеудің инклюзивті процесін көздейді. Бастапқыда IoT түйіндері (жерүсті датчиктері) i жүктеу тапсырмасын $\alpha_i=1$ болғанда жақын ҰҰА-МЕС-ке немесе $\alpha_i=0$ болғанда шеткі бұлт серверіне жүктейді. Динамикалық бағдарламалау - $N \times N$ кестесін пайдалануға негізделген ұсынылған алгоритмнің негізі (мұндағы N – өңдеуге жататын міндеттер саны). Кесте ең жақын ҰҰА-МЕС-те қандай тапсырмалардың өңделетінін және Edge-Cloud edge серверінде қандай тапсырмалардың қашықтан орындалатынын қамтамасыз ету үшін бит ағысын сақтау үшін қолданылады. Кестеде түзілетін кездейсоқ биттік ағыстар көлденең ұяшықтағы бірліктермен (1) толығады. Нөлдер (0s) тік ұяшықта толтырылады. Бірінші ұяшық әрқашан бос болады. Бірінші бит 1-ге жеткенде бастапқы ұяшық (1, 2) болады. Бірінші бит 0 болғанда бастапқы ұяшықты (2, 1) құрайды. Пайда болған кездейсоқ бит ағысы бар кестені қоныстандыру процесін суреттеу үшін $N = 8$ деп ұйғарсақ, бірінші кездейсоқ bitstream α_i 00110100 (қызыл биттер), ал екінші кездейсоқ бит ағысы

10101101 (қара бит) болады. Сонда (2, 1) — бірінші жіптің бастапқы жасушасы, онда бірінші бит 0 болады. Екінші жағынан, (1, 2) — бірінші бит 1 болса, екінші жіптің бастапқы ұяшығы. Осы ережені басшылыққа алып, алынған ағын 4.5-кестеде келтірілген.

Кесте 3.5 – Кездейсоқ бит ағыны

	1				
0	0	1			
0	1	1/0	1	1	
		0	1	0	1
			0		
			0		

Кестедегі деректер негізінде әрбір тапсырма бойынша кідіріс есептеледі. Бұл жағдайда әрбір ұяшықта ұшу есептеуіш техниканың жағдайы үшін 0 секунд болады, ал әрбір ұяшықта шеткі бұлт серверінде есептеу ісі үшін 1 секунд болады. Осы диссертацияда ұсынылған есептеулерді түсіру алгоритмі төменде келтірілген.

Ұшу желілерін пайдалану кезінде трафикті жүктеу алгоритмі.

1. Initialize Timematrixes and set the Completion deadline ($T_{ccccccccicc}$) and TransmissionRate
2. generatea task(randomly)
3. Loopiteration
4. generatea randombit stream
5. calculate delay for tasksofIoT nodes(ground sensors)(at YFA-MEC, at edge-cloud server)
6. checkthefirst bitto specify the startingcellin thefirsttable
8. loopito N-1
9. ifbit(i)==1in the table(YFA-MEC)
- 10.regenerate randombit(0or1)
- 11.endif
- 12.Put eachbit of thebitstreaminthe correct positionin table
- 13.ifthis specific cellin tables is visitedbefore compare the newTotal delay ofthis cell withthe previousone
- 14.ifthenew Totaldelay ofthecellislessthan the previousone
- 15.Replacethetotal delay of thiscell withthe newcalculated amounts.
- 16.Calculatethedelay of theremaining bits of the new bit stream
- 17.else
- 18.Keeptheprevious total delay inthecell.
- 19.Calculatethedelayoftheremainingcellsofthenewstreambasedontheexisting amountofthis cell
- 20.endif


```

21.endif
22.end Loop
23.ifNumberofbits ntables=N&Ttotal<Tccccccccc &hammingdistancecriterionis
met
24.returnTtotal
25.Endif
26.end Loop

