

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

Закиев Алихан Сержанович

«IoT архитектурасын таңдау технологиясы және трафик модельдерін енгізу»

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

[Signature] Е.Таштай

« 30 » ақпан 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «IoT архитектурасын таңдау технологиясы және трафик
модельдерін енгізу»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:

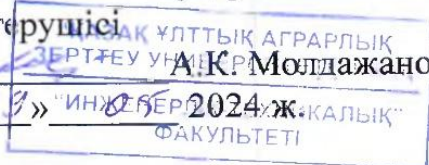
[Signature]

А.С. Закиев

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

[Signature] А.К. Молдажанов

« 29 » сәуір 2024 ж.



Ғылыми жетекші
ҚазҰТЗУ, ф-м.ғ.к., Электроника,
телекоммуникация және ғарыштық
технологиялар кафедрасының
қауымдастырылған профессоры

[Signature] Жунусов К.Х.

« 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

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Закиев Алихан Сержанович*

Тақырыбы *«IoT архитектурасын таңдау технологиясы және трафик модельдерін енгізу»*

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

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

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) *Интернет заттарының жалпы сипаттамасы, 2) Интернет заттарының даму болжамы; 3) Тактильді интернет тұжырымдамасын талдау; 4) Математикалық модель және маршрутты таңдау әдісі.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) *Байланыс желілерін дамытудың перспективалық бағыттарын талдау; ә) Интернет заттарының трафигін талдау және модельдеу; б) Интернет заттарының құрылымын таңдау әдістерін әзірлеу және зерттеу; в) Интернет желісін кідірістерге төзімді желі ретінде зерттеу; г) Боллобаша-Риордан моделін интернет заттары желісі үшін қолдануды талдау.*




Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет 25 атау: 1) *Интернет вещей: Будущее уже здесь. Книга, С.Грингард. 2016 г.* 2) *Интернет вещей. Новая технологическая революция. Мачей Кранц 2019 г.* 3). *Архитектура интернета вещей. Перри Лу 2019 г.* 4) *Dao, N. Analysis Of Routes In The Network Based On A Swarm Of UAVS7 N. Dao, A. Koucheryavy, A. Paramonov. Lecture Notes in Electrical Engineering. — 2016.*

**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	Орындалды
Теориялық ақпарат	01.02.2024 - 01.03.2024	Орындалды
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2024 - 30.05.2024	Орындалды

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Жунусов К.Х. ЭТЖҒТ каф. қауымдастырылған профессоры ф-м.ғ.к.	01.02.2024	
Теориялық ақпарат	Жунусов К.Х. ЭТЖҒТ каф. қауымдастырылған профессоры ф-м.ғ.к.	01.03.2024	
Норма бақылау	Досбаев Ж. М. ЭТЖҒТ каф. аға оқытушысы PhD	15.05.2024	

Ғылыми жетекшісі



Жунусов К.Х.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Закиев А.С.

Күні «13» желтоқсан 2023 ж.

АНДАТПА

Қазіргі уақытта инфокоммуникация саласындағы танымал тақырыптардың бірі - интернет заттары (Internet of Things, IoT). IoT стандартталған тұжырымдама емес. Мұндай жүйелерді құру және өзара әрекеттесу үшін анықтамалық модельдердің бірнеше нұсқалары ұсынылады. Сонымен қатар, ақылды жүйелерге қойылатын негізгі талаптарды қанағаттандыру үшін жаңа хаттамалар жиі өзгертіледі немесе жасалады. IoT жүйелерін құру және берілетін ақпарат көлемінің өзгеруі жағдайында олардың болжануы үшін нақты компьютерлік модельдер қажет, олар үшін «ақылды» құрылғылар жасаған трафиктің негізгі параметрлерін білу қажет: оның мөлшері, берілу уақыты және т. б..

Дипломдық жұмыста Интернет заттарының архитектурасын таңдау технологиясы мен трафик модельдерін енгізу бойынша зерттеулер жүргізілді. Эрдеш-Реньи моделін, Боллобаш-Риордан моделін қолдану, басқару және жеткізу желілеріне талдау жасалынды. Жеткізу және ақпаратты өңдеу құралдарын біріктіретін қазіргі заманғы байланыс желілері ақпараттық қоғамның қазіргі өмірінің ажырамас бөлігі болды. Қазіргі уақытта оларды дамытудың негізгі бағыттарының бірі-заттар интернетін құру тұжырымдамасын жүзеге асыру. Интернет заттары дамыту ақпарат алу технологияларын да, технологияларды да, осы желілердің элементтері арасында деректерді беру үшін байланыс арналары мен желілерін ұйымдастыру әдістерін де дамытуды қамтиды.

Интернет заттары желілерінің өзіне тән ерекшеліктерінің бірі қазіргі заманғы жылжымалы байланыс желілеріндегі абоненттердің тығыздығынан бірнеше есе асатын құрылғылардың жоғары тығыздығы болып табылады. Бұл ерекшелік интернет заттарын құру тақырыбындағы жұмыстарда бірнеше рет сипатталған, алайда планетаның, континенттердің және тіпті елдердің аумағында абоненттердің тығыздығын бөлу өте біркелкі емес екенін атап өткен жөн. Әлемнің кез-келген елінде жоғары және төмен абоненттік тығыздығы бар аймақтар бар.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время одной из популярных тем в сфере инфокоммуникаций является интернет вещей (Internet of Things, IoT). IoT не является стандартизированной концепцией. Для создания и взаимодействия таких систем предлагается несколько вариантов эталонных моделей. Кроме того, новые протоколы часто модифицируются или создаются для удовлетворения основных требований, предъявляемых к интеллектуальным системам. Для создания IoT-систем и их прогнозирования в условиях изменения объема передаваемой информации необходимы конкретные компьютерные модели, для которых необходимо знать основные параметры трафика, создаваемого «умными» устройствами: его размер, время передачи и т.д..

В дипломной работе проведены исследования по внедрению технологий выбора архитектуры Интернета вещей и моделей трафика. Проведен анализ использования модели Эрдеш-Реньи, модели Боллобаш-Риордана, линий управления и поставок. Современные линии связи, объединяющие средства передачи и обработки информации, стали неотъемлемой частью современной жизни информационного общества. В настоящее время одним из основных направлений их развития является реализация концепции создания интернета вещей. развитие интернета вещей предполагает развитие как технологий получения информации, так и технологий, методов организации каналов и сетей связи для передачи данных между элементами этих сетей.

Одной из характерных особенностей сетей Интернета вещей является высокая плотность устройств, в несколько раз превышающая плотность абонентов в современных сетях подвижной связи. Эта особенность неоднократно описывалась в работах по теме создания интернета вещей, однако следует отметить, что распределение плотности абонентов на территории планеты, континентов и даже стран крайне неравномерно. В любой стране мира есть регионы с высокой и низкой абонентской плотностью.

ANNOTATION

Currently, one of the most popular topics in the field of infocommunications is the Internet of Things (IoT). IoT is not a standardized concept. For the creation and interaction of such systems, several variants of reference models are proposed. In addition, new protocols are often modified or created to meet basic requirements for intelligent systems. To create IoT systems and predict them in the face of changes in the volume of transmitted information, specific computer models are needed, for which it is necessary to know the main parameters of traffic generated by «smart» devices: its size, transmission time, etc.

In the thesis, research was carried out on the implementation of technologies for choosing the architecture of the Internet of Things and traffic models. The analysis of the use of the Erdős-Rényi model, the Bollobash-Riordan model, control and supply lines is carried out. Modern communication lines that combine the means of transmitting and processing information have become an integral part of the modern life of the information society. Currently, one of the main directions of their development is the implementation of the concept of creating the Internet of Things. The development of the Internet of Things implies the development of both technologies for obtaining information and technologies, methods of organizing channels and communication networks for transferring data between the elements of these networks.

One of the characteristic features of IoT networks is the high density of devices, several times higher than the density of subscribers in modern mobile networks. This feature has been repeatedly described in works on the creation of the Internet of Things, however, it should be noted that the distribution of subscriber

density on the territory of the planet, continents and even countries is extremely uneven. Every country in the world has regions with high and low subscriber density.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Интернет заттарының даму үрдістерін талдау	10
1.1 Перспективалы байланыс желілерінің даму үрдістерін талдау	10
1.2 Интернет заттары тұжырымдамасын талдау	15
1.3 Тактильді интернет тұжырымдамасын талдау	18
1.4 Интернет заттарының даму болжамы	20
1.5 Интернет заттары желілерін құру технологияларын талдау	28
2 Интернет заттарының трафигін талдау және модельдеу	35
2.1 Трафик модельдерін талдау	35
2.2 Интернет заттарының трафигін талдау	38
2.3 Интернет заттар трафигінің қызмет көрсету сапасына әсерін талдау және модельдеу	44
2.4 Интернет заттарының трафигінің моделі	45
3 Интернет заттарының құрылымын таңдау әдістерін әзірлеу және зерттеу	53
3.1 Интернет заттары желілеріндегі трафикті бағыттау ерекшелігін талдау, шлюздің орналасуын таңдау	53
3.2 Маршрутты таңдаудың математикалық моделі және әдісі	54
3.3 Интернет заттары желісінің құрылымдық параметрлерін таңдау	58
3.4 Модельдеу нәтижелерін талдау	65
3.5 Интернет заттары желісі үшін Эрдеш-Реньи моделін қолдануды талдау	69
3.6 Боллобаш-Риордан моделін интернет заттары желісі үшін қолдануды талдау	72
3.7 Жеткізуді басқару әдісі	73
Қорытынды	75
Пайдаланылған әдебиеттер	76

КІРІСПЕ

Интернет заттар - бұл интернет арқылы немесе сымсыз технологиялар арқылы желіге қосыла алатын құрылғылардың келесі даму деңгейі. Олар нақты уақыт режимінде тікелей және қашықтағы онлайн серверлер арқылы байланысады. Бұл құрылғылар автоматты түрде жұмыс істей алады, бірақ пайдаланушы оларды қашықтан басқара алады. IoT деген бұл пайдаланушылар емес, құрылғылар өзара байланысатын желі.

Жеткізу және ақпаратты өңдеу құралдарын біріктіретін қазіргі заманғы байланыс желілері ақпараттық қоғамның қазіргі өмірінің ажырамас бөлігі болды. Қазіргі уақытта олардың дамуының негізгі бағыттарының бірі интернет заттарын (ИЗ) құру тұжырымдамасын іске асыру болып табылады. Интернет заттары дамыту ақпарат алу технологияларын да, осы желілердің элементтері арасында деректерді беру үшін байланыс арналары мен желілерін ұйымдастыру әдістерін де дамытуды қамтиды.

Бесінші желілерінің ерекшеліктері көбінесе қолданбалы міндеттердің ерекшеліктерімен және оларды қолдану саласымен анықталады. Бұл ерекшеліктер ақпарат алу және жіберілетін хабарламаларды қалыптастыру әдістерінде де, ИВ желілерін өздері құру әдісінде де тұрады. Соңғылары ақпаратты жинау (мониторинг) желісі және ақпаратты тарату желісі ретінде құрылуы мүмкін. Бұл ерекшеліктер ИЗ трафигінің қасиеттерінде көрініс табады, оларды оған қызмет көрсетуді ұйымдастыру кезінде ескеру қажет.

ИЗ желілерінің өзіне тән ерекшеліктерінің бірі құрылғылардың (желі тораптарының) жоғары тығыздығы болып табылады, ол қазіргі заманғы жылжымалы байланыс желілеріндегі абоненттердің тығыздығынан бірнеше есе артық болуы мүмкін. Бұл ерекшелік ИЗ құру тақырыбындағы жұмыстарда бірнеше рет сипатталған, алайда планетаның, континенттердің және тіпті елдердің аумағында абоненттердің тығыздығын бөлу өте біркелкі емес екенін атап өткен жөн. Әлемнің кез-келген елінде жоғары және төмен абоненттік тығыздығы бар аймақтар бар. ИЗ желісінің тығыздығы әртүрлі аймақтарда және әртүрлі аумақтарда, сондай-ақ әртүрлі жұмыс жағдайларында әртүрлі тығыздыққа ие болуы мүмкін деп болжауға болады.

Трафиктің жоғарыда аталған ерекшеліктері, сондай-ақ тал желісінің құрылымдық сипаттамалары талдың функционалдығын әртүрлі жағдайларда жүзеге асыруға мүмкіндік беретін модельдер мен әдістерді әзірлеуді талап етеді, сондай-ақ оның қолданыстағы және перспективалы гетерогенді байланыс желілерімен қатар өмір сүруін қамтамасыз етеді. Жұмыстың тақырыбы өзекті, өйткені ол осы мәселелерді шешуге бағытталған.

1 Интернет заттарының даму үрдістерін талдау

1.1 Перспективалы байланыс желілерінің даму үрдістерін талдау

Қазіргі заманғы байланыс желілеріндегі трафиктің ең көп үлесін жылжымалы байланыс желілерін (ЖБЖ) пайдаланушылар жасайды. Бүгінгі таңда бұл бейне трафигі, сөйлеу және дыбыс беру, деректер беру сияқты трафиктің түрлері. Сондықтан ЖБЖ абоненттер (пайдаланушылар) саны бойынша да, өндірілетін трафик көлемі бойынша да сөзсіз көшбасшыларға айналды. ЖБЖ дамуының негізгі бағыты бесінші буын (5G) желілерін құру болып табылады. Бұл бағыт желілерді құрудың технологиялық базасының және оларды іске асыру жөніндегі құрылымдық және ұйымдастырушылық шешімдердің дамуымен сипатталады [1, 3, 7].

Осы 5G байланыс желілерінің неғұрлым маңызды ерекшеліктері мыналар болып табылады:

- желінің гетерогенді құрылымы;
- қазіргі заманғы ЖБЖ – мен салыстырғанда едәуір дәрежеде жоғары қолжетімді өткізу қабілеті;
- абоненттік терминалдар арасындағы тікелей байланыстарды қолдану мүмкіндігі (D2D-Device to Device). Бұл мүмкіндік лицензияланатын, сондай - ақ лицензияланбайтын радиожилік диапазондарында да іске асырылуы мүмкін;
- байланысты ұйымдастыру үшін спектрдің неғұрлым жоғары жиілікті учаскелерін пайдалану.

Бесінші буынның перспективалы желілері интернет заттарын біріктіреді деп болжанады. Бұл интеграция толық немесе ішінара болуы мүмкін. Сондықтан, 5G желілері заттардың интрнет трафигінің ерекшеліктерін ескере отырып, трафикке қызмет көрсетудің кейбір жаңа тәсілдерін іске асырады. Біріншіден, бұл әдістерге D2D Байланыс мүмкіндігі кіреді.

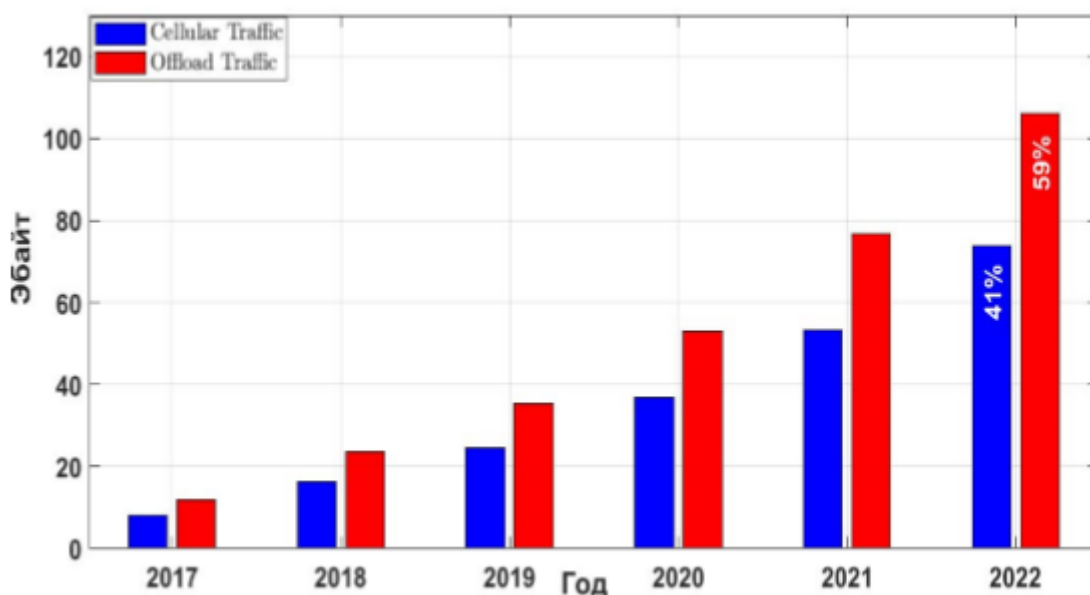
Тікелей байланыстарды пайдалану интернет желісінде өндірілетін трафик заттарының үлесін тікелей құрылғылар арасында, мысалы, пайдаланушылардың терминалдары, базалық станцияларды және ЖБЖ басқа элементтерін айналып өту бағытын ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Әдебиеттегі трафикке қызмет көрсетудің бұл әдісі «трафикті түсіру» деп аталады.

Трафикті түсірудің бұл әдісі ЖБЖ элементтеріне түсетін трафиктің көлемі мен қарқындылығын айтарлықтай ТИ мендетуге мүмкіндік береді. Спектрдің лицензияланбаған учаскелерін пайдалану кезінде лицензияланатын жиілік диапазонында радиожилік ресурсын [2, 5] айтарлықтай үнемдеу қамтамасыз етіледі. Бұл әдіс, жалпы алғанда, желілік ресурстарды пайдалану тиімділігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді [9]. Жоғарыда айтылғандай, D2D қосылымдарын құрылғылардың өзара әрекеттесуін жүзеге асыру үшін де қолдануға болады интернет заттар және құрылғылар тактильді интернет. Әрине, бұл жағдайларда құрылғылар мен арналардың әртүрлі ресурстарын

деректерді беру көлемі мен жылдамдығына, сондай-ақ мобильді терминалдардың электр энергиясын тұтынуына байланысты пайдалануға болады.

1.1-суретте қазіргі заманғы және перспективалы байланыс желілері үшін ЖБЖ - нен түсірілетін трафик үлесінің өзгеру динамикасы көрсетілген. Болжам [6] келтірілген мәліметтер негізінде алынды.

Қазіргі желілерде жергілікті сымсыз қол жеткізу желілері (ЖСҚЖ) желісіндегі ЖБЖ трафигін тасымалдау трафикті түсіру процесі ретінде қарастырылады. Қазіргі уақытта, ең көп таралған ЖСҚЖ құрылыс технологиялар IEEE 802.11 отбасы стандарттар болып табылады. Бұл стандарттар тобы байланыс технологияларын дамытудың жалпы тенденцияларына сәйкес қарқынды түрде толықтырылып, дамып келеді. Осы IEEE 802.11 ас отбасының қабылданған стандарттарының соңғысы қазіргі заманғы қолданбалы міндеттердің көпшілігі үшін жеткілікті деректерді беру жылдамдығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді [12, 15, 16].



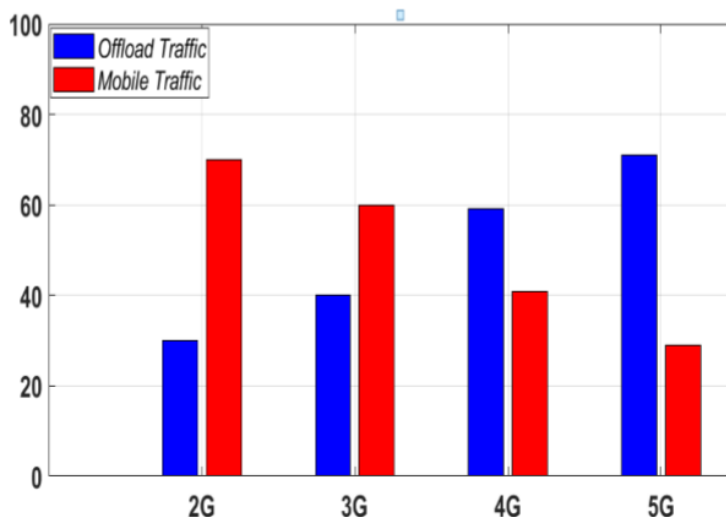
1.1-сурет – ЖБЖ трафигінің және түсірілетін трафик көлемінің даму динамикасы мен болжамы (Cisco деректері бойынша)

Қазірдің өзінде осы стандарттар тобының ЖСҚЖ кең таралған. Бұл стандарттар жалпы қолданыстағы ЖСҚЖ құрылысында да, корпоративті және жеке желілерді құруда да қолданылады. Бұл оларды пайдалану арқылы байланыстың қол жетімділігін арттырады.

1.1-суретте келтірілген мәліметтерден түсірілген трафиктің үлесі артып, болжау кезеңінің соңына қарай (2022 ж) қызмет көрсетілетін трафиктің жартысынан асатынын байқауға болады. Бұл болжам жылжымалы байланыс желілерін құрудың барлық қолданылатын технологиялары үшін жасалған.

1.2-суретте түсірілген трафиктің үлесін болжау нәтижелері көрсетілген. Нәтижелер әр түрлі ұрпақтардың ЖБЖ құру технологиялары үшін келтірілген.

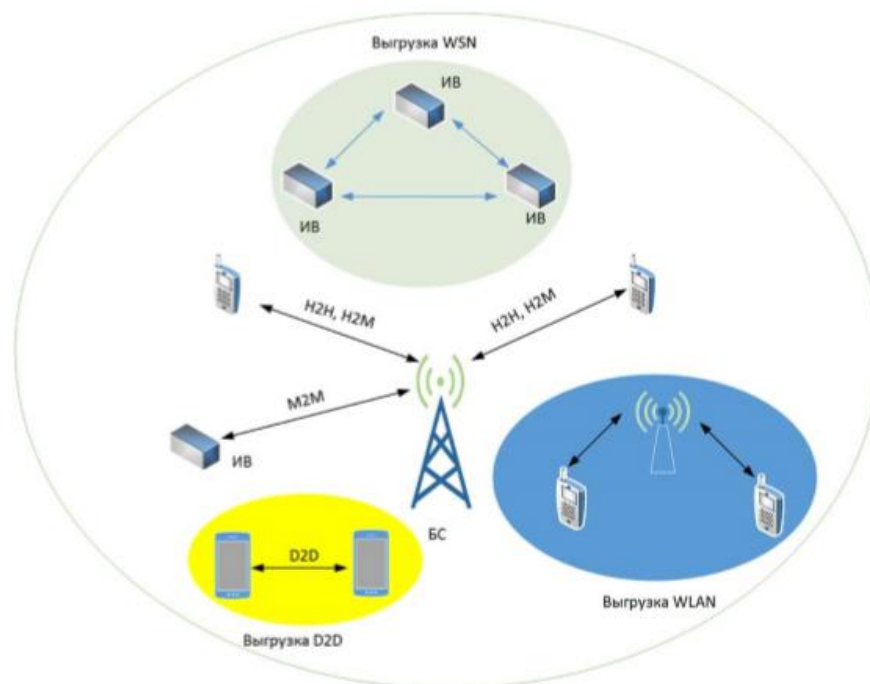
Келтірілген деректер бесінші буын желілерінде түсірілетін трафик жалпы көлемде 70% - дан астамды құрайтынын көрсетеді. Бұл екінші буын желілеріне қарағанда 2 есе көп. Бұл айырмашылық, ең алдымен, бесінші буын желілеріндегі абоненттік терминалдардың ЖСҚЖ-де жұмыс істей алатындығымен түсіндіріледі. Бұл екінші буын желілеріне бағытталған ескірген құрылғылар үшін дұрыс емес.



1.2-сурет – Түсірілетін трафик үлесінің болжамы (Cisco мәліметтері бойынша)

Келтірілген болжам нәтижелері D2D қосылыстарын пайдалану кезінде де, ЖСҚЖ арқылы түсіру кезінде де сөйлеу, мультимедиа, деректер беру сияқты қызметтердің трафигін түсіру есебінен АЖҚ-да қызмет көрсетілетін трафик көлемінің ТИмендегенін көрсетеді.

Трафикті қайта бөлудің ұқсас процесі ИЗ мен ТИ трафигі үшін де орын алады. Интернет желілерінде өндірілген трафик және ғаламдық АЖЖ шлюз ретінде ЖБЖ пайдаланатын ТИ. Бұл процесс 1.3-суретте схемалық түрде көрсетілген. 1.3-суретте 3 мүмкіндіктің болуы кезінде трафикті түсіру схемасы көрсетілген: ЖСҚЖ қол жетімділігі, құрылғы-құрылғы және ЗИ.



1.3-сурет – Перспективалы байланыс желісіндегі трафикті түсіру схемасы

Қазіргі уақытта көптеген интернет желілерін құру кезінде сымсыз желілерді, соның ішінде радиожилік спектрінің лицензияланбаған учаскелерін пайдаланатын ЖСҚЖ ұйымдастыру стандарттары қолданылады. ЖСҚЖ құрылысының құрылымы жеке құрылғылар арасында D2D байланысын пайдалануға мүмкіндік береді. Интернет заттары желісін құру үшін қазір IEEE 802.15.4 (ZigBee), IEEE 802.11 (WiFi), IEEE 802.15.1 (Bluetooth), LoRaWAN, SigFox сияқты технологиялар жиі қолданылады. Аталған стандарттар мен технологиялар D2D коммуникацияларын пайдалануға және олардың негізінде желілерді іске асыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, интернет заттарын құруда осы технологияларды қолдану ЖСҚЖ-қа трафикті түсіруге мүмкіндік береді. Мұндай шешімдер, әсіресе интернет-заттардың трафигі кенеттен өскен жағдайда, ЖБЖ-ны едәуір жеңілдетеді. Қазіргі заманғы байланыс желілері трафигінің жалпы көлеміндегі заттардың интернет-трафигі үшін онша үлкен емес. 1.4-суретте 2022 жылға дейінгі трафиктің M2M мысалында заттардың Интернет-трафигінің өзгеруі туралы болжам берілген. Осы болжам көрсеткендей, оның үлесі 2022 жылға қарай өндірілетін трафиктің жалпы көлемінің шамамен 2% - ын құрайды. Бұл маңызды мән, бірақ ол интернет заттарын трафиктің негізгі көздеріне жатқызуға мүмкіндік бермейді.

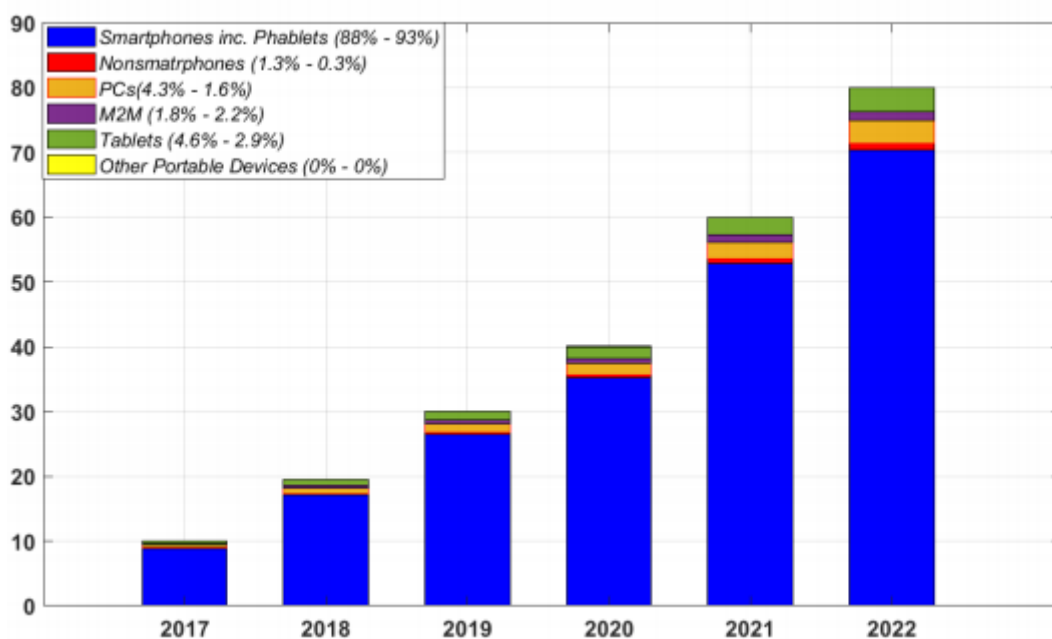
Болжамның келтірілген деректері өндірілетін трафиктің орташа көлемін ғана көрсетеді, сонымен қатар трафиктің бұл көлеміне, мысалы, жолдардағы, ғимараттардағы және т.б. бейнебақылау камералары шығаратын трафик кірмейді, өйткені бүгінде қандай құрылғыларды ИЗ-қа жатқызу керектігі туралы толық сенімділік жоқ. ИЗ тұжырымдамасына сәйкес бейнебақылау

камералары интернеттегі заттарға да жатқызылуы мүмкін. Бұл жағдайда ИЗ трафигінің үлесі едәуір көп болады деп күту керек.

Егер біз телеметрия құрылғыларына ұқсас құрылғыларды есте ұстасақ, онда ИЗ трафигі шектеулі болады.

