ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Автоматты электробайланыс кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»
Кафедра меңгерушісі
Чежимбаева К.С., т.ғ.к., доцент
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)
_____ «_____» _____ 20___ ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: „Virgin" және „Қазақтелеком" АҚ компаниялары арасындағы LTE және 4G технологиясы негізіндегі мемлекеттік зерт

мамандығы бойынша 5В071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Орындаған Болат Бауыржан Сабырбайұлы СТК-10-03
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші АЖБУ доценті Гармашова Ю.М.
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Кеңесшілер:

Экономикалық бөлім бойынша: э.ғ.к. профессор Б. Бозымов
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «22» 05 2014 ж.
(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша: аға-оқытушы Оздамирова Д.М.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «25» мая 2014 ж.
(қолы)

Есептеу техникасын қолдану бойынша :
т.ғ.к., профессор Тұсқанбаева К.Х
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «02» 06 2014 ж.
(қолы)

Мөлшер бақылаушы:
аға-оқытушы Үрекешбаев К.М.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «3» 06 2014 ж.
(қолы)

Пікір жазушы:
_____
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «_____» _____ 20____ ж.
(қолы)

Алматы 2014

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Радиотехника және байланыс факультеті

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығы

Автоматты электрбайланыс кафедрасы

жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Болат Бауыржан Сабырбайұлы

(аты - жөні)

Жоба тақырыбы „Virgin" және „Қазақтелеком" АҚ компаниялары арасында LTE және 4G технологиясы негізінде мониторингін жүргізу

ректордың «24» 09. 2013 № 115 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «25» мамыр 2014 ж.

Жобаға бастапқы деректер (талап етілетін жоба нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Қазақстан қаласында LTE технологиясын пайдалану арқылы жоғары жылдамдықты желіні құру. „Virgin" мен „Қазақтелеком" арасындағы мониторингінің ең тиімді жақтарын пайдалану. LTE-нің тиімділігі мен мүмкіндіктерін көрсету.

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:

1. LTE негізгі сипаттамалары
2. LTE желісінің 3GPP стандарттарының басқа да желілермен өзара әрекеті.
3. „Virgin Mobile" компаниясының сипаттамасы
4. LTE желісінің құрылысы
5. Қаржылық есептеулерді жүргізу
6. Техника-экономикалық негіз
7. Өмір тіршілік қауіпсіздігі

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. SAE базалық желісі мен E-UTRAN радиоқатынас желісінің қат.
2. LTE желісінің S1-интерфейсінің хаттамалары
3. LTE желісінің архитектурасы
4. SAE базалық желісінің жалпылық архитектурасы
5. LTE желісінің 3GPP басқа желілерінің PS-доменімен өзара әрекеттесу схемасы
6. 8-FAT-жүйесінің құрылымдық схемасы
7. Бағандаттың арнада сигнал қалыптасуының схемасы
8. SC-FDMA-да жиіліктерді үлестіру тізбегі
9. Астана қаласындағы LTE желісі БС базалық станция орнатуын
10. MPEH есептеу принципі

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, В.И. Дмитриев. Системы мобильной связи
2. Ратынский М.В. Основы сотовой связи
3. Бабков В.Ю. Общие подходы к задачам планирования и оптимизации 2G-4G сетей подвижной связи.
4. Конышин С.В., Сабдыкеева Г.Г. Теоретические основы систем связи с подвижными объектами. - Алматы: АИЭС, 2002
5. Амбаева С.А. Методические указания к экономической части дипломного проекта для специальности. АИЭС, 2009
6. Тумонбаева К.Х., Лещинская Э.М. Моделирование систем телекоммуникаций. Конспект лекций.

Жоба бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	қолы
Экология	Бажанов Б.	29.4 - 30.04	
ОТ и ОС	Оразмырзаева Д.М.	25.04 - 25.05	
ЕТ бөлімі	Тумонбаева	20.04 - 02.06	
Техник. бөлім	Горбачева Ю.М.	05.04 - 26.05	
Мамандық бақ.	Өргеншібаев К.М.	20.04 - 03.06	

диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	LTE (Long Term Evolution) технологиясын талдау	24.02.14	Орындалды
2.	LTE функционалдығын талдау жүйені жобалау	10.03.14	Орындалды
3.	Техникалық есептеу бөлімін қарау	20.04.14	Орындалды
4.	Экономикалық бөлімді есептеу	22.04.14	Орындалды
5.	Өмір тіршілік қауіпсіздік бөлімін қарау	14.05.14	Орындалды

Тапсырманың берілген уақыты «20» 01 2014 ж.

Кафедра меңгерушісі _____ _____
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жоба жетекшісі _____ АЖИ БУ доценті Гарманова Ю.
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент _____ Болат Бауыржан
(қолы) (аты -жөні)

Аңдатпа

Берілген дипломдық жобада «Қазақтелеком»АҚ мен «Virgin» компаниялары арасындағы мемомарандумның 4G және LTE технологиялары арқасында Қазақстан қалаларында жоғары жылдамдықты сымсыз желіні ұйымдастыру және ұялы байланыстың жаңа деңгейге шығуын қарастырылады.

Жобаның есептеу бөлімінде LTE технологиясының қамту қашықтығы, абоненттердің саны, базалық станциялардың жалпы саны есептеліп қарастырылды. Қажетті қуат пен РРЖ пролеті есептелді.

Экономикалық бөлімде, жобаның мақсаты және оның өзін – өзі ақтау уақыты көрсетілген.

Дипломдық жобада, сонымен қатар өміртіршілік қауіпсіздігі мәселелері, соның ішінде бөлменің лайықты деңгейде ауа алмасуы мен өртсөндіру ережелері қарастырылды.

Аннотация

В данной дипломной работе рассматривается организование высоко скоростной сети и выхода для сотовой связи на новый уровень в городах Казахстана по меморандуму между компаниями АО «Казахтелеком» и «Virgin».

В расчетной части рассматриваются зона покрытия технологии LTE, количество абонентов, общее количество базовых станций. Рассчитывается нужная мощность и пролет РРЛ.

В экономической части, видны цель работы и ее время самоокупаемости.

Также в дипломной работе рассматривается безопасность жизни деятельности, а точнее в соответственном уровне пройзвести конденсация воздухаи пожаротушения.

Мазмұны

Кіріспе.....7
1 Long Term Evolution технологиясын талдау..... 9
LTE негізгі сипаттамалары..... 9
1.2 LTE желісі ұсынатын қызметтер спектрі..... 11
1.3 LTE желісінің архитектурасы..... 11
1.4 SAE базалық желісінің архитектурасы..... 17
1.5 SAE базалық желісініңфункциялары..... 20
1.6 LTE желісінің 3GPP стандарттарының басқа да желілерімен өзара әрекеті..... 23
1.7 LTEжелілерінде 8 элементті антенналық тор технологиясы..... 25
1.8 «Virgin Mobile» компаниясының сипаттамасы..... 26
1.9 Міндеттер қою..... 28
2 LTE функциялануын талдау.....29
2.1Бәсеңдейтін арна..... 29
2.2 Өрістеуші арна..... 31
2.38 Элементті антенналық тор (8-ЭАТ) технологиясы..... 35
2.4 LTE радиожілікті спектрі..... 36
2.5 Желінің архитектурасы..... 38
2.6 LTE желісінің құрылғысы..... 42
3 Есептеу бөлімі.....47
3.1 LTE технологиясына талдау..... 47
3.2 Астана қаласының аумағында LTE желісі үшін қамту аумағын есептеу.....47
3.3 Астана қаласының аумағында eNB-ның жиілікті - аймақтық бөлінуі жә жағдайға байланысты орналастырылуы..... 50
3.4 Желінің өткізу қабілетін есептеу..... 52
3.5 Потенциалды абоненттердің санын есептеу..... 53
3.6 Базалық станциялардың санын есептеу (Node B)..... 55
3.7 Қажетті қуатты есептеу..... 56
3.8 БС тиесілі жүктемені есептеу..... 57
3.9 РРЖ пролетін есептеу..... 58
3.10 Байланыстың тұрақтылығын есептеу..... 60
3.11 Қабылданатын дабыл қуатын есептеу..... 65
3.12 Көп сәуленендудің таралуының нәтижесіндегі кідіріс..... 66
3.13 Пайдалы дабылдың қуатын есептеу..... 68
4 Бизнес – жоспар.....69
5 Өмір тіршілік қауіпсіздігі.....81
Қорытынды.....94
Әдебиеттер тізімі 95
Қосымша 97

Кіріспе

Деректерді табыстаудаең тиімді технологияларды іздеу байланысоператорларына Long Term Evolution (LTE) технологияларын енгізуге әкелді. Қазақстанда LTE желісінің мүмкіндіктеріналғаш рет 2010 жылда Beeline («ВымпелКом Лтд» компаниясының тобына кіреді) байланысының интеграцияланған операторы тестілеуден өткізді. Алматы қаласының орталық бөлігінде желіні тестілеудің нәтижесі мынаны көрсетті: LTE абонентке бағытталған 60 Мб/с жылдамдыққа дейін жәнеабоненттен – 15 Мб/с қа дейін деректерді табыстауға мүмкіндік берді. Beeline операторынан кейін сол жылдың шілдеайында Kcell (TeliaSonera холдингінің құрамына кіреді) операторы Астана қаласында тестілеу жүргізді [1].

Соңғы жылдарда LTE тестілеу және ұшқыш жобаларды ұшыру әлемнің көптеген мемлекеттерінде жүргізуде, алайда технологияны енгізу нәтижелірінің расталуы тек желіні коммерциялық пайдалану үшін іске қосу болып есептеледі. Сонымен, мобильдік құрылғыларды жеткізушілердің әлемдік бірлестігі(Global Mobile Suppliers Association, GSA), 2013 жылдың қыркүйек айындаLTE желісін коммерциялық пайдалануға әлемнің 46 мемлекете 96 операторды іске қосты. Бұл тізімдеАвстралия, Әзірбайжан, Армения, Австрия, Бразилия, Ұлыбритания, Германия, Гонконг, Дания, Үндістан, Канада, Қырғызстан, Латвия, Литва, Норвегия, БАЭ, Польша, Ресей, Сауд Арабиясы, Сингапур, АҚШ, Оман, Өзбекстан, Филиппины, Финляндия, Швеция, Эстония, Оңтүстік Корея және Жапония сынды мемлекеттер бар.

Қазіргі кезде әлемдегі 104 мемлекеттің 347 операторы LTE инвестициялайды. Олардан 93 мемлекеттегі 292 оператор желілерді коммерциялық пайдалануға көшуге дайындалып жатыр және 11 мемлекеттің 55 операторы желілерді тестіден өткізіп жатыр.

Жақын шетел мемлекеттері LTE коммерциялық мақсатта пайдаланып жатыр: Өзбекстан 2010 жылдың шілдеайы (байланысоператоры МТС, құрылғыны жеткізуші Huawei Technologies компаниясы), Қырғызстан 2011 жылдың желтоқсан айы (байланысоператоры Saima-Telecom, құрылғыны жектізушісол - Huawei Technologies компаниясы). Қазақстандық нарық ақпараттық-коммуникациялық технологиялар дамуы бойыншаОрталық-Азия аймағында жетекші болып табылса да, Қазақстанға LTE енгізу өте баяу жүріп жатыр. Аймақтаалғаш жоғары жылдамдықты интернет Қазақстанда 2005 жылда пайда болды (Megaline «Қазақтелеком» АҚ). 2010 жылда 3G-желілер қызметін «АЛТЕЛ» АҚ (Jet3G брендімен), «Кселл» АҚ (Kcell брендімен), «КаР-Тел» ЖШС (Beeline брендімен) операторлары жеткізе бастады, ал 2011 жыдаоларға «Мобайл Телеком-Сервис» ЖШС (Теле2 брендімен) қосылды.

Қазақстан Ресбпуликасы транспорт және коммуникация Министрілігінің болжамы бойынша LTE енгізуді жүзегеасыру белгіленді:

2014 жылдың 1 қаңтар күні – республиканың барлық облыстық орталықтарында;

2015 жылдың 1 қаңтар күні – 50 мыңнан астам тұрғындары барелді-мекендерде;

2018 жылдың 1 қаңтар күні – барлық аудандық орталықтарда.

LTE, біріншіден, 3G желілері үшін қолданылатын инфрақұрылым пайдаланылады, ал екіншіден, LTE технологиясы үшін көптеген заманауи абоненттік құрылғылар LTE желілерінде де, 3G желілерінде жұмысістеуге қабілетті. Осылайша, Қазақстанның мобильдік операторлары LTE ге лицензияны жылдам алған жағдайда дұрыс жолмен жүреді және 3G, 4G қызметтерін біруақытта ұсынатын болады.

Екі технологияны интеграциялау мобильдік байланысоператорларына бар 3G желісінің жұмысын атқаруға, сол арқылы оларға құйылған инвестицияларды қайтаруға, және параллельді LTE технологиясын жоғары деңгейлі және төлеуге шамасы келетін абоненттерге ұсынаотырып енгізуге мүмкіндік береді. Осы принцип бойынша Швециядағы Telia (Telia-Sonera), АҚШ-тағы Verizon жәнеАрмениядағы VivaCell-MTS жұмыс жасайды. Осы мемлекеттердің операторлары құрылғыға LTE желісінде де, 3G желісінде де жұмысістеуге мүмкіндік беретін SIM-карталар шығарады. Бұл өз кезегінде мобильдік абонентке LTE зонасында жылжуға, ал одан шыққаннан кейін 3G-сервисарқылы online желісінде, бірақ жетімділіктің төменгі жылдамдығында қалуға мүмкіндік береді. Абонентке бұл қолайлы, өйткені SIM-картаны ауыстыру немесе басқаоператорғаауысу талап етілмейді.

Осы дипломдық жұмыстаАлматы қаласындағы «АЛТЕЛ» АҚ үшін LTE желісін құру жүргізіледі.

1 Long Term Evolution технологиясын талдау

1.1 LTE негізгісипаттамалары

LTE (Long Term Evolution) – бұл мобильдік желілердің төртінші ұрпағы үшін жаһандық стандарт (4G) [2, 3, 4, 5].

LTE жүйесі қолданушыларға барлық мүмкін болған сервистерге, сонымен қатарIPхаттамасының көмегімен Интернет желісіне жетімді болуы үшін жасалған. LTE желісі көптеген түйіндерден тұрады. Желінің барлық түйіндерін екісанатқа бөлу қабылданған. Радиожетімділік (radio access) желісіне жататын түйіндер және тірек желісінің (core network) түйіндері. Кез келген радио желінің тиімділігін анықтайтын басты элемент базалық станция (БС, ағылшын тілі әдебиетінде - eNodeB) және мобильдік станция (МС, ағылшын тілі әдебиетінде - UE) арасында деректерді табыстау үшін қолданылатын алгоритмдер мен механизмдер болып табылады.

Кәрездің радиусынан бастаймыз. LTE жүйесіне талаптарғасай, кәрездің радиусы 5 км болғанда, спектрлік тиімділік, өтзізу қабілеті және мобильдіабоненттермен жұмысістеуге барлық талаптар қуатталуы қажет. Кәрездің радиусы 30 км болғанда өндіріс көрсеткіштерінің нашарлауынарұқсат етіледі.

БС мен МСарасындаекі жақты бағытталған деректерді табыстау үшін LTE технологиясымен жиілікті де (FDD), уақытша да (TDD) дуплекстертер қуатталады. Жиілікті дуплекс үшін 15 жұп жиілік диапазоны (800 МГц тен 3,5 ГГц ке дейінгі жиіліктер) белгіленген, ал уақытшаға – 8. Мұнда, радиоарнаның кеңлігі әртүрлі болуы мүмкін. Келесі мәндерруқсат етіледі: 1.4, 3, 5, 10, 15 және 20 МГц. Көптеген жетімді жүйеретінде LTE де бәсеңдейтін арнадаOFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) және өрлеушіарнада SC-FDMA қолданылады.

OFDMA технологиясын қолданғанда барлық спектр бір-бірінеортогональді, әкелушігесынады. Қолданылып жатқан арнаның кеңдігіне байланысты әкелушілердің жалпы саны 72, 180, 300, 900 немесе 1200 болуы мүмкін. Әкелушілердің әр қайсысы модуляцияның өзіндік түріне ие болуы мүмкін. Бұл орнатылған байланыс қызметтерінесымсыз рұқсат көрсеткіштерінен асады және үшінші жәнеодан кейінгі ұрпақтардың ұялы байланыс жүйелерінің мүмкіндіктерімен қосылады. Үшінші ұрпақ радиорұқсат жүйелерінің өзіндерадиоинтерфейстерді жетілдіру, олардың спектральды тиімділігі мен өнімділігін арттыру қажеттілігі туындай бастаған еді.

Келесі модуляциялар қолданылуы мүмкін: QPSK, 16QAM, 64QAM. Көптеген жетімділік әкелушілердің бір бөлігі кадрда бір қолданушыға бөлунуі, басқа бөлігі – екінші қолданушыға және т.б. есебінен ұйымдастырылады.

OFDMA технологиясының негізгіартықшылығы: ол сигналды қабылдағанда көпсәулелі таралумен шақырылатын негативтік әсерлермен

күресуге мүмкіндік береді. Алайда, бұл технологияға бірқатар кемшіліктер детән. Олардан негізгілері бұл технология жиілік бойыншасинхрондауға өтесезімтал болып табылуында. Сонымен қатар генерацияланған OFDMA сигнал жоғары PAPR (Peak to Average Ratio)ға ие. Бұл, өз кезегінде, қолданылып жатқан сигнал күшейткіші өзінің сипаттамаларының желілік емесаймақтарында жұмысістеуінеде көрінеді. Сондықтан оның тиімділігі төмен болады, бұл шектеулі энергия қоры бар (мобильдік терминалдар) құрылғылар үшін үлкен сын. Осыған байланысты LTE өрлеушіарнасында көптеген жетімді басқан технология - SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) қолданылады. SC-FDMA ның OFDMA дан айрмашылығы SC-FDMA да PARP ны төмендету үшін сигналдың қосымша өңдеуі қолданылатындығында. SC-FDMA даосындай сигналды қосымша өңдеу ретінде модуляцияның келесі түрлері қолданылуы мүмкін: QPSK, 16QAM, 64QAM.

LTE стандарты сонымен бірге8 элементтіантенналық тор (8-ЭАТ) технологиясын да қуаттайды, ол таратудың ең жоғары жылдамдығын жәнеспектрлік тиімділік мәнін жоғарылатуға мүмкіндік береді. 8-ЭАТ технологиясының мәні деректерді таратқанда және қабылдағанда әр тараптан бірнешеантенналар қолданылатынында болып табылады. Әртүрліантенналар бірдей дерек таратур мүмкін, бұл жағдайда деректер табыстау сенімдігіартады, бірақ жылдамдығы емес. Сонымен қатар әртүрліантенналар әртүрлі деректерағынын таратуы мүмкін, мұнда деректерді табыстау жылдамдығы артады.LTE ұялы байланыс жүйесі байланыссапасының артуына және интернет тұтынушыларының саны бойынша әлемдегіең дамыған 50 мемлекеттің қатарына кіруінесебебін тигізеді және біздің мемлекеттің әлемдік ақпараттық кеңістікке интеграциясы үрдісін жылдамдатуға мүмкіндік береді.

8 элементтіантенналық тор технологиясын пайдаланғанда жәнеарнаның кеңдігі 20 МГц болғанда деректерді табыстаудың максимальді жылдамдығы бәсеңдеушіарнада 300 Мбит/с және өрістеушіде 170 Мбит/с жетуі мүмкін.

LTE технологиясының негізгіерекшеліктері:

– ортогональді әкелуші (OFDM), көпантенналы жүйежәне желінің эволюциялық жүйеліархитектурасының (SAE) көмегімен мультиплекстеуге негізделеді;

– кеңдігі1,4; 3; 5; 15 және 20 МГц кеңдікті жұмысарналарына, сонымен қатар физикалық арнаға уақытша (TDD) және жиілікті (FDD) тәсілдерге ие;

– 20МГц кеңдікті әрбірарна үшін «төмендеу» желісінде деректерді табыстаудың максимальді жылдамдығы (FDD 64QAM) 8-ЭАТантенналары үшін 326,4 Мбит/с, MIMO 2x2 антенналары үшін - 172,8 Мбит/с және SISO антенналары үшін – 100 Мбит/с; өрістеуші байланыс үшін – 50 Мбит/с қа дейін;

– базалық станцияның 30 км ге дейінгі штаттық режимінде жабынды аймағын қамтамасыз етеді;

– жоғары спектрлы тиімділігімен ерекшеленеді;

– алдыңғы ұрпақтың стандарттарымен үйлесімді.