```

3.5.1 Симуляция нәтижелері

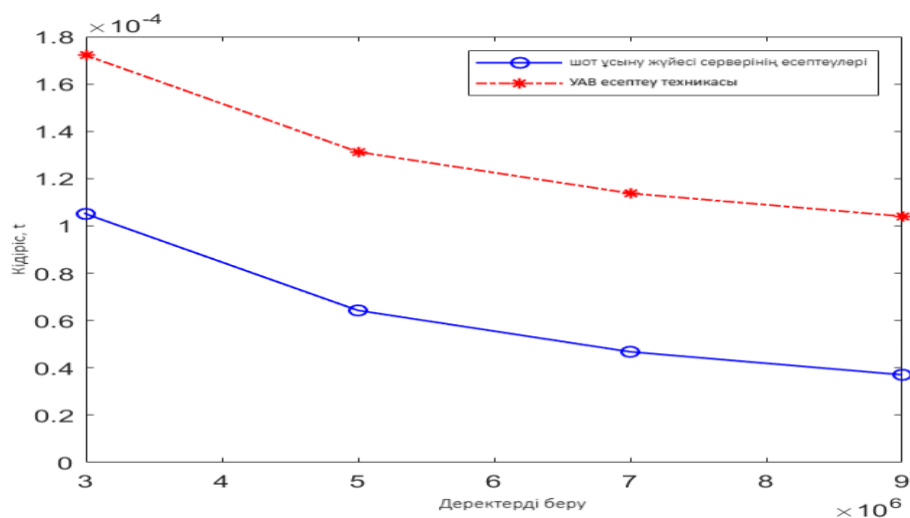
Симуляция Matlab бағдарламалық пакетінің көмегімен орындалды. Симуляцияға арналған бастапқы деректер 3.6-кестеде келтірілген.

Кесте 3.6 – Модельдеу параметрлері

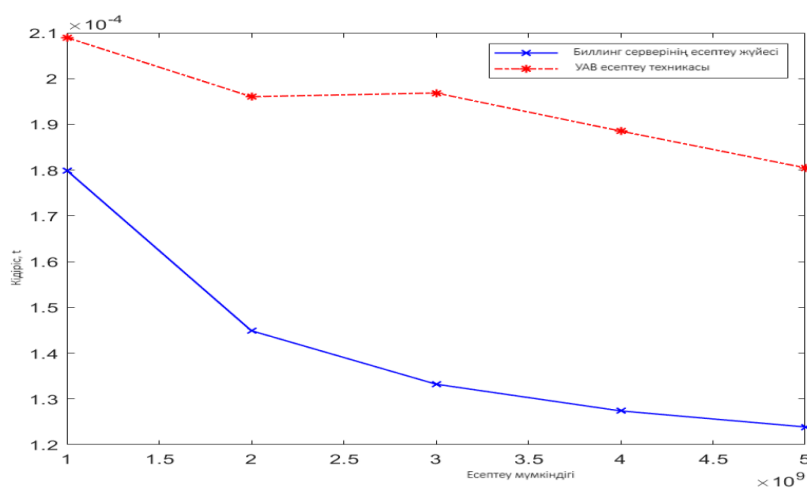
Параметрі	Мағынасы
Тапсырмалар саны N	15
Деректемелер көлемі S_i	10-30 MB
CPU циклі C_i	1900 Cycle/s
Ұзақтылығы $T_i^{constraint}$	0,002 s
Хабар алмасу жылдамдығы $D_{IoT}D_{ҰҰА}$	3-9 Mbps
Процессор жиілігі ҰҰА-МЕС ($F_{ҰҰА}$)	500 MHz
Шекаралық есептеу серверінің процессорының жиілігі (F_{server})	10 GHz

Тапсырмалар саны $N = 15$ - ке, ал IoT тораптарының (жер үсті датчиктерінің) саны 5-ке дейін белгіленеді. ҰҰА-МЕС процессорларының және шеткі есептеу серверінің жиілігі тиісінше 500 МГц және 10 ГГц құрайды. Деректердің саны кездейсоқ 10-нан 30 мега байтқа дейін ұлғаяды. Арақашықтыққа байланысты деректер коэффициенті декездейсоқ 3-тен 9 Мбит/с –қа дейін өзгеріп отырды, демек, берудің неғұрлым жоғары жылдамдығына неғұрлым қысқа қашықтыққа қолжеткізуге болады.

3.6-сурет. Деректерді беру коэффициентінің функциясы ретінде кідіріс сипаттамасы келтіріледі. Көріп отырғаныңыздай, IoT тораптары (жер үсті датчиктері) барлық тапсырмаларды ҰҰА – МЕС –ке немесе шеткі бұлт серверіне жүктеген кезде кідіріс азаяды.