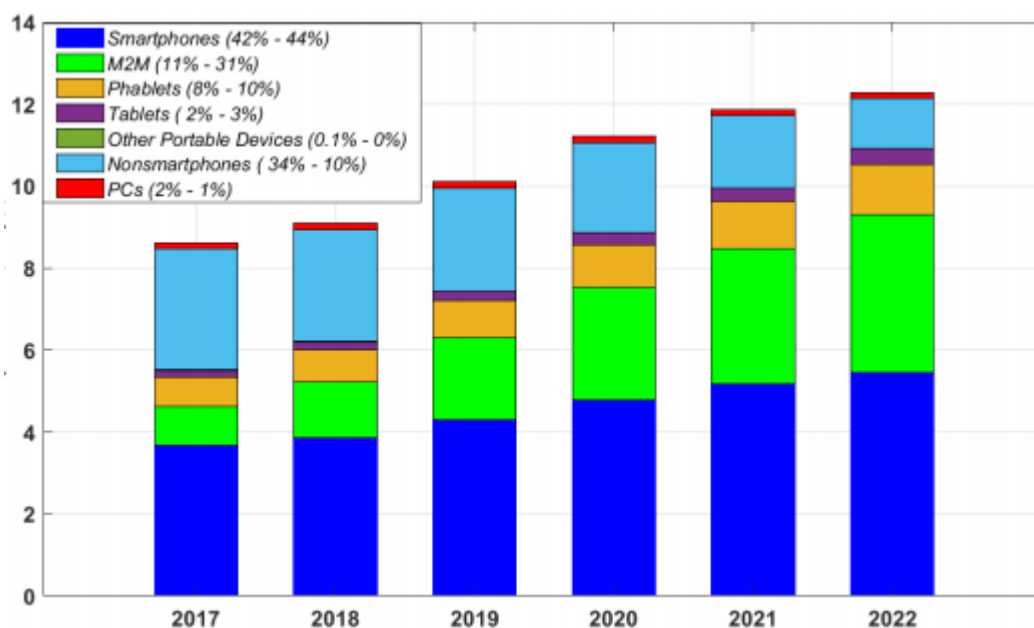
Соңғы жағдайда да, ИЗ трафигі оған қызмет көрсететін байланыс желілері үшін айтарлықтай қиындықтар тудыруы мүмкін жағдайлар болуы мүмкін. Бұл қиындықтар интернеттегі заттардың өте көп болуына және олардың автоматты құрылғылардың мінез-құлқына байланысты. ИЗ трафигінің сипаттамалары, адамдар шығаратын трафиктен айырмашылығы, сыртқы факторларға айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Бұл факторлар трафиктің баяу өзгеруіне және желілердің шамадан тыс жүктелу қаупін тудыруы мүмкін.

Сондай-ақ, ИЗ трафигінің ерекшелігі трафиктің ағындық сипаттамаларынан айырмашылығы болуы мүмкін, мысалы, бақылау және басқару жүйелеріндегі деректерді алу процестерімен анықталады.



1.4-сурет – Әртүрлі құрылғылардың трафик үлесінің өзгеруі (Cisco мәліметтері бойынша)

1.5-суретте байланыс желілеріне қосылатын әртүрлі құрылғылардың санын болжау нәтижелері көрсетілген.



1.5-сурет – Қосылымдардың өзгеру болжамы

Жоғарыда келтірілген суреттен ИЗ саны (құрылғылардың М2М санын бағалау бойынша) байланыс желілеріне қосылған барлық басқа құрылғылардың санына мөлшерлес шамаға жететінін көруге болады. Бұл болжам «ТИ» санды бағалау болуы мүмкін, өйткені ол тек құрылғының М2М ескереді.

Осылайша, ИЗ желісінің сандық сипаттамалары, тіпті «ТИ» бағалау кезінде мен жақын арада өте көп мөлшерде ИЗ көрсетемін.

Осыған байланысты, бұл көптеген құрылғылардан желілерді тиімді жобалауға және тиімді басқаруға мүмкіндік беретін әдістер қажет екені анық. Сондай-ақ, ықтимал көздердің едәуір санына байланысты жүктемелерге және трафиктің басқа түрлеріне қызмет көрсету сапасының ТИмендеуіне байланысты желіге нақты қауіп ТИ өндіруі мүмкін осындай желілерді басқару және трафикті басқару мүмкіндігі болуы керек.

1.2 Интернет заттары тұжырымдамасын талдау

Ақпаратты жинау, өңдеу және жеткізу құралдары мен жүйелерін қамтитын қазіргі заманғы ақпараттық-коммуникациялық жүйе (АКЖ) қазіргі заманғы ақпараттық қоғамның ажырамас бөлігіне айналды. АКЖ негізі-оның элементтерінің өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін желілер мен байланыс жүйелері. Байланыс және ақпаратты өңдеу технологияларын дамыту ақпараттық қызметтердің де, ақпарат алу құралдарының да дамуының катализаторы болып табылады. Байланыс желілерінің даму деңгейі АКЖ мүмкіндіктерін тұтастай анықтайды және оның пайдаланушыларына беретін мүмкіндіктеріне айтарлықтай әсер етеді.

Телекоммуникация желілері мен АКЖ-ны дамытудың ең перспективалы бағыттарының бірі-бұл интернет заттары (ИЗ) тұжырымдамасын жүзеге асыру, ол негізінен сымсыз байланыс технологиялары мен желілерін, ақпаратты алу және өңдеу құралдарын дамыту арқылы пайда болды. Бұл тұжырымдама кеңістікте де, уақытша салада да (барлық жерде, барлық жерде және кез келген уақытта ақпараттың қолжетімділігі) қолжетімділік ұғымын шексіз кеңейте отырып, ақпараттың қолжетімділігін арттыруды көздейді. Мұндай тұжырым іс жүзінде Интернет заттарының технологияларын қолдануды шектемейді, бұл тиісті құрылғылар – ИЗ желісінің түйіндері санының өсуіне алғышарттар жасайды. Сонымен қатар, байланыс желілерінде қызмет көрсетілетін трафиктің қасиеттері бөлігінде өзгерістер күтіледі.

Қазіргі уақытта трафиктің бірқатар қасиеттерінің өзгеруі байқалады, бұл трафикті өндіретін желіге қосылған автоматты құрылғылар санының өсуіне байланысты, олардың қасиеттері адамдар шығаратын трафиктің қасиеттерінен өзгеше. Мұндай өзгерістер трафикке қызмет көрсету бөлігінде де, желілер құрылымын таңдау бөлігінде де ИЗ құру мәселелерін шешудің тиісті тәсілдерін әзірлеуді талап етеді.

Қазіргі заманғы байланыс желілерін дамытудың жалпы үрдістері байланыс технологияларын дамыту бөлігінде кезекті маңызды қадам ретінде қарастыруға болатын бесінші буын желілерін (5G) дамыту сияқты бағытпен сипатталады.

Мұндай желілер әртүрлі технологияларды қолдана отырып салынған байланыс желілерінің қатар өмір сүруі мен өзара әрекеттесуін қамтиды, яғни гетерогенді. Бұл тұрғыда ИЗ технологиялары 5G желілерінің ажырамас бөлігі болып табылады. Осылайша, ИЗ-ның дамыту міндеттері перспективалы болып табылады, өйткені олар ұзақ уақыт бойы, атап айтқанда, бесінші буын желілерінің технологиялары мен қызметтерін енгізу кезеңінде өзектілігін сақтайды.

Бұл тарауда телекоммуникация технологияларын дамытудың және АКЖ-ны дамытудың негізгі тенденцияларына, ИЗ тұжырымдамасының пайда болуы мен дамуына, сондай-ақ байланыс желілері қызмет ететін трафиктің өзгеру тенденцияларына талдау жасалады.

Интернет заттары туралы тұжырымдаманың өзі 2010 жылы Y. 2060 ұсынысын әзірлеу кезінде Халықаралық Электр байланысы одағының (ХЭО-Т) зерттеулері аясында тұжырымдалған. Осы ұсыныстың материалында интернет заттарының байланыс желілеріне қатынасы тұрғысынан егжей-тегжейлі анықтамасы келтірілген, сонымен қатар интернет заттарына қойылатын негізгі талаптар келтірілген, перспективалы байланыс желілерінің құрамдас бөліктерінің бірі ретінде ИЗ анықтамалық моделі жасалған.

Бұл тұжырымдамада интернет заттары (немесе жай заттар) бізді қоршаған әлемнің объектілері (физикалық объектілер) немесе ақпараттық әлем (виртуалды объектілер) деп түсініледі. Бұл объектілер сәйкестендірілуге тиіс, сондай-ақ олардың қолданыстағы байланыс желілеріне интеграциялануға мүмкіндігі болуға тиіс. Бұдан шығатыны, әр Интернет екі шартты

канағаттандыруы керек: сәйкестендіру (адресация мүмкіндігі бар) және желімен өзара әрекеттесу мүмкіндігі, яғни тиісті интерфейс болуы керек.

Шын мәнінде, осы екі шартты орындай отырып, интернет-затты байланыс желісінің элементі ретінде қарастыруға болады, және ол желілік түйіндердің барлық функцияларына ие болуы мүмкін болғандықтан, оны желілік түйін ретінде қарастыруға болады. Пайдаланылатын байланыс технологияларына және ИЗ желісін құру әдістеріне байланысты бұл ақпарат көзі немесе қабылдағышы болып табылатын соңғы түйін немесе мысалы, трафик транзиті функцияларын орындайтын түйін болуы мүмкін. Бұл телекоммуникациялық желілердегіге қарағанда тораптардың тығыздығы едәуір жоғары желілік құрылымдарды қалыптастырудың әлеуетті алғышарттарын жасайды.

Мұндай жағдайларда желінің құрылымын таңдау әдістері мен қазіргі желілермен қатар өмір сүруін қамтамасыз ететін осындай желілердегі трафикке қызмет көрсету әдістері, сондай-ақ перспективалық байланыс желілерінің элементтерімен органикалық өзара әрекеттесу маңызды рөл атқара бастайды.

ИЗ тұжырымдамасы сонымен қатар байланыс желілеріне қойылатын кейбір талаптарды ұсынады, оларды келесідей тұжырымдауға болады:

- әрбір интернет-зат, мүмкін, жаһандық АКЖ - мен байланыс жасай алуы керек;

- заттардың интернет желілері оған қатысты әрбір Интернет-затқа қатысты қызметтерді ешқандай шектеусіз ұсына алуы керек. Мысалы, физикалық және виртуалды заттардың өзара әрекеттесуінің құпиялылығына байланысты қызметтер.

- интернет заттарының желілері мен құрылғылары гетерогенді болуы мүмкін, яғни. әр түрлі технологияларды қолдана отырып, олар басқа АКЖ құрылғыларымен әртүрлі желілер арқылы өзара әрекеттесу мүмкіндігіне ие болуы керек.

- интернет заттарының күйі әртүрлі белгілермен динамикалық түрде сипатталуы мүмкін. Сондай-ақ, интернет-заттардың саны, олардың кеңістіктегі координаттары, қозғалыс жылдамдығы және т. б. сияқты сипаттамалар динамикалық түрде өзгеруі мүмкін.

Жоғарыда аталған талаптар динамикалық өзгертін құрылымы бар желіде орындалуы мүмкін, яғни.заттардың интернет желілерін іске асыру үшін өзін-өзі ұйымдастыратын желілерді құрудың ең қолайлы тәсілі. Бұл тәсіл осындай желілердің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ететін өзін-өзі ұйымдастырудың тиісті хаттамаларын қолдануды қамтиды.олардың жұмыс істеу сапасының көрсеткіштері мен жұмсалған ресурстар көлемінің кейбір көрсеткіштері арасындағы байланыс.

Интернет желісінің маңызды құрылымдық параметрлерінің бірі-бұл желіге кіретін заттар саны. Бірқатар жарияланымдарда, атап айтқанда, жұмыста [25] олардың ғаламдық желідегі санының $30...50 \cdot 10^{12}$ трлн-ге дейін өсуі туралы болжам. Бұл сан жобалау міндеттерін де, пайдалану және басқару міндеттерін шешуде, атап айтқанда өзін-өзі ұйымдастыру тетігін іске асыруда қолданылатын тәсілге айтарлықтай әсер етеді.

Қолданыстағы 3GPP құжаттарында 5G байланыс желілеріндегі құрылғылардың саны $1 \cdot 10^6$ -ге жетуі мүмкін деп болжанады. 1 км^2 арналған құрылғылар.

Алайда, ИЗ желілерінің дамуы толығымен мүмкін диаметрлі қарама-қарсы жағын, яғни желінің мүмкін болатын ТИмен тығыздығын ескеруі керек. Мұндай құбылысты, мысалы, халықтың тығыздығы ТИмен, басқа байланыс құралдарының қол жетімділігі шектеулі жерлерде күтуге болады, сонымен қатар бұл құбылыс байланыс желілеріне деструктивті (деструктивті) әсердің салдары болуы мүмкін, мысалы, табиғи апаттар мен апаттар. Бұл жағдайда Интернет заттары байланыстың қол жетімділігін арттыру құралы бола алады.

Осы жұмыста шешілетін міндеттер интернет-заттар трафигінің байланыс желілерінің жұмыс істеу сапасына әсерін зерттеуге де, сондай-ақ осындай желілерді өзін-өзі ұйымдастыру функционалдығын іске асыруға мүмкіндік беретін әдістерді әзірлеуге де бағытталған, атап айтқанда, бұл бағыттау, ИЗ желілерінде деректерді жеткізу құрылымы мен әдістерін таңдау міндеттері.

1.3 Тактильді интернет тұжырымдамасын талдау

Тактильді интернет (ТИ) тұжырымдамасы шеңберінде іске асырылатын желілер мен көрсетілетін қызметтер осы жұмысты зерттеу объектісі болып табылмайды, алайда ТИ тұжырымдамасы перспективалы байланыс желілерін дамытудың айқындаушы бағыты болып табылады және ТИ тұжырымдамасымен қатар іске асырылады. Перспективалы гетерогенді байланыс желісі аясында жүзеге асырылатын бұл екі процесс бір-бірін толықтыратын және ортақ ресурстарды пайдалану кезінде қарама-қайшылық тудырмайтын әртүрлі мәселелерді шешуі керек. Басқаша айтқанда, осы тұжырымдамалардың әрқайсысын іске асыру кезінде қабылданатын шешімдерде қайшылықтар болмауы керек. Осы мағынада, ТИ даму тұжырымдамасын талдау оларды ТИ құру міндеттерінде ескеру мақсатында оны іске асырудың негізгі әдістерін анықтауға қызмет етеді.

ТИ тұжырымдамасының мәні байланыс желілерін (жалпы АКЖ) пайдаланушылар арасында деректерді жеткізудің кідірісін барынша азайтуға ұмтылу болып табылады. Мұндай міндеттің қажеттілігі, бірінші кезекте, робототехниканы, телемедицинаны, жасанды интеллектті, пилотсыз Көлік құралдарын дамыту саласындағы және қазіргі заманғы қоғам өміріне елеулі әсер ететін және дамуы адам өмірінің сапасын жақсартуға қабілетті басқа да қолданбалы салалардағы елеулі жетістіктерден туындады.

Хабарламаларды жеткізуді кешіктіруді азайтуға қойылатын талап жоғарыда аталған қосымшаларға тән ерекше талаптардан туындайды. Жалпы, бұл қосымшаларды интерактивтіліктің жоғары деңгейі бар қосымшалар ретінде сипаттауға болады. Басқаша айтқанда, оларды жүзеге асыру үшін кейбір ақпаратқа реакция уақытын азайту қажет, сондықтан бұл ақпаратты жеткізу уақытын да, реакция нәтижесін жеткізу уақытын да азайту қажет. Бұған тән

мысал-медициналық хирургиялық роботты қашықтан басқару, онда операторға нақты тактильді сезімдерді жеткізуге мүмкіндік беретін ақпаратты уақтылы жеткізу маңызды рөл атқарады. Бұл, мүмкін, осы Тұжырымдаманың атауын таңдау болды.

Бұл тұжырымдаманы ИЗ тұжырымдамасы сияқты оның мүмкіндіктерін едәуір кеңейтуге бағытталған АКЖ эволюциясының келесі қадамы ретінде қарастыруға болады. Сондай-ақ, оның мақсатын телекоммуникация технологияларын қолдану арқылы белгілі бір қашықтағы нүктеде адам үшін қатысу әсерін жасау ретінде түсіндіруге болады. Жалпы алғанда, сезімтал сезімдер сөздерін интерактивті басқару немесе өзара әрекеттесу мағынасын енгізе отырып, кең мағынада түсіну керек.

ТИ-тің бірқатар қосымшаларында әрекетке кері реакцияның кідірісі байланыс желісі енгізген кідіріс жоғарыда көрсетілген қашықтан қатысу әсерін бұрмаламайтындай аз болуы қажет. Бірқатар дереккөздерде [12] мақсатты мән ретінде шамамен 1 мс кідіріс мәні келтірілген.

Мұндай кідіріс мәндеріне қол жеткізу кейде мүмкін емес, бұл электромагниттік сигналдардың таралу уақытына физикалық шектеулермен анықталады. Көп жағдайда мұндай мәндерге қол жеткізу үшін желінің тиісті құрылымын таңдау және байланыс желілерінің жеткілікті өткізу қабілетін таңдау бөлігінде шешімдерді қолдану қажет [11].

Әр түрлі қосымшалар үшін талап етілетін (мақсатты) кешіктіру мәндері әртүрлі болуы мүмкін және келтірілген мақсатты мәннен айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін. Сондықтан әртүрлі қызметтердің нақты талаптарын адамның қабылдау сапасын бағалау негізінде зерттеу керек.

Жоғарыда айтылғандарды қорытындылай келе, болашақта сөйлеуді, бейнені және деректерді берудің дәстүрлі қызметтерін жүзеге асыру үшін қолайлы деп саналатын мәндермен салыстырғанда, деректерді жеткізудің кідірісін азайту туралы шешім қабылдауды қажет ететін қызметтердің дамуы күтіледі деп айтуға болады.

Осы міндеттерді шешу үшін желінің жекелеген учаскелерінде кідірістерді барынша азайтуды қамтамасыз ететін байланыс желілерінің өткізу қабілетін арттыру әдістері де, қызмет көрсетуге бағытталған желі құрылымын таңдау әдістері де қолданылатыны анық [10].

Сондай – ақ, кідірісті азайтуға арналған шешімдердің бірі желілік элементтер арасындағы тікелей байланыстарды (D2D-Device-to-Device), егер бұл құрылғылар бір-бірінің байланыс аймағында болса, пайдалану болуы мүмкін екенін атап өткен жөн.

Сондай-ақ, пайдаланушы терминалдары желіні ұйымдастыру үшін жеткілікті функционалдылыққа ие, мысалы, D2D қосылымдарын пайдалану. Мұндай желіге деректерді жеткізу уақыты маршруттың желілік инфрақұрылым элементтерін айналып өтетіндіктен едәуір қысқаруы мүмкін.

Осылайша, ТИ құру тұжырымдамасын іске асыру бойынша шешімдер ИЗ құру кезінде қабылданған шешімдерге қайшы келмейді. Сонымен қатар, қосымша есептеу ресурстары, сондай-ақ перспективалы байланыс желілерінде

D2D байланысын жүзеге асыратын абоненттік құрылғылардың мүмкіндіктері, керісінше, ИЗ желілік элементтері ретінде пайдалануға болатын құрылғылар мен құралдардың шеңберін толықтырады. Мысалы, абоненттік терминалдар, егер бос ресурс болса, шлюздер немесе желінің соңғы тораптары ретінде қызмет ете алады, ал қосымша есептеу ресурстары (бұлтты ресурстар) бос ресурс болған жағдайда, ИЗ желісінен алынған деректердің үлкен көлемін өңдеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

1.4 Интернет заттарының даму болжамы

Әлемдегі телекоммуникацияның негізгі технологияларын дамытудың жалпы деңгейі өте жоғары. Ресейде және экономика деңгейі дамыған елдерде ең көп таралған технологиялардың даму деңгейі қанығуға жетті. Бұл жағдай, бір жағынан, танымал Байланыс қызметтеріне сұраныстың өсуінің баяулауына әкеледі, бірақ екінші жағынан, бұл АКЖ дамуының жалпы процесінің катализаторы ретінде әрекет етуі керек жаңа технологиялар мен қызметтердің дамуына түрткі болады.

АКЖ-ны одан әрі дамыту бағыттары адамдардың ақпараттық технологияларды қолданудың жаңа кең салаларын дамытуға деген ұмтылысынан туындайды, бұл ақпараттың қол жетімділік деңгейінің өсуіне әкелуі мүмкін. АКЖ-ны дамыту контекстінде іс жүзінде мұндай бағыттар болды: интернет заттарын (ЗИ) құру тұжырымдамасы және тактильді интернет (ТИ) тұжырымдамасы.

Жоғарыда айтылғандай, ЗИ тұжырымдамасы кең мағынада ақпараттың қол жетімділігін арттыруды қамтиды. Бұл бағытты басымдық ретінде таңдау адамның өзіне қажет кез-келген ақпаратты алуға деген ұмтылысының және көптеген процестерді басқару мүмкіндігінің нәтижесі болып табылады.

ЗИ тұжырымдамасын іске асыру көптеген жағдайларда сезімтал датчик – сенсорлар болып табылатын ақпаратқа қол жеткізу құралдарын дамытудан және осы датчиктерден тұтынушыларға және өңдеу жүйелеріне ақпаратты жеткізу тәсілдерін дамытудан тұрады. ЗИ тұжырымдамасын іске асырудың негізгі тәсілдері МСЭ-Т құжаттарында [26] келтірілген. Бүгінгі таңда АКЖ дамуының нақты деңгейі талдың әртүрлі функциялары мен элементтерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

ЗИ желілерін іске асыру үшін желілік түйіндер арасындағы байланысты ұйымдастырудың әртүрлі технологияларын, желіні құрудың әртүрлі құрылымдарын және бастапқы деректерді алудың әртүрлі технологияларын қолдануға болады. Ақпарат көзі ретінде белгілі бір физикалық ортаның әртүрлі датчиктері, соның ішінде акустикалық датчиктер (микрофондар) және бейне датчиктер (камералар) бола алады. Сондықтан, ЗИ мен ЗИ желісіне қойылатын талаптар сирек, бірнеше байт өлшемді қысқа хабарламаларды беру талаптарынан бастап ағынды деректерді беруге дейін әр түрлі болуы мүмкін. ЗИ құрылымы көбінесе қолданбалы тапсырмамен анықталады және бір

деңгейлі және көп деңгейлі «жұлдыз» типті құрылымдар да, ағаш тәрізді құрылымдар да бола алады. Байланыс арналарын ұйымдастыру технологиялары сымды да, сымсыз де әртүрлі болуы мүмкін. Жоғарыда айтылғандар қазіргі уақытта қандай желілерді ЗИ желілеріне жатқызуға болатындығын анықтау үшін қажет.

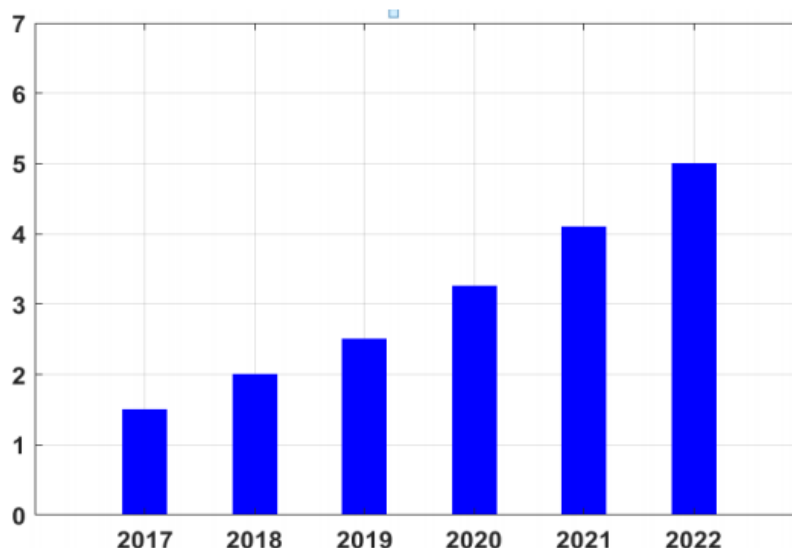
Бүгінгі таңда мұндай желілер, әдетте, сымды немесе сымсыз байланыс технологияларын қолдана отырып салынуда. Сымсыз байланыс технологияларынан ЖБЖ операторларының жылжымалы байланыс желілерінде қолданатын технологиялар, немесе сымсыз жергілікті желілерді құру технологиялары (ЖСҚЖ), немесе сымсыз сенсорлық желілерді (ССЖ) құруға бағытталған технологиялар қолданылады. Көбінесе қазіргі заманғы желілер мен функциялар машина-машина (М2М) сияқты байланыс деп аталады. Іс жүзінде бұл түрі коммуникациялар құрамдас бөліктерінің бірі болып табылады ЗИ(қазіргі уақытта неғұрлым бұқаралық).

ЗИ-нің басқа желілерден басты ерекшелігі-адам желінің тікелей пайдаланушысы емес. ЗИ желісіне қосылған құрылғылардың (заттардың) мінез-құлқы адамның мінез-құлқымен тікелей анықталмайды, мысалы, терминалды қолданушы тікелей басқаратын дәстүрлі байланыс желілерінде.

Қазіргі уақытта ЗИ дамуының негізгі көрсеткіші М2М типті коммуникацияларды іске асыратын құрылғылардың таралуы (енуі) болып табылады. Жоғарыда сипатталған әдістердің бірімен АКЖ-ға қосылған осындай құрылғылардың саны ЗИ дамуының қазіргі жағдайын сипаттайды. Бұл сан халық санына тікелей тәуелді емес, мысалы, ұялы байланыс терминалдарына тән, бірақ ақпарат қажеттіліктерімен және осы желілер қолданылатын қолданбалы салалардың дамуымен анықталады.

Әрине, ЗИ пайдалану салаларында белгілі бір аумақтық байланыс бар, ол осы желілердің нақты қосымшаларымен де байланысты. Дамудың осы деңгейінде ИЗ-дың ең көп саны (тығыздығы) ену деңгейі жоғары және байланыстың басқа да түрлері бар облыстарда, яғни халықтың тығыздығы жоғары облыстарда (қалалар мен елді мекендерде) шоғырланған. Мүмкін, ЗИ дамуы, кем дегенде, осындай даму схемасының жақын болашақта күтілуі керек. ЗИ желілерінің тығыздығы адамның қатысуы жоғары аудандарда және аумақтарда жоғары болуы мүмкін.

1.6-суретте Cisco компаниясының деректері негізінде алынған әлемдегі ЗИ құрылғыларының статистикалық деректері мен болжамды мәндері (құрылғылардың М2М санын бағалау бойынша) келтірілген [18].



1.6-сурет – Әлемдегі ИЗ құрылғыларының санының өсуі (Cisco мәліметтері бойынша)

Жоғарыда келтірілген гистограммадан болашақта әлемде ЗИ құрылғыларының саны 2022 жылға қарай шамамен екі есе өседі деп күтілуде. Мұндай құрылғылардың жалпы саны халық санына жақындады. Айта кету керек, осы диаграммада келтірілген бағалауды «төменнен» болжам ретінде қарастыруға болады, өйткені ол қазіргі уақытта ИВ-да үстемдік ететін, бірақ оның дамуымен қазіргі уақытта интернет заттарының (өнім идентификаторлары, виртуалды Нысандар, кеңейтілген шындық элементтері, тұрмыстық және өнеркәсіптік пайдалану объектілері) басқа түрлерінің едәуір санын қосуға болатын М2М құрылғыларының санын талдауға негізделген.

Кейбір жағдайларда, М2М құрылғылары ретінде жіктелген қазіргі заманғы құрылғылар ең көп топтарға жіктеледі, олардың біреуіне киілетін, яғни жылжымалы құрылғылар, яғни пайдаланушы өзімен бірге жылжытатын құрылғылар кіреді. Құрылғылардың екінші тобына белгіленген орналасуы бар құрылғылар кіреді, мысалы, ақылды үй, жол инфрақұрылымы және т.б. құрылғылардың үшінші тобы - бұл көлік құралдарына «байланған» құрылғылар, сонымен қатар жылжымалы құрылғылар. Гистограммада келтірілген статистика мен болжам барлық аталған топтардың құрылғыларын қамтиды.

Жоғарыда келтірілген статистика мен болжам деректері ЗИ даму сипаттамаларының бірі болып табылады, атап айтқанда, бүгінгі таңда ең жаппай құрылғы түрінің біреуінің енуін көрсетеді. ЗИ құрамы тек М2М құрылғыларымен шектелмегендіктен, ол бүгінгі күні АКЖ-мен байланысы жоқ интернет заттарын да қамтуы мүмкін. Бұл, мысалы, тауарлар мен өнімдердің, үй жануарларының, көлік құралдарының, өсімдіктердің және т. б. Бұл интернет-заттарды да ескеру және анықтау қажет, бұл болашақта олардың ғаламдық АКЖ-мен байланысуына және ИЗ құрамын толықтыруға әкеледі.

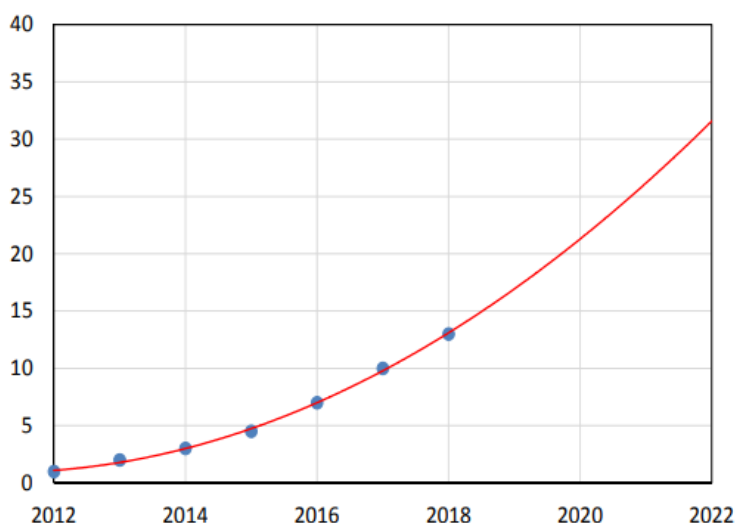
Айта кету керек, ИЗ санын қазіргі заманғы бағалау тапсырыс бойынша әртүрлі болуы мүмкін, бұл құрылғылар мен желілерді жіктеудің әртүрлі әдістерінің де, санаудың әртүрлі әдістерінің де салдары. Алайда, барлық осы бағалаулар бір жалпы тенденциямен сипатталады, оған сәйкес ИЗ айтарлықтай өсуін күту керек. ИЗ саны адамдар санынан едәуір асып кететіні анық, ал ИЗ желілері жоғары немесе ультра жоғары тығыздықтағы желілерге айналады.