1.2 LTE желісі ұсынатын қызметтерспектрі

LTE желісі ұсынатын қызметтер 2G/3G желілерімен салыстырғанда кең спектрге ие. Бірінші кезекте бұл желінің жоғары өткізу қасиетіне және деректерді табыстаудың жоғары жылдамдығына, сонымен қатар «барлығы IPарқылы» үрдісіне өтуге байланысты. LTE ұсынатын негізгі қызметтер келесілер болып табылады [2, 3, 4, 5]:

– сөзді пакеттік жіберу;
– Интернет-файлдарды жіберу;
– электрондық поштаның жеткізілуі;
– мультимедиялық хабарламаларды жіберу;
– ағындық қызметтер, файларды жүктеу бойынша қызметтер, телевизиялық қызметтерді өз ішінеалатын мультимедиялық хабарлау;
– ағындық видео;
– VoIP және жоғары сапалы видеоконференциялар;
– Әртүрлі типтегі мобильдік және фиксацияланған терминалдарарқылы онлайн-ойындар;
– деректемелерді жәнесәйкестендірушіақпараттарды көп жіберумен мобильдік төлемдер.

1.3 LTE желісінің архитектурасы

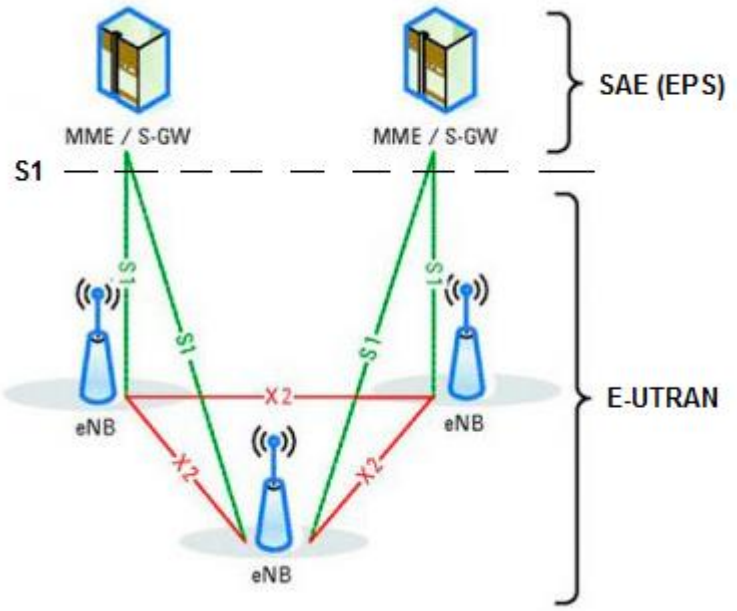
LTE желісіекі маңызды компоненттерден тұрады [5, 6]: E-UTRAN радиожетімді желісі және SAE (System Architecture Evolution)базалық желісі(1.1-суретке қараңыз). SAE желісіне 3GPP жобасының негізгі талаптары мыналар болды: желі құрылымын максимальді мүмкін болған ықшамдау және UMTS жүйесінесипатты желілік хаттамалардың қосарлаушы функцияларын болдырмау.

LTE (Long-Time Evolution) стандартының бастапқы кезеңінде деректерді табыстау жылдамдығының әрі қарай өсуіне негіз болатын физикалық деңгейдегі технологияларды таңдау мәселесі шешілді. Қарап шығу үшін екі нұсқа таңдалды: HSPA да қолданылатын WCDMA радиоинтерфейсін дамыту және мультиплекстелген OFDM мен арналарды ортогональді жиілікті бөлу технологиясы негізінде жаңастандартты құру. Екінші нұсқа таңдалды, ал стандарт UMTS LTE атауын алды («UMTS технологиясының ұзақ уақыттық дамуы») [7].

E-UTRAN радижетімді желісі техникалық спецификациялар қатарында қарастырылды, соларғасай ол тек eNB (evolved Node B) базалық станциясынан тұрады. eNB базалық станциялары E-UTRAN толық байланыс желісінің

элементтері болып табылады және өзараX2 интерфейсінің көмегімен «әрбіріәрбірімен» принципі бойынша байланысқан. X2 интерфейсі LTE_ACTIVE жағдайында мобильдік терминалдың хэндоверін қуаттайды. Әрбір базалық станция пакеттер коммутациясы принципі бойынша құрылған SAE базалық жүйесімен Sic интерфейсіне ие.

SAE базалық станциясы [3], кейдеEPC (EvolvedPacketCore) желісі деп аталып, MME және UPE логикалық элементтерінен тұратын MME/UPE [5, 6, 7] түйіндерін құрайды. MME (Mobility Management Entity) логикалық элементі



1.1-сурет. SAE базалық желісі мен E-UTRAN радиоқатнау желісінің қатнасы

абоненттік терминалдың мобильділігін басқару мәселелерін шешеді және C-plane (Sl-C интерфейсі) басқару жазықтығының хаттамасы көмегімен E-UTRAN желісінің eNB базалық станциясымен әсерлеседі. UPE (User Plane Entity) логикалық элементі қолданушының U-plane хаттамаларынасай қолдаушылардың деректерін табыстауға жауап береді және S1-U интерфейсінің көмегімен eNB мен әсерлеседі.

S1 интерфейсінің арқасында базалық станциялар желілік ресурсты алғыр қолдануға мүмкіндік беретін MME/UPE бірнеше түйіндерімен байланыстқан. Мұндай интерфейсті S1-flex деп атайды.

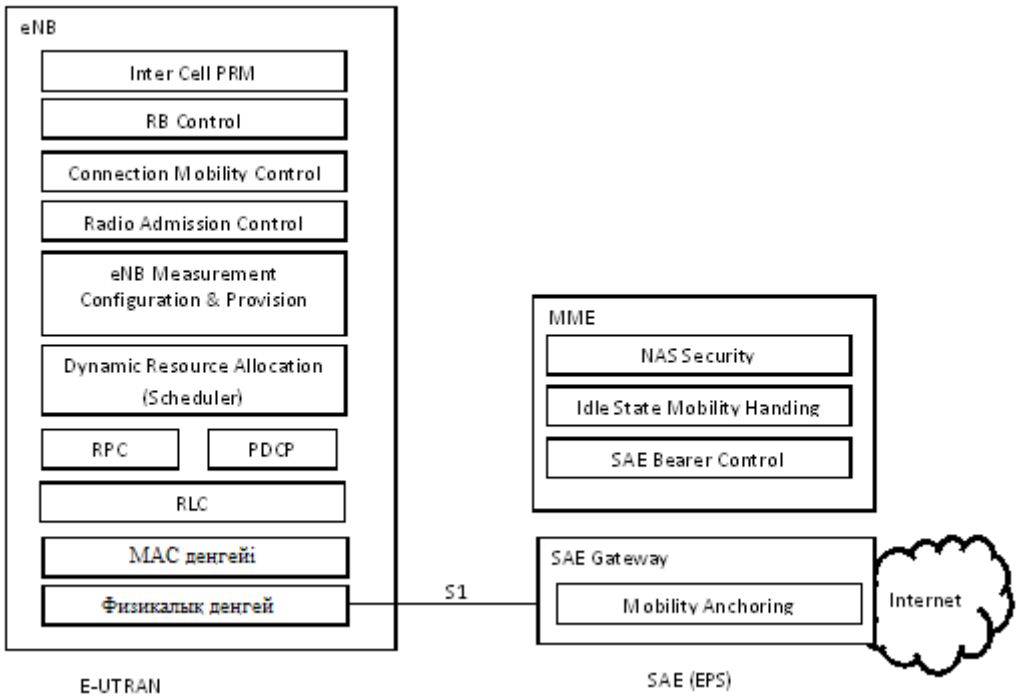
LTE желісі UMTS желісінен келесі функциялық айырмашылықтарға ие:

eNB базалық станциялары радиоресурстарды (Radio Resource Management — RRM) басқару функциясын атқарады: радиоарналарды басқару(Radio Bearer Control), радиожетімділікті басқару (Radio Admission Control), мобильділікті басқару (Connection Mobility Control), ресурстарды динамикалық үлестіру (Dynamic Resource Allocation), Осылайша, E-UTRAN радиожетімді желісінде eNB базалық станциялары Node B базалық станциялары мен UMTS желісінің RNC бақылаушысының көптеген функцияларының атқарылуын комбинациялап, радиоинтерфейстің хаттамаларын басқарады.

MME мобильділік басқарудың желілік элементі шақыру хабарламаларының (paging) eNB базалық станцияларына үлестірілуіне жауап береді. Бұдан басқа, MME басқару жазықтығының хаттамаларын басқарады: абоненттік терминалдардың сәйкестендіргіштерін тағайындау, желінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету, абоненттердің хабарламалары мен роумингті басқарудың шынайылығын тексеру.

UPE қолданушы жазықтығының желілік элементіIP-хаттамалардың тақырыптарын қысу, деректердің хаттамаларын шифрлеу, қолданушы жазықтығығының деректер пакетінің терминациясын, қолданушының мобильділігін қамтамасыз етуде деректер пакетінің коммутациясын атқарады. Бұдан басқа, UPE қолданушы деңгейіндегіхаттамаларды басқарады, мысалы, абоненттік терминалдың (AT) ағымдық статусын сақтау, абоненттік терминалдар деңгейінде LETJDLE жағдайын үзу.

C-plane және U-plane желісі жазықтықтарының S1 интерфейсінің негізгіхаттамалары 1.2-суретте келтірілген.



1.2-сурет. LTE желісінің S1 интерфейсінің хаттамалары

LTE желісінде басқарудың маңызды міндеттерінің бірірадиоресурстарды максимальді тиімді қолдану болып табылады. Бұл міндет RRM радиоресурстарын басқарудың функциялары жиынтығының көмегімен және RRC радиоресурстарды басқару хаттамаларының көмегімен шешіледі. Радиоресурстарды басқарудың функцияларына қойылатын талаптар TR 25.913 те келтірілген.

E-UTRAN (InterCellRRM) желілерінің радиоресурстарын басқару жиілік спектрін қолданудың тиімділігін жоғарылату жәнеабоненттік терминалдар мен

базалық станциялардың кедергілік өзара әсерлерін азайту, сонымен қатар мобильділікті қуаттау мақсатында кәрездер тобының ресурстарын басқаруды қамтамасыз етеді.

Радиоарнада (RBControl) деректерді табыстау қызметін басқару E-UTRAN желісі eNB базалық станцияларында жүзегеасырылды және E-UTRAN желісінде белгіленген параметрлермен деректерді табыастау радиоарналарын орнату, қолдау және босату қамтамасыз етеді. Негізгі міндеттер қызметтерсапасының (QoS) параметрлерін есепкеалаотырып деректерді табыстаудың барлық активтісессияларын бақылау және басқару, қайтаактивтелетін сессиялар үшін ресуртсарды бөлу болып табылады.

Мобильділікті басқару (Connection Mobility Control) мобильді терминал үшін қызмет атқаратын eNB базалық станциясын таңдауға, мобильді терминалдың қызметін eNB бірстанциясынан (хэндовер) басқасына жіберуге мүмкіндік береді. Қызмет етуші eNB таңдау RRC_CONNECTED жағдайында өзіндік өлшеулері және белгіленген шектеулі мәндермен алынған өлшемдердісалыстыру негізінде мобильді терминалмен жүзегеасырылады. Хэндовер мобильді терминал, eNB базалық станциясының өлшемдерін, сонымен қатар қызмет етуші және көрші кәрездердің ағымдық жүктеуі, трафиктіреттеу бойыншаоператордың саясатын талдау негізіндеіскеасырылған.

SAE желісіндеабоненттік терминалдың мобильділігін қолдауды MME логикалық элементі қамтамасыз етеді. MME негізгі функциялары мыналар:

– RRCJDLE (IdleStateMobilityHandling) жағдайында тұрған абоненттік терминалдың мобильділігін басқару;

– «жетімділіксіз деңгей» хаттамасына жататын және мысалы, қолданушыларды аутентификациялау, деректерді шифрлеу кілттерін басқаруды қамтамасыз ететін хаттамаларғасай мобильді байланыс қауіпсіздігін басқару (NASSecurity);

– SAE (SAEBearerControl) желісі деректерін табыстау қызметін басқару. E-UTRAN (Inter CellR RM) желісінің радиоресурстарын басқару, радиоарнада деректерді табыстау қызметін басқару (RBControl) және мобильділікті басқару (ConnectionMobilityControl) функцияларының параметрлеріоператордың талаптарынасай кастомизациялануы мүмкін.

Жетімділікті басқарудың (ConnectionMobilityControl) негізгі міндеті E-UTRANмобильді терминалжелісіне мүмкіндікті жеткізу туралы шешімдерді құрастыру болып табылады. Бұл міндет радиожетімді желісін жүктеудің көпкритерийлі талдауы, QoS параметрлеріне мобильді терминалдың талаптары негізінде шешіледі.

Ресурстардың динамикалық үлестірілуі (Dynamic Resource Allocation; Scheduler) деректер пакетін табыстаудың кезектілігін жоспарлауға жауап береді жәнерадиожетімді желіресурстарын динамикалық бөлу және үлестіруге мүмкіндік береді.

U-plane және C-Plane жазықтықтарының пакеттік деректер жинақтылығының хаттамасы (PacketDataConvergenceProtocol— PDCP) көлемі деректер пакетінде, сонымен қатар деректерді шифрлеу/дешифрлеу

пакеттерінде жіберілетін пайдалы ақпараттың көлемімен шамалас қызметтік ақпараттардың артықтығын жоюды қамтамасыз етеді.LTE технологиясы операторларға күрделі жәнеоперациялық шығындарды кішірейтугерұқсат береді, желінің иелігінің жиынтық құнын азайтады, технологиялар және қызметтер конвергенциясының төңірегінде өз мүмкіндіктерін кеңейтеді, мәліметтерлерді жіберуді беру қызметінің табыстарын жоғарылатады

LTE алғашқы сипаттамалары 3GPP Release 7 спецификациясын, одан кейін Release 8 өңдеу кезіндеалынды (1.1-кестеге қараңыз).

1.1-к е с т е - 3GPP Release 8 спецификациясында бекітілген LTE негізгі параметрлері

Параметрдің атауы	Параметр
Uplink (UL): өрістеуші байланыс	DFTS-OFDM
Downlink (DL): бәсеңдеуші байланыс	OFDM
Жиілік диапазонының кеңдігі. МГц	1.4; 3, 5; 10; 15; 20
Кадрларарасындағы минимальді интервал, мс	1
Әкелушілерарасынағы қадам (жиілік аралығы), кГц	15
CP префикстің стандарттыұзындығы, мкс	4,7
CP префиксінің үлкейтілген ұзындығы, мкс	16,7
Модуляцияларсхемасы (Uplink)	BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM
Модуляцияларсхемасы (Downlink)	QPSK, 16QAM, 64QAM
Кеңістікті мультиплекстеу	Әрбірабоненттік терминалға UL-трафик үшін бірарна; Әрбірабоненттік терминалға DL-трафик үшін 4 ке дейінгіарна; өрістеуші (UL) және бәеңдеуші (DL) байланыстарды қуаттаумен 8-ЭАТ

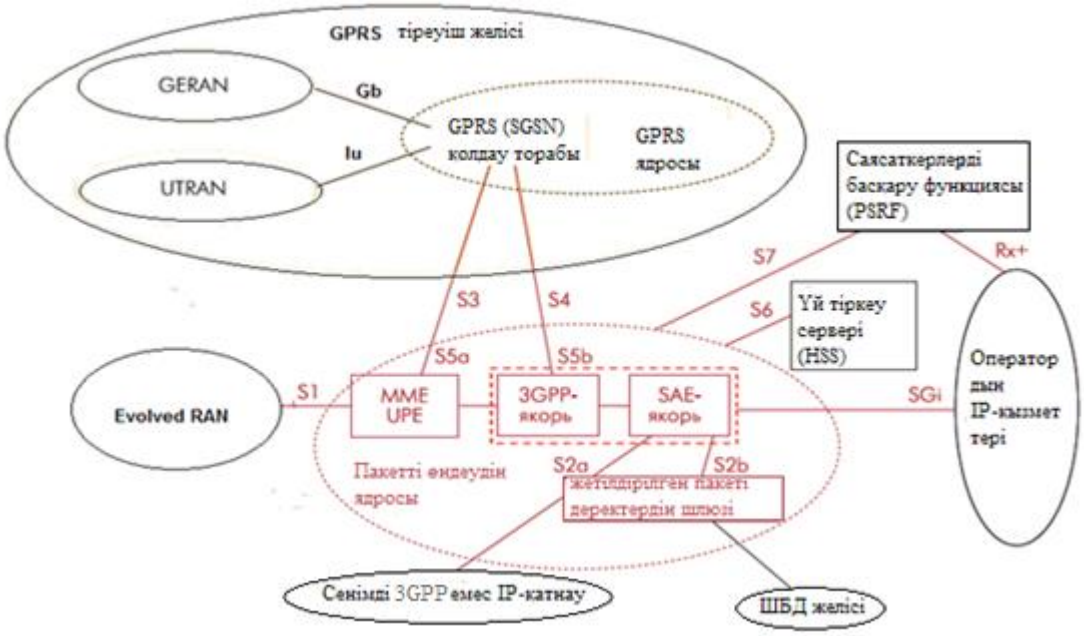
LTE – CDMA (WCDMA) жүйелерінен OFDMA жүйелеріне өтуді, сонымен қатарарналар коммутациясы жүйелерінен e2eIP (пакеттер коммутациясы) жүйесінеауысуды білдіретін терең өзгеріс. LTE геауысу мәселелері кең арнадарартықшылықтаралу үшін жаңаспектрдегі мүмкіндіктерді өз ішінеалады. Бұдан басқа, абоненттердің ескіден жаңа желіге байсалды өтуі үшін LTE және 3G желілерінде біруақытта жұмысістеуге қабілеттіабоненттік құрылғылар талап етіледі.

Құрылған 2G и/немесе 3G/UMTS (WCDMA или CDMA2000) желілерін орналастыратын операторлар үшін ең жақсы нұсқа жалғыз басқарумен жәнесервистердің үзілуінсіз байсалды хэндоверлерді қуаттаумен 2G/3G/LTE конвергентті желілерін құру болып табылады.

Осындай желіні құру үшін конвергентті нұсқада барлық негізгі желі құрамдастары қол жетімді болуы тиіс:

- конвергентті мультистандартты BTS;
- конвергентті транспорттық желі;
- конвергенттіO&M;
- конвергентті қызметтер.

LTE желісінің архитектурасы 1.3-суретте көрсетілген [4, 5, 6].



1.3-сурет. LTE желісінің архитектурасы

LTE радио қосалқы жүйесінің негізінде SDR мультистандартты радиомодулінен (MC-TRX, MC-RRH) және BBU басқарушы модульден тұратын мультистандартты BTS жатады. Басқарушы модуль немесе «милар» бақылаушыдан трафикті терминациялайтын жәнерадиомодульдерді басқаратын болады. Бұл енді коммерциялық өнім, мысалы, Alcatel-Lucent де бұл модуль WCDMA/LTE d2U, ол 19" кез келген тіреуішінеорнатылуы мүмкін.

Радиомодуль – бұл софттық радио, яғни радиоинтерфейс бойынша бірнешестандарттармен, бірнеше жіберу технологияларымен біруақтта жұмысістеуге қабілетті құрылғы. Сондай-ақ, макро-BTS үшін бұл – RRH-модуль деп аталатын шығарушы «радиоголдар» үшін TRDU стандартты трансивері. Бір кәрізде қажет болған жағдайда MCPA (Multi-CarrierPowerAmplifier) жалғыз модульді қолданаотырып GSM және LTE біруақытта жұмысістей алады.

Оператор қай желініорнатқанына байланысты, бар тіреуіштерді (кабинеттерді) қолданумен де, шығаратын құрылғыларды және үлестірілген архитектурасын қолданумен де құрылғыны орнату нұсқалары болуы мүмкін.

1.4 SAE базалық желісінің архитектурасы

SAE базалық желісінің архитектурасы деректерді табыстаудың өте жоғары жылдамдықтарын алу, төмен кідірісті қамтамасыз ету, сонымен қатаррадиожетімділіктің әртүрлі технологиялары негізінде деректерді табыстауды оңтайландыру бағытында 3G желілерінің әрі қарай эволюциясын жүзегеасыруға мүмкіндік береді.

