

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар
кафедрасы

Тыныштық Іңкәр Әбішқызы

«Сымсыз сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету
параметрлерін модельдеу және талдау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.канд.
Е.Таштай

« 02 » 02 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Сымсыз сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету
параметрлерін модельдеу және талдау»

6B06201 – «Телекоммуникация»

Орындаған:

Тыныштық І.Ә

Пікір беруші:
ҚазҰАЗУ PhD,
қауымдастырылған профессор

« 20 » 05 2024 ж.
«ИНЖЕНЕРЛІК-ТЕХНИКА»
ФАКУЛЬТЕТІ

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

« 27 » 05 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация



БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

« 02 » 2023 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға ТАПСЫРМА

Білім алушы Тыныштық Іңкәр Әбішқызы

Тақырыбы «Сымсыз сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін модельдеу және талдау»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1) Сымсыз сенсорлық желіні құру әдістері және параметрлері;
- 2) «Өзін-өзі ұйымдастыратын сымсыз байланыс желілері үшін биосимильяры алгоритмдердің ерекшеліктері мен жұмыс принциптері;
- 3) Сымсыз сенсорлық желіде трафиктердің уақытша қызмет көрсету параметрлерін зерттеу;
- 4) Жалпыға ортақ байланыс желілері үшін күрделі трафик модельдерін әзірлеу және талдау.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) Қызмет көрсету аймағында тораптарды бөлу тәсілдерін қарастыру;
- 2) Біркелкі және қалыпты таралу заңдары үшін маршруттағы транзит саны (бірдей дисперсиямен) 34 абонент үшін есептеу;
- 3) Түйіндік байланыс радиусы R және түйіндердің біркелкі таралуы бар сымсыз сенсорлық желілердің модельдерін жасау;
- 4) Сооја симуляторы негізіндегі Contiki 3.0. сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін имитациялық модельдеу.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1)Парамонов А.И. Разработка и исследование сложных моделей трафика для сетей связи общего пользования. Автореферат дисс. Доктора техн. Наук, 2014

2) Бузиюков Л.В., Окунева Д.В., Парамонов А.И. Анализ связности самоорганизующейся беспроводной сети при различном распределения узлов по территории // Электросвязь, 2016. №9.




3) Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Қызмет көрсету аймағында тораптарды бөлу тәсілдерін қарастыру;	04.01.2024 - 01.02.2024	<i>Орандаидог</i>
Біркелкі және қалыпты таралу заңдары үшін маршруттағы транзит саны (бірдей дисперсиямен) 34 абонент үшін есептеу; Түйіндік байланыс радиусы R және түйіндердің біркелкі таралуы бар сымсыз сенсорлық желілердің модельдерін жасау;	01.02.2024 – 01.03.2024	<i>Орандаидог</i>
Сооја симуляторы негізіндегі Contiki 3.0. сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін имитациялық модельдеу.	01.03.2024- 30.05.2024	<i>Орандаидог</i>

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

Қолтаңбалары

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

Ғылыми жетекшісі



Тайсариева К.Н.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Тыныштық І.Ә.

Күні

«9» желтоқсан 2023 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста сымсыз сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін модельдеу және талдау қарастырылған. Өзін-өзі ұйымдастыратын сымсыз байланыс желілері үшін биосимилярлы алгоритмдердің ерекшеліктері мен жұмыс принциптері қарастырылған. Жұмыста біркелкі және қалыпты таралу заңдары үшін маршруттағы транзит саны (бірдей дисперсиямен) 34 абонент үшін есептеліп, түйіндік байланыс радиусы R және түйіндердің біркелкі таралуы бар сымсыз сенсорлық желілердің модельдерін жасалды. Сооја симуляторы негізіндегі Contiki 3.0. сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін имитациялық модельденді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассмотрена моделирования и анализу временных параметров обслуживания трафика беспроводной сенсорной сети. А также, рассмотрены особенности и принципы работы биоподобных алгоритмов самоорганизующихся сетей беспроводной связи. В работе для равномерных и нормальных законов распределения рассчитано количество транзитов на маршруте (с одинаковой дисперсией) для 34 абонентов, созданы модели беспроводных сенсорных сетей с радиусом связи узлов R и равномерным распределением узлов. На программе Contiki 3.0 на основе симулятора Сооја создана имитационная модель временных параметров обслуживания трафика сенсорной сети.

ANNOTATION

This thesis examines the modeling and analysis of time parameters for servicing wireless sensor network traffic. And also, the features and principles of operation of bio-similar algorithms for self-organizing wireless communication networks are considered. In this work, for uniform and normal distribution laws, the number of transits on a route (with the same dispersion) for 34 subscribers was calculated, models of wireless sensor networks were created with a communication radius of nodes R and a uniform distribution of nodes. Using the Contiki 3.0 program based on the Cooja simulator, a simulation model of the time parameters for servicing sensor network traffic was created.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Сымсыз сенсор желілерінің құру әдістері және параметрлері	10
1.1 ССЖ құрудың негізгі принциптері	10
1.2 ССЖ құрылымын таңдау әдістері мен алгоритмдері	12
1.3 ССЖ қызмет көрсету сапасына қойылатын талаптар	15
2 Модельдерді әзірлеу және байланыстықты зерттеу сымсыз сенсор желісі	19
2.1 ССЖ қосылымын бағалау үшін желі үлгісін таңдау	19
2.2 Желіге қосылу ықтималдығын анықтау	22
2.3 Модельді әзірлеу және желіге қосылу ықтималдығын зерттеу түйіндердің біркелкі таралуы	23
2.4 Үлгіні жасау және біркелкі емес таралу жағдайында ССЖ қосылысының ықтималдығын зерттеу	25
3 Сымсыз сенсорлық желі трафигіне қызмет көрсетудің уақыт параметрлерін әзірлеу және зерттеу	29
3.1 Қызмет көрсету сапасының параметрлеріне трафиктің әсері	29
3.2 Жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде ССЖ моделі	29
3.3 Нүкте-нүкте топологиясы үшін үлгі әзірлеу және маршрут ұзындығын зерттеу	31
3.4 "Көп нүкте-нүкте" топологиясы үшін үлгі әзірлеу және маршрут ұзындығын зерттеу	35
3.5 Үлгіні әзірлеу және деректерді жеткізудің кешігуін зерттеу	41
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	
Қысқартулар тізімі	

КІРІСПЕ

Қоғам дамуының қазіргі кезеңі «тенденциялардың» пайда болуымен сипатталады. Тренд ұғымы өмірдің барлық салаларында: саясатта, экономикада, сәнде, тамақтануда және, әрине, коммуникациялық желілерде қолданылады.

Коммуникациялық желілердің тенденциясы – заттар интернетінің концепциясы (бұл жағдайда «тренд» термині «ағымдағы бағыт, даму» дегенді білдіреді).

Интернет заттарының негізгі міндеті ақпараттық (виртуалды) және физикалық (нақты) әлемдердің объектілерін қамтитын және объектілердің бір-бірімен өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін біртұтас желіні құру болып табылады.

Заттар интернеті дамуының бірінші кезеңінің технологиялық негізі қазіргі әлемде өмірдің барлық дерлік салаларында кеңінен қолданылатын кентаралған (сымсыз) сенсорлық желілер болып табылады, бұл олардың төмен құнымен, орналастыру жылдамдығымен және тиімділігімен түсіндіріледі.

Интернет-заттар концепциясын жүзеге асыру телекоммуникациялық технологиялардың адам қызметінің барлық салаларына енуінен көрінеді [1]. Қазіргі уақытта бұл сымсыз сенсорлық желілердің қолданылу аясының кеңеюінен көрінеді. Сымсыз құрылғылардың саны 2020 жылға қарай жеті триллионға жетеді [2].

Сымсыз сенсорлық желілер (ССЖ) – кеңістікте таралған көптеген сымсыз сенсорлық түйіндерден тұратын және қоршаған ортаның сипаттамаларын бақылауға немесе онда орналасқан объектілерді басқаруға арналған өздігінен ұйымдастырылатын желілер [3].

Әртүрлі өлшемдегі желілерді іске асыруға және олардың конфигурациясын басқаруға мүмкіндік беретін физикалық, деректер байланысы және желілік деңгейлерде қолданылатын әртүрлі технологиялар бар [4, 5].

Мұндай желілердің құрылымы көбінесе олардың мақсатына және қоршаған инфрақұрылымға байланысты. Желілік элементтердің техникалық іске асырылуы, әдетте, желі түйіні қандайда бір сенсор немесе атқарушы құрылғымен біріктірілген және ақпаратты алу немесе басқару командаларын орындау үшін қажет жерде орнатылуы керек. Осылайша, желі құрылымы мониторинг немесе басқару объектісінің құрылымына байланысты болады [6].

ССЖ қолданудың кең ауқымдылығы олардың қасиеттерін талдау және негізгі параметрлерді бағалау әдістерін анықтау қажеттілігіне әкеледі [7, 8, 9].

Қазіргі уақытта ССЖ – ді кеңінен және ауқымды қолдану желінің қолжетімділігін (бұл жағдайда қолжетімділік желінің қызмет көрсету мүмкіндігін білдіреді) және ССЖ – де қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету міндеттеріне маңыздысы ретінде қояды.

Көрсетілген мәселелердің кешенді шешімі күрделі ғылыми мәселені білдіреді және ССЖ-нің белгілі бір қызметті көрсету мүмкіндігін талдаумен және осы желінің ықтимал уақыт сипаттамаларын талдаумен байланысты

зерттеулер жүргізу қажеттілігін анықтайды. желінің мақсаты мен құрылымына байланысты қажетті қызмет көрсету сапасы.

Дипломдық жұмыстың мақсаты топологияны зерттеу және желідегі түйіндердің біркелкі таралуымен жұмыс істеу параметрлерін бағалау үшін сымсыз сенсорлық желілердің модельдік ауқымын кеңейту болып табылады.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешілді:

- 1) ССЖ зерттеу саласындағы заманауи желілік модельдер талданды.
- 2) ССЖ қосылу мүмкіндігі түйіндердің қалыпты және мультимодальды таралулары үшін зерттеледі және қарастырылатын таратулар үшін желілік қосылуға әсер ететін көрсеткіштер белгіленді.
- 3) Қалыпты және мультимодальды түйіндерді тарату үшін маршрут ұзындығы, транзиттік түйіндердің саны және деректерді жеткізудің кешігулері сияқты ССЖ жұмыс параметрлері зерттелді.
- 4) Түйіндердің әртүрлі таралуы үшін ССЖ уақытына әсер ететін факторлар анықталған.
- 5) Жұмыс параметрлерінің мәндері өзгерген кезде жазықтықтағы түйіндердің мультимодальды таралуы бар ССЖ үшін қосылыс пен маршрут ұзындығының тәуелділіктері зерттелді.

1 Сымсыз сенсор желілерінің құру әдістері және параметрлері

1.1 ССЖ құрудың негізгі принциптері

Сымсыз кең таралған сенсорлық желілер (ССЖ) кеңістікте таралған көптеген сымсыз сенсорлық түйіндерден тұратын және қоршаған ортаның сипаттамаларын бақылауға және онда орналасқан объектілерді басқаруға арналған өздігінен ұйымдастырылатын желілер [10].

Сенсорлық желімен қамтылған кеңістік сенсорлық өріс деп аталады.

Сымсыз сенсорлық түйіндер ресурстары шектеулі миниатюралық құрылғылар болып табылады: батарея қуаты, жад сыйымдылығы, есептеу мүмкіндіктері және т.б. [11].

Желінің мақсатына байланысты желі түйіндерінің параметрлері әртүрлі болуы мүмкін. Желінің белгілі бір түрін жобалау кезінде қажет

Түйіндердің мүмкіндіктерін қарастырыңыз:

энергия тиімділігі, есептеу мүмкіндіктері, автономды жұмыс істеу мүмкіндігі және т.б. [12].

Өздігінен ұйымдастырылатын сымсыз желі, атап айтқанда, ССЖ белгілі бір түйіндер жиынтығы арқылы құрылуы мүмкін, олардың әрқайсысы осы жиынтықтан кем дегенде бір түйіннің қол жетімді жерінде және түйіндердің әрқайсысында деректерді жіберу мүмкіндігі бар шлюз немесе кез келген басқа желі түйіні болуы мүмкін тағайындалған түйін [13].

Желілер құрастырылған түйіндердің түріне байланысты біртекті немесе гетерогенді болуы мүмкін.

Жалпы алғанда, гетерогенді желіде желі түйіндерінің барлығы немесе бір бөлігі жылжымалы болуы мүмкін, әртүрлі жылдамдық сипаттамаларына және физикалық және деректер байланысының деңгейлерінің байланыс стандарттарына ие болады [14].

Сымсыз сенсорлық желілердегі түйіндер арасындағы байланысты ұйымдастыру үшін IEEE 802.15.4 стандарты әзірленді. Бұл стандарт технологияны қамтиды.

ZigBee, ол автоматты хабарлама релесі, батареяны және мобильді түйіндерді қолдайтын өздігінен реттелетін және өзін-өзі емдейтін сымсыз желілерді құруға мүмкіндік береді.

ZigBee желілері салыстырмалы түрде төмен деректерді беру жылдамдығында пакетті жеткізуді және берілетін ақпаратты қорғауды қамтамасыз етеді.

ZigBee стандарты 868 МГц, 915 МГц және 2,4 ГГц жолақтарындағы жиілік арналарын қамтамасыз етеді. Деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы мен ең жоғары шуға төзімділік 2,4 ГГц диапазонында қол жеткізіледі. Әуедегі қызметтік ақпаратпен бірге деректерді беру жылдамдығы 250 кбит/с құрайды. Бұл жағдайда желі жүктемесіне және реле санына байланысты пайдалы деректер үшін түйіннің орташа өткізу қабілеті 5 ... 40 кбит/с аралығында болуы мүмкін.

Желілік түйіндер арасындағы қашықтық үй-жайда жұмыс істегенде ондаған метрді және ашық кеңістікте жүздеген метрді құрайды. Релелердің арқасында желінің қамту аймағы айтарлықтай ұлғаюы мүмкін.

ZigBee желісі торлы топологияға негізделген. Мұндай желіде әрбір құрылғы кез келген басқа құрылғымен тікелей немесе аралық желі түйіндері арқылы байланыса алады. Тор топологиясы түйіндер арасында балама маршрут таңдауын ұсынады. Хабарламалар соңғы алушыға жеткенше түйіннен түйінге өтеді. Хабарламалар үшін әртүрлі жолдар мүмкін, бұл бір немесе басқа сілтемелер істен шыққан жағдайда желінің қолжетімділігін арттырады [10].

Стандарттан ерекшелік IEEE 802.15.1 стандартымен сипатталған Bluetooth технологиясын қарастыруға болады.

Классикалық мағынада Bluetooth сымсыз желісі - орталықтандырылмаған басқаруы бар мобильді түйіндердің айнымалы саны бар, шектеулі кеңістікте (түйіндердің саны 80-ге дейін) орналастырылуы мүмкін сымсыз тең дәрежелі динамикалық желі. Bluetooth радиобайланысы лицензиясыз ISM диапазонында (2,4...2,4835 ГГц) 1 Мбит/с жылдамдықпен (1.2 нұсқасы) жүзеге асырылады; 3 Мбит/с (2.0 нұсқасы); 24 Мбит/с (3.0 нұсқасы).

Bluetooth жаппай мобильді желінің өздігінен құрылуымен сипатталады пайдаланушы, кез келген адам иеленетін кезде Егер рұқсатсыз кіруге қарсы қауіпсіздік саясаты шешілмесе, радио интерфейсі оған оңай қосыла алады. Бұл сымсыз сенсорлық желі үшін Bluetooth технологиясын пайдаланған кезде басты мәселеге айналады.

Егер ZigBee туралы айтатын болсақ, онда бұл технологияның ережелері бар AES криптографиялық қорғау түріндегі бағдарламалық және аппараттық құралдар. Ұнайды Bluetooth, ZigBee желісі - бұл көптеген километрлерге созылатын және көптеген түйіндерден тұратын бөлінген, өздігінен ұйымдастырылатын сымсыз құрылым. Сенсорларды қосу мүмкіндігінен басқа, оның архитектурасы орталық басқару блогының болуын қамтамасыз етеді (басқару және аппаратты өңдеу функцияларын орындайтын стационарлық ДК немесе ноутбукты қосу мүмкіндігі бар кіру нүктесі түрінде).

Қазіргі уақытта тікелей сымсыз сенсорлық желілер үшін әзірленген ZigBee технологиясы, шын мәнінде, кез келген бақылау және басқару мәселелерін, соның ішінде сенсорлардың жауап беру уақытына маңызды мәселелерді шешу үшін қолданылатын жалғыз технология [15].

Wi-Fi технологиясы сымсыз өздігінен ұйымдастырылатын инфрақұрылымдық типті желілерді құруға мүмкіндік береді, яғни мобильді абоненттерді қосу үшін сымсыз кіру нүктесі бар көп нүктелі топологияны жасауға мүмкіндік береді. Алайда, мұндай топология, егер оны өздігінен ұйымдастырылатын желінің нұсқасы ретінде қарастырсақ, кемшіліктердің бірі болып табылады - базалық станцияның істен шығуы (нүкте қол жеткізу) жалпы мобильді радио желісінің төмендеуіне әкеледі. Wi-Fi желілері 802.11 стандартының бірнеше модификациясын пайдаланады. 802.11a стандарты деректерді 5 ГГц жиілікте 54 Мбит/с дейінгі жылдамдықпен жіберуді қарастырады [16].

Технологияның басты артықшылығы - сымсыз желіге арналған ұялы байланыс абонентінің құрылысы мен баптау принциптерінің қарапайымдылығы, бірақ сонымен бірге Wi-Fi мобильділік пен энергияны тұтыну тұрғысынан ZigBee-ге айтарлықтай «жоғалтады».

ССЖ түйіндері арасындағы байланысты ұйымдастыру технологияларының салыстырмалы талдауы 1.1-кестеде келтірілген.

Кесте 1.1 – Байланыс стандарттарының салыстырмалы кестесі

ОПЦИЯЛАР	СТАНДАРТТАР		
	Bluetooth	ZigBee	Wi-Fi
Жиіліктер	2,4 ГГц	0,868/0,915/2,4 ГГц	2, 4, 5 – 6 ГГц
Арналар саны	79	1/10/16	14
Тасымалдау жылдамдығы	3 Мбит/с	20 – 250 кбит/с	11 Мбит/с – 10 Гбит/с
OSI қабаты	Физикалық арналық	Физикалық - арналық (желілік қосымша)	Физикалық арналық
Қоршаған ортаға қол жеткізу	FHSS	DSSS	DSSS, CCK, OFDM
MIMO технологиясын	Бар	Бар	Бар
Құрылғы диапазоны	10 м	10 – 100 м	100 м
Арнаның өткізу қабілеті	1 МГц	0,3/0,6 МГц; 2 МГц	22 МГц
Модуляция	GFSK	BPSK, O-QPSK	BPSK, QPSK, COFDM, CCK, MQAM, QAM
Желідегі құрылғылар саны	8	65 000	2007
Қуат деңгейі	0 - 30 дБм	От 0 дБм (1 мВт)	20 дБм
Қуатты тұтыну	40 мАТХ, күту режимі 0,2мА	30 мАТХ, күту режимі 3 мА	400 мА, күту режимі 20 мА
Жиіліктер	2,4 ГГц	0,868/0,915/2,4 ГГц	2, 4, 5 – 6 ГГц

1.2 ССЖ құрылымын таңдау әдістері мен алгоритмдері

Бүгінгі күні ССЖ-де кластердің бас түйінін таңдаудың көптеген алгоритмдері әзірленді. Айта кету керек, кез-келген сенсорлық желі үшін бас түйінді таңдаудың оңтайлы алгоритмі сенсорлық желілерді қолданудың өте көп санына, сондай-ақ осы желілердің n-де осы желілердің түйіндерінің орналасуының әртүрлілігіне байланысты.

Дегенмен, бас түйінді таңдау алгоритмдерін талдау оларды жіктеуге мүмкіндік береді.

Ең алдымен, ССЖ-де бас түйіндерді таңдау алгоритмдері орталықтандырылған және орталықтандырылмаған болып бөлінеді. Негізгі түйінді таңдаудың орталықтандырылған алгоритмдері энергияны тұтынуға қатаң шектеулермен байланысты емес желінің кейбір басқару элементінен тыс есептеу мүмкіндіктерінің болуын білдіреді. Орталықтандырылмаған бас түйінін таңдау алгоритмдері бас түйінді тағайындау процедурасы орталықтандырылған араласусыз сенсор өрісінің өзінде орын алады деп болжайды. Сонымен қатар, процедураның күрделілігіне өте қатаң талаптар қойылады, ол барған сайын еніп келе жатқан сенсорлық желінің шектеулі энергия ресурстарының азды-көпті елеулі шығындарын пайдаланбауы керек. Бас түйінді таңдаудың орталықтандырылған алгоритмінің мысалы.

Вороной диаграммалары арқылы CHS бас түйінін таңдау алгоритмі болып табылады. [17, 18, 19].

Ең танымал салыстырғанда оның артықшылығы орталықсыздандырылған бас түйінін таңдау алгоритмі - LEACH (C#.NET жүйесінде модельдеу нәтижелеріне негізделген), энергия тиімділігін арттыру және желінің ұзақ өмірлік циклін қамтамасыз ететін жақсы ССЖ қамтуды қамтамасыз ету болып табылады [20].