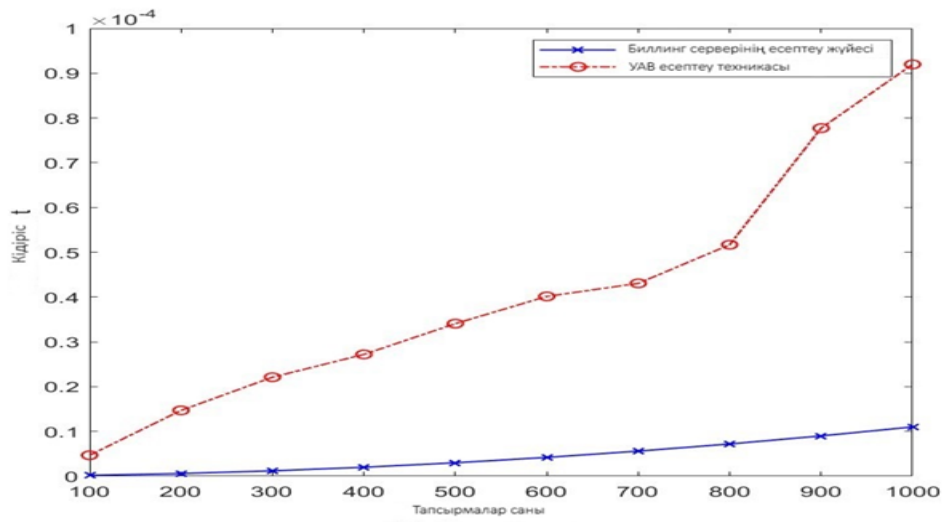
3.6-сурет – Деректерді беру коэффициентінің функциясы ретіндегі кідіріс



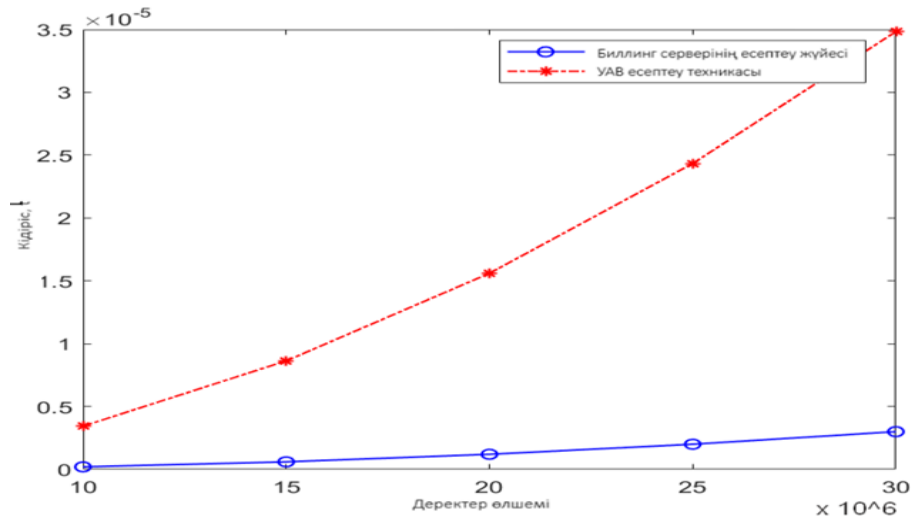
3.7-сурет – Кідіріс есептеу сыйымдылығының функциясы ретінде

3.7-суретте шеткі бұлт серверлерінде есептеу және есептеу техникасы ұшқан жағдайда кідіріс есептеу мүмкіндіктері суреттеледі. Цифрдан көріп отырғаныңыздай, жалпы кідіріс есептеу қуатының артуына қарай, IoT тораптары (жерүсті датчиктері) тапсырмаларды ҰҰА-МЕС-ке немесе шеткі бұлт серверіне жүктеген кезде төмендейді.