Жоғарыда атап өтілгендей, ИЗ желісінде өндірілетін трафик әрбір Интернет-заттың берілетін деректерінің көлемімен де, олардың жалпы санымен де анықталады. Әрине, желілік құрылғыларды жіктеудің әртүрлі тәсілдерімен осы трафиктің мөлшерін бағалау айтарлықтай өзгеше болуы мүмкін. ИЗ тұжырымдамасының негізгі ережелеріне сүйене отырып, интернет заттарына, ең болмағанда, АКЖ-ға қол жетімді барлық автоматты құрылғылар кіруі мүмкін. Сонымен қатар, оларға басқа нысандар, соның ішінде виртуалды заттар да кіруі мүмкін. Трафикті бағалау кезінде, әрине, Интернет-заттардың тиісті класының байланыс желісінде трафик шығару мүмкіндігі маңызды.

Қазіргі уақытта ақпаратты алуға және беруге байланысты белгілі бір функционалдығы жоқ заттарды шығара алатын трафикті бағалау өте қиын. Алайда, қазірдің өзінде интернет-заттардың кең ауқымы осындай функционалдылыққа ие. Бұл, ең алдымен, М2М құрылғылары, оны байланыс желісі арқылы деректерді жібере алатын және адамның тікелей қатысуынсыз жұмыс істейтін кез-келген құрылғы деп түсінуге болады.

Әлемдегі жылжымалы байланыс және сымсыз қолжетімділік желілеріндегі трафиктің М2М өсу болжамы (айына Эбайт) [6] деректері негізінде 1.7-суретте келтірілген.

Жүргізілген болжамға сәйкес жылжымалы байланыс желілеріндегі М2М трафигі 2022 жылға қарай 2012 жылмен салыстырғанда 30 есе өседі және айына 35 эбайт құрайды.



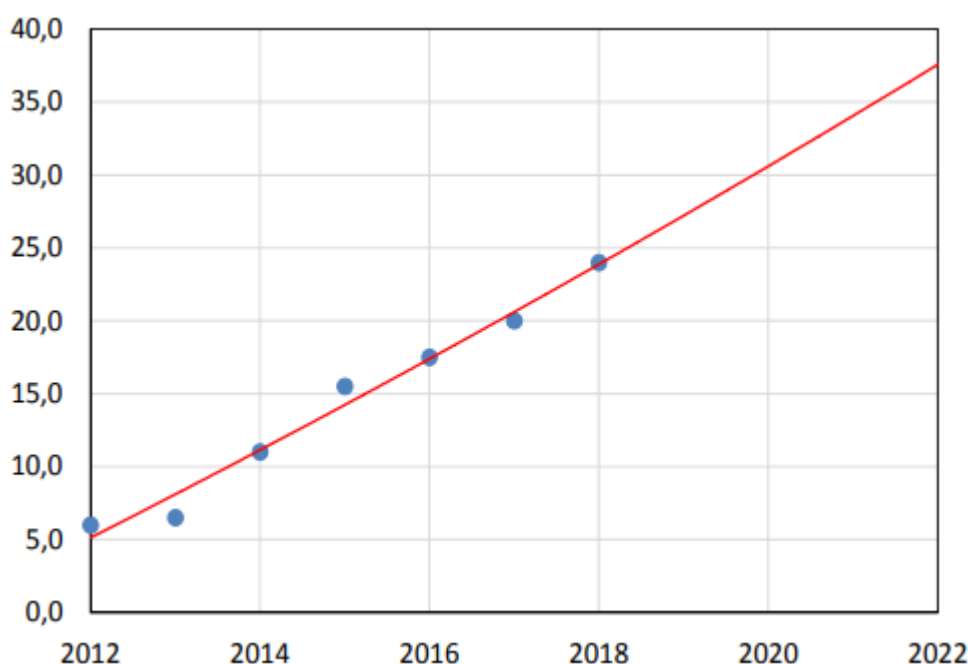
1.7-сурет – Әлемдегі жылжымалы байланыс және сымсыз байланыс желілеріндегі трафиктің М2М өсу болжамы

Құрылғы түрлері бойынша трафиктің құрылымдық құрамы мынадай негізгі құрауыштарды қамтиды:

- смартфондар өндіретін трафик;
- Ноутбуктер өндіретін трафик;
- планшеттік компьютерлер өндіретін трафик;
- трафик M2M;

осы жұмыстағы Интернет заттары құрылғыларының саны бойынша деректерге сәйкес Интернет заттары құрылғыларының 2020 жылға арналған болжамын қарайды.

Болжамға сәйкес, интернет заттарының құрылғылары 2022 жылы 30 миллиардтан астам құрылғыны құрайды, 1.8-суретте көрсетілген.



1.8 Сурет –Интернет заттары құрылғыларының болжамы

ИЗ желісі, негізгі инфрақұрылым ретінде, белгілі бір қолданбалы салада әртүрлі пайдалы функцияларды жүзеге асыратын көптеген клиенттік қосымшаларды құруға және пайдалануға мүмкіндік береді, бұл жалпы өмір сүру сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Бұл бөлімде талдың негізгі қолданбалы бағыттары келтірілген, оларды келесі кеңейтілген қосымшалар топтарына жіктеуге болады:

-Медицина. ИЗ желілері адам ағзасының өмірлік маңызды функцияларын мониторингілеуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді, бұл медициналық мекеме шеңберінде немесе пациенттердің денсаулық жағдайын қашықтан бақылауға мүмкіндік береді. Сенсорлық құрылғылар, мысалы, дене температурасын, жүрек жұмысын, қан қысымын, қандағы қант деңгейін, тыныс алу белсенділігін және т.б. бақылауға мүмкіндік береді [4, 12]. Егер жүйеде датчиктерден басқа активаторлар болса, жедел көмек функцияларын, мысалы, кейбір дәрі-

дәрмектерді енгізуге болады. Мұндай желімен қашықтықтан өзара іс-қимыл жасау мүмкіндігі медициналық көмек көрсету саласын айтарлықтай аумақтық кеңейтеді, сондай-ақ пациенттің жай-күйінің өзгеруіне реакция уақытын азайтады. Тұтастай алғанда, мұндай мүмкіндіктер медициналық көмек көрсету сапасын және оның қолжетімділігін айтарлықтай дәрежеде жақсартады.

-Көлік ағындарының мониторингі. Ірі қалаларда өмірді ұйымдастырудың маңызды міндеттерінің бірі-жол қозғалысын басқару [12]. Жол қозғалысының қиындықтары мен авариялық жағдайлар жол желісінің қалыпты жұмыс істеуінің бұзылуына әкеледі, нәтижесінде уақыт, материалдық шығындар мен пайдаланылған газдармен қоршаған ортаның ластануына әкеледі. Бірқатар жұмыстар, мысалы, [17] жол трафиіндегі проблемаларды шешудің мүмкін жолдарын ұсынады. ИЗ желісі жол қозғалысы туралы егжей-тегжейлі мәліметтерді алу үшін пайдаланылуы мүмкін ортаны қалыптастыруы мүмкін. Бұл деректерді трафикті басқару орталығына жеткізу жағдайды талдауды және басқару шешімдерін әзірлеуді ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Соңғылары сондай-ақ атқарушы құрылғылар трафикті басқару құралдарына (бағдарламалар, жол белгілері, таңбалар және т.б.) интеграцияланған ИЗ желісі арқылы атқарушы құрылғыларға берілуі мүмкін.

-Құралдар позициялау. Мұндай құралдар тұрмыста да (балалардың, үй жануарларының, жеке заттардың, автомобильдердің және т.б. координаттарын қадағалау), сондай-ақ әртүрлі кәсіпорындар үшін де (көлік құралдарының, курьерлердің, пошта жөнелтілімдерінің, қызметкерлердің және т. б. координаттары) пайдаланылуы мүмкін. Бұл құралдар GPS, ГЛОНАС және т.б. сияқты жаһандық позициялау жүйелерін, сондай-ақ желілік элементтердің, соның ішінде ИЗ желілік элементтерінің орналасуы туралы деректерге негізделген позициялау жүйелерін пайдалануды болжауы мүмкін. Айта кету керек, кейбір жағдайларда, мысалы, жабық бөлмелерде немесе туннельдерде жаһандық позициялау жүйелерін қолдану қиын, мұндай жағдайларда Негізгі орналастыру құралы-ИЗ желілерінің құралдары. Олар дәл координаталарды алуға арналған мамандандырылған техникалық шешімдер де, жалпы мақсаттағы түйіндер де бола алады, олар тиісті әдістерді қолдана отырып, көптеген тапсырмалар үшін жеткілікті дәлдікпен позициялау мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

-Ақылды үй. Бұл әртүрлі сенсорлардың, активаторлардың және басқа желілік элементтердің жиынтығы, олар тұрғын үйде немесе пәтерде болып жатқан процестерді бақылауға және басқаруға мүмкіндік береді. Мұндай жүйенің функционалдығына байланысты бірнеше ондаған сенсорлық құрылғылар мен өзара әрекеттесуге қабілетті активаторлар болуы мүмкін.

- Ақылды қала. Бұл әртүрлі сенсорлардың, активаторлардың және басқа желілік элементтердің жиынтығы, олар қалалық инфрақұрылымда болып жатқан процестерді бақылауға және басқаруға мүмкіндік береді. Әдетте, көлік ағындарын, қалалық көліктерді, жолаушылар ағындарын бақылау және басқару, қоршаған ортаның жай-күйін, жол төсемінің жай-күйін, қоғамдық жолды және

басқа да көптеген функцияларды бақылайтын көп функциялы жүйе қабылданады.

- Бизнес кәсіпорын. Технологиялық процестерді мониторингілеу мен басқаруды іске асыру, қолжетімділікті басқару үшін түрлі кәсіпорындар шеңберінде ИЗ желілерін қолдану.

- Азық-түлік және ауылшаруашылық ортасы. Ауыл шаруашылығында ИЗ желілерін пайдалану, сондай-ақ басқа да кәсіпорындар шеңберінде ауыл шаруашылығы өнімдерін өндіру процестерінің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Салыстырмалы түрде арзан болғандықтан, ИЗ технологиялары маңызды, соның ішінде қол жетімді емес жерлерде болып жатқан процестерді ақпараттандыруға мүмкіндік береді. Жағдайлар мен сыртқы орта туралы егжей-тегжейлі ақпарат алу мүмкіндігі ауыл шаруашылығында Өндірісті тиімді басқарудың әлеуетті мүмкіндігі пайда болады.

Қызмет көрсету аймағы. ИЗ желісіне қызмет көрсету аймағы деп қандай да бір жолмен айқындалған (берілген) белгілі бір аумақ немесе ИЗ желісінің тораптары орналасқан немесе орналастырылуы мүмкін кеңістік аймағы түсініледі және бұл ретте олардың барлығы ИЗ бірыңғай желісі ретінде қаралады.

ИЗ трафигі. ИЗ трафигі желілік түйіндер, яғни интернет заттары шығаратын хабарламалар ағынының сипаттамаларын білдіреді. Белгілі бір ИЗ желісінің қолдану аймағына байланысты бұл сипаттамалар айтарлықтай өзгеше болуы мүмкін. Бұл жұмыста ИЗ хабарларының ағындары трафик параметрлерімен (хабарламалардың қарқындылығы, хабарламалардың мөлшері) және хабарламалар мен өзіндік ұқсастық қасиеттері арасындағы уақыт аралықтарын бөлу сияқты ағынның сипаттамасымен сипатталады.

Қолданбалы тапсырмаға байланысты Интернет заттары тұрақты және кездейсоқ хабарлама ағындарын шығара алады.

Жұмыс істеу (қызмет көрсету) сапасы. Жұмыс істеу (қызмет көрсету) сапасы деп ИҚ желісінің оған қойылатын талаптарға жауап беру қабілеті түсініледі, ол бір немесе бірнеше өлшенетін немесе есептелетін параметрлердің сандық мәндерімен сипатталуы мүмкін. Көп жағдайда, сондай-ақ осы жұмыста, ИВ желісінің жұмыс істеу сапасы және осы желідегі трафикке қызмет көрсету сапасы уақытша параметрлермен (жеткізудің кідірісімен) және ықтималдық параметрлермен (хабарламаларды жоғалту ықтималдығымен) сипатталады.

Жалпы жағдайда жұмыс сапасы ИЗ желісінің түйіндері шығаратын трафик параметрлеріне, желінің жеке бөлімдерінің өткізу қабілетіне және желінің құрылымдық параметрлеріне байланысты болады.

Байланыстылық. Бұл жалпы байланыс желілерінің де, өзін-өзі ұйымдастыратын желілердің де сипаттамаларының бірі. Алайда, бұл термин әртүрлі семантикалық мағынада жиі қолданылады. Атап айтқанда, ИЗ желілеріне қатысты МСЭ-Т (электр байланысын стандарттау секторы) интернет-заттың Ғаламдық АКЖ-мен байланысты болу мүмкіндігі ретінде байланысты анықтайды.

Осы жұмыста шешілетін міндеттер контекстінде байланыс термині деректерді жеткізудің ықтимал мүмкіндігі мағынасында қолданылады. Бұл мүмкіндікті қосылу ықтималдығымен сипаттауға болады. Байланыс кері ұғым емес, деректердің жоғалуы, өйткені ол тек жеткізудің әлеуетті мүмкіндігін сипаттайды. Бұл мағынада, осы жұмыста қолданылатын байланыс ұғымы график теориясында қолданылатын байланыс ұғымына ұқсас.

Трафикті бағыттау. ИЗ желісіндегі трафикті бағыттау желідегі трафикті жеткізуді (қызмет көрсетуді) басқарудың негізгі функцияларының бірі болып табылады. Өзін-өзі ұйымдастыратын ИЗ желісінде трафикті бағыттау-бұл өзін-өзі ұйымдастырудың негізгі функцияларының бірі болып табылатын және желінің логикалық құрылымын анықтайтын деректерді жеткізу бағытын (бағыттарын) таңдау процесі. Трафикті бағыттау үшін маршрутты таңдаудың әртүрлі әдістеріне негізделген әртүрлі хаттамаларды қолдануға болады. Өздігінен ұйымдастырылатын байланыс желілерінде проактивті және реактивті маршруттау хаттамалары (әдістері) бөлінеді. Активті әдістері болжайды, бағдарларды таңдау және жеткізу трафик шешім ретінде белгілі бір міндеттері оңтайландыру негізінде қолда бар бастапқы деректер (деректер туралы желі учаскелерінде). Деректерді жіберу қажет болған жағдайда алдын ала белгіленген маршрут таңдалады. Реактивті протоколдар маршрутты деректерді жіберу тапсырмасы пайда болғаннан кейін ғана іздеуді қамтиды.

3-тарауда әзірленген минималды соқтығысу критерийі негізінде трафикті бағыттау әдісі проактивті әдістерге жатқызылуы мүмкін, ал ИЗ желісіндегі хабарламаларды кідірістерге төзімді желі ретінде жеткізу әдісі 4-тарауда әзірленген трафикті бағыттаудың реактивті әдістеріне жатқызылуы мүмкін.

Гетерогенділік. Бұл сипаттама ИЗ желісін байланысты ұйымдастыруда қолданылатын технологиялар тұрғысынан сипаттайды. ИЗ желісі, ИЗ тұжырымдамасына сәйкес, гетерогенді құрылымды қолдануға мүмкіндік беретіндіктен, оны, мысалы, бір желіде бөлісу мүмкіндігін қамтамасыз ететін бірнеше сымсыз технологиялар арқылы ұйымдастыруға болады. Бұл сипаттама пайдаланылатын байланыс технологияларының саны мен жиынтығы тұрғысынан желіні құру әдісін көрсетеді.

Желінің тығыздығы. Желінің тығыздығы деп қызмет көрсету аймағы алаңының (немесе көлемінің) бірлігіне желілік құрылғылардың (желі тораптарының) саны түсініледі. Осы тақырып бойынша жұмыстарда, мысалы, [4, 12, 13] жоғары және ультра жоғары тығыздықтағы ИЗ желілері туралы айту әдетке айналған. Бұл екі ұғым байланыс желілеріне қатысты тұжырымдалған, онда қосылған құрылғылардың негізгі бөлігі пайдаланушы терминалдары болып табылады.

Қолданыстағы идеяларға сәйкес, тығыздығы жоғары желі-бұл 1 м^2 -ге 1 пайдаланушыдан тұратын желі. Мұндай желінің заманауи мысалы стадиондағы WiFi желісі бола алады. Пайдаланушылардың тығыздығы жоғары желілерді ультра жоғары тығыздықтағы желілерге жатқызуға болады.

1.5 Интернет заттары желілерін құру технологияларын талдау

Қазіргі уақытта интернет желісін құруға ең қолайлы технологиялар, сымсыз желілерді ұйымдастыру жиынтығы бар. Төменде осы технологиялардың негізгі параметрлерінің қысқаша сипаттамасы берілген.

1) IEEE 802.15.4 негізіндегі технологиялар:

- ZigBee (ZigBee Alliance).

- 6lowpan (RFC4944);

- WirelessHART (IEC 6259);

2) IEEE 802.15.1(Bluetooth) стандартына негізделген Технология;

3) IEEE 802.11 ah стандарттары тобына негізделген технологиялар;

- IEEE 802.11 (n) s;

4) IEEE 802.16 e (WiMAX) стандарты негізіндегі технологиялар);

5) LPWAN стандартты технологиялары.

- LoRa (LoRa Alliance);

- SigFox;

- NB - IoT;

- Weightless P.

LPWAN стандарттар тобы басқа стандарттардан едәуір үлкен, аумақтық, масштабты желіні құру мүмкіндігімен айтарлықтай ерекшеленеді. Бұған сигналдарды беру мен қабылдаудың тиісті әдістерін қолдану арқылы қол жеткізіледі.

Осы жұмыста шешілетін міндеттерде жоғарыда аталған технологиялардың мынадай параметрлері маңызды:

- деректерді берудің барынша қол жеткізуге болатын жылдамдығы;

- байланыс аймағының өлшемдері (беру қашықтығы);

- жиіліктердің жұмыс диапазоны.

IEEE 802.15.4-OSI моделінің физикалық деңгейінің (PHY) және қоршаған ортаға кіруді басқару деңгейінің (MAC) хаттамаларын сипаттайтын стандарт. Ол қазіргі уақытта сымсыз сенсорлық желілерді құру үшін жалғыз төмен жылдамдықты энергияны үнемдейтін Протокол болып табылады [20]. Осы стандарттың құрылғылары үшін жиілік диапазоны Еуропада 868.0-868.6 МГц (1 байланыс арнасы), Солтүстік Америкада 902-928 МГц (30 байланыс арнасы), әлемнің басқа елдерінде 2400-2483,5 МГц, сондай-ақ Ресейде (барлығы 16 арна) ретінде анықталған.

Сипаттамалары: қол жетімді беру жылдамдығы 2400-2483,5 МГц жиілік диапазонында 256 Кбит/с құрайды.

IEEE 802.15.4 құрылғылары екі негізгі түрге жіктеледі:

- шектеулі функционалдығы бар құрылғылар (Rfd Reduced function Device);

- RFD-ге қарағанда көбірек функциялары бар құрылғылар. Әдетте, бұл маршрутизаторлар немесе желі үйлестірушілері (FFD (Full Function Device)).

Бұл стандарт байланыс желісін құрудың келесі құрылымдарын қолдайды: нүкте-нүкте және Жұлдыз.

Бұл стандартта түйіндердің екі түрі бар:

- Coordinator PAN – желі үйлестірушісі. Желі үйлестірушілері тек FDD типті құрылғылар бола алады.

- соңғы құрылғы (end Device). Соңғы құрылғы FFD және RFD функциялары бар құрылғылар болуы мүмкін.

IEEE 802.15.4 стандарты негізінде ИЗ желілерін құру үшін көптеген стандарттар жасалды. Төменде олардың үшеуі келтірілген.

WirelessHART. Стандарт HART протоколы негізінде сымсыз деректерді беру үшін жасалған. Бұл стандарт желі түйіндерінен алынған деректерді түрлендіруді және оларды әрі қарай өңдеу үшін желіге беруді қамтамасыз етеді. Осы Хаттама IEEE 802.15.4 негізіндегі желілердің негізгі сипаттамалары мен параметрлерімен қатар кейбір ерекше параметрлерге ие:

- нүкте-нүкте және Жұлдыз құрылымдарына қосымша желінің тор құрылымын (mesh) қолдайды;

- желіні қалпына келтіру және өзін-өзі ұйымдастыру функцияларын қолдайды;

- желілік құрылғылар бір - бірінен 0 - ден 300 метрге дейінгі қашықтықта өзара іс-қимыл жасай алады; - датчиктерден деректерді жинау;

- желіде құрылғылардың мынадай түрлері бар:

- А) басқа желілермен өзара іс-қимылды қамтамасыз ететін шлюз (Gateway);

- б) датчиктерден деректерді жинайтын және шлюзге (Adapter) жіберетін құрылғы;

- в) HART сымды құрылғыларымен өзара іс-қимыл порты жоқ далалық құрылғы (Field Device). WirelessHART негізіндегі желілер өнеркәсіпте кеңінен қолданылады және International Electrotechnical Commission (IEC 62591) стандартталған.

6LoWPAN. Стандарт IEEE 802.15.4 құрылғыларының өзара әрекеттесуі үшін жасалған. Бағыттау протоколы ретінде IPv6 протоколы қолданылады. Хаттама IEEE 802.15.4 стандартты желі құрылғыларын Интернет желісіне қосу үшін қолданылады.

6lowpan хаттамасына келесі мүмкіндіктер қосылды:

- mesh желілік құрылымын қолдау;

- өзін-өзі ұйымдастыруды қалпына келтіру және іске асыру функцияларын қолдау;

ZigBee. Бұл технология желілік және қолданбалы деңгейде өз хаттамаларын жүзеге асырады. MAC деңгейінде, сондай-ақ РНУ деңгейінде ол IEEE 802.15.4 құжатымен анықталған хаттамаларды қолданады.

ZigBee технологиясы IEEE 802.15.4 стандартының барлық параметрлеріне ие, оларға мыналар жатады:

- нүкте-нүкте және Жұлдыз құрылымдарынан басқа байланыс желісінің құрылымын қолдау;

- желіні қалпына келтіру және өзін-өзі ұйымдастыру функцияларын қолдау;

- осы стандарт желісінде құрылғылардың мынадай түрлері болуы мүмкін:

- а) шеткі құрылғы;
- б) Маршрутизатор;
- в) Үйлестіруші.

Bluetooth желісі тең-теңімен және динамикалық, шектеулі аумақта немесе шектеулі кеңістікте салынуы мүмкін. Желілік түйіндердің саны 80-ге жетуі мүмкін. Желіні басқару орталықтандырылмаған. Осы технологияны ИЗ желілерінде пайдалану кезінде желіні басқару және деректерді жинау және өңдеу функцияларын іске асыратын жалпы кіру нүктесі талап етіледі.

2013 жылы Bluetooth Low Energy 4.1 протоколының ерекшелігі шығарылды.

Ол келесі сипаттамаларға ие:

- берілістің екі режимін қолдайды: төмен жылдамдықты 1мбит/с дейін және жоғары жылдамдықты 3 Мбит/с дейін;
- байланыс аймағы 0-ден 30 метрге дейін;
- IPv6 адресіне қолдайды;
- төмен қуат режимін қолдайды;
- жиілік диапазоны 2,4 - 2,4835 ГГц;
- жұлдыз және нүкте-нүкте құрылымдарын қолдайды.
- қалпына келтіру және өзін-өзі ұйымдастыру функцияларын қолдамайды;

- 4.2 техникалық сипаттамасында ad hoc желілері мен mesh құрылымын қолдау көрсетілген

IEEE 802.15.6 адам ағзасына тағылатын немесе имплантацияланатын немесе оған жақын орналасқан көптеген сенсорлық желілерден тұратын BAN (Body Area Network) деңгейіндегі желілерді ұйымдастыру үшін қызмет етеді. Желі тораптарының саны 256 тораптарға дейін. Хаттама Медициналық және спорттық қосымшаларда қолданылады. Желінің барлық түйіндерінде таратқыштардың қуаты аз болуы керек.

Түйіндердің үш түрі мүмкін: имплантацияланған түйіндер, ішкі түйіндер, сыртқы түйіндер.

IEEE желісінің негізгі параметрлері 802.15.6:

- беріліс жылдамдығы 10 Мбит/с дейін;
- түйіннің байланыс аймағы 5 м дейін;
- таратқыштың қуаты 1 мВт дейін;
- жиілік 2,85–10,6 ГГц (Ресей), 3,1–10,6 ГГц (АҚШ), 6-8 ГГц (Еуропа);
- қолдау көрсетілетін құрылымдар: жұлдыз және ұялы құрылым.

Тораптар түрлері:

- үйлестіруші немесе шлюз;
- соңғы тораптар;
- транзиттік тораптар.

IEEE 802.11 стандарттары (Wi-Fi) - құрылғылар арасында жергілікті сымсыз байланыстарды құруға, соның ішінде BLVS құруға арналған стандарттар тобы. Жиілік диапазоны 0.9, 2.4, 3.6 және 5 ГГц. Қазіргі уақытта

IEEE 802.11-2012 стандарты [18] IEEE 802.11 n және IEEE 802.11 s хаттамаларының басқаруымен жұмыс істейтін БЛВС байланыс арналарын ұйымдастыруды анықтайды [19].

802.11 ah және IEEE 802.11 s стандарттары, өзін-өзі ұйымдастыру функцияларын қолдайды:

IEEE 802.11 Ah стандарты қысқа қашықтықтағы байланыс және M2M қосылыстарын ұйымдастыру үшін қолданылады. Негізгі параметрлер:

- жиілігі 0,9 ГГц;
- 26 жиілік арналарына дейін;
- қол жеткізуге болатын тарату жылдамдығы 40 Мбит/с;
- байланыс қашықтығы 1,2 км, таратқыштың қуатын арттыру кезінде 10 км-ге дейін артуы мүмкін;
- кіру нүктесі 8191 құрылғыны қосуға мүмкіндік береді.

IEEE 802.11 s ЖСКЖ ұйымдастыруға арналған және mesh құрылымын қолдайды [13]. Бұл стандарт тәуелсіз шешім болып саналмайды, бірақ IEEE 802.11 b/g/n стандарттарына арналған бағдарламалық қондырма болып табылады. негізгі параметрлер [19]:

- қол жетімді беріліс жылдамдығы 600 Мбит / с;
- жиілік диапазоны 2.4-2.5, 5.0 ГГц;
- байланыс арнасының ені 20 немесе 40 МГц;
- күшейткіш пен антенна құрылғыларын қолдана отырып, байланыс қашықтығы 250 метр, 10 км;
- құрылымдарды қолдайды: нүкте - нүкте, жұлдыз және тор;
- желідегі құрылғылар жіктеледі: ұялы топологиямен өзін-өзі ұйымдастыратын сымсыз желінің барлық құрылғыларымен өзара әрекеттесетін кіру нүктелері; терминалды түйіндер; бір тор желісі аясында басқа түйіндерге қосылған тор құрылғылары.

IEEE 802.16. желілер. Бұл мобильді сымсыз қамтамасыз ету үшін жасалған стандарт. Оны стационарлық және жылжымалы құрылғылар үшін де қолдануға болады. Негізгі параметрлер:

- жиілік диапазоны: 2,3 ГГц, 2,5 ГГц, 3,3 ГГц, 3,4–3,8 ГГц;
- қол жеткізуге болатын жылдамдық 40 Мбит/с;
- байланыс аймағы 5 км;
- желілік құрылымдар: жұлдыз немесе тор.
- құрылғылардың түрлерін ажыратамыз:- базалық станция; - соңғы құрылғы.

LPWAN желілері. Бұл топтың технологиялары M2M интернет-желілерін пайдалану үшін арнайы жасалған. олар ЖСКЖ және PAN деңгейіндегі желілерді ұйымдастыруда қолданылатын технологиялармен салыстырғанда салыстырмалы түрде төмен жылдамдықты деректерді салыстырмалы түрде ұзақ қашықтыққа беруді қамтамасыз етеді. Бұл технологиялар телеметрия қосымшалары мен уақыт параметрлері мен өткізу қабілеттілігі үшін маңызды емес басқа қосымшалар үшін өте қолайлы.

LoRaWAN-салыстырмалы түрде үлкен географиялық масштабтағы (WAN) энергия үнемдейтін сымсыз желіні құру стандарты. Бұл стандарт соңғы түйіндерден деректерді жинау желісін құруға мүмкіндік береді. Стандартты LoRa Alliance жұмыс тобы жасайды. Бұл көптеген түйіндері бар желілер үшін ашық Протокол. Атап айтқанда, vos құрылғысының физикалық деңгейінде Semtech компаниясының патенті болып табылатын lora модуляциясы қолданылады.

Осы стандарттың негізгі параметрлері:

- 868,8 МГц жиілік диапазоны (Еуропа) 915 МГц (АҚШ) 433 МГц (Азия)
- жиілік арнасының ені келесі мәндерге ие болуы мүмкін (7,8; 10,4; 15,6; 20,8; 31,25; 41,7; 62,5; 125; 250; 500 кГц).
- байланыс қашықтығы 100 км - ге дейін;
- қол жетімді жылдамдық 100 Кбит/с;
- тек жұлдыз тәрізді құрылымға қолдау көрсетіледі;
- соңғы түйіндер мен шлюздерден тұрады.

Sigfox-технология, сондай-ақ LPWAN желілерін салу бір технология болып табылады. Ол тар жиілік диапазонын қолданады бұл желіні масштабтауға және оның жоғары энергия тиімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Желінің соңғы түйіндері күніне 140 хабарлама жібере алады. Хабарламаның көлемі 12 Байттан аспайды.

- жиілік диапазоны 868,8 МГц (Еуропа) 915 МГц (АҚШ);
- арнаның Ені 100 кГц;
- байланыс қашықтығы 10 км дейін;
- қол жеткізуге болатын жылдамдық 100 бит/с;
- жұлдыз және нүкте - нүкте желісінің құрылымын қолдайды;
- құрылғы түрлері: соңғы түйіндер, базалық станциялар.

Weightless сонымен қатар LPWAN желілерін құру стандарты болып табылады. Стандартты Ubiik компаниясы әзірледі. Weightless хаттамасының үш түрі бар: N, W және P. хаттаманың әр түрі желіні құрудың әртүрлі нұсқаларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. P-көптеген соңғы құрылғыларды қолдайтын екі бағытты желі. Бұл синхронды желі оның синхрондылығы, бұл шығындар мен соқтығысу ықтималдығын едәуір төмендетеді.

