

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

ӘОЖ 665.622.43.046.6-52 (043)

Қолжазба құқығында

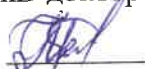
Зайтжанов Мұхаммеджан Сабыржанұлы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы Private LTE технологиясын Тенгизшевройлге ұйымдастыру және зерттеу

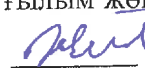
Дайындау бағыты 7M06201- «Телекоммуникация »

Ғылыми жетекші
PhD докторы, қауым.профессор

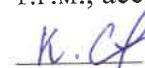
 Тайсариева Қ.Н
«05» 06 2024ж.

Рецензент

Phd докторы,
ғылым жөніндегі проректор

 Д.С Жамангарин
«05» 06 2024ж.

Норма бақылаушы
т.ғ.м., ассистент

 Кенгесбаева С.С.
«01» 06 2024ж.



Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

“Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті”
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар

7M06201- «Телекоммуникация »



**Магистерлік диссертацияны орындауға
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Зайтжанов Мұхаммеджан Сабыржанұлы

Тақырыбы: «Private LTE технологиясын Тенгизшевройлге ұйымдастыру және зерттеу»

Университет ректорының «23» қараша 2022 ж. №408-П бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «22» мамыр 2024ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: Бұл жұмыстың мақсаты Тенгизшевройл кен орындарында өндіріс жағдайында Private LTE технологиясының тиімділігі мен қолданылуын бағалау, сондай-ақ осы технологияны оңтайландыру және енгізу бойынша ұсынымдар әзірлеу болып табылады.

Диссертацияда өңделетін сұрақтар, диссертацияның қысқаша мазмұны:

- а) Private LTE технологиясының жұмыс принциптері мен мүмкіндіктерін зерттеу;
- ә) Private LTE желісін жобалап қамту аймағын және оптимизациялық есептер жүргізу .
- б) Әзірленген тұжырымдама негізінде LTE желісін MATLAB/Simulink орталарында модельдеу және BER нәтижесін талдау.



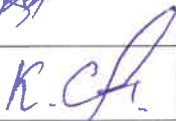
Ұсынылған негізгі әдебиеттер:

- 1) Eike Lyczkowski; Hubertus A. Munz; Wolfgang Kiess; Prakash Joshi Performance of Private LTE on the Factory Floor 21 July 2020-3
- 2) E. Lyczkowski, A. Wanjek, C. Sauer, and W. Kiess, “Wireless Communication in Industrial Applications,” in 2019 ETFA, Sep. 2019, pp. 1–4.
- 3) Sorokin D. V., Bondarchuk A.P., Storchak K.P. Kyiv Horba D.B., ЧАСТНЫЕ СЕТИ НА БАЗЕ LTE В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, 2019-С 29-34.
- 4) Christopher Cox An Introduction to LTE.2014-448 с.


Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескерту
Private LTE технологиясының жұмыс принциптері мен мүмкіндіктерін зерттеу	13.02.2023 - 27.06.2023	орындалды
Private LTE желісін жобалап қамту аймағын және оптимизациялық есептер жүргізу	01.09.2023 - 04.01 2024	орындалды
Әзірленген тұжырымдама негізінде LTE желісін MATLAB/Simulink орталарында модельдеу және BER нәтижесін талдау	15.03.2024-25.04.2024	орындалды

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертация кеңесшілері мен норма бақылаушының қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күн	Қолы
Диссертация жұмысының тақырыбын талдау	Тайсариева Қ.Н., ЭТЖҒТ каф. қауым.профессоры, PhD докторы	17.10.2022	
Теориялық ақпарат және тәжірбиелік бөлім	Тайсариева Қ.Н., ЭТЖҒТ каф. қауым.профессоры, PhD докторы	20.04.2023	
Норма Бақылау	Кенгесбаева Сара ЭТЖҒТ каф.ассистенті, т.ғ.м.	01.06.2024	

Ғылыми жетекшісі  Тайсариева Қ.Н.
(қолы)

Магистрант тапсырманы орындауға алды  Зайтжанов М.С.
(қолы)

Күні “__03__” __10__ 2022 ж.

АНДАТПА

Диссертация кәсіпорынның сенімді және жоғары өнімді желілік инфрақұрылымын қамтамасыз ету үшін осы технологияның тиімділігі мен әлеуетін бағалау мақсатында Теңізшевройл құрылымына Private LTE технологиясын зерттеуге және енгізуге арналған. Жұмыста мұнай-газ саласы контекстінде жеке LTE желілерін қолдану ерекшеліктері талданады, техникалық сипаттамалары, компанияның қажеттіліктеріне сәйкестік дәрежесі бағаланады, сондай-ақ осы технологияны қолдану арқылы бизнес-процестерді оңтайландыру және өндіріс тиімділігін арттыру мүмкіндіктері қарастырылады. Зерттеу нәтижелері академиялық қауымдастық үшін де, корпоративтік ақпараттық инфрақұрылымды практикалық іске асыру үшін де пайдалы болуы мүмкін.

АННОТАЦИЯ

Диссертация посвящена исследованию и внедрению технологии Private LTE в структуру Tengizshevroil, с целью оценки эффективности и потенциала данной технологии для обеспечения надежной и высокопроизводительной сетевой инфраструктуры предприятия. В работе анализируются особенности применения частных LTE сетей в контексте нефтегазовой отрасли, оцениваются технические характеристики, степень соответствия потребностям компании, а также рассматриваются возможности оптимизации бизнес-процессов и повышения эффективности производства через использование данной технологии. Результаты исследования могут быть полезны как для академического сообщества, так и для практических реализаций в сфере корпоративной информационной инфраструктуры.

ANNOTATION

The dissertation is devoted to the research and implementation of Private LTE technology in the structure of Tengizchevroil, in order to assess the effectiveness and potential of this technology to ensure a reliable and high-performance network infrastructure of the enterprise. The paper analyzes the features of the use of private LTE networks in the context of the oil and gas industry, evaluates the technical characteristics, the degree of compliance with the needs of the company, and also considers the possibilities of optimizing business processes and increasing production efficiency through the use of this technology. The results of the study can be useful both for the academic community and for practical implementations in the field of corporate information infrastructure.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	6
1 Private LTE	8
1.1 Private LTE-ге кіріспе	8
1.2 Жалпы архитектура	8
1.3 Қосымша компонентер	11
1.4 Қазіргі ақпараттық технологиялардағы Private LTE желілерінің рөлі мен маңызы	12
1.5 Маңызды инфрақұрылым нысандарында LTE желілерін пайдалану жағдайлары	15
1.6 Private LTE желісін орналастыру үшін диапазондарды таңдау	16
1.7 Private LTE желісін құру үшін жабдықты таңдау	16
1.8 Жүйені басқару орталығы	18
1.9 Private LTE жүйелеріндегі абоненттік терминалдар	19
1.10 Ақпараттық қауіпсіздік және ақпаратты қорғау	20
2 Кәсіпорынды зерттеу және оның ақпараттық сұраныстары	21
2.1 Базалық станция таңдау.	22
2.2 Жобаны іске асыру үшін радиоблоктарды таңдау	24
2.3 Жобаны іске асыру үшін антеннаны таңдау	25
2.4 Private LTE желісінің ауқымын есептеу	26
3 MATLAB/ Simulink ортасында Private LTE модельдерін құру	31
Қорытынды	44
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	45

КІРІСПЕ

Байланыс пен деректерді беру өмірдің әртүрлі салаларында шешуші рөл атқаратын қазіргі ақпараттық қоғамда сенімді және тиімді желілік инфрақұрылымдарға үнемі қажеттілік бар. Барған сайын назар аударатын перспективалы технологиялардың бірі-private LTE. Private LTE технологиясы Ұялы байланыс стандартының эволюциясы болып табылатын LTE (Long-Term Evolution) технологиясын қолдана отырып, жабық және жеке байланыс желілерін құруға мүмкіндік беретін өнеркәсіптік стандарт болып табылады.

Бұл магистрлік диссертацияның мақсаты private LTE технологиясын зерттеу және ұйымдастыру. Бұл технологияны қарастыру және зерттеу оның әртүрлі салалардың нақты талаптарын қанағаттандыра алатын жабық байланыс желілерін құрудағы әлеуеті мен мүмкіндіктерін анықтау үшін өте маңызды.

Зерттеу барысында private LTE технологиясының негізгі жұмыс принциптері мен ерекшеліктері қарастырылады. Осы технологияны әртүрлі салаларда қолданудың қолданыстағы мысалдарына талдау, сондай-ақ басқа желілік технологиялармен салыстырмалы талдау жүргізілетін болады. Private LTE енгізудің ұйымдастырушылық және техникалық аспектілеріне, сондай-ақ осы технологияны пайдалану кезінде пайда мен шектеулерді талдауға ерекше назар аударылатын болады.

Бұл зерттеудің нәтижелері private LTE технологиясының әртүрлі салалардағы әлеуеті мен қолданылуын түсінуге ықпал етеді. Олар private LTE негізіндегі желілік инфрақұрылымды енгізу және оңтайландыру бойынша ұсыныстарды әзірлеу және нақты жобалар мен кәсіпорындарда желілік технологияларды таңдау кезінде негізделген шешімдер қабылдау үшін негіз ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты: Private LTE желісінің тиімділігін бағалау, private LTE архитектурасын тұрғызу және басқа байланыс жүйелерінен артықшылығын зерттеу, сонымен қатар private LTE жүйесінің математикалық және имитациялық модельдерін алу және осы модельдерді Matlab & Simulink бағдарламасында компьютерлік модельдеу.

Зерттеу жұмысының өзектілігі: Private LTE Қазақстанда келесі себептер бойынша жоғары өзектілікке ие:

1. Мұнай-газ саласын дамыту: Қазақстан мұнай мен газдың ірі өндірушісі болып табылады және осы саладағы Теңізшевройл сияқты компаниялар өндірісті оңтайландыру және тиімділігін арттыру үшін үнемі жаңа технологиялық шешімдер іздейді.

2. Сымсыз байланыс технологиялары: меншікті LTE-желілерін (Private LTE) енгізу бүкіл әлемдегі, соның ішінде Қазақстандағы ірі кәсіпорындар үшін өзекті бола түсуде. Бұл желілік байланыстарда үлкен икемділік, сенімділік және қауіпсіздік қажеттілігіне байланысты.

3. Цифрландыру және индустрия 4.0: Қазақстан Индустрия 4.0 тұжырымдамасын белсенді дамытуда, ол заттар интернеті (IoT) және бұлтты

есептеулер сияқты жаңа технологияларды өнеркәсіптік процестерге біріктіруді көздейді. Осы тұрғыда private LTE енгізу мұнай-газ секторындағы компаниялар үшін цифрлық трансформация жолындағы маңызды қадам болуы мүмкін.

4. Телекоммуникациялық инфрақұрылымды дамыту: Қазақстан жоғары жылдамдықты байланыс желілерін орналастыруды қоса алғанда, өзінің телекоммуникациялық инфрақұрылымын дамыту бойынша белсенді жұмыс істейді. Private LTE енгізу осы процестің бір бөлігі бола алады және кәсіпорындардың инфрақұрылымын жаңартуға ықпал етеді.

Зерттеуге бағытталған проблема: Технологиялардың қарқынды дамуы және Қазақстанның мұнай-газ өнеркәсібіндегі деректер көлемінің ұлғаюы жағдайында Теңізшевроді қоса алғанда, кәсіпорындарда деректерді беру және процестерді басқару үшін тиімді және қауіпсіз желілік инфрақұрылым қажет. Осыған байланысты берілетін ақпараттың жоғары өткізу қабілеттілігін, сенімділігін және құпиялылығын қамтамасыз ете алатын ең қолайлы байланыс технологиясын таңдау мәселесі туындайды. Private LTE технологиясы осы ұйымдар үшін перспективалық шешім болып табылады, алайда оның тиімділігі мен Қазақстанның мұнай-газ саласы контекстінде қолданылуы одан әрі зерттеуді және жергілікті деңгейде нақты талаптар мен пайдалану жағдайларына бейімделуді талап етеді.

Зерттеуге бағытталған тапсырмалар: Private LTE желілерінде Заттар Интернетінің құрылу принциптерін талдау; - Пакеттік коммутациялық желілерде желінің кешігуінің себептерін зерттеу; - Private LTE жүйесі үшін тиімді архитектураны тұрғызу; Private LTE кейінгі буын желісіндегі Заттар Интернеті трафик сипаттамаларын математикалық зерттеу және талдау; Private LTE жүйесіндегі функционалды сценарийлердің компьютерлік моделін алу.

1 Private LTE

Private LTE — бұл кәсіпорынның технологиялық мәселелерін шешуге арналған арнайы радио желісі. Private LTE желісі белгілі бір кәсіпорын шеңберінде салынған және жалпыға ортақ ұялы байланыс желілерінен оқшауланған. Үздіксіз қамтуды қамтамасыз ете отырып, жеке желі автоматтандырылған құрылғыларды, пилотсыз тасымалдауды қосуға, сондай-ақ AR/VR технологияларын енгізуге мүмкіндік береді.

1.1 Private LTE-ге кіріспе

Private LTE желілер компанияның бизнес-процестері үшін көптеген қызметтерді енгізуге мүмкіндік береді. Жеке LTE желісінің бірыңғай деректер ортасы мүмкіндік береді:

- 1) MCPTT (mission critical Push to Talk) радиобайланысын пайдалануға мүмкіндік береді.
- 2) Өндірісте роботты құрылғыларды басқару .
- 3) IoT датчиктерімен және автоматтандырылған техникамен деректермен алмасу
- 4) Пилотсыз көлікті басқару.
- 5) Өндірістік қауіпсіздік талаптарын орындау.
- 6) Мамандарды оқыту үшін VR / AR қызметтерін пайдалану.
- 7) Өндірістік алаңдардан (4K) бейнетрансляция жүргізу.

1.2 Жалпы архитектура

Өнеркәсіптік және өндірістік секторлар бірінші болып жеке LTE желілерін енгізді. LTE өндіріс процестерінің бөлігі болып табылатын негізгі IoT және автоматтандыру қолданбаларын қолдай алатын сенімді, төмен кідіріс қосылымын қамтамасыз етеді [2]. Өнеркәсіптік жеке желілер жаһандық желілермен салыстырғанда күрделірек және тар бағытталған. Мұнда өнеркәсіптік жеке желінің негізгі желілік компоненттері берілген:

Радио қол жеткізу желісі (RAN) өндіріс процесіне қатысты негізгі деректер ағындарына басымдық беру және қосылымды кедергілерден немесе ақаулардан қорғау.

Evolved Packet Core ол Ethernet негізіндегі өнеркәсіптік байланыс протоколын пайдаланады.

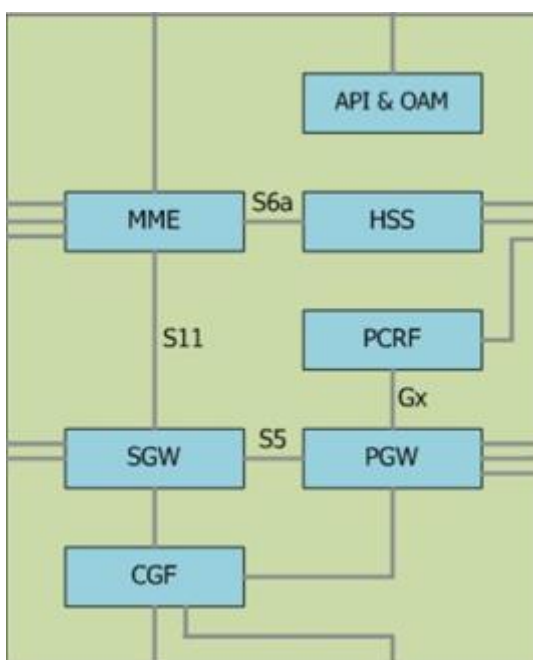
Пайдаланушы деректерін басқару соңғы пайдаланушы құрылғыларын тағайындау және жою және жеке желіде қызмет көрсету сапасының орнату.

Бизнесті қолдау жүйелері (BSS) жоғары дәрежелі жедел қолдау жүйелері (OSS) өнеркәсіптік жеке желінің операциялық аспектілерін басқару және желіні өндіріс процесімен біріктіру үшін қолданылады.