Осыған ұқсас зерттеулерді Н.А. Әл-Кадами жүргізген. [21]

Жылы, маршруттау алгоритмдері және жазықтықта стационарлық түйіндері бар сымсыз сенсорлық желілер үшін өзін-өзі ұйымдастыру. ССЖ жұмыс істеу параметрлері ретінде сенсорлық желінің тұрақты жұмысының ұзақтығы, қалдық энергия, бірінші және соңғы сенсорлық түйіндердің өлуіне дейінгі уақыт кезеңдерінің ұзақтығы қарастырылды. Алгоритмдер біртекті және гетерогенді желі үшін салыстырылды.

Жоғарыда айтылғандардан көрініп тұрғандай, зерттелген ССЖ модельдері жазықтықта түйіндерді біркелкі бөлу үшін ССЖ максималды өмірлік циклін және оның түйіндерінің энергия тиімділігін қамтамасыз ету тұрғысынан қарастырылады.

LEACH тұтастай алғанда желінің энергия тиімділігі тұрғысынан өте тиімді алгоритм болып табылады, бірақ сонымен бірге LEACH кластердің бас түйіні ретінде «жақсы» сенсорлық түйінді таңдауға кепілдік бермейді. LEACH алгоритмі сенсор түйінінің ағымдағы энергетикалық күйі туралы ешқандай болжам жасамайтындықтан, бас ретінде қанағаттанарлықсыз энергетикалық сипаттамалары бар ұзақ таңдалмаған кластер мүшесін таңдауға болады [21].

PEGASIS (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems) алгоритмі сенсорлардан ақпаратты жинауға арналған қуатты үнемдейтін жүйе және сымсыз сенсорлық желілерді кластерлік ұйымдастырумен тікелей байланысты емес.

PEGASIS алгоритмі сенсорлық түйіндерді тізбекті тізбекке ұйымдастыруға және тізбектегі бірінші түйінді кластерленген ССЖ сияқты мезгіл-мезгіл жаңартуға арналған LEACH негізіндегі алгоритмді қамтамасыз етеді. PEGASIS алгоритмінде тізбек сенсорлық түйіндер тек ең жақындарымен өзара әрекеттесетін және сенсорлық желі жұмысының әрбір интервалында

түйіндердің біреуі ғана базалық станцияға ақпаратты жіберетіндей етіп құрылады. Тізбекті құру ақпарат берілетін қашықтықты азайтуға мүмкіндік береді, ал тізбектегі бірінші сенсордың айналуы жұмыс ұзақтығын арттырады.

Жеке сенсорлық түйіндер. Бұл тәсіл сымсыз сенсорлық желілерге жалпы қуат тұтынуды азайтуға және жалпы ССЖ жұмысының ұзақтығын арттыруға мүмкіндік береді.

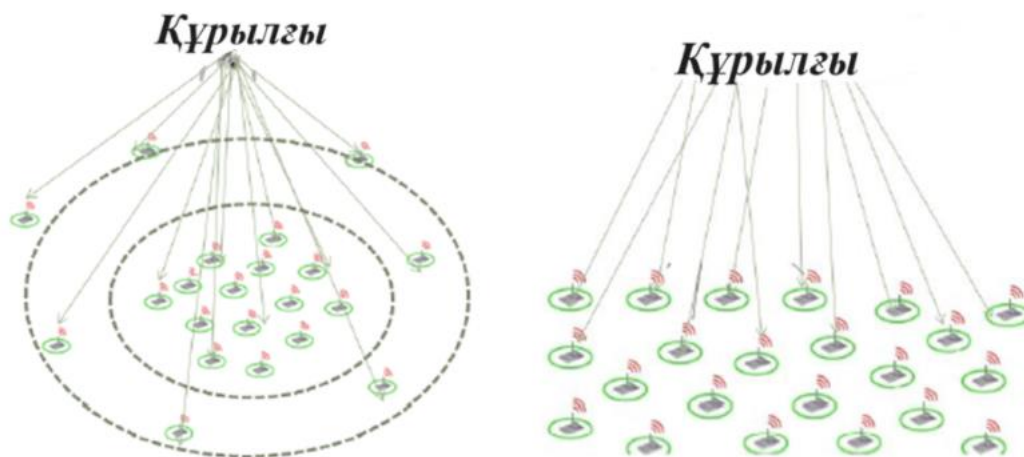
PEGASIS алгоритмі сенсорлық желі түйіндері мен топологияларының 1, 25, 50 және 100% өлімі бойынша LEACH алгоритмінен 100–200% жақсы. Дегенмен, PEGASIS алгоритмінің тізбектері ақпаратты беруде қосымша кідірістерді тудырады. Сонымен қатар, PEGASIS алгоритміндегі динамикалық топологияның өзгеруі деректерді беру жолын есептеу үшін әрбір сенсорлық түйіннен ең жақын көрші түйіндердің энергетикалық мүмкіндіктерін білуін талап етеді. Соңғысы пакет тақырыбын айтарлықтай қиындатады және оған қоса, сенсорлық желі ауыр жүктеме жағдайында жұмыс істегенде проблемаларға әкеледі [22].

TEEN (Thershold-sensitive Energy Efficient Protocols) алгоритмінің жұмысы келесідей құрылымдалған: жаңа кластер қалыптасқан кезде бас түйін желі түйіндеріне «қатты» және «жұмсақ» деп аталатын шекті атрибуттардың мәндерін жібереді. Түйін атрибуты «қатты» шектің абсолютті мәніне жеткенде, түйін деректерді жібереді, ал «қатты» шектің мәні түйіннің жадында сақталады. «Жұмсақ» шек, егер бұл мән белгілі бір мөлшерге өзгерсе, ақпаратты түйіннен кластердің басы түйініне жіберуге мүмкіндік береді.

Әр жолы жаңа айналыммен, яғни кластердің өзгеруімен «қатты» және «жұмсақ» шектердің атрибуттары жаңадан беріледі және желілердің мақсаттық функциясына байланысты бұл атрибуттарды басқаруға және өзгертуге болады [23].

Бас түйінді таңдау алгоритмдері мен маршруттау алгоритмдері әлі де әртүрлі ұғымдар екенін атап өткім келеді. Негізгі түйінді таңдау алгоритмі операцияның сипаттамаларына сүйене отырып, ССЖ кластерінің жұмыс раундындағы бас түйінді анықтайды, яғни ол шын мәнінде қызмет көрсету үшін қол жетімді желіні құрастырады, ал деректерді беру (қызмет) тікелей ұйымдастырумен жүзеге асырылады. Маршруттау алгоритмі, ол өз кезегінде түріне байланысты жіберілетін трафик және осы трафикке қызмет көрсету талаптары. Сонымен қатар, қарастырылатын модельдер біркелкі деп саналады жазықтықта түйіндердің таралуы.

Тәжірибеде түйіндердің жазықтықта таралуы біркелкі болмауы мүмкін [24]. 1.1-суретте датчик түйіндерін жазықтықта таратудың әртүрлі нұсқалары көрсетілген.



1.1-сурет – Сенсорлық түйіндерді жазықтықта тарату опциялары

Түйіндердің жазықтықта біркелкі таралуымен бас түйінді таңдау және кластерлеу алгоритмі мәселесі өте қайшылықты. Бұл біркелкі емес таралудан және тиісінше түйіндер арасындағы әртүрлі қашықтықтардан туындайды. Дисперсиялық аймақтың ортасында түйіндердің тығыздығы үлкенірек, түйіндер арасындағы қашықтық кішірек, кластерді қалыптастыру аз уақытты қажет етеді және түйіндер арасындағы қашықтыққа байланысты хабарламаларды жеткізу уақытын болжауға оңай. айтарлықтай аз болады. Бұл жағдайда бас түйінді таңдау алгоритмі берілетін трафикке қызмет көрсету талаптарына байланысты болады. Бірақ дисперсия радиусы ұлғайған сайын түйіндер арасындағы қашықтық артады және біркелкі емес; сәйкесінше, кластердің болуы, сондай-ақ оның қалыптасуы проблемалы болып көрінеді [25].

1.3 ССЖ қызмет көрсету сапасына қойылатын талаптар

Трафикке қызмет көрсетудің ықтималдық-уақыттық параметрлері байланыс желісінің жұмыс істеу сапасының негізгі көрсеткіштері болып табылады. Жалпыға ортақ желілер үшін олар стандартталған [26], ал стандартты мәндер ұсынылатын байланыс қызметтерінің негізгі талаптарымен анықталады [27].

Өзін-өзі ұйымдастыратын желілер үшін бұл көрсеткіштер де шешуші мәнге ие, өйткені олар осы желілердің әртүрлі қызмет түрлерінің трафигіне қызмет көрсетудің әлеуетті мүмкіндіктерін сипаттайды. Қызмет көрсету сапасына қойылатын талаптарды анықтайтын желілердің осы класы мен жалпыға ортақ байланыс желілерінің арасындағы елеулі айырмашылық олардың қолдану аясымен анықталатын мақсатты мақсаты болып табылады [28].

Желідегі деректерді жеткізу уақыты да негізгі сапа көрсеткіштерінің бірі болып табылады және желі түйіндері арасындағы байланыс арналарын іске асыру технологиясына да, деректерді жеткізу жолындағы транзиттердің (хоп) санына да байланысты [6]. Транзиттердің саны өз кезегінде желі топологиясымен де анықталады.

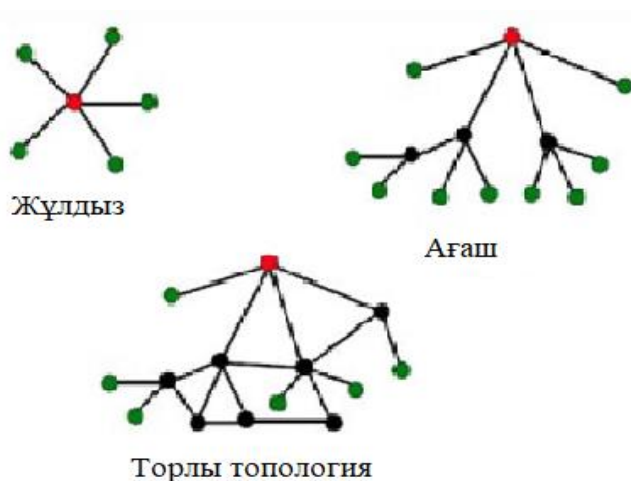
Олардағы трафик қызметінің сапасына қойылатын талаптар желімен шешілетін мәселеге байланысты әр түрлі болуы мүмкін. Мысалы, жоғалу ықтималдығы мен кідіріс талаптары жалпы байланыс желілеріне қарағанда жоғалтуға және кешіктіруге төзімді желілерге (DTN) [9, 10] айтарлықтай төмен болуы мүмкін. Олар сондай-ақ егер желі дауыс немесе бейне сияқты қызметтерді қамтамасыз ету үшін пайдаланылса, мысалы, апаттық қауіпсіздік жүйелеріндегі сенсорлық басқару желілері (SCN) үшін пайдаланылса, осы талаптармен салыстыруға болады [22].

Бұл параметрлер желі түйіндері арасындағы байланысты ұйымдастыру технологиясына да, оны құру әдісіне де, яғни топологияға (түйіндердің физикалық орналасуы) және трафикті бағыттау әдістеріне айтарлықтай тәуелді. Желіні құру әдістері және оның топологиясы, өз кезегінде, негізінен көлемімен және тағайындалған мақсатымен анықталады. Сондықтан желі параметрлерін олардың ықтималдық-уақыттық сипаттамаларына әсерін ескере отырып таңдау мүмкіндігін алған жөн.

1.3.1 Желілік топологияның жұмыс параметрлеріне әсері

Бұрын айтылғандай, желінің қасиеттеріне әсер ететін маңызды факторлардың бірі оның топологиясы, яғни қызмет көрсету аймағындағы түйіндердің бір-біріне қатысты орналасуы [7].

Байланыс деңгейінде IEEE 802.15.4 стандарты [5, 4] желі топологиясын құру бойынша жалпы ұсыныстарды береді. Желілер тең дәрежелі P2P немесе жұлдызша топологиясы болуы мүмкін (1.2-сурет).



1.2-сурет – IEEE 802.15.4 желі топологиясының опциялары

P2P құрылымы [8] негізінде түйіндердің жұптары арасындағы байланыс ауқымымен ғана шектелетін ерікті қосылым құрылымдарын құруға болады. Осыны ескере отырып, ССЖ топологиялық құрылымының әртүрлі нұсқалары мүмкін, атап айтқанда кластерлердің «ағаштары» - «ағаштың жапырақтары» болып табылатын түйіндер бір ғана толық жұмыс істейтін құрылғымен (яғни, , координатордың да, түйіннің де функцияларын орындай алатын құрылғы) және желідегі көптеген түйіндер толық жұмыс істейтін құрылғылар болып табылады. Әр кластер үшін жергілікті координаторы бар және ғаламдық желі координаторы бар кластерлік «ағаштар» негізінде құрылған торлы желі топологиясы да мүмкін [11].

Желілік топология көбінесе физикалық және деректер байланысы деңгейінің технологияларын және өзін-өзі ұйымдастыру протоколдарын таңдауды анықтайды. Өз кезегінде, желі түйіндерін орналастыру әдісін таңдау оның мақсатына, түйіндердің параметрлеріне және оларды орнату әдісіне байланысты.

Егер желілік түйіндер қызмет көрсетілетін инфрақұрылымның белгілі бір объектілеріне, мысалы, басқарылатын немесе басқарылатын объектілерге «байланған» болса, онда олардың орналасуы, біріншіден, осы объектілерді орналастыру арқылы, сондай-ақ кейбір түйіндерді орналастыру тәсілімен анықталады. көмекші функцияларды орындайды. Инфрақұрылым объектілерімен «байланысқан» кезде олардың орналасуын детерминирленген деп санауға болады, онда түйіндердің координаталары мен олардың арасындағы қашықтық белгілі.

Қозғалмайтын (стационарлық) түйіндері бар желіні қарастырған кезде оның тағайындалуына байланысты қызмет көрсету аймағында түйіндерді бөлу әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылуы мүмкін.

Бұл жағдайда белгілі бір аумақты немесе қызмет көрсету аймағындағы аймақтарды желі түйіндеріне кіретін сенсорлық құрылғылардың қамту аймақтарымен қамту, желіге қосылуды және оның сенімділігін қамтамасыз ету сияқты мәселелерді шешуге болады.

Жалпы алғанда, түйіндердің орналасуын кездейсоқ деп санауға болады. Нақты желіде түйіндердің детерминирленген орналасуымен оларды орнатудың абсолютті дәлдігін қамтамасыз ету мүмкін емес [14], сондықтан бұл жағдай оларды орналастырудың кездейсоқ сипаты туралы болжамға қайшы келмейді.

Түйіндерді пайдаланушыларға байланыстырған кезде, мысалы, ұялы байланыс желілерінің терминалдарына орналастыру бойынша ұқсас жеке құрылғыларды бөлу пайдаланушылардың (абоненттер) таралуымен анықталады. Адамды қоршаған заттарға байланған кезде, кеңістіктегі түйіндердің таралуы осы заттардың таралуымен анықталады.

Өздігінен ұйымдастырылатын сымсыз желінің топологиясы оның жұмыс істеуінің негізгі көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етеді, олар хабарламаның (деректер) қолжетімділігі мен жеткізу уақыты [18, 19]. Әдетте, қолжетімділік

ұғымы қызмет көрсету мүмкіндігі ретінде қарастырылады. Қарастырылып отырған желілерде бұл мүмкіндік қосылыс ұғымымен тікелей байланысты.

Бұл тарауда ССЖ құрудың негізгі негізгі принциптері, ССЖ құрылымын ұйымдастыру әдістері, қызмет көрсету сапасына қойылатын талаптар және желі топологиясының оның қасиеттеріне әсері қарастырылды.

ССЖ жұмысының негізгі параметрі ретінде желіге қолжетімділікті (желі қызмет көрсету мүмкіндігі) қарастырған жөн, ол өз кезегінде қосылу мүмкіндігімен немесе қосылу ықтималдығымен сипатталатыны анықталды.

Қызмет көрсету сапасына әсер ететін ССЖ жұмысының негізгі параметрлері ретінде ықтималдық-уақыттық сипаттамалар, атап айтқанда хабарламаны жеткізу уақыты анықталды.

Тәжірибеде (нақты желіде) түйіндер біркелкі таратылмайды, бұл диссертациялық жұмыс тақырыбының және орындалатын берілген тапсырмалардың өзектілігін растайды.

Желілік түйіндердің біркелкі таралмаған ССЖ үлгілерін жасау, желілік қосылыстардың түйіндердің таралуына тәуелділігін және түйіндердің таралуы мен олардың параметрлерінің қосылу талаптары бар желілерді құру мәселелерін шешуге әсерін зерттеу қажет. Сондай-ақ, берілген қосылу параметрлерін қамтамасыз ете отырып, ССЖ ықтималдық-уақыттық сипаттамаларына түйіндердің таралуының әсерін зерттеу қажет.

2 Модельдерді әзірлеу және байланыстықты зерттеу сымсыз сенсор желісі

2.1 ССЖ қосылымын бағалау үшін желі үлгісін таңдау

Жоғарыда айтылғандай, ССЖ қолдану аясына мониторинг жүйелері (өндірістің технологиялық процестері, қозғалысты бақылау, қоршаған ортаны қорғау деректерін анықтау), қауіпсіздік жүйелері (қолжетімділікті басқару, апаттық дабыл және т.б.), апатты анықтау (өрт дабылы, сейсмикалық белсенділік, т.б.).

WSS негізгі артықшылықтары: төмен құны, жылдам орнату, ұзақ жұмыс уақыты, төмен техникалық қызмет көрсету құны.

ССЖ жұмысы кезінде туындайтын негізгі мәселелердің қатарына мыналар жатады: радиоарнаның тұрақсыздығы (арна параметрлері, тасымалданатын трафик түріне, тарату қашықтығы мен ортаға тәуелділік), энергияны тұтынуға байланысты желі түйіндерінің істен шығуы.

ССЖ жоспарлау тәсілі пәндік аймаққа байланысты. Егер ССЖ шектеулі аумақта жұмыс істесе және нысандардың белгіленген санына қызмет көрсетсе, онда желі түйіндерін нысандарға «байлауға» болады. Желі құрылымы жоспарлау процесінде алдын ала анықталған, бірақ желі түйіндері сәтсіз болған жағдайда ол өзгеруі мүмкін.

Бүгінгі таңда ССЖ түйіндері желінің ұзақ мерзімді жұмысын қамтамасыз етеді – бірнеше жыл (10 жылға дейін). Бірақ желіні ұзақ мерзімге жоспарлау кезінде оның құрылымы болашақта өзгермейтініне толық сенімді болу мүмкін емес.

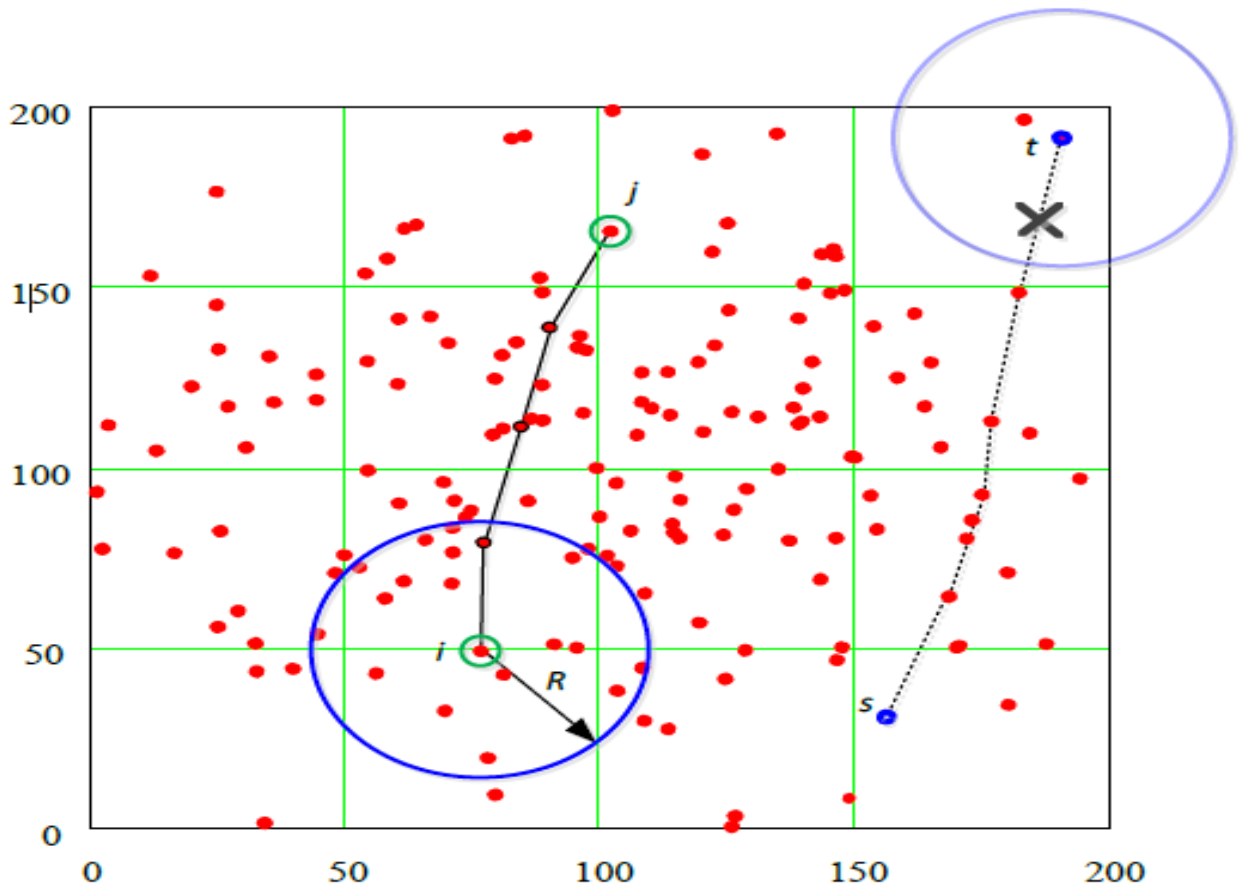
Функционалдықты жоғалтудың негізгі себебі - желі қосылымының жоғалуы. Желілік қосылым деректерді бастапқы түйіннен алушыға жеткізу мүмкіндігін сипаттайды. Сондықтан желілік қосылымды (немесе оны қамтамасыз ету әлеуетін) бағалауға мүмкіндік беретін ССЖ үлгілерін әзірлеу қажет.

