

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Кенжебаев Мухаммеджан Нуржанулы

«Сымсыз желідегі трафиктерді модельдеу және дамыту»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай

« 30 » 05 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Сымсыз желідегі трафиктерді модельдеу және дамыту»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

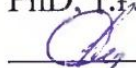
Орындаған:



М.Н. Кенжебаев

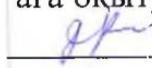
Пікір беруші

Ғ.Дәукеев атындағы
Алматы Энергетика және
Байланыс университеті,
PhD, т.ғ.к., доцент

 М.М. Ермекбаев
« 30 » 05 2024 ж.

Ғылыми жетекші

ҚазҰТЗУ, т.ғ.м., Электроника,
телекоммуникация және ғарыштық
технологиялар кафедрасының
аға оқытушысы

 Дағарбек Р.
« 30 » 05 2024 ж.

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Кенжебаев Мухаммеджан Нуржанұлы*
Тақырыбы *«Сымсыз желілердегі трафиктерді модельдеу және дамыту»*
Университет ректорының *«04» желтоқсан 2023 ж. №548-П бұйрығымен*
бекітілген.

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

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) *Байланыс желілері мен қызметтерінің дамуының жалпы сипаттамасы;* 2) *Байланыс желілері мен қызметтерінің енуін талдау;* 3) *Қызмет көрсету жүйесінің имитациялық моделін әзірлеу;* 4) *Маршруттарды таңдаудың имитациялық моделін әзірлеу.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) *Сымсыз байланыс желілерінің даму үрдістерін талдау;* ә) *Сымсыз желі құрылымын таңдау әдістерін талдау;* б) *Қазіргі байланыс желілерінің трафигін талдау және модельдеу;* в) *Желі құрылымын талдау және тұрақтылығын қамтамасыз ету;* г) *Жылжымалы тораптары бар желіде маршруттау әдістерін қолдану.*

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет 20 атау: 1) *Проблемы построения беспроводных сенсорных сетей. Бузюков Л.Б., Окунева Д.В., Парамонов А.И. 2017 г.* 2) *Анализ подходов к организации радиопокрытия в сетях WI-FI с высокой плотностью пользователей. Викулов А.С., Парамонов А.И. Информационные технологии и телекоммуникации. 2018.* 3) *Моделирование влияния трафика интернета вещей на качество обслуживания. Махмуд О.А., Парамонов А.И. 2018 г.* 4) *Wireless Hacking with Kali Linux: LEARN FAST HOW TO HACK ANY WIRELESS NETWORKS PENETRATION TESTING IMPLEMENTATION GUIDE. Hoffman Hugo- 2020 y.*

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

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

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғы- лыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Дағарбек Р. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	<i>01.02.2024</i>	<i>Ken</i>
Теориялық ақпарат	Дағарбек Р. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	<i>01.03.2024</i>	<i>Ken</i>
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	<i>27.05.2024</i>	<i>Dosbaev</i>

Ғылыми жетекшісі



Рахатбек Д.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Кенжебаев М. Н.

Күні «22» желтоқсан 2023 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста сымсыз сенсорлық желілердегі трафикті ұйымдастыруға және оған қызмет көрсетуге арналған модельдік-әдістемелік аппарат жасалынады. Байланыс желілерінің даму үрдістеріне талдау жасалады. Оның нәтижелері байланыс желілерін дамытудың негізгі бағыттарын анықтауға, олардың ең перспективалы бағыттарын бөліп көрсетуге және жұмыста шешілетін міндеттердің өзектілігін бағалауға мүмкіндік береді.

Бөлінген перспективалы бағыттардың ішінде интернет заттары мен тактильді интернетті дамыту бағыттары таңдалады. Негізгі тенденцияларды статистикалық талдау негізінде бұл бағыттар байланыс желілерін дамытудың жақын перспективасында өзекті болатындығы анықталады. Перспективалы байланыс желілерінде сымсыз сенсорлық желілерді құрудың рөлі мен міндеттеріне талдау жасалады. Талдау нәтижелері перспективалы байланыс желілеріндегі сымсыз сенсорлық желілер интернет аттары мен тактильді Интернеттің дамуы аясында мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін компоненттердің бірі болуы мүмкін екенін көрсетеді. Тораптар тобында салынған желідегі маршруттарға талдау жасалынады. Маршруттардың қасиеттерін ескере отырып, желі құрылымын таңдауды қамтамасыз ететін кластерлеу әдісі негізінде С түйіндері тобында байланыс желісін ұйымдастыру әдісі жасалады. Жылжымалы тораптары бар желіде тұрақты маршрутты таңдау әдісі әзірленеді.

Алынған нәтижелер сымсыз сенсорлық желілерді, соның ішінде жылжымалы түйіндері бар желілерді модельдеу және құру кезінде қолданыла алады.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе разрабатывается модельно-методический аппарат для организации и обслуживания трафика в беспроводных сенсорных сетях. Проводится анализ тенденций развития сетей связи. Его результаты позволяют определить основные направления развития сетей связи, выделить наиболее перспективные из них и оценить актуальность решаемых в работе задач.

Среди выделенных перспективных направлений выбираются направления развития интернета вещей и тактильного интернета. На основе статистического анализа основных тенденций выясняется, что данные направления актуальны в ближайшей перспективе развития сетей связи. Анализируется роль и задачи построения беспроводных сенсорных сетей в перспективных сетях связи. Результаты анализа показывают, что беспроводные сенсорные сети в перспективных сетях связи могут быть одним из компонентов, позволяющих решать задачи в рамках развития интернета вещей и тактильного Интернета. В группе узлов проводится анализ построенных маршрутов сети. На основе метода кластеризации, обеспечивающего выбор структуры сети с учетом свойств маршрутов, разрабатывается метод организации сети связи в группе узлов С. На линии с подвижными узлами разрабатывается метод выбора регулярного маршрута.

Полученные результаты могут быть использованы при моделировании и построении беспроводных сенсорных сетей, в том числе сетей с подвижными узлами.

ANNOTATION

In the thesis, a model-methodical apparatus for organizing and servicing traffic in wireless sensor networks is being developed. The analysis of trends in the development of communication networks is carried out. Its results make it possible to determine the main directions of development of communication networks, highlight the most promising of them and assess the relevance of the tasks solved in the work.

Among the selected promising areas, the directions of the development of the Internet of things and the tactile Internet are selected. Based on the statistical analysis of the main trends, it turns out that these areas are relevant in the short term development of communication networks. The role and tasks of building wireless sensor networks in perspective communication networks are analyzed. The results of the analysis show that wireless sensor networks in promising communication networks can be one of the components that allow solving problems in the development of the Internet of things and the tactile Internet. In the group of nodes, the analysis of the constructed network routes is carried out. On the basis of the clustering method, which ensures the choice of the network structure taking into account the properties of the routes, a method is developed for organizing a communication network in a group of C nodes. On a line with mobile nodes, a method for choosing a regular route is being developed.

The results obtained can be used in the modeling and construction of wireless sensor networks, including networks with mobile nodes.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Сымсыз байланыс желілерінің даму үрдістерін талдау	9
1.1 Байланыс желілері мен қызметтерінің дамуын талдау	9
1.2 5G желілерінде перспективалық технологиялардың дамуын талдау	14
1.3 Сымсыз сенсорлық желілерді құру мәселелерін талдау	21
2 Сымсыз желі құрылымын таңдау әдістерін талдау	26
2.1 Кластерлеу міндеттері	26
2.2 Орталықтандырылған желі	28
2.3 Құрылымдардың салыстырмалы сипаттамасы	31
2.4 Жылжымалы тораптары бар желілерде кластерлеу ерекшеліктері	36
2.5 Трафикті бағыттау тәсілдері мен хаттамаларын талдау	38
3 Қазіргі байланыс желілерінің трафигін талдау және модельдеу	48
3.1 M2M трафигінің қасиеттерін талдау	48
3.2 M2M трафик моделі	49
3.3 M2M трафигінің қызмет көрсету сапасына әсері	53
3.4 Желі құрылымын талдау және тұрақтылығын қамтамасыз ету	60
3.5 Жылжымалы тораптары бар желі моделі	61
3.6 Жылжымалы тораптары бар желіде маршруттау әдісі	66
Қорытынды	70
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	71

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта және ұзақ мерзімді перспективада байланыс желілерінің дамуы интернет заттары тұжырымдамасы негізінде жүреді. Интернет заттары туралы түсінік нақты әлемді виртуалды әлеммен байланыстыруға мүмкіндік беретін көп агентті технологияларға негізделген. Интернет заттары тұжырымдамасының ең үлкен қосымшасы-сымсыз сенсорлық желілер.

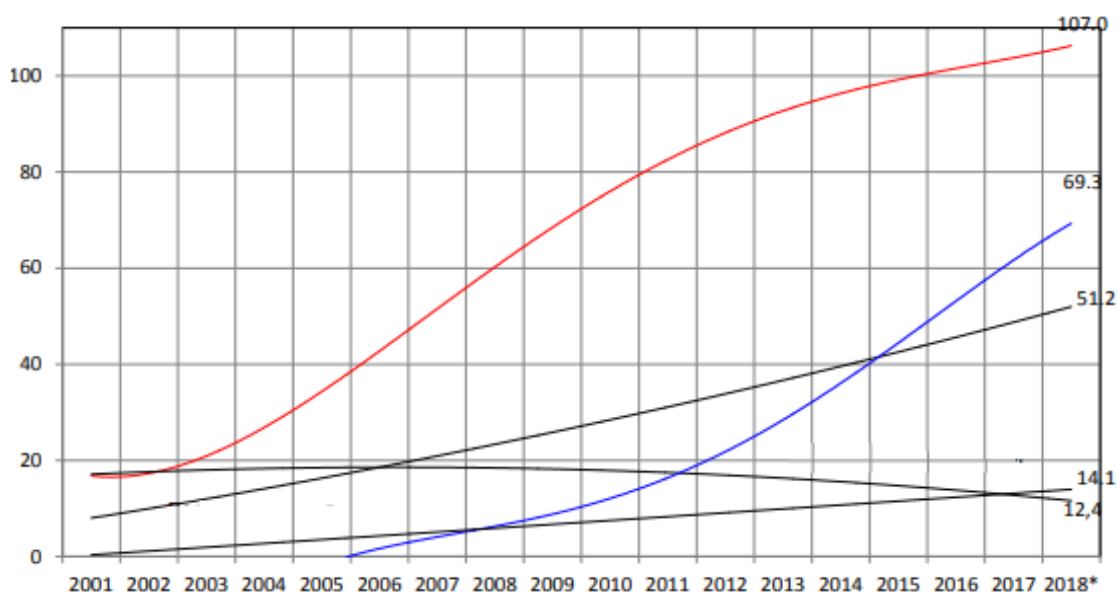
Сымсыз сенсорлық желілердің маңызды ерекшелігі-мұндай желілердің өзін-өзі ұйымдастыратын табиғаты. Жергілікті топтастырылған түйіндер желіні құрайды және бір немесе бірнеше шлюздер арқылы деректерді жібере алады. Деректер сенсордың барлық немесе кейбір түйіндерінде жиналады және әрі қарай өңдеу үшін орталық базалық станцияға жіберіледі. Сонымен қатар, жылжымалы түйіндері бар желілерді құру желіні барлық түйіндердің байланыс аймағында желілік түйіндердің өзара орналасуының өзгеруіне байланысты желінің құрылымын динамикалық түрде өзгертуге мүмкіндік беретін технологиялар мен хаттамаларды қолдануды қамтиды.

Желілік түйіндер арасындағы ең қысқа жолдардың қашықтығы мен ұзындығын бөлумен қатар, түйіндердің қозғалғыштығы жұмыс істеуге айтарлықтай әсер етеді. Егер біз түйіндердің қозғалғыштығын қарастыратын болсақ, онда мұндай зерттеудің нәтижелері теориялық мәнге ие болуы мүмкін, бірақ практикалық қосымшалар, әдетте, белгілі бір міндеттермен анықталған белгілі бір қозғалыс тәртібін ұсынады. Сондықтан түйіндердің қозғалғыштығын олардың қозғалыс ерекшеліктерін ескере отырып, шешілетін мәселе аясында қарастырған жөн. Сонымен қатар, мобильді түйіндердің арқасында сымсыз өзін-өзі ұйымдастыратын желінің ауқымын кеңейту, желінің байланысын арттыру және оның өткізу қабілетін арттыру өте өзекті мәселе болып табылады.

1 Сымсыз байланыс желілерінің даму үрдістерін талдау

1.1 Байланыс желілері мен қызметтерінің дамуын талдау

Байланыс желісін немесе технологияны дамытудың маңызды көрсеткіштерінің бірі-оның енуі. Ену әдетте 100 аймаққа немесе елге пайдаланушылар санымен көрсетіледі. Бұл көрсеткіш технологиялардың даму деңгейін сипаттау үшін кеңінен қолданылады және Халықаралық Электр байланысы одағының (ХЭО) пайдалануы үшін ұсынылған [1]. Айта кету керек, бұл индикаторды қолдану өте ұзақ тарихқа ие және халықтың байланыс құралдарымен (немесе кез-келген басқа техникамен) қамтамасыз етілу дәрежесін сипаттау ниетімен байланысты. Ол, әрине, осындай сипаттаманы береді, бірақ қазіргі уақытта бұл сипаттама толық емес екенін атап өткен жөн, өйткені қазіргі Байланыс желілері мен ақпараттық-коммуникациялық жүйе тұтастай алғанда пайдаланушының адам ретіндегі тұжырымдамасымен шектелмейді. Қазіргі уақытта пайдаланушы (мүмкін емес) құрылғы (компьютер, контроллер немесе басқа механизм) болуы мүмкін, ол сонымен қатар байланыс желісі арқылы жеткізілуі керек ақпаратты тұтынушы немесе өндіруші болып табылады. Бұл интернет заттарын дамыту тұжырымдамасын талдауда төменде толығырақ сипатталады. Қазіргі заманғы байланыс желілері мультисервистік болып табылады, яғни олар көптеген қызметтерді ұсынады, сондықтан дамудың келесі сипаттамасы жеке байланыс қызметтері үшін ұқсас көрсеткіш болып табылады. 1.1-суретте ХЭО-Т статистикасының деректері бойынша алынған 2001 жылдан бастап 2018 жылға дейінгі байланыстың негізгі түрлерінің енуін өлшеудің статистикалық деректері берілген [1].



1.1-сурет – Негізгі байланыс түрлерінің ену динамикасы

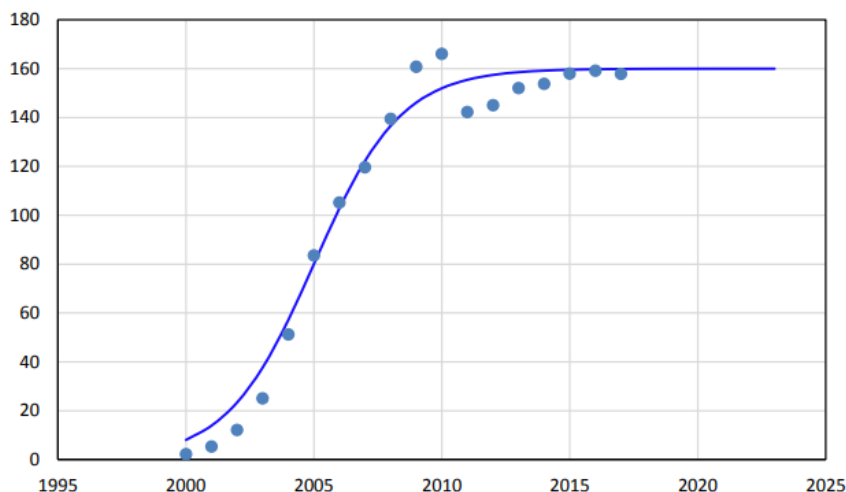
Кестеде келтірілген статистикадан көріп отырғанымыздай, 2018 жылдың соңында әлемдегі орташа есеппен 100 тұрғынға 100-ден астам абонентті құраған жылжымалы байланыс технологиясы (ЖБТ) үшін ең көп ену орын алады. Шын мәнінде, бұл орташа алғанда, әлемде әр қолданушы бірнеше ұялы байланыс желілерінің (ЖБТ) пайдаланушысы немесе бір желіде бірнеше нөмір бар екенін білдіреді. Жалпы, бұл жылжымалы байланыс қызметтерінің жоғары енуін көрсетеді. Сондай-ақ, оның ену динамикасы 2011 жылдан бастап айтарлықтай төмендегенін атап өткен жөн. Бұл осы технологияның нарығы орта есеппен әлемде қанығуға жақын екенін көрсетеді. Байланыстың екінші тез дамып келе жатқан түрі-кең жолақты сымсыз байланыс (кең жолақты байланыс). Суретте сымсыз кең жолақты пайдаланушылар саны 2018 жылға қанығудан әлі алыс екендігі көрсетілген, қазірдің өзінде 100 тұрғынға 60 пайдаланушыдан асады. Мұнда мұндай өсу көбінесе 3G және 4G желілерінің дамуына байланысты деп болжауға болады, олардың пайдаланушылары, әдетте, кең жолақты пайдаланушылар болып табылады.

Интернетті пайдаланушылар саны (100 тұрғынға 50-ден астам) өсіп келеді.

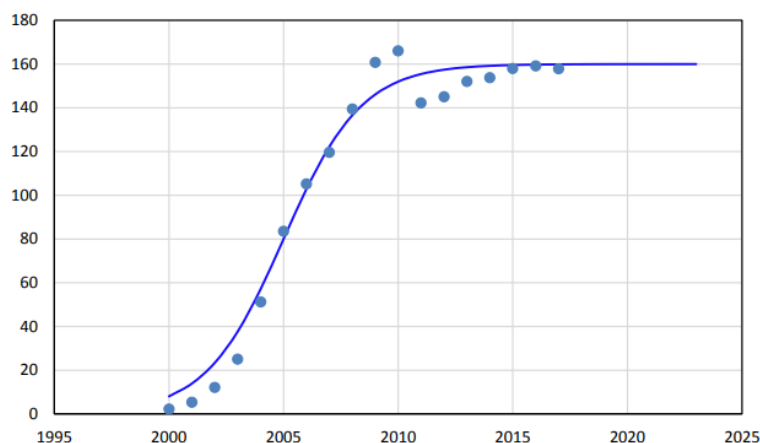
Сондай-ақ, сымды кең жолақты енудің кейбір өсуін атап өткен жөн, бірақ оның өсу жылдамдығы сымсыз кең жолақты енудің жылдамдығынан едәуір төмен. Бұл қазіргі уақытта жылжымалы байланыс желілерінің өткізу қабілеті көптеген танымал байланыс қызметтерін ұсынатындығымен түсіндіріледі.

Сондай-ақ, тіркелген телефон желілерін пайдаланушылар санының енуінің төмендеуін атап өткен жөн. Бұл құбылыс да күтілуде, өйткені көп жағдайда ұялы байланыс қызметтерінің функционалдығы тіркелген желілердің қызметтерін алмастыра алады.

1.2 және 1.3-суреттерде еліміздің ұялы байланыс және Интернет қызметтерінің ену өзгерісінің статистикалық мәліметтері мен болжамы көрсетілген. Нәтижелер ХЭО-Т статистикалық деректері негізінде алынды [1].



Сурет 1.2 – Еліміздің болжамға жылжымалы байланыстың ену динамикасының статистикасы



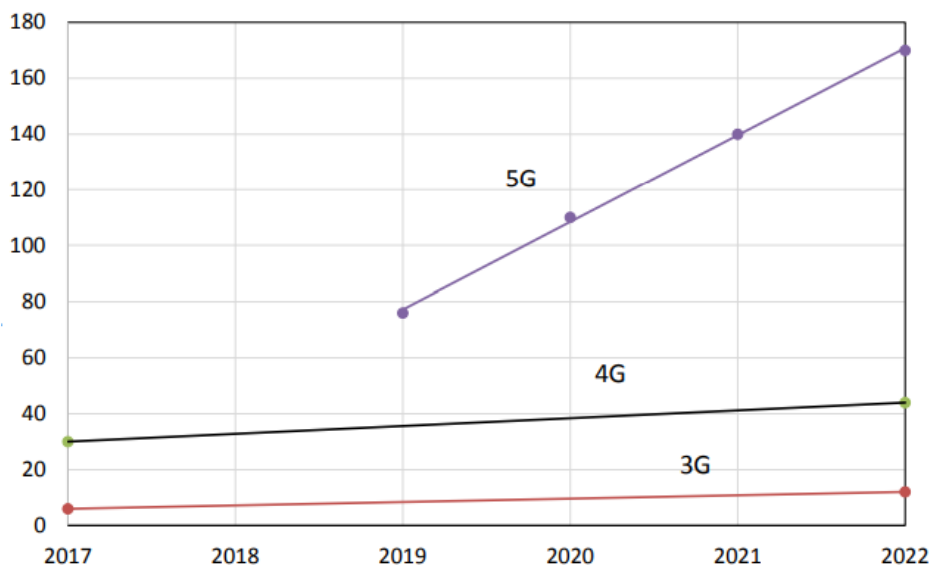
1.3-сурет – Еліміздің Интернеттің ену динамикасының статистикасы

Жоғарыда келтірілген статистикалық мәліметтер мен болжамнан көріп отырғанымыздай, АЖҚ енуі іс жүзінде қанығуға жетті, Интернетті пайдаланушылар санының өсуіне ену әлі де жалғасуда, бірақ ол 100% - ға жақын. Қызметтердің дамуы олардың трафигін қайта бөлуге әкелетінін атап өткен жөн [13], бұл байланыс желілерін құру және дамыту кезінде де ескерілуі керек. Осы деректерді талдау негізінде Елімізде негізгі байланыс қызметтерінің енуі тез жүреді және олардың деңгейі бүгінгі күні өте жоғары деп айтуға болады. Елімізде телекоммуникацияның даму тенденциялары мен дәрежесі дамыған елдер деңгейінде.

Байланыс желілерінің дамуы олардың енуімен де, әлеуетті мүмкіндіктерімен де сипатталады. Қазіргі желілердің мүмкіндіктері байланыс арналарын ұйымдастырудың қолданылатын технологияларына байланысты. Байланыс технологиясының эволюциясы Электронды элементтер базасын, мәліметтерді өңдеу әдістері мен алгоритмдерін, сигналдар мен хабарламаларды дамыту негізінде жүреді. Осы эволюцияның нәтижесінде негізгі сапа көрсеткіштері бар желілік және абоненттік құрылғылардың жаңа ұрпақтарына көшу орын алады. Байланыс желілері мен қызметтерін дамытудың қажетті шарты оларды ұсыну сапасын (қызмет көрсету сапасын) қамтамасыз ету болып табылады, ол қазіргі кезде кең таралған қызметтер үшін халықаралық ұсынымдарда [48-50] айқындалған көрсеткіштермен сипатталады. Мысалы, 2G, 3G, 4G, 5G ұялы байланыс желілерінің ұрпақтарының өзгеруі-бұл желілерді құру технологияларын дамытудың эволюциялық процесі, бұл Пайдаланушының көзқарасы бойынша осы желілердің мүмкіндіктерін кеңейтуге әкеледі. Бұл қолданыстағы қызметтердің сапасын жақсартудың, көп пайдаланушыларға қызмет көрсетудің, жаңа қызметтерді ұсынудың әлеуетті мүмкіндіктерінен көрінеді.

Қазіргі заманғы байланыс желілерінің негізгі параметрлерінің бірі-өткізу қабілеті (деректерді беру жылдамдығы). Әдетте, ол желідегі маршруттың ең «тар буыны» арқылы анықталады. Мұндай «тар» байланыс көбінесе қол жеткізу желісі (деңгейі) (абоненттік желі, пайдаланушы терминалы мен жылжымалы байланыс желісінің базалық станциясы немесе кіру нүктесі арасындағы бөлім) болып табылады. 1.4-суретте 2017 жылдан бастап 2022 ж. дейінгі алынған

мәліметтері бойынша Cisco [14] түрлері бойынша ұрпаққа байланыс желілері желілердің деректерді беру жылдамдығының өзгеру статистикасы мен болжамы көрсетілген.



1.4-сурет – Байланыс желілерінің өткізу қабілетінің өзгеру статистикасы және болжамы (желілердің ұрпақтары бойынша)

Жоғарыда келтірілген талдаудан көріп отырғанымыздай, абоненттік қол жетімділік деңгейіндегі деректерді беру жылдамдығының орташа мәні байланыс желілерін құрудың келесі технологиясына көшу кезінде де, тиісті буын желілерін пайдалану кезінде де артады. Кейінгі буын технологиясына көшу кезінде қол жетімділік деңгейіндегі жылдамдықтың өзгеруі жаңа элементтер базасын және жаңа техникалық шешімдерді қолданудың нәтижесі болып табылады. Сондай-ақ, бір буын желісінде жылдамдықтың өзгеруі байқалады. Бұл байланыс желісінің жабдықтарында да, абоненттер терминалдарында да қолданылатын техникалық шешімдердің дамуына байланысты. Қолданыстағы байланыс желілерін дамыту статистикасы осы буын желілері үшін анықталған техникалық шешімдерді жетілдіру есебінен негізгі көрсеткіштердің өсуін көрсетті. Ұсынылған болжамнан көріп отырғанымыздай, 2022 жылға қарай перспективалы 5G желілерінде қол жеткізу деңгейіндегі орташа қол жетімді жылдамдық 170 Мбит/с-қа дейін артады, бұл 2018 жылмен салыстырғанда 5 еседен астам.

Желілік жабдықты құру технологиясының дамуымен қатар абоненттік құрылғылар (терминалдар) дамуда. Бүгінгі таңда ең көп таралған терминалдар: смартфондар, планшеттік компьютерлер, ноутбуктер, ұялы телефондар (смартфондар емес). Бұл сөйлеу, бейне беру, деректерді беру және осы құрылғылардың деректер байланысы мен функционалдығын пайдалануға негізделген әртүрлі мультимедиялық қызметтер сияқты байланыс қызметтерін алуға мүмкіндік беретін құрылғылар. Аталған құрылғылармен қатар, қазіргі уақытта қолданыстағы байланыс желілеріне қосылатын және белгілі бір

функцияларды қамтамасыз ететін әртүрлі Автоматты құрылғылардың ассортименті кеңеюде. Мысалы, бұл координаттарды бақылау құрылғылары (GPS трекерлері), кіру дабылы, бейне бақылау камералары, фитнес білезіктер, әртүрлі бақылау және басқару құрылғылары. Құрылғылардың бұл класы, әдетте, M2M (машина-машина) құрылғыларына жатады. Көбінесе олардың арасында киілетін құрылғылардың класы да ерекшеленеді (яғни, адам қолданатын құрылғылар). Абоненттік құрылғылардың дамуы жаңа элементтік базаны қолдану және бағдарламалық алгоритмдік қамтамасыз етуді жетілдіру негізінде де жүреді. 1.5-суретте абоненттік құрылғылардың типтері бойынша абоненттік қол жеткізу деңгейінде деректерді беру жылдамдығының өзгеру статистикасы мен болжамы келтірілген. Болжам деректер бойынша алынды [14].



1.5-сурет – Байланыс желілерінің өткізу қабілетінің өзгеру статистикасы және болжамы (құрылғылардың түрлері бойынша)

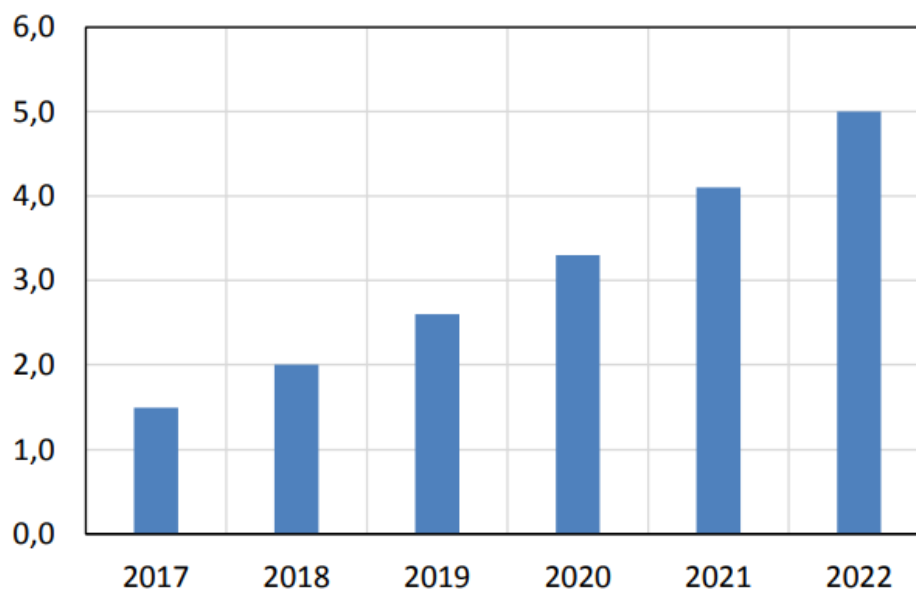
Жоғарыда келтірілген тәуелділіктен көріп отырғанымыздай, қол жеткізу деңгейіндегі ең жоғары жылдамдық планшеттік компьютерлерді пайдалану кезінде қамтамасыз етіледі. 2022 жылға қарай бұл құрылғылар үшін қол жеткізу жылдамдығының орташа болжамы шамамен 55 Мбит/с құрайды, қалған құрылғылар, соның ішінде смартфондар қол жеткізу жылдамдығының аз мөлшерін қамтамасыз етеді, мүмкін олардың массалық сипаттамаларының айырмашылығы тұрғысынан түсіндіруге болады. Келтірілген тәуелділіктер қол жеткізу деңгейінде деректерді беру жылдамдығының өсуінде көрінетін абоненттік құрылғылардың әлеуетті мүмкіндіктерінің арту үрдістерін көрсетеді. Бұл өсу пайдаланушылар талап ететін клиенттік қосымшалар мен қызметтердің дамуына байланысты. Қазіргі және перспективалы байланыс желілеріндегі трафиктің үлкен бөлігі-бұл бейне таратумен байланысты қызметтер трафигі. Экранның үлкен өлшемі бар құрылғылар (суретті неғұрлым егжей-тегжейлі алуға мүмкіндік беретін) трафиктің қарқындылығын арттыратыны табиғи нәрсе.