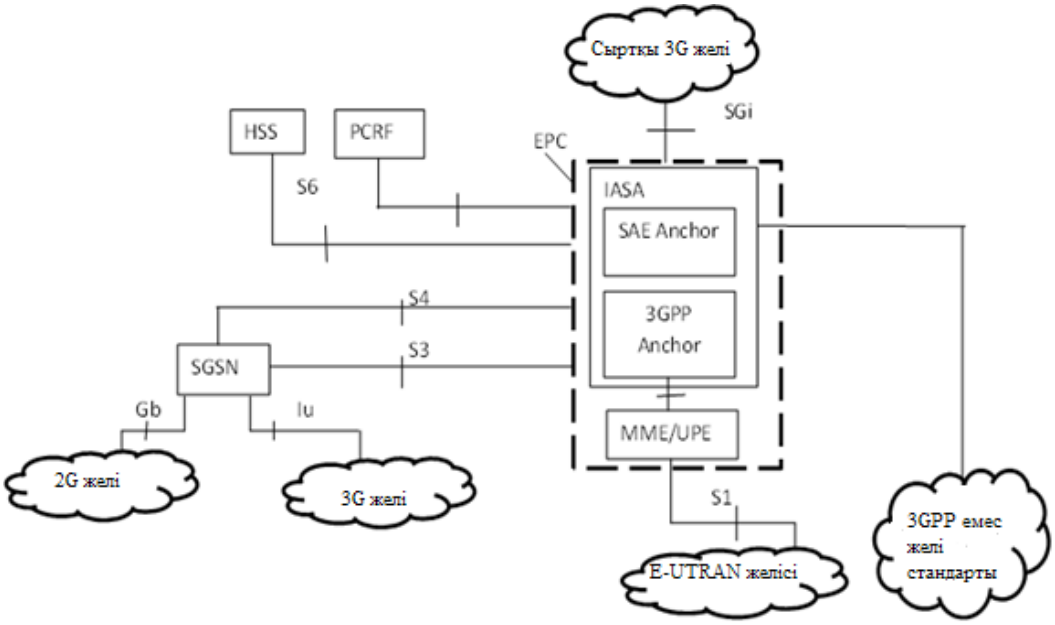
SAE базалық желісінің UMTS жүйесінен негізгіайырмашылығы максимальді ықшамдалған құрылым жіне желілік хаттамаларды қайталайтын функциялардың болмауы болып табылады [5, 6].

SAE базалық желісінің архитектурасы деректерді пакеттік коммутациялау технологиялары негізінде дыбыстық қызметтерді де, IP-қызметтерінің жиынтығын да ұсынатын LTE жүйесінің PS-доменінен тұрады. SAE желісіархитектурасының алғашқы нұсқасы 3GPPTS 22.978 «Жүйеархитектурасының эволюциясы» техникалық сертификациясында көрсетілген. SAE базалық желісін құрудың негізіне «барылығы IPарқылы» (all-IP немесе AIPN — AlloverIPNetwork) тұжырымдамасы және де SAE базалық желісіне жетімділік екінші және үшінші ұрпақты радиожетімді желілерарқылы да (мысалы, UTRAN, GERAN желілері), 3GPP жобасымен стандартталмаған еуропалық емес технологиялардің радиожетімділігіарқылы, мысалы IEEE желілері: Wi-Fi, WiMAX, сонымен қатарсымды IP-технологияларын қолданатын желілер (мысалы ADSL+FTTH желілері және т.б.) арқылы жүзегеасырылуы мүмкін жағдайлар жатады.

Сыртқы желілермен интерфейстердің өзара әсерлесіун көрсетумен SAE базалық желісінің эталондық архитектурасы 1.4-суретте келтірілген. Осы архитектурағасай, UMTS желісі SGSN түйінін басқару жазықтығы хаттамаларының функциясы MME мобильділікті басқару элементінің функциясынаайналады. E-UTRAN желісі eNB базалық станциясы атқармайтын RNC бақылаушысының функциясы және қолданушы жақызтағының SGSN және GGSN түйіндерінің хаттамаларының функциясы SAE желісінің UPE модулімен және 3GPP Anchor «байлауының» шлюздік түйінімен іскеасырылады. Бұл түйін 2G/3G желілерін LTE желісіне қосуғаарналған. SAE құрамына SAE желісіне 3GPP (GSM/UMTS) стандарттарын жәнеHe-3GPP (Wi-Fi и WiMAX) стандарттарын байланыстыру үшін қызмет ететін SAE Anchor байлаудың шлюздік түйіні де кіреді. 3GPPAnchor және SAEAnchor байлау түйіндерісыртқы IP-желілерді байланыстыру үшін байлаудың жалғыз түйінін IASA (InterAccessSystemAnchor) құрады.

SAE Anchor және 3GPP Anchor түйіндерінен тұратын MME/UPE, IASA логикалық желі элменттерінің жиынтығы (1.4-сурет) базалық пакеттік желіні (Evolved Packet Core — EPC) құрайды. Осы логикалық элементтер негізінен LTE желілерістандарттарын жасаудың алғашқы сатыларында қарастырылды.

EPCархитектурасын тәжірибелік іскеасыруға бағытталған егжей-тегжейлі зерттеулер жаңа желілік элементтердіанықтады: қызмет көрсетушішлюз S-GW (ServingGW) және пакеттік желілермен әсерлесу шлюздер P-GW (PDNGW), сонымен қатар UPE элементінен бөлек функцияланатын MME логикалық элементі.



1.4-сурет. SAE базалық желісінің этолондық архитектурасы

S-GW және P-GW шлюздері aGW (AccessGW) бір желілік элементінің құрамында физикалық тұрғыдан іскеасырылуы мүмкін.

SAE негізгі интерфейстерінің қысқа түсініктемесі 1.2-кестеде келтірілген.

3 GPP стандарттарының да, 3GPPемесстандарттарының дарадиожетімді желілерін қуаттау. Мұнда жетімділіктің мүмкін болған технологиялары туралы ақпарат операторорнатқан технологиялардың басымдылығын көрсетумен абоненттік терминалдарға берілуі қажет;

Release 6 дан бастап SAE базалық желісінің 3GPP стандартты базалық желілерімен толық үйлесімділігі;

C-plane басқару жазықтығы хаттамаларынасай деректерді табыстаудың минимальді кідірісін қамтамасыз ету. Мысалы, мобильді терминалдың Idle жағдайынан (терминал GMM хаттамасының Attached жағдайында тұр, IP-адрес бөлінді, терминал IMS қосалқы жүйесінде тіркелді) деректерді қабылдау/тарату басталу жағдайынааусуының уақыттық аралығы U-plane хаттамалары бойынша 200 мс тан аспауы қажет;

1.2-к е с т е . SAE желісінің негізгі интерфейстері

Интерфейс	Интерфейстің сипаттамасы
S1	Қолданушы мен басқару жазықтықтары хаттамаларының деректерін табыстау үшін E-UTRANрадиожетімді желілерге жетімділікті ұсынатын интерфейс. MME және UPE

	элементтерінің бөлек және комбинирленген аппараттық іскеасырылуына ие болуға мүмкіндік береді.

1.2-кестеніңсоңы

S2a	IAStүйіні мен Не-3GPPстандартының фиксацияланған IP-желілеріарасындаға интерфейс. Қолданушы жазықтығы хаттамаларының деректерін табыстау және басқару және мобильділік функциясын қуаттауды қамтамасыз етеді. Өз ішіне S2a, S2b және S2c интерфейстерін алады.
S3	MME/UPE элементтері және SGSN түйін арасындағы интерфейс. E-UTRAN және UTRAN желілеріндеабоненттік терминалдардың желіаралық хэндоверлерін басқаруды қамтамасыз етеді.
S4	3GPP Anchor және SGSN түйіндеріарасынағы интерфейс. Қолданушы жазықтығы хаттамаларының деректерін табыстау және басқару және мобильділік функциясын қуаттауды қамтамасыз етеді [5, 6]. UMTS желісінің SGSN және GGSN түйіндеріарасындағы Gn интерфесіне негізделген.
S5a	MME/UPE элементі мен 3GPPAnchor түйініарасындағы интерфейс. Қолданушы жазықтығы хаттамаларының деректерін табыстау және басқару және мобильділік функциясын қуаттауды қамтамасыз етеді.
S5b	3GPP Anchor және SAE Anchor түйіндеріарасындағы интерфейс. Қолданушы жазықтығы хаттамаларының деректерін табыстау және басқару және мобильділік функциясын қуаттауды қамтамасыз етеді.
S6	Қолданушыларды аутентификациялау жәнеавторизациялау үшін қолданушы деректерінің үй базасына (HSS) жетімділікті қамтамасыз ететін интерфейс (AAA интерфейсі)
S7	Желі және тарификация саясаты (Policy and Charging Rules Function — PCRF) негізінде QoS белігленген параметерлерімен байланысорнату басқарылуын қамтамасыз ететін интерфейс
SGi	IASA түйіні және деректерді пакеттік табыстаумен сыртқы желілерарасындағы интерфейс. Бұл желілер әртүрліоператорларға да, IMS қосалқы жүйесінің қызметін ұсынатын ұялы байланыстың біроператорына да тиесілі болуы мүмкін. Бұл интерфейс GGSN түйіні мен сырт IP-желілеріарасындағы Gi интерфейсіне негізделген

– деректер табыстаудың қосымша кідірісінің алдын алуға мүмкіндік беретін SAE желісі элементтеріарасындағы айқын функциялық бөліну.

– LTE желісінің мобильділікті басқару функциясы E-UTRAN желісіндегі және E-UTRAN желісі мен басқа типтегірадиожетімді желілерарасындағы мобильділікті басқару міндеттерін шешуі қажет.

– LTE желісінің мобильділікті басқару функциясы әртүрлі типтегі терминалдармен өзара әрекеттесуі қажет: фиксацияланған, көшпелі мобильді және мобильді.

– LTE желісінің мобильділікті басқару функциясы LTE желісінің операторынаабоненттер қолданатын жетімділік желілерін басқару мүмкіндігін жеткізуі қажет.

– E-UTRAN желісі, E-UTRAN мен басқа да 3GPP радиожетімді желілер (процедура Inter-RATHandover)арасындағы сонымен қатар E-UTRAN/3GPP мен басқа да3GPPемесрадиожетімді желілерарасындағы терминалдар (хэндовер) мобильділікті қуаттау шарасы шынайы уақыт режимінде (мысалы, VoIP қосымшалары үшін) және инвариантті уақыт режимінде (мысалы, web-ресурстрады қарау үшін) деректер пакетін минимальді жоғалтумен іскеасырылуы қажет.

– желідеабоненттік терминалдардың орналасқан орны туралы деректерді жаңарту тәртібісигнализация арналарының минимальді жүктелуін қамтамасыз етуі қажет.

– SAE желісінің архитектурасы абонент желіаралық роумингте болғандаоңтайлы бағытталуды қамтамасыз етуі қажет.

– роумингтегі қолданулардың LTE желісіне икемді қол жетімділігін ұсыну мақсатында SAE желісінің архитектурасы VPLMN визиттік желінің операторы мен WLAN желісінің операторы арасындағы барруқсат келісімдерінесай WLAN сымсыз кеңжолақты жетімділіктің әртүрлі желілеріарқылы жетімділікті қамтамасыз етуі қажет, әрі WALN желісінің визиттік операторы мен HPLMN үй желісіоператорларының арасында мұндай келісімдер талап етілмейді.

– әртүрлі нұсқадағы IP-хаттамаларды (IPv4 и IPv6), сонымен қатар IP-Multicast хабарлау режимін қуаттау.

– пакеттік коммутация мен арналар коммутациясы бар 3GPP бар желілерінен төмен деңгейдегі қолданушылар қауіпсіздігін (аутентификация, идентификация, деректерді шифрлау)қамтамасыз ету.

1.5 SAE базалық желісініңфункциялары

SAE базалық желісінің функциялық мүмкіндіктері тізімінде бірнеше негізгі функцияларды ажыратуға болады [5, 6]:

– желіге кіруді басқару (NetworkAccessControl);
– деректер пакетін бағыттау және тасымалдау (PacketRoutingandTransfer);
– абоненттік терминалдың мобильділігін басқару (MobilityManagement);
– қауіпсіздікті қамтамасыз ету (Security)
– желінің радиоресурстарын басқару (RadioResourceManagement);
– желіні басқару (NetworkManagement);
– желінің функциялық элементтерін таңдау;
– желідеIP-хаттаманы қолданумен байланысты функциялар.

Осы функциялардың әр қайсысы өз ішіне бірнеше жеке функцияларды алуы мүмкін.

Желіге кіруді басқару функциясы. Осы функцияның көмегімен абоненттік терминал SAE базалық желісіне қосылады. Мұнда бірқатар жеке функцияларатқарылады. Желіні /жетімді желінітаңдау функциясы абоненттік терминалға мобильді байланыс желісі немесе жетімді желіні таңдауға мүмкіндік береді, оның көмегімен абоненттік терминалдың сервистік платформаға (қосымшаларсервисіне) IP-қосылуы жүзегеасады. Желіні немесежетімді желіні таңдау, ең алдымен, осы желілер пайдаланатын технологияларға байланысты. 3 GPP стандарттары желілері үшін желіні таңдау принциптері TS 23.122 техинкалық сертификацяисында, жетімді желіні таңдау принциптері – TS 36.300, TS 43.022 жіне TS 25.304 техникалық сертификацияларында белгіленген. IP-хатттамаға негізделген He-3 GPP стандартты желілері үшін желіні / жетімді желіні таңдау принципі TS 23.402 техникалық спецификациясында белгіленген.

Аутентификация жәнеавторизация функциясы [9] абоненттің дұрыстығын тексеруге, абоненткеоның профилінесай желілік қызметтердің қол жетімділігін анықтауға жәнеабоненттің мобильді терминалының авторизациясын орындауға, мысалы, IP-адресті тағайындау, желілік ресурстарды бөлу және деректерді жіберудің желілік қызметін активациялауға (виртуалды желілік арна - EPSBearer) мүмкіндік береді. Аутентификация функциясы абоненттің мобильділігін басқару функциясымен тығыз байланысты.

Жетімділікті бақылау функциясы желінің сұралып жатқан қол жетімділін анықтау жәнеосы ресурстарды түскен сұраныстарғасай әрі қарай қолдану мақсатында қорға жинау үшін талап етіледі.

Желілік саясат және тарификация ережелерін (PCEF) қолдану функциясы абонентке қызметтердің талап етілген сапасынасай және биллингтік жүйенің PCRF функцияларынан алынған ережелергесай тарификация қызметтерін жеткізуді басқаруды қамтамасыз етеді [2]. TS 23.203 спецификациясынасайPCEF функциясы келесі негізгі міндеттерді шешеді:

– қолданушылар деректерінің пакеттерағынын табу және тіркеу;қолданушылар деректерінің пакеттерағынын тіркегенде, IPаттамасының идентификаторларынасай (IPv4 хаттамасының TypeofService идентификаторы

және Ipv6 хаттамасының TrafficClass идентификаторы) қызметтің талап етілген сапасымен, IP-адрестермен жәнеоның көзі жәнеалушы порттарымен теңестіріледі;

– деректер пакетін табыстаудың көлемі мен параметрлерін өлшеу (таратудың жылдамдығы, кідірісі);

– деректерді табыстаудың сапасын басқару;

– деректерді табыстаудың сапасын есепкеалаотырып уақыттың шынайы ауқымында тарификациясыеың ережелерін қолдану.

Абоненттердің хабарламаларын заңды ұстап қалу функциясы уәкілетті мемлекеттік ұйымдарға жекеақпарттарғарұқсат алуға (мысалы, телефондық сөйлесулер, жіберілетін деректер, SMS, MMS хабарламалар мен элекрондвқ поштахабарламалары)мүмкіндік береді. Осы функция LTE желісіоператорларымен, жетімді желі провайдерлерімен, қызмет провайдерлерімен іскеасырылады. Ресей заңнамасынасай осы функция оперативті-іздеу іс-шараларын қамтамасыз ету жүйесінің (СОРМ) функциясы болып табылады.

Деректер пакетін бағыттау және тасымалдау функциясы. Бағыттау функциясының көмегімен мобильдік байланыстың бір желісіішінде де, бірнеше желіарасында да деректер пакетін жіберу және тасымалдау бағытын анықтау жүзегеасырылады. Деректер пакетін тасымалдау бағыты бағыттау кестелерінің негізіндеорнатылады және желілік түйіндер тізімінен тұрады: шығыс түйіні, аралық түйіндер және тағайындау түйіні. SAE желісіIP-хаттамаға негізделеді жәнеосының салдарынан бірқатар жеке функциялар жүзегеасырылады.

IP-тақырыбын қысу функциясы IPтақырыпты қысудың арнайы механизмін қолдану жолымен жіберілетін қызметтік деректердің өткізу қасиетін қолдануды оңтайландыруғаарналған.

Деректер пакетін тексеру (сканерлеу) функциясы желіге мобильді терминалмен қолданылатын IP-адрестің типін тексеруге мүмкіндік береді: IPv4 типтіадресті немесе Ipv6 префиксті IPv4 типтіадресті (мысалы, ::ffff:IPv4), немесеIPv6 типтіадресті.

Қауіпсіздікті қамтамасыз ету функциясы. LTE желісінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету функциясын орындағанда келесі негізгі міндеттер шешіледі (TS 33.401 [4] техникалық спецификациясын қараңыз):

– қолданушыны аутентификациялау жәнесұралған қызметті көрсеу мүмкіндігін растау көмегімен LTE желісінде қызметтердің санкцияланбаған қызметтерінен сақтау;

– уақытша идентификаторлар және шифрлеу кілттерінің көмегімен абонент аутентификациясының құпиялығын қамтамасыз ету;

– шифрлеу көмегімен абоненттік деректердің құпиялығын қамтамасыз ету;

– сигнализация хабарламаларында берілетін деректераутентификациясын қамтамасыз ету;

– мобильді терминалмен желінің аутентификациясын қамтамасыз ету;

– мобильді терминалды сәйкестендіру.

Соңғы тәртіпті толығырақ қарастырамыз.

Мобильді терминалды сәйкестендіру MME мобильділікті басқару модулімен және/немесе HSS абоненттік деректердің үй серверімен және/немесе P-GW пакеттік шлюзімен идентификация регистрі (EquipmentIdentity Register - EIR) көмегімен атқарылады және мобильді терминалдың қолданып жатқан құрылғысының түпнұсқалығын тексеругеарналған. Мобильді терминалдың түпнұсқалығын тексеру желіде ұрланған немесе дефектті мобильді терминалды қолданбауға мүмкіндік береді. Мобильді терминалды сәйкестендіру терминалдың түпнұсқалығын әрі қарай тексеру үшін, одан кейін сәйкес әрекет жасау үшін EIR регистрдің жасауын талдау, EIR сәйкестендіру регистріне IMEI мобильдік терминалдың халықаралық идентификатор беру жолымен MME модулімен ынталандырылады.

1.6 LTE желісінің 3GPP стандарттарының басқа да желілерімен өзара әрекеті

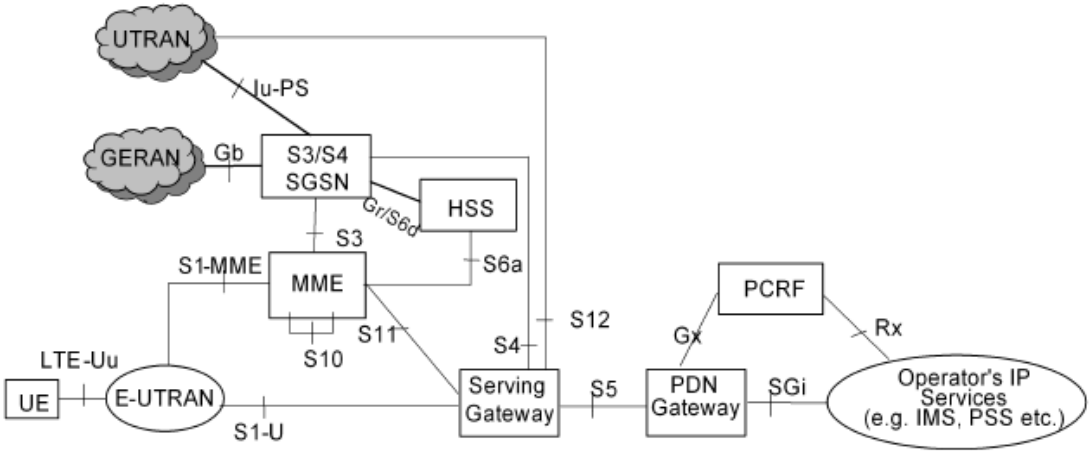
LTE желісінің 3GPP стандарттарының басқа да желілерімен (әрі қарай 3GPP желілері) өзара әрекетінде туындайтын маңызды міндет мобильді терминалды оның бір қызмет аймағынан басқа қызмет аймағынааусуын қуаттау болып табылады [3, 5, 6].

LTE желісінің 3GPP стандарттарының басқа да желілерімен өзара әрекетінің алгоритмдерін келесідей жіктеуге болады:

дискретті мобильділікті қамтамасыз ету алгоритмі (роуминг);

үздіксіз мобильділікті қамтамасыз ету алгоритмі (хэндовер).

3GPPTS23.401 техникалық спецификациясынасай LTE желісінің 3GPP басқа желілерінің пакеттік коммутацияларының доменімен (PS-доменмен) өзара әрекеттескендегі ықшамдалған схемасы 1.5-суретте көрсетілген [5].