ССЖ байланыс түйіндерінің ауданы антенна параметрлерімен, таратқыш қуатымен, шу күшімен және басқа таратқыштардың кедергілерімен шектеледі. Желі қосылымы түйіндер арасындағы қашықтыққа байланысты деп есептейміз, ал байланыс түйінінің радиусы $2D$, радиусы R дискі, түйіндердің

ССЖ белгілі бір n түйіндер санынан тұрады, олардың әрқайсысы жалпы алғанда көрші түйіндерге қосылуы немесе қосылмауы мүмкін. Соңғы жағдайда бұл түйін үшін деректер қызметі қол жетімді емес.

Түйіндердің орналасуы желінің нақты мақсатына байланысты және қосылу мүмкіндігін ескере отырып таңдалуы мүмкін, алайда жұмыс кезінде түйіндер сәтсіздікке ұшырауы немесе олардың орнын өзгертуі мүмкін (мысалы, қозғалатын түйіндері бар желі жағдайында). Сондықтан түйіндердің таралуы кездейсоқ деп есептеген жөн, сондықтан олардың арасындағы байланыстардың болуы да кездейсоқ.

Түйіндердің саны тұрақты және n -ге тең деп жорамал жасайық. Бұл жағдайда желіні $G(n,p)$ кездейсоқ графикпен сипаттауға болады, мұндағы p – түйіндер арасындағы байланыстың ықтималдығы.



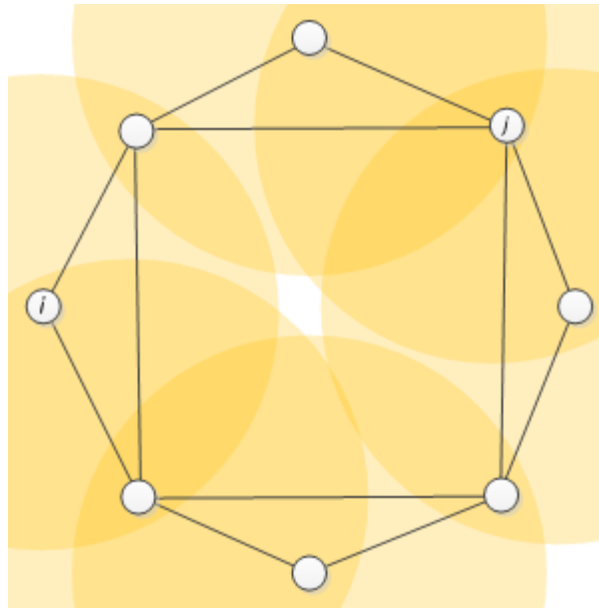
2.1- сурет – Түйіннің байланыс радиусы R және түйіндердің біркелкі таралуы бар желінің мысалы

Кездейсоқ график үлгісін таңдаған кезде біз әрбір шыңды $p_n = 1 - e^{-pnR^2}$ (түйінді) басқа шыңға қосуға болады деп есептейміз.

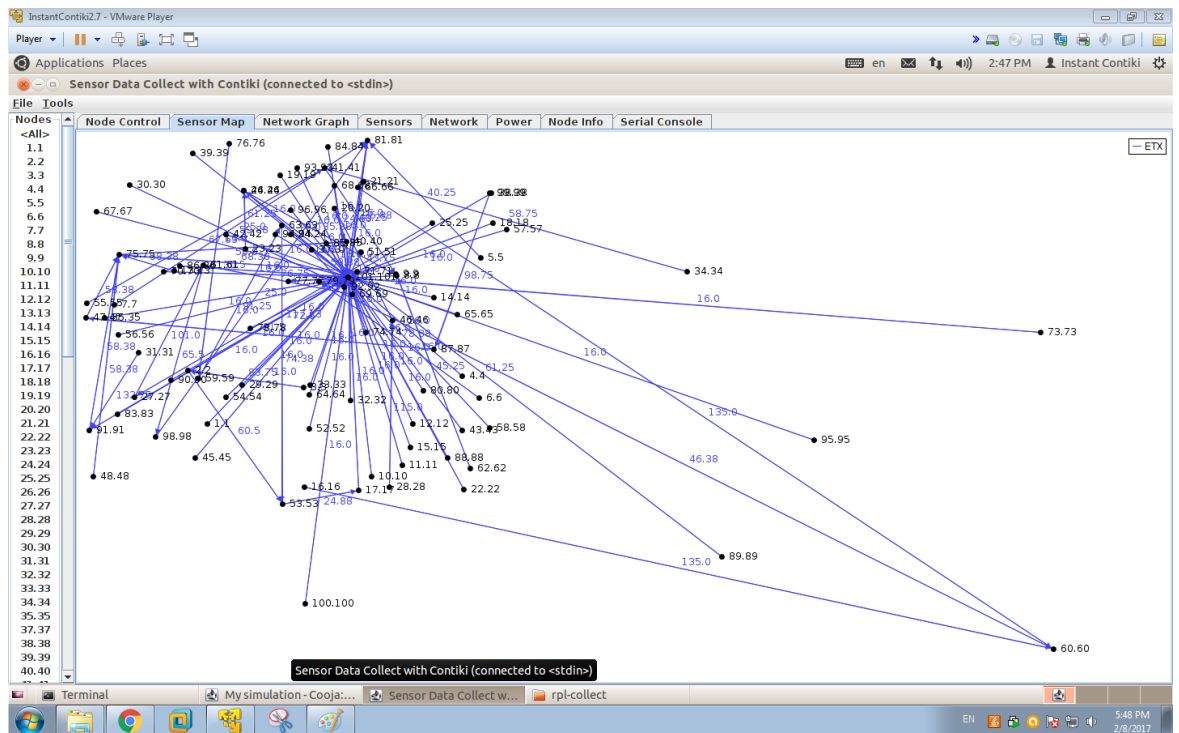
(түйін) ықтималдығы p (2.2-сурет) Бұл жағдайда графтық қосылыс ықтималдығын анықтау үшін Эрдос–Рени теоремасын қолданған жөн.

Графикалық қосылымға ұқсастығы бойынша [20], егер түйіндердің кез келген жұбы арасында кем дегенде бір трафик маршруты болса, желі қосылады (2.3-сурет).

Ықтимал қосылымдардың сандық үлесін анықтайтын және ең маңызды сипаттама [25, 26], яғни қызметтердің қолжетімділігін іс жүзінде сипаттайтын желілік қосылу ықтималдығын зерттеу төменде толығырақ қарастырылады.



2.2-сурет – Екі төбенің арасындағы байланыс ықтималдығымен кездейсоқ график түріндегі желіні көрсету р



2.3-сурет – Сооја симуляторында график түрінде ұсынылған түйіндердің қалыпты таралуы

Зерттеудің мақсаты желілік қосылыстардың түйіндердің таралуына тәуелділігін және түйіндердің таралуы мен олардың параметрлерінің қосылуға

қойылатын талаптармен желілерді құру мәселелерін шешуге әсерін іздеу болып табылады.

2.2 Желіге қосылу ықтималдығын анықтау

Графикалық теория іргелі және қолданбалы математикада үлкен рөл атқарады. Кездейсоқ графиктер теориясын Пол Эрдос пен Альфред Рени жасаған, Эрдос кездейсоқ талдаудың жиі графикалық теория мәселелерін шешу үшін пайдалы екенін ашқаннан кейін [27].

Кездейсоқ графиктер теориясының негізгі идеясы белгілі бір сипаттың қандай ықтималдықпен болатынын анықтау болып табылады. Эрдос пен Ренидің басты ашылуы кездейсоқ графиктердің көптеген маңызды қасиеттері кенеттен пайда бола бастайды. Яғни, берілген ықтималдық үшін не әрбір дерлік графиктің қасиеті болады (мысалы, әрбір төбелер жұбының бірін-бірі бірізді жиектермен байланыстырылғандығынан тұрады) немесе ешбір графикте дерлік жоқ. Ықтимал оқиғадан ықтималды емес оқиғаға өту өте кенеттен болады [6].

Жалпыланған Эрдеша - Реньи моделі $G = \{V_n, E\}$ кездейсоқ графының қосылу ықтималдығын сипаттауға мүмкіндік береді. Желілік модель $V_n = \{1, \dots, n\}$ түйіндері бар графикпен көрсетіледі, графикте i және j шыңдары арасындағы жиектің болуы ықтималдықпен анықталады – графиктегі шеттердің кездейсоқ жиыны. Содан кейін ықтималдық кеңістігі келесідей анықталады.

$$G(n, P_{\dot{u}}) = (\Omega_n, E_n, P_{n,p}) \quad (2.1)$$

Егер біз кейбір графикті түзетсек

$$P_{n,p}(G) = p^{|E|} (1 - p)^{|E_n| - |E|} \quad (2.2)$$

мұндағы $|E_n|$ - графиктің шеттерінің санының математикалық күтуі, онда осы модельмен сипатталған кездейсоқ графиктер үшін белгілі теорема бар.

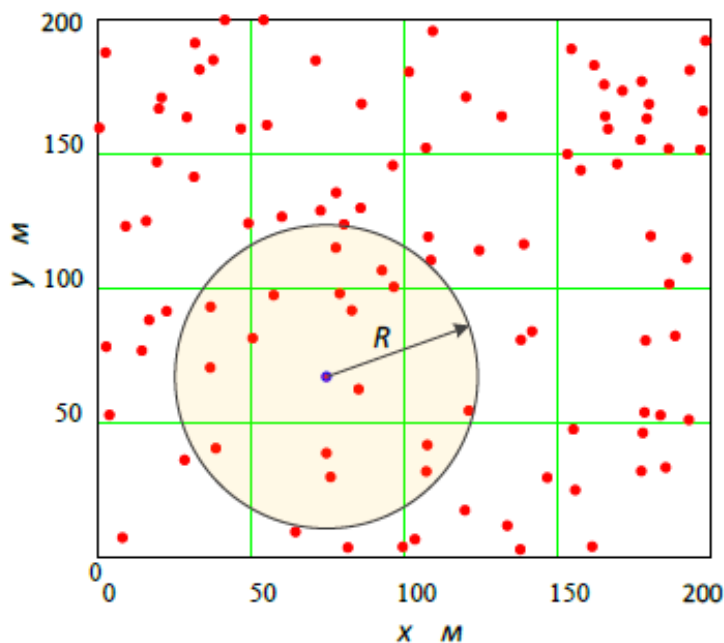
Жеткілікті үлкен n және c үшін графиктің қосылу ықтималдығы болуы мүмкін шамамен ретінде бағаланады.

$$P_{n,p}(G) = 1 - \frac{1}{n} \quad (2.3)$$

2.3 Модельді әзірлеу және желіге қосылу ықтималдығын зерттеу түйіндердің біркелкі таралуы

Желіні ұйымдастырудың екі нұсқасын қарастырайық: түйіндері Пуассон өрісін құрайтын желі [10] (2.4-сурет), қабырғасы 200 м шаршымен шектелген аумақта және түйіндері Гаусс өрісін құрайтын желі (2.6-сурет).

Гаусс өрісі деп түйіндерінің координаталары кездейсоқ, тәуелсіз және екі өлшемді қалыпты заң бойынша бөлінген желі моделін түсінеміз [24].



2.4-сурет – ССЖ аналитикалық үлгілерінің графикалық көріністері (Пуассон өрісі)

Екі жағдайда да желі түйіні шектелген байланыс аймағына ие, ол түйін орналасқан нүктедегі центрі және R радиусы бар шеңбермен сипатталады. Сонда графтың төбелері арасында жиектің болу ықтималдығы p қарастырылып отырған желіні білдіретін ретінде анықталады.

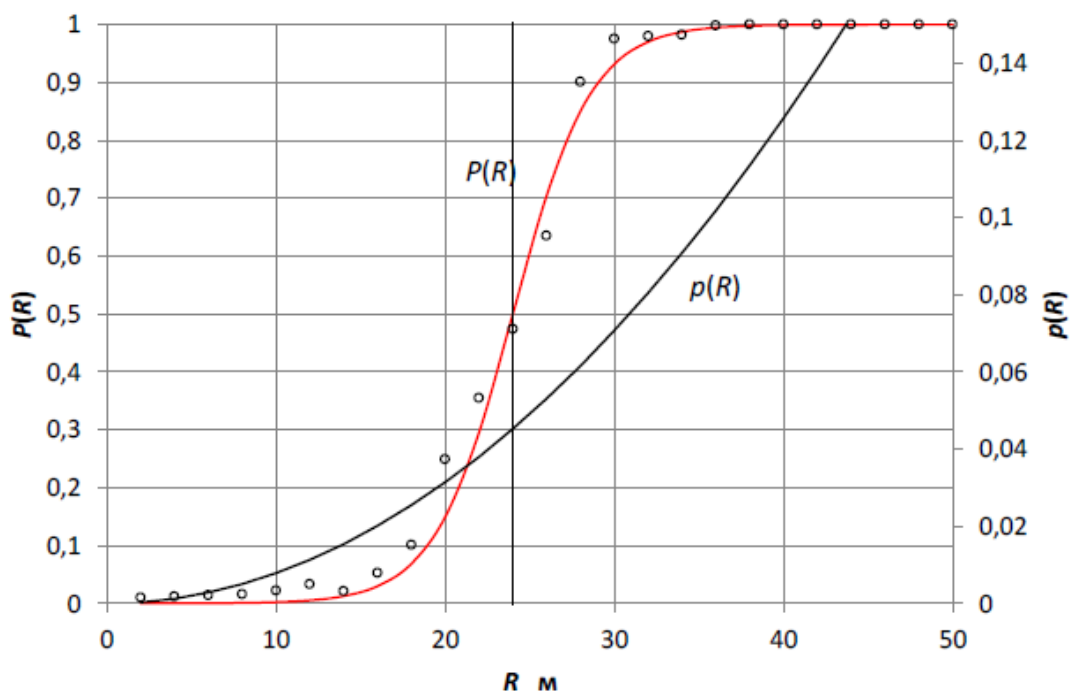
$$p = \frac{E(R)}{n} \quad (2.4)$$

мұндағы $E(R)$ – іргелес түйіндер санының математикалық күтуі, яғни қарастырылып отырған түйіннен R -дан аспайтын қашықтықта орналасқан түйіндер саны.

$$E(R) = \rho * S_R = \rho \pi R^2 \quad (2.5)$$

мұндағы $\rho = \frac{n}{S}$ түйін/ m^2 желі түйіндерінің тығыздығы
 $S_R = \rho \pi R^2$ m^2 шар ауданының радиусы

2.5-суретте жағы 200 м шаршымен шектелген аумақта 100 түйіннен тұратын желіні модельдеу нәтижелері көрсетілген. Нәтижесінде симуляциялар, қосылу ықтималдығының бағалаулары алынды. Сол суретте (2.4) сәйкес $p(R)$ тәуелділігі көрсетілген.



2.5-сурет– Пуассон өрісі үшін желі байланысының түйіндік байланыс радиусына тәуелділігі

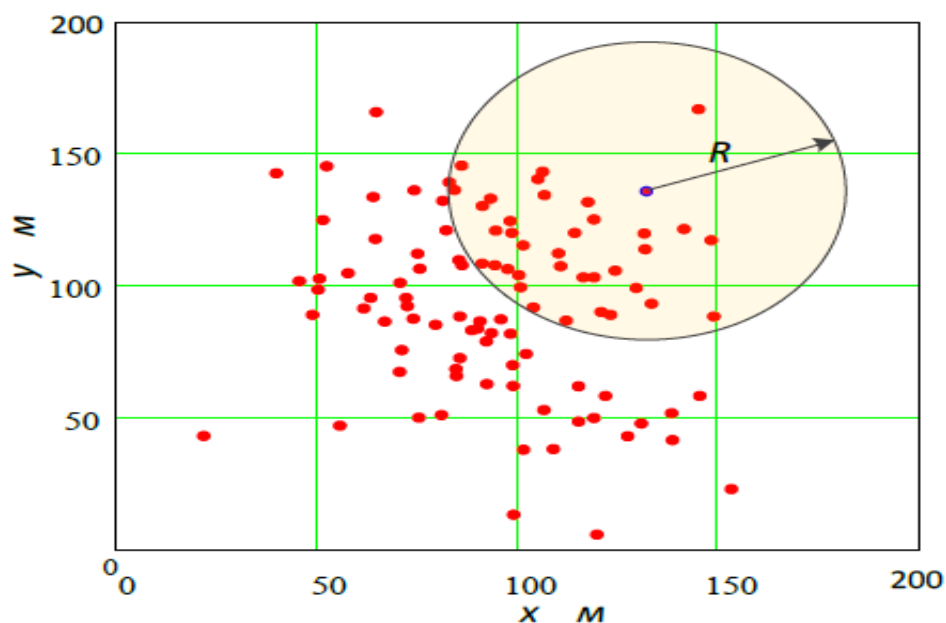
Жоғарыда айтылған теорема бойынша бұл желінің ажыратылған күйден қосылған күйге және керісінше фазалық ауысу нүктесін анықтайтын шекаралық ықтималдықтың мәні, яғни қосылу ықтималдығы 0,5 болатын нүкте.

Алынған нәтиже нүктелердің Пуассон өрісімен анықталған желі үшін Эрдос-Рени моделін қолдану жеткілікті дәл нәтижелер беретінін және бұл жағдайда түйіндердің қажетті тығыздығын ρ немесе түйіннің байланыс радиусын бағалауға мүмкіндік беретінін көрсетеді. R желінің қажетті қосылуын қамтамасыз ету үшін.

Фазалық ауысудың ені (бұл мысалда тораптың байланыс радиусының шамамен 20 м) желінің тұрақтылығын қамтамасыз ету тұрғысынан сипаттайтынын атап өткен жөн. Байланыс радиусы өзгерген кезде, мысалы, кедергі немесе қоршаған орта әсерінен қабылдау шарттары өзгергенде қосылу мүмкіндігі.

2.4 Үлгіні жасау және біркелкі емес таралу жағдайында ССЖ қосылысының ықтималдығын зерттеу

Жоғарыда атап өтілгендей, көптеген практикалық есептерде желі түйіндерінің таралуы Пуассон өрісінен ерекшеленеді (2.6-сурет).



2.6-сурет– ССЖ аналитикалық моделінің графикалық көрінісі (Гаусс өрісі)

Жалпы жағдайда ол түйіндердің тығыздығы жоғары және төмен аймақтарымен бірмодальды немесе мультимодальды болуы мүмкін. Пуассондық емес өрістің қасиеттерін зерттеу үшін қалыпты заң бойынша қызмет көрсету аймағында орналасқан түйіндер арқылы құрылған желіні қарастырайық, яғни, жазықтықта нүктелердің гаусс өрісін қалыптастыру. Бұл модельді, жалпы алғанда, қарастырылып отырған қызмет көрсету аймағында желі түйіндерінің біркелкі емес таралуы кезінде қолдануға болады.

Беттің әрбір нүктесіндегі түйіндердің тығыздығы кездейсоқ шама және кездейсоқ, тәуелсіз x және y координаталары арқылы беріледі деп есептейміз. Содан кейін ықтималдық тығыздық функциясы кездейсоқ x пен y -ның бірлескен таралу функциясы арқылы анықталады. Нүктедегі дисперсия центрі (μ_x, μ_y) және дөңгелек дисперсия (χ y -дағы дисперсиялар теңдігі) болатын қалыпты таралу үшін таралу тығыздығы мынаған тең:

Қызмет көрсету аймағына кіру ықтималдығы 1-ге тең деп есептейміз. Ықтималдық үлестірудің қалыпты заңы x және y мәндерінде шексіз. Дәлірек айтқанда, бұл жағдайда таралу заңы қалыпты болуы мүмкін емес. Дегенмен, оны «қысқартылған қалыпты» бөлу арқылы жеткілікті дәлдікпен сипаттауға болады:

$$\rho(x, y) = K(\sigma, R) \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2.6)$$

мұндағы

$$K(\sigma, R) = \frac{1}{\iint_{S_R} \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} dx dy} \quad (2.7)$$

мұндағы S_R – қызмет көрсету аймағы;

σ - жеткілікті аз мәнін таңдай отырып, келесі нәтижелерге қол жеткізуге болады.