1.2 5G желілерінде перспективалық технологиялардың дамуын талдау

Жоғарыда айтылғандай, әлемдегі телекоммуникацияның негізгі технологияларының дамуы айтарлықтай жоғары деңгейде іс жүзінде қанықтыруға қол жеткізді. Бұл АТ-ның технологиялық дамуы бөлігінде басты назардың жана перспективалы бағыттарға аударылуына алғышарттар жасайды. Бұл бағыттарды таңдау, мүмкін, адамдардың ақпараттың қол жетімділігін арттыруға (кең мағынада) және қашықтан әрекет ету (басқару мәселелерін шешу) мүмкіндіктерін арттыруға деген ұмтылысына байланысты. Дамудың осындай бағыттары ретінде интернет заттарын (ИЗ) және тактильді интернетті (ТИ) құру тұжырымдамаларын бөліп көрсетуге болады.

ИЗ тұжырымдамасы «кез-келген уақытта және кез-келген жерде» ақпараттың қол жетімділігін арттыруды қамтиды (Ү. 2060 ұсынысының мәтініне жақын [16]). Шын мәнінде, ИЗ дамуы әртүрлі процестер мен құбылыстар туралы деректерді алу құралдарын (сезімтал датчик – сенсорлар) дамытуды және осы ақпаратты өңдеу құралдары мен тұтынушыларға жеткізу технологияларын дамытуды көздейді. Тұжырымдаманың негізгі ережелері және ИЗ құру тәсілі ХЭО-Т ұсынымдарында баяндалған [16-21]. АТ-ның қазіргі жай-күйі ИЗ құру үшін қажетті көптеген функцияларды іске асыруға мүмкіндік береді. Алайда, сенсорлар мен олардан деректерді жеткізу технологияларын дамыту әлі де жалғасуда. Бүгінгі таңда ИЗ деректерінің негізгі көзі және ішінара оларды жеткізу құралы сенсорлық желілер (WSN) болып табылады, кейде бұл атау кең таралған желі (USN) тұжырымдамасымен нақтыланады, бұл желілердің ауқымы мен қолданылуы әр түрлі болуы мүмкін және оларды құру технологиясына назар аудармайды. Негізінде, сенсорлық желілер мен USN сымсыз және сымды берудің әртүрлі технологияларын қолдана алады. Алайда, жоғарыда сипатталған жалпы тенденцияларға сүйене отырып, сымсыз байланыс технологиялары жақын болашақта басым болады. Сондықтан жұмыста сымсыз сенсорлық желілер (WSN) қарастырылады. WSN-дің қолданыстағы желілерден басты ерекшелігі-олардың тікелей пайдаланушылары, яғни ақпарат берудің бастамашылары адамдар емес, деректерді жинау және мүмкін басқару мәселелерін шешетін автоматты құрылғылар. Бұл жағдайда адам алынған ақпараттың жанама пайдаланушысы (мүмкін тұтынушы) болып табылады. Байланыстың бұл түрі M2M (Machine to Machine) деп аталды. Бұл қазіргі заманғы WSN-де жүзеге асырылатын және қазіргі заманғы талдардың негізгі құрамдас бөлігі болып табылатын коммуникацияның негізгі түрі. Сондықтан, бүгінгі таңда ИЗ дамуының негізгі көрсеткіштерінің бірі M2M коммуникацияларын жүзеге асыратын құрылғыларды тарату (байланыс желілеріне қосу) болып табылады. Жоғарыда сипатталған байланыстың негізгі түрлерінің енуінен айырмашылығы, M2M дамуын пайдаланушылар санына немесе популяцияға байланыстыру қиын, дегенмен мұндай бағалау бар. M2M құрылғыларының және жалпы ИЗ құрылғыларының саны адамдар санына тікелей тәуелді емес, бірақ белгілі бір мәселені шешудің қажеттілігі мен әдісімен

анықталады. 1.6-суретте Cisco деректері бойынша алынған әлемдегі M2M құрылғылар санының өсу статистикасы мен болжамы келтірілген [14].



1.6-сурет – Статистика және әлемдегі құрылғылар M2M санының өзгеру болжамы (Cisco деректер көзі)

Жоғарыда келтірілген мәліметтерден әлемде M2M құрылғылар санының 2022 жылға қарай шамамен 2 есе өсуі күтіліп отырғаны байқалады. Мұндай құрылғылардың жалпы саны халық санына жақындады. Кейбір жағдайларда, қазіргі заманғы M2M құрылғылары әдетте екі топқа бөлінеді, олардың біреуі тозатын құрылғылар деп аталады, яғни кейбір адамдар қолданатын құрылғылар. Суретте көрсетілген статистика осы құрылғылардың екі тобын да қамтиды. Жоғарыда келтірілген деректер талдың даму сипаттамаларының бірі ғана болып табылады. Шын мәнінде, ИЗ тек көрсетілген құрылғылармен ғана шектелмейді, ол қазіргі уақытта жаһандық желілермен тікелей байланысы жоқ элементтерді (объектілерді) қамтуы мүмкін, мысалы, өнімдердің, тауарлардың, жануарлардың және т.б. әр түрлі идентификаторлары сияқты. Сондықтан талдардың санын бағалау көбінесе тапсырыс бойынша өзгеруі мүмкін. Егер сіз талдың барлық мүмкін элементтерін ескеретін болсаңыз, онда олардың саны планета тұрғындарының санынан едәуір асып түседі, ал егер бұл құрылғылардың барлығын байланыс желілеріне қосуға болатын болса, онда кейбір жағдайларда желілер өте тығыз болады.

Жоғарыда айтылғандай, ақпарат берудің әдістері мен технологияларының элементтік базасын дамытуға негізделген байланыс желілерін дамыту сапалы жаңа мүмкіндіктер жасайтын жаңа қызметтердің дамуымен қатар жүреді. Мысалы, виртуалды шындық қызметтері адамға виртуалды ортада модельдендірілген жаңа сезімдерді алуға мүмкіндік береді; және кеңейтілген шындық қызметтері қосымша ақпарат алу арқылы әлемді қабылдауды кеңейтеді. Тактильді интернет (ТИ) тұжырымдамасы осы бағыттағы келесі қадам болып

табылады. Ол тамаша байланыс технологияларын қолдану арқылы адамға белгілі бір қашықтықта болу әсерін жасауға бағытталған. Бұл жағдайда қатысудың бұл әсері сезімтал сезіммен қамтамасыз етіледі. Тактильді сезімдер кең мағынада түсіндірілуі керек, олар ең алдымен өзара әрекеттесудің жоғары ХЗ деңгейін (әсер ету және дереу кері реакция) түсінеді. Қолданбалы тұрғыдан алғанда, өзара әрекеттесудің бұл түрі, ең алдымен, қашықтан басқарудың әртүрлі міндеттеріне тән. ТИ жүйесінде мінсіз әрекетке кері реакция соншалықты тез болуы керек, сондықтан кідіріс әлі де бар, ол қатысу әсерін бұрмаламайды. Кейбір дереккөздерде [3, 4] бұл кідірістің мақсатты мәні шамамен 1 мс болуы керек деп айтылған. Мұндай кідіріс мәндерін алу кейбір жағдайларда физикалық шектеулерге байланысты мүмкін емес (сигналдардың таралуының соңғы жылдамдығы), ал көп жағдайда жоғары өткізу қабілеті мен деректерді өңдеудің минималды уақытын қамтамасыз ету қажеттілігіне байланысты өте қиын [2]. Мүмкін, әртүрлі қызметтерді іске асыруды кешіктірудің қажетті мәндері берілген мақсатты мәннен өзгеше болуы мүмкін, бірақ бұл адамның осындай қызметтерді қабылдау сапасына байланысты қосымша зерттеулерді қажет етеді. Алайда, қазірдің өзінде дәстүрлі байланыс қызметтерін (роботтарды, автомобильдерді, ұшу аппараттарын басқару трафигін беру қызметтері және т.б.) ұсыну үшін талап етілетіндермен салыстырғанда деректерді жеткізуді кешіктірудің ең аз мәндерін талап ететін қызметтер тобы дамитын болады деп айтуға болады. Мұндай міндеттерді шешу байланыс желілерінің өткізу қабілетін арттыру арқылы ғана мүмкін емес, бұл үшін құрылымдық өзгерістер қажет. Бұл құрылымдық шешімдер, ең алдымен, деректер көзі мен алушы, таратылған қызметтерді ұйымдастыру арасындағы қашықтықтың қысқаруымен байланысты [2].

Бұл үрдіс, мысалы, виртуализация және виртуалды бейнені пайдаланушыға жақын орналастыру арқылы желідегі кейбір функцияларды бөлуді қамтамасыз ететін желілік инфрақұрылымның осындай элементтерін құруға әкеледі. Айта кету керек, бұл мәселенің шешімдерінің бірі, егер олар жеткілікті жақын қашықтықта болса, таратушы және қабылдағыш құрылғылар арасында тікелей қосылыстарды (D2D) қолдану болуы мүмкін. Сонымен қатар, егер абоненттік (пайдаланушы) құрылғылар өз желісін құра алса, мысалы, D2D қосылымдарын қолдана отырып, деректерді жеткізу жылдамдығы желілік инфрақұрылым элементтерінің маршруттан шығарылуына байланысты айтарлықтай артуы мүмкін. Осылайша, WSN құрылымдары ТИ трафигіне қызмет көрсету үшін негіз бола алады. Әрине, бұл жағдайда WSN құру үшін ең жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ететін технологиялар қолданылуы керек.

Жоғарыда айтылғандай, байланыс желілерін дамытудың негізгі бағыты 5G желілеріне көшу болып табылады. осы желілерді дамытудың негізгі тенденциялары олардың технологиялық базасына да, құрылымдық және ұйымдастырушылық шешімдеріне де қатысты [9]. Бұл желілердің Елеулі айрықша ерекшеліктері мыналар болып табылады:

- қызмет көрсету аумағындағы абоненттер мен құрылғылардың жоғары (аса жоғары) тығыздығы;

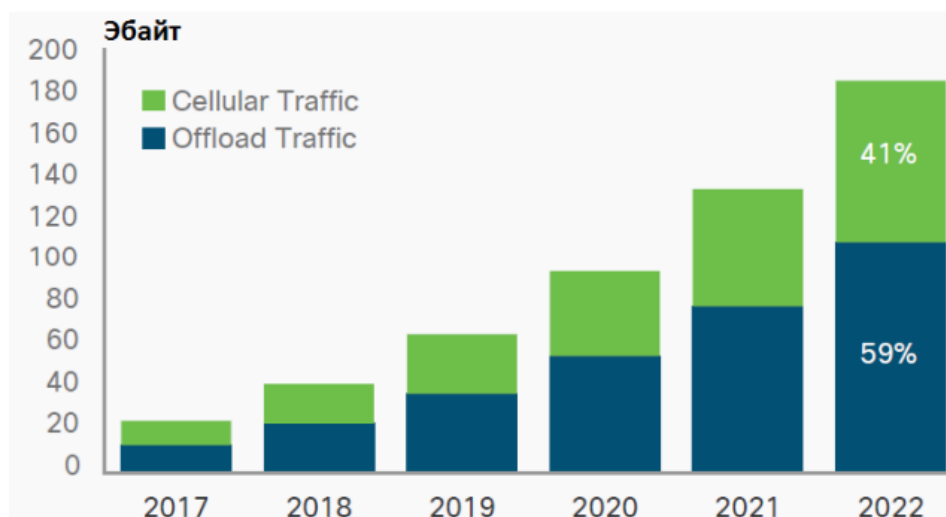
- гетерогенді қол жеткізу желілері;

- алдыңғы буын желілерімен салыстырғанда деректерді берудің неғұрлым жоғары жылдамдығы;

- лицензияланатын, сондай-ақ лицензияланбайтын жиілік диапазонында (жолақішілік және жолақтан тыс кластерлеу) желілік құрылғылар (D2D-Device to Device) арасындағы тікелей қосылыстарды пайдалануға жол беру;

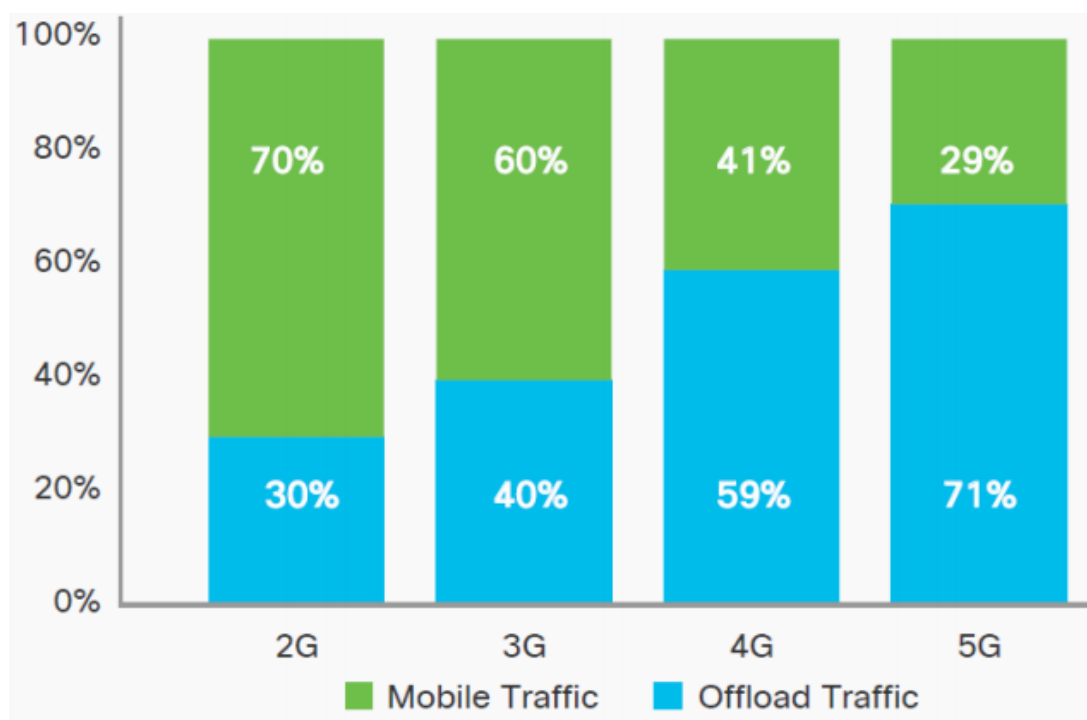
- радиожілік спектрінің жаңа, неғұрлым жоғары жиілікті учаскелерін пайдалану. 5G желілері (толық немесе ішінара) И3 желілерін біріктіреді. Бұл тұрғыда 5G желілері трафикке қызмет көрсетудің бірқатар жаңа тәсілдерін ұсынады, олар, атап айтқанда, И3 трафиінің ерекшеліктерін ескереді. Бұл, ең алдымен, құрылғылар арасында тікелей қосылыстарды ұйымдастыру мүмкіндігі. 5G желілерінде D2D байланысын қолданудың мақсаты желілік инфрақұрылымның элементтерін айналып өтіп, трафиктің белгілі бір бөлігін тікелей құрылғылар арасында бағыттау процесі болып табылады. Бұл тәсіл «трафикті түсіру» деп аталды. Трафикті түсіру байланыс желісінің элементтері (базалық станциялар, кіру нүктелері және т.б.) қызмет ететін трафиктің қарқындылығын едәуір төмендетуге мүмкіндік береді. Құрылғыларды жолақтан тыс кластерлеуді пайдалану кезінде, сондай-ақ лицензияланатын радиожілік ресурсын айтарлықтай үнемдеуге қол жеткізіледі [1, 5]. Жалпы алғанда, бұл желілік ресурстарды пайдаланудың тиімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. 1.7-суретте қазіргі және перспективалы байланыс желілеріндегі түсірілетін трафик үлесінің өзгеруі туралы болжам келтірілген ([4] деректері бойынша). 3G және 4G желілерінде трафикті түсіру ретінде WLAN желісінде ЖБТ трафиінің үлесін беру процесі қарастырылады. WLAN құрылысының негізгі технологиялары-WiFi стандарттары (IEEE 802.11). Бұл стандарттар да айтарлықтай дамып келеді және олардың соңғысы (IEEE 802.11 ac) көптеген заманауи қосымшалар үшін жеткілікті жоғары жылдамдыққа қол жеткізуге мүмкіндік береді [5, 6].

WLAN-дің көпшілікке де, корпоративті де, жеке меншікке де кеңінен таралуы олардың қол жетімділігін едәуір арттырады, демек, бұл желілерді ұялы байланыс абоненттерінің қол жеткізу желісі ретінде пайдалану ықтималдығы.



1.7-сурет – ЖБТ трафигі мен түсірілетін трафиктің Өзгеру статистикасы мен болжамы (Cisco деректер көзі)

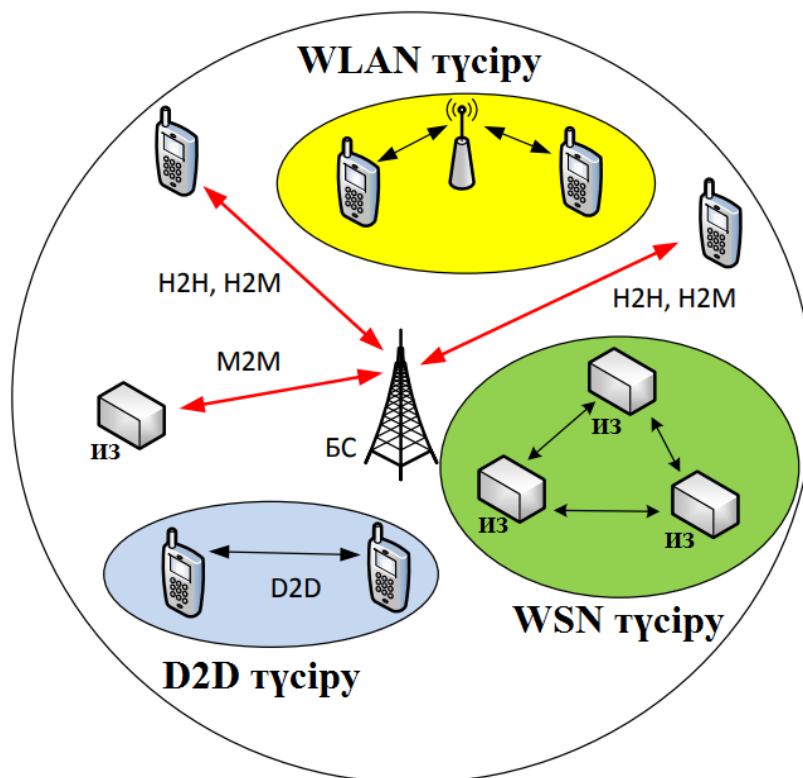
1.7-суреттен көріп отырғанымыздай, түсірілетін трафиктің үлесі ұлғаяды және перспективада 2022 жылға қарай жылжымалы байланыс желілерін құруда пайдаланылатын барлық технологиялар үшін орташа есеппен 50% - дан асатын болады.



1.8-сурет – Түсірілетін трафик үлесінің өзгеруін болжау (Cisco деректер көзі)

1.8-суретте жылжымалы байланыс желісін құрудың әртүрлі технологиялары үшін түсірілген трафик үлесінің өзгеруі туралы болжам

берілген. Бұл 5G желілерінде жұмыс істейтін барлық абоненттік құрылғылар WLAN желілерінде жұмыс істейтіндігімен түсіндіріледі, ал 2G желілеріне бағытталған ескірген құрылғылар үшін олай емес. Жоғарыда келтірілген деректер негізгі байланыс қызметтерінің трафигін (сөйлеу, мультимедиа, деректер) тікелей құрылғы – құрылғы және WLAN желілері арқылы түсіруді суреттейді. Трафикті түсірудің ұқсас процесі ИВ трафигі үшін де орын алуы мүмкін, яғни жылжымалы байланыс желілерін жаһандық желімен шлюз ретінде пайдаланатын сымсыз сенсорлық желілерде өндірілетін және қызмет көрсетілетін трафик 1.9 суретте көрсетілген.

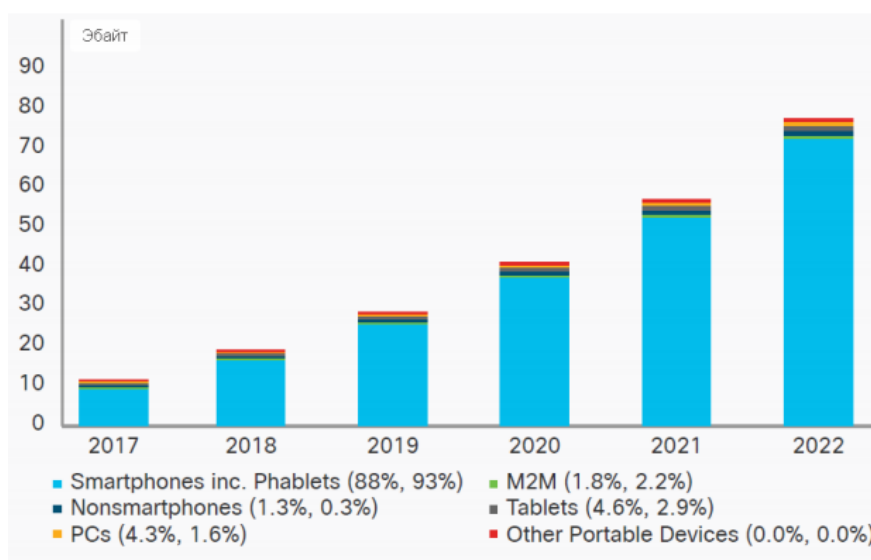


1.9-сурет – Гетерогенді байланыс желісіндегі трафикті түсіру

Суретте қол жетімді үш мүмкіндікті пайдалану кезінде трафикті түсіру процесінің суреттері көрсетілген: жергілікті WLAN желілері, D2D сымсыз сенсорлық желілері WSN. WSN құрылысының көптеген стандарттары радиожилік спектрінің лицензияланбаған бөлімдерін де қолданады. WSN құрылысының құрылымы, сонымен қатар, көп жағдайда желі элементтері арасында тікелей қосылыстарды қолдануға мүмкіндік береді. Айта кету керек, қазіргі уақытта WSN құру үшін ZigBee (IEEE 802.15.4), WiFi (IEEE 802.11), Bluetooth (IEEE 802.15.1), LoRaWAN, SigFox сияқты технологиялар жиі қолданылады. Бұл стандарттар құрылғылар арасында тікелей байланыстарды ұйымдастыруға және осындай қосылыстар негізінде желілер құруға мүмкіндік береді [20].

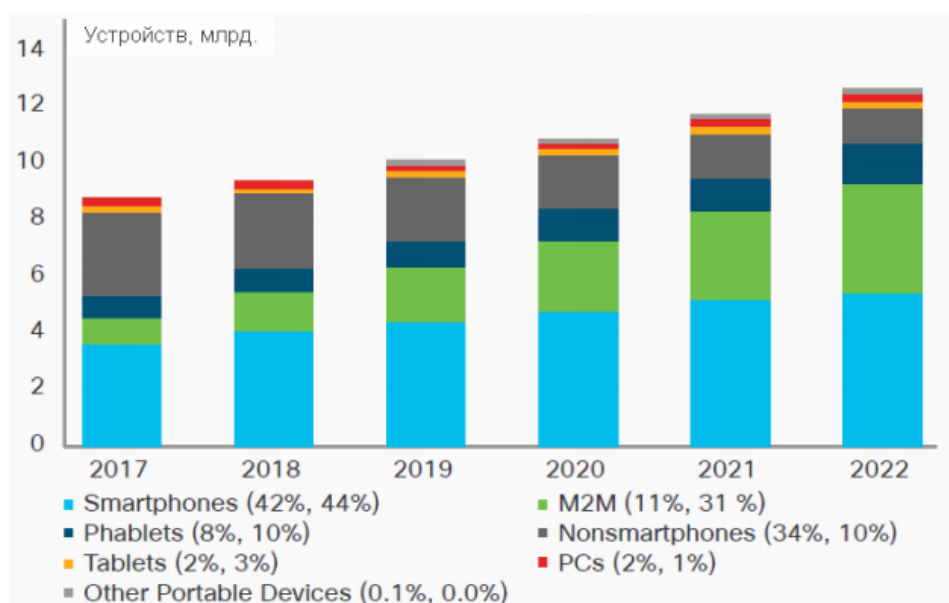
Бұл WSN желісіндегі ИВ трафигін түсіруге мүмкіндік береді, бұл кейбір жағдайларда негізгі желіні айтарлықтай жеңілдетеді. Жалпы алғанда, M2M және

IV трафигі қазіргі уақытта өндірілген трафиктің жалпы көлемінің тым көп бөлігін құрайды, 1.10-сурет. Жоғарыда келтірілген болжамға сәйкес, 2022 жылға қарай оның үлесі жалпы трафиктің 2% - дан астамын құрайды, бұл өте маңызды, бірақ бұл мән құрылғының м2 М-ін трафиктің негізгі көздеріне жатқызуға мүмкіндік бермейді. Алайда, бұл жерде келтірілген деректер қалыпты жағдайда кейбір орташа деңгейді көрсететінін ескеру қажет. Шынында да, M2M трафигі, әдетте, шектеулі көлемге ие. Бұл дұрыс болса да, егер ол автоматты құрылғылар шығаратын мультимедиялық трафикті ескермесе (бейнебақылау камералары және т.б.). Бұл жағдайда да M2M трафигі байланыс желілері үшін маңызды проблемалар тудыруы мүмкін жағдайлар болуы мүмкін [3, 4]. Біріншіден, бұл көптеген құрылғылар мен олардың жұмыс алгоритмдеріне байланысты. Мультимедиялық Трафиктен айырмашылығы, сыртқы факторлар M2M трафигінің айтарлықтай өсуіне әкелуі мүмкін.



1.10-сурет – Түрлі құрылғылар (Cisco деректері көзі) арқылы өндірілетін трафик өзгеруі болжамы

1.11-суретте әртүрлі құрылғылардың қосылыстарының санының өзгеруінің салыстырмалы болжамы көрсетілген. Осы болжамнан олардың саны байланыс желілеріне қосылған барлық басқа құрылғылардың санына сәйкес келетінін көруге болады.



1.11-сурет – Құрылғылардың түрлері бойынша қосылулардың өзгеру болжамы

Осылайша, M2M құрылғылары тарапынан «жаппай қоңыраулардың» ықтимал мүмкіндігі бар, бұл жылжымалы байланыс желілеріндегі қызмет көрсету сапасына қауіп төндіреді. Сондықтан WSN қолдана отырып, M2M құрылғыларының трафигін түсіру ИЗ трафигімен, атап айтқанда M2M құрылғыларымен шамадан тыс жүктемелер қауіпін азайту арқылы перспективалы байланыс желілерінің тұрақтылығын қамтамасыз етудің тиімді құралы бола алады.

1.3 Сымсыз сенсорлық желілерді құру мәселелерін талдау

Жоғарыда келтірілген талдаудан байланыс желілерін дамытудың негізгі үрдістері негізгі көрсеткіштердің өсуін қамтамасыз ететін және пайдаланушыларға көрсетілетін қызметтердің сапасы мен санының эволюциясын қамтамасыз ететін перспективалы желілерді (осы кезеңде 5G) құру болып табылады. Сонымен қатар, олар Интернет заттары және тактильді интернет элементтері сияқты ақпараттық-коммуникациялық жүйенің жаңа элементтері шығаратын трафикке қызмет көрсетуді қамтамасыз етеді. Перспективалы байланыс желілерінің тән ерекшелігі олардың тиімділігін арттырудың қол жетімді мүмкіндіктерін пайдалану болып табылады. Бұған әртүрлі технологияларды ұтымды немесе оңтайлы біріктіру мүмкіндігінен тұратын гетерогенді құрылымның артықшылықтарын пайдалану арқылы қол жеткізіледі. Атап айтқанда, бұл желіге қол жетімділікті қамтамасыз ету, сондай-ақ трафикті түсіру міндеттеріне қатысты. Соңғысы, іс жүзінде, трафикке қызмет көрсету әдістерін таңдау міндеттері болып табылады. Бұл әдістердің мақсаты, тұтастай алғанда, желі аясында қазіргі уақытта қол жетімді трафикке қызмет көрсетудің оңтайлы (немесе оңтайлы) әдісін таңдау болып табылады. Мұндай

әдістерді құру және енгізу Қызмет көрсету жүйесінің ерекшеліктерін, өндірілген трафиктің қасиеттерін және қызмет көрсету сапасына қойылатын талаптарды ескеруі керек. Жоғарыда айтылғандай, WSN-ді перспективалы гетерогенді желі технологиясының бірі ретінде қарастыруға болады. WSN құрылысының бірқатар міндеттері тұжырымдалған [1, 7, 9]. Мұндай желілер М2М құрылғыларының, сондай-ақ басқа ИЗ құрылғыларының қосылуы мен өзара әрекеттесуін қамтамасыз ете алады. Перспективалы гетерогенді желі аясында WSN қолдануды трафикті түсірудің бір әдісі ретінде қарастыруға болады. Бұл процесті жылжымалы байланыс желісі жағынан да, WSN жағынан да басқаруға болады. Мұндай жағдайларда басқарудың тиісті тетіктері іске асырылуға тиіс.