1.5-сурет. LTE желісінің 3 GPP басқа желілерінің PS-доменімен өзара әрекеттесу схемасы

Радиожетімді желілерретіндесуреттеGERAN, UTRAN и E-UTRAN желілері қолданылады. Тәжірибеде желілік элементтер (S-GW шлюзі және P-GW пакеттік коммутацияға қызмет ететін SGSN сервистік түйіні) конструктивті қиыстырылуы мүмкін екенін атап кетеміз.

1.5-суретте PSS (PSTN/ISDNSimulationServices) дегендеарналар коммутациясы технологиясы базасында ТфОП желілерінде қуатталатын қызметтергеаналогты IP-желілерінің телефондық байланыс қызметтерін бағдарламалы-аппараттық құрылғыларымен имитациялау (боямалау) түсініледі.

1.5-суреттегісхемағасай, LTE желісінің 3GPP (GERAN/UMTS) желілерімен өзара әрекеттесуінің негізгі интерфейстері S3, S4 және S12 болып табылады. S3 және S4 интерфейстері MME мобильділікті басқарудің логикалық элементі және LTE желісінің S-GW шлюзінің GTP (GPRSTunnellingProtocol) туннельдік хаттамасы көмегімен 3G желілерінің SGSN сервистік түйіндерімен өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді. GTP хаттамасының екінші нұсқасы (GTPv2) SAE (EPC) базалық желісін құру ерекшеліктерін ескереотырып жасалды. S12 интерфейсі өзінің тағайындалуы бойынша GPRS желісінің SGSN сервистік түйіні мен GGSN шлюзіарасындағы Gn интерфейсінеаналогты.

GTP хаттамасы екі түрге бөлінеді: басқару жазықтығы деректерін табыстау хаттамасы (GTP-C) және қолданушыжазықтығы деректерін табыстау хаттамасы (GTP-U). GTPv2-C хаттамасы (3GPPTS 29.274 техникалық спецификациясы) GERAN/LTE/UMTS желілерінде терминалдың мобильділігін қуаттау үшін S3 және S4 интерфейстерінде қолданылады. GTPv1-U хаттамасы (3GPPTS 29.281 техникалық спецификациясы) туннелдердің көмегімен қолданушының деректерін табыстау үшін S4 және S12 интерфейстерінде қолданылады.

GERAN/UMTS желісінің SGSN сервистік түйіні LTE желісімен өзара әрекеттескенде келесі негізгі қызметтератқарылады:

– MME логикалық элементін таңдау және терминалдың мобильділігін қуаттау үшін сонымен әрекеттесу (мысалы, GERAN/UMTS желісінде терминалдың мобильділігін тіркеу); мобильді терминалдың орналасқан орнын жаңарту (RoutingAreaUpdate — RAU; SGSN түйіні мен S-GW шлюзін ауыстырумен GERAN/UMTS желісінің хэндовері; рұқсат желісінің технологиясын ауыстырумен хэндовер (Inter-RATHandover);

– терминалдың мобильділігін және колданушылардың деректерін табыстауды қуаттау үшін S-GW және P-GW шлюздерін таңдау және әрекеттесу (MME элементінің функциясын іскеасыру).

– LTE желісінде S-GW шлюзіGERAN/UMTS желісімен әрекеттескенде келесі негізгі функциялардың атқарылуын қамтамасыз етеді:

– терминалдың мобильділігін қуаттау үшін SGSN сервистік түйінмен әрекеттесу;

– SGSN түйіні мен P-GW шлюзіарасында қолданушы трафигін бағыттау және жіберу;

– GiddServ және QCI сапа индикаторынасай деректер пакетін маркалау тәсілі бойынша деректерді табыстау сапасын басқару.

LTE желісінің MME элементтеріGERAN/UMTS желісімен әрекеттескенде келесі негізгі функциялардың атқарылуын қамтамасыз етеді:

– SGSN түйінінтаңдау жәнетерминалдың мобильділігін қуаттау үшін сонымен әрекеттесу;

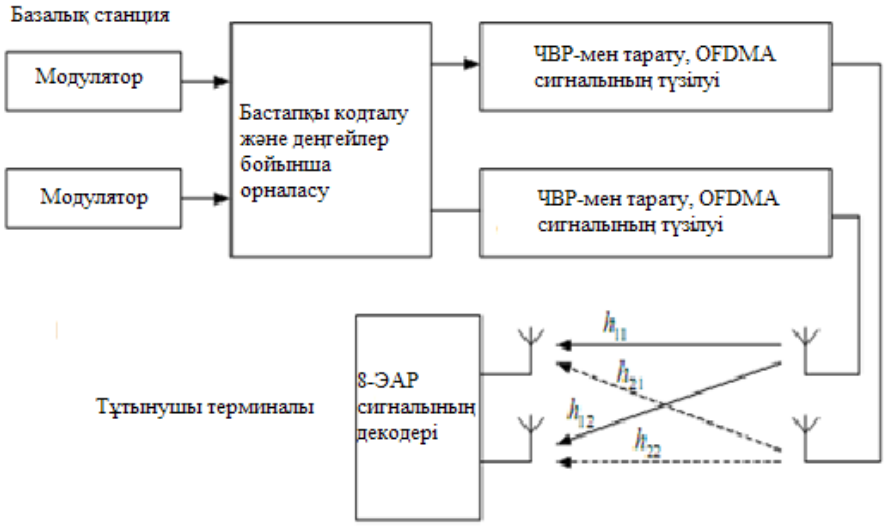
– қолданушыларды аутентицикациялау жәнеавторизациялау.

1.7 LTEжелілерінде8 элементтіантенналық тор технологиясы

LTE желілерінде8-ЭАТ технологиясы деректерді табыстаудың жоғары жылдамдығын қамтамасыз етуде маңызды ролдердің бірін ойнайды.

8-ЭАТ (8 элементтіантенналық тор)деректердің көп санын біруақытта жіберу үшін бірнеше таратқыштар мен қабылдағыштарды қолдануды қарастыратын сымсыз қол жетімді технология. 8-ЭАТ технологиясын қолданумен байланысарналарының кедергіге қарсы тұруын жоғарылату, қателікпен қабылданған биттердің салыстырмалы санан азайту мүмкін болады. MIMO жүйелерінің жұмысы екі принцип бойынша ұйымдастырылуы мүмкін: кеңістіктік тығыздалу принципі және кеңістіктік-уақыттық кодтау принципі [5,6].

Бірінші жағдайда әртүрлі таратқыш антенналарақпараттық символдар блогының әртүрлі бөліктерін және әртүрліақпараттық блоктарды таратады. Деректерді табыстау екі немесе төрт антеннамен параллельді жүргізіледі. Қабылдау тарапында қабылдау және әртүрліантенналардың сигналдарын бөлу жүзегеасырылады. Екінші жағдайда, барлық таратқыш антенналардан алдын ала кодтау схемасын қолданумен бірдей деректерағымының таратылуы жүзегеасады.



1.6-сурет.8-ЭАТ-жүйесінің құрылымдық схемасы

8-ЭАТ технологиясының антенналық конфигурациясы симметриялы мәндерді қабылдайды. 1.6-суретте кеңістіктік-уақыттық принципі бойыншаіскеасырылған 8 элементтіантенналық торжүйесінің құрылымдық схемасы көрсетілген.

1.8 «Virgin Mobile» компаниясының сипаттамасы

Virgin Mobile – өз жұмысын 1999 жылда бастаған әлемдегі мобильді ұялы байланыстың алғашқы сәтті MVNO- виртуалды операторы болып саналады. Ол өзіндік ұялы байланыс желісіне тікелей иеемес, мұның орнына келісімдер негізінде бароператорлардағы ұялы желіні қолданады (яғни виртуалды оператор болып табылады). Virgin Mobile Ұлыбританияда T-Mobile компаниясының желісін пайдаланады. АҚШ-та Sprint компаниясының CDMA желісін пайдаланады. Virgin Mobile Австралияда Optus компаниясы желісінде жұмысістейді. Канадада Bell Mobility, Францияда Orange, Оңтүстік Африкада Cell C желілерін пайдаланады. Компания 2014 жылда жобаны Туркиядаіске қосуды жоспарлауда. Енді Virgin Group Ресей мен Қазақстанда виртуалды мобильді байланыстың қызметін іске қосу мүмкіндігін қарастыруда.

Қызық, виртуалды мобильдіоператороператор (MVNO — Mobile Virtual Network Operator) — Virgin де керемет жасалған бизнестің схемасы. Инфрақұрылымның құрылысында капиталдық шығындардың болмауы едәуір үнемдеуге және қысқа уақытта жаңа бизнестііске қосуға мүмкіндік береді. Ричард Брэнсон өзінің кітаптарында мобильді бизнеске келуін өтеайқын сипаттап жазған. Сэр Брэнсон өзінің «Ашық бизнес» кітабында MVNO туралы былай жазады:

«MVNO іске қосылуының артықшықтары недеекен көру оңай. Бар мобильді байланыс бизнесін сатып алумен салыстырғанда, жаңа желі құрылысының бағасын айтпай-ақ, мұндағы бастапқы шығындар болмашы ғана. Алайда ұялы байланыстың бароператорларына бұл қандай табыс әкеледі?

MVNO желідергіабоненттердің тұрақсыздығын тиімді төмендетеді. Егерабонент операторды ауыстырғысы келген жағдайда бәсекелескеемес, MVNO серігіне кеткені жақсы, солай емес пе? Осылайшаабоненттер бір желінің қызметтерін пайдаланаалады, оның табыстары теңдей екіге бөлінеді. MVNO да өзіндік бренд бар, ұялы байланыс желісінде де өзіндік бренд бар, ал әртүрлі брендтер әртүрліадамдарды еліктіреді. Екі жақсы бренд бірігіп әрекет етеотырып, біреуіне қарағанда көп абонентті өзінееліктіреалады. Сондықтан мен мынаны дәлелдедім: ұялы байланыс желілері MVNO туралы өздерінің сақтандыру полисіретіндеойлауына болады... Басқастратегияларды қолданатын MVNO, сол желіде жұмысістей отырып, жетістік ықтималдығын жоғарылатаы, өйткеніол жаңаабоненттер мен табыстардың ағынын ынталадырады».

«Virgin» бароператорды қолданады, ал мына «АЛТЕЛ» АҚ «Қазақтелеком» АҚ компаниясының туындысы. «Virgin» «АЛТЕЛ» АҚ пайдаланатын БС жиілігін қолданады.

«АЛТЕЛ» АҚ – 1994 жылдан бастан Қазақстан Республикасы аймағында қызмет көрсетіп жатқан «Қазақтелеком» АҚ туынды компаниясы. «Қазақтелеком» АҚ LTE деректерді табыстау технологиясы бойынша Қазақстан аумағына қызмет көрсетудің айрықша құқығына ие. «АЛТЕЛ» АҚ қызметтерінің іскеасырылуы ALTEL4G сатылу маркасымен атқарылады. LTE желісі 2012 жылдың 25 желтоқсанындаАстана жәнеАлматы қаласында Қазақстан Республикасы Президенті Нұрсултан Назарбаевтың тапсырмасы мен деректерді кеңжолақты таратудың стратегиялық дамыту Бағдарламасын іскеасыру аясында қосылады. LTE желісі Қазақстанда 1800 МГц жиілік диапазонында жұмысістейді.

2003 жылдың желтоқсан айынан бастап ұялы байланыс пен Интернеткесымсыз кіру қызметтерін - CDMA 2000-1X ұсынатын үшінші ұрпақ технологиясы коммерциялық пайдалануға берілді.

CDMA стандарты Солтүстік Америка, Оңтүстік-шығысАзияяның сымсыз байланыс нарығында басымдылық танытады.

Қазіргі күнде «АЛТЕЛ» АҚ ұялы байланыстың CDMA 2000-1Xстандартының алғашқы және жалғыз операторы болып табылады.

Қазіргі кезде «Алтел» нарықта бес брендпен көрсетілген:

ALTEL4G - «4G LTE» деректер табыстаудың заманауи технологиясы базасында құрылған жәнеабоненттерге жоғары жылдамдықты мобильді байланыс үшін ыңғайлы, түсінікті, қырыпайым жәе тиімді жағдай жасауға мүмкіндік беретін желі. LTE технологиясы алдыңғы технологиялардың жылдамдығынан 10 есеасып түсетін жылдамдықта деректерді таратуға мүмкіндік береді.

PAThWORD – қызметтер prepaid принципі бойынша ұсынылады. Мұндаабоненттердің есептелген қатары ұялы байланыс қызметіне төлеу үшін жеткіліктіақшаоператорғаесебіне түскеннен кейін ғана ұялыы байланыстың қызметтерін қолданаалады.

JET – оператор желісінің кез келген желісінде, кез келген уақытта жоғары жылдамдықты Интернетке қосылуды қамтамасыз ететін қызметтер жиынтығы.

City – Қазақстан нарығына 2006 жылда бөлінген жоба, ол бөзінің абоненттеріне мобильді телефонда тікелей қала нөмірін ұсынады. City абоненттері Dalacom/PAThWORD нөмірлеріне, басқа да мобильдіоператорлардың нөміріне, сонымен қатар қала нөміріне шақыру жасай алады. Мұнда City нөмірлерінен қала нөмірлеріне, қала нөмірлерінен City нөмірлерінехабарласу тегін. City қызметтері postpaid принципі бойынша жұмысістейді. Есептеудің мұндай тәртібіндеабонент байланыс қызметтерін несиеге қолданаалады жәнеоларды есептік кезең уақытында төлейді. Ұялы байланысоператоры ай сайын әрекеттегі тарифкесай абоненткеесеп шығарып отырады.

Dalacom - Dalacom қызметтері postpaid принципиі бойыншаатқарылады. Есептеудің мұндай тәртібіндеабонент байланыс қызметтерін несиеге қолданаалады жәнеоларды есептік кезең уақытында төлейді.

LTE технологиясы базасындағы техникалық орталық АТС48 дің бұрынғы ғимаратындаорналасқан. Орталық 4G технологиясы жұмысын қамтамасыз ететін және қызметтерін ұсынатын соңғы ұрпақтың құрылғыларымен жабдықталған.

ALTEL компаниясының LTE желісінің теориялық масимальді жылдамдығы 100 Мбит/с - downlink және 50 Мб/с – uplink жетуі мүмкін.

«ALTEL 4G» абоненттері үшін шынайы жылдамдық базалық станцияның жақындығы, арнаны жүктеу секілді факторларға байланысты.

LTE FDD band3 жұмыс диапазонында:

– «абонентке» (downlink) бағытында жіберудің жиілік жолағы – 1860...1880 МГц;

– «абоненттен» (uplink) бағытында жіберудің жиілік жолағы – 1765...1785 МГц;

– 3GPP Release 9 стандартымен үйлесімділігі;

– LTE (3GPP EUTRA) Band 20 жұмыс диапазонында:

– «абонентке» (downlink) бағытында жіберудің жиілік жолағы – 832...862 МГц;

– «абоненттен» (uplink) бағытында жіберудің жиілік жолағы – 791...821 МГц;

– Қазақстанда 4G LTE желісінің жұмыс жиілігі: 800-1800 МГц.

1.9 Міндеттер қою

Осы дипломдық жобада Қазақстан Республикасының қалаларында «АЛТЕЛ» АҚ көмегімен «Virgin» үшін LTE құру қарастылады.

Жобаны жасағанда мыналарды істеу қажет:

– LTE функциялануының талдауын жасау;

– «Virgin» («АЛТЕЛ» АҚ) үшін LTE желісін жасау;

– LTE желісінің құрылғысын сипаттау;

– желінің өткізу қабілетін есептеу;

– әлеуеттіабоненттердің санын есептеу;

– LTE желісі үшін радиобүркеу үшін радисты есептеу.

Сонымен қатар дипломдық жобаны жасағанда тіршілік әрекетінің қауіпсіздігі бөліміне қатысты мәселелерді қарастыру қажет:

– еңбек шарттарын талдау;

– өндірістік мекемелерді жасанды жарықтандыруды есептеу;

– кондициялау жүйесін есептеу.

2. LTE функциялануын талдау

2.1 Бәсеңдейтін арна

Бәсеңдеуші және өрістеушіарналарда OFDM технологиясын қолдану әртүрлі. Бәсеңдейтін арнала бұл технология тек сигналды тарату үшін ғанаемес, сонымен қатар көптеген жетімділікті (OFDMA) ұйымдастыру – яғни, абоненттік арналарды мультиплекстеу үшін қолданылады [5,6].

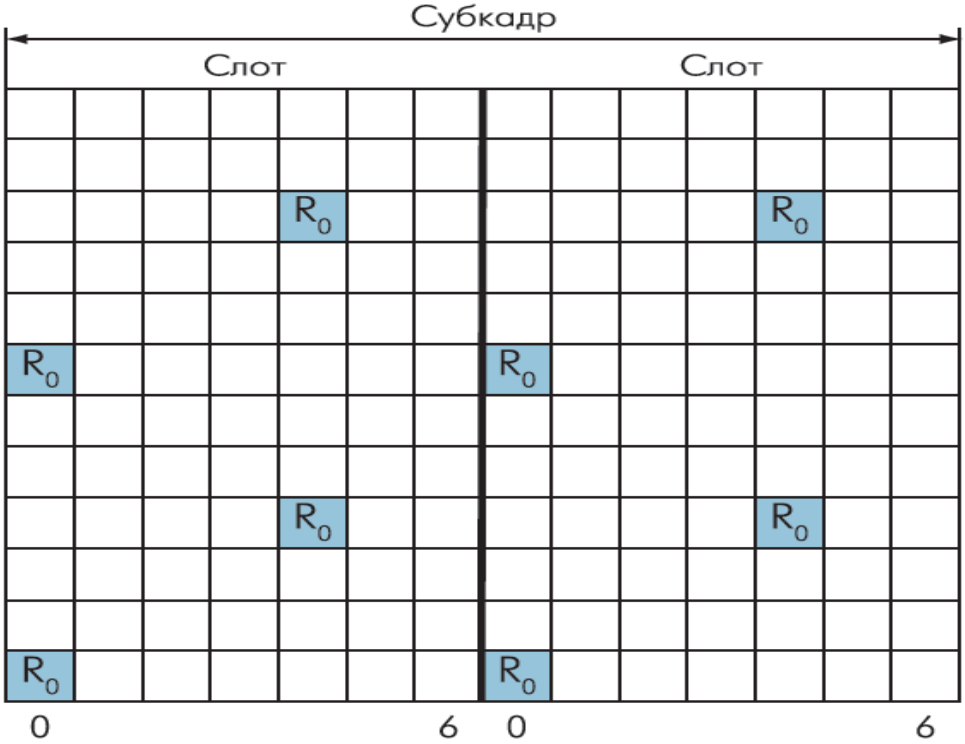
Сипатталған физикалық құрылымдық блоктан басқа, логикалық құырымдық блок түсінігіенгізіледі. Ресурстық элементтердің саны бойыншаолар эквивалентті, алайда физикалық блоктың логикалықта көрінуінің екі нұсқасы болуы мүмкін – бірге бір және үлестірілген. Соңғы жағдайда логикалық ресурстық блоктың элементтері барлық қол жетімдіресурстық кестеде үлестірілген болады.

Пакеттік желілерден айырмашылығы, LTE де әкелушінісинхрондау және жылжуын бағалауға қажетті физикалық кіріспесөз басы болмайды. Мұның орнына әрбірресурстық блокқаарнайы тіректік жәнесинхрондаушы сигналдар қосылады. Тіректік сигналдар үш түрде болуы мүмкін – ұяшықты сипаттайтын тіректік сигнал (Cell-specific), нақты абоненттік құрылғымен байланысқан сгинал және MBSFN арнайы кеңабарлаушы мультимедиялық сервискеарналған сигнал [6]. Тіректің сигнал тарату анасына жағдайларды тікелей анықтауға қызмет етеді. Осындай өлшемдердің негізінде қалған әкелушілер үшін арнаның реакциясын анықтауға және интерполяция көмегімен олардың бастапқы пішінін қалпына келтіруге болады.

Тіректік cell-specific-сигнал бәсеңдеугіарнаның әрбірсубкадрында қатысуы керек (MBSFN-жіберу жағдайларынан басқа). Сгиналдың формасы идентификациясында БС ұяшының идентификациялық нөмірі (Cell ID) қолданылатын Голдтың кездейсоқ тізбегінің негізіндеанықталады (m-тізбекті нұсқасы). Мұндай тірек сигналы ресурстық элеметтер бойынша теңдей үлестірілген (2.1-сурет). Сонымен, префикстің стандартты ұзындығында 0- және 4, кеңейтілген CP – 0- және 3- -OFDM символ кезінде трансляцияланады. Жиілік аймағында тірек сигналдары әрбір 6 әкелушіарқылы беріледі, әрі жылжу 6-модуль бойыншаалынған ұшық идентификторымен анықталады.