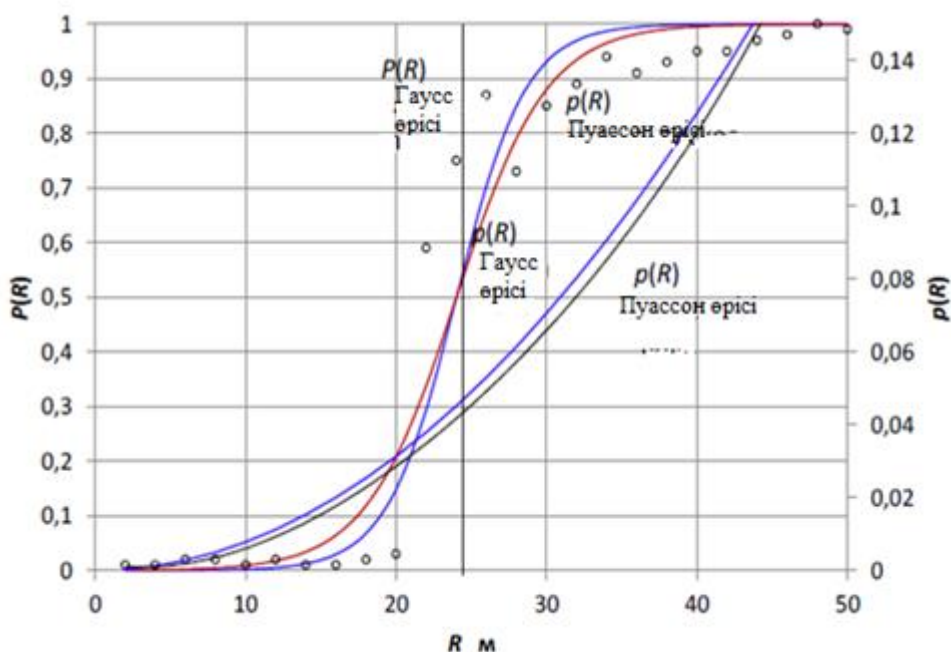
$\iint_{S_R} \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} dx dy > \varepsilon$, мұндағы ε бірге жақын сан дәлдікпен (2.6) өрнек түйіннің тығыздығының таралуын сипаттау үшін пайдаланылуы мүмкін.

2.7-суретте квадраттың ортасында шашырау орталығы бар түйіндердің қалыпты таралу заңы бойынша түйіндердің байланыс аймағы радиусы 50 м болатын 100 түйіннен тұратын желіні имитациялық модельдеу нәтижелері көрсетілген, яғни $\mu_x = \mu_y = 100$ м. және стандартқа тең стандартты ауытқулар.

Біркелкі тарату қабылдамау

$$\sigma_x = \sigma_y = \sqrt{\frac{(b-a)^2}{12}} = \sqrt{\frac{200^2}{12}} \approx 57.74 \text{ м} \quad (2.8)$$

200 м шаршымен шектелген аумақта біркелкі таралудың ауытқуы.



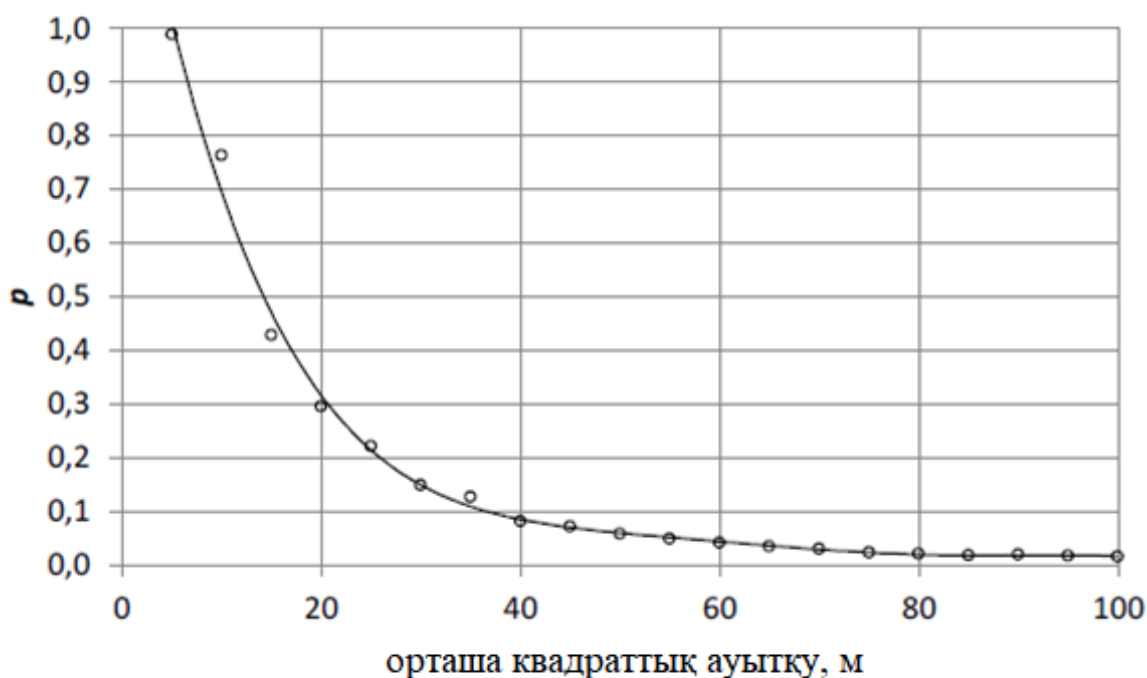
2.7-сурет – Гаусс және Пуассон өрістері үшін тораптың байланыс радиусына желі байланысының тәуелділігі

Гаусс өрісін Имитациялық модельдеудің келтірілген нәтижелерінен фазалық ауысу Пуассон өрісі үшін фазалық ауысуға жақын екенін көруге болады. Сол суретте келтірілген ықтималдық мәні $p(R)$, сонымен қатар алған жинақтау нәтижелері имитациялық модельдеу көрсетеді әділеттілік (2.3) және Гаусс өрісіне қатысты. Алайда, бұл жағдайда p мәнін есептеу үшін өрнек (2.4) қолданылмайды, өйткені шеңбермен шектелген аймақтағы түйіндер санының математикалық күтуі оның R радиусына ғана емес, сонымен қатар оның орталығының орнын таңдауға да байланысты (x_0, y_0) .

R радиусы бар таңдалған аймаққа түсетін түйіндер санын математикалық күтуі: мұндағы $C(R, x_0, y_0)$ - интегралдау аймағы, мысалы, нүктесінде центрі бар шеңбер (x_0, y_0) және радиусы R , $f(x, y)$ - екі өлшемді қалыпты үлестіру (2.6).

Сондықтан, бағалау p белгілі бір қиындықтарды тудырады, сонымен қатар аналитикалық шешім (2.9) тек ерекше жағдайларда мүмкін болады. Алайда, алынған нәтижелер ықтималдығы p желі түйіндерінің дисперсиясымен анықталады.

Имитациялық модельдеу әдісімен алынған Гаусс үлестіріміндегі дисперсияға p ықтималдығының тәуелділігі 2.8-суретте келтірілген.



2.8-сурет – Ықтималдықтар Гаусс таралуындағы дисперсияға тәуелділігі

Имитациялық модельдеу нәтижелері пуассондық және Гаусс өрістерінен құралған желінің байланысы желі түйіндерінің аумақ бойынша таралуының дисперсиясымен (орташа квадраттық ауытқумен) анықталатынын көрсетті.

Айта кету керек, бұл жағдайда желі тұтастай қарастырылды. Мұндай жағдайларда, біркелкі таралу жағдайында (Пуассон өрісі) қызмет көрсету аймағының әртүрлі координаттарында орналасқан желі түйіндері үшін байланыс шарттары тең (бірдей ықтимал) екені анық. Тораптары қалыпты таралуына

сәйкес бөлінген желі үшін (Гаусс өрісі) бұл шарттар бірдей емес, өйткені түйіндердің тығыздығы және олар үшін байланыс ықтималдығы олардың координаттарына, атап айтқанда шашырау нүктесінен алыстауға байланысты.

Сымсыз өзін-өзі ұйымдастыратын желі түйіндерінің аумақ бойынша таралуының кездейсоқ сипаты және түйіндер арасындағы радиоарналар қасиеттерінің кездейсоқ сипаты желі моделі ретінде кездейсоқ график моделін пайдалануға мүмкіндік беретіні анықталды.

Имитациялық модельдеу арқылы желінің байланысын анықтайтын фактор тораптардың аумақ бойынша таралуының дисперсиясы болып табылады.

Ердеш-Ария моделін қолдану желінің байланысын келесі параметрлер арқылы анықтауға мүмкіндік берді: түйіндер саны, түйіннің байланыс радиусы, олардың аумақ бойынша таралуының дисперсиясы.

Пуассон және Гаусс өрістерінің модельдеу нәтижелері желінің тұтастай қосылу ықтималдығының таралу түрінен тәуелсіздігін көрсетті. Гаусстың таралуын талдау желі аймағының байланысының оның шашырау орталығынан қашықтығына тәуелділігін көрсетті.

Тораптардың саны, түйіннің байланыс радиусы және тораптардың аумақ бойынша таралу дисперсиясы сияқты параметрлерге сүйене отырып, бірдей тығыздықтағы сақинадағы желінің байланысын бағалауға мүмкіндік беретін өрнек алынды.

3 Сымсыз сенсорлық желі трафигіне қызмет көрсетудің уақыт параметрлерін әзірлеу және зерттеу

3.1 Қызмет көрсету сапасының параметрлеріне трафиктің әсері

Жоғарыда айтылғандай, сымсыз өзін-өзі ұйымдастыратын желі түйіндерінің өзара орналасуы оның әлеуетті мүмкіндіктері бөлігінде шешуші болып табылады. Түйіндер арасындағы сымсыз байланыс технологияларын пайдалану сымсыз арналардың қасиеттеріне және трафикке қызмет көрсету сапасының көрсеткіштеріне қойылатын талаптарға байланысты желінің топологиялық сипаттамаларына қойылатын талаптарды анықтайды.

Жалпы, трафикке қызмет көрсету кезінде желідегі деректерді жеткізу маршруттарды таңдаудың осы немесе басқа әдісін жүзеге асыратын пайдаланылатын желілік деңгей хаттамасымен таңдалатын кейбір маршруттар бойынша жүргізіледі [4]. Бұл ретте маршрут тораптарды және оларды жалғайтын арналарды қамтитын транзиттік учаскелердің (хоптардың) белгілі бір санын қамтуы мүмкін. Осындай учаскелердің әрқайсысының өтуі уақытты қажет етеді, бұл деректерді жіберушіден алушыға жеткізудің кешігуін анықтайды [17].

Сондай-ақ, учаскелердің әрқайсысында деректер жоғалуы мүмкін, оның ықтималдығы жиынтықта маршруттағы деректердің жоғалу ықтималдығын анықтайды. Бұдан шығатыны, қызмет көрсету сапасы – шығындар мен кідіріс маршруттың сипаттамаларына байланысты, олар транзиттердің саны мен транзиттік учаскелердің ұзындығына байланысты. Жалпы алғанда, бұл сипаттамалар кездейсоқ болып табылады, сондықтан оларды сипаттау үшін олар бағынатын ықтималдықтардың таралу заңдылықтарын белгілеу қажет.

Сондай-ақ, Қызмет көрсету сапасы трафиктің процесс ретіндегі қасиеттеріне де байланысты екенін есте ұстаған жөн. Әр түрлі мақсаттағы желілерде бұл процесс әртүрлі қасиеттерге ие болуы мүмкін. Мысалы, бірқатар қосымшалар [9] қарқынды дамып келе жатқан технологиялар машина-машина (M2M) детерминистік трафикпен сипатталады, ал серия кездейсоқ [5].

Бейнені беру трафигі өзіне ұқсас процестің қасиеттерімен сипатталады, ал сөйлеуді беру трафигі қарапайым ағынға жақын. Бұл айырмашылықтар белгілі бір мақсатқа арналған желі параметрлерін таңдау тәсілдеріне де әсер етеді.

3.2 Жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде ССЖ моделі

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, желінің ықтималдық-уақыттық сипаттамаларын қарау кезінде талдау объектісі трафикті өткізу бағыты болып табылады. БУС-ге физикалық, арналық және желілік деңгейлерде болатын процестер әсер етеді. Физикалық және арналық деңгейлердің әсерін сипаттау, жалпы алғанда, желі түйіндері арасындағы сымсыз байланысты ұйымдастырудың таңдалған технологиясына байланысты. Әдебиеттерде әртүрлі сымсыз байланыс технологиялары үшін физикалық және арна деңгейін

сипаттайтын модельдер белгілі, мысалы [12, 13, 14, 15, 16]. Желі топологиясын талдау кезінде олардың егжей-тегжейлі сипаттамасы тапсырманы тым қиындатады, сондықтан желілік деңгей модельдерін қарастыруға баса назар аударылады.

Желілік деңгей моделінің мысалы ретінде желі жаппай қызмет көрсету жүйесі бола алады. Кез келген жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмысы оған түсетін талаптар немесе өтінімдер ағынын орындаудан тұрады. Өтініштер уақыттың кездейсоқ сәттерінде бірінен соң бірі келеді. Келіп түскен өтінімге қызмет көрсету біраз уақытқа жалғасады, содан кейін арна босатылып, келесі өтінімді қабылдауға дайын болады. Арналардың санына және олардың өнімділігіне байланысты кез-келген жаппай қызмет көрсету жүйесі өтінімдер ағынымен күресуге мүмкіндік беретін өткізу қабілеттілігіне ие.

Жаппай қызмет көрсету теориясының пәні-өтінімдер ағынының сипаты, жеке арнаның өнімділігі, арналар саны және қызмет көрсетудің сәттілігі (тиімділігі) арасындағы байланысты анықтау.

Қызмет көрсету тиімділігінің сипаттамалары ретінде-зерттеудің міндеттері мен мақсаттарының шарттарына байланысты-эртүрлі шамалар мен функцияларды қолдануға болады, мысалы: жүйеден бас тартқан және қызмет көрсетілмеген өтінімдердің орташа пайызы; жекелеген арналардың және тұтастай жүйенің "тоқтап қалуының" орташа уақыты; кезекте күтудің орташа уақыты; келіп түскен өтінімнің дереу болу ықтималдығы қызметке қабылданады; кезек ұзындығын бөлу Заңы және т. б. D. осы сипаттамалардың әрқайсысы, бір жағынан, жүйенің өтінімдер ағынын орындауға жарамдылық дәрежесін, басқаша айтқанда, оның өткізу қабілеттілігін сипаттайды.

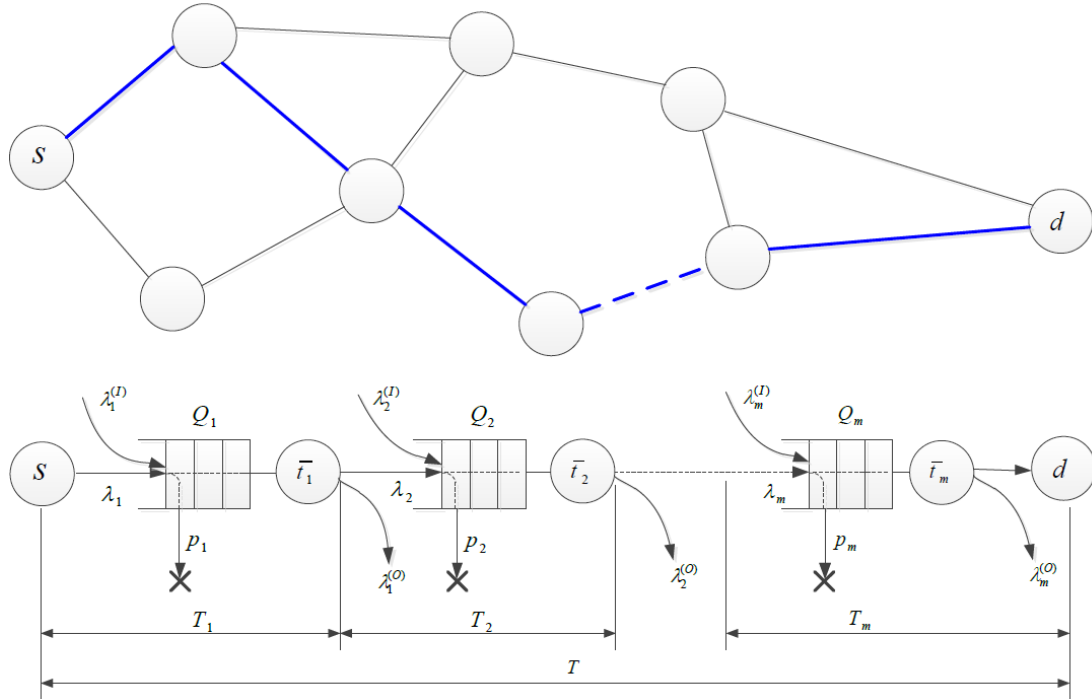
"Өткізу қабілеттілігі" сөздің тар мағынасында, әдетте, жүйенің уақыт бірлігіне қызмет ете алатын өтінімдердің орташа санын білдіреді. Онымен бірге салыстырмалы өткізу қабілеттілігі жиі қарастырылады-қызмет көрсетілген өтінімдер санының берілген өтінімдер санына орташа қатынасы. Өткізу қабілеті (абсолютті де, салыстырмалы да) жалпы жағдайда жүйенің параметрлеріне ғана емес, сонымен қатар өтінімдер ағынының сипатына да байланысты.

Егер өтінімдер белгілі бір уақыт аралығында үнемі келіп тұрса және әр өтінімге қызмет көрсету де қатаң белгіленген мерзімге ие болса, жүйенің өткізу қабілеттілігін есептеу қиын болмас еді.

Іс жүзінде, әдетте, өтінімдерді қабылдау сәттері кездейсоқ болады; көбінесе кездейсоқ және өтінімге қызмет көрсету ұзақтығы. Осыған байланысты жүйенің жұмыс процесі тұрақты емес: өтінімдер ағынында жергілікті қоюланулар мен сиретулер пайда болады.

Қоюлану қызмет көрсетуден бас тартуға немесе кезектердің пайда болуына әкелуі мүмкін. Сирек жағдайлар жеке арналардың немесе жалпы жүйенің жұмыс істемеуіне әкелуі мүмкін. Өтінімдер ағынының гетерогенділігімен байланысты бұл апаттарға жеке өтінімдерге қызмет көрсетудің кешігуіне байланысты тағы да кездейсоқтықтар салынады. Осылайша, жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процесі кездейсоқ процесс болып табылады [20, 23].

Жалпы алғанда, маршрут көп фазалы жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде ұсынылуы мүмкін. Бұл ретте қызмет көрсету фазаларының әрқайсысы маршруттың учаскесін білдіреді. Осылайша, СМО фазаларының саны маршруттағы секірулер санына тең. Жалпы, фазалардың әрқайсысы G/G/1/k [22] түріндегі smo болып табылады (сурет. 3.1).



3.1-сурет – Көп фазалы СМО ретінде маршрут моделі

Хабарлама көзі мен алушы арасындағы Жеткізу уақыты қызмет көрсету кезеңдерінің параметрлеріне және олардың санына байланысты. Қызмет көрсету кезеңдерінің саны маршруттағы транзиттер санымен анықталады.

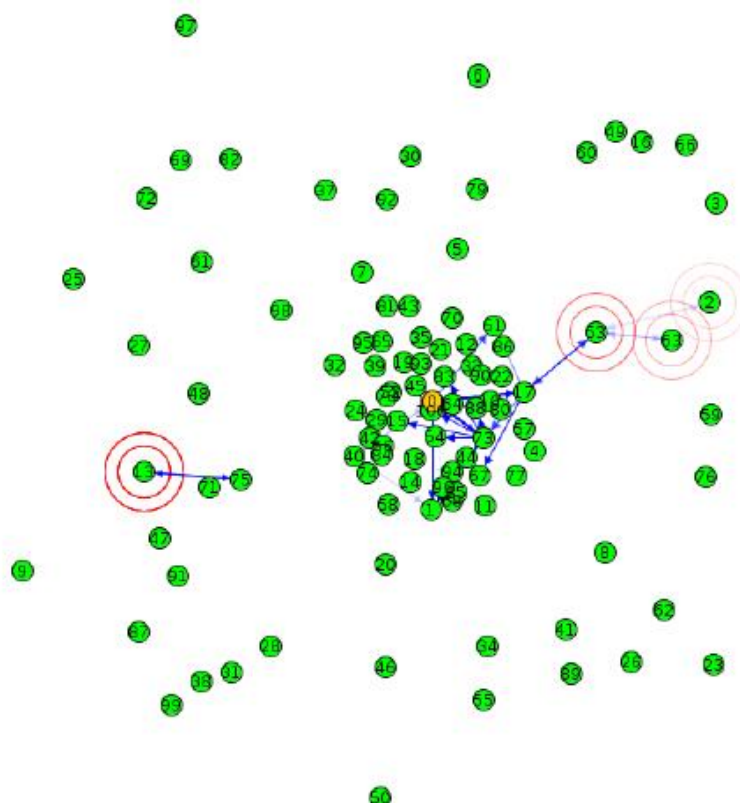
Үшін тәуелділік-уақыттық сипаттамаларды зерттеу 200×200 м квадратпен шектелген аймақта тегіс жерде орналасқан 100 түйіннен құралған түйіндердің қалыпты таралуы бар желінің имитациялық моделі жасалды. түйіннің байланыс радиусы R = 50 м (сурет. 3.2).