1.1 Кесте - WSN құру технологиясын салыстыру

Атауы	Диапазон	Өзін-өзі ұйымдастыру	IP хаттамасы	Жылдамдығы	Байланыс қашықтығы
Wireless HART	868.0-868.6, 902—928,	+	-	256 Кбит/с	300
6LoWPAN	2400—	+	+		200
ZigBee	2483.5	+	-		600
Bluetooth 4.1	2400 - 2483,5	-	+	3 Мбит/с	100
IEEE 802.11ah	900	+	+	40 Мбит/с	1200 (10000 дейін)
IEEE 802.11	2400 - 2483,5	+	+	600 Мбит/с	250 (10000 дейін)
IEEE 802.16e	2300, 2500, 3300, 3400-3800	+	+	40 Мбит/с	5000
LoRa	433, 868, 915	-	-	50 Кбит/с	45000
Sigfox	868, 916	-	-	100 бит/с	50000
Weitless P	169, 433, 470, 780, 868, 915, 923	-	-	100 Кбит/с	2000
NB-IoT	700, 800, 900	-	-	200 Кбит/с	*

Ескерту. Кестеде көрсетілген деректерді беру жылдамдығының сандық мәндері көптеген қосымшаларда үлгі ретінде қарастырылуы керек. Байланыстың мәні мен ауқымын қолайлы жағдайларда мүмкіндігінше қол жетімді деп қарастырған жөн. NB-IoT байланысының ауқымы негізгі технологиямен анықталады, яғни LTE осы желі негізінде ұйымдастырылады.

Қазіргі уақытта WSN құрудың негізгі технологиялары:

1. IEEE 802.15.4

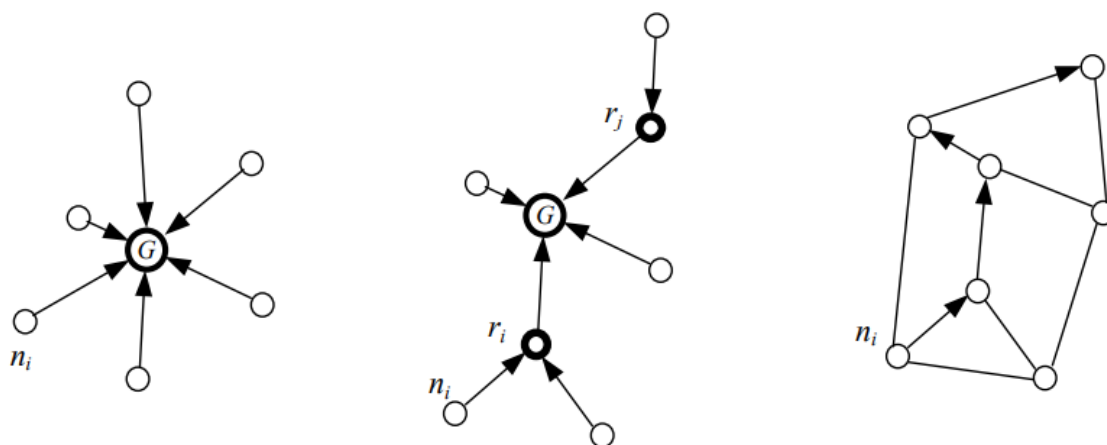
-WirelessHART (IEC 62591) стандарты негізіндегі технологиялар;

-6lowpan (RFC4944);

- ZigBee (ZigBee Alliance).
- 2. IEEE 802.15.1 (Bluetooth) стандартына негізделген технологтар
- 3. IEEE 802.11 стандарттар тобы негізіндегі технологиялар;
 - IEEE 802.11 ah
 - IEEE 802.11 (n) s;
 - IEEE 802.16 e стандарты негізіндегі Mobile WiMAX стандарты;
 - LPWAN стандарты.
- 4. WAN стандарттар тобына негізделген технологиялар;
 - LoRa (LoRa Alliance)
 - SigFox;
 - NB-IoT;
 - Weightless P.

Стандарттардың соңғы тобы (WAN) басқалардан айтарлықтай ерекшеленеді, өйткені олар сигналдарды қалыптастыру мен өңдеудің тиісті әдістерін қолдану арқылы едәуір үлкен желілерді құруды қамтамасыз етеді. Бұл технологиялардың (стандарттардың) сипаттамалары әдебиетте жеткілікті түрде егжей-тегжейлі сипатталған, атап айтқанда [21], сондықтан жұмыста олардың негізгі параметрлерінің салыстырмалы сипаттамалары ғана келтірілген, 1.1-кесте.

Қарастырылған технологиялардың негізгі сипаттамаларын салыстырмалы талдау олардың көпшілігі радиожилік спектрінің лицензияланбаған бөлімдерін қолданатындығын көрсетеді. Бұл осы технологияларды байланыс желісінің тиімділігін арттыру мақсатында ИЗ трафигін түсіру үшін пайдалануға мүмкіндік береді. Жоғарыда айтылғандай, масштабты желілерді (WAN) құруға бағытталған бірқатар технологиялар айтарлықтай ұзақ қашықтыққа ие. Кейбір жағдайларда бұл деректерді жинау және өңдеу үшін M2M желілерін ұйымдастырудың тиімді шешімдерін алуға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, бірқатар технологиялар өзін-өзі ұйымдастыру функцияларын, яғни трафикті жеткізу маршруттарын құру үшін транзиттік тораптар ретінде пайдалана отырып, осы құрылғылардың негізінде желілерді құруды қолдайтынын атап өткен жөн. Бұл сапа осы технологияларды желілерді құру үшін қолданған кезде де пайдалы болуы мүмкін масштаб (қызмет көрсету аймағының геометриялық өлшемдері) қол жетімді байланыс ауқымынан асады. WSN құру кезінде байланыс (қол жетімділік, қол жетімділік) және қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету сияқты негізгі міндеттер шешіледі [1, 12]. Бұл мәселелерді шешу желінің жұмыс істеу жағдайларына байланысты. Бұл тұрғыда желі құрылымының тұрақтылығы маңызды рөл атқарады. Соңғысы желі түйіндерінің өзара орналасу немесе қозғалыс сипатына байланысты. Егер бұл позиция өзгерсе, онда жылжымалы түйіндері бар желіні қарастырған жөн. Жалпы жағдайда WSN құрылысының келесі құрылымдарын бөлуге болады: Жұлдыз, ағаш және байланысты желі. Бұл құрылымдардың комбинациясы немесе тең емес түйіндері бар желіні құрудың иерархиялық принципін қолдану да орын алуы мүмкін. 1.12-суретте WSN ұйымдастыруда қолданылатын негізгі құрылымдар көрсетілген.



1.12-сурет – WSN құрылысының құрылымы, жұлдыз (а), ағаш (б), тор (в)

«Жұлдыз» құрылымы WSN құрудың ең қарапайым шешімі болып табылады, әдетте мұндай құрылым G шлюзіне жеткізілетін деректерді жинауды ұйымдастыру үшін қолданылады, жалпы жағдайда шлюздер бірнеше болуы мүмкін, яғни желіде бірнеше «жұлдыздар» болуы мүмкін. Мұндай құрылымды құрудың негізгі міндеті шлюздің орнын таңдау болып табылады, өйткені желілік түйіндер, желілік түйіндердің орналасуы, әдетте, Бақыланатын объектілердің орналасуымен анықталады. Егер түйіндер көп болса немесе едәуір аумақ болса, бірнеше шлюздердің орналасқан жерін табу қажет.

Осылайша, жалпы жағдайда осы құрылымның желісін құру міндеті-қажетті шлюздер мен оларды орналастыру нүктелерінің санын бағалау. Бұл мәселені шешу желілік түйіндердің орналасуына, олардың параметрлеріне, сондай-ақ трафик параметрлері мен шлюздердің өткізу қабілеттілігіне байланысты.

«Ағаш» құрылымы тораптар мен шлюз арасындағы қашықтық пайдаланылатын технология үшін мүмкін болатын байланыс ауқымынан асып кеткен кезде желіде бір шлюз болған жағдайда қолданылады. Бұл жағдайда желі түйіндерінің бір бөлігі транзиттік түйіндердің рөлін атқарады. Бұл бөлінген транзиттік тораптар (өз трафигін жүргізбейтін), сондай-ақ шеткі және транзиттік функцияларды біріктіретін тораптар болуы мүмкін. Мұндай желінің жұмыс істеуі оның түйіндерінің орналасуына байланысты екені анық. Жалпы жағдайда, желі тораптарының әрқайсысы үшін қажетті маршрут құрыла алмайды.

Мұндай желіні құрудың негізгі міндеті-трафикті жеткізу маршруттарын таңдау. Мұндай жағдайда транзиттік учаскелер санымен анықталатын бағыттардың сипаттамасы және олардың әрқайсысының сапасы желідегі трафикке қызмет көрсету сапасын айқындайды. Бұл мәселені шешу сонымен қатар желі түйіндерінің орналасуына, олардың параметрлеріне және өндірілген трафикке байланысты. Мұндай құрылымда транзиттік трафиктің берілуіне байланысты желі тораптары көбірек қолданылатыны анық. Сондықтан түйіндердің функцияларын бөлуге байланысты Энергияны үнемдеу мәселесі қосымша туындайды.

«Тор» (байланысты) құрылымы ағаш тәрізді құрылымға ұқсас, айырмашылығы, онда трафик беру бағыттары кез-келген болуы мүмкін. Бұл құрылымда шлюз рөлін атқаратын арнайы торап бөлінбейді. Мұндай желіні құрудың негізгі міндеті, алдыңғы жағдайдағыдай, трафикті бағыттау міндеті болып табылады.

Ағаш тәрізді және тор тәрізді құрылымдар өзін-өзі ұйымдастыратын желілерге, яғни логикалық құрылымды автоматты түрде таңдауды қамтамасыз ететін хаттамаларды қолдайтын желілерге тән тораптар мен трафикті жеткізу маршруттарының функцияларын анықтау.

Түйіндердің салыстырмалы қозғалысы жағдайында желі құрылымы тұрақсыз болатыны анық. Мұндай жағдайда тораптар жағдайының әрбір өзгеруі кезінде желіні қайта конфигурациялауды (қайта құруды) жүргізу талап етіледі. Бұл жағдайда кішігірім өзгерістер маршруттарды қайта құруды және түйіндердің логикасын қажет етпеуі мүмкін. Сондықтан, мұндай желіні құру міндеттерінің бірі-желінің ең тұрақты конфигурациясын табуға мүмкіндік беретін әдістерді қолдану, ол ұзақ уақыт бойы өзгеріссіз қалуы мүмкін. Тұрақты конфигурацияны таңдау жаңа бағыттарды табу арқылы желіні жүктеуге және пайдалы трафиктің сапасына айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

Жоғарыда қарастырылған міндеттер нақты WSN құрылысының көптеген жағдайларына тән.

Әрине, WSN құру міндеттерінің бірі-радиоарнаны ұйымдастырудың технологиясын таңдау (1.1-кесте).

Бұл мәселені шешу үшін көптеген факторларды ескеретін кешенді тәсіл қажет, мысалы, желі түйіндерінің саны, оның мақсаты, аумақ бойынша таралу сипаты, белгілі бір жиілік диапазонындағы электромагниттік орта және белгілі бір жағдайлар үшін электромагниттік үйлесімділік, экономикалық көрсеткіштерге қойылатын талаптар.

Перспективалы байланыс желілерінің гетерогенді құрылымын ескере отырып, WSN әр түрлі технологияларды арна деңгейінде қолданады деп күтуге болады, сондықтан алынған модельдер мен әдістерді WSN құрылысының әр түрлі технологияларын қолдану кезінде қолдануға болатындай етіп жалпы мәселелерді шешкен жөн.

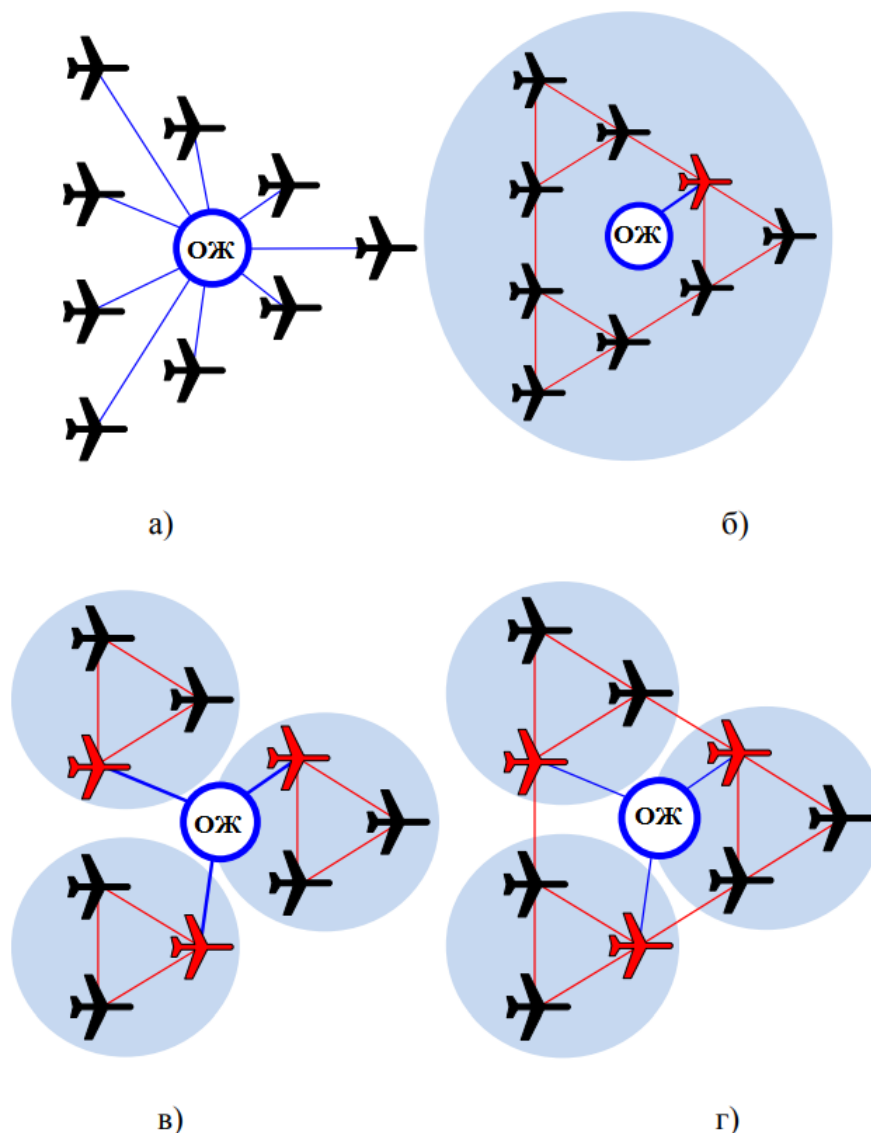
2 Сымсыз желі құрылымын таңдау әдістерін талдау

2.1 Кластерлеу міндеттері

Бүгінгі таңда сенсорлық желілерді басқару үшін әртүрлі мобильді роботтар мен жылжымалы жүйелердің кең спектрі, соның ішінде әуе кемелері, түрлі сипаттағы ақпаратты жинау, өңдеу, кодтау және берудің жоғары өнімді және тиімді борттық жүйелерін пайдалануға негізделген биік әуе платформалары қолданылады. Мониторингтік деректер жинауға, жинақтауға және беруге жатады, олар шығыс сигналдары және сенсорлардың, бейнесенсорлардың деректер массиві, сенсорлық сымсыз желілердің қашықтағы Объектілік жүйелерінен қабылданған деректер пакеттері болып табылады. Байланыс желілерінің элементтерін, атап айтқанда сенсорлық желілер мен D2D коммуникацияларын қолдана отырып салынған желілерді кластерлеу міндеті көптеген жұмыстарға арналған, мысалы [1, 14]. Сымсыз байланыс желілерін құру әрқашан түйіндердің орналасуын және олардың байланыс аймақтарын анықтаумен байланысты. Егер бұл аймақтар толығымен қабаттасып, қызмет көрсету аймағын қамтыса, онда желіні «әрқайсысы бар» қағидаты бойынша ұйымдастыруға болады. Осыған байланысты жылжымалы түйіндер арасындағы тиімді байланысты қамтамасыз ету және қолдау міндеті үлкен қызығушылық тудырады. Жалпы жағдайда жылжымалы түйіндер әртүрлі жылдамдықта және әртүрлі траекторияларда қозғала алады, бұл олардың арасындағы үздіксіз байланысты қамтамасыз етудің айқын қиындықтарын білдіреді. Өзін-өзі ұйымдастыратын желіде желілік түйіндердің өзара орналасуы өзгерген кезде жылжымалы түйіндер арасындағы байланыс топологиясы өзгеруі мүмкін.

Сондықтан, мұндай желінің түйіндері (желілік байланыс) арасындағы байланысты қамтамасыз ету үшін тиісті желілік архитектураны таңдау қажет. Сымсыз желіні құру құрылымы жылжымалы түйіндер арасында желіні ұйымдастырудың негізгі мәселесі болып табылады. Бұл тарауда осы желіде оның жылжымалы түйіндерімен байланысты ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА) пайдалану мысалында жылжымалы тораптары бар желіні құру қарастырылатын болады. Мұндай міндеттердің бірқатар ерекшеліктері сипатталған [14, 18]. Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін мынадай міндеттерді шешу талап етіледі: - басқаруды ұйымдастыру тәсіліне қарай оларды басқару мақсатында ҰҰА-ның басқару орталығымен және/немесе басқа да ҰҰА-лардың байланысын қамтамасыз ету міндеті; ақпарат (сенсорлар, бейне және т.б.) алу және оны басқару орталығына беру міндеттері. - ҰҰА-ны топтық басқару міндеті өте перспективалы, өйткені бірқатар қосымшаларда ҰҰА тобын қолдану тапсырманы орындау тиімділігін едәуір арттырады, ал көптеген міндеттер айтарлықтай жеңілдетіледі. Маңызды бөлшектерді жіберіп алмастан қысқа мерзімде үлкен аумақтарды бақылауға мүмкіндік бар. Осыған байланысты топтағы ҰҰА арасындағы тиімді байланысты қамтамасыз ету және қолдау міндеті қызығушылық тудырады. Жалпы жағдайда, ҰҰА әртүрлі жылдамдықта және әртүрлі траекторияларда қозғала алады, бұл олардың арасындағы үздіксіз

байланысты қамтамасыз етудің айқын қиындықтарын білдіреді. Түйіндер мен байланыстар саны, сондай-ақ өзгеретін түйіндердің салыстырмалы позициялары бар ҰҰА желісінің топологиясы. Сондықтан, мұндай желінің түйіндері арасындағы байланысты қамтамасыз ету үшін қолайлы желілік архитектураны таңдау қажет. ҰҰА тобы үшін байланыс желісін құрудың екі негізгі архитектурасын қарастырыңыз, мысалы, орталықтандырылған және орталықтандырылмаған желілер және олардың комбинациясы. 2.1-суретте 2.1 а суретін салудың орталықтандырылған әдісі, орталықтандырылмаған 2.1 б сурет және аралас 2.1 в сурет және 2.1 г сурет үшін желілердің архитектурасы схемалық түрде көрсетілген.



2.1-сурет – ҰҰА тобының а желісін ұйымдастыру тәсілдері. а-орталықтандырылған, в-орталықтандырылмаған (ad-hoc желісі), в және г аралас әдістер (көп топтық және көп қабатты әдістер).

ҰҰА-мен байланыс желісінің жұмыс істеуінің негізгі көрсеткіштерінің бірі байланыс болып табылады, оның көрсеткіші байланыс ықтималдығы болып табылады p_{con}

ҰҰА тобының жұмысы кезінде ҰҰА-ның басқару орталығымен $P_{(C)}$ байланысын және ҰҰА-ның $P(u)$ арасындағы байланысын ажыратуға болады.

2.2 Орталықтандырылған желі

Бұл жағдайда барлық желі тораптары (ҰҰА) бір немесе одан да көп Орталық тораптарға (мысалы, жерүсті станциялары) тікелей қосылған және ҰҰА арасындағы барлық байланыстар жерүсті станциясы (станциялар желісі) арқылы маршруттармен ұйымдастырылады. Мұндай құрылымда ҰҰА-мен байланыс аймағы ҰҰА – жерүсті станциясы радиоарнасының мүмкіндіктерімен шектелген, сондай-ақ топ құратын құрылғылардың барлық трафигіне жерүсті станциясы қызмет көрсетуі тиіс, бұл шамадан тыс жүктемеге және соның салдарынан барлық ҰҰА-мен байланыстың жоғалуына әкелуі мүмкін. Қажет болса, ҰҰА арасындағы байланыс трафикті жер үсті станциясы да қамтамасыз етуі керек, бұл кідірістің өсуіне әкеледі. Жер үсті станциясы немесе онымен байланыс істен шыққан кезде ҰҰА-ның бүкіл желісі байланысын толығымен жоғалтады. Алайда, бұл архитектура топтағы ҰҰА арасындағы байланысты ұйымдастыру қажет болмаған кезде әртүрлі қосымшаларда жиі қолданылады. Желінің осы архитектурасында ҰҰА - жерүсті станциясы байланыс желілерінің жеткілікті өткізу қабілетін қамтамасыз ету талап етіледі, оның қол жеткізуге болатын шамасы бүкіл топтың қолданылу аясын шектейді.

Бұл жағдайда i -ші ҰҰА мен $p(c)$ басқару орталығы арасындағы байланыс ықтималдығы ҰҰА мен $p(uc)$ басқару орталығы арасындағы байланыс арнасының болу ықтималдығымен ғана анықталады , яғни

$$p_c = p_{uc} \quad (2.1)$$

i және j екі ҰҰА арасындағы байланыс ықтималдығы екі арнаның болу ықтималдығы ретінде анықталады: $p_u = p_{ic} p_{cj}$

мұндағы $p_{(ic)}$ – i -ші ҰҰА мен басқару орталығы арасындағы арнаның болу ықтималдығы;

$p_{(cj)}$ – басқару орталығы мен j -ші ҰҰА арасындағы арнаның болу ықтималдығы.

$p_{ic} = p_{cj} = p_{uc}$ кезде :

$$p_u = p_{uc}^2 \quad (2.2)$$

Көп жағдайда ҰҰА топтары динамикалық өзгеретін ортада тапсырмаларды орындайды, ҰҰА топтық өзара әрекеттесу алгоритмін іске асыру ҰҰА тобының бірі «бас» болып табылатын байланыс схемасын

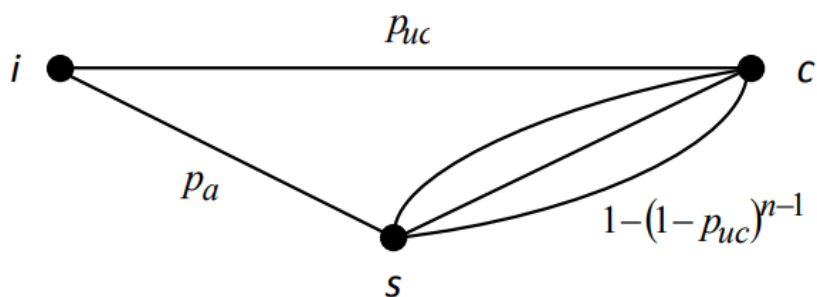
пайдаланады. Радио сигналының таралу шарттары өзгерген жағдайда, кейбір ҰҰА байланысын жоғалтуы мүмкін. Егер ҰҰА желісі FANET (Flying ad hoc Network) архитектурасын қолдаса, онда бас торабымен Байланыс басқа ҰҰА арқылы қамтамасыз етілуі мүмкін.

Орталықтандырылмаған желі ең автономды болып табылады, ол ҰҰА арасындағы сенімді байланысты қамтамасыз етеді, өйткені жалпы нүкте жоқ, қосылыстың жоғалуы желінің істен шығуына әкеледі. Мұндай желі жеке байланыстар мен түйіндердің істен шығуы кезінде жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Мұндай байланыс жүйесі MAC және желілік деңгейлердегі өзгерістерді қажет етеді, олар өзін-өзі ұйымдастыру мүмкіндігін қамтамасыз етуі, кідірістерге төзімді болуы және икемді автоматтандырылған бақылауға ие болуы керек. Желіні ұйымдастырудың бұл архитектурасы ең үлкен сенімділікті қамтамасыз етеді. Мұндай желінің үш архитектурасы бар: ad-hoc желісі, көп топтық ad-hoc желісі және көп қабатты ad-hoc желісі.

2.2.1 Жылжымалы ad-hoc желісі

Ad-hoc-желісінің ҰҰА-да ad-hoc-желісінің шлюзі ретінде қызмет ететін бас ҰҰА бөлінеді. 2.2-суретте көрсетілгендей, жердегі станция мен басқа ҰҰА арасындағы барлық деректер маршруттары арқылы өтеді, ҰҰА трансивер құрылғысы арзан және массасы аз болуы мүмкін. Бұл әдіс топ ішіндегі байланыстарды ұйымдастыру арқылы ҰҰА ауқымын кеңейтуге мүмкіндік береді.

i -ші ҰҰА мен басқару орталығы арасындағы байланыс ықтималдығы байланыс арнасының болу ықтималдығымен, сондай-ақ ad-hoc желісі арқылы маршруттың болу ықтималдығымен және басқару орталығымен кемінде бір ҰҰА арнасының болу ықтималдығымен анықталады.

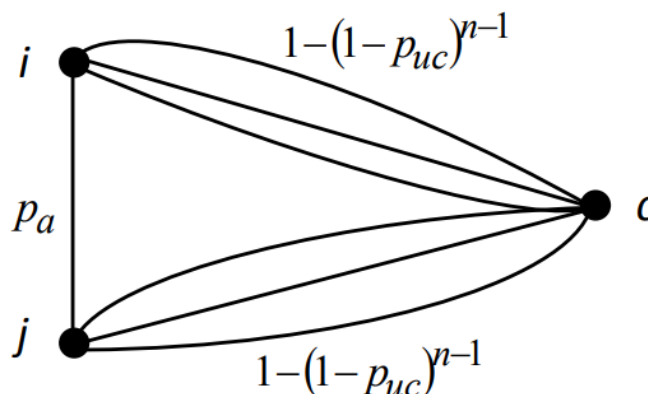


2.2-сурет – Ad-hoc желісінде ҰҰА-орталығы басқару маршрутының құрылымы

$$p_c = 1 - (1 - p_{uc})(1 - p_a(1 - p_{uc})^{n-1}) \quad (2.3)$$

мұндағы p_a – топтағы ПҰА арасындағы байланыс ықтималдығы; p_{uc} – ҰҰА-ның басқару орталығымен қосылу ықтималдығы. n -топтағы ҰҰА саны. Екі i және j арасындағы ҰҰА байланыс ықтималдығы ad-hoc желісі арқылы

маршруттың болу ықтималдығымен және басқару орталығы арқылы байланыс ықтималдығымен анықталады.



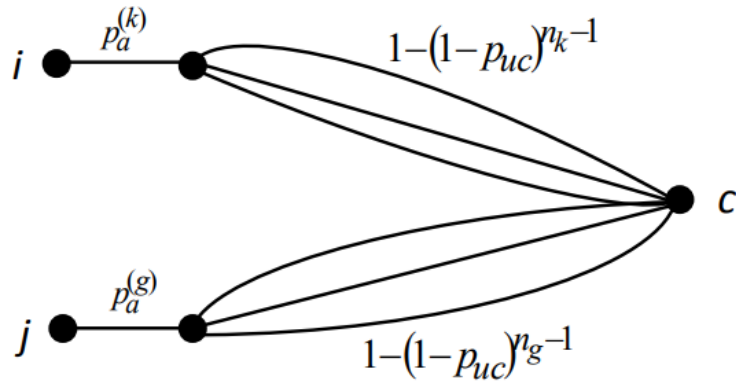
2.3-сурет – Ad-нос желісіндегі ҰҰА - ҰҰА маршрутының құрылымы

$$p_c = 1 - (1 - p_a)(1 - p_{uc})^{n-1} \quad (2.4)$$

мұндағы p_a – топтағы ҰҰА арасындағы байланыс ықтималдығы; p_{uc} – ҰҰА-ның басқару орталығымен қосылу ықтималдығы. n -топтағы ҰҰА саны.