Параметрлер:

- жиілік диапазоны 169 / 433 / 470 / 780 / 868 / 915 / 923 МГц;
- арнаның ені 12,5 кГц.
- қаладағы 2 км-ге дейінгі байланыс қашықтығы;
- тек жұлдыз құрылымына қолдау көрсетіледі;
- түйіндердің құрамында базалық станция және соңғы түйіндер бар.

NB-IoT-бұл стандартты 3GPP консорциумы әзірледі және LPWAN желісінің талаптарына сәйкес келеді. Стандарт байланыс желілерінің операторларына дәстүрлі ұялы байланыс технологиясына интернет заттарының технологияларын біріктіруге мүмкіндік береді. NB-IoT айтарлықтай қызмет көрсету аймағын және жоғары қарқынды трафикті қамтамасыз етеді. Бұл стандарт сонымен қатар жоғары энергия тиімділігін қамтамасыз етеді, бұл

автономды қуат көзі бар түйіндердің он жылға дейін жұмыс істеуіне мүмкіндік береді.

Параметрлер:

- жиілік диапазоны 700 / 800 / 900 МГц;
- арнаның ені 200 кГц.
- қаладағы 2 км-ге дейінгі байланыс қашықтығы;
- беріліс жылдамдығы: жоғары: 144 Кбит / с дейін, төмен: 200 Кбит/с дейін;
- тек жұлдыз түріндегі құрылымды қолдайды;
- құрамы: базалық станция және терминал түйіндері.

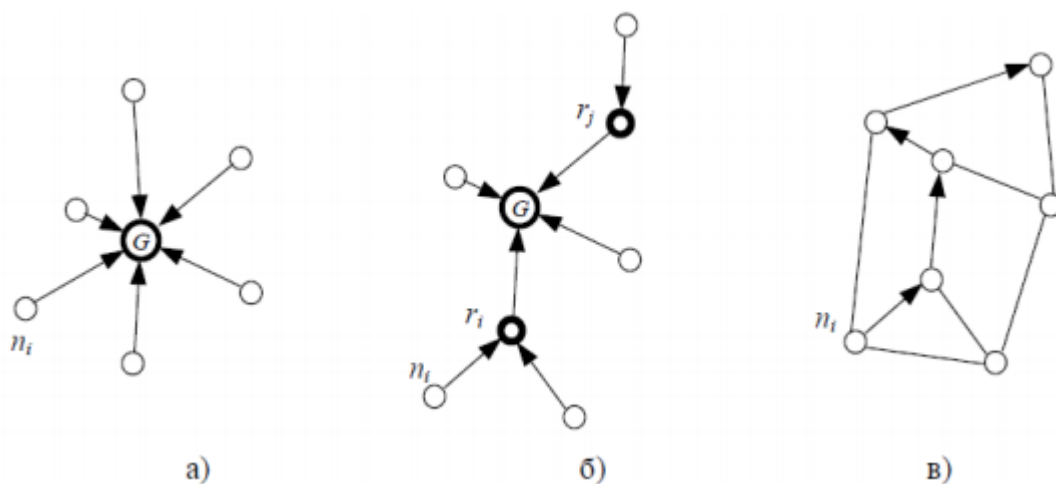
Жоғарыда қарастырылған ИЗ желілерін құру технологияларының жоғарыда келтірілген сипаттамаларын талдау көрсеткендей, олардың көпшілігі жиілік спектрінің лицензияланбаған бөліктерінде жұмыс істейді, сонымен қатар төмен қуатты тарату құрылғыларын пайдаланады. Бұл қасиеттер оларды заттардың интернет-трафикін түсіру үшін пайдалануға мүмкіндік береді. Теориялық тұрғыдан, гетерогенді желілерде бір-бірін өзара толықтыра отырып, берілген тізімнен әртүрлі технологияларды қолдануға болады. Нақты технологияларды таңдау шешілетін қолданбалы мәселелерді жан-жақты талдауға негізделуі керек.

Төмен қуатты масштабты құрылғылармен (WAN) желілерді құруға арналған бірқатар технологиялар салыстырмалы түрде үлкен байланыс ауқымын қамтамасыз етеді. Бұл кейбір қосымшалар үшін ИЗ желісін ұйымдастыруда ресурстарды тиімді пайдалануды қамтамасыз ететін шешімдерді алуға мүмкіндік береді.

Қарастырылған технологиялардың маңызды ерекшелігі - олардың кейбіреулері өздігінен ұйымдастырылатын желілерді, соның ішінде ad hoc және тор желілерін құруға мүмкіндік береді. Бұл функционалдылық IV желілеріндегі логикалық байланыстардың құрылымын анықтайтын құрылымдық шешімдерді қолдана отырып, желі масштабын басқаруға мүмкіндік береді. Бұл жерде айта кету керек, кейбір технологияларда осы функцияның жоқтығына қарамастан, іс жүзінде өзін-өзі ұйымдастыру функциялары желілік деңгейде және қосымшалар деңгейінде жүзеге асырылуы мүмкін. Шын мәнінде, өзін-өзі ұйымдастыру басқару бағдарламалық жасақтамасы түрінде енгізілген желінің құрылымдық параметрлерін таңдау әдісінің болуын болжайды. Біріншіден, бұл тораптар мен трафикті өткізу маршруттарының орналасуын таңдау. ИЗ желілеріндегі трафикті бағыттау мәселесін шешу іс жүзінде желіні өзін-өзі ұйымдастыру мәселесін шешеді.

Сондай-ақ, ИЗ желілерін құру кезінде байланыстылықты қамтамасыз ету және жұмыс істеу сапасын қамтамасыз ету сияқты негізгі міндеттер шешілетінін атап өткен жөн [19, 16]. Желінің өзіне жүктелген функцияларды орындау қабілеті осы мәселелерді шешуге байланысты. Бұл тұрғыда трафикке қызмет көрсету әдістері мен желі құрылымын таңдау әдістері маңызды рөл атқарады. ИЗ желісінің құрылымы түйіндердің географиялық орналасуына, олардың өзара орналасуына және қозғалыс сипаттамаларына байланысты.

1.9-суретте ИВ желісін ұйымдастыруда қолданылатын құрылымдар көрсетілген.



1.9-сурет – ИЗ желілерін құрудың негізгі құрылымдары (а - жұлдыз, б - ағаш тәрізді, в - тор)

ИЗ желісінің мұндай құрылымдарын ажыратуға болады: Жұлдыз, ағаш және тор. Құрылымдардың қолданылуы мен комбинациясы, сонымен қатар тең емес түйіндері бар желінің иерархиялық (көп деңгейлі) құрылымы мүмкін. Соңғы жағдайда әр деңгейде әртүрлі байланыс құрылымы болуы мүмкін. Көп деңгейлі құрылым - бұл желілік құрылыстың ең көп таралған құрылымы және трафик ағындарын басқаруда үлкен икемділікті қамтамасыз етеді. Қарастырылған бірқатар технологиялар сонымен қатар ИЗ желісінің иерархиялық көп деңгейлі құрылымын құруды қамтамасыз етеді. Деңгейлердің әрқайсысында көлденең байланыстар пайда болатын түйін кластерлері пайда болады, ал деңгейлер арасындағы байланыс кластерлердің бас түйіндері арқылы жасалады. Бұл тәсіл Сонымен қатар желіні икемді түрде өзгертуге мүмкіндік береді.

2 Интернет заттарының трафигін талдау және модельдеу

2.1 Трафик модельдерін талдау

Трафик моделін сипаттау кезінде, әдетте, Ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика әдістері, сондай-ақ Қызмет көрсету теориялары қолданылады. Байланыс желісіндегі Трафик-бұл қоңыраулардың, пакеттердің немесе жалпы өтінімдердің кездейсоқ түсу процесі. Сондықтан трафикті бірдей кездейсоқ процестің үлгісімен сипаттаған жөн. Әрине, сипаттау үшін қабылданған модель, мүмкін болса, сипатталған нақты процеске мүмкіндігінше жақын болуы керек. Модель мен нақты процестің жақындық дәрежесін бағалау әрдайым мүмкін емес, өйткені кейбір жағдайларда нақты процестер өлшеу мен бақылау үшін қол жетімді емес. Мұндай жағдайларда белгілі бір модельді және оның параметрлерін таңдағанда қабылданатын логикалық және басқа дәлелдерге сүйену керек.

Кездейсоқ процесс ретінде Трафик оның негізгі, модельдеу үшін маңызды қасиеттерін анықтайтын параметрлермен сипатталады. Өтінімдер ағыны олардың түсу процесі деп аталады, ал өтінімдер деп қоңыраулардың түсу сәттері де, деректер пакеттерінің түсу сәттері де түсініледі. Трафик моделінің (модельдеудің) негізгі міндеті-осы таңдалған параметр мәндерін белгілі бір сапа деңгейімен трафикке қызмет көрсету үшін қажетті желілік ресурстардың қажетті мөлшерін бағалау үшін қолдануға болатындай етіп параметрлер жиынтығын қолдана отырып, кіріс ағынын сипаттау. Басқаша айтқанда, трафик моделінде желідегі байланыс желілерінің қажетті өткізу қабілетін таңдау немесе ресурстардың көлемін бағалау, жалпы жағдайда, желінің трафикке қызмет көрсету сапасын бағалау мәселесін шешу үшін бастапқы деректер болуы керек.

Өтінімдер ағындары кездейсоқ және детерминистік (тұрақты) болуы мүмкін. Кездейсоқ ағын белгілі бір уақыт аралығында өтінімдердің белгілі бір санын қабылдау ықтималдығымен немесе өтінімдердің түсу сәттерімен немесе өтінімдер арасындағы уақыт аралығын білдіретін кездейсоқ сандар тізбегімен сипатталады. Көп жағдайда байланыс желілерінде кездейсоқ өтінімдер ағыны орын алады. Алайда, ИЗ желілерінде ағындар тұрақты болуы мүмкін екенін атап өткен жөн. Мысалы, сенсорлардың детерминистік зерттеу аралықтарын жиі қолданатын бақылау және басқару жүйелерінің трафигіне қызмет көрсету жағдайында, бұл деректер пакеттерінің тұрақты ағындарын қалыптастыруға әкеледі.

Өтінімдер ағынын әдетте өтінімдер арасындағы уақыт аралықтарының $F(x)$ бөлу функциясы немесе уақыт аралығында өтінімдер санын бөлу функциясы беруі мүмкін. Бұл өтінімдер ағынын анықтаудың балама тәсілдері. Біз трафикті $A(t)$ уақытында өтінімдерді қабылдаудың кездейсоқ процесі ретінде қарастырамыз. Сипаттама ретінде осы кездейсоқ процесті сипаттайтын параметрлер жиі қолданылады.

Өтінімдер ағыны біртекті болуы мүмкін, онда әрбір өтінімнің тек бір ғана сипаттамасы болады, және әрбір өтінімнің екі және одан да көп сипаттамалары болады. Көп жағдайда ағындар гетерогенді.

Қазіргі заманғы желілер ондаған Гбит/с және одан жоғары жылдамдықпен трафиктің әртүрлі түрлеріне қызмет көрсетуді қамтамасыз етеді. Сатылатын байланыс қызметтерінің негізінде трафиктің үш негізгі түрін бөлуге болады:

1. Ағындық трафик (ағындық қызметтер) – сипаты қызметтің ерекшеліктерімен (дауысты, бейнені беру) айқындалатын деректер (пакеттер) ағынын беруді білдіреді;

2. Интерактивті трафик (интерактивті қызметтер) – бұл трафик екі бағытта да деректерді беруді қамтиды, ал Тараптардың бірі-пайдаланушының реакциясы.

3. Фондық трафик (фондық қызметтер) – көп жағдайда мұндай трафик кідірістерге аса мән бермейді.

Байланыс жүйелеріндегі кіріс жүктемесінің қарқындылығы, әдетте, уақыт өте келе айтарлықтай өзгереді. Адамдар шығаратын трафик үшін мұндай процесс мерзімді болып табылады.

Жүктеме қарқындылығын модельдеу кезінде оның белгілі бір жиілікпен сипатталатын өзгерістерін ескеру қажет. Жүктеме қарқындылығының мәні және трафиктің басқа параметрлері әдетте ЖЖС негізінде сипатталады.

Жалпы, трафик стационарлық емес процесс болып табылады. Жүктеме қарқындылығы, әдетте, күннің уақытына байланысты және бірнеше максималды және минималды мәндерге ие. Мысалы, тәулік ішінде телефония трафиінің екі айқын максимумы бар.

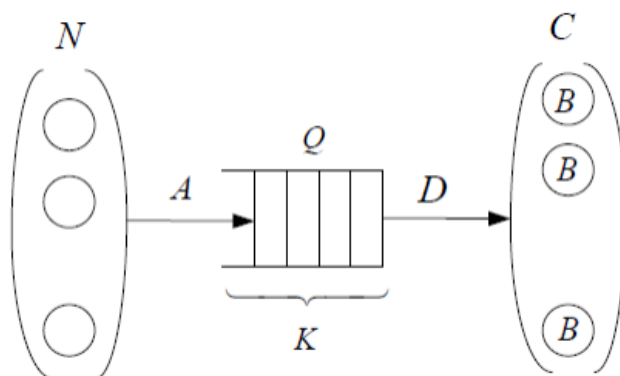
Трафиктің шоғырлану коэффициенті. Трафиктің шоғырлану коэффициенті бір тәуліктегі трафиктің жалпы көлемінде ЖЖС-де өндірілетін трафиктің үлесі ретінде айқындалады. ЖЖС және ШК жүктемелері әртүрлі байланыс желілеріне тән. Байланыс технологиялары мен қызметтерінің даму болжамдарын бағалау кезінде қызметтерді тұтыну көлемін сипаттайтын параметрлер, атап айтқанда: абоненттер саны және трафиктің нақты параметрлері маңызды.

Кез келген байланыс желісі белгілі бір ресурстарды жұмсай отырып, трафикті өткізу (қызмет көрсету) бойынша белгілі бір жұмыс жүргізеді. Трафик-бұл пайдаланушылардан немесе осындай қосымшаларды құра алатын басқа құрылғылардан өтініштердің түсу процесі. Бұл процесс көбінесе кездейсоқ процесспен сипатталады. Алайда, ИЗ желілерінде бұл детерминистік процесс болуы мүмкін. Өтініштер кездейсоқ немесе детерминистік уақытта келеді. Әр өтінімге қызмет көрсету кезінде желі белгілі бір ресурстарды жұмсайды. Егер өтінім келіп түскен сәтте желінің бос ресурстары болмаса, онда өтінім қызмет көрсетуден бас тартады немесе пайдаланылатын қызмет көрсету тәртібіне байланысты кезекке қойылады.

Қызмет көрсетудің екі негізгі жағдайы қолданылады: сәтсіздікке және күтуге байланысты.

Арналардың коммутациясы бар желілерде істен шығуы бар қызмет көрсету пәні, ал пакеттердің (хабарламалардың) коммутациясы бар желілерде жоғалуға да, күтуге де мүмкіндік беретін аралас қызмет көрсету пәні қолданылады.

Әр түрлі өтінімдерде әр түрлі басымдықтар болуы мүмкін болған кезде басым пәндерді қолдануға болады. Мұндай жағдайда басымдығы жоғары өтінім басымдығы төмен өтінімнің алдында кезекке қойылады.



2.1-сурет – Жаппай қызмет көрсету жүйесінің схемалық көрінісінің мысалы

Қызмет көрсету жүйелерінің символдық белгісі-бөлу белгісімен бөлінген таңбалар жолы. Бөлу белгілері арасындағы таңбалар жүйені сипаттайды. Бұл таңбалардың мәндері 2.1, 2.2 және 2.3 кестелерде келтірілген.

Кесте 2.1 - Ағын сипаттамаларының символдық белгіленуі

№	Символ	Атауы	Мағынасы
1	M	Markovian	Марков процесі (қарапайым ағын).
2	M^X	Batch Markov	Бір уақытта келіп түскен x өтінімдерінің кездейсоқ санымен пакеттік ағын.
3	MAP	Markovian arrival process	Жалпыланған ағын.
4	BMAP	Batch Markovian Arrival Process	Бір уақытта бірнеше өтінімдері бар жалпыланған ағын
5	MMPP	Markov modulated poisson process	Пуассон ағыны, онда өтінімдер «кластерлерді» құрайды.
6	D	Degenerate distribution	Детерминистік ағын.
7	E_k	Erlang distribution	Эрланг ағыны k -пішін параметрі.
8	G	General distribution	Жалпы тарату түрі.

MAP (Markovian arrival process) – шақырулар арасындағы уақыт аралығы экспоненциалды үлестірімге ие емес.

BMAP - k өтінімдерінің бір сәтте түсуі мүмкін (k – кездейсоқ Сан)

Mmprr-Марков процесі модуляцияланған Пуассон процесі.

Байланыс желісі немесе оның үзіндісі қызмет көрсету жүйесі ретінде ұсынылуы мүмкін. ЖҚКЖ қызметі трафиктің қасиеттері мен параметрлерімен және өткізу қабілетімен анықталады және оны қызмет көрсету сапасының параметрлерімен сипаттауға болады (буфердегі кідіріс және жоғалу ықтималдығы). ЖҚКЖ модельдері дәстүрлі түрде Кендалл – Башариннің жіктелуіне сәйкес анықталады [11].

Көбінесе әдебиетте қызмет көрсету жүйелерінің графикалық және мнемоникалық белгілері қолданылады. 2.1-суретте a өтінімдері, K позициялары бар Q буфері, D кезегінен таңдау ережелері, B қызмет көрсету уақытын бөлу Заңымен C қызмет көрсету құрылғыларының саны арасында белгілі бір уақыт аралықтарын бөлу Заңымен ағын құратын N трафик көздері бар қызмет көрсету жүйесінің шартты кескінінің мысалы келтірілген.

Кесте 2.2 - Қызмет көрсету сипаттамаларының символдық белгіленуі

№	Символ	Атауы	Мағынасы
1	M	Markovian	Экспоненциалды үлестіру
2	D	Degenerate distribution	Детерминистік қызмет көрсету уақыты
3	Ek	Erlang distribution	Эрлангтың Таралуы
4	G	General distribution	Жалпы тарату түрі

C) қызмет көрсететін құрылғылар саны

K) күту орындарының саны

N) өтінімдер көздерінің саны

D) кезектен таңдау тәртібі

Кесте 2.3 - Кезектен таңдау тәртібінің символдық белгіленуі

№	Символ	Атауы	Мағынасы
1	FIFO/FCFS	First In First Out/First Come First Served	Бірінші кірді, бірінші шықты.
2	LIFO/LCFS	Last in First Out/Last Come First Served	Соңғы кірді, бірінші болып шықты.
3	SIRO	Service In Random Order	Кезектен кездейсоқ таңдау.
4	PNPN	Priority service	Басымдықтармен

Қазіргі заманғы және перспективалы байланыс желілерінің негізгі міндеті әртүрлі телекоммуникациялық және ақпараттық жүйелер мен қосымшалардың трафигіне қызмет көрсету болып табылады, бұл кезде гетерогенді трафикті беру Бірыңғай инфрақұрылым арқылы жүзеге асырылады.

2.2 Интернет заттарының трафигін талдау

ИЗ желісі Интернет заттары тұжырымдамасына сәйкес интернет заттары ретінде анықталған заттар мен құрылғылар үшін ғаламдық АҚЖ-ға қол

жеткізуді жүзеге асырады. Бұл машинааралық өзара әрекеттесу және басқа сенсорлармен және активаторлармен байланыс. Болжамдарға сәйкес, мұндай құрылғылардың саны өте үлкен болады, нәтижесінде ИЗ трафигінің байланыс жүйелеріне әсері өте маңызды болуы мүмкін. Интернет заттары ұғымы M2M (machine-to-machine) машинааралық өзара әрекеттесу технологияларын кеңінен қолдануды қамтиды. Машинааралық өзара әрекеттесу технологиясына негізделген желілер, өз кезегінде, ИЗ тұжырымдамасын жүзеге асырудың технологиялық негізі болып табылады. Машинааралық өзара әрекеттесу технологиясы пайдаланушының араласуынсыз сымды және сымсыз жүйелер мен құрылғылардың өзара әрекеттесуі болып табылады.

Басқаша айтқанда, бұл технологияның ерекшелігі-деректерді беру әртүрлі құрылғылар арасында жүзеге асырылады. Технологиялық желілер мыңдаған арзан Сенсорлардан, төмен есептеу қуаттылығынан, аз жад пен аз қуат тұтынудан тұрады. Пайдаланудың дербестігі, өзін-өзі ұйымдастыру, энергияны аз тұтыну және қашықтан қол жеткізу мүмкіндігі M2M желілеріне логистика, ауыл шаруашылығы сияқты салаларда жетекші орын алуға мүмкіндік береді; экологиялық мониторингте, ластануды анықтауда, табиғи апаттардың мониторингін басқаруда маңызды рөл атқарады.

ИЗ трафигі сымсыз байланыс желілеріне және олардың жұмысына, сондай-ақ Қызмет көрсету сапасына қатты әсер етеді. Мысалы, қысқа M2M байланыс сессиялары әңгіме немесе сабақтың ұзақтығын бағалау әдісін қолдана отырып, арналардың сапасын бақылау мүмкіндігін қиындатады немесе жоққа шығарады. Мұндай басқару жүйелерін қолдану трафиктің ерекше қасиеттеріне әсер етуі мүмкін. Сондай-ақ, кейбір құрылғылардың мінез-құлқы тәуелді болуы мүмкін екенін ескеру керек, бұл өз кезегінде осы құрылғылардың жаппай белсенділігін тудыруы мүмкін, нәтижесінде трафиктің бақылаусыз өсуіне әкеледі.

Осылайша, бүгінгі күні Интернет заттарының трафигін, сондай-ақ оның желілік жабдықтың жұмысына, көрсетілетін қызметтердің сапасына әсерін дұрыс бағалай білу маңызды. Тағы бір маңызды бөлшек-бұл жабдықты бағалау, атап айтқанда: қандай жабдық тұрақты жұмыс істейді және заттардың Интернет-трафигінің желілік трафиктің басқа түрлерімен үйлесімді әрекеттесуін қамтамасыз ете алады.

IoT трафигін Хабарламалар ағыны ретінде елестетуге болады, ал хабарламалар пакеттерді білдіреді, өйткені көбінесе пакеттік коммутациямен машинааралық өзара әрекеттесу желісі.

Деректер алмасу желілік құрылғылар арасында жүзеге асырылады, олар жүйеде болған оқиғаларды өз бетінше бастай алмайды, сондықтан ақпарат алмасуды жүзеге асыру әдісіне байланысты оқиғалардың нұсқалары үш топқа бөлінеді:

1. Жүйенің жұмысына байланысты оқиғалар-құрылғыны инициализациялау, қуатты өшіру немесе қосу реакциясы, құрылғыны қайта қосу, басқаша айтқанда техникалық себептер.

2. Сыртқы факторлардың өзгеруіне реакциямен байланысты оқиғалар, ең алдымен, IoT желілік құрылғылары бағытталған оқиғалар – сенсорлардың, құрылғылардың қоршаған ортаның өзгеруіне, құрылғы параметрлерінің өзгеруіне реакциясы.

3. Байланысты оқиғалар белгілі бір уақыт аралығының аяқталуы-таймауттар-ұзақтығы қандай да бір заңға сәйкес берілген уақыт аралықтары, олар бекітілген және динамикалық түрде берілуі мүмкін.

Осы оқиғалар топтарына сүйене отырып, IoT трафиінің үш түрін бөлуге болады:

1. Делдалдық трафик-бұл түрдегі трафик белсенді құрылғылардан тұратын жүйемен жасалады. Бұл сыртқы (мүмкін кездейсоқ) оқиғаға реакция. Мұндай оқиға, мысалы, сенсордың іске қосылуы, сенсор басқаратын шаманың белгілі бір мақсатты диапазонға түсуі болуы мүмкін. Бұл трафиіктің қасиеттері жүйе басқаратын процестерге - сыртқы процестер мен оқиғаларға байланысты.

Егер жүйе сирек пайдаланылса, мысалы, егер ол кіруді басқаруға немесе дабыл сигналын бақылауға арналған болса, болып жатқан оқиғалардың қарқындылығы мен жүйенің аппараттық ақауларының қарқындылығы жақын болуы мүмкін. Сондықтан оқиғаларды анықтаудың сенімділігі төмендейді, мұндай жүйелерде жүйенің және сенсорлардың техникалық жағдайын мұқият бақылау қажет. Сенімділіктің төмендеуін болдырмау үшін қызметтік деректерді беру қажет, бұл ретте осы деректердің көлемі пайдалы ақпараттың көлемінен едәуір асып кетуі мүмкін, ал трафиіктің қасиеттері датчиктердің техникалық жай-күйін бақылау тәсілдерінің ерекшеліктерімен айқындалатын болады.

Датчиктердің күйін тексеру үшін Сіз жүйедегі құрылғылардың мерзімді сұрауын қолдана аласыз, сұрау кезеңі жүйенің дайындық коэффициентіне байланысты.

$$K_r = \frac{T_I}{T_I + T_O + T_B} \quad (2.1)$$

мұндағы K_r - әзірлік коэффициенті;

T_I - істен шығуға істелген жұмыстың уақыты (сағат);

T_O – ақауды анықтауға қажетті уақыт (сағат);

T_B – қалпына келтіру уақыты (сағат). Егер сәтсіздіктер бірдей болса, сауалнама кезеңін келесідей есептеуге болады:

$$t_0 = \frac{2}{K_2} (T_I - K_r(T_I + T_B)) \quad (2.2)$$

Мұндай жүйелердегі Трафик сенсорлардың күйін бақылайтын құрылғылардың санына байланысты. Штаттан тыс жағдай туындаған кезде сенсорлар мен процестерді басқарудың барлық құрылғылары жағдай туралы ақпаратты жібере бастайды, бұл желіде көптеген хабарламалардың пайда

болуына әкеледі. Мұндай трафиктің қарқындылығы бақылау құрылғыларының санына, хабарламалар көлеміне және құрылғылардың өміршеңдігін қалпына келтіру ықтималдығына байланысты болады.

Осылайша, жүйелер шығаратын трафик параметрлерге байланысты антиперсистентті ағынның да, қарапайым ағынның да қасиеттеріне ие болуы мүмкін. Трафиктің осы түрінің ағынының статистикалық қасиеттері белгілі бір оқиғалар басталған кезде құрылғылардың жаппай белсенділігіне және нәтижесінде трафиктің кездейсоқ шыңдарына әкелетін трафик көздерінің тәуелділігі сияқты ерекшелікпен анықталады.

2. Детерминистік трафик, трафикті тек «пассивті» құрылғылар болатын құрылғы немесе жүйе жасайды. Ол сұрауға реакция ретінде жасалады. Соңғысын кейде кездейсоқ немесе алдын-ала анықталған (детерминистік) оқиға ретінде қарастыруға болады. Мысал ретінде мониторинг және деректерді жинау жүйесінің трафигін келтіруге болады. Мұндай жүйелерде, әдетте, Master-Slave (негізгі басқарылатын) типті құрылыс құрылымы қолданылады. Бұл құрылымдағы негізгі құрылғы сұранысты қалыптастырады және жібереді, ал бағынышты құрылғылар немесе бір құрылғы (Интернет болуы мүмкін) негізгі құрылғыға (мүмкін басқа құрылғыға) қажетті деректерді жібереді.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) кеңінен қолданылатын мониторинг жүйесі практикалық мысал бола алады. Бұл жүйе бірдей принцип бойынша құрылады. Бұл жүйеде терминалды немесе аралық түйіндер (датчиктер немесе контроллерлер) мақсатты объектіге орнатылған пассивті құрылғылар (бағынышты құрылғылар) болып табылады. Олар негізгі құрылғының (немесе контроллердің) сұранысы бойынша деректерді жібереді. Осылайша, SCADA жүйесінде деректерді жинау сервері шебердің рөлін атқарады.

Айта кету керек, үлкен масштабты бақылау жүйелерінде құрылым иерархиялық болуы мүмкін, оның ішінде аралық элементтер де бар, олар жоғары деңгейдегі құрылғыларға қатысты бағынышты, ал төменгі деңгейдегі құрылғылар негізгі болып табылады. Мұндай жүйеде сұраулар мен деректер соңғы түйіннен тізбек (маршрут) арқылы контроллер немесе бірнеше контроллер арқылы деректерді жинау серверіне жіберіледі.

Қалай болғанда да, мұндай жүйенің трафик қасиеттері бас құрылғыға (серверге) сұраныстарды беру сәттері арасындағы уақыт аралығын таңдау алгоритмімен анықталады. Трафиктің қасиеттері осы уақыт аралықтарын қалыптастыру әдісімен анықталады. Көптеген практикалық қосымшаларда қазіргі уақытта бұл интервалдар бекітілген және детерминистік мәндерге ие. Жалпы жағдайда, олар кестеге, кездейсоқ шаманың генерациясына немесе белгіленген мәндерге сәйкес анықталуы мүмкін.

Детерминистік трафиктің бұл түріне тұрақты уақытта автоматты жүйе шығаратын трафикті де жатқызуға болады. Мысалы, бұл бағдарламалық жасақтаманы жаңарту кезінде пайда болатын трафик және берілген кесте бойынша орын алатын басқа опциялар болуы мүмкін. Жағдайда, деректерді сұрау аралықтары тұрақты (детерминирленген), сервер мен соңғы түйіндер

арасындағы трафик негізгі құрылғы сұрауларының және соңғы түйіннің (бағынышты құрылғының) жауаптарының детерминистік ағынын білдіреді. Мұндай трафиктегі уақыт параметрлері белгілі бір қайталау кезеңіне ие.

Егер мониторинг желісінде бірнеше деректерді жинау жүйесі болса, олардың саны n болсын, содан кейін сұрау сәттері мен кері байланыс моменттері арасындағы тұрақты уақыт ауысуларымен трафиктің жалпы (біріктірілген) ағыны да детерминистік ағын болады. Оның кезеңі барлық сауалнама кезеңдерінің ең аз жалпы санына тең болады:

$$T_B = lctm\{T_i\} \quad i = 1Kn \quad (2.3)$$

Айта кету керек, әртүрлі жүйелерді синхрондаудың болмауына байланысты уақыт ауысымдары кездейсоқ процесс түрінде болатын жағдай орын алуы мүмкін, содан кейін жалпы трафик кездейсоқ процесс сияқты болады, оның қасиеттері жеке ағындардың қасиеттері мен параметрлеріне байланысты болады.