3.3 Нүкте-нүкте топологиясы үшін үлгі әзірлеу және маршрут ұзындығын зерттеу

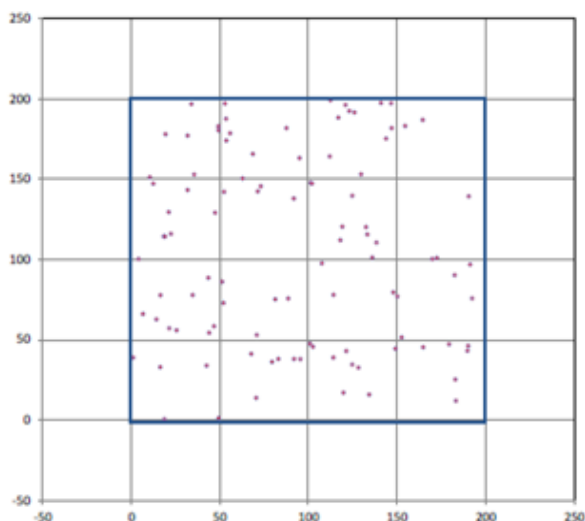
Нүкте-нүкте топологиясы екі түйін арасындағы тікелей байланыспен сипатталады. Мұндай топологияны ұйымдастырған кезде құрылғыларды адресстеудің қажеті жоқ.

Нүкте-нүкте топологиясы үшін кездейсоқ маршруттың ұзындығын зерттеу кезінде X және y тәуелсіз координаттарының біркелкі және қалыпты таралу

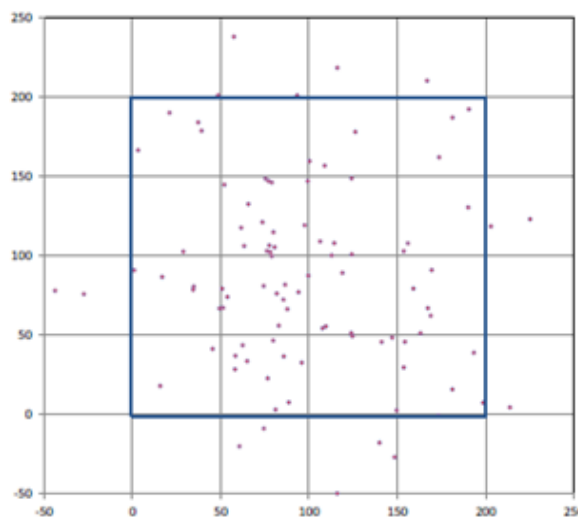
заңдарымен түйіндердің аумақ бойынша кездейсоқ таралуы қарастырылды (сурет. 3.3).



3.2-сурет – Облыс орталығындағы шлюзі бар тораптардың қалыпты таралуы бар желінің модельдеу моделі



а) тегіс аумақ бойынша түйіндердің координаттарын біркелкі бөлу



б) тегіс аумақ бойынша түйіндердің координаттарын біркелкі бөлу

3.3-сурет – Жазықтықтағы түйіндердің координаттарының (тең дисперсиялармен) біркелкі (а) және қалыпты таралуы (б)

Қалыпты таралу заңын қолданған кезде дисперсия мөлшері біркелкі таралу дисперсиясына тең таңдалды [14]:

$$D_U(x) = D_U(y) = \frac{(b-a)^2}{12}, \text{ м}^2 \quad (3.1)$$

мұндағы b және a - кездейсоқ шаманың шекаралары (мысалда $a = 0$, $b = 200$ м).

Барлық түйін жұптары арасындағы ең қысқа маршруттарды табу үшін Флойд алгоритмі [12] пайдаланылды, бұл графиктің барлық шыңдарының жұптары арасындағы ең қысқа жолдарды табуға мүмкіндік береді. Алгоритмнің негізгі идеясы - ең қысқа жолдарды іздеу процесін фазаларға бөлу. 3.4-суретте ең қысқа маршруттардың (транзиттер қатарында) ұзындықтарының эмпирикалық гистограммалары және олардың Вейбуллдың таралу ықтималдығының тығыздығына жуықтауы келтірілген [14]:

$$f(x, \alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad (3.2)$$

мұндағы α және β - таралу параметрлері.

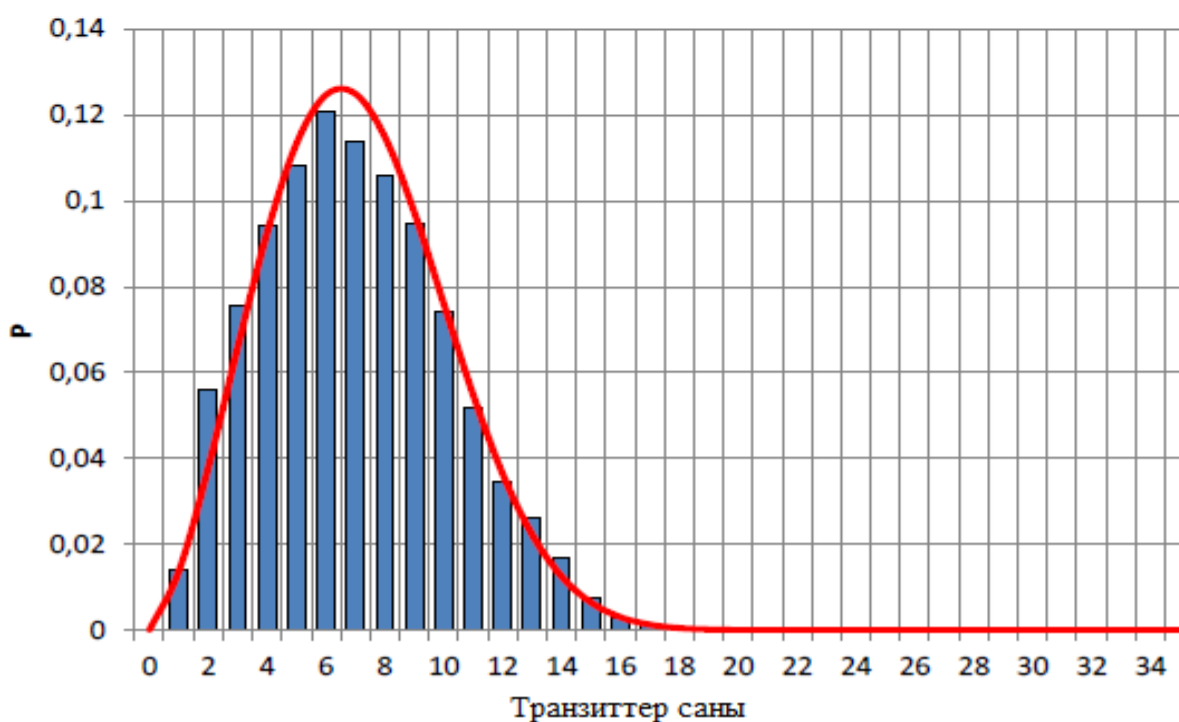
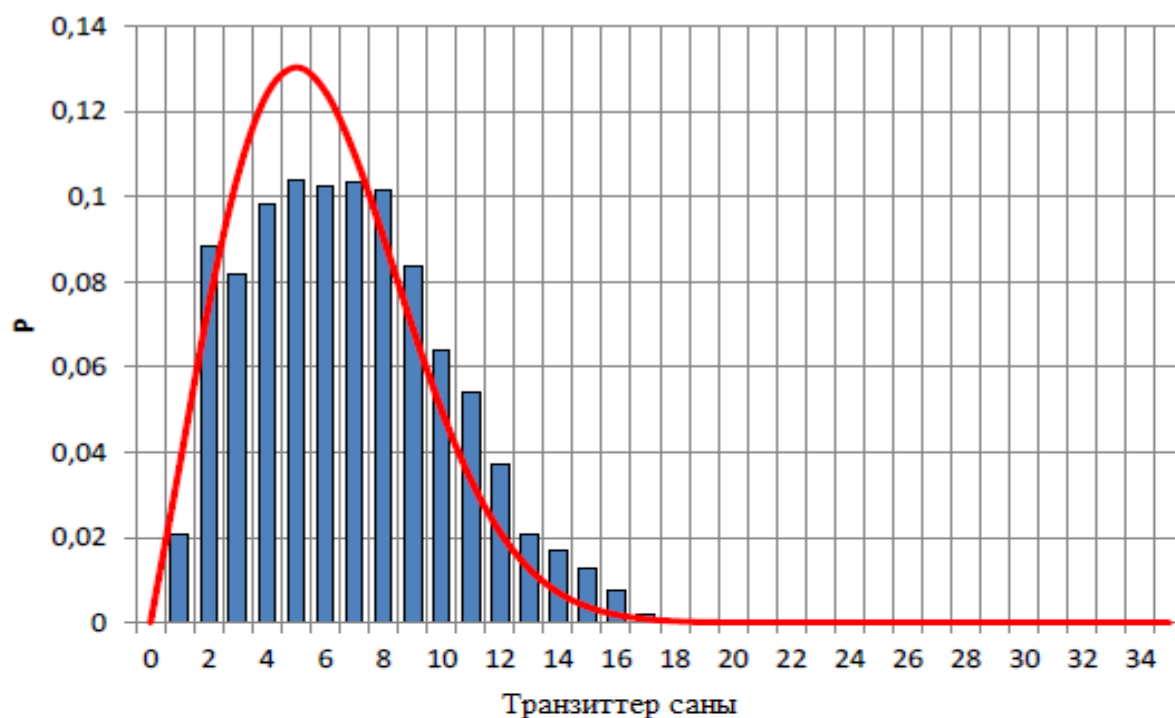
Бұл бөлуді қолдану мүмкіндігі Колмогоров-Смирновтың маңыздылығы 0,95 [14] деңгейіндегі келісім критерийімен расталады.

Көріп отырғаныңыздай (сурет. 3.4), транзиттер санын бөлудің алынған нысандары және олардың орташа мәндері (6,5 + 0,5) түйіндердің координаттарын біркелкі және қалыпты бөлу үшін статистикалық тең. Модельдеу нәтижелері маршруттағы транзиттердің (секірулердің) орташа саны дисперсияға (орташа квадраттық ауытқу) байланысты екенін көрсетті.

3.5-суретте маршруттағы транзиттердің (секірулердің) орташа санының a / R түйінінің байланыс радиусына орташа квадраттық ауытқу қатынасына тәуелділігі келтірілген, мұндағы $a = y/D$, D - дисперсия, R - түйіннің байланыс радиусы.

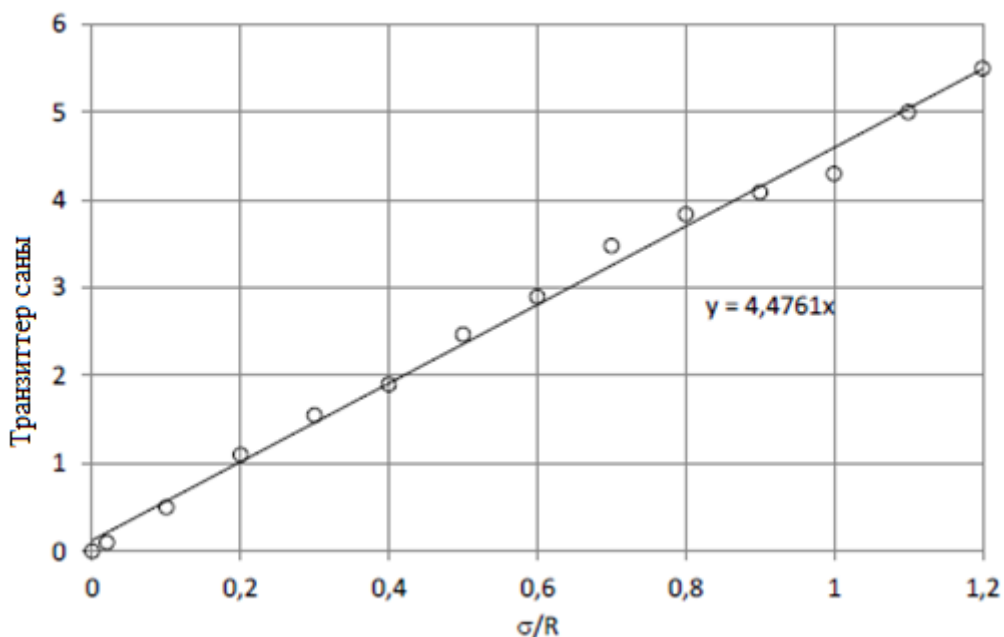
Дисперсияның жоғарылауы (орташа квадраттық ауытқу) сызықтық заңға жақын заң бойынша транзиттердің орташа санының өсуіне әкеледі.

Модельдеу нәтижелері транзиттердің орташа саны желінің байланыссыз күйге фазалық ауысу сәтіне дейін өсетінін көрсетті [23]. Алынған нәтижелер кездейсоқ маршруттағы секірулердің орташа санын, яғни желінің екі ерікті түйіні арасындағы маршрутты бағалауға мүмкіндік береді.



3.4-сурет – Біркелкі және қалыпты үлестіру заңдары үшін маршруттағы транзиттер саны (тең дисперсиялармен)

Бірқатар тапсырмалар трафикті екі кездейсоқ түйін (нүкте-нүкте) арасында емес, берілген түйін (немесе түйіндер тобы) мен желінің қалған түйіндері (нүкте-көп нүкте немесе көп нүкте-нүкте) арасында жеткізуді талап етеді. Бұл опциялар әрі қарай қарастырылады.



3.5-сурет – Маршруттағы транзиттердің орташа санының орташа квадраттық ауытқуға тәуелділігі

3.4 "Көп нүкте-нүкте" топологиясы үшін үлгі әзірлеу және маршрут ұзындығын зерттеу

Көбінесе, қолданбалы тапсырмаларда желі жер бетінде немесе кеңістікте белгілі бір жолмен бөлінген көптеген нүктелерден алынған деректерді жинау мақсатында құрылады. Бұл жағдайда желінің міндеті-деректерді осы нүктелер жиынтығынан (түйіндерден) деректерді жинау немесе оларды басқа желіге немесе өңдеу құралына тасымалдау функциясын орындайтын шлюзге жеткізу.

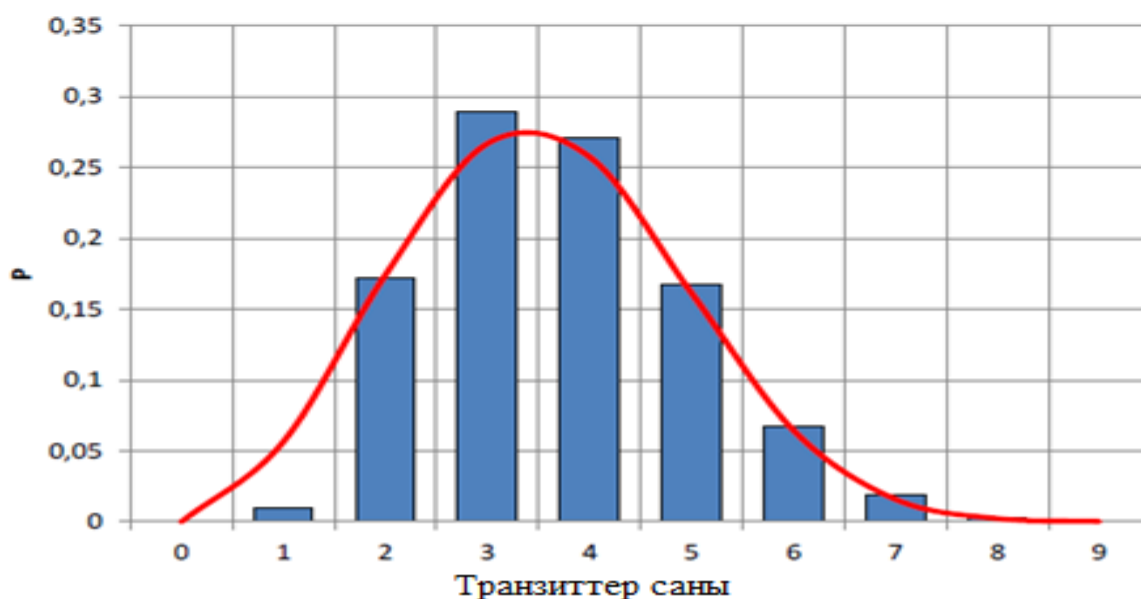
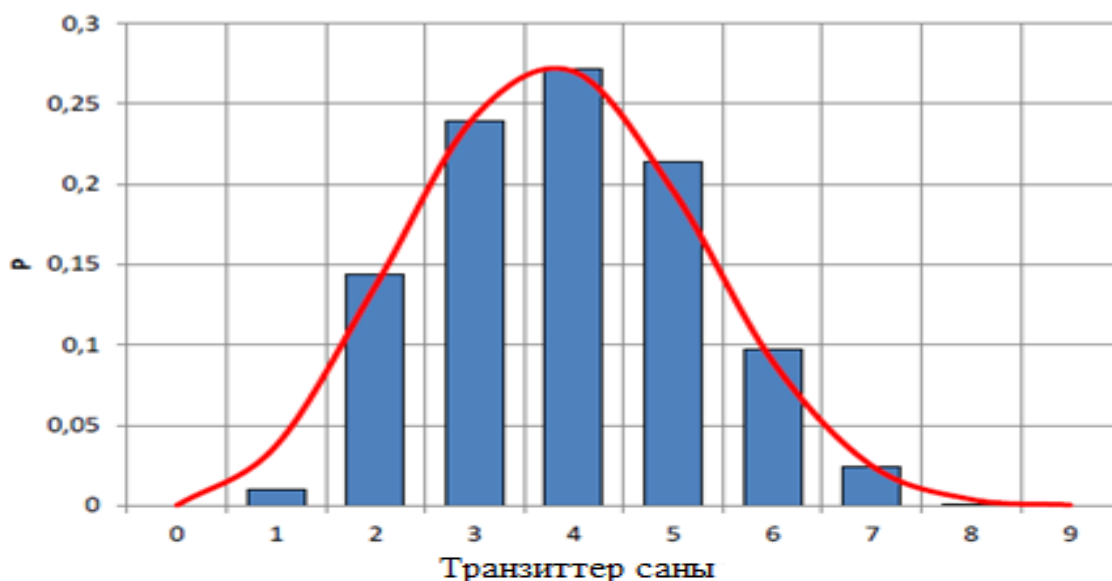
Жағдайлардың басым көпшілігінде желі шлюзі қызмет көрсету аймағының геометриялық орталығында орналасқан. Содан кейін деректерді беру бағыттары қызмет көрсету аймағының шекарасынан оның геометриялық орталығына (көпнүкте-нүкте) радиалды бағытталған.

Жоғарыда сипатталған модельдеу моделін қолдана отырып, желінің түйіндерінен қызмет көрсету аймағының геометриялық орталығында орналасқан шлюзге дейінгі маршруттардың ұзындығын бөлу алынды. Нәтижелер 3.6-суретте көрсетілген.

Жоғарыдағы суреттерден көріп отырғанымыздай, орталықтағы шлюз үшін транзиттердің орташа саны нүкте-нүкте жағдайына қарағанда аз (сурет. 3.5) және статистикалық тұрғыдан қызмет көрсету аймағындағы түйіндердің координаттарын біркелкі және қалыпты бөлу үшін тең ($3,8 + 0,5$ түйін).

Жоғарыда қарастырылған модель желінің кез-келген торабы терминал (сенсорлық) және транзиттік торап функцияларын орындай алады, ал маршрутты, сәйкесінше транзиттік тораптарды таңдау маршруттың ең төменгі

жиынтық ұзындығының өлшемімен жүзеге асырылады (желі тораптарының әрқайсысы транзиттік трафикті беруге қатыса алады).



3.6-сурет – Тең дисперсиялар кезінде (шлюзге дейін) біркелкі және қалыпты үлестіру заңдары үшін маршруттағы транзиттер саны

Айта кету керек, бірқатар практикалық іске асыруларда бұл тәсіл қолайсыз болуы мүмкін. Желі түйіндерінде автономды, ауыстырылмайтын энергия көздері болған кезде, желінің жұмыс істеу уақытын ұзарту үшін түйіндер деректерді жіберуге және қабылдауға қабілетсіз аз тұтыну ("ұйқы") режимі қолданылады.

Трафик транзиті функцияларын жүзеге асыру үшін түйіннің белсенді режимде болуы қажет. Бұл мәселені шешу үшін әртүрлі тәсілдер қолданылады, мысалы, желіні кластерлеудің әртүрлі алгоритмдері [21], уақытша бас түйіндерін пайдалану [15] немесе тұрақты сыртқы қуат көздерін пайдалану.

Кластерлеу алгоритмдері белгілі бір уақыт аралығындағы (раундтағы) желі түйіндерінің бір бөлігі ғана транзиттік функцияларды орындай алады деп болжайды, раунд аяқталғаннан кейін түйін функциялары өзгереді (көбінесе кездейсоқ).