2.2.2 Көп топтық ad-нос ҰҰА желісі

Бұл архитектура ad-нос ҰҰА желісіне ұқсас. Бұл архитектурада бірнеше ҰҰА топтары құрылады, олардың әрқайсысында суретте көрсетілгендей жер үсті станциясына қосылатын бас ҰҰА ерекшеленеді. 3. Архитектураның бұл нұсқасы орталықтандырылған желі мен ad-нос желісінің принципін біріктіреді. Ол көптеген ҰҰА және әртүрлі ұшу сипаттамалары немесе байланыс арналарының сипаттамалары бар сценарий үшін жарамды. Ол ішінара орталықтандырылған принципті қолданатындықтан, кейбір жағдайларда бұл байланыс архитектурасы жеткілікті байланысты қамтамасыз етпейді. Жекелеген топтар шеңберінде ҰҰА-ның басқару орталығымен қосылу ықтималдығы, сондай-ақ топтағы ҰҰА-ның арасындағы байланыс ad-нос желісі үшін тиісті көрсеткіштерге ұқсас, яғни (3) және (4) өрнектермен айқындалады. Әртүрлі топтардың ҰҰА арасындағы байланыс тек басқару орталығы арқылы ғана мүмкін болады (2.4-сурет).



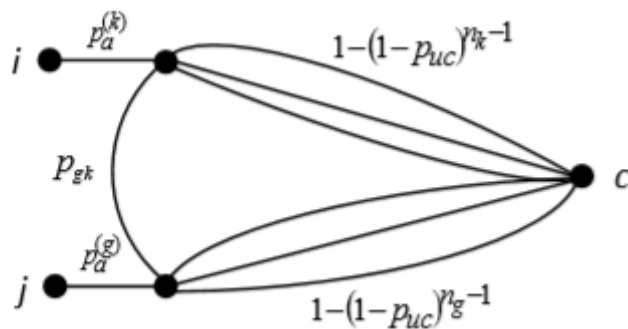
2.4-сурет – Көп топтық желідегі ҰҰА – ҰҰА бағытының құрылымы

Әр түрлі топтардың ҰҰА арасындағы байланыс ықтималдығы келесідей анықталады:

$$p_u^{(kg)} = p_a^{(k)} p_a^{(g)} (1 - (1 - p_{uc})^{n_k - 1} (1 - p_{uc})^{n_g - 1}) \quad (2.5)$$

2.2.3 Көп қабатты ҰҰА ad-hoc желісі

Көп қабатты желінің құрылымы көп топтық ad-hoc желісінің құрылымына ұқсас, басқару орталығының қатысуынсыз әр түрлі ҰҰА топтары арасында тікелей байланыс бар. ҰҰА жоғарғы қабатының желісі барлық топтардың бас ҰҰА-нан тұратын ad-hoc желісі болып табылады. ҰҰА-ның кез келген екі тобы арасында деректермен алмасу үшін деректерді жердегі станция арқылы өткізудің қажеті жоқ. Жердегі станция тек Оған арналған деректерді алады, бұл оның өткізу қабілеттілігінің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Көп қабатты ҰҰА қызыметі болып табылады неғұрлым сенімді, себебі құрамында бір нүктеден соқтыратын, бас тарту барлық желі. Жекелеген топтар шеңберінде ҰҰА-ның басқару орталығымен қосылу ықтималдығы, сондай-ақ топтағы ҰҰА-ның арасындағы байланыс ad-hoc желісі үшін тиісті көрсеткіштерге ұқсас, яғни (3) және (4) өрнектермен айқындалады. Әр түрлі топтардың ҰҰА арасындағы байланыс басқару орталығы арқылы да, тікелей де мүмкін (2.5-сурет).



2.5-сурет – Көп қабатты желідегі ҰҰА-ҰҰА бағытының құрылымы

Әр түрлі топтардың ҰҰА арасындағы байланыс ықтималдығы келесідей анықталады:

$$p_u^{(kg)} = p_a^{(k)} p_a^{(g)} (1 - (1 - p_{kg})(1 - (1 - p_{uc})^{n_k-1})(1 - p_{uc})^{n_g-1})) \quad (2.5)$$

2.3 Құрылымдардың салыстырмалы сипаттамасы

Орталықтандырылған құрылыммен салыстырғанда орталықтандырылмаған желілер икемді, сенімді және жақсы өнімділікке ие. Орталықтандырылмаған желіде ҰҰА тікелей немесе бірнеше транзиттік учаскелер (секірулер) арқылы өзара байланысты. 2.1-кестеде ұшқышсыз ұшу аппараттары тобы үшін байланыс желісін құрудың төрт негізгі архитектурасы келтірілген.

Толық қосылған сымсыз желілердің қауіпсіздігі мен сенімділігі жағынан артықшылықтары бар. Орталықтандырылмаған архитектурада пакеттерді көзден түйінге жеткізуді қамтамасыз ететін бағыттау хаттамасына ерекше талаптар қойылады. Ол қойылған талаптарға жауап беретін бағытты таңдауды қамтамасыз етуі керек. Маршруттау протоколы ad-hoc желісінің өзін-өзі ұйымдастыруын қамтамасыз етеді. Жердегі станция сонымен қатар желіні конфигурациялау шешімдерін қолдау үшін деректерді өңдей алады.

Кесте 2.1-ҰҰА тобы үшін байланыс желісін құрудың төрт негізгі архитектурасын салыстыру

Сипаттамасы	Орталық тандырылған желі	ҰҰА ad-hoc желісі	Көп қабатты ҰҰА ad-hoc желісі	Көп қабатты мен ҰҰА ad-hoc желісі
Тұрақтылық	Төмен	Орта	Орта	Жоғары
Бір-бірімен байланысыңыз ҰҰА	Жердегі станция арқылы байланыс ҰҰА	Басқа да ҰҰА -лары үшін трафикті қайта тарату	Басқа да ҰҰА -лары үшін трафикті қайта тарату	Басқа да ҰҰА -лары үшін трафикті қайта тарату
ҰҰА міндеттерінің сипаты	Біртекті	Біртекті	Гетерогенді	Гетерогенді
Масштаб (Сан)	Кіші	Орта	Үлкен	Үлкен
Коммуникация	Түйіннен жер үсті станциясына бір секіру	Көптеген секірулер	Көптеген секірулер	Көптеген секірулер
Қамту аймағы	ОЖ-мен байланыспен анықталады	ҰҰА санымен анықталады	ҰҰА санымен анықталады	ҰҰА санымен анықталады

ҰҰА байланыс желісін құру құрылымын талдау мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

1. ҰҰА желілерін құру үшін орталықтандырылған, орталықтандырылмаған және аралас архитектураларды қолдануға болады.

2. Орталықтандырылған архитектураны қолдану салыстырмалы түрде аз мөлшерде ҰҰА және ҰҰА – басқару орталығының қосылу ықтималдығы жоғары болған кезде ұсынылады.

3. Орталықтандырылмаған архитектураны қолдану икемділікті, сенімділікті және жақсы өнімділікті қамтамасыз етеді. Оны қолдану салыстырмалы түрде көп мөлшерде ҰҰА үшін ұсынылады және басқару орталығымен де, ҰҰА-мен де байланыс сенімділігін арттыруға, сонымен қатар ҰҰА тобының ауқымын кеңейтуге мүмкіндік береді.

4. Желіні құрудың көп топтық архитектурасы салыстырмалы түрде көп ҰҰА арасындағы байланысты қамтамасыз етеді, ал бір топ ішінде оның қасиеттері орталықтандырылмаған сәулеті бар желілерге ұқсас. Оны қолдану салыстырмалы түрде көп мөлшерде ҰҰА және топтар арасындағы аз трафик үшін ұсынылады.

5. Көп қабатты сәулет-бұл ең әмбебап, ол топтарда да, ҰҰА топтары арасында да байланыс орнатады. Оны қолдану салыстырмалы түрде көп мөлшерде ҰҰА және топтар арасындағы байланысты ұйымдастыру қажеттілігі үшін ұсынылады.

Сымсыз сенсорлық желілерді (ССЖ) және жылжымалы тораптарды кластерлеудің әртүрлі артықшылықтары - бұл энергия тиімділігі, жақсартылған желілік байланыс, топологияны тиімді басқару, кідірісті азайту және т.б. бұл бөлімде ұшқышсыз ұшақтарға (ҰҰА) негізделген байланыс желісі үшін үш өлшемді кеңістік аймағында кластерлеу әдісін таңдауды қарастырыңыз. Желіні ұйымдастырудың әртүрлі тәсілдері үшін ҰҰА тобының негізгі түйінін таңдаудың негізгі нұсқалары қарастырылған. Кластерлеу мәселесін шешу үшін Forel кластерлеу алгоритмін қолдану қарастырылады.

Ұшақ желісі, әдетте, жылжымалы ad-hoc желісі ретінде қарастырылады және FANET желісі деп аталады, бұл MANET және VANET желілерінің ерекше түрі. FANET желісі ad-hoc желілерінің басқа түрлерімен салыстырғанда түйіндердің қозғалғыштығы, олардың тығыздығы, топологияның өзгеру жиілігі, радио толқындарының таралу шарттары, қуат тұтыну, есептеу қуаты және түйіндердің локализациясы тұрғысынан аталған желілерден өзгеше сипаттамаларға ие. Осыған байланысты fanet-те байланысты қамтамасыз етудің айырмашылықтары мен міндеттері бар. FANET желілерін қосымшалардың көптеген түрлері үшін пайдалануға болады және GPS орналасқан жері туралы деректерді, бейне ағындарын, дыбысты, суреттерді, мәтіндік хабарларды және т.б. қамтитын әртүрлі деректер түрлерін жеткізе алады. Сондықтан ҰҰА тобын үйлестіру үшін алгоритмдерді пайдалану қажет. FANET үшін, көптеген байланыс желілері сияқты, қызмет көрсету сапасының деңгейін, кідіріс, өткізу қабілеті, джиттер, пакеттің жоғалуы және т.б. сияқты параметрлерді сақтау өте маңызды, сондықтан жоғары мобильділік пен динамикалық FANET құрылымын ескере отырып, QoS қамтамасыз ету үшін желінің жалпы құрылымын таңдау әдістерін анықтау маңызды міндет болып табылады.

Қолданбалы міндеттердің нақты талаптары желіні жобалауда және байланысты шектеуде проблемаларға әкеледі. Бұл талаптар трафик түріне, оның көлеміне, жиілігіне, жеткізілімнің кідірісіне, кідіріске немесе жоғалуға төзімділікке, байланыс ауқымына, ұтқырлық әсеріне, желінің тығыздығына және энергия шектеулеріне қатысты. FANET - те, ҰҰА жылдамдығы жоғары болғандықтан, байланыс сапасы мен желілік топология салыстырмалы түрде тез өзгеруі мүмкін. Түйіннің қозғалғыштығы салыстырмалы түрде жоғары. Орташа алғанда, ҰҰА жылдамдығы 30-460 км/сағ.

Осыған байланысты топтағы ҰҰА арасындағы тиімді байланысты қамтамасыз ету және қолдау міндеті үлкен қызығушылық тудырады. Жалпы жағдайда, ҰҰА әртүрлі жылдамдықта және әртүрлі траекторияларда қозғала алады, бұл олардың арасындағы үздіксіз байланысты қамтамасыз етудің айқын қиындықтарын білдіреді. Түйіндер мен байланыстар саны, сондай-ақ түйіндердің салыстырмалы позицияларының өзгеруі бар ҰҰА желісінің топологиясы. Сондықтан, мұндай желінің түйіндері арасындағы байланысты қамтамасыз ету үшін қолайлы желілік архитектураны таңдау қажет.

Тиісті желілік архитектураны және ҰҰА тобының бас түйінін таңдау үшін біз Forel кластерлеу алгоритмдерін қолданамыз. Модель Mathcad жүйесінде жасалған. Белгілі бір аумақта кездейсоқ таратылатын 400 желі торабын қолданатын мысалды қарастырыңыз. Кластерлеу мәселесін шешу үшін кластердің радиусы анықталады, ол жергілікті түйіндердің қалыңдатылуын іздеу радиусы болады ($R=7$ мысалында). Forel алгоритмін орындау нәтижесі бірнеше кластерлерді таңдау болып табылады.

Модельдеу нәтижелері 2.6 суретте көрсетілген. Бұл суреттен Forel алгоритмін қолдану мыналарды бөлуге мүмкіндік бергенін көруге болады. Түйіндердің бастапқы жиынтығы (ҰҰА) әр түрлі түйіндердің тығыздығы бар 14 ҰҰА тобы. Осы шешімді қолдана отырып, таңдалған топтардың әрқайсысында кластерлердің негізгі түйіндерін таңдауға болады.

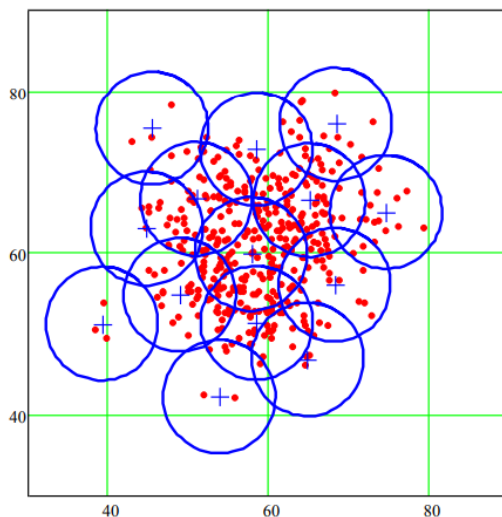
ҰҰА саны аз топтар үшін, егер олар басқару орталығының жанында орналасса, орталықтандырылған архитектураны қолдануға болады. Бұл жағдайда барлық ҰҰА тікелей басқару орталығына қосылады және ҰҰА арасындағы барлық байланыстар жердегі станция арқылы маршруттармен ұйымдастырылады.

Көптеген ҰҰА бар топтар үшін, егер олар басқару орталығынан алыс болса, орталықтандырылмаған архитектураны қолдануға болады. Бұл желіде ad-hoc желісінің шлюзі ретінде қызмет ететін бас ҰҰА (кластердің бас торабы) ерекшеленеді. Ол арқылы жердегі станция мен басқа ҰҰА арасындағы барлық мәліметтер беріледі. Кластердің ортасында орналасқан түйіндер бас түйінмен байланыс орнатады және басқа түйіндердің трафигін қысқа маршрут бойынша басқару орталығына жіберуге мүмкіндік алады.

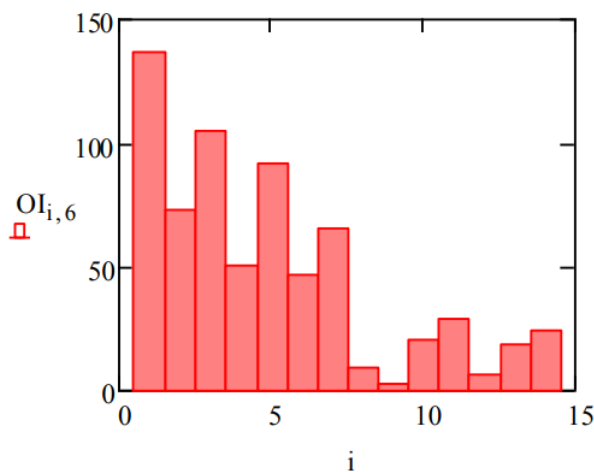
Айта кету керек, нақты желіде сигналдың таралуы мен байланыс арналарына жүктеме жағдайларына байланысты ең қысқа (ең қысқа) маршрут оңтайлы болмауы мүмкін. Бұл жағдайда бірнеше балама маршруттардың жиынтығын қарастырған жөн. Кездейсоқ үш өлшемді кеңістікте таратылатын

және Пуассон өрісі деп аталатын тораптар құрған желідегі ең қысқа маршруттың ұзындығы.

Қысқа маршрут түйіннің байланыс радиусын ескере отырып, оны құрайтын желі тораптары арасындағы арналар (учаскелер) ұзындығының ең аз сомасы бар маршрут ретінде анықталады. Түйіннің байланыс радиусы $R < H$ қызмет көрсету аймағының өлшемінен кіші деп санаймыз, әйтпесе барлық қысқа маршруттар түйіндер арасындағы қашықтыққа тең болады және бір хоптан тұрады.



2.6 Сурет – 14 топқа құрылған желі



2.7-сурет – Әрбір топтағы ҰҰА тығыздығы

Осылайша, пайдалану арқылы forel кластерлеу алгоритмдері Mathcad бағдарламалық жасақтамасын қолдана отырып, жұмыста алынған нәтижелер ҰҰА желісін ұйымдастырудың оңтайлы әдісін таңдауға мүмкіндік береді. ҰҰА негізіндегі кеңістіктің үш өлшемді аймағындағы кластерлеу әдістерін талдау мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік берді:

1. ҰҰА желісін құру үшін, әдетте, ҰҰА-ны кеңістікте орналастыру тәсілдерінің белгілі бір шектеулі санынан, яғни топты ұйымдастырудан бастау керек.

2. ҰҰА-ны кеңістікте орналастырудың неғұрлым кең таралған тәсілдерін ескере отырып, ҰҰА желісінің құрылымын таңдау үшін тораптардың тығыздығы, байланыстылығы, орталықтан қашықтығы және т.б. бойынша топтарды бөлуге мүмкіндік беретін кластерлеудің белгілі әдістері пайдаланылуы мүмкін,

3. Forel кластерлеу әдісін қолдану кластерлерді кластер орталығынан желі тораптарына дейінгі қашықтық негізінде бөлуге мүмкіндік береді. Алгоритм сонымен қатар кластердің бас түйіндерін табуға мүмкіндік береді (кластер массасының орталығына жақын).

4. Forel алгоритмін қолдана отырып, желіні кластерлеуді модельдеудің жоғарыда келтірілген мысалы, бұл алгоритм түйіндердің жергілікті топтарынан (қалыңдатылуынан) кластерлер құратынын көрсетті. Кластер мөлшері байланыстың қолжетімділігі мен сапасына қарай таңдалатын R параметрімен (кластер өлшемі) белгіленуі мүмкін.

5. Forel алгоритмімен құрылған кластерлерде түйіндердің тығыздығы (саны) әртүрлі. Сондықтан оны пайдалану кезінде осы мүмкіндікті ескеру қажет.

2.4 Жылжымалы тораптары бар желілерде кластерлеу ерекшеліктері

Сымсыз сенсорлық желілерді (ССЖ) құру технологиясының және ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА) құру технологиясының дамуы ұшатын сенсорлық желі сияқты қосымшалардың пайда болуына әкелді. Мұндай желінің тораптары ҰҰА құрамында іске асырылуы мүмкін және торап пен мониторинг және басқару жүйесі арасында Телеметрия деректерін немесе басқару командаларын жеткізу функцияларын орындайды. ССЖ-бұл өзін-өзі ұйымдастыратын желі, онда байланыс құрылымы ҰҰА, сондай-ақ басқару орталығының өзара жағдайымен анықталады. Айырмашылығы басқа да қосымшаларды, ССЖ топ құрамында ҰҰА ескерілуі тиіс ерекшеліктері қозғалысын қамтамасыз етуге қажетті параметрлерді байланыстыру және өткізу қабілетін, тез өзгермелі жағдайында.

Жалпы жағдайда, басқару орталығы мен түйіндердің өзара әрекеттесуі, олардың саны жеткілікті болған кезде, кластерлердің бас түйіндері ретінде қарастыруға болатын транзиттік түйіндер арқылы жүзеге асырылады. Кластердегі басты түйінді таңдау маңызды міндет болып табылады, оны шешу кластер түйіндерімен және басқару орталығымен байланыс сапасына әсер етеді. BSS-те қолданылатын белгілі кластерлеу әдістері белсенді емес түйіндерге бағытталған және, әдетте, энергия шығынын азайту мәселесін шешеді. Бұл бөлімде біз байланыс арналарының сапасы туралы мәліметтер негізінде кеңістіктің үш өлшемді аймағында жылжымалы түйіндері бар желілерде кластерлеу ерекшеліктерін қарастырамыз, оның мақсаты трафиктің максималды

байланысы мен қызмет көрсету сапасын (өткізу қабілеті) қамтамасыз ету болып табылады.

Қосу деректер. Деректерді біріктіру уақыты бас түйіндер әртүрлі түйіндерден деректерді жинап, оларды базалық станцияға жібереді. Деректерді біріктіру сонымен қатар түйіндер деңгейіндегі артық деректерді жояды, бұл байланыс кезінде сенсор түйіндеріне қосымша жүктемені жояды.

Демек, желінің жалпы қызмет ету мерзімін арттырады және желінің барлық энергиясын сақтайды.

Тиімді энергия үнемдеу. Кластерлік желілік деректерде бас тораптарда агрегатталады және оларды базалық станцияға жібереді. Бұл желіге тарату жолдарының санын азайтуға және энергияны үнемдеуге көмектеседі.

Кластерлерге қызмет көрсету. Бұл ерекшеліктер желінің тұтастығын сақтауға арналған. Ол желінің өлшемін өзгерту, түйіндердегі қозғалыстар және күтпеген операциялық кемшіліктер сияқты әртүрлі сценарийлерді өңдейді. Кластерлеу алгоритмдері әр кластердегі осы өзгерістерді басқаруды қажет етеді. Сондықтан кластерлерге қызмет көрсету желіні топологиялық манипуляцияларда өте сенімді және ыңғайлы етеді.

Өзін-өзі ұйымдастыру. Сенсорлық түйіндерге аппараттық ақаулар, кідірістер, кедергілер, энергияның сарқылуы және т.б. әсер етуі мүмкін, сондықтан кластер адамның араласуынсыз, әсіресе қатал ортада және қол жетімді емес жерлерде өзін-өзі қалпына келтіре алуы керек. Біріктірілген деректерді қамтамасыз ету үшін хаттаманы жобалау кезеңінде ақауларға төзімділік технологиясын ескеру қажет. Кластерлерді резервтеу және бас түйіндерін резервтік көшіру түйіндер дұрыс жұмыс істемеген кезде желіні толық қалпына келтіруді қамтамасыз ету үшін мүмкін болатын әдістер болып табылады.

Тұйықтардың алдын алу. Көп нүктелі байланыста деректер аралық тораптарды пайдалана отырып базалық станцияға беріледі. Бұл Критерийлерде әртүрлі түйіндер деректерді базалық станцияға жібереді. Осылайша, қабылдағыш Түйініне жақын орналасқан түйін қашықтағы түйіндерге қарағанда көбірек ақпаратпен толығады. Сондықтан базалық станцияға жақын орналасқан түйіндер тезірек таусылып, тұйықталу базалық станцияға жақын жерде жүреді. Бұл бүкіл желіні топтарға бөлуге әкелуі мүмкін. Сондықтан алыс түйіндер шектеулі диапазонға байланысты базалық станцияға жақындамауы мүмкін. Сонымен қатар, басқа түйіндерде әлі де энергия бар. Мұндай мәселелерді шешу үшін кластердің тепе-теңдік жүктемелері зерттелді, онда базалық станцияға жақын кластер базалық станциядан алыс орналасқан кластерге қарағанда аз мүше түйіндерін сақтайды. Сондықтан, бас түйіндеріне жақын байланыс үшін жеткілікті қуат сақталады. Сондықтан, блоктаудың алдын-алуды тең емес өлшемді кластерді қолдану арқылы тиімді басқаруға болады.

Қызметтердің тиімді сапасы. ССЖ функционалдық мүмкіндіктері мен желілік қосымшалары қызмет көрсету сапасының алдын ала шартын (QoS) қамтамасыз етеді. Әдетте QoS-тің тиімді параметрлері-кідіріс, сенімділік, өткізу қабілеті және өткізу қабілеті. Кластерге негізделген протоколдардағы QoS

параметрлерінің барлық қажеттіліктерін қанағаттандыру қиын. Компромисс қосымшаның талаптарына негізделген бір немесе бірнеше QoS параметрлерін қарастыру үшін қажет. Қазіргі кластерлік протоколдар QoS емес, энергияны пайдалану тиімділігіне баса назар аударады. QoS сұрақтары Денсаулық сақтау қосымшасы, ұрыс қосымшасы және оқиғаларды бақылау сияқты нақты уақыттағы қосымшаның домені үшін қарастырылады.

Кластерлеудің негізгі ерекшеліктері-желіні шағын желілерге топтастыру. Кластерлеу кішігірім бірліктердің логикалық ұйымдастырылуын қамтамасыз етеді, сондықтан оңай басқарылады. Құрылымдық желілер деректерді біріктіру, байланыс шығындарын азайту, басқарудың қарапайымдылығы, жалпы қуат тұтынуды азайту, энергия тиімділігі және желінің қызмет ету мерзімін ұзарту сияқты жалпақ желіге қарағанда көптеген артықшылықтарға ие. Сонымен қатар, кластерлеу сенсордан сенсорға немесе белгілі бір түйіндерге тиімді динамикалық бағыттауға әкеледі.

Жылжымалы түйіндері бар желілердегі кластерлеу ерекшеліктерін талдау келесі қорытынды жасауға мүмкіндік берді:

1. Сондай-ақ, мобильді түйіндер кластерді өздері теңшей және жасай алады. Кластердің бас түйінін кластер мүшелерінен таңдауға болады. Бұл әдіс кластерлерді тұрақты ете алады.

2. Кластердегі басты түйінді таңдау маңызды міндет болып табылады, берілетін деректер бас түйіндерде біріктіріледі. Бұл беру жолдарының санын азайтады және желілік тораптардың қуат көздерін үнемдейді.

3. Кеңістіктегі жылжымалы түйіндерді орналастырудың ең көп таралған әдістерін ескере отырып, желінің құрылымын таңдау үшін белгілі кластерлеу әдістерін қолдануға болады, бұл түйіндердің тығыздығы, байланысы, орталықтан қашықтығы және т. б. бойынша топтарды бөлуге мүмкіндік береді.

2.5 Трафикті бағыттау тәсілдері мен хаттамаларын талдау

Ұшатын түйіндерге (FANAT) салынған желінің негізгі ерекшеліктері-желілік түйіндер 3D кеңістігінде орналасқан және олардың бір-біріне қатысты жартылай қозғалуы желінің байланысына әсер етеді. Маршруттардың ұзындығы және олардағы секірулер (транзиттер) саны. Мұндай сипаттамалар жылжымалы түйіндері бар ұқсас желінің қасиеттерін және оның негізгі функцияларды орындау қабілетін жақсы көрсетеді. [15] жұмысында маршруттардың қасиеттері бөлігінде (транзиттер санында) желіні іске асыру мысалдарын талдау нәтижелері келтірілген.

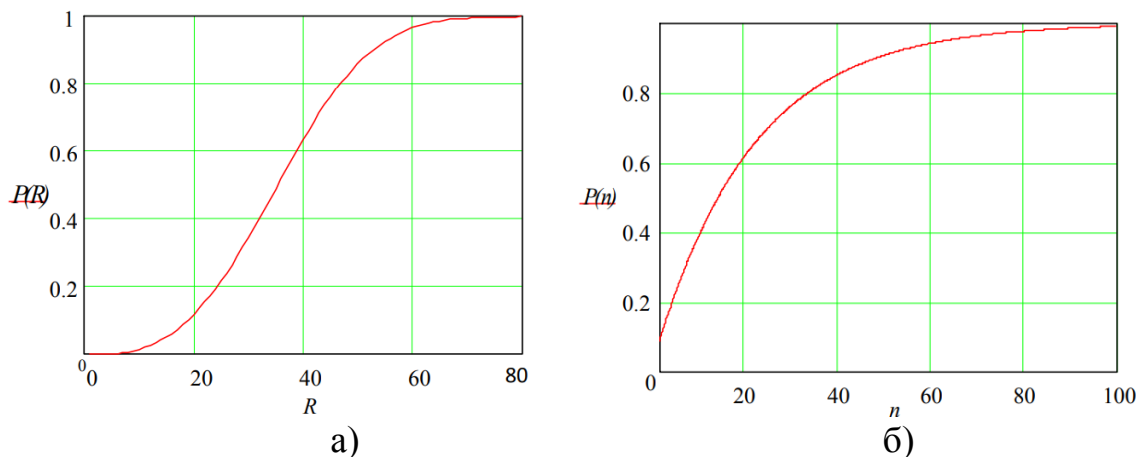
Қосылу ықтималдығын желі түйінінің берілген өлшем шеңберіне түсу ықтималдығы ретінде бағалауға болады (R радиусы). Сфераның радиусы түйіннің байланыс аймағының радиусы мен моделімен анықталады. Бұл ықтималдықты Пуассон өрісінің қасиеттері негізінде анықтауға болады [3, 4]. Ол мына өрнекпен анықталады

$$P_{\leq R} = 1 - e^{-a} \quad (2.6)$$

Мұндағы, a - саладағы түйіндер санының орташа мәні

$$a = V \cdot \rho \quad (2.7)$$

Ықтималдық (2.6) өрнекке сәйкес бір-бірімен байланысқан желілік түйіндердің үлесін сипаттайды. Келесі суретте (2.8-сурет) желінің байланысын түйіннің байланыс радиусынан және желідегі түйіндер санынан функция ретінде сипаттайтын екі тәуелділік көрсетілген. Бірінші тәуелділік $3,75 \cdot 10^{-4}$ түйін/м³ бар желі үшін құрылған. (200x200x200 М аймақтағы 30 нүкте). Радиусы 80 метрге дейін өзгерген кезде. Екінші тәуелділік байланыс радиусы үшін алынады $R=40$ метр, түйіндер саны 100-ге өзгерген кезде. Көрсетілген тәуелділіктерден екі параметрдің өсуі желінің байланысына әсер ететінін, атап айтқанда оның ұлғаюына әкелетінін көруге болады. [20] - де белгілі бір шектеулі көлемде орналастырылған желінің байланысы іс жүзінде өрнек беретін мәннен аз екендігі көрсетілген (2.6).