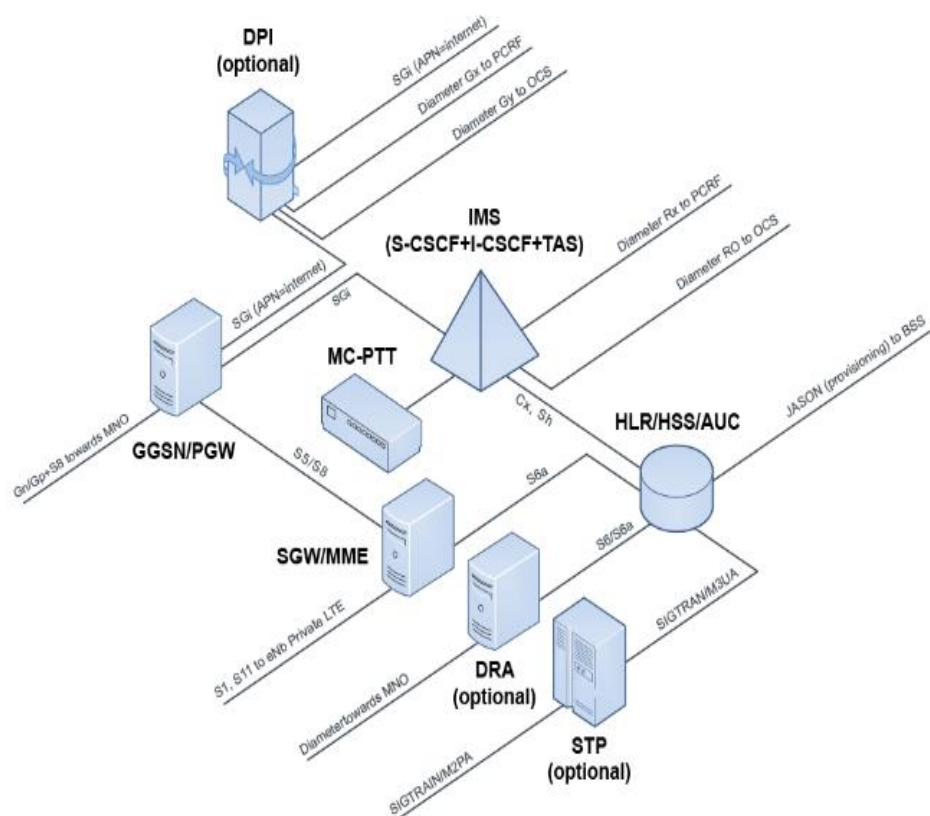
Private LTE желілері екі жүйеден құрылады – RAN желісі және Evolved Packet Core(EPC) [16]. Private LTE желісінің өзегі көбіне вендорлық техникалық шешім ұсынылады. Шешім әдетте 3GPP стандарттарына сәйкес негізгі элементтерді қамтиды:

- 1) MME-абоненттердің ұтқырлығы мен сигналдық трафиктің берілуіне жауап беретін элемент;
- 2) SGW-абоненттердің ұтқырлығына және пайдаланушы трафигін тасымалдауға жауап беретін элемент;
- 3) PGW-LTE желісінің трафигін Интернет немесе жергілікті желі сияқты басқа деректер желілеріне бағыттауға жауапты элемент;
- 4) PCRF-белгілі бір абонентке берілген сипаттамаларға сәйкес қосылымдардың сапасына жауап беретін LTE стандартты ұялы байланыс желісінің элементі;
- 5) HSS-LTE стандартты ұялы байланыс желісінің абоненттік деректерінің сервері.

Схемалық түрде желінің EPC жоғарғы деңгейлі схемасы келесідей:



1.1-сурет - Private LTE желі ядросы (EPC)



1.2-сурет - Private LTE желісінің негізгі компоненттері

Негізгі компоненттері:

1) GGSN / PGW - тірі және жансыз желі пайдаланушыларының деректер трафигін бағыттауға жауапты пакеттік желінің негізгі элементі. Пакеттік желінің басқару түйінімен (SGW/MME) тікелей өзара әрекеттесу арқылы PDP контекстін орнатуға тікелей қатысады. Абоненттік сессияларды басқару міндеттерін орындайды [18].

2) SGW/MME ұялы байланыс желісінің өзегі болып табылады, пайдаланушылардың деректер пакеттерін бағыттайды және тасымалдайды, сонымен бірге базалық станциялар (eNodeB) арасында қолмен жұмыс жасау кезінде пайдаланушы деректері үшін ұтқырлықты басқару түйіні рөлін атқарады және пайдаланушы құрылғысы мен желі арасындағы дабылды бақылау мен басқаруға жауап береді.

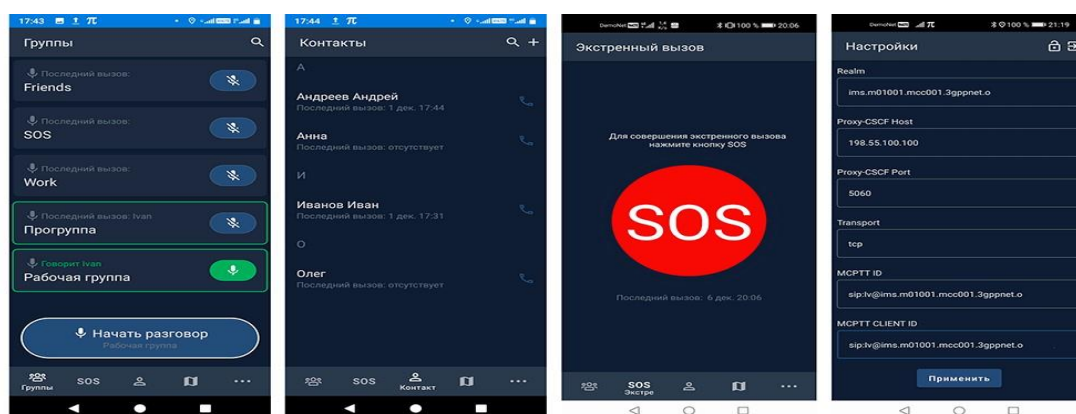
3) HLR/HSS / AUC-бұл желіде тіркелген әрбір құрылғы туралы ақпаратты қамтитын, сондай-ақ аутентификация алгоритмін жүзеге асыруға жауапты мамандандырылған мәліметтер базасы. Айтпақшы, құрылғының идентификаторы немесе пайдаланушысы ретінде HLR-де физикалық SIM және eSIM карталары тіркелуі мүмкін.

4) IMS (S-CSCF+I-CSCF+TAS) жоғары дыбыс сапасымен, төмен кідірістермен және жоғары сенімділікпен дауыстық қызметтер мен бейне қоңырауларға қызмет көрсетуге арналған. Желі иесінің өзі сапа деңгейін орната алады және оның сақталуын қадағалай алады, қоғамдық ұялы

байланыс операторының үшінші тарап қызметтеріне жүгінбей, қажетті қызметтер жиынтығын және оларға қол жетімділікті реттей алады.

1.3 Қосымша компонентер

МСРТТ -лездік, хабар тарату байланысын ұйымдастыруға арналған LTE үстіндегі кәсіби жылжымалы радиобайланысты қолдау сервері. Маңызды инфрақұрылымның (энергиямен жабдықтау, электр станциялары, көлік) мониторингі мен бақылауын қамтамасыз етуге және Unified Communications элементтерімен кең жолақты технологиялық байланысты орнатуға мүмкіндік беретін private LTE шешімін қолданудың перспективалы нұсқаларының бірі [5]. Мысалы, смартфон экранында қолданбаның МСРТТ пайдаланушысы мұндай суретті көре алады.



1.3-сурет - МСРТТ-қосымшасы

M2M-M2M құрылғыларын және олардың белсенділік параметрлерін басқаруға жауапты платформа, private LTE құру кезінде қосымша жүйелер бөліміне ресми түрде тағайындалады. Алайда, көптеген жобаларда оны жүзеге асыру жеке желінің өзін ашуға себеп болады. Өндіріс желілерінің көптеген датчиктерінен, жылжымалы және қозғалмайтын объектілерден, бақылау жүйелерінен деректерді жинау, оларды талдау және сценарийлері бар триггерлер-мұның бәрін M2M платформасы жүзеге асырады. оның жеке желіде Болу қажеттілігі иесінің талаптары мен міндеттерімен анықталады. DPI қолданыстағы өткізу қабілеттілігінің максималды тиімділігіне қол жеткізуге мүмкіндік беретін пакеттік трафикті басқару үшін терең трафикті талдау және саясатты қолдану жүйесі [8]. Private LTE жағдайында бұл ішкі жүйені орнату бар өткізу қабілеттілігінің таралуын нақты бақылауға және жүйелерге кіретін трафикке басымдық беруге мүмкіндік береді. Мысалы, телеметрия деректері msrptt қоңырауларына қатысты төмен басымдықпен келуі мүмкін. STP сигналдық хабарламаларды бағыттауға қолдау көрсетеді, сигналдық трафиктің белгілі бір түрі үшін өткізу шарттарын бақылайды. LTE

корпоративті желісі шеңберінде сигналдық трафикті немесе нақты хабарламаларды бағыттауды қажет ететін барлық міндеттер, қажет болған жағдайда жалпыға ортақ ұялы желі сегменттерімен өзара әрекеттесу және жаңа қызметтерді енгізу STP көмегімен шешілуі мүмкін. Дрә әртүрлі қызметтерді аутентификациялау, авторизациялау және есепке алу мақсатында Diameter-трафикті басқару және бағыттау. Егер абоненттердің профильдерін кіру деңгейлері бойынша бөлу немесе пайдаланушылардың әртүрлі санаттарына әртүрлі пайдалану шарттарын ұсыну қажет болса, мысалы, сыртқы нөмірлерге қоңыраулар қолжетімді болады, бірақ тарифтелуі мүмкін болса, өзекті болады. Платформалардың бұл кешені private LTE қызметтерінің толық жұмысын бастау үшін міндетті емес, бірақ желіні қиындату және иесінің қажеттіліктерін арттыру қажет болған жағдайда енгізілуі мүмкін [12].

1.4 Қазіргі ақпараттық технологиялардағы Private LTE желілерінің рөлі мен маңызы

Қазіргі заманғы ақпараттық технологиялардағы жеке LTE желілерінің рөлі мен маңызы орасан зор және әртүрлі қызмет салаларын қамтиды. Міне, бірнеше негізгі аспектілер:

1. Өнеркәсіптік және маңызды инфрақұрылым объектілеріндегі қауіпсіздік

Маңызды инфрақұрылым нысандары (көлік, энергетика, байланыс және т.б.) экономика мен күнделікті өмір үшін әрқашан стратегиялық маңызға ие. Экономикаға тікелей әсер етуден басқа, мұндай объектілердің үздіксіз жұмысы адамдардың қауіпсіздігі мен өмірін сақтаумен байланысты. Жұмыс істеу сенімділігін қамтамасыз ету мұндай нысандар мен олардың қауіпсіздігі ең жоғары басымдыққа ие. Осыған байланысты ұйымбұл объектілердің жұмысы сыни деп жіктеледі маңызды операциялар (Mission Critical Operations), осы объектілердегі басқару және байланыс жүйесі, аталған операцияларды орындау үшін қажетті-коммуникацияның маңызды құралдарына (Mission Critical Communications). Mission Critical (MC) деңгейі байланыс жүйесіне қойылатын талаптардың жоғарылауын, атап айтқанда қол жетімділіктің, сенімділіктің және қауіпсіздіктің ең жоғары деңгейін білдіреді. Цифрлық технологияларды енгізу mission critical деңгейіндегі байланыс жүйелерін құруда жаңа мүмкіндіктер ашады [9].

2. Цифрлық трансформация және «Индустрия 4.0»

Цифрлық трансформация және ауысу бағдарламалары «Индустрия 4.0» шешімдері осы уақытқа дейін әртүрлі профильдегі көптеген компаниялар мен ұйымдарда қабылданды. «Индустрия 4.0» немесе қазіргі кәсіпорынды басқарудағы 4-ші өнеркәсіптік революция-бұл:

1) Ақпаратты кеңінен қолдану, технология және бұлтты шешімдер;

2) Бизнес-процестерді толық автоматтандыруға және киберфизикалық процестерді құруға көшу;

3) Кәсіпорынның «цифрлық бейнесін» құру; қызметтің барлық салаларын цифрландыру және роботтандыру;

4) Заттар интернетін кеңінен енгізу (IoT) және жасанды интеллект құралдары (AI);

Маңызды инфрақұрылым объектілерінде жаңа цифрлық технологияларды енгізу жаңа экономикалық нәтижелерге қол жеткізуге және қауіпсіздік деңгейін сапалы арттыруға мүмкіндік береді [1].

«Индустрия 4.0» талаптарын қанағаттандыратын басқару және қауіпсіздікті қамтамасыз ету жүйесі қандай негізгі міндеттерді шешуі керек екенін қарастырайық. Біріншіден, бұл кәсіпорынның жұмысын басқару міндеттері, атап айтқанда:

1) Заманауи басқару жүйелерін енгізу;

2) Өнеркәсіптік заттар интернеті (IIoT) технологияларын қолдану;

3) Көлік объектілерінің, қамтамасыз ету жүйелерінің, логистиканың, экологиялық және климаттық параметрлердің жай-күйіне мониторинг жүргізу;

4) Бейнебақылау (бейнеаналитика мүмкіндіктерімен);

5) Жасанды интеллект (AI) құралдарын пайдалану;

6) Персоналдың жұмысын басқару, оның ішінде мобильді қызметкер және толықтырылған шындық функцияларымен, дауыстық технологиялық байланыс мүмкіндіктерімен және мамандандырылған IT-косымшаларда жұмыс істеумен;

7) Технологиялық процестерді басқару;

8) Көлік паркін басқару, атап айтқанда пилотсыз көлік міндеті.

9) Кәсіпорын жұмысын цифрландыру келесі міндеттерді сәтті орындай отырып, сенімділік пен қауіпсіздік деңгейін арттыруға мүмкіндік береді:

10) Периметрді қорғау; қол жеткізуді бақылау;

11) Қауіпсіздік қызметкерлерін басқару;

12) Ескерту және дауыс зорайтқыш жүйесі;

13) Қызметкерлер мен көліктердің орналасқан жерін ішкі және сыртқы бақылау (Indoor / Outdoor Positioning);

14) Жеке қорғаныс құралдарын (ЖҚК) пайдалануды бақылау; қызметкерлердің физикалық жай-күйіне мониторинг жүргізу;

15) Беттер мен объектілерді, оның ішінде биометриялық мәліметтер негізінде тану;

3. Кәсіпорынның бірыңғай ақпараттық ортасы

Басқару және қауіпсіздік жүйесін құру, жоғарыда аталған міндеттерді шешу үшін тірек желісінен және Орталық инфрақұрылымнан, сымсыз байланыс жүйесінен, әр түрлі типтегі соңғы жабдықтардан (камерадан) тұратын бірыңғай ақпараттық ортаны құрмай мүмкін емес, датчиктер,

контроллерлер және т.б.), әмбебап абоненттік құрылғылар және арнайы бағдарламалық жасақтама [3].

Бірыңғай ақпараттық ортаны құру әртүрлі IT-шешімдерді енгізуге және біріктіруге мүмкіндік береді, олардың үйлесімділігін, қажетті жаңартулардың, жаңғыртудың, болашақ дамудың мүмкіндіктерін қамтамасыз етеді. Дағдарыс жағдайында ақпаратты қорғаудың қажетті деңгейін және жүйенің сенімді жұмысын қамтамасыз ету маңызды. Сонымен, жүйені салу және оны пайдалану құнын ескермеуге болмайды.

Біртұтас ақпараттық ортаны және оның негізгі бөлігі болып табылатын сымсыз байланыс жүйесін құру үшін шешімді таңдауды толығырақ қарастырайық. Дауыстық технологиялық радиобайланыс жүйелері ондаған жылдар бойы маңызды нысандарда қолданылып келеді. Бұл жүйелер тар жолақты радиобайланыс хаттамаларына негізделген, бұл деректерді жоғары жылдамдықпен жіберуге және нәтижесінде тірі бейнені жоғары сапада жіберуге немесе көптеген заманауи IT шешімдерін қолдануға мүмкіндік бермейді. Осыған байланысты болашақ пайдалану мен даму перспективасымен байланыс жүйесінің технологиясын таңдағанда жаңа заманауи стандарттарға назар аудару керек [10].

Осындай стандарттардың бірі LTE протоколы, 3GPP серіктестігі әзірлеген. Берілген шешімдерстандарттар бүкіл әлемде қолданылады және жылдар бойы жақсы жұмыс істеді. Стандарт бастапқыда жеке тұлғаларға байланыс қызметтерін ұсынатын операторлардың пайдалануы үшін әзірленді, бірақ кейінірек оның сипаттамасына полиция, көлік, энергетика, өнеркәсіп сияқты кәсіби пайдаланушыларға қажетті мүмкіндіктер қосылды.

Мақсат LTE негізінде 99,999% сенімділік деңгейімен Mission Critical жүйелерін құру болды (яғни бір жыл ішінде 5 мин 16 с-тан аспайтын байланыстың болмауына жол беріледі), сонымен қатар MC FT (Mc Push-To-Talk), MC Video және MC Data сияқты арнайы функцияларды қамтамасыз етеді. Бұл функциялар дауыстық қоңырауларды орындауды, бейнелер мен деректерді берілген сенімділік деңгейімен жеке және ең аз кідірісі бар абоненттер тобында беруді білдіреді [13].

MC LTE технологиясын пайдалану кезінде келесі маңызды талаптардың орындалуы қамтамасыз етіледі:

- 1) Жүйенің қажетті сенімділігі, оның ішінде ТЖ жағдайында;
- 2) Ethernet протоколын қолданатын әртүрлі IT шешімдерін пайдалану мүмкіндігі;
- 3) РТТ байланыс функциялары;
- 4) Деректерді беру үшін қажетті өткізу қабілетін қамтамасыз ету (оның ішінде бейнекамералардың қажетті санынан жоғары сапада бейнелерді беруді қолдау);
- 5) Мобильді және стационарлық объектілерді қосу мүмкіндігі (бейнекамералар, датчиктер, контроллерлер және т. б.);
- 6) Кеңейту және жаңғырту мүмкіндігі;

- 7) Объектілер мен абоненттердің қажетті санын қолдау (болашақ дамуды ескере отырып);
- 8) Кәсіпорын аумағын қажетті қамтусымсыз қол жеткізу жүйесі (үй-жайлардан тыс, сондай-ақ ғимараттар, құрылыстар ішінде және туннельдер);
- 9) Ақпаратты қорғау және жүйеге кіруді бақылау;
- 10) Басқа жүйелермен интеграциялау мүмкіндігі (интернет, ТфОП, радиобайланыс жүйелері және т. б.);
- 11) Бұлтты қызметтерді қосу мүмкіндігі және сыртқы деректер орталықтарымен қондыру;
- 12) Диспетчерлік және басқару орталықтарын қосу мүмкіндігі.