Тірек сигналдарынан басқа, бәсеңдеушіарнадасинхрондаушы сигналдар да трансляцияланады. Синхрондаушы сигналдарды Cell ID де белгілейді. LTE де WCDMA технологиясы секілді ұяшық идентификациясының иерархиялық құрылымы қабылданған. Физикалық деңгейде 504 Cell ID қол жетімді деп болжамдалады. Олар 268 ID-топқа бөлінген, әрқайсысында 3 идентификатордан. Топтың нөмірі n1 (0-167) және идентификатордың нөміріндағы N2 (0-2) де ID ұяшықтарды блегілейді. Екісинхросигнал пайдаланылады – біріншілік жәнеекіншілік. Біріншілік синхросигнал N2 идентификатор негізінде Задов-Чу тізбегімен белгіленетін жиілік

жжоспарындағы 62-элементтік тізбектен тұрады [6]. Мұндай ресурстық тормен үлестірілген 62 әкелушіден тұратын тізбек оның орталық жиілігіне қатысты симметриялы, 0 және 10 (0 және 5 субкадрлар) слоттарсоңғы OFDM символда1 типтірадиокадрда беріледі. 2типтірадиокадрда біріншілік синхросигналды жіберу үшін 1 және 6 субкадрлардың үшінші OFDM-сиволы пайдаланылады. Екіншілік синхросигнал ID-тобының N1 нөмірі негізінде генерацияланады. Ол 1 типтірадиокадрдың 0 және 10 слоттарында (стандартты CP де бесінші OFDM-символ) және 2 типтірадиокадрдың 1 және 11 слоттарында (стандартты CP деалтыншы OFDM-символ) беріледі.



2.1-сурет. бірантеннамен жұмысістеу кезінде LTE ресурстық тордың бәсеңдеушіарнасында тірек сигналының (cell-specific)орналасуы

2.1-суретте [5, 6, 8] көрініп тұрғандай, бәсеңдеушіарнадасигнал құрылуы ақпаратты сандық берудің заманауи жүйелері үшін стандартты. Ол арналық кодтау, модуляциялық символдардың құрылуы, олардың антенна порттары мен ресурстық элементтер және OFDM-символдар бойынша үлестіру тәртіптерінен тұрады. Арналық кодтау MAC-деңгейден түсетін деректер блогы үшін бақылау жиынтықтарын есептеуді (CRC-24) көздейді. Одан кейін бақылау жиынтықтарымен блоктар кодердің көмегімен кодтаудың жылдамдығы 1/3 пен өңделеді. LTEде неоралған кодты, не болмаса турбо-кодты қолдану қарастырылған. Кодталған тізбек орнаасқаннан кейін (интерливинг) скремблерге түседі ({x(i)} кіріс тізбегі үшін dscr(i) = x(i) + c(i) түріндегі тәртіп орындалады, мұндас(i) – белгіліскремлдейтін тізбек). Одан кейін кешенді модуляциялық символдар (QPSK, 16- , 64-QAM) орындалады жәнересурстық элементтер бойынша үлестіріледі. Әрі қарай OFDM-символдарының

синтезіжүреді, олардың тізбегі белгіленген жиілік диапазонында шығыс ЖЖ-сигналды құратын модуляторға түседі. Қабылдау тарапында барлық тәртіптер кері бағыттаорындалады.

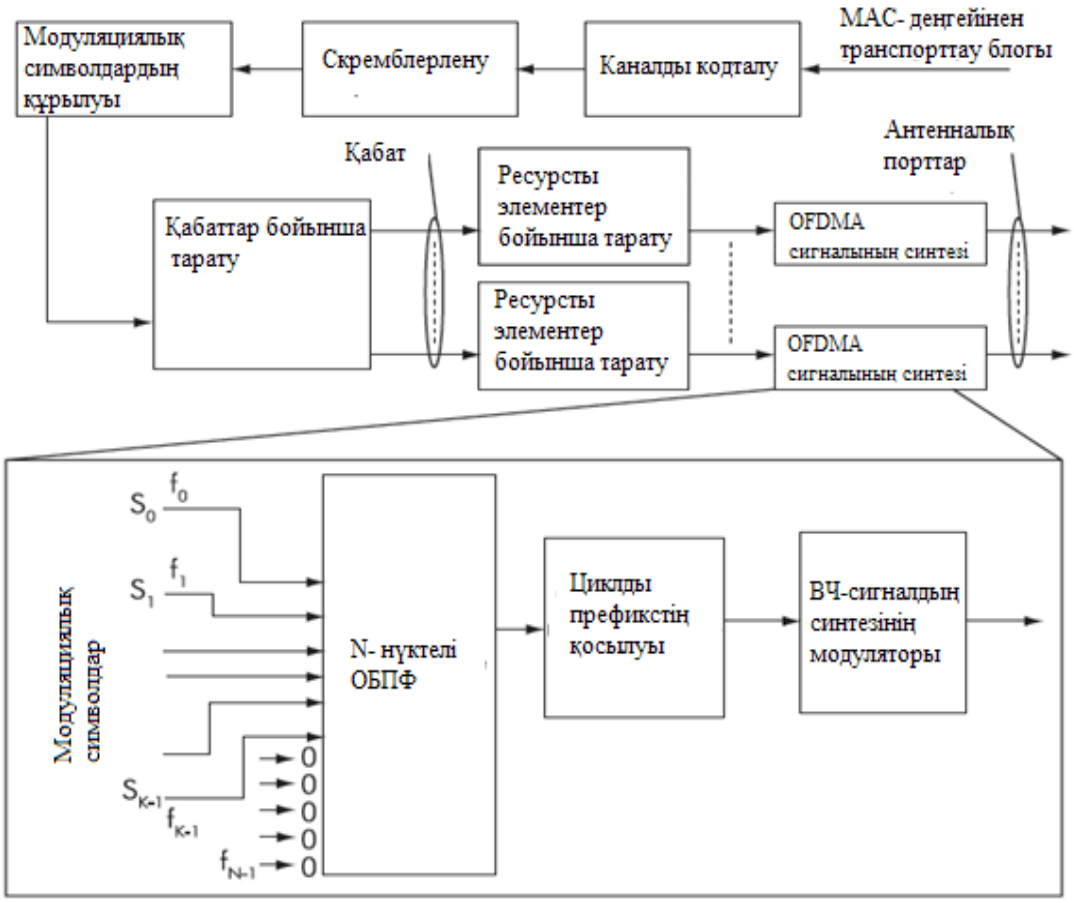
2.2 Өрістеушіарна

OFDM ді циклдық префикспен үйлесімді қолдану байланысты радиоарна параметрлерінің уақытша дисперсиясына тұрақты етеді, нәтижесінде қабылдау тарапында күрделі күрделі эквалайзер қажетсіз болып қалады. Бұл бәсеңдейтін арнаны ұйымдастыруға өте пайдалы, өйткені қабылдағышпен сигналды өңдеу ықшамдалады, бұл терминальді құрылғының бағасын жәнеол пайдаланатын қуатты азайтады. Өрістеушіарнадасәулеленудің рұқсат етілген қуаты бәйеңдеушіге қарағандаедәуір төмен. Сондықтан ақпаратты жіберу тәсілінің энергетикалық тиімділігі жабу зонасын үлкейту, терминальді құрылғының бағасын жәнеол пайдаланатын қуатты азайту мақсатында біріншілік болып табылады.

OFDMA технологиясының негізгі кемшілігі – сигналдың жоғарғы жәнеорта қуатының жоғары арақатынасы (PAR - PeaktoAveragePowerRatio). Бұл уақытшааймақта OFDM-сигналы жоғары PAR сипаттайтын Гаусс шуына ұқсас болып келуімен байланысты. Бұдан басқа, OFDMA технологиясы, әкелушіарасындағы қадамды минималдау мен салыстырмалы CP ұзындықты қысқарту қажеттілігін есепкеалаотырып, композиттісигналдың құрылуына өте жоғары талаптар қояды.

Таратқыш пен қабылдағыш арасындағы жиіліктің келісілмеуі және қабылданып жатқан сигналдағы фазалық шу жеке әкелушілердесимволаралық интерференцияға әкелуі мүмкін (яғни, әртүрліабоненттік арналарарасындағы интерференцияға). Әкелушілерарасындағы кішігірім аралықтасондай салдарға Доплер эффекті де әкелуі мүмкін, бұл абоненттердің жоғары мобильділігін көздейтін ұялы байланыс жүйлереі үшін өте өзекті болып табылады.

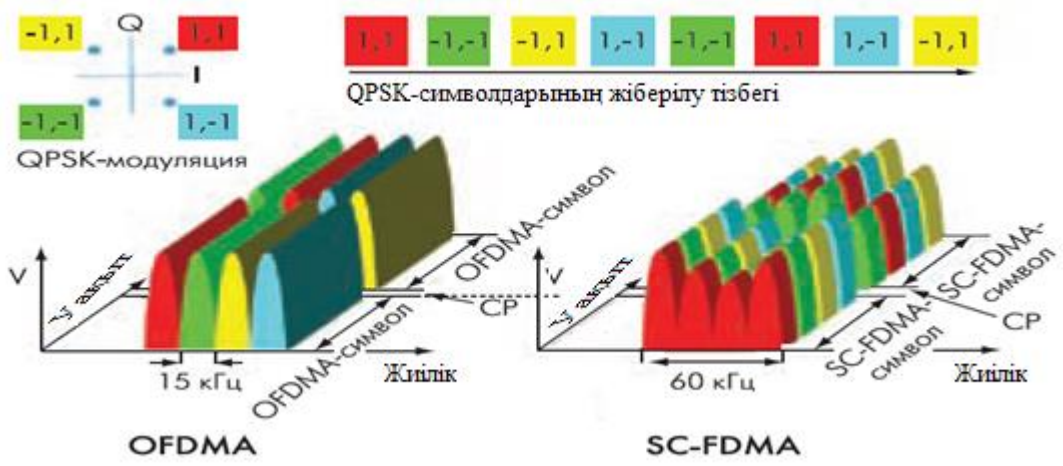
Осыған байланысты, LTE өрістеушіарнасы үшін жаңа технология ұсынылды - SC-FDMA (SingleCarrierFrequencyDivisionMultipleAccess – бір әкелуші базасында жиілікті бөлінулерге көптеген жетімділік) [5]. Принциптік түрдеоның айырмашылығы – егер OFDMA да әрбір әкелушіде біруақытта өзінің модуляциялық символы берілетін болса, ал SC-FDMA да әкелушілер біруақытта және бірдей модульденеді, бірақ модуляциялық символдар қысқарақ. Яғни OFDMA дасимволдар параллельді жіберіледі, ал SC-FDMA да – тізбекті. Мұндай шешім OFDM қарапайым модуляциясын пайдаланумен салыстырғада қуаттың максимальді жәнеорта деңгейлерінің аз қатынасын қамтамасыз етеді, нәтижесіндеабоненттік құрылғылардың энергия тиімділігі жоғарылайды жәнеолардың құрылысы ықшамдалады (таратқыштардың жиілік парамтерлерінің дәлдігіне талаптаредәуір төмендейді) (2.2-сурет) [4].



2.2-сурет. Бәсеңдейтін арнадасигнал қалыптасуының схемасы

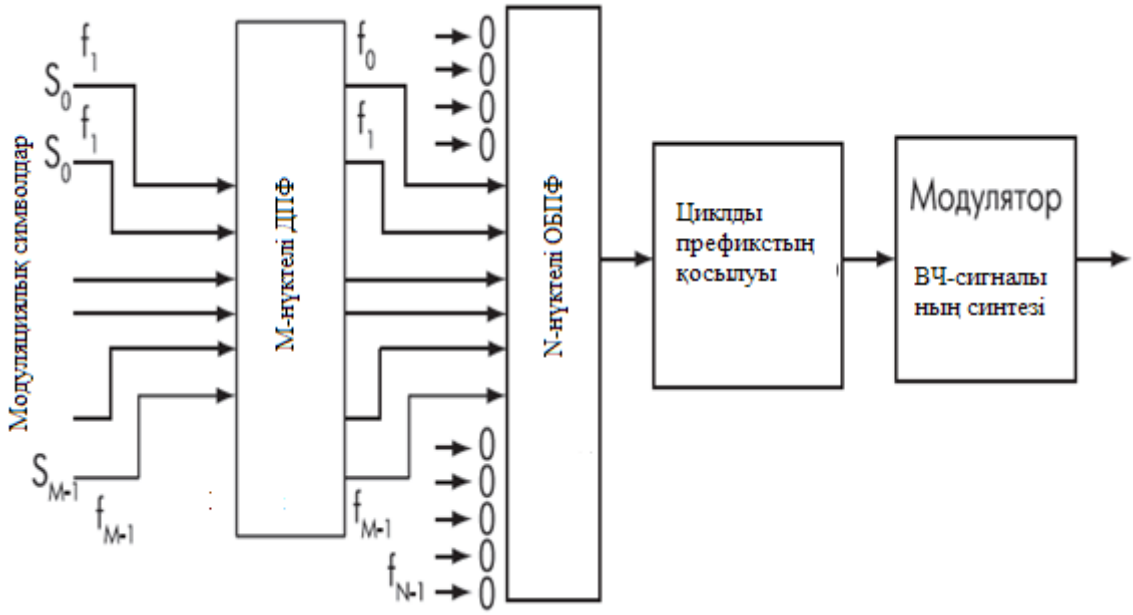
2.3-суреттен [5, 6] көріп тұрғанымыздай, SC-FDMA-сигналдың құрылсы көп жағынан OFDM технологиясына ұқсас. Сонымен қатар композиттік сигналда пайдаланылады – Δf адымымен орналасқан көптеген әкелушілердің модуляциялары. Принциптік ерекшелігі барлық әкелушілер бірдей модуляциялануында – яғни, бір уақытта тек бір модуляциялық символ беріледі.

Мұндаресурстық тор бәсеңдейтін арнаға толық аналогты. Сонымен қатарслоткасай келетін физикалық ресурстық блоктыжиілік аймағындаΔf = 15 кГц (барлығы 180 кГц) жәге 0,5 мс уақытшадаадыммен 12 әкелуші иемденеді. Ресурстық блокқастандартты циклдық префиксте 7 SC-FDMA-символ, кеңейтілгенде – 6 сай келеді. SC-FDMA сиволдың ұзындығы (префикссіз) OFDMA-символдың ұзындығына тең және 66,7 мкс құрайды (сәйкес циклдық префикстердің ұзындығы да тең).

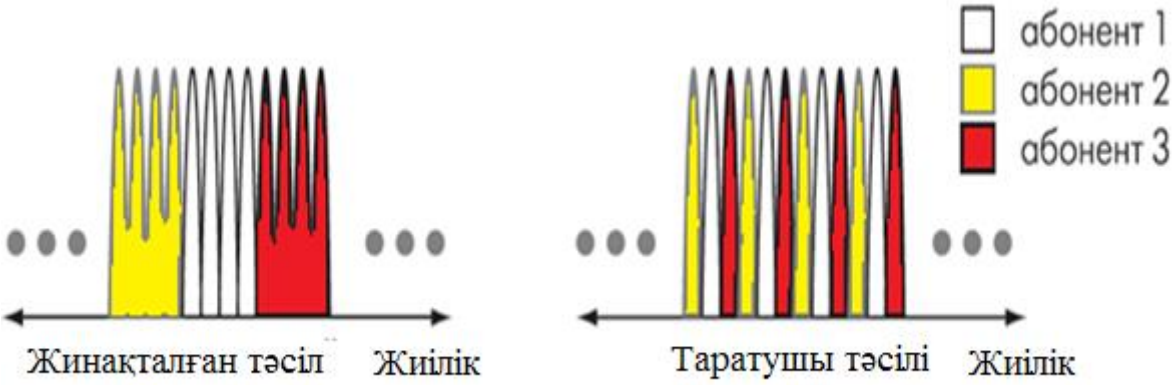


2.3-сурет. QPSK-символдар тізбегін жәбергенде OFDMA және SC-FDMA арасындағы айырмашылық

2.3-суреттен [5,6] көріп тұрғанымыздай, торда 6 дан 110 ресурстқ блокқа дейін болуы мүмкін, бірақ олардың саны 2, 3 немесе 5 кееселенген болуы керек, бұл дикретті Фурье-түрлендіруі тәртібімен байланысты. Тағы біререкшелік – 64-QAM модуляциясының АУ да қуатталуы опциялы. Базалық станциядан жоспарлау функциясының көмегімен деректерді табыстау үшін желінің әрбірабонентінересурсты блоктардың белгілі бірсаны бөлінеді. Кестеабоненттерге бәсеңдетін радиоарнадағы қызметтік арналар бойынша беріледі. Алайдаегер OFDMA да бір модуляциялық символ (QPSK, 16- немесе 64-QAM) бір әкелушідегі OFDM-символынасәйкес келсе (15 кГц, 66,7 мкс), онда SC-OFDMA да жағдай өзгеше. Жиілік жоспарында модуляциялық символдың кеңдігі жиіліктің барлық жетімді жолағында тең болады (ол барлық әкелушіге біруақытта беріледі). Мұнда бір SC-FDMA-символ бірнеше модуляциялық символдардан тұрады – бірақ OFDMA мен салыстырғанда қысқалау. SC-FDMA-сигналының қалыптасуы тәртібі OFDMA схемасынан ерекшеленеді. Модуляциялық символдардың арналық кодтауы, скрембілеуі және қалыптасуынан кейін олар блоктарға M символдарға - SC-FDMA субсимволдарына топтастырылады. Оларды 15 кГц адымда әкелушіге жатқызу мүмкін емес – N есе жоғары жиілік талап етіледі, мұнда N – әкелушілерді жіберу үшін қол жетімділерсаны. Сондықтан, топтарды M модуляциялық символдармен құрастырып (M < N), оларды M-нүтелі дискретті Фурье-түрлендіруіне ұшыратады (ДФТ), яғни аналогты сигнал құрады. Одан кейін ғана кері N-нүктелі Фурье-түрлендіруінің стандартты тәртібінің көмегімен әрбір әкелушінің дербес модуляциясынасай сигнал синтездейді, циклдық префиксті қосады және шығыс ЖЖ-сигналды генерациялайды. Осындай тәсілдің нәтижесінде OFDMA- және SC-FDMA-сигналдарының таратқышы мен қабылдағышы [5, 6] ұқсас функциялық құрылымға ие болады (2.4 және 2.5-суреттер).



2.4-сурет. SC-FDMA жағдайында шығыссигналын құру ерекшелігі



2.5-сурет. SC-FDMA да әкелушілерді үлестіру тәсілдері

2.4-суреттен АУ ды фиксацияланған жиілік диапазонын да (іргелесресурстық блоктар қолданылады), үлестірілгенін де – жиіліктің секірмелі жиілікті қайта құру режимін де (FH) қолдануы мүмкін. Соңғы жағдайда өрістеушіарнаның әрслоты үшін қол жетімдіресурстық торан жаңаресурстық блок пайдаланылады. Жиілікті қайта құру параметрлері желілік құрылғымен белгіленеді жәнеабоненттік станцияның желіде инициализациясында да, басқару арнасындағы жұмыс барысымен дахабарласады. Үлестірілген тәсілде – әрбірабоненттен ақпарат сигналдың бүкіл спектріндеорналасқан, сондықтан бұл тәсіл жиілікті-таңдамалы қатуға тұрақты.

2.5-суретте басқа жағынан , үлестірудің жергілікті тәсіліндеосы абонент үшін арнаның басылуына максимальді тұрақтылық жеткізілетін жолақты анықтау мүмкін болады. Сигналдың басылуы аймағы барлық абоненттер үшін әртүрлі болғандықтан, радиоарнаны пайдаланудың жалпы максимальді тиімділігіне жетуге болады. Алайда бұл әрбір құрылғы және диспертерлеу

фунциясын ұйымдастыру үшін жиілік сипаттамасының үздіксіз сканерлеуін талап етеді.

Жоғарғы деңгейдегі функциялармен генерацияланатын ақпарттан басқа, өрістеушіарнада тірекітік сигналдар беріледі. Олардың тағайындалуы –БС қабылдаушысында белгілі бірАУ таратқышына бапталуына көмектесу. Бұдан басқа, бұл сигналдарресурстарды диспетчерлеуде БС қолданылатын арналардың сапасын бағалауға мүмкіндік береді. Өрістеушіарнадағы тіректік сигналдарекі түрде болады – «демодуляцияланған» және және зондтық (sounding). Демодуляцияланған тіретік сигналдар бәсеңдеушіарнаның тіректік сигналынааналогты. Олар тұрақты негізде беріледі. Сонымен, жалпы ақпараттық арнада демодуляцияланған тіректік сигналдардың тізбегіСРстандартында әрбірслоттың төртінші SC-FDMA-символында беріледі. Зондтық сигналдарапериодты. Олардың негізгі тағайындалуы –егер тарату әлі жүрмесе, БС ғаарнаның сапасын бағалау мүмкіндігін беру.