2.8-сурет – Байланыс радиусы мен түйіндер санының функциясы ретінде желі байланысы

Іс жүзінде (2.6) өрнекке сәйкес қосылуды бағалау желінің параметрлерін оның байланысына белгілі бір талаптар қойылған кезде жеткілікті дәлдікпен есептеуге мүмкіндік береді.

Желіні құру мәселесінде оның қосылу ықтималдығы ғана емес, сонымен қатар маршруттың ұзындығы (транзиттер саны), сонымен қатар оның нақты ұзындығы да маңызды рөл атқарады. Жолдың ұзындығы трафикті өткізу сапасының жанама сипаттамасы болып табылады. Жолды тек оның ұзындығымен сипаттау кезінде түйіндер арасындағы қашықтыққа неғұрлым жақын болса, жолдың сипаттамалары идеалды жолдың сипаттамаларына жақын болады деп болжауға болады. Егер желі түйіндері мен оларды пайдалану арасындағы арна параметрлерінің кездейсоқ сипатын ескермесек, бұл болжам

дұрыс. Нақты желіде радио сигналының таралуы мен арналарды пайдалану ерекшелігіне байланысты ең қысқа жол болмауы мүмкін. Бұл жағдайда көптеген балама жолдарды анықтау мағынасы бар. Бұл тәсіл тәуелсіз, қонақ үй зерттеулерін қажет етеді. Бұл жұмыста 3D кеңістіктегі кездейсоқ кескіндермен бөлінген және Пуассон нүктелер өрісін құрайтын түйіндерге салынған желідегі ең қысқа жолдың ұзындығын зерттеу нәтижелері келтірілген. Қысқа жол байланыс ауқымын ескере отырып, желі тораптары арасындағы арналардың ең аз жалпы ұзындығы бар жол ретінде анықталады. Байланыс диапазоны $R < H$ желісіне қызмет көрсету аймағынан аз делік, әйтпесе барлық қысқа жолдар бір транзиттік учаскеден тұрады. Түйіндер арасындағы жолдардың ұзындығын зерттеу үшін жағы 200 метр болатын текшемен шектелген аймақ таңдалды. Бұл жағдайда әр түйіннің байланыс аймағы радиусы 75 метр болатын сфера деп болжанады. Осы аймақта орналасқан түйіндер Пуассон өрісін құрайды.

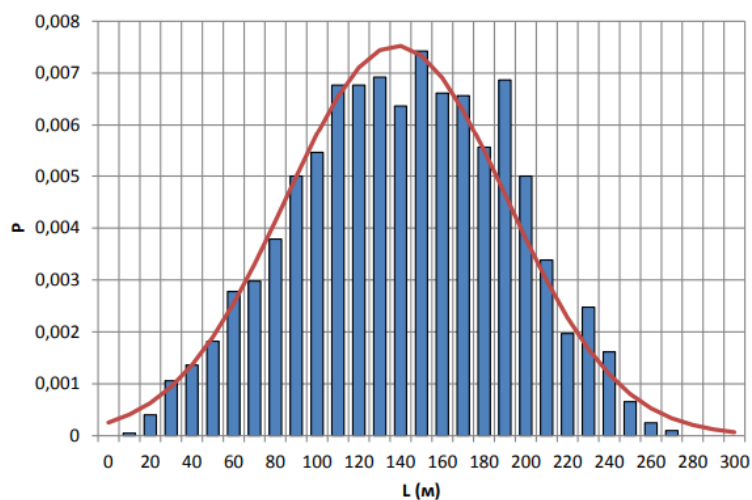
Шектелген параллелепипед аймағындағы нүктелер арасындағы қашықтықтың ықтималдық тығыздығын бөлу функциясының анықтамасы [8] сипатталған. Сол жұмыста қашықтықтың мәнін анықтау үшін аналитикалық өрнек сипатталған. Сипатталған аналитикалық үлестіру функциясы үшін осы жұмыста берілген өрнектер өте күрделі, бұл оларды талдау үшін талдау үшін пайдалану мүмкіндігін шектейді. Бүйірінің ұзындығы бірлікке тең текше жағдайында бұл өрнек [10]

$$P(l) = \begin{cases} -l^2[(l-8)l^2 + \pi(6l-4)] & 0 \leq l \leq 1 \\ 2l \left[(l^2 - 8\sqrt{l^2-1} + 3)l^2 - 4\sqrt{l^2-1} + 12l^2 \sec^{-1}l + \pi(3-4l) - \frac{1}{2} \right] & 1 < l \leq \sqrt{2} \\ \left[l(1+l^2)(6\pi + 8\sqrt{l^2-2} - 5 - l^2) - 16l \csc^{-1}(\sqrt{2-2l^{-1}}) + \right. \\ \quad \left. + 16l \tan^{-1}(l\sqrt{l^2-2}) - 24(l^2+1)\tan^{-1}(\sqrt{l^2-2}) \right] & \end{cases} \quad (2.8)$$

Мұндай аймақ жағдайында орташа қашықтық өрнегі келесі түрге келтіріледі және оның мәні Роббинс тұрақтысына $\Delta(3)$ тең болады [15]

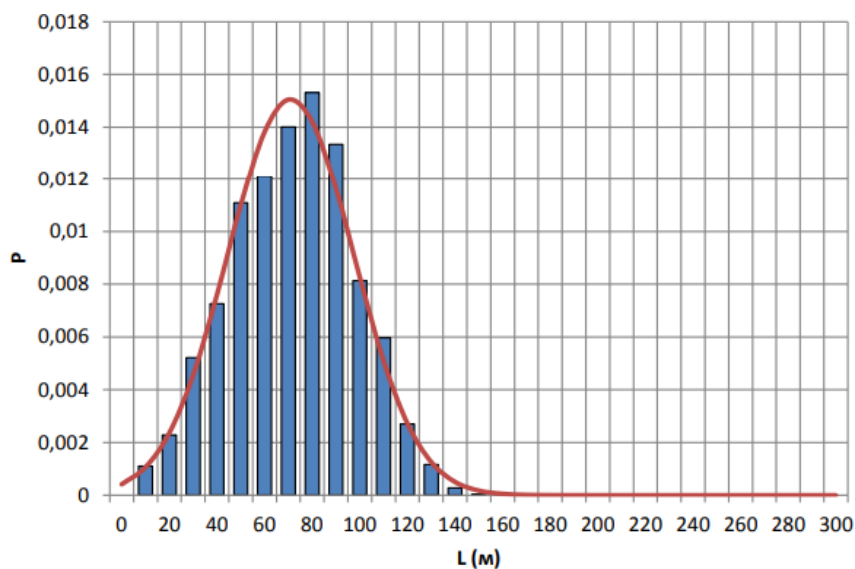
$$\Delta_3 = \frac{1}{105} [4 + 17\sqrt{2} - 6\sqrt{3} + 21 \ln(1 + \sqrt{2}) + 42 \ln(2 + \sqrt{3}) - 7\pi] \approx 0,66170... \quad (2.9)$$

Көрсетілген тұрақты мәнді қолдана отырып, осы аймақта орналасқан желілік түйіндер арасындағы орташа қашықтықтың мәнін бағалауға болады, ол 132,4 м құрайды. жеңілдіктерге қарамастан, (2.8) түрінде тарату функциясының аналитикалық өрнегін қолдану өте қиын. Жұмыста модельдеу әдісін қолдана отырып, желілік түйіндер арасындағы қашықтықты бөлу функциясының қарапайым сипаттамасы берілген. Келесі суретте (2.9-сурет) Имитациялық модельдеу нәтижелері бойынша алынған график көрсетілген. Сипатталған жағдайлар үшін орташа мәнді есептеу нәтижелері 131,3 метрді құрады, бұл мән теориялық мәнмен дәл сипатталған. Сол суретте алынған мәліметтерді бірдей орташа және орташа квадраттық ауытқуы 53 м болатын қалыпты үлестірумен қысқартатын қисық берілген.



2.9-сурет – 500x500x500 М 3D аймағындағы 100 түйін арасындағы ұзындықты бөлу графигі, е қалыпты үлестірумен жуықтау.

2.10-суретте басқа өлшемдегі текшеде алынған гистограмма көрсетілген (жағы 100 м). Дәл осы суретте стандартты ауытқуы 26,5 м болатын қалыпты заңмен эмпирикалық тәуелділіктің жақындауы көрсетілген.



2.10-сурет – 100x100x100м 3D саласындағы 100 түйін арасындағы қашықтықты бөлу графигі және оны қалыпты заңмен жақындату

Бірнеше модельдеу эксперименттерін жүргізу нәтижесінде текшемен шектелген 3D аймақтағы желілік түйіндер арасындағы қашықтықты бөлу текше жағының ұзындығымен және Роббинс тұрақтысымен анықталатын параметрлермен кесілген қалыпты үлестірумен дәл сипатталуы мүмкін екендігі анықталды,

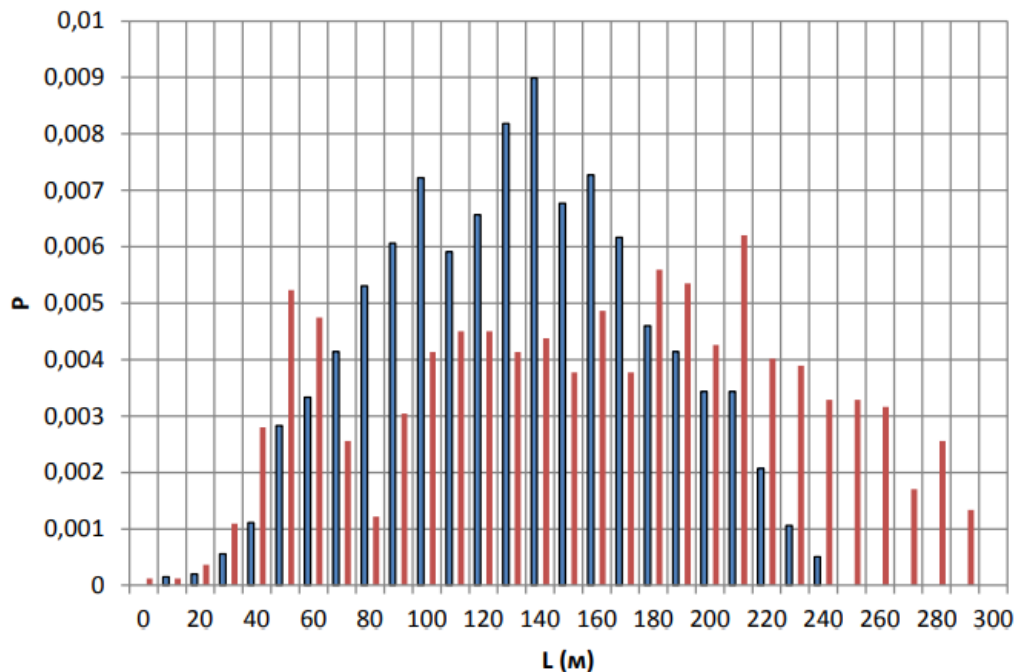
$$\bar{s} = a\Delta(3) \quad (2.10)$$

$$\sigma = \frac{\bar{s}}{1+\Delta 3} = a \frac{\Delta 3}{1+\Delta 3} \approx 0,398 \cdot a \quad (2.11)$$

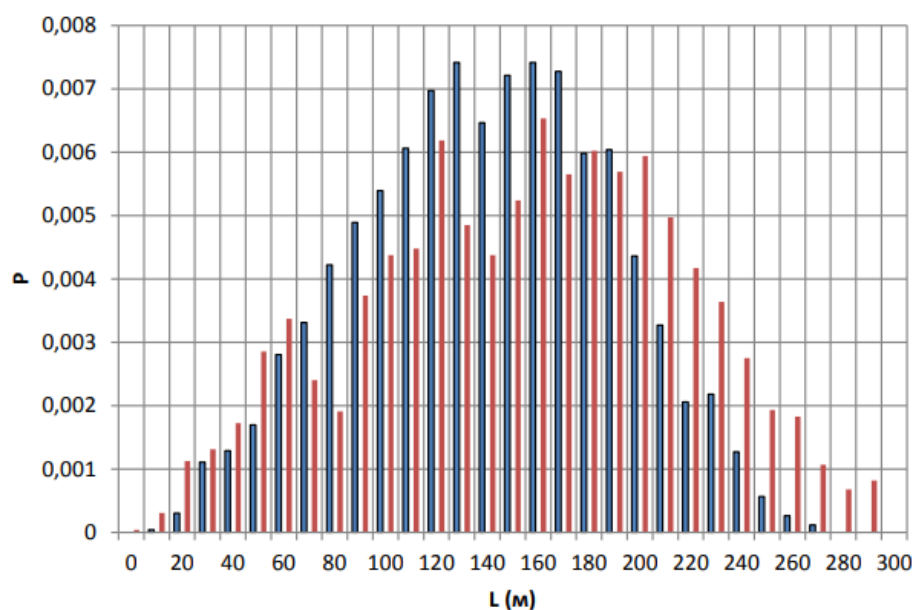
а-текшенің бір жағының ұзындығы, $\Delta(3)$ - Роббинс тұрақтысы.

Соңғы формула (2.11) эмпирикалық түрде алынады, ол стандартты ауытқу үшін шамамен алынған мәнді білдіреді.

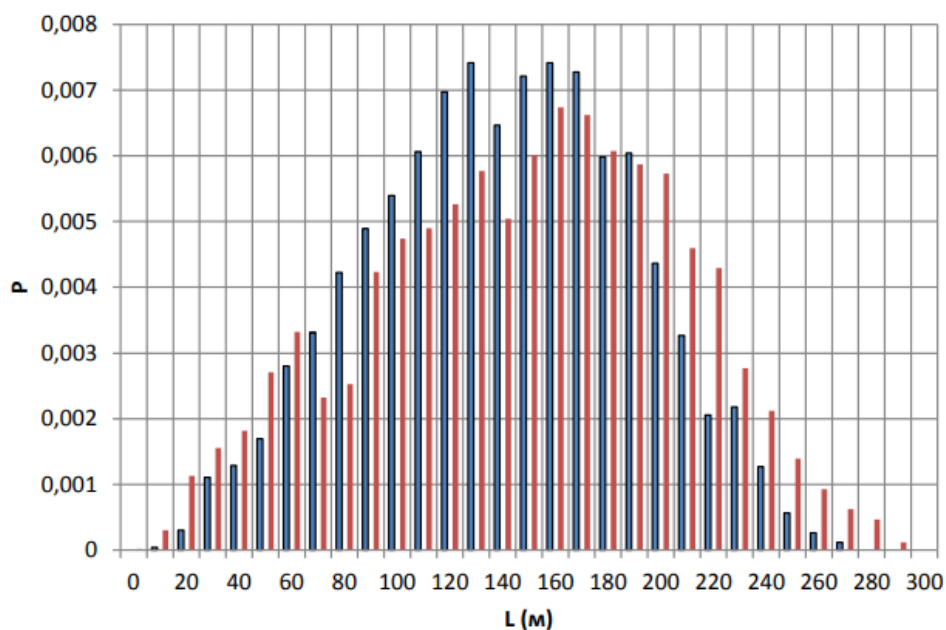
2.11, 2.12 және 2.13 суреттерде тораптардың әртүрлі саны үшін қысқа маршруттардың ұзындығын зерттеу нәтижелері көрсетілген: 20, 50 және 100 тораптар. Келесі суреттерде түйіндер мен қысқа маршруттардың ұзындығы арасындағы қашықтықты тәжірибелік түрде бөлу арқылы алынған графиктер келтірілген. Түйіндер арасындағы ең қысқа маршруттарды табу үшін Дихстра алгоритмі қолданылды.



2.11-сурет – 3D аймағындағы 20 түйін арасындағы қашықтықты бөлу графигі 500x500x500 м және ең қысқа маршруттардың ұзындығы (орташа мәні 190,4 м)



Сурет 2.12 – 500X500X500 м және ең қысқа маршруттардың ұзындығы (орташа ұзындығы 155,7 м) 3D аймағындағы 50 желілік тораптар арасындағы қашықтықты бөлу графигі)



2.13-сурет – 200x200x200 м және ең қысқа маршруттардың ұзындығы (орташа ұзындығы 151,7 м) 3D аймағындағы 100 желілік тораптар арасындағы қашықтықты бөлу графигі)

Жоғарыда келтірілген нәтижелерден ең қысқа маршруттардың ұзындығының эксперименттік таралуы қарастырылып отырған аймақтағы түйіндер санының ұлғаюымен түйіндер арасындағы қашықтықты бөлуге жақындағанын көруге болады. Демек, түйіндер санының белгілі бір мәні бойынша қысқа маршруттардың ұзындығын бөлуді қалыпты бөлу арқылы дәл

сипаттауға болады деп болжауға болады. Эксперименттердің нәтижелері түйіндер саны 150-ден асканда, ең қысқа маршруттардың ұзындығының таралуы түйіндер арасындағы қашықтықтардың бөлінуімен сәйкес келетінін көрсетті. Түйіндердің тығыздығы төмен болған кезде бөлу қалыптыдан айтарлықтай ерекшеленеді. Кейбір еңбектерде [8] әр түрлі аналитикалық модельдерді қолдана отырып, қысқа маршруттардың ұзындығының таралуын сипаттайтын әртүрлі модельдер қарастырылады: таралу гаммасы, логарифмдік қалыпты және Вейбулл-Гнеденконың таралуы. Модельдеу модельдеуінің нәтижелерін сипаттау кезінде Ықтималдық тығыздығы тең Вейбулла-Гнеденконың таралуы ең қолайлы болды.

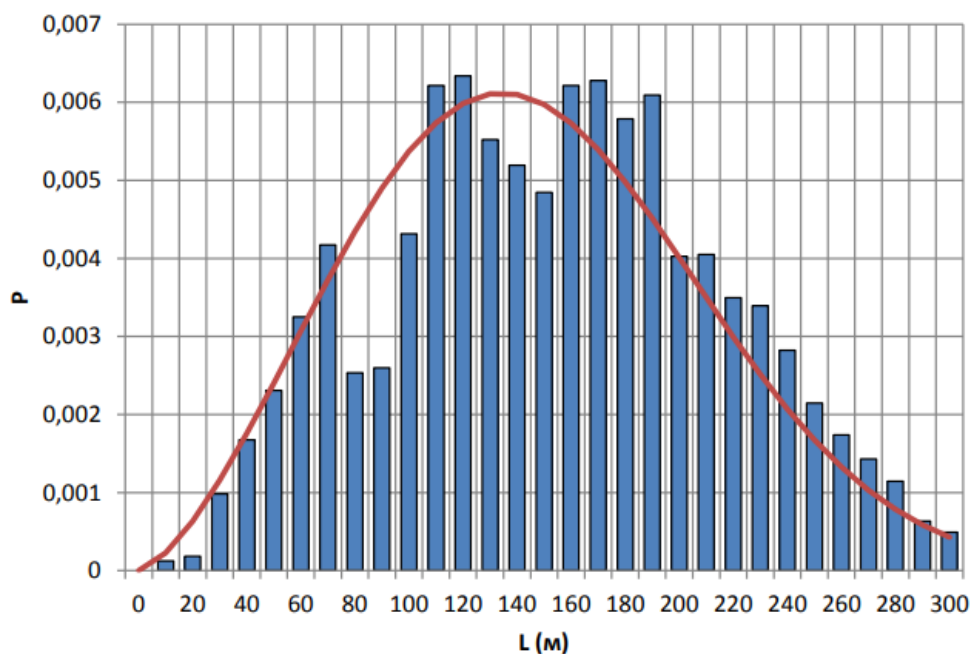
$$f(x) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \quad (2.12)$$

мұндағы k және λ параметрі – бөлу параметрлері.

Ықтималдылықты бөлу функциясы ретінде анықталады:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \quad (2.13)$$

Келесі суретте (2.14-сурет) 50 түйіннен тұратын желідегі ең қысқа маршруттардың ұзындығының графигі және Вейбулл-Гнеденконың таралуымен осы графигінің жақындауы көрсетілген.



2.14-сурет – Желі тораптары арасындағы ең қысқа маршруттар ұзындығының графигі, вейбулла-Гнеденконың таралуымен жуықтау

Қысқа маршруттардың ұзындығын бөлу ұзындығы белгілі бір мәннен аспайтын маршруттардың үлесін есептеуге мүмкіндік береді:

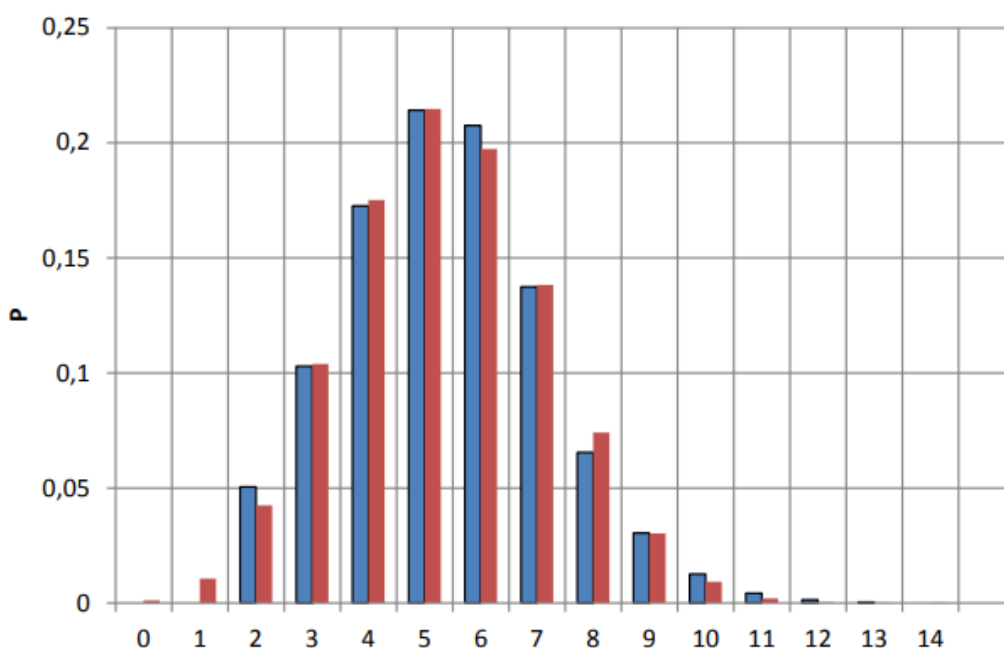
$$P(p, \lambda, k) = \lambda(-\ln(1 - p))^{\frac{1}{k}} \quad (2.14)$$

мұндағы p - берілген ықтималдық; k және λ – бөлу параметрлері.

Маршруттың ұзындығынан басқа, транзиттік учаскелердің саны трафикті өткізу сапасына әсер ететін маңызды фактор болып табылады. 2.15-суретте байланыс қашықтығы 50 м болатын 500x500x500 М аймақта салынған желідегі ең қысқа маршруттардың ұзындығы (транзиттер санының бірліктерінде) және оның биномдық таралу ықтималдығының тығыздығы функциясымен жуықталуы көрсетілген.

$$P_k = C_n^k p^k (1 - p)^{n-k} \quad (2.15)$$

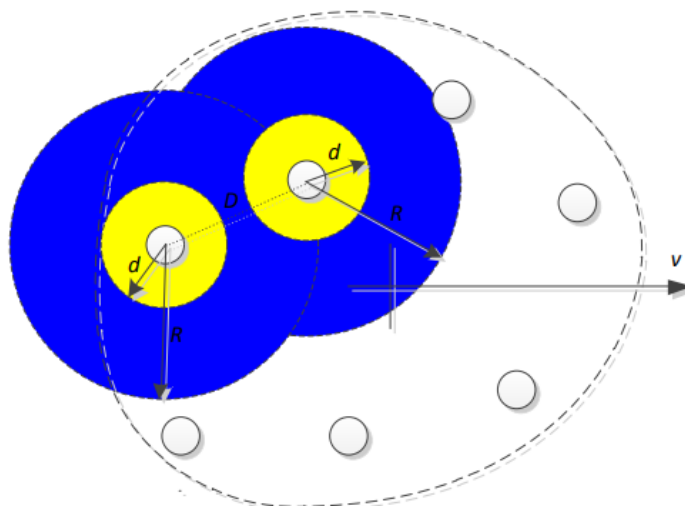
Мұндағы n және p - биномдық таралу параметрлері.



2.15-сурет – Желі тораптары арасындағы ең қысқа маршруттардың (транзиттер санында) ұзындықтарының графигі, биномдық тарату Заңымен жуықтау

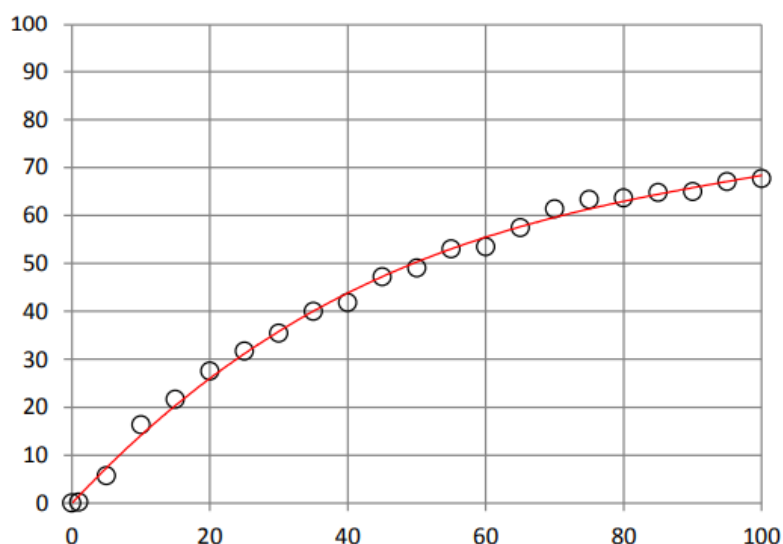
Түйіндер арасындағы ең қысқа маршруттардың қашықтықтары мен ұзындығын бөлуден басқа, тораптардың қозғалғыштығы желінің жұмысына айтарлықтай әсер етеді. Егер біз желілік түйіндердің қозғалысын қарастыратын болсақ, онда бұл зерттеудің нәтижелері таза теориялық мәнге ие болуы мүмкін, практикалық қосымшалар, әдетте, нақты тапсырмаларға байланысты түйіндер қозғалысының белгілі бір сипатын ұсынады. Сондықтан, нақты шешілетін мәселе аясында желілік түйіндердің қозғалысын зерттеген жөн. FANET-ті

бірнеше топтан тұратын түйіндер тобы ретінде қарастырған кезде, олар бір топпен қозғалады және қозғалыс тәртібін сақтайды немесе сақтайды, содан кейін осы желінің түйіндері арасындағы қашықтық өзгермейді немесе шектеулі мәндер ауқымында өзгереді. Жұмыста біз желі түйіндерінің орналасуы кейбір шектеулі шектерде өзгеретін модельді қарастырамыз (2.16-сурет).



2.16-сурет – Тораптардың тұрақты орналасуы бар желі моделі

Желілік түйіндер басқа түйіндерге қатысты өз позицияларын сақтауға «ұмтылады» деген болжам жасаймыз, ал түйіндердің бастапқы позицияларынан ауытқуы мүмкін d . егер түйіндер белгілі бір уақытта бастапқы күйде (позицияда) болса, онда белгілі бір уақыт өткеннен кейін олар осы позициядан кездейсоқ қашықтыққа ауытқып кетуі мүмкін. берілген диапазонда 0-ден d -ге дейін. Тораптар арасындағы қашықтық туралы деректер негізінде немесе осы қашықтықтардың осы шамаларына байланысты параметрлер негізінде құрылған бастапқы уақытта орын алған желі құрылымы (трафикке қызмет көрсету жолдары) өзгеруі мүмкін. Модельдеу көмегімен жұмыс желі құрылымының өзгеруін қайта құрылған маршруттардың үлесі ретінде бағалайды. Жолды қайта құру кем дегенде бір сайттың өзгеруін білдіреді. Бастапқы позицияға қатысты түйіннің қозғалысы осы d қозғалысының мәні түйіннің байланыс радиусына қатынасы арқылы сипатталады. 2.17-суретте байланыс қашықтығы $R=50$ м болатын $500 \times 500 \times 500$ М текшемен шектелген аймақта таратылатын 100 түйіннен тұратын желі үшін модельдеу деректерін талдау нәтижелері бойынша алынған график көрсетілген.