3. Қызметтік трафик, сондай-ақ жанама трафик белсенді тораптар (интернет-заттар) орналасқан ИВ желісінің элементтерімен жүргізіледі. Бұл трафик жүйенің қалыпты жұмысын бұзатын кездейсоқ сыртқы оқиғаға реакция нәтижесінде пайда болады. Бұл, мысалы, қате немесе құрылғының немесе бағдарламалық жасақтаманың істен шығуы нәтижесінде пайда болатын трафик. Трафиктің бұл түрін трафикті аппараттық немесе бағдарламалық жасақтаманың істен шығуы нәтижесінде байқауға болады. Оның мақсаты-жүйенің қалыпты жұмысын қалпына келтіру. Мысалы, құрылғы параметрлерін қайта инициализациялау, желіні қайта конфигурациялау, параметрлерді реттеу және т.б. Әдетте, жүйеде қызметтік трафиктің пайда болуы сигнал беру (басқару) трафиінің пайда болуымен бірге жүреді. Қызметтік трафик жүйеде туындайтын әртүрлі мәселелерді уақтылы диагностикалау және шешу үшін қажет.

Желідегі трафикті біріктіру сәтсіздікке төзімділік және агрегаттауға қатысатын деректер арналарының сыйымдылығын жинақтау мәселесін шешеді. Әдетте, қазіргі желілердегі трафик ағындарының көпшілігі біріктірілген. Олар көптеген ағындардан тұрады. Бұл әртүрлі құрылғылардан (пайдаланушылардан) ағындар, әртүрлі қызметтер ағындары және т. б. Деректер желілерінде бір-біріне әсер ететін желі түйіндеріндегі берілістерге көптеген кезектер (буферлер) бар, олар бір кезектен шыққан ағын бір немесе бірнеше басқа кезектерге түседі, мүмкін басқа кезектердің басқа ағындарының бөліктерімен біріктірілгеннен кейін. Аналитикалық тұрғыдан алғанда, бұл ағынның берілу бағытында орналасқан кезекке түсу процестерінің сипатын қиындатады. Негізгі қиындық-пакеттер кезек желісіне кіру нүктесіне қатысты біріншісінен тыс берілгенде, пакеттердің келу сәттері арасындағы интервалдар пакеттердің ұзындығына, дәлірек айтқанда олардың берілу уақытына қатты тәуелді болады. Нақты желілерде пакеттердің ұзындығы мен қабылдау сәттері арасындағы интервалдар бір-бірімен байланысты болған кезде, сандық модельдеу үлкен жүктемелерде пакеттің жеткізілуінің орташа кідірісі

сипатталған өзара тәуелділік болмаған кезде идеалды жағдайға қарағанда аз болатындығын көрсетеді. Алайда, жүктеме аз болған жағдайда, керісінше.

Деректер желілерінің дамуы өзіне ұқсас трафик модельдерін модельдеу үшін кеңінен қолдануға және қолдануға әкелді. Трафиктің өзіндік ұқсастығын анықтау көбінесе ағынның автокорреляциялық функциясы негізінде беріледі. Мысалы, мақсатты процесс қойылды-қимылдардың $X = (X_1, X_2, \dots, X_t)$, мұндағы $t = 1, 2, \dots$

Содан кейін оның автокорреляция функциясын анықтауға болады:

$$r(k) = \frac{\sum_{i=1}^{N-k} (X_i - \bar{X})(X_{i+k} - \bar{X})}{(N-k)\sigma^2} \quad (2.4)$$

мұндағы N -реттілік элементтерінің саны;

σ^2 - дисперсия.

Біріктірілген процесс (ағын) деп блоктар тізбегімен берілген процесс (ағын) түсініледі. Блоктар (осы тізбектің элементтері) бастапқы ағыннан оны m тізбектелген элементтерден алынған блоктар арқылы ортаға келтіру арқылы алынады. M ұзындық блоктары бойынша біріктірілген процесті келесідей жазуға болады:

$$X^{(m)} = X_1^{(m)}, X_2^{(m)}, \dots, X^{(m)} \quad (2.5)$$

мұндағы,

$$X_t^{(m)} = \frac{1}{m} (X_{tm-m+1} + \dots + X_{tm})$$

Оның автокорреляциялық функциясы $l^*m(k)$ ағыны X қатаң өзін-өзі ұқсас, егер $l^*m(k) = r(k)$, $m=2, 3$ үшін...

Егер еркін өлшемді блоктар бойынша агрегаттау кезінде алынған біріктірілген ағындардың автокорреляциялық функциялары және бастапқы ағынның автокорреляциялық функциясы тең болса, ағын қатаң түрде өзіне ұқсас болады. Басқаша айтқанда, корреляция коэффициенті еркін мөлшердегі блоктар бойынша ағынның орташа мәні өзгерген кезде өзгермейді.

Мысалы, көптеген трафик көздерін ауыспалы A және B кезеңдерімен біріктіру өзіндік ұқсастық қасиеті бар біріктірілген трафикті жасайды. Біріктірілген деректерді беру трафигін сұрау салынған файлды белгілі бір A кезеңіне, ал B кезеңі берілістер арасындағы уақыт аралығына сәйкес келетін көздердің суперпозициясы ретінде қарастыруға болады.

Мұндай трафиктің сипаттамалары бөлу, біріктіру, кезек құру, басқаруды ұйымдастыру және қалыптастыру сияқты желілік операцияларға төзімді. Өзіндік ұқсастық біртекті және гетерогенді, яғни тәуелсіз, трафик көздерінің қабаттасуында сақталады және бұл қасиет көптеген жағдайларда орын алады:

буферлердің өткізу қабілеті мен сыйымдылығы өзгерген жағдайда да, басқа трафикпен араласқан кезде де.

Заттардың Интернет желілерінде ағындарды біріктіру соңғы құрылғылар, яғни интернет-желілер шығаратын трафик ағындарына қатысты болады. ИЗ желісінің құрылымына байланысты трафикті біріктіру оның әртүрлі деңгейлерінде жүруі мүмкін. Мысалы, деректерді жинау желілеріне тән жұлдыз түріндегі құрылымда трафикті біріктіру шлюз деңгейінде жүреді (егер олар бірнеше болса, шлюздер). Ағаш тәрізді құрылым желілерінде ағындардың агрегациясы желінің транзиттік тораптары деңгейінде де жүреді, олар көп жағдайда интернет заттарының өздері бола алады. Сондай-ақ, ИЗ желісін ұйымдастырудың сымсыз технологияларын пайдалану кезінде пайда болатын ерекшеліктерді атап өткен жөн.

Олар біріктірілген трафик ағынының қасиеттеріне әсер етуі мүмкін, бұл біріктірілген ағынның құрамына кірмейтін ағындар әсер етуі мүмкін, бірақ соған қарамастан оны ұстауға әсер етеді. Мұның себебі-жалпы тарату ортасын пайдалану, ол кейбір уақытта үшінші тарап ағынына қызмет көрсетумен айналысуы мүмкін. Бұл әсер талдауды қиындатады, бірақ оны ИЗ желісінің моделінде біріктірілген ағынға қызмет көрсету жүйесінің қасиеттерін таңдау кезінде ескеруге болады.

2.3 Интернет заттар трафигінің қызмет көрсету сапасына әсерін талдау және модельдеу

Қазіргі уақытта Интернет заттары тұжырымдамасының дамуы машина (M2M) құрылғыларының байланыс желілеріне қосылу санының және осы типтегі трафиктің өсуінен айтарлықтай сезіледі [12, 17]. M2M трафигінің ерекшелігі оның құрылғыларының мақсатына, олардың санына және әртүрлі мақсаттағы құрылғылардың сандық қатынасына байланысты анықталады [11, 34].

Бұл жұмыс мониторинг және диспетчерлік басқару жүйелерімен немесе басқа жүйелермен құрылған ИЗ трафигінің әсерін қарастырады, бұл трафиктің қасиеттері тұрақты ағынның қасиеттерімен сипатталады. Бұл трафиктің деректерді жеткізуді кешіктіру және жоғалу ықтималдығы сияқты қызмет көрсету сапасының негізгі көрсеткіштеріне әсері бағаланады. Байланыс желісінің моделі ретінде қызмет көрсетудің аралас пәні бар жаппай қызмет көрсету жүйесі қарастырылады.

Инфокоммуникациялық жүйені дамытудың басым бағыттарының бірі заттардың интернетін (ИЗ) ұйымдастыру болып табылады [12, 22], оны құру тұжырымдамасы [22] көрсетілген. Талдың дамуы өте маңызды қадам болып табылады, өйткені ол адам қызметінің барлық салаларына әсер етеді. ИЗ-ның енуі ақпараттың барған сайын көп болуына, оны талдау мүмкіндіктерінің өсуіне, оның нәтижелері негізінде шешімдер мен іс-әрекеттерді қалыптастыруға ықпал ететін болады.

Телекоммуникациялық жүйені дамытудың екінші маңызды бағыты жаңа интерактивті қызметтер тарапынан ұсынылатын трафиктің қызмет көрсету сапасына (QoS) қойылатын талаптардың айтарлықтай өсуін болжайтын тактильді интернет (ТИ) тұжырымдамасын білдіреді. Мысал ретінде ИЗ, телемедицина және пилотсыз Көлік құралдарын дамыту бөлігінде мониторинг және диспетчерлік басқару желілерін құруды келтіруге болады. Салыстыра құру ИЗ құрумен телеметрикалық және телемеханических жүйелер, әрине, көп жалпы. Бұл бағыттардың түбегейлі жаңалығы, ең алдымен, бақылау және басқару құрылғыларының ықтимал ықтимал санында, олардың технологиялық және басқа процестердің әртүрлі деңгейлеріне ену мүмкіндіктерінде, сондай-ақ QoS-қа қойылатын талаптарда, атап айтқанда, ықтималды және уақытша параметрлерде.

Қолданыстағы байланыс желілерінің абоненттерінің санынан едәуір асып кетуі мүмкін көптеген құрылғылар арасында деректерді жеткізу қажеттілігі осындай жағдайларда байланыс желілерінің қол жетімділігін, QoS, сенімділігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ету міндеттерін қояды.

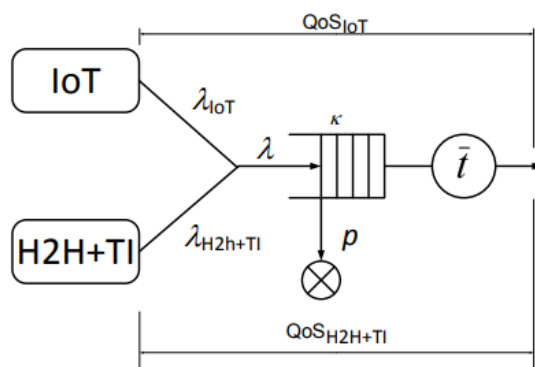
Бұл жұмыс мониторинг және диспетчерлік басқару жүйелерімен немесе басқа жүйелермен құрылған ИЗ трафиінің әсерін қарастырады, бұл трафиктің қасиеттері тұрақты ағынның қасиеттерімен сипатталады. Бұл трафиктің QoS-тің негізгі көрсеткіштеріне әсері деректерді жеткізуді кешіктіру және жоғалу ықтималдығы ретінде бағаланады. Байланыс желісінің моделі ретінде қызмет көрсетудің аралас тәртібі бар жаппай қызмет көрсету жүйесі (ЖҚКЖ) қарастырылады.

2.4 Интернет заттарының трафиінің моделі

[19] сәйкес интернет – құрылғылар шығаратын трафикті шартты түрде үш түрге бөлуге болады: детерминистік – қатаң белгіленген кестеге сәйкес жұмыс істейтін құрылғылар шығаратын; детерминистік технология-жүйенің жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін қажет және жанама, яғни кейбір сыртқы оқиғаларға реакция ретінде пайда болады. IoT құрылғылары шығаратын трафикке басқа байланыс қызметтерінің трафиімен, мысалы, ЖБЖ базалық станцияларының, сымсыз КЖҚ нүктелерінің және желінің басқа тораптарының трафиімен бірге қызмет көрсетуге болады. Заттардың интенсивтілік трафиінің сипаты, жалпы алғанда, басқа қызметтердің трафиінен ерекшеленетіндіктен, оның сипаттамалары мен қызмет көрсету сапасына әсерін бағалау мағынасы бар.

Талдау үшін біз 2.2 суретте көрсетілген модельді таңдадық. Ол бір немесе бірнеше құрылғылардың жұмысын модельдейтін IoT трафик генераторынан, H2H+TI ретінде белгіленген дәстүрлі байланыс қызметтерінің трафик генераторынан және ТИ трафиінен тұрады. Өндірілетін трафик ағындары байланыс торабына түседі, оның моделі қызмет көрсетудің аралас тәртібімен (

күту және сәтсіздіктермен) қызмет көрсету жүйесімен ұсынылған. Пакетке (хабарламаға) қызмет көрсетудің орташа уақыты тең .



2.2-сурет - Агрегатталған трафикке қызмет көрсету моделі

Интернет трафиінің қарқындылығы λ_{IoT} , трафик H2H λ_{H2H} , біріктірілген ағынның қарқындылығы $\lambda = \lambda_{IoT} + \lambda_{H2H}$. P ықтималдығымен пакет жүйенің кірісіне түседі, онда кезектегі барлық позициялар бос емес және сәтсіздікке ұшырайды (шығындар болады). Жүйенің шығуында біріктірілген ағынның жалпы қарқындылығы болады . Аралас кіріс ағынының қасиеттері екі ағынның қасиеттерімен анықталады, сондықтан олар дәстүрлі трафиінің қасиеттерінен де, заттардың интернет-трафиінен де ерекшеленеді. Осы жүйенің жұмысын қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерімен сипаттайтын боламыз: пакеттердің (хабарламалардың) жоғалу (істен шығу) ықтималдығы және пакетті жеткізудің кідірісі (кезекте күту уақыты және қызмет көрсету уақыты). Байланыс желісіндегі трафиікті тудыратын әртүрлі қызметтер Қызмет көрсету көрсеткіштерінің мәндеріне нақты талаптарға ие. Пакеттерге (хабарламаларға) қызмет көрсету процесі басқа желілік элементтерге түсетін қызмет көрсетілетін трафиіктің қасиеттеріне әсер етеді, сондықтан жүйенің шығысындағы қызмет көрсетілетін трафиіктің қасиеттері де үлкен қызығушылық тудырады.

Қарастырылып отырған трафиік ағындарының өзара әсерін зерттеу кезінде біз IoT және H2H трафиік ағындары үшін қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін бөлек бағалаймыз.

Жоғарыда сипатталған қызмет көрсету жүйесінің моделі G/G/1/k жүйесі ретінде ұсынылуы мүмкін. бұл жүйе үшін пакеттердің жоғалу ықтималдығын және жеткізілімнің кешігуін (кезек күту уақыты) бағалауға мүмкіндік беретін нақты аналитикалық модельдер жоқ. [21] жұмыста кіріс трафиігін және пакеттерге қызмет көрсету процесін сипаттайтын белгілі тарату параметрлері бар ұқсас жүйеде жоғалу ықтималдығын бағалау үшін диффузиялық жуықтау әдісі қолданылады және шамамен бағалау үшін келесі өрнек алынады:

$$p = \frac{1 - \rho}{\frac{2}{1 - \rho^{c_a^2 + c_s^2}} n_b + 1} \rho^{\frac{2}{c_a^2 + c_s^2} n_b} \quad (2.6)$$

мұндағы, C_a^2 және C_s^2 - кіріс ағынының таралуы мен қызмет көрсету уақытының өзгеруінің квадраттық коэффициенттері, сәйкесінше,

nb-буфердің мөлшері,

ρ -жүйенің жүктелуі.

Пакеттің орташа жеткізу уақытын шамамен бағалау [21]

$$T = \frac{\rho \bar{t}}{2(1 - \rho)} \left(\frac{\sigma_a^2 + \sigma_s^2}{\bar{t}^2} \right) \left(\frac{\bar{t}^2 + \sigma_s^2}{\bar{a}^2 + \sigma_s^2} \right) + \bar{t} \quad (2.7)$$

мұндағы, a_a^2, a_s^2 - пакеттер мен қызмет көрсету уақыты арасындағы уақыт аралығының дисперсия мәндері,

a-пакеттер арасындағы аралықтың орташа мәні, t-қызмет көрсетудің орташа уақыты.

H2H трафигі мен IoT трафигіне қызмет көрсету сапасын бөлек бағалау бізді қызықтыратындықтан, біріктірілген трафик ағынына қызмет көрсету сапасын бағалау үшін жоғарыда келтірілген жуықталған шешімдердің қолданылуын зерттеу керек.

Адам-адам (H2H) фондық трафигінің ағымы өзіне ұқсас ағынның қасиеттеріне ие деп санаймыз (Херст коэффициентінің мәні $H = 0,7...0,9$). Бұл болжам қазіргі байланыс желілеріндегі трафиктің көп бөлігі бейнені беру болып табылатындығына негізделген. Әдетте, қазіргі заманғы ойнатқыштардың бейнені ойнауы өздігінен жүретін (пачка) трафикті тудырады. Осылайша, абоненттік трафиктің қасиеттері туралы бұл болжам өте қолайлы.

Сондай-ақ, M2M трафигі мониторинг жүйесінің деректерін жіберудің мерзімді процесі ретінде анықталған детерминистік ағын деп болжаймыз. Бұл болжам көптеген жағдайларда M2M трафикті бақылау және басқару жүйелері (SCADA) жасайды, олар сенсорлардың күйін мерзімді түрде сұрайды.

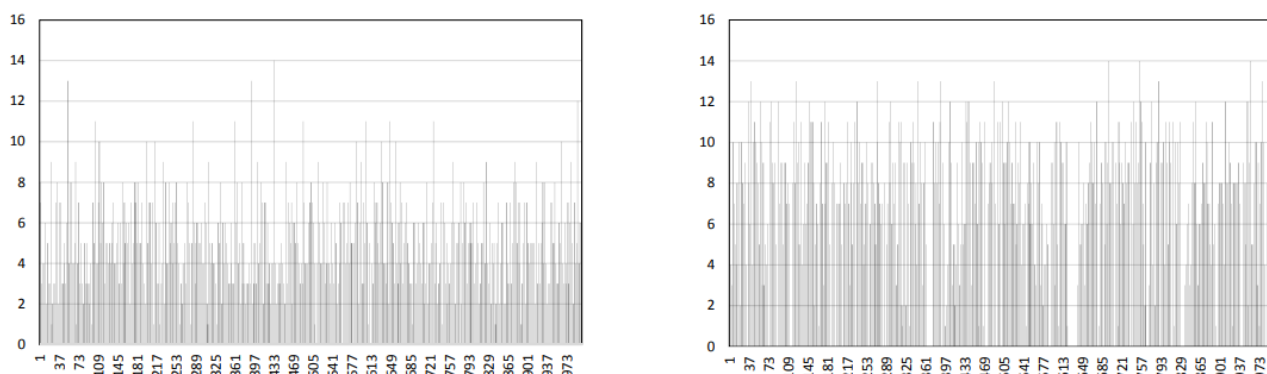
Модельдеу моделін құру үшін Anylogic модельдеу жүйесі таңдалды [20], бұл дискретті оқиғаны модельдеу модельдерін жасауға мүмкіндік береді. Өзіне ұқсас ағынды модельдеу үшін тәуелсіз оқиғалар тізбегінің генераторы қолданылды, олардың арасындағы уақыт аралықтары кездейсоқ және Парето үлестірімі бар:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{kx_m^k}{x^{k+1}}, & x \geq x_m \\ 0, & x < x_m \end{cases} \quad (2.8)$$

мұндағы x_m және k-тарату параметрлері. Математикалық күту және дисперсия:

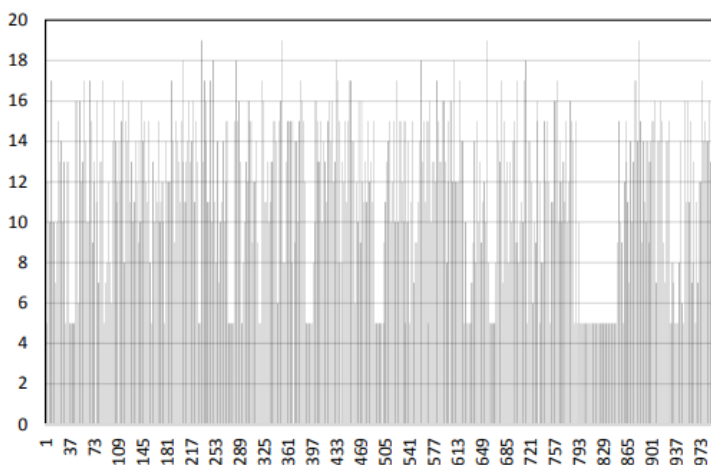
$$E(x) = \frac{kx_m}{k-1}, D(x) = \left(\frac{x_m}{k-1} \right)^2 \frac{k}{k-2} \quad (2.9)$$

2.3-суретте қарапайым ($H=0,50$) және өзіне ұқсас ағынның ($H = 0,75$) мысалдары келтірілген.



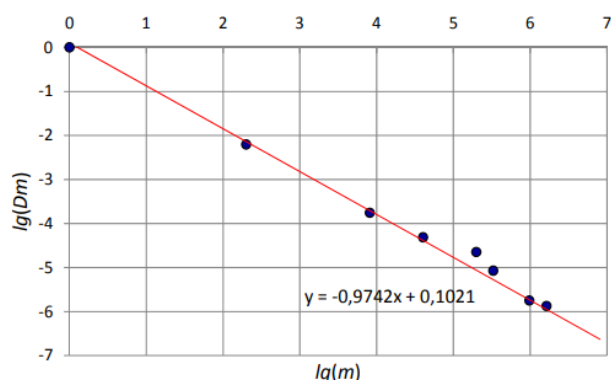
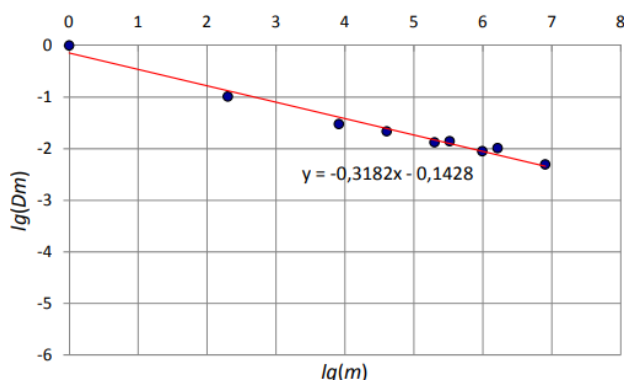
2.3-сурет – Қарапайым және өзіне ұқсас ағындар

Детерминистік ағын-бұл пакеттердің қарқындылығы бар тұрақты ағын. 2.4-суретте $h = 0,8$ Херст коэффициентінің мәні бар біріктірілген трафиктің ($H2N + M2M$) орындалуы көрсетілген.



2.4-сурет – Біріктірілген трафикті іске асыру ($H = 0,7$)

Херст коэффициентін бағалау дисперсияның өзгеруін талдау әдісімен жүргізіледі [23]. Кіріс және шығыс ағындарының дисперсиясының ағынның агрегация аралығына тәуелділік графигі 2.5-суретте көрсетілген.



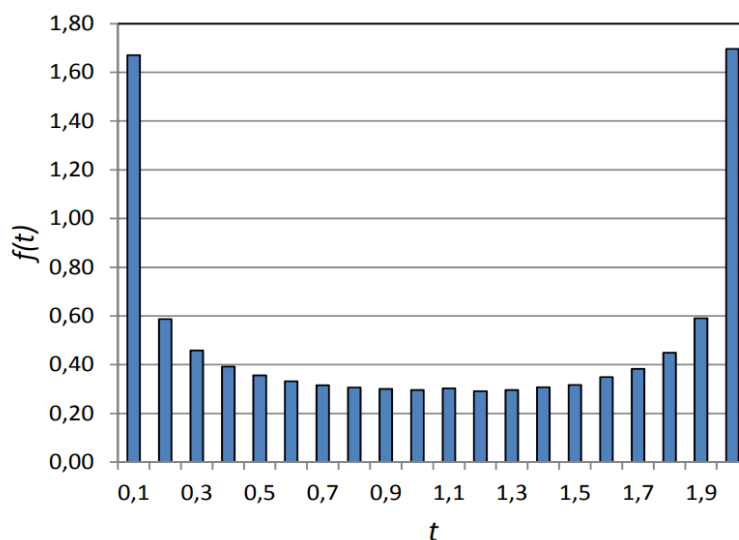
2.5-сурет – Кіріс және қызмет көрсетілген ағындар үшін Херст коэффициентін бағалау ($N = 0,80$ және $N = 0,51$, тиісінше)

Бұл мысал трафиктің салыстырмалы түрде жоғары қарқындылығына арналған (0,9 Эрл). Төменде көрсетілгендей, қызмет көрсетілген ағынның Херст коэффициентінің мәні жүктеме қарқындылығына байланысты, оның жоғары мәні Шығыс ағынының қасиеттері қызмет көрсету процесінің қасиеттерімен анықталады. Модельді құру кезінде біз қызмет көрсету уақыты пакеттің байланыс желісі арқылы берілу уақытын көрсетуі керек деген болжам жасаймыз. Пакетті беру уақыты пакеттің өлшемімен және желі бойынша деректерді беру жылдамдығымен анықталады. Егер соңғысы тұрақты болса (мұндай болжам сымды байланыс желілері үшін қабылдануы мүмкін), онда берілу уақыты тек пакеттің өлшемімен анықталады, ал тарату функциясы пакеттің ұзындығын бөлу функциясымен анықталады. Пакеттің минималды және максималды өлшемдері шектеулі деп санаймыз. Көптеген өлшеулердің нәтижелерін талдауға сүйене отырып, біз сымды байланыс желілеріндегі пакеттердің үлкен бөлігі максималды ұзындыққа немесе салыстырмалы түрде аз ұзындыққа ие деген қорытындыға келдік. Алқаптардың аралық мәні бар пакеттер айтарлықтай аз үлесті құрайды. Сондықтан модельдеу мақсатында пакеттің ұзындығының таралуын жуықтау үшін біз бета үлестірімін таңдадық [23]

$$f(x) = \frac{1}{B(u, v)} x^{u-1} (1-x)^{v-1} \quad (2.10)$$

мұндағы u , v -пішіннің параметрлері, $B(u, v)$ -бета функциясы.

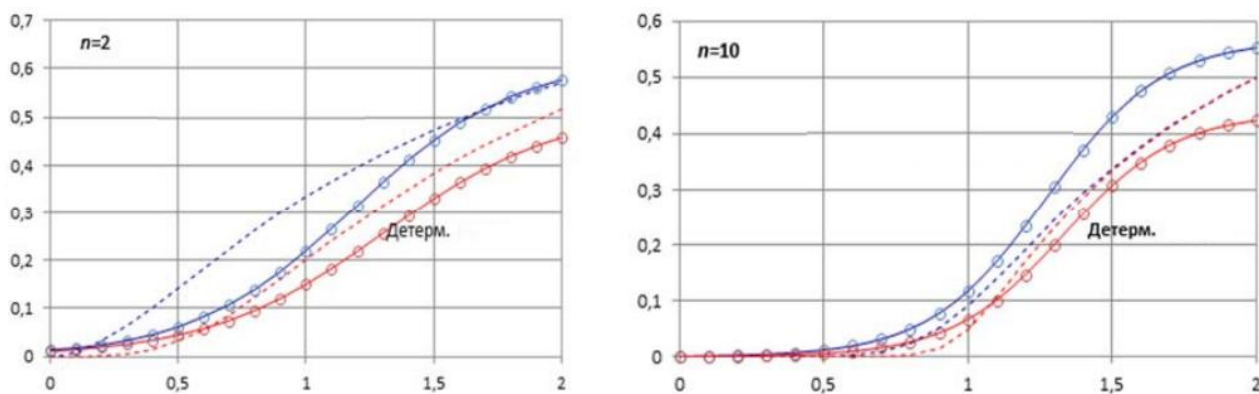
Модельдеу кезінде алынған техникалық қызмет көрсету уақытының эмпирикалық гистограммасы 2.6-суретте көрсетілген.



2.6-сурет – Қызмет көрсету уақытының гистограммасы

Пакеттің ұзындығын бөлу Интернет-трафикке тән деп санаймыз. Әр түрлі ИЗ қосымшалары әртүрлі ұзындықтағы пакеттерді жасай алады, бірақ бұл модельде біз мониторинг және диспетчерлік басқару қызметтеріне назар аударамыз, оларды жүзеге асыру кезінде қазіргі уақытта бірдей ұзындықтағы пакеттер қолданылады (Телеметрия деректерін ұсыну үшін қажет). Бұл модельде біз ИЗ пакеттерінің ұзындығы тұрақты («қысқа» пакеттер) деп санаймыз.

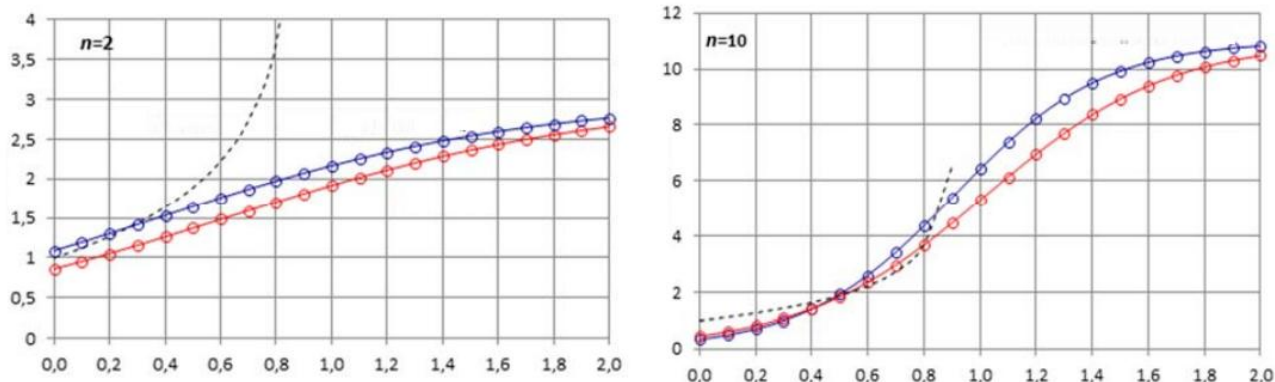
Модельдеу нәтижесінде ИЗ трафигі мен фондық трафик үшін сараланған трафиктің қарқындылығына пакеттік жоғалту ықтималдығының эмпирикалық тәуелділігі алынды. Бұл тәуелділіктер әр түрлі буфер өлшемі үшін 2.7 суретте көрсетілген.