1.5 Маңызды инфрақұрылым нысандарында LTE желілерін пайдалану жағдайлары

LTE тірек желісі мен жүйесін құрудың және пайдаланудың бірнеше нұсқалары бар:

- 1) Байланыс операторының желісі мен инфрақұрылымын (мысалы, ұялы байланыс операторларының бірі) толық немесе ішінара пайдалану;
- 2) Сымсыз немесе талшықты-оптикалық желісің және LTE (Private LTE) жеке жүйесінің құрамында жеке байланыс жүйесін құру;
- 3) Жүйенің бір бөлігі тапсырыс берушіге тиесілі және бақыланатын және тасымалдаушы желісінің элементтері қолданылатын аралас модель.

Бірінші жағдайда корпоративтік байланыс жүйесін құру шығындары төмен болады. Тасымалдаушылар корпоративтік тұтынушыларға телефон байланысы мен мобильді интернетке төмен тарифтерді ғана емес, сонымен қатар технологиялық радиобайланыс үшін РТТ немесе әртүрлі сенсорлардың ұялы инфрақұрылымы арқылы қосылу үшін NB-IoT шешімдері сияқты қосымша қызметтерді ұсынады [15]. Алайда, операторлық байланыс жүйесінің сенімділігі, әсіресе дағдарыс жағдайында, төмен. Бірде-бір коммерциялық оператор 100% жағдайда қажетті қызметті (және дауыстық қоңыраулар мен интернетті) ұсынуға кепілдік бере алмайды [7]. Оператор арқылы жұмыс істеген кезде оған қызметтер үшін тұрақты төлемдер жасау қажет.

Екінші жағдайда, инфрақұрылымды құру шығындары жоғары болады, бірақ сонымен бірге сенімділіктің белгіленген деңгейімен байланыс жүйесін, соның ішінде МС талаптарын қанағаттандыратын жүйені құруға болады. Барлық абоненттер мен қосылған құрылғылардың қалыпты режимде де, дағдарыс жағдайында да (табиғи немесе техногендік апаттар, террористік шабуылдар және т.б.) жұмысының 100% - ға жуық сенімділігін алдын ала қарастыруға болады. Байланыс және басқару жүйесінің бұл моделі маңызды инфрақұрылымға жататын кәсіпорындар мен ұйымдар үшін қолайлы [11].

Екінші нұсқаны іске асыру кезінде (жеке желі) белгілі бір аумақта қамту қамтамасыз етіледі, одан тыс жерлерде абоненттермен байланыс

болмайды. Жеке желіден тыс абоненттердің жұмысы үшінші нұсқаны пайдалану арқылы қамтамасыз етуге болады, жеке желінің ауқымынан тыс олар оператор желісі арқылы қосылады. Бірақ сенімді байланыс тек өз желісінің қамту аймағында қамтамасыз етіледі.

1.6 Private LTE желісін орналастыру үшін диапазондарды таңдау

LTE желісі жұмыс істеуі үшін жиіліктерді пайдалануға рұқсат қажет. LTE желілерінің жиілік диапазондары 3GPP арқылы анықталады. Қазақстанда мұндай желілер негізінен Еуропа үшін қабылданған диапазондарда құрылады: 2600, 2300, 2100, 1900, 1800, 900, 800 және 450 МГц. Бірқатар елдерде реттеушілер ұйымдарға қызмет көрсететін жеке LTE желілерін құруға арналған жиілік диапазонының болуын қамтамасыз етті, қоғамдық қауіпсіздік және сыни маңызды инфрақұрылым. Қазақстанда LTE желілері үшін мұндай резервтелген диапазондар жоқ, қол жетімді жиілік ресурсы ірі коммерциялық операторлар арасында бөлінеді.

Жоғарыда айтылғандар Қазақстанда рLTE желілерін салу мүмкін емес дегенді білдірмейді. Жеке LTE желісін құру кезінде ұялы байланыс операторымен ынтымақтастық қажет, бұл оған осындай желіні оған бөлінген жиіліктерде орналастыруға мүмкіндік береді.

Ірі қалаларда операторлар коммерциялық ұялы желі үшін спектрді белсенді қолданады, сондықтан LTE желісін орналастыру мүмкін емес немесе оны жүзеге асыру қиын болуы мүмкін. Бірақ ірі агломерациялардан тыс, операторда коммерциялық LTE желісі жоқ жерде жеке желілерді құру әбден мүмкін. Алайда, ірі қалаларда В38 (2570-2620 МГц) немесе В40 (2300 МГц) диапазонында рLTE желісін құру нақты болуы мүмкін, осылайша жеке желілерді LTE (В3, В7, В20) жаппай диапазонында жұмыс істейтін жалпыға қол жетімді операторлардан бөледі [4].

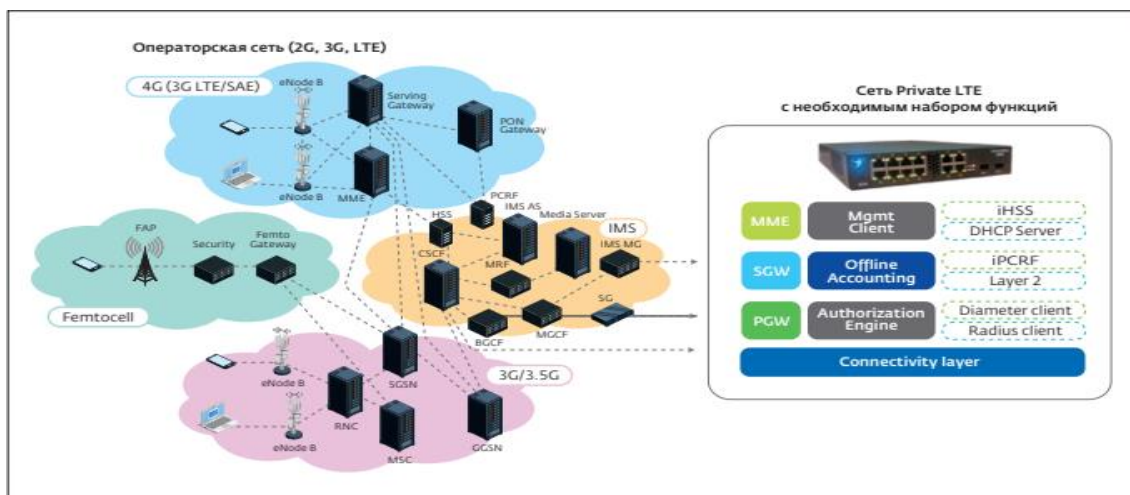
1.7 Private LTE желісін құру үшін жабдықты таңдау

LTE желісі жүйенің өзегінен (Core) және базалық станциялардан (BS) тұрады. Кейбір жағдайларда ұялы байланыс операторлары Тапсырыс берушіге LTE базалық станцияларын сатып алуды және оларды оператордағы жүйенің ядросына қосуды ұсынады. Мұндай жүйені 100% жеке деп санауға болмайды, өйткені оның жұмысы оператор басқаратын ядроға байланысты. Егер ядро да, базалық станциялар да тапсырыс берушінің бақылауында болса, LTE желісі толығымен тәуелсіз болады [10].

Private LTE желісін жоспарлау кезінде оның қажетті функционалдығы мен өлшемдерін (БС және абоненттік құрылғылар саны) ескеру қажет. Операторлардың LTE желілері БС-дың өте үлкен санын қолдауға мүмкіндік беретін және VoLTE сияқты кең ауқымды функцияларға ие ядроны

пайдаланады. Бұл абоненттерге LTE желісі арқылы телефон қоңырауларын шалуға мүмкіндік береді. Қазақстандық операторлардың ешқайсысы тек LTE желісі арқылы жұмыс жасамайды. Ұялы желілер бүгінде әртүрлі типтегі сегменттерден тұрады (2G (GSM), 3G және 4G/LTE) [14]. Бұл сегменттер ядро деңгейінде бір желіге біріктіріледі, бұл оның құрамында көптеген серверлердің болуын талап етеді, бұл ядроны техникалық жағынан күрделі және қымбат етеді. Оператор үшін тағы бір қиын мәселе тарификация (биллинг). Private LTE негізіндегі технологиялық байланысты ұйымдастыру жағдайында 2G және 3G сегменттерін қолдау талап етілмейді. Мұндай желіде көптеген базалық станцияларға (eNB) тарифтер мен қолдау қажет емес. Жеке желідегі VoLTE функциясы міндетті емес, өйткені РТТ дауыстық байланысын ұялы деректерді тасымалдауға негізделген арнайы РТТ сервері арқылы жүзеге асыруға болады. Егер Private LTE желісінде VoLTE функциясы болмаса, бірақ тұрақты дуплексті телефон қоңыраулары қажет болса, бұған LTE желісі арқылы деректерді беру негізінде жұмыс істейтін кейде SoftPhone деп аталатын VoIP шешімдерінің көмегімен қол жеткізуге болады.

Осылайша, рLTE желісінде қажетті барлық функцияларды тек негізгі функциялары бар ядро арқылы қамтамасыз етуге болады. Мұндай ядро техникалық жағынан әлдеқайда қарапайым және сондықтан тасымалдаушы класындағы ядроға қарағанда арзанырақ болады [18]. Тасымалдаушы класы мен рLTE желі топологияларының салыстыруы 4-суретте көрсетілген.



1.4-сурет - Оператор желісінің топологиясы мен Private LTE желісін қажетті функцияларымен салыстыру

Сондай-ақ, операторлық желі желіде QCI (Quality Class Indicator) функциялары іске асырылған және абоненттердің белгілі бір бөлігін MC FT, MC Data және MC Video қызметтерін ең жоғары басымдықпен ұсынуға мүмкіндік беретін қажетті QoS ((Quality of Service) мәндері қамтамасыз етілген жағдайда ғана MC талаптарын қанағаттандыратынын атап өткен жөн

[12]. Бұл желі шамадан тыс жүктелген дағдарыс жағдайында осы абоненттерге сенімді жұмыс істеуге кепілдік береді. QCI функциялары техникалық тұрғыдан операторлық желілердің ядросында қол жетімді, бірақ қазіргі уақытта бірде-бір оператор оларды пайдаланбайды немесе пайдалануды жоспарламайды, өйткені бұл Оператор жүзеге асыратын бизнес-модельге сәйкес келмейді. Операторда да, жеке LTE желісінде де МС деңгейіне жету үшін барлық элементтерді, соның ішінде электр қуатын, БС-лар қосылатын тірек желісін, базалық станциялардың өзін (қос қамтуды қамтамасыз ету) және ядроны резервтеуді қамтамасыз ету қажет. Осылайша, оператор және жеке желілер бірдей LTE технологиясын пайдаланғанымен, мүлдем басқа мақсаттарға және әртүрлі принциптерге салынған. рLTE желісінде қажетті функционалдылыққа, сенімділікке және қолайлы бағаға қол жеткізу үшін артық функциялары жоқ жабдықты (ең алдымен ядро) пайдалануға болады. LTE желісінің байланыс ауқымы (қамту аймағы) пайдаланылатын жолаққа, жер бедеріне, кедергілердің болуына, антенналардың түріне және олардың аспасының биіктігіне және басқа факторларға байланысты. Диапазон бойынша ең тиімдісі - В31 диапазоны (450 МГц), алайда Қазақстанда рLTE желілері үшін бұл диапазонды алу мүмкіндіктері өте шектеулі. Жоғарыда айтылғандай, жеке LTE желілерін В38 немесе В40 жолақтарында орналастыруға рұқсат алу ықтималдығы жоғары. Бұл жағдайда байланыс ауқымы В31 диапазонымен салыстырғанда айтарлықтай қысқа болады. Бірақ ілу биіктігі 15-20 м болатын бағытты антенналарды пайдаланған жағдайда, бұл диапазондардағы рLTE байланыс диапазоны шамамен 1,5-2 км болуы мүмкін, бұл жеткілікті үлкен аумақты кепілдікті қамту үшін 3-4 БС тан тұратын желіні құруға мүмкіндік береді [5] .

1.8 Жүйені басқару орталығы

Басқару және қауіпсіздік орталығы (басқару бөлмесі), нақты басқару функцияларынан басқа, жеке ішкі жүйелердің интеграциясын, ақпаратты жинауды және сақтауды, кезекші немесе диспетчер экрандарында әртүрлі типтегі деректерді визуализациялауды, әртүрлі сыртқы модульдерді қосуды және жоғарғы деңгейлі жүйемен интеграциялау мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Әдетте Басқару орталығында келесі ішкі жүйелерді қосу мүмкіндігі бар:

- 1) Кәсіпорынның жұмысын басқару;
- 2) Технологиялық процестерді басқару;
- 3) Технологиялық процестердің, экологиялық және климаттық параметрлердің мониторингі;
- 4) Бейнебақылау;
- 5) Көлік құралдары паркін басқару;
- 6) Қауіпсіздікті қамтамасыз ету (кіруді бақылау, периметрді қорғау, өртке қарсы жүйе және т. б.);

- 7) Мамандандырылған ІТ-шешімдер;
- 8) РТТ-мобильді абоненттермен дауыстық технологиялық байланыс.

Сонымен қатар, ақпаратты жинау және сақтау (Data Lake) және сыртқы байланыстарды қосу үшін деректер орталығы (ДО) бар интерфейстер қамтамасыз етіледі аналитикалық Модульдер, радиобайланыс жүйелері (PMR), телефон желілеріне шығу (ТПОФ), интернет және т. б. сияқты жүйелер [12].

1.9 Private LTE жүйелеріндегі абоненттік терминалдар

Қауіпсіздікті басқару және қамтамасыз ету жүйесі Мс деңгейіне mission Critical талаптарын қанағаттандыратын арнайы абоненттік терминалдарды пайдаланған жағдайда ғана сәйкес келеді. LTE жеке желілерінде жұмыс істеу үшін абоненттік құрылғылардың жеткілікті үлкен таңдауы бар. Бұл мобильді терминалдар (көлік құралына орнатуға арналған) және тозуға болатын терминалдар (қызметкерлерді жабдықтау үшін). Киілетін терминалдарды өз кезегінде екі топқа бөлуге болады. Бұл тек РТТ (дауыстық қоңыраулар) және орналасу мүмкіндіктері бар қарапайым құрылғылар (радиостанция сияқты). Екінші топ-смартфондар мен планшеттер, бұл РТТ байланысы мен орналасуынан басқа, мүмкін әр түрлі функцияларды орындаңыз. LTE желісінде жұмыс істеудің жалпы талабы-SIM картасын терминалға орнату қажеттілігі [14].

Әдетте, Мс желісінде жұмыс істеу үшін қауіпсіздік, беріктік және сенімділік сипаттамалары, сыйымдылығы жоғары батареялар және арнайы РТТ түймесі бар арнайы (өнеркәсіптік) смартфондар мен планшеттерді пайдалану керек. Әрине, LTE желісінде физикалық РТТ түймесі жоқ қарапайым смартфонды пайдалануға болады. Ол үшін дисплейде пайда болатын виртуалды батырма қолданылады. содан кейін ғана оны басыңыз. Тек физикалық РТТ түймесінің болуы PMR жүйелеріндегідей қоңырауды бір рет басу арқылы қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Тек осындай терминалдар МС талаптарын қанағаттандырады. Жарылыс немесе өрт қаупі жоғары объектілерде жұмыс істеу үшін АТЕХ стандартының талаптарына сәйкес келетін арнайы терминалдар қолданылады (шаң немесе газ ортасындағы жарылыстан қорғау). Абоненттік терминалдардың сенімділігі корпусының беріктігімен ғана анықталмайды. Кәсіби абоненттік құрылғыларда әдетте қуаттылығы жоғары батареялар, батареяны ауыстыру және жұмыс үстелі зарядтағышында зарядтау мүмкіндігі (стакан сияқты) қолданылады, бұл USB-C немесе MicroUSB қосқышын үнемі пайдалануды қажет етпейді, сонымен қатар терминалда әртүрлі керек-жарақтарды: құлаққаптарды, гарнитураларды, қашықтағы микрофондарды (соның ішінде түймемен) пайдалану РТТ). Кәсіби терминалдардың маңызды ерекшелігі - сыртқы динамиктің көлемі. РТТ батырмасы бар арнайы смартфондар, жоғары қуатты

динамикпен жабдықталған (2-2, 5 Вт), бұл кәсіби радиостанциялармен салыстыруға болатын дыбыс деңгейін қамтамасыз етеді. Бүгінгі таңда терминалдардың көпшілігі Android ОЖ - де жұмыс істейді. Кейбір радиостанция абоненттік құрылғылары Linux ОЖ - де жұмыс істейді. Терминалдарда Linux пайдалану қосылу жылдамдығы мен сенімділігіне артықшылық бере алады [8].

1.10 Ақпараттық қауіпсіздік және ақпаратты қорғау

Бүгінгі таңда ақпараттық қауіпсіздікке (АҚ) қойылатын талаптар қоғамдық қауіпсіздікті қорғау органдарында ғана емес, сонымен қатар әртүрлі мемлекеттік құрылымдарда және КВИ объектілерінде де артып келеді. АҚ қамтамасыз ету үшін мынадай қағидаттардың орындалуын көздеу ұсынылады:

1) Жүйеге кіруді бақылауды және деректерді қорғауды қамтамасыз ету үшін басқару және қауіпсіздік жүйесінің меншікті ІТ инфрақұрылымын пайдалану;

2) Ақпаратқа рұқсатсыз қол жеткізуден қорғауды қамтамасыз ететін меншікті алмасу хаттамалары;

3) Абоненттерді сәйкестендірудің арнайы құралдары қосарланған және рұқсатсыз қосылу мүмкіндігін болдырмайды;

4) Жүйе әкімшісінің Жұмыс құралдары БҚ және ІТ инфрақұрылымындағы рұқсатсыз өзгерістерден қорғайды;

5) ІТ-инфрақұрылым мониторингі құралдары жүйенің жұмысына жедел бақылауды қамтамасыз етеді.