2.17-сурет – Тораптардың кездейсоқ орын ауыстыруы нәтижесінде өзгертілген маршруттар үлесінің тәуелділігі

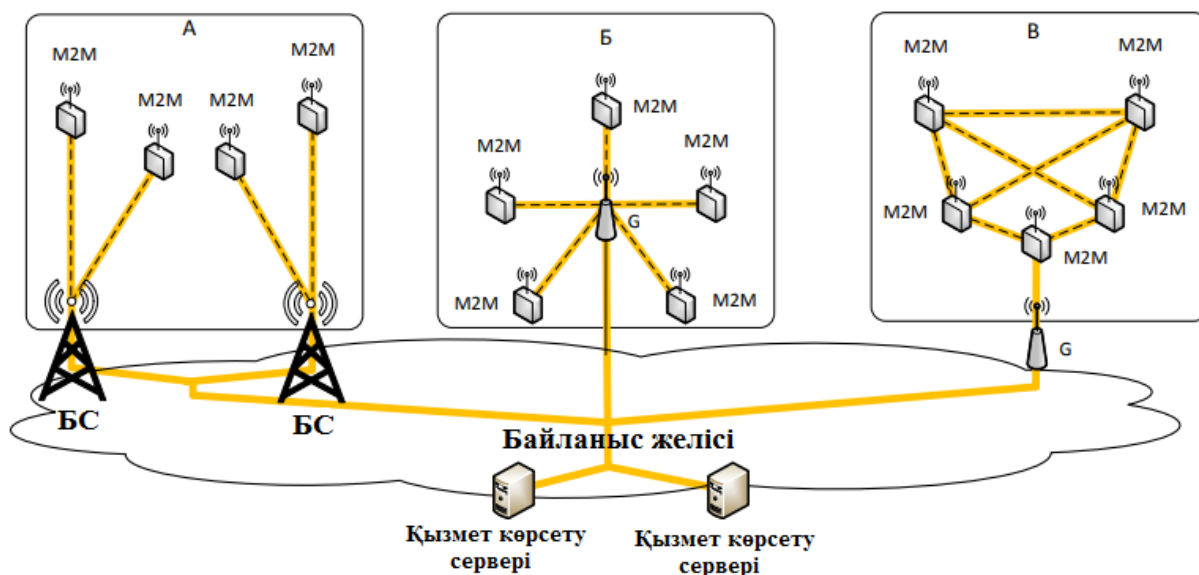
Имитациялық модельдеу нәтижелерін талдау түйіндердің ығысуының салыстырмалы шамасының ұлғаюымен өзгерген маршруттардың (жолдардың) үлесі артатынын көрсетеді. Зерттеудің келтірілген нәтижесінен тораптар координаталарының салыстырмалы түрде шағын өзгерістері кезінде маршруттардың өзгеру үлесі байланыс радиусының шамамен 20% - дан аспайтын диапазонда болады деген қорытынды жасауға болады. Ол іс жүзінде желі түйіндерінің салыстырмалы қозғалыстарының шамасына сызықтық тәуелділікке ие.

Елеулі ауытқулар кезінде қайта құрылған жолдардың үлесі өседі, бірақ түйіндердің салыстырмалы ығысуы 100% болса да, оның мәні 100% жетпейді. Алынған тәуелділік құрылымның желі түйіндерінің қозғалысына «сезімталдығын» сипаттайды және оны желінің сипаттамаларына байланысты, оның түйіндерінің қозғалғыштығын ескере отырып, маршруттарды іздеу хаттамасын жасау немесе таңдау кезінде қолдануға болады.

3 Қазіргі байланыс желілерінің трафигін талдау және модельдеу

3.1 M2M трафигінің қасиеттерін талдау

Қазіргі уақытта интернет заттары тұжырымдамасының дамуы машина-машина (M2M) құрылғыларының байланыс желілеріне қосылу санының өсуімен және осы типтегі трафиктің өсуімен байқалады [12]. M2M трафигінің ерекшелігі оның құрылғыларының мақсатына, олардың санына және әртүрлі мақсаттағы құрылғылардың сандық қатынасына байланысты. M2M құрылғыларының әртүрлі мақсатына, қалалар мен елді мекендердің инфрақұрылымына байланысты қазір M2M трафигінің сипаттамаларын дәл сипаттау және оған қызмет көрсетудің барлық нұсқалары үшін ұсыныстар беру мүмкін емес. M2M трафигі көбінесе 5G желілеріндегі қызмет көрсету сапасының сипаттамаларын анықтайды. алайда, зерттеу нәтижелері осы трафиктің белгілі бір ерекшеліктерінің болуын болжауға мүмкіндік береді, мысалы, жаппай «қоңыраулар» (хабарламалар), қайталанатын «қоңыраулар» (хабарламалар) және т.б., бұл байланыс желілерінің айтарлықтай жүктелуіне және нәтижесінде трафикке қызмет көрсету сапасының нашарлауына әкелуі мүмкін. Осы мәселелерді шешу үшін байланыс желілерінің параметрлерін анықтау кезінде, жобалау және пайдалану кезінде аталған ерекшеліктерді ескеру қажет. Қазіргі M2M желілері, әдетте, гетерогенді байланыс желісінің ажырамас бөлігі болып табылады. Оларды құру үшін сымды және сымсыз әртүрлі технологиялар қолданылады. Мұндай заманауи желілердің көпшілігі сымсыз технологияны қолдана отырып салынған. Машина жасау желілерін құрудың үш негізгі құрылымын бөлуге болады. Біріншісі - M2M желісі қол жеткізу желісі ретінде қолданыстағы сымсыз желілерді пайдаланатын үстеме желі болуы мүмкін, 3.1-сурет (а). Бұл жағдайда құрылғының M2M интерфейсі ұялы байланыс желісінің стандартты абоненттік құрылғысының интерфейсіне ұқсас. Желіні құрудың басқа нұсқалары M2M құрылғылары арасында желіні ұйымдастыру үшін арнайы физикалық және арна деңгейіндегі технологияларды (IEEE 802.11, IEEE 802.15.4, LoRaWAN және т. б.) қолдануды қамтиды. сурет 3.1 (В) барлық құрылғылар шлюзге (координаторға) қосылған «жұлдыз» құрылымын қолдана отырып, M2M құрылғыларының желісін ұйымдастыруды көрсетеді, оны жалпы желі арқылы қосуға болады.



3.1-сурет – M2M желісін құрудың негізгі құрылымдары

3.1-суретте (B) ad hoc желісі түріндегі құрылғылардың M2M ұйымы көрсетілген, онда бір (бірнеше) торап шлюз рөлін атқарады және жалпы пайдалану желісіне қосылады. Бұл құрылымдардың жаппай шақыруларға (трафиктің «толқуларына») осалдығы қол жеткізу желісінің бөлігінде әр түрлі және олардың техникалық мүмкіндіктерімен анықталады. Сымды сегмент желісінің учаскелерін ұйымдастыру тұрғысынан бұл осалдықтар ұқсас. Бұл жұмыстың мақсаты - M2M құрылғыларының белгілі трафик модельдерін талдау және олардың негізінде M2M трафиінің байланыс желілерінің жұмысына әсерін талдауға және құрылғылар мен желілік ресурстардың параметрлерін таңдауға жарамды модель құру.

3.2 M2M трафик моделі

Көптеген жұмыстар IoT дамыту мәселелеріне арналған, олардың негізгі идеясы байланыс желісіне қосылған автоматты құрылғылардың өсуін болжау болып табылады. Мысалы, [19] Елімізде адам қызметінің әртүрлі салаларында сенсорлық құрылғылардың қажеттілігі бағаланады және осы құрылғылар (қызметтер) шығаратын трафик байланыс желілері трафиінің едәуір бөлігін құрайды деген қорытындыға келеді. Бірқатар жұмыстарда, мысалы, [20] IoT құрылғыларының санының бірнеше триллионға дейін өсуі туралы болжам жасалады. [18] жұмыста M2M трафиінің моделі ұсынылған, ол трафиктің үш түрін қарастырады: квази-детерминистік (бақылау және диспетчерлік басқару жүйелеріне тән), делдалдық (бақыланатын процестердің өзгеруінің салдары) және технологиялық (қызмет көрсету алгоритмімен анықталған). Әзірленген модель негізінде трафиктің осы түрлеріне, соның ішінде трафиктің шамадан тыс жүктелуіне (жаппай қоңырауларға) әкелетін трафик ретінде қарастыруға

болатын жанама трафиктің сипаттамалары көрсетілген. [14] бұқаралық қоңыраулар болған жағдайда делдалдық трафиктің антиперсистентті ағын қасиеттері болуы мүмкін екендігі көрсетілген. [15] жұмысында қазіргі қалалық жағдайда M2M құрылғыларының трафигін өлшеу нәтижелері келтірілген және қалалық инфрақұрылымның әртүрлі салаларындағы технологиялық деректердің қазіргі ену жағдайы туралы қорытынды жасалған. [16] жұмысында интернет заттарының технологиясының дамуына талдау және ену болжамдары келтірілген. [17] жұмыстарда мобильді терминалдар, бақылау және диспетчерлік басқару жүйелері шығаратын M2M трафигінің ерекшеліктері қарастырылады, сонымен қатар трафиктің шамадан тыс жүктелуіне қатысты сымсыз сенсорлық желілердің осалдығы зерттеледі. [7, 12] IoT саласындағы кеңейтілген нақтылық қызметтерін іске асыру модельдері келтірілген. [11] жұмыста төтенше жағдайлар нәтижесінде пайда болатын жаппай қоңырау трафигінің моделі қарастырылады, сонымен қатар сенсорлық желілер мен басқару желілерін пайдалану кезінде трафиктің «толқуын» азайту және адамдармен тиімді әрекеттесу әдістерінің жиынтығы ұсынылады. [12] M2M трафигінің модельдері қалыпты жағдайға және «жаппай қоңыраулар» күйіне, яғни салыстырмалы түрде қысқа уақыт аралығында трафиктің шоғырлануына арналған. Жоғарыда қарастырылған Жарияланымдар IoT дамуы мен M2M трафигін модельдеудің әртүрлі мәселелеріне, соның ішінде «жаппай қоңыраулардың» экстремалды трафигін модельдеуге арналған (жұмыс [18]). Алайда, біріктірілген трафикке қызмет көрсету кезінде байланыс желілерінің жұмысын зерттеу үшін M2M трафигінің ықтимал шоғырлануын ескере отырып, адам шығаратын трафиктің және M2M трафигінің ерекшеліктерін ескеретін тиісті модель болған жөн. Бұл жұмыста [19] ұсынылған модельдер негіз ретінде қабылданады, олардың негізінде біріктірілген трафик моделі жасалады және M2M трафигі концентрациясының қызмет көрсету сапасына әсері талданады.

Трафикке қызмет көрсету әдістерін жетілдіру бағытындағы қадамдардың бірі-осы типтегі құрылғылардың көптеген заманауи және мүмкін болатын жаппай қолданылуына сәйкес келетін M2M трафик моделін құру. Айта кету керек, 2011 жылы 3GPP ұйымы 3GPP TR 37.868 [12] құжатын жариялады, онда LTE желісіндегі M2M трафигін модельдеу тәсілі сипатталған және бірқатар модельдеу нәтижелері келтірілген. Ұсынылған модельге қызығушылық оның нақты қолданбалы мәнінен туындамайды, өйткені ұсынылған трафикті модельдеу (ұсыну) әдісі. Оны уақыт бойынша үздіксіз стационарлық кездейсоқ процесс ретінде сипаттайтын қолданыстағы трафиктің көптеген модельдерінен айырмашылығы, [22] трафик барлық қол жетімді M2M құрылғыларымен шығарылатын соңғы уақыт аралығын қарастыру ұсынылады. Бұл модельдің мақсаты салыстырмалы түрде қысқа уақыт аралығында болған жағдайда желі үшін ең «ауыр» жағдайды сипаттау екені анық. [22] трафиктің екі моделі және сәйкесінше екі уақыт аралығы ұсынылады. Интервалдағы трафикті бөлу функциясы $p(t)$ ықтималдығының тығыздығымен анықталады, ал біраз уақыт ішінде хабарламалар саны $[t_i, t_{i+1}]$ ретінде анықталады.

$$N_i = \int_{t_i}^{t_{i+1}} p(t)dt \quad (3.1)$$

Бірінші модель үшін $p(t)$ біркелкі таратумен анықталады:

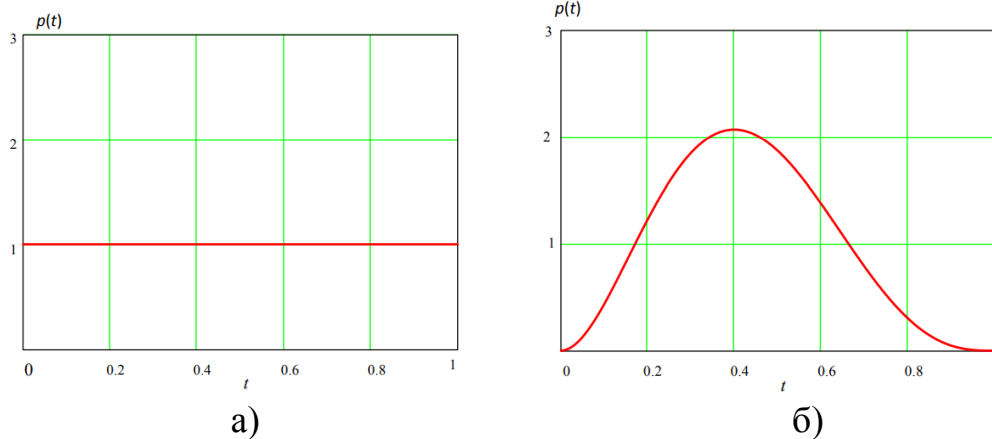
$$p(t) = 1/T, \quad (3.2)$$

мұндағы T – интервал ені.

Екінші модель үшін $P(t)$ β -бөлу арқылы анықталады:

$$p(t) = \frac{t^{\alpha-1}(T-t)}{T^{\alpha+\beta-1} \text{Beta}(\alpha, \beta)}, \quad \alpha, \beta > 0 \quad (3.3)$$

Мұндағы, $\text{Beta}(a,b)$ - β -функция. Бірінші және екінші типтегі трафик үшін ықтималдық тығыздығының түрі сәйкесінше 3.2-суретте және 3.2-суретте көрсетілген.



3.2-сурет – Бірінші (А) және екінші типтегі (Б) трафик модельдерінің пакеттері арасындағы аралықтардың ықтималдық тығыздығының функциялары

Трафиктің бірінші түрі тәуелсіз М2М құрылғыларының жұмысын, ал екінші жағдайда тәуелді құрылғылардың жұмысын сипаттайды. Екінші жағдайда, бұл барлық құрылғылардың мінез-құлқына әсер ететін кейбір сыртқы оқиғадан туындаған құрылғыларды салыстырмалы түрде қысқа уақыт аралығында іске қосуды білдіреді. Трафиктің екінші түріне ұқсас Модель [18] қарастырылды. Бірінші модель желінің «қалыпты» күйін көрсетеді, онда гипотетикалық М2М құрылғылардың әрқайсысы 60 с-да бір рет желіге бір хабарлама жібереді. Берілу ықтималдығы қарастырылып отырған уақыт аралығында біркелкі бөлінеді. Екінші модель М2М құрылғыларының жаппай активтенуіне әкелетін кейбір оқиғадан туындаған жүктеменің жоғарылау күйін көрсетеді, осы құрылғылардың әрқайсысы хабарламаларды 10 с ішінде жібереді, ал берілу ықтималдығы β -үлестіруге сәйкес бөлінеді. Ұсынылған екі модель де соңғы уақыт аралықтары үшін берілген. Осы модельдермен сипатталған

трафиктің табиғаты қызығушылық тудырады. Хабарламаларды құру процесін t ұзындығындағы уақыт аралығын белгілі бір сегменттерге бөлу деп түсіндіруге болады. Трафиктің қасиеттері осы сегменттер үшін ықтималдылықты бөлу арқылы анықталады. [17] егер T интервалында N хабарламалар кездейсоқ түрде (біркелкі бөлінген) шығарылса, онда $l < L$ интервалына k хабарламалардың дәл түсуі биномдық таралумен анықталады [15]

$$P_l(n, k) = C_n^k p_l^k (1 - p_l)^{n-k} \quad (3.4)$$

n үлкен мәні бар биномдық үлестіру Пуассонның таралуына жақындады [45]

$$P(k, l) = \frac{(\lambda l)^k}{k!} e^{-\lambda l} \quad (3.5)$$

мұндағы $\lambda = n/L$

Осылайша, [12] сипатталған бірінші модель трафикті анықтайды, оның қасиеттері жеткілікті үлкен n -мен қарапайым ағынның қасиеттеріне жақын. Жүктеме концентрациясының коэффициентін анықтауға ұқсас [16], М2М трафиінің концентрация коэффициентін енгізуге болады. Жүктеме концентрациясының проблемалары қарастырылды, мысалы. 10 С аралығын ескере отырып, шоғырлану коэффициентін сол интервалдағы II типті трафик көлемінің сол интервалдағы I типті трафик көлеміне қатынасы ретінде көрсетуге болады. Бұл көзқарас мынаған тең болатыны анық:

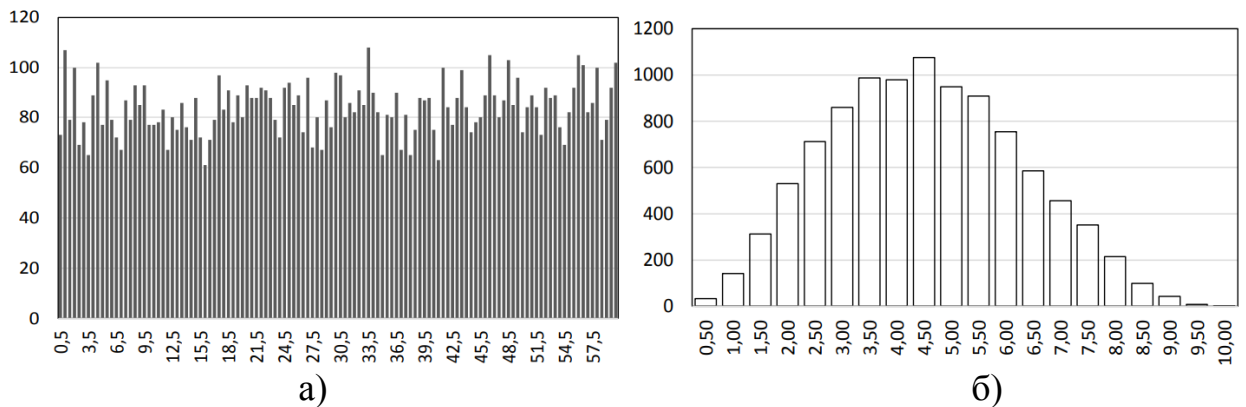
$$c_k = \frac{v_{II}}{v_I} = \frac{n}{\frac{10}{60}n} = 6 \quad (3.6)$$

Осылайша, екінші модельде трафиктің орташа қарқындылығы бірінші жағдайға қарағанда 6 есе көп (хабарламалардың бірдей саны бір интервалда жасалады, ол 6 есе қысқа). Сонымен қатар, екінші модельде трафик тұрақты емес, қарқындылық уақыт бойынша β бөлінуге сәйкес өзгереді, яғни қысқа аралықтарда шоғырлану коэффициенті берілгеннен едәуір жоғары болады (3.6). Ұсынылған модельдер М2М трафиінің қызмет көрсету сапасына әсерін зерттеу үшін пайдаланылуы мүмкін [18]. Алайда, бірінші және екінші модельдердің қасиеттерін біріктіретін күрделі модельдің дамуы белгілі бір қызығушылық тудырады. Сондай-ақ, шектеулі уақыт аралықтарынан үздіксіз, шексіз уақыт осіне ауысқан жөн. Шешімдерді таңдау тұрғысынан біріктірілген трафиктің қызмет көрсету сапасына әсерін бағалау байланыс желілерін құруға қызығушылық тудырады.

3.3 M2M трафигінің қызмет көрсету сапасына әсері

Трафиктің бірінші түрі жағдайында мұндай ауысу айқын, өйткені ол тек интервалдың шекараларын жоюдан және қарапайым ағын моделі үшін трафиктің тиісті қарқындылығын таңдаудан тұрады (трафик көздерінің жеткілікті мөлшерімен). Трафиктің екінші түрі үшін ағынның моделіне көшу керек, оның қасиеттері екі компонентпен анықталады: біріншісі - процесс, трафиктің пайда болуына әкелетін оқиғалардың пайда болуы, екіншісі - оқиғаға реакция нәтижесінде желі элементтерімен трафикті құру процесі. Бұл модель, шын мәнінде, on/off моделі болып табылады [13], «on» интервалында шығарылатын трафиктің қасиеттері ықтималдылықты бөлу арқылы анықталады. Содан кейін хабарламалардың келу сәттері арасындағы уақыт аралығының ықтималдық тығыздығы хабарламалар мен құрылғылардың жаппай активтенуіне әкелетін оқиғалар арасындағы интервалдың ықтималдық тығыздығы ретінде анықталады (трафик түрі 2).

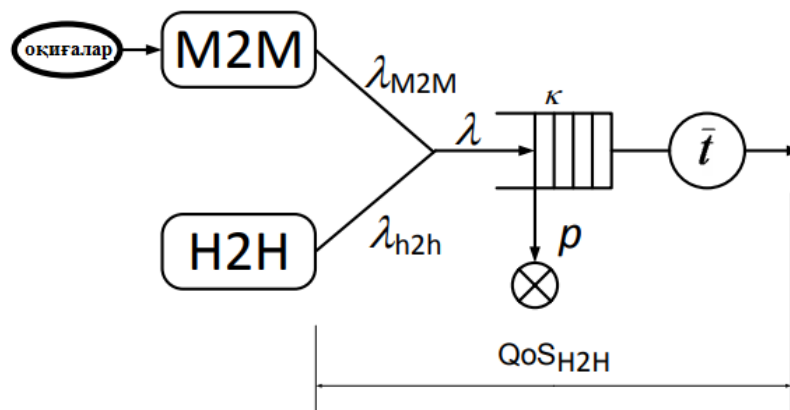
$$F(t, \tau) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda \tau}, & \tau > T_0 \\ \frac{\tau^{\alpha-1}(T-\tau)}{T^{\alpha+\beta-1} \text{Beta}(\alpha, \beta)}, & \tau \leq T_0 \end{cases} \quad (3.7)$$



3.3-сурет – I және II типті трафикті Имитациялық модельдеу нәтижелері

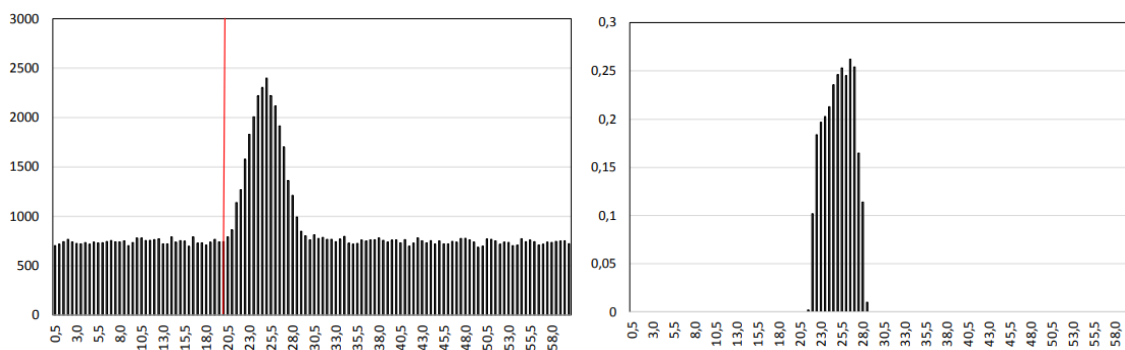
Құрылғылардың жаппай іске қосылуына әкелетін оқиғалардың қарқындылығы t_0 уақыт аралығында олар шығаратын трафиктің қарқындылығынан едәуір аз болады деп күтуге болады. Іс жүзінде мұндай оқиғалар әртүрлі сәтсіздіктер мен апаттар болуы мүмкін, олардың ауқымы+, олар қызмет көрсету аймағындағы барлық құрылғыларға әсер етеді. Басқаша айтқанда, оқиғалар арасындағы интервал T_0 , $T_0 < < 1/\lambda$ аралығынан көп. AnyLogic-те модельдеу арқылы алынған 1 және 2 типті трафиктің мүмкін орындалуы [2, 16] 3.3-суретте келтірілген. Біріктірілген трафик моделін қарастырыңыз, онда біз бірқатар болжамдар жасаймыз. Біріктірілген ағын ағындардың екі түрінен тұрады: пайдаланушылар шығаратын ағын (H2H) және

M2M құрылғылары шығаратын ағын. H2H ағыны-қарапайым ағын. «Қалыпты» режимдегі M2M ағыны сонымен қатар 1/60 пакет/с нақты қарқындылығы бар қарапайым ағын болып табылады, $t=20$ С кезінде M2M құрылғыларының жаппай активтенуіне әкелетін оқиға орын алады. Жоғарыда келтірілген мысалда M2M құрылғыларының саны 10000, «қалыпты» режимде біріктірілген ағынға қызмет ететін байланыс арнасындағы жүктеме 0,8 Эрл құрайды. Модель құрылымы 3.4 суретте көрсетілген.



3.4-сурет – Агрегатталған трафикке қызмет көрсету моделі

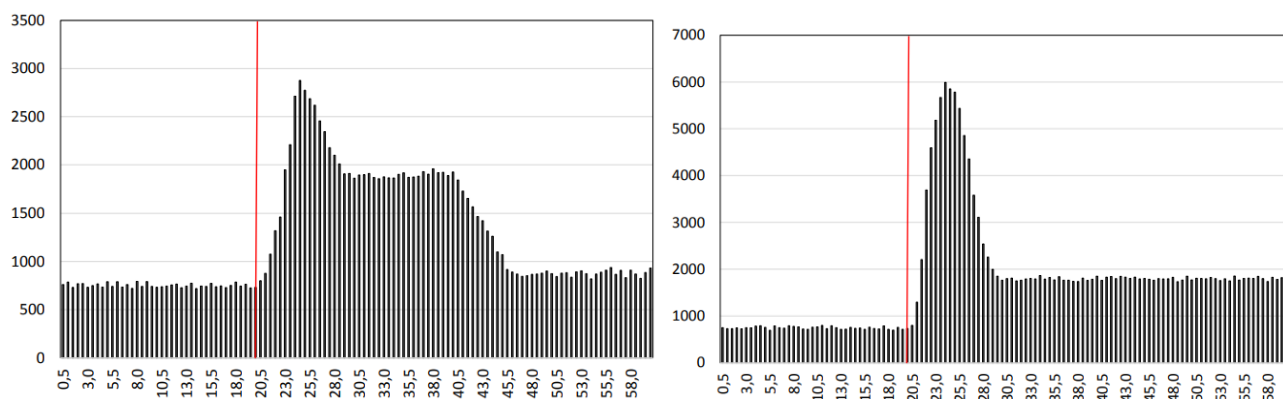
3.5-суретте Имитациялық модельдеу арқылы алынған трафиктің іске асырылуы және шығындар коэффициентінің өзгеруі көрсетілген. Бұл мысалда «қалыпты» режимдегі құрылғылардың M2M трафигінің үлесі 10% құрайды.



3.5-сурет – 60 с ішінде агрегатталған трафик ағынын іске асыру, оның шекарасында $t=20$ с сәтінде құрылғылар жаппай іске қосылады

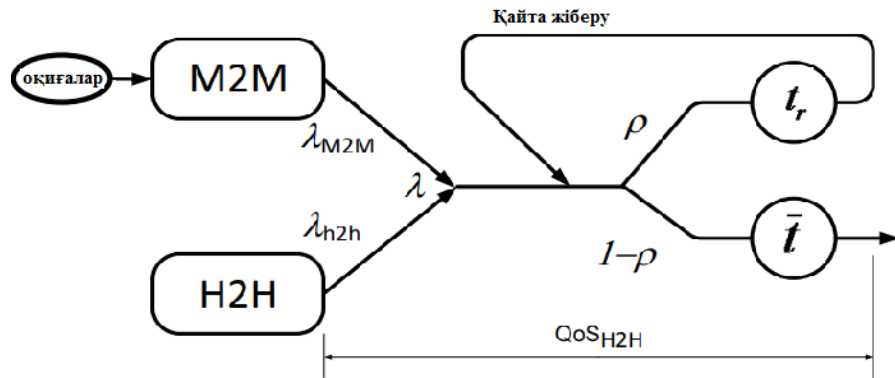
Жоғарыда келтірілген нәтижелерден құрылғылардың жаппай іске қосылуына әкелетін оқиға болған кезде шығын коэффициенті 0,25-ке дейін артады. Бұл жағдайда қызмет көрсету сапасының төмендеу аралығы барлық M2M құрылғыларының (10 С, модельге сәйкес [12]) іске қосылу аралығы ішінде жалғасады. Пакеттің жоғалу коэффициентінің өсуі M2M пакеттерінің (хабарламаларының) бір бөлігін жоғалтуға әкеледі. Кепілдендірілген жеткізуді қамтамасыз ететін механизмдерді пайдалану кезінде пакет қайта жіберіледі.

Мысалы, қарастырылған мысалды кепілдендірілген жеткізу функциясымен толықтыра отырып, оқиғаға трафиктің реакциясы 3.6-суретте көрсетілгендей көрінеді.



3.6-сурет – Пакеттерді кепілді жеткізу кезінде 60 с ішінде агрегатталған трафик ағынын іске асыру

3.6а суретте көрсетілгендей, пакеттерді кепілдендірілген жеткізу кезінде жүктеме кезеңі едәуір ұзартылады, бұл пакеттерді қайта беруге немесе күтуге байланысты. Қарастырылған модельде М2М құрылғыларының әрқайсысы бір пакетті жібереді. Алайда, нақты желіде хабарлама жіберу үшін бірқатар пакеттерге қызмет көрсету қажет болуы мүмкін. 6.3 б-суретінде трафикті іске асыру бар, онда бір хабарламаны беру үшін 2-ден 5 пакетке дейін беру қажет. Қарастырылған барлық жағдайларда трафиктің өзгеруі арнаның жұмысына байланысты, бұл қайта беру немесе күту қажеттілігіне әкеледі. Бұл өзгеріс уақытша сипатта болады, оның ұзақтығы n пакеттерді (хабарламаларды) жеткізу (беру) бойынша жұмысты орындау үшін желіге қажет уақытпен анықталады. Жоғарыда қарастырылған модель сымды арнаны пайдаланған жағдайда қолданылады, бұл жағдайда байланыс түйінінде кіріс буфері (кезек) болады, оның соңғы мөлшерінде аралас қызмет көрсету тәртібі болады. Қайталанатын әрекеттері бар модельдер сипатталған, мысалы [15, 16]. Сымсыз арнаны қолданған жағдайда, қолданылатын технологияға байланысты, қоршаған ортаға кіруді басқарудың әртүрлі хаттамалары қолданылады, оларды қолдану көп жағдайда пакеттің (жақтаудың) кешігуіне немесе қайта берілуіне әкеледі, соқтығысу немесе арнаға кірудің сәтсіздігі жағдайында 3.7-сурет.