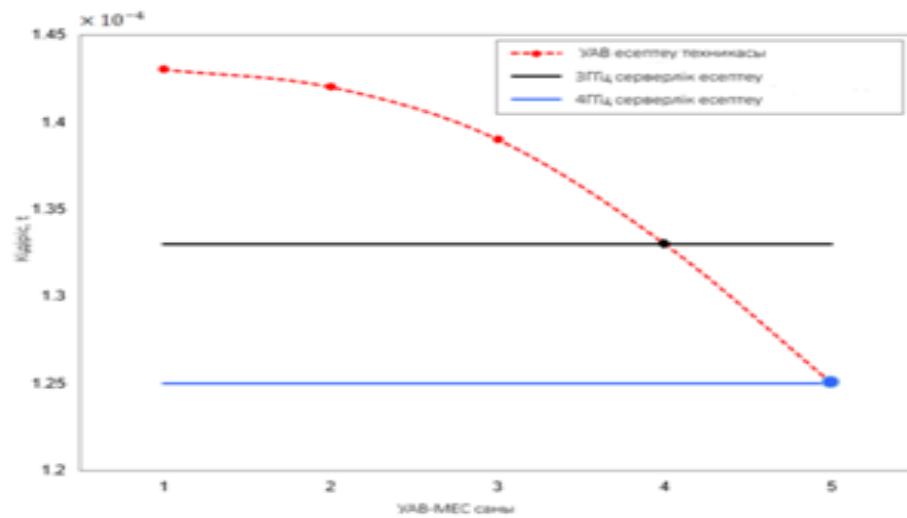
3.8 және 3.9-суреттерде кідіріс деректердің қосындысы мен IoT тораптары (жерүсті датчиктері) тудыратын тапсырмалар санымен сызықтық түрде ұлғаяды. Цифрда көрсетілгендей, тапсырмаларды ҰҰА-МЕС-те немесе қашықтан шеткі бұлт серверінде кері жүктеу және орындау кезінде жалпы кідіріс ең жоғары болып табылады. Ұшатын есептеуіш техника жағдайындағы кідіріс шеткі бұлт сервері жағдайындағы кідірістен әлдеқайда жоғары, себебі шеткі бұлт серверінің өңдеу қуаты УАВ-МЭК-тің өңдеу қуатынан әлдеқайда жоғары.



3.8 - сурет – Деректер көлемінің функциясы ретіндегі кідіріс



3.9-сурет – Тапсырмалар санының функциясы ретіндегі кідіріс



3.10-сурет – ҰҰА-МЭЖ санының функциясы ретіндегі кідіріс

Жер үсті желісінен ҰҰА-ға трафикті түсіру әдісі әзірленді, ол белгілілерден ерекшеленеді, түсіру тікелей ҰҰА-да да, сондай-ақ жерүсті желісінің шеткі және (немесе) бұлтты серверіне ақпаратты беруге арналған қайталауышпен жабдықталған УАВ-та да жүзеге асырылуы мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста ұшқышсыз ұшатын аппараттардың (ҰҰҚ) және жер үсті байланыс желілерінің бесінші және одан кейінгі ұрпақтарын интеграциялау мүмкіндігі талданған. Табиғи түрде, ауа желісінің жер үсті желісімен байланысуы бесінші және одан кейінгі ұрпақтарының байланыс желілерін икемді етеді және пайдаланушыларға жер үсті және ауа желісі ресурстарының интеграциясы арқылы жақсы сапалы қызметтер ұсынады. Қазіргі уақытта алтыншы ұрпақтың болашақ байланыс желілерін орнату кезеңінде SAGSIN интегралды желісін құру байланыс желілерінің дамуының ең перспективалы бағыттарының бірі болып табылады. Осы кезеңде бесінші және одан кейінгі ұрпақтарының жер үсті байланыс желілерінің және ҰҰҚ негізіндегі ауа байланыс желілерінің интеграциясының үш негізгі артықшылығын атап өтуге болады:

1. ҰҰҚ пайдаланылған кезде байланыс желілері әлдеқайда жылдам орнатылуы мүмкін, бұл оларды төтенше жағдайлар мен қиын жететін аймақтарда және аз халық саны бар аудандарда қолдану үшін әсіресе қолайлы етеді.

2. Төмен ұшатын ҰҰҚ көптеген сценарийлерде Тікелей көрініс сызықтарын (LoS) орнатуға мүмкіндік береді, бұл қызмет көрсету сапасын едәуір жақсарты алады.