6) Барлық аталған ақпаратты қорғау құралдарын Private LTE жүйелерінде сәтті қолдануға болады.

2 Кәсіпорынды зерттеу және оның ақпараттық сұраныстары

Батыс Қазақстанда орналасқан Теңіз мұнай кен орны 1979 жылы ашылды, Теңізшевройл (ТШО) — Қазақстандағы мұнай мен газ өндірумен және өңдеумен айналысатын ірі бірлескен кәсіпорын. ТШО әлемдегі ең ірі мұнай кен орындарының бірі — Қазақстанның Атырау облысында орналасқан Теңіз кен орнын басқарады. Құрылған күні: 1993 жылғы 6 сәуір. 1993 жылы сәуірде Теңізшевройл БК құрылды, оның бастапқы серіктестері Қазақстан Республикасының Үкіметі мен Шеврон корпорациясы болды. Бүгінгі таңда жобадағы тиісті үлестері бар ТШО серіктестері Шеврон (50%), ҚазМұнайГаз ҰК АҚ (20%), ЭксонМобил Қазақстан Венчурс Инк. (25%) және ЛукАрко (5%). Теңізшевройл еліміздің жалпы ішкі өніміне (ЖІӨ) елеулі үлес қосып, мыңдаған адамдарға жұмыс орындарын ұсына отырып, Қазақстан экономикасында шешуші рөл атқарады. Қазіргі уақытта компания 2024 жылғы жағдай бойынша Теңізшевройл (ТШО) компаниясының 5000-ға жуық қызметкері бар. Бұл көрсеткіш Қазақстандағы Теңіз кен орнында мұнай мен газды өндірумен, өңдеумен және тасымалдаумен байланысты түрлі лауазымдарда жұмыс істейтін жергілікті және шетелдік мамандарды қамтиды. Кәсіпорында көбіне байланыс үшін Wi-fi желісі және Өндірістік учаскелердегі қызметкерлер арасындағы жедел байланыс үшін портативті рациялар қолданылады.



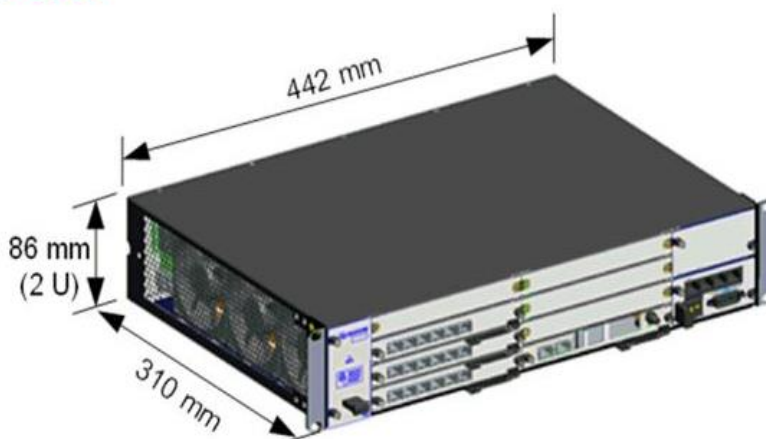
2.1-сурет - Тенгизшевройл аймағы

Осы периметрі 108,83 км аймақты Private LTE желісімен қамту біздің мақсатымыз, ол үшін телекоммуникация нарығындағы ұсыныстарды салыстыра отыра арнайы вендор шешімін қарастыру қажет.

2.1 Базалық станция таңдау.

Huawei BTS3900 базалық станциясы. BTS3900 базалық станциясы радиоға қол жеткізу үшін де, корпоративті базалық станция ретінде де қолданылады. Ол трансивер станциясының (BTS) ерекше мүмкіндіктерін қажет ететін көптеген салаларда қолданылады. DBS3900 базалық станциясының құрамына екі негізгі типтегі Модульдер кіреді: негізгі жолақты өңдеу модулі (BBU) және қашықтағы радио (RRU). Бұл модульдер пайдаланушылардың талаптарына сәйкес икемді түрде конфигурациялануы мүмкін [6]. Шағын өлшемдер, төмен қуат тұтыну және икемді орнату опциялары жеңіл құрылым мен жоғары интеграцияны қамтамасыз етеді. Нарықтағы ең кіші станциялардың бірі ретінде базалық станция айтарлықтай масштабталатын сыйымдылығымен ерекшеленеді, сонымен бірге шағын аумақты алады, сонымен қатар мобильді желілердің талаптарына сәйкес келетін әртүрлі режимдерді қолдайды. Сыртқы түрі 6-суретте көрсетілген.

BBU3900



2.2-сурет - Huawei BTS3900 базалық станциясы

Жоғары өнімді мобильді кең жолақты желі жабдық DBS3900 деректерді берудің жоғары жылдамдығын қолдайды. Төмен және жоғары бағыттардың жылдамдығы сәйкесінше 100 Мбит/с және 50 Мбит/с жетуі мүмкін, бір ұяға 20 МГц диапазонында. Оның жетілдірілген мүмкіндіктерінің арасында басымдықты қоңырау шалу, қоңырауды ұстап тұру, бар топтық қоңырауға қосылу, топтарға динамикалық қосылу, сондай-ақ бұрынғы стандарттар желілерінде жұмыс істеуге ауысу бар. Сонымен қатар, vts3900 топтық қосылымды (300 мс-тан аз) және басым қосылымды (150 мс-тан аз) жылдам орнатудың арқасында дәстүрлі транкингік байланыс қызметтерінің керемет өнімділігіне ие. Бір станцияда транкингік байланыс функцияларын нақты уақыт режимінде бейне және дауыс беру арқылы біріктіру транкингік

байланыс пен деректерді берудің дәстүрлі жеке шешімдерімен салыстырғанда күрделі шығындарды азайтады. [19].

ZTE ZXTRAN V9200 базалық станциясы. BBU тұрғысынан ол 4G және 5G екеуін де қолдауы керек, сонымен қатар икемді бірлесіп жұмыс істеу мүмкіндіктеріне ие. ZTE - дің жаңа буыны BBU-бұл платформаға негізделген виртуалды BBU. Ол 4G және 5G екеуін де қолдайды және 4G/5G желісінің конвергентті сценарийінде Қос қосылымды қамтамасыз етеді. оның шағын өлшемі, үлкен өткізу қабілеті және орналастыру икемділігі сияқты даусыз артықшылықтары 4G-ден 5G-ге өтудің маңызды кепілдіктері болып табылады. ZXTRAN V9200, IT платформасына негізделген BBU жетекші, 4G ретінде қолдайды, сонымен, 5G, сондай-ақ икемді параметрлер мен желі режимдерді қамтиды.

Кесте-2.1 ZXTRAN V9200 сипатамасы

Сипаттамасы	Сипаттама
Қолдау технологиялары	2G, 3G, 4G, 5G
Жиілік диапазондары	Sub-6 GHz және mmWave қоса алғанда, әртүрлі жиілік диапазондарын қолдау
Өткізу қабілеті	10 Gbit/c дейін
Виртуалдау	Икемділік пен ресурстарды тиімді басқару үшін сол жерде және SDN қолдауы
Энергия тиімділігі	Энергия тұтынуды азайту үшін оңтайландырылған
Басқару және талдау	Желіні басқару және талдау құралдары, AI және ML қолдауы
Интеграция және үйлесімдік	Басқа өндірушілердің қолданыстағы желілерімен және жабдықтарымен оңай интеграция
Стандарттар және интерфейс	Ашық стандарттар мен интерфейстерді қолдау
Қызметтерді қолдау	IoT, мультимедиялық қызметтер, жоғары тығыздықтағы трафик қызметтері
Өлшемдері	Конфигурацияға байланысты

Өте жоғары өткізу қабілеттілігімен ZXTRAN V9200 4G желілерін және 4G және 5G конвергентті желілерін әртүрлі сценарийлерде орналастыру қажеттіліктерін қанағаттандыра алады.



ZXTRAN V9200

2.3-сурет - ZTE ZXTRAN V9200 базалық станциясы

Базалық станциялардың техникалық сипаттамаларына сүйене отырып, таңдалған аймақта Private LTE желісін жаңарту үшін ZTE ZXRRAN V9200 базалық станциясын қолданған жөн деген қорытынды жасалды. Базалық станциялардың салыстырмалы сипаттамасы кестеде келтірілген.

Кесте 2.2 - Екі вендорлық шешімді салыстыру

Сипаттамасы	ZTE ZXRRAN V9200	Huawei BTS3900
Желі буыны	2G, 3G, 4G 5G	2G, 3G, 4G
Таратқыштың қуаты	Жоғары	Орташа
Максималды өткізу қабілеті	Жоғары	Жоғары
Massive MIMO қолдауы	Иә	Жоқ
Поддержка Beamforming	Да	Жоқ
Энергия тиімділігі	Жоғары	Орташа
Желіні басқару	Автоматтандырылған, жасанды интеллект қолдауымен	Дәстүрлі
Энергия тиімділігі	Жоғары	Орташа
Желіні басқару	Автоматтандырылған, жасанды интеллект қолдауымен	Дәстүрлі
Әр түрлі Ұрпақтармен үйлесімділік	Иә, 4G және 5G желілерін қолдау	Иә, 2G, 3G және 4G желілерін қолдау
Модульдік және масштабталу	Жоғары	Орташа
Өткізу қабілеті (Gbit / s)	10 Gbit/c дейін	2 Gbit/c дейін

2.2 Жобаны іске асыру үшін радиоблоктарды таңдау

ZTE ZXRRAN V9200 жабдығында LTE 800 МГц (Band 20) жұмыс істеу үшін тиісті радио блоктарды таңдау қажет. Мұнда қолайлы модельдер туралы толығырақ:

- 1) R8882 S800 жиілік диапазоны: 800 МГц LTE (Band 20) қолдайды.
- 2) Үйлесімділік: ZTE жабдығымен, соның ішінде ZXRRAN V9200-мен жұмыс істеу үшін оңтайландырылған.
- 3) Мүмкіндіктер: LTE желілері үшін жоғары өнімділік пен сенімділікті қамтамасыз етеді.

Ал ZTE R8892 M8090 туралы:

- 1) Жиілік диапазоны: LTE 800 МГц (Band 20)
- 2) Интерфейстер: CPRI, Ethernet
- 3) Мүмкіндіктер: жоғары өнімділік және сенімділік

4) Қолдану: мобильді желілік инфрақұрылым



2.4-сурет - R8892 M8090 сыртқы көрінісі

Екі құрылғыда үйлесімді бірақ 2T4R секілді режимді қолдау үшін R8892 M8090 –ды тандаймыз.

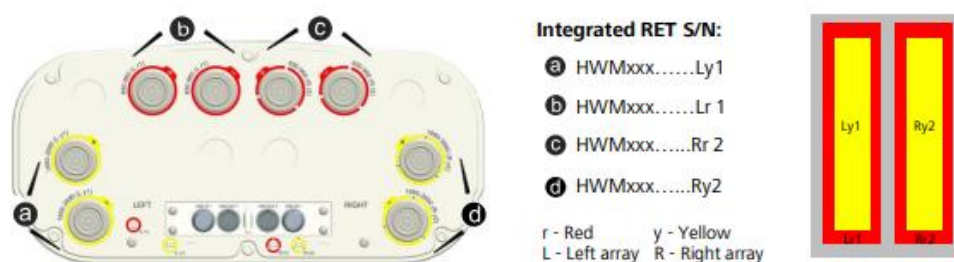
2.3 Жобаны іске асыру үшін антеннаны таңдау

L800 диапазонында (790-862 МГц) private LTE желісі үшін антеннаны таңдау желінің оңтайлы өнімділігі мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін бірнеше негізгі факторларды ескеруді қажет етеді. Антеннаны таңдау кезінде ескеру қажет негізгі аспектілерді қарастыру қажет: Антенна LTE сегментінде қолданылатын жиіліктерді қолдауы керек. L800 диапазонында бұл 790-862 МГц. Таңдалған антеннаның осы диапазонды қамтитынына көз жеткізу керек. Децибелмен (дБи) өлшенетін антеннаның күшеюі оның сигналды күшейту қабілетін көрсетеді. Жоғары күшейту әдетте ұзақ қашықтықты және байланыс сапасын жақсартады. L800 диапазоны үшін 17-18 дБи шегінде күшейту оңтайлы болады. Антенна сәулесінің ені көлденең және тігінен жабылған аймақты анықтайды. Кең көлденең сәуле (әдетте 65°) кең секторда жақсы қамтуды қамтамасыз етеді, бұл үлкен аумақтарға қызмет көрсететін базалық станциялар үшін маңызды [6]. Қазіргі заманғы LTE желілері үшін қос поляризацияға ($\pm 45^\circ$) артықшылық беріледі, өйткені ол көп сәулелі әсерлерге төзімділікті жақсартады және желінің жалпы өткізу қабілеттілігін арттырады. Антенна көтере алатын максималды қуат таратқыштың параметрлеріне сәйкес келуі керек. Әдетте L800 диапазоны үшін 300 Вт-қа дейін қолдайтын антенна жеткілікті. Жел жүктемесіне төзімділік: антенна орнату орнындағы ауа - райына төтеп беруі керек. Коннектор түрі антенна қолданылатын жабдыққа сәйкес келуі керек. Сапалы антенна байланыс сапасына үлкен әсер етеді. Жоғарыдағы факторларды ескерек отыра AQU4518R24 антеннасы таңдалды және төмендегі кестеде Kathrein 80010868 антеннасымен салыстыру жүргізілді.

Кесте 2.3 - Екі антеннаны салыстыру

Сипаттамасы	Kathrein 80010868 (L800)	AQU4518R24 (L800, G900, L1800, 2100)
Жиілік диапазоны	880-960 МГц	790-960 МГц (L800, G900), 1710-2170 МГц (L1800, 2100)
Көлденең сәуленің ені	65°	65°
Сәуленің ені тігінен	6°	0-10° (диапазонға байланысты)
Күшейтуі	17 дБи	17-18 дБи (диапазонға байланысты)
Поляризация	Қос (±45°)	Қос (±45°)
Фазалық айырмашылық (алға / артқа)	> 25 дБ	> 25 дБ
Қосқыштар	2 x 7/16 DIN, female	2 x 7/16 DIN, female
Өлшемдері	1500 мм x 300 мм x 80 мм	1200 мм x 200 мм x 70 мм
Максималды қуат	200 Вт	300 Вт
Салмақ	13 кг	10 кг
Жұмыс температурасы	-40°C / +60°C	-40°C / +60°C

Осы параметрлерге сәйкес AQU4518R24 антеннасы тандалды. Бұл антеннада бізге қажетті R1 және R2 порттары бар, бұл байланыс сапасына өте жақсы әсер етеді және радиоблоктарды 2T2R MIMO немесе 4T4R MIMO режимдерінде қолдануға мүмкіндік береді. Төмендегі суретте AQU4518R24 антеннасы көрсетілген.



2.5-сурет - AQU4518R24 антеннасы

2.4 Private LTE желісінің ауқымын есептеу

Қабылдау нүктесінде сапалы байланыс қызметтерін ұсыну үшін есептеулер жүргізілетін және нәтижелерді бағалау алынатын модельді таңдау және негіздеу қажет. Абонент үшін оның қабылдау нүктелерінде сигналдың сөну деңгейін және сигналдың максималды өту қашықтығын есептеу керек. Ол үшін 1 БС станцияның қамту аймағын есептейміз.

Есептеу модельдерін таңдау мен пайдалануды негіздеу.

Өндірістік аймақтағы шығындарды есептеу моделін таңдау қажет

- сигнал жиілігі $F = 800$ МГц;
- антеннаны көтеру биіктігі $H = 30$ м;
- Антеннасының іліну биіктігі = 1.5 м.

Шығындарды есептеудің негізгі модельдерін тізімдейміз:

1) Окамура ұсынған Модель эксперименттік зерттеулердің нәтижелеріне негізделген және радиосигналдың орташа сөну мәнін тарату және қабылдау антенналары арасындағы салыстырмалы түрде үлкен қашықтықта (1 км-ден астам) дәлірек болжауға мүмкіндік береді. 150-ден 1920 МГц-ке дейінгі жиілік диапазонында. Окамура моделі тек Токио аймағында жиналған эксперименттік мәліметтерге негізделген. Окамура моделі танымал және қарастырылады ұялы және басқа жердегі жылжымалы байланыс жүйелерін дамытудың ең жақсы моделі. Окамура моделінің негізгі кемшілігі-жер бедерінің түрінің өзгеруіне баяу жауап беру. Бұл модель қалалық және қала маңындағы аудандар үшін ең қолайлы және ауылдық жерлерде өте тиімді емес [17].

2) Окамура-Хат Моделі

Окамура-хат эмпирикалық моделі жылжымалы байланыс жүйелерін жоспарлауда кеңінен қолданылады. Модель нәтижесінде алынған жиынтық талдау өріс кернеулігінің эксперименттік мәндері. Окамура-хат моделінің қолдану шарттары: жиілік диапазоны (100-1500 МГц), таратқыштан қашықтық (1-20 км), таратқыш антеннаның биіктігі (30-200 м) жер деңгейінен жоғары.