Уақытша бас түйіндері мен сыртқы қоректенетін түйіндерді пайдалану олардың жұмыс істеу уақыты деректерді қабылдау және беру үшін энергия шығынымен байланысты емес екенін көрсетеді. Транзиттік түйіндердің қажетті санын салыстырмалы талдау үшін алдымен тұрақты бас (транзиттік) түйіндерді пайдалану мысалын қарастырыңыз.

3.3-суреттен транзиттік тораптар арасындағы байланыс қамтамасыз етілген жағдайда қызмет көрсету аймағын толығымен жабу үшін оларды тор тораптарына (50 м) орналастыруға болатындығын байқау қиын емес. Бұл мысал үшін сізге 21 транзиттік түйін қажет.

Бұл құрылымды модельдеу кезінде түйіндердің екі түрі бар деп болжанады: терминал (сенсорлық) және бас (транзиттік) түйіндер, ал сенсорлық түйін трафик транзиті функцияларын орындай алмайды.

3.7-суретте сенсорлық түйіндердің координаттарының біркелкі және қалыпты таралуы кезінде тұрақты бас түйіндерінің сипатталған нұсқасы үшін маршруттың орташа ұзындығының таралуы (транзиттер қатарында) көрсетілген.

Жоғарыда келтірілген транзиттік тораптарды детерминирленген орналастыру моделінде 21 транзиттік тораптың қызмет көрсету аймағын толық қамту үшін пайдаланылды. Маршруттарды неғұрлым толық сипаттау үшін біз қызмет көрсету аймағының ортасында орналасқан түйіннің бір түрі мен шлюзі бар желідегі көптеген транзиттік түйіндерді зерттейміз.

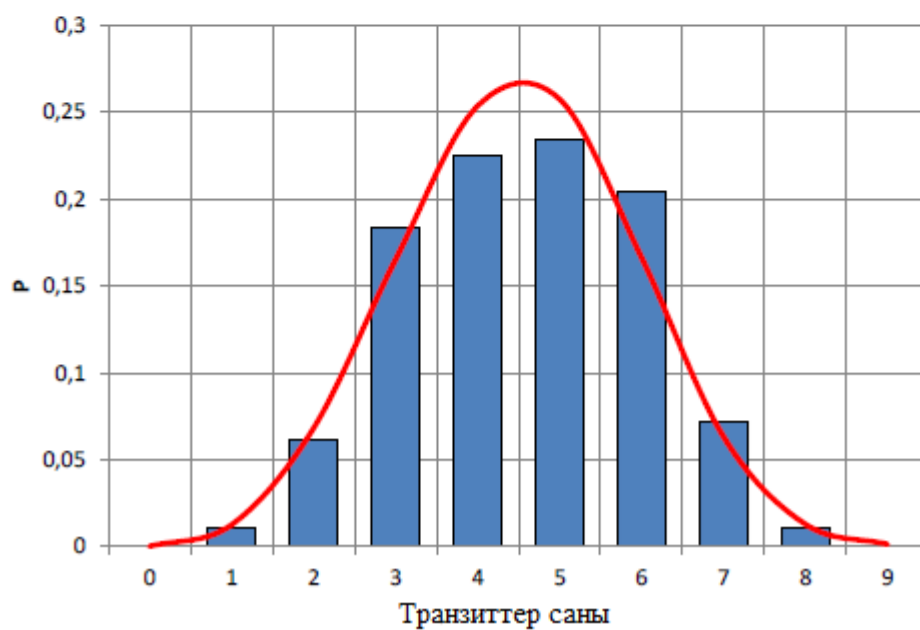
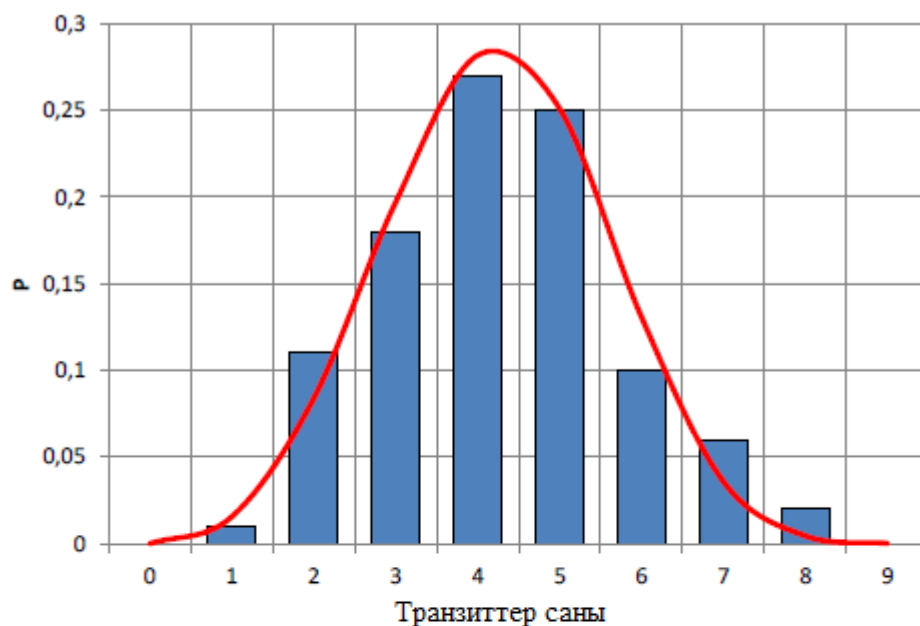
Осы мақсатта трафик транзиті үшін пайдаланылатын желі тораптарының санын (үлесін), сондай-ақ транзиттік тораптар қызмет көрсететін трафик бағыттарының санын бағалаймыз. Транзиттік торап қызмет көрсететін трафиктің бағыты бойынша біз онымен байланысқан желінің сенсорлық торабынан немесе басқа транзиттік тораптан келетін трафикті түсінеміз.

Имитациялық модельдеу нәтижелері жоғарыда сипатталған модельдердің жағдайлары үшін (100 түйін, 200×200 м, R = 50 м, орталықтағы шлюз) транзиттік ретінде 24 + 2 Түйін, түйіндердің координаттарының біркелкі және қалыпты таралуы кезінде қолданылатынын көрсетті. Бұл нәтиже жоғарыда қарастырылған 21 транзиттік торапты детерминирленген орналастыру жағдайына статистикалық тұрғыдан жақын.

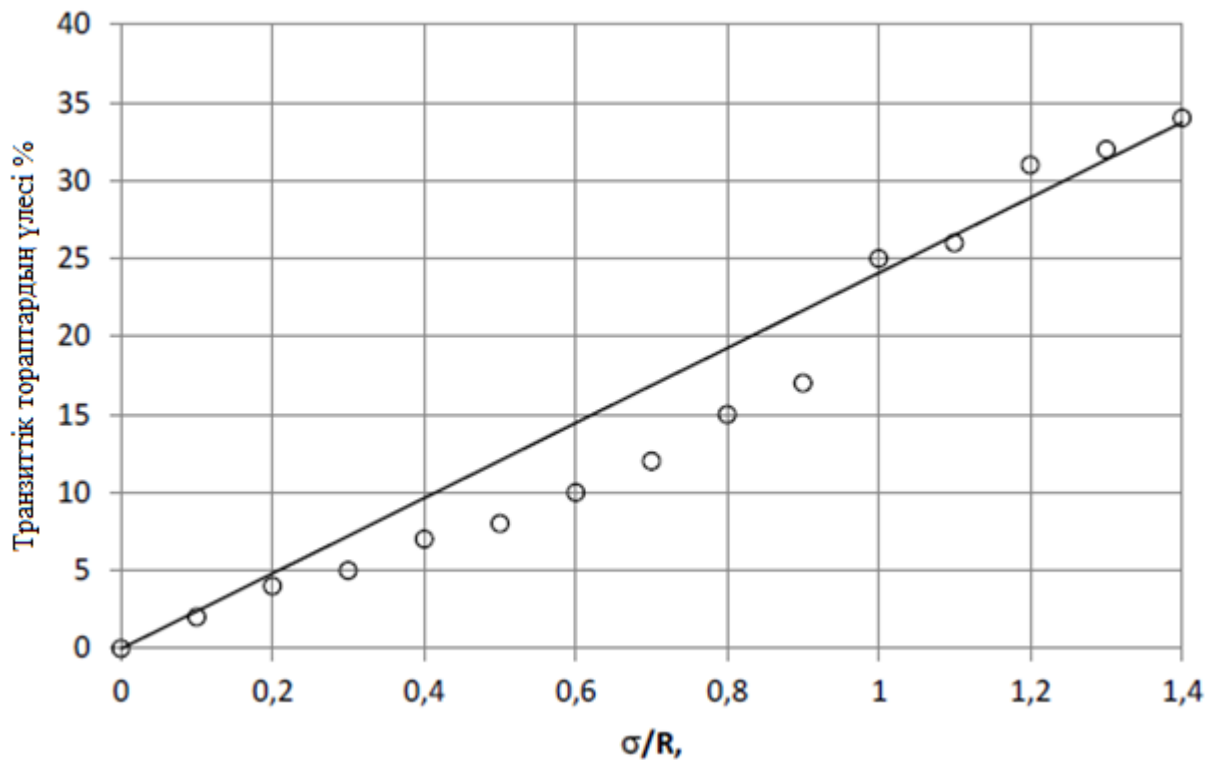
3.8-суретте транзиттік түйіндер үлесінің G/r қатынасына тәуелділігі көрсетілген.

Модельдеу нәтижелері көрсеткендей, бұл жағдайда транзит санының таралуы және транзит санының орташа мәндері статистикалық тұрғыдан бір типтегі түйіндер үшін алынған нәтижелерге тең. Бұл трафикті өткізу маршрутының ұзындығының сипаттамалары тораптардың аумақ бойынша таралу түріне байланысты емес, дисперсияға байланысты деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ, транзитті ұйымдастыру әдісін таңдау (кездейсоқ немесе детерминирленген транзиттік тораптар) маршруттардың ұзындығына әсер етпейтіні көрсетілген.



3.7-сурет – Тораптардың екі түрінің тең дисперсиялары (транзиттік тораптардың детерминирленген орналасуы) кезінде біркелкі және қалыпты таралу заңдары үшін маршруттағы транзиттердің саны (шлюзге дейін)



3.8-сурет – Транзиттік түйіндер үлесінің σ/R қатынасына тәуелділігі

Алынған нәтижелерден дисперсияның жоғарылауы (g/R қатынасы) транзиттік функцияларды орындайтын түйіндердің орташа үлесін арттыратынын көруге болады. Алынған тәуелділік түрдің эмпирикалық сызықтық тәуелділігіне жақын.

$$\eta \approx \begin{cases} k_{\tau} \frac{\sigma}{R} & \text{егер } \frac{\sigma}{R} < 1.5 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} \quad (3.3)$$

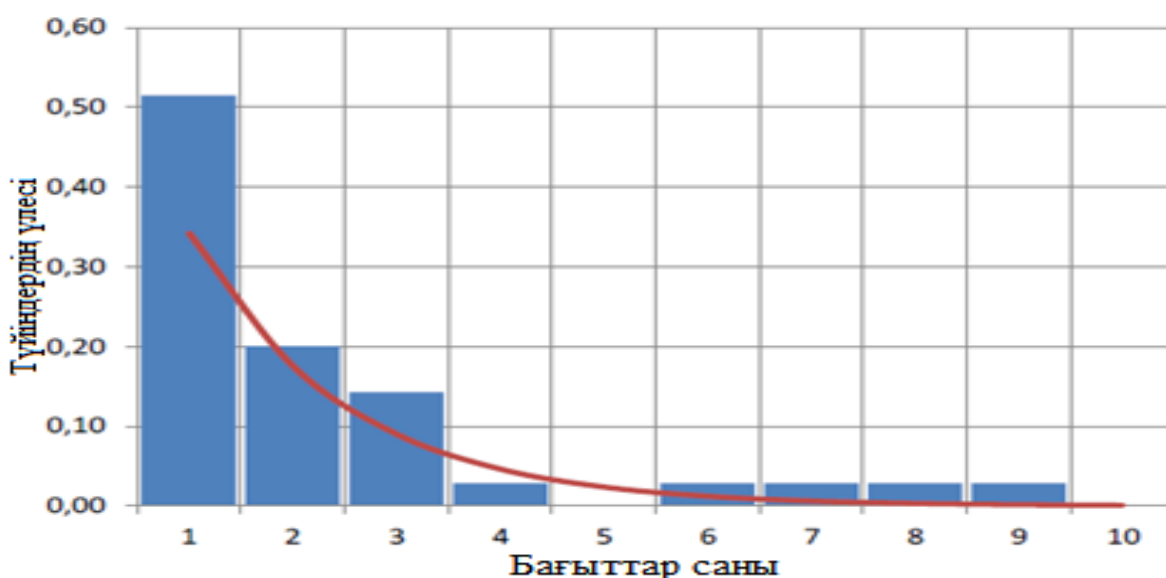
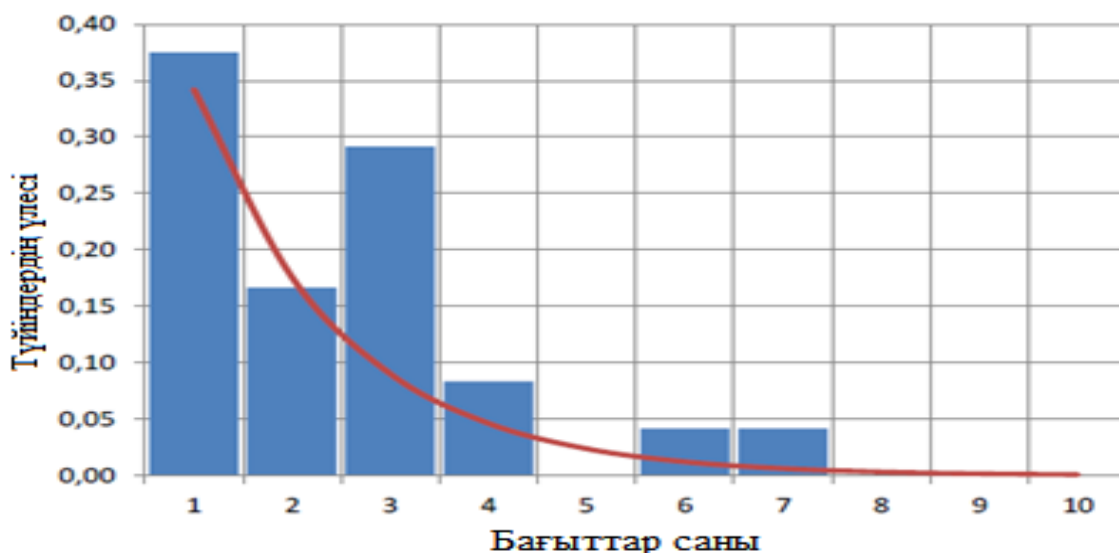
мұндағы k_{τ} = модельдеу нәтижелері бойынша 4,48.

Модельдеу нәтижелері транзиттік түйіндердің орташа саны желі байланыссыз күйге ауысқанға дейін өсетінін көрсетті [28].

Қарастырылып отырған желі құрылымында транзиттік тораптарды пайдалану (Қызмет көрсетілетін жүктеменің қарқындылығы) бірдей емес екенін атап өткен жөн. Транзиттік тораптардың жүктелу сипатын зерттеу үшін олардың қызмет көрсетілетін бағыттар саны бойынша бөлінуіне талдау жасалды. 3.9-суретте тораптардың координаттарын біркелкі және қалыпты бөлу кезінде транзиттік тораптар қызмет көрсететін бағыттар санын талдау нәтижелері келтірілген.

3.9-суретте келтірілген нәтижелер, мысалы, қалыпты үлестіру үшін, Бұл мысалда транзиттік түйіндердің шамамен 12% - ы бір транзиттік бағытқа, шамамен 5% - ы екі бағытқа және т.б. қызмет етеді, транзиттік түйіндердің 1% - ы 10 транзиттік бағыттың трафигіне қызмет етеді.

Транзиттік торап қызмет көрсететін бағыттардың орташа саны сан жағынан $2,5 + 0,5$ бағытқа тең.



3.9-сурет – Транзиттік тораптармен қызмет көрсетілетін бағыттар санын бөлу (координаттардың біркелкі және қалыпты таралуы)

Орталықта орналасқан шлюзі бар желі моделін талдау нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасауға болады:

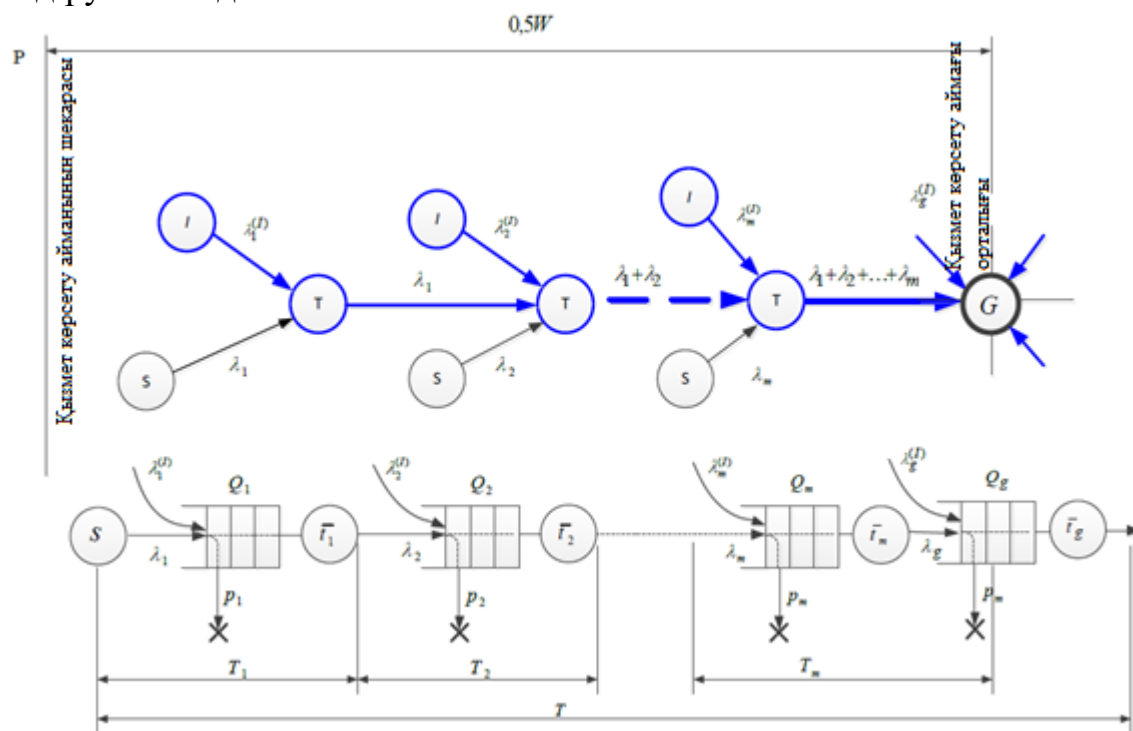
- маршруттағы транзиттердің орташа саны түйіндердің координаталық дисперсиясына байланысты және таралу түріне байланысты емес;
- бір типті тораптарды пайдалану кезіндегі маршруттағы транзиттердің орташа саны тораптардың екі түрін пайдалану кезіндегі транзиттердің орташа санына және транзиттік тораптардың арасындағы байланыс пен аумақты толық қамтыған жағдайда транзиттік тораптарды детерминирленген орналастыруға статистикалық эквивалентті;
- тораптардың бір түрі бар желідегі транзиттік тораптардың үлесі түйін координаттарының дисперсиясына байланысты және таралу түріне байланысты емес;

- транзиттік тораптардың қолданылуы әртүрлі, олар қызмет ететін бағыттардың саны әртүрлі тораптарда айтарлықтай ерекшеленеді.

3.5 Үлгіні әзірлеу және деректерді жеткізудің кешігуін зерттеу

Жоғарыда көрсетілгендей, желідегі деректерді жеткізудің уақытша параметрлерін маршрут моделі 3.1-суретте көрсетілген көп фазалы жаппай қызмет көрсету жүйесі [19] ретінде сипаттауы мүмкін.

Алайда, транзиттік түйіндердің біркелкі емес қолданылуын талдаудың нәтижелерін ескере отырып, бұл модельді 3.10-суретте көрсетілген түрге түрлендіруге болады.



3.10-сурет – Қызмет көрсету аймағының ортасында шлюзі бар желідегі трафикті өткізу маршрутының моделі

Бұл модельдің айырмашылығы-маршруттың соңғы нүктесіне (шлюзге) жақын орналасқан транзиттік тораптар маршруттың басына жақын орналасқан тораптарға қарағанда трафиктің үлкен көлеміне қызмет етеді. Маршруттың бірінші түйіні қызмет ететін трафиктің қарқындылығы тек онымен байланысты сенсорлық түйіндердің трафигі арқылы анықталады λ келесі түйіннің трафигі онымен байланысты сенсорлық түйіндердің трафик қарқындылығының қосындысы және бірінші және мүмкін басқа транзиттік түйіндердің трафигі $\lambda + \lambda_2$ және т. б.

Шлюзге түсетін трафиктің қарқындылығы максималды және оның байланыс аймағындағы сенсорлық түйіндерден келетін трафик қарқындылығының қосындысына және барлық маршруттардың трафигіне тең.

Әрине, шығынды есепке алмағанда, шлюз трафиінің қарқындылығы желінің барлық түйіндерінің трафик қарқындылығының қосындысына тең болады

Жоғарыда келтірілген модельден көріп отырғаныңыздай, қызмет көрсетудің әртүрлі кезеңдерінде трафиктің қарқындылығы әртүрлі. Ең қиын жағдайларда шлюз және маршруттардың соңғы транзиттік тораптары жұмыс істейді.

Деректерді жеткізудің кешігуін зерттеу үшін модель параметрлерін, қызмет көрсету фазаларының санын және әртүрлі фазалардағы жүктеме қарқындылығын, қызмет көрсету уақыты мен трафик ағынының қасиеттерін бағалаймыз.

Жоғарыда көрсетілгендей, қызмет көрсету фазаларының орташа саны (маршруттағы транзиттер саны) түйін координаттарының дисперсиясына байланысты және нәтижені үлкен бүтін мәнге дейін дөңгелектей отырып, эмпирикалық тәуелділікке (3.3) сәйкес есептелуі мүмкін.

Қызмет көрсету кезеңдеріне келетін трафик ағынының қасиеттері желі шешетін тапсырмаларға байланысты. Көп жағдайда мониторинг мақсатында белгілі бір τ кезеңі бар деректерді мерзімді беру қолданылады.

Бұл жағдайда бір түйін шығаратын трафик детерминирленген, бірақ желі түйіндерінің асинхронды жұмысында агрегатталған трафик кездейсоқ ағынның сипаттамаларына ие.

Пайдалы трафиктің қарқындылығы бір сенсорлық тораптың трафиінің қарқындылығымен λ_0 және бір транзиттік торап қызмет ететін d_0 бағыттарының орташа санымен анықталады. Осылайша, қызмет көрсетудің i -фазасы үшін:

$$\lambda_1 = k_a * \lambda_0$$

$$\lambda_i = k_a * \lambda_0 + \lambda_{i-1}, i=2 \dots m \quad (3.4)$$

мұндағы k_a модельдеу кезінде алынған нәтижелерге сәйкес.

i -ші транзиттік торап қызмет көрсететін тораптармен бірге байланыс аймағында немесе дәлірек айтқанда өзара әсер ету (интерференция) аймағында беруді жүзеге асыратын басқа тораптар болуы мүмкін.

Егер бірнеше түйіндер бір-бірінен өзара әсер ету радиусынан (интерференциядан) аспайтын қашықтықта болса, бір жиілік арнасында жұмыс істегенде олардың арасындағы байланыс арнасының өткізу қабілеті төмендейді. Бұл сигналдардың интерференциясына байланысты уақыт бойынша жалпы жиілік ресурсын пайдалануды бөлу қажеттілігінен туындайды.

Бұл мәселені шешу үшін кейде әртүрлі жиілік арналарында деректерді қабылдауға және беруге мүмкіндік беретін хаттамалар қолданылады [14].

Бұл жағдайда пакетті беру үшін шамамен екі есе көп уақыт жұмсалады, сонымен қатар өткізу қабілеттілігі шамамен екі есе азаяды. Бір жиілік арнасын пайдаланған жағдайда, өткізу қабілеттілігі кедергі аймағындағы түйіндер санына шамамен есе азаяды.

Бір жиілік арнасын пайдалану жағдайын қарастырайық.

Егер қарастырылып отырған транзиттік түйін әсер етуші түйіндердің белсенділігі кезінде бос тұрады (берілу ортасының босатылуын күтеді) деп есептесек, онда қарастырылып отырған модель контекстінде бұл жағдай берілген түйіннің кірісіндегі трафиктің қарқындылығы $\lambda_i + \lambda_i(I)$. интерференция аймағындағы түйіндер шығаратын трафиктің жалпы қарқындылығына тең екендігіне тең. Түйіндердің біркелкі таралуы (Пуассон өрісі) үшін бұл шаманы келесідей бағалауға болады.

$$\lambda_i = \lambda = \pi R_I^2 \rho * \lambda_0 \quad (3.5)$$

мұндағы R_I -транзиттік түйіннің кедергі аймағының радиусы (жалпы жағдайда ол R түйінінің байланыс радиусынан өзгеше болуы мүмкін);

ρ -интерференция аймағындағы түйіндердің тығыздығы (аудан бірлігінде бөлінген түйіндердің саны);

λ_0 - бір түйін шығаратын трафиктің қарқындылығы (уақыт бірлігіндегі пакеттер саны).

Желілік түйіндердің (Гаусс өрістерінің) қалыпты таралуы жағдайында интерференция аймағындағы түйіндердің саны анықталады:

$$\lambda_i = n * p_I * \lambda_0 \quad (3.6)$$

мұндағы n -түйіндердің жалпы саны;

p_I -түйіннің интерференция аймағына ену ықтималдығы, ол гауссоваполь үшін жалпы жағдайда $f(x,y)dxdy$.интерференция аймағының шекарасы бойынша координаттардың таралу тығыздығы функциясының интегралы ретінде анықталады.

Практикалық есептеулер үшін кейбір жағдайларда кедергі аймағының шекараларында түйіндердің тұрақты тығыздығы туралы болжам жасауға болады [8].

Әр түрлі жиілік арналарын пайдалану жағдайында интерференцияның әсері жойылады және транзиттік түйіннің кіруіндегі жүктеме қарқындылығы сәйкестікте анықталады (3.5). t_I і-фазасындағы қызмет көрсетудің орташа уақыты b_0 бит/с байланыс арнасы арқылы деректерді беру жылдамдығымен, сондай-ақ байланысты ұйымдастыру тәсілімен анықталады.

Пакетті тасымалдауға кететін уақыттан басқа, MAC деңгейіндегі соқтығысудың алдын алу механизмі қорғанысты енгізуді қамтиды

кездейсоқ ұзақтықты күту аралығы (backoff - интервал), бұл, сайып келгенде, осы аралықтың орташа мәніне беру уақытының ұлғаюына әкеледі, өз кезегінде оның ұзақтығы соқтығысу ықтималдығына, сондай-ақ берілісті түбіртектеуге кететін уақытқа байланысты.

Қолданылатын беру хаттамасының операцияларын орындау үшін қажетті уақытпен қатар энергияны үнемдеу мақсатында желі тораптарының әртүрлі жұмыс режимдері қолданылуы мүмкін. Бұл жағдайда түйін оған берілген

хабарламаны белгілі бір мезгіл-мезгіл қайталанатын интервал (түйіннің белсенді күйінің интервалы) ішінде ғана қабылдай алады. Бұл белсенді күйді күту қажеттілігіне әкеледі және берілу уақытын арттырады [24].

$$t = t_{MAC} + \tau \quad (3.7)$$

мұндағы t_{MAC} - қолданылатын тасымалдау протоколының (Mac деңгейіндегі) операцияларын орындау үшін қажетті уақыт;

τ -түйіннің белсенді күйін күтудің орташа уақыты. Мысалы, IEEE 802.14.5 [79] стандартын қолданған кезде, [9] сәйкес еркін арнада орташа тарату уақытын анықтауға болады

$$t_{MAC} = T_{backoff} + T_{data} + T_{ack} + T_{trt} \quad (3.8)$$

мұндағы $T_{backoff}$ -backoff интервал уақыты (әдепкі бойынша 2,368 мс);

T_{data} - деректерді беру уақыты (4,256 мс);

T_{ack} -растау хабарын жіберу уақыты (0,352 мс);

T_{trt} -Растауды күту уақыты (0,192 мс);

τ -түйіннің белсенді күйін күту уақыты.

Егер транзиттік тораптардың жұмысы үшін бір жиілік арнасы пайдаланылса, онда қызмет көрсету уақыты арнадағы деректерді беру жылдамдығымен [5]және беру хаттамасымен анықталған қосымша уақытпен анықталады. Операцияларды орындау үшін:

$$t_{fmac} = t_{MAC} \quad (3.9)$$

Егер транзиттік түйінді қабылдау және беру үшін әр түрлі жиілік арналары қолданылса [14], онда өткізу қабілеттілігі канал арқылы мүмкін болатын деректер жылдамдығының жартысына тең. Егер біз соңғы нұсқаны қарастыратын болсақ, онда қызмет көрсетудің бір кезеңінде пакеттің кешігуі келесідей анықталады.

$$t_{fmac} = 2t_{MAC} \quad (3.10)$$

T түйінінің белсенді күйін күтудің орташа уақыты белгілі бір қолданбаға тән және кең ауқымда өзгеруі мүмкін.

Қызмет көрсетудің /-ші кезеңінде күту уақытын бағалау үшін G/G / 1 жүйесінің жуықталған формуласын қолданамыз [22]

$$W_i \leq \frac{y_i \bar{t}}{2(1-y_i)} * \left(\frac{\sigma_{\beta}^2 + \sigma_{\bar{t}}^2}{\bar{t}^2} \right) \quad (3.11)$$

$y_i = \lambda_i * t$ - жүктеме қарқындылығы (Эрл);

t - орташа қызмет көрсету уақыты,с

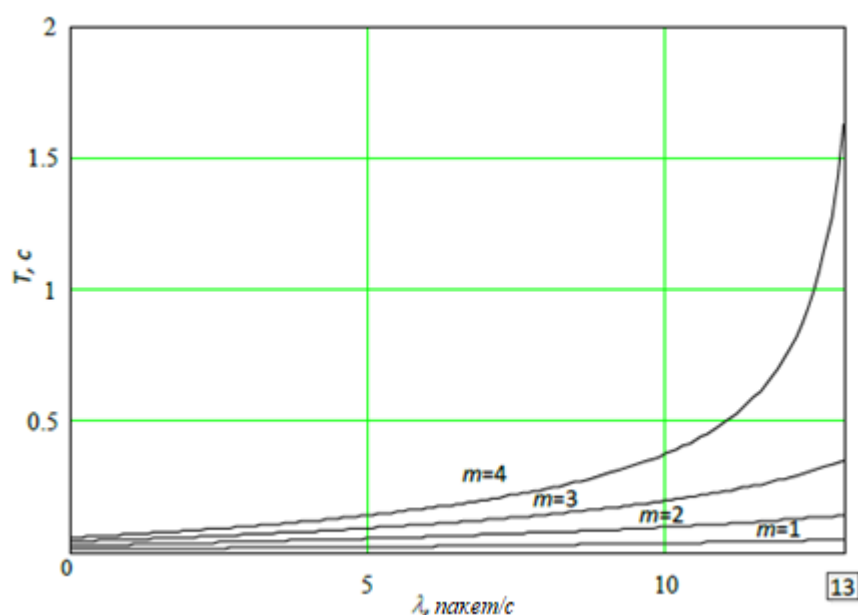
$\beta_i = \frac{1}{\lambda_i}$ - хабарламалар (пакеттер) арасындағы уақыт аралығы, с
 σ_β – хабарламалар арасындағы уақыт аралығының орташа квадраттық ауытқуы, с
 σ_t - қызме көрсету уақытының орташа квадраттық ауытқуы, с.

Пакеттің көзден шлюзге дейінгі Жеткізу уақыты қызмет көрсету кезеңдерінің әрқайсысында жеткізу уақытының қосындысы ретінде анықталады

$$\bar{T} = \sum_{i=1}^m \bar{W}_i + \bar{W}_S + (m + 1)\bar{t} \quad (3.12)$$

W_S - шлюз деңгейінде күту кідірісінің орташа шамасы 3,5 сәйкес анықталады, онда $\lambda_S = n * a_0, \gamma_S = \lambda_S * \bar{t}, \beta_S = \frac{1}{\lambda_S}, n$ – түйіннің жалпы саны.

3.11-суретте (3.11) сәйкес әр түрлі ұзындықтағы маршруттар үшін соңғы түйіннен шлюзге дейінгі деректерді жеткізудің кешігуін бағалау тәуелділігі келтірілген ($m = 1.4$).



3.11-сурет – Деректерді жеткізудің кешігуінің трафиктің қарқындылығына және маршруттағы транзиттер санына тәуелділігі

Қарастырылып отырған модельде тек λ_0 желісінің сенсорлық түйіндері шығаратын пайдалы трафик ескеріледі. Айта кету керек, нақты желіде пайдалы трафикпен қатар, қолданылатын желілік және жоғары деңгейлі хаттамалар шығаратын қызметтік трафик Бар [16].

Бұл трафиктің қарқындылығы қолданылатын хаттамаларға байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін.

Жалпы, бұл трафикті λ_0 шамасына түзету енгізу арқылы қарастыруға болады. Содан кейін, қарастырылып отырған модельде (3.10) λ_0 орнына қолданылуы керек.

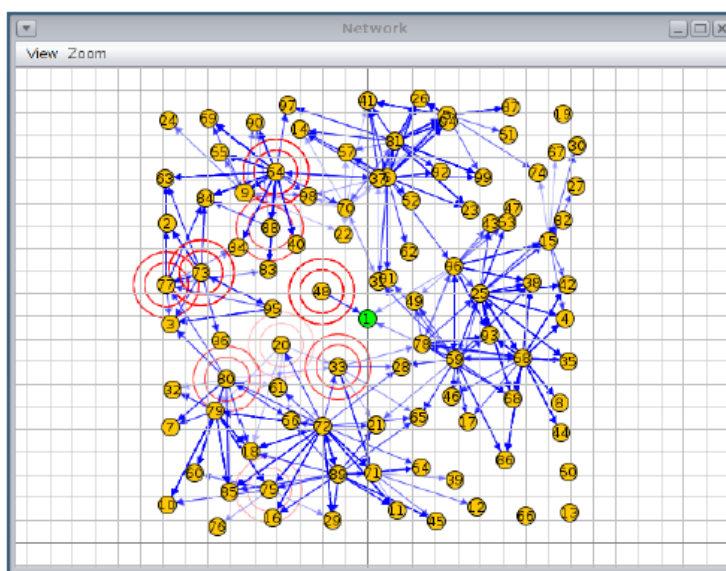
Жоғарыда келтірілген тәуелділіктерді тексеру үшін 100 түйіннен тұратын желінің модельдеу моделі жасалды. Contiki-3.0 операциялық жүйесінің Сооја тренажерінде модельдеу жүргізу туралы шешім қабылданды.

Таңдау Contiki ашық кодты Операциялық жүйе болғандықтан, ол кіріктірілген желілік жүйелерге, атап айтқанда "ақылды" құрылғыларға арналған. Contiki UDP, TCP және HTTP сияқты стандартты протоколдары бар IP желілерінің толық стегін, сондай-ақ төмен қуатты желілерге арналған стандарттарды қолдайды 6lowpan, RPL, және CoAP.

Contiki операциялық жүйесі++ бағдарламалау тілінде жүзеге асырылады және әртүрлі микропроцессорлық және аппараттық конфигурацияларды қолдайды. Contiki IPv4 және IPv6 қосылымдарын иір протоколдарының стектері арқылы қамтамасыз етеді иіrv6 [11]. UIIPv6 стегі-IPv6 Ready сертификатын алған "ақылды" құрылғыларға арналған жалғыз IPv6 стегі, бұл желі деңгейінде әртүрлі тапсырмалар класын шешу үшін әртүрлі Contiki ОЖ модульдерін пайдалануға мүмкіндік береді [13].

Contiki желілік процестерінің сооја тренажері әртүрлі желілерді модельдеу процедурасын жеңілдетеді. Сооја-дағы модельденген түйіннің үш негізгі қасиеті бар: жадтағы деректер, түйін түрі, және оның компоненттері. Түйін түрі түйіндер үшін жалпы қасиеттерді анықтайды. Мысалы, бір типтегі түйіндер бірдей модельденген аппараттық архитектурада бірыңғай бағдарламалық кодты іске қосады.

Басқа тренажерлерден (NS3, TOSSIM, AVRORA) Сооја-ның бір ерекшелігі-Сооја бір уақытта үш түрлі деңгейді басқаруға мүмкіндік береді: желілік деңгей, Операциялық жүйе деңгейі және машина кодтарының Нұсқаулық деңгейі [23].



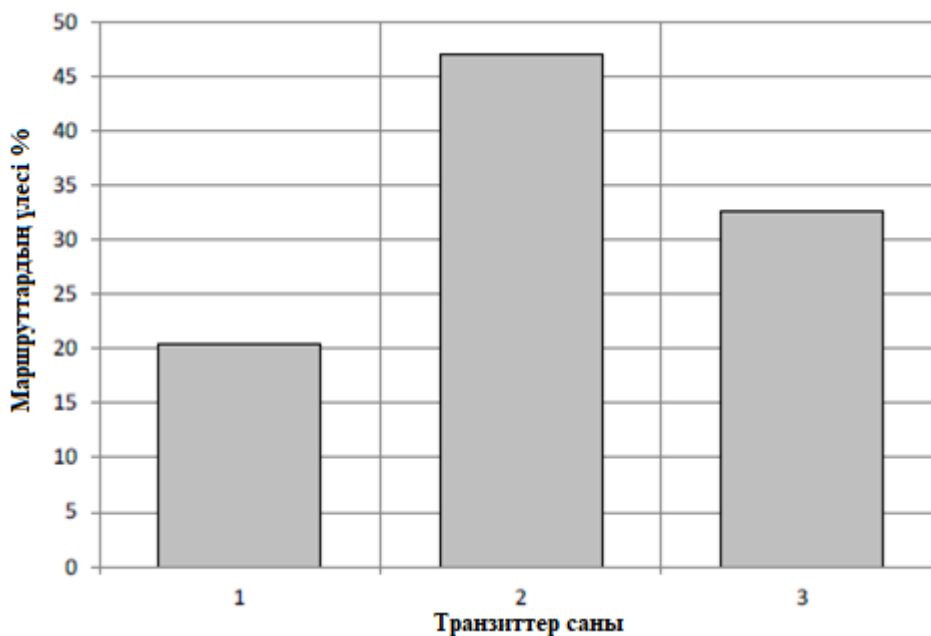
3.12-сурет – Contiki-3.0 симуляторындағы сенсорлық желі моделі (100 түйін, қызмет көрсету аймағы 200×200 м)

Желі моделіне оралу. Желінің қызмет көрсету аймағы 200×200 м. желі екі түйін түрінен тұрады: сенсорлық түйіндер және шлюз. Желі пакеттерді сенсорлық түйіндерден деректерді жинау Түйініне (шлюзге) жеткізуден тұратын деректерді жинау функцияларын шешеді. Сенсорлық түйіндер трафик көздерінің функцияларын, сондай-ақ транзиттік тораптардың функцияларын орындайды және деректерді жеткізу маршруттарына кіре алады. Шлюз қызмет көрсету аймағының геометриялық орталығында орналасқан және сенсорлық түйіндерден деректерді қабылдайтын жалғыз түйін болып табылады. Модельдің иллюстрациясы 3.12-суретте көрсетілген. Түйіннің радиоарнасының моделі R радиусымен сипатталады, ол бұл жағдайда $R = 50$ м-ге тең таңдалады.

Бұл модельде R -ден аспайтын қашықтықта орналасқан барлық түйіндер деректерді беру үшін қол жетімді деп болжанады. Модельдегі байланыс радиусымен қатар интерференция аймағының радиусы берілген, бұл жағдайда $RI = 75$ м. модельде RI -ден аспайтын қашықтықта орналасқан барлық түйіндер деректерді беру кезінде бір-біріне кедергі келтіреді деп болжанады. Сенсорлық түйіндерден шлюзге деректерді жеткізу маршруттарын таңдау үшін RPL протоколы қолданылады [19].

Бұл хаттаманы желінің қозғалмайтын түйіндері жағдайында [10] қолданған жөн, осылайша қызметтік трафиктің аз мөлшері жасалады.

3.13-суретте RPL маршруттау протоколы трафикті өткізу үшін таңдайтын транзиттер санына маршруттардың ұзындығын бөлу көрсетілген.



3.13-сурет – Үлгіленген желіде маршрут ұзындықтарының (транзиттер саны бойынша) таралуы (RPL хаттамасын пайдалану)

Жоғарыдағы суреттен көріп отырғаныңыздай, маршруттың орташа ұзындығы (2,4) жоғарыда алынған мәндерден біршама аз (сурет. 3.6) (3,8 + 0,5) ең қысқа жолды іздеу алгоритмі арқылы ең қысқа маршруттарды табу кезінде.