3. ҰҰҚ-ны пайдалану арқылы желіні орнатудың икемділігі желінің өнімділігін арттыруға және ресурстарын пайдалануға жаңа мүмкіндіктер ашады, бұл ҰҰҚ-ның орналасуы мен телекоммуникациялық мүмкіндіктерін қазіргі уақыттағы ортаға сәйкес ең жақсы бейімдеуге мүмкіндік береді.

4. Желілік ядрода бірыңғай контроллері бар SDN ерітінділері мен көп контроллерлік SDN талданады. Осы талдау негізінде біз ҰАВ-да SDN қолдану шешімдерін қарастырдық.

5. SDN-ды ҰҰА-мен бірлесіп пайдалану УАВ желісін орналастыруда үлкен артықшылықтарға ие, ол жалпы ҰҰА желісі құрылымының тиімділігін арттыруға, ҰҰА-ның қуат тұтынуын азайтуға, сондай-ақ желіні орналастыруды жеделдетуге және оның құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

6. Белгілі трафик модельдеріне қарағанда, заттар интернеті трафигіне және Гаптикалық интернет трафигіне толықтырылған шындық трафигі қосылатын модель ұсынылды. Сонымен қатар, AR трафигі үшін пакеттердің жоғалу ықтималдығы IoT трафигіне қарағанда көп және TI трафигіне қарағанда аз, ал IoT, TI және AR трафигінің кіріс жиынтық ағыны $H=0,7$ Хирст параметрімен өздігінен ұқсас екені анықталды.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Griffin B., Fierro R., Palunko I. An autonomous communications relay in GPS-denied environments via antenna diversity //The Journal of Defense Modeling and Simulation. – 2012. – Т. 9. – №. 1. – С. 33-44.
2. Джи С. и др. Проектирование беспилотной разведывательной системы с высоким автоматическим распознаванием целей на базе YOLOv5 // 2022 IEEE 4-я Международная конференция по безопасности гражданской авиации и информационным технологиям (ICCASIT). – IEEE, 2022. – С. 1446-1449.
3. Круз П.Дж., Фиерро Р. Подъем грузов на тресе с помощью квадрокоптера: гибридная модель, формирование траектории и управление // Автономные роботы. – 2017. – Т. 41. – С. 1629-1643.
4. Ghamry K. A., Zhang Y. Cooperative control of multiple UAV s for forest fire monitoring and detection//2016 12th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA). – IEEE, 2016. – С.
5. Duggal, V.; Sukhwani, M.; Bipin, K.; Reddy, G.S.; Krishna, K.M. Plantation monitoring and yield estimation using autonomous quadcopter for precision agriculture. In Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Stockholm, Sweden, 16–21 May 2016; pp. 5121–5127.
6. Araar, O.; Aouf, N. Visual servoing of a quadrotor УҰА for autonomous power lines inspection. In Proceedings of the 22nd Mediterranean Conference on Control and Automation, Palermo, Italy, 16–19 June 2014; pp. 1418–1424.
7. Budiharto W. et al. Mapping and 3D modelling using quadrotor drone and GIS software //Journal of Big Data. – 2021. – Т. 8. – С. 1-12.
8. Martins L., Cardeira C., Oliveira P. Inner-outer feedback linearization for quadrotor control: two-step design and validation //Nonlinear Dynamics. – 2022. – Т. 110. – №. 1. – С. 479-495.
9. Pan J. et al. Attitude control of quadrotor UAVs based on adaptive sliding mode //International Journal of Control, Automation and Systems. – 2023. – Т. 21. – №. 8. – С. 2698-2707.
10. Liu K., Wang R. Antisaturation command filtered backstepping control-based disturbance rejection for a quadrotor UAV //IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs. – 2021. – Т. 68. – №. 12. – С. 3577-3581.
11. Amin R., Aijun L., Shamshirband S. A review of quadrotor UAV: control methodologies and performance evaluation //International Journal of Automation and Control. – 2016. – Т. 10. – №. 2. – С. 87-103.
12. Maaruf M., Mahmoud M. S., Ma'arif A. A survey of control methods for quadrotor uav //International Journal of Robotics and Control Systems. – 2022. – Т. 2. – №. 4. – С. 652-665.
13. Mo H., Farid G. Nonlinear and adaptive intelligent control techniques for quadrotor uav—a survey //Asian Journal of Control. – 2019. – Т. 21. – №. 2. – С. 989-1008.
14. Rahmat M. F., Eltayeb A., Basri M. A. M. Adaptive feedback linearization controller for stabilization of quadrotor UAV //International Journal of Integrated

Engineering. – 2020. – T. 12. – №. 4. – C. 1-17.