Ауқым шектеулері ұялы байланыс жүйелерін жоспарлау кезінде Окамура - хат моделін қолдану мүмкіндігін азайтады. Окамура-хат моделі бойынша таңдалған антеннаға сәйкес келмейді.

3) Cost231-Nata моделі

1,5.2,1 ГГц жиілік диапазоны үшін Cost231 - Nata моделі қолданылады, бұл hata моделінің өзгертілген нұсқасы. Үлкен, орта және шағын қалаларға, сондай-ақ ашық және ауылдық жерлерге қолайлы. Беріліс биіктігі антенналар (20-200 м) жер деңгейінен жоғары, қабылдау антеннасының биіктігі (1-10 м) модельдер әр түрлі аумақтық аймақтарға тараған кезде сигналдың баяу сөнуін ескереді, олар шартты түрде бөлінеді:

- үлкен қала (кем дегенде 50% 5 немесе одан да көп қабатты ғимараттармен тығыз құрылыс, ал кейбіреулерін зәулім ғимараттарға жатқызуға болады);

- орта және шағын қала (50% - дан астамы 4, 5 қабатты ғимараттармен тығыз құрылыс);

- қала маңы, ірі елді мекен (биіктігі 3, 4 қабатты шаруашылық құрылыстарының тұрғын үйлерін салудың төмен тығыздығы);

- ауылдық жер (ұзындығы кемінде 300 м, 1, 2 қабатты үйлермен кезектесетін ашық учаскелердің болуы).

COST231-хат базалық станцияның антеннасының биіктігі үшін пайдаланылуы мүмкін, 40 м-ден аз, егер іргелес құрылымдар антеннадан

едәуір төмен болса.. Теңіз ауылында ғимараттың биіктігі 25 м - ден аспайды, ITU-R P. 1146 XЭО ұсынымы және 4G желісінің қолданылу аймағын есептеу үшін есептеу параметрлері негізінде Cost231-Nata моделі алынды.

Ауылдық жерлер LTE радио желісін жоспарлауды қарастырады: базалық станциялар бір-бірінен алшақ орналасқан. Бұл абоненттердің тығыздығының төмендігіне байланысты және нәтижесінде әрбір БС аумақтың жеткілікті үлкен радиусын қамтуы керек. Осыған байланысты қолайлы радиожілік спектрін таңдау керек. Бұл жағдайда жиілік неғұрлым төмен болса, соғұрлым радио сигнал таралады деген ұстанымды ұстану керек. 791 – 862 МГц радиожілік спектрі осы шешімді толығымен қанағаттандырады. Жиілік-FDD-дуплекстің қажетті түрі [3].

Жолда жоғалту формуласы (path Loss) келесідей:

$$L_{\text{patch}} = 46.3 + 33.9 \log_{10}(f) - 3.82 \log_{10} h_B - a(h_M) + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_B) \log_{10}(d) + C \quad (2.1)$$

мұндағы:

L_{patch} - жолдағы шығындар (dB)

f - Жиілік (МГц)

h_B - базалық станция антеннасының биіктігі (м)

h_M - мобильді станция антеннасының биіктігі (м)

d - қашықтық (км)

C - қалалық немесе қала маңындағы аймақтар үшін түзету коэффициенті

$a(h_M)$ - мобильді станцияның биіктігін түзету.

$$a(h_M) = 1.1 \log_{10}(f) - 0.7 h_M - 1.56 \log_{10}(f) - 0.8 \quad (2.2)$$

Кіріс деректері:

Таратқыштың қуаты $P_t = 50$ Ватт (17 dBm)

Жиілік $f = 800$ МГц

$h_B = 30$ м

$h_M = 1.5$ м

Ресивердегі қажетті сигнал деңгейі $P_r \approx -100$ dBm

Таратқыш қуатын dBm-ге түрлендіру:

$$P_t \text{ (dBm)} = 10 \log_{10}((50 \times 1000)) = 47 \text{ dBm}$$

1. Жолдағы шығындарды есептеу:

$$L_{\text{patch}} = P_t - (-P_r) = 47 - (-100) = 147 \text{ dBm}$$

2. Мобильді станцияның биіктігін түзету есебі:

$$a(h_M) = 1.1 \log_{10}(800) - 0.7)1.5 - 1.56 \log_{10}(800) - 0.8) \approx 0.01 \text{ dBm}$$

3. Қашықтықты есептеу

$$147 = 46.3 + 33.9 \log_{10}(800) - 13.82 \log_{10}(30) - 0.01 \\ + (44.9 - 6.55 \log_{10}(30)) \log_{10}(d) + 3$$

$$\log_{10}(d) = 0.642$$

$$d = 10^{0.6426} = 4.41 \text{ км}$$

Осылайша, 50 ватт L800 диапазонындағы бір сектордың қамту радиусы шамамен 4.41 км құрайды.

Базалық станциялардың қажетті санын есептеу:

Бір БС қамту ауданы- S:

$$S = \pi * (3.63^2) = 61.14 \text{ км}^2$$

Қамту керек аудан 641,64304961 км²

N- қажет базалық станциялар саны:

$$N = \frac{641,64304961}{61.14} \approx 11$$

Әрі қарай, біз желінің өткізу қабілеттілігін есептедік, E_{nb} базалық станциясының өткізу қабілеттілігін есептеу үшін базалық станцияның секторларының санын бір сектордың өткізу қабілеттілігіне көбейтеміз, бір eNB базалық станциясында секторлардың саны үшке тең, формула келесідей болады:

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} * 3 \quad (2.3)$$

Downlink желісі үшін:

$$R_{eNB DL} = 34 * 3 = 102.9 \text{ Мбит/с}$$

Uplink желісі үшін:

$$R_{eNB UL} = 18.26 * 3 = 54.87 \text{ Мбит/с}$$

Әрі қарай, біз жоспарланған LTE желісіндегі ұяшықтарды есептейміз. Есептеу жобаланған LTE желісін орналастыру үшін бөлінген арналардың жалпы санын есептеу арқылы жүзеге асырылады. LTE желілерінде радиоарна

ені 180 кГц болатын ресурстық блок (RB) сияқты терминді білдіреді, $\Delta F_k = 180$ кГц.

$$N_k = \frac{71000}{180} = 395 \text{ канал}$$

1-ші секторындағы 1-ші сотаның абоненттерге қызмет көрсету үшін қажетті $N_{k \text{ сек}}$ арналарының санын анықтаймыз.

$$N_{k \text{ сек}} = \frac{395}{3 * 3} \approx 44 \text{ канал}$$

Бір секторындағы трафик арналарының санын есептейік

$$N_{k \text{ сек}} = 1 * 44 = 44 \text{ канал}$$

Жобаланатын желінің орташа жоспарланған өткізу қабілеті RN базалық станциялардың орташа өткізу қабілеттілігіне базалық станциялардың санын көбейту арқылы есептеледі:

$$RN = (102,9 + 54,87) \times 11 = 1735.47 \text{ Мбит/с}$$

Келесі қадам жобаланған желінің сыйымдылығын бағалауды біз есептеген желімен нәтижелерді салыстыра отырып жүзеге асырды. Біз ең жоғары жүктеме сағатына (ЕЖЖС) бір абоненттің орташа трафигін орнатамыз :

$$R_{\text{ЕЖЖС}} = \frac{15 * 2}{7 * 30} = 0,14 \text{ Мбит/с}$$

Жобаланған желінің ең жоғары жүктеме сағатына (ЕЖЖС) жалпы трафигі анықталды $R_{\text{жалпы}}/\text{ЕЖЖС}$:

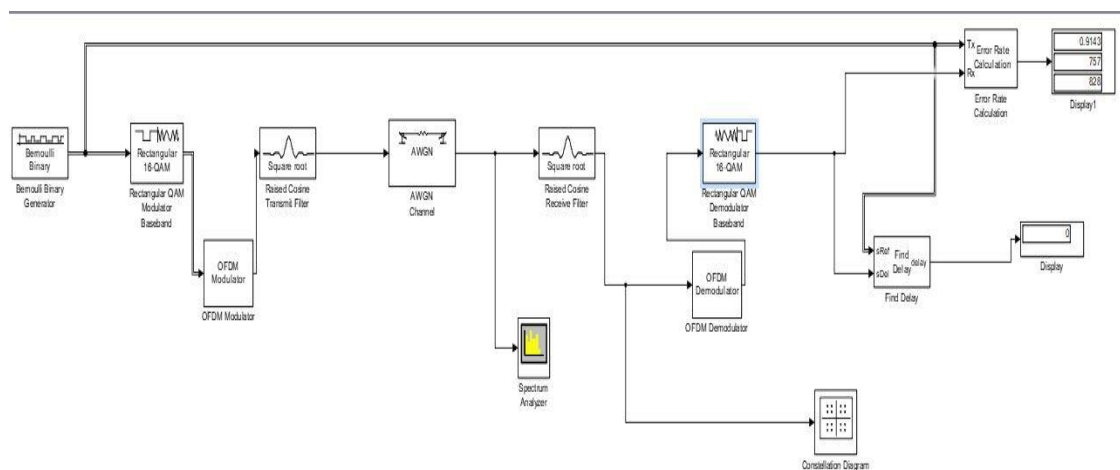
$$\frac{R_{\text{жалпы}}}{\text{ЕЖЖС}} = 0,14 * 5000 = 700 \text{ Мбит/с}$$

Осылайша, $RN > R_{\text{жалпы}}/\text{ЕЖЖС}$ сәйкесінше жобаланған желі ЕЖЖС -де шамадан тыс жүктелмейді.

3 MATLAB/ Simulink ортасында Private LTE модельдерін құру

Қазіргі уақытта LTE технологиясы 3GPP консорциумы әзірлеген ең заманауи кеңінен қолданылатын стандарт болып табылады. LTE технологиясы төртінші буынның жоғары жылдамдықты сымсыз байланысын орналастыру үшін қолданылады [9]. Бұл тарауда Private LTE арнасының сымсыз желілерінің модельдері қарастырылады. Модельдерді құрудың мақсаты-LTE сымсыз арналарында көп жолақты зерттеу.

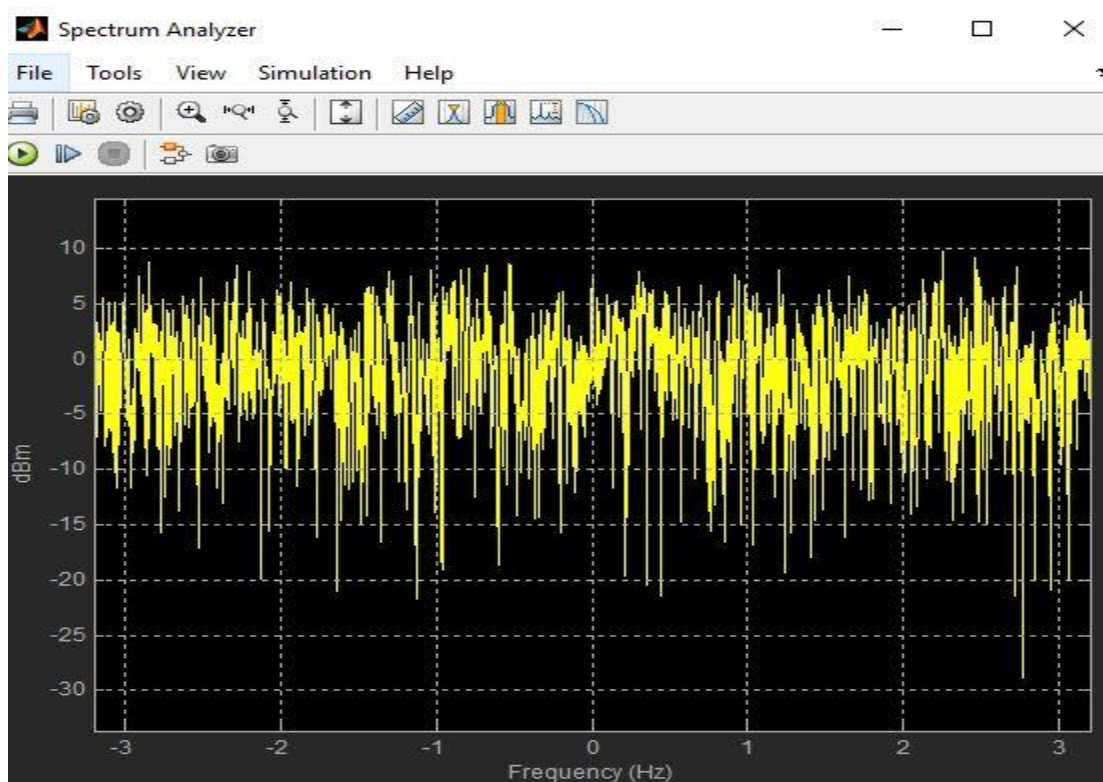
Бақылау объектісі үшін сымсыз арналардың үш түрін алайық: аддитивті ақ Гаусс шуы бар арна (іс жүзінде идеалды таралу шарттары), Райс арнасы (тікелей көріну - LoS) және реле арнасы (тікелей көріну және жанама көріну шарттары – los + NLoS). Ол үшін LTE downlink модельдері аддитивті Гаусс Шу арнасын (AWGN channel), реле арнасын (Rayleigh channel), LTE Downlink-ті Райс арнасын (Rician channel) қолдана отырып салынды. Сонымен бірге әртүрлі модуляциялардың графиктері қарастырылды: QPSK, QAM-16, QAM-64. AWGN көмегімен сымсыз деректер арнасының моделін құрайық. Біз QAM-16 модуляциясын қолданамыз.



3.1-сурет - 16-QAM модуляциясы бар AWGN арнасын қолданатын LTE downlink моделі

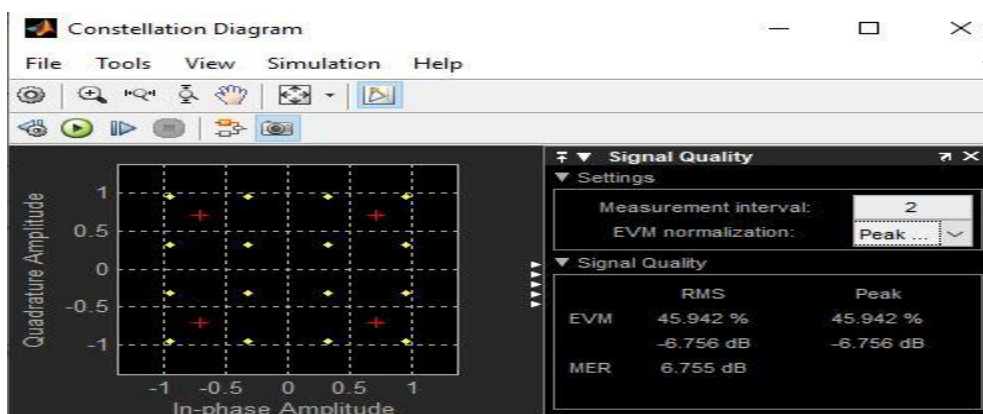
Бұл модельдің жұмыс алгоритмі келесідей. Сигнал көзі (Bernoulli binary generator) модулятордың QAM-16 кірісіне келетін кездейсоқ екілік тізбекті жасайды. QAM 16 модуляторы кіріс сигналын квадратуралық амплитудалық модуляция әдісімен модуляциялайды. Модельденген сигнал OFDM-ге келеді. OFDM модуляторы сигналды жіберуші косинус сүзгісіне жібереді. Косинус сүзгісі жоғарылайды іріктеу жиіліктері және жоғары түбірлік косинус FIR сүзгісін пайдаланып кіріс сигналын сүзу. Жоғары жиілікті сигнал аддитивті ақ Гаусс шуы бар арнаға түседі (AWGN арна). Арнадан шыққан кезде сигнал қабылдағыш косинус сүзгісіне түседі, ол сигнал жиілігін төмендетеді. Әрі қарай сигнал OFDM демодуляторы арқылы өтеді және QAM-16 демодуляторына түседі. Шығу сигналы BER мәнін көрсету үшін дисплей

қосылған Error Rate Calculator көмегімен талданады. Демодулятордан шыққан кезде шоқжұлдыз диаграммасы қосылды. Шоқжұлдыз диаграммалары сандық модуляцияланған сигналдардың екі өлшемді графикалық көріністері болып табылады. Осы шоқжұлдыз диаграммалары бойынша біз қабылдаудағы цифрлық сигналдың берілу сапасын талдаймыз. AWGN арнасынан шығу үшін сигналдың спектрлік көрінісін көрсететін Spectrum analyzer қосылды .