2.7-сурет – Буфердің әртүрлі ұзындығында ($n = 2; 10, \rho \neq 1$) жүктеме қарқындылығынан шығын ықтималдығының тәуелділігі

Бұл суреттерде (2.6) жуық формулаға сәйкес алынған тәуелділіктер де келтірілген. Модельдеу нәтижелері (2.6) көмегімен бағалау шығындар коэффициентінің жоғарылатылған бірнеше мәнін беретіндігін көрсетті, ең

үлкен қателік (шамамен 2 рет) жүктеме қарқындылығының орташа мәндерінде өзіндік ағын үшін орын алады. Жоғарыда келтірілген графиктерден тұрақты ағынның (ИЗ) өтінімдері үшін шығындар коэффициенті агрегатталған трафиктегі өзіне ұқсас ағынның өтінімдерінің жоғалу коэффициентінен едәуір аз екендігі де байқалады.



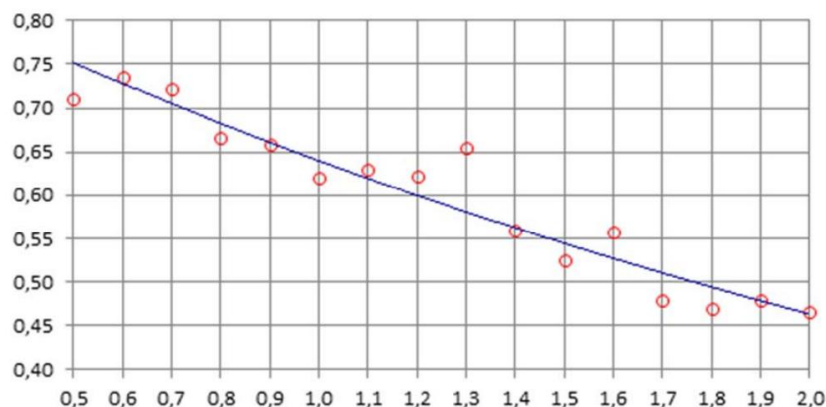
2.8-сурет – Әртүрлі буфер ұзындығы ($n = 2; 10, \rho \neq 1$) кезінде пакеттің жеткізілуінің кідіруінің жүктеме қарқындылығына тәуелділігі

2.8-суретте біріктірілген трафиктегі өзіне ұқсас және тұрақты ағындар үшін буфердің әртүрлі мөлшеріндегі жүктеме қарқындылығына (сәйкесінше 2 және 10) пакеттің жеткізілуін кешіктірудің эмпирикалық тәуелділігі көрсетілген. Бұл тәуелділіктер модельдеу нәтижелері бойынша алынады, салыстыру үшін сол суреттерде шамамен алынған модель (2) (нүктелі сызық) арқылы алынған бағалар келтірілген.

Жоғарыда келтірілген модельдеу нәтижелерінен көрініп тұрғандай, өзіне ұқсас ағын үшін пакеттің жеткізілуінің орташа кідірісі тұрақты ағын пакетінің жеткізілуінің кідірісінен біршама асып түседі, мәндердің айырмашылығы 20% аспайды. Біріктірілген ағын үшін аналитикалық модель (2) жүктеме қарқындылығы мәндерінің интервалында пакеттің жеткізілуінің кідірісін дәл сипаттайды, онда жарық пакеттерінің жоғалуы нөлге тең болады (буфердің ұзындығы $n=2$ болғанда 0,5 Эрл дейін және $n=10$ кезінде 0,8 Эрл дейін) және оның мәні өзіне ұқсас ағын үшін кідіріс мәндеріне жақын.

Осылайша, тұрақты ағынның (ИЗ) өтінімдері жоғары сапалы қызмет көрсетіледі, бұл көбінесе бірлесіп қызмет көрсетілетін трафик үшін шығындар коэффициентінің өсуінен көрінеді.

Қызмет көрсету жүйесінің шығысындағы трафиктің қасиеттерін зерттеу кезінде Херст коэффициентінің жүктеме қарқындылығына тәуелділігі зерттелді [13]. 2.9-суретте $G/M/1/k$ түріндегі QS модельдеу нәтижелері көрсетілген, оның кірісіне өзіне ұқсас және тұрақты ағындарды біріктіру арқылы алынған біріктірілген ағын келеді. Мәні кіріс ағынының Херст коэффициенті $H_{in} = 0,77$.



2.9-сурет – Херст коэффициентінің жүйенің шығуларына жүктеме қарқындылығына тәуелділігі

ЖҚКЖ кірісіндегі жүктеме қарқындылығының артуымен ЖҚКЖ шығуындағы көрсетілген ағынның Херст коэффициентінің төмендеуі байқалады. Кіріс жүктемесінің қарқындылығының кіші және орташа мәндерінде 0-ден 0,5 Эрл - ге дейін, Шығыс ағынының Херст коэффициенті кіріс ағынының ұқсас параметріне тең. Алынған тәуелділікті жүктеме қарқындылығының жоғары мәндері үшін қызмет көрсетілетін ағынның қасиеттері зерттеу нәтижелеріне сәйкес келетін кіріс ағынының қасиеттеріне карағанда қызмет көрсету уақытын бөлу заңымен анықталады [13]. Жүктеменің жоғары қарқындылығында пакеттердің түсімдері арасындағы уақыт аралықтарының ұзақтығын бөлу қызмет көрсету уақытын бөлуге, яғни бета-үлестіруге бағытталған, бұл әрине. Демек, пакеттер арасындағы уақыт аралықтары шектеулі мәндер диапазонын алады, ал өзіне ұқсас ағын «ұзын құйрығы» бар таралумен сипатталады (мысалы, Парето үлестірімі). Осылайша, қызмет көрсету уақытының таңдалған моделінде жүктеме қарқындылығының артуы қызмет көрсетілетін трафиктің өзіндік ұқсастық қасиеттерінің төмендеуіне әкеледі.

3 Интернет заттарының құрылымын таңдау әдістерін әзірлеу және зерттеу

3.1 Интернет заттары желілеріндегі трафикті бағыттау ерекшелігін талдау, шлюздің орналасуын таңдау

Internet of Things (IoT) дамыту байланыс желілерін дамытудың перспективалы бағыттарының бірі болып табылады. [11] мәліметтері бойынша, IoT-қа қосылған құрылғылардың саны 24 жылға қарай 2020 миллиардқа жетеді, бұл қазіргі Интернеттегі пайдаланушылар санынан әлдеқайда көп. Қолданыстағы және ықтимал IoT қосымшалары өте әртүрлі. Қоршаған орта мен адам ағзасының мониторингі, ауылшаруашылығы, зияткерлік кеңістіктер және зияткерлік қалаларды қоса алғанда, өндірістік процестерді бақылау және бақылау IoT Қосымшаларының кейбір мысалдары ғана.

Дәстүрлі Интернетке қосылған қуатты компьютерлерден айырмашылығы, IoT құрылғылары ресурстармен шектелген (мысалы, қуат, жад және есептеу мүмкіндіктері).

Интернет заттары таза техникалық проблемалардан (мысалы, бағыттау хаттамалары, семантикалық сұраулар) көптеген тақырыптарды қамтиды. Сымсыз байланыс, әдетте, көптеген құрылғыларды қосу үшін сымдарды тартудың күрделілігіне байланысты таңдалады, нәтижесінде құрылғылар арасындағы көп жолды сымсыз бағыттау сымды интернет шлюзіне, мысалы, үлкен ақылды қалада немесе ақылды торда шыққанға дейін жиі кездеседі. Шектеулі ресурстарға ие көптеген құрылғылар арасында тиімді және сенімді сымсыз желіні қамтамасыз ету ұзақ мерзімді, сенімді және кең ауқымды IoT желілерін сәтті орналастыру үшін өте маңызды.

Сондықтан, шлюздің орналасуын таңдау көптеген интернет құрылғыларының негізгі мәселелерінің бірі болып табылады. Бұл жұмыста шлюздің орналасқан жерін таңдау алгоритмі ұсынылады, онда желінің барлық тораптарына маршруттардың ең аз ұзындығы қамтамасыз етіледі.

Шлюздің құрылымы мен орналасқан жерін және трафикті өткізу жолдарын таңдау перспективалы байланыс желілерінің негізгі проблемаларының бірі болып табылады, оның міндеттеріне интернет заттарының трафигіне қызмет көрсету кіреді. Шлюздің орналасуын таңдау және трафикті бағыттау туралы көптеген жұмыстар бар. Бағыттау интернет заттарындағы маңызды элементтердің бірі болып саналады.

Бұрын (Hydro) [19], Nilow [24] және Dymo-low [23] сияқты 6LoWPAN үйлесімді LLN (Low Power and Lossy Networks) үшін бірнеше маршруттау хаттамалары болған. Көптеген талаптар мен ашық сұрақтарды шешу үшін [21] IETFROLL(төмен қуат пен жеңіл желілерді бағыттау) жұмыс тобы [16], маршруттау хаттамасын ұсынды, RPL деп аталады. RPL пакеттік берілістің жоғары жылдамдығына (PER) ұшырайтын жоғалған желілерге арналған [15] және байланысты өшіру. RPL-бұл қашықтық векторы және көзді бағыттау протоколы. IEEE 802.15.4 [23], PHY (Physical) and MAC (Media Access Control)

layers қоса алғанда, арна деңгейінің бірнеше механизмдерінің үстінде жұмыс істейді. Жұмыста [6] олар еркін желілерге арналған жаңа алгоритм ұсынды. Бұл алгоритм жергілікті минимумдардың берілген жиынтығынан басталады, олардың әрқайсысы оның мәні бағытталатын байланыстырушы ағашты анықтау үшін су тасқыны процесін бастайды. [3], бағыттау алгоритмдерінің жұмысын жақсарту және WSN қызмет ету мерзімін ұзарту үшін IoT SG үшін IPv6 үйлесімді иерархиялық энергия кластері мен көп жолды бағыттау протоколын ұсынды.

3.2 Маршрутты таңдаудың математикалық моделі және әдісі

Сымсыз сенсорлық желіде деректер коллекторы ретінде қызмет ететін және сыртқы желімен байланысы бар бір шлюз бар деп санаймыз. Трафикті өндіретін барлық желілік түйіндер оны шлюзге бағыттайды (шлюзден желі түйіндеріне трафиктің кері таралуы мүмкін). Егер желі мен шлюз тораптарының байланыс аймағы түйін мен шлюз арасында тікелей орнатылуы мүмкін болса, онда барлық түйіндер деректерді тікелей шлюзге жібереді. Егер желі мен шлюз тораптарының байланыс аймағы тікелей байланыс орнатылмайтындай болса, онда желіде трафик транзитін орындайтын бірнеше аулаудан тұратын маршруттар ұйымдастырылады. Айта кету керек, ықтимал, транзиттер Саны (жол дина) теріс фактор болып табылады. Транзит санының артуы қысқа маршруттың сапасы төмен болған жағдайда ғана ақталады. Тең жағдайда ұзындығы аз маршруттарға артықшылық беру керек. Осылайша, желінің сапасы тұтастай алғанда ондағы маршруттардың ұзындығына байланысты. Шлюздің орналасуын таңдау маршруттардың ұзындығына, демек, желінің сапасына әсер ететіні анық [20].

Егер біз желіні шыңдар желі түйіндеріне сәйкес келетін графикалық модельмен сипаттасақ, ал шеттер олардың арасында тікелей байланыс болған кезде шыңдар арасында болады (түйіндер байланыс аймағында). Содан кейін шлюздің орналасқан жерін таңдау тапсырмасын графиктің (түйіннің) осындай шыңын табу міндеті ретінде тұжырымдауға болады, оның маршруттарының ұзындығы барлық басқа шыңдарға дейін аз болады.

$$j_0 = \arg[\min_j \{ \max_i (P_{ij}) \}], i, j = 1 \dots n, \quad (3.1)$$

мұндағы, p_{ij} - J және I тораптары арасындағы ең қысқа маршруттың ұзындығы, n-торап тораптарының саны,

j_0 – маршрут ұзындығының минимумына жететін торап нөмірі.

Бұл тапсырма графиктің орталығын табу міндеті ретінде белгілі [21] және минимакстық міндет болып табылады.

Біз желіні $G(V,E)$ графигінің моделімен сипаттаймыз, онда V шыңдары желі түйіндеріне сәйкес келеді, ал E жиектері олардың арасында тікелей байланыс болған кезде шыңдар арасында орналасады. Байланыс мүмкіндігі

шыңдар арасындағы қашықтықпен анықталады деп санаймыз. Графикті **D** шыңдары арасындағы қашықтық матрицасымен сипаттаймыз

$$D = \{d_{ij}\} \quad i, j = 1 \dots n \quad (3.2)$$

$$d_{ij} = \begin{cases} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, & \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} < R \\ \infty, & \end{cases} \quad (3.3)$$

мұндағы x_i және y_i – желінің i түйінінің координаттары, R -түйін түйінінің радиусы.

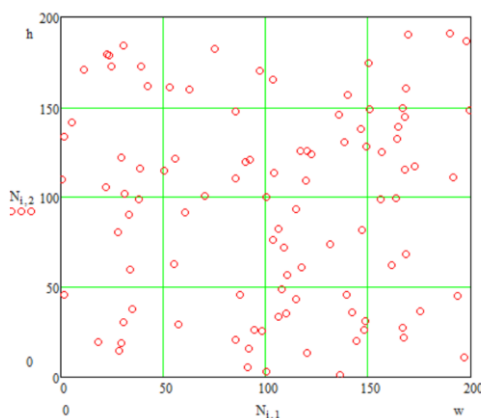
Графиктің барлық шыңдары арасындағы барлық қысқа жолдардың ұзындығын аламыз делік. Мұны, мысалы, Флойд алгоритмін қолдана отырып жасауға болады [14]. R матрицасында графиктің барлық шыңдары арасындағы ең қысқа жолдардың ұзындығы болсын

$$R = \{r_{ij}\} \quad i, j = 1 \dots n \quad (3.4)$$

Егер график бағдарланбаған болса, онда бұл жағдайда графиктің ортасын келесідей іздеуге болады

$$j_c = \arg[\min_j \{ \max_i (P_{ij}) \}], \quad i, j = 1 \dots n, \quad (3.5)$$

Өрнек (3.5), шын мәнінде, R матрицасының жолдары бойынша таңдалған максималды мәндерден минималды мәнді таңдауды қамтиды (мүмкін бағандар бойынша). Таңдалған шыңның нөмірі графиктің ортасына сәйкес келеді. Жалпы, мұндай шыңдар бірнеше болуы мүмкін.



3.1-сурет – 200x200м аумағында 100 түйіні бар зерттеу моделінің мысалы

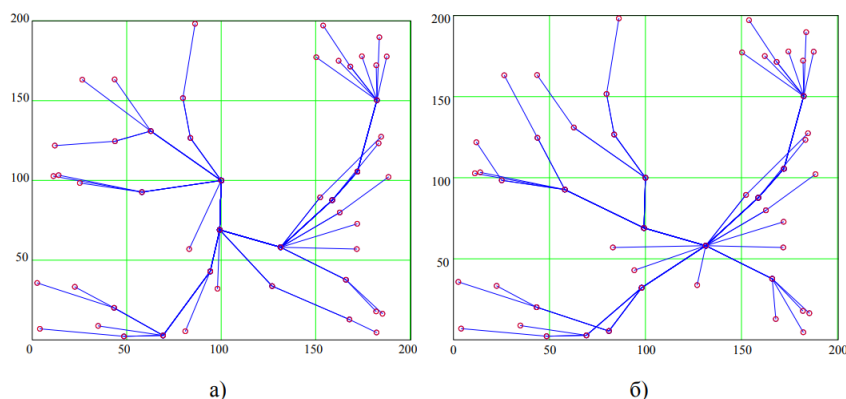
Заттардың Интернет-маршруттарының параметрлерін зерттеу үшін Флойд-Уоршелл алгоритмін қолдана отырып, Mathcad-да модельдеу моделі жасалды.

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	65.79	30.842	29.95	77.804	115.776	79.861
2	65.79	0	86.401	35.84	134.533	78.186	145.65
3	30.842	86.401	0	55.018	49.465	140.698	98.985
4	29.95	35.84	55.018	0	103.187	85.826	109.811
5	77.804	134.533	49.465	103.187	0	188.831	118.46
6	115.776	78.186	140.698	85.826	188.831	0	119.034
7	79.861	145.65	98.985	109.811	118.46	119.034	0
DIST = 8	43.104	37.257	68.026	13.154	116.159	72.672	122.965
9	139.735	102.145	164.657	109.785	212.789	24.808	135.619
10	135.098	97.508	160.02	105.148	208.153	19.848	124.422
11	143.992	199.55	113.15	168.168	80.147	253.848	198.373
12	118.802	86.879	121.574	121.913	171.039	159.919	198.353
13	170.493	132.903	195.415	140.543	243.547	55.565	166.377
14	18.947	84.737	47.014	48.897	86.104	123.752	60.913
15	34.196	88.87	3.354	57.524	46.249	143.168	98.64
16	70.676	25.825	95.598	40.726	143.731	52.361	...

3.2-сурет – Қысқа жолдардың ұзындығы матрицасының мысалы

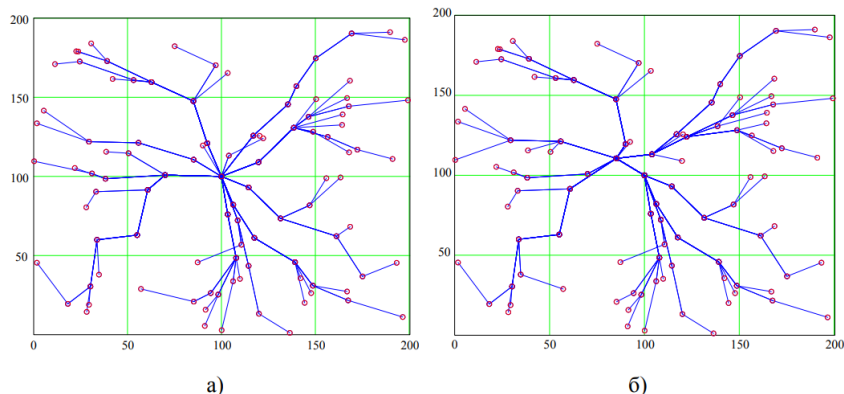
Графиктің ортасын табу үшін R матрицасының әр жолының максимумын табу керек, содан кейін табылған максимумдардың арасынан минимумды табу керек (графиктің орталығы).

3.3-суретте 200x200м аумағында кездейсоқ орналастырылған 50 түйіні бар желіні модельдеу мысалы келтірілген. Флойд алгоритмі жұмыс істегеннен кейін графиктің орталығы мен желінің екі түйіні арасында қысқа маршруттар табылды. 3.3 а суретте геометриялық орталық, ал 3.3 Б суретте графиктің табылған орталығы көрсетілген.



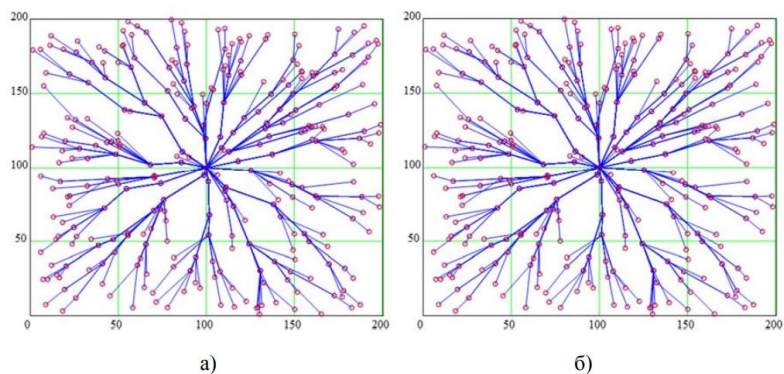
3.3-сурет – Желінің геометриялық орталығы және графтың орталығы (n= 50)

3.4-суретте 200x200м аумағында кездейсоқ орналастырылған 100 түйіні бар зерттеу моделінің мысалы келтірілген. 3.4 а суретте геометриялық орталық, ал 3.4 б суретте графиктің табылған орталығы көрсетілген.



3.4 Сурет - а) желісінің геометриялық орталығы және б) графикінің орталығы (n = 100)

3.5-суретте 200x200м аумағында кездейсоқ орналастырылған 300 түйіні бар зерттеу моделінің мысалы келтірілген. 3.5 а суретте геометриялық орталық, ал 3.5 б суретте графиктің табылған орталығы көрсетілген.



3.5-сурет – Желінің геометриялық орталығы және графиктің орталығы сәйкес келеді (n=100)

Модельдеу модельдеуінің жоғарыда келтірілген нәтижелерінен көріп отырғанымыздай, желі түйіндерінің саны (түйіндердің тығыздығы) көбейген кезде графиктің орталығы қызмет көрсету аймағының геометриялық орталығына жақындайды. Соңғы жағдайда графиктің центрі геометриялық центрмен сәйкес келеді.

Осылайша, жеткілікті дәлдікпен түйіндердің жоғары тығыздығы кезінде шлюзді орналастыру нүктесін таңдау үшін қызмет көрсету аймағының геометриялық орталығын таңдауға болады. Алайда, тораптардың салыстырмалы түрде төмен тығыздығы немесе қызмет көрсету аймағының

күрделі нысаны кезінде (3.5) өрнегімен тұжырымдалған, жоғарыда қарастырылған әдісті басшылыққа алған жөн.

Бұл әдісті іс жүзінде жүзеге асыру үшін келесі қадамдарды орындау керек.

1. Егер түйіндердің әрқайсысы шлюз рөлін атқара алатын болса, желілік түйіндердің әр жұбы арасындағы ең қысқа маршруттарды табыңыз. Егер шлюз рөлін тек кейбір түйіндер орындай алатын болса, онда оларды ғана қарастырған жөн.

2. Табылған маршруттар жиынтығынан желінің әр түйіні үшін максималды ұзындықтағы маршрутты табыңыз (немесе тек шлюз рөлін орындай алатын түйіндер үшін).

3. Табылған маршруттар жиынтығынан ең аз ұзындықтағы маршруттарды табыңыз, сол маршруттар сәйкес келетін түйіндер графиктің орталығы болып табылады және шлюзді орналастыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Нақты жағдайда барлық қысқа жолдардың ұзындығы туралы толық ақпарат алу қиын болуы мүмкін, сонымен қатар графиктің центрі желінің геометриялық орталығына немесе масса орталығына жақын болуы мүмкін екенін ескеру қажет. Сондықтан, толық деректер болмаған жағдайда, координаттары желінің барлық тораптары координаттарының орташа мәні ретінде анықталуы мүмкін массалар орталығына жақын орналасқан тораптар немесе қызмет көрсету аймағының геометриялық орталығына жақын орналасқан тораптар бағанының ортасын орналастыруға үміткер ретінде қарау керек. Масса орталығын таңдаған жөн, өйткені ол түйіндердің нақты координаттарымен анықталады.

Шлюзді сымсыз сенсорлық желіге орналастыру трафиктің қызмет көрсету сапасына және тұтастай алғанда желінің сапасына әсер етеді. Шлюзді орналастырудың ең қажетті нүктесін желінің барлық түйіндеріне маршруттардың ұзындығы минималды болатын нүкте деп санауға болады. Желіні графикалық модельмен сипаттағанда, мұндай нүкте графиктің орталығы болып табылады. Іздеу орталығының баған қажет ұзындығында қысқа жолдары, алынуы мүмкін белгілі алгоритмдерімен. Шлюзді графиктің ортасына сәйкес келетін үстіне орналастыру деректерді жеткізу маршруттарының ұзындығын қысқартуға және трафикке қызмет көрсету сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

3.3 Интернет заттары желісінің құрылымдық параметрлерін таңдау

Интернет заттары тұжырымдамасының дамуы байланыс желілеріне қосылған әртүрлі құрылғылардың санының қарқынды өсуіне әкеледі. Ол ақпараттық алмасу процесіне әлі тартылмаған адам қызметінің салаларын қамту бөлігінде инфокоммуникациялық жүйені одан әрі дамытуға бағытталған, яғни «ақылды» заттар, «ақылды» үйлер және жалпы зияткерлік әлем деңгейіне көшу. Бұл интернет заттарының технологиясын енгізу арқылы мүмкін болады.

Сонымен қатар, желіге кіру технологиялары әртүрлі болуы мүмкін. Бұл ұялы байланыс желілері мен сымсыз кеңжамақты байланыс стандарттарын қолдайтын құрылғылар немесе сенсорлық сымсыз желілерді құруға бағытталған мамандандырылған стандарттар болуы мүмкін. Мұндай құрылғылардың тығыздығы өте жоғары болуы мүмкін. 2020 жылға арналған құрылғылар саны бойынша мәліметтерге сәйкес, болжам бойынша, заттардың интернет құрылғыларының саны 2022 жылы 32 миллиардқа дейін болуы мүмкін. Мұндай құрылғылар жылжымалы байланыс желілеріне қызмет көрсету аймағында да, олардан тыс жерде де болуы мүмкін. Олардың жұмыс істеу міндеті-деректерді өңдеу құралдарына немесе Басқару командаларына кері бағытта жеткізу. Мақсатты мақсаттар мен технологиялардың алуан түрлілігіне байланысты желілерді құру құрылымдары әртүрлі болуы мүмкін.

Атап айтқанда, желілерді ұйымдастыру үшін mesh және ad hoc желілерін құруға мүмкіндік беретін әртүрлі өзін-өзі ұйымдастыру технологияларын қолдануға болады. Бұл технологияларды пайдалану қызмет көрсету аймағын кеңейту, орналастыру жеңілдігі, сенімділік пен өміршеңдікті қамтамасыз ету тұрғысынан желілердің мүмкіндіктерін едәуір кеңейтуге мүмкіндік береді. Өзін-өзі ұйымдастыру міндеті желілік түйіндер арасындағы трафикті өткізу үшін маршруттарды таңдауды қамтиды. Желінің сипаттамалары (өткізу қабілеті, деректерді жеткізудің кешігуі, пакеттердің жоғалуы және т.б.) оны іске асыру әдісіне байланысты. Маршрутты таңдау бойынша жұмыс байланыс желісіндегі қосымша трафикті берумен, сондай-ақ желі тораптарының қолжетімділік уақытын жоғалтумен байланысты [17, 16]. Бұл оның жұмыс істеу параметрлерінің сапасын төмендетеді. Сондықтан бұл жұмысты барынша азайту ұсынылады. Атап айтқанда, нәтижесінде алынған бағыттардың сапасы бұған ықпал етуі мүмкін.

Бұл бөлімде оның сапасын ескере отырып, маршрутты таңдау моделі мен әдісі қарастырылады. Маршруттың сапасын әртүрлі параметрлер негізінде бағалауға болады: деректерді жеткізу уақыты, шығындар коэффициенті, өткізу қабілеті. Сымсыз байланыс желілерінің ерекшеліктерін маршруттың сапасын сипаттайтын параметр ретінде ескере отырып, біз маршруттың параметрлеріне де, желі түйіндері шығаратын трафикке де байланысты болатын қақтығыстардың (немесе ықтимал қақтығыстардың) ықтималдығын қарастырамыз.

Желінің құрылымын және трафикті өткізу жолдарын таңдау перспективалы байланыс желілерінің негізгі проблемаларының бірі болып табылады, оның міндеттері интернет заттарының трафигіне қызмет көрсетуді қамтиды. Құрылымды таңдау және трафикті бағыттау мәселелеріне арналған көптеген жұмыстар бар.

[16] жұмысында сымсыз сенсорлық желінің байланысын бағалау әдісі ұсынылған. [21] BSS үшін маршруттау хаттамаларын салыстыру және түйіндердің тығыздығына байланысты сенсорлық желіні құру үшін нақты хаттаманы таңдау нәтижелері алынды. [20] IoT тұрғысынан RPL хаттамасының талдауы келесі анықтамалық көрсеткіштерді ескере отырып ұсынылған:

сенімділік және сенімділік, ұтқырлық, ресурстардың гетерогенділігі және масштабталу [20] интернет заттарындағы маршруттарды оңтайландыру саласындағы зерттеулердің нәтижелері келтірілген. [14], [22] және [10] - де минималды ұзындық өлшемі бойынша маршрутты таңдау әдістері қарастырылды, ал бұл жұмыста соқтығысудың минималды ықтималдығы критерийі бойынша таңдау ұсынылады.

Сондай-ақ, бірқатар жұмыстар маршруттардың ұзақтығы мен өткізу қабілеттілігі критерийі бойынша D2D коммуникациялары үшін қосылуды қамтамасыз ету әдістерін қарастырды, бұл ең аз өшу немесе сигнал/шу қатынасының максималды өлшемі бойынша таңдауды қамтамасыз етеді.

Біздің жұмысымызда біз сапаның көрсеткіші бойынша желіде маршрутты таңдау әдісін ұсынамыз, ол үшін ең аз соқтығысуды қабылдаймыз (соқтығысудың нақтылығы). Бұл көрсеткіш сонымен қатар кадрлардың жоғалу ықтималдығы және өткізу қабілеті сияқты көрсеткіштерді жанама түрде ескеруге мүмкіндік береді.