15. Wu X., Xiao B., Qu Y. Modeling and sliding mode-based attitude tracking control of a quadrotor UAV with time-varying mass //ISA transactions. – 2022. – T. 124. – C. 436-443.

16. Liu W., Cheng X., Zhang J. Command filter-based adaptive fuzzy integral backstepping control for quadrotor UAV with input saturation //Journal of the Franklin Institute. – 2023. – T. 360. – №. 1. – C. 484-507.

17. Furlas G. K., Karras G. C. A survey on fault diagnosis and fault-tolerant control methods for unmanned aerial vehicles //Machines. – 2021. – T. 9. – №. 9. – C. 197.

18. Chamseddine A. et al. Active fault-tolerant control system design with trajectory re-planning against actuator faults and saturation: application to a quadrotor unmanned aerial vehicle //International Journal of Adaptive Control and Signal Processing. – 2015. – T. 29. – №. 1. – C. 1-23.

19. Merheb, A.R.; Noura, H.; Bateman, F. Passive fault tolerant control of quadrotor UAV using regular and cascaded sliding mode Control In Proceedings of the 2013 Conference on Control and Fault-Tolerant Systems, Nice, France, 9–11 October 2013; pp. 330–335.

20. Wang T., Xie W., Zhang Y. Sliding mode fault tolerant control dealing with modeling uncertainties and actuator faults //ISA transactions. – 2012. – T. 51. – №. 3. – C. 386-392.

21. Elikier K., Zhang W. Finite-time adaptive integral backstepping fast terminal sliding mode control application on quadrotor UAV //International Journal of Control, Automation and Systems. – 2020. – T. 18. – C. 415-430.

22. Elikier K., Zhang W. Finite-time adaptive integral backstepping fast terminal sliding mode control application on quadrotor UAV //International Journal of Control, Automation and Systems. – 2020. – T. 18. – C. 415-430.

23. Ha L. N. N. T., Hong S. K. Robust dynamic sliding mode control-based PID–super twisting algorithm and disturbance observer for second-order nonlinear systems: Application to UAVs //Electronics. – 2019. – T. 8. – №. 7. – C. 760.

24. Zhang C., Zhang G., Dong Q. Multi-variable finite-time observer-based adaptive-gain sliding mode control for fixed-wing UAV //IET control theory & applications. – 2021. – T. 15. – №. 2. – C. 223-247.

25. Zheng E. H., Xiong J. J., Luo J. L. Second order sliding mode control for a quadrotor UAV //ISA transactions. – 2014. – T. 53. – №. 4. – C. 1350-1356.

26. Nguyen L. V., Phung M. D., Ha Q. P. Iterative learning sliding mode control for uav trajectory tracking //Electronics. – 2021. – T. 10. – №. 20. – C. 2474.

27. Zheng B. et al. Adaptive sliding mode attitude control of quadrotor uavs based on the delta operator framework //Symmetry. – 2022. – T. 14. – №. 3. – C. 498.

28. Hassani, H.; Mansouri, A.; Ahaitouf, A. A new robust adaptive sliding mode controller for quadrotor UAV flight. In Proceedings of the 2020 IEEE 2nd International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS), Kenitra, Morocco, 2–3 December 2020; pp. 1–6.

29. Mofid O., Mobayen S. Adaptive sliding mode control for finite-time stability

of quad-rotor UAVs with parametric uncertainties //ISA transactions. – 2018. – T. 72.
– C. 1-14.

30. Mofid O., Mobayen S. Adaptive sliding mode control for finite-time stability of quad-rotor UAVs with parametric uncertainties //ISA transactions. – 2018. – T. 72.
– C. 1-14.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

дипломдық жұмысқа

Нүсіпали Аяулым

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану

Бұл дипломдық жұмыста 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану қарастырылды.