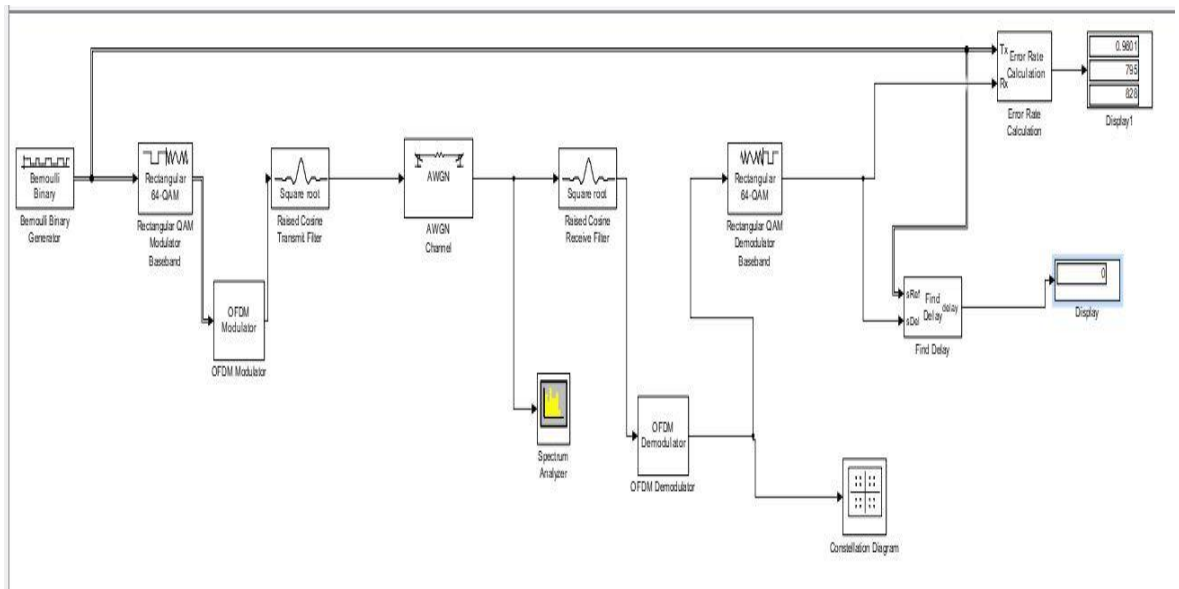
3.2-сурет - AWGN деректер арнасының спектрі

3.3-суретте идеалды деректер арнасының спектрлік диаграммасы көрсетілген. Сигнал күші теріс диапазонда, сигнал біркелкі таралады.



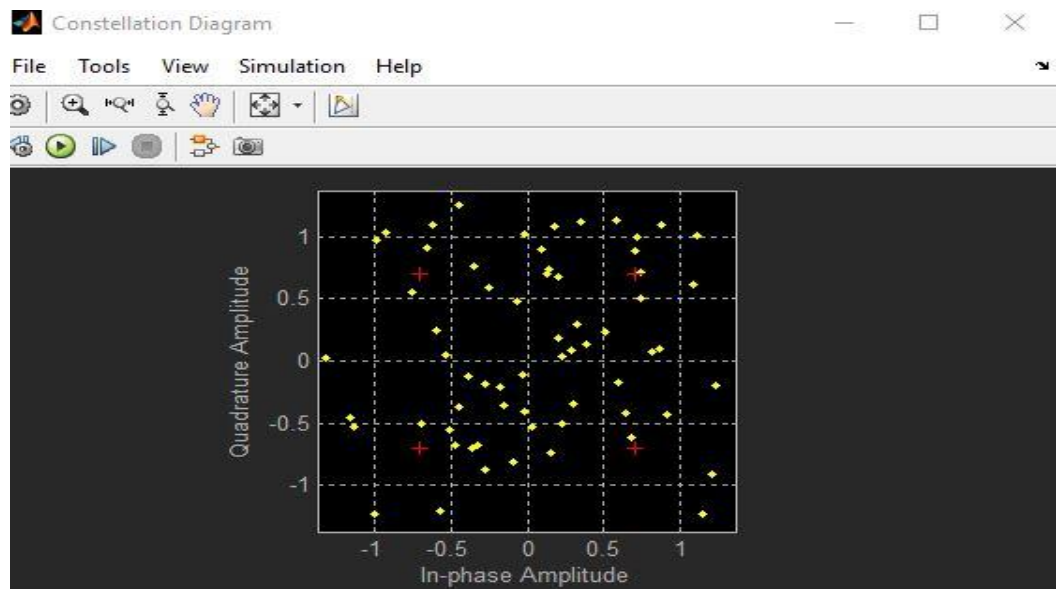
3.3-сурет - QAM-16 модуляция шоқжұлдызының диаграммасы

3.3 -суретте 16-QAM модуляциясы бар AWGN деректер арнасы үшін мінсіз диаграммасы көрсетілген. Шокжұлдыздың барлық сигналдық нүктелері 16-QAM модуляциясының мінсіз шоқжұлдызына сәйкес келеді.



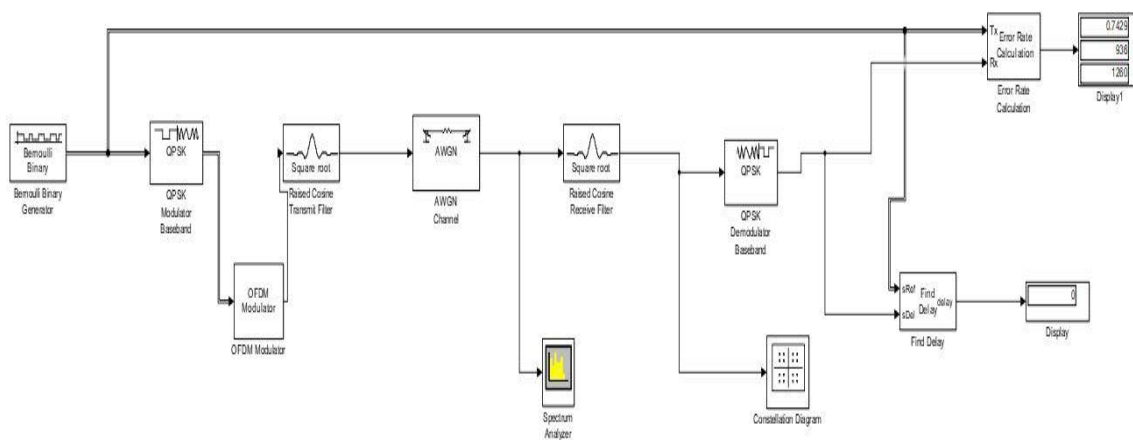
3.4-сурет - QAM-64 модуляция шоқжұлдызының диаграммасы

3.4-суретте модулятордың QAM параметрлері өзгертілген LTE downlink моделі көрсетілген. Шокжұлдыздың сигналдық нүктелерінің саны 16-дан 64-ке өзгертілді.



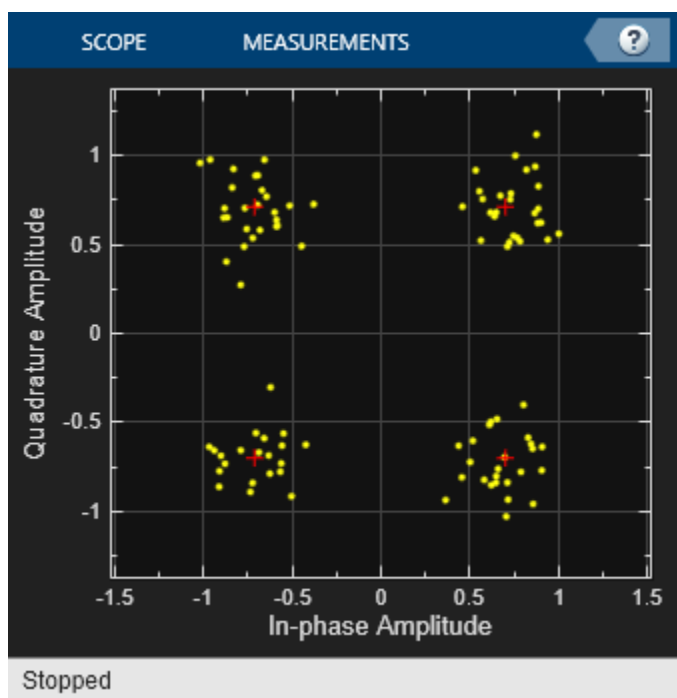
3.5-сурет - QAM-64 модуляция шоқжұлдызының диаграммасы

3.5-суретте 64-QAM модуляция шоқжұлдыздарының диаграммасы мінсіз деректер арнасы үшін көрсетілген. Сигнал нүктелері 64-QAM модуляция шоқжұлдызына сәйкес орналасқан.



3.6-сурет - QPSK модуляция шоқжұлдызының диаграммасы

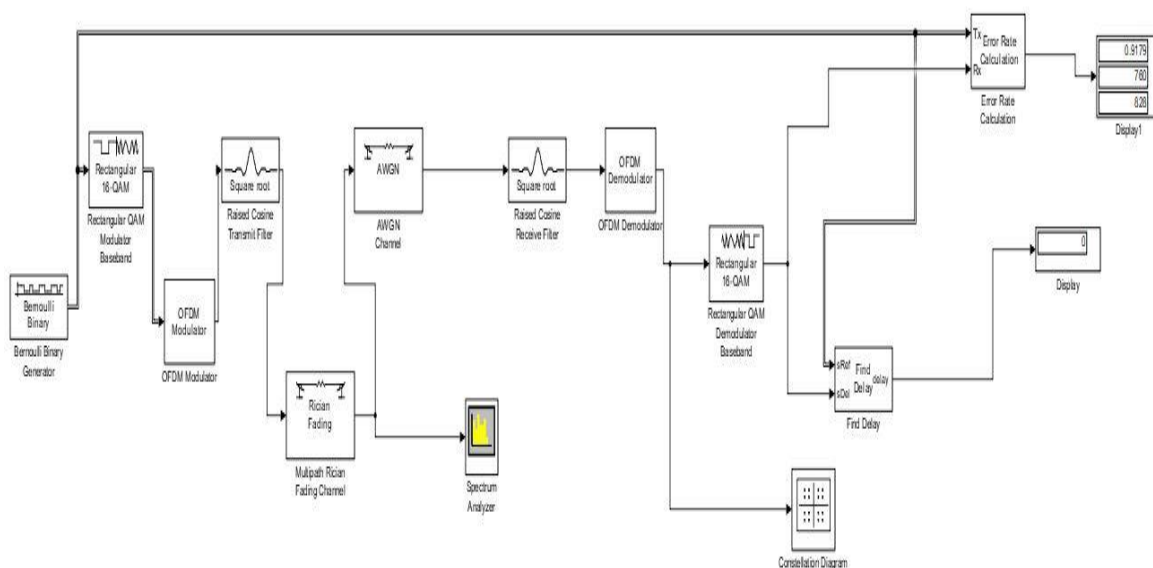
3.6-суретте QPSK модуляциясы бар деректер арнасының моделі көрсетілген. Квадратуралық фазалық модуляция шоқжұлдызының диаграммасында. Оларды шоқжұлдыз диаграммасы арқылы қарастырамыз.



3.7-сурет - QPSK модуляция шоқжұлдызының диаграммасы

3.7-суретте квадратуралық фазалық модуляциядағы шоқжұлдыз диаграммасы көрсетілген. Ол алдыңғылардан ерекшеленеді, өйткені оның тек

4 сигналдық нүктесі бар. Жоғарыдағы суреттерден ақ Гаусс шуы бар AWGN арнасында сигнал нүктелері тамаша орналасқанын көреміз. Бірдей компоненттері бар Релелік деректер арнасының моделін қарастырайық.

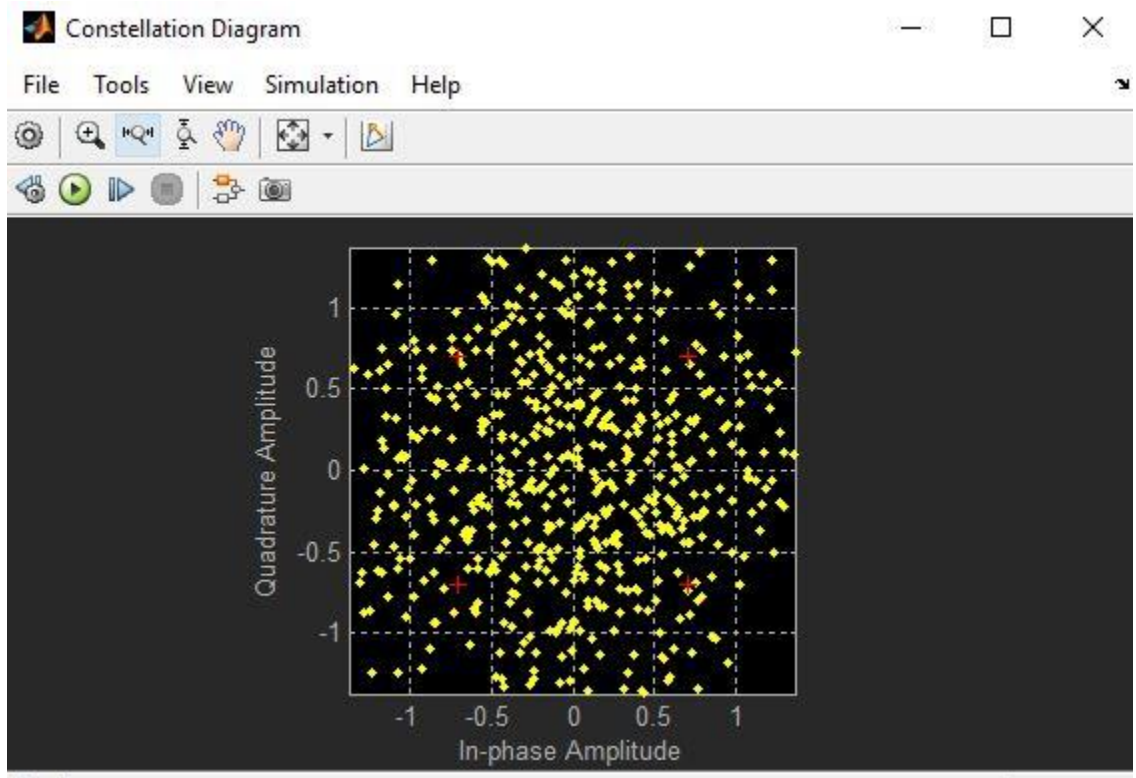


3.8-сурет - 16-QAM модуляциясы бар Релелік арна моделі

Бұл модельде релелік жоғалту арнасы қосылды. Реле арнасында шудың аддитивті компонентінен басқа, рефлексиялар мен қозғалыстардан туындаған мультипликативті шулар бар. Реле арнасында тұрақөру сызығы жоқ, қабылдағыш тек шағылысқан сигналдарды алады.

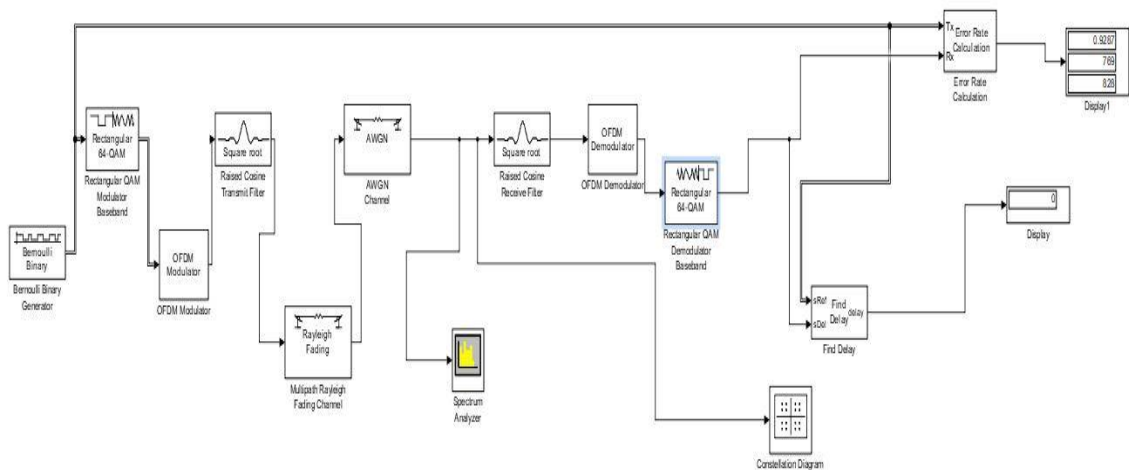


3.9-сурет - Бастапқы сигналдың спектрі



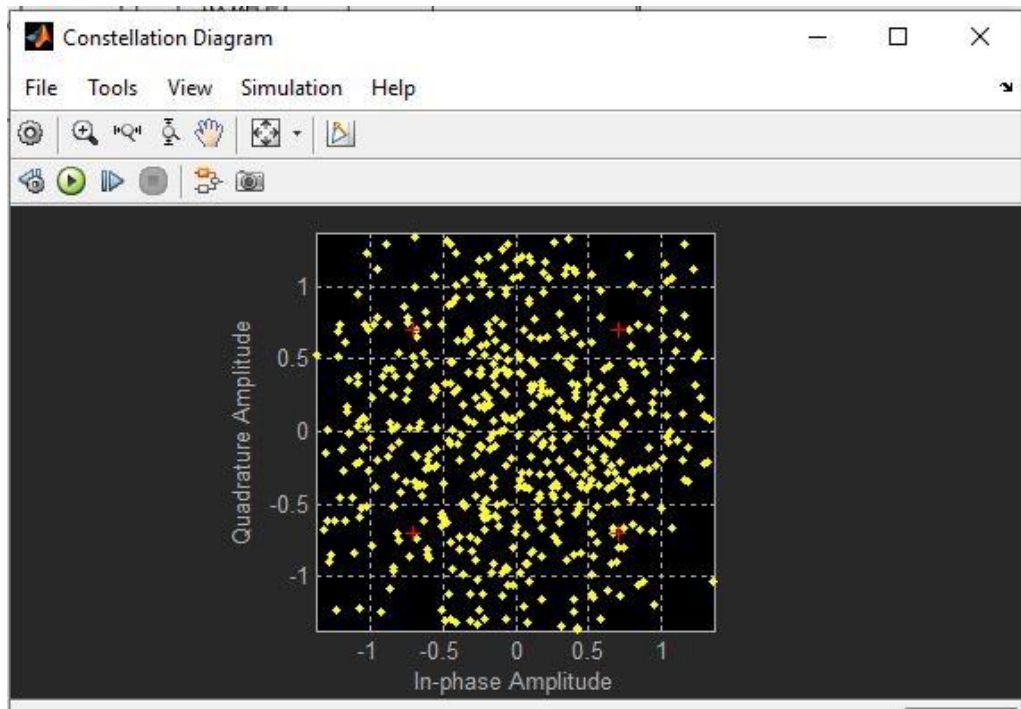
3.10-сурет - 16-QAM модуляция шоқжұлдызының диаграммасы

3.10-суретте біз Рэлей арнасындағы 16-QAM модуляция шоқжұлдызының диаграммасын көреміз. Арнада мультипликативті шудың болуына байланысты диаграмма өзгерді. Сигнал нүктелері идеалды күйден ығысқан. Бұл арнадағы беріліс сапасы туралы айтады.