2.3 8 Элементтіантенналық тор (8-ЭАТ) технологиясы

8-ЭАТ технологиясы (көптеген кіріс – көптеген шығыс) – байланысарналарының кедергіге қарсы тұруын едәуір ұлғайтуға, яғни сигналдардың көпсәулелі таралу жағдайында деректерді табыстаудың жылдамдығын азайтпай, қателікпен қабылданған биттердің салыстырмалы санын азайтуға мүмкіндік береді. 8-ЭАТ технологиясының артықшылықтары бірнешеантенналарды қолданумен байланысты [5, 6].

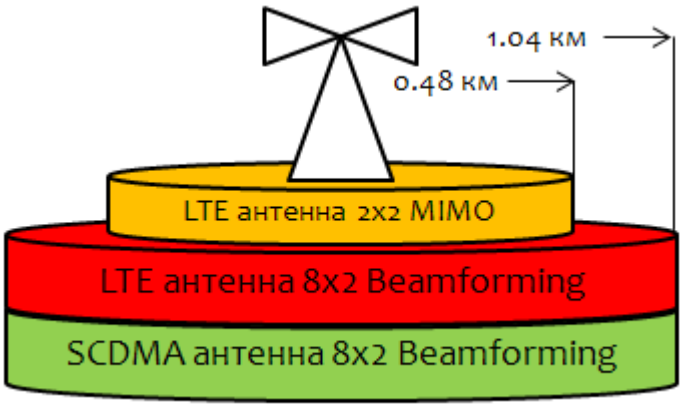
8-ЭАТ технологиясын тәзірге технология деп емес, бірнешеабоненттермен байланысарнасын құру тәсілі деп қарастыруға болады. 8-ЭАТ белгісі технологиялардың бірқатарын біріктіреді:

– деректерді табыстаудың (сәулелер) тар бағытталуын құруға, кедергілердің бөгет жасайтын әсрелерін оларды қабылдау құырлғысында компенсациялау жолымен жоюға мүмкіндік беретін «зияткерлік» антенналарын (intelligent antennas) қолдану; бұл технология байланысарнасының кедергіге қарсы тұруын жоғарылатуға, сонымен қатарспектрді қолданудың тиімділігін деректерді параллельдісәулелерде табыстау есебінен жоғарылату мүмкіндігін береді;

– кеңістік-уақыттық кодтауды қолдану (Space-TimeCoding — STC);

– сигалдарды поляризациялық өңдеуді, арналарды поляризациялық бөлуді пайдалану.

8 элементтіантенналық тор технологиясының барлық әрқилылығы бір мақсатқа жетуге бағытталған –байланыс желілерінде деректерді табыстаудың жоғарғы жылдамдығын кедергіге қарсы тұруды ұлғайту есебінен жоғарылату. Деректерді табыстаудың жылдамдығын жоғарылату мүмкіндігінің физикалық мәнін Шеннон формуласының көмегімен түсіндіруге болады.



2.6-сурет. 8-ЭАР мен MIMO-ның айырмашылығы

2.6-суретте8-ЭАР-дың MIMO технологиясынан айырмашылығы көрсетілген. 8-ЭАР технологиясының қамту аумағы, оның өткізу жолағының кеңдігі және жылдамдығының жоғары болуы көрсетілген.

2.4 LTE радиожіліктіспектрі

3GPP және ETSI Серіктестік жобасының жұмысты тобымен LTE үшін техникалық спецификацияда FDD жиілік дуплексінің режимі үшін 29 және TDD уақытша дуплексі үшін 10 жолақ анықталды, олар 2.1 және 2.2-кестелерде көрсетілген [2, 5, 6].

LTE желілері үшін радиожиілік жолағын таңдау радиожиіліктің жағдайына және нақты мемлекетте босрадиожиілік ресурсының болуына байланысты. Оны қолданудың теориялық әртүрлі комбинациялары бар, бірақ жалпы жағдайдааумақтардаоператорлармен қызмет көрсету стратегиясы былай: 1 ГГц тен төмен диапазон ірі қалаларға қарағандахалықтың тығыздығы төмен үлкен аумақтарды жабуғаарналған. Мұндай жағдайдаресурсаз қажет болады. Қалалардағы негізгі жүктеме («сыйымдылықты») 2 ГГц шамасында жәнеодан жоғарыда жатады.

2.1-к е с т е . FDD да LTE бөлінген жиілік диапазондары

Диапазон номері	Диапазонның атауы	Диапазон жиілігі Uplink (МГц)	Диапазон жиілігі Downlink (МГц)	Диапазонның жалпақтығы (МГц)	Дуплексный разнос (МГц)
1	IMT 2100	1920-1980	2110-2170	60	190
2	PCS 1900	1850-1910	1930-1990	60	80
3	DCS 1800	1710-1785	1805-1880	75	95
4	AWS	1710-1755	2110-2155	45	400
5	US 850	824—849	869—894	25	45

2.1- кестеінің соңы

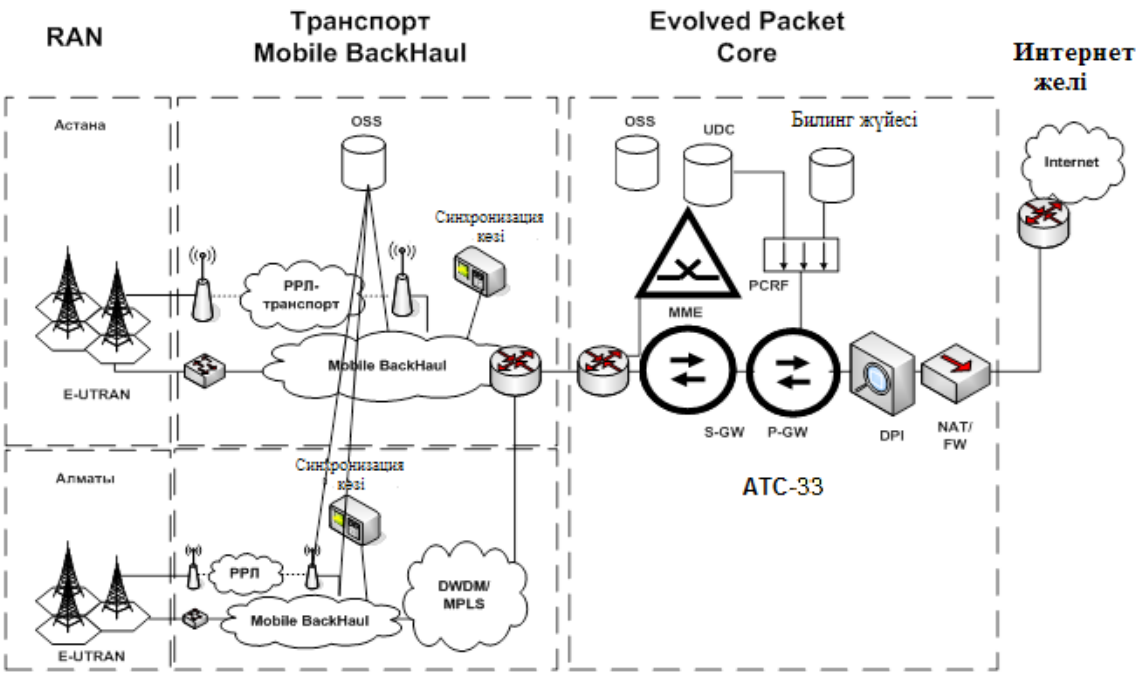
6	UTRA only	830—840	875—885	10	35
7	2.6 GHz	2500-2570	2620-2690	70	120
8	GSM 900	880—915	925—960	35	45
9	1700 MHz	1749,9—1784,9	1844,9—1879,9	35	95
10	AWS Extended	1710-1770	2110-2170	60	400
11	Japan 1500 Lower	1427,9—1452,9	1475,9—1500,9	25	48
12	US 700	698—716	728—746	18	30
13	US 700c Upper	777—787	746—756	10	-31
14	US Public Safety	788—798	758—768	10	-30
15	-	1900-1920	2600-2620	20	700
16	-	2010-2025	2585-2600	15	575
17	US 700bc Lower	704—716	734—746	12	30
18	Japan 800 Lower	815—830	860—875	15	45
19	Japan 800 Upper	830—845	875—890	15	45
20	Europe 800 EDD	832—862	791—821	30	-41
21	Japan 1500 Upper	1447,9—1462,9	1495,9—1510,9	15	48
22	3.5 Ghz	3410-3500	3510-3600	90	100
23	S-Band 2 GHz	2000-2020	2180-2200	20	180
24	L Band	1625,5—1660,5	1525—1559	34	-101,5
25	PCS 1900ag	1850-1915	1930-1995	65	80
26	US 850 Extended	814-849	859-894	35	45
27	US 800 SMR	807-824	852-869	17	45
28	700 MHz APAC	703-748	758-803	45	55
29	US 700de Lower	Downlink only	717-728	11	-

2.2-к е с т е .TDD да LTE бөлінген жиілік диапазондары

Номер диапазона	Диапазон частот (МГц)	Ширина диапазона (МГц)
33	1900—1920	20
34	2010—2025	15
35	1850—1910	60
36	1930—1990	60
37	1910—1930	20
38	2570—2620	50
39	1880—1920	40
40	2300—2400	100
41	2496—2690	194
42	3400—3600	200
43	3600—3800	200

2.5 Желінің архитектурасы

Желінің архитектуралық құрылуы 3GPP Rel.9 нің LTE (Long-Term Evolution)стандарын сипаттау бөліміндегі табаптарғасай және 2.7-суретте келтірілген деңгейлерден тұратын болады [5, 6, 10].



2.7-сурет. LTE желісінің архитектурасы

Астана қаласынднаенгізілетін төртінші ұрпақты 4G желісі «Virgin» (АО «АЛТЕЛ») шамамен 200 базалық станциядаорналасады. БарАО «АЛТЕЛ» желісіндегі базалық станцияның саны Астана қаласының елдімекендік

аймақтарын қосқанда60 дананы құрадйы. Сондықтан мультистандартты және мультидиапазонды базалық станцияларда құрылғыны орнату бірнеше кезеідергебөлінеді. 2016 жылға дейін жәнеоның басында барларының орнына 83 базалық станция орнатылады.

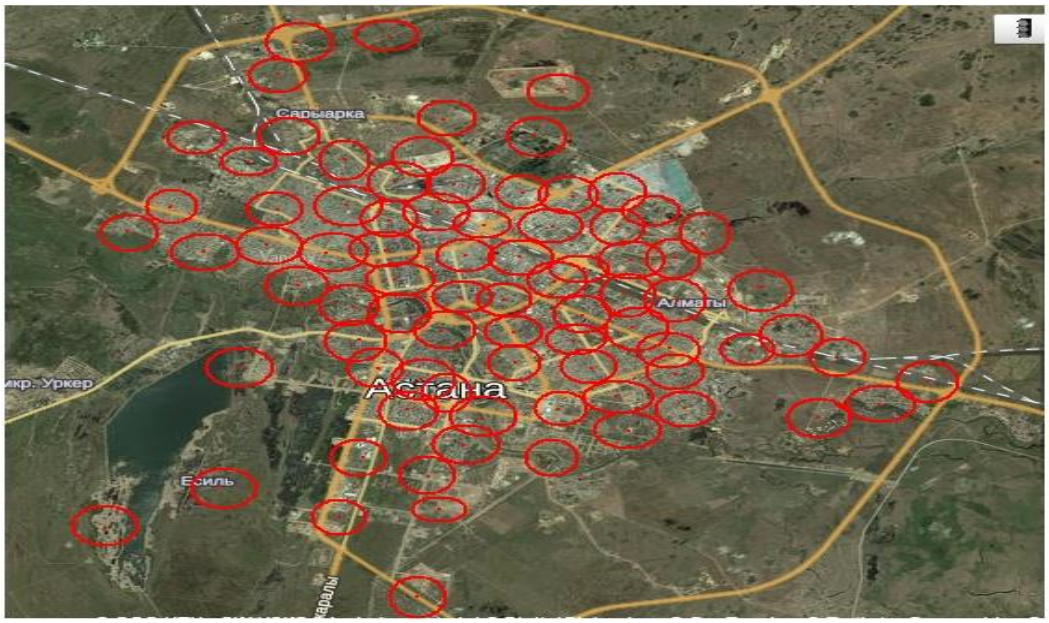
Желінің ядросы (EPC) Астанадаорнатылады, құрылғы АТС-33 жөндетілген ғимаратындаорналасады.

Жаңаобъектілерде трансмиссия (мультистандартты және мультидиапазонды базалық станцияларда) ТТОЖ көмегімен CDMA стандарты орнатылған объектілерде жүзегеасырылады, трансмиссия баррадиорелелік желілердің (РРЖ) көмегімен жүзегеасырылады.

LTE антенналары жалға берушіруқсат ететін объектілерде барантенналарға 2- диапазонды орнатылады. Басқаобъектілердеескіантенналар көрсетілетін болады және CDMA стандарты базалық станцияларының құрылғылары LTE антенналарына қосылады.

2014 жылға жоспарланып отырған абоненттерсаны – 70000 абонент, 2016 жылға – 185 000 адам.

LTE желісінің Алматы қаласы үшін схемасы 2.8-суретте көрстеліген.



2.8-сурет. Астанадағы LTE желісі 83 кәріз орнатумен

2.5.1 Желі ядросының деңгейі.

Желі ядросы құрылғысы мына функцияларды атқарады: MME, UDC, SGW/PGW, DPI, PCRF, Биллинг және қосымшаларсервері.

EPC бағдарламалық жасақтама мен сәйкес линцензиялардың келесі функциялық элементінен тұрады:

- MME (mobility management entity – мобильділікті басқару түйіні);
- UDC (user data convergence – конвергентті деректер базасы);
- S-GW (serving gateway – қызмет етуші шлюз);

- P-GW (packet data network gateway – пакеттік шлюз);
- DPI (deep packet inspection – трафик анализаторы);
- PCRF (policy and charging rules function – саясаттарды басқару түйіні);
- OSS (operation support system – желіні басқару жүйесі);
- Ethernet коммутаторлар (IP коммутаторлар);
- FireWall(желіаралық экран);
- EPC бағыттаушылары;
- аккумуляторлық батареялары бар кепілденген электр қуаттау жүйелері;
- дизель-генератор.

Орнатылатын құрылғыны тағайындау:

- UDC (Used Data Convergence) – мобильді байланыс желісіабоненттерінің ақпараттық деректік базалары барсервер – абоненттердің шынайылығы және желіге кіру туралы ақпаратты орнатуға қажеттіақпаратты басқарады.
- MME – Mobility Management Entity – мобильдік жетімділікті басқару және бақылауды әскеасыратын логикалық түйін.
- S-GW/P-GW (S-GW – Serving Gateway, Қызмет ететін Шлюз / P-GW – Packet Data Network Gateway, Пакеттік шлюз).
- DPI - (Deep Packet Inspection, трафиканализаторы);
- PCRF - (Policy and Charging Rules Function, саясат сервері), Биллинг – биллингтік жазбаларды өңдеу жәнеабоненттерге төлем қою, абоненттер мен қызметтерді басқару орталығы.

Қосымшаларсерверлері – әртүрлі қосымша қызметтер ұйымы.

EPC келесі қызметтерді қамтамасыз етеді:

- LTE абоненттерінің интернетке қол жетімділігі;
- Статикалық және динамикалық IP мен Интернет желісіне жетімділік;
- VPN (P2P/L2TP/IPSec);
- Абоненттің орналасқан жері туралы ақпаратты есепкеалаотырып, осы қызметтердің барлығына байт жәнесекундтық тарификация (он-лайн тарификациясын қосаотырып) мүмкіндігі (eNodeB секторы).

300 000 абонент үшін он-лайн тарификациясы мүмкіндігі, әрі қарай 4 000 000 ға дейін абоненттің өсу мүмкіндігімен.

EPCабоненттік терминалдар тарапы мен тарнспорттық деңгейде тек IPv4, тек Ipv6 және комбинирленген IPv4/ Ipv6 адрестерін қолдануды толық қуаттайды.

EPC LTE, GSM/HSPA және Wi-Fi радиожелілері жұмысын біруақыттық қуаттауды қамтамасыз етеді.

EPC GSM/HSPA/LTE радиожелілеріарасында деректерді табыстау қызметтерін қолданғандаабонентке байланыстың үзілуінсіз, 3 GPP талаптарынасай S3 және S4 хаттамаларын қолданумен желілердіауыстыру режимін қолдауды қамтамасыз етеді.

MMEавариялық сигналдарды шығаруды, барлық авариялық сигналдарды оқиғаға (аларм лист) енгізуді, сигналдарды басымдылығы бойынша фильтрациялауды іскеасырады. MME қамтамасыз етеді:

− соңғы қолданушылардың қызметтерді пайдалануына қатысты шынайы уақыт режиміндеесеп беру;

− сервистерді қолданғандасәтсіз әрекет болған жағдайларда қателіктер туралы есеп беру;

− TS 29.274 сай S11 хаттамасын қуаттау

− TS 29.272 сай S6ахаттамасын қуаттау

− TS 29.301 сай S1-MMEхаттамасын қуаттау

− қолданушы авторизацияланғандаEPS-AKA тексеру;

− UDC дан алынатын абоненттің профайл параметрлерінің өзгеруі туралы ақпаратт жіберу және өңдеу;

− MMESONфункциялығын, S1 интерфейсінің авто-конфигурациясын жәнеeNodeB үшін көршілер тізімін баптауды қуаттайды.

MME өнімділігі:

− 351 ден кем еме eNodeB қосады;

− 8 мыңға дейін eNodeB және 4 млн ға лейін абоненттерді қуаттайды;

− 60 000 нен кем емес PDP ны 500 000 PDP дейін кеңейту мүмкіндігін қолдау.

2.5.2 Транспорт деңгейі

LTE құрылымында транспорттың деңгейі пакеттік коммутацияға негізделеді. Қалаларарасында трафикті жіберу үшін қалааралық DWDM/MPLS желісін қолдану жоспарланып отыр. Қалаларішінде FTTH желісінің күңгіроптикалық талшығын қолданумен мобильді транспорттық желі (МВН) құру жопарлануда. Оптикалық байланыстырушы желілерді ұйымдастыру мүмкіндігі болмағанда, жеке eNodeB үшін сәйкес құрылғыны орнатумен радиорелелік желілер (РРЖ) ұйымдастырылады. Транспорттық деңгей жетімділік деңгейін ядро деңгейімен біріктіреді. Транспорттық желінің өткізу қабілеті трафиктің өсуіне байланысты өсіп отырады.

2.5.3 Жетімділік деңгейі

LTE құрылымында жетімділік деңгейі LTE стандарының RAN негізінде, желіні құруға бөлінген жиілік диапазондарында құрылады. RAN құру үшін мультистандартты және мультидипапзонды базалық станцияларды (eNodeB) пайдалану жоспарлануда. Әртүрлі конфигурациялы жәнесыйымдылықты базалық станцияларды пайдалану жоспарлануда.LTE технологиясы операторларға күрделі жәнеоперациялық шығындарды кішірейтугерұқсат береді, желінің иелігінің жиынтық құнын азайтады, технологиялар және қызметтер конвергенциясының төңірегінде өз мүмкіндіктерін кеңейтеді, мәліметтерлерді жіберуді беру қызметінің табыстарын жоғарылатады.

Қойылатын eNodeB конфигурациясы үш секторлы конфигурацияны, 8-ЭАТ және DL 150Мбит/с, UL 50Мбит/с ден кем емессекторға өткізу қасиеті қамтамасыз етуі қажет; eNodeB жиынтық өткізу қабілеті DL 300Мбит/с, UL 100Мбит/с тан кем болмауы тиіс.

RAN (radio access network) құрылғысы LTE желісінің бөлігі болып табылады. RAN құру үшін LTE– eNodeB 83станциядан тұратын базалық

станциялары қолданылады. eNodeB баробъектілерде де, жаңаобъектілерде деорнатылатын болады.

Астанады RAN құру үшін 1800 МГц жиілік диапазоны қолданылатын болады. 3 GPP жіктемесінесай: Band 3 (1710 - 1785/1805 - 1880МГц). FDD LTE режимі (дуплекстік арналардың жиілікті бөлінуі).

Бөлінген жиіліктер:

«абоненттен» (uplink) бағытында жіберудің жиілік жолағы – 1765...1785 МГц;

«абонентке» (downlink) бағытында жіберудің жиілік жолағы – 1860...1880 МГц;

жұмыс жиіліктері жолағының кеңдігі – 2х20 МГц.

3 GPP жіктемесінесай жиілік диапазонын қуаттау қамтамасыз етілуі тиіс: Band 20 (832-862/791-821МГц). LTE режимі (дуплекстік арналардың жиілікті бөлінуі), жұмыс жиіліктері жолағының кеңдігі – 2х5 МГц.

RAN жетімділік желісіАстанааймағында 70 мыңға дейінгіабонентке қызмет көрсетуі қажет.

Радиожеліні номиналды жоспарлау масқатында мобльді желілеррадиожелі жабуының аумағы бойынша үлестірілетілуі мүмкін.