Дипломдық жұмыста 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану зерттелді. SDN (Software-Defined Networks), бағдарламалық-конфигурацияланатын желілері MEC (Mobile Edge Computing) шекаралық есептеулері және ҰҰА (Unmanned Aerial Vehicles) сияқты жаңа телекоммуникация технологияларын пайдалана отырып, жер үсті және әуе желілері ресурстарын ортақ пайдалану мәселелері зерттелді. 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану әдістеріне талдау жасалды. ҰҰА көмегімен сенсорлық өрістерден деректерді жинау қарастырылды. Желілік ядроға бірыңғай контроллері бар SDN ерітінділері мен көп контроллерлік SDN талданады. Осы талдау негізінде біз ҰҰА-да SDN қолдану шешімдерін қарастырылды.

Желілік ядроға бірыңғай контроллері бар SDN ерітінділері мен көп контроллерлік SDN талданады. Осы талдау негізінде біз ҰҰА-да SDN қолдану шешімдерін қарастырдық.

SDN-ды ҰҰА-мен бірлесіп пайдалану ҰҰА желісін орналастыруда үлкен артықшылықтарға ие, ол жалпы ҰҰА желісі құрылымының тиімділігін арттыруға, ҰҰА-ның қуат тұтынуын азайтуға, сондай-ақ желіні орналастыруды жеделдетуге және оның құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

Студент **Нүсіпали Аяулым** дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "98/A+/ өте жақсы" деп бағаланды, ал студент ал **Нүсіпали Аяулым** 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының "Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар" саласының бакалавры дәрежесіне сай деп санаймын.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. қауымд. профессоры
PhD., докторы

К.Н.Тайсариева

« 05 » 2024 ж.



СЫН ШІКІР

дипломдық жұмысқа
Нүсіпали Аяулым

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 20 парақ;
б) түсініктеме 54 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Кез келген ұшатын желілерді немесе телекоммуникациялық платформаларды құру үшін ең маңыздысы, қолданылатын ұшқышсыз ұшу аппаратының түрін таңдау болып табылады. ҰҰА түрін таңдау құрылатын желіге немесе платформаға қойылатын әртүрлі талаптармен анықталады, мысалы, қажетті QoS деңгейі, энергияны тұтыну сипаттамалары, сыртқы жағдайлар және реттеуші стандарттар. Ұшу биіктігі, көтеру салмағы, басқару әдісі, ұшақ класы, ұшу автономиясының деңгейі, байланыстырылған ұшқышсыз ұшу аппараттары және т.б. қарастырылған.

Ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалана отырып, энергияны үнемдейтін деректерді жинау протоколы ұсынылды. ҰҰА ғарышта кластерлерде ұйымдастырылған сенсорлық өріс үстінде орналастырылды. Бұл әдіс кейіннен сымсыз сенсорлық желілер үшін кеңінен қолданылды. Бұл стратегиямен деректер тек бас сенсорының түйіндерінен жиналған кезде, ҰҰА арқылы деректерді жинаудың оңтайлы жолы таңдалды.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер. Жұмыста грамматикалық қателер кездеседі. Ескерту ретінде, ҰҰА әуеде неше сағатқа дейін тұратынын есептеулер жоқ.

Студент Нүсіпали Аяулым дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "98/A+/ өте жақсы" деп бағаланды, ал студент ал Нүсіпали Аяулым 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының "Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар" саласының бакалавры дәрежесіне сай деп санаймын.

Рецензент

ҚазҰАЗУ, доктор PhD.,

қауымд. профессоры

Әлібек Н.Б.

« 02 » АҚПАН 2024 ж.

ФАКУЛЬТЕТІ

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Нүсіпали Аюлым

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 1.4

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 23

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:

2024-05-24

Дата

Сүңғат Марксұлы

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Нусипали Аяулым

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: 5G желілерінде ұшықшысыз ұшу аппараттары колдану

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 1.4

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 23

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:

2024-05-24

Дата

Заведующий кафедрой



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

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

Автор: Нүсіпали Аяулым

Тақырыбы: 5G желілерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану

Жетекшісі: Кырмызы Тайсариева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.4

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 0.4

Әріптерді ауыстыру: 23

Аралықтар: 0

Шағын кеністіктер: 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 шамалан 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 қасқана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

2024-05-24

Күні

Кафедра меңгерушісі