3.7-сурет – Сигналдың таралуының жалпы ортасын пайдалану кезінде агрегатталған трафикке қызмет көрсету моделі

Каналдың кіреберісіне пуассондық өтінімдер (кадрлар) ағыны түскен жағдайды қарастыра отырып. Ағынның қарқындылығын тұрақты деп санауға болатын жеткілікті қысқа уақыт аралығында арнаның бос күйінің ықтималдығын бағалауға болады

$$p_{св} = 1 - \rho = 1 - E(\rho_{вх}, 1) \quad (3.8)$$

мұндағы ρ бірінші Эрланг формуласымен бағаланатын арнаны пайдалану[15]-тегідей

$$\rho = E(\alpha, 1) = \frac{\rho_{вх}}{1 + \rho_{вх}}$$

Бірнеше рет беруді (беру әрекеттерін) ескере отырып, пакетті жеткізу ықтималдығын келесідей жазуға болады:

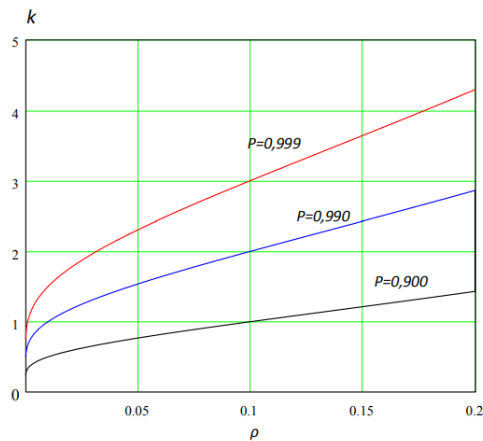
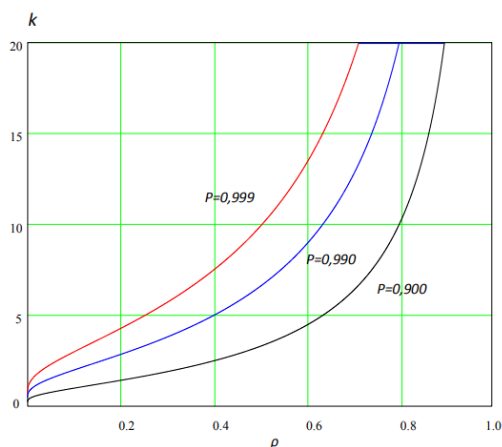
$$p_d = 1 - p_0^k = 1 - \rho^k = 1 - \left(\frac{\rho_{вх}}{1 + \rho_{вх}}\right) \quad (3.9)$$

мұндағы k -пакетті беру әрекеттерінің саны, p_0 -сәтсіздікке ұшырау ықтималдығы (бұл жағдайда арнаның жұмыс істемеу ықтималдығы).

(8) - ден k үшін баға алуға болады.

$$k = \frac{\ln(1 - p_d)}{\ln \rho} = \frac{\ln(1 - p_d)}{\ln\left(\frac{\rho_{вх}}{1 + \rho_{вх}}\right)} \quad (3.10)$$

Беріліс әрекеті санының жүктеме қарқындылығына (арнаны пайдалану) және жеткізу ықтималдығына тәуелділігі 3.8-суретте көрсетілген.



3.8-сурет – Жүктеме қарқындылығы мен жеткізу ықтималдығы k тәуелділігі

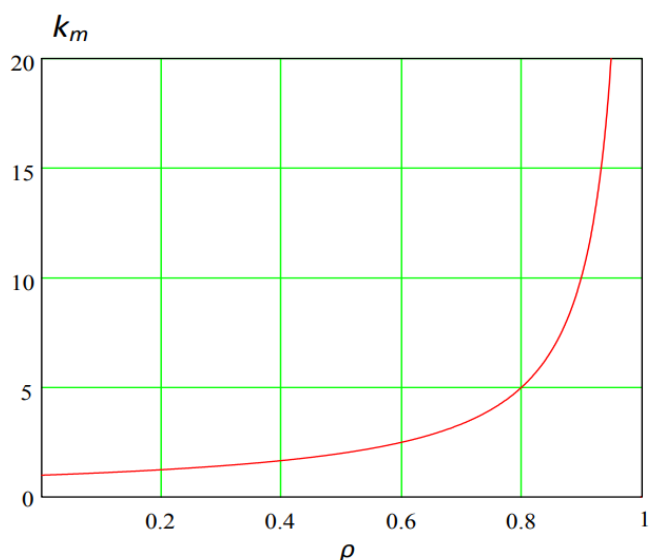
Пакетті жеткізу үшін K аудару әрекеті қажет болу ықтималдығы келесідей анықталады

$$P_{k=(1-p_0)p_0^{k-1}} = (1-\rho)\rho^{k-1} \quad (3.11)$$

Сонда беру әрекеттерінің орташа санын келесідей алуға болады

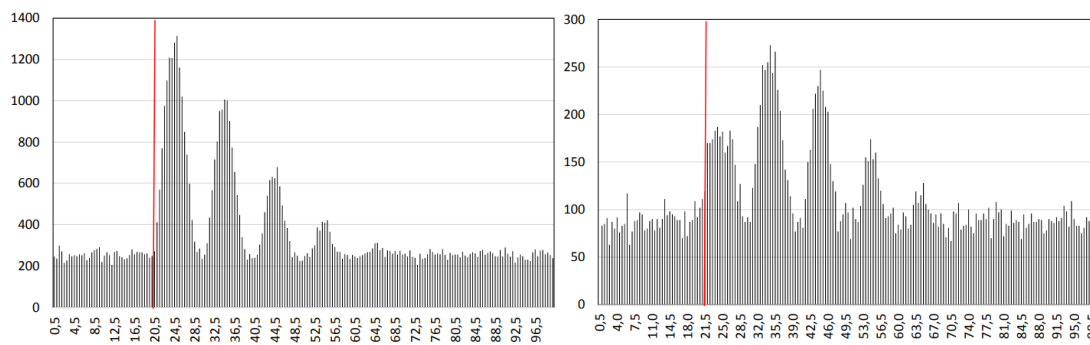
$$k_m = \sum_{k=1}^{\infty} k p_k = \sum_{i=1}^{\infty} k(1-\rho)\rho^{k-1} \quad (3.12)$$

Әрекеттің орташа санының жүктеме қарқындылығына тәуелділігі 3.9-суретте көрсетілген.



3.9-сурет – k_m орташа мәнінің жүктеме қарқындылығына тәуелділігі

Суреттегі графиктерден көрініп тұрғандай. 3.8 және 3.9 сурет.жеткізу мүмкіндігі жеткілікті жоғары болған жағдайда, беру әрекеттерінің саны салыстырмалы түрде аз (5-ке дейін) облыста арнаны пайдалану 0,2-ден аспайды. Арнаны көбірек пайдалану арқылы әрекет саны күрт артады. Бұл жағдайда берілу әрекетін канал күйінің үлгісі ретінде қарастыруға болады. Мысалы, 3.7-суретте көрсетілген модельді және тұрақты мәнді $t_r=10$ с қолданған кезде, трафикті енгізу 3.10-суретте көрсетілгендей көрінеді.

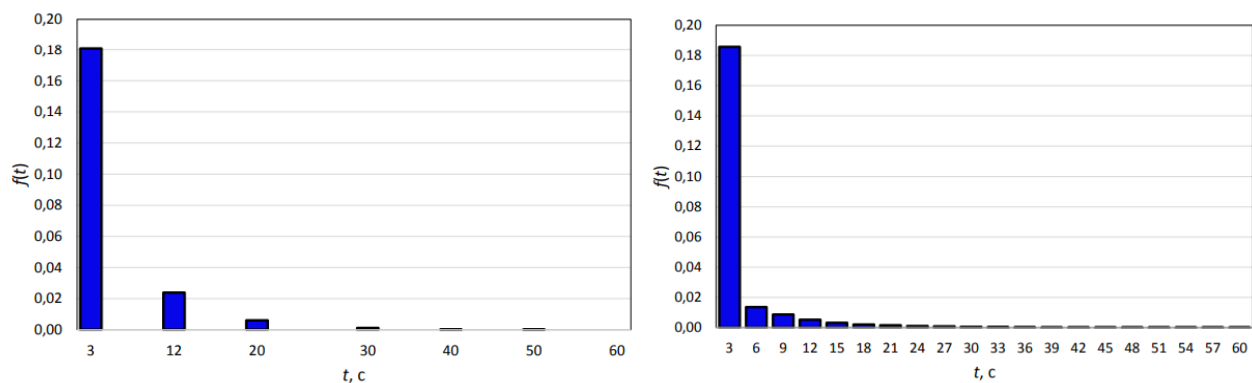


3.10-сурет – Пакеттерді кепілді жеткізу кезінде 100 с ішінде агрегатталған трафик ағынын іске асыру

3.10-суреттен $t=20$ с сәтінде басталған пакеттерді беру процесі 10 С кезеңмен бірнеше рет қайталанатыны анық көрінеді, 3.10 б суретте жоғалған пакеттердің саны көрсетілген. Құрылғының М2М пакетін жеткізу уақыты таңдалған t_r кідірту параметріне және трафиктің қызмет көрсету сапасына байланысты.

$$T = k(\rho)t_r \quad (3.13)$$

Соңғы жағдай үшін жеткізу уақытының ықтималдығының эмпирикалық тығыздығы 3.11 а. суретте көрсетілген. кездейсоқ шаманы t_r ретінде таңдау қайта беру жүргізілетін аралықтың ұзақтығын ұлғайту есебінен артық жүктеме кезеңдерінің (жоғары шығындардың) қайталануын болдырмауға мүмкіндік береді. Кездейсоқ t_r ретінде таңдау кезінде экспоненциалды үлестірімі бар және орташа мәні 10 с болатын шамалар, жеткізу уақытының ықтималдығының эмпирикалық тығыздығы 3.11 б суретте келтірілген.



Сурет 3.11 – Эмпирикалық жеткізу уақыты ықтималдығы тығыздығы

Нақты желіде пакеттің (кадрдың) берілмеуі маршруттың кез-келген бөлігінде орын алуы мүмкін. Осыны ескере отырып, жеткізу ықтималдығы үшін өрнек (9) келесідей жазылуы мүмкін

$$p_D = 1 - p_0^k = 1 - \left[1 - \prod_{i=1}^L (1 - p_0^{(i)}) \right]^k \quad (3.14)$$

мұндағы k -пакетті беру әрекеттерінің саны;

$p_0^{(i)}$ -маршруттың i -учаскесінде істен шығу ықтималдығы, L -маршрут учаскелерінің саны

$$k_m = \sum_{k=1}^{\infty} k p_k = \sum_{k=1}^{\infty} k \prod_{i=1}^L (1 - p_0^{(i)}) \left[1 - \prod_{i=1}^L (1 - p_0^{(i)}) \right]^{k-1} \quad (3.15)$$

Маршрутта үш компонент бар делік (кіру желісі, Желі ядросы, қызмет сервері). (15) ескере отырып, М2М құрылғысынан пакеттің орташа жеткізу уақытын анықтауға болады

$$\bar{T} = k_m t_r \quad (3.16)$$

Осылайша, біріктірілген трафик моделін қолдану Құрылғының жаппай іске қосылуына әкелетін кейбір оқиғаның әсерінен оның өзгеруін ескеруге және М2М құрылғылары мен фондық (Н2Н) трафиктің қызмет көрсету сапасын бағалауға, сондай-ақ оның мүмкін болатын ауытқуларын бағалауға мүмкіндік береді.

3.4 Желі құрылымын талдау және тұрақтылығын қамтамасыз ету

Сымсыз байланыс желілерін құру әрқашан түйіндердің орналасуын және олардың байланыс аймақтарын анықтаумен байланысты. Егер бұл аймақтар толығымен қабаттасып, қызмет көрсету аймағын қамтыса, онда желіні әрқайсысы бар принцип бойынша ұйымдастыруға болады. Бұл жағдайда негізгі міндет желілік түйіндер арасында арна ресурсын бөлу болып табылады. Алайда, көптеген жағдайларда [8, 11-13], түйіндердің байланыс аймақтарының геометриялық өлшемдері желінің қызмет көрсету аймағынан едәуір аз. Мұндай жағдайларда желіні ұйымдастыру қайталағыштарды немесе транзиттік тораптарды, яғни ad hoc немесе Mesh желісін пайдалануды талап етеді [8]. Мұндай желілерді құру желінің логикалық құрылымын (деректерді жеткізу маршруттарын) құруды қамтамасыз ететін тиісті маршруттау хаттамаларын қолдануды талап етеді. Жылжымалы тораптары бар желілерді құру желі тораптарының өзара орналасуының өзгеруіне байланысты оның барлық тораптарының байланыс аймағында желіні ұйымдастыруға мүмкіндік беретін технологиялар мен хаттамаларды пайдалануды көздейді [17]. Желі құрылымының динамикалық өзгеруі белгілі бір критерий негізінде маршруттарды таңдаумен байланысты. Пайдаланылған маршруттау хаттамасына байланысты бұл өлшемдер әртүрлі болуы мүмкін және әртүрлі көрсеткіштерге сүйенеді, соның ішінде түйіндердің өзара орналасуын (олардың географиялық координаттарын) ескереді [18]. Желі конфигурациясының өзгеру процестерінің қажеттілігі мен жиілігі түйіндердің өзара қозғалысының сипатына, сигнал тарату шарттарының басқа да өзгерістеріне және абоненттік трафикке байланысты. Тораптардың қозғалысы кезінде олардың біреуінің байланыс аймағынан шығуы маршрутты қайта құру қажеттілігіне әкелуі мүмкін, ал бұл желі бойынша қызметтік трафикті берумен және уақытты жұмсаумен байланысты, бұл қызмет көрсету сапасының және тұтастай алғанда желінің жұмыс істеу тиімділігінің төмендеуіне алып келеді. Мұндай оқиғалардың жоғары ықтималдығы желіні маршруттарды қайта құру жұмысымен жүктей алады, сондықтан оның ресурстары пайдалы трафикке қызмет көрсету үшін жеткіліксіз болады. Осылайша, жылжымалы нысандар арасында желіні құру кезінде оның құрылымының максималды тұрақтылығына ұмтылу керек. Жоғарыда айтылғандай, құрылымның тұрақтылығы тек түйіндердің қозғалысына ғана емес, сонымен қатар сигнал беруге және трафиктің өзгеруіне (шамадан тыс жүктемелерге) әсер ететін басқа факторларға да байланысты. Бұл жұмыста біз түйіндердің қозғалысымен анықталатын факторға ғана назар аударамыз. Желі тораптарының (элементтерінің) салыстырмалы орналасуының өзгеруінен туындаған желі құрылымының кез келген өзгерісі оның тұрақтылығын төмендетеді деп есептейміз. Жылжымалы объектілер арасындағы байланыс желілерін құрудың бірқатар міндеттерінде объектілердің өзара орналасуы салыстырмалы түрде тұрақты (тұрақты), реттелген [8, 11]. Мысалы, топтағы объектілердің (тораптардың) қозғалысы: колоннадағы автомобильдер, поезд вагонындағы жолаушылар, ұшқышсыз ұшу аппараттары буыны, құстар

отары және т.б. мұндай жағдайларда олардың әрбір жылжымалы объектілері (желі тораптары) басқа объектілерге қатысты өз жағдайын өзгеріссіз сақтайды (немесе сақтауға ұмтылады). Бұл қаншалықты сәтті болса, құрылымның тұрақтылығын анықтайды. Мұндай мысалдардың тізімін едәуір кеңейтуге болады, өйткені мұндай қасиетті жол бойындағы көлік құралдарының қозғалысы мен жаяу жүргіншілердің тротуар бойымен және бізді қоршаған басқа процестерде көруге болады. Бұл мысалдардың басты айырмашылығы-құрылымның тұрақтылық дәрежесі. Біздің айналамызда тәртіпсіз (мүлдем кездейсоқ) қозғалыстың мысалдарын табу әлдеқайда қиын. Осылайша, аз мөлшерде қайта конфигурацияны қажет ететін желі құрылымын іздеу қызығушылық тудырады, яғни түйіндердің салыстырмалы қозғалыстарының белгілі бір дәрежесінде жеткілікті тұрақтылығын көрсетеді.

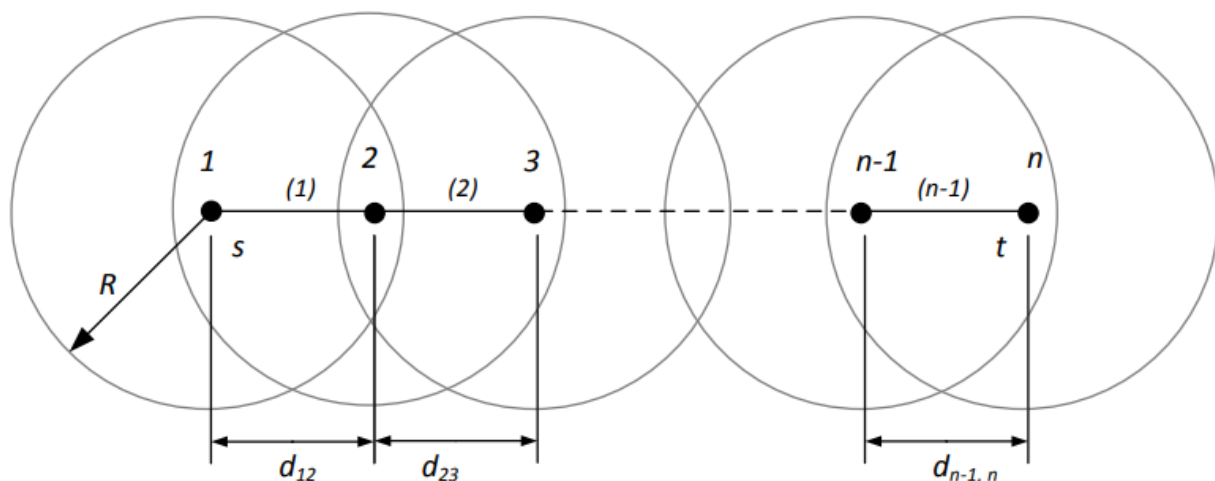
Тұрақты маршрутты табу міндеті тек жылжымалы байланыс желілері үшін ғана емес, сонымен қатар тораптар арасындағы байланыспен ғана емес, сонымен қатар басқа факторлармен де анықталатын маршрут параметрлерінің тұрақтылығы туралы болған кезде желілердің кең ауқымы үшін де маңызды [20]. Бұл жұмыста олардың максималды тұрақтылығын қамтамасыз ететін маршруттарды іздеу әдісін таңдау мәселесі шешіледі. Бұл әдіс түйіндердің бір-біріне қатысты орналасуы туралы мәліметтерге негізделген және олардың салыстырмалы қозғалысының сипаттамаларын ескереді.

3.5 Жылжымалы тораптары бар желі моделі

Бұдан әрі тұрақтылық деп маршруттың трафикке қызмет көрсету қабілеті түсініледі, бұл осы міндет аясында маршруттың әр учаскесіндегі байланысты сақтауға тең. Желі моделін сипаттау үшін $G(V,E)$ графигі қолданылды, онда V шыңдарының жиынтығы желі түйіндеріне сәйкес келеді, ал E жиектерінің (доғаларының) жиынтығы түйіндер арасындағы мүмкін болатын байланыстарға сәйкес келеді. Жалпы жағдайда график бағдарлануы мүмкін, дегенмен бағдарланбаған графикті қарастыру бұл жағдайда алынған нәтижелердің қауымдастығын төмендетпейді. Сондықтан әрі қарай бағдарланбаған график қарастырылады. Графиктің шыңдарының әрқайсысының бастапқы координаттары бар деп санаймыз (x_i, y_i) . Түйіннің байланыс аймағын R радиусының шеңберімен сипаттауға болады делік, сонымен қатар байланыс арнасының сапасы түйіндер арасындағы қашықтықпен ғана анықталады деп санаймыз, яғни біз сыртқы және желіден тыс кедергілерді, әсер етуді және сигналдың өшуінің қашықтыққа үздіксіз тәуелділігін ескермейміз. Бұл графикте i және j шыңдары арасындағы жиек осы шыңдармен балдың қашықтығы $d_{ij} < R$ түйінінің байланыс радиусынан аз болған жағдайда болады.

Кем дегенде n_2 -н маршруттары бар. n_2 -н маршруттары кейбір талаптарды қанағаттандырады (мысалы, белгілі бір мағынада ең қысқа) және трафикті беру үшін қолданылады деп санаймыз. Бұл жағдайда құрылымның тұрақтылығы (өзгермейтіндігі) осы бағыттардың тұрақтылығымен (өзгермейтіндігімен)

анықталады. Бағыттың тұрақтылығын (өзгермейтіндігін) сипаттау үшін q_r бағытының өзгеру ықтималдығы ұғымын енгіземіз. Сондай-ақ, желілік түйіндердің әрқайсысы бастапқы координаттарға қатысты кездейсоқ шамаға ауысып, өз координаттарын кездейсоқ өзгерте алады делік. s және t түйіндері арасындағы маршрут моделін $n-1$ учаскелерінің жиынтығы ретінде қарастырыңыз, мұндағы n -маршруттағы түйіндердің жалпы саны, соның ішінде s және t түйіндері. Егер бұл қашықтық R мәнінен асып кетсе, онда i және j түйіндері арасындағы байланыс бұзылады, ал бүкіл маршрут жұмысын тоқтатады. Осылайша, байланысты бұзу үшін маршруттың кез-келген іргелес түйіндерінің арасындағы қашықтық R мәнінен асып кетуі жеткілікті.



3.12-сурет – n тораптардан маршруттың моделі

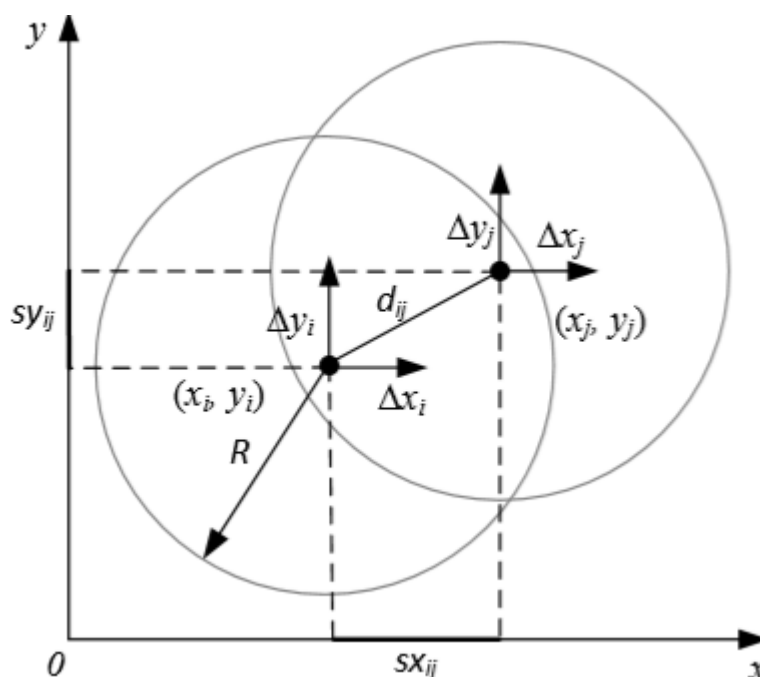
Транзиттік түйіннің қозғалысы бірден екі іргелес түйіннің арасындағы қашықтықтың өзгеруіне әкеледі, сондықтан іргелес учаскелерде байланыстың жоғалу ықтималдығы, жалпы жағдайда, тәуелді болады. Алайда, тапсырманы жеңілдету үшін p_{ij} маршрутының $n-1$ учаскелеріндегі қосылу ықтималдығы тәуелсіз деп санаймыз және әр учаскені түйіндердің (шыңдардың) тәуелсіз іргелес жұбы ретінде қарастырамыз. Егер онда n түйіндері болса, маршруттың байланысын жоғалту ықтималдығын келесідей анықтауға болады.

$$q = 1 - \prod_{r=1}^{n-1} (1 - q_r) \quad (3.17)$$

мұндағы $q_r = 1 - p_r$ - r -учаскесінде қосылыстың жоғалу ықтималдығы.

Әрі қарай маршруттың екі іргелес шыңдарының байланыс моделін қарастырайық, 3.13-суретте Координаттар жүйесі қарастырылып отырған объектілер тобымен бірге қозғалады және оның қозғалысы топтың әр объектісінің қозғалыстарының векторлық қосындысымен, яғни топтың қозғалыс жылдамдығымен және бағытымен анықталады деп санаймыз. Бұл қозғалыс

берілген жүйеде түйіндердің бастапқы координаттарын қозғалыссыз деп санауға болады. Сондай-ақ, шыңдардың әрқайсысы өзінің бастапқы координаттарына қатысты кездейсоқ қозғала алады делік, біз бұл қозғалысты координаталардың әрқайсысы бойынша ығысу шамасымен сипаттаймыз Δx және Δy сызықтары (екі өлшемді модель үшін). Әрі қарай, Δx және Δy қатарлары кездейсоқ сандар, олар 0 математикалық күтуімен және стандартты ауытқулармен қалыпты үлестіруге бағынады, сәйкесінше σx және σy қатарлары.



3.13-сурет – Маршруттың іргелес түйіндерінің байланыс моделі

Декарттық координаттар жүйесіндегі i және j түйіндерінің бастапқы нүктелері арасындағы қашықтықты анықтауға болады:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3.18)$$

i және j түйіндерінің кездейсоқ қозғалыстарын ескере отырып, түйіндер арасындағы қашықтық келесідей көрсетілуі мүмкін.

$$\widetilde{d}_{ij} = \sqrt{(x_i + \Delta x_i - x_j - \Delta x_j)^2 + (y_i + \Delta y_i - y_j - \Delta y_j)^2} = \sqrt{sx^2 + sy^2} \quad (3.19)$$

Мұндағы x және y осіндегі проекциялар $sx = x_i + \Delta x_i - x_j - \Delta x_j$ және $sy = y_i + \Delta y_i - y_j - \Delta y_j$

кездейсоқ сандар болып табылады, математикалық күтулермен қалыпты үлестіруге бағынатын $\mu x_{ij} = x_i - x_j$, $\mu y_{ij} = y_i - y_j$ және дисперсиямен $\sigma x_{ij}^2 = 2\sigma_x^2$ $\sigma y_{ij}^2 = 2\sigma_y^2$

$$f(x) = \frac{1}{2^{\frac{n}{2}-1} \sigma^n \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} x^{n-1} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, \quad x > 0 \quad (3.20)$$

мұндағы $\Gamma(a)$ - гамма функциясы. n -кездейсоқ шамалардың саны.

Ықтималдылықты бөлу функциясы:

$$F(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{x^2}{n\sigma^2}, \frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} = I\left(\frac{x^2}{2\sigma^2}, \frac{n}{2}\right), \quad x > 0 \quad (3.21)$$

мұндағы: $I(a,b)=\Gamma(a,b)/\Gamma(b)$

Бұл жағдайда $n=2$ және нөлдік емес математикалық күтулерде үлестіру ықтималдылық тығыздығымен Райстың таралу түрін алады [15]

$$f(x)_{n=2} = \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2+v^2}{2\sigma^2}} I_0\left(\frac{xv}{\sigma^2}\right), \quad v = \sqrt{sx^2 + sy^2}, \quad x > 0 \quad (3.22)$$

мұндағы $I_0(z)$ — нөлдік ретті бірінші типтегі Бессельдің модификацияланған функциясы. ((Нөлдік математикалық күтулер кезінде Рэйлейдің таралуы, $n = 3$ Максвеллдің таралуы)

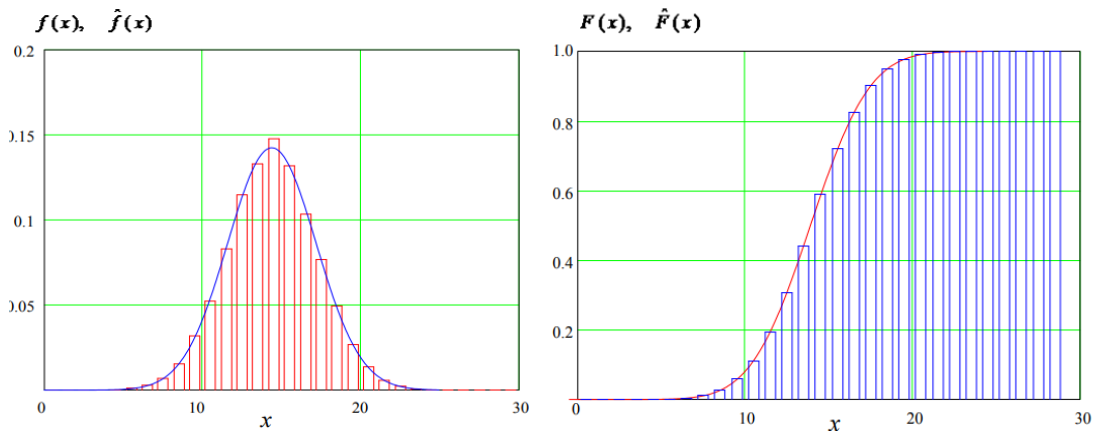
Райс бөлу функциясы:

$$F(x) = 1 - Q_1\left(\frac{v}{\sigma}, \frac{x}{\sigma}\right), \quad x > 0 \quad (3.23)$$

мұндағы $Q_1 - Q$ – Маркум функциясы (Маркум Q-функция [17])

$$Q_M(a, b) = 1 - e^{-\frac{a^2}{2}} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{a^2}{2}\right)^k \frac{P\left(M + k, \frac{b^2}{2}\right)}{k!} \quad (3.24)$$

3.14-суретте модельдеу арқылы алынған эмпирикалық гистограммалар және олардың ықтималдық тығыздығы мен Райстың таралу функциясы сипатталған.