2.5.4 Абоненттік деңгей

LTE желісінің абоненттері үшін клиенттік құрылғы (соңғы абоненттік құрылғы).

2.5.5. Желіге қойылатын жалпы талаптар:

а) пайдаланылатын жиілік диапазондарына:

LTE желісін құру үшін мына жиілік диапазонын қолдануға болады - 3GPP Band 3: 1805-1880 МГц («абоненке» бағытында)/1710-1785 («абоненттен» бағытында), дуплектік арналарды жиілікті бөлу режимінде (FDD LTE). Жиілік номиналдары 1765-1785/1860-1880МГц, әкелуші кеңдігі - 20МГц.

Қойылатын құрылғы 1710-1785/1805-1880МГц жиілік диапазондарында, әкелуші кеңдігі 5, 10, 15, 20МГц және 832-862/791-821МГц, әкелуші кеңдігі 5 МГцжәнеодан жоғары болғанда бір уақытта жұмысістеуді қамтамасыз ету үшін жаңашаландыру мүмкіндігіне ие болады.

б) желінің қаіпсіздігіне – LTE желісінің құрылғысы санкцияланбаған жетімділік мен клондау мүкіндіктерін болдырмау үшін қызметтердің барлық түрлерін (деректерді табыстау, қосымша қызметтер) пайдаланғандаабоненттердің аутентификациясын қамтамасыз етуі қажет.

в) синхрондауға – LTE желісінің синхрондалуы Астана қаласында мынахаттамалармен жүзегеасырылуы тиіс: RAN үшін IEEE-1588v2; EPC үшін NTPv4.

2.6 LTE желісінің құрылғысы

Желідеорнатылатын құрылғы ретінде ZTE компаниясының құрылғысы

таңдалды, желі элементтерінің тағайындаулары ен олардың үлгілері 3.1-кестеде келтірілген [10, 11].

2.3- к е с т е . LTE желісінің элементтері

Желі элементін тағайындау	ZTE үлгісі	Функциялары
MME	ZXUN uMAC	Жетімділік желісін басқару, пакеттерді бағыттау және тарату, мобильділікті басқару, басқару сессияларын, радиожиіліктіресурстарды қолдануды басқару және басқару желісін қамтамасыз етеді.
S3/S4 SGSN	ZXUN uMAC	EPC және басқа желілерарасында өзара байланысты қамтамасыз етеді; UE 3GPPжелілерінің GERAN, UTRANиE-UTRAN жетімділігіарасынаорналсақандаEPC түйіндеріарасындағы сигнализацияны алмасуды қамтамасыз етеді.
PDN GW	ZXUN xGW	Қызмет көрсетушіGWжәнеPDN GWабонентке деректерді өңдейді жәнеSAE-GWде бірігуі мүмкін. Роуминг сценарийінде қызмет көрсетуші GW абонент роумингте болған кезде және PDN GW абоненттің үй желісінде болған желідеорналасады. Қызмет көрсетушіGW eNodeB үшін интерфейс ұсынады, және PDN GW PDN ге интерфейс ұсынады.
Serving GW	ZXUN xGW	
HSS	ZXUN USPP	Қолданушыға жазылу туралы ақпарат беру. Үй желісінде бір немесе бірнеше HSSS қолдану
PCRF	ZXUN RCP	EPSқуаттандыруымен басқаруды қамтамаыз етеді.

2.4-кестеде SGSN ретінде жұмысістейтін ZXUN UMAC өнімділігі келтірілген

2.4- к е с т е . ZXUN UMAC-SGSN өнімділігі

Өнімділік	Параметр	Бастапқы мән
Жүйенің өнімділігі	Абоненттердің максимальдісаны	12 000 000
	PDP сессияларындаактивтілердің максимальді саны	Gbжетімділік: 24000000(толық 2G абоненттері) Iuжетімділік: 24000000(толық3G аб)

2.4-кестенің соңы

Басқалары	RNCs максимальдісаны	128
	BSCs максимальдісаны	1024
	GSNs максимальдісаны	1024
	UEтасымалдаушылардың максимальдісаны	11
Сенімділік	Жүйенің жетімділігі	> 99.9997%
	Қабылдамаудың орташаатқарымы	148000 сағат
	Қайта қалпына келудің орташа уақыты	< 30 минут
	Тұрып қалудың орта жылдық уақыты	< 3 минут

2.5-кестеде MMEретіндеретінде жұмысістейтін ZXUN UMAC өнімділігі келтірілген

2.5- к е с т е . ZXUN UMAC-MME өнімділігі

Өнімділік	Параметр	Бастапқы мән
Жүйенің өнімділігі	Абоненттердің максимальдісаны	15 000 000
	PDPактивтісілтеменің максимальдісаны	30 000 000
	IP максимальді коммутациялық қабілеті	88G
Басқалары	eNodeBs максимальдісаны	10 000
	GWs қызметіің максимальдісаны	1024
	PDN GWsмаксимальдісаны	4096
	UEтасымалдаушылардың максимальдісаны	11
Сенімділік	Жүйенің жетімділігі	> 99.9997%
	Қабылдамаудың орташаатқарымы	148000 сағат
	Қайта қалпына келудің орташа уақыты	< 30 минут
	Тұрып қалудың орта жылдық уақыты	< 3 минут

2.6-кестеде GW ретінде жұмысістейтін ZXUN xGW өнімділігі келтірілген

2.6- к е с т е . GW қызмет ететін ZXUN xGW өнімділігі

Өнімділік	Бастапқы мән
MME максимальдісаны	4096
PDNGWsмаксимальдісаны	4096
Тасымалдаушылардың максимальдісаны	24 000 000
DPI/CBC/IPSec/NAT өткізу қабілеті	160Gbps/20MPPS(1024 байт)

2.7-кестеде PDN GW ретінде жұмысістейтін ZXUN xGW өнімділігі келтірілген.

2.7- к е с т е .ZXUNxGW- PDNGW параметрлері

Параметр	Мәні
Сессия нөмірі	9 000 000
DPI/CBC/IPSec/NAT) өткізу қабілеті	160Gbps/20MPPS деректер пакетінің көлемі1024 байт)
APN нөмір	4096
IP нөмірлердің пулы	9 000 000

2.8-к е с т е . HSSретінде жұмысістейтін ZXUN USPP өнімділігі

Өнімділік	Параметр	Бастапқы мән
Жүйенің өнімділігі	Алдыңғы жоспардағы жетімділік үшін абоненттердің максимальдісаны	100 000 000
	Фондық режимде жетімділік үшін абоненттердің максимальдісаны	200 000 000
Басқалары	SCTPлинктердің максимальдісаны	2048
	GE интерфейстердің максимальдісаны	20 жұп
Сенімділігі	Жүйенің жетімділігі	> 99.9991%
	Қабылдамаудың орташаатқарымы	134 жыл
	Қайта қалпына келудің орташа уақыты	<60 минут
	Тұрып қалудың орта жылдық уақыты	< 0,5 минут

2.9- к е с т е .ZXUN RCP өнімділігі

Өнімділік	Параметр	Бастапқы мән
Жүйенің өнімділігі	Тіркелген абоненттердің максимальдісаны	9 720 000
	Өңдеудің максимальді мүмкіндігі	6480 CAPS
Басқалары	GE интерфейстерінің максимальдісаны	6
	Сигнализация хабарламаларының кідірісін өңдеу	<50мс
Сенімділігі	Жүйенің жетімділігі	> 99.9992%
	Қабылдамаудың орташаатқарымы	64032 сағат
	Қайта қалпына келудің орташа уақыты	<30 минут
	Тұрып қалудың орта жылдық уақыты	< 3 минут

3. Есептеу бөлімі

3.1 LTEтехнологиясынаталдау

LTE технологиясын жобалау үрдісі басқасымсыз радиоқатынау технологияларынан өзгеше қасиеттері бар. Басты айырмашылығы бұл - көпстанциялы OFDM технологиясы базасының қатынауын қолдануы. Осыған орай, жаңа түсінік пайда болады және жобалаудың алгоритмы өзгереді. Радиожеліні жоспарлау процесі негізгіекі бөліктен тұрады:

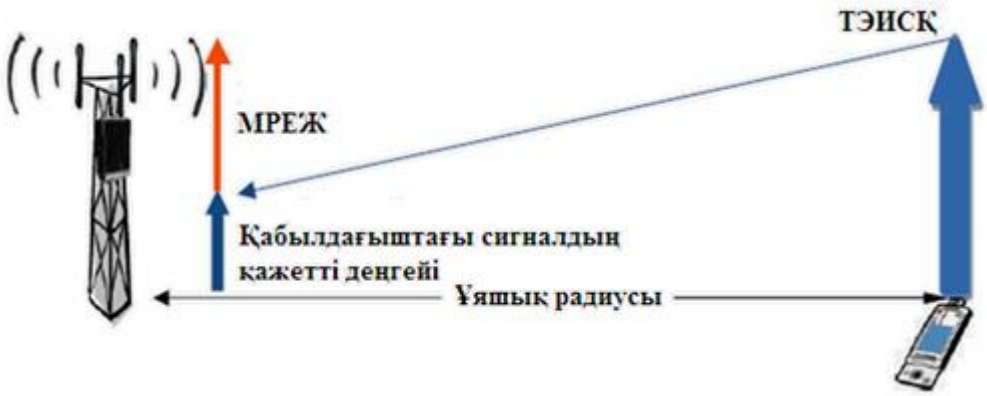
- максималды қамту аймағын қалыптастыру;
- қажет ететін сыйымдылықты қамтамасыздандыру.

LTE радиожелісін жобалау абоненттер тығыздығы аз аймақта жоспарланғандықтан барынша үлкен аумақты қамту үшін базалық станциялар мүмкіндігінше бір-бірінен алыс қашықтықтаорналасуы керек. Осыған байланысты сәйкес жиілік диапазонын таңдау қажет. Жиілік мейлінше төмен болса, радиодабылдың таралуы алысырақ қашықтықта болады. Қазақтелекомның жиілік диапазоны1800 МГц болғандықтан, осы жиілік диапазонын қолданамыз[6].

3.2 Астанақаласының аумағында LTE желісі үшін қамту аумағын есептеу

Радиожамылғыны талдауды максималды рұқсат етілген жоғалтуларды (МРЕЖ) есептеуден бастаймыз. МРЕЖ таратқыштың эквивалентті изотроптық сәулелену қуаты(ТЭИСҚ) мен сәйкес жақтағы қабылдағыш кірісіндегі дабылдың минималды қажетті қуаты арасындағы айырмашылығы ретіндеесептеледі және байланысарнасындағы барлық жоғалтуларды ескергенде қабылдағыштағы дабылдың қалыпты демодуляциясы қамтамасыз етіледі.

МРЕЖ есептеу принципі4.1- суретте көрсетілген.



3.1-сурет. МРЕЖ есептеу принципі

Есептеу барысында келесі параметрлерді қолданамыз:

– жүйелік жолақ: 20 МГц; для FDD = 10/10 (DL/UL);

– eNB - әрсекторда бір TRX, шығыс қуаты TRX = 40 Вт (46 дБм); DL байланысында 8-ЭАТ режимінде жұмысістейді;

– UE-абоненттік терминал -USB-модем, 4 класс- ТЭИСҚ 33 дБм;

– кадрлар ұзақтығының сәйкестігіDL/UL: 100%/100%.

– Максималдырұқсатетілгенжоғалтулар келесіформуламен анықталады:

$$L_{\text{МДП}} = P_{\text{эиим.прд}} - S_{\text{ч.пр}} + G_{\text{А.пр}} - L_{\text{Ф.пр}} - M_{\text{прон}} - M_{\text{пом}} - M_{\text{затен}} + G_{\text{хо}} \quad (3.1)$$

мұндағы$P_{\text{эиим.прд}}$ - таратқыштың эквивалентті изотроптық сәулелену қуаты;

$S_{\text{ч.пр}}$ - таратқыштың сезімталдылығы;

$G_{\text{А.прд}}$ - таратқыш антеннасының күшейту коэффициенті, $G_{\text{А.прд}}$: DL = 18 дБи, UL = 0 дБи;

$L_{\text{Ф.прд}}$ - таратқыштың фидеріндегі жоғалтулар, $L_{\text{Ф.прд}}$: DL = 0,3 дБ;

$M_{\text{прон}}$ - ауылдық жерлерде дабылдың ғимаратқаену қоры, $M_{\text{прон}}$ = 12 дБ;

$M_{\text{пом}}$ - кедергілергеарналған қор. $M_{\text{пом}}$ - көрші ұяшықтардағы жүктемесінен тәуелділікте жүйелік деңгейдің пішіндеуінің нәтижелерімен анықталады; $M_{\text{пом}}$мәні көрші ұяшықтардағы жүктемесіне 70% сәйкес келеді. $M_{\text{пом}}$: DL = 6,4 дБ; UL = 2,8 дБ;

$G_{\text{хо}}$ -хэндоверден ұтыс. Хэндоверден ұтыс шамасы - қызмет етілетін ұяшықта терең тыну пайда болған кездеабоненттік терминал хэндовер жүзегеасырылуы мүмкін. Хэндоверден ұтысы = 1,7 дБ.

$P_{\text{эиим.прд}}$ мына формуламен анықталады:

$$P_{\text{эиим.прд}} = P_{\text{вых.прд}} + G_{\text{А.прд}} - L_{\text{ф.прд}}, \quad (3.2)$$

мұндағы$P_{\text{вых.прд}}$ - таратқыштың шығыс қуаты.LTE-де$P_{\text{вых.прд}}$ 1,4-20 МГц аралығында тербелеалатын (DL) «төмен» сызығындасайттың жиілік жолағының жалпақтығына тәуелді. 5 МГц-ке дейін қуаты 20 Вт (43 дБм) болатын таратқыш, ал 5 МГц-тен жоғары қуаты 40 Вт (46 дБм) болатын таратқыш таңдау керек.

$P_{\text{вых.прд}}$: DL = 46 дБм, UL = 33 дБм.

DLбайланыссызығы үшін:

$P_{\text{эиим.прд}}$ = 46 + 18 - 0,3 = 63,7 (дБм),

ULбайланыссызығы үшін:

$P_{эиим.прд}$ = 33 (дБм).

$S_{ч.пр}$мына формуламен анықталады:

$$S_{ч.пр} = P_{тш.пр} + M_{осш.пр} + L_{пр} \quad (3.3)$$

мұндағы $P_{қаб.жш}$ - қабылдағыштың жылулық шуылының қуаты, $P_{қаб.жш}$: DL = -174,4 дБ, UL = -104,4 дБ;

$M_{қаб.сш}$ - қабылдағыштың талап етілген дабыл/шуыл қатынасы. $M_{қаб.сш}$ шамасы «Enhanced Pedestrian A5» арнасының үлгісі үшін алынған. $M_{қаб.сш}$: DL = -0,24 дБ; UL = 0,61 дБ;

$L_{пр}$ - қабылдағыш шуылы коэффициенті, $L_{пр}$: DL = 7 дБ, UL = 2,5 дБ;

DL байланыс торабы үшін:

$S_{каб.сез}$ = -174,4 + (-0,24) + 7 = -167,64 (дБм),

UL байланыс торабы үшін:

$S_{қаб.сез}$ = -104,4 + 0,61 + 2,5 = -101,29 (дБм).

(3.2) және (3.3) формулалардан алынған нәтижелерден МРЕЖ шамасын есептейміз:

DL байланыс торабы үшін:

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

UL байланыс торабы үшін:

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

DL және UL байланыс тораптары үшін алынған екі МРЕЖ мәндерінен байланыс қашықтығы мен ұяшық радиусын таңдау үшін кішісін таңдаймыз. Байланыс ұзақтығы бойынша шектелетін торап жоғарғысы болып табылады.

Байланыс қашықтығын есептеу үшін радиотолқынның таралуының COST231-Hata эмпирикалық үлгісін таңдаймыз. COST231-Hata үлгісі бойынша трассаныңұзындығы 10 км жетпейтін және ландшафтысы жазық аймақ үшін келесі формуланы қолданамыз:

$$L_г = 69{,}55 + 26.26\, lg\, f_c - 13.87\, lg\, h_t - A(h_r) + (44{,}9 - 6.55\, lg\, h_t) \cdot lg\, d \quad (3.4)$$

Түзету түрінің ауылды аймаққа белгіленуі:

$$L_c = L_г - 4{,}78(lg\, f_c)^2 + 17{,}33 \cdot lg\, f_c - 40{,}94, \qquad (3.5)$$

мұндағыf_c– 1500-ден2000 МГц дейінгі жиілік;

h_t-таратушы антенаның биіктігі (eNB) 30-200 метр;

h_r–қабылдаушыантенаның биіктігі 1-10 метр;

d –ұяшық радиусы1-20 км;

A(h_r) –жергілікті жердің түріне байланысты қозғалмалы объектің антенна биіктігі үшін түзету коэффициенті.

Есептеулер жүргізу үшін келесі параметрлерді таңдаймыз:

f_c = 1800 МГц;

h_t = 35 метр;

h_r = 1,5 метр.

Қалалы аймақ үшін A(h_r) түзету коэффициентін келесі формуламен анықтаймыз:

$$A(h_r) = (1{,}1 \cdot lg\, f_c - 0{,}7) \cdot h_r - (1{,}56 \cdot lg\, f_c - 0{,}8), \qquad (3.6)$$

$$A(h_r) = (1{,}1 \cdot lg\, 1800 - 0{,}7) \cdot 1{,}5 - (1{,}56 \cdot lg\, 1800 - 0{,}8) = 0{,}043$$

(3.4) және (3.5) формулаларынан ұяшық радиусын анықтаймыз:

$$d = 10^{0{,}043} = 1{,}104 \text{ км}$$

$$R = 1{,}104 / 2 = 0{,}552 \approx 0{,}6 \text{ км}$$

Үш секторлы сайттарға S_{eNB} қамту ауданын келесі формуламен есептейміз:

$$S_{eNB} = 9\frac{\sqrt{3}}{8} \cdot d^2, \qquad (3.7)$$

$$S_{eNB} = 9\frac{\sqrt{3}}{8} \cdot 1{,}104^2 \approx 2{,}375 \text{ (км}^2\text{)}.$$

Бұл бөлімше MathCAD математикаға бағытталған бағдарлама көмегімен шығарылған (А және Ә қосымшаларында).

3.3Астана қаласының аумағында eNB-ның жиілікті - аймақтық бөлінуі және жағдайға байланысты орналастырылуы

Бұл жобаның негізгі мақсаты ұялы байланыс желісін жоспарлап, базалық станцияорналастыру болып табылады. Қызмет ету аумағын территориялық

жиіліктік шектерге бөлу қажет.

Ең алдымен елдімекен аумағына базалық станцияны орнату қажет. Жобаның мақсаты елдімекен аумағына түгелдей радиоқамту жасау болып табылады. Астанақаласыныңауданы 710 км^2 болғандықтан жоғары есептеу нәтижесінің арқасында 83 eNB базалық станция жетіп артады.

Барлық eNB келесісипаттамаларға ие болады:

- әр таратқыштың қуаты – 40 Вт;
- антенаның биіктігі – 35 метра;
- қабылдап-таратқыштардың саны TRX – 83 (әрсекторға бір-бірден);
- бірсекторүшінжүйелік жолақ -20 МГц (10 МГц «жоғары» байланыссызығы үшін және 10 МГц «төменгі» байланыссызығы үшін);
- «төмен» торабы 8элементтіантенналық тор технологиясын қолдайды;
- «төмен» байланыс торабының өткізу қабілеті - 102,9 Мбит/с, байланыс торабы «жоғарыға» - 54,87 Мбит/с.

Жобаланатын желіге Band 20 791-862 МГц жиілік жолағы белгіленгді, жиіліктіспектрінің ені 71 МГц болады. Әр eNB секторына 20 МГц бөліну керек. Сонда, белгіленген спектренін 20 МГц-тен 3 бөлікке бөлу қажет. 3.1-кестеде жиіліктік жоспар құрылу нәтижесі келтірілген [7].

3.1 к е с т е – Астана қаласындағы LTE –нің жиіліктік жоспары

eNB нөмірі	Секторлар	Азимут	Қызмететуаймағы, км	Жиіліктікспектрдіңшарттынөмірі
1	1.1 1.2 1.3	0 120 240	1 1 1	1 2 3
2	2.1 2.2 2.3	0 120 240	1 1 1	1 2 3
3	3.1 3.2 3.3	0 120 240	1 1 1	1 2 3
4	4.1 4.2 4.3	0 120 240	1 1 1	1 2 3
5	5.1 5.2 5.3	0 120 240	1 1 1	1 2 3
6	6.1 6.2 6.3	0 120 240	1 1 1	1 2 3
7	7.1 7.2	0 120	1 1	1 2

3.1-кестенің соңы

	7.3	240	1	3
...				
82	82.1 82.2 82.3	0 120 240	1 1 1	1 2 3
83	83.1 83.2 83.3	0 120 240	1 1 1	1 2 3

LTE берілген желісін эксплуатацияғаенгізгеннен кейін желініоптимальды қылу кезеңі басталады, ондаорындалған жоспарлаудың түзетілуі жүруі мүмкін, яғни: желінің өткізу қабілеттілігінің ұлғаюы, радиомодулдердің іліну биіктігінің өзгеруі, радиомодулдерсәулелену қуатының төмендеуі немесе ұлғаюы.