Маршрутты таңдау міндеті желінің логикалық құрылымын құру міндеттерінің бірі болып табылады. N түйіндері бар деп санаймыз (интернет-заттардың трафик көздері). Желілік түйіндер қызмет көрсету аймағында өзгеріссіз таратылады және біртектес құрылымды құрайды, олардың сипаттамалары қызмет көрсету аймағының кез-келген фрагменті үшін өзгермейді. Бұл ретте, дереккөздің трафик алушымен байланысын тікелей де, транзиттік тораптар арқылы да ұйымдастыруға болады, олар ретінде кез келген тораптар-трафик көздері бола алады. Желілік түйіндер арасында маршрут құру міндеті, әдетте, оңтайландыру міндеті болып табылады, онда мақсатты функция белгілі бір метрикаға тәуелді және азайтуға немесе көбейтуге жатады. Мұндай метрика шартты құн, қашықтық және басқа параметрлер болуы мүмкін. Байланыс желісіндегі маршруттың сапасын деректерді жеткізуді кешіктіру, өткізу қабілеттілігі, жоғалту коэффициенті сияқты сапа көрсеткіштерімен сипаттауға болады. Бұл көрсеткіштер маршруттың барлық учаскелеріндегі арналардың сипаттамаларына байланысты екені анық. Әрбір жеке учаскеде бұл параметрлер сигнал мен трафиктің таралу жағдайларына (тарату ортасын пайдалану) байланысты болады. Арнаны іске асыру технологиясына байланысты көрші (аралас) тораптардың трафигі кідірістерге, кадрлардың жоғалуына және өткізу қабілетінің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Кідірістің, ысыраптың өсуі және өткізу жолағының төмендеуі арнаның (таралу ортасының, радиожилік спектрі учаскесінің) берілетін сигналдармен жұмыспен қамтылуының салдары болып табылады. Егер қолданылатын стандарт жанжалдардың алдын-алу тетіктерін жүзеге асырмаса, онда арнаның бос болмауы қақтығыстарға әкеледі.

Әдетте, қақтығыс деп қабылдағыштың кірісіне әртүрлі таратқыштардан бір уақытта екі немесе одан да көп сигналдар түсетін жағдай түсініледі, сигналдарды қолдану нәтижесінде қабылданған хабарламалардың ешқайсысы сәтті қабылданбайды және осы аралықта берілген барлық мәліметтер элементтері (кадрлар) жоғалады. Теориялық тұрғыдан кейбір деректерді

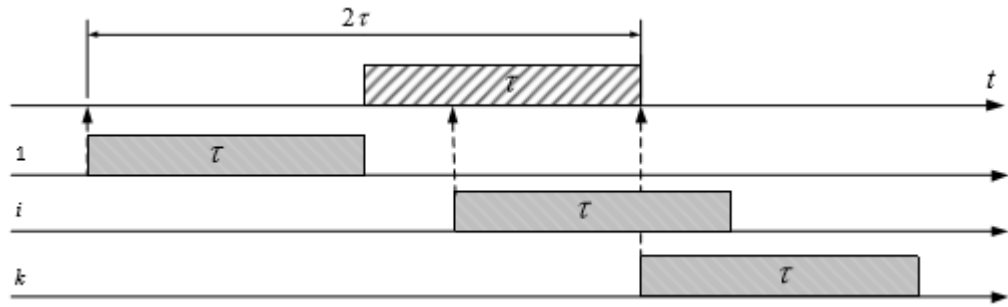
қабылдауға болады. Мұның ықтималдығы аз деп санаймыз, содан кейін бұл жағдай қарастырылмайды. Көптеген заманауи сымсыз стандарттар соқтығысудың алдын-алу механизмдерін жүзеге асырады, бұл олардың берілу ортасының күйін және берілу уақытын бөлудің белгілі бір алгоритмін талдау арқылы олардың ықтималдығын азайтуға мүмкіндік береді. Мұндай тетіктерді пайдалану беру ортасын пайдалану тиімділігін арттырады, бірақ табиғи түрде беру кідірістеріне, яғни уақыт ресурсын пайдалануға әкеледі. Осылайша, соқтығысу ықтималдығы, тіпті олардың алдын-алу механизмін қолданғанда да, берілу ортасын пайдалануды (жұмыспен қамтуды) сипаттайды.

Соқтығысу ықтималдығы байланыс арнасының немесе бүкіл маршруттың сапасын тікелей немесе жанама түрде көрсетеді. Өткізу қабілеттілігі, пакеттік шығындар және кідірістер осы ықтималдылыққа тікелей байланысты. Сондықтан, біз оны байланыс желісіндегі маршрутты таңдау үшін метрика ретінде қолданамыз.

Біз бір уақытта трафик көзі (интернет заттары) болып табылатын N желілік түйіндер бар деп санаймыз. Сондай-ақ, желілік түйіндер қызмет көрсету аймағында өзгеріссіз таратылады және біртектес құрылымды құрайды, олардың сипаттамалары қызмет көрсету аймағының кез-келген фрагменті үшін өзгермейді. Бұл ретте, дереккөздің трафик алушымен байланысын тікелей де, транзиттік тораптар арқылы да ұйымдастыруға болады, олар ретінде кез келген тораптар-трафик көздері бола алады.

Желі түйінінің моделі. Түйін антеннамен, радио таратқышпен және/немесе радио құрылғыларымен жабдықталуы мүмкін деп болжаймыз. Шлюз түйіндерінен басқа барлық түйіндердің типтік жабдықтары бар. Түйіннің байланыс аймағы-түйіннің орналасу нүктесінде центрі бар R радиусының шеңбері. ИЗ желілерін ұйымдастыруда қолданылатын көптеген стандарттар үшін деректерді беру жылдамдығы сигналды қабылдау жағдайларына байланысты болады, алайда тапсырманы жеңілдету үшін байланыс аймағындағы деректерді беру жылдамдығы өзгермейді (түйінге дейінгі қашықтыққа байланысты емес) деп санаймыз. Бұл тәсіл жиі негізделген, өйткені, желіні жобалау кезінде олар оның өткізу қабілеттілігін және түйіндердің орналасуын барынша арттыруға тырысады, сондықтан байланыс шарттары максималды жылдамдықты қамтамасыз етеді. Деректерді беру кезінде түйіндердің әрқайсысы берілу ортасын алады, олардың өлшемдері кедергі аймағымен шектеледі және бұл модельде R радиусының шеңбері де бар. Екі немесе одан да көп түйінмен бір уақытта деректерді беру деректердің жоғалуына (соқтығысуға) әкеледі, соның ішінде қабылдау түйіні ең болмағанда бір-біріне қарама-қайшы келетін түйіннің кедергі аймағында болған кезде.

Кадрдың орташа берілу уақыты тең болсын, ал кадрдың берілу қарқындылығы тұрақты. Соқтығысу ықтималдығын бағалау кезінде біз келесідей талқылаймыз. Соқтығысу кадрды беру кезінде кем дегенде бір беріліс басталған немесе аяқталған кезде пайда болады. Басқаша айтқанда, жақтаудың берілу аралығы тағы бір немесе одан да көп берілу аралығымен қиылысқан кезде, 3.6-сурет.



3.6-сурет – DTN деректерді жеткізу мысалы

Суреттен қарастырылып отырған кадрға бір немесе одан да көп берілістердің қабаттасуы үшін бұл берілістер 2τ сағатқа тең уақыт аралығында басталуы жеткілікті екенін көруге болады, яғни қарастырылып отырған жақтауды беру кезінде немесе осы кадрдың басталуына дейін кідіріссіз. Осылайша, соқтығысу ықтималдығы 2τ уақыт аралығында бір немесе одан да көп берілістердің басталу ықтималдығына тең.

$$p_c = p_{\geq 1}(2\tau) = 1 - p_0(2\tau) \quad (3.6)$$

Егер трафикті қарапайым ағын моделімен сипаттауға болатын болса, онда соқтығысу ықтималдығын Пуассонның таралу ықтималдығы формуласына (3.6) ауыстыру арқылы есептеуге болады

$p_k(x) = \frac{(\lambda x)^k}{k!} e^{-\lambda x}$ Содан кейін түйіннің қосылу ықтималдығы 2D модель, егер түйіннің байланыс аймағы R радиусының шеңбері болса, оны анықтауға болады:

$$p_c = 1 - e^{-\lambda 2\tau} \quad (3.7)$$

Осындай нәтижені қарапайым ағындағы кадрлардың берілуінің басталу сәттері арасындағы уақыт аралықтарын бөлу функциясын қарастыру арқылы алуға болады. 2 сағаттық интервалда басталған барлық кадрлар зақымдалады. Соқтығысу салдарынан зақымдалған кадрлардың орташа саны тең болады $m = 2\lambda\tau p_c$. Соқтығысудың қарқындылығын анықтауға болады $n = \lambda p_c$, $\lambda = \sum_{i=1}^k \lambda_i$, байланыс аймағындағы (кадрлар/с) I-ші тораппен берудің (кадрлардың) қарқындылығы; k – байланыс аймағындағы тораптар саны.

Қарапайым ағын моделін қолдану өте ыңғайлы, бірақ әрдайым ақталмайды, өйткені көп жағдайда қазіргі желілердегі трафик ағындары қарапайымнан айтарлықтай ерекшеленеді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, көбінесе БСС трафигі өзіне ұқсас процестің қасиеттеріне ие. Сондықтан, мұндай процестерді сипаттау кезінде Парето үлестірімі кадрлардың

(пакеттердің) келу моменттері арасындағы уақыт аралықтарын модельдеу үшін қолданылады):

$$F(t) = P(X < x) = 1 - \left(\frac{t_m}{t}\right)^k, x_m > 0, k > 0$$

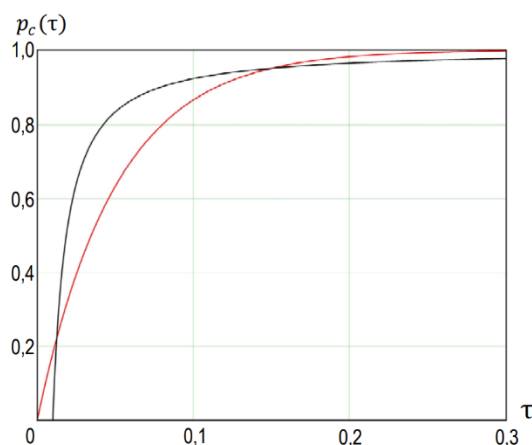
$$M(x) = \frac{kt_m}{k-1}, k > 1.$$

Содан кейін уақыт аралығы 2-ден аз болуы ықтималдығы тең:

$$p_c = p(X < 2\tau) = 1 - \left(\frac{t_m}{2\tau}\right)^k. \quad (3.8)$$

Трафиктің қасиеттері мен қарапайым ағынның қасиеттері арасындағы айырмашылық, әрине, қарастырылып отырған модельдің жұмысына әсер етеді, өйткені соқтығысу ықтималдығы Пуассонның бөлінбеуімен анықталады. Паретоның таралуы бар Модель осы айырмашылықтың соқтығысу ықтималдығына әсер ету дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді.

Соқтығысу ықтималдығы желілік түйіндер арасындағы байланыс арнасын сипаттайды: ол неғұрлым аз болса, арнаның үлкен ресурсы қол жетімді болады, сондықтан арнаның өткізу қабілеті жоғары болады. (3.7) суретте соқтығысу ықтималдығының ағындардың екі моделі үшін арнаны пайдалануға тәуелділігі көрсетілген: қарапайым және ағын, Паретоның таралуына бағынатын қосымшалар арасындағы уақыт аралығы.



3.7-сурет – Қақтығыс ықтималдығының арнаны пайдалануға тәуелділігі

Графиктерден көрініп тұрғандай, орташа жүктеме аймағында екінші типтегі ағын үшін соқтығысу ықтималдығы жоғары. Жүктеменің кіші және үлкен мәндерінде қарапайым ағын моделі үшін соқтығысу ықтималдығы жоғары. Егер трафик N тәуелсіз учаскелерден өтетін болса, онда бүкіл маршрут

үшін соқтығысуларға байланысты деректердің (кадрдың) жоғалу ықтималдығы тең болады:

$$p_c = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - p_{ci}) \quad (3.9)$$

мұнда- p_{ci} жоғарыда көрсетілгендей анықталған маршруттың i -ші учаскесінде соқтығысу ықтималдығы.

Соқтығысудың минималды ықтималдығы бар маршрутты табу тапсырмасын келесідей тұжырымдауға болады:

$$P = \operatorname{argmin}_{r \in \Omega} (p_c) \quad (3.10)$$

Ω - барлық мүмкін маршруттар.

(3.7) көріп отырғанымыздай, (3.8) соқтығысу ықтималдығы неғұрлым көп болса, трафиктің қарқындылығы соғұрлым жоғары болады (арнаны пайдалану). Осылайша, маршрутты таңдағанда, соқтығысу ықтималдығының шамасын (соқтығысу салдарынан кадрдың жоғалуы) және байланыс аймағындағы трафиктің қарқындылық шамасын басшылыққа алуға болады. (3.9) критерийге сәйкес маршрутты іздеу үшін өлшенген бағандағы кез келген қысқа жолды іздеу алгоритмі пайдаланылуы мүмкін. Ол үшін желіні $G(V,E)$ графигімен, желілік түйіндерге $V = \{v_{ij}\}$, $i, j = 1 \dots n$ және E жиектеріне (доғаларына) сәйкес келетін желілік түйіндер арасындағы ықтимал ықтимал байланыстарға (арналарға) сәйкес келетін көптеген шындармен сипаттау керек. Түйіндер байланыс аймағымен сипатталады (бұл жағдайда радиусы R), оның ортасында осы түйін орналасқан. Желі тораптары олардың координаттарымен (x_i, y_i) және олардың арасындағы қашықтықтармен сипатталады:

$$R = \{d_{ij}\}, i, j = 1 \dots n, \quad d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Егер түйіндер арасындағы қашықтық R -ден аз болса, түйіндер арасындағы жиектер болады, әйтпесе жазуға болады:

$$E = \{e_{ij}\}, i, j = 1 \dots n; \quad v_j \in R_i \rightarrow \exists e_{ij}.$$

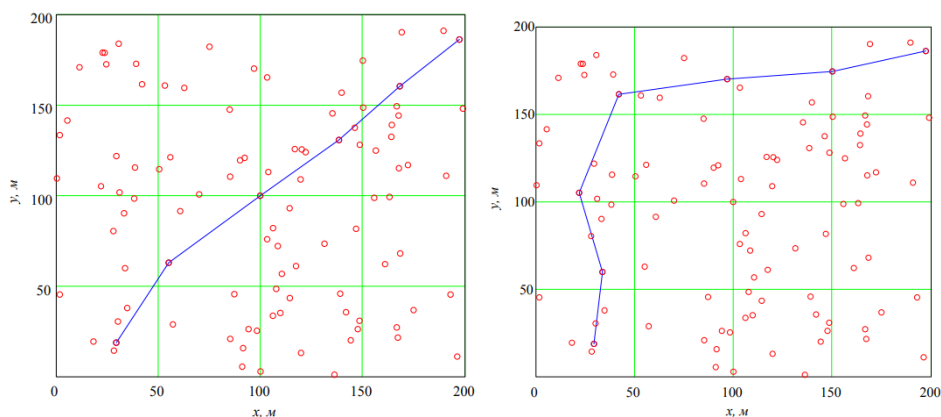
Графтың әр шетіне салмақ коэффициенті берілген $C = \{c_{ij}\}$, $i, j = 1 \dots n$, маршрутты таңдау жүргізілетін анықтайтын метрика. Бұл жағдайда жиектердің (немесе доғалардың) таразысы ретінде қарастырылатын ағын моделіне байланысты (3.7) немесе (3.8) сәйкес бағалануы мүмкін соқтығысу ықтималдығының логарифмдері таңдалуы тиіс:

$$c_{ij} = -\log(1 - p_{ij}), i, j = 1 \dots n, \quad (3.11)$$

мұндағы p_{ij} -і және j түйіндері арасындағы маршруттағы соқтығысу ықтималдығы.

3.4 Модельдеу нәтижелерін талдау

3.8-суретте модельдеу нәтижелері көрсетілген. Модель параметрлері: қызмет көрсету аймағы жағы 200 м шаршы, түйіндер кездейсоқ орналастырылған (координаттары X және y біркелкі бөлу заңына бағынатын кездейсоқ сандар), түйіндер саны 200, түйіннің байланыс радиусы кедергі радиусына тең және 60 м. «ең қысқа» жолды (ең аз соқтығысу жолдары) таңдау нәтижесі (3.8), 3.8-сурет б.3.8 а суретте салыстыру үшін ең аз ұзындық өлшемі бойынша жолды таңдау нәтижесі келтірілген.



3.8-сурет – Желілік тораптарды біркелкі бөлу кезінде соқтығысудың ең аз ықтималдығы бар жолды таңдау нәтижесі

Модельдеу кезінде келесі болжамдар жасалды. Түйінде өндірілген трафик желінің барлық түйіндері арасында бірдей бөлінді (әр түйіннен әрқайсысына). Парето үлестірімі (3.8) түйіндер тудыратын трафиктің моделі ретінде пайдаланылды және барлық ағындар тұрақты болып саналды. Соқтығысу ықтималдығы трафик деректері негізінде (3.8), (3.9) модельдеріне сәйкес бағаланды.

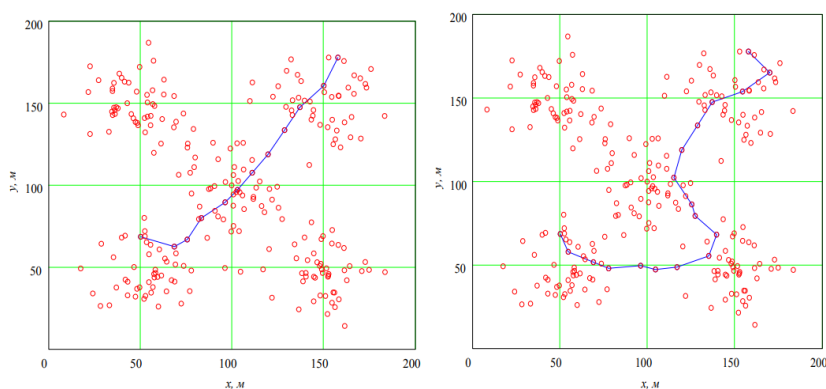
Жоғарыда келтірілген суреттен соқтығысу ықтималдығының минималды критерийі негізінде құрылған маршрут минималды ұзындық критерийі негізінде салынған маршруттан айтарлықтай ерекшеленетінін көруге болады. 3В және 3г суреттерінде қызмет көрсету аймағында түйіндердің мультимодальды таралуы үшін ұқсас мысал келтірілген (үлестірімде бес шашырау орталығы бар). Соқтығысудың ең аз мөлшері бойынша таңдалған маршрут түйіндердің тығыздығы жоғары аймақтарды «айналып өтуге» бейім екенін көруге болады. Бұл күтілетін нәтиже, өйткені түйіндердің тығыздығы

жоғары аймақта олардың көп бөлігі кедергі аймағына түседі, сондықтан (3.8) немесе (3.9) сәйкес соқтығысу ықтималдығы жоғары.

Айта кету керек, нәтижелер алынған нәтижелерге сәйкес келеді [26] D2D коммуникацияларын қолдана отырып құрылған желі үшін, онда желі түйіндерінің өзара әсері сигнал-шу қатынасын төмендету арқылы көрінеді. Орташа алғанда, іздеу нәтижесі минималды ұзындық өлшемі бойынша табылған маршруттан 20% аз соқтығысу ықтималдығы бар маршрутты береді. Алгоритмнің тиімділігі желі тораптарын орналастыру тәсіліне байланысты-келтірілген модельдеу нәтижелері Қызмет көрсету аумағында желі тораптарын біркелкі кездейсоқ және мультимодальді бөлуге сәйкес келеді.

Алынған нәтижелерді тексеру үшін Contiki Cooja модельдеу жүйесінде IEEE 802.15.4 3.10-сурет стандартының БСС модельдеу моделі жасалды [9]. Салыстырмалы талдау үшін стандартты режимде RPL бағыттау протоколы таңдалды, яғни қашықтық метрикасы бойынша маршрутты таңдағанда және метрика бойынша өзгертілген режимде (3). Желі 25 түйіннен тұрды. Модельдеу нәтижелері пакеттің жеткізілуінің кешігуі арнаны пайдалануға байланысты екенін көрсетті, ал ұсынылған метрика бойынша маршрутты таңдағанда, қашықтық таңдалғанға қарағанда кідіріс аз болады.

Жоғарыда келтірілген суреттен соқтығысу ықтималдығының минималды критерийі негізінде құрылған маршрут минималды ұзындық критерийі негізінде салынған маршруттан айтарлықтай ерекшеленетінін көруге болады. 3.9-суретте қызмет көрсету аймағында түйіндердің мультимодальды таралуы үшін ұқсас мысал келтірілген (үлестірімде бес шашырау орталығы бар). Соқтығысудың ең аз мөлшері бойынша таңдалған маршрут түйіндердің тығыздығы жоғары аймақтарды «айналып өтуге» бейім екенін көруге болады. Бұл күтілетін нәтиже, өйткені түйіндердің тығыздығы жоғары аймақта олардың көп бөлігі кедергі (байланыс) аймағына түседі, сондықтан (3.7) немесе (3.10) сәйкес соқтығысу ықтималдығы жоғары.



3.9-сурет – Желі тораптарын мультимодальды бөлу кезінде соқтығысу ықтималдығы аз жолды таңдау нәтижесі

Модельдеу нәтижелері, жанама бағалаулар бойынша, бұл әдіс соқтығысудың минималды ықтималдығы бар маршрутты таңдау арқылы

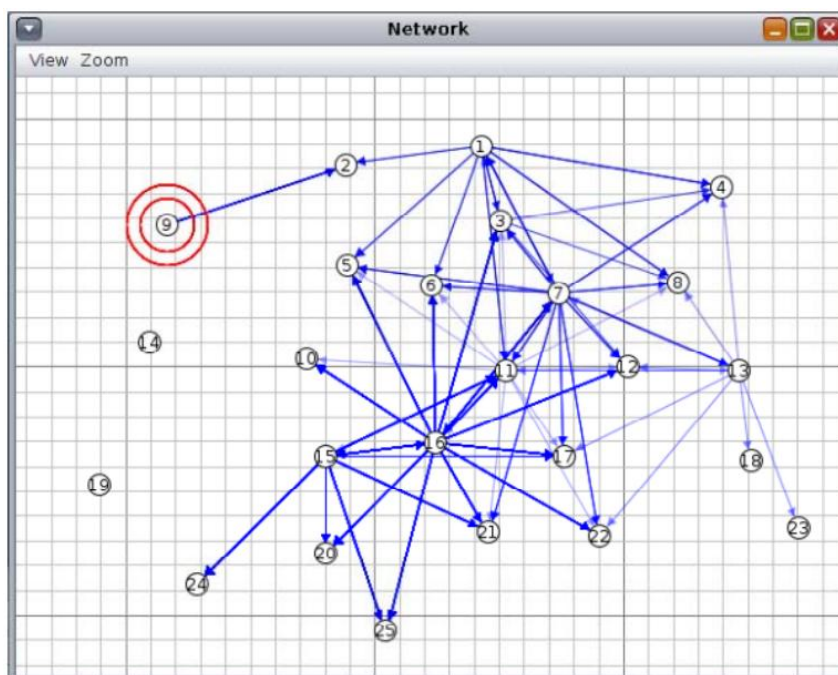
көбірек өткізу қабілеті бар және кідіріс мөлшері аз маршруттарды табуға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Айта кету керек, нәтижелер алынған нәтижелерге сәйкес келеді [2] D2D коммуникацияларын қолдана отырып құрылған желі үшін, онда желі түйіндерінің өзара әсері қатынасты төмендету арқылы көрінеді сигналдың шуға қатынасы.

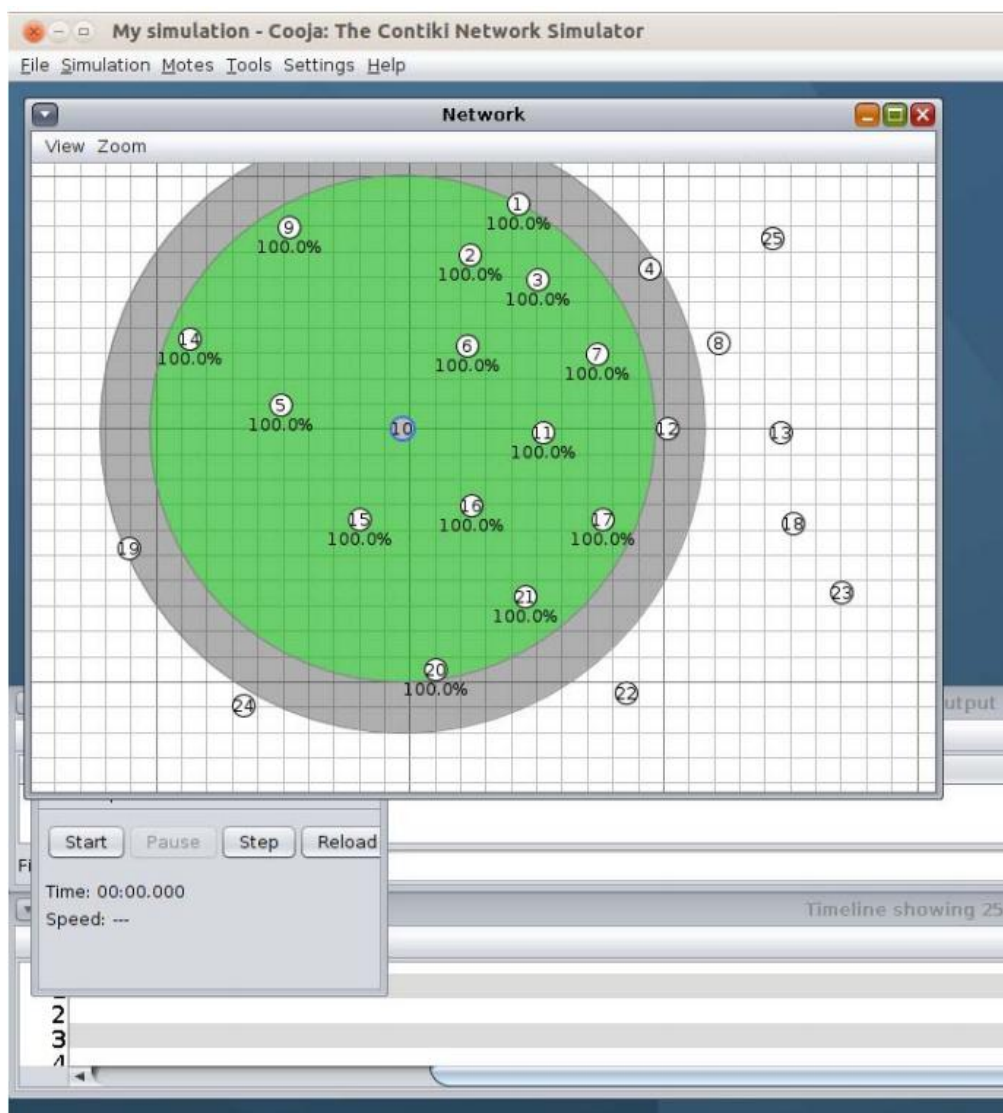
Орташа алғанда, іздеу нәтижесі минималды ұзындық өлшемі бойынша табылған маршруттан 20% аз соқтығысу ықтималдығы бар маршрутты береді. Алгоритмнің тиімділігі желі түйіндерін орналастыру әдісіне байланысты. Модельдеудің келтірілген нәтижелері түйіндерді кездейсоқ орналастыру кезінде, атап айтқанда қызмет көрсету аумағында желі түйіндерін біркелкі және мультимодальды бөлу кезінде алынды. Бұл әдіс желілік түйіндер шығаратын трафиктің әртүрлі қарқындылығында тиімді.

Орташа алғанда, іздеу нәтижесі минималды ұзындық өлшемі бойынша табылған маршруттан 20% аз соқтығысу ықтималдығы бар маршрутты береді. Алгоритмнің тиімділігі желі түйіндерін орналастыру әдісіне байланысты.

Модельдеудің келтірілген нәтижелері түйіндерді кездейсоқ орналастыру кезінде, атап айтқанда қызмет көрсету аумағында желі түйіндерін біркелкі және мультимодальды бөлу кезінде алынды. Бұл әдіс желілік түйіндер шығаратын трафиктің әртүрлі қарқындылығында тиімді.



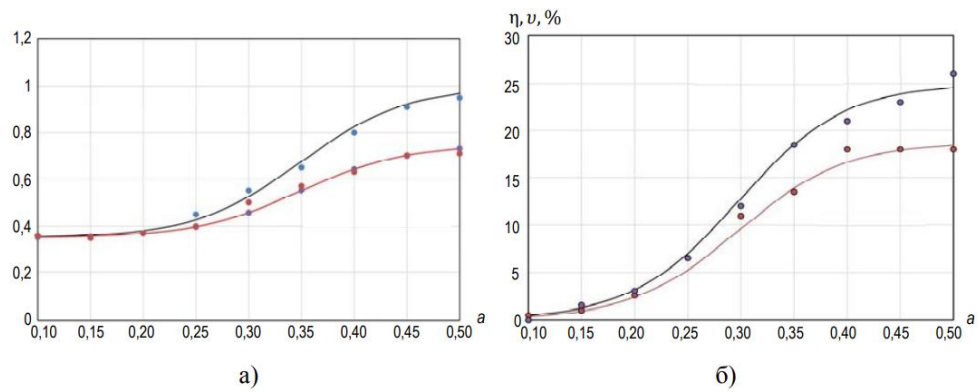
3.10-сурет – Contiki Cooja модельдеу моделі



3.11-сурет – Contiki Cooja негізгі модельдеу моделі (Маршруттау хаттамасын модельдеу (Mathcad))

Әдістің тиімділігі желілік түйіндер шығаратын трафиктің қарқындылығының жоғарылауымен артады. Мысалы, 0,5 арнаны пайдаланған кезде ұсынылған әдіс үшін кідіріс шамамен 25% - ға аз болады, бұл жасалған болжамдарды растайды. Таңдалған технология соқтығысудың алдын алу механизмін қолданады. Алайда, бұл жағдайда (3.8) модельге сәйкес есептік бағалау жоғарыда көрсетілген мәнге жақын болды және 0,5 арнасын пайдалану кезінде 18% құрады.