3.14-сурет – Ықтималдығы тығыздығы (а) және бөлу функциясы (б) түйіндер арасындағы қашықтық

Екі түйін арасындағы учаскеде байланыстың жоғалу ықтималдығын олардың арасындағы қашықтық R мәнінен аспау ықтималдығы ретінде бағалауға болады:

$$p_{ij} = p(d_{ij} < R) = F(R) = 1 - Q_1\left(\frac{\nu}{\sigma}, \frac{R}{\sigma}\right) \quad (3.25)$$

мұндағы $\nu = \sqrt{sx^2 + sy^2}$

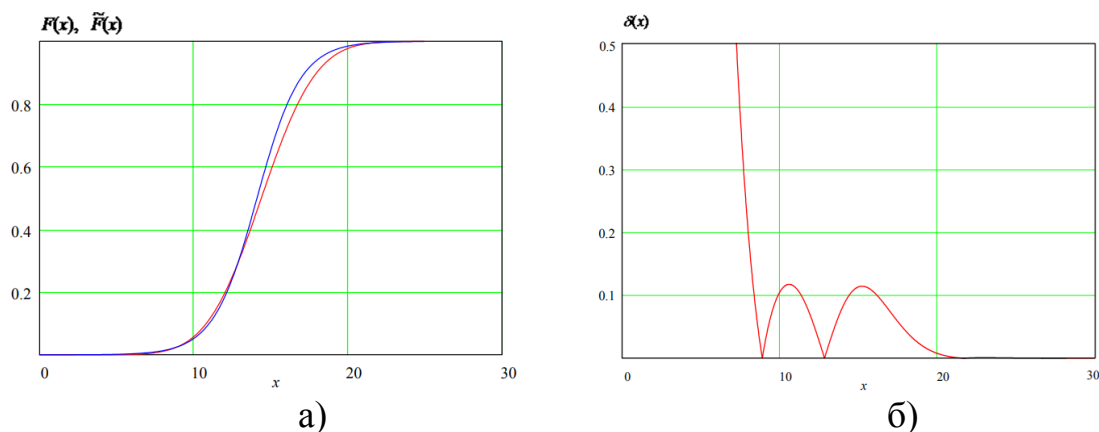
Учаскедегі байланыстың бұзылу ықтималдығы: $q_{ij} = 1 - p_{ij}$.

Бұл шектеулі есептеу ресурстарында қиындықтар тудыруы мүмкін. Тарату функциясын S-қисықтан артық жуықтау мүмкіндігін қарастырыңыз

$$\tilde{F}(x) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{x-\nu}{\sigma}}} \quad (3.26)$$

3.15-суретте $F(x)$ және $\tilde{F}(x)$ қисықтары сәйкесінше (3.24) және (3.25) өрнектерге сәйкес алынған, сондай-ақ алынған жуықтаудың салыстырмалы қатесі келтірілген

$$\delta(x) = \frac{|F(x) - \tilde{F}(x)|}{F(x)} \quad (3.27)$$



3.15-сурет – Үлестіру функциясын жуықтау (а) және салыстырмалы қате (б)

3.15-суреттен көріп отырғанымыздай, $F(x)$ s-қисығының жуықтауы (10) салыстырмалы түрде үлкен ықтималдық мәндері аймағында қолайлы қате береді. $x = 0$ нүктесінде S функциясының мәні нөлден үлкен, ал $F(x)=0$, Бұл жағдайда нөлдегі салыстырмалы қатенің шамасы шексіздікке жететіні анық, қателік ықтималдық мәндері саласында 0,03-тен асады (шамамен). $F(x)>0,03$ мәндерінде салыстырмалы қате 12% - дан аспайды. Әдетте, мәндердің жұмыс аймағы бұл мәннен едәуір асады, сондықтан бұл жуықтау тұрақты маршруттарды іздеуді жүзеге асыру тапсырмаларында практикалық қолдануды таба алады. Келесі міндет-осы метриканы қолдана отырып маршрутты іздеу әдісін анықтау.

3.6 Жылжымалы тораптары бар желіде маршруттау әдісі

Жоғарыда келтірілген пайымдауларды ескере отырып, байланыстың бұзылу ықтималдығы оның тұрақтылығын көрсететін маршруттың маңызды сипаттамасы екені анық. Осылайша, егер маршруттың тұрақтылығын арттыру қажетті мақсат болса, онда маршрутты таңдау міндеті көптеген мүмкін маршруттардың ішінен іздеуге дейін азаяды Ω ең жоғары қосылу ықтималдығы бар маршрут (маршруттар) $p = 1 - q$, мұндағы q – (1) сәйкес анықталатын байланыстың бұзылу ықтималдығы.

Өлшенген графиктің [17] моделімен желіні сипаттау кезінде бұл есепті олардың қосылу ықтималдығының логарифмдерін салмақ коэффициенттері ретінде жиектерді (немесе доғаларды) таңдап, бағандағы ең қысқа жолды (жолдарды) іздеу проблемасына дейін азайтуға болады

$$c_{ij} = -l g p_{ij} \quad (3.28)$$

Содан кейін ең қысқа жолды іздеу жиектердің салмақ коэффициенттерінің қосындысын азайту мәселесін шешеді:

$$\min\left(\sum_{i=1}^n c_{ij}\right) \quad (3.29)$$

Есепті шешу үшін (3.29) бағандағы ең қысқа жолды іздеудің кез келген белгілі алгоритмін пайдалануға болады.

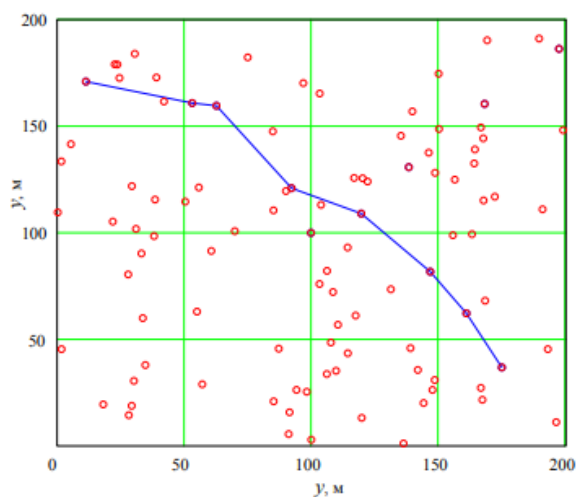
Айта кету керек, «үш орынды» операцияны қолдануға негізделген алгоритмдерді қолданғанда [17] (мысалы, Флойд алгоритмі), есепті шешу (3.29) осы операцияны орындау кезінде келесі түрде алынуы мүмкін:

$$p_{ij} = \max(\{p_{ik}, p_{kj}\}) \quad (3.30)$$

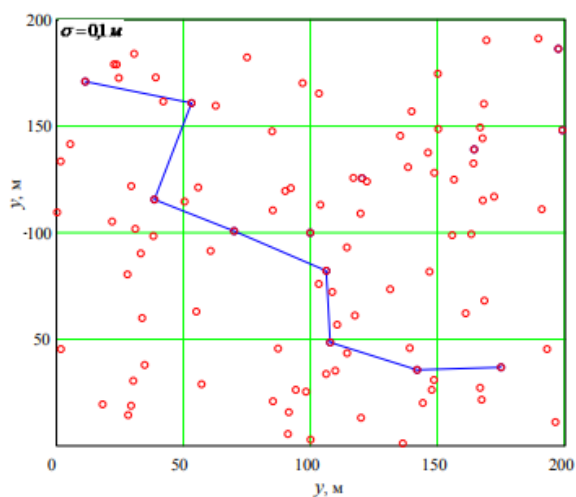
мұндағы p_{ij} -бастапқы салмақтық матрицада берілген желі учаскелеріндегі байланыс ықтималдығы. Ең тұрақты маршрутты іздеудің ұсынылған әдісі келесі қадамдарды қамтиды.

1. Бастапқы деректерді қалыптастыру. Бұл кезеңде мыналар қалыптасады: - желі тораптарының бастапқы координаталарының матрицасы
2. Байланыс ықтималдығын есептеу
3. Салмақ матрицасын қалыптастыру. Р байланысының ықтималдық матрицасы негізінде жиектердің салмақ коэффициенттерінің матрицасы есептеледі
4. Ең қысқа жолды (жолдарды) іздеу. Мәселені шешу үшін кез-келген қысқа жолды іздеу алгоритмін қолдануға болады. Соңы. Шешім табылды.

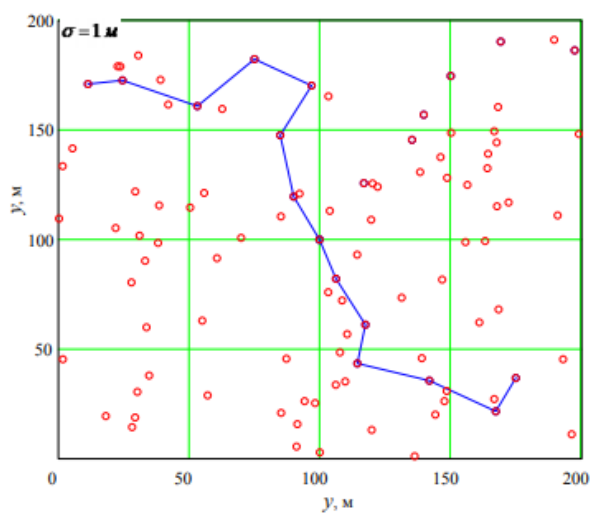
3.16-суретте $R=50$ м түйіннің байланыс радиусында кездейсоқ түрде 200×200 м квадратында орналасқан 100 түйіннен тұратын желіде ең «тұрақты» маршрутты табу үшін модельдеу және жоғарыда аталған әдісті қолдану нәтижелерінің мысалдары келтірілген. ең қысқа жолдарды іздеу (4-кезең) Флойд алгоритмімен жүргізілді [17]. 3.16 а суретте жолдың ең аз жалпы ұзындығының өлшемі бойынша табылған ең қысқа маршрут болып табылады. 3.16 б суретте, 3.16 в суретте және 3.16 г суретте максималды тұрақтылық критерийі бойынша табылған жолдар көрсетілген (14), стандартты ауытқудың әртүрлі мәндері үшін мәні $\sigma = 0,1$ м; мәні $\sigma = 1$ м және мәні $\sigma = 5$ м, сәйкесінше.



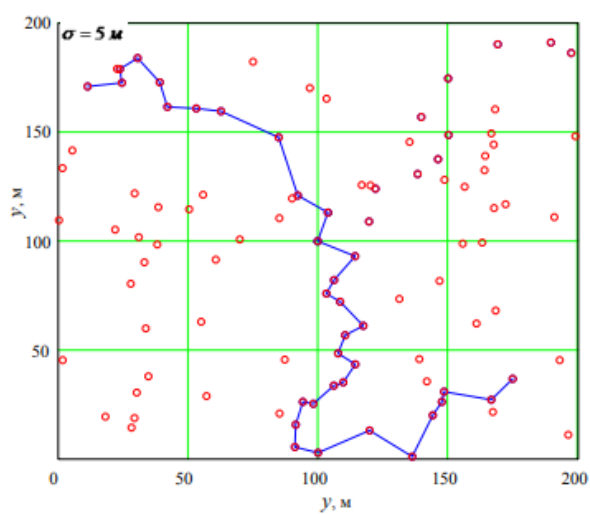
а)



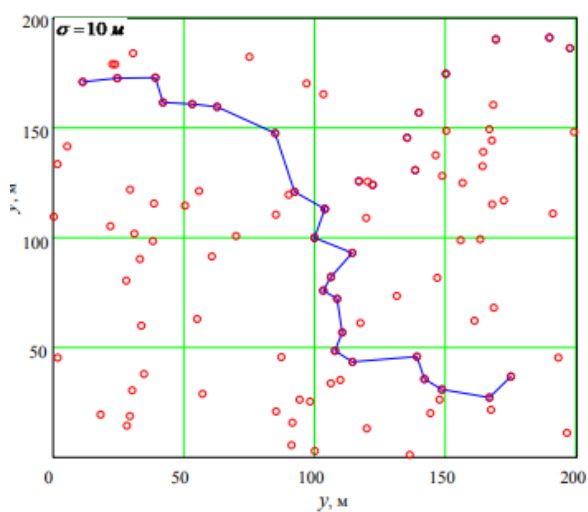
б)



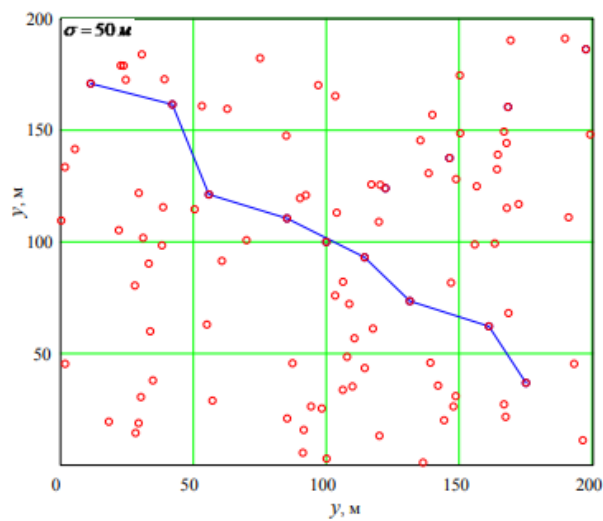
в)



г)



д)



е)

3.16-сурет – Маршруттарды таңдау мысалдары

Ең жоғары тұрақтылық критерийі бойынша табылған тораптардың жолдағы бастапқы жағдайынан кездейсоқ ауытқуларының стандартты ауытқуының (дисперсиясының) ұлғаюы кезінде транзиттік учаскелердің (секірулердің) саны артатынын мысалдардан көруге болады. Бұл нәтиже күтілуде. Алайда, стандартты ауытқудың одан әрі жоғарылауымен, олар белгілі бір мәнге жеткеннен кейін, сәйкесінше $\sigma = 10$ м және $\sigma = 50$ м стандартты ауытқу мәндері үшін 3.16 және 3.16 е сызбаларын суреттейтін кері процесс жүреді. Бұл нәтиже айқын емес, дегенмен дисперсияның үлкен мәндерімен (стандартты ауытқу түйіннің байланыс радиусына жақын болған кезде) учаскелердің сенімділігі соншалықты төмен, сондықтан бүкіл маршруттың тұрақтылығын бағалау кезінде олардың саны басым болады. 3.16 е сурет бағыты ұзындық өлшемі бойынша таңдалған бағытқа жақын (3.16 а сурет).

Осылайша, тұрақтылық критерийі бойынша маршрутты таңдау (14) желілік тораптардың бастапқы позицияларына қатысты қозғалғыштығы салыстырмалы түрде аз болған кезде мағынасы бар деп қорытынды жасауға болады, яғни олардың позицияларының стандартты ауытқуы, кем дегенде, түйіннің байланыс радиусынан аспайды. Әйтпесе, іздеу нәтижесі транзиттің ең аз саны бойынша маршрутты іздеу нәтижесіне жақын болады. Бұл шарттар кіріспеде айтылғандай, көптеген қосымшаларға тән болғандықтан, бұл алгоритм жылжымалы объектілер тобында желіні ұйымдастыруда пайдалы болуы мүмкін.

Айта кету керек, бұл әдіс үш негізгі элементті қамтиды: маршрут моделі, бастапқы деректерді қалыптастыру ережелері және жолды (жолдарды) іздеу әдісі. Бұл элементтердің барлығы тәуелсіз. Бұл жұмыста желінің параметрлері арқылы маршруттың «тұрақтылығын» (маршруттың қосылу ықтималдығы) білдіруге мүмкіндік беретін модель және жолды іздеу тапсырмасы үшін бастапқы деректерді қалыптастыру әдісі сипатталған. Басқа модельдерді пайдаланған кезде бұл тәсілді, мысалы, ең аз жүктелген маршрутты, ең аз шығындармен маршрутты таңдау, тұрақтылықтың басқа өлшемін анықтау және т. б. үшін пайдалануға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста сымсыз сенсорлық желілердегі трафикті ұйымдастыруға және оған қызмет көрсетуге арналған модельдік-әдістемелік аппарат жасалды. Осы мақсатқа жету үшін жұмыста келесі бірқатар міндеттер дәйекті түрде шешілді.

1. Байланыс желілерінің даму үрдістеріне талдау жасалды. Оның нәтижелері байланыс желілерін дамытудың негізгі бағыттарын анықтауға, олардың ең перспективалы бағыттарын бөліп көрсетуге және жұмыста шешілетін міндеттердің өзектілігін бағалауға мүмкіндік берді.

2. Бөлінген перспективалы бағыттардың ішінде интернет заттары мен тактильді интернетті дамыту бағыттары таңдалды. Негізгі тенденцияларды статистикалық талдау негізінде бұл бағыттар байланыс желілерін дамытудың жақын перспективасында өзекті болатындығы анықталды.

3. Перспективалы байланыс желілерінде сымсыз сенсорлық желілерді құрудың рөлі мен міндеттеріне талдау жасалды. Талдау нәтижелері перспективалы байланыс желілеріндегі сымсыз сенсорлық желілер интернет аттары мен тактильді Интернеттің дамуы аясында мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін компоненттердің бірі болуы мүмкін екенін көрсетті.

4. Тораптар тобында салынған желідегі маршруттарға талдау жасалды. Талдау нәтижелері трафикті бағыттау әдісін таңдау және желі құрылымын таңдау үшін желілік маршруттардың қасиеттерін бағалауға мүмкіндік берді.

5. Маршруттардың қасиеттерін ескере отырып, желі құрылымын таңдауды қамтамасыз ететін кластерлеу әдісі негізінде С түйіндері тобында байланыс желісін ұйымдастыру әдісі жасалды.

6. Заманауи байланыс желілеріндегі трафиктің ерекшеліктері зерттелді, бұл автоматты құрылғылар шығаратын М2М трафигінің ерекшелігін бағалауға мүмкіндік берді.

7. Жылжымалы объектілері бар желідегі М2М трафигіне қызмет көрсету әдісін жасау. Әзірленген әдіс трафик көздерінің ерекшеліктерін («табандылық») ескереді.

8. Маршруттардың тұрақтылығы тұрғысынан жылжымалы түйіндері бар желіге талдау жасалды. Желілік тораптардың өзара қозғалысының сипаты туралы мәліметтер негізінде маршруттардың тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік беретін модель жасалды.

9. Жылжымалы тораптары бар желіде тұрақты маршрутты таңдау әдісі әзірленді. Әзірленген әдіс желінің жұмыс істеу сапасын арттыруды қамтамасыз ететін оның тұрақтылығын ескере отырып, маршрутты таңдауға мүмкіндік береді.

Алынған нәтижелер сымсыз сенсорлық желілерді, соның ішінде жылжымалы түйіндері бар желілерді модельдеу және құру кезінде қолданыла алады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Проблемы построения беспроводных сенсорных сетей. Бузюков Л.Б., Окунева Д.В., Парамонов А.И. 2017 г.
2. Анализ подходов к организации радиопокрытия в сетях WI-FI с высокой плотностью пользователей. Викулов А.С., Парамонов А.И. Информационные технологии и телекоммуникации. 2018.
3. Моделирование влияния трафика интернета вещей на качество обслуживания. Махмуд О.А., Парамонов А.И. 2018 г.
4. Wireless Hacking with Kali Linux: LEARN FAST HOW TO HACK ANY WIRELESS NETWORKS PENETRATION TESTING IMPLEMENTATION GUIDE. Hoffman Hugo- 2020 y.
5. Хуссейн О.А., Анализ влияния технологий D2D на функционирование беспроводных сетей связи / Хуссейн О.А., Парамонов А.И. // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Т. 6. № 2. С. 79-86.
6. Хуссейн О.А., Анализ кластеризации D2D-устройств в сетях пятого поколения / Хуссейн О.А., Парамонов А.И., Кучерявый А.Е. // Электросвязь. 2018. № 9. С. 32-38
7. Чинь Б.Х., Исследование параметров маршрутов в самоорганизующихся сетях связи / Чинь Б.Х., Парамонов А.И. // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 4. С. 81-88.
8. 3GPP TR 37.868 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on RAN Improvements for Machine-type Communications.
9. Chornaya D., Investigation of Machine-To-Machine Traffic Generated by Mobile Terminals / Chornaya D., Paramonov A., Koucheryavy A. // В сборнике: International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops 6. Сер. "2014 6th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops, ICUMT 2014" 2015. С. 210-213.
10. Дао Ч.Н., Методы организации сети связи на базе беспилотного летательного аппарата / Дао Ч.Н., Парамонов А.И. // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2017) Сборник научных статей VI Международной научнотехнической и научно-методической конференции. В 4-х томах. Под редакцией С.В. Бачевского. 2017. С. 245-249.
11. Дао Ч.Н., Методы организации сети связи на базе беспилотного летательного аппарата / Дао Ч.Н., Парамонов А.И. // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2017) Сборник научных статей VI Международной научнотехнической и научно-методической конференции. В 4-х томах. Под редакцией С.В. Бачевского. 2017. С. 245-249.
12. Дао Ч.Н., Модели концентрации трафика M2M и оценка его влияния на QOS в сетях 5G / Дао Ч.Н., Парамонов А.И. // Электросвязь. 2018. № 4. С. 47-54.

13. Дао Ч.Н., Применение методов кластеризации для выбора головного узла в группе БПЛА / Дао Ч.Н., Парамонов А.И. // В сборнике: 72-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио Труды конференции. 2017. С. 197-199.
14. Дьяченко. Задача формирования строя в группе БПЛА / Александр Александрович // Известия Южного федерального университета. Технические науки 128.3 - 2012.
15. Евглевская Н.В., Модель архитектуры программно-конфигурируемой сети и когнитивный метод управления для организации множественного доступа в сетях интернета вещей / Евглевская Н.В., Парамонов А.И., Смирнов П.И., Шамилова Р.В. //Радиопромышленность. 2018. № 4. С. 68-75.
16. Карпов Ю.Г., Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб. БХВ-Петербург. 2005. – 389с.
17. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес. М.: Мир. 1978. – 430 с.
18. Кучерявый А. Е. Летающие сенсорные сети / А. Е. Кучерявый, А. Е. Владыко, Р. В. Киричек, А. И. Парамонов, А. В. Прокопьев, А. И. Богданов, А. А. Дорг-Еольц // Электросвязь. - 2014. - № 9.
19. Кучерявый А.Е., Модели трафика для сенсорных сетей в U-России / Кучерявый А.Е., Парамонов А.И. // Электросвязь. 2006. № 6. С. 15-19.
20. Кучерявый А.Е., Обеспечение связности беспроводных сенсорных узлов гетерогенной сети /Кучерявый А.Е., Нуриллоев И.Н., Парамонов А.И., Прокопьев А.В.//Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. Т. 3. № 1. С. 115-122.
21. Кучерявый А.Е., Перспективы научных исследований в области сетей связи на 2017-2020 годы / Кучерявый А.Е., Владыко А.Г., Киричек Р.В., Маколкина М.А., Парамонов А.И., Выборнова А.И., Пирмагомедов Р.Я. // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 3. С. 1-14.
22. Кучерявый А.Е., Сети связи с малыми задержками / Кучерявый А.Е., Парамонов А.И., Аль-Наггар Я.М. // Электросвязь. 2013. № 12. С. 15-19
23. Кучерявый А.Е., Тактильный интернет / Кучерявый А.Е., Выборнова А.И. // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании сборник научных статей V международной научнотехнической и научно-методической конференции. 2016. С. 6-11.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ
ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСҚА

Кенжебаев Мухаммеджан Нуржанулы

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Сымсыз желідегі трафиктерді модельдеу және дамыту»

«Сымсыз желідегі трафиктерді модельдеу және дамыту» тақырыбындағы дипломдық жоба желілік технологиялар мен сымсыз желілердегі деректерді беруді оңтайландыру саласындағы маңызды зерттеу болып табылады.

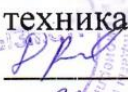
Студент трафикті модельдеудің және оның сымсыз желілерде дамуын талдаудың қолданыстағы әдістеріне кең шолу жасады. Жұмыста мұндай әдістердің техникалық аспектілері, олардың қолданылуы және одан әрі даму мүмкіндіктері егжей-тегжейлі қарастырылған.

Жобаның практикалық бөлігіне ерекше назар аудару керек, онда студент сымсыз желідегі трафикті дамытудың әртүрлі сценарийлерін модельдеп, нәтижелерін талдады. Алынған нәтижелер мен ұсыныстар сымсыз желілерді жоспарлау және басқару үшін пайдалы болуы мүмкін.

Студенттің жұмысы жоғары ғылыми деңгейге және практикалық маңыздылыққа ие. Ол ұсынған зерттеу әдістерін сымсыз желілерді оңтайландыру, пайдаланушыларға қызмет көрсету сапасын жақсарту және желілік шешімдердің тиімділігін арттыру үшін пайдалануға болады.

Бұл жоба жоғары бағалауға лайық және ғылыми қоғамдастық үшін де, желілік технологиялар мен телекоммуникациялар саласындағы практикалық мамандар үшін де қызықты болатынына сенімдімін.

Студент, Кенжебаев Мухаммеджан Нуржанулы дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс «80/В/ жақсы» деп бағаланды, ал **Кенжебаев Мухаммеджан Нуржанулын** 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. аға оқытушы,
техника ғылымдарының магистрі
 Дағарбек Р.
« 29 » 05 2024 ж.



Дипломдық жұмысқа
РЕЦЕНЗИЯ

Кенжебаев Мухаммеджан Нуржанулы

6В06201 Телекоммуникация

Тақырыбына: «Сымсыз желідегі трафиктерді модельдеу және дамыту»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 12 парақ;
б) түсініктеме 58 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

«Сымсыз желідегі трафиктерді модельдеу және дамыту» тақырыбындағы дипломдық жұмыс сымсыз байланыс және трафикті басқару саласындағы маңызды зерттеу болып табылады. Жұмыс авторлары сымсыз желілердегі трафиктің әртүрлі аспектілерін олардың өнімділігін оңтайландыру және жақсарту мақсатында талдауды және модельдеуді ұсынады.

Бұл жұмыстың басты артықшылықтарының бірі оның сымсыз технологиялардың қарқынды дамуы және қосылған құрылғылар санының өсуі контекстіндегі өзектілігі болып табылады. Күн сайын сымсыз желілерді пайдаланатын құрылғылардың саны артып келеді, бұл инфрақұрылымға қосымша стресс туғызады және трафикті тиімді басқаруды қажет етеді.

Сонымен қатар, дипломдық жұмыс сымсыз желілердегі трафикті басқару бойынша практикалық ұсыныстар береді. Бұл деректерді беру процесін оңтайландыру және қызмет көрсетудің жоғары деңгейін қамтамасыз ету мақсатында оңтайлы техникалық шешімдерді таңдау, желілік инфрақұрылымды конфигурациялау және ресурстарды басқару бойынша ұсыныстарды қамтиды.

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

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жұмысқа «жақсы» (85%) деген баға, ал студент Кенжебаев Мухаммеджан Нуржанулы 6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар бакалавры» дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Рецензент:

Ғ.Дәукеев атындағы АЭЖБ университеті,

PhD, т.ғ.к., доцент

М.М. Еремекбаев

« 30 » 05 2024 ж.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кенжебаев Мухаммеджан Нуржанулы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Сымсыз желідегі трафиктерді модельдеу және дамыту

Научный руководитель: Сүнғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 3.7

Коэффициент Подобия 2: 1.7

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 5

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

29.05.2024
Дата


проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кенжебаев Мухаммеджан Нуржанулы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Сымсыз желідегі трафиктерді модельдеу және дамыту

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 3.7

Коэффициент Подобия 2: 1.7

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 5

Интервалы: 0


Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

29.05.2024.
Дата

Заведующий кафедрой



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

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

Автор: Кенжебаев Мухаммеджан Нуржанұлы

Тақырыбы: Сымсыз желідегі трафиктерді модельдеу және дамыту

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.7

2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.7

Дәйексөз (35): 0.4

Әріптерді ауыстыру: 5

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

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

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

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

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

Негіздеме:

29.05.2024
Күні

Кафедра меңгерушісі