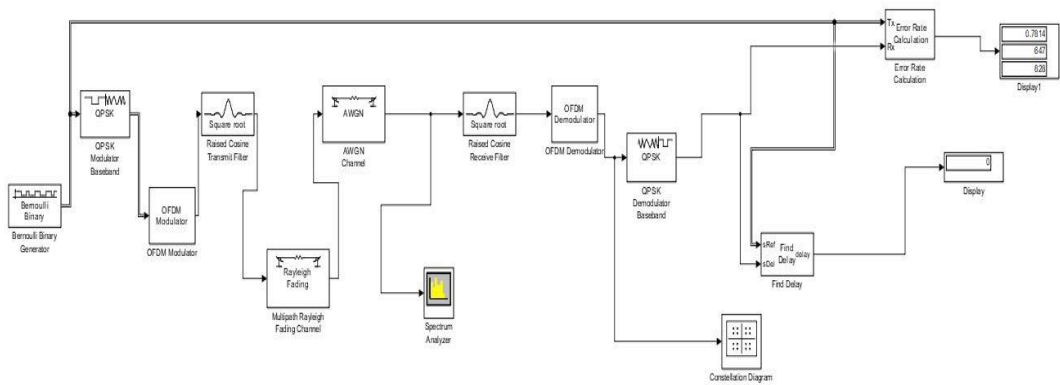
3.11-сурет - 64-QAM модуляциясы бар Релелік арна моделі

3.11-суреттегі модельде 64-QAM модуляторындағы сигнал нүктелерінің саны 16-дан 64-ке өзгертілді.



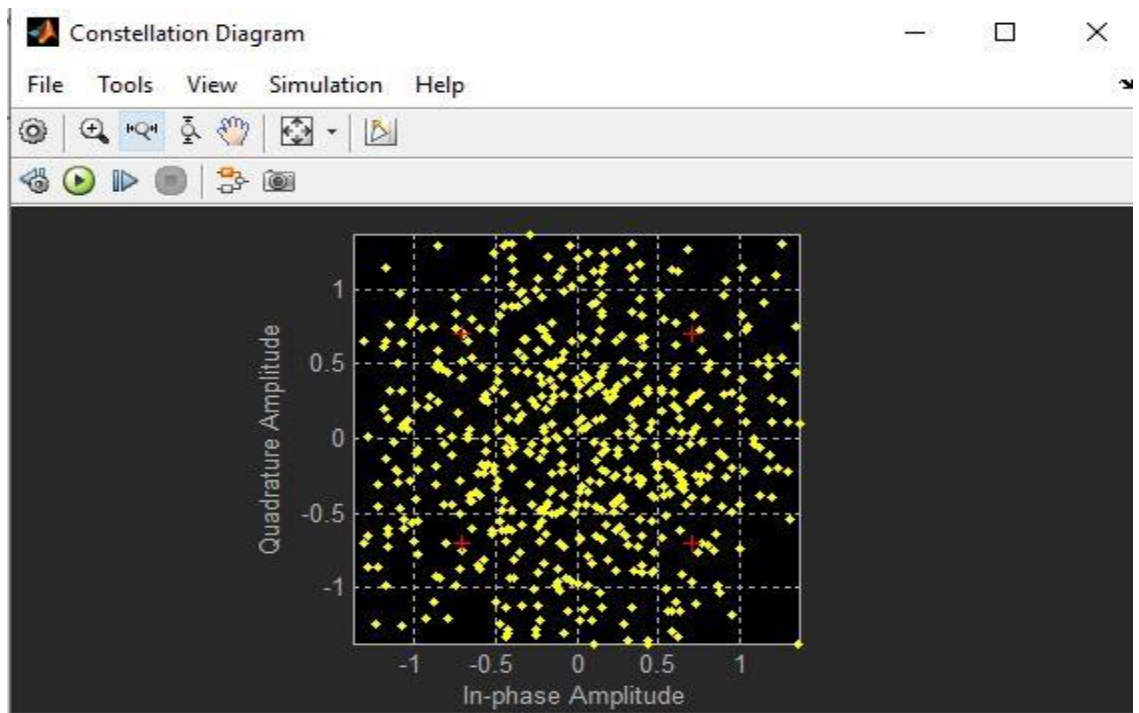
3.12-сурет - 64-QAM модуляция шоқжұлдызының диаграммасы

Сондай-ақ, алдыңғы жағдайдағыдай, 3.12-суретте біз Рэлей арнасындағы мультипликативті шуларға байланысты бұрмаланған шоқжұлдыз диаграммасын көреміз. Сигнал нүктелері идеалды позициялардан күйлерден өзгеше.



3.13-сурет - QPSK модуляторы бар Релелік арна моделі

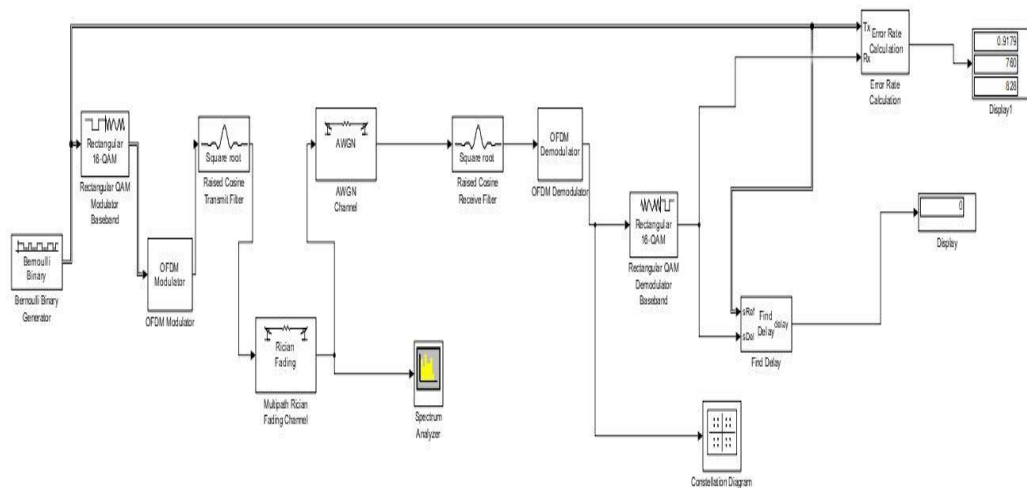
3.13-суретте көрсетілген деректер арнасының моделінде QPSK модуляторы таңдалды.



3.14-сурет - QPSK модуляциясы бар Релелік арна шоқжұлдызының диаграммасы

3.14-суретте сигнал нүктелері іс жүзінде хаотикалық күйде екендігі көрсетілген. Мультипликативті шуы бар реле арнасын таңдауға байланысты диаграмма бұрмаланған.

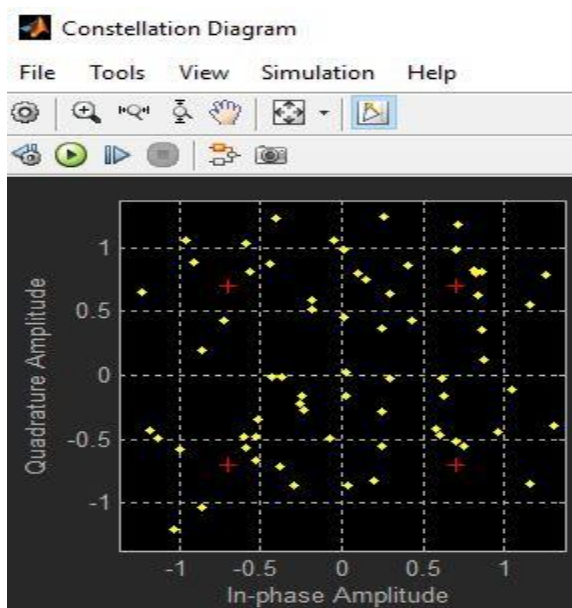
Райс бойынша тарату шарттары бар LTE арнасының моделін құрайық.



3.15-сурет - 16-QAM модуляциясы бар Райс арнасының моделі

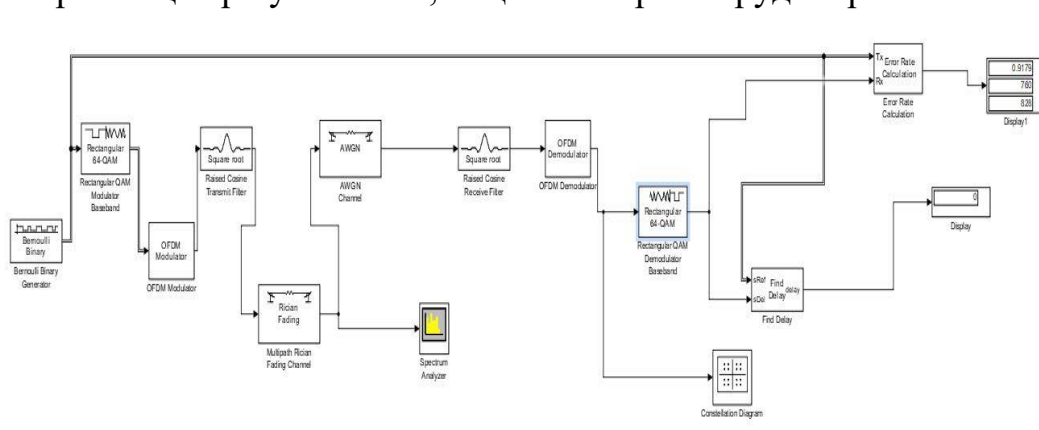
3.16-суретте Райс каналынан алынған сигналдық шоқжұлдыздар көрсетілген. Бұл гаусстың идеалды арнасынан шамалы көріну жағдайында шамадан тыс шағылысудан туындаған шудың болуымен ерекшеленеді.

Сондай-ақ, Райс арнасында көру сызығынан басқа шағылысқан сигналдар бар.



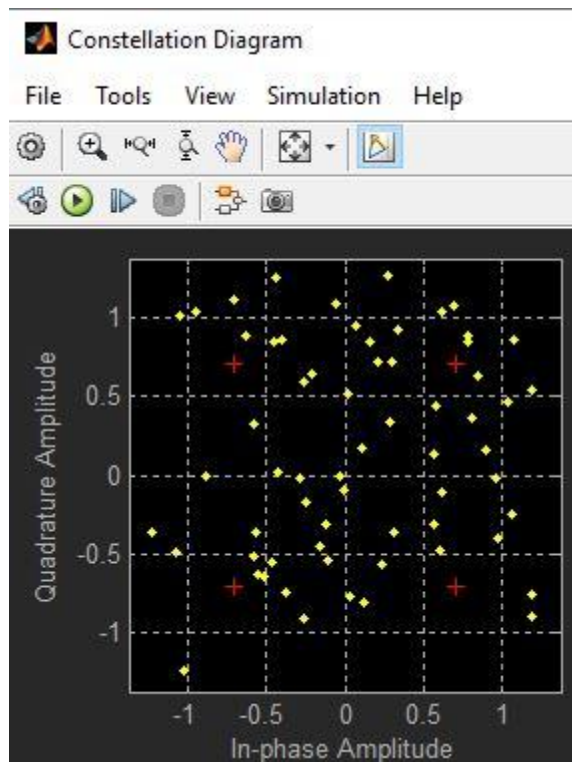
3.16-сурет - 16-QAM модуляция шоқжұлдызының диаграммасы

3.16-суретте біз шоқжұлдыз диаграммасында орналасқан сигнал нүктелері 16-QAM модуляциясындағы мінсіз орналасуға сәйкес келмейтінін көреміз. Бұл Райс арнасында кейбір шулардың болуына байланысты болды. Алайда, Релелік арнамен салыстырғанда, біз жақсы шарттарды және сәйкесінше арнаның берілу сапасын, аз қателіктер жіберуді көреміз.



3.17-сурет - 64-QAM модуляциясы бар Райс арнасының моделі

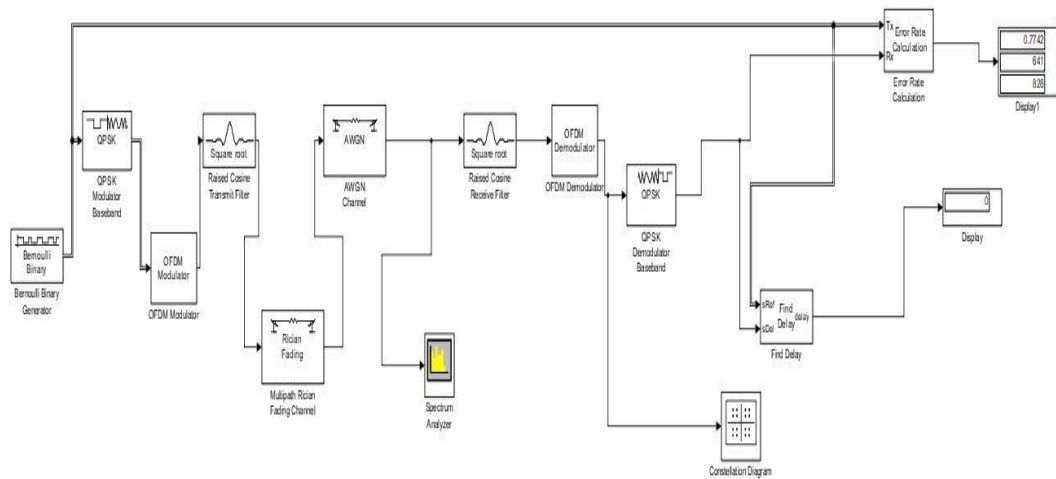
3.17-суреттегі деректерді беру арнасының моделінде 64 сигналдық нүктесі бар 64-QAM модуляторы таңдалды.



3.18-сурет - 64-QAM модуляция шоқжұлдызының диаграммасы

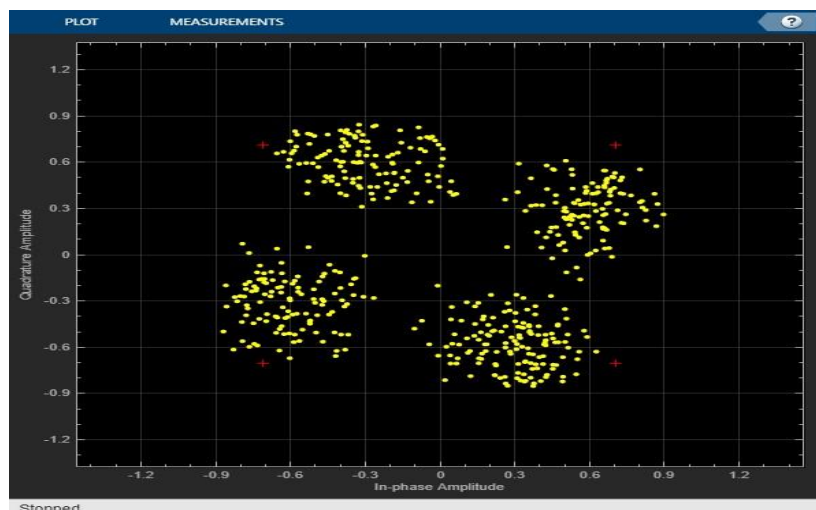
3.18-суретте диаграммадағы сигналдық нүктелер Гаусс шуы бар арнадағы шоқжұлдыз диаграммасындағыдай дерлік жерде екенін көруге болады.

QPSK модуляциясы бар Райс арнасының моделін қарастырайық.



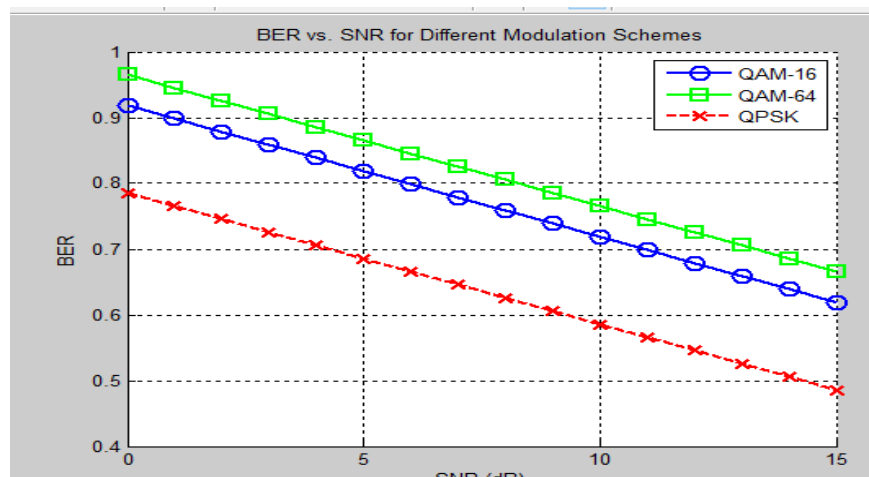
3.19-сурет - QPSK модуляциясы бар Райс арнасының моделі.