3.4 Желінің өткізу қабілетін есептеу

Желінің өткізу қабілетін немесесыйымдылығын бағалау үшін белгілі жағдайларда ұяшықтың орташаспектрльдытиімділігінесүйенеотырып жүргізеді.

Мобильді байланыс жүйелерінің спектральды тиімділігін мәлімет тарату жылдамдығының 1 Гц қолданылатын жиіліктер жолағына (бит/с/Гц) қатынасымен есептейтін көрсеткішпен анықталады. Спектральды тиімділік жиіліктік ресурсын қолдану тиімділігінің көрсеткіші болып келеді және берілген жиілік жолағындағы ақпарат тарату жылдамдығын сипаттайды.

Спектральды тиімділік нақты географиялық аймақтағы (ұяшық, аумақ) желідегі барлық абоненттердің тарату жылдамдығының 1 Гц жиіліктер жолағына (бит/с/Гц/ұяшық) қатынасы ретінде және желінің максимальды өткізу қабілеттілігінің бір жиіліктік арна жолағы еніне қатынасы ретінде деесептелуі мүмкін.

LTE желісінің 8-ЭАТ әртүрлі конфигурациясы үшін 3GPP Release 9 негізіндеFDD дуплексті жиілік типіне жиілік жолағы ені 20 МГц болған кездеортаспектральды тиімділік 3.2 кестесінде көрсетілген.

FDD жүйесі үшін желінің 1 секторындағы орташа өткізу қабілетін есептеу арнаның ені мен спектрлі тиімділігі тікелей көбейту арқылы жүргізіледі:

$$R = S \cdot W \quad (3.8)$$

мұндағыS -орташаспектральдытиімділігі (бит/с/Гц);

W -арнаені (МГц); W = 10 МГц.

DL байланыс торабы үшін:

R_{DL} = 3,43 · 10 = 34,3 Мбит/с.

UL байланыс торабы үшін:

R_{UL} = 1,829 · 10 = 18,29 Мбит/с.

R_{eNB} базалық станциясының орташа өткізу қабілеттілігі бірсектордың өткізу қабілеттілігін базалық станциядағы секторларсанына көбейту жолымен есептеледі; eNB секторларсанын 3-ке тең деп аламыз, сонда:

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} \cdot 3 \quad (3.9)$$

DL байланыс торабы үшін:

$R_{eNB.DL}$ = 34,3 · 3 = 102,9 Мбит/с.

UL байланыс торабы үшін:

$R_{eNB.UL}$ = 18,29 · 3 = 54,87 Мбит/с.

3.5 Потенциалдық абоненттердің санын есептеу

Келесі кезеңде жоспарланатын LTE желісіндегі ұяшықтарсанын анықтаймыз.

Желідегі ұяшықтарсанын есептеу үшін LTE жобаланатын желісін үйірткілеуге бөлінетін арналардың жалпы санын анықтау қажет. Арналардың жалпы санын $N_к$ келесі формуламен есептейміз:

$$N_k = \left[\frac{\Delta f_\Sigma}{\Delta f_к}\right] \quad (3.10)$$

мұндағы Δf_Σ - 71 МГц-ке тең және желі жұмысына бөлінген жиілік жолағы;

$\Delta f_к$ – біррадиоарнаның жиілік жолағы; LTE желісіндерадиоарнаастындаресурсты блок РБ деген түсінік анықталады, оның 180 кГц, $\Delta f_к$ = 180 кГц ені бар.

$$N_к = \frac{71000}{180} \approx 395 \text{ (арналар)}$$

Бұдан бір ұяшықтың бірсекторындаабоненттерге қызмет көрсетуге қажеті$N_{к.сек}$арналарсанын анықтаймыз:

$$N_{\text{к.сек}} = \left[\frac{N_{\text{к}}}{(N_{\text{кл}} \cdot M_{\text{сек}})}\right] \quad (3.11)$$

мұндағы$N_к$ – жалпы арналарсаны;

$N_{кл}$ -кластердің өлшемі, eNB секторларсанынасәйкес таңдаймыз, яғни 3-ке тең деп аламыз;

$M_{сек}$ - eNBсекторларсаны, 3.

$$N_{\text{к.сек}} = \left[\frac{395}{(3 \cdot 3)}\right] \approx 43 \text{ (арналар)}$$

Бір ұяшықтың бірсекторындағы трафиктің $N_{кт.сек}$арналарсанын анықтаймыз. Трафиктің арналарсаны келесі формуламен анықталады:

$$N_{\text{кт.сек}} = N_{\text{кт1}} \cdot N_{\text{к.сек}} \quad (3.12)$$

мұндағы$N_{кт1}$ - біррадиоарнадағы радиоқатынаудың (OFDMA үшін $N_{кт1}$ = 1...3) стандартымен анықталатын трафиктің арналарсаны; LTE желісі үшін $N_{кт1}$ = 1 таңдаймыз.

$$N_{\text{кт.сек}} = 1 \cdot 43 \approx 43 \text{ (арналар).}$$

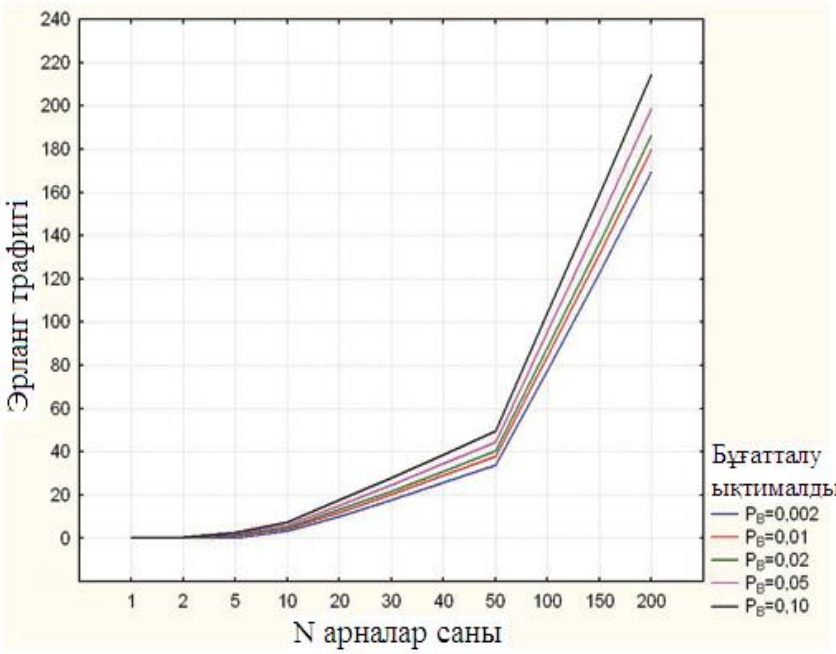
3.2 суретіндегі график түрінде көрсетілген Эрланг моделімен сәйкес бір ұяшықтың секторындағы $A_{сек}$ бұғатталу ықтималдылығының рұқсатты мәні 1%-ке тең және жоғарыдаесептелген $N_{кт.сек}$ мәні кезіндерұқсатты жүктеменіанықтаймыз.$A_{сек}$ = 50 Эрл.

Бір eNB қызмет көрсететін абоненттерсаны мынадай формуламен анықталады:

$$N_{\text{аб.}eNB} = M_{\text{сек}} \cdot \left[\frac{A_{\text{сек}}}{A_1}\right], \quad (3.13)$$

мұндағы A_1 - бірабоненттен абоненттік жүктеме трафигі түрлерінің орташасы; A_1 мәні (0,04...0,2) Эрл-ты құрауы мүмкін. Жобаланатын желі жоғары жылдамдықты ақпарат алмасу үшін қолдануға жоспарланатындықтан, A_1 мәнін 0,2 Эрл деп аламыз. Сондықтан:

$$N_{\text{аб.}eNB} = 3 \cdot \left[\frac{50}{0{,}2}\right] \approx 750 \text{ (абонент).}$$



3.2 –сурет. Трафиктің сектордағы арналарсанының рұқсат етілген жүктемесі және бұғатталу ықтималдылығы арасындағы тәуелділігі

3.6 Базалық станциялардың санын есептеу (Node B)

Базалық станцияларсаны келесі формуламен анықталады:

$$N_{eNB} = \left[\frac{N_{\text{аб}}}{N_{\text{аб}.eNB}}\right] + 1 \qquad (3.14)$$

мұндағы $N_{аб}$ - абоненттерсаны.

$$N_{eNB} = \left[\frac{70000}{750}\right] + 1 \approx 94\ (eNB).$$

Потенциалдық абоненттерсанын бастапқыда барлық тұрғындардың 8% ретіндеанықтаймыз.Астана қаласының барлық тұрғындарының саны 811530адам. Яғни, потенциалдық абоненттерсаны 70000 адам құрайды деп аламыз.

Жобаланатын желінің орташа R_Nөткізу қабілеттін анықтау үшін eNB базалық станцияларсанын әр eNB базалық станцияның орташа өткізу қабілеттілігіне көбейту арқылы анықтаймыз:

$$R_N = (R_{eNB.DL} + R_{eNB.UL}) \cdot N_{eNB} \quad (3.15)$$

$R_N = (102,9 + 54,87) \cdot 83 \approx 13094,91$ (Мбит/с).

Осыдан жобаланатын желісыйымдылық бағасын береотырып есептелгенімен салыстырамыз. ЧНН(ең үлкен жүктемесағаты)-дегі бірабоненттің орташаланған трафигін есептейміз:

$$R_{\text{т.ЧНН}} = \frac{\text{Т}_\text{т} \cdot q}{N_{\text{ЧНН}} \cdot N_\text{д}} \qquad (3.16)$$

мұндағы$T_т$ - бірайдағы бірабоненттің орташа трафигі, $T_т$ = 20 Гбайт/ай;
q - коэффициент ауылдық жерлер үшін, q = 2;
$N_{ЧНН}$-бір күндегі ЧНН саны, $N_{ЧНН}$ = 6;
$N_д$-бірайдағы күндерсаны, $N_д$ = 30.

$$R_{\text{т.ЧНН}} = \frac{20 \cdot 2}{6 \cdot 30} = 0,22 \text{ (Мбит/с)}$$

ЧНН-дегі жобаланатын желінің жалпы трафигін $R_{общ./ЧНН}$келесі формуламен анықтаймыз:

$$R_{\text{жалпы./ЧНН}} = R_{\text{т.ЧНН}} \cdot N_{\text{акт.аб}} \qquad (3.17)$$

мұндағы$N_{акт.аб}$ – желідегі белсендіабоненттерсаны; желідегі белсендіабоненттерсанын барлық потенциальды $N_{аб}$абоненттерсанының 80% ретіндеанықтаймыз, яғни$N_{акт.аб}$ = 56000 абонент.

$R_{жалпы./ЧНН} = 0,22 \cdot 56000 = 12320$ (Мбит/с).

Яғни, бұл жағдайда$R_N > R_{жалпы./ЧНН}$. Бұл жағдай жобаланатын желі ЧНН-дегі жүктемеден асып кетпейтінін көрсетеді.

3.7 Қажетті қуатты есептеу

(P_{AC}) айнымалы тоқтың қуатын табу үшін (P_{DC}) тұрақты тоқтың қуатын пайдалы әсер коэффициентіне бөлу керек (ПӘК) (0,8 – 0,9).

Қажетті қуатты есептеу үшін берілген мәндер4.3 - кестеде келтірілген.

3.3-к е с т е .Қажетті қуатты есептеу үшін белгілі мәндер

Құрылғылар	Саны, шт.	Қажетті қуат, Вт	P_{AC}/P_{DC}
ZTE	83	790	P_{AC}
Коммутатор	10	228	P_{DC}

Айнымалы тоқтың қуатын анықтау формуласы:

$$P_{AC} = P_{DC}/0,8 \qquad (3.18)$$

$P_{КОМ}$ = 228/0,8 = 285 (Вт).

$P_{кос}$құрылғыларға қажетті жалпы қуатты есептеу үшін келесі формуланы қолданамыз:

$$P_{кос} = P_{РМ} + P_{КОМ} \qquad (3.19)$$

$P_{кос}$ = 790 + 285 = 1075 (Вт).

Жүктеме тоғының мәніІкелесі формуламен анықталады:

$$I = P_{кос}/U \qquad (3.20)$$

мұндағыU -қоректену кернеуінің мәні, U = 220 В.

$I_Н$ = 1075/220 = 4,8 (А).

3.8 БС тиесілі жүктеменіесептеу

Бірсекторға жіберілетін жүктеме:

$$A = n_0 \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \left(P_B \sqrt{\pi \cdot n_0 / 2} \right)^{\frac{1}{n_0}}} \right]. \qquad (3.21)$$

мұндағы P_B - желіге түсетін шақыруға жіберілетін бұғаттау;

n_S - секторларсаны

n_a - бірарнаны бір уақытта қолданатын абоненттерсаны. Біздің жағдайда n_a =2.

n_0 - жалпы арналарсаны

$$n_0 = n_S \cdot n_a = 3 \cdot 2 = 6$$

$$P_B \le \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot n_0}} = \sqrt{\frac{2}{3.14 \cdot 6}} = 0.46 \qquad (3.22)$$

Бірсектордағы жүктеме:

$$A = 6 \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \left(0{,}46 \cdot \sqrt{\pi \cdot 6/2}\right)^{\frac{1}{6}}} \right] = 6 \text{ Эрл.}$$

3.9 РРЖ пролетін есептеу

Радиорелейлі жолдар базалық станцияларды орталық станциямен қосу үшін қажет. Берілген жағдайда жердің қыртысын ескереотырып антенналардың орналастыру биіктігін есептеу керек, сонымен қатар байланыстың тұрақтылығын есептеу керек[8].

Қосымша мәндер мыналар: $a = 6370$ км – Жеррадиусы; $\bar{g} = -7 \cdot 10^{-8}$, 1/м; $\sigma = 9 \cdot 10^{-8}$, 1/м – Шығыс Қазақстан үшін тропосферадан диэлектриктік өтімділіктің орта мәні мен вертикалды градиенттің стандартты ауытқуы.

Пролеттің профилін құру үшін Жердің қисығын X (м) есептеу қажет, пролеттің ортасы үшін бұл шама максималды болады.

$$X = \frac{10^3 \cdot R_o^{\,2} \cdot k \cdot (1 - k)}{2 \cdot a} \qquad (3.23)$$

мұндағы k - пролеттің ортасы үшін салыстырмалы координата:

$$k = \frac{R_1}{R_o} \qquad (3.24)$$

мұндағы R_1 - жер қыртысының максималды биіктігіне дейінгіарақашықтық, км;

R_o - РРЖ айналымының ұзындығы, км.

$$k = \frac{R_1}{R_o} = \frac{30}{42} = 0{,}714$$

(3.23) формуласына табылған мәндерді қойып, тапқанымыз:

$$X = \frac{10^3 \cdot 42^2 \cdot 0{,}714 \cdot (1 - 0{,}714)}{2 \cdot 6370} = 28{,}257 \text{ (м)}$$

Антеннаның ілгішінің биіктігін есептеу шарты болып, Френельдің минимальды зонасындағы H_o (м) кедергінің экрандалмау шартымен анықталады:

$$H_o = \sqrt{\frac{R_o \cdot \lambda \cdot k \cdot (1-k)}{3}} \quad (3.25)$$

мұндағы λ – толқын ұзындығы, м.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3.26)$$

мұндағы c – жарық жылдамдығы, м/с; f – жиілік, Гц.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5{,}6 \cdot 10^9} = 0{,}054 \text{ (м)}$$

Табылған мәндерді (4.25) формуласына қоя отырып, анықтағанымыз:

$$H_o = \sqrt{\frac{42 \cdot 10^3 \cdot 0{,}054 \cdot 0{,}714 \cdot (1-0{,}714)}{3}} = 12{,}372 \text{ (м)}$$

Уақыттың 80%-ындағы рефракцияның әсерінен сәулеленудің орташа өсуі $\Delta H(\bar{g}+\sigma)$ мына формула бойыншаанықталады:

$$\Delta H(\bar{g}+\sigma) = -\frac{R_o^{\ 2}}{4} \cdot (\bar{g}+\sigma) \cdot k \cdot (1-k) \quad (3.27)$$

$$\Delta H(\bar{g}+\sigma) = -\frac{(42 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot (-7 \cdot 10^{-8} + 9 \cdot 10^{-8}) \cdot 0{,}714 \cdot (1-0{,}714) = -1{,}8$$

Радиотолқындағы рефракция болмаған кездегі $H(0)$ (м) (g=0 кездегі) жарықтандыру шамасы анықталады:

$$H(0) = H_0 - \Delta H \cdot (\bar{g}-\sigma) \quad (3.28)$$

$$H(0) = 12{,}372 + 1{,}8 = 14{,}172 \text{ (м)}$$

Антеннаілгішінің биіктігіаралық профильдің келесі формуласымен анықталады:

$$h_1 = NM + H(0) + X - CD \qquad (3.29)$$

$$h_2 = NM + H(0) + X - ZY \qquad (3.30)$$

мұндағы NM, CD, ZY – аралық профильдің параметрлері3.2-кестеде келтірілген, м.

$$h_1 = 789 + 14{,}172 + 28{,}257 - 721 = 110{,}5 \text{ (м)}$$

$$h_2 = 789 + 14{,}172 + 28{,}257 - 820 = 11{,}5 \text{ (м)}$$

3.10 Байланыстың тұрақтылығын есептеу

Тыну қоры мына формуламен есептеледі:

$$F_t = SG + G_{прд} + G_{прм} - L_0 - 2 \cdot \eta \qquad (3.31)$$

мұндағыSG- жүйенің күшейту коэффициенті;
η - антенна-фидерлік жолдың ПӘК-і;
$G_{прд}$, $G_{прм}$ - қабылдау-тарату антеннасының күшейту коэффициенті;
L_o - кеңістіктегірадиотолқынның өшуі:

$$L_0 = 32{,}45 + 20 \cdot [\lg(f) + \lg(R_0)] \qquad (3.32)$$

$$L_0 = 32{,}45 + 20 \cdot [\lg(5{,}6 \cdot 10^3) + \lg(42)] = 139{,}879 \text{ (дБ)}$$

Сонда

$$F_t = 112{,}5 + 40 + 40 - 139{,}879 - 3 = 49{,}121 \text{ (дБ)}$$

Аралықтағы терең тыңу әртүрлісебептерге тәуелді болғандықтан, жалпы жағдайдағы байланыстың тұрақсыздық уақытының проценті былай анықталады:

$$T_{пр}(V_{\min}) = T_0(V_{\min}) + T_{инт}(V_{\min}) + T_д(V_{\min}) \qquad (3.33)$$

Көпсәулелі таралудың әсерінен болатын тыңуды келесі формула бойыншаанықтаймыз:

$$T_{инт}(V_{\min}) = K_{кр} \cdot Q \cdot f^{b} \cdot R_0^{c} \cdot 10^{-\frac{F_t}{10}} \qquad (3.34)$$

мұндағы $K_{кр}$ – орналасқан рельеф пен климаттың әсерін ескеруші коэффициент, Шығыс Қазақстан үшін ол коэффициентті мына формула бойыншааныктауға болады:

$$K_{кр} = P_1^{1.5} \cdot 10^{-6.5} \qquad (3.35)$$

мұнда P_1=1-2.

$$K_{кр} = 1^{1.5} \cdot 10^{-6.5} = 3{,}162 \cdot 10^{-7}$$

$$|\varepsilon_p| = \frac{|h_1 - h_2|}{R_0} \qquad (3.36)$$

$$|\varepsilon_p| = \frac{|110{,}5 - 11{,}5|}{42} = 2{,}357 \text{ (м/рад)}$$

$$Q = (1 + |2{,}357|)^{1.4} = 5{,}45$$

b= 0,89; c= 3,6.

Сонда

$$T_{инт}(V_{\min}) = 3{,}162 \cdot 10^{-7} \cdot 5{,}45 \cdot 5{,}6^{0{,}89} \cdot 42^{3{,}6} \cdot 10^{-\frac{49{,}121}{10}} = 0{,}000068 \text{ (\%)}$$

Жаңбырдың әсерінен болатын тыңуды келесі формуламен есептеледі:

$$T_д = 10^{11.628\left[-0{,}546 + \sqrt{0{,}2912 + 0{,}172 \lg\left(0.12 \cdot \frac{A_{0.01}}{F_t}\right)}\right]} \qquad (3.37)$$

мұндағы$A_{0,01}$ – 0,01% уақыттан асқан жаңбырдың әсