

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Нұрахмет Бекзат Берікұлы

«Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

« 30 » 05 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін зерттеу»

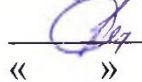
6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:

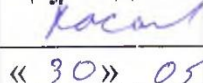


Б.Б. Нұрахмет

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

 М.М. Ермекбаев
« ___ » 2024 ж.

Ғылыми жетекші
ҚазҰТЗУ, т.ғ.м., Электроника,
телекоммуникация және ғарыштық
технологиялар кафедрасының
Қауымдастырылған профессоры

 А.О. Касимов
« 30 » 05 2024 ж.

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Нұрахмет Бекзат Берікұлы*
Тақырыбы «*Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін зерттеу*»
Университет ректорының «04» желтоқсан 2023 ж. №548-П/Ө
бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) *Бесінші буын байланыс желілері бойынша ХТО-Т және ХТО-Р ұсынымдары*; 2) *IMT-2000 стандарттар тобын әзірлеу тұжырымдамасы*; 3) *IEEE 802.11 технологияларын пайдалану кезінде кластерлеу*; 4) *IMT-2020 желісіндегі жоғары деңгейлі QoS мүмкіндіктері*.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) *Байланыс желілерін дамытудың негізгі бағыттарын талдау*; б) *Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін құруға арналған D2D желілерін талдау*; в) *4G желілеріндегі қызметтер үшін таратылған D2D архитектурасын модельдеу* г) *Қоршаған орта кеңістігінің гетерогенді құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы желіні жоспарлау әдісін зерттеу*.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 1) *Paramonov A., Muthanna A., Koucheryayev A., Aboulola O.I., Alharbey R., Elgendy I.A., Tonkikh E. Beyond 5G network architecture study: fractal properties of access network. Applied Sciences (Switzerland). 2020. T.;* 2) *Кучерявий, А.Е. Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками / А.Е. Кучерявий, М.А. Маколкина, Р.В. Киричек // Электросвязь. – 2016.* 3) *Galinina, O. 5G Multi-RAT LTE-WiFi Ultra-Dense Small Cells: Performance, Dynamics, Architecture, and Trends / O.Galinina, A.Pyattaev, S.Andreev et al. // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – March 2015. –P.1224-1240.* 4) *Футахи А., Сенсорные сети в гетерогенной зоне системы*

длительной эволюции / А. Футахи, А.И.Парамонов, А.В. Прокопьев, А.Е.Кучерявый // Электросвязь, No3, 2015.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫ (ЖОБАНЫ) ДАЙЫНДАУ
КЕСТЕСІ

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


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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Касимов А.О. ЭТЖҒТ каф.қауым.профессоры, т.ғ.к.	01.02.2024	Касимов
Теориялық ақпарат	Касимов А.О. ЭТЖҒТ каф.қауым.профессоры, т.ғ.к.	01.03.2024	Касимов
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, PhD	25.05.2024	Досбаев

Ғылыми жетекшісі

 А.О. Касимов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

 Б.Б. Нұрахмет

Күні «22» желтоқсан 2023 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыстың теориялық маңыздылығы, ең алдымен, желінің қоршаған ортасының өзіне ұқсас сипаттамаларын ескере отырып, жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін жоспарлау әдістерін әзірлеу және зерттеу және осы мақсат үшін геометриялық фракталдарды пайдалану болып табылады. Жоспарланған желінің гетерогенді қоршаған орта кеңістігінің сипаттамаларын ұсыну үшін Гильберт қисығын қолдану негізінде жоғары тығыздықтағы желіні жоспарлау әдісін әзірлеу бұл тәсілдің жоғары тиімділігін дәлелдеді, бұл біртекті кеңістік үшін желіні жоспарлаумен салыстырғанда хабарламаларды бағыттау кезінде транзиттік учаскелер санын екі еседен астам азайтуға мүмкіндік берді. Бұл жоғары тығыздықтағы желінің қоршаған орта кеңістігінің өзіндік ұқсастығын ескере отырып, желінің табиғи кластерленуімен түсіндіріледі.

АННОТАЦИЯ

Теоретическая значимость дипломной работы заключается, прежде всего, в разработке и изучении методов планирования сетей связи высокой плотности с учетом характеристик, сходных с самой средой сети, и в использовании для этой цели геометрических фракталов. Разработка метода планирования сети с высокой плотностью на основе использования кривой Гильберта для представления характеристик неоднородного окружающего пространства запланированной сети доказала высокую эффективность этого подхода, что позволило более чем вдвое сократить количество транзитных участков при пересылке сообщений по сравнению с планированием сети для однородного пространства. Это объясняется естественной кластеризацией сети с учетом своеобразного сходства окружающего пространства сети с высокой плотностью.

ANNOTATION

The theoretical significance of the thesis lies, first of all, in the development and study of methods for planning high-density communication networks, taking into account characteristics similar to the network environment itself, and in the use of geometric fractals for this purpose. The development of a high-density network planning method based on the use of the Hilbert curve to represent the characteristics of the inhomogeneous surrounding space of the planned network proved the high efficiency of this approach, which allowed more than halving the number of transit sections when forwarding messages compared to network planning for a homogeneous space. This is explained by the natural clustering of the network, taking into account the peculiar similarity of the surrounding network space with high density.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Байланыс желілерін дамытудың негізгі бағыттарын талдау	9
1.1 Бесінші буын байланыс желілері	9
1.2 Бесінші буын байланыс желілері бойынша МӘС-Т және МӘС-Р ұсынымдары	11
1.3 Алтыншы буын байланыс желілері және байланыс желілері	31
1.4 Жоғары тығыздықтағы желілер	32
2 Жоғары тығыздықтағы желіні жоспарлау әдісі және кеңістіктегі біртекті құрылымының шарттары	36
2.1 Байланыс желілерінде трафикті бөлу	36
2.2 Ad Hoc немесе мақсатты байланыс желілері	37
2.3 D2D желілерінің құрылысы мен жұмыс істеу ерекшеліктері. Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін құру кезінде D2D технологиясын қолдану перспективалары	39
2.4 Қоршаған орта кеңістігінің біртекті құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы желіні жоспарлау әдісін әзірлеу	40
3 Кеңістіктің гетерогенді құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін жоспарлау әдісін зерттеу	49
3.1 Тығыздығы жоғары желілердің сипаттамалары	49
3.2 Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерінің қоршаған орта кеңістігінің сипаттамалары	49
3.3 Транзиттік маршруттар саны бойынша әзірленген әдістерді салыстыру	56
4 Жоспарлау үшін фракталдық фигураны таңдау әдістемесін әзірлеу және гетерогенді кеңістік жағдайында жоғары тығыздықтағы желілерді жобалау	59
4.1 Жоғары тығыздықтағы желінің қоршаған орта кеңістігінің фракталдық қасиеттері	59
4.2 Жоғары тығыздықтағы желінің қоршаған ортасын бейнелеу әдісі	60
4.3 Фракталдық өлшемдер	62
4.4 Гетерогенді кеңістікті бейнелейтін фракталдық фигуралар жоғары тығыздықтағы желілік орталар	66
4.5 Тығыздығы жоғары желіні жоспарлау және жобалау үшін фракталдық фигураны таңдау әдістемесі	67
Қорытынды	70
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	73

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта желілер мен байланыс жүйелері саласында желілер мен байланыс жүйелері эволюциясының келесі кезеңіне көшу нәтижесінде түбегейлі өзгерістер орын алуда, атап айтқанда: бесінші және кейінгі буын байланыс желілері. Кейінгі буын байланыс желілері деп алтыншы буын байланыс желілері және 2030 байланыс желілері түсіндіріледі. Бесінші буын байланыс желілері бар бұл желілер кейбір жалпы сипаттамаларды біріктіреді. Оларға, ең алдымен, жоғары тығыздық пен ультра төмен кідірістер жатады.

Бесінші буын байланыс желілерінде Заттар интернеті тұжырымдамасын жүзеге асыру нәтижесінде жоғары тығыздық пайда болды. Қазірдің өзінде стандарттаушы ұйымдар 1 км² үшін 1 миллион құрылғыға негізделген бесінші буын байланыс желілерін жоспарлауды ұсынады. Әрине, бұл байланыс желілерін жоспарлау әдістерін қайта қарауды қажет етеді, өйткені жоғары тығыздықтағы байланыс желілерінде құрылғылар бір-біріне жақын орналасуы мүмкін, тіпті белгілі бір уақытта желіге қызмет ететін трафиктің мөлшері де олардың жұмысына әсер етуі мүмкін. Алтыншы буын байланыс желілерінде құрылғылардың тығыздығы одан әрі артады және 1 м³ үшін 100 құрылғыға жетуі мүмкін. Бұл жағдайда олар өте тығыз желілер туралы айтады.

Бесінші және одан кейінгі ұрпақтардың байланыс желілеріндегі өте аз кідірістер тактильді интернет тұжырымдамасын іске асыру нәтижесінде пайда болады. Тактильді Интернет қызметтерін ұсыну 1мс айналмалы кідірісті қажет етеді, бұл қолданыстағы желілерге қарағанда 100 есе аз.

Бесінші және кейінгі ұрпақтардың байланыс желілерінде көрсетілген талаптарды іске асыру үшін шекаралық және тұманды есептеу технологияларын кеңінен қолдану көзделеді, олардың басты ерекшелігі желінің есептеу ресурстарын пайдаланушыға (құрылғыға) мүмкіндігінше жақын орналастыру болып табылады. Желілер мен байланыс жүйелеріне осындай қатаң талаптардың орындалуын қамтамасыз ете алатын тағы бір маңызды технология-бұл қамтамасыз ету желінің базалық станциясының қатысуынсыз пайдаланушылар және / немесе құрылғылар арасындағы тікелей өзара іс-қимыл. Бұл өзара әрекеттесулер D2D құрылғысы (device - to-Device) деп аталады және көптеген жағдайларда жоғары тығыздық пен ультра төмен кідіріс талаптарын орындауға мүмкіндік береді. Бұл ғана емес, шекаралық және тұманды есептеулер де, D2D өзара әрекеттесулері де трафикті базалық станция деңгейінде немесе тіпті олардың қатысуынсыз жабу арқылы желі ядросын түсіруге мүмкіндік береді.

Бесінші және одан кейінгі ұрпақтардың байланыс желілеріндегі осы жетістіктерге қарамастан, мұндай желілерді жоспарлау мен жобалаудың бірқатар негізгі мәселелері әлі де бар. Тығыздығы жоғары желілерді зерттеу саласында қоршаған ортаның гетерогенділігінің оның құрылысы мен жұмысына әсері мәселелері іс жүзінде зерттелмеген. Сонымен қатар, жоғары тығыздыққа және құрылғылардың бір-біріне жақын орналасуына байланысты бұл зерттеулер қажет болып көрінеді. Сонымен қатар, қоршаған ортаның гетерогенділігі, ең алдымен, өзіне ұқсас және оның жоғары тығыздықтағы байланыс желісіне әсері

мұндай кеңістіктің фракталдық сипаттамаларын ондағы желі түйіндерін орналастырумен бірге зерттеуді қажет етеді. Дипомдық жұмыс осы мәселелерді шешуге арналған.

1 Байланыс желілерін дамытудың негізгі бағыттарын талдау

1.1 Бесінші буын байланыс желілері

21 ғасырдың екінші онжылдығы желілер мен байланыс жүйелерін дамыту идеяларындағы түбегейлі өзгерістермен ерекшеленді. Бұл топтаманың себептері цифрлық экономика [7] деп аталатын қоғамды дамыту тұжырымдамасының пайда болуы және жаңа техникалық телекоммуникация құралдарын әзірлеу мен құрудағы технологиялық жетістіктер. Сонымен қатар, Заттар интернетінің тұжырымдамалары желілер мен байланыс жүйелерін дамытуда шешуші рөл атқарды [21, 30] және Тактильді Интернет [24].

Заттар интернеті тұжырымдамасын құрудың негізі сымсыз сенсорлық желілер саласындағы ғылыми-техникалық прогресс болды [28], алғаш рет заманауи байланыс желілерінің клиенттік базасындағы құрылғылардың саны адамдар санынан асып түсетіні белгілі болды. Желіні пайдаланушылардың, соның ішінде құрылғылардың саны уақыт өте келе триллионға жетуі мүмкін деген болжамдар нақты болды [12]. Әрине, бұл байланыс желілерін құрудың жаңа принциптерін түсінуді және дамытуды қажет етті, өйткені олардың алдыңғылары планетаның 10 миллиард тұрғынына шаққандағы халықтың демографиялық сипаттамаларына және бір тұрғынға бірнеше құрылғыларға негізделген.

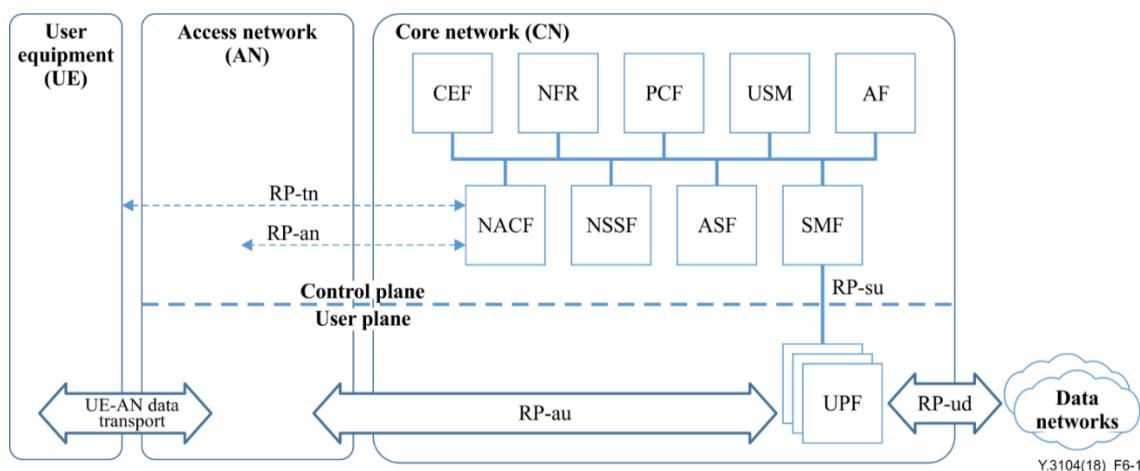
Сондықтан, сымсыз сенсорлық желілерді енгізу кезеңінде өзін-өзі ұйымдастыратын желілер [19] және байланыс желілерін кластерлеу [20, 31] кеңінен таралды, бұл Жалпыға ортақ пайдаланылатын байланыс желілеріне (SSOP) қол жеткізу желісінің элементтері ретінде мүлдем жаңа сымсыз сенсорлық желілерді енгізу кезеңін өте тиімді жеңуге мүмкіндік берді. Бұл ретте көптеген жаңа жетістіктер, соның ішінде таңдау алгоритмдері саласында да пайда болды сымсыз сенсорлық желілер кластерлерінің бас түйіні [23], оған ресейлік ғалымдар айтарлықтай үлес қосты [1].

Жоғарыда айтылғандардың барлығы 21 ғасырдың екінші онжылдығында заттар интернетін зерттеу және стандарттау бойынша ауқымды жұмыстардың басталуына қолайлы жағдай жасады.

Тактильді интернет тұжырымдамасы заттар интернеті тұжырымдамасынан айырмашылығы, ең алдымен, оларды ұсыну үшін түбегейлі басқа кідірісті қажет ететін жаңа қызметтермен байланысты. Бұл тұжырымдаманың негізінде NGN (Next Generation Networks) байланыс желілеріне тән 100 мс-тан [14] 1 мс-қа дейін дөңгелек кідіріс мәнін азайтуды талап еткен тактильді сезімдерді беру [24] қызметтері жатыр. Қазіргі уақытта тактильді интернет тұжырымдамасы ULLC (ultra-Reliable Low Latency Communications) ультра төмен кідірістермен және ультра жоғары сенімділікпен байланыс желілерін құру тұжырымдамасында жаңа жалпылау алды [34]. Алдағы кең таралуына байланысты толықтырылған шындық маңызды рөл атқарады, ол үшін рұқсат етілген кідіріс 5мс-те анықталады [19]. Мұндай желілер IoT желілерімен қатар бесінші 5G/IMT-2020 және одан кейінгі буындардың байланыс желілерінің негізгі сипаттамаларын

анықтайды. 5G (бесінші ұрпақ) аббревиатурасы 3GPP (үшінші ұрпақ серіктестік жобасы) [15] стандарттарына сәйкес қолданылады, ал ИМТ-2020 (International Mobile Telecommunication) [19] аббревиатурасын халықаралық телекоммуникация Одағының телекоммуникацияны стандарттау секторы МСЭ-Т қолданады.

1.1 Суретте Ү. 3104 ұсынысына сәйкес ИМТ-2020 желілік архитектурасының анықтамалық моделі келтірілген. Көріп отырғаныңыздай, бүкіл желі екі деңгейге бөлінеді: пайдаланушы (user plane) және басқару деңгейі (control plane). Және бұл бесінші буын байланыс желілерінің гетерогенді сипатын ескере отырып, бұл табиғи нәрсе [17,18]. Шынында да, бесінші буын желісіндегі алдыңғы буын желілерінен айырмашылығы, желінің гетерогенділігі желінің архитектурасын анықтайтын сипаттамаға айналады және желіні пайдаланушы деңгейіне және басқару деңгейіне бөлуді, сондай-ақ әртүрлі желілерді (мобильді, стационарлық, WiFi, сымсыз сенсорлық және т. б.) пайдаланушыларға қызмет көрсету мүмкіндігін қамтамасыз ететін кесу деп аталатын жаңа құрылымды құруды қамтамасыз етеді. Біркелкі түрде.



1.1-сурет - ИМТ-2020 желілік архитектурасының анықтамалық моделі

Бұл суретте келесі негізгі белгілер қабылданған:

UE (user Equipment) – пайдаланушы жабдықтары,

AN (Access Network) - кіру желісі,

CN (Core Network) – желі ядросы,

CEF (Capability Exposure Function) – экспозиция мүмкіндіктері функциясы,

NFR (network Function Repository) – желілік функциялар репозиторийі,

PCF (Policy Control Function) – қызмет көрсету саясатын басқару функциясы,

USM (Unified Subscription Management) - пайдаланушыларды бірыңғай басқару,

AF (Application Function) – қолданба функциясы,

NACF (network Access Control Function) – желіге кіруді басқару функциясы,

NSSF (Network Slice Selection Function) – желілік тілімді таңдау функциясы,

ASF (Autentification Server Function) – аутентификация серверінің функциясы,

SMF (Session Management Function) - сессияны басқару функциясы.

Әрине, бесінші буын байланыс желілерінің қарастырылған архитектуралық ерекшеліктерінен басқа, бұл желілерге байланыс желілері мен жүйелері саласындағы басқа да технологиялық жетістіктер әкелетін басқалар бар. Бұл, мысалы, бағдарламалық жасақтамамен конфигурацияланатын SDN желілеріне қатысты (бағдарламалық жасақтама анықталған желілер) [15], олар қазіргі уақытта бесінші және кейінгі буын байланыс желілері желісінің ядросын құру үшін негіз ретінде қарастырылады [31]. Бұл әсіресе көп контроллерлі SDN желілеріне қатысты [12].

Дипломдық жұмыстағы зерттеулер үшін ең маңыздысы-бесінші буын байланыс желілері үшін жоғары деңгейлі архитектуралық ұсыныстар жасау кезеңінде пайдаланушы деңгейі мен желіні басқару деңгейі бөлініп, D2D (device-to-Device) құрылғылары арасындағы өзара әрекеттесулерді тікелей пайдалануға мүмкіндік береді [14]. Бұл технология құрылғыларын қызмет көрсетудің жаңа мүмкіндігі болып табылады. D2D желісінің жоғары тығыздығы жағдайында өзара әрекеттесу құрылғылардың бір-бірімен тікелей өзара әрекеттесуін қамтамасыз етіп қана қоймайды, сонымен қатар қол жеткізу желісінің ішінде жабылуы мүмкін Трафиктен желі ядросын түсіреді.

Әрі қарай, біз бесінші буын байланыс желілеріне қатысты МӘС-Т ұсыныстарын егжей-тегжейлі талдаймыз.

1.2 Бесінші буын байланыс желілері бойынша МӘС-Т және МӘС-Р ұсынымдары

Халықаралық электрбайланыс Одағында (МӘС) бесінші буын – "5G" байланыс желілері саласындағы стандарттарды (ұсынымдарды) әзірлеуді қарастыра отырып, МӘС және стандарттарды әзірлейтін басқа ұйымдарда осы саладағы қалыптасқан жіктеу мен терминологияны талдаймыз [20].

Мобильді байланыстың бірінші буыны (1G) Advanced Mobile Phone service – AMPS (АҚШ, Канада, орталық және Оңтүстік Америка, Австралия), Total Access Communications System – TACS (Англия, Италия, Испания, Австрия, Ирландия, Жапония) және Nordic Mobile Telephon стандарттарында жұмыс істеген алғашқы радиотелефондар болып саналады – NMT (Скандинавия елдері және басқа да бірқатар елдер), және аналогтық желі арқылы сөйлеу қызметтерін ұсынды. Келесі ұрпақ (2G) және шын мәнінде жаһандық (халықаралық) стандарт GSM (Global System for Mobile communications) стандарты болды, ол сандық желі арқылы дауыс беруге, сондай – ақ төмен жылдамдықты деректерді беруге, кейіннен GPRS (General Packet Radio Service) стандартының көмегімен кеңейтілген қызметке және оны одан әрі дамытуға мүмкіндік берді-EDGE

(Enhanced деректер GSM эволюциясы үшін бағалар). Сонымен қатар, екінші буынға amps – D-amps стандартының сандық модификациясы, сондай-ақ CDMA (Code Division Multiple Access) стандарты, GSM және D-AMPS-тен басқа қол жеткізу әдісі кіреді.

Қазір білетініміздей, жылжымалы байланыс желілері қызметтерін дамытудағы келесі қадам IP желісі арқылы дауыс беру, Интернет желісіне мобильді кең жолақты қолжетімділік (MBB – Mobile Broadband) мүмкіндігімен жоғары жылдамдықты деректер беру қызметтерін (HSPA – High Speed Packet data Access) қамтамасыз ету болды. Қойылған талаптар желілерді қалай дамыту керектігі туралы түбегейлі сұрақ туғызды: революциялық немесе эволюциялық. Стандарттарды аймақтандыру да айтарлықтай әсер етті. Әр түрлі мүдделер белгілі болды өңірлерді бірыңғай стандарт шеңберінде біріктіру мүмкін емес, өйткені ол қазірдің өзінде қомақты қаражат салынған қолданыстағы инфрақұрылымды қайта құруды талап етеді. Сонымен қатар, қолданыстағы ұялы байланыс жүйелері салыстырмалы түрде бірдей қызмет түрлерін ұсынғанына қарамастан, оларда қолданылатын TDMA және CDMA сияқты қол жеткізу технологиялары техникалық жағынан түбегейлі ерекшеленді, бұл оларды үйлестіру немесе конвергенциялау мүмкін болмады. Сондықтан, ұзақ мерзімді бағдарламаны әзірлеу, стандарттау және жерүсті (ұялы және сымсыз) және спутниктік байланыс мүдделерінде қызметтердің толық жиынтығын жүзеге асыратын ұлттық, аймақтық және халықаралық жүйелерді енгізуге жәрдемдесу жөніндегі жоба халықаралық жылжымалы байланыс (IMT), бірнеше жыл бойы ХЭО бірқатар өңірлік ОРС-пен бірлесіп ілгерілетіп, сүйретіліп, шешілді біртұтас Дүниежүзілік стандартты әзірлеу идеясынан алшақтап, үшінші буын (3G) стандарттар тобына қойылатын талаптарды әзірлеу [6].

IMT-2000 деп аталатын 3 - ші буын жүйелерінің отбасын стандарттау бойынша жұмыстар серіктестік бірлестіктерді, өңірлік ОРС және бейіндік форумдар мен бірлестіктерді тарта отырып, МӘС қамқорлығымен жүргізілді (сурет.1.2). Бұл жұмыс барысында 3-ші буын жүйелері бойынша екі серіктестік бірлестік түрінде құрылған екі лагерь құрылғанын атап өткен жөн: 3GPP және 3GPP2.

Ұялы байланыстың одан әрі дамуы үлкен танымалдылыққа байланысты инженерлер, әзірлеушілер мен байланыс операторларының ортасынан асып түсті, сонымен қатар 3GPP серіктестіктерінде стандарттарды әзірлеу барысы туралы маркетингтік ақпараттандыру "3G" атауын жылжымалы байланыстың жаңа стандарттарына бекітті. Бұл форматта Болашақ және өткен технологиялардың ұрпақтарын есептеу басталды.



1.2- сурет - IMT-2000 стандарттар тобын әзірлеуге қатысушылар

Халықаралық стандарттау деңгейінде IMT-2000 термині ресми түрде қолданылды. Осы аббревиатураның астында ХЭО бастапқыда бес стандартты біріктірді, оған кейінірек WiMAX қосылды және тек кейбіреулері әртүрлі диапазондарда толық қамтуды қамтамасыз етеді, сондықтан олар тек толыққанды 3G шешімдері ретінде қарастырылуы мүмкін. IMT-2000 стандарттар тобында осындай үш негізгі 3G стандарттарын ажыратуға болады: UMTS (Universal Mobile Telecommunications Service), CDMA2000 және WCDMA (Wide CDMA). Олардың барлығы пакеттік деректерді беруге және сәйкесінше сандық компьютерлік желілермен, соның ішінде Интернетпен жұмыс істеуге арналған [16].

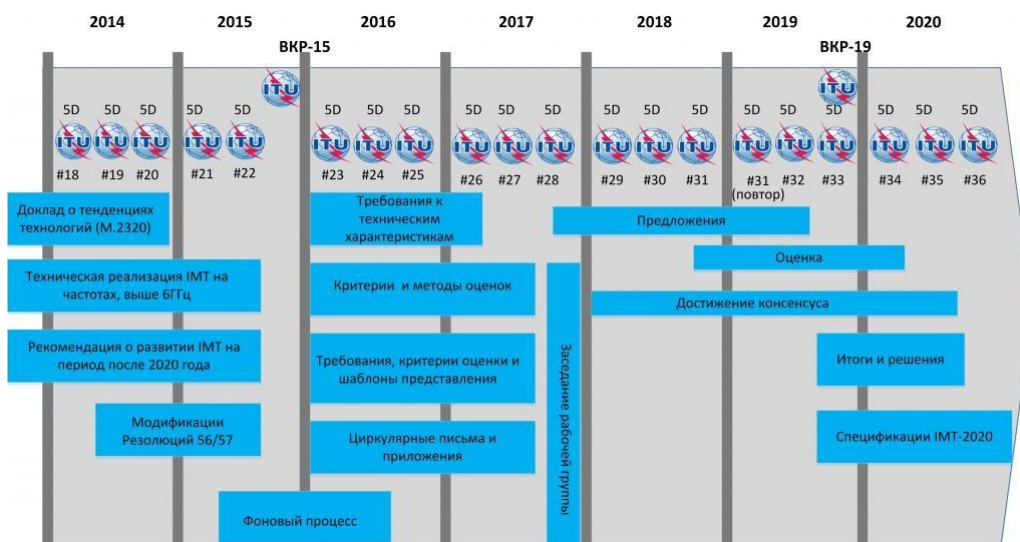
МӘС жұмысын қарастыра отырып, жұмыс екі секторда жүргізілгенін атап өткен жөн: МӘС-Т және МӘС-R. МӘС электрбайланысын стандарттау секторы (МӘС-Т) IMT-2000 құрудың тұжырымдамалық аспектілерін әзірлеуге, ал МӘС (МӘС-R) радиобайланыс секторы осы жүйелер үшін радио интерфейстерінің сипаттамаларына жауап берді. 3G жүйелерінің архитектурасы көліктік (базалық) желіні және радиоға қол жеткізу құралдарын қамтиды, оларды жаңарту әртүрлі жолдармен жүзеге асырылады. Радио қол жеткізу желілерінің тиімділігі көбінесе оларда қолданылатын технологияларға байланысты және ұрпақтардың өзгеруі, әдетте, осы жүйелерді құру идеологиясының өзгеруін білдіреді.

Базалық желіні таңдауға деген көзқарас мүлдем өзгеше және негізінен жаңа буын жүйелерін орналастыру стратегиясымен анықталады. Базалық желілердің өзгеруі мен қайта құрылуы инерциялық сипатқа ие, өйткені оларда операторлар ұрпақтар ауысқан кезде сақтауға тырысатын айтарлықтай инвестициялар салынды. Бұл ретте, радио желілерден айырмашылығы, қолданыстағы базалық желілер жаңа қызметтерді енгізу үшін тежеуші фактор ретінде әрекет еткен жоқ.

Үшінші буын жүйелерін іске асыру үшін жылжымалы байланыстың жаһандық бірыңғай стандарттары бойынша ұсынымдар әзірленді: сымды байланыс желілеріндегі беріліс сапасымен салыстырылатын сөйлеуді беру сапасын қамтамасыз ету; сымды желілердегі қауіпсіздікпен салыстырылатын қауіпсіздікті қамтамасыз ету; ұлттық және халықаралық роумингті қамтамасыз ету; бірнеше жергілікті және халықаралық операторларды қолдау; жиілік спектрін тиімді пайдалану; пакеттік және арналық коммутация; көп деңгейлі ұялы құрылымдарды қолдау; спутниктік байланыс жүйелерімен өзара әрекеттесу; деректерді беру жылдамдығын 2 Мбит/с дейін кезең-кезеңмен арттыру.

Төртінші буын байланысы (4G), әдетте, ұялы желілерде деректерді 100 Мбит/сек жылдамдықпен жіберуге мүмкіндік беретін технологияларды қамтиды. LTE (Long-Term Evolution) технологиясы – үшінші буын ұялы байланыс желілері эволюциясының негізгі бағыты [17]. 2008 жылдың қаңтарында ұялы байланыстың жетілдірілген стандарттарын әзірлейтін 3GPP Халықаралық серіктестігі LTE-ді UMTS-тен кейінгі кең жолақты ұялы байланыс желісінің стандарты ретінде бекітті. IMT-R деңгейінде 2008 жылдың наурызында IMT-2000 орнына келген және "жетілдірілген IMT" (IMT-Advanced) деп аталатын халықаралық жылжымалы сымсыз кең жолақты байланыс стандартына бірқатар талаптар қойылды. Атап айтқанда, абоненттерге қызмет көрсету үшін деректерді беру жылдамдығына қойылатын талаптар анықталды: 100 Мбит/с жылдамдық жоғары қозғалмалы абоненттерге (мысалы, көлікте: автомобиль, пойыз), ал аз қозғалмалы абоненттерге (мысалы, жаяу жүргіншілерге немесе тіркелген абоненттерге) 1 Гбит/с жылдамдық берілуі керек.

2012 жылдың басында МӘС-R даму бағдарламасын іске асыруға кірісті 3GPP, ETSI1, 5GPP2, NGMN3, IETF4 және басқалары сияқты барлық негізгі ойыншыларды қосатын жарысқа 5G саласындағы МӘС зерттеу қызметінің негізін қалап, «2020 жылға дейінгі және одан кейінгі кезеңге арналған IMT». 2013 жылы IMT жүйелерін дамыту және зерттеу саласында IMT-г-де хабар таратушы рөл атқаратын 5D MSE-R жұмыс тобы IMT-Advanced-тен кейінгі ұрпақты стандарттау бойынша жұмыс кестесін жасады, ол 2020 жылы осы жаңа жүйелердің сипаттамаларын бекітумен аяқталуы керек еді (сурет.1.3).



Сурет 1.3 - IMT-2020 IMT-R спецификацияларын әзірлеу кестесі мен сценарийі

1 European Telecommunication Standard Institute-3GPP мүшесі болып табылатын еуропалық телекоммуникациялық стандарттар институты және 5G стандарттарын әзірлеу саласында ең белсенді жұмыс істейді.

2 5g Infrastructure Public Private Partnership-5G инфрақұрылымы бойынша жеке-мемлекеттік серіктестік 5G стандарттау бойынша жетекші серіктестіктердің бірі болып саналады.

3 next Generation Mobile Networks Alliance - келесі буын мобильді желі Альянсы 5G шешімдерінің толық спектрін стандарттаумен айналысады.

4 INTERNET Engineering Task Force – интернетті инженерлік қолдаудың жұмыс тобы NFV (Network Function Virtualization) желілік функцияларын виртуалдандыруды қолдау үшін IP протоколын жаңарту шешімдерін әзірлеуде.

Айта кету керек, әдетте мобильді желілердің технологиялық кезеңін көрсететін "5G" белгісі қазіргі уақытта халықаралық деңгейде байланыс желілері мен жалпы қызметтердің жаңа дәуірін іс жүзінде көрсетеді. 5G аббревиатурасын, бұрын 3G сияқты, әдетте 3GPP консорциумы қолданады, бірақ бұл жағдайда көптеген факторларды ескере отырып (технологияның даму тенденциясы, жаңа қызметтерге деген қажеттілік және басқалар), әлемдік қауымдастық байланыс желілерінің жаңа буынына 5g/IMT-2020 аббревиатурасын берді, мұнда IMT - 2020 аббревиатурасын халықаралық телекоммуникация Одағы бекітті. Осы уақытқа дейін көптеген халықаралық ұсыныстар мен стандарттарға сүйене отырып, IMT-2020 байланыс желілерінің тұжырымдамасы немесе басқаша бесінші буын байланыс желілері мобильді қол жеткізу желісін ұйымдастырудың принциптері мен технологияларын сипаттап қана қоймай, тәсілдер мен технологиялардың тұтас кешенін қамтиды деген қорытынды жасауға болады [13].

Бесінші буын желілері алдыңғы буындардың жылжымалы желілерінің шектеулі функционалдығын едәуір кеңейтуге арналған. 5G желілерінің негізгі функционалдық ерекшеліктері:

Embb кеңейтілген жылжымалы кең жолақты қол жетімділік (жетілдірілген MBV);

Ullrc (Ultra Low Latency Reliable Communication) өте сенімді төмен кідіріс деректерін беру

MMTS (Massive Machine Type Communication), Massive IoT/iiot көлемді машина аралық байланыс жүйелері.

Функционалдылықтың осы үш негізгі элементінің негізінде 5G/IMT-2020 желілерінің барлық қызметтері мен мүмкіндіктері құрылады, олардың ең ерекшелігі суретте көрсетілген (сурет.1.4).



1.4-сурет - 5G/IMT-2020 желілері ұсынасы

Айта кету керек, 5G желісінің архитектурасының ерекшелігі-5G/IMT-2020 желісіндегі аппараттық шешімдерге негізделген дәстүрлі "желі архитектурасы" ұғымы өзектілігін жоғалтады. Сондықтан 5G көбінесе желі емес, жүйе немесе "платформа" деп аталады, бұл аппараттық емес, бағдарламалық платформаны білдіреді. Егер алдыңғы буын желілері жабдық негізінде құрылса- аппараттық шешімдер, 5G / IMT-2020 платформасы бағдарламалық шешімдер, атап айтқанда бағдарламалық-конфигурацияланатын желілер (Sdn – software Defined Network), сондай – ақ желілік функцияларды виртуалдандыру (NFV-network Function Virtualization) негізінде құрылады. Осылайша, дәстүрлі жылжымалы байланыс желілерінің жабдықтары стандартты серверлерде және виртуалды машиналарда (VM – virtual machine) деректер орталықтарында (ДҚО) жұмыс істейтін бағдарламалық "суреттерге" ауыстырылады.

5G/IMT-2020 архитектурасында базалық (тірек) желінің функциялары орталық бұлтта (Cloud RAN), VM виртуалды машиналарында жүзеге асырылады. 5G/IMT-2020 желілерін дамытуда перифериялық (шекаралық) бұлттар (edge Cloud), атап айтқанда жылжымалы перифериялық бұлт технологиясы да маңызды рөл атқарады-септеулер (MEC – Mobile Edge Cloud), сондай-ақ "тұманды бұлт" (Fog Cloud) технологиялары.

NFV/SDN негізіндегі желіні виртуалдандыру 5G жүйелерінің өте пайдалы функциясы үшін де қажет: логикалық желіні кесу (Network Slicing).

Осылайша, 5G/IMT-2020 желілері стандарттау тұрғысынан радио интерфейстерінің спецификациясы мен базалық желіге арналған архитектуралық шешімдер саласында шынымен инновациялық серпіліс болып табылады. Бұдан әрі 5G/IMT-2020 желілерін стандарттау саласындағы МӘС негізгі құжаттарын қарау ұсынылады.

1.2.1 IMT-2020 радиобайланыс саласындағы күтулер мен көзқарастар

2015 жылдың соңында, төрт жылдық зерттеу циклінің соңында IMT-R болашақ тенденцияларды, мүмкін архитектуралық шешімдерді және 2020 жылға дейінгі және одан кейінгі кезеңдегі IMT желілерін дамытудың жалпы міндеттерін сипаттайтын және анықтайтын әзірлемелермен келді. МӘС-R М. 2320-0 (11/2014) есебінде жердегі IMT жүйелері үшін болашақ технологиялық тенденциялар қарастырылды. Бұл есепте 2015-2020 жылдар аралығындағы және одан кейінгі кезеңдегі радио интерфейстерге, мобильді терминалдарға және желілерге қолданылатын IMT жер үсті жүйесі технологияларының даму тенденциялары қарастырылған. Бұл технологиялық тенденцияларға пайдаланушы тәжірибесін, құпиялылық пен қауіпсіздікті жақсартатын технологиялар, жаңа қызметтердің кең ауқымын қолдау және желінің энергия тиімділігін арттыру кіреді. Сонымен қатар, олар желінің икемділігі мен тиімділігін арттыратын желілік архитектураны жақсартуды қамтиды.

Радио интерфейсін жетілдіру технологиялары. Жетілдірілген сигнал формалары, модуляция және кодтау және көп станциялы схемалар қол жетімділік, атап айтқанда сүзгіден өткен OFDM (FOFDM), сүзгі банкін (FBMC) қолдана отырып, көптеген тасымалдаушы модуляция, шаблон бойынша бөлінген көп станция (PDMA), сирек кодтарға негізделген көп станция (SCMA), интервал негізінде бөлінген көп станция (IDMA) және тығыздығы төмен тасымалдаушылар бойынша тарату (LDS), болашақ IMT жүйелерінде спектрді пайдалану тиімділігін арттыруға қабілетті. Үш өлшемді сәулені қалыптастыру (3D-BF), белсенді антенна жүйесі (AAS), кең ауқымды және көп арналы кіріс/көп арналы Шығыс (MIMO) желілік жүйелер сияқты Антенналарды қолданудың озық технологиялары спектрді тиімдірек пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, TDD және FDD-ді бөлісу, екі арналы байланыс және динамикалық TDD спектрді пайдалану кезінде икемділікті арттырады. Сигналдарды бір жиілікте бір уақытта беру және қабылдау, өзіндік кедергілерді басу спектрдің тиімділігін арттыруы мүмкін. Спектрді икемді пайдалану, бірнеше радио қол жеткізу технологияларын (RAT) біріктірілген басқару және жоғары/төмен сызық ресурстарын икемді бөлу болашақта трафикті тұтынудың артуы мәселесін техникалық шешуге және радиоресурстарды тиімдірек пайдалануға мүмкіндік береді.

Радио интерфейсін жақсартулар енгізу басқа әдістермен де жүзеге асырылуы мүмкін.

Жылжымалы кең жолақты пайдалану сценарийлерін жетілдіру технологиялары. Кеңейтілген мультимедиялық кең жолақты хабар тарату және

мультикаст технологиясының артықшылығы-жолақтың Шири үнемді пайдалану және деректерді беру тиімділігін арттыру. Сондай-ақ, бір және мультикаст арасында динамикалық ауысуды қолданған жөн. Объектілердің жақындығына негізделген әдіс (proximity service) қосымшаларға құрылғылардың бір-біріне жақын екендігі туралы ақпарат алуға, сондай-ақ құрылғылардың бір-біріне (D2D) тікелей қосылуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. D2D байланысының артықшылықтарын қамтитын технологияларды қарастыруға болады болашақ ІМТ жүйелері. Желінің өткізу қабілеттілігін арттыру үшін D2D байланысын пайдалану ерекше маңызға ие болады. Мобильді кең жолақты қол жетімділіктің артуымен байланыс машинааралық өзара әрекеттесудің (M2M) нақты проблемасына айналды. M2M байланыстарын қолдану өсіп келеді және күнделікті өмірде маңызды рөл атқарады. M2M қолданбаларына жақсырақ қызмет көрсету және M2M қолданбаларының үлкен көлемін қолдау үшін технологияны әзірлеу қажет. Технология M2M қолданбаларының әртүрлі түрлері үшін айтарлықтай өзгереді. M2M Қосымшаларының қарапайым жіктелуі: шағын деректер / үлкен кідіріс (ақылды өлшемдер, мобильді қадағалау, электрондық денсаулық сақтау және т.б.), шағын деректер/төмен кідіріс (v2v типті байланыс) және үлкен M2M деректері (бақылау). Сонымен қатар, қоғамдық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін топтық байланыс (push-to-talk) технологияларын дамыту өте орынды.

Пайдаланушы тәжірибесін жақсартуға арналған технологиялар. Пайдаланушының қалауына назар аудару келесі бағыттарды анықтады: ұялы шекараны жақсарту, қызмет көрсету сапасын жақсарту, қызмет көрсету сапасын жақсарту, мобильді бейнені жақсарту, кеңейтілген хабар тарату және мультикаст (eMBMS), позицияны жақсарту, төмен кідіріс пен жоғары сенімділік технологиясын дамыту, plan-мен өзара әрекеттесу (ұялы желілерді түсіру және сыйымдылықты кеңейту үшін лицензия қажет емес спектр диапазондары), пайдалануды жетілдіру контекстік ақпарат (болашақ ІМТ жүйелері контекстке тәуелді болуы керек, контекстік ақпаратты желі, құрылғылар, қолданбалар, пайдаланушы және оның ортасы арқылы нақты уақыт режимінде алуға мүмкіндік береді).

Желілердің энергия тиімділігін арттыру технологиялары. Хаттамаларды жобалау кезінде энергия тиімділігін арттыру үшін энергия тұтынуды ескеру қажет. Желінің энергия тиімділігін РЖ таратқыштарының қуатын азайту арқылы да, электр тізбектеріндегі энергияны үнемдеу арқылы да арттыруға болады. Энергия тиімділігін арттыру үшін тұтынылатын трафиктің ауытқуына негізделген ресурстарды адаптивті басқару қажет әр түрлі пайдаланушылар. Сондықтан технологияны жетілдіру желі деңгейіндегі қуатты басқару, энергияны үнемдеу бағыттары бойынша жүруі керек желіні орналастыру, пайдаланушыға бағытталған ресурстарды басқару және бөлу, физикалық деңгейді жақсарту және кедергілерді өңдеу.

Пайдаланушы терминалының технологиясы. Мобильді терминал және кедергілерді өңдеу.

Пайдаланушы терминалының технологиясы. Мобильді терминал жеке кеңсе мен ойын - сауыққа арналған көп мақсатты ақпараттық-коммуникациялық технологиялар (АКТ) құрылғысына айналуға. Жақында дәстүрлі смартфондардан басқа, пайдаланушылар өздеріне алып жүре алатын көптеген "ақылды" құрылғылар пайда болды. Осыған байланысты чиптерді, батареяларды және дисплейлерді жасау технологиясын жетілдіруді жалғастыру қажет.

Желілік технологиялар. Басқаруды жеңілдету және желінің сенімділігін арттыру технологиялары-жетілдірілген өзін-өзі ұйымдастыратын желі (SON) технологиясы операторларға абоненттердің өткізу қабілеттілігінің өсіп келе жатқан талаптарын қанағаттандыра отырып, көп деңгейлі және көп деңгейлі желідегі операциялық шығындарды оңтайландыруға мүмкіндік беретін перспективалы шешімдердің бірі болып табылады.

Желіні тығыздау-желіні тығыздау, сайтты Сатып алу және кері рейс қызметтерін ұсыну нәтижесінде желілік тораптар санының күтілетін айтарлықтай өсуімен күрделене түседі.

Гетерогенді орналастырулар тек макродеңгейде жұмыс істейтін желімен салыстырғанда көлік рейсіне басқа талаптар қоюы мүмкін).

Шағын ұяшықтар-шағын ұяшықтарды орналастыру үлкен масштабтау мен өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді деп күтілуде. Кіші ұяшықтарды жоғары жиілік диапазонында орналастырудың артықшылығы жүйенің күрделілігінің жоғарылауына әкеледі, әсіресе РЖ және антеннаның дизайны тұрғысынан, бірақ сымсыз жүйеде техникалық жетістіктермен іске асыру техникалық мәселелерді күшейтуге болады.

Ультра тығыз желілер-ультра көп ұяшықтарды орналастыру арқылы желіні тығыздау ұяшықтарды бөлу арқылы спектрлік тиімділікті арттыру үшін өте тиімді.

Желілік архитектураны жақсарту технологиялары-болашақ ІМТ о жүйелері үшін түйін функциясын оңтайлы өңдеу және желінің өнімділігін арттыру мақсатында Sdn желілерін ұйымдастыруға, сондай-ақ желілік функциялардың архитектурасы мен виртуализациясына (NFV) негізделген икемді желілік түйіндер қажет болады.

Бұлтты RAN-орталықтандырылған және бірлескен жүйенің арқасында бұлтты RAN (C-RAN) операторларға жоғарыда аталған мәселелерді шешуге көмектеседі. C-RAN желісі бассейнді қалыптастыру үшін негізгі жолақты және жоғары деңгейлі өңдеу ресурстарын орталықтандырады, осылайша өңдеу ресурстарын сұраныс бойынша динамикалық түрде басқаруға және бөлуге болады, ал радио құрылғылар мен антенна құрылғылары таратылған түрде орналастырылады.

Құпиялылық пен қауіпсіздікті арттыру технологиялары. Болашақ ІМТ болашақ жүйелері үшін жаңа радиобайланыс технологиялары, қызметтер және орналастыру сценарийлері болуы мүмкін қауіпсіздік пен құпиялылық қатерлеріне төтеп бере алатын сенімді және қорғалған техникалық шешімдер қажет.

ИМТ-2020 жүйелеріне қандай талаптар қойылатынын неғұрлым нақты түсіну шеңберінде 2020-2030 жылдар аралығында ИМТ трафиінің өсу тенденциясы бойынша талдамалық зерттеу жүргізілді. Радиобайланыс секторы ИМТ-R М. 2370-0 (07/2015) "2020 және 2030 жылдар аралығындағы ИМТ трафиігін бағалау" есебін дайындады, ол болашақ ИМТ трафиігін өсуіне әсер ететін көптеген факторларды сипаттайды, мысалы, деректер жылдамдығын арттыруды және жиілік жолақтарын пайдалануды кеңейтуді қажет ететін жетілдірілген құрылғыларды енгізу, бейнені пайдаланудың артуы, әртүрлі қосымшалардың таралуы және деректер алмасу үшін радиоарнаны пайдаланатын портативті құрылғылардың көбеюі. Көптеген жолдармен мұндай драйверлер ИМТ-2000-нан ИМТ-ге көшу кезінде трафик көлемін арттырды-Advanced. Эволюция елге және оның әлеуметтік-экономикалық ерекшеліктеріне байланысты әр түрлі болатындықтан, есеп Қытай мен Корея сияқты кейбір жекелеген елдер үшін трафикті бағалауды қамтиды [12].

Сонымен қатар, болашақта трафик асимметриясының аспектілері қарастырылады, өйткені қазіргі уақытта жылжымалы кең жолақты трафик асимметриясының орташа коэффициентінің төмен сызыққа қарай белгілі бірмещысуы бар (деректерді пайдаланушы құрылғысына жүктеу). Бұл асимметрия аудиовизуалды мазмұнды тұтынудың өсуіне байланысты артуы мүмкін.

ИМТ желілеріндегі трафиктің айтарлықтай өсуінің болжамдары, әсіресе 2020 жылдан кейін, мобильді инфрақұрылымдағы көлік желісі ерекше назар аударуды қажет ететін маңызды қолданбаға айналғанын көрсетті. Көлік желісі бір базалық станциядағы аралық трансиверлер арасындағы және мобильді кең жолақты желінің әртүрлі базалық станциялары арасындағы байланыстарды қолдайды, сонымен қатар базалық станцияларды басқа желілік инфрақұрылым элементтерімен байланыстырады.

Жылжымалы байланыс инфрақұрылымындағы көлік желісін одан әрі зерттеу үшін МӘС-R М. 2375-0 (06/2015) есебі әзірленді "ИМТ желілерінің архитектурасы және топологиясы", онда жалпы егжей-тегжейлі деңгейде ИМТ-Advanced желілерінің архитектурасы мен топологиясы/конфигурациясы (мысалы, E-UTRAN, CDMA2000 және TDMA-SC) және анықтамасы берілген.осы топологиялардағы Көлік желісінің өнімділік талаптары мен талаптары.

Біз үшін бұл есепте [13] сәулет тұрғысынан болашақтағы қиындықтар мен міндеттер Жалпы анықталғанын атап өту қызықты. Болашақ желінің төрт негізгі ерекшелігі болады деп күтілуде: тығыз орналасқан және әр түрлі кіру нүктелері, пайдаланушының біркелкі өзара әрекеттесуі кезінде трафиктің біркелкі бөлінбеуі, әр түрлі қолданбалы қызметтер (қосымшалар) және жедел қолдауды жақсарту. Портативті құрылғылар санының өсуі, олардың орналасуы уақыт пен кеңістікте өзгеруі мүмкін, бірақ желі ең жоғары жүктемені ала алады. Дегенмен, соңғы пайдаланушылар тұрғысынан байланыс қай жерде және қашан басталатынына қарамастан, бірдей жоғары қызмет көрсету сапасы (QoS) және тәжірибе (QoE) сұранысқа ие болады. Сонымен қатар, қосымшалар мен

қызметтерді жетілдіру QoS-ты күрделі және әр түрлі етеді. Осыған байланысты сәулет саласындағы екі перспективалық тенденция ерекшеленеді.

Пайдаланушылар мен қосымшаларға қатысты тенденциялар. Мобильді құрылғылар қазіргі заманғы адамның өмірінде әр түрлі, үнемі өзгеріп отыратын рөл атқаратындықтан, болашақтың ІМТ жүйелері Жаңа пайдалану сценарийлерін қолдауы керек, оның ішінде жоғары жылдамдықты деректерді беруді, көптеген құрылғыларды қосуды, сондай-ақ өте төмен кідіріс пен жоғары сенімділікке ие қосымшаларды қажет етеді [19]. Жалпы алғанда келесі бағыттар бөлінген:

- ультра төмен кідіріс пен жоғары сенімділікке ие пайдаланушыға бағытталған байланыс жүйелерін қолдау;
- ультра төмен кідіріс пен жоғары сенімділікке ие машинаға бағытталған байланыс жүйелерін қолдау;
- пайдаланушылардың жоғары тығыздығы жағдайында жұмыс істеуді қолдау;
- жоғары сапалы және жоғары ұтқырлықты қамтамасыз ету;
- жетілдірілген мультимедиялық қызметтер;
- интернет заттары;
- қолдану конвергенциясы;
- ультра дәл позициялауды қолдану дәрежесі.

ІМТ трафиінің өсуі. Трафик көлемінің өсуіне әсер ететін ынталандырушы факторлар және басқа тенденциялар жоғарыда қарастырылған МӘС-R М. 2370 есебінде егжей-тегжейлі көрсетілген. Есепте бірнеше көздерден алынған 2020 жылдан кейінгі ІМТ жаһандық трафик есептеулері бар. Осы есептеулерге сүйене отырып, 2020-2030 жылдар аралығында ІМТ жаһандық трафиі 10-100 есе өседі деген қорытынды жасауға болады.

Технологиялық тенденциялар. Жоғарыда қарастырылған МӘС-R М. 2320 есебінде 2020 жылға дейінгі және одан кейінгі кезеңдегі жерүсті ІМТ жүйелерінің технологиялық даму перспективаларына кең шолу берілген. Есепте ІМТ жүйелерінің техникалық және пайдалану сипаттамалары, соның ішінде техникалық прогресс шеңберінде ІМТ дамуы және спектрді пайдаланудың тиімді әдістерін әзірлеу, сондай-ақ осындай жүйелерді енгізу және пайдалану туралы ақпарат бар.

Перспективалар спектрді пайдалану. Бірде-бір жиілік диапазоны ІМТ жүйелерін орналастыру үшін берілген барлық критерийлерді қанағаттандырмайды, әсіресе рельефі әртүрлі және халық тығыздығы әртүрлі елдерде. Сондықтан ІМТ жүйелерінің өткізу қабілеттілігі мен қамту қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін бірнеше жиілік диапазоны қажет болады, осыған байланысты спектрдің үздіксіз және кең жолақтарын пайдаланудың маңыздылығы артып келеді. "Ақылды" құрылғылардың (Смартфондар, планшеттер, Теледидарлар және т. б.) кең таралуы. д.), сондай-ақ үлкен көлемдегі трафикті қажет ететін көптеген қосымшалар сымсыз желілердегі деректер трафиіне деген қажеттілікті арттырады. Сонымен қатар, әр түрлі

пайдалану жағдайларын қолдау үшін, мысалы, жетілдірілген жылжымалы кең жолақты немесе өте сенімді деректерді аз кідіріспен беру немесе кең ауқымды машинааралық байланыс жүйелерін басқару үшін әр түрлі ені бар жолақтар қажет болады. Осылайша, үздіксіз және кеңірек арна өткізу қабілеттілігін пайдалануды қолдайтын спектр ресурстарының қолжетімділігін зерттеу қажет. 2020 жылдан кейінгі перспектива. Сонымен қатар, егер ІМТ жүйелері үшін спектрдің қосымша учаскелері қол жетімді болса, осы спектр фрагменттерінің қазіргі пайдаланушыларында туындауы мүмкін қиындықтарды ескеру қажет. Бұл спектрді сәйкестендіру қажеттілігіне әкеледі. Спектрді сәйкестендіру келесі негізгі артықшылықтарды береді: масштабты үнемдеу, жаһандық роуминг мүмкіндігі және сәйкесінше бір соңғы жабдықты пайдалану мүмкіндігі, жабдықтың конструктивті күрделілік дәрежесін төмендету, батареялардың қызмет ету мерзімін ұзарту, спектрді пайдалану тиімділігін арттыру және шекаралас аймақтардағы кедергілерді азайту.

Бұл ұсыныста 2020 жылға дейінгі және одан кейінгі кезеңге арналған ІМТ жүйелерін пайдалану сценарийлері де анықталған. ІМТ2020 әр түрлі пайдалану жағдайларына, қызметтерге, әртүрлі трафик жүктемелеріне және әр түрлі соңғы пайдаланушылар қауымдастығына оңтайландырылған қолдау көрсетеді деп күтілуде. ІМТ-2020 жүйелерін пайдалану сценарийлері біз бұрын айтқан үш типтік санатқа біріктірілген: жетілдірілген жылжымалы кең жолақты байланыс (деректер - кеңейтілген мобильді кең жолақты байланыс), өте сенімді төмен кідірісті деректерді беру (ULLRC - ультра төмен кідірістер сенімді байланыс) және ауқымды машинааралық байланыс жүйелері (mMTC-массивтік машина байланыс түрі).

Жетілдірілген жылжымалы кең жолақты байланыс. eMBB сценарийі мультимедиялық мазмұнға, қызметтерге және деректерге қол жеткізу үшін адамға бағытталған пайдалану жағдайларын қарастырады, олар ұялы байланыс сияқты кең қамту және кіру нүктесі арқылы қосылуды қамтамасыз ету сияқты әртүрлі талаптары бар бірқатар мысалдарды қамтиды.

Ультра төмен кідіріспен өте сенімді деректерді беру. URLLC сценарийі өткізу қабілеттілігі, күту уақыты және қол жетімділік сияқты аспектілерге қатаң талаптар қояды. Мұндай сценарийдің нақты мысалдары өнеркәсіптік өндірісті немесе өндірістік процестерді сымсыз басқару, медициналық хирургиялық қашықтан басқару ақылды электрмен жабдықтау желілерінде (smart grid) электр энергиясын таратуды автоматтандыру және көліктегі қауіпсіздік.

Машина аралық байланыстың ауқымды жүйелері. mMTC пайдалану жағдайы өте көп қосылған құрылғылармен сипатталады, әдетте кідірістерге сезімтал емес деректердің салыстырмалы түрде аз мөлшерін жібереді. Құрылғылар арзан болуы керек және батареяның қызмет ету мерзімі өте ұзақ болуы керек.

Ұсынылған сценарийлер барлығын қамтымайтынын және қазіргі уақытта болжау мүмкін емес Қосымша пайдалану сценарийлерінің пайда болуы болжанатынын атап өткен жөн.

Мүмкін, бұл ұсыныста ең маңыздысы-IMT-2020 функционалдығын сипаттайтын сегіз параметрді бөлу.

1. Деректердің ең жоғары жылдамдығы (Peak data rate): идеалды жағдайда (Гбит/с) Бір пайдаланушы немесе құрылғы үшін ең жоғары қол жетімді деректер жылдамдығы. eMBB үшін IMT-2020 деректерінің ең жоғары жылдамдығы 10 Гбит / с жетеді деп күтілуде, дегенмен, белгілі бір жағдайларда және сценарийлерде IMT-2020 ең жоғары деректер жылдамдығын 20 Гбит/с дейін сақтайды.

2. Пайдаланушы интерфейсі арқылы деректерді беру жылдамдығы (User - experienced data rate): бір пайдаланушы немесе жылжымалы байланыс құрылғысы (Мбит/с немесе Гбит/с) үшін бүкіл қамту аймағында қол жеткізуге болатын деректер жылдамдығы. Үлкен аумақтарды қамту жағдайлары үшін, мысалы, қалалық және қала маңындағы аудандарда, пайдаланушының деректер жылдамдығы 100 Мбит/с болады деп күтілуде.кіру нүктелері арқылы жұмыс істеген жағдайда, пайдаланушы интерфейсі арқылы деректерді беру жылдамдығы жоғары мәндерге жетеді деп күтілуде (мысалы, үй ішінде 1 Гбит/с).

3. Кідіріс (кешігу): радио желіге байланысты пакет көзі жіберілген сәт пен алушы қабылдаған сәт (MS) арасындағы уақыт аралығы. IMT-2020 өте төмен кідіріс талаптары бар қызметтерді қолдауға қабілетті 1 мс радиоарнаның кідірісін қамтамасыз ете алады.

4. Ұтқырлық (ұтқырлық): әр түрлі деңгейдегі және радиожилілік технологияларына (көп деңгейлі технологиялар/RAT) (км/сағ) сілтеме жасай алатын радио түйіндер арасында Берілген қызмет сапасына және деректердің үздіксіз берілуіне қол жеткізуге болатын максималды жылдамдық. IMT-2020 қолайлы QoS деңгейімен 500 км/сағ дейін жоғары ұтқырлықты қамтамасыз етеді деп күтілуде. Бұл, атап айтқанда, жүрдек пойыздарда пайдалану үшін қарастырылған.

5. Қосылу тығыздығы (Connection density): аудан бірлігіне (шаршы км) қосылған және қол жетімді құрылғылардың жалпы саны. IMT-2020 қосылымдардың тығыздығын 106/шаршы км-ге дейін сақтайды деп күтілуде, мысалы, mMTC сценарийлерінде.

6. Энергетикалық тиімділік (Energy efficiency): көзге байланысты желі тарапынан пайдаланушылардан алынған немесе пайдаланушыларға радиоқабылдау желісіндегі (RAN) энергия тұтыну бірлігіне биттермен берілген ақпараттың мөлшері ретінде анықталады (джоульге бит), ал құрылғы тарапынан байланыс модуліндегі энергия тұтыну бірлігіне биттердегі ақпараттың мөлшері ретінде анықталады (джоульге бит). RAN IMT-2020 үшін қуат тұтыну кеңейтілген мүмкіндіктерді қамтамасыз ете отырып, бүгінгі күні орналастырылған IMT желілерінен артық болмауы керек.

7. Спектрді пайдалану тиімділігі (Spectrum efficiency): спектр ресурстарының бірлігіне және ұяшыққа (бит/с/Гц) деректерді берудің орташа жылдамдығы. IMT-2020 спектрін пайдалану тиімділігі eMBB үшін IMT-Advanced-пен салыстырғанда үш есе жоғары болады деп күтілуде.

8. Географиялық өткізу қабілеті (area traffic capacity): географиялық аймақтағы жалпы өткізу қабілеттілігі (Мбит/с/м²). ИМТ-2020, мысалы, сымсыз кіру нүктелері үшін 10 Мбит/с/м² өткізу қабілеттілігін қолдайды деп күтілуде.

Бұл тұжырымдама ХЭО мен қоғамдастықтың ИМТ2020-ны одан әрі зерттеуге ашықтығы туралы хабарлама береді. ИМТ-2020 жүйелерінің жоспарланған сипаттамалары тек зерттеу және зерттеу нысаны болып табылады және мүмкін бұдан басқа, олар болашақ зерттеулер аясында қайта қаралуы мүмкін. Сондай-ақ, 2020 жылға дейінгі және кейінгі кезеңде жаңадан пайда болған сценарийлер мен қосымшаларды қолдау үшін ИМТ-2020 жүйелерінің дамуы жақсартылған сипаттамалардың пайда болуына әкеледі деп болжануда.

Әрі қарай зерттеу үшін негізгі бағыттар бөлінді:

- радио интерфейсі(лар) және олардың функционалдық үйлесімділігі;
- қол жеткізу желілеріне қатысты мәселелер;
- спектрді қолдануға байланысты сұрақтар;
- трафиктің сипаттамалары.

ИМТ-2020 стандарттау жөніндегі құжаттарды әзірлеу саласындағы МӘС-Р қызметін қарау соңында МӘС-Р келесі қызықты есептері мен ұсынымдарын атап өткім келеді.

1.2.2 ИМТ2020 желілік аспектілерін стандарттау

5G/imt2020 жүйелерін стандарттау бойынша жұмыстарды бастау үшін, желілерді ұйымдастырудағы инновацияларды алдын ала талдау ретінде болашақ желілерде пайда болатын 5G/ИМТ-2020 технологияларының өзара іс-қимыл принциптерін талдау үшін, 13-ші зерттеу комиссиясы (ИК13 МӘС-Т) шеңберінде 2015 жылғы мамырда ИМТ-2020 (ОГ ИМТ-2020) желілік аспектілері бойынша жедел топ құрылды. Операциялық топқа ИМТ - 2020 тіркелген желісі бойынша ИМТ-t ұсынымдарының тиісті қолдану саласын айқындау мақсатында ИМТ-2020 бойынша қамтылмаған мәселелерді талдау материалдарын дайындау, пайдалану жағдайлары, талаптар және басқа да аспектілер сияқты жоғары деңгейдегі техникалық аспектілерді қамту міндеті қойылды. Топ 2016 жылдың желтоқсанында жұмысын аяқтап, 2 мерзім жұмыс істеді.

Атап айтқанда, сұрақтар зерттелді:

- желілер мен ақпараттық бағдарланған желілердің (ICN)бағдарламалық жасақтамасына қатысты аспектілерді жақсарту;
- ИМТ-2020 желілік архитектурасын жетілдіру және дамыту;
- ИМТ-2020 желісінің радио модульдеріне (fronthaul) және желілік ядросына (backhaul) көлік арналары үшін желілік кесуді зерттеу5;
- ИМТ-2020 желісіндегі жана трафик модельдерін және QoS және ОАМ сәйкес аспектілерін анықтау.

Сондай-ақ, ИМТ-2020 үшін жоғары деңгейлі пайдалану жағдайларын және олардың талаптарын жинау, жіктеу және ұсыну, сондай - ақ ИМТ-2020 қолдайтын желілердің жоғары деңгейлі талаптары мен басқа аспектілерін ұсыну және

сипаттау арқылы радио қол жетімділікті пайдаланбайтын және IMT-2020 қолдайтын желілердегі стандарттар үшін қажетті аймақтарды анықтау.

IMT2020 OГ жұмысының нәтижелері келесі шығыс құжаттарын дайындау болды:

- МӘС-те IMT-2020 үшін терминдер мен анықтамалар;
- IMT-2020 желісінің бағдарламаланатын жазықтыққа ауысуын қолдану (бағдарламалық жасақтама);
- Желі тұрғысынан IMT-2020 талаптары;
- IMT-2020 желілік архитектурасының құрылымы;
- IMT-2020 тіркелген және жылжымалы байланыс конвергенциясына қойылатын талаптар;
- Тіркелген ұялы байланыс конвергенциясы үшін біріктірілген желілік интеграцияланған бұлт;
- IMT-2020 желісін басқаруға қойылатын талаптар;
- IMT-2020 үшін желіні басқару құрылымы;
- IMT-2020-да ақпараттық-бағдарланған желілерді (ICN) қолдану.

1.2.3 IMT-2020 стандарттау: желіге қойылатын талаптар

Жаңа 5G/IMT-2020 желілері төртінші буын желілерінен радиобайланыс өнімділігін одан әрі жақсарту тұрғысынан ғана емес, сонымен қатар IMT-2020 желісіндегі негізгі сценарийлер мен көптеген жаңа мүмкіндіктерді, соның ішінде желіні кесу функционалдығын жүзеге асыру үшін үздіксіз қосылым икемділігінің айтарлықтай жақсаруымен ерекшеленуі керек. Бұл икемділік IMT-2020 желілік компоненттеріндегі функцияларды бағдарламалық деңгейде іске асыру тәсілін (бағдарламалық қамтамасыз ету) енгізу арқылы айтарлықтай қамтамасыз етілуі керек. Бағдарламалық жасақтамамен анықталған желілер (SDN), желілік функцияларды виртуалдандыру (NFV) және бұлтты есептеу сияқты технологиялар IMT-2020 желісінде бұрын-соңды болмаған икемділікті жүзеге асыруы керек.

IMT-T Y. 3101 ұсыныстарында IMT-2020 желілеріне қойылатын келесі жалпы принциптер мен талаптар анықталған.

Қызметтердің әртүрлілігі. IMT-2020 желісі трафиктің көптеген сипаттамалары мен мінез-құлқын ескере отырып, әртараптандырылған қызметтерді қолдауы керек. Бұл пайдаланушы құрылғылары, перифериялық құрылғылар және МТС құрылғылары сияқты көптеген байланыс нысандарын қолдауды қамтиды.

Қол жеткізу желісінің технологиясына минималды тәуелділігі бар жалпы тірек желісі. Алдыңғы IMT желілерінде қол жеткізу желісіне жаңа технологияны енгізу тірек желісінің жаңа түрін құрумен қатар жүрді және бірлескен жұмыс пен біркелкі ауысуды қамтамасыз ету үшін жаңа және қолданыстағы тірек желілері арасындағы өзара әрекеттесуді қамтамасыз ету

кажеттілігі түріндегі салдары болды, бұл әрқашан маңызды техникалық қиындық тудырды.

Икемділік және бағдарламалау. ІМТ-2020 желісі әр түрлі, кейде тіпті бір-біріне қайшы келетін қызмет талаптарын (eMBB, ULLRC, mMTC) бейімдеу үшін икемді және кеңейтілетін болуы керек, сондықтан әр нақты қызмет үшін бөлек арнайы желілерді орналастыруға болмайды. Бұл жағдайда ІМТ-2020 желісін икемді және икемді етуге мүмкіндік беретін басқару деңгейі мен пайдаланушы функциялары арасында нақты бөлу сақталуы керек ІМТ-2020 желісі бағдарламаланатын функцияларды, қызметтерді және қосымшаларды бөлуді және конфигурациялауды, динамикалық масштабтауды және көлденең масштабтауды қолдауы керек. Сонымен қатар, желі желілік функциялармен байланысты ресурстарды виртуалдандыруды қолдауы керек, сонымен қатар әртүрлі сипаттамалары бар бірнеше желі сегменттерінің (желілік кесу элементтері) сұранысы бойынша қалыптасуын қолдауы керек.

Таратылған желілік архитектура. ІМТ-2020 желісі UHD (TV) теледидары, VR/AR, бейнеконференциялар немесе телемедицина сияқты жаңа өткізу қабілеттілігін талап ететін қызметтерден трафиктің қарқынды өсуін басқаруға жеткілікті икемді болуы керек. Қолданыстағы қатаң орталықтандырылған архитектура Мобильді деректер трафиінің күрт өсуіне байланысты талаптарды қанағаттандыра алмайды. Осылайша, тірек желісінің шлюздерін желінің шетіне жақын орналастыру қажеттілігі туындайды, бұл таратылған желілік архитектураға әкеледі.

Желідегі деректерді өңдеу. ІМТ-2020 желісі пайдаланушыларға орналасқан жеріне қарамастан деректерді жылдам алуға мүмкіндік беретін механизмдерге ие болатындай үлкен көлемдегі деректерді тиімді өңдеу үшін жобалануы және жүзеге асырылуы керек. Желідегі деректерді өңдеу желілік түйіндердегі желі және қолданбалы қызметтер масштабындағы деректерді өңдеу құралдарын қамтамасыз ете алады.

Желіні басқару. ІМТ-2020 желілік компоненттерінде желілік бағдарламалық қамтамасыз ету тәсілін енгізуге сәйкес, желіні басқару функциялары физикалық және виртуалды ресурстарды басқара алуы керек. ІМТ-2020 желісі желінің бағдарламалық жасақтамасына байланысты күрделілігіне қарамастан желіні пайдалану мен басқарудың қарапайымдылығын қамтамасыз ететін етіп жасалуы керек. Сонымен қатар, желі стандартталған жалпы жұмыс және басқару хаттамаларын қолдауы керек. ІМТ-2020 желісін басқару және оркестрлеу бар желілерді де, болашақ желілерді де интеграцияланған түрде қолдауы керек.

Динамикалық және интеллектуалды пайдаланушы деректерін беруді басқару. ІМТ-2020 желісі пайдаланушы деректерін тасымалдау өнімділігіне байланысты қызметтерге қойылатын талаптардың өзгеруіне бейімделе отырып, пайдаланушы деректерін тасымалдауды динамикалық басқаруды қамтамасыз етуі керек. Желі өзгермелі желі жағдайларына бейімделу үшін деректерді бағыттау мен жіберудің динамикалық және интеллектуалды механизмдерін қамтамасыз етуі керек.

Сенімділік және ақауларға төзімділік. ІМТ-2020 желісі сенімділік пен ақауларға төзімділікпен жобалануы және жұмыс істеуі керек. ІМТ-2020 желісінің сенімділігі мен ақауларға төзімділігі желінің бағдарламалық жасақтамасын немесе аппараттық құралын жанартуға байланысты қауіп төндірмеуі керек.

Қауіпсіздік және жеке деректерді қорғау. ІМТ-2020 желісі құпиялылықты, тұтастықты және қолжетімділікті есепке алуды қоса алғанда, жеке деректердің қауіпсіздігі мен қорғалуын қолдауы керек.

Энергия тиімділігі. ІМТ-2020 желісі пайдаланушы жабдықтарының энергия тұтынуын азайтуды қоса алғанда, бүкіл желінің жұмысында энергия тиімділігіне қол жеткізу мақсатында жобалануы тиіс.

Бұдан басқа, МӘС-Т бұл ұсынымы ІМТ-2020 желісінің радиотехнологиямен байланысты емес жалпы аспектілеріне, МӘС-R М. 2083 ұсынымында қаралған қызметтер тұрғысынан да, желі жұмысы тұрғысынан да талаптар қойды.

eMBB сценарийіндегі қызметтер үшін ІМТ-2020 желісінің келесі талаптары анықталды:

- локомотив деректер трафигінің күрт өсуін жеңуге мүмкіндік беретін мүмкіндікті қолдау;
- Ultra жоғары өткізу қабілеттілігі қызметтерін қолдау үшін икемділік пен ақауларға төзімділікті қамтамасыз ету;
- жергілікті түсіруді тиімді қолдауды қамтамасыз ету;
- экстремалды трафикті немесе қосылым тығыздығын жеңу үшін әртүрлі мобильді транзиттік желі технологияларын қолдау.

ULLRC сценарийіндегі қызметтер үшін ІМТ-2020 желісінің келесі талаптары анықталды:

- қызмет көрсету талаптарына сәйкес қызмет көрсетудің жоғары сенімділігін қолдау;
- техникалық қызмет көрсету талаптарына сәйкес кешігуді (E2E) азайту арқылы жақсартылған техникалық қызмет көрсету өнімділігін қамтамасыз ету.

mMTC сценарийіндегі қызметтер үшін ІМТ-2020 желісінің келесі талаптары анықталды:

- MTC құрылғыларының үлкен санын тиімді қолдау;
- MTC құрылғыларының көптігінен туындауы мүмкін трафиктің шамадан тыс жүктелуін азайтуды қамтамасыз ету;
- бір мезгілде көптеген қосылыстар болса да, келісілген qos арқылы қолдау.

ІМТ-2020 желілеріне қойылатын Операциялық талаптар [15] келесі аспектілер үшін анықталған:

- желінің икемділігі мен бағдарламалануы;
- тұрақты ұялы байланыстың конвергенциясы;
- кеңейтілген ұтқырлықты басқару;

- желі мүмкіндіктерін ұсыну;
- сәйкестендіру және аутентификация;
- қауіпсіздік және жеке деректерді қорғау;
- тиімді дабыл;
- қызмет көрсету сапасын бақылау;
- желіні басқару;
- зарядтау;
- ИМТ-2020 қолдамайтын желілермен өзара әрекеттесу;
- ИМТ-2020 желісін орналастыру және көшіру.

Осылайша, жаңа ИМТ-020 желілік архитектурасы қол жеткізу желісінен тәуелсіз болуы керек және ИМТ-2020 үшін радио қол жеткізу технологияларына (RAT), сондай-ақ қолданыстағы бекітілген және сымсыз желілерге ортақ тірек желісіне ие болуы керек. ИМТ-2020 тірек желісі қол жеткізу желісінің технологияларымен байланысты емес жалпы басқару механизмдерін жүзеге асыруы керек. Таратылған желілік архитектура транзиттік және негізгі желі трафигінің айтарлықтай төмендеуіне әкелуі керек, бұл мазмұн серверлерін соңғы пайдаланушы құрылғыларына жақынырақ орналастыруға мүмкіндік береді, сонымен қатар қызмет көрсетудің кешігуі тұрғысынан пайдалы болады.

ИМТ-2020 желісінде жасанды интеллект технологияларын қолдану өзін - өзі қалпына келтіру, өзін - өзі ұйымдастыру, өзін-өзі бейімдеу және өзін-өзі оңтайландыру тетіктерін қоса алғанда, кеңейтілген желіні басқару мен операцияларға перспективалы көмекші құралдарды ұсынады деп күтілуде.

Желінің архитектурасы жоғарыда қарастырылды, сондықтан қызмет көрсету сапасының мәселелеріне көшейік.

1.2.4 ИМТ-2020 стандарттау: қызмет көрсету сапасы

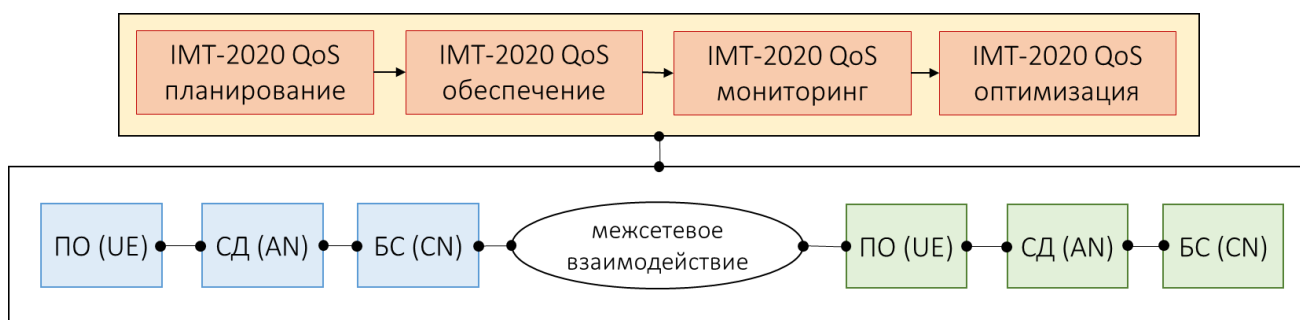
2020 (ИМТ2020) халықаралық мобильді телекоммуникация желісі үшін қызмет көрсету сапасына (QoS) қойылатын функционалдық талаптар 2019 жылғы сәуірде IC13 IC-T қабылданған IC-T Y. 3106 ұсынымдарында бекітілген.

Исе-Т ұсынымындағы QoS талаптарын шолуды қарастыра отырып [17] ИМТ-202 пайдаланудың 3 негізгі сценарийіне негізделеді, олар ИМТ-R M. 2083 ұсынысында анықталған: eMBB, mMTC және URLLC. Олар үшін әдеттегі қосымшалар-виртуалды/кеңейтілген шындық (VR / AR), 4K бейне ағыны және 3D мультиплеерлік тікелей эфир, көлік құралының кез-келген нысандармен байланысы (V2X) және ИМТ-2020 желісі арқылы машинааралық өзара әрекеттесу (M2M).

ИМТ-2083 ұсыныстарында көрсетілген ИМТ-2020 функционалдығы тиімділіктің негізгі көрсеткіштері (KPI) ретінде анықталған: деректердің ең жоғары жылдамдығы, пайдаланушы интерфейсі арқылы деректер жылдамдығы, кідіріс, ұтқырлық, қосылу тығыздығы, энергия тиімділігі, спектрді пайдалану тиімділігі, географиялық өткізу қабілеті.

Сонымен қатар, Ісе-Т Ү. 3106 ұсынысы ІМТ-2020 желісінің жоғары деңгейлі QoS мүмкіндіктерін сипаттайды: QoS жоспарлау, QoS қамтамасыз ету, QoS мониторингі және QoS оңтайландыру. Осы мүмкіндіктерге сүйене отырып, ІМТ-Т Ү. 3106 ұсынысы ІМТ-2020 желісі үшін QoS функционалдық талаптарын анықтайды.

ІМТ-Т Ү. 3101 ұсынысында ұсынылған талаптарға сәйкес, ІМТ-2020 желісі желіге қол жеткізу технологияларына қарамастан QoS және qos арқылы басқарудың бірыңғай механизмдерін қолдауы керек. ІМТ-2020 желісі қызмет көрсету деңгейінің сипаттамасына (SLS) сәйкес әртүрлі қызметтердің өнімділігін қолдау үшін пайдаланушы бастаған QoS басқару механизмдерін қолдауы ұсынылады. Барлық қызметтер мен пайдалану сценарийлеріне (enb, cl C және т.б.) қызметтің өмірлік циклі кезінде желілік сегменттің (желілік қабаттың) әртүрлі даналары қолдау көрсетеді. Қызметтер мен желіні кесудің (сегменттеудің) өмірлік цикліне QoS өмірлік циклін басқару да қатысады, ол төрт өзара тәуелді категорияға бөлінеді: ІМТ-2020 желісінің QoS жоспарлау, QoS қамтамасыз ету, QoS мониторингі және QoS оңтайландыру (сурет.1.5).



1.5-сурет - ІМТ-2020 желісіндегі жоғары деңгейлі QoS мүмкіндіктері

ІМТ-2020 QoS желісін жоспарлау-желіні қамтуды, сыйымдылық пен ресурстарға қойылатын талаптарды бағалауды жүргізу. Бұл талданатын әрбір аймақ үшін нақты трафикті бағалауды және желі топологиясын білуді, сигналдар мен пайдаланушы деректерін беру үшін нақты үлгілерді пайдалануды және желі элементтерінің нақты сипаттамаларын, функциялары мен параметрлерін іске асыруды талап етеді.

ІМТ-2020 QoS желісін қамтамасыз ету-қызметке бағытталған қызмет көрсету деңгейі туралы келісімді (SLA) біртұтас және qos арқылы басқарылатын ресурстарға бағытталған желі сегменттерінің сипаттамаларына түрлендіру функциясы. Ол сондай-ақ qos үшін өзара әрекеттесу мен корреляцияны, сонымен қатар қызмет көрсетудің түпкілікті сапасын тиімді қамтамасыз етуді қамтиды.

ІМТ-2020 QoS желісін оңтайландыру-желінің жалпы сапасын жақсарту, пайдаланушы QoS және желілік ресурстарды тиімді пайдалануды қамтамасыз ету процесі.

Оңтайландыру QoS ІМТ-2020 мониторингін қамтиды: өлшеу, өлшеу нәтижелерін талдау, ауытқуларды анықтау және болжау және желі конфигурациясының параметрлерін жаңарту.

Ұсынымдар қажетті KPI қызметтерін орындау үшін барлық осы 4 блок бойынша қызметке бағытталған IMT-2020 желілері үшін qos функционалдык талаптарын айқындады.

Мұндай талаптардың мазмұнын жалпы түсіну үшін біз олардың бірнешеуін ғана береміз:

Qos Жоспарлау:

- IMT2020 (emb, MAC және RLC) әртүрлі пайдалану сценарийлерін динамикалық модельдеуге қолдау қажет;

- қызмет көрсету модельдерін трафик моделіне дәл түрлендіру қажет;

- кідіріс, өткізу қабілеттілігі, өткізу қабілеттілігі, жүктемені теңестіру, шығындар және т. б. қызметтерге қойылатын әр түрлі талаптарды қанағаттандыру үшін QoS-пен маршруттауды қолдау ұсынылады.

QoS Қамтамасыз Ету:

- ғаламдық желіні қарау мүмкіндіктерімен, сұраныс бойынша бағдарламалық желілік мүмкіндіктермен, желілік сегменттерді офлайн басқарумен (кесу) және оркестрмен qos арқылы тиімді қамтамасыз етуді қолдау қажет;

- базалық желі (BS/CN) тұрғысынан бірыңғай және қол жетімділікке тәуелсіз (тіркелген немесе мобильді қол жетімділік) QoS басқаруды қолдау қажет;

- QoS өзара әрекеттесуін және пайдаланушы жабдықтары (UE), қол жеткізу желісі (AN), BS және басқа деректер желілері арасындағы дисплейді қолдау қажет;

- QoS ережесі (ережелері) негізінде ағынды жіктеуді, таңбалауды, шамадан тыс жүктемені болдырмауды, кезекті қалыптастыруды және кезекті жоспарлауды қамтитын QoS қамтамасыз етуін қолдау қажет;

- пайдаланушы QoE талаптарын QoS параметрлеріне динамикалық түрде бейімдей алатын QoE туралы хабардарлықты сақтау ұсынылады.

Qos Мониторингі:

- өтпелі мониторингті қолдау тетігін ұсыну қажет

Нақты уақыттағы QoS;

- QoS мониторингі қосымшасына интерфейс беру қажет (мысалы, QoS мониторингін бастау, QoS параметрлерін, оқиғаларды немесе хаттама ақпаратын сұрау);

- сұрауды алғаннан кейін белгілі бір уақыт ішінде нақты уақыт режимінде QoS мониторингі туралы ақпарат беру үшін уәкілетті пайдаланушының сұрауына жауап беру қажет;

- рұқсат етілген қолданбаға немесе желі нысанына нақты уақыт режимінде QoS параметрлерін және оқиғалар туралы ақпаратты ұсыну қажет;

- алдын-ала белгіленген шаблондарға сәйкес уәкілетті пайдаланушыларға QoS оқиғалары туралы хабарлама беру ұсынылады (мысалы, өткізу қабілеттілігі алдын-ала белгіленген шектен төмен түскен сайын QoS параметрлері үшін уәкілетті пайдаланушыға хабарланады және оқиға тіркеледі).

Qos Оңтайландыру:

- QoS деректерін талдау негізінде QoS аномалиясын интеллектуалды анықтауға қолдау қажет;
- QoS деректерін талдау негізінде трафикті болжауды қолдау қажет;
- қызметтің өмірлік циклі кезінде қызметтің қажетті өнімділік деңгейін қамтамасыз ету және қамтамасыз ету үшін QoS оңтайландыруды қолдау қажет.

1.3 Алтыншы буын байланыс желілері және байланыс желілері

Алтыншы буын байланыс желілері телекоммуникация желілері мен жүйелерін дамыту жолындағы келесі қадам болып табылады. Алтыншы буын байланыс желілері 21 ғасырдың үшінші онжылдығының екінші жартысынан бастап, яғни 2025 жылдан бастап нақты желілерде жұмыс істейді деп жоспарлануда. Алтыншы буын байланыс желілері мен бесінші буын байланыс желілерінің негізгі айырмашылықтары келесідей [16]:

- өте жоғары тығыздық-алтыншы буын байланыс желілерінде құрылғылардың тығыздығы бесінші буын байланыс желілерінде шаршы метрге 1 құрылғының орнына текше метрге (m^3) 100 құрылғы болады деп жоспарлануда,
- алтыншы буын желілеріндегі бесінші буын байланыс желілеріндегі миллисекунд бірліктерінің орнына радиоға қол жеткізудің кешігуі 0,1 мс болады,
- қол жетімділіктің ең жоғары жылдамдығы 100 Гбит/с жетеді – бесінші буын байланыс желілері үшін 10 Гбит/с орнына 1 Тб/с,
- объектілерді орналастыру үй-жайда 10 см және үй-жайдан тыс жерде 1м дәлдікпен жүргізілетін болады. Бесінші буын байланыс желілерінде позициялауға қойылатын талаптар реттелмеген.

Жоғарыда айтылғандардың барлығы алтыншы буын байланыс желілерінде терагерц диапазонын кеңінен қолдануға көшумен байланысты. Сонымен қатар, желілерді жазықтықта емес, көлемде жоспарлау қажеттілігі айқын, өйткені терагерц диапазоны үшін көбінесе қабырғалар немесе ғимараттар құрылымдарының басқа элементтері және т.б. ғана емес, сонымен қатар Адам денесі де шешілмейтін кедергі болып табылады. Желідегі құрылғылардың тығыздығы артып келеді, бірақ қазірдің өзінде көлемде. 5G/IMT2020 үшін жоғары тығыздықтағы желі ұғымымен салыстырғанда өте тығыз желі ұғымы пайда болады [28].

2030 байланыс желілері-бұл 2018 жылы ХЭО-Т бастаған және 2030 жылға дейінгі перспективада желінің сипаттамаларын анықтау мақсатын көздеген жоба [29]. Алтыншы буын байланыс желілерімен салыстырғанда 2030 байланыс желілері үшін келесі көрсеткіштер жоспарланған:

- айналмалы кідіріс 1 мс-ден аз,
- 1 Тбит/с-тан асатын ең жоғары жылдамдық,
- 1×10^{-6} артық емес шығын,
- желінің қолжетімсіздігі сағатына 2 мс-тан аз.

Сонымен қатар, бұл, мүмкін, ең маңыздысы – алтыншы буын байланыс желілерімен салыстырғанда бірқатар функционалдық айырмашылықтар қарастырылған:

-желіні жекелендіру және телекөрсетілім қызметтері [9]. Робот аватарларын [34], адамның голографиялық көшірмелерін [34] кеңінен қолдану жоспарлануда, телекөрсетілім қызметтері пандемиямен және осыған ұқсас құбылыстармен күресу үшін байланыс желілері мен жүйелерінің маңыздылығында шешуші рөл атқара алады [34],

-нано-желілерді кеңінен пайдалану [23], бұл нано-әлемнен ақпарат алуға ғана емес, оны медициналық мақсаттарда, спортшыларды даярлау кезінде, технологиялық апаттардың алдын алу үшін және т. б. пайдалануға мүмкіндік береді.,

-тұжырымдамасын толық көлемде жүзеге асыру Индустрия 4.0 [34], бұл өндірісті тиімді ұйымдастыруға, оның ішінде гуманоидты роботтарды қолдануға жаңа мүмкіндіктер береді.

Алайда, 2030 желілерінің тұжырымдамасын іске асыру кезінде ең маңыздысы желіні орталықсыздандыру болуы тиіс [7], бұл цифрлық экономиканы тиімді енгізу үшін жаңа мүмкіндіктер беріп қана қоймай, аумақтар арасындағы цифрлық алшақтықты жою үшін нақты негіз болады [7].

Көріп отырғаныңыздай, алдағы он жылдағы желілер мен байланыс жүйелерінің даму перспективалары өте кең, бірақ сонымен бірге барлық сценарийлерде желі құрылғыларының тығыздығының түбегейлі өзгеруі маңызды рөл атқарады. Сондықтан әрі қарай, жоғары тығыздықтағы және өте тығыз байланыс желілері пайда болған кезде пайда болатын жаңа ғылыми міндеттерге тоқталайық.

1.4 Жоғары тығыздықтағы желілер

Бүгінгі таңда интернет заттарының өсу қарқыны мен санына қатысты әртүрлі бағалаулар мен болжамдар белгілі [7], бірақ олардың барлығы Интернет заттарының саны тұрақты түрде өсіп, абоненттік терминалдар мен адамдар санынан едәуір асып түсетініне келіседі. IoT желісінде 1 м² үшін 1 құрылғы сияқты шамада бағаланатын құрылғылардың тығыздығы жоғары болады деп күту керек [30]. Сондай-ақ, сымсыз желілерді құру технологияларын және, ең болмағанда, қол жетімділік деңгейінде пайдалану көзделеді.

Бұл қиындықтар трафиктің өсуінде [21], бір кіру нүктесіне есептелген құрылғылардың жалпы санында, Шу сигналының арақатынасының төмендеуінде немесе күрделі мәселелерде көрінуі мүмкін. Жолақтан тыс D2D байланыстарын пайдалануды талдау кезінде, берілген жағдайда, автордың еңбектерінде [27] сигнал/шу қатынасының төмендеуіне байланысты проблемалар туындағаны көрсетілген. Соңғысы құрылғылар арасындағы қашықтықты шектеу қажеттілігіне және ad hoc желісін ұйымдастырған кезде маршруттың орташа ұзындығының өсуіне әкеледі.

Автордың еңбектерінде [22] біртекті ортадағы байланыс жағдайларына, яғни тегіс, ашық аумақта желіні ұйымдастырумен салыстыруға болатын жағдайларда желі тығыздығының әсеріне талдау жүргізілді. Іс жүзінде мұндай жағдайлар жиі кездеспеуі мүмкін. Мысалы, көп пәтерлі үйлердің ішінде қалалық жағдайда желіні ұйымдастырған кезде сигналдың таралу шарттары біркелкі болмайды. Сондай-ақ, өнеркәсіптік және басқа Үй-жайлар ішіндегі желілерді ұйымдастыру кезінде жағдайлар біркелкі емес.

Осылайша, мұндай жағдайларда гетерогенді жағдайлар пайда болатындығын байқауға болады, алайда көптеген жағдайларда мұндай жағдайларды типтік деп атауға болады, өйткені олар интернет желілерін құруға болатын типтік кеңістіктерге тән.

Пайдаланушылардың кеңістіктегі таралуының гетерогенділігі және таралу ортасының гетерогенділігі әртүрлі физикалық сипатқа ие. Бірінші жағдайда, бұл кейбір орталықтарға жақын құрылыстарды топтастыру, ал екіншісінде радио сигналдарының таралу жолында физикалық кедергілердің болуы. Кедергілердің болуы әлсіреуде де, сигналдардың шағылысуында да көрінеді [22].

Егер біз қала жағдайларын қарастыратын болсақ, онда сигналдардың таралуына негізгі кедергі әртүрлі құрылымдар болып табылады, ал қазіргі қалалардағы ең көп таралған құрылымдар тұрғын үйлер мен басқа ғимараттар болып табылады. Осылайша, заттар интернетінің құрылымы қалалық инфрақұрылыммен, атап айтқанда құрылыстың сипатымен және құрылымдардың параметрлерімен анықталады.

Қала құрылысының желі құрылымына әсері тек интернет заттары үшін ғана емес, сонымен қатар басқа сымсыз байланыс желілері үшін де көрінеді.

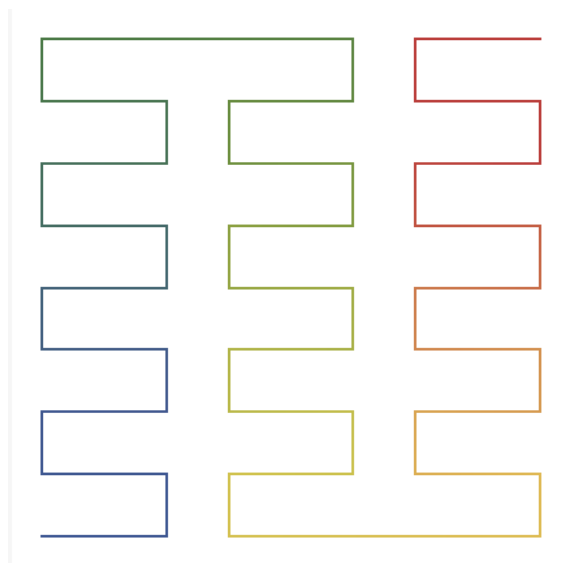
Мұндай құрылымды модельдеу қалалық инфрақұрылым енгізген гетерогенділікті модельдеу қажеттілігімен байланысты.

Желі моделін құру кезінде біз ғимараттар мен басқа құрылыстардың қабырғалары сияқты элементтер радио сигналдарының таралуына кедергі келтіреді деп есептей отырып, қалалық инфрақұрылымның жағдайына сүйенеміз. Бұл элементтер шамасы әртүрлі болуы мүмкін қосымша әлсіреуді тудырады. Сондай-ақ, заттар интернетінің қарастырылып отырған элементтері кездейсоқ нүктелерде орналасқан және осы элементтерден тыс орналасқан деп есептейік.

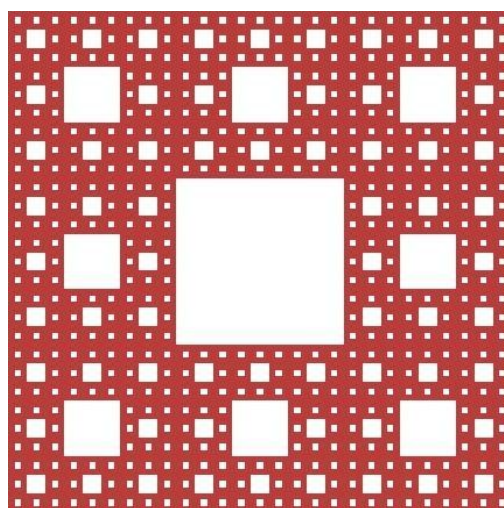
Елді мекен карталарындағы суреттің негізгі элементі тік бұрыштармен жалғанған тіктөртбұрыш немесе түзу кесінділер екенін байқау қиын емес. Сондай – ақ, масштабтың өзгеруімен, яғни объектінің ұлғаюымен-ғимарат, квартал, шағын аудан, жалпы алғанда, оның формасы дерлік сақталатынын байқау қиын емес. Бұл фракталдық геометрия элементтеріне тән осы құрылымдардың өзіндік ұқсастығы туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Бұл дипломдық жұмыста байланыс желілерін жоспарлау және жобалау міндеттерінде геометриялық фракталдарды қолдану ұсынылады. Атап айтқанда, егер сипатталған құрылымның элементтері негізінен жалпақ тікбұрышты

элементтер болса, онда мысалы, Пеано қисықтары немесе Серпинск [22], 1.6-сурет және 1.7-сурет сияқты құрылымдарды қарастыруға болады.



1.6-сурет - Пеано Қисықтары



1.7- сурет - Серпинск

Жоғарыда айтылғандардың барлығы заттардың интернет желілерінің өзін-өзі ұйымдастыратын құрылымын да, жоғары тығыздықтағы желінің фракталдық қоршаған орта құрылымының әсерін де ескеретін жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін жоспарлаудың жаңа әдістерін әзірлеуді және зерттеуді қажет етеді. Айта кету керек, бұл бесінші буын байланыс желілерінде және алтыншы буын желілері мен 2030 желілерінде өте тығыз желілерде жоғары тығыздықтағы желілердің пайда болуын анықтайтын Заттар интернеті.

2 Жоғары тығыздықтағы желіні жоспарлау әдісі және кеңістіктегі біртекті құрылымының шарттары

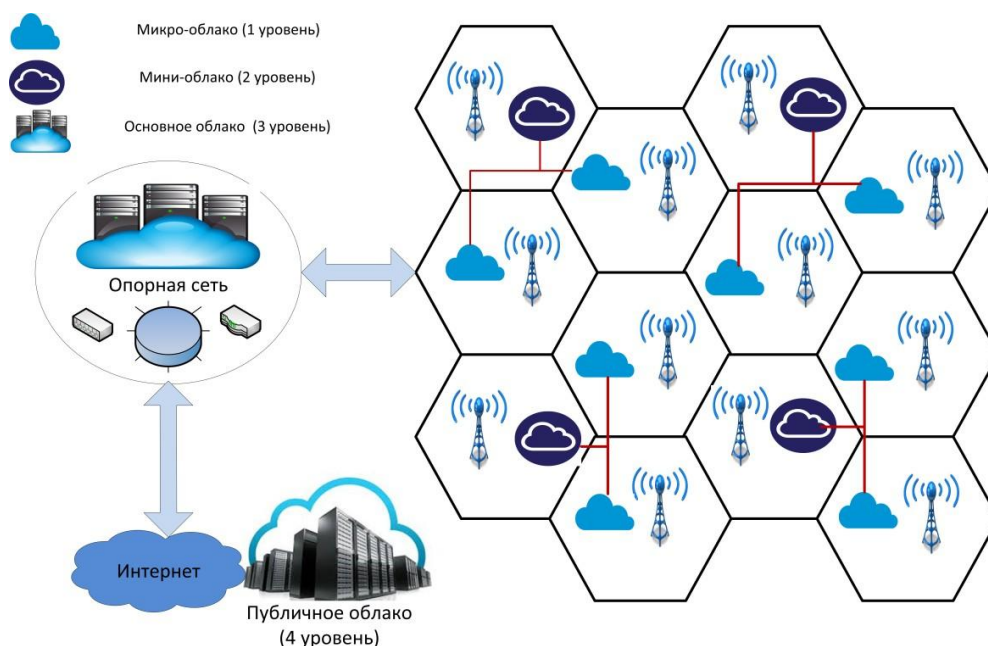
2.1 Байланыс желілерінде трафикті бөлу

Байланыс желілерінің бүкіл эволюциясы кезінде кіретін трафикке қызмет көрсетудің екі әдісі болды: орталықтандырылған және орталықтандырылмаған. Байланыс желілерін дамытудың нақты кезеңінде осы немесе басқа әдісті қолдану техникалық-экономикалық көрсеткіштерге байланысты болды. Осылайша, аналогтық байланыс желілерін дамыту кезінде абоненттер көп жиналатын жерлерде, мысалы, көппәтерлі үйлерде орнатылған қосалқы станциялар да, сол станцияға қосылған абоненттердің қосылыстары кіретін ішкі хабарламалардың жабылуы да кеңінен қолданылды. Бұл ретте ішкі қатынастар трафиінің үлесі қалалық желілер үшін 15-20% - ға жетті және ауылдық аудан үшін орталық станциялар орнатылған аудан орталықтарындағы ауылдық электр байланысы желілері үшін 40-50% - дан асып түсті [4]. NGN желілері мен жүйелерін енгізу кезеңінде орталықтандырылған қызмет көрсетумен байланысты бағыт басым болды [26,27].

Бесінші және кейінгі буын байланыс желілері үшін қызмет көрсетудің біріктірілген нұсқасы қолданылады, бұл өте аз кідірістерді [3] қамтамасыз ету талабымен де, D2D технологиясын пайдалану кезінде базалық станцияның қатысуынсыз байланыс орнату мүмкіндігімен де байланысты.

Бесінші және одан кейінгі ұрпақтардың байланыс желілерінің талаптарын қамтамасыз ету мақсатында, ең алдымен кідірістер бойынша шекаралық және тұманды есептеу технологиялары әзірленді [15]. Бұл технологиялардың мәні есептеу ресурстарын пайдаланушыға мүмкіндігінше жақын тасымалдау болды. Бұл ретте қажетті өнімділікке және пайдаланушының желілік құрылғыларының есептеу ресурстарына байланысты пайдаланылуы мүмкін [6]. Ғылыми-зерттеу жұмыстарының тағы бір бағыты пайда болды – қызмет көрсетуге өтінімдерді өңдеудің әртүрлі деңгейлері үшін орын алатын трафикті түсіру [4,5]. Көріп отырғанымыздай, есептеудің әр түрлі деңгейлері қалыптасады, демек трафикті өңдеу мен қызмет көрсетудің көп деңгейлі бұлтты құрылымдары [4].

Көп деңгейлі бұлтты құрылымның классикалық мысалы болып табылады [3] тактильді Интернет қызметтерін ұсынуға арналған жүйе (сурет.2.1).



2.1-сурет - Тактильді Интернет қызметтерін ұсынуға арналған көп деңгейлі бұлттық жүйе

Көріп отырғаныңыздай, микро және шағын бұлттар базалық станциялар деңгейінде орналасқан, олар өте аз кідірістерді қажет ететін қызметтерді ұсыну кезінде мәселелерді шешу үшін қолданылады, бұл жағдайда тактильді Интернет қызметтері. Үлкен есептеу ресурстарын қажет ететін және бұл ретте өте аз кідірістерге сезімтал емес қызметтер байланыс желісі операторының және/немесе жалпыға ортақ бұлттардың (Яндекс, Google және т.б.) бұлтты құрылымдарын пайдалана отырып ұсынылады. Ұсынылған жүйеде микро және мини бұлттардың жоғары жылдамдықты оптикалық жолдармен (2.1-суреттегі қызыл сызықтар) байланысты болуы өте маңызды, бұл көбінесе тактильді Интернет қызметтерін ұсыну кезінде қажет дөңгелек кідіріс мәндеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Дәл осындай әсерге құрылғы-құрылғы D2D өзара әрекеттесу технологиясын қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Жоғарыда айтылғандай, бұл технология жоғары тығыздықтағы желілерде туындайтын мәселелерді де шеше алады[8].

Сонымен қатар, мұндай желілердегі көптеген құрылғылардың арқасында бір уақытта ұқсас міндеттері бар сымсыз сенсорлық желілер үшін алынған жетістіктер кеңінен қолданылуы мүмкін, атап айтқанда: өзін-өзі ұйымдастыру, кластерлеу және маршруттау алгоритмдері.

2.2 Ad Hoc немесе мақсатты байланыс желілері

Сымсыз сенсорлық желілердің, содан кейін жоғары тығыздықтағы желілердің пайда болуы табиғи түрде байланыс желілерін құру теориясы мен тәжірибесінде бірқатар түбегейлі өзгерістерге әкелді. Шынында да, бір

жазықтықта немесе көлемде орналасқан көптеген құрылғылар олардың жұмыс істеуі кезінде жеткілікті үлкен энергияны қажет етеді, бұл әрдайым шектеулі кеңістікте бола бермейді. Сонымен қатар, бұл құрылғылар, әдетте, қарапайым және оларды үлкен қуат көздерімен қамтамасыз ету мүмкін емес. Сонымен қатар, егер аталған құрылғылар ұтқырлыққа ие болса, желідегі құрылғылардың саны белгілі бір аумақта немесе белгілі бір көлемде уақыт өте келе өзгеруі мүмкін.

Мұндай желілердің жоғарыда аталған ерекшеліктері ad hoc немесе мақсатты байланыс желілері тұжырымдамасының қалыптасуына әкелді [23]. Ad Hoc желілер-бұл түйіндер саны мен олардың арасындағы қатынастар кездейсоқ шамалар болатын өзін-өзі ұйымдастыратын желілер [23]. Өзін-өзі ұйымдастыратын желілердің мысалдары-VANET автомобиль көлігі желілері (Vehicular Ad Hoc Network) [29] және WSN сымсыз сенсорлық желілері (Wireless Sensor Network) [28]. Осы желілерді құрайтын құрылғылардың параметрлеріне байланысты жоғары тығыздықтағы желілерге ең жақын сымсыз сенсорлық желілер болып табылады. Сондықтан сымсыз сенсорлық желілерді құру принциптерін және сонымен бірге қолданылатын әдістерді қарастырған жөн.

Сымсыз сенсорлық желілерді енгізу басталғаннан бері жеткілікті ұзақ уақыт оларды құру үшін шамамен 64000 мың сенсорлық түйіндер үшін сенсорлық желіні құруды қамтамасыз ететін ZigBee протоколы қолданылды [23].

Әрине, егер сіз осындай желінің тең-теңімен құрылысын болжасаңыз, онда мыңдаған сенсорлық түйіндердің өте көп саны арқылы ақпарат беруді қамтамасыз ету қажет болатын жағдайлар алынып тасталмайды, бұл жалпы желінің энергиясын тұтыну тұрғысынан ғана емес, сонымен бірге пайда болатын кідірістер тұрғысынан да қолайсыз. Сондықтан, сымсыз сенсорлық желілерді кеңінен енгізудің басынан бастап, желіні кластерлеуге, бас түйіндерді тағайындауға негізделген сымсыз сенсорлық желілерді құрудың иерархиялық әдістері кеңінен қолданылды, олар арқылы кластердің қалған мүшелері ортақ пайдаланылатын байланыс желісімен өзара әрекеттесуді жүзеге асырды [18].

Сымсыз сенсорлық желілер кластерленген ең танымал алгоритм LEACH (Low Energy) алгоритмі болды

(Hierarchy), өз уақытында ұшқан W. Heinzelmann [23]. Алгоритмнің Мәңгілік өтеқарапайым болды: уақыт өтекеле кластердің t бас түйінінің алдына сәтті бас болғанның сенсорлық түйін бола алмады. Бұл алгоритм сенсорлық желінің өмір циклінің ұзақтығы кластерлік желінің өмір циклінің ұзақтығы салыстырғанда 7 ес ұзартты [23]. LEACH алгоритмін пайдалану кезінде кластерлеудің тағы бір ерекшелігін атап өту маңызды. Сымсыз сенсорлық желінің бүкіл өмірлік циклі ұзақтығы бойынша бірдей раундтарға бөлінеді. Бұл ретте әрбір раундта мынадай іс-қимылдар дәйекті түрде жүзеге асырылады: қазіргі уақытта ең көп энергия қоры бар түйіндерден бас торапты тағайындау, кластер мүшесінің бас тораптан аумақтық қашықтығына сәйкес оған жиналған ақпаратты беруге мүмкіндігі бар кластер мүшелерін бас тораптарға қосу жолымен кластерлерді қалыптастыру, ақпаратты Бас торапқа беру, ақпаратты өңдеу бұдан әрі, мысалы, базалық станцияға берілуді болдырмау мақсатында бас түйін, және базалық станцияға немесе байланыс желісінің басқа

элементтеріне ақпарат беру.

Бұл алгоритм, қарапайымдылығына қарамастан, сымсыз сенсорлық желілер үшін анықтамалық кластерлеу алгоритміне айналды және олар үшін кейіннен жасалған барлық кластерлеу алгоритмдері, әдетте, тиімділігімен LEACH алгоритмімен салыстырылды.

Сымсыз сенсорлық желілер әртүрлі жағдайларда әртүрлі бақылау, басқару, бақылау және т.б. тапсырмалар үшін ақпарат жинау функцияларын орындайды. Кездейсоқ емес, сондықтан олар өз уақытында тағы бір атау алды: кең таралған сенсорлық желілер [28]. Сымсыз сенсорлық желілерді адам өмірінің әртүрлі салаларында кеңінен қолдану осы уақытқа дейін осы желілер үшін оңтайлы кластерлеу алгоритмі жасалмағанының себебі болып табылады. Бұл тұтастықтың пайда болуына ықпал етті сымсыз сенсорлық желілердің белгілі бір ерекшеліктерін ескеретін бірқатар кластерлік Алгоритмдер.

D2D жұмыстарында кластерлеу де маңызды. Бұл ретте жолақішілік кластерлеуді де, жолақтан тыс кластерлеуді де қарастырады [18]. Жолақішілік кластерлеу деп жалпыға ортақ пайдаланылатын байланыс желілері технологияларын пайдалану кезіндегі кластерлеу процесі, ал жолақтан тыс кластерлеу IEEE 802.11 технологияларын пайдалану кезінде түсініледі [14]. Бұл мәселелер жұмыста егжей-тегжейлі қарастырылған [8].

2.3 D2D желілерінің құрылысы мен жұмыс істеу ерекшеліктері. Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін құру кезінде D2D технологиясын қолдану перспективалары

D2D-дің базалық станцияның қатысуынсыз өзара әрекеттесуі бірнеше сұрақтар туғызады, олар алдымен желі операторы мен мемлекеттік қызметтер тұрғысынан шешілмейтін болып көрінеді. Әңгіме байланыс қызметтерін тарифтеу және жедел-ізвестіру іс-шараларын жүргізуді қамтамасыз ету мүмкіндігі туралы болып отыр. Осы мәселелерді мұқият қарастыра отырып, екеуі де тиімді шешіледі.

D2D қосылымдарының негізгі қатысушылары IoT құрылғылары болуы мүмкін. Әрине, дәстүрлі желілерге арналған қолданыстағы тарифтеу тәсілдері жоғары тығыздықтағы желілер үшін тиімді бола алмайды, өйткені олар құрылғылар санының үлкен өсуіне байланысты сертификаттау жүйесіне айтарлықтай үлкен шығындарды қажет етеді.

Сондықтан, IoT желілеріне арналған көптеген зерттеулер мен ұсыныстарда байланыс қызметтері үшін төлемнің абонементтік әдісін қолдану ұсынылады және уақыт бойынша немесе қосылыстар саны бойынша тарифтеу қажетсіз болып шығады.

Жедел-ізвестіру іс-шаралары жүйесін іске асыру үшін [11] - де тиімді әдіс ұсынылады, ол көптеген құрылғылардың салдарынан D2D желілері құрылатындығын түсінуге негізделген. мәселені шешу D2D желісінде орнатылған қосымша маршрутизаторлар түрінде ұсынылады, олар

функционалды түрде D2D желісінде қолданылатын терминалдар болып табылады.

Аталған мәселелерді шешкен кезде D2D желілері жоғары тығыздықтағы желілерді құрудың заңды құралына айналады. Бұл ретте, әрине, мұндай желілер үшін маршруттаудың жаңа әдістері әзірленуі тиіс. D2D желілеріндегі құрылғылардың жоғары және ультра жоғары тығыздығына байланысты құрылғылардың шамадан тыс орналасуына байланысты кедергілер туындайды. Бірақ бұл кедергілер құрылғы жұмыс істеп тұрған кезде ғана пайда болуы мүмкін, яғни трафикке қызмет етеді. Осылайша, жоғары және ультра жоғары тығыздықтағы D2D желілеріндегі қызмет көрсету сапасына белгілі бір уақытта қызмет көрсетілетін желі фрагментіндегі трафик айтарлықтай әсер етуі мүмкін, ол ақпарат беру маршрутынан өту жолында болуы мүмкін. Бұл факт жұмыста анықталды және зерттелді [8].

Желінің жоғары немесе ультра жоғары тығыздығына байланысты D2D желісінің жеке фрагменттерінің трафиінің қызмет көрсету сапасына әсері маршруттау тапсырмалары үшін ең қысқа жолды табудың белгілі оңтайлы алгоритмдерінің D2D желілері үшін тиімсіз болуына әкеледі, өйткені ең қысқа жолда үлкен трафикке қызмет көрсететін желі фрагменттері болуы мүмкін және қызмет көрсету сапасына қойылатын талаптар орындалмайды. Мұндай желілерде жаңа маршруттау алгоритмдерін әзірлеуге арналған [8,10] жұмыс болды, онда желі трафиінің әсерін ескере отырып, маршруттау алгоритмдері бойынша шешімдер ұсынылды.

2.4 Қоршаған орта кеңістігінің біртекті құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы желіні жоспарлау әдісін әзірлеу

Бұл бөлімдегі жұмыстардан айырмашылығы, ерікті нүктедегі кедергінің орташа қуатының желі түйіндерінің тығыздығына тәуелділігі үшін аналитикалық өрнектер алынады және имитациялық модельдеу арқылы аналитикалық модельдің сәйкестігі тексеріледі. Жоғарыда айтылғандай, жалпы жағдайда жоғары тығыздықтағы желінің жұмыс істеуі оның түйіндерінің орналасуына және түйіндер арасындағы сигналдың таралуына әсер ететін қоршаған ортаға байланысты. Айта кету керек, мұндай болжамдар мен бағалаулар көбінесе жалпақ модель контекстінде жұмыс істейді, яғни. құрылғылардың тығыздығы туралы (Интернет заттары) аудан бірлігіне шаққандағы құрылғылар саны ретінде. Мұндай модель әрдайым желінің қоршаған ортасының сипаттамаларына сәйкес келе бермейді, әсіресе егер желі түйіндерінің байланыс аймағы үлкен болмаса және желінің өзі көп қабатты ғимараттарда орналасса, яғни. белгілі бір көлемді алады. Бұл жағдайда аудан бірлігіне шаққандағы тығыздық деп не түсінілетіні анық емес: ғимараттың әр қабатындағы құрылғылардың тығыздығының берілген шамасы бар" жазық " модель немесе құрылғылардың жалпы тығыздығы, олардың барлық қабаттардан ғимараттың негізіне проекциясы нәтижесінде. Бұл модельдер арасындағы айырмашылық, әрине, өте маңызды болуы мүмкін.

Мұндай желінің жұмыс істеу мүмкіндіктері көбінесе оның құрылымын таңдаумен анықталады. Желінің жұлдыз тәрізді құрылымында, мысалы, құрылғыларды жылжымалы байланыс желісінің базалық станцияларына қосқанда, жоғарыда аталған талаптарға сәйкес базалық станцияның қызмет көрсету аймағындағы олардың саны миллионға немесе тіпті бірнеше миллионға жақын болуы мүмкін (қамту аймағына байланысты). Көптеген құрылғыларға қызмет көрсету мүмкін емес немесе мүмкін емес немесе байланыс желісіне қиындық тудыруы мүмкін.

Сондай – ақ, орталықтандырылған желінің сөзсіз артықшылықтарымен қатар, оның бірқатар кемшіліктері бар екенін атап өткен жөн, олардың бірі оның өміршеңдігі базалық станцияның және онымен байланысты желілік жабдықтың өміршеңдігімен, ал екіншісі трафиктің бақыланбайтын өсуімен оның шамадан тыс жүктелу мүмкіндігімен анықталады.

Осыны ескере отырып, ad hoc желісі ретінде IV желісін құру

[15] жоғарыда аталған мәселелерге қатысты бірқатар мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Бұл IV желісін тек IoT тораптарының мүмкіндіктерін пайдалана отырып, айтарлықтай қашықтыққа трафикті жеткізуге қабілетті өзін-өзі ұйымдастыратын желі ретінде құруды қамтиды [12].

Әдетте, мұндай желілер орталықтандырылмаған және кездейсоқ қол жетімді технологияларды қолданады. Бұл деректерді беру кезінде желі түйіндері шығаратын өзара кедергілерге әкеледі. Әрине, бұл кедергілердің деңгейі түйін таратқыштарының қуатына, сигналдың таралу жағдайларына, желі түйіндерінің санына (желінің тығыздығына) және олар шығаратын трафиктің қарқындылығына байланысты [8,10].

Трафиктің қарқындылығына, сигналдардың шығарылатын қуатына және түйіндердің тығыздығына байланысты мұндай желінің әлеуетін бағалайық. Мұны істеу үшін алдымен желі түйіндері қызмет көрсету аймағында кездейсоқ таралатын "жалпақ" модельді қарастырыңыз. Шығарылатын сигналдың қуаты желінің барлық түйіндері үшін бірдей деп есептейік.

2.4.1 Желі моделі

Аддитивті табиғатқа байланысты кедергі күші қызмет көрсетілетін аумақтың кез келген о нүктесіндегі P_{oj} таралу ортасындағы ыдырауды ескере отырып барлық сигнал көздерінің қуаттылығының қосындысы болып табылады

$$p_{0l} = \sum_{j=l}^n P_{oj} \quad Вт \quad (2.1)$$

Әлбетте, қабылдау p_m түйінінің жанында орналасқан сигнал көздері мақсатты сигналды қабылдау мүмкін болмайтын кедергі деңгейін тудыруы мүмкін. Бұл жағдайда арна ресурсын уақыт бойынша бөлу қолданылады. Мақсатты сигналды беру және қабылдау жүргізілмейді деп есептейміз

Қабылдау түйіні бір немесе бірнеше сигналдарды қабылдаған жағдайда, олардың әрқайсысының деңгейі белгілі бір p_m шегінен асады.

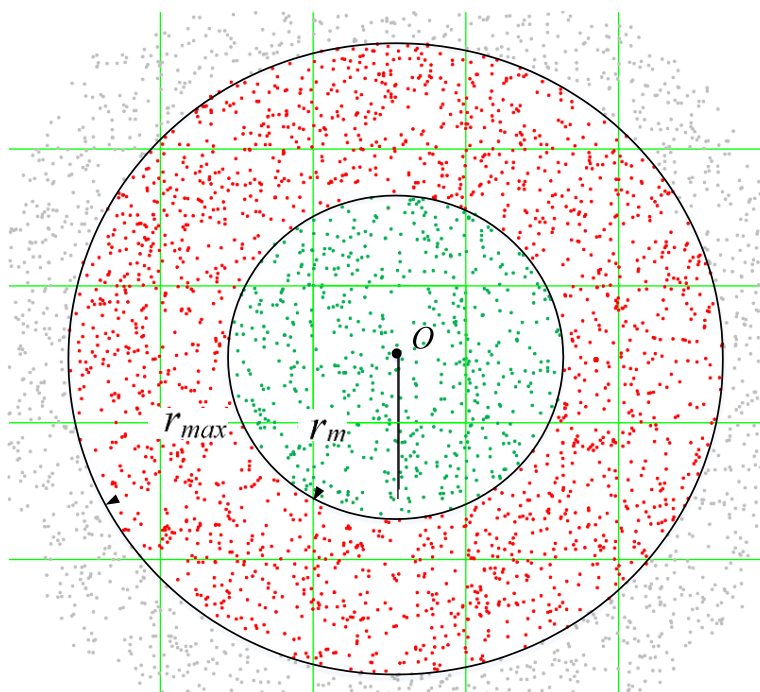
Бұл жағдайда қабылдау нүктесіндегі кедергі тек сигналдармен жасалады, олардың әрқайсысы осы шекті деңгейден аспайды. Біркелкі таралу ортасы және барлық сигнал көздерінің қуаты тең болған жағдайда, сондай-ақ антенналардың айналмалы бағыты диаграммасы болса, кедергі жасайтын түйіндер шеңберден тыс орналасады (сурет.2.2) немесе қабылдау нүктесінде орталығы бар және радиусы ретінде анықталатын 3 өлшемді модельдегі сфералар

$$r_m = \arg\{p_0 - a(r) = p_m\} \quad (2.2)$$

мұнда p_0 – шығарылатын сигнал қуатының деңгейі (дБм), p_m – қуаттың шекті деңгейі (дБм),

$a(r)$ – сигнал қашықтыққа тараған кезде қолданылатын әлсіреу r (дБ).

Шеңбердің ішіндегі және сыртындағы аймақтарға сәйкесінше сигналдар мен кедергілер аймақтары ретінде шартты атаулар береміз.



2.2-сурет - Сигнал және кедергі аймақтары

Әлсіреу моделін таңдау үшін ұсынылған модельді қарастырыңыз P.1411-10 [11]:

$$a(r) = 10\gamma \lg f + 10\alpha \lg r + \beta \text{ дБ} \quad (2.3)$$

мұнда f – жиілігі (ГГц), r - қашықтық (м).

Осы модельдердің параметрлерінің сандық мәндері оларды қолдану шарттарына байланысты. γ - таралу ортасындағы әлсіреудің сигнал жиілігіне тәуелділігін түзетеді, α - қашықтықпен әлсіреудің өсуін анықтайды, β - тұрақты

коэффициент. Модельдеу кезінде біз одан әрі қабылдаймыз $\alpha=2,12$, $\beta=29.2$, $\gamma = 2,11$.

о ерікті нүктесіндегі кедергі қуатын келесідей анықтауға болады:

$$p_{0l} = \sum_{j=l}^n I_j P_{oj}, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

$$I_j = \begin{cases} 1 & p_{oj} \leq p_m \\ 0 & p_{oj} > p_m \end{cases}$$

$$p_{oj} = \tilde{p}_o - \alpha(r_{oj}), \text{ дБм} \quad (2.5)$$

r_{oj} - бақылау нүктесі арасындағы қашықтық пен j -м желі түйіні.

Шамасы \tilde{p}_o кездейсоқ, ойлағанымыз, бұл шығарылған сигналдың қуатына тең p_0 , түйін деректерді жіберген кезде және тасымалдау болмаған кезде нөлге тең болады. Бір күйден екінші күйге ауысу берілетін трафикпен анықталады.

Сонда

$$\tilde{p}_o = p_0 \mu(t) \quad (2.6)$$

$\mu(t)$ - кадр ағынын сипаттайтын екілік кездейсоқ уақыт функциясы, таратқыш арқылы берілетін түйіндер. Оны келесідей сипаттауға болады:

$$\mu(t) = \begin{cases} 1 & t_0 + \alpha < t \leq t + \tau \\ 0 & \text{басқашы} \end{cases}$$

t_0 - уақыттың бастапқы сәті, α - кездейсоқ уақыт аралығы кадрларды беру сәттері, τ - кездейсоқ уақыт аралығы, кадрдың берілу уақытына тең

Қасиеті $\mu(t)$ бөлу заңдарымен анықталады α және τ . Жалпы жағдайда модель (2.5) түйін шығаратын трафикті дәл көрсетуі керек

Осы мақсатта сіз таралуы мен таралуы туралы тиісті заңдарды таңдауыңыз керек. Алайда, зерттелетін мәселенің бір бөлігі ретінде интерференция шамасы (2.4) маңыздырақ, ол көптеген көздерден келетін сигналдардың қосындысы болып табылады және біріктірілген ағын болып табылады. Сәйкес [15] бұл ағынның қасиеттері жақын болады қарапайым ағынның қасиеттері.

Орташа мөлшердің таралуы p_{0l} байланысты сигнал көздеріне дейінгі қашықтықты бөлу және ыдыраудың қашықтыққа, яғни модельде қабылданған болжамдарға тәуелділігі. Трафиктің орташа қарқындылығы түйін сигнал беретін уақыттың үлесін анықтайды. Бұл желінің барлық түйіндері үшін бірдей деп есептейік.

2.4.2 Модельдеу нәтижелері

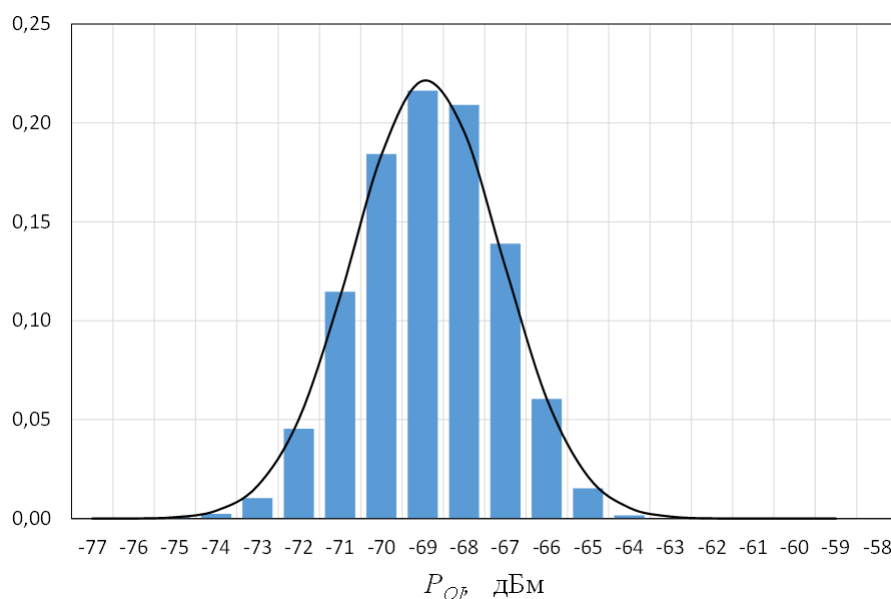
Қабылданған шектеулер жағдайында желі түйіндерінің әрқайсысы шығаратын трафиктің қарқындылығы сигналдар аймағындағы түйіндер санымен, яғни p_m шекті мәнімен шектелетіні анық.

$$p_{max} = \frac{1}{\pi r_m^2 d} \quad (2.7)$$

d – бір құрылғының тығыздығы m^2 , r_m – сәйкес сигналдар аймағының радиусы с (2).

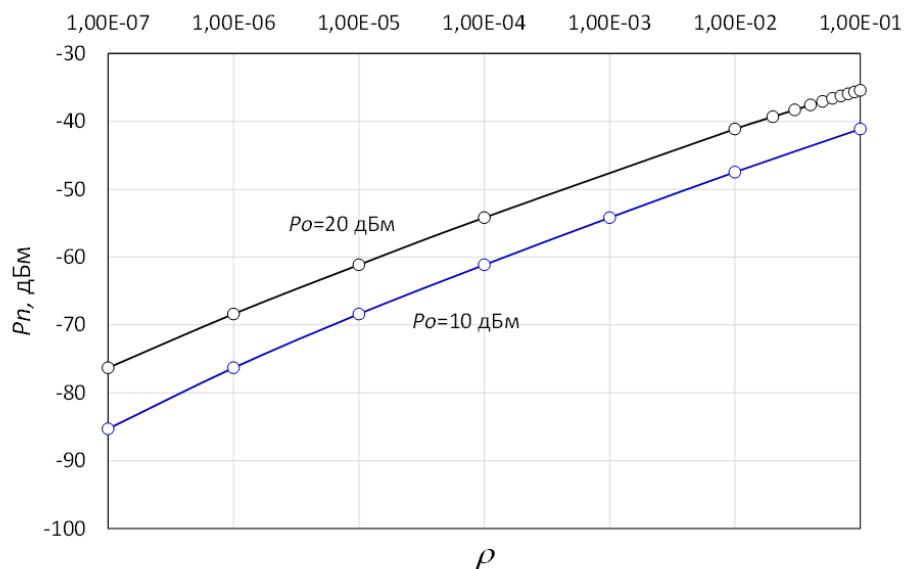
Мысалы, қабылданған болжамдармен және $p_0=20$ дБм (0,1 Вт), $p_m=-70$ дБм сигналдар аймағының радиусы $r_m \approx 63$ м, а $\rho_{max} \approx 8 \cdot 10^{-5}$. Шамасы ρ_{max} тек арнаның тұрақты жұмысында болатын жоғарғы шекті көрсетеді, бұл іс жүзінде қол жетімді емес. Нақты желіде трафиктің қарқындылығы айтарлықтай аз болуы керек.

Модельдеу үшін аймақтағы желі таңдалды 200×200 м желі түйіндерін кездейсоқ орналастырған кезде. Шекті мән p_m тең қабылданды -70 дБм. Модельдеу нәтижелері көрсеткендей, деңгейдің таралуы модельдің қабылданған параметрлерімен қызмет көрсету аймағының ерікті нүктесіндегі кедергі қуатын қалыпты үлестіру арқылы дәл көрсетуге болады, сурет.2.3.



2.3-сурет - Еркін нүктеде кедергі қуатының деңгейін бөлу

Бұл 2.4-сурет кездейсоқ нүктедегі кедергінің орташа қуатының желі түйіндері шығаратын трафиктің қарқындылығына тәуелділігі келтірілген. Трафиктің қарқындылығы түйіннің арнаны пайдалану уақытының үлесін білдіреді. Бұл жағдайда желі түйіндерінің әрқайсысының қуаты $p_0=0.1$ Вт және 0,01 Вт (деңгей 20 және 10 дБм, тиісінше).



2.4-сурет - Кедергі қуатының трафиктің меншікті қарқындылығына тәуелділігі (арнаны бір құрылғымен пайдалану) әр құрылғының қуат деңгейінде 20 дБм

2.4.3 Аналитикалық модель және модельдеу нәтижелерімен салыстыру

Аналитикалық функция қалыптастыру сигнал кедергі елестетіп көрейік келесі өрнек:

$$p_{OI} = d_0 \int k(x, y) dx dy \quad (2.8)$$

d_0 – аудан бірлігінде өндірілетін кедергі қуаты Вт/м²,

$k(x, y)$ - нүктедегі кедергі қуатының тәуелділігін анықтайтын коэффициент O кедергі көзінің координаттарынан, S – қарастырылып отырған аймақ.

Модельге негізделген кейбір жуықтау (2.3), сондай-ақ ескере отырып қарастырылып отырған желі моделі (сурет.2.2), тәуелділік $k(x, y)$ арқылы білдіруге болады кедергі көзіне дейінгі қашықтық және келесіде:

$$k(r) = \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 \frac{1}{r^\alpha} \quad (2.9)$$

мұнда r – O бақылау нүктесінен кедергі көзіне дейінгі қашықтық,

α - сигналдың таралу жағдайларына байланысты коэффициент ($\alpha \geq 2$),

λ - толқын ұзындығы(м).

Ескере отырып (2.9) және модель (2.8) полярлық координаттарға көшу арқылы есептеуге болады

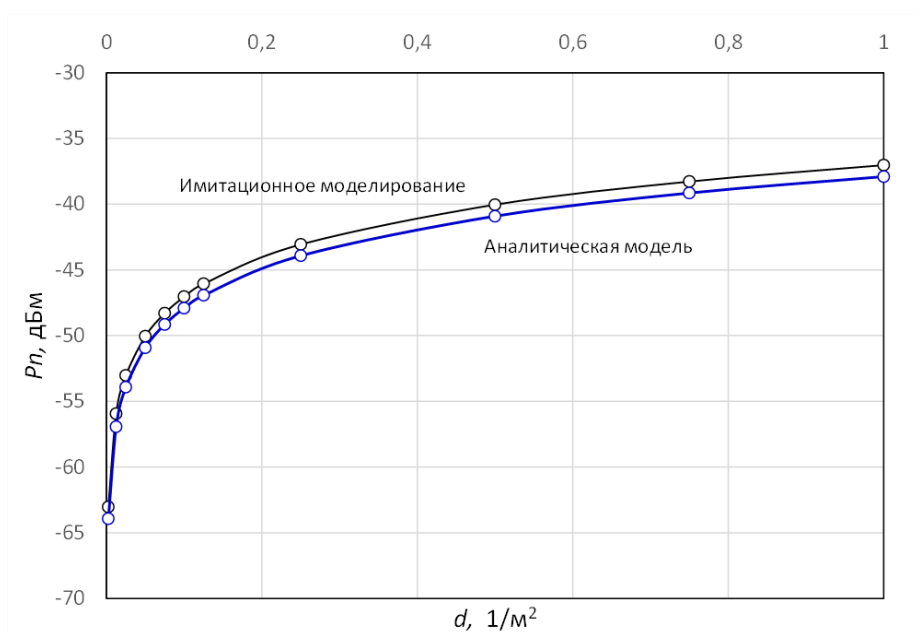
$$p_{OI} = \int_{r_m}^{r_{max}} r k(r) dr \int_0^{2\pi} d\varphi = 2\pi \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 \int_{r_m}^{r_{max}} r^{1-\alpha} dr \quad (2.10)$$

r_m – (2.2) сәйкес сигналдар аймағының радиусы, r_{max} – кедергі аймағының радиусы, $k(r)$ - сигналдың қашықтыққа тәуелділігі (2.9).

Ақырында, нүктедегі кедергі қуатының қарастырылып отырған аймақтың параметрлеріне тәуелділігін келесідей көрсетуге болады

Шамасы r_{max} қоршаған көздерден сигналдарды қабылдау аймағының нақты мөлшерімен анықталады. Іс жүзінде бұл көру аймағы. Қала құрылысы жағдайында бұл аймақ ең жақын құрылымдарға дейінгі қашықтықпен анықталуы мүмкін. Есептеулерде ол 500 м-ге тең қабылданды.

Бұл сурет.2.5 модельдеу (қара қисық) және аналитикалық модель (2.11) арқылы алынған желінің тығыздығына (бір м² түйін саны) ерікті нүктедегі кедергінің орташа қуатының тәуелділігі келтірілген.



2.5-сурет - Кедергі қуатының әр құрылғының қуат деңгейі 20дбм болатын желі түйіндерінің тығыздығына тәуелділігі

Көріп отырғаныңыздай, аналитикалық және имитациялық модельдер үшін алынған нәтижелер өте жақын. Олардың арасындағы айырмашылық модельдеудің бірнеше түрлі шарттарына байланысты (аналитикалық модельмен салыстырғанда аймақты модельдеу кезінде таңдалған пішін мен өлшемдер).

2.4.3 Ad Hoc желісін жоспарлау қоршаған орта кеңістігінің біртекті құрылымындағы желі түйіндерінің жоғары тығыздығы жағдайында

Желідегі және В-дағы көршілес түйіндермен байланысты ұйымдастыру үшін сигнал/шу қатынасының (SNR) қажетті деңгейін қамтамасыз ету қажет. Мұнда шу деңгейі деп қабылдағыштың кірісіндегі кедергі сигналдарының және басқа мақсатсыз сигналдардың жалпы қуатын түсіну керек. Алайда, желі түйіндерінің кедергі сигналы табиғи кедергі деңгейінен едәуір жоғары екенін ескере отырып, біз SNR-ге қатысты тек кедергі сигналын қарастырамыз.

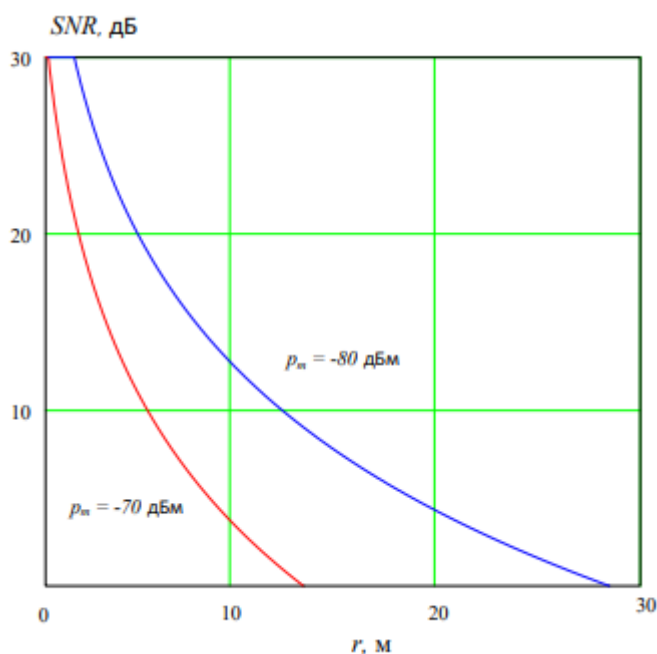
Жоғарыда аталған әлсіреу моделін қолдана отырып, SNR-дің желі түйіндері арасындағы қашықтыққа тәуелділігін бағалайық:

$$SNR(r) = p_0 - a(r) - P_{oi}, \text{ дБ} \quad (2.12)$$

P_{oi} - кедергі қуаты, қарастырылып отырған нүктеде желі түйіндері құрған(дБм), p_0 – түйін шығаратын сигнал желісінің қуаты (дБм), $a(r)$ - қашықтықтан әлсіреу (дБ).

Бұл сурет.2.6 тәуелділік берілген Әр түрлі шекті мәндер үшін қашықтықтан SNR.

p_m деңгейлері. Әрине, әр түрлі деңгейлер үшін трафиктің әр түрлі қарқындылығы қолайлы, жоғарыда айтылғандай. Модельдеу кезінде қарқындылық қабылданды $\rho = \rho_{\max}/2$.



2.6-сурет - SNR қашықтыққа және шекті шаманы таңдауға тәуелділігі

Біз SNR-дің қолайлы мәндері 5 дБ-ден асады деп есептейміз, содан кейін қабылдағыш пен таратқыштың түйіндері арасындағы қашықтық $p_m = -80$ дБм кезінде 20 м-ден аспауы керек және $p_m = -70$ дБм кезінде 10 м-ден аспауы керек.

Осылайша, маршрутта 1 м²-ге бір түйін тығыздығы бар жоғары тығыздықтағы желі түйіндері арасындағы трафикті беру кезіндегі қашықтықтың нақты мәндері трафиктің қарқындылығы шамамен 1 10-5 болғанда 20 м-ден аспайтынын байқауға болады.

Қашықтық мәндері бастап сурет.2.6 кедергілерді ескере отырып, түйіннің күтілетін байланыс радиусы ретінде түсіндіруге болады, содан кейін оны кездейсоқ график моделі ретінде қарастыра отырып, желінің байланысының ықтимал мүмкіндіктерін бағалауға болады.

Берілген есептеулерге сәйкес түйіннің байланысу ықтималдығы

$$p_c = \frac{\pi R^2 d}{n} \quad (2.13)$$

мұнда n – желідегі түйіндер саны, d - түйіндердің тығыздығы ($1/m^2$), R – түйіннің байланыс радиусы (сурет.2.6).

Эрдеш-Рейнья теоремасына негізделген желінің байланыс шарты [20] жазуға болады

$$\pi R^2 d > \ln n \quad (2.14)$$

Көріп отырғаныңыздай, желінің жоғары тығыздығы жағдайында $1 m^2$ қа 1 Құрылғы және $10 m$ -ге R , шарт (2.14) кез-келген масштабтағы желілер үшін орындалады. Сәйкес [26] маршруттың орташа ұзындығы (транзит саны) болады

$1 LN N$ ретінде анықталады, 1 миллион түйін желісінде бұл ұзындық шамамен 14 құрайды алайда, бұл шама R түйінінің байланыс аймағының мөлшерін ескермейді, мысалы, шеңбермен ұсынылған аймақта 1 миллион желіні орналастырған кезде, бір түйіннің тығыздығы $1 m^2$ болғанда, аймақтың ортасынан түйінге дейінгі орташа қашықтық шамамен $423,1 m$ құрайды, ал $R=10 m$ транзиттер саны сәйкесінше 42 құрайды.

Осылайша, тығыздығы жоғары желіде ad нос желісін құру үшін жеткілікті ұзақ маршруттар қажет. Бұл маршруттау хаттамаларының үлкен көлемін орындаумен байланысты. Маршруттың ұзындығы [22] трафикке қызмет көрсету сапасына да, маршруттарды іздеудің күрделілігіне де әсер етеді, өйткені бұл желідегі түйіндердің жалпы санымен байланысты.

Қоршаған ортаның біртекті құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы толық байланысқан ad Нос желісін құру мүмкіндігіне қарамастан, жеткілікті ұзақ маршруттар салу қажет болады. Бұл мәселені белгілі алгоритмдерді қолдана отырып, желіні кластерлеу арқылы шешуге болады, мысалы, сымсыз сенсорлық желілердің теориясы мен тәжірибесінен. Алайда жоғары тығыздықтағы желінің қоршаған ортасының гетерогенді құрылымы жағдайында кластерлеу сигналдың таралу жолында табиғи кедергілердің болуына байланысты табиғи түрде пайда болуы мүмкін, бұл келесі тарауларда егжей-тегжейлі қарастырылады.

3 Кеңістіктің гетерогенді құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін жоспарлау әдісін зерттеу

3.1 Тығыздығы жоғары желілердің сипаттамалары

Алдыңғы тарауда қоршаған ортаның біртекті құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы желілердің сипаттамалары қарастырылды. Іс жүзінде мұндай жағдайлар жиі кездеспейді, әсіресе қалалық жағдайларда.

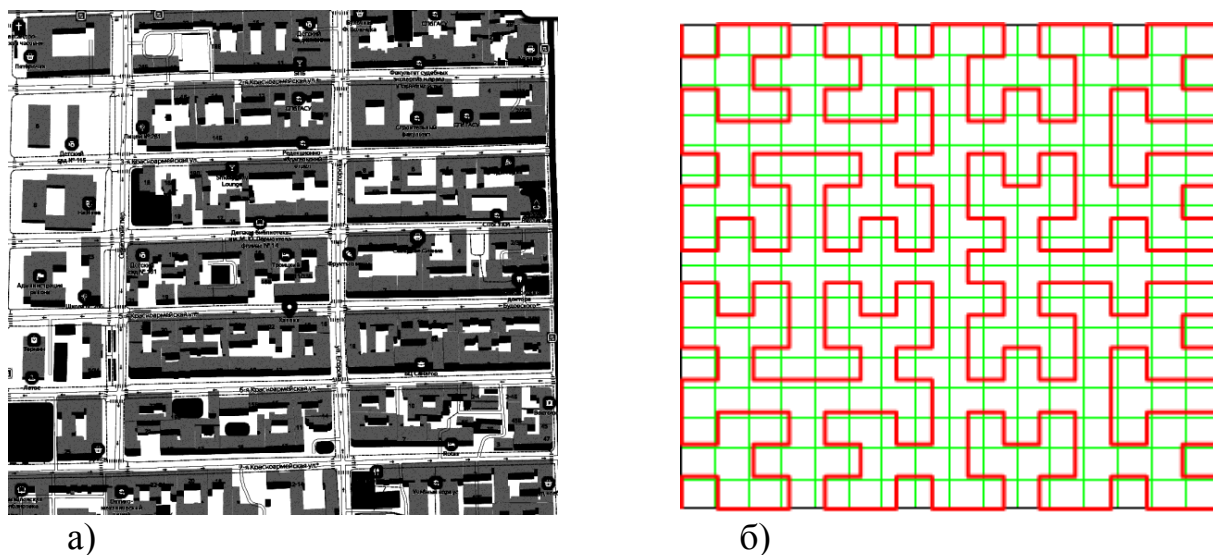
Жалпы жағдайда, жағдайлардың гетерогенділігі пайдаланушылардың таралуының гетерогенділігінен де, таралу ортасының гетерогенділігінен де туындауы мүмкін. Әрине, бұл құбылыстың күрделі себептері де мүмкін. Мысалы, көп пәтерлі тұрғын үйде құрылғылар пәтерлердің ішінде топтастырылып, "кластерлер" түрін құрайды. Бұл кластерлердегі құрылғылар бір-біріне салыстырмалы түрде жақын, сондай-ақ олардың арасындағы сигналдың таралу жолында жиі аз бен ішкі қабырғалар түріндегі шамалы кедергілер ғана болады. Кластерлердің өздері бір-бірінен үлкен дәрежеде бөлінген, сонымен қатар олардың арасында сигналдың таралу жолында ғимараттың пәтер аралық қабырғалары түрінде айтарлықтай кедергілер бар.

Кейбір жағдайларда мұндай гетерогенділік көрші кластерлердің кедергілерін азайту бөлігінде оң рөл атқаруы мүмкін, осылайша бір кластер элементтері арасындағы арналардың өткізу қабілеттілігін арттырады.

Автордың еңбектерінде [9] қоршаған орта кеңістігінің гетерогенді құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы желілерді жоспарлау және жобалау үшін геометриялық фракталдарды қолдану ұсынылады, бұл тәжірибе үшін жеткілікті дәлдік дәрежесімен өзін-өзі ұқсастық дәрежесін көрсетуге мүмкіндік береді [25] жоғарыда айтылғандай, жоғары тығыздықтағы желінің табиғи кластерленуін тудыратын және оң рөл атқара алатын гетерогенді қоршаған орта кеңістігінің жоғары тығыздықтағы желілерде байланысты ұйымдастыру тұрғысынан.

3.2 Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерінің қоршаған орта кеңістігінің сипаттамалары

3.1 а-суретте ғимараттар мен бос учаскелер (аулалар, тротуарлар, жолдардың жүріс бөліктері) қарама-қарсы бөлінген қала картасының кескінінің үзіндісі келтірілген. Суретте.3.1 Гильберт қисығының фрагменті келтірілген [5].



3.1-сурет - Қала жоспарының фрагменті (а) және Гильберт қисығының фрагменті (б)

Желіні жоспарлау кезінде қисық сызық кедергіні имитациялайды деп сенеміз. Сызықтың ені жоқ, бірақ желі элементтерін орналастыру позицияларын таңдағанда, желі элементі мен d_{min} қисық нүктелері арасындағы шартты минималды қашықтық енгізілуі мүмкін (минималды жою). Бұл қашықтықты кедергілердің геометриялық өлшемдерін көрсету үшін пайдалануға болады.

$$D_M = \lim_{d \rightarrow 0} \frac{\lg N(d)}{-\lg d} \quad (3.1)$$

мұндағы $N(d)$ - берілген жиынды жабатын d диаметрінің жиындарының ең аз саны.

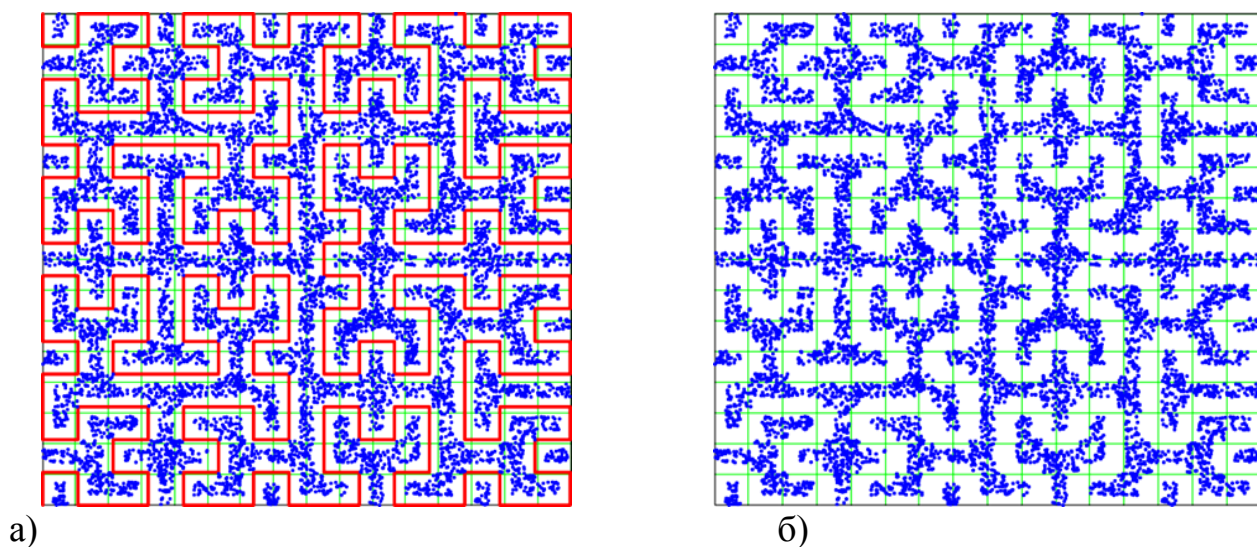
Мұндай бағалауды растрлық монохромды кескінді талдаудың сандық әдістері арқылы жүзеге асыруға болады. Бұл сипаттама құрылымдардың ұқсастығының толық көрсеткіші емес, бірақ ол эмпирикалық таңдаудың тиімділігін арттыра алады.

Әрине, белгілі бір құрылымды зерттеу үшін оны талдау үшін қолдануға болады, алайда жалпы қасиеттер мен типтік құрылымдарды зерттеу үшін кейбір модельді таңдау қызығушылық тудырады, оның қасиеттерін өзгерту көптеген қосымшаларға тән әртүрлі жағдайларға еліктеуге мүмкіндік береді.

Осы тарауда осы мақсат үшін Гильберт қисығының фрагменті таңдалды (Пеано қисықтарының ерекше жағдайы). Бұл таңдау ішінара эмпирикалық, геометриялық пішіндердің ұқсастығына негізделген, бірақ сонымен бірге жақын фракталдық Өлшем мәндері.

3.1 а-суретте және 3.1 б-суретте келтірілген кескіндер үшін фракталдық өлшемділік бағалары сәйкесінше $d=1,76$; $d=1,71$ болды. Модельдің фракталдық қасиеттері мысал ретінде таңдалған құрылымның фракталдық қасиеттеріне жеткілікті жақын.

Желі элементтерін кездейсоқ орналастырған кезде және Гильберт қисығының фрагментінің моделі ретінде таңдағанда, 3.2-суреттегідей құрылымды алуға болады.



3.2-сурет -Гильберт қисығының фрагментіне негізделген құрылым моделі

3.2 - суретте 150 м квадрат жағы бар шаршы жазық аймақта желі элементтерін (10 мың түйін) кездейсоқ орналастыру арқылы алынған модель келтірілген. сол жақта көбірек көріну үшін 3.2-сурет Гильберт қисығы, ал оң жағында тек жоғары тығыздықтағы желінің элементтері (түйіндері) келтірілген. Қызмет көрсету аймағының жалпы ауданын ескере отырып, осы мысалда желінің тығыздығы m^2 -ге 0,44 түйінді құрайды, ал кедергі моделі алып жатқан аумақты ескере отырып, тығыздығы m^2 -ге шамамен 1 түйінді құрайды.

Фракталдар теориясының элементтері байланыс желілерін модельдеуде кеңінен қолданылады, атап айтқанда кездейсоқ процестерді – трафикті сипаттауда, мысалы, [31] және басқа да көптеген жұмыстарда трафиктің қасиеттерін көрсету үшін фракталдар теориясы ұғымдары қолданылады. Фракталдар теориясының кездейсоқ қатарларды сипаттауға бұл қолданылуы Херсттің еңбектерінде көрсетілген [22]. Херст пен оның ізбасарлары айтқан әдістер тек уақыт қатарларына ғана емес, жалпы кездейсоқ қатарларға да қатысты [23].

Егер желі элементтері (пайдаланушылар немесе желі түйіндері) кездейсоқ бөлінген желіге қызмет көрсету аймағын қарастыратын болсақ (3.2-сурет), онда берілген аймақ фрагментінде табылған элементтер саны да кездейсоқ шама болады. Егер бүкіл аймақ қарапайым фрагменттерге бөлініп, ондағы желілік элементтердің санын есептесе, онда біз аталған әдістер қолданылатын кездейсоқ қатарды аламыз. Бұл тәсіл модельді одан әрі құруға негіз болады.

Біз желінің құрылымын сипаттау үшін Herst h параметрін қолданамыз, ол өзіндік ұқсастық қасиеттерінің көріну дәрежесін көрсетеді, ол фракталдық өлшеммен де байланысты $D=2-H$. Біз оны суретте көрсетілген құрылым үшін

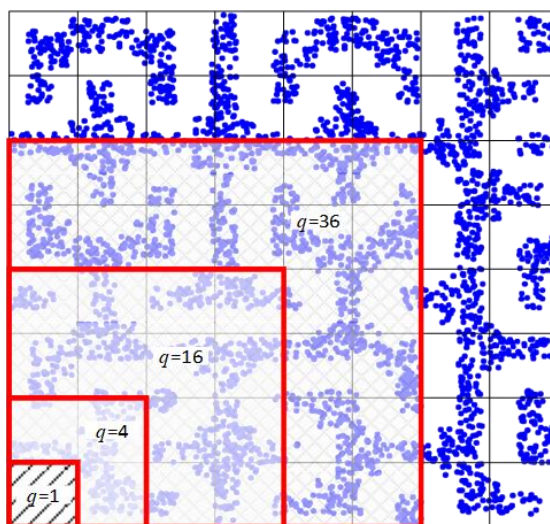
бағалаймыз 3.2-сурет дисперсияны өзгерту әдісін қолдана отырып [14].

Әдіс келесідей. Қарастырылып отырған қызмет көрсету аймағын ауданның Бірлік элементтеріне бөлейік, мысалы, оған 1 м^2 шаршы ұяшықтары бар тор салу арқылы (ұяшықтардың басқа ауданы болуы мүмкін). Әрі қарай, осы ұяшықтардың әрқайсысындағы желі түйіндерінің санын есептеңіз. Нәтижесінде біз k мәндерін аламыз

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\} \quad (3.2)$$

мұндағы k тор ұяшықтарының саны.

Әрі қарай, іргелес ұяшықтардың q бойынша бастапқы бөліну ұяшықтарын бір-біріне біріктіру арқылы түпнұсқадан (3.2-сурет) құрылған біріктірілген құрылымдарды құрамыз. Содан кейін біріктірілген құрылым үшін біз k ұяшықтарын аламыз, мұндағы $k=n/q$. әрі қарай, біріктірілген бөлу ұяшықтарындағы желі элементтерінің (түйіндерінің) санын есептеп, оны бастапқы бөлуге қатысты қалыпқа келтіреміз. Біріктірілген құрылымдардың құрылысының иллюстрациясы 3.3-суретте көрсетілген.



3.3-сурет - Біріктірілген құрылымдардың құрылысы

Жалпы, әр бөлімде I біз көптеген мәндерді аламы

$$X_i = \left\{ \frac{x_1}{q_i^2}, \frac{x_2}{q_i^2}, \dots, \frac{x_j}{q_i^2}, \dots, \frac{x_k}{q_i^2} \right\}, \quad k = \left(\frac{w}{q_i} \right)^2, \quad i = 1 \dots n$$

мұндағы i – бөлу нөмірі $i=1 \dots n$;

q_i – қызмет көрсету саласы бөлінетін ұяшық жағының мөлшері (м);

q_i^2 - j - ұяшыққа енген желі элементтерінің (түйіндерінің) саны, q_i өлшемі;

w – қызмет көрсету аймағының ұзындығы (м);

n – бөлімдер саны.

Әрбір q_i мәні үшін алынған $d_i = d(X_i)$ мәндерінің дисперсиясын есептейміз

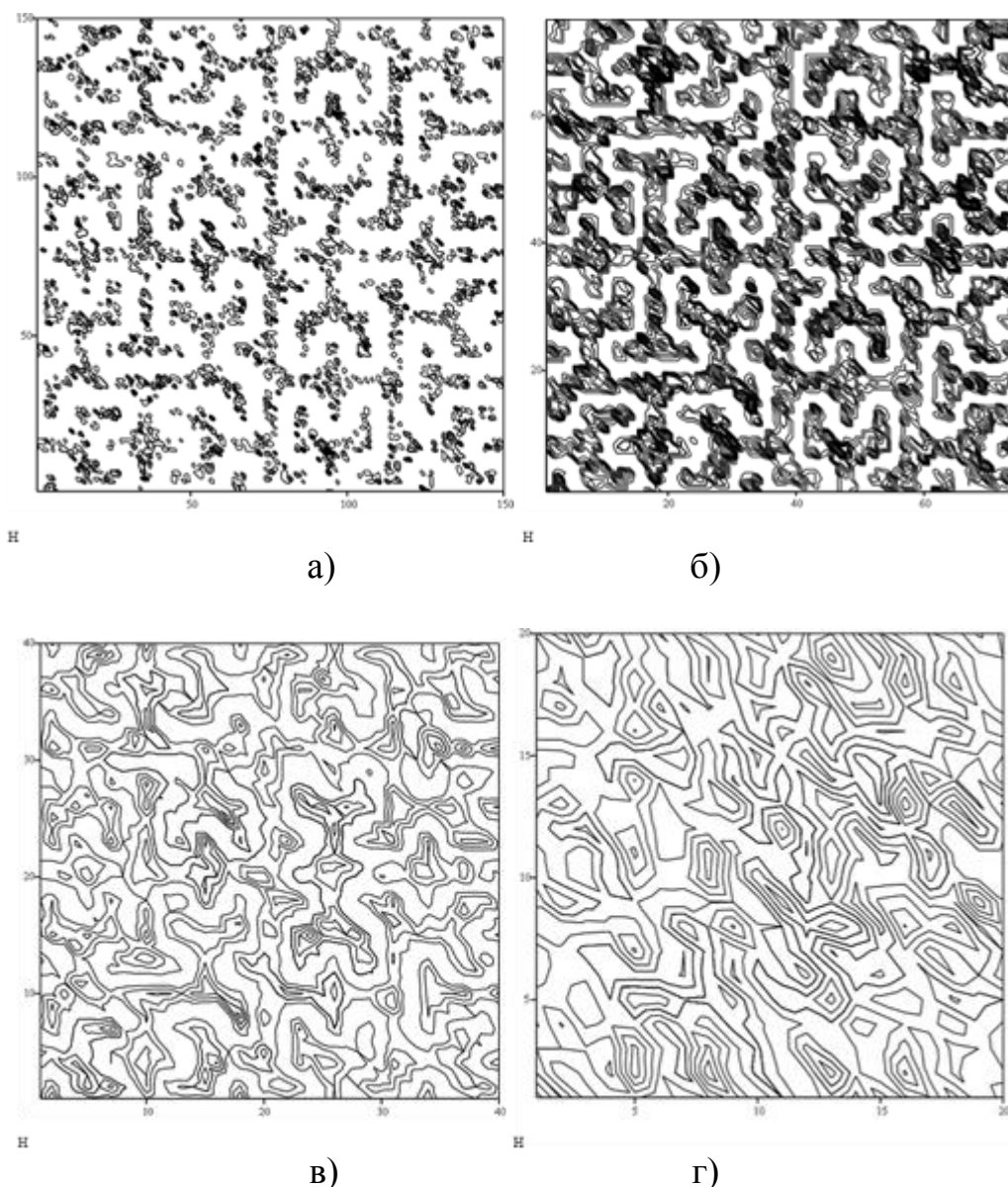
$$D_i = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}, \quad k = \left(\frac{w}{q_i}\right)^2, \quad i = 1 \dots n \quad (3.4)$$

Ұяшық өлшемі $q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ жиынының мәндерін қабылдайды

Бұл жағдайда $q_1 < q_2 < \dots < q_n$ екенін қабылдаймыз

Бұл жағдайда q_n – максималды бөлу ұяшығының бүйірлік ұзындығы.

3.4 - суретте сәйкесінше $k=150, 75, 40, 20, 10$ мәндеріне сәйкес келетін $q=1, 14, 56, 255\text{m}^2$ мәндері үшін біріктіру нәтижелері келтірілген.



3.4-сурет – $q=1\text{m}^2$ (а), 4m^2 (б), 14m^2 (в) 56m^2 (г) кезінде модельдік құрылымды біріктіру нәтижелері

Херст коэффициентінің мәнін бағалау үшін біз тәуелділік графигін

саламыз:

$$\lg d_q = f(\lg q) \quad q = 1 \dots q_{\max} \quad (3.5)$$

Тәуелділікті (3.5) түзу сызықпен жуықтаймыз

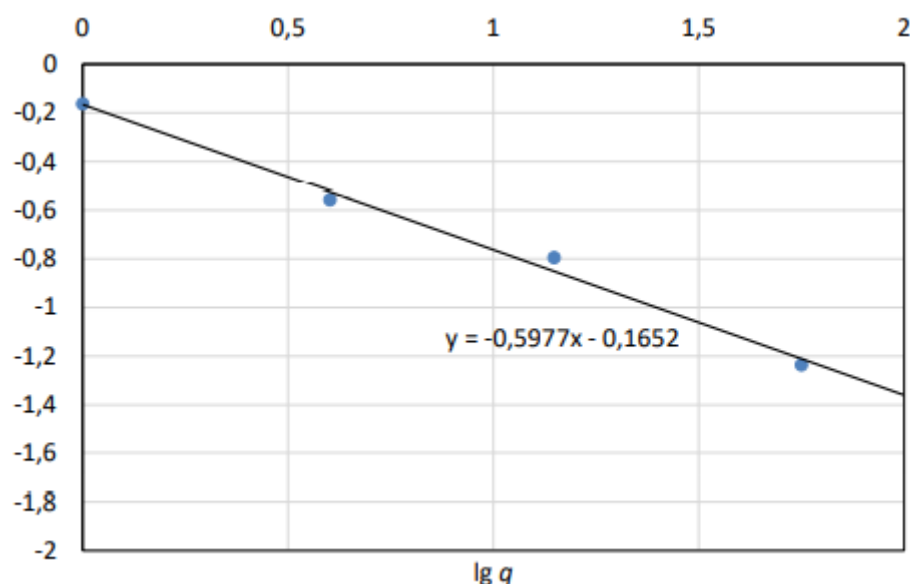
$$y(\lg q) = a \lg q + b \quad (3.6)$$

Жуықтау үшін біз ең кіші әдісті қолданамыз сәйкес квадраттар:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n \lg q_i \lg d_i - \sum_{i=1}^n \lg q_i \sum_{i=1}^n \lg d_i}{n \sum_{i=1}^n (\lg q_i)^2 - (\sum_{i=1}^n \lg q_i)^2} \quad (3.7)$$

$$b = \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n \lg d_i) - a \sum_{i=1}^n \lg q_i \quad (3.8)$$

Алынған тәуелділік 3.5-суретте көрсетілген.



3.5-сурет – Агрегатталған құрылымдардың дисперсиясының агрегаттау квадратының өлшеміне тәуелділігі

Түзудің алынған тәуелділігін жуықтау және Хирст коэффициентін бағалау берілген құрылым үшін $H=0,7$, екенін көрсетті, бұл $D=1,3$ фракталдық өлшеміне сәйкес келеді.

Жоғарыда. d_{\min} , шамасы енгізілді, ол кедергі үлгісінен желі түйіндерінің ең аз ықтимал жойылуын анықтайды. Егер кедергі қандай да бір құрылым ретінде қарастырылса, онда Гильберт қисығын оның ұзындығының (ұзындығының) моделі ретінде қарастыруға болады L және аталған шаманы оның ені (сызық ені) ретінде қарастыруға болады.

Содан кейін модельденген аумақтағы модельденген S_b құрылымдарының жалпы ауданы келесідей анықталуы мүмкін

$$S_b = d_{\min} L \quad (3.9)$$

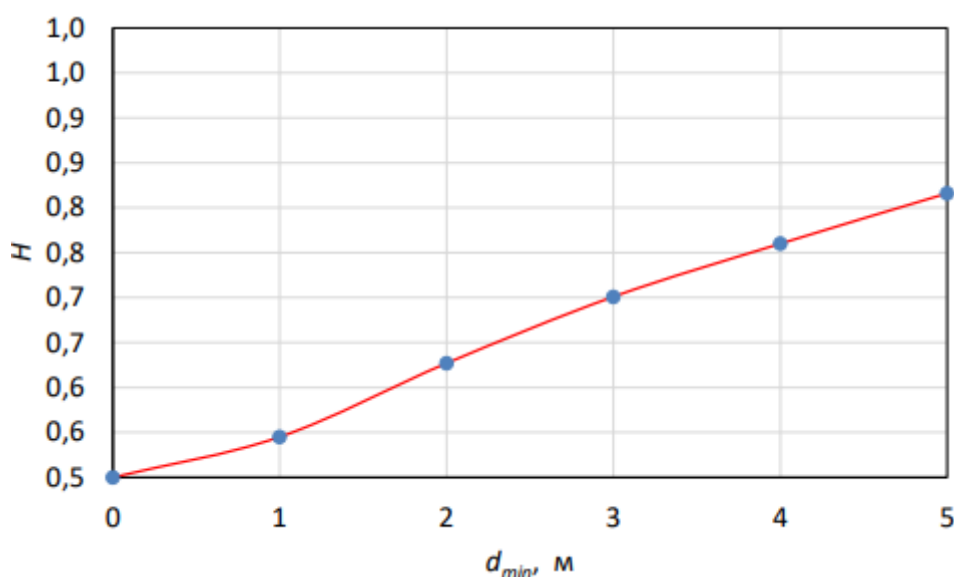
Құрылымдар алып жатқан аумақтың үлесін модельдің құрылымдық параметрлерінің бірі ретінде де қарастыруға болады:

$$\delta_b = S_b/S \quad (3.10)$$

мұндағы $S=wh$ (m^2) – қарастырылып отырған аумақтың жалпы ауданы, ал w және h сәйкесінше ұзындығы мен ені.

Жоғарыда келтірілген мысалда кедергілер алып жатқан аумақтың үлесі 30% құрайды.

Бұл параметрдің құрылымның қасиеттеріне әсерін зерттеу үшін оған Херст параметрінің тәуелділігі бағаланды. 3.6-суретте Херст коэффициентінің d_{\min} ге тәуелділігі келтірілген, бұл мысалда d_{\min} , мәндерінің өзгеру диапазоны 0-ден 50% - ға дейінгі кедергілер аймағының үлесінің өзгеруіне тең.



3.6- сурет - Херст параметрінің d_{\min} минималды жою мәніне тәуелділігі

Алынған нәтижелерден Херст параметрі $d_{\min}=0$ де 0,5 шамасынан $d_{\min}=5$ м при $d_{\min}=5$ м де 0,8 ден асатын d_{\min} (кедергілер алып жатқан аумақтың 50% - на сәйкес келеді) ұлғайған сайын өсетінін көруге болады.

0,5 мәні өте күтіледі, өйткені $d_{\min}=0$ кезінде кедергілер жоқ, ал желі түйіндерінің орналасу құрылымы Пуассон өрісі болып табылады (түйіндердің бүкіл аумаққа біркелкі таралуы). d_{\min} өскен кезде түйіндерді орналастыру құрылымы кедергілер моделінің фракталдық құрылымына жақын көріністі алады, бұл 3.3-суреттен айқын көрінеді. Бұл құрылым өзіндік ұқсастық қасиеттеріне ие, бұл Херст параметрінің жоғарылауында көрінеді.

Одан әрі ұлғайту кезінде δb немесе d_{\min} рналастыруға болатын аймақ

Желі түйіндерінің азаюы соншалық, мысал іс жүзінде болады қызық емес. Шынында да δb жиыны 100% - ға жақын болған кезде желінің барлық тораптары қызмет көрсету аймағының бір немесе бірнеше "нүктелерінде" (шағын аймақ аймақтарында) шоғырланады, ал 100% мәнімен осы тапсырма жағдайында белгісіздік туындайды жалпы желі түйіндерін орналастырудың мүмкіндігі. Айта кету керек, бұл шекаралық шарттарға теориялық тұрғыдан, іс жүзінде ғана қол жеткізуге болады 100% - ға ұмтылған δb , да тапсырманы қоюдың өзі өзгерісті қажет етеді.

Осылайша, ұсынылған жоспарлау әдісі Гильберт қисығының фрагменттері (мүмкін басқа геометриялық фракталдық фигура) арқылы конфигурациялануы мүмкін түйіндерді орналастыруға қол жетімді және қол жетімді емес аймақтары бар белгілі бір жазық аумаққа орналастырылған заттар интернетінің құрылымын имитациялауға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда Параметрлер: Желі түйіндерінің саны, Қисық ұзындығы және кедергілер алып жатқан ауданның үлесі. Бұл параметрлердің өзгеруі модельдің қасиеттерін имитацияланған құрылымның қасиеттеріне жақындатуға және сол арқылы зерттелетін желі моделінің жұмыс істеу шарттарын нақты қоршаған орта жағдайларына жақындатуға мүмкіндік береді. Херст параметрі тораптардың (терминалдардың) таралу бөлігіндегі желі құрылымының сипаттамасы болып табылады және оның қасиеттерін қоршаған ортаны ескере отырып көрсету үшін пайдаланылуы мүмкін.

3.3 Транзиттік маршруттар саны бойынша әзірленген әдістерді салыстыру

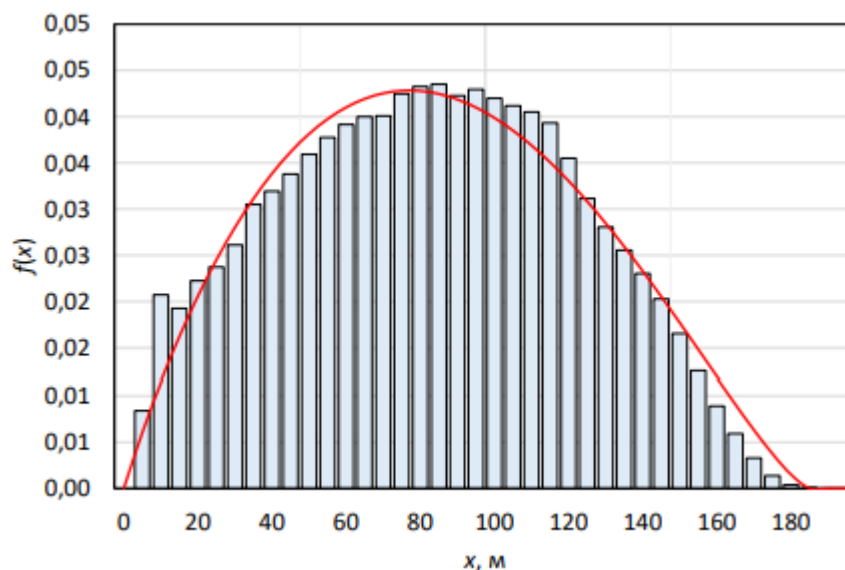
Жұмыста [25] және үшінші тарауда жоғары тығыздықтағы желідегі қызмет көрсету аймағында желі түйіндерінің біркелкі таралуы нәтижесінде көршілес (қоршаған) желі түйіндері шығаратын жолақшылық кедергілерге байланысты сигнал/шу қатынасының төмендегені дәлелденді. желі түйіндері арасындағы маршрут ұзындығы. Сондай-ақ, мысалда шамамен 42 транзитті құрайтын жоғары тығыздықтағы желі үшін маршруттың орташа ұзындығын бағалау ұсынылды.

Жоғарыда келтірілген желі моделінде маршруттың орташа ұзындығына талдау жасайық (3.2-сурет). Бұл жағдайда жоғары тығыздықтағы желі гетерогенді құрылымға ие. Маршруттың орташа ұзындығын бағалау Имитациялық модельдеу арқылы жүзеге асырылады.

Модельдеу моделінде желі құрылымын қалыптастыру (3.2-сурет) және оның түйіндері арасындағы барлық қысқа жолдарды іздеу жүзеге асырылады. Бұл жағдайда желі моделі 10 мың тораптан тұрды, ал мүмкін маршруттар саны сәйкесінше 100 миллион болды.

Бұл мысал үшін маршруттың орташа ұзындығы 83 м болды, бір транзиттің орташа ұзындығын ескере отырып, ол шамамен 5 м құрады, бұл жағдайда

маршруттағы транзиттердің орташа саны шамамен 17 транзитті құрады. Маршруттардың орташа ұзындығын бөлу 3.7-суретте көрсетілген.



3.7-сурет - Тығыздығы жоғары желінің қоршаған орта кеңістігінің гетерогенді құрылымы жағдайында маршруттардың орташа ұзындығын бөлу

Алынған үлестіру гамма-сәулелік үлестіруден және қысқартылған калыпты үлестіруден айтарлықтай ерекшеленетін қоңырау тәрізді. Оны ұсынудың ең жақын аналитикалық моделі β - үлестіру [13], оның ықтималдық тығыздығы келесі өрнекпен анықталады

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}(X-x)}{X^{\alpha+\beta-1}Beta(\alpha,\beta)}, \quad \alpha, \beta > 0 \quad (3.11)$$

мұнда α және β - параметрлері;

X – максималды мән;

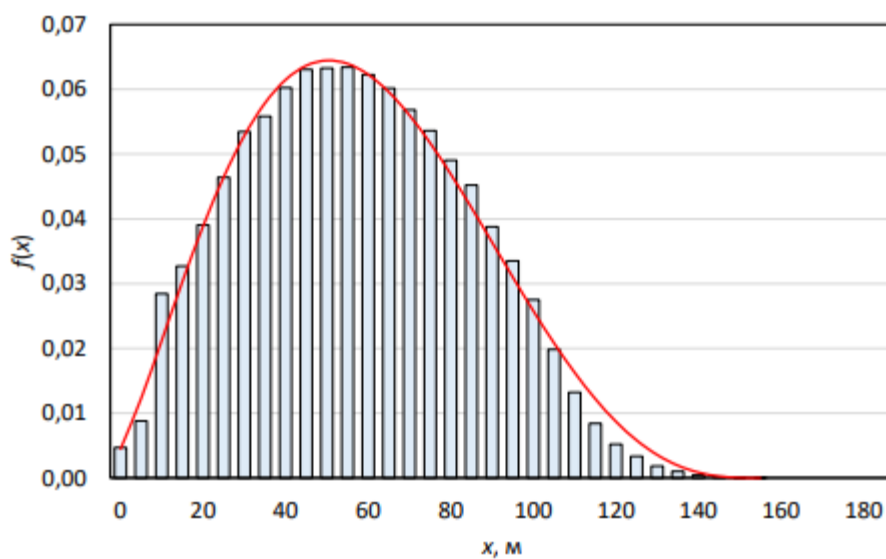
$Beta(\alpha, \beta)$ - β -функциясы.

Бұл құрылым үшін байланыс ықтималдығы 0,56 болды. Оның бағасы қолданыстағы маршруттардың ықтимал санына қатысты үлесін бағалау ретінде жүргізілді. Бұл құрылым үшін, әрине, 3.2-суретте және 3.3-суретте құрылымда байланыссыз ("оқшауланған") аймақтар бар екенін байқау қиын емес, бұл желіні жоспарлау үшін таңдалған Гильберт қисығының үзіндісінің үздіксіздігімен түсіндіріледі.

Айта кету керек, бұл шектеу оңай алынып тасталады. Мысалы, желі құрылымын жоспарлау кезінде (желі түйіндері үшін кездейсоқ координаттарды таңдау) кедергіні "жеңу" ықтималдығын енгізуге болады, яғни түйінді оларды орналастыру мүмкін емес аймаққа орнату. Бұл жағдайда желі құрылымында желінің "оқшауланған" аймақтарын байланыстыратын түйіндер пайда болады.

3.8-суретте жоғарыда көрсетілген әдіспен алынған ең қысқа маршруттың ұзындығын бөлу көрсетілген. Модельдеу кезінде оқшауланған аймақтарды

байланыстыруға қабілетті түйіндердің 5% таңдалды. Бұл жағдайда жоспарланған жоғары тығыздықтағы желі толық байланысты.



3.8-сурет - Жоспарланған жоғары тығыздықтағы желінің толық байланысқан нұсқасымен маршруттардың орташа ұзындығын бөлу

4 Жоспарлау үшін фракталдық фигураны таңдау әдістемесін әзірлеу және гетерогенді кеңістік жағдайында жоғары тығыздықтағы желілерді жобалау

4.1 Жоғары тығыздықтағы желінің қоршаған орта кеңістігінің фракталдық қасиеттері

Алдыңғы тарауда қоршаған ортаның біртекті емес құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы желіні жоспарлау әдісі жасалды, ол қалаларды, көп пәтерлі үйлерді және т.б. дамытудың типтік жобаларына байланысты осы кеңістіктің өзіне ұқсас қасиеттерін есепке алуға негізделген. геометриялық фракталдардың байланыс желілерін жоспарлау және жобалау кезінде қолдану арқылы қоршаған ортаның біртекті емес құрылымының өзіндік ұқсастығын есепке алу ұсынылды. Сонымен бірге Гильберттің фракталдық қисығын қолдану егжей-тегжейлі зерттелді. Нәтижелер жоғары тығыздықтағы желілерді жоспарлау және жобалау кезінде желінің қоршаған орта кеңістігінің өзіндік құрылымы ескерілмеген белгілі әдістермен салыстырғанда ұсынылған әдісті қолданудың айтарлықтай артықшылығын көрсетті. Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, осындай кеңістіктің өзіндік сипаттамаларын ескеретін фракталдық қисықтарды қолдана отырып, біртекті емес қоршаған орта кеңістігінде жоғары тығыздықтағы желілерді жоспарлау және жобалау әдістемесін жасау қажет болып көрінеді.

Заттар интернетінің (ИЗ) даму тенденциялары және оның қазіргі заманғы адам мекендеу ортасының инфрақұрылымындағы рөлі көптеген жұмыстарда атап өтілді және талқыланды [8]. ИЗ желілері қазірдің өзінде айтарлықтай тығыздыққа ие құрылғылар (аудан бірлігіне шаққандағы құрылғылар саны). Жақын болашақта олар құрылғылардың саны бір шаршы метрге бір немесе одан да көп болған кезде өте тығыз болады. Жергілікті жерде жоғары тығыздықтағы желілер біраз уақыттан бері бар екенін ескеріңіз, мысалы, стадиондарда және ұқсас құрылымдарда сымсыз қол жеткізу желілері (WiFi). Жоғарыда келтірілген мысалда желі құрылымы әдетте тұрақты және құрылымның ерекшеліктерін ескере отырып, қызмет көрсету аймағында біркелкі бөлінген кіру нүктелерінің жеткілікті үлкен санын қамтиды.

Алайда, перспективалы тал желілері елді мекендер инфрақұрылымының алуан түрлі элементтерінде, сондай-ақ өзен жағалаулары, таулар мен орман алқаптары, теңіз жағалаулары және т.б. сияқты табиғи нысандарда салынатын болады. Мұндай жағдайларда сыртқы орта желі түйіндерін орналастырудың мүмкін құрылымын анықтайды. Бұл жағдайда желінің пішіні белгілі бір дәрежеде ол салынған объектілердің пішінін қайталайды.

Мүмкін, ең айқын тәсіл-мақсатты желінің қоршаған ортасының қасиеттерін көшіру, яғни жоспар құру және оны белгілі бір жолмен желі моделінің ортасына көшіру. Бұл әдіс сымсыз желілерді модельдеудің көптеген жүйелерімен жүзеге асырылады. Оның артықшылығы-модель құрылымының жоспарланған желі құрылымымен максималды ұқсастығы. Бұл әдістің кемшілігі барлық сандық әдістерге тән және ол нақты шешім береді және қоршаған орта

параметрлері мен желіні жоспарлау қатынастарын жалпылауға және талдауға мүмкіндік бермейді.

Мұндай талдау көптеген Имитациялық эксперименттерді, олардың нәтижелерін талдауды және жалпылауды қажет етеді. Жеке шешімдер жағдайлардың айтарлықтай "даралығына", желілік элементтердің салыстырмалы түрде аз санында болатын құрылымдардың "тұрақсыздығына" айтарлықтай әсер етеді.

Жоғары тығыздықтағы желілерде желілік элементтердің саны соншалықты көп, нәтижесінде пайда болған желілік құрылымдар жеткілікті "тұрақты" болуы мүмкін, бұл жалпылауға және олардың қоршаған орта құрылымымен байланысын орнатуға мүмкіндік береді.

Желі құрылатын қоршаған орта кеңістігінің көптеген объектілері, яғни табиғи және архитектуралық объектілер фракталдық фигуралардың (ФФ) қасиеттеріне ие [32]. Көптеген авторлардың еңбектерінде, мысалы [30], мұндай объектілердің өзіндік құрылымы дәлелденді. Бұл жағдайда форманың сандық сипаттамасы фракталдық Өлшем (ФР) болып табылады, оның тұжырымдамасы өзіне ұқсас объектілерді зерттеу кезінде енгізілген [28].

Автордың еңбектерінде [23] және үшінші тарауда орналастыру шекараларын енгізу арқылы тығыздығы жоғары желінің құрылымын жоспарлау тәсілі қарастырылды, оның формасы оны құру жоспарланған ортаға ұқсас. Осы мақсатта фракталдық фигура қолданылды, атап айтқанда Гильберт қисығы. Шынында да, [29] көрсетілгендей, бұл қисықтың пішіні қоршаған ортаның нысандарына (қала жоспарындағы ғимараттар мен құрылыстарға) ұқсас. Жоғарыда келтірілген мысалда ұқсастық дәрежесі Гильберт қисығының фрагменті үшін анықталған фракталдық өлшем және жоғары тығыздықтағы желі орналасқан аумақтың жоспары ретінде бағаланды.

Бұл тәсілдің мақсаты-желі моделінің құрылымын нақты желі құрылымына жақындату. Бұл тапсырманың күрделілігі жоспарланған желі мен қоршаған орта кеңістігінің қоршаған орта формаларының ұқсастығын ұсынудан және бағалаудан тұрады.

4.2 Жоғары тығыздықтағы желінің қоршаған ортасын бейнелеу әдісі

Бұл тапсырманы жоспарланған желінің қоршаған ортасын бейнелейтін модельді таңдау ретінде қарастыруға болады. Модельді таңдау критерийі мақсатты желі мен модельдің ортасындағы ең үлкен ұқсастық болып табылады. Ұқсастықты бағалау белгілі бір күрделілікті білдіреді: біріншіден, қоршаған ортаның сипаттамасын қалай анықтауға болатындығын анықтау керек, екіншіден, ұқсастықты бағалау критерийі мен әдісін анықтау қажет.

Ұсынылған әдіске сүйене отырып [12], біз ұсыну үшін қолданамыз.

ФФ желісінің ортасы. Мысалы, суретте көрсетілгендей. 4.1 Серпинский майлықтары үшін. Желі түйіндерінің кездейсоқ координаттары бар

$$\begin{cases} x_i = \text{uniform}(x_{\min}, x_{\max}) & d(x_i, O) \geq d_{\min} \\ y_i = \text{uniform}(y_{\min}, y_{\max}) & d(y_i, O) \geq d_{\min} \end{cases} \quad (4.1)$$

мұнда x_{\min} и x_{\max} , y_{\min} және y_{\max} – шекараларды координаттар бойынша анықтаңыз x және y , O – сызық қоршаған орта объектісінің модельдері, $d(x_i, O)$ - нүктеден объект сызығына дейінгі қашықтық қоршаған орта, d_{\min} - желі түйіні мен объектінің сызықтық моделі арасындағы ең аз қашықтық.

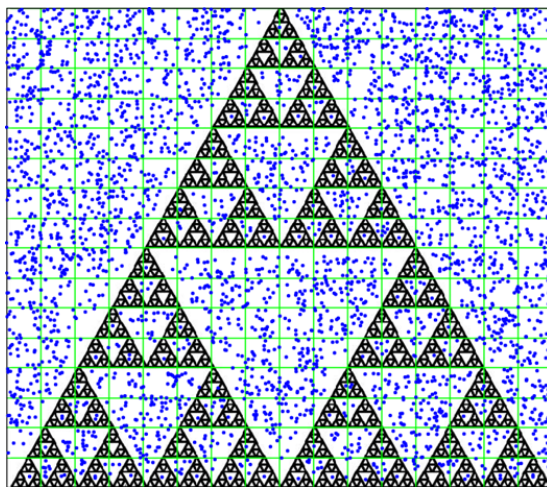
Бұл модельде желі түйіндері қоршаған орта объектісінен кемінде d_{\min} қашықтықта болуы мүмкін және олардың координаттары берілген шекараларда біркелкі бөлінеді. [22] осылайша құрылған нүкте өрісі (желі моделі) қоршаған ортаны бейнелеу үшін қолданылатын объектінің фракталдық қасиеттеріне байланысты фракталдық қасиеттерге (өзіндік ұқсастық қасиеттеріне) ие екендігі көрсетілген.

Атап айтқанда, осы модельде қоршаған орта кеңістігін есепке алмаған кезде орын алатын Пуассон өрісінің өзіндік ұқсастық қасиеттері жоқ екенін атап өтеміз. Бұл қасиеттердің болуы мен ауырлығы желінің құрылымын сипаттайды. Бұл желі түйіндерінің жоғары тығыздығымен және оны жоспарлау мен жобалаумен ерекше маңызға ие болады.

Модель қасиеттерінің қоршаған орта моделі ретінде таңдалған объектінің қасиеттерімен байланысы желіні жоспарлау үшін жоспарланған құрылымдағы объектілердің қасиеттеріне ұқсас қасиеттері бар фракталдық фигураны таңдауға мүмкіндік береді.

Жоғарыда айтылғандай, Гильберт қисығы қалалық инфрақұрылым үшін қоршаған орта үлгісі ретінде пайдаланылуы мүмкін [32]. Бұл салу әдісі мен фракталдық қасиеттері белгілі жалғыз фигурадан алыс.

Бұл 4.1 сурет құрылыстың 6 – шы итерациясында алынған Серпинский ФФ майлығының [32] бейнесі қоршаған орта ретінде пайдаланылатын желі моделін құрудың мысалы келтірілген.



Сурет 4.1 - Жоғары желі құрылымының Серпинск пайдалану кезінде тығыздық мысалы

Фракталдық фигуралар өте көп, олар үшін құрылыс әдістері мен олардың фракталдық қасиеттері белгілі. Бұл фигураларды желі құрылымын жоспарлау мәселелерін шешуде де қолдануға болады, бірақ белгілі бір фигураны таңдау үшін оны белгілі бір шарттар үшін таңдауға мүмкіндік беретін параметрлерді анықтау керек.

Осылайша, осы тараудың міндеті қоршаған ортаның біртекті емес құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін жоспарлау және жобалау әдістемесін құру үшін жоспарланған желі құрылымы мен модель құрылымының қасиеттерін салыстыру үшін параметрлерді таңдау және бағалау әдісін анықтау болып табылады.

4.3 Фракталдық өлшемдер

3-тараудағыдай, қоршаған орта кескінмен (жер бедері жоспары, карта, фотосурет және т.б.) беріледі деп сенеміз. Сондай-ақ, кескін қажетті объектілерді (ғимараттар мен құрылыстар немесе табиғи нысандар) көзбен ажырата алатындай деп санаймыз. Сондай-ақ, қоршаған орта моделі ұқсас түрде берілген деп есептейік.

Жұмыста ұқсастық критерийі ретінде [11] объект пен модельдің сандық бағалауларының ең жақындығы қолданылады. Бәлкім, FR форманы бейнелеу тұрғысынан ең жалпы сипаттама болып табылады және кескіннің орналасуына, бұрылуына және қисаюына тәуелді емес.

Алайда, фотосурет ретінде алынған сандық кескіннің бірқатар параметрлерімен анықталатын ерекшеліктері бар. Сондықтан, кескін параметрлерінің әр түрлі мәндерінде және оны алдын-ала өңдеу әдісінде бір кескіннің FR-ін бағалау айтарлықтай әртүрлі нәтижелер бере алады. Алдын ала өңдеу кескін пиксельдері үшін жарықтылық шегінің белгілі бір мөлшерін енгізуді қамтиды, оның астында пикселдер еленбейді, мұны объектілердің шекараларын бөлектеу арқылы көрсетуге болады. 4.2 Суретте әр түрлі контраст параметрлері бар суреттер үшін алынған жер бедерінің фотосуреттеріндегі нысандардың шекаралары берілген.

Бұл суреттен жоспарлау нәтижесінде алынған құрылымдар айтарлықтай ерекшеленетінін көруге болады [24]. Шекараларды бөлектеу үшін OpenCV-Python кітапханасының find Contours функциясы пайдаланылды.



а)

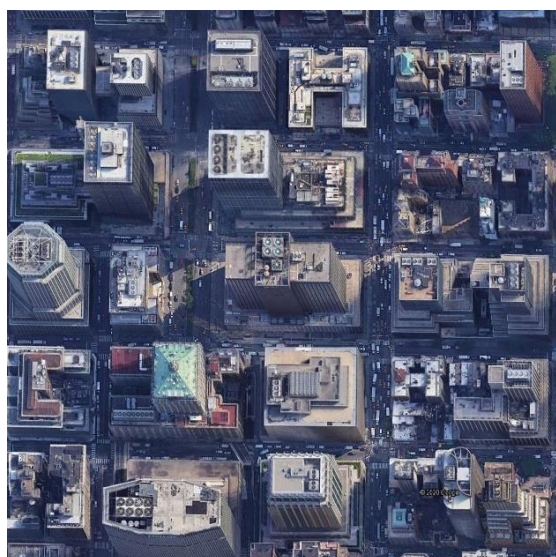


б)

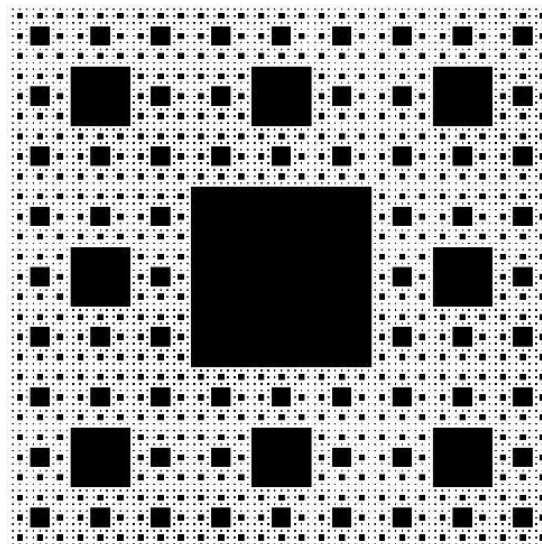
Сурет 4.2 - Контраст деңгейімен ерекшеленетін 1,719 (а) және 1,872 (б) кескіндердің фракталдық өлшемділігін бағалау мысалы

Жоғарыда келтірілген сызбаларды көзбен бағалай отырып, 4.2 а суреті 4.2 б-суретке қарағанда желі элементтерін орналастыру тұрғысынан қоршаған орта құрылымын көбірек көрсететінін байқауға болады.

4.3-суретте қала картасының фрагментін түрлі-түсті кескінді (содан кейін монохромды түрлендірумен және жарықтық деңгейлерін бөлектеумен) пайдалану нәтижесі келтірілген. 4.3-суретте Серпинск таңдалған модель көрсетілген [26]. Модель ФР шамаларының жақындығына байланысты таңдалады.



а)

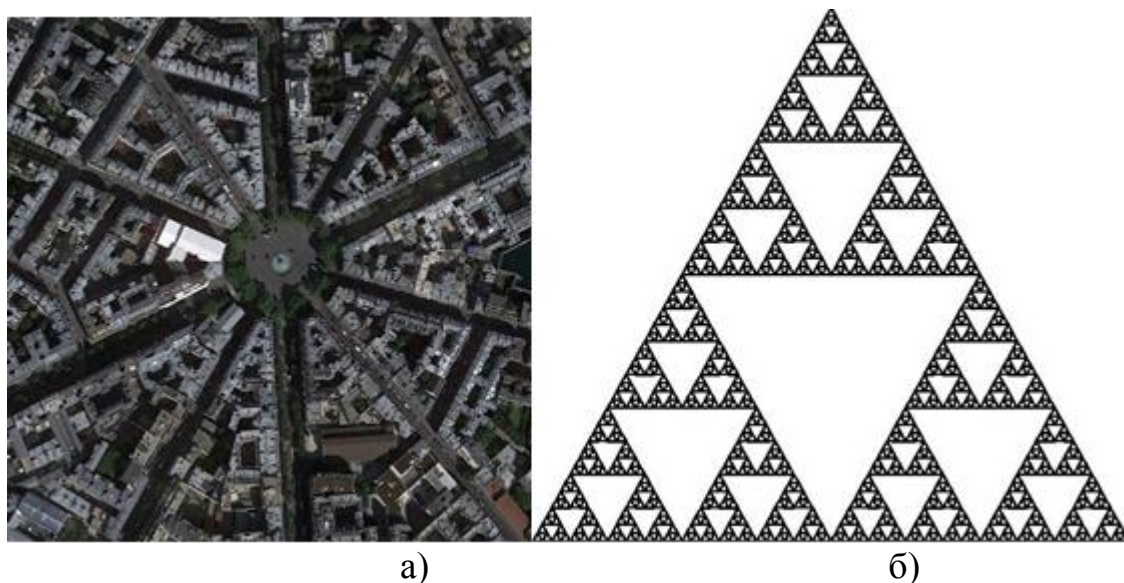


б)

Сурет.4.3 – Қала картасының фрагменті (а) және моделі (Серпинск) (б)

4.3-суретте көрсетілген ФР және кескіндер 1,719 құрады. ФРЖ бойынша ең жақын модель – Серпинск, ол үшін ФРЖ 1,723 құрайды. Модель берілген фракталдық фигураның құрылысының бесінші итерациясы ретінде алынған. ФР өлшеу Минковскийдің (box-counting) бағдарламалық әдісімен жүргізілді [22]. Ұсынылған суреттер үшін бағдарламалық жасақтама қолданылды [31].

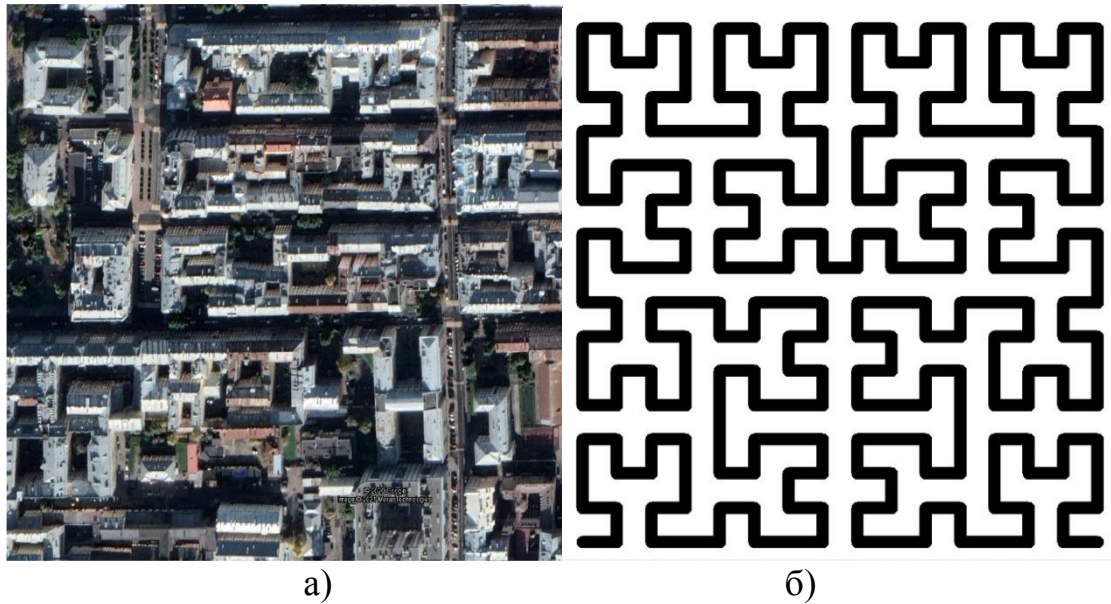
4.4-суретте қала картасының басқа, ұқсас түрде алынған фрагменті көрсетілген. Суреттен көріп отырғанымыздай, оның құрылымы бұрынғы фрагменттен ерекшеленеді, оның негізі тікбұрышты пішінді элементтер болды. Одан айырмашылығы, бұл фрагментте үшбұрыштарға жақын Нысандар басым болады.



Сурет 4.4 – Қала картасының фрагменті (а) және моделі (Серпинский майлығы) (б)

Карта фрагментінің фракталдық өлшемін бағалау 1,756 құрады. Салыстыру үшін, 4.4 В – суретте құрылыстың алты итерациясымен алынған Серпинский майлық моделі келтірілген. Фракталдық Өлшем 1,771 құрады.

4.5-суретте қала картасының фрагменті көрсетілген, оның суреттері 1,808 болды. Бұл картадағы нысандардың пішіні негізінен тікбұрышты. 4.5 Б-суретте модельдің мысалы келтірілген-төрт итерациямен алынған Гильберт қисығының фрагменті, қисық кескіннің фрагменті 1,862 құрайды.



Сурет 4.5 – Қала картасының фрагментін алдын-ала өңдеу нәтижесі (А) және модель (Гильберт қисығы) (Б)

Жоғарыда келтірілген мысалдарда фракталдық фигуралардың фрагменттері қолданылады. Теориялық тұрғыдан FF қисығының ұзындығы шексіз. Бұл жағдайда фракталдық фигураның FR өзінің теориялық бағасына тең. Берілген фрагменттер шектеу кезінде алынады, атап айтқанда: фракталдық қисық сызықтың қайталануының ақырлы саны. Әрі қарай, осы фрагменттер үшін суреттер салынды, олар үшін FR бағаланды. Бұл алынған бағалардың сәйкес фракталдар үшін теориялық мәндерден кейбір айырмашылығын түсіндіреді. Мысалы, Гильберт қисығы шексіздікке ұмтылатын итерациялар саны бойынша Бірлік квадратын толтырады. Бұл анықтамаға сәйкес оның фракталдық өлшемі 2-ге тең.

Алынған нәтижелерді талдай отырып, модельді таңдау тек фракталдық өлшемге негізделген формальды емес екенін байқауға болады. FF жеткілікті үлкен саны FR мәндеріне жақын, ал қоршаған ортаны талдау кезінде кейбір белгісіздік енгізіледі, сондықтан таңдау шеңбері жеткілікті кең болуы мүмкін.

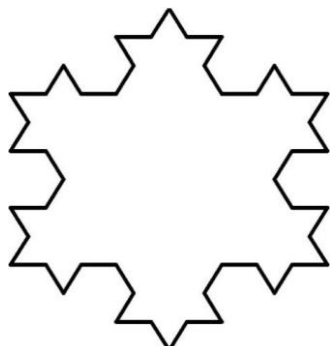
4.4 Гетерогенді кеңістікті бейнелейтін фракталдық фигуралар жоғары тығыздықтағы желілік орталар

4.6-суретте желіні жоспарлау кезінде қолдануға болатын кейбір FF фрагменттерінің құрылыстары келтірілген. Бұл фракталдар: Кохтың қар ұшқыны (а), Леви қисығы (б), Пеано-Госпер қисығы (в), Серпинский қисығы (д), Госпер квадраты (е), айдаһар қисығы (ж) [16].

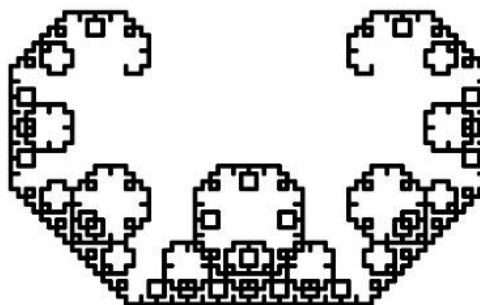
Жоғарыда келтірілген суреттерден көріп отырғаныңыздай, бұл фигуралар модельді таңдау кезінде ескерілуі керек негізгі элементтердің пішіндерімен ерекшеленеді. Бұл мысалдарда әртүрлі құрылымдарды тік бұрышта да, басқа

бұрыштарда да қолдануға болады.

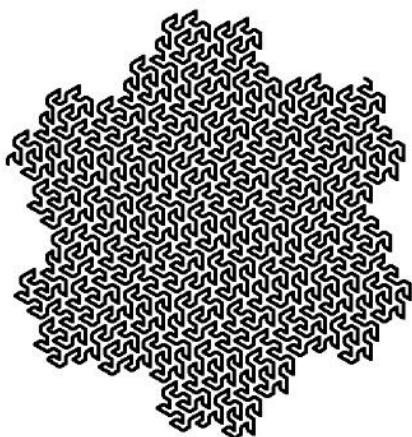
Берілген модельдерді қоршаған орта кеңістігінің әртүрлі нұсқаларымен салыстыру тікбұрышты Нысандар басым болатын кеңістіктің тікбұрышты құрылымдары бар модельдердің үлкен жақындығын көрсетті, ал басқа модельдер үшін - әртүрлі көпбұрыштар басым болған кезде.



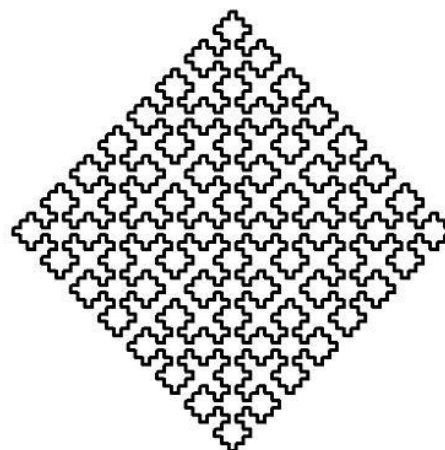
а)



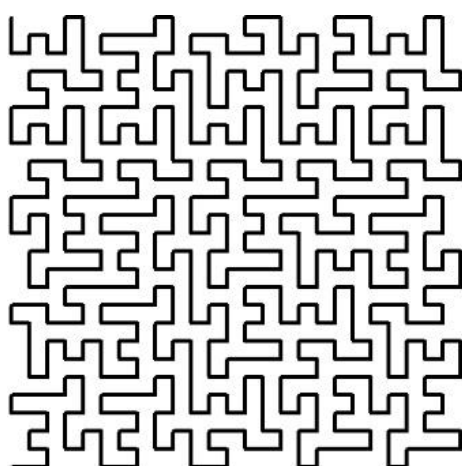
б)



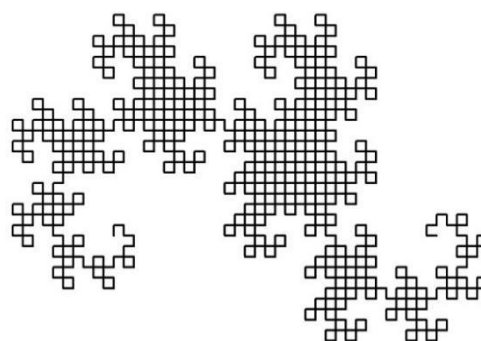
в)



г)



д)



е)

Сурет 4.6 - Фракталдық фигуралардың мысалдары

4.1-кестеде кейбір фракталдардың ФР мәндері келтірілген, олардың

құрылыс ережелері белгілі.

Кесте 4.1 – Фракталдық өлшемдер

N	Фракталдың атауы	Теориялық ФР	Бағалау нәтижесі	
			D_f	D_L
1	Кривая Гильберт	2,0000	1,862	0,374
2	Ковер Серпинск	1,893	1,723	0,403
3	Салфетка Серпинск	1,585	1,771	0,356
4	Кривая Коха	1,262	1,589	0,334
5	Кривая Леви	1,934	1,641	0,354
6	Кривая Пеано-Госпера	2,000	1,837	0,428
7	Кривая Серпинск	2,000	1,605	0,367
8	Ковёр Аполлония	1,306	1,351	0,409
9	Кривая дракона	1,524	1,490	0,401
10	Мозаика «Вертушка»	1,723	1,689	0,389

4.5 Тығыздығы жоғары желіні жоспарлау және жобалау үшін фракталдық фигураны таңдау әдістемесі

Фракталдық объектілерді бейнелеу теориясында әртүрлі өлшемдік ұғымдар қолданылады. Атап айтқанда, мультифракталды объектілерді сипаттау үшін фракталдық және ақпараттық және корреляциялық өлшемдер ұғымы қолданылады. Бұл ұғымдар мылтық өлшемі (жалпыланған Өлшем) ұғымын жалпылайды [14]. Жалпыланған Өлшем фракталдық нысанды жабатын өлшем ұяшығы бар торда анықталады.

$$D_g = \frac{1}{1-g} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log \sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} p_i^g}{\log \varepsilon} \quad (4.2)$$

мұнда ε - тор ұяшығының өлшемі, p_i тартқыштың ұяшыққа түсу ықтималдығы i , q - осы өрнектің сипатын анықтайтын параметр.

Бұл жерде $q=1$ өрнек (4.2) фракталдық өлшем береді:

$$D_f = D_{g=0} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{-\log N(\varepsilon)}{\log \varepsilon} \quad (4.3)$$

Бұл жерде $q=0$ өрнек (4.2) анықталмаған, бірақ Лопиталь ережесін қолданғаннан кейін ол ақпараттық өлшемге өрнек береді

$$D_l = D_{g=l} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} p_i(\varepsilon) \log p_i(\varepsilon)}{\log \varepsilon} \quad (4.4)$$

Мұнда $q=2$ өрнек (4.2) корреляциялық өлшем береді

$$D_C = D_{g=2} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log \sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} p_i^2(\varepsilon)}{\log \varepsilon} \quad (4.5)$$

Жалғыз монофракталды қарастырған кезде (4.2), (4.4) және (4.5) өрнектері тең және фракталдық өлшемге тең жалғыз параметрді білдіреді.

Атап айтқанда, (4.2), (4.4) және (4.5) өлшемдерін пайдалана отырып, қалалық инфрақұрылымды сипаттау тәсілдері белгілі [29].

(4.2) және (4.4) өрнектеріндегі p_i анықтамасына сәйкес, бұл тартқыштың i ұяшыққа түсу ықтималдығы, яғни ұяшықта фрактал фрагменті болу ықтималдығы. Монофракталда (жалғыз фракталда), яғни берілген есепте барлық осы ықтималдықтар тең болған кезде, фигураның фрагменттері бар ұяшықтар ғана қарастырылады.

Біз P_i ықтималдығын сипаттаймыз тартқыш нүктесінің i -ші ұяшыққа түсу ықтималдығы. Бұл ықтималдық L_i аттракторының үлесіне байланысты, осы ұяшыққа кіріп, оны қалай анықтаймыз

$$\tilde{p}_i = L_i / L \quad (4.5)$$

мұнда L – тартқыштың жалпы ұзындығы (қарастырылып отырған фрактал фрагменті) $N(\varepsilon)$

$$L = \sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} L_i \quad (4.6)$$

Теориялық тұрғыдан, ұяшық өлшемін кішірейту кезінде L шексіздікке ұмтылады, бірақ нақты суреттердің өлшемін бағалау кезінде L әрине, әрине және ұяшықтар саны.

Практикалық қосымшаларда сандық кескіндер қолданылатындықтан, біз L_i ұзындығын i -ші ұяшыққа түсетін пикселдер санымен бағалаймыз. Бұл жағдайда, P_i әр түрлі болады және өрнек (4.4) арқылы жазылуы мүмкін P_i

$$D_L = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} \tilde{p}_i(\varepsilon) \log \tilde{p}_i(\varepsilon)}{\log \varepsilon} \quad (4.7)$$

(7) нумераторы (4)-ге ұқсас болғандықтан, оның мағынасын энтропия (ақпарат) деп те түсіндіруге болады, бұл жағдайда P_i FF нүктесінің i -ші ұяшыққа ену ықтималдығын сипаттайды.

Модель үшін қоршаған орта формасын сипаттайтын көрсеткіштермен қатар

қоршаған орта кеңістігі әртүрлі нысандар, мысалы, қала жоспарындағы ғимараттар мен басқа құрылыстар алып жатқан аумақтың үлесі маңызды рөл атқарады. Жоспардан айырмашылығы, FF фрагменті түріндегі модель шекті жағдайларды қоспағанда, аумақты алмайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста келесі негізгі нәтижелер алынды:

1. 2030 жылға дейінгі жоспарлау көкжиегіндегі желілер мен байланыс жүйелерінің дамуын талдау бұл желілер үшін желі құрылғыларының тығыздығы мен айналмалы кідіріс сипаттамалары түбегейлі өзгертінін көрсетті. Бұл ретте бесінші буын байланыс желілері жоғары тығыздықтағы желілер болып табылады, олар үшін айналмалы кідіріс миллисекунд бірліктерін құрауы мүмкін, ал алтыншы буын және 2030 желілер – 1 мс және одан аз айналмалы кідірісі бар өте тығыз желілер.

2. Бесінші және кейінгі буын байланыс желілері үшін желінің жоғары тығыздығын ескере отырып, жоспарлау мен жобалаудың жаңа әдістерін әзірлеу және зерттеу қажет.

3. Қоршаған орта кеңістігінің біртекті құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы желі моделі ұсынылады, онда желінің әр түйіні үшін сигналдар мен кедергілер аймақтары анықталады. Бұл ретте нысаналы сигналды беру және қабылдау қабылдау торабы әрқайсысының деңгейі белгілі бір p_m шекті мәнінен асатын бір немесе бірнеше сигналдарды қабылдаған жағдайда жүргізілмейді деп болжанады. Бұл жағдайда қабылдау нүктесіндегі кедергі тек сигналдармен жасалады, олардың әрқайсысы осы шекті деңгейден аспайды. Біркелкі таралу ортасы және барлық сигнал көздерінің қуаты тең болған жағдайда, сондай-ақ антенналардың бағытталуының дөңгелек диаграммасы, кедергі жасайтын түйіндер 3 өлшемді модельде шеңберден немесе сферадан тыс орналасады.

4. Берілген нүктедегі кедергі қуатының сигналдар аймағының радиусына, кедергі аймағының радиусына және сигналдың қашықтықтан әлсіреуіне тәуелділігі үшін аналитикалық өрнектер алынды. Имитациялық модельдеу көмегімен аналитикалық өрнектер мен Имитациялық модельдеу негізінде алынған нәтижелер практикалық қолдану үшін жеткілікті дәлдікпен жақын екендігі дәлелденді.

5. Қоршаған орта кеңістігінің біртекті құрылымы жағдайында бір 1 м^2 -ге 1 миллион құрылғының жоғары тығыздықтағы Ad hoc толық байланысқан желісін жоспарлау әдісі ұсынылды, ол желінің толық байланысы Эрдеш-Рейнья теоремасы негізінде дәлелденгенімен ерекшеленеді, ал сигналдар мен кедергі аймағын қамтитын модель желі моделі ретінде қолданылады, ал құрылғының байланыс радиусы 10 м.

6. Желінің қоршаған ортасының біртекті құрылымы жағдайында жоғары тығыздықтағы Ad Hoc желісіндегі транзиттердің саны жеткілікті үлкен болып шығады, бұл трафикке қызмет көрсету сапасына, әсіресе рұқсат етілген кідірістерге әсер етеді. Бұл мәселені белгілі алгоритмдерді қолдана отырып, желіні кластерлеу арқылы шешуге болады, мысалы, сымсыз сенсорлық желілердің теориясы мен тәжірибесінен. Алайда, жоғары тығыздықтағы желінің қоршаған орта кеңістігінің гетерогенді құрылымы жағдайында кластерлеу сигналдың таралу жолында табиғи кедергілердің болуына байланысты табиғи түрде пайда болуы мүмкін.

7. Байланыс желісін жоспарлау әдісі ұсынылды, ол жоғары тығыздықтағы байланыс желісін жоспарлау кезінде геометриялық фракталдарды қолдану арқылы желінің гетерогенді кеңістігінің өзіндік құрылымы ескерілетіндігімен ерекшеленеді, ал жоғары тығыздықтағы желіні жоспарлау үшін Гильберт қисығы қолданылды, бұл тәжірибе үшін жеткілікті дәлдік дәрежесімен жоспарланған желінің қоршаған ортасының гетерогенділігін ескеруге мүмкіндік береді.

8. Гильберт қисығын пайдалану кезінде жоғары тығыздықтағы желіні жоспарлау үшін қисықтың шартты ені параметрін енгізу ұсынылады, бұл құрылымдар алып жатқан аумақты бағалауға мүмкіндік береді. Желіні жоспарлау кезінде қисық сызық кедергіні имитациялайды деп сенеміз. Сызықтың ені жоқ, бірақ желі элементтерін орналастыру позицияларын таңдағанда, желі элементі мен Гильберт қисығының нүктелері (минималды жою) d_{\min} арасындағы шартты минималды қашықтықты енгізуге болады. Бұл қашықтықты қисықтың шартты ені ретінде түсіндіруге болады және кедергілердің геометриялық өлшемдерін көрсету үшін пайдалануға болады.

9. Гильберт қисығын қолдана отырып, тығыздығы жоғары желіні жоспарлау кезінде келесі параметрлер қолданылады: түйіндер саны, Гильберт қисығының фрагментінің ұзындығы және құрылымдар алып жатқан аумақтың үлесі.

10. Желінің қоршаған орта кеңістігінің гетерогенді және біртекті құрылымдарындағы жоғары тығыздықтағы желілерді Имитациялық модельдеу нәтижелерін салыстыру гетерогенді құрылымдағы желі үшін біркелкі емес құрылым жағдайында табиғи кластерлеудің болуымен түсіндірілетін біркелкі емес кеңістік құрылымына қарағанда хабарламаларды бағыттау кезінде транзиттердің екі есе аз санын қажет ететінін дәлелдеді. Сондай-ақ, қоршаған орта кеңістігінің гетерогенді құрылымындағы маршруттың ұзындығы β -үлестіріммен ұсынылуы мүмкін екендігі анықталды.

11. Қоршаған орта кеңістігінің гетерогенді құрылымымен жоғары тығыздықтағы желілерді жоспарлаудың ұсынылған әдісін үй-жайлардан тыс орналасқан желілерді де, үй ішінде орналасқан желілерді де жоспарлау үшін пайдалануға болады. Бұл жағдайда қала жоспары ғимарат жоспарымен ауыстырылады, ал фракталдық қисық қабырғалар мен ғимараттардың басқа элементтері болып табылатын кедергілерді модельдейді.

12. Жоғары тығыздықтағы желінің қоршаған ортасын, соның ішінде Серпинский майлықтарын, Серпинский кілемін және Гильберт қисығын бейнелеу үшін әртүрлі фракталдық фигураларды қолдану мысалдары қарастырылады. Мысалдардың әрқайсысы үшін Минковский әдісімен фракталдық өлшемдердің бағалары алынды.

13. Фракталдық фигуралар мен жоспарланған желілік орта кеңістігінің құрылымын салыстырмалы сипаттау үшін жоспарланған желі құрылымы мен фракталдық модельдің фракталдық өлшемділігі мен бірлік ұяшықтарының ұқсастығын бағалауды қолдануға болады. Сандық салыстыру параметрі ретінде

ақпараттық өлшемділік үшін өрнек негізінде алуға болатын модель формасын сипаттайтын параметрді қолдану ұсынылады.

14. Фракталдық фигураны таңдау үшін сонымен қатар осы кеңістіктің құрылымдарымен, қабырғаларымен және басқа элементтерімен желінің қоршаған кеңістігінің аумағындағы ауданның үлесін сипаттайтын параметрді қолдану ұсынылады.

15. Фракталдық Өлшем параметрлерінің жақындығына, өзгертілген ақпараттық өлшемге және осы кеңістіктің құрылымдарымен, қабырғаларымен және басқа элементтерімен желінің қоршаған кеңістігінде орналасқан ауданның үлесіне негізделген, біртекті емес қоршаған орта жағдайында жоғары тығыздықтағы желіні жоспарлау және жобалау үшін фракталдық фигураны таңдау әдістемесі жасалды. Техника фракталдық фигураны таңдау алгоритмі түрінде жүзеге асырылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абакумов П.А. Алгоритм выбора головного узла кластера сенсорной сети в трехмерном пространстве. Электросвязь, №4, 2014.
2. Аль-Наггар Я.М. Алгоритм выбора головного узла кластера для всепроникающих сенсорных сетей с использованием нечеткой логики и диаграмм Вороного. Электросвязь, №8, 2014.
3. Атея, А.А. Многоуровневая облачная архитектура для услуг Тактильного Интернета / А.А. Атея, А.И. Выборнова, А.Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2017. – № 2. – С. 26-30.
4. Атея А.А., Энергоэффективная граничная облачная система для 5G / Филимонова М.И.; Атея А.А.; Мутханна А.С.А.; Киричек Р.В. // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Т. 5. № 4. С. 78-84.
5. Атея, А.А. Архитектура сотовой системы 5G на базе MEC / Атея, А.А.; Мутханна, А.С.; Кучерявый, А.Е.; // В книге: Молодежная научная школа по прикладной теории вероятностей и телекоммуникационным технологиям (АРТСТ-2017) материалы молодежной научной школы. Российский университет дружбы народов; Под общей редакцией К. Е. Самуйлова, Е. А. Кучерявого, А. Н. Дудина. 2017. С. 23-29.
6. Большова Г.Н. Проблемы стандартизации сетей мобильной связи / Г.Н. Большова, Л.М. Невдяев // ВУТЕ Россия. – 2002. - №6 (47). / <https://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=6602>
7. Бородин, А.С. Сети связи пятого поколения как основа цифровой экономики / А.С. Бородин, А.Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2017. – № 5. – С. 45-49.
8. Бородин А.С. Особенности использования D2D-технологий в зависимости от плотности пользователей и устройств. / Бородин А.С., Кучерявый А.Е., Парамонов А.И. // Электросвязь. 2018. № 10. С. 40-45.
9. Бородин А.С. Сети связи 2030 / А.Е.Кучерявый, Р.В.Киричек // Электросвязь, №11, 2018, с.52-56
10. Бородин А.С. Маршрутизация трафика в сети беспроводной связи, построенной на базе D2D-технологий / Бородин А.С., Парамонов А.И. // Электросвязь, №2, 2019, с. 38-44.
11. Бородин А.С. Метод построения сети связи на базе D2D-технологий с использованием дополнительных маршрутизаторов / А.С.Бородин, А.Е.Кучерявый, А.И.Парамонов // Электросвязь, №4, 2019, с.86-92.
12. Бузюков Л.Б., Проблемы построения беспроводных сенсорных сетей / Бузюков Л.Б., Окунева Д.В., Парамонов А.И. // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 1. С. 5-12.
13. Вадзинский Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям. – СПб.: Наука, 2001. – 295 с.
14. Викулов А.С., Анализ основных видов помех в задаче планирования сетей Wi-Fi с высокой плотностью пользователей / Викулов А.С., Парамонов

А.И. // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Т. 6. № 1. С. 21-31.

15. Владыко А.Г., Мутханна А.С., Кучерявый А.Е. Метод выгрузки трафика в V2X/5G сетях на основе системы граничных вычислений // Электросвязь. 2020. № 8. С. 64-70.

16. Вопрос 18-1/2, Добавление к Руководству по плавному переходу существующих сетей подвижной связи на ИМТ-2000 для развивающихся стран (РУПП), МСЭ-Т, Женева, 2010.

17. Выборнова А. И., Кучерявый А. Е. Тактильный интернет: новые возможности и задачи //Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2016. Первый научный форум «Телекоммуникации: теория и технологии» 3Т-2016. Самара, 2016. С. 133–134.

18. Гимадинов, Р.Ф. Кластеризация в мобильных сетях 5G. Случай частичной мобильности / Гимадинов, Р.Ф., Мутханна, А.С., Кучерявый, А.Е. // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. Т. 3. № 2. С. 44-52.

19. Гольдштейн Б.С., Сети связи пост-NGN / Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е. // БХВ, С.Петербург, 2013.

20. Ким Дж.-О., Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка, М. С. Олдендерфер, Р. К. Блэшфилд // М.: Финансы и статистика, 1989.—215 с.

21. Кучерявый А.Е., Бондарик В.Н. Прогнозирование развития Интернета Вещей на горизонте планирования до 2030 года. Труды МФТИ, том 5, №3, 2013, с.92-96.

22. Кроновер Р. М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. Москва: Постмаркет, 2000. — 352 с.

23. Кучерявый, А.Е. Самоорганизующиеся сети / Кучерявый А.Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е.А. – СПб.: Любавич, 2011. – 312 с.

24. Кучерявый, А.Е. Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками / А.Е. Кучерявый, М.А. Маколкина, Р.В. Киричек // Электросвязь. – 2016. – № 1. – С. 44-46.

25. Кучерявый А.Е., Тактильный Интернет / Кучерявый А.Е., Выборнова А.И. // Сборник научных статей V международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» АПИНО-2016. Том 1. С. 6-11.

26. Кучерявый А.Е., Пакетная сеть связи общего пользования / Кучерявый А.Е., Гильченков Л.З., Иванов А.Ю. // Наука и техника, СПб, 2004, 272 с.

27. Кучерявый А.Е., Сети связи следующего поколения. / А.Е. Кучерявый, А.Л. Цуприков // Центральный научно-исследовательский институт связи (ЦНИИС), Москва, 2006.

28. Кучерявый А.Е., От е-России к и-России: тенденции развития электросвязи / Кучерявый А.Е., Кучерявый Е.А. // Электросвязь, №5, 2005, с.10-11.

29. Кучерявый А.Е. Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчёта / А.Е. Кучерявый, А.И. Парамонов, Е.А. Кучерявый // – М. : ФГУП ЦНИИС, 2008. - 290 с.

30. Кучерявый А.Е. Интернет Вещей // Электросвязь, №1, 2013, стр.21-24

31. Кучерявый А.Е., Перспективы научных исследований в области сетей связи на 2017-2020 годы / Кучерявый А.Е., Владыко А.Г., Киричек Р.В., Маколкина М.А., Парамонов А.И., Выборнова А.И., Пирмагомедов Р.Я. // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 3. С. 1-14.

32. Кучерявый А.Е., Сети связи с малыми задержками / Кучерявый А.Е., Парамонов А.И., Аль-Наггар Я.М. // Электросвязь. 2013. № 12. С. 15-19.

33. Кучерявый А. Е. Сети связи пятого поколения: на пути к сетям 2030 / Волков А. Н., Мутханна А. С. А., Кучерявый А. Е. // Информационные технологии и телекоммуникации. 2020. Том 8. № 2. С. 32–43.

34. Кучерявый А.Е. Сети связи с ультрамалыми задержками / Кучерявый А.Е. – Труды НИИР. – 2019. - №1.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ
ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСҚА

Нұрахмет Бекзат Берікұлы

6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін зерттеу»

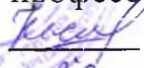
«Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін зерттеу» тақырыбындағы дипломдық жұмыс телекоммуникациялық технологиялар саласына, әсіресе тиімдірек және ауқымды байланыс желілеріне сұраныстың артуы жағдайында маңызды үлес болып табылады.

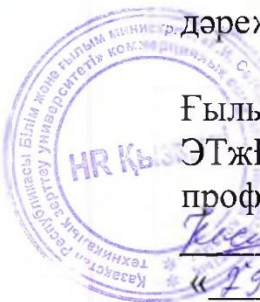
Студент жоғары тығыздықтағы байланыс желілерінде қолданылатын қолданыстағы әдістер мен технологияларға мұқият шолу жасады. Жұмыста мұндай жүйелердің техникалық аспектілері, артықшылықтары мен шектеулері, сондай-ақ оларды заманауи телекоммуникациялық желілерде қолдану әлеуеті терең қарастырылған.

Жұмыстың эксперименттік бөлігіне ерекше назар аудару керек, онда студент жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін қолданудың әртүрлі сценарийлерін талдап, модельдеді. Алынған нәтижелер мен тұжырымдар осы технологияның болашағы мен проблемалары туралы маңызды қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Студенттің жұмысы пәндік саланы терең түсінуді, сондай-ақ күрделі техникалық жүйелерді зерттеу үшін ғылыми әдістерді қолдана білуді көрсетеді. Бұл зерттеу академиялық қауымдастық үшін де, сала үшін де пайдалы болатынына сенімдімін және телекоммуникация саласындағы одан әрі зерттеулер мен әзірлемелерге негіз бола алады.

Студент, Нұрахмет Бекзат Берікұлы дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс «**85/B+/ жақсы**» деп бағаланды, ал **Нұрахмет Бекзат Берікұлын** 6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. қауымдастырылған,
профессоры, т.ғ.к.
 Касимов А.О.
«29» 05 2024 ж.



Дипломдық жұмысқа
РЕЦЕНЗИЯ

Нұрахмет Бекзат Берікұлы

6В06201 Телекоммуникация

Тақырыбына: «Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін зерттеу»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 12 парақ;
б) түсініктеме 79 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Бұл дипломдық жұмыс «Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін зерттеу» таңдаулы тақырыптың артықшылығын және оның көптеген аспектерін көрсетеді. Тақырыптық жоба осы бағыттардың бірінде жиі қызметкерлердің байланысты әрекеттері мен амалдарының байланысты әрекеттерін мәлімдемеу үшін қолданылады.

Дипломдық жұмыс ішінде анықталған мазмұн бойынша, ол әрекеттердің мақсаттылығы мен мақсатты қойылған мәселелерді шешу жолдарын ұсынады. Осы мақсаттардың орындалуы барысында, автор байланысты әрекеттердің тиімділігі мен эффектілігін бақылауға мүмкіндік береді.

Дипломдық жұмыс әрекеттердің жайлы толықтай түсінуге көмектесетін санаттардың кең мәзірін талдайды. Сонымен, жұмыс жүргізуші көптеген аспектерді айтар арқылы байланысты желілерді толықтай мағлұматты ұстап алады.

Барлық ақпараттардың қолжетімділігін және талқылы талаптарға сәйкес келуінің кең мәзірі дипломдық жұмысты құпиялауға қажетті сапалы анықталған. Бұл жұмыс жобаға тәжірибелік тәсілмен келісімшартты жағдайда қолданылатын қабілеттер мен білімдерді шешу деңгейінің көрсеткіші болуы тиіс.


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

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

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

Рецензент:

Ғ.Дәукеев атындағы АЭЖБ университеті,
PhD, т.ғ.к., доцент


М.М. Ермекбаев
«30» 05 2024 ж.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Нұрахмет Бекзат Берікұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін зерттеу

Научный руководитель: Сұңғат Маркесұлы

Коэффициент Подобия 1: 2.6

Коэффициент Подобия 2: 0.8

Микропробелы: 12

Знаки из здругих алфавитов: 9

Интервалы: 20

Белые Знаки: 2

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

29.05.2024
Дата


проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Нұрахмет Бекзат Берікұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін зерттеу

Научный руководитель: Сұңғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 2.6

Коэффициент Подобия 2: 0.8

Микропробелы: 12

Знаки из других алфавитов: 9

Интервалы: 20

Белые Знаки: 2

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

29.05.2024
Дата

Заведующий кафедрой



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

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

Автор: Нұрахмет Бекзат Берікұлы

Тақырыбы: Жоғары тығыздықтағы байланыс желілерін зерттеу

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 2.6

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.8

Дәйексөз (35): 0.4

Әріптерді ауыстыру: 9

Аралықтар: 20

Шағын кеңістіктер: 12

Ақ белгілер: 2

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

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

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

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

Негіздеме:

29.05.2024
Күні

Кафедра меңгерушісі