3.19-суретте квадратуралық фазалық модуляциясы бар Райс арнасының моделі салынған.



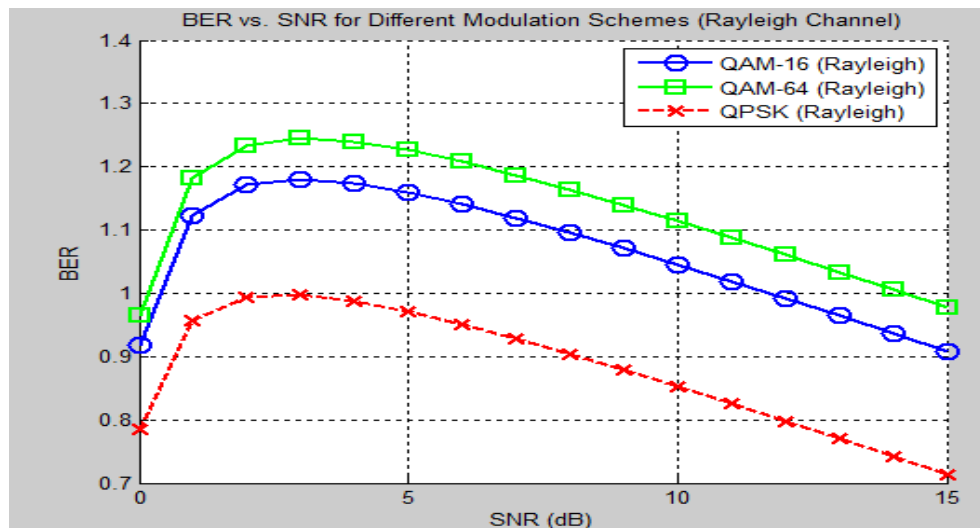
3.20-сурет - QPSK модуляция шоқжұлдызының диаграммасы

3.20-суретте сигнал нүктелерінің бұрмаланған орналасуы бар шоқжұлдыз диаграммасы көрсетілген. Олардың позициясы Райс каналындағы мультипликативті шудың әсерінен бұрмаланған, бұл каналдағы кішігірім кедергілерден туындайды.



3.21-сурет - AWGN арнасы үшін SNR-ге BER тәуелділігінің графигі

MATLAB-та салынған BER-дің SNR-ге тәуелділік графиктерін қарастырыңыз, x осіндегі SNR мәндері 0-ден 15 дБм-ге дейін таңдалды. Y осіндегі BER мәндері AWGN арнасының элементіндегі сигнал/шу параметрін өзгерту және қате калькуляторындағы BER өлшемдерін өзгерту арқылы Matlab ортасындағы жоғары жылдамдықты деректер арналарының үлгілерінен алынды.

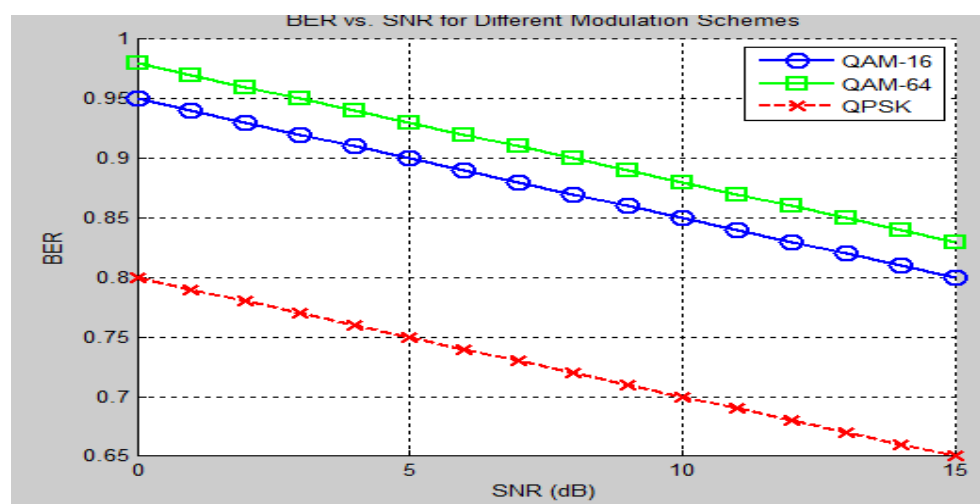


3.22-сурет - Реле арнасы үшін SNR ге BER тәуелділігінің графигі

3.22 суретте BER-дің 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM және QPSK Релелік арна үшін SNR сигнал/шу қатынасына тәуелділік графикалары бейнеленген.

3.23-суретте BER-дің 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM және Райс арнасы үшін QPSK модуляциясы үшін SNR сигнал/шу қатынасына тәуелділік графикалары көрсетілген. Графикаларда QPSK модуляциясы BER-дің ең төменгі мәніне ие екендігі көрінеді, бұл оны трафикті беру арнасы үшін ең ыңғайлы етеді.

Жоғарыдағы графикалардан BER-дің SNR-ге кері тәуелділігі көрінеді. Демек, сигнал/шу деңгейінің жоғарылауымен биттік қателік коэффициенті төмендейді.



3.23-сурет - Райс арнасы үшін SNR ге BER тәуелділігінің графигі

OFDM технологиясын қолдана отырып, жоғары жылдамдықты сымсыз деректер арнасын талдағаннан кейін, ақ Гаусс шуы бар қосымша арна-бұл тамаша деректер арнасы деген қорытынды жасауға болады. Бұл туралы

арнаның қабылдау ұшында қолданылатын модуляциялар шоқжұлдыздарының идеалды диаграммалары айтады. Тасымалдау сапасы бойынша келесі орында көру сызығының сигналдарын қолданатын Райс арнасы тұр. Таратудың ең аз сапасы тек шағылысқан сигналдарды қолданатын реле арнасымен ерекшеленді. Берілген арнаның шоқжұлдыз диаграммаларындағы сигнал нүктелері ретсіз орналастырылды, бұл беріліс сапасының төмендігін көрсетеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл диссертациялық жобада «Тенгизшевройл» ұйымы үшін Private LTE желісін жобалау мәселесі қарастырылады. Жоба негізінен үш бөлімнен тұрады: Private LTE желісінің маңызы және талаптары, қажетті вендор шешімдерін таңдау және құрылғыларды анықтау, сондай-ақ желінің Matlab/Simulink бағдарламасындағы модельдеу және зерттеу жұмыстары.

Бірінші бөлімде Private LTE желісінің маңыздылығы, оған қойылатын талаптар, жобалау кезінде ескеру қажет факторлар және жобалау кезеңдері туралы толық ақпарат берілді. Бұл бөлімде келесі мәселелер қарастырылды:

- Private LTE желісін құрудағы негізгі талаптар мен стандарттар.
- Жобалау кезінде ескерілетін факторлар, соның ішінде қауіпсіздік, сенімділік, өнімділік, және масштабталу мүмкіндігі.

Екінші бөлімде желі үшін қажетті вендор шешімі таңдалды. Бұл бөлімде келесі қадамдар орындалды:

- Нарықта қолжетімді вендорлар мен олардың шешімдерін талдау.
- Қажетті құрылғыларды таңдау, соның ішінде базалық станциялар, маршрутизаторлар, және басқа да желі жабдықтары.
- Желінің байланыс каналдарының өнімділігін есептеу.
- Сапа көрсеткіштерін анықтау және бағалау.

Үшінші бөлімде Matlab/Simulink бағдарламасында желі моделі құрылып, зерттеу жұмыстары жүргізілді. Бұл бөлімде келесі қадамдар орындалды:

- Matlab/Simulink бағдарламасында Private LTE желісінің моделі жасалды.
- Модельдің негізінде әртүрлі сценарийлерді талдау және желінің жұмысын зерттеу.

Қорытындылай келе, диссертациялық жобада берілген тапсырмалар толығымен орындалды. Жоба барысында "Тенгизшевройл" ұйымы үшін тиімді және сенімді Private LTE желісі жобаланып, оның барлық талаптары мен стандарттарына сәйкес екендігі дәлелденді. Желінің өнімділігі мен сапа көрсеткіштері жоғары деңгейде бағаланды, ал Matlab/Simulink бағдарламасында жасалған модель желінің нақты жұмысын дәл көрсетіп, болашақта оны қолдану мүмкіндіктерін айқындады.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Eike Lyczkowski; Hubertus A. Munz; Wolfgang Kiess; Prakash Joshi Performance of Private LTE on the Factory Floor 21 July 2020-3
2. Sorokin D. V., Bondarchuk A.P., Storchak K.P. Kyiv Horba D.B., ЧАСТНЫЕ СЕТИ НА БАЗЕ LTE В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, 2019-С 29-34.
3. Makino I. et al. Throughput and delay performance measurements in multi-floor building employing private LTE //IEEE Access. – 2022. – Т. 10. – С. 24288-24301.
4. Girmay M. et al. Adaptive cnn-based private lte solution for fair coexistence with wi-fi in unlicensed spectrum //IEEE INFOCOM 2020-IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS). – IEEE, 2020. – С. 346-351.
5. Shostko I. et al. Introduction of Private LTE Networks to Provide Specific Communication Tasks in Various Spheres of Society and the State //2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). – IEEE, 2021. – С. 583-586.
6. Reijo Ekman , Juha Kalliovaara , Pekka Talmola , Heidi Himmanen , Tapani Lerkki , Petri Hyvarinen , Tero Jokela1, Jarkko Paavola , Pedro Alfonso Perez-Chuecos Alcaraz Shared Spectrum Access between PMSE Cameras and Private LTE Networks in the 2.3 GHz Band October 2020-6
7. Reijo Ekman, Pekka Talmola, Juha Kalliovaara, Juhani Hallio, Petri Hyvarinen, Tibor Lakner, Tero Jokela, Jarkko Paavola Measurements to Study the Coexistence of Private LTE TDD Networks in 2.3 GHz Band
8. Ericsson Mobility Report, Enterprise Private LTE Nov 2016 -14
9. Qualcomm Private LTE Networks JULY 2017-11
10. Korporativnye seti Private LTE/5G-Ready v Rossii: geografiya i otraslevaya prinaldezhnost' predpriyatiy (Private LTE/5G-Ready corporate networks in Russia: geography and industry affiliation of enterprises), COMNEWS, 26.05.2021, <https://www.comnews.ru/content/214409/2021-05-26/2021-w21/korporativnye-seti-private-lte5g-ready-ros...>
11. Ding Z. et al. Integration of LTE 230 and LTE 1800 in Power Wireless Private Networks //Future Internet. – 2019. – Т. 11. – №. 11. – С. 221.
12. Brown, G. Private LTE Networks-Qualcomm. Qualcomm 2017, 1–11 Available online: <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/private-lte-networks.pdf> (accessed on 3 June 2021).
13. Ferrus R., Sallent O. Extending the LTE\LTE-A business case: Mission- and business-critical mobile broadband communications //IEEE Vehicular Technology Magazine. – 2014. – Т. 9. – №. 3. – С. 47-55.
14. Miao W. et al. Coverage and capacity analysis of LTE-based power wireless private network //2017 11th IEEE International Conference on Anti-counterfeiting, Security, and Identification (ASID). – IEEE, 2017. – С. 119-124.

15. Matsumura T. et al. A prototype of multi-RAN eNB with dynamic baseband resource allocation for heterogeneous private LTE networks //2018 21st International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC). – IEEE, 2018. – C. 46-51.

16. Ekman R. et al. Measurements to Study the Coexistence of Private LTE TDD Networks in 2.3 GHz Band //2021 29th Conference of Open Innovations Association (FRUCT). – IEEE, 2021. – C. 102-108.

17. Joglekar A. et al. Tele-driving an electric vehicle over a private LTE network //2022 14th International Conference on COMMunication Systems & NETWORKS (COMSNETS). – IEEE, 2022. – C. 441-443.

18. Recent advances in industrial internet: Insights and challenges Wei Qin, Siqi Chen, Mugen Peng July 2019 -13

19. Ratasuk, R.; Mangalvedhe, N.; Ghosh, A. LTE in unlicensed spectrum using licensed-assisted access. In Proceedings of the 2014 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), Austin, TX, USA, 8–12 December 2014; pp. 746–751.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

диссертациялық жұмысқа

Зайтжанов Мұхаммеджан

7M06201 – Телекоммуникации

Тақырыбы: Private LTE технологиясын Тенгизшевройлге ұйымдастыру және зерттеу

Бұл диссертациялық жұмыста "Тенгизшевройл" ұйымы үшін Private LTE желісін жобалау мәселесі қарастырылады. Жоба негізінен үш бөлімнен тұрады: Private LTE желісінің маңызы және талаптары, қажетті вендор шешімдерін таңдау және құрылғыларды анықтау, сондай-ақ желінің Matlab/Simulink бағдарламасындағы модельдеу және зерттеу жұмыстары.

Бірінші бөлімде Private LTE желісінің маңыздылығы, оған қойылатын талаптар, жобалау кезінде ескеру қажет факторлар және жобалау кезеңдері туралы толық ақпарат берілді. Бұл бөлімде келесі мәселелер қарастырылды:

- Private LTE желісін құрудағы негізгі талаптар мен стандарттар.

- Жобалау кезінде ескерілетін факторлар, соның ішінде қауіпсіздік, сенімділік, өнімділік, және масштабталу мүмкіндігі.

Екінші бөлімде желі үшін қажетті вендор шешімі таңдалды. Бұл бөлімде келесі қадамдар орындалды:

- Нарықта қолжетімді вендорлар мен олардың шешімдерін талдау.

- Қажетті құрылғыларды таңдау, соның ішінде базалық станциялар, маршрутизаторлар, және басқа да желі жабдықтары.

- Желінің байланыс каналдарының өнімділігін есептеу.

- Сапа көрсеткіштерін анықтау және бағалау.

Үшінші бөлімде Matlab/Simulink бағдарламасында желі моделі құрылып, зерттеу жұмыстары жүргізілді. Бұл бөлімде келесі қадамдар орындалды:

- Matlab/Simulink бағдарламасында Private LTE желісінің моделі жасалды.

- Модельдің негізінде әртүрлі сценарийлерді талдау және желінің жұмысын зерттеу.

Зайтжанов Мұхаммеджан магистрлік жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Диссертациялық жұмыс "95/A+/ өте жақсы" деп бағаланды, ал магистрант Зайтжанов Мұхаммеджан 7M06201 «Телекоммуникациялар» білім беру бағдарламасы бойынша «техника ғылымдарының магистрі» академиялық дәрежесіне сай деп санаймын.

Ғылыми жетекші
ЭТЖҒТ каф. қауымд. профессоры
PhD докторы

К.Н. Тайсариева

«30» 05 2024 ж.

**7M06201 – «Телекоммуникация» мамандығының магистранты
Зайтжанов Мұхаммеджан Сабыржанұлы
магистрлік диссертациясына
СЫН ПІКІР**

Тақырыбы: « Private LTE технологиясын Тенгизшевройлге ұйымдастыру және зерттеу».

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Диссертациялық жұмыста Зайтжанов Мұхаммеджан Private LTE технологиясын өндіріс орнына ұйымдастыруды және зерттеуді іске асырды. Диссертациялық жұмыс келесі бөлімдерден тұрады:

Бірінші бөлімде Private LTE технологиясының жұмыс принциптеріне, артықшылықтары мен кемшіліктеріне талдау жасалынып теориялық тұрғыдан зерттелді.

Екінші бөлімде желіге қажетті құрылғылар тандалды, желінің байланыс каналдарының өнімділігі есептеліп, сапа көрсеткіштері анықталды. Арнайы математикалық есептеулер жүргізілді.

Үшінші бөлімде Matlab/Simulink бағдарламасында желі моделі құрылып зерттеу жұмыстары жүргізілген.

Қорыта айтқанда, диссертациялық жұмыстың мақсаты, тапсырмалары және ұсынған әдістері нақты, сондай-ақ, бұл жұмыс өте ауқымды әрі өзекті мәселелерді шешуге негізделеді.

Жұмыс бағасы

Магистрлік диссертациялық жұмыс «өте жақсы» (А, 95%) деп бағаланып, магистрант Зайтжанов Мұхаммеджан Сабыржанұлы 7M06201 – Телекоммуникация мамандығы бойынша «техника ғылымдарының магистрі» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Сын пікір беруші

PhD доктор, ҚазТБУ ғылым жөніндегі
проректор, қауымдастырылған
профессор

Д.С. Жамангарин
«05» июль 2024 ж



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

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

Автор: Зайтжанов Мұхаммеджан Сабыржанұлы

Тақырыбы: Private LTE технологиясын Тенгизшевройлге ұйымдастыру және зерттеу

Жетекшісі: Кырмызы Тайсариева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 7.4

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2

Дәйексөз (35): 0.9

Әріптерді ауыстыру: 9

Аралықтар: 4

Шағын кеңістіктер: 7

Ақ белгілер: 0

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

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

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

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

Негіздеме:

13.06.2024
Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Зайтжанов Мұхаммеджан Сабыржанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Private LTE технологиясын Тенгизшевройлге ұйымдастыру және зерттеу

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 7.4

Коэффициент Подобия 2: 2

Микропробелы: 7

Знаки из здругих алфавитов: 9

Интервалы: 4

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

13.06.2024
Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Зайтжанов Мұхаммеджан Сабыржанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Private LTE технологиясын Тенгизшевройлге ұйымдастыру және зерттеу

Научный руководитель: Кырмызы Тайсариева

Коэффициент Подобия 1: 7.4

Коэффициент Подобия 2: 2

Микропробелы: 7

Знаки из здругих алфавитов: 9

Интервалы: 4

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

13.06.2024
Дата


Марсела С.
проверяющий эксперт