3.11-суретте ұсынылған әдіс тиімділігінің ең аз қашықтық критерийін қолданатын әдіске қатысты трафиктің қарқындылығына тәуелділігі көрсетілген



3.12-сурет – Тиімділіктің кідіріс жүктемесіне тәуелділігі (А) және кідіріс пен соқтығысу ықтималдығының салыстырмалы тиімділігі (б)

Оң жақ графикте келтірілген мәндер қара сызық және қызыл сызық RPL протоколы үшін трафиктің қарқындылығына байланысты ұсынылған әдісті қолданған кезде тиісінше кідірістің орташа шамасының және соқтығысу ықтималдығының салыстырмалы өзгеруін көрсетеді. Тәуелділік деректері әдістің тиімділігі күтілетін нәтиже болып табылатын трафик қарқындылығының жоғарылауымен жоғарылайтындығын көрсетеді. 0,5-ке жақын қарқындылықтың жоғарылауымен тиімділіктің өсуі баяулайды.

3.5 Интернет заттары желісі үшін Эрдеш-Реньи моделін қолдануды талдау

Әрі қарай талдау үшін біз бірқатар болжам жасаймыз. $V_n = \{1, 2, \dots, n\}$ жиынтығы берілген. Бұл жиынның элементтерін шыңдар деп атаймыз. Бұл жиынтықта біз «кездейсоқ графикті» анықтаймыз. Мұндай шешіммен (болжаммен) графиктің көптеген жиектері кездейсоқ болуы мүмкін екені анық. Графиктің мүмкін жиектері C_n^2 артық емес деп санаймыз, бұл сан графиктің әр шыңы әр басқа шыңға жиекпен қосылған кезде орын алады. Егер Сіз i және j шыңдарының еркін жұптарын $p \in [0, 1]$ ықтималдығымен, барлық басқа шыңдар жұптарына тәуелді емес жиекпен C_{n-1}^2 қоссаңыз, онда бұл модель жиектердің кездейсоқ саны бар графикті білдіреді.

$G = (V_n, E)$ деп айталық. Содан кейін соңғы өрнек Эрдеш-Рени моделіндегі кездейсоқ графикті сипаттайды. Колмогоровтың айтуынша, бұл жағдайда ықтималды кеңістік бар

$$G(n, p) = (\Omega_n F_n, P_{n,p})$$

мұнда,

$$\Omega_n = \{G = V_n E\}, F_n = 2^{\Omega_n} \quad P_{n,p}(G) = p^{|E|} (1-p)^{Cn^2 - |E|}.$$

мұндағы $|A|$ – A жиынының қуаты (осы жиындағы элементтер саны),
 2^A – A жиынының барлық жиынтықтарының жиынтығы.

Сигма-алгебра элементі F_n -графтар жиынтығы. Егер n шыңдарында анықталған графиктің осы қасиетке ие болу ықтималдығын табу қажет болса, онда сипат орындалатын барлық графиктерден тұратын $A \in F_n$ жиынтығын анықтау керек, яғни.

$$P_{n,p}(A) = \sum_{G \in A} P_{n,p}(A)$$

Осылайша, кездейсоқ графиктің байланысу ықтималдығы (кез –келген шыңнан кез-келген басқа шыңға жетуге болады) - барлық байланыстырылған графиктердің ықтималдық қосындысына тең (шыңдардың бекітілген жиынтығында).

Сондай-ақ, мыналарды атап өтеміз:

-егер $p = \frac{1}{2}$ онда, формуладан (4.1) көріп отырғанымыздай, кез-келген графиктің ықтималдығы $2^{-C_n^2}$.

Бұл жағдайда барлық бағандар бірдей және белгілі бір қасиеттің ықтималдығы туралы кез-келген мәлімдеме осы қасиеті бар графиктердің үлесі туралы мәлімдемеге тең.

Жағдай, $p = \frac{1}{2}$, болғанда бұл өте маңызды, бірақ бұл тек ерекше жағдай, N өсуімен (шыңдар саны) p жиегінің болу ықтималдығы өзгеруі мүмкін деп болжауға болады. Мұндай болжам өте қолайлы және қисынды. Мұндай болжамда $p = p(n)$. Бұл функция еркін болуы мүмкін дәлірек айтқанда, мәні нөл мен бірлік арасындағы интервалда болады. Әдетте, кездейсоқ графиктер теориясында оқиғалардың ықтималдығы маңызды емес, ең алдымен олардың шекті мәндері.

Көлік тапсырмасының қосымшасында кездейсоқ графиктің үлгісіне мысал келтіруге болады. Мысалы, кейбір дерексіз елде 10 қала бар. Олар жолдармен жұптасып қосылған делік. Жолдардың әрқайсысы белгілі бір мерзімде жарамсыз болып қалады делік, және бұл оқиғаның ықтималдығы q деп аталады. 0,5-тен жоғары ықтималдығы бар қалалардың еркін жұптары арасындағы қозғалыс мүмкіндігі жоғалмайтын Q -нің максималды ықтималдығы қандай? Мұндай сұрақты Көлік желісінің сенімділігі мәселесі ретінде түсіндіруге болады. Q ықтималдығы неғұрлым жоғары болса, жолдар желісінің сенімділігі соғұрлым жоғары болады.

Осы тапсырмадан желінің сенімділігі туралы мәселені осы кездейсоқ графиктің байланысуы туралы сұрақ ретінде түсіндіруге болатындығы анық. Әр қаланы $i \in V10$ шыңымен салыстырайық. Содан кейін i және j қалалары арасындағы жолды кездейсоқ графиктің жиегімен салыстыруға болады. Жолдың тозуы графиктен жиекті алып тастауға тең. Осылайша, жол Q ықтималдығымен тозады деген тұжырым бағандағы жиектің $p = 1-q$

ықтималдығымен қосылғанына тең. Осы тапсырманың контекстінде осы модельде $G(n, p)$ графиктің қосылу ықтималдығы жартысынан асатын ең аз ықтималдығы қандай екенін анықтау қажет (график байланыстырылғаннан гөрі байланысты).

10 санын басқа санмен алмастырған кезде, тиісті минималды p мәні де өзгеруі мүмкін. Осыған байланысты тұжырымдалған мәселеге қатысты қатаң мәлімдемелерді анықтау қажет.

Жоғарыда сипатталған тапсырма ИВ желісіне қатысты тұжырымдалуы мүмкін екені анық. Желілік түйіндердің әрқайсысын (интернет заты) графиктің шыңы ретінде қарастыра отырып, мұндай $G(V,E)$ желісі үшін кездейсоқ графикті анықтауға болады, онда V -көптеген интернет заттары, ал E -жиіктер жиынтығы. Жоғарыда айтылғандай, E кездейсоқ. Осы модельдегі жұп шыңдар арасындағы жиік тиісті желілік элементтер арасында тікелей байланыс болған кезде болады. Сымсыз желіде мұндай мүмкіндік желі түйіндері бір-бірінің байланыс аймақтарында болған кезде пайда болады. Айта кету керек, бұл жалғыз шарт емес, өйткені нақты желіде Байланыс мүмкіндігі тек осыған ғана емес, сонымен қатар желінің жұмыс істеу алгоритміне де байланысты, яғни осы модельде ескерілуі керек осы байланысқа мүмкіндік беретін немесе мүмкіндік бермейтін белгілі бір функционалдылыққа байланысты.

Осылайша, кездейсоқ график моделін ИВ желісінің қасиеттерін сипаттау үшін қолдануға болады деп болжауға болады.

Графиктің байланысы кез-келген шыңнан графиктің кез-келген шыңына жету мүмкіндігін білдіреді. Кездейсоқ графикте бұл мүмкіндік оның шыңдары арасындағы жиіктердің болу ықтималдығына да байланысты екені анық, сондықтан оны ықтималдықпен, яғни қосылу ықтималдығымен де сипаттау керек. Графиктің қосылу ықтималдығы – бұл графиктің кез-келген ерікті шыңынан осы графиктің кез-келген басқа шыңына апаратын жол болуы ықтималдығы деп санаймыз.

Белгілі Эрдеш-Ренья теоремасы әділетті екенін ескеріңіз.

Теорема 1. Графикалық модельді қарастырамыз, $G(n,p)$.

$p(n) = \frac{c \ln(n)}{n}$ болсын. Егер $c > 1$ онда әрдайым дерлік кездейсоқ график байланыстырылған. Егер $c < 1$ болса, онда кездейсоқ график әрдайым сәйкес келмейді.

1 теоремасы мазмұнды, бірақ күтпеген ақпарат береді. Егер қалалар арасындағы жолдың болуы туралы тапсырмаға оралсақ. Жолдармен жұптасқан қалалардың саны өсуде делік. Содан кейін, әрине, мән тез нөлге ұмтылады. Алайда, теорема оның жиіктерін $q = 1 - p$ ықтималдығымен жойған кезде графиктің байланысын сақтау ықтималдығы бірлікке ұмтылады деп тұжырымдайды.

Екінші теорема қосылыстың табиғаты туралы тереңірек ақпарат береді. Оны Эрдеш пен Рени дәлелдеді.

Кездейсоқ $G(n,p)$ графигінің үлгісі берілсін, $p = c/n$. Егер $c < 1$ болса, онда $\beta = \beta(c)$ мәні бар, ол әрдайым (әрдайым дерлік) графиктің әр қосылған

компонентінің мөлшері $\beta \ln(n)$ -ден аспайды. Егер $c > 1$ болса, онда $\gamma = \gamma(c)$ тұрақты мәні бар, ол әрдайым (әрдайым дерлік) кездейсоқ графикте γ n мөлшерінің бір компоненті болады. Көріп отырғаныңыздай, белгілі бір шекті еңсеру кезінде графиктің қасиеттерінің күрт өзгеруінен тұратын «фазалық» ауысу бар. Жиіктің болу ықтималдығы өзгерген кезде кездейсоқ графиктің қасиеттерінің өзгеруі әдетте «графиктің эволюциясы» деп аталады. Алдымен ($p \ll 1/n$ кезінде) график өзара байланысты емес компоненттерге бөлінеді. Әрі қарай ($p \gg 1/n$ кезінде) алып компонент пайда болады. $p \gg \ln/n$ кезінде байланысқа қол жеткізіледі.

Терең қызығушылық, әрине, фазалық ауысулар интервалдарындағы график қасиеттерінің мінез-құлқы, яғни $p \sim \frac{1}{n}$ және $p \sim \frac{\ln n}{n}$

Теорема 3. $p = \frac{\ln n + c + o(1)}{n}$ онда $p_{n,p}(G) \rightarrow e^{-e^{-c}}, n \rightarrow \infty$.

$p = \frac{\ln n}{n}$ болғанда, ықтималдық e^{-k} ұмтылады.

Бұл жерде біз «әрдайым дерлік байланыстырылған» немесе «әрдайым байланыссыз» деген жағдай туралы айтпаймыз. Қосылудың асимптотикалық ықтималдығы бар және ол нөлден бірлікке дейін қатаң шектерде болады.

3.6 Боллобаш–Риордан моделін интернет заттары желісі үшін қолдануды талдау

Бұл бөлімде БОЛЛОБАШ–Риордан моделін IV желісін модельдеу үшін қолдануға талдау жасалады.

А. - л. Барабаш және Р.Альберт Интернеттің мінез-құлқындағы бірқатар маңызды эмпирикалық заңдылықтарды тапты және олардың негізінде көптеген авторлар кейіннен әр түрлі формализацияланған модель жасалды.

Боллобаш–Риордан Моделі.

Бұл модель [Bollobas V. Random Graphs. 2nd ed. Cambridge Univ. Press, 2001. [Bollobas V., Riordan O. Mathematical results on scale-free random graphs].

Сызықтық хордат диаграммасы деп аталатын нысанды енгізіңіз. Бұл нысан түйін топологиясы мен теориясында пайда болды, бірақ оның комбинаторикасы веб-графиктің құрылысына тікелей байланысты.

Егер абсцисса осіне жазықтықта 2 нүкте бекітілсе: 1,2,3,...,2. Біз бұл нүктелерді жұпқа бөлеміз. Жұптағы элементтер жоғарғы жарты жазықтықта орналасқан доғамен қосылады. Алынған нысанды сызықтық хордалық диаграмма деп атаймыз (linearized chord diagram немесе, қысқаша, ағылшынша LCD). Ондағы доғалар қиылысуы мүмкін, бір-бірінің астында жатуы мүмкін, бірақ ортақ шыңдары болмайды. Әр түрлі LCD санын есептеуге болады, ол тең

$$l_n = \frac{(2n)!}{2^n n!} \quad (3.13)$$

Әрбір LCD үшін біз n шындары мен n жиектері бар график саламыз. Біз солдан оңға қарай абсцисса осі бойымен кез-келген доғаның оң жақ ұшын бірінші рет тапқанша жалғастырамыз. Бұл аяғында Сан болсын. Содан кейін біз $\{1, \dots, i_1\}$ жиынтығын атаймыз. Болашақ графиктің алғашқы шыңы. Тағы да i_1+1 -ден оңға қарай бірінші оң жаққа қарай жылжыңыз. Графиктің екінші шыңы 1 жиынтығы деп атаймыз. Және олай бұдан әрі. Осы диаграммадағы доғалардың оң жақ ұштары барлық шындардың n -ін алады. Қабырғалар доғалармен жасалады. Егер тиісті жиындардың арасында доға болса, шындарды жиекпен байланыстырамыз деп санаймыз. Біз қабырғаларды оңнан солға қарай бағыттаймыз. Сол сияқты ілмектер пайда болады.

LCD кездейсоқ делік, яғни әр диаграмманың жүз ықтималдығы $1/l_n$ -ді құрайды деп санаймыз. Содан кейін кездейсоқ графиктер пайда болады. Мұндай графиктердің ықтималдық сипаттамалары бойынша графиктерден іс жүзінде ажыратылмайтындығын көрсетуге болады.

Боллобаш - Риордан моделінің негізгі нәтижесі келесі теорема бойынша тұжырымдалады Теорема 4. Кез келген $k \geq 2$ және кез келген $\varepsilon > 0$ үшін

$$P\left(\left(1 - \varepsilon\right) \frac{\ln n}{\ln \ln n} \leq \text{daim} G_k^n \leq \left(1 + \varepsilon\right) \frac{\ln n}{\ln \ln n}\right) \rightarrow 1, n \rightarrow \infty$$

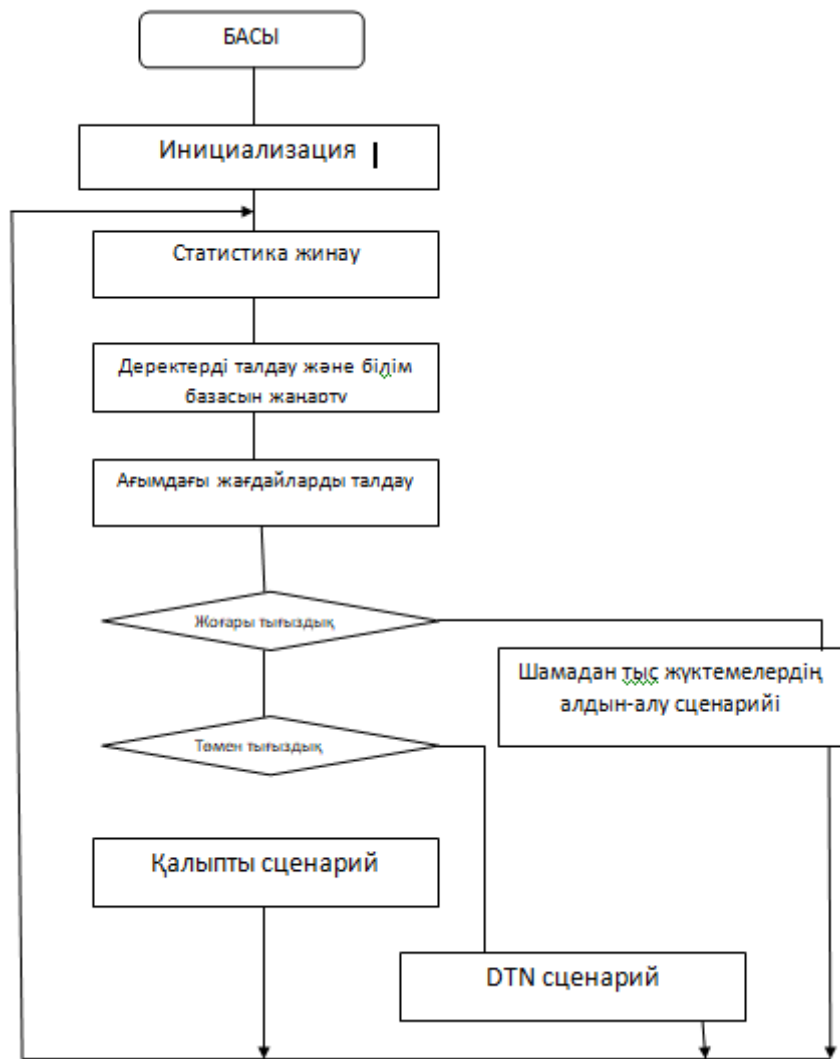
Бұл теорема графиктің диаметрі шамаға жақын ықтималдықпен тығыз шоғырланғанын айтады $\frac{\ln n}{\ln \ln n}$. Бұл теорема модель авторларының [Bollobas B. Riordan O. the diameter of a scale-free random graph] еңбегінде дәлелденді.

3.7 Жеткізуді басқару әдісі

Жоғарыда көрсетілгендей, әр түрлі жағдайларда DTN қызметі әр түрлі ұйымдастыру әдістерін қажет етуі мүмкін, сонымен қатар трафикке қызмет көрсету сапасының әртүрлі көрсеткіштерін алуға мүмкіндік береді. Қалай болғанда да, коммуникацияларға қатысушылардың құрамында тиісті «ақылды» байланыс құралдарының болуы хабарламаларды жеткізу ықтималдығын арттыруға мүмкіндік береді, бұл жүйенің тиімділігін қамтамасыз етудің маңызды факторы болып табылады.

Коммуникация жүйесі кешенді, сыртқы жағдайларды талдауға қабілетті, статистиканы (оқытуды) жинау және талдау функциялары бар болуы тиіс, оның негізінде осы жүйені басқару тәжірибесі қалыптастырылады.

Жалпы жағдайда жүйені басқару алгоритмін төменде келтірілген жеңілдетілген алгоритм түрінде ұсынуға болады.



3.13-сурет – Байланыс жүйесінің жұмыс істеу алгоритмі

Берілген алгоритм байланыс жүйесін басқаруды жүзеге асырудың мысалы болып табылады және желінің жұмыс істеу сценарийлерінің бірін таңдауда қолданылатын деректерді жинау мен тәжірибені толықтырудың шексіз циклі болып табылады. Бұл жағдайда үш сценарий қарастырылған: қалыпты - пайдаланушылардың қалыпты тығыздығымен және трафиктің қарқындылығымен қалыпты жағдайға сәйкес келеді; шамадан тыс жүктемелердің алдын алу сценарийі пайдаланушылардың жоғары тығыздығы немесе қолжетімді байланыс арналарының шамадан тыс жүктелуі (ықтимал шамадан тыс жүктелуі) жағдайында таңдалады; кідірістерге төзімді желінің сценарийі жылжымалы байланыс желілері немесе басқа байланыс құралдары болмаған жағдайда таңдалады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста маршруттаудың, трафикке қызмет көрсетудің тиімді әдістерін қолдану, сондай-ақ хабарламаларды жеткізудің ұтымды құрылымын таңдау және ұйымдастыру арқылы Интернет заттарының желісіндегі трафикке қызмет көрсету сапасын арттыруды қамтамасыз ететін модельдік-әдістемелік аппарат әзірленді.

Осы мақсатқа жету үшін жұмыста келесі міндеттер дәйекті түрде шешілді.

1. Интернет заттарының 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. Заттар интернеті желілерін құру технологияларына талдау жасалды. Даму статистикасын талдау негізінде бұл бағыттың таяу болашақта өзекті болатыны дәлелденді. Сондай-ақ, жұмыста шешілетін міндеттердің өзектілігі расталды.

3. Интернет заттарының трафигінің моделі жасалды.

4. Интернет заттары трафигінің қызмет көрсету сапасы мен байланыс желілеріндегі трафиктің қасиеттеріне әсері зерттелді. Әзірленген модель ИЗ трафигінің қызмет көрсету сапасына және байланыс желілері трафигінің қасиеттеріне әсерін зерттеуге мүмкіндік берді.

5. Заттардың Интернет желісіндегі трафикті бағыттау әдісі жасалды. Соқтығысуды азайту критерийі негізінде әзірленген ИЗ трафигін маршруттау әдісі қашықтық бойынша маршрутты таңдаудың белгілі әдістерімен салыстырғанда маршруттау тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

6. Интернет заттарында шлюздерді орналастыру позициясын таңдау әдісі жасалды. Әзірленген әдіс шлюз бен желінің барлық түйіндері арасындағы маршруттардағы қақтығыстардың минималды ықтималдығын қамтамасыз етеді, сонымен қатар маршруттың ұзындығы критерийі бойынша таңдау әдістерімен салыстырғанда кідіріс шамасына ие болады.

7. Интернет желісін кідірістерге төзімді желі ретінде ұйымдастыру әдісі жасалды. Әзірленген әдіс желілік түйіндердің тығыздығы төмен жағдайда байланыс ықтималдығын арттырады.

Алынған жұмыс нәтижелерін интернет заттарының желілерін, соның ішінде жылжымалы түйіндері бар интернет заттарының желілерін модельдеуде және құруда қолдануға болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Интернет вещей: Будущее уже здесь. Книга, С.Грингард. 2016 г.
2. Интернет вещей. Новая технологическая революция. Мачей Кранц 2019 г.
3. Архитектура интернета вещей. Перри Ли 2019 г.
4. Dao, N. Analysis Of Routes In The Network Based On A Swarm Of UAVS7
N. Dao, A. Koucheryavy, A. Paramonov. Lecture Notes in Electrical Engineering. — 2016.
5. Banzal S. Data and Computer Network Communication. Boston: Firewall Media, 2007.
6. Bounceur, A. A New Dominating Tree Routing Algorithm for Efficient Leader Election in IoT Networks/ A. Bounceur, M. Bezoui, M. Lounis, R. Euler, Ciprian Teodorov// 2018 15th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC).
7. Chornaya, D. Investigation of Machine-To-Machine Traffic Generated by Mobile Terminals / D. Chornaya, A. Paramonov, A. Koucheryavy // 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.
8. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015 - 2020 White Paper.
9. Contiki: The Open Source OS for the Internet of Things. URL: <http://www.contikios.org/start.html> (дата обращения: 18.07.2019)
10. Dao, N. Analysis Of Routes In The Network Based On A Swarm Of UAVS / N. Dao, A. Koucheryavy, A. Paramonov // Lecture Notes in Electrical Engineering. - 2016. — V. 376. — PP. 1261–1271.
11. Dr. Sebastian Wahle, Competence Center NGNI. Open MTC Platform M2M Solutions for Smart Cities and the Internet of Things / Dr. Sebastian Wahle [электронный ресурс] // 6th KUVS NG SDP Workshop. — Berlin, April 4, 2012. http://www.kuvs-ngsd.org/slides/05_OpenMTCPlatform_Wahle.pdf (дата обращения 05.10.2013).
12. G. Wu. M2M: From mobile to embedded internet / G. Wu et al. // Communications Magazine, IEEE. — 2011. — vol. 49, no. 4, — PP. 36–43.
13. Gerasimenko, M. Impact of machine-type communications on energy and de-lay performance of random access channel in LTE-advanced / M. Gerasimenko, V. Petrov, O. Galinina, S. Andreev, Y. Koucheryavy // European Transactions on Telecommunications. — June 2013. — Volume 24, Issue 4, — PP. 366–377.
14. Grishin, I. Development of a node-positioning algorithm for wireless sensor networks in 3D Space / I. Grishin, R. Kirichuk, D. Okuneva, M. Falin // 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). - 2016. — С. 279–282.

15. Han, B. Efficient packet error rate estimation in wireless networks / B. Han, S. Lee. In: Testbeds and Research Infrastructure for the Development of Networks and Communities (TridentCom) (2007).
16. Hoang, L.Tr. Development Of Methods To Maintain The Functionality Of Wireless Sensor Networks Under Intentional Electromagnetic Interference Conditions / L.Tr. Hoang, R.V. Kirichek, A.I. Paramonov, A.E. Koucheryavy // Электросвязь. - 2017. — № 3. — С. 32–38.
17. Hoang, T. Adaptive Routing In Wireless Sensor Networks Under Electromagnetic Interference / T. Hoang, R. Kirichek, A. Paramonov, F. Houndonougbo, A. Koucheryavy // 31st International Conference on Information Networking (ICOIN) 2017. — PP. 76–79.
18. IEEE 802.11-2012 Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between Local and metropolitan area networks. Specific requirements Part 11. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE Std., March 2012.
19. IEEE 802.11s Extended Service Set Mesh Networking. 2009.
20. IEEE 802.15.4 Электронный ресурс. — режим доступа: <https://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4d-2009.pdf>
21. IoT Workshop RPL Tutorial. <https://www.iab.org/wp-content/IABuploads/2011/04/Vasseur.pdf>.
22. ITU-T The Tactile Internet, ITU-T Technology Watch Report, August 2014. John Wiley & Sons, 2008.
23. Kim, K. Dynamic MANET on-demand for 6LoWPAN (DYMO-low) routing / K. Kim, S. Park, I. Chakeres, C. Perkins. In: Internet Draft: draft-montenegro6lowpandymo-low-routing-03 (2007).
24. Kim, K. Hierarchical routing over 6LoWPAN (HiLow) / K. Kim, S. Yoo, J. Park, S.D. Park, J. Lee. In: IETF: Internet Draft: draft-deniel-6lowpan-hilowhierarchicalrouting-00.txt, vol. 38 (2005).
25. Kirichek, R. Implementation Of The Communication Network For The Multi-Agent Robotic Systems / R. Kirichek, A. Paramonov, A. Vladyko, E. Borisov // International Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems. - 2016. — V. 7. — № 1. — PP. 48–63.
26. Koucheryavy, A. The mixed telemetry/image USN in the overload conditions / A. Koucheryavy, A. Muthanna, A. Prokopiev // Proceedings Conference on Advanced Communication Technology (ICACT 2014). -Phoenix Park, Korea. — 2014.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ
дипломдық жұмысқа

Закиев Алихан Сержанович

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «IoT архитектурасын таңдау технологиясы және трафик модельдерін енгізу»

«Цифрлық радиохабар желілерін жетілдіру жолдарын талдау» тақырыбындағы дипломдық жоба радиохабар тарату және цифрлық технологиялар саласының дамуына елеулі үлес қосады.

Студент қолданыстағы цифрлық хабар тарату желілеріне кең талдау жүргізді, олардың негізгі проблемалары мен жақсартудың ықтимал бағыттарын анықтады. Жұмыста жаңа технологияларды енгізудің экономикалық және әлеуметтік салдарына байланысты техникалық аспектілер де, мәселелер де қамтылған.

Студенттің цифрлық хабар тарату желілерін жетілдірудің мүмкін жолдарын талдауы ерекше назар аударуға тұрарлық. Ол ұсынған ұсыныстар мен стратегиялардың практикалық маңызы бар және жаңа технологиялық шешімдерді әзірлеу мен енгізуге негіз бола алады.

Студенттің жұмысы радиотехника және цифрлық технологиялар саласындағы терең білімімен, сондай-ақ күрделі мәселелерді шешу үшін аналитикалық әдістерді қолдану қабілетімен ерекшеленеді. Бұл жоба жоғары бағалауға лайық және ғылыми қоғамдастық үшін де, радиохабар тарату саласындағы практикалық мамандар үшін де пайдалы болатынына сенімдімін.

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



Ғылыми жетекші
ЭТЖТ каф. қауымдастырылған,
профессоры, ф-м.ғ.к.
М.Ж. Жунусов К.Х.
«29» 05 2024 ж.

Дипломдық жұмысқа
РЕЦЕНЗИЯ

Закиев Алихан Сержанович

6B06201 Телекоммуникация

Тақырыбына: «IoT архитектурасын таңдау технологиясы және трафик модельдерін енгізу»

Орындалды:

а) графикалық бөлім 19 парак;

б) түсініктеме 61 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

«IoT архитектурасын таңдау технологиясы және трафик модельдерін енгізу» тақырыбындағы дипломдық жоба Заттар интернеті (IoT) және оның архитектуралық ерекшеліктері саласындағы маңызды зерттеу болып табылады. Студент IoT жүйелері үшін архитектураны таңдауға және деректерді тиімді тасымалдау үшін трафик модельдерін жасауға инновациялық тәсілді ұсынады.

Бұл жұмыстың басты артықшылықтарының бірі оның IoT технологияларының қарқынды дамуы және жүйелердің тиімді жұмысын қамтамасыз ету үшін инфрақұрылымды оңтайландыру қажеттілігі контекстіндегі өзектілігі болып табылады.

Маңыздысы, жұмыс IoT жүйелерінде қолданылатын әртүрлі архитектуралық шешімдер мен трафик модельдерін кең зерттеу болып табылады. Бұл әртүрлі тәсілдердің артықшылықтары мен кемшіліктерін талдауды, олардың әртүрлі пайдалану сценарийлерінде қолданылуын және жүйелердің тиімділігі мен сенімділігін бағалау әдістерін қамтиды.

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

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

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

Рецензент:

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

А.К. Моллажанов

«29» 03 2024 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Закиев Алихан Сержанович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: IoT архитектурасын таңдау технологиясы және трафик модельдерін енгізу

Научный руководитель: Сұңғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 3.9

Коэффициент Подобия 2: 2.1

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 7

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

2024-05-29

Дата



Сұңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Закиев Алихан Сержанович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: IoT архитектурасын таңдау технологиясы және трафик модельдерін енгізу

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 3.9

Коэффициент Подобия 2: 2.1

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 7

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

2024-05-29

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: Закиев Алихан Сержанович

Тақырыбы: IoT архитектурасын таңдау технологиясы және трафик модельдерін енгізу

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.9

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.1

Дәйексөз (35): 0.3

Әріптерді ауыстыру: 7

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

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:

2024-05-29

Күні

Кафедра меңгерушісі