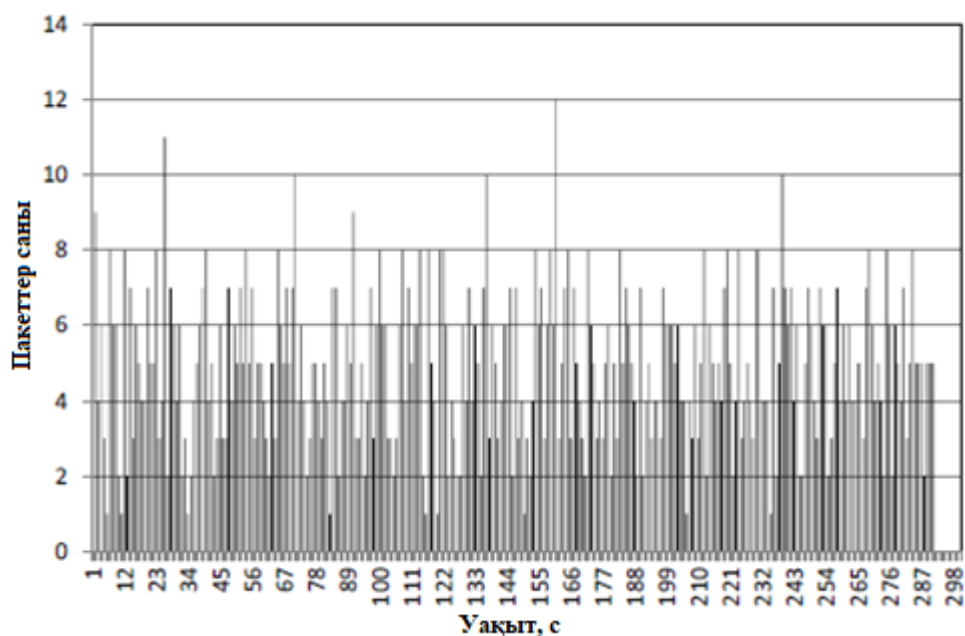
Бұл RPL протоколының ерекшелігіне байланысты, ол маршрутты бағалау ретінде қашықтық метрикасын пайдаланбайды. Аналитикалық модельді қолданған кезде бұл айырмашылықты γ_R түзету коэффициенті ретінде қарастыруға болады. Модельдеу нәтижелері бойынша $\hat{m} = \gamma_R \cdot m$ бұл коэффициенттің мәні 0,63 құрайды. Содан кейін транзиттердің түзетілген орташа санын келесідей анықтауға болады

3.14-суретте шлюз деңгейінде трафик ағынын іске асыру көрсетілген (уақыт аралығындағы пакеттер саны 1 с-қа тең).

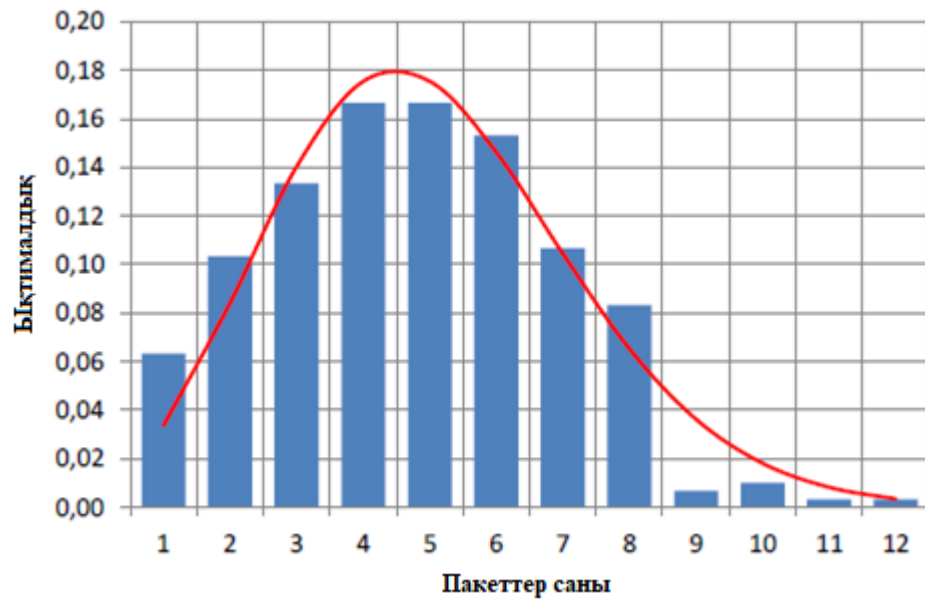
Шлюзге түсетін пакеттер санын уақыт аралығы бойынша бөлу 3.15-суретте келтірілген. Сол графикте алынған үлестірімді Пуассон үлестірімімен жуықтау берілген.

Талдау көрсеткендей, шлюз деңгейіндегі трафик ағыны практикалық мақсаттар үшін жеткілікті дәлдікпен қарапайым ағын моделімен сипатталуы мүмкін. Алынған нәтиже қарапайым ағынның қасиеттеріне сүйене отырып, модельдегі (3.10) $\sigma\beta$ пакеттері арасындағы уақыт интервалдарының орташа квадраттық ауытқу шамасын таңдауға мүмкіндік береді, бұл жағдайда интервалдың орташа мәніне тең болады.

Айта кету керек, ағынның қасиеттері тораптар шығаратын трафиктің сипатына байланысты және жалпы жағдайда қарапайым ағынның қасиеттерінен өзгеше болуы мүмкін. Сондықтан алынған нәтиже тек осы модель контекстінде қарастырылуы керек.



3.14-сурет – Шлюз деңгейінде трафикті жүзеге асыру (1 с аралықтағы пакеттер саны)



3.15-сурет – Келіп түскен пакеттер санын желі шлюзіне бөлу

3.16-суретте пакеттің сенсорлық түйіннен шлюзге дейінгі жеткізу уақытының графигі көрсетілген. Графикте түйіндердің координаттарын аумақ бойынша бөлудің екі түрі үшін модельдеудің теориялық (3.10) нәтижелері мен нәтижелері келтірілген: біркелкі және қалыпты. Екі жағдайда да түйін координаттарының дисперсиясының бірдей мәндері таңдалады. Жоғарыда келтірілген тәуелділіктерден көрініп тұрғандай, трафиктің қарқындылығының артуы деректерді жеткізудің кешігуіне әкеледі.

Түйіндердің координаттарын бөлудің әртүрлі түрлері үшін нәтижелерді салыстырмалы талдау қалыпты үлестіру жағдайында, салыстырмалы түрде жоғары жүктеме мәндерінде пакетті жеткізудің үлкен кідірісі болатынын көрсетті [20]. Бұл маршруттың соңғы учаскелеріндегі үлкен жүктеменің салдары болып табылады және шлюз деңгейінде көбірек көрінеді.

Біркелкі координаталық үлестірумен салыстырғанда үлкен жүктеме қарқындылығы қалыпты координаталық үлестіру жағдайында түйіндердің біркелкі емес тығыздығымен түсіндіріледі, бұл қызмет көрсету аймағының ортасында, яғни шлюз орналасқан жерде ең үлкен мәнге ие.

Жоғары жүктеме (шамадан тыс жүктеме) кезінде модельдеу нәтижелері сәтсіз (қайталанатын) пакеттер санының күрт өсуінен туындаған кідіріс мәндерінің айтарлықтай таралуын көрсетті.



3.16-сурет – Тораптардың координаттарын біркелкі және қалыпты бөлу үшін жеткізудің кешігуінің трафик қарқындылығына тәуелділігі (орташа ұзындық – транзиттер саны 3)

Орташа және төмен жүктемелер жағдайында жеткізудің кешігу мәндері координаттарды бөлудің екі түрі үшін де статистикалық жақын.

Имитациялық және аналитикалық модельдеу нәтижелерін салыстыру олардың шағын орташа жүктемелер саласында жеткілікті жақын (20% - дан аспайтын ауытқу) екенін көрсетті. Шлюздің шамадан тыс жүктелуі байқалатын жүктеме мәндері саласында елеулі ауытқулар байқалады.

Осылайша, көп фазалы СМО моделін оның параметрлерін барабар таңдау арқылы пайдалану практикалық мақсаттар үшін жеткілікті үлкен түйіндері бар желідегі маршруттың деректерді жеткізу уақытын жеткілікті дәлдікпен бағалауға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Хабарламаны (пакетті) БСЖ-ға жеткізу уақыты маршруттың ұзындығымен және осы маршруттың учаскелерінде пакетті жеткізу уақытымен анықталатыны анықталды.

Маршруттардың ұзындығын талдау көрсеткендей, маршруттардың ұзындығын бөлу функцияларын желідегі кездейсоқ маршруттар (нүкте-нүкте) үшін де, қызмет көрсету аймағының ортасында орналасқан шлюзге дейінгі маршруттар (мультиточка-нүкте) үшін де вейбуллдың таралуы арқылы сипаттауға болады.

Тегіс қызмет көрсетілетін аумақ бойынша тораптардың әртүрлі таралуы бар БСЖ-дағы маршруттарды талдау нәтижелері маршруттардың орташа ұзындығы тораптардың координаталық дисперсиясына байланысты және тораптардың аумақ бойынша таралу түріне байланысты емес екенін көрсетті. Дисперсияның жоғарылауы желінің байланысы төмендегенге дейін маршрут ұзындығының өсуіне әкеледі. Практикалық есептеулер үшін жеткілікті дәлдікпен бұл тәуелділік сызықтық функциямен сипатталады.

Егер шлюз қызмет көрсету аймағының ортасында орналасса, онда маршруттың орташа ұзындығы кездейсоқ маршруттарға қарағанда аз болатындығы анықталды.

Желідегі маршруттарды талдау желідегі транзиттік түйіндердің орташа саны түйіндердің координаталық дисперсиясына байланысты екенін және олардың қызмет көрсету аумағы бойынша таралу түріне байланысты емес екенін көрсетті. Дисперсияның өсуімен желідегі транзиттік түйіндердің үлесі желінің байланысы төмендегенге дейін артады. Практикалық есептеулер үшін жеткілікті дәлдікпен бұл тәуелділік сызықтық функциямен сипатталады.

БСЖ - дағы маршруттарды талдау транзиттік тораптар қызмет көрсететін бағыттардың саны бірдей емес екенін көрсетті. Маршруттардың ең көп жүретін бөлігі-маршруттың соңғы түйіні мен желінің шлюзі арасындағы учаске, ең аз жүктелген-маршруттардың бастапқы учаскелері.

Дереккөз түйіндерінен желі шлюзіне деректерді жеткізудің кешігу моделін көп фазалы СМО сипаттауы мүмкін, бұл ретте қызмет көрсету фазаларының әрқайсысында сигналдардың интерференциясы мен желі түйіндерінің жұмыс режимдеріне байланысты өткізу қабілетінің төмендеуі ескерілуі тиіс.

Транзитті бір жиілік арнасында ұйымдастырған кезде қызмет көрсету фазаларының әрқайсысының моделіндегі сигналдардың интерференциясын есепке алу үшін транзиттік тораптың интерференция аймағына түсетін желінің әсер ететін тораптарының трафигі ескерілуі тиіс.

Транзитті әртүрлі жиілік арналарында ұйымдастырған кезде транзиттік тораптар арналарының өткізу қабілеттілігінің төмендеуіне байланысты пакеттерге қызмет көрсету уақытының ұлғаюын ескеру қажет.

Қызмет көрсету кезеңдерінің әрқайсысында smo моделі ретінде G/G/1 күту уақытының жоғарғы шекарасының аналитикалық моделін пайдалануға болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҖАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1.Акимов, Е. В. Проектирование рациональной топологии беспроводных сенсорных сетей :автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.12.13 / Акимов Евгений Вячеславович. – М., 2010. – 23 с.

2.Аль-Кадами, Н. А. Оценка и сравнительный анализ алгоритмов маршрутизации для гомогенных и гетерогенных беспроводных сенсорных сетей / Н. А. Аль-Кадами // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2014. – № 4 (8). – С. 40–48.

3.Асанов, М. О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы / М. О. Асанов, В. А. Баранский, В. В. Расин. – М. : РХД, 2001. – 288 с.

4.Бузюков, Л. Б. Анализ влияния алгоритмов выбора головного узла на параметры функционирования БСС при различном распределении узлов по территории / Л. Б. Бузюков, Д. В. Окунева // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2016. – Т. 4. № 3. – С. 40–48.

5.Бузюков, Л. Б. Анализ временных параметров обслуживания трафика беспроводной самоорганизующейся сети / Л. Б. Бузюков, Д. В. Окунева, А. И. Парамонов // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. – 2016. – Т. 10. № 10. – С. 66–75.

6.Бузюков, Л. Б. Анализ модели сенсорной сети при неравномерном распределении устройств / Л. Б. Бузюков, Д. В. Окунева // III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» : сб. науч. ст. – СПб., 2014. – С. 200–203.

7.Бузюков, Л. Б. Анализ связности БСС при различных распределениях узлов / А. И. Парамонов, Л. Б. Бузюков, Д. В. Окунева // 71-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио: труды конференции. – СПб., 2016. – С. 179–180.

8.Бузюков, Л. Б. Анализ связности самоорганизующейся беспроводной сети при различном распределении узлов по территории / Л. Б. Бузюков, Д. В. Окунева, А. И. Парамонов // Электросвязь. – 2016. – № 9. – С. 58–62.

9.Бузюков, Л. Б. Исследование характеристик самоорганизующейся беспроводной сети при различных способах размещения узлов / Л. Б. Бузюков, Д. В. Окунева, А. И. Парамонов // Труды учебных заведений связи. – 2016. – Т. 2. № 1. – С. 28–32.

10.Бузюков, Л. Б. Проблемы разработки оптимального алгоритма выбора головного узла сенсорной сети / Л. Б. Бузюков, Д. В. Окунева // Труды Северо-

Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – 2014. – № 1. – С. 118–120.

11. Бузюков, Л. Б. Сравнительный анализ симуляторов Cooja и NS-3 / Л. Б. Бузюков, Д. В. Окунева // IV Международная научно-техническая и научно-

методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании»: сб. науч. ст. в 2 т. Т. 1. – СПб., 2015. – С. 260–264.

12. Вадзинский, Р. Н. Справочник по вероятностным распределениям / Р. Н. Вадзинский. – СПб.: Наука, 2001. – 293 с.

13. Вентцель, Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М.: Высшая школа, 2000. – 388 с.

14. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1959.

15. Гольдштейн, Б. С. Сетевая связь пост-NGN / Б. С. Гольдштейн, А. Е. Кучерявый. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 160 с.

16. Гольдштейн, Б. С. Сети связи: учебник для вузов / Б. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Г. Г. Яновский. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 400 с.

17. Имитационная модель инсталляции сенсоров с квадрокоптера на заданной территории / Ч. З. Динь, Р. В. Киричек, А. И. Парамонов, А. Е. Кучерявый // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2015. – № 2 (10). – С. 93–100.

18. Дистель, Р. Теория графов / Р. Дистель. – Новосибирск: «Издательство института математики», 2002. – 336 с.

19. Карташевский, В. Г. Сети подвижной связи / В. Г. Карташевский, С. Н. Семенов, Т. В. Фирстова. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 299 с.

20. Кендалл, М. Многомерный статистический анализ и временные ряды / М. Кендалл, А. Стюарт. – М.: Наука, 1976. – 736 с.

21. Эволюция исследований в области беспроводных сенсорных сетей / Р. В. Киричек, А. И. Парамонов, А. В. Прокопьев, А. Е. Кучерявый // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2014. – № 4 (8). – С. 29–41.

22. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.

23. Колчин, В. Ф. Случайные графы / В. Ф. Колчин. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 256 с.

24. Кох, Р. Эволюция и конвергенция в электросвязи / Р. Кох, Г. Г. Яновский. – М.: Радио и связь, 2001. – 280 с.

25. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес. – М.: Мир, 1978. – 430 с.

26. Кучерявый, А. Е. Анализ алгоритмов выбора головного узла во всепроникающих сенсорных сетях / А. Е. Кучерявый, Д. В. Окунева // 68 научно-техническая конференция, посвященная Дню радио: тр. конф. – СПб., 2013. – С. 10.

27. Кучерявый, А. Е. Выбор головного узла кластера в однородной беспроводной сенсорной сети / А. Е. Кучерявый, А. Салим // Электросвязь. – 2009. – № 8. – С. 32–36.

28. Кучерявый, А. Е. Выбор головных узлов в однородной беспроводной сенсорной сети для обеспечения полного покрытия / А. Е. Кучерявый, А. Салим // 64-я научно-техническая конференция, посвященная Дню радио: тр. конф. – СПб., 2009. – С. 106.

ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

ССЖ-Сымсыз сенсорлық желі
БІУС-Біқтимал уақыт сипаттамалары
ХЭБО-Т Халықаралық электр байланысы одағы (сектор телекоммуникациялық стандарттау)
СА-Стандартты ауытқу
КЖ-Кезек жүйесі
ТЖ-Төтеншежағдай
CHS-Cluster Head Selection
CoAP-Constrained Application Protocol
DSN-Digital Network System
DTN-Delay-Tolerant Network
HTTP-Hyper Text Transfer Protocol
IEEE-Institute ofElectricaland Electronics Engineers
IoT-Internet ofThings
IP-Internet Protocol
IPV4-Internet Protocol version 4
IPV6-Internet Protocol version 6
ITU-TInternationalTelecommunication Union, TelecommunicationStandartizationSector
LEACH-Low Energy Adaptive Cluster Hierarchy
6LoWPAN-Low Energy IPv6 Protocol for WPAN
MAC-Media Access Control
M2M-Machine-to-machine
NGN-Next Generation Network
P2P-Peer-to-Peer, Point-to-Point
PEGASIS-Power-EffecientGatharinginSensor Information Systems
QoS-Quality of Service
RPL-Routing Protocol forLow-Power andLossy Networks
TEEN-Thershold-sensitive Energy EfficientProtocols
UDP-User Datagram Protocol
USN-UbiquitousSensor Networks
Wi-Fi-Wireless Fidelity
WiMax-Worldwide InteroperabilityforMicrowawe Access
WoT-Web ofThings
WPAN-Wireless Personal Area Protocol
WSN-Wireless Sensor Network

СЫН ПІКІР

Тыныштық Іңкәр Әбішқызы

6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: Сымсыз сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін модельдеу және талдау

Орындалды:

- а) графикалық бөлім *26* парақ;
б) түсініктеме *54* бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Сымсыз сенсорлық желілер (ССЖs) – кеңістікте таралған көптеген сымсыз сенсорлық түйіндерден тұратын және қоршаған ортаның сипаттамаларын бақылауға немесе онда орналасқан объектілерді басқаруға арналған өздігінен ұйымдастырылатын желілер қарастырылған.

Топологияны зерттеу және желідегі түйіндердің біркелкі таралуымен жұмыс істеу параметрлерін бағалау үшін сымсыз сенсорлық желілердің модельдік ауқымын кеңейту болып табылады.

1) ССЖ зерттеу саласындағы заманауи желілік модельдер талданған.

2) ССЖ қосылу мүмкіндігі түйіндердің қалыпты және мультимодальды таралулары үшін зерттеледі және қарастырылатын таратулар үшін желілік қосылуға әсер ететін көрсеткіштер белгіленді.

3) Қалыпты және мультимодальды түйіндерді тарату үшін маршрут ұзындығы, транзиттік түйіндердің саны және деректерді жеткізудің кешігулер сияқты ССЖ жұмыс параметрлері зерттелген.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер. Жұмыста грамматикалық қателер кездеседі. Ескерту ретінде, түйіндердің координаттарын бөлудің әртүрлі түрлері қарастырылмаған.

Студент Тыныштық Іңкәр дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "98/A+/ өте жақсы" деп бағаланды, ал студент ал Тыныштық Іңкәр 6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының "Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар" саласының бакалавры дәрежесіне сай деп санаймын.

Рецензент

ҚазҰАЗУ, доктор PhD.,

қауымд. профессоры

Ж. А. Ә.
ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ
ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ
«*АТ*» ИНЖЕНЕРЛІК-ТЕХНИКАЛЫҚ
ФАКУЛЬТЕТІ
2024 ж.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ШКІРІ
ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСҚА

Тыныштық Іңкәр Әбішқызы

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: Сымсыз сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін модельдеу және талдау

Бұл дипломдық жұмыста сымсыз сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін модельдеу және талдау қарастырылды.

Сымсыз сенсорлық желілер (ССЖs) – кеңістікте таралған көптеген сымсыз сенсорлық түйіндерден тұратын және қоршаған ортаның сипаттамаларын бақылауға немесе онда орналасқан объектілерді басқаруға арналған өздігінен ұйымдастырылатын желілер.

Әртүрлі өлшемдегі желілерді іске асыруға және олардың конфигурациясын басқаруға мүмкіндік беретін физикалық, деректер байланысы және желілік деңгейлерде қолданылатын әртүрлі технологиялар бар.

- 1) Қызмет көрсету аймағында тораптарды бөлу тәсілдерін қарастырылған.
- 2) Біркелкі және қалыпты таралу заңдары үшін маршруттағы транзит саны (бірдей дисперсиямен) 34 абонент үшін есептелді.
- 3) Түйіндік байланыс радиусы R және түйіндердің біркелкі таралуы бар сымсыз сенсорлық желілердің модельдері жасалды.
- 4) Соожа симуляторы негізіндегі Contiki 3.0. сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсетілу қарастырылып, параметрлері имитациялық модельденді.

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

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. қауымд. профессоры

PhD, докторы

К.Н.Тайсариева

2024 ж.



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

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

Автор: Тыныштық Іңкәр Әбішқызы

Тақырыбы: Сымсыз сенсорлық желі трафигіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін модельдеу және талдау

Жетекшісі: Кырмызы Тайсариева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.3

2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.3

Дәйексөз (35): 0.4

Әріптерді ауыстыру: 16

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:

2024-05-24

Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тыныштық Іңкэр Әбішқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Сымсыз сенсорлық желі трафігіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін модельдеу және талдау

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 3.3

Коэффициент Подобия 2: 1.3

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 16

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

2024-05-24

Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тыныштық Іңкәр Әбішқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Сымсыз сенсорлық желі трафігіне уақытша қызмет көрсету параметрлерін модельдеу және талдау

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 3.3

Коэффициент Подобия 2: 1.3

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 16

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

2024-05-24

Дата



Сұңғат Марксұлы

проверяющий эксперт