

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Мүтәліп Шыңғысхан

МІМО технологиясы көмегімен Қызылорда қаласына LTE орнату

Дипломдық жобаға

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2019


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі  
тех.ғыл.канд., профессор  
 Е.Ташбай  
«29» сентябрь 2019 ж.

Дипломдық жобаға

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**


Тақырыбы: MIMO технологиясы көмегімен Қызылорда қаласына LTE орнату


5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:



Мүтәліп Шыңғысхан

Рецензия беруші  
ҚазҰАУ, ЭҮжА каф.  
меңгерушісі, доктор PhD.,  
қауымдастырылған профессор  
 Ж.С. Шыныбай  
«17» 04 2019 ж.

Ғылыми жетекші  
ЭТЖТ каф. техн.ғыл.маг.,  
ассистенті  
 А. Оразханова  
«25» 04 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

тех. ғыл. канд-ы

 Е. Таштай

« 08 » февраль 2019 ж.

Дипломдық жоба орындауға  
ТАПСЫРМА

Білім алушы Мутәліп Шыңғысхан

Тақырыбы MIMO технологиясы көмегімен Қызылорда қаласына LTE орнату

Университет ректорының “ 16 ” 10 № 1162-Б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі “ 10 ” 04 2019ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: Қызылорда қаласындағы телекоммуникация жүйелерін талдау. Интеллектуалды қызметтерді ұйымдастырудың техникалық мүмкіндіктерін шолу. Сәулеттік тұжырымдамасы.

Дипломдық жұмыстың тақырыптары:

a) Сымсыз кең жолақты технологиялар сипаттамаларын талдау;

b) LTE сымсыз кең жолақты байланыс технологиясы;

c) Желінің өткізу қабілеттілігін және потенциалды абоненттер санын есептеу;

d) Жабдықтарды пайдалану тәртібі және зияткерлік желілерде қызмет көрсететін персоналға қойылатын талаптар;

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті сызбаларды нақты көрсете отырып): Материалдар \_\_\_ слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет

1. Гельгор А. Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.


2. 7 Тихвинский В. О., Терентьев С. В., Юрчук А. Б. Сети мобильной связи LTE: технология и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010.

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау


**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
MIMO технологиясы негізінде LTE технологиясының негізгі параметрлерін қысқаша қарастыру, LTE стандартының желілік архитектурасы	8.02.2019	Ескерту жоқ
LTE желісінің басқару құрылғысын таңдау, eNodeBand LTE базалық станциясының құрылғыларын таңдау	22.03.2019	Ескерту жоқ
Техникалық есептеулер	21.04.2019	Ескерту жоқ

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
Норма бақылау	Тайсариева Қ.Н. PhD., докторы, сенior лектор	26.04.19	

Ғылыми жетекшісі \_\_\_\_\_ А. Оразханова  
(қолы) 

Тапсырманы орындауға алған білім алушы \_\_\_\_\_ Ш. Мүтәліп 

Күні "25" 04 2019 ж.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 LTE технологиясын және оның негізгі сипаттамаларына шолу жасау	10
1.1 LTE технологиясын дамыту	10
1.2 LTE технологиясының негізгі параметрлері	10
1.3 LTE желілік архитектурасы	11
1.4 Тапсырманың қойылымы	21
2 Желіңізді ұйымдастырғыңыз келетін жабдықты таңдаңыз	22
2.1 Көлік желісінің құрылысын таңдау	22
2.2 Оптикалы каблді таңдау	26
2.3 LTE желісіндегі басқару жабдығын таңдау	29
2.4 eNodeB LTE базалық станциясының жабдықтарын таңдау	31
2.5 Электр қуатпен қамтамасыз ету құрылғысын таңдау	33
3 Есептеу бөлімі	36
3.1 Желінің өткізу қабілеттілігін және потенциалды абоненттер санын есептеу	36
3.2 Бөлімшедегі жалпы өшулікті есептеу	44
3.3 Электрқуаттандыру жабдығының параметрлерін есептеу	45
3.4 Жерге тұйықтау контурін есептеу	48
3.5 LTE желісі үшін радиоқамту аймақтарын есептеу	52
3.6 Жиілік-аумақтық бөлу және eNB-нің ситуациялық орналасуы	56
3.7 Қызылорда қаласына LTE байланыс желісі	58
Қорытынды	61
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	62

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыстың мақсаты ММО технологиясы негізінде Қызылорда қаласында байланыс құру. Қазақстан мен әлем нарығында ұялық байланыстың даму жолдарымен тенденциялары қаралған. Осы жұмыстың жобасын жасау мүмкіндіктері және берілген аймақтың ұялы баланыс нарығының анализі өткәзәлген. Бұл жұмыста келтірілген жобаның жасалу жолдары, 4G стандарты және LTE технологияларынын негиздері қарастырылған. Ұялы байланыс технологияларының салыстыруы және олардың тиімди жүзеге асырылу жолдары келтірілген.

## АННОТАЦИЯ

Целью дипломного проекта является организация связи на базе технологии MIMO LTE в городе Кызылорда. Рассмотрены основные тенденции развития сотовой связи в Казахстане и мире. Произведен анализ рынка сотовой связи в регионе и возможности осуществления проекта данной работы. Рассмотрены основы технологии LTE и стандарта четвертого поколения 4G, посредством которых планируется осуществление данного проекта. Производится сравнение технологий сотовой связи и выбор наилучшего пути их реализаций.

## **ANNOTATION**

The aim of the diploma project is the organization of communication based on MIMO technology in the city Kyzylorda. The main trends in the development of cellular communication in Kazakhstan and the world. The analysis of the cellular market in the region and the possibility of a project of this work. Fundamentals of LTE technology and standard of the fourth generation 4G, by which the planned implementation of the project. A comparison of cellular technology and the choice of the best ways to implement them.



## КІРІСПЕ

Радиобайланыс технологияларын дамыту кезеңін ескере отырып, шұғыл байланыс желілерінің әрбір буыны жаңа технологиялық мүмкіндіктермен, соңғы қызметтер жиынтығымен сипатталады. Салыстырмалы түрде қысқа мерзімді, үшінші буын IMT / UMTS коммуникациялық жүйесі алдыңғы буын желілерінің нақты басымдықтарын көрсетті. Еуропалық байланыс стандарты IMT / UMTS динамикалық дамып келеді. Мұның себебі жоғары жылдамдықтағы қызметтерге жоғары сұраныс пен көлік шығындарын төмендету қажеттілігі. Қазіргі әлемдегі деректер беру (2G) - стандартты 240 Кбит / с GSM стандарты. Үшінші буын 3G жылдамдығы 7-14 Мбит / с дейін жетеді. 4G - Жоғары жылдамдықты, жоғары сапалы қоңырауға негізделген дауыстық бағдар. Үшінші ұрпақ желісі үшінші ұрпақтан ерекшеленеді, 4G технологиялық пакеті террорлық шабуылдардан, сондай-ақ, деректер тасымалының және мәліметтерді біріктірудің 3G желісіне негізделген. Халықаралық телекоммуникация - мобильді құрылғыда 1-ден 100 Гбит / с-қа дейінгі жылдамдықты қамтамасыз ететін сымсыз технология. 4G деректерді беру IPv6-ға негізделген (IP-нұсқасы 6). Бұл желіге қосылуды жеңілдетеді. Қазіргі уақытта 3GPP SAE (заңды тұлға), NG, E-UTRAN, LTE Broadcast Broadcast бағдарламасын әзірлеп, енгізгенін қуана хабарлайды. Жұмыстың нәтижесі шығарылымдардың техникалық сипаттамаларында көрсетілген 8, 9. GTZ LTE жобасының жұмыс тобы Release10 (LTE Advanced) жүйесіне арналған техникалық сипаттамалардың кең спектріне ие және әлі де қол жетімді емес.

# **1 LTE технологиясын және оның негізгі сипаттамаларына шолу жасау**

## **1.1 LTE технологиясын дамыту**

Стандартты LTE технологиясы ресми түрде 2004 жылдың соңында іске қосылды. Зерттеушілер жоғары жылдамдықпен деректерді беруді қамтамасыз ететін технологияларды іріктеуде. Екі нұсқасы бар: W-CDMA HSPA және жаңа OFDM радиосы. Зерттеуден кейін каналдардың ортогоналды таратылуын арттыру үшін OFDM технологиясын (ортогоналды жиілікті мультиплекстік мультиплексинг) қолдану туралы шешім қабылданды.

2018 жылдың мамыр айында E-UTRA хабар таратудың бірінші ерекшелігі (UMTS жердегі радиосы) 3GPP жобасы болды. Бұл спецификация 3GPP Release\_7 негізделген. 2008 жылдың желтоқсанында LTE жүйелерінің архитектуралық және функционалдық талаптарын мақұлдаған 3GPP Release\_8 стандарттары мақұлданды. 2009 жылдың ортасында LTE негізінде жедел жәрдем жүйелері пайда болды. 2009 жылдың соңында TeliaSonera швед телекоммуникациялық компаниясы Стокгольмде және Ослода Ericsson компаниясымен әлемдегі алғашқы коммерциялық желіні іске қосу туралы жариялады.

Бүгінде бүкіл әлем бойынша LTE желілері 80-нен астам елдерде таралған және олардың саны қарқынды өсуде.

2017 жылдың 25 желтоқсанында Altel компаниясы Қазақстанда және Алматыда LTE желісін іске қосты. «Алтел» АҚ - 1994 жылдан бастап телекоммуникация нарығында жұмыс істейтін Қазақстандағы алғашқы ұялы байланыс операторы. 2006 жылдан бастап «Алтел» АҚ «Қазақтелеком» АҚ компаниялар тобына кіреді. Altel - қазақстандық нарықта жаңа технологияларды енгізуде пионер. 2010 жылы Altel 3G Интернет желісін іске қосу бойынша әлемдегі алғашқы ел болды. Бұл технология Қазақстанда 2012 жылдың желтоқсанында Altel 4G брендімен Алматы және Астана қалаларында іске қосылды. 2019 жылға қарай бұл қызметті Қарағанды, Ақтау, Атырау және Ақтөбе қалаларындағы барлық облыс орталықтарында басқа облыс орталықтарына қосу жоспарланып отыр. [2].

## **1.2 LTE технологиясының негізгі параметрлері**

Жоғары жылдамдықты LTE интерфейсі жоғары икемділікті қамтамасыз етеді. E-UTRAN кеңейтімін енгізіңіз. Радиостанциялардың әмбебап желісі әмбебап радиобайланыс деп аталады. Негізгі параметрлер LTE технологиясына негізделген.

Қол жеткізу әдістерінің көпшілігі:

- тікелей арна (Downlink - DL) - OFDMA;
- Uplink - UL - SC - FDMA.

RF ауқымы: 450 МГц; 700 МГц; 800 МГц; 1800 МГц; 2,1 ГГц; 2,4-2,5 ГГц; 2.6 - 2,7 ГГц.

Деректерді беру жылдамдығы:

- тікелей канал (DL) MIMO 2TX × 2RX: 100-300 Мбит / с;

- Арна (UL): 50-172,8 Мбит / с.

1.4 - 20 МГц радиусы.

Жасуша радиусы: 5-тен 30 км-ге дейін.

Әскери сот (жазылу қызметтері):

- 5 МГц диапазонында 200-ден астам пайдаланушы;

- 5 МГц диапазонындағы 400-ден астам пайдаланушы.

Ұтқырлық: қозғалыс жылдамдығы 250 км / сағ.

MIMO параметрлері:

- тікелей канал (DL) MIMO 2TX × 2RX, 4TX × 4RX;

- кері (UL): 2TX × 2RX.

Тазалау: 5 мс.

Спектрлік: 5 bps / Гц.

Модуляция түрі:

- тікелей арна (DL): 64 QAM, QPSK, 16 QAM;

- Арна (UL): QPSK, 16 QAM.

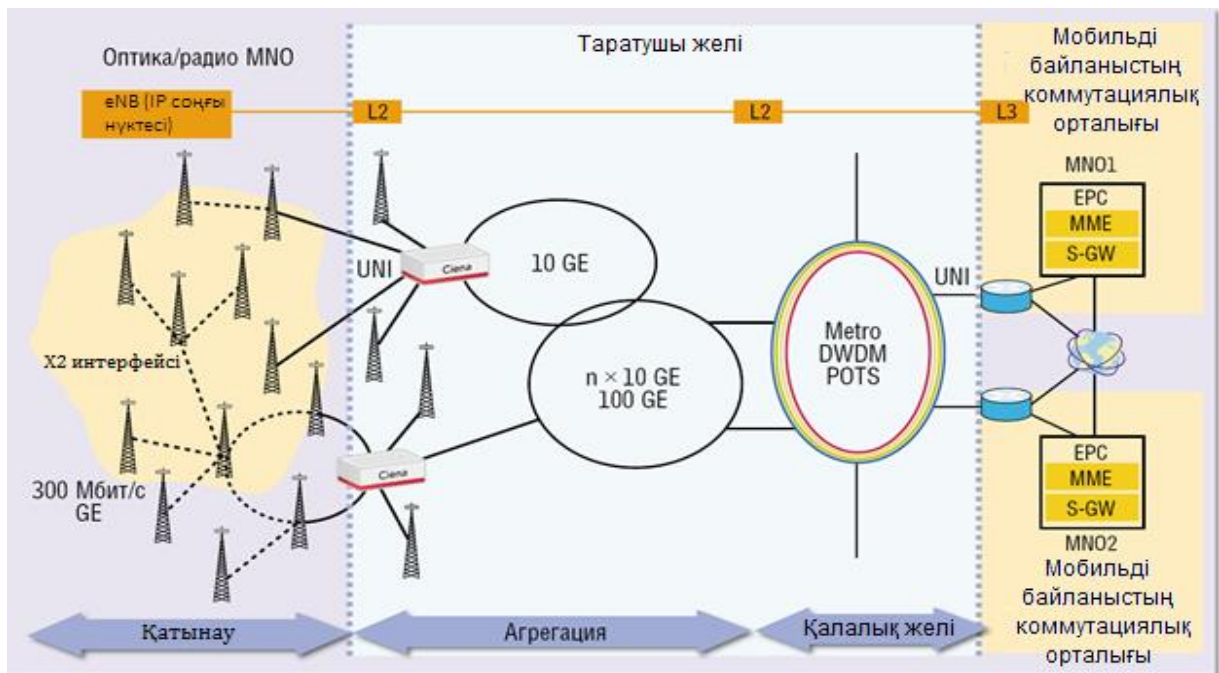
Екі жақты жою: FDD, TDD [5].

### 1.3 LTE желілік архитектурасы

LTE желісінің архитектурасы төтенше трафикпен, сапалы қызмет көрсетуімен және ең аз орауышымен үзіліссіз трафикті қамтамасыз етуге арналған. LTE әзірлеушілерінің басты мақсаты желілік хаттамалардың, әдетте 3G UMTS жүйелерінің қайталануын болдырмау және желі құрылысын барынша арттыру.

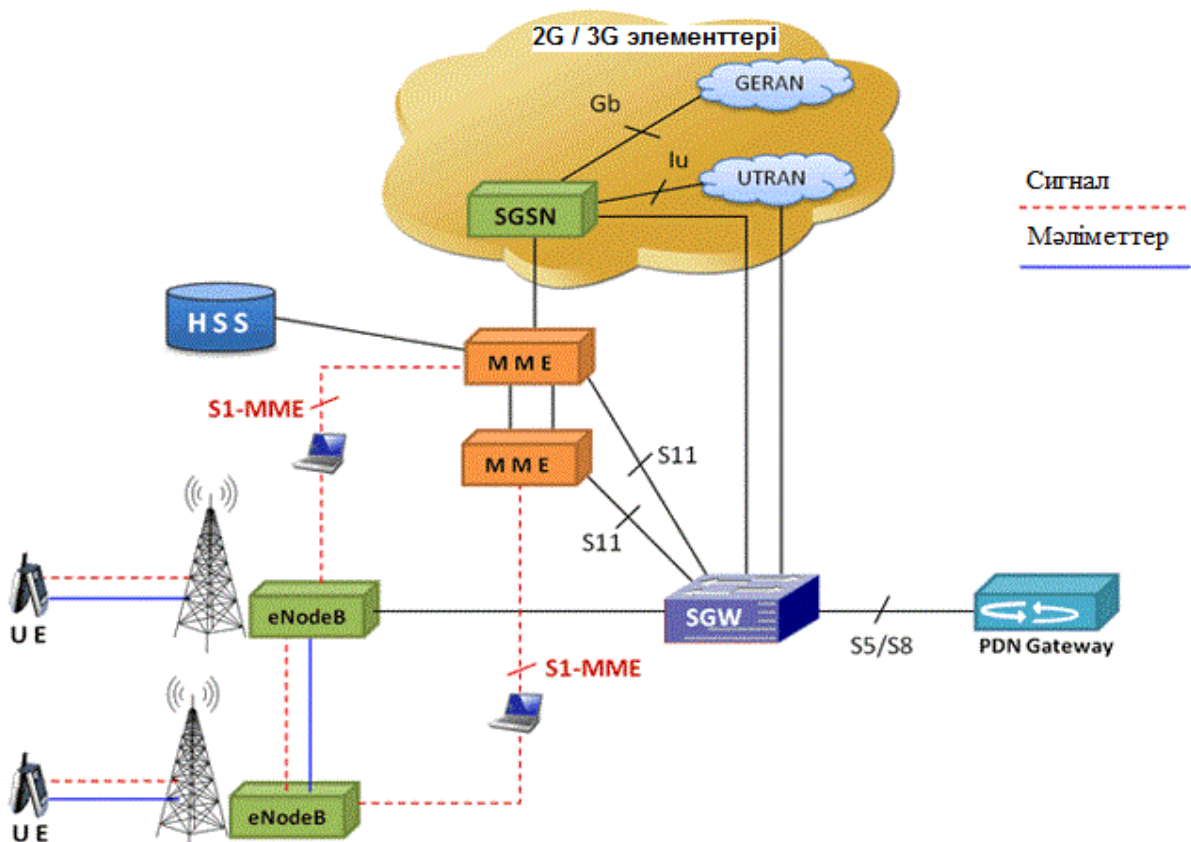
LTE сәулетінде барлық желілер GW (Gateway Gateway) және Mobile Control Unit (GPI) екі базалық станциямен (eNB) өзара әрекеттеседі.

LTE желісі екі компоненттен тұрады: E-UTRAN радиостанциясы және SAE базалық жүйесі (жүйенің архитектурасын дамыту). LTE тарату желісінің жалпы архитектурасы 1.1-суретте көрсетілген.



Сурет 1.1 – LTE-нің таратушы транспорттық желісінің жалпыланған архитектурасы

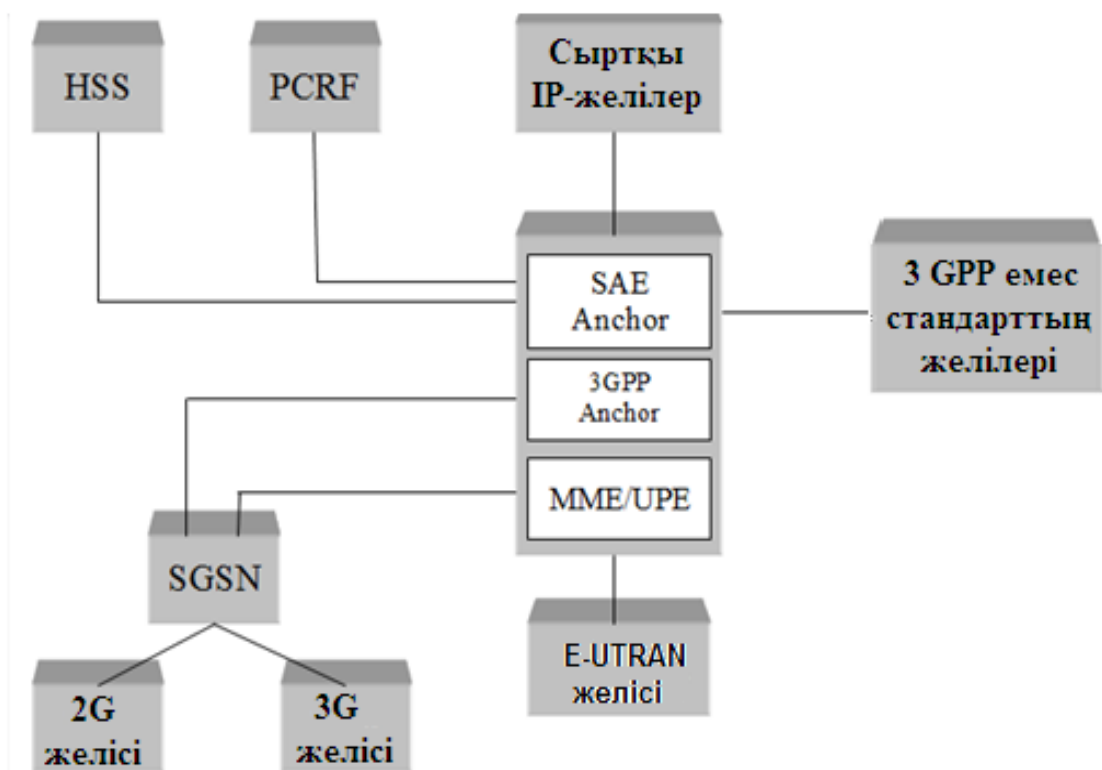
LTE желісінің негізгі құрылымының архитектурасы 1.2 -суретте көрсетілген.



Сурет 1.2 – LTE желісінің архитектурасы

E-UTRAN желісі eNB базалық станцияларынан тұрады. Базалық стансалар бүкіл желінің элементтері болып табылады және «өзара байланыс» қағидасына сәйкес бір-бірімен байланысты. Әрбір eNB пакеттік коммутация негізінде SAI негізіндегі SI интерфейсіне ие. LTE желісіндегі ENB келесі функцияларды орындайды: радио ресурстарын басқару, клиенттік деректер ағындарын шифрлау, клиенттік шлюзді бағыттау қызметтеріне бағыттау, қоңырау мен хабарландыру ақпаратын жіберу және тарату, мобильдікті басқару үшін есептерді өлшеу және есептеу [7].

SAE ядросы желісінде EPC (Evolved Packet Core), MME және UPE сияқты логикалық элементтерден тұратын басқа MME / UPE түйіндері бар. MOBI (мобильділік контроллері) логикалық элементі пайдаланушының терминалдарын жылдам басқару міндеттерін шешеді және C-жазықтықты басқару жазықтығы протоколдарын пайдаланып, базалық станциялармен әрекеттеседі. Сонымен қатар, MDS пейджерді eNB-ге бөледі, басқару хаттамаларын басқарады, абоненттік терминалдарға идентификаторларды тағайындайды, желінің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді, абонент хабарламаларын анықтайды және роумингті басқарады.



Сурет 1.3 – SAE базалық станциясының архитектурасы

UPE (User Plane Entity) логикасы U-plane пайдаланушы хаттамаларына сәйкес клиенттік деректерді тарату үшін жауап береді. UPE элементі келесі тапсырмаларды орындайды: IP протоколының мүмкіндігін азайту, деректер ағынын шифрлау және терминалдағы деректерді сақтау.

SAE базалық желісінің архитектурасы деректерді түрлендіру

технологиясына негізделген IP және дауыс қызметтерінің толық спектрін ұсынатын LTE жүйесінің PS домені болып табылады. «Барлық IP» тұжырымдамасы SAE желісінің базасында енгізілді. Екінші және үшінші буын (UTRAN / GERAN) және 3GPP (WiMAX, Wi-Fi) желілерін, сондай-ақ сымды IP технологиясын (ADSL + FTTH) қолданатын желілерді қолдамайтын желілер бар. [7]

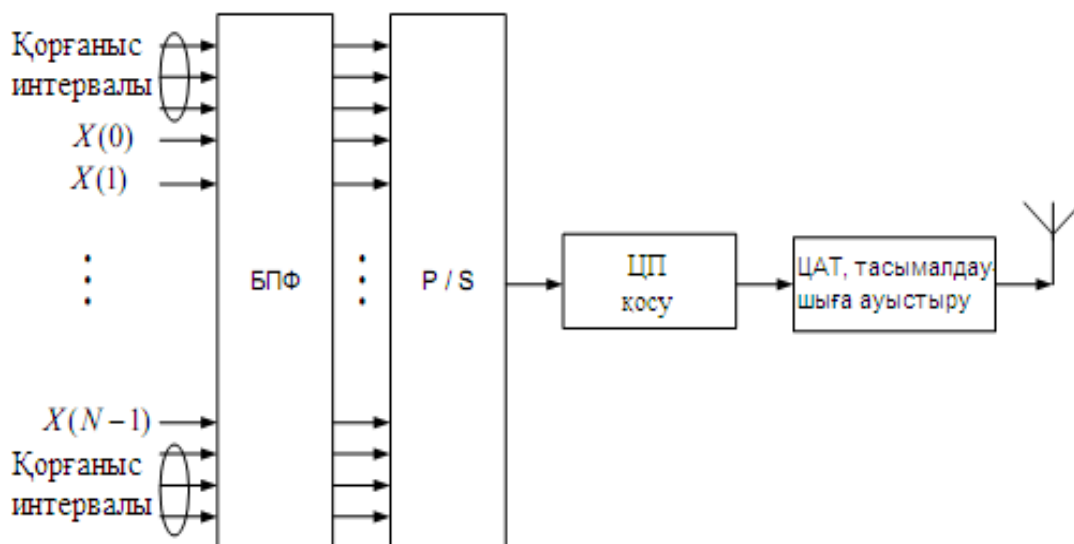
### 1.3.1 LTE желісіндегі радиоинтерфейсі

LTE E-UTRAN радио интерфейсі дуплекстік арналарды бөлудің екі әдісін қолдайды: FDD жиілігі және TDD уақыты. LTE желілері әртүрлі жиілік ауқымдарында кеңінен қолданылады. Төменгі және жоғарғы бағыттардағы сигналдар белсенді қор блоктарының санына байланысты 1,4-тен 20 МГц-ге дейін өзгеруі мүмкін. Төменгі және жоғарғы бағыттардағы ақпарат тарату 10 мс-ге дейін ұйымдастырылады. Қызметкерлер шағын уақытша құрылымдарға бөлінеді - слоттары.

FDD режиміне ауысқанда, кадрлар 0-ден 19 аралығындағы 20 уақыт аралығына бөлінеді, олардың әрқайсысының ұзақтығы 0,5 мс. FDD режимінде уақыт ресурсы кадрлар жиілігіне байланысты екі қарама-қарсы бағытта бөлінеді. FDD режимінде физикалық арналар кері бағытта қайталаынады. TDD арналары үшін уақыт режимі асинхронды болып табылады. TDD режимінде деректерді беру екі бағытта бірдей жиілік диапазонында қол жетімді.

Төменгі E-UTRAN интерфейсі - радио интерфейсіне арналған OFDMA мультикаст технологиясын пайдалану. OFDMA технологиясын пайдаланудың негізгі мақсаттарының бірі көп каналды сигнализацияға кедергілерді жою болып табылады. OFDM жоғары жылдамдықтағы кеңжолақты сигнал емес болғандықтан, баяу өнімділік сигналдардың көп саналады. OFDM технологиясы көптеген ішкі тасымалдаушы жиіліктерімен жасалатын көп арналы сигналға негізделген. OFDM сигналын қалыптастыру кезінде  $T_n / N$  ақпараттық белгісі  $N$  таңбаларынан тұратын блоктарға бөлінеді.  $T_n$  - бір таңбаның ұзақтығы. Ақпараттық рәміздер блогы параллель таңбалар блогы болып табылады. Әр ақпарат символы көп арналы сигналдың жиілігіне сәйкес келеді [4].

E-UTRAN сабвуфері QPSK модуляциясын, 16 QAM, 64 QAM пайдаланады. Фурье, OFDM / QAM сигналын генерациялау үшін дискретті айналмалы айналуды (FRC) пайдаланады. LTE E-UTRAN базалық станциясының таратқышында OFDM сигналының генерациясы 1.4-суретте көрсетілген.



Сурет 1.4 – OFDM сигналын қалыптастырудың құрылымдық сызбасы

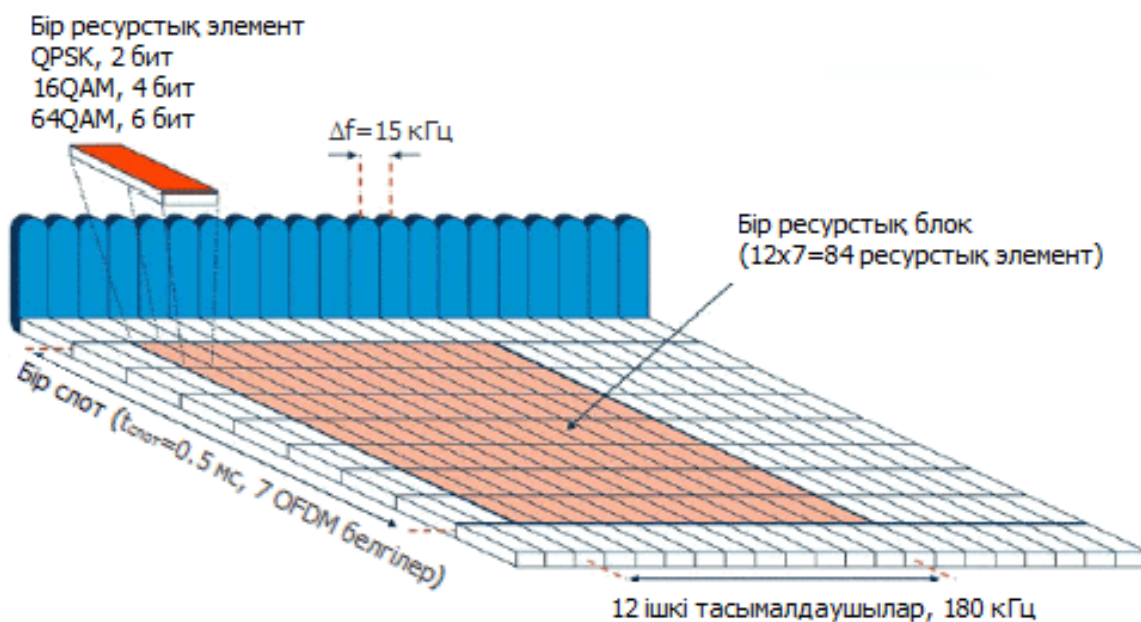
Циклдық префикс символдық кедергілерді ұстап тұру үшін пайдаланылады. Ұзақ префикс - бұл 4.7xx және 16.7MX.

E-UTRAN желісіне қосылу үшін үш физикалық және төрт тасымалдау арнасы қолданылады:

- PDCCH (физикалық түсіру арнасы) - «төменгі жол» жолын басқару үшін физикалық арна;
- PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) - жоғары жылдамдықты мультимедиа деректерін және деректерді беру үшін жалпы төмен трафикті берудің физикалық арнасы;
- CCPCH (Common Physical Channels) - жалпы физикалық бақылау арнасы, қызмет туралы ақпарат тарату;
- BCH (Broadcast Channel) - таратқыш арна;
- PARACH Channel - қоңырауды тасымалдау арнасы;
- DL-SCH (төменгі сілтемені) - ортақ төменгі тасымалдауды тасымалдау арнасы;
- Multicast Channel - тарату тобы.

LTE E-UTRAN желісі радио интерфейстің жоғарғы интерфейсінде SC-FDMA (біржолғы тасымалдағышты бөлуге бірнеше қатынасу) арқылы жалғыз тасымалдаушы жиілігін бөлу арқылы көп функциялы.

Клиенттердің өзара әрекеттесуін болдырмау үшін, циклдік префикс E-UTRAN желісінің «жоғарғы» жолына енгізіледі және алушы тиімді баламаларды пайдаланады. Абоненттер арасында жиілік ресурстарын тарату ресурстық блоктарды пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Олардың әрқайсысы 180 кГц жиілік диапазонына ие. OFDM ішіндегі физикалық арна диаграммасы 1.5-суретте көрсетілген.



Сурет 1.5 – OFDM негізінде арнаның физикалық ресурстары

Бөлу кезінде 15 кГц ішкі тасымалдаушылар арасында 12 ішкі тасымалдаушыға сәйкес келеді. Рұқсат етілген ресурстық блок 20 МГц жиілік жолақтарына бөлінген.

LTE E-UTRAN желісінің жоғарғы сызығы үш физикалық және екі көлік арнасын пайдаланады:

- PRACH (физикалық қол жеткізу арнасы) - физикалық еркін байланыс арнасы;
- PUCCH (физикалық басқару арнасы) - «жоғарғы» сызықты басқаратын физикалық арна;
- PUSCH (физикалық ортақ байланыс арнасы) - «жоғарғы» желінің бөлек беру арнасы;
- RACH (кездейсоқ кіру арнасы) - қалыпты қатынау арнасы;
- UL-SCH (Uplink Shared Channel) - «жоғарғы» сызықтың интегралды арнасы [3].

### 1.3.2 LTE радиожілік спектрі

LTE үшін техникалық сипаттамаларға қатысты осы топтың 3GPP және ETSI серіктес топтары 3GPP RF жиіліктері үшін 17 жолақты және TDD уақытша дуплекстеу режиміне арналған 8 жолақты анықтады. Олар 1.1-кестеде көрсетілген. Бұдан басқа, 1.1-кестеде LTE желісінің даму ауқымы сымсыз желі мен Қазақстандағы түрлі сымсыз технологиялар үшін әзірленген немесе жасалынғанын көрсетеді [5].



Кесте 1.1 – E-UTRAN радиокатынау желісі үшін жиілік диапазоны

Жұмыс диапазонының нөмірлері	Жиілік диапазон, МГц		дуплекстүрі
	«жоғары» линиясы (UL)	«төмен» линиясы (DL)	
1	1920 - 1980	2110 - 2170	FDD
2	1850 – 1910	1930 – 1990	FDD
3	1710 – 1785	1805 – 1880	FDD
4	1710 – 1755	2110 – 2155	FDD
5	824 – 849	869 – 894	FDD
6	830 – 840	875 – 885	FDD
7	2500 – 2570	2620 – 2690	FDD
8	880 – 915	925 – 960	FDD
9	1749,9 – 1784,9	1844,9 – 1879,9	FDD
10	1710 – 1770	2110 – 2170	FDD
11	1427,9 – 1452,9	1475 – 1500,9	FDD
12	698 – 716	728 – 746	FDD
13	777 – 787	746 – 756	FDD
14	788 – 798	758 – 768	FDD
17	704 – 716	734 – 746	FDD
18	815 – 830	860 – 875	FDD
19	830 – 845	875 – 890	FDD
33	1900 – 1920		TDD
34	2010 – 2025		TDD
35	1850 – 1910		TDD
36	1930 – 1990		TDD
37	1910 – 1930		TDD
38	2570 – 2620		TDD
39	1880 – 1920		TDD
40	2300 – 2400		TDD

Демек, Қазақстанда LTE желісін құру кезінде жиілік ауқымын таңдауда және таңдауда белгілі бір қиындықтар бар. Осылайша, болашақта LTE-ті енгізу ұлттық жоспарлау негізінде радиожиілік спектрін пайдалануды реформалау қажеттігіне байланысты болады.

### 1.3.3 UMTS / GSM және 3GPP стандарттарымен өзара әрекеттесу

Ұялы телефон абоненттік терминалдың қызмет көрсету аймағынан

өзгеше қызмет көрсету аймағында сақталуы тиіс. Бұл міндет LTE желісі стандартты 3GPP ұялы байланысымен (UMTS / GSM / HSPA +) өзара әрекеттеседі. 3GPP желісімен LTE желісінің жұмысы - дискреттік мобильдікті (роуминг) және үзіліссіз ұялы байланыспен қамтамасыз ету.

3GPP бар LTE желісінің негізгі байланыс интерфейсі - S3, S4 және S12 интерфейсі. Басқару логикасы және LTE интерфейсі элементтері Мобильді 3G желісі MCO SGSN қызметі S-GW арқылы GTP протоколының (GPRS туннелинг хаттамасы) орнына шлюзді басқарады. GTR протоколы (GTR-S хаттама) басқару жазықтығында ақпаратты жоспарлауға және клиенттердің тарапынан жазықтықта деректерді таратуға арналған (GTR-U хаттамасы). Роуминг кезінде S-GW үй желісі R-GW (Interoperable Gateway) арқылы жұмыс істейді.

LTE желілерін дәстүрлі телефон байланысы қызметтерімен қамтамасыз ету үшін басқа 3GPP желілерімен өзара әрекеттесу дәстүрлі арналарды коммутациялау технологиясымен (TDM) және IMS ішкі жүйелеріне негізделген пакеттік коммутация технологиясымен қамтамасыз етіледі.

LTE жағдайында телефоннан MME логикасы LTE желісінің ауысу интерфейсі (CS домені) арқылы MSC сервері арқылы SV интерфейсі және MMS SGSN веб-торабы LTE желісінің ауысу интерфейсінен (PT доменінен) шақырылады. ) дауыстық қоңыраулар үшін.

LTE желісінің 3GPP емес желілермен өзара әрекеттесуі кепілдік берілген қауіпсіздікке, яғни «қорғалмаған» желілерге және «сенімсіз» қорғалмаған желілермен өзара әрекеттесу түрлеріне бөлінеді. «Сенімді» желілер басқа Интернет желілерінің (cdma2000, WiMAX) интеграциясын және IP-негізделген Интернет желісін «сенімсіз» желілер ретінде қамтиды. LTE желісінің «қауіпсіз емес» 3GPP желілерімен әрекеттестігі P-GW шлюзінің көмегімен ePDG шлюзі арқылы «сенімсіз» брандмауэр іске асырылады.

ERS негізгі желісін құру «IP кейін» тұжырымдамасының негізінде LTE абоненттік терминалының желілік мобильділігі 3GPP емес желілермен IP басқару хаттамаларына негізделген:

- Hosted Protocols - НВМ (хост негізіндегі мобильділік) - MIPv4, DSMIPv6;

- Желі мобильді хаттамалары - Желілік мобильділік (NBM) - PMIPv6.

Абоненттік терминалды IP-адреске сәйкестендіру және беру IP-желілерінде көрсетілгендей жүзеге асырылады.

Қазіргі әлемдегі хабар тарату (2G) - 240 Кбит / с GSM стандартының стандартты шектеуі. 3G үшінші ұрпағы 7-14 Мбит / с жылдамдыққа ие. 3G және 4G стандарттары арасындағы айырмашылықтар 1,2-кестеде келтірілген.

Кесте 1.2 – 3G және 4G стандарттарының айырмашылықтары

Параметрлері	3G	4G
Өткізу қабілеттілігі	$\leq 2$ Мбит/с	$\leq 1000$ Мбит/с
Мобильдікті басқару	Желіге белгілі бір протоколмен қатынау(MM, GMM)	IP протокол негізінде (SIP)
Спектралды тиімділігі	$\leq 1$ бит/с/Гц/ұяшық	$\leq 15$ бит/с/Гц/ұяшық
Дуплекс түрі/қолдану спектрі	FDD жолақтың статикалық үлестірілуі (5 МГц)	FDD немесе TDD, жолақтың динамикалық үлестірілуі (1,25- 40 МГц)
Көптік қатынау	WCDMA	OFDMA
Жылдамдығы	Стационар объекттер үшін: 2 Мбит/с Жылжымалы объекттер үшін: 384кбит/с	Стационар объекттер үшін: 1 Гбит/с Жылжымалы объекттер үшін: 100 Мбит/с

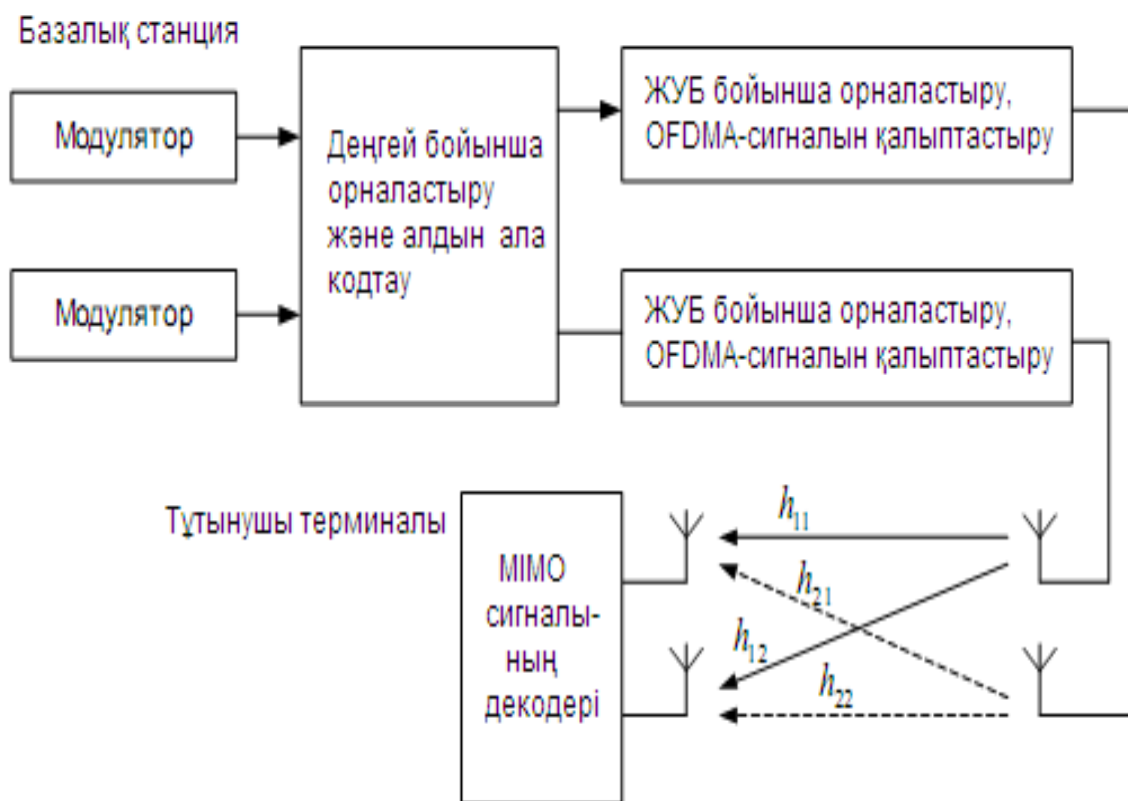
### 1.3.4 LTE желісінде MIMO технологиясын пайдалану

LTE желісіндегі MIMO технологиясы деректерді жоғары жылдамдықты беруді қолдауда маңызды рөл атқарады.

MIMO (бірнеше кіріс және бірнеше шығыс) - үлкен көлемдегі деректерді мезгілде жеткізу үшін бірнеше таратқыштарды және қабылдағыштарды қолдануға негізделген сымсыз технология. MIMO технологиясы әртүрлі бұрыштарда сигналдар деп аталатын радиотолқынды таратуды қолданады және кедергілер мен қабылдағыштарды әртүрлі бұрыштардан қорғайды және түрлі уақытта сигналдарды қабылдайды. MIMO технологиясын пайдалану осы арналардың қарсылығын қарсылыққа арттырады және жоғалған биттердің салыстырмалы санын азайтады. MIMO жүйесі екі принципке сәйкес ұйымдастырылуы мүмкін: кеңістіктік тығыздық және ғарыштық уақытты кодтау.

Бірінші жағдайда, әртүрлі таратушы антенналар әртүрлі ақпараттық блоктарды немесе түрлі ақпараттық блоктарды бөледі. Трансмиссия бір мезгілде екі немесе төрт антенналардан беріледі. Антенналарда қабылдағыштар мен сигналдарды қабылдау. Соңғы жағдайда барлық таратушы антенналар дәл диаграммаға сәйкес біркелкі таратылады. [3]

MIMO антеннасының конфигурациясы симметриялық ( $2 \times 2$ ,  $4 \times 4$ ) және асимметриялық ( $1 \times 2$ ,  $2 \times 4$ ). 1.6-сурет, ғарыштық уақытты кодтау негізінде екі таратқыш және екі қабылдаушы антеннамен бірге MIMO жүйесінің блоктық схемасын көрсетеді.



Сурет 1.6 – 2×2MIMO-жүйесінің құрылымдық сызбасы

### 1.3.5 LTE желісімен берілетін қызметтің түрлері

LTE желісі ұсынатын қызметтер 3G / 4G желісімен салыстырғанда қызметтердің кең ауқымын ұсынады. Ең алдымен, ол жоғары өткізу қабілеттілігі мен деректерді берудің жоғары жылдамдығымен, сондай-ақ «жалпы IP» ұғымымен байланысты. LTE желісінің негізгі функциялары:

- дауыс беру мөрі;
- Интернет-файлдарды тарату;
- электрондық пошта арқылы жеткізу;
- мультимедиялық хабарламаларды тарату;
- Мультимедиялық ақпараттық бюллетень, оның ішінде ағымдағы қызметтер, файлдарды жүктеу және теледидар қызметтері;
- ағымдағы бейне;
- VoIP және жоғары сапалы бейне конференциялар;
- әр түрлі типтегі тіркелген және жылжымалы терминалдары бар онлайн-ойындар;
- жоғары жылдамдықты және сәйкестендіру ақпаратын ұсынатын мобильдік төлемдер [5].

## 1.4 Тапсырманың қойылымы

Бұл жобаның мақсаты - Қызылорда филиалында MIMO технологиясы негізінде LTE Lane байланыс желісін құру.

Дипломдық жобада келесі сұрақтарды қарастырамын:

- Қолданыстағы телефон желісін құру (А қосымшасы), 3G және 4G стандарттарын қысқаша талдау;

- көлік желісін таңдау, LTE желілерін басқару, LTE базалық станциясы eNodeB, электрлендіру жабдықтары;

Желінің өткізу қабілеттілігін, абоненттердің ықтимал санын есептеу, ортақ құрылғыны ажырату, электрмен жабдықтау параметрлері, жерге тұйықтау тізбегі, LTE желісі үшін радио порттары, жиілік-аумақтық бөлінуі және ситуациялық eNB схемаларын көрсету;

- жұмыс бөлмесінде ауаны баптау;

- жобаның техникалық-экономикалық негіздемесі;

- Дипломдық жоба бойынша қорытынды.

## 2 Желіңізді ұйымдастырғыңыз келетін жабдықты таңдаңыз

### 2.1 Көлік желісінің құрылысын таңдау

3G және 4G жетекші LTE технологиясының негізгі айырмашылығы:

- IP-протокол бойынша деректерді беру және дауыстық байланыс;
- жоғары деректерді беру жылдамдығы;
- Жеңілдетілген желілік архитектура.

LTE технологиясының ерекшеліктерін ескере отырып, сондай-ақ сенімділік талаптарына жауап беретін көлік желісінің құрылғыны таңдау ұсынылады; тиімді, икемді, ықшам, функциялардың кең ауқымы және «баға-сапа» ұғымына сәйкес келуі мүмкін. Көлік немесе

Құрылғыны таңдаудың негізгі шарты тұтынушыларды LTE желісінің номиналды өткізу қабілеттілігіне сәйкес сенімді ақпаратпен қамтамасыз ету болып табылады.

Жоспарланған LTE желісі талшықты-оптикалық Ethernet желісі арқылы тасымалданады. Ethernet технологиясы (IEEE 802.3 стандарты) келесі жылдамдықтарға ие: 10 Мбит / с Ethernet, 100 Мбит / с Fast Ethernet, 1 Gbps Gigabit Ethernet және 10 Gbps / 10 Gigabit Ethernet. Көлік желісін 1 және 10 Гбит / с жылдамдықта пайдалануға болады. Ethernet-дың маңызды артықшылығы - бұл АЖ-ні барынша кеңейту және оны кеңейту мүмкіндіктері [8].

Ұялы желі дизайны әлемінде радиобайланыс және көлік желілері үшін құрылғыларды таңдау бойынша әртүрлі шешімдер бар. Ұялы байланыс желілері мобильді операторларға әртүрлі көрсеткіштерге негізделген тандалған операторлар үшін дайын шешімдер ұсынады. Ұялы байланыс операторының мобильді желісіне арналған дайын шешімдердің пакеттері жұмыс станцияларын, қосқыштарды, маршрутизаторларды, мультисервистік станцияларды және желіні басқару үшін арнайы құрылғыларды қамтуы мүмкін.

Бүгінгі таңда Cisco Systems және LTE Alcatel-Lucent түрлі коммутациялық құрылғылары бар екі түрлі компаниялардың шешімдері. Біз осы компаниялардың шешімдерін қысқаша талдап, нәтижелерді 2.1 кестеге енгіземіз.

2.1-кестеде LTE көлік желісін енгізу бойынша Cisco Systems шешімі көп нұсқалардан жақсы. Бұл өндірушілердің бағалары жоғары болғанымен, жоғары сапалы және техникалық қолдаудың жоғары деңгейі осы өнімді таңдауға мүмкіндік береді [9].

Кесте 2.1 – LTE транспорттық желісін жүзеге асыру үшін «Cisco Systems» және «Alcatel – Lucent» компанияларының шешімдерін талдау нәтижелері

LTE транспорттық желісінің коммутациялық құрылғысы	Өндіруші компаниялар	
	«Cisco Systems»	«Alcatel – Lucent»
Е-UTRAN радио қатынау желісінің коммутациялық құрылғысы	«ME 3600 CX24C» коммутаторы: үш eNB-ге дейін қосылу мүмкіндігі бар әмбебап; 24 1 GEthernet порты; бағасы жоғары; тарату протоколы – OSPF, RIPv2, EIGRP, BGP; істен шығу алдындағы жұмыс істеу уақыты 7 жыл; басқару протоколы – SNMP; IP маршрутизациясы	«7750 SR» сервистік маршрутизаторы: мегаполисте кең масштабты желіге сәйкес келеді; IP маршрутизациясы; 10 портты 10 GEthernet; бағасы жоғары; оптикалық талшықты қосу үшін қосымша SPF модульдері қолданылады; тарату протоколдары – OSPF, BGP
Интеллектуалды агрегация желісінің коммутациялық құрылғысы	«7603 OSR» оптикалықсервисті маршрутизатор: өнімділігі 240 Гбит/с; 48 портты GBASE-LX; 4 портты 10GBASE-ER; бағасы жоғары; үлкейту мүмкіндігі бар; тарату протоколы – OSPF, RIPv2, EIGRP, BGP; істен шығу алдындағы жұмыс істеу уақыты 7 жыл; басқару протоколы – SNMP; IP маршрутизациясы	«7705 SAR» сервистік агрегация маршрутизаторы: 6 портты 10/100 EthernetBASE-T; 2 портты GEBASE-TX SPF модульдерімен; бағасы төмен, өнімділігі төмен; IP маршрутизациясы; тарату протоколдары – OSPF, BGP
Қызметтердібасқару, EPC LTE жүзегеасыруғаарналғанқұрылғылар	«ASR 5000» мультисервистік оптикалық платформа: өнімділігі 320 Гбит/с; интерфейстері – GE, 10GE; бағасы жоғары; тарату протоколы – OSPF, RIPv2, EIGRP, BGP	«5620 SAM» желіні басқару жүйесі: өзіне бірнеше коммутаторды және маршрутизаторды қосады; Ethernet, АТМ қолдайды; IP маршрутизациясы; тарату протоколдары – OSPF, BGP

Бүгінгі күні Cisco Systems коммутациялық құрылғылар әлеміндегі абсолюттік көшбасшы болып табылады. 250-ден астам ұялы байланыс операторы өз өнімдерін әлемнің 75-тен астам елінде пайдаланады. Бұл тезис жобасында LTE көлік желісінің құрылғысын таңдау үшін Cisco Systems жүйесін таңдаймыз.

LTE деректерін тарату үшін көлік желісінің құрылғысы келесі түрлерге бөлінеді:

- радио жабдығын желілік жабдықтау;
- интеллектуалды агрегацияның көлік жабдықтары.

Cisco Systems ұялы байланыс операторлары үшін көлік желісін құруды мақсат етеді. Біз олардың бірін пайдаланамыз.

Таратылым желісінің құралы ретінде Cisco ME 3600 X 24CX қосқышын таңдаймыз. Бұл модель Cisco Systems компаниясы басқа ұялы байланыс операторларымен кең тәжірибесі бар. Бұл модель аппараттық жеделдетуді, сызықты емес өнімділікті, төмен кідірісті және шуды қамтиды.



Сурет 2.1 – «Cisco ME 3600 X 24CX» коммутаторының сыртқы бейнесі

Cisco ME 3600 X 24CX қосқышы Carrier Ethernet үшін арнайы жасалған. Бұл коммутатордың сыртқы дисплейі 2.1 суретте көрсетілген.

Cisco ME 3600 X 24CX қосқышының қысқаша сипаттамасы:

- талшықты порттар: 6;
- IP бағыттауды ұйымдастыру;
- жылдамдық: 10/100/1000 Мбит / с;
- Өлшемдері (VHGХН): 516 × 444 × 43;
- салмағы: 6,57 кг;
- басқару протоколы: SNMP;
- Деректерді беру протоколдары: OSPF, IS-IS, EIGRP, RIPv2;
- RAM: 1024 Мб;
- ЖЖҚ түрі: DRAM;
- қуат тұтынуы: 228 Вт;



- кіріс жиілігі: 50/60 Гц;
  - кіріс кернеуі: 100-240 В, тұрақты 48 В;
  - өткізу қабілеттілігі: 65 Мбит / с;
  - деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы: 44 Гбит / с;
  - Ethernet талшықты-оптикалық технологиясы: 1000 Base-LX, 100 Base-VX, 100 Base-FX, 100 Base-LX;
  - талшықты-оптикалық: LC, LX-5;
  - талшықты-оптикалық кабель арқылы беру қашықтығы: 80 км;
  - толқын ұзындығы: 1310/1550 нм [9].
- Cisco ME 3600 X 24CX қосқышы бірнеше eNB базалық станцияларын қосуға мүмкіндік береді.



Сурет 2.2 – «Cisco 7603 OSR» маршрутизаторының сыртқы бейнесі

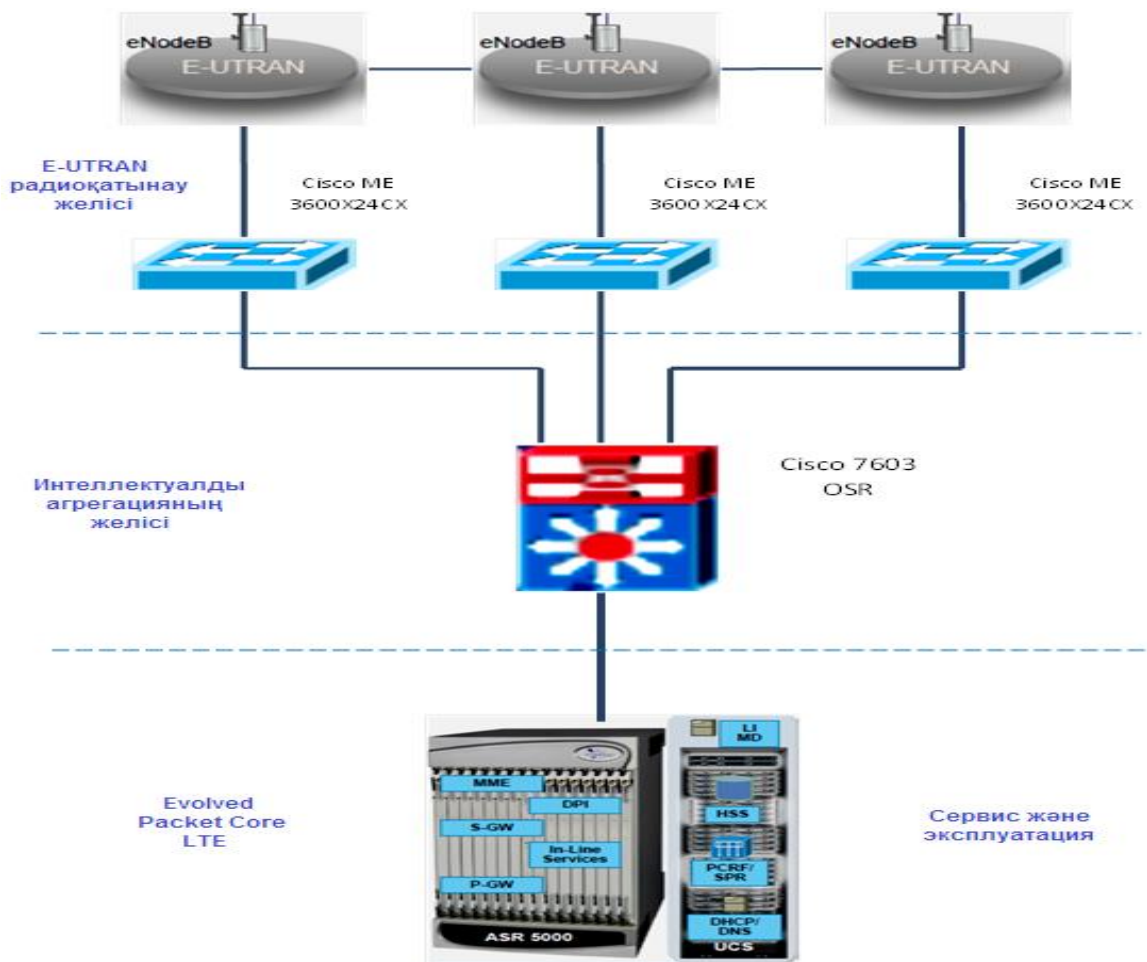
Cisco 7603 OSR (оптикалық қызмет маршрутизаторы) интеллектуалды біріктіру үшін тасымалдаушы ретінде пайдаланылады. Бұл маршрутизатордың сыртқы дисплейі 2.2-суретте көрсетілген. Cisco 7603 OSR Оптикалық маршрутизаторы (WAN) аумақтық және метрополитикалық желілерге (MAN) арналған. Бұл маршрутизатордың негізгі мақсаты оптикалық байланыс арналарының жылдамдығымен IP-ке маңызды инвестицияларды қамтамасыз ету болып табылады.

Cisco 7603 OSR маршрутизаторының негізгі сипаттамалары мен сипаттамалары:

- Cisco IOS бағдарламалық кешенінің толық ауқымын қолдайды;
  - NEBS шассиімен үйлесімді;
  - Global Resilience IP мекенжайларын, басқару модульдерін және Cisco IOS бағдарламалық жасақтамасын қамтамасыз ететін жоғары жылдамдықты сақтау платформалары;
  - Cisco PXF аппараттық жеделдету технологиясы; MPLS / IP технологиясын қолдау;
  - 24 порты 10 Base-FL, 24 порт 10Base-FX, 48 порты бар 4 порт, Base-LX және 10 GBase-ER;

- Максималды өнімділік: 240 Гбит / с, 30 миллион. пакет (тер);
- Шинаның сыйымдылығы: 32 Гб / с;
- Өлшемдері (ГХХ ×): 55,25 × 44,12 × 17,78;
- Зарядтау: 110 - 240 В айнымалы, 48 - 60 В DC;
- жою уақыты: 7 жыл;
- Жұмыс шарттары: температура 0 - 40 ° С, ылғалдылығы 10 - 85% [9].

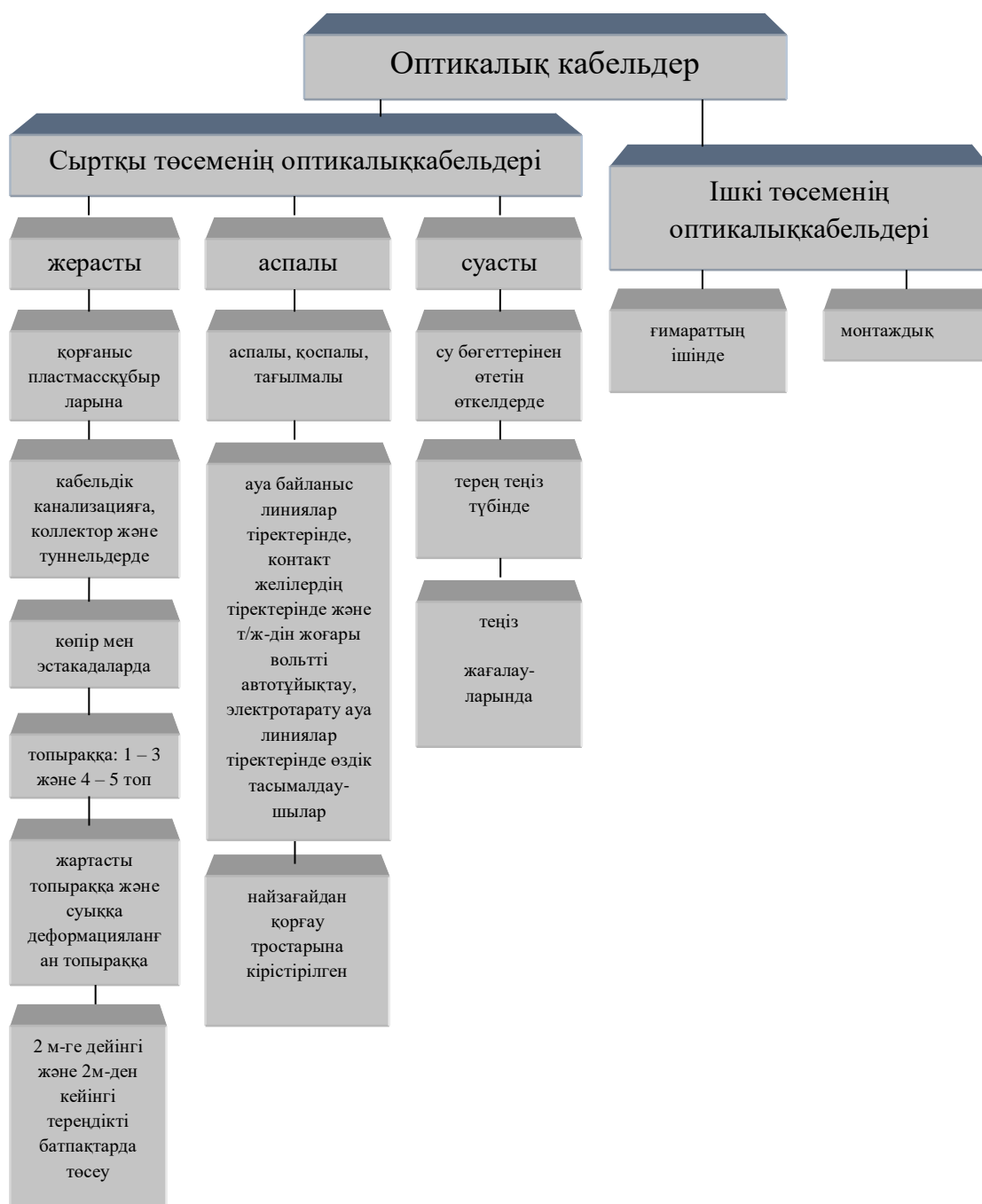
Көлік желісінің дизайнын таңдау негізінде желілік қосылымдарды қосудың схемасын әзірледік. 2.3-сурет желінің қосылу схемасын көрсетеді.



Сурет 2.3 – Транспорттық желінің байланысын ұйымдастыру сұлбасы

## 2.2 Оптикалы кабiлді таңдау

Оптикалық кабельдер идеалды тарату ортасы болып табылады. Оптикалық кабельдер арқылы деректер берудің жылдамдығы, көлемі және сенімділігі басқа жеткізілген технологиялық шешімдерден асып түседі. Сондықтан бүгінгі күні ешқандай балама жоқ. Қолданылған оптикалық кабельдердің жіктелуі 2.4 суретте көрсетілген.



Сурет 2.4 – Байланыс оптикалық кабельдерінің түрлері

Оптикалық кабельдің негізгі элементі толқын ұзындығы 0,85-тен 1,6 мкм болатын жұқа цилиндрлік шыны талшықтар түрінде жасалған оптикалық талшық. Жарық жолағы әр түрлі сыну көрсеткішіне ие қабырғалардың екі қабырғасы бар ядродан және қабықтан тұрады [10].

Цилиндрдің мақсаты - «ядродан» жақсы көрініс беру және экологиялық тосқауылдардан қорғау. Қолданыстағы оптикалық кабельдерде жарық беру өткізгіштерінің екі түрі бар: көп функционалды (градиент және градиент) және бір режим. Жақсы өткізгіштікке және аралыққа арналған бір өлшемді оптикалық талшықтар. Қол жетімді кабель түрлерін үш түрге бөлуге болады:

- концентрациялы суспензиялық кабельдер;
- пішінделген кабельдік эмбриондар;
- таспалы кабельдер.

Оптикалық кабельдер оптикалық талшықтарға ие:

- бойлық қалқандарды алатын электр күші;
- механикалық әсер ету кезінде кабелдің беріктігін арттыратын жабу элементтері;
- талшықты пластик түрінде толтырғыштар;
- ылғалдан, зиянды заттардың буларынан және сыртқы механикалық әсерлерден қорғайтын сыртқы қорғаныс парақтары.

Бүгінде оптикалық кабельдерді отандық және шетелдік компаниялар шығарады. Қазақстандағы оптикалық кабельдерді өндірушілер: «КазЦентрэлЭлектропровод» ЖШС, «Оптиксервис» ЖШС, «SATELIT» ЖШС және «Дан-Кабель» ЖШС. Бұл тез жүретін көлік желісін іске асыру үшін оптикалық кабельдер қолданылады: төбесі, шұңқыр және канализация. Оптикалық кабель өндірушісін таңдау кезінде «Қазтелеком» ЖШС бағаланды. Көлік желісінің құрылысы үшін таңдалған оптикалық кабельдердің негізгі параметрлері 2.2 кестеде келтірілген [10].

Кесте 2.2 – Оптикалық кабельдердің негізгі параметрлері

Параметрлер	Кабель төсеу түрі		
	канализацияда	топарықта	аспалы
Кабель маркасы	ОКС-М	ОКБ-Т	ОКА-Т
Оптикалық талшықтар саны	4 – 72	4 – 24	4 – 24
Талшықты өндіруші-компания	Fujikura	Fujikura	Fujikura
Талшық түрі	ОМ	ОМ	ОМ
Пластмасс (металл) модульдер саны	6 – 12	1 (метал.)	1 (метал.)
Модуль түтікшесінің диаметрі, м	2	3,0 – 6,0	3,0 – 6,0
Кордель саны/диаметрі	-/2,0	-/3,0 – 6,0	-/3,0 – 6,0
Кабельдің сыртқы диаметрі, 10 <sup>-3</sup> м	15,0	18,5	18,5
Кабель массасы бір километрге, кг	190	436	540
Қоршаған ортаның жұмыс температурасы, °С	-40 - +50	-40 - +50	-60 - +60
Кабель бүгілуінің минимал радиусы, м	250	250	300
Рауалы созушы күш, кН	1,5	7,0	3,5 – 7,0

## 2.3 LTE желісіндегі басқару жабдығын таңдау

EPC LTE желісіндегі басқарушы абоненттік сессияларды және қызметтерді қолдайды. ERS желісі келесі құрамдастардан және логикалық элементтерден тұрады: [14]:

- MObI (Mobility Controller) - ұтқыр мобильді абоненттік терминал мен мобильді деректерді басқаруды басқаратын мобильді желіні басқару модулі;

- SGW (шлюз сервисі) - LTE шлюзі - базалық станцияның шағын жүйесінен / жүйесінен деректерді жіберу және өңдеуге жауапты;

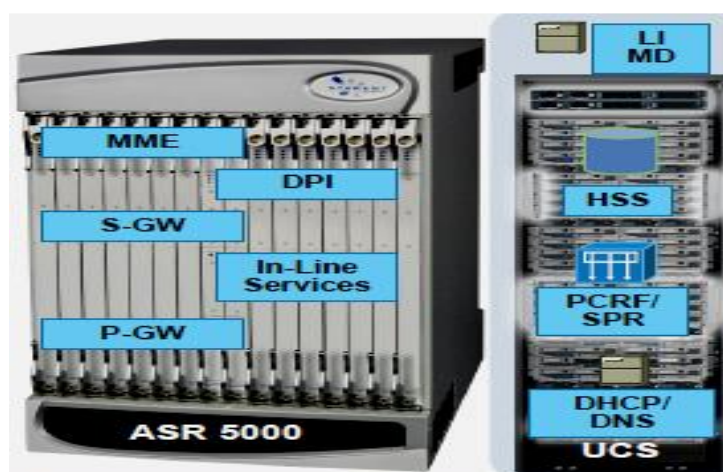
- PGW (Public Data Network Gateway) - басқа операторлардың желілері / желілері үшін шлюз - 2G, 3G, 3GPP және Интернет арқылы басқа LTE операторларына / операторларына дауыс және деректер жіберу үшін жауап береді;

- HSS (Home Server Subscriber) - абоненттік ақпарат сервері;

- PCRF (Қызмет Ережелері және Зарядтау Ережелері) - Жазылым қызметтері үшін абоненттік төлем үшін абоненттік төлем;

- DHCP / DNS серверінің IP мекенжайы [13].

LTC желісін енгізу туралы шешімді Cisco Systems компаниясы жасады. Іске асырудың негізгі идеясы MME, SGW, PGW функцияларын Cisco ASR 5000 PCS3 2.3 және 2.5 шассиіне біріктіру болып табылады.



Сурет 2.5 – «Cisco ASR 5000 PCS3» базасының платформасы

Cisco ASR 5000 PCS3 маршрутизаторы ұялы кең жолақты желілер үшін арнайы жасалған. Он бірегей сәулет, орнатылған интеллект, озық сипаттамалар және оптимизм бар.

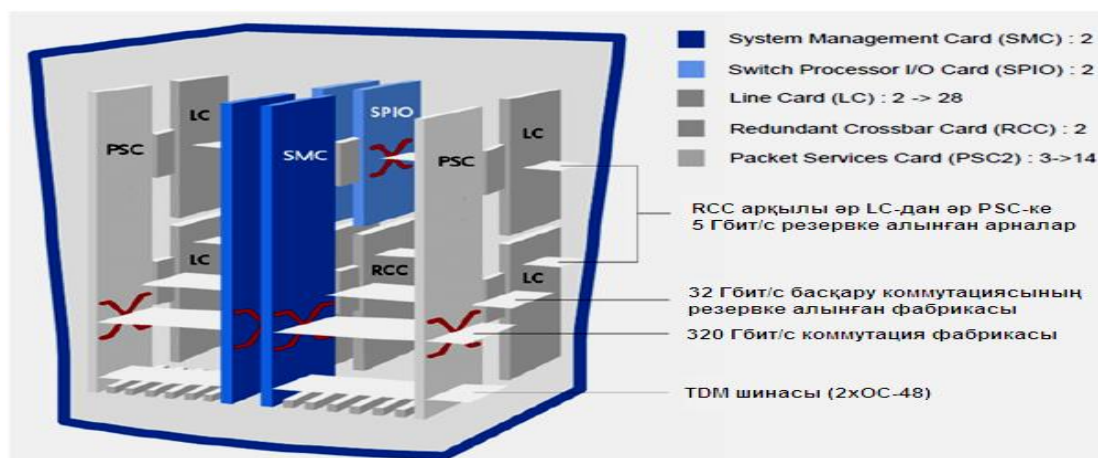
Cisco ASR 5000 PCS3 платформасы оптикалық жетектердің өнімділігі мен өнімділігін оңтайландырады. Cisco ASR 5000 PCS3 маршрутизаторы бүкіл әлем бойынша 250 операторлар желісін пайдаланады [9].

«Cisco ASR 5000 PCS3» платформасы Premium:

- Интеграцияланған желі функциялары, алдын-ала қарау мүмкіндіктері;

- барлық компоненттерді сақтау;
  - абоненттік сессияларды бір шассиде автоматты түрде қалпына келтіру;
  - функцияларды көшіру және өңдеу;
- Қол жетімділік алаңы - 99,9999%;
- сеансты 2 секундқа кейінге қалдыру немесе көбейту;
  - қызметтер мен модульдердің арнайы әзірленген пакеттерінің болмауы;
  - Ресурс процессоры сұрау жүйесіне автоматты түрде бейімделеді;
  - басқа процесстерді қорғау процесін;
  - жалпы бағдарламалық қамтамасыз ету;
  - бағдарламаланған қызметті жаңарту шектеусіз жүзеге асырылады;
  - Платформаның барлық платформа функциялары платформаларға бөлінеді.

Cisco ASR 5000 PCS3 платформасының құрылымы 2.6-суретте көрсетілген.



Сурет 2.6 – «Cisco ASR 5000 PCS3» платформасының архитектурасы

Cisco ASR 5000 PCS3 платформасының негізгі айырмашылығы - Интернет қызметтерінің болуы:

- DPI - егжей-тегжейлі пакеттік инспекция - трафикті талдау және абоненттерге жоғары сапалы қызметтерді ұсыну және трафик түріне байланысты тарифтік ережелерді ұсыну;

Нақты уақыт режимінде жеке хаттамалардың қозғалысын анықтау; Ол түрлі ережелерді анықтайды: қатынау немесе шифрлау, нақты трафик, өткізу қабілеттілігін бақылау;

- ұялы байланыс абоненттерінен HTTP HTTP сұрауларын талдау негізінде мазмұнды сүзу;

- NAT / Firewall желіден тыс.

Cisco ASR 5000 PCS3 платформасының қысқаша сипаттамасы:

- өткізу қабілеттілігі: 320 Гбит / с;

- сеанстар саны: 4 млн;

- Желі интерфейстері: 10/100/1000 Ethernet, 10 Гбит / с Ethernet, OLC /



CLC желілік карталары (ATM, POS, Frame Relay);

- кіріс кернеуі: 40-дан 60 В DC;
- габариттері (Д × Е ×): 0.06095 × 0.04445 × 0.06323 м;
- жалпы салмағы: 139,25 кг;
- Максималды қуаты: 800 Вт;
- 42 RU дейін үш Cisco ASR 5000 PCS3 қолдайды.

## 2.4 eNodeBand LTE базалық станциясының жабдықтарын таңдау

ENB LTE базалық станцияларының негізгі жабдықтары - Nokia Siemens Networks, Huawei, ZTE және Ericsson.

ENB LTE базалық станцияларын таңдағанда, алдымен құрылғының басқа мобильді байланыс стандарттарына қолдау көрсету қабілетіне назар аударуыңыз керек. Сондай-ақ, нақты шығу қуатын және TRX таратқыштың сипаттамаларын ескеру маңызды.

Nokia Siemens Networks-ін белгілі бір желіде оның мүмкіндігіне қарай таңдауға болады. Радио қабылдағыш ретінде Flexi Multiradio базалық станциясын пайдалану ұсынылады.

MICR деректері бойынша, FlexiMultiradio көпфункционалды базалық станциясы веб-сайттарды құру үшін керемет мүмкіндіктер ұсынады. Осы eNB арқылы төмен қуат тұтыну кепілдігі бар, үнемі өсіп келе жатқан мобильді трафик пен жоғары өнімділікке арналған сыйымдылық талаптары.

Flexi Multiradio антеннасы жүйесі әр түрлі антеннаға антенна технологиясы мен антенналарына негізделген, ол бөлек күш күшейткіштерін біріктіретін белсенді антенна технологиясымен жабдықталған. Белсенді антенна жеке радиостанцияларға бағытталған және нақты клиентке назар аударады.

FlexiMultiradio базалық станциясы әлемде 200-ден астам мобильді байланыс операторларымен орнатылған және басқарылатын, энергия тиімділігі мен радиобайланыс үшін бірқатар марапаттарға ие.

Flexi Mulliradio базалық станциясы екі негізгі элементтен тұрады: сандық сигналдарды және үш жақты радиоқабылдағышты өңдеуге арналған жүйелік модуль.

ENB FlexiMulterado артықшылықтары:

- Жеңіл орнату және оңай орнату, құрылғының құны 25% -ға төмендеді;
- E1 және G Ethernet желілік модульдер интерфейсі;
- Желіні жылдам кеңейтуге байланысты бастапқы инвестиция талаптары төмен;
- тұтынылатын қуаттың аздығы;
- радиостанцияның параметрлерін екі есе көбейтуге қажетті антенналық кабельдердің ұзындығын қысқарту;
- тиімді жобалау;

- стандартты базалық станцияларға қарағанда 20% -ға қол жетімді және жеңіл;
  - кез келген ауа-райында ғимараттан тыс пайдалануға мүмкіндік беретін өнімділік;
  - модульдік, икемді және ең қабілетті негіздегі базалық станция.
- «Flexi MULTIRADO» базалық станциясы 2.7-суретте көрсетілген.



Сурет 2.7 – «Nokia Siemens Networks» компаниясының «Flexi Multirado» базалық станциясы

Қабылдаушы үш қабылдағыш радиоқабылдағыш модуль 2.8 суретте көрсетілген. Сипаттамалары: «Flexi RF Triple 90W». Радио модульдері радио сигналдар үшін өзгертілген [11].

Шығу радиостанциясы бір секторда 240 ваттға жетуі мүмкін, ал радиостанция 80 Вт шығыс қуаты бар үш сектордан келген сигнал алады. Модель 60 МГц диапазонында болмауы мүмкін. Радио модулі - бұл GSM, 3G, LTE және LTE + технологиясының комбинациясы.



Сурет 2.8 – «Flexi RF Module Triple 90W» радиожиілік модулі



«Flexi RF Triple Triple 90W» радиосының техникалық сипаттамалары:

- Ғимараттың ішкі және сыртқы түрі еденге, қабырғаға, палттағы жылы стендте арнайы платформамен және ақаулы үйлесіммен пайдалануға болады;
- Жиілік диапазоны: 700, 800, 850, 900, 1800, 1900, 1700/2100, 2100, 2300 және 2600 МГц;
- өткізгіштігі: 20 МГц + 6 6 + 6 арналары және + 4 4 + 4 арналары WCDMA 1 + 1 + 1 LTE арнасы;
- радиотехникалық сигнализация технологиясы, бірнеше тасымалдаушылары бар көп күшейткіш;
- өлшемдері: 133 × 447 × 560 мм; Стендте 19 дюймді орналастыруға мүмкіндігі;
- көлемі: 25 литр;
- Салмағы: 25 кг;
- Температура диапазоны: - 35 ° С мен 55 ° С аралығында (салқындату желдеткішінің жылдамдығы автоматты түрде басқарылады). күшейтілген желдету) жартылай температураны тұрақтандыру арқылы сенімділікті арттырады;
- Қорек көзі: АС модулі үшін DC 40,5 В DC 57-ден 184-тен 276-ға дейін;
- қуат талаптары: 790 Вт;
- Шығу қуаты: әрбір радио таратқыш 60 Вт немесе 180 Вт (RRU);
- Ылғалдан қорғау класы: IP 65 [9].

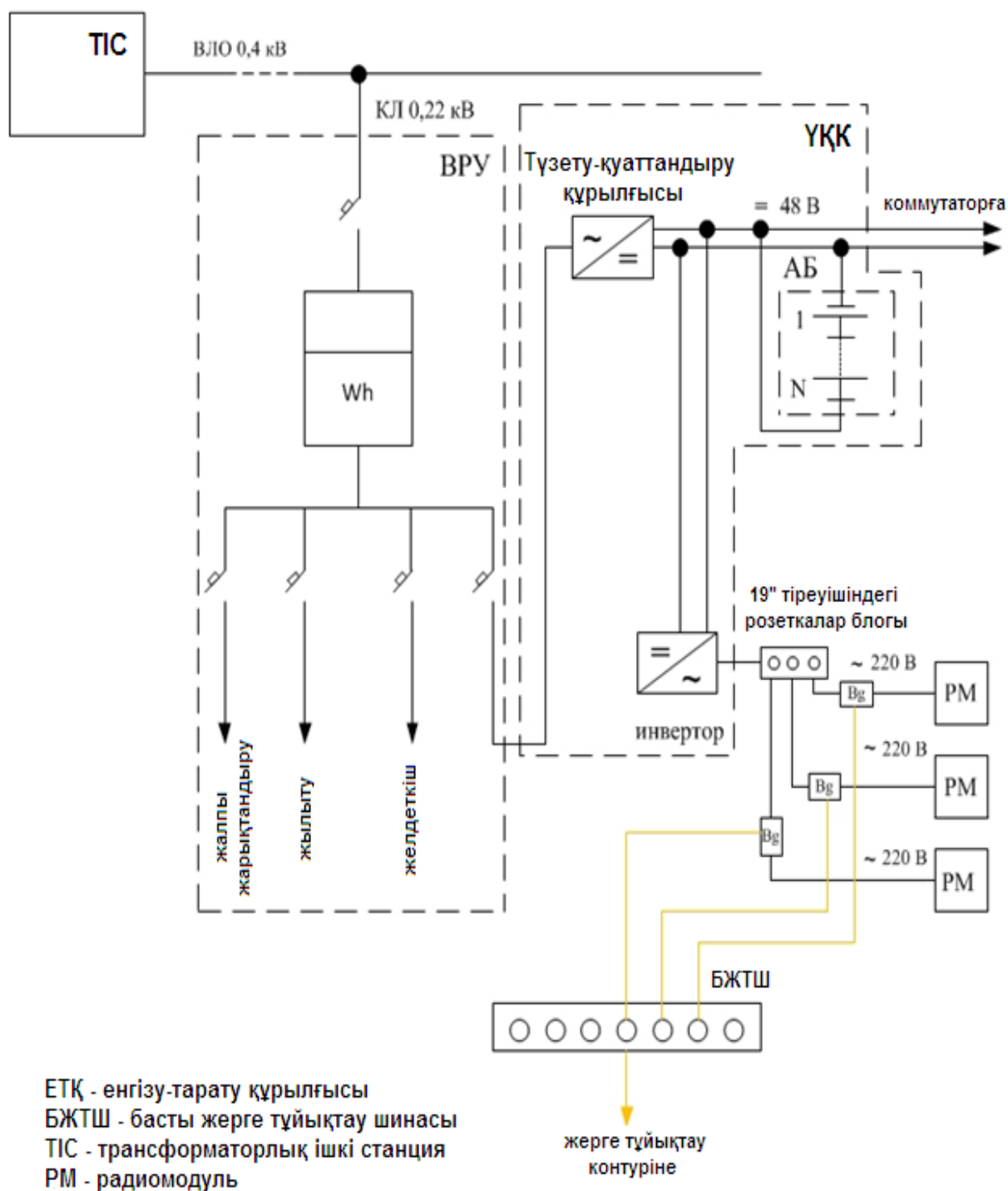
## 2.5 Электр қуаттанпен қамтамасыз ету құрылғысын таңдау

220 В АЖ базалық станцияларға жеткізіледі. 220 В кернеуі трансформаторлық қосалқы станциядан (ТСК) алынып, базалық станция құрылғылары үшін ғимаратқа енгізілді.

Қуат көзі кіріс / шығыс сигналына, ал содан кейін жалпы жарықтандыру тізбегіне, жылыту қазандығына, желдеткішке және айнымалы ток көзіне беріледі.

Айнымалы ток тізбегі, батарея және инвертор түзету әрекеті үшін. С 48 В кернеуі Cisco ME 3600 X 24CX, батарея мен түрлендіргішке қолданылады. Қуат тоқтаған кезде батарея қосылады. Инвертор 48 В-ден 220 В-қа дейінгі кернеулерді қамтамасыз етеді және FlameiMultiradio (RM) модульдеріне қуат береді.

Ішкі құрылғылардың төгілуіне жол бермеу үшін зарядтау кабелінің автоматты ажыратқышы басты жерге тұйықтау шинасы (SNF) арқылы жерлендірілген штепсельмен жабдықталған. 2.9-сурет базалық станцияның схемалық диаграммасын көрсетеді.



Сурет 2.9 — Базалық станцияның электр қуаттандыруының сұлбасы

Осы қуат көзі үшін әртүрлі айнымалы ток қуатының төмен қуатын үзіліссіз қоректендіру көздерінің техникалық сипаттамалары 2.3 кестеде келтірілген.

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, өндіруші 9 зарядталатын батареямен және 1050 ватт қуаттылығымен үзіліссіз қуат көзін таңдайды. тұтын.

Кесте 2.3 – Өртүрлі ҮҚК-нің техникалық сипаттамалары

Модель	ДПК	UPStation GXT		PW9120	ULTimate
Өндіруші	Тэнси-Техно	Liebert		Invensys	Powercom
Қуат, кВА	1,0; 3,0	0,7; 1,0; 1,5	2,0; 3,0	0,7; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0	0,7; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0
Кіріс кернеу диапазоны, В	220 - 27%,+25%	220 ±27%	220 - 20%,+27 %	220 - 27%,+25%	220 - 27%,+25%
Шығыс кернеу дәлдігі, В	220 ±3%	220 ±3%	220 ±3%	220 ±3%	220 ±2%
Кіріс бойынша қуат коэффициенті	0,95	0,95	0,95	0,97	0,98
Шығыс бойынша қуат коэффициенті	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

«GTX2 – 1500RT230» ҮҚК-нің техникалық сипаттамалары 2.4-кестесінде келтірілген.

Кесте 2.4-- «GTX2 – 1500RT230» ҮҚК-нің техникалық сипаттамалары

Параметр атауы	Техникалық сипаттамалары
Модель	GXT2 – 1500RX230
Номиналды қуат	1050 Вт
Өлшемдері (е×т×б)	87×547×430
Масса	23,2 кг
Айнымалы тоқтың кіріс қуаттандыру параметрі: жүктеме 100% - 90 % жүктеме 70% - 30% жиілік	176В айнымалы тоқ/280 В айнымалы тоқ 139В айнымалы тоқ/280 В айнымалы тоқ 40 – 70 Гц; автоматы баптау

### 3 Есептеу бөлімі

LTE радио желілерін жоспарлау процесінде басқа сымсыз радиокатынау технологияларын жоспарлау процесінен бірқатар өзгешеліктер бар. Басты өзгешелік – OFDM технологиясы негізінде көп станциялық қатынаудың жаңа түрін қолдану, осыған байланысты жаңа ұғымдар пайда болады және жобалау алгоритмдері өзгереді. Радиожеліні жоспарлау процесі екі кезеңнен тұрады:

- максималды қамту ауданын қалыптастыру;
- талап етілетін сыйымдылықты қамтамасыз ету.

LTE радио желісін жоспарлау ауылдық жерде жүргізіледі, бұл абоненттер тығыздығы жоғары еместігін және базалық станцияларды әр eNB-мен барынша үлкен аумақты қамту мақсатымен бір-бірінен максимал қашықтықта орналастыру керек. Осыған байланысты тиісті жиілік диапазонынтаңдау керек. Бұл жағдайда «жиілік төмен болған сайын, радиосигналдың таралу ұзындығы жоғары болады» деген ережені негізге алу керек. 791 – 862 МГц жиілік диапазоны бұл тапсырманы орындау үшін жеткілікті. Дуплекс түрін FDD жиіліктік деп таңдаймыз.

#### 3.1 Желінің өткізу қабілеттілігін және потенциалды абоненттер санын есептеу

Желінің өткізгіштік қабілетін, немесе сыйымдылығын, белгілі бір шарттарда ұяшықтың спектралды тиімділігінің орташа мәндеріне негізделе отырып бағалайды. LTE технологиясының негізінде жобаланып отырған кеңжолақты абоненттік қатынау желісінің қызметтерін тұтынатын потенциалды абоненттер санын есептей отырып, болашақта желіге түсетін жүктемені анықтауға болады. Мобильді байланыс жүйелерінің спектралды тиімділігі мәліметтер тарату жылдамдығының қолданылып отырған жиілік жолағының 1 Гц-іне қатынасы болып табылатын көрсеткішке (бит/с/Гц) тең. Спектралды тиімділік жиілік ресурсын пайдаланудың тиімділік көрсеткіші болып табылады, сонымен қатар берілген жиілік жолағында мәлімет тарату жылдамдығы ретінде сипатталады.

Спектралды тиімділік белгілі бір географиялық облыста (ұяшықта, аймақта) желінің барлық абоненттерінің мәліметтер тарату жылдамдығының жиілік жолағының 1 Гц-іне қатынасы (бит/с/Гц/ұяшық) ретінде, сонымен қатар максималды өткізу қабілеттілігінің бір жиіліктік арнаның жолақ еніне қатынасы ретінде де есептелінеді [3].

Әртүрлі MIMO конфигурациялары үшін 3GPP Release\_9 негізінде FDD дуплекстік жиіліктің түрі үшін жиілік жолағының ені 20 МГц-ке тең LTE желісі үшін орташа спектралды тиімділік 3.1 - кестеде көрсетілген.

Кесте 3.1 — LTE желісі үшін орташа спектралды тиімділік

Линия	MIMO сұлбасы	Орташа спектралды тиімділік (бит/с/Гц)
UL	1×2	1,254
	1×4	1,829
DL	2×2	2,93
	4×2	3,43
	4×4	4,48

FDD жүйесі үшін eNB-дің бір секторының орташа өткізу қабілеттілігі арна енінің спектралды тиімділікке көбейту жолымен алынады, Мбит/с,

$$R = S \cdot W, \quad (3.1)$$

мұндағы  $S$  – орташа спектралды тиімділік (бит/с/Гц);  
 $W$  – арна ені (МГц),  $W = 10$  МГц.

DL линиясы үшін,

$$R_{DL} = 3,43 \cdot 10 = 34,3.$$

UL линиясы үшін,

$$R_{UL} = 1,829 \cdot 10 = 18,29.$$

$R_{eNB}$  базалық станциясының орташа өткізу қабілеттілігі бір сектордың өткізу қабілеттілігінің базалық станцияның сектор санына көбейту арқылы есептелінеді; eNB сектор санын 3-ке тең деп қабылдап, келесі формуламен есептейміз, Мбит/с,

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} \cdot \quad (3.2)$$

DL линиясы үшін,

$$R_{eNB.DL} = 34,3 \cdot 3 = 102,9.$$

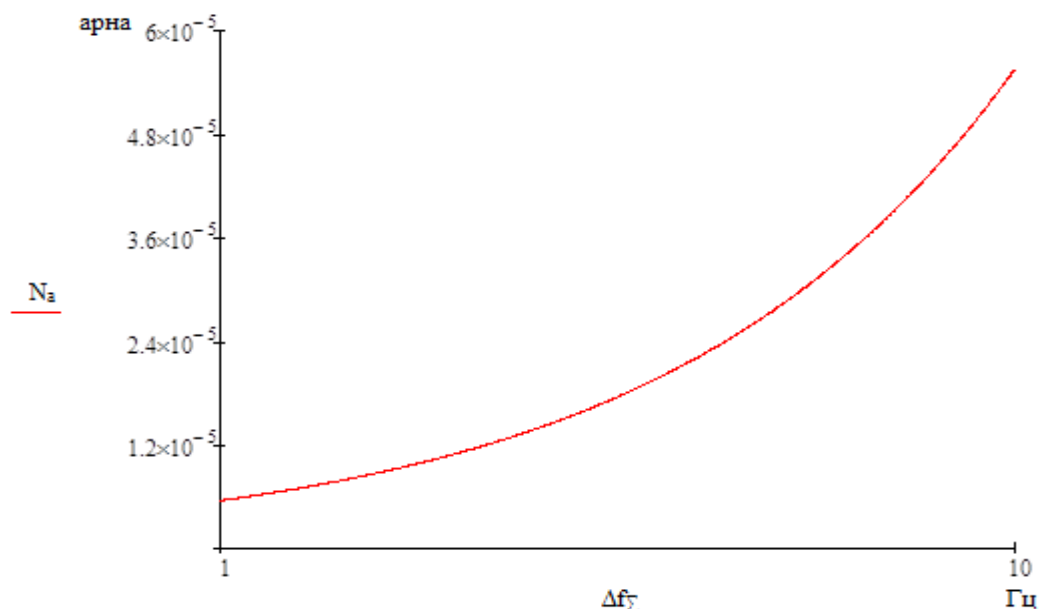
UL линиясы үшін,

$$R_{eNB.UL} = 18,29 \cdot 3 = 54,87.$$

Келесі кезеңде жобаланатын LTE желісінде ұяшық саны анықталады. Желідегі ұяшық санын есептеу үшін жобаланатын LTE желісін өрістету үшін белгіленген арналардың жалпы санын анықтау керек.  $N_a$  арналардың жалпы саны келесі формуламен анықталады:

$$N_a = \left[ \frac{\Delta f_{\Sigma}}{\Delta f_a} \right], \quad (3.3)$$

мұндағы  $\Delta f_{\Sigma}$  - 71 МГц-ке тең желі жұмысына берілген жиілік жолағы;  
 $\Delta f_a$  – бір радиоарнаның жиілік жолағы; LTE желілерінде радиоарна ретінде жиілік ені 180 кГц-ке тең РБ ресурс блок  $\Delta f_a = 180$  кГц түсініледі.



Сурет 3.1 – Арналардың жалпы санының жиілік жолағына тәуелділік графигі

3.1 - суретте арналардың жалпы санының жиілік жолағына тәуелділік графигі көрсетілген. Графикке көз салсақ,  $N_a$  арналардың жалпы саны  $\Delta f_{\Sigma}$  желі жұмысына берілген жиілік жолағына тура пропорционал өседі:

$$N_a = \frac{71000}{180} \approx 395 \text{ арна.}$$

Кейін бір ұяшықтың бір секторында абоненттерге қызмет көрсету үшін керекті  $N_{a.сек}$  арналар санын анықтаймыз, арна.

$$N_{a.сек} = \frac{N_a}{(N_{кл} \cdot M_{сек})}, \quad (3.4)$$

мұндағы,

$N_a$  – арналардың жалпы саны;

$N_{кл}$  – eNB секторлар санын есепке ала отырып таңдалған кластер өлшемділігін 3-ке тең;

$M_{сек}$  – eNB секторлар саны, 3-ке тең.

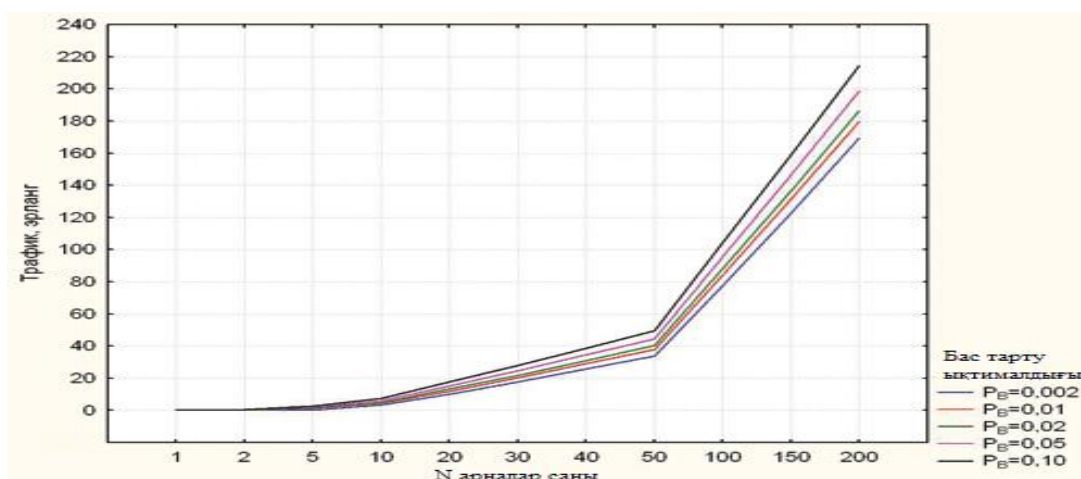
$$N_{a.сек} = \frac{395}{(3 \cdot 3)} \approx 44.$$

Бір ұяшықтың бір секторындағы трафик арналарының санын  $N_{a.m.сек}$  анықтаймыз. Трафик арналарының саны келесі формуламен есептелінеді:

$$N_{a.m.сек} = N_{a.m1} \cdot N_{a.сек}, \quad (3.5)$$

Мұндағы  $N_{a.m1}$  – радиокатынау стандартымен белгіленетін (OFDMA үшін  $N_{a.m1} = 1...3$ ) бір радиоарнадағы трафик арналарының саны; LTE желісі үшін  $N_{a.m1} = 1$  болады.

$$N_{a.m.сек} = 1 \cdot 44 = 44.$$



Сурет 3.2 — Сектордағы рауалы жүктеменің трафик арналарының саны мен түйықталу ықтималдылығына тәуелділік графигі

3.2 - суретінде график түрінде бейнеленген Эрланг моделіне сәйкес жоғарыда есептелген  $N_{a.t.сек}$  мәні мен 1%-ке тең түйықталу ықтималдығының рауалы мәні кезінде бір ұяшықтың секторында  $A_{сек}$  рауалы жүктемені анықтаймыз.  $A_{сек} = 50$  Эрл екенін анықтаймыз.

Бір eNB-мен қызмет көрсетілетін абоненттер саны келесі формуламен анықталады, абонент.

$$N_{аб.eNB} = M_{сек} \cdot \frac{A_{сек}}{A_1}, \quad (3.6)$$

мұндағы,

$A_1$  – бір абоненттен келіп түсетін трафиктің барлық түрлері бойынша орташа абоненттік жүктеме;

$A_1(0,04...0,2)$  Эрл мәндерге ие бола алады. Жобаланатын желі жоғары жылдамдықты мәліметтермен алмасу үшін пайдаланылғандықтан,  $A_1$  мәнін 0,2-

ге тең деп аламыз [15].

Қорыта келгенде:

$$N_{аб.еNB} = 3 \cdot \frac{50}{0,2} \approx 750.$$

Жобаланатын LTE желісінде eNB базалық станцияларының саны келесі формуламен есептелінеді:

$$N_{eNB} = \frac{N_{аб}}{N_{аб.еNB}} + 1, \quad (3.7)$$

мұндағы  $N_{аб}$  – потенциалды абоненттер саны.

Потенциалды абоненттер саны барлық тұрғындар санының 20%-ын құрайды. Қызылорда қаласына округтің тұрғындарының жалпы саны 20000 адамды құрайды. Осылайша, потенциалды абоненттер саны 4000 адамды құрайды, сол кезде:

$$N_{eNB} = \frac{4000}{750} + 1 \approx 7 \text{ станция.}$$

Жобаланатын желінің  $R_N$  жоспарланатын орташа өткізу қабілеттілігін eNB санын eNB-дің орташа өткізу қабілеттілігіне көбейту жолымен анықтаймыз. Формула келесідей түр қабылдайды, Мбит/с,

$$R_N = (R_{eNB.DL} + R_{eNB.UL}) \cdot N_{eNB}, \quad (3.8)$$

$$R_N = (102,9 + 54,87) \cdot 7 \approx 1104,39.$$

Бір абоненттің ҮЖС-де ортақ шамаланған трафигін анықтаймыз:

$$R_{Т.ЧНН} = \frac{T_{ОР} \cdot q}{N_{ЧНН} \cdot N_D}, \quad (3.9)$$

мұндағы  $T_{ОР}$  - бір айда бір абоненттің орташа трафигі,

$$T_{ОР} = 30 \text{ Гбайт/ай};$$

$q$  – ауылдық жерлер үшін коэффициент,  $q = 2$ ;

$N_{ЧНН}$  – бір күн ішіндегі ҮЖС саны,  $N_{ЧНН} = 7$ ;

$N_D$  – бір айдың ішіндегі күн саны,  $N_D = 30$ .

$$R_{Т.ЧНН} = \frac{30 \cdot 2}{7 \cdot 30} = 0,286.$$

ҮЖС-де жобаланатын желінің  $R_{ж/ЧНН}$  жалпы трафигін келесі формуламен



анықтаймыз, Мбит/с,

$$R_{жс/чнн} = R_{т.чнн} \cdot N_{бел.аб}, \quad (3.10)$$

мұндағы  $N_{бел.аб}$  – желідегі белсенді абоненттер саны; желідегі белсенді абоненттер саны  $N_{аб}$  потенциалды абоненттердің жалпы санының 80%-ін құрайды деп анықтаймыз, яғни  $N_{бел.аб} = 3200$  абонент.

$$R_{жс/чнн} = 0,286 \cdot 3200 = 914,286.$$

Осылайша,  $R_N > R_{жс/чнн}$ . Бұл шарт жобаланатын желі ҮЖС-де шамадан тыс жүктемеге тап болмайды [4].

LTE желісіндегі базалық станцияның өткізу қабілеттілігін есептеу үшін басында мәліметтерді ұйымдастыру құрылымымен танысу керек. Уақыт облысында мәліметтер он миллисекундалық (Radio frame) радиоұяшықтарда ұйымдастырылған. Әр мұндай ұяшықтар он бір-миллисекундалық (Subframe) ішкі ұяшықтардан тұрады. Ал олар өз кезегінде 0,5 мс ұзақтықты екі слотқа бөлінеді. Жиілік облысында мәліметтер 12 (Sub-carrier) ішкі тасымалдаушылар топтарына топтастырылған, әр қайсысы 15 кГц диапазонына ие, бұл сомада бір топқа 180 кГц-ті береді. Бір слот ұзақтықты он екі ішкі тасымалдаушылардан тұратын топ ресурстық блок (Resource Block) деп аталады. LTE желісінде ең кіші ресурстық бірлік бір слот ұзақтықты бір ішкі тасымалдаушы болып табылады және ресурстық элемент (Resource Element) деп аталады. Қорғаныс интервалының (Cyclic Prefix) түріне байланысты – қалыпты немесе ұлғаймалы, бір ресурстық блок сәйкесінше 84 немесе 72 ресурстық элементтерден тұрады. Модуляциялық техникасына байланысты бір ресурстық элемент алдында айтылғандай QPSK үшін 2 биттен, 16QAM үшін 4 биттен және 64QAM үшін 6 биттен тұруы мүмкін [7].

Осылайша, осы мәліметтер негізінде базалық станцияның максимал теориялық өткізу қабілеттілігін есептеу мүмкін. Егер біз базалық станцияға 64QAM модуляциясын және Cyclic Prefix стандартты қорғаныс интервалын қолдануына, 100 ресурстық блокқа сәйкес келетін 20 МГц максимал жиілік диапазоны бөлінді деп болжасақ, мәліметтер тарату жылдамдығын төмендегіше есептеуге болады. Әр 100 ресурстық блок 84 ресурстық элементтерден тұрады, олардың әрқайсысы өз кезегінде өзінде 6 бит ақпарат тасымалдайды. Ресурстық элемент ұзақтығы – 0,5 мс. Осылайша, базалық станцияның мәліметтерді тарату жылдамдығын есептейміз, Мбит/с,

$$R = (N_{PB} \cdot N_{PE} \cdot N_a) / t_{PE}, \quad (3.11)$$

мұндағы  $R$  – мәліметтерді тарату жылдамдығы, Мбит/с;

$N_{PB}$  – ресурстық блоктар саны;

$N_{PE}$  – ресурстық элементтер саны;

$N_a$  – ақпарат мөлшері, бит;

$t_{PЭ}$  – ресурстық элемент ұзақтығы, мбит/с [6].

$$R = (100 \cdot 84 \cdot 6) / 0,5 = 100,8 \text{ мс}$$

Алайда, бұл есептеуде барлық берілетін биттер, оның ішінде қателерді түзету жүйесінің (FEC) басқару биттері және базалық станциямен берілетін басқару ақпаратының биттері, ескерілгендіктен, есептелген мәліметтер тарату жылдамдығы пайдалы тарату жылдамдығынан асып түседі [6].

Мәліметтер таратудың лездік тұтынушылық жылдамдығы тұтынушыға бөлінген ресурстық блоктар санына, қолданылып отырған модуляцияға және кодтау дәрежесіне байланысты болады.

Кесте 3.2 – Базалық станцияның өткізу қабілеттілігінің көрсеткіштері

Параметр	Минимал мән	Мәні	Максимал мән
Ресурстық блоктар саны	6	15	100
Жиіліктік диапазон, МГц	1,4	3	20
Модуляция		QPSK	
Белгідегі биттер саны		2	
Кодтау дәрежесі		1/3	
Белгідегі ақпараттық биттер саны		0,667	
Қорғаныс интервалы		қалыпты	
Ресурстық блоктағы ресурстық элементтер саны		84	
PHSSH басқару белгілерінің саны	1	1	4
Сипаттамалық белгілер саны	8	8	24
Бір ресурстық блоктағы тұтынушы ақпаратына арналған ресурстық элементтер саны		74	
Өткізу қабілеттілігі, Мбит/с		1,48	

3.2 - кестесінде он бес ресурстық блокқа тең он бес ресурстық блокқа тең 3 МГц жиіліктік диапазонына ие базалық станцияның өткізу қабілеттілігінің көрсеткіштері көрсетілген. 1/3 кодтау дәрежелі QPSK модуляциясы қолданылады деп болжасақ, берілген базалық станцияның өткізу қабілеттілігі 1,48 Мбит/с құрайды. Базалық станция өз қарамағында он бес ресурстық блоктарға сәйкес жиілік жолағына ие бола отырып, бір мезгілде әрқайсысына бір ресурстық блок бөліп берумен максимум он бес абонентке қызмет көрсете алады. Осылайша, әр тұтынушыға шамамен 100 кбит/с мәліметтер тарату жылдамдықты арна беріледі.

Белгілі бір ресурстар саны базалық станциямен басқару ақпаратына беріледі. Осылай, PDCCH (Physical Downlink Control Channel) логикалық

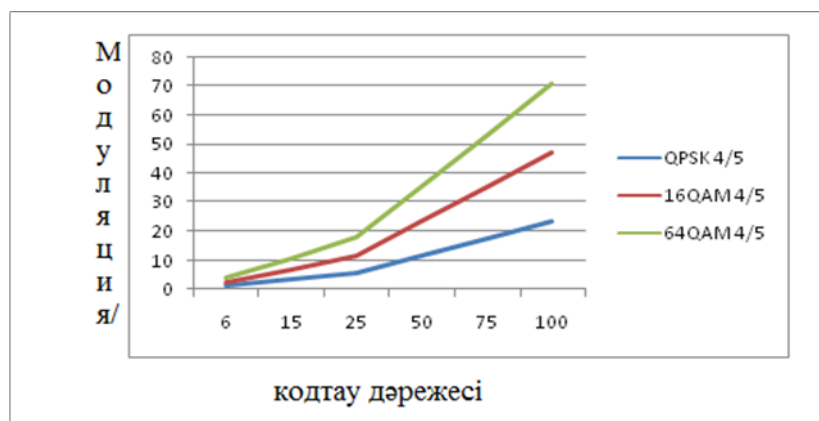
арнасына әр ішкі ұяшықтың бірінші слотында бірден үшке дейін (1,4 МГц минимал жиілік диапазоны жағдайында екіден төртке дейін) белгілер бөлініп берілуі мүмкін. Осылайша, басқару ақпараты бір ресурстық блокта барлық ақпараттан 7,14% – 28,5% алуы мүмкін.

Сондай-ақ ресурстар ресурстық блок бойынша бір қалыпты бөлініп берілген сипаттамалық белгілерге де бөлінеді және өзінде базалық станция жайлы ақпаратты тасымалдайды. Осындай белгілер саны 8, 12 немесе 24 құрауы мүмкін, нәтижесінде бір ресурстық блокта барлық белгілер санынан 4,8% – 14,3% алады [16].

3.3 - кестеде базалық станцияның әртүрлі жиілік диапазонына және фиксирленген кодтау дәрежесімен модуляциялық техникасына байланысты өткізу қабілеттілігі көрсетілген.

Кесте 3.3 – Базалық станцияның қолданылатын модуляцияға және кодтау дәрежесіне байланысты өткізу қабілеттілігі

Модуляция/кодтау дәрежесі	Ресурстық блоктар саны					
	6	15	25	50	75	100
QPSK 4/5	1,31	3,55	5,92	11,84	17,76	23,68
16QAM 4/5	2,61	7,1	11,84	23,68	35,52	47,36
64 QAM 4/5	3,92	10,66	17,76	35,52	53,28	71,04



Сурет 3.3 – Кодтау дәрежесі мен модуляциялық техникасының өткізу қабілеттілігіне әсері

3.3 - суретте кодтау дәрежесі мен модуляциялық техникасының өткізу қабілеттілігіне әсері көрсетілген. Қорыта айтып кетсек, ресурстық блоктар санының өткізу қабілеттілігіне тәуелділік графигі QPSK басқа модуляция түрлерінің арасында ең жақсы мәліметтерді тарату жылдамдықтарының

көрсеткіштерін көрсетіп отыр.

Кестеден көретіндей, мәлімет таратудың максимал мүмкін жылдамдығы шамамен 71 Мбит/с құрайды, бұл 100 Мбит/с мәлімделген максимал жылдамдықтан шамамен 30%-ке кем. Бұл шамамен ресурстардың үштен бірі тарату кезіндегі тұтынушы ақпаратын зақымданудан сақтау және жұмыс істеу радиусі ішіндегі барлық тұтынушыларға базалық станциямен берілетін басқару ақпараты үшін қолданылатынын білдіреді.

### 3.2 Бөлімшедегі жалпы өшулікті есептеу

Дипломдық жобалаудың келесі кезеңінде «Cisco ME 3600X 24CX» коммутаторымен «Cisco 7603 OSR» маршрутизаторы арасындағы жобаланатын транспорттық желінің бөлімшелерінің бірінде жалпы өшулікті анықтаймыз. Желі бөлімшесіндегі  $a_{\Sigma}$  жалпы жоғалтулар келесі формуламен есептеледі, дБ,

$$a_{\Sigma} = n_{a.қ} \cdot a_{a.қ} + n_{a-м.қ} \cdot a_{a-м.қ} + a_m + a_y, \quad (3.12)$$

мұндағы  $n_{a.қ}$  – ажырайтын қосылыстар саны,  $n_{a.қ} \approx 3$ ;  
 $a_{a.қ}$  – ажырайтын қосылыстардағы жоғалтулар,  $a_{a.қ} \approx 0,6$  дБ;  
 $n_{a-м.қ}$  – ажырамайтын қосылыстар саны;  
 $a_{a-м.қ}$  – ажырамайтын қосылыстардағы жоғалтулар,  $a_{a-м.қ} \approx 0,02$  дБ;  
 $a_m$  – оптикалық талшықтың өшулігінің температуралық өзгеруіне рұқсат етілген шек,  $a_m = 1$  дБ;  
 $a_y$  – уақыт бойынша құрауыштар сипаттамаларының өзгеруіне рұқсат етілген шек,  $a_y \approx 5$  дБ [11].

Ажырамайтын қосылыстар саны келесі формуламен есептеледі:

$$n_{a-м.қ} = \frac{L_{\delta}}{L_{к.у}} - 1, \quad (3.13)$$

мұндағы  $L_{\delta}$  – бөлімше ұзындығы,  $L_{\delta} \approx 9$  км;  
 $L_{к.у}$  – кабельдің құрылыстық ұзындығы,  $L_{к.у} = 2$  км [12].

$$n_{a-м.қ} = \frac{9}{2} - 1 \approx 3,$$

$$a_{\Sigma} = 3 \cdot 0,6 + 3 \cdot 0,02 + 1 + 5 \approx 7,8 \text{ дБ}$$

«Cisco ME 3600X 24CX» коммутаторы мен «Cisco 7603 OSR» маршрутизаторы арасындағы жобаланатын транспорттық желінің бөлімшелердің бірінде жалпы өшулік 7,8 дБ-ге тең болды.

### 3.3 Электрқуаттандыру жабдығының параметрлерін есептеу

Дипломдық жобаның бұл бөлімінде тұтыну қуатын, айнымалы токтың үзіліссіз қуаттандыру көзін және автоматты сөндіргіштердің және есепке алу топтарын есептеу жұмыстары жүргізіледі.

3.3.1 Тұтыну қуатын есептеу. Айнымалы токтың ( $P_{AC}$ ) қуатын табу үшін ( $P_{DC}$ ) тұрақты токтың қуатын түзеткіш қондырғылардың (ПӘК) пайдалы әсер коэффициентіне (0,8 – 0,9) бөлу керек. Тұтыну қуатын есептеу үшін бастапқы деректер 3.4 - кестеде көрсетілген.

Кесте 3.4 – Қуатты есептеу үшін бастапқы деректер

Жабдық	Саны, дана	Тұтыну қуаты, Вт	$P_{AC}/P_{DC}$
«Flexi Multiradio» (PM) радиомодулі	3	790	$P_{AC}$
«CiscoME 3600 X 24CX» (КОМ) коммутаторы	1	228	$P_{DC}$

Айнымалы токтың ( $P_{AC}$ ) қуатын келесі формуламен есептейміз, Вт,

$$P_{AC} = P_{DC}/0,8, \quad (3.14)$$

$$P_{КОМ} = 228/0,8 = 285.$$

Жабдықпен тұтынылатын РЖ жалпы қуатын табу үшін келесі формуланы пайдаланамыз:

$$P_{Ж} = P_{PM} + P_{КОМ}; \quad (3.15)$$

мұндағы  $P_{PM}$ – радиомодуль тұтынатын қуат, Вт,

$P_{КОМ}$ – коммутатор тұтынатын, Вт [14].

$$P_{Ж} = 790 + 285 = 1075.$$

$I_{Ж}$  жүктеме тоғының мәні келесі формуламен есептеледі, А,

$$I_{Ж} = P_{Ж}/U_{К}, \quad (3.16)$$

мұндағы  $U_{К}$  – қуаттандыру кернеуінің мәні,  $U_{К} = 220$  В,

$$I_{Ж} = 1075/220 = 4,8.$$

Айнымалы токтың үзіліссіз қуаттандыру көзін есептеу. Байланыстың

жобаланатын сұлбасы электр қоректенудің екінші санатына жатады. Екінші санатқа электр энергиямен қамтамасыз етудегі үзіліс тұрғындардың елеулі санының қалыпты қызмет етуінің бұзылуына әкеп соқтыратын байланыс жүйелері жатады.

Электрқуаттандырудың екінші санатты байланыс жүйелері үшін номиналды ауытқудан қуаттандыру кернеуінің рауалы ауытқуы және қоректенудің рауалы қалпына келу уақыты бойынша электр энергиямен қамтамасыз ету сенімділігіне қойылатын талаптар электрқуаттандырудың бірінші санатына сияқты онша қатты емес. Сондықтан оларға қалпына келтіру уақытына үзіліссіз қуаттандыру көздерінен қосымша қуаттандыру және кернеуді тұрақтандыру шаралары жүргізілмейді.

Үзіліссіз қуаттандыру көзі төрт сағат ішінде жабдықтың автономды жұмысын қамтамасыз ету керек.

Базалық станцияны электр қуаттандырудың осы берілген сұлбасында аккумуляторлардың батареяларын (On Line) тұрақты қосылдырып тұратын қызметі бар айнымалы тоқтың үзіліссіз қуаттандыру көзі қолданылады. Берілген үзіліссіз қуаттандыру көздерінде кіріс кернеу түзетіледі және аккумуляторлық батарея мәніне дейін төмендетіледі. Дәл осы кернеу ендік-импульстік модуляциялау жолымен тұрақтандырылған синусоидалды кернеу қалыптасатын инвертордың кірісіне түседі [14].

Шартты ортаның 25°C температурасы мен қуатсызданудың төрт сағатты режимі іске келтірілген  $C$  аккумуляторлардың қажетті сыйымдылықты келесі формуламен есептейміз:

$$C = \frac{I_{ж} \cdot t_{к}}{(\eta_{Q} + k_t \cdot (t_{o} - t_{\Delta}))}, \quad (3.17)$$

мұндағы  $C$  – аккумулятордың номиналды сыйымдылығы;  
 $I_{ж}$  – жүктеме тоғы;  
 $t_{к}$  – қуатсыздану уақыты;  
 $\eta_{Q}$  – сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициенті;  
 $t_{\Delta}$  – электролит температурасы;  
 $k_t$  – аккумулятордың сыйымдылығының температуралық коэффициенті.

Қуатсыздану тоғын  $I_{куат/c}$  келесі формуламен анықтаймыз:

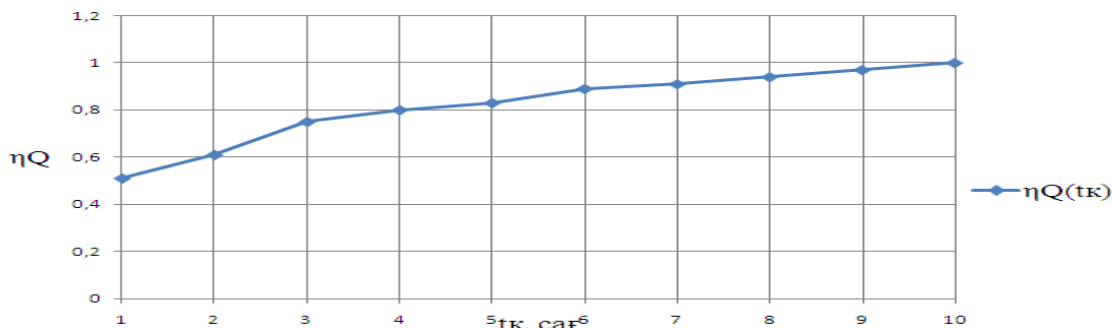
$$I_{куат/c} = I_H = 4,8 \quad (3.18)$$

Сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициентін  $\eta_Q$  3.5 - кестеден анықтаймыз.

Кесте 3.5 – Сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициент мәні

$t_k, \text{сағ}$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\eta_Q$	1	0,97	0,94	0,91	0,89	0,83	0,8	0,75	0,61	0,51

Сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициент мәнін уақытқа тәуелділік графигін 3.4 - суретте көрсетеміз.



Сурет 3.4 – Сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициентінің уақытқа тәуелділік графигі

3.4 - суретте сыйымдылық бойынша қайтарым коэффициентінің уақытқа тәуелділік графигі көрсетілген. Қорытындыласақ, қайтарым коэффициенті уақытқа тура пропорционал.

Қуатсыздану уақыты төрт сағат болғандықтан,  $\eta_Q = 0,8$ .

Аккумулятордың сыйымдылын  $C$  анықтаймыз:

$$C = \frac{4,8 \cdot 4}{0,8 \cdot (1 + 0,008 \cdot (25 - 20))} = 4,76 \text{ Ач.}$$

Автоматты сөндіргіштердің және есепке алу топтарын есептеу. Жоба бойынша төрт құрылғы топтары қарастырылған. Автоматты сөндіргіштер мен есепке алу топтарын есептеу үшін берілген мәліметтер 3.6 - кестеде көрсетілген.

Кесте 3.6 – Берілген мәліметтер

Топ нөмірі	Құрылғы құрамы	Тұтыну қуаты, Вт	Жүктеме тоғы $I_{Ж}$ , А
1	айнымалы тоқ ҮҚК	1050	4,8
2	жарықтандыру	300	1,4
3	желдеткіш	300	1,4
4	жылыту	400	1,8

Жүктеменің жалпы тоғы  $I_{Ж}$  мына формула бойынша есептеледі, А,

$$I_{Ж} = I_{Ж1} + I_{Ж2} + I_{Ж3} + I_{Ж4}, \quad (3.19)$$

$$I_{Ж} = 4,8 + 1,4 + 1,4 + 1,8 = 9,4$$

Осылайша, максималды қуаты 50А бар есептегіш таңдалып алынады.

Автоматты сөндіргіштің қуат көзі жүктегіш қуат көзіне қарағанда 1,25 есе көп алынады және мына формула бойынша анықталады:

$$I_{ав.сөн.қос} = I_{Ж} \cdot 1,25, \quad (3.20)$$

$$I_{ав.сөн.қос1} = 4,8 \cdot 1,25 = 3,25,$$

$$I_{ав.сөн.қос2} = 1,4 \cdot 1,25 = 1,75,$$

$$I_{ав.сөн.қос3} = 1,4 \cdot 1,25 = 1,75,$$

$$I_{ав.сөн.қос4} = 1,8 \cdot 1,25 = 2,25.$$

Алынған мәндерге байланысты 3.7 - кестеде көрсетілген автоматты сөндіргіштердің түрін таңдаймыз [13].

Кесте 3.7 – Автоматты сөндіргіштердің түрлері

Топ нөмірі	Автоматты сөндіргіштер түрі
1	ВА47 – 29 1Р 8А
2	ВА47 – 29 1Р 2А
3	ВА47 – 29 1Р 2А
4	ВА47 – 29 1Р 3А

### 3.4 Жерге тұйықтау контурін есептеу

Қорғаныстық жерге тұйықтау есептеуінің мақсаты – жерге тұйықтау кедергісінің тиісті нормасын қамтамасыз ету үшін жерге тұйықтау электродтарының санын анықтау.

Меншікті кедергісі 100 Ом ×м-ға тең топырақ үшін ( $\rho_T = 100$  Ом×м, саз үшін) қорғау жерге тұйықтаудың кедергі нормасы 4 Ом-нан аспау керек.

Осы норманы қамтамасыз ету үшін 50x50x5 қималы және 5 м ұзындықты бұрыштық болаттан жеке көп электродты жерге тұйықтау құрылғылары қолданылады.

Егер жеке жерге тұйықтауыш кедергісі нормадан асып түссе, онда көп электродты жерге тұйықтауыш қолданылады.

Жерге тұйықтауыш қондырғысының кедергісін анықтау үшін 3.21 формуласы бойынша  $R_{ж.жет}$  жеке жерге тұйықтауыштың кедергісі есептеледі:



$$R_{ж.эст} = 0,366 \frac{\rho_{есен.м}}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right) \quad (3.21)$$

мұндағы  $\rho_{есен.м}$  – тік жерге тұйықтауыш үшін топырақтың есептік меншікті кедергі, Ом×м;

$l$  және  $d$  – өзектің сәйкесінше ұзындығы мен диаметрі, м;

$t$  – электродтың тереңдеуі (жер бетінен электрод ортасына дейінгі қашықтық), м [11].

Тік жерге тұйықтауыш үшін топырақтың есептік меншікті кедергі келесі формуламен анықталады, Ом×м,

$$\rho_{есен.м} = K_{М.Т} \cdot \rho_m, \quad (3.22)$$

мұндағы  $K_{М.Т}$  - тік электродтардың маусымдық коэффициенті ( $K_{М.Т} = 1,8$ ),  
 $\rho_{есен.м} = 1,8 \cdot 100 = 180$ .

Жерге тұйықтау кедергісіне климаттық шарттардың әсер етуін азайту үшін жерге тұйықтауыштың үстінгі бөлігін топырақта 0,7 м тереңдікте орналастырады. Демек, өзектің тереңдеуін келесі формуламен анықтауға болады, м,

$$T = (l/2) + t, \quad (3.23)$$

$$T = (5/2) + 0,7 = 3,2.$$

3.21 - формуласы бойынша жеке электродтың кедергісін  $R_{ж.эст}$  есептейміз ( $l$  ұзындығын 5 м деп аламыз;  $d = 0,05$  м):

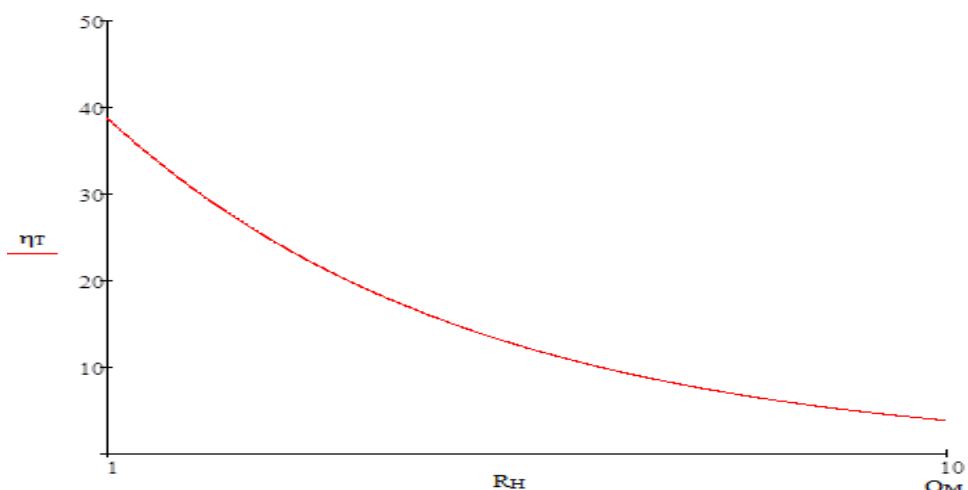
$$R_{ж.эст} = 0,366 \frac{180}{5} \left( \lg \frac{2 \cdot 5}{0,05} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) \approx 32,94 \text{ Ом.}$$

3.24 - формуласы бойынша жалғау жолағының кедергісін есептемей тік электродтардың жуық санын есептейміз:

$$n_T = \frac{R_{ж.эст}}{R_H \cdot \eta_T}, \quad (3.24)$$

мұндағы  $\eta_T$  – тік электродтарды қолдану коэффициенті ( $\eta_T = 0,85$ );

$R_H$  – жерге тұйықтау құрылғысының тоғының жайылуына қарсы нормаланатын кедергі ( $R_H = 4$  Ом).



Сурет 3.5 – Тік электродтарды қолдану коэффициентінің нормаланатын кедергіге тәуелділік графигі

3.5 - суретте тік электродтарды қолдану коэффициентінің нормаланатын кедергіге тәуелділік графигі көрсетілген. Қорытындылай кетсек,  $\eta_T$  – тік электродтарды қолдану коэффициенті  $R_H$  жерге тұйықтау құрылғысының тоғының жайылуына қарсы нормаланатын кедергіге кері пропорционал болады.

Тік электродтардың жуық саны келесідей болады:

$$n_T = \frac{32,94}{4 \cdot 0,85} \approx 10,$$

Жалғау жолағының ұзындығын (тік жерге тұйықтауыштар арасындағы  $a$  қашықтығын 5 м деп аламыз) келесі формуламен анықтаймыз, м,

$$l_{Ж} = (n_T - 1) \cdot a, \quad (3.25)$$

$$l_{Ж} = (10 - 1) \cdot 5 = 45.$$

Көлденеңінен төселген тікбұрышты қималық болат жолақты жерге тұйықтауыш кедергісі келесі формуламен анықталады:

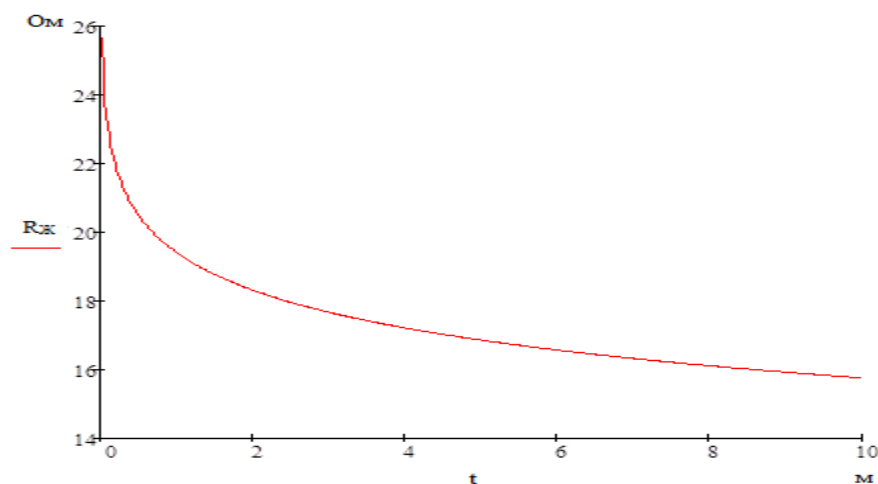
$$R_{Ж} = 0,366 \frac{\rho_{есеп.к}}{l_{Ж}} \lg \frac{2 \cdot l_{Ж}^2}{b \cdot t}, \quad (3.26)$$

мұндағы  $\rho_{есеп.к}$  - көлденең жерге тұйықтауыш үшін есептік меншікті кедергі, Ом, м;

$l_{Ж}$  – жолақ ұзындығы, м;

$b$  – жолақ ені, м ( $b=0,02$  м);

$t$  – жолақ тереңдеуінің тереңдігі, м.



Сурет 3.6 – Болат жолақты жерге тұйықтауыш кедергісінің жолақ тереңдеуінің тереңдігіне тәуелділік графигі

3.6 - суретте болат жолақты жерге тұйықтауыш кедергісінің жолақ тереңдеуінің тереңдігіне тәуелділік графигі көрсетілген. Тұрғызылған графикке қорытынды айтатын болсақ,  $R_{ж}$  көлденеңінен төселген тікбұрышты қималық болат жолақты жерге тұйықтауыш кедергісі  $t$  жолақ тереңдеуінің тереңдігіне кері пропорционал болғандықтан, тереңдік өскен сайын, жерге тұйықтауыш кедергісінің мәні кәми береді.

3.27-формуласымен көлденең жерге тұйықтауыш үшін есептік меншікті кедергіні анықтаймыз, Ом×м,

$$\rho_{есеп.к} = K_{М.К} \cdot \rho_m, \quad (3.27)$$

мұндағы  $\rho_{есеп.к}$  - көлденең электродтардың маусымдық коэффициенті ( $K_{М.К}=4,5$ ).

$$\rho_{есеп.к} = 4,5 \cdot 100.$$

Сонда көлденең жерге тұйықтауыштың кедергісі келесі мәнге ие болады:

$$R_{ж} = 0,366 \frac{450}{45} \lg \frac{2 \cdot (45)^2}{0,02 \cdot 0,7} = 20,13 \text{ Ом.}$$

Тік электродтардан және жалғау жолақтардан тұратын жерге тұйықтау құрылғылар тізбегінің жалпы кедергісін келесі формуламен анықтаймыз, Ом,

$$R_{ж} = \frac{R_{ж} \cdot R_{ж.эст}}{R_{ж.эст} \cdot \eta_K + n_T \cdot R_{ж} \cdot \eta_T}, \quad (3.28)$$

мұндағы  $R_{ж}$  – көлденең жолақтың (өзектің) кедергісі;  
 $R_{ж.эст}$  – тік электрод (өзектің) кедергісі;  
 $n_T$  – тік электрод (өзектің) саны;  
 $\eta_T$  – тік жерге тұйықтаушы қолдану коэффициенті,  $\eta_T = 0,85$ ;  
 $\eta_K$  – көлденең жерге тұйықтаушы қолдану коэффициенті,  
 $\eta_K = 0,80$ .

Тік электродтардан және жалғау жолақтардан тұратын жерге тұйықтау құрылғылар тізбегінің жалпы кедергісі келесідей болады, Ом:

$$R_{ж} = \frac{20,13 \cdot 32,94}{32,94 \cdot 0,8 + 10 \cdot 20,13 \cdot 0,85} = 3,3 \quad \text{Ом.}$$

Осы бөлімде жерге тұйықтау контуры есептелінді, атап айтқанда, тік жерге тұйықтаушылардың саны есептелінді, тік электродтардан және жалғау жолақтарды есепке ала отырып контур кедергісін есептеу жүргізілді. Контурдың жалпы кедергісі  $R_{ж}$  нормаланған мәндерден  $R_{ж}$  ( $3,3 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$ ) аспайды, демек, жобаланатын объектілер қызмет көрсететін персоналдың денсаулығына қауіп төндірмейді [12].

### 3.5 LTE желісі үшін радиоқамту аймақтарын есептеу

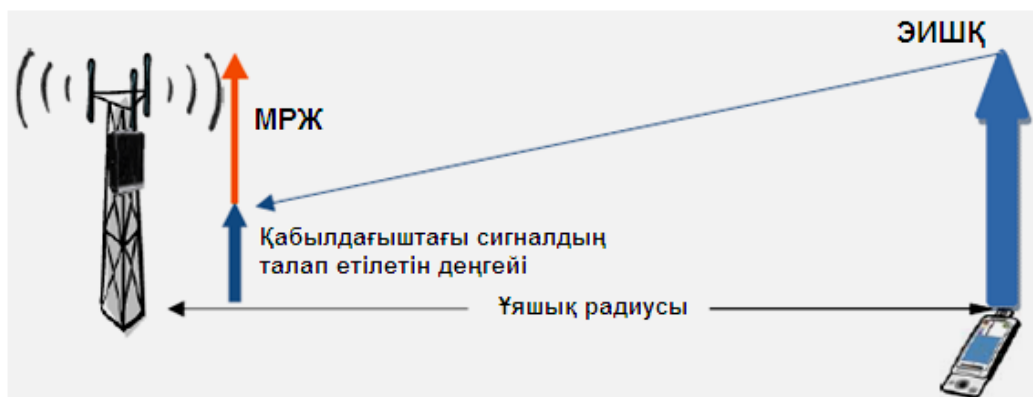
LTE радио желілерін жоспарлау процесінде басқа сымсыз радио қатынаутехнологияларын жоспарлау процесінен бірқатар өзгешеліктер бар. Басты өзгешелік – OFDM технологиясы негізінде көп станциялық қатынаудың жаңа түрін қолдану, осыған байланысты жаңа ұғымдар пайда болады және жобалау алгоритмдері өзгереді. Радио желіні жоспарлау процессі екі кезеңнен тұрады.

LTE радио желісін жоспарлау ауылдық жерде жүргізіледі, бұл абоненттер тығыздығы жоғары еместігін және базалық станцияларды әр eNB-мен барынша үлкен аумақты қамту мақсатымен бір-бірінен максимал қашықтықта орналастыру керек. Осыған байланысты тиісті жиілік диапазонын таңдау керек. Бұл жағдайда «жиілік төмен болған сайын, радиосигналдың таралу ұзындығы жоғары болады» деген ережені негізге алу керек. 791 – 862 МГц жиілік диапазоны бұл тапсырманы орындау үшін жеткілікті. Дуплекс түрін FDD жиіліктік деп таңдаймыз [1].

Радиоқамтуды талдау. Радиоқамтуды талдауды линиядағы максимал рауалы жоғалтуларды (МРЖ) есептеуден бастаймыз. МРЖ таратқыштың эквивалентті изотропты шағылған қуаты (ЭИШҚ) мен байланыс арнасындағы барлық жоғалтуларды есептей отырып қабылдағышта сигналдың қалыпты

демодуляциясын қамтамасыз ету кезіндегі қабылдағыштың кірісіндегі сигналдың минимал қажетті қуаты арасындағы айырма ретінде есептелінеді.

МРЖ есептеу принципі 3.5-суретінде көрсетілген.



Сурет 3.5 – МРЖ есептеу принципі

Есептеу кезінде келесі параметрлерді қолданамыз:

- жүйелік жолақ: 20 МГц; FDD үшін = 10/10 (DL/UL);
- eNB – әр секторда бір TRX, TRX шығыс қуаты = 40 Вт (46 дБм); DL линиясында MIMO 2×2 режимінде жұмыс істейді;
- UE – абоненттік терминал – USB-модем, класс 4 – ЭИШҚ 33 дБм;
- кадр ұзақтығының тәуелділігі DL/UL: 100%/100%.

Максимал рауалы жоғалтуларды есептеу келесі формуламен есептелінеді:

$$L_{MRJ} = P_{T,ЭИШҚ} - S_{K,C} + G_{T,K} - L_{T,Ф} - M_{ену} - M_{бөг} - M_{көл} + G_X, \quad (3.29)$$

мұндағы  $P_{T,ЭИШҚ}$  – таратқыштың эквивалентті изотропты шағылған қуаты;

$S_{K,C}$  – қабылдағыш сезімталдығы;

$G_{T,K}$  – таратқыш антеннасының күшейту коэффициенті,  $G_{T,K}$ :

DL = 18 дБи, UL = 0 дБи;

$L_{T,Ф}$  – таратқыштың фидерлі трактіндегі жоғалтулар,  $L_{T,Ф}$ :

DL = 0,3 дБ;

$M_{ену}$  – ауылдық жерлердегі ғимаратқа сигналдың енуі қоры,

$M_{ену} = 12$  дБ;

$M_{бөг}$  – бөгеуіл қоры.  $M_{бөг}$  көршілес ұяшықтан түсетін жүктемеге тәуелділікті жүйелік деңгейді модельдеу нәтижелері бойынша анықталады;  $M_{бөг}$  мәні көршілес ұяшықтағы 70% жүктемеге сәйкес келеді.  $M_{бөг}$ : DL = 6,4 дБ;

UL = 2,8 дБ;

$M_{көл}$  – сигналдың көлеңкелік қоры.  $M_{көл}$ : DL = 8,7 дБ; UL = 8,7 дБ;

$G_X$  – хэндовердан ұтыс. Хэндовердан ұтыс мәні - қызмет көрсетілетін ұяшықта терең қатып қалулар пайда болу кезінде абоненттік терминал қабылдаудың жақсы сипаттамалары бар ұяшыққа хэндоверді іске асыра алудың нәтижесі.  $G_X = 1,7$  дБ [7].

$P_{T,ЭИШҚ}$  келесі формуламен есептелінеді, дБм,

$$P_{T.ЭИШҚ} = P_{T.ШЫҒ} + G_{Т.К} - L_{Т.Ф}, \quad (3.30)$$

мұндағы  $P_{T.ШЫҒ}$  – таратқыштың шығыс қуаты. LTE желісінде DL линиясындағы  $P_{T.ШЫҒ}$  сайттың жиілік жолағының 1,4-тен 20 МГц-ге дейінгі аралықта болатын еніне тәуілді болады. 5 МГц-ге дейін 20 Вт (43 дБм) қуатпен TRX таратушыларын таңдаған жөн, 5 МГц-тен жоғары – 40 Вт (46 дБм).  $P_{T.ШЫҒ}$ : DL = 46 дБм, UL = 33 дБм.

DL линиясы үшін:

$$P_{T.ЭИШҚ} = 46 + 18 - 0,3 = 63,7.$$

UL линиясы үшін:

$$P_{T.ЭИШҚ} = 33.$$

$S_{К.С}$  келесі формуламен есептелінеді, дБм,

$$S_{К.С} = P_{К.ЖШ} + M_{К.СШ} + L_{К.Ш}, \quad (3.31)$$

мұндағы  $P_{К.ЖШ}$  – қабылдағыштың жылулық шуының қуаты,  $P_{К.ЖШ}$ : DL = -174,4 дБм, UL = -104,4 дБм;

$M_{К.СШ}$  – қабылдағыштың талап етілетін сигнал/шу қатынасы.  $M_{К.СШ}$  мәні «Enhanced Pedestrian A5» арнасының моделі үшін алынған.  $M_{К.СШ}$ : DL = -0,24 дБ; UL = 0,61 дБ;

$L_{К.Ш}$  - қабылдағыштың шу коэффициенті,  $L_{К.Ш}$ : DL = 7 дБ, UL = 2,5 дБ.

DL линиясы үшін,

$$S_{К.С} = -174,4 + (-0,24) + 7 = -167,64 \text{ дБм}$$

UL линиясы үшін,

$$S_{К.С} = -104,4 + 0,61 + 2,5 = -101,29 \text{ дБм}$$

(3.30) и (3.31) формуласынан шыққан нәтижелер көмегімен МРЖ мәнін есептейміз, дБ,

DL линиясы үшін,

$$L_{МРЖ} = 63,7 - (-167,64) - 12 - 6,4 - 8,7 - 1,7 = 205,94.$$

UL линиясы үшін:

$$L_{\text{МРЖ}} = 33 - (-101,29) + 18 - 0,4 - 12 - 6,4 - 8,7 + 1,7 = 126,5.$$

DL және UL линияларына алынған МРЖ-ның екі мәнінен ұяшықтың радиусын және байланыс қашықтығын есептеу үшін минималды мәнін аламыз. Байланыс қашықтығының шектеу линиясы төбеге көтеру линиясы болып табылады.

Байланыс қашықтығын есептеу үшін Okumura – Nata радиотолқынның таралуының эмпирикалық моделін қолданамыз. Okumura – Nata моделінде қалалық жағдайында радиосигналдың орташа өшуін есептеу үшін келесі формуламаны қолданылады .

$$L_{\Gamma} = 69,5 + 26,16 \cdot \lg f_c - 13,82 \cdot \lg h_t - A(h_r) + (44,9 - 6,55 \cdot \lg h_t) \cdot \lg d \quad (3.32)$$

Ауылдық жерлерге формулада түзетулер жасалынады:

$$L_C = L_{\Gamma} - 4,78 \cdot (\lg f_c)^2 - 17,33 \cdot \lg f_c - 40,94, \quad (3.33)$$

мұндағы  $f_c$  – 150-ден 1500 МГц-ке дейінгі жиілік;  
 $h_t$  – таратушы антеннаның биіктігі (eNB аспалы орны) 30-дан 300 метрге дейін;  
 $h_r$  – қабылдаушы антеннаның биіктігі (мобильді қондырғының антенналары) 1-ден 10 метрге дейін;  
 $d$  – ұяшық радиусы 1-ден 20 км-ге дейін;  
 $A(h_r)$  – жер бедеріне байланысты болатын қозғалмалы объектің антеннасының биіктігіне түзету коэффициенті.

Есептеулерге параметрлерді таңдаймыз:

$$f_c = 800 \text{ МГц};$$

$$h_t = 30 \text{ метр};$$

$$h_r = 2 \text{ метр}.$$

Ауылдық жерлерге түзету коэффициенті  $A(h_r)$  келесі формуламен есептеледі:

$$A(h_r) = (1,1 \cdot \lg f_c - 0,7) \cdot h_r - (1,56 \cdot \lg f_c - 0,8), \quad (3.34)$$

$$A(h_r) = (1,1 \cdot \lg 800 - 0,7) \cdot 2 - (1,56 \cdot \lg 800 - 0,8) = 1,258.$$

Ұяшықтың радиусын (3.32) және (3.33) формулаларынан есептеп,  $d \approx 6$  км-ге тең болды.

Үш секторлы сайттың қамтуының  $S_{eNB}$  ауданын келесі формуламен есептейміз

$$S_{eNB} = 9 \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot d^2, \quad (3.35)$$

$$S_{eNB} = 9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot 6^2 \approx 70,15 \text{ м}$$

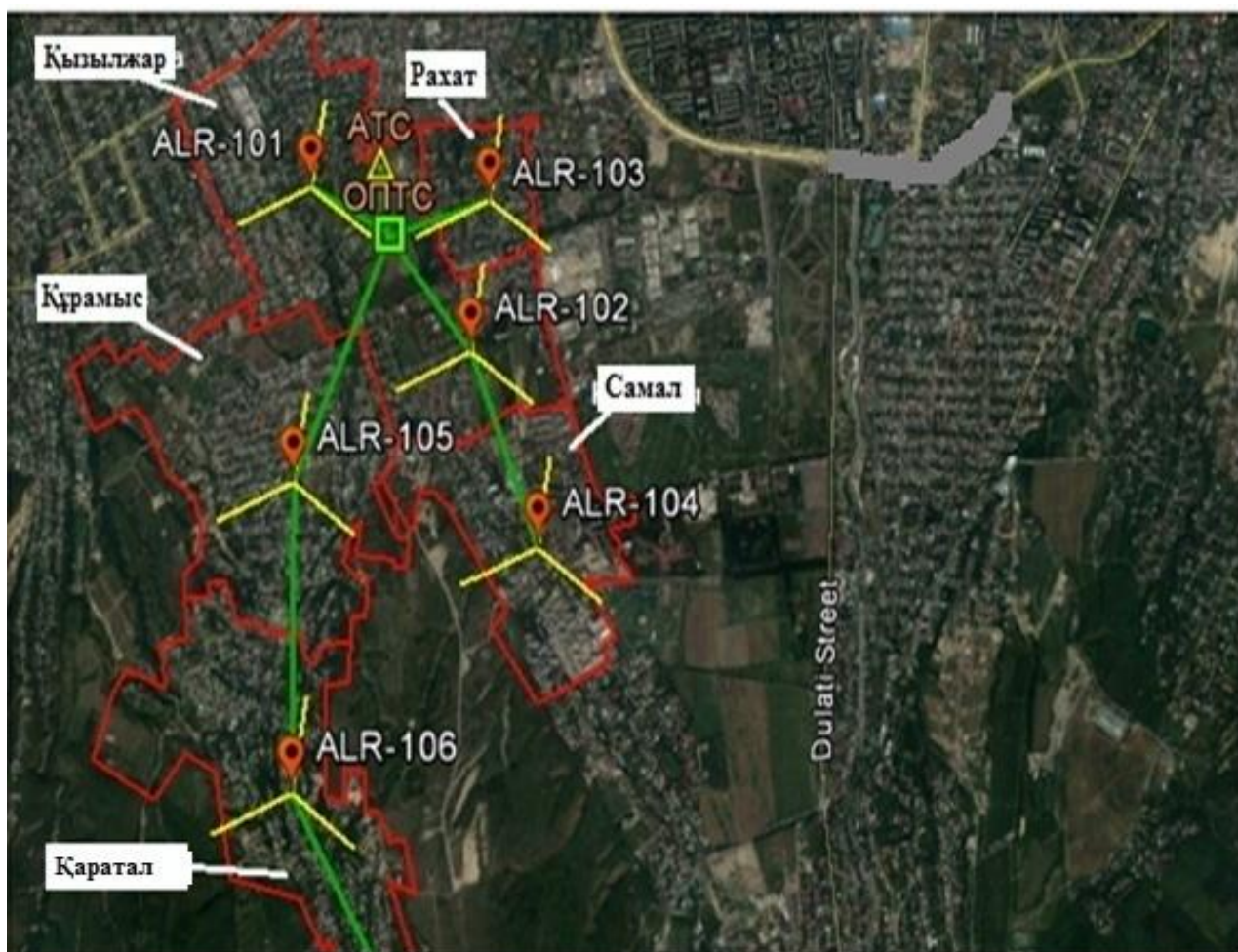
### 3.6 Жиілік-аумақтық бөлу және eNB-нің ситуациялық орналасуы

Абоненттік қатынаудың жылжымалы радиобайланыс желілерін жобалаудың басты кезеңі болып жиілік-аумақтық жобалау кезеңі табылады, оның нәтижесінде желі құрылымы, базалық станцияларды орнату орындары, базалық станциялар үшін радиоарналарды үлестіру жоспары құрылады, қызмет көрсетілетін зонаның жиіліктік мен аумақтық шектеулерінің шарттарына жоспарларды бейімдеу жұмыстары жүргізіледі.

Жобаланатын аумақта тұрғындардың тығыз орналасқан аудандарды орнықты радиосигналмен қамтамасыз ету үшін қажетті eNB базалық станцияларының минималды саны 7 дана болып табылады. Осылайша, барлық eNB-лері төмендегі сипаттамаларға ие болатын желі құрылады:

- әрбір таратқыштың қуаты: 40 Вт;
- антеннаның аспалы орнының биіктігі: 30 метр;
- TRX қабылдау-таратқыштарының саны: 3 (әрбір секторға біреуден);
- бір сектор үшін жүйелік жолақ: 20 МГц (10 МГц «жоғары» линиясы үшін және 10 МГц «төмен» линиясы);





Сурет 3.4 – eNB-ді орналастырудың ситуациялық жоспары

Бірінші кезекте, желіні жоспарлауда Қызылорда қаласы аумағындағы eNB базалық станциясының орналасу жоспарын құру қажет. Жобалаудың мақсаты Қызылорда қаласы округінің аумағын жаппай радиоқамту болып табылмайды. Аталған жобадағы басты мақсат – тұрғындардың тығыз орналасқан жерлерді орнықты радиосигналмен қамтамасыз ету болып табылады. Осы шарттарға байланысты сондай-ақ аумақтың жер бедерін ескере отырып базалық станцияларды орналастырамыз. eNB-ді орналастырудың ситуациялық жоспары 3.4 - суретте көрсетілген.

Жиіліктік жоспар құрамыз. Жобаланатын желіге 791-862 МГц жиілік жолағы бөлінген, жиілік спектрінің ені 71 МГц құрады. eNB-дің әрбір секторына 20 МГц бөлу қажет. Осылайша, бар спектр ені 20 МГц-тен үш бөлікке бөлінеді, бұған түрлі секторлардың сигналдарының бөгеуілдерін болдырмау үшін қосымша қорғаныстық жиілік жолақтары қосылады. Спектрдің әрбір үш бөлігіне шартты нөмір береміз және жиіліктік жоспар құрылуының нәтижелерін 3.8 - кестеге енгіземіз.

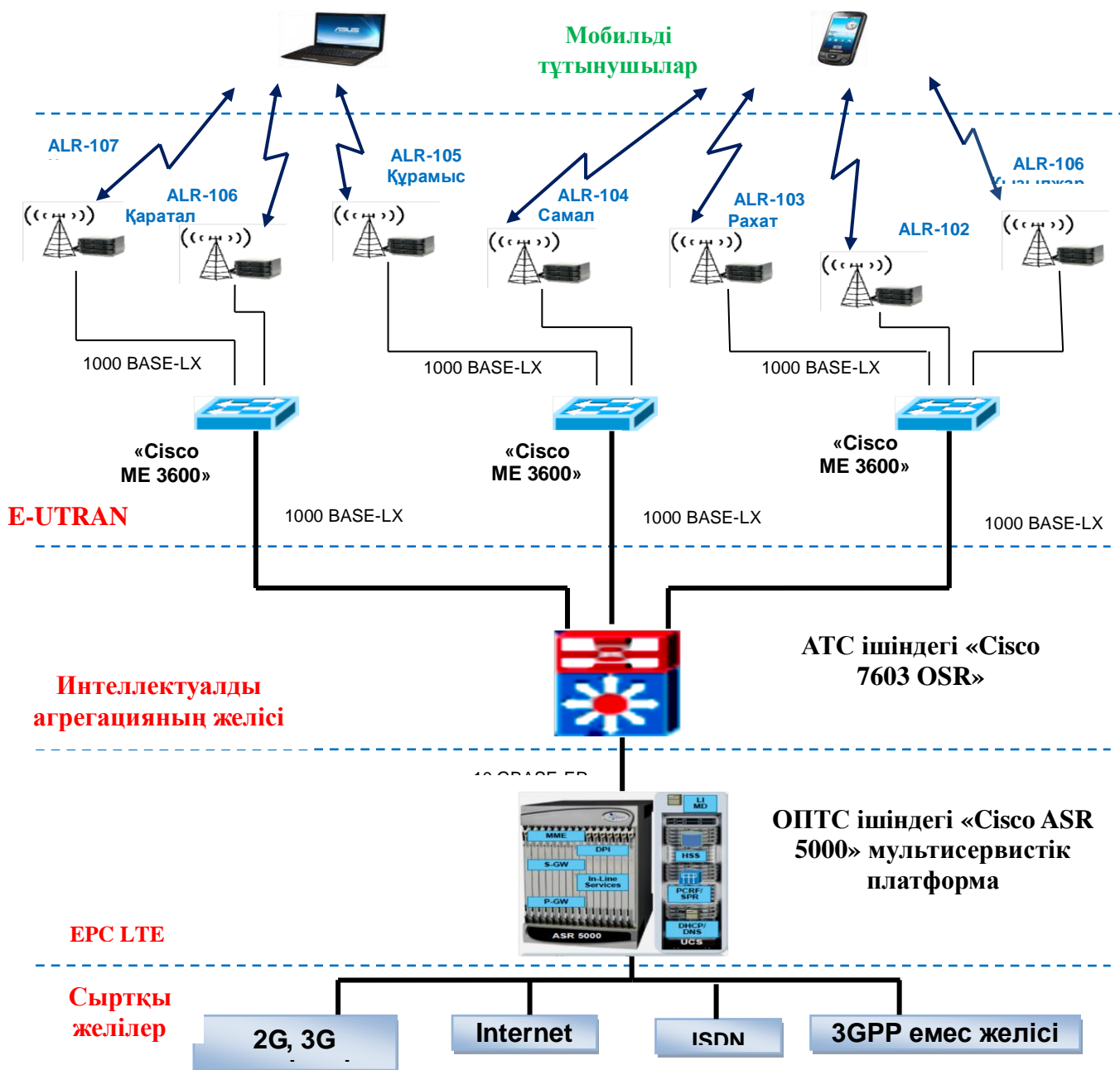
Кесте 3.8 – Қызылорда қаласының LTE желісінің жиіліктік жоспары

eNB нөмірі	Сектор	Азимут	Қызмет көрсету зонасының радиусы, 10 <sup>3</sup> м	Жиіліктік спектр бөлігінің шартты нөмірі
ALR-101	1.1	0	9	1
	1.2	120	9	2
	1.3	240	9	3
ALR-102	2.1	0	9	1
	2.2	120	9	2
	2.3	240	9	3
ALR-103	3.1	0	9	1
	3.2	120	9	2
	3.3	240	9	3
ALR-104	4.1	0	9	1
	4.2	120	9	2
	4.3	240	9	3
ALR-105	5.1	0	9	1
	5.2	120	9	2
	5.3	240	9	3
ALR-106	6.1	0	9	1
	6.2	120	9	3
	6.3	240	9	2
ALR-107	7.1	0	9	1
	7.2	120	9	3
	7.3	240	9	2

Осы LTE желісі эксплуатацияға берілген соң, желіні оптимизациялау кезеңі жүзеге асырылады. Оның барысында орындалған жобалауды түзетулер, дәл айтқанда: желінің өткізу қабілеттілігін ұлғайту, радиомодульдердің аспалы орнының биіктігін өзгерту, радиомодульдердің шағылысу қуатын азайту немесе көбейту процесстері орын алуы мүмкін.

### 3.7 Қызылорда қаласына LTE байланыс желісі

Желінің есептелінген сыйымдылығына, радиоқамту аумақтарын анықтау бойынша информациялық жүктемеге сәйкес Қызылорда қаласына LTE технологиясы бойынша кеңжолақты қатынауды ұйымдастыру үшін 7 базалық станция керек. Қызмет етудің бастапқы кезеңінде әрбір eNB-дің өткізу қабілеттілігі 158 Мбит/с құрайды, ал Қызылорда қаласына округіндегі барлық LTE желісінің өткізу қабілеттілігі 1,106 Гбит/с болады. Желіні іске қосқаннан кейін желіні оптимизациялау кезеңі басталады. Оның барысында «Nokia Simens



Сурет 3.5 – Қызылорда қаласына LTE байланыс желісі

Network» компаниясының қосымша «Flexi Multiradio» радиомодульдерін орнату арқылы базалық станциялардың өткізу қабілеттілігін ұлғайтуға болады. Әрбір базалық станция трафикті «GigabitEthernet 1000 BASE-LX» (IEEE 802.3z) стандарты бойынша оптоалшықты тарату линиясы арқылы «Cisco ME 3600 X24 CX» коммутаторына береді. «Cisco ME 3600 X 24 CX» коммутаторына үш базалық станцияға дейін қосуға болады. «Cisco ME 3600 X 24 CX» коммутаторы базалық станция құрылғыларын орналастыруға арналған ғимараттың ішінде орналасады [16]. «Cisco ME 3600 X24 CX» коммутаторларынан желілік трафик «Алтел» АҚ-ның Каргалинка елді

мекеніндегі АТС ғимаратының ішінде «Cisco 7603 OSR» маршрутизаторына бағытталады. «Cisco ME 3600 X24 CX» және «Cisco 7603 OSR» арасындағы байланыс «GigabitEthernet 1000 BASE-LX» (IEEE 802.3z) стандарты бойынша оптоалшықты тарату линиясы көмегімен жүзеге асырылады [9]. Одан әрі желілік трафик EPC LTE желісіне бағытталады, ол «Cisco ASR 5000 PCS3» мультисервисті платформа көмегімен жүзеге асырылған және «Алтел» АҚ Каргалинка елді мекеніндегі ОПТС ғимаратының ішінде орналасады. «Cisco 7603 OSR» маршрутизаторы мен «Cisco ASR 5000 PCS3» платформасы арасындағы байланыс «10 GigabitEthernet 10 BASE-ER» (IEEE 802.3ae) стандарты бойынша оптоалшықты байланыс желісінің көмегімен жүзеге асады. EPC LTE желісі желіні басқарады, абоненттік сессияларды ұйымдастырады, қызметтерді басқарады, трафикацияны жүзеге асырады және арнайы интерфейстер мен шлюздар арқылы сыртқы 2G, 3G, 3GPP емес, Internet, ISDN, IMT желілерімен байланысады [8]. Жобаланатын желіде байланысты ұйымдастыруда қоланылатын Ethernet стандарттарының қысқаша сипаттамасы:

- 1000 BASE-LX –бірмодалы оптикалық талшықты пайдаланатын стандарт; қайталағышсыз сигналдардың өту қашықтығы қолданылатын

- қабылдау-таратқыштардың түріне байланысты және 5-тен 60 км-ге дейін;

- қашықтықты құрайды. Мәліметтер тарату жылдамдығы 1 Гбит/с-ке дейін;

- 10 GBASE-ER –бір модальдық оптикалық талшықты пайдаланатын стандарт; сигналдың өту қашықтығы 50 км-ге дейін. Мәліметтер тарату жылдамдығы 10 Гбит/с-ке дейін. Барлық желілік трафик IP-протокол арқылы беріледі [5].

## ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыстың барысында ММО технологиясы көмегімен Қызылорда қаласына LTE орнату жобаланды.

Бұл жұмыста сымсыз кеңжолақты технологиялар сипаттамаларын талдалды. 802.16 хаттамасы негізіндегі желілер түгелдей қалалар мен елдерді қамтиды. IEEE-де жасалған спецификацияларда бұл стандарттың әрекет ету нүктелерінің радиусы елу километрге дейін жететіндігі көрсетілген, бұл оларды мобильді байланысқа арналған ұяшықтар секілді орнатуға мүмкіндік береді. 802.16 хаттамасы мегаполистер деңгейіндегі сымсыз байланысты ұйымдастыру үшін жасалған және «соңғы мильдің» провайдерлік мәселесін шешуге арналған, сондай-ақ жаңа қосылуларға кететін қаржылық шығындар мен уақыттық шығындарды қысқартуға арналған.

LTE сымсыз желілердің басқалардан артықшылығы технологиялық сипатында емес – бұл қашықта орналасқан абоненттерді желіге қосу маңызында. Мұндай қызмет кең ауқымды, аз қоныстанған немесе жету қиын аймақтарда шашылған абоненттерге қажет болуы мүмкін. Осындай жағдайларда кабель төсеу технологиясы экономика тұрғыдан ақталмайды десе болады.

Сымсыз желілер технологиясына негізделген желіні қарастыру үшін қолдану себептерін келтірейік. Конфигурация икемділігі, барлық сымсыз желілер инфрақұрылым тәртібінде. Жаңа қолданушыларды қосуға және жаңа түйіндерді желінің кез-келген жерінде орнатуға болады. Сымсыз желілер инсталляцияланған кабельдік желі жоқ немесе желілік кабельдерді төсеу қиын болатын аудандарда уақытша қолдану үшін орнатылуы мүмкін. Қатынас құру нүктелері арасында роумингті қолдау нәтижесінде қолданушылар желі ресурстарымен қозғалыс негізінде де жұмыс істей алады. Сымсыз технологияның физикалық ортасында көп жиіліктік арналары бар. OFDM технологиясы негізінде сымсыз тарату жүйелерін құру кезеңдері жан-жақты қарастырылған, қажетті жабдық түрі мен модуляция түрлерін таңдалуы негізделініп көрсетілген. Тапсырма бойынша берілген тіке және кері арнаны есептеп шешу, сота радиусын зерттеу қарастырылған.

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Андреев В.А. Многомодовые оптические волокна. Теория и приложения на высокоскоростных линиях связи. – М.: Радио и связь, 2004. – 248 с.
- 2 Скляр О.К. Волоконно-оптические сети. – М.: Лань Год, 2010. – 521 с.
- 3 Убайдулаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.:Эко-Трендз, 2001. – 251 с.
- 4 Семенов Б.А. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС.– М.:ДМК пресс, 2007. – 140 с.
- 5 Виноградов В.В., Котов В.К., Нуприк В.Н. Волоконно-оптические линии связи. – М: Желдориздат, 2002. – 568 с.
- 6 Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи.–М.:Лань Год, 2006. – 496 с.
- 7 Гитин В.Я. Волоконно-оптические системы передачи. – М.: Радио и связь, 2003. – 128 с.
- 8 Гин Б. Мовахар М. Разехи және Г. Дж. Броун. Нанотехнология. – М.:Трендз, 2005.– 251 с.
- 9 Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2003. – 488 с.
- 10 Портнов Э.Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 486 с.
- 11 Розеншер Э. Оптоэлектроника Э. – М.: Техносфера, 2006. – 595 с.
- 12 Иоргачёв Д.В. Волоконно-оптические кабели и линии связи. – М.: Эко-Трендз, 2002. – 282 с.
- 13 Желтиков А.М. Дырчатые волноводы. –М.: УФН, 2000. – 1203 с.
- 14 Стерлинг Д.Д. Техническое руководство по волоконной оптике.– М.: ЛОРИ, 2001. – 288 с.
- 15 Листвин А. В. Листвин В. Н. Швырков Д. В. Оптические волокна для линий связи. — М.: ЛЕСАРарт, 2003. — 288 с.
- 16 Дмитриев С.А., Слепов Н.Н. Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы, 2005. – 576 с.



**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ  
ПІКІРІ**  
дипломдық жоба

Мүтәліп Шыңғысхан

5B071900 - Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тақырыбына: **МІМО технологиясы көмегімен Қызылорда қаласына LTE орнату**

LTE технологиясы Қазақстанда «ALTEL 4G» белгісімен іске қосылды — бұл қазіргі заманның «4G LTE» мәліметтерді жіберудің технологиясының базасында жасалған және бизнес, ойын-сауық, хабарласу, оқу және әлемдік желі мүмкіндіктерінің толық спектрі үшін Интернет желісіне жоғары жылдамдықты қатынауды пайдалануға арналған жайлы, түсінікті, оңай және тиімді ұсыныстар жасауға мүмкіндік беретін инновациялық өнім. LTE технологиясы мәліметтерді алдыңғы технологиялардың жылдамдығынан он есе артық жылдамдықпен жіберуге мүмкіндік береді.

«ALTEL 4G» - бұл ең алдымен байланыстың жаңа мүмкіндіктері. LTE – бұл жылдамдықтың, байланыс сапасының, жайлы хабарласудың инновациялық түсініктері тән бірегей технология.«ALTEL 4G» мүмкіндіктері біздің абоненттерге өзінде, өз әлемінде, хабарласуда, достықта, махабатта және басқаларда жаңаны ашуға мүмкіндік береді. Технология әлемін өзгерте тұра, ALTEL4G әлемді өзгертеді, жаңа мүмкіндіктерді, бұрын танылмаған эмоцияларды және сезімдерді ашады. ALTEL 4G жылдамдығы және сапасы мобильді интернеттің басқа технологиясына қарағанда әлдеқайда жоғары.

Дипломдық жобаны жасау барысында студент, МІМО технологиясы көмегімен Қызылорда қаласына LTE орнату қарастырылды.

Студент дипломдық жобаны жасауда өздігінен жұмыс істеу қабілетін көрсете алды. Дипломант Мүтәліп Шыңғысхан алдына қойған инженерлік есептерді шеше алатынын, әдебиеттермен жұмыс істей алатынын көрсетті. Жалпы дипломдық жобаны "85/В/ жақсы", деп бағалап, ал студент Мүтәліп Шыңғысхан 5B071900 - «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавры біліктілігіне сай.

**Ғылыми жетекші**

ЭЭТ каф, т.ғ.магистрі, ассистент



А.Оразханова

(колы)

«00» 03 2019 ж.

## СЫН – ПІКІР

дипломдық жоба

Мүтәліп Шыңғысхан

5B071900 - Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тақырыбына: МІМО технологиясы көмегімен Қызылорда қаласына LTE орнату

Орындалды:

а) графикалық бөлімі 20 бет;

б) түсіндірме жазбасы 62 бет.

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Дипломдық жобада Мүтәліп Шыңғысхан МІМО технологиясы көмегімен Қызылорда қаласына LTE орнату қарастырған. Дипломдық жұмыс келесі бөлімдерден тұрады:

Бірінші бөлімде қойылған мәселе бойынша жобаның тақырыбы бойынша мәселелерді аналитикалық зерттеу келтірілген.

Екінші бөлімде берілістері LTE-стандарттарына сәйкес желіні модельдеу тәсілдерін қолдану арқылы тиімді шешімін анықтау. 3GPP LTE технологиясын талдау.

Үшінші бөлімде жоба бойынша техникалық есептеулер бөлімі қарастырылған. Қызылорда аймағында байланыс желісінің сұлбасын құру.

Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сәй жеткілікті жоғары дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер ақпаратты өңдеп тарату технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

### Жұмыс бағасы


Жалпы, дипломдық жұмыс "90/A/ өте жақсы" деген бағаға, ал студент Мүтәліп Шыңғысхан 5B071900 - РЭТ мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Рецензия беруші

ҚазҰАУ, ЭҰЖА каф. меңгерушісі,

доктор PhD

қауымдастырылған профессор

 Ж.С. Шыныбай

\_\_\_\_\_ 2019 ж.





## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ШҚІРІ

дипломдық жоба

Мүтәліп Шыңғысхан

5B071900 - Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тақырыбына: **MIMO** технологиясы көмегімен Қызылорда қаласына **LTE** орнату

LTE технологиясы Қазақстанда «ALTEL 4G» белгісімен іске қосылды — бұл қазіргі заманның «4G LTE» мәліметтерді жіберудің технологиясының базасында жасалған және бизнес, ойын-сауық, хабарласу, оқу және әлемдік желі мүмкіндіктерінің толық спектрі үшін Интернет желісіне жоғары жылдамдықты қатынауды пайдалануға арналған жайлы, түсінікті, оңай және тиімді ұсыныстар жасауға мүмкіндік беретін инновациялық өнім. LTE технологиясы мәліметтерді алдыңғы технологиялардың жылдамдығынан он есе артық жылдамдықпен жіберуге мүмкіндік береді.


«ALTEL 4G» - бұл ең алдымен байланыстың жаңа мүмкіндіктері. LTE – бұл жылдамдықтың, байланыс сапасының, жайлы хабарласудың инновациялық түсініктері тән бірегей технология.«ALTEL 4G» мүмкіндіктері біздің абоненттерге өзінде, өз әлемінде, хабарласуда, достықта, махабатта және басқаларда жаңаны ашуға мүмкіндік береді. Технология әлемін өзгерте тұра, ALTEL4G әлемді өзгертеді, жаңа мүмкіндіктерді, бұрын танылмаған эмоцияларды және сезімдерді ашады. ALTEL 4G жылдамдығы және сапасы мобильді интернеттің басқа технологиясына қарағанда әлдеқайда жоғары.

Дипломдық жобаны жасау барысында студент, MIMO технологиясы көмегімен Қызылорда қаласына LTE орнату қарастырылды.



Студент дипломдық жобаны жасауда өздігінен жұмыс істеу қабілетін көрсете алды. Дипломант Мүтәліп Шыңғысхан алдына қойған инженерлік есептерді шеше алатынын, әдебиеттермен жұмыс істей алатынын көрсетті. Диплом алдындағы қорғауға жіберілді.

**Ғылыми жетекші**

ЭЭТ каф, т.ғ.магистрі, ассистент

 А.Оразханова

(қолы)

  2019 ж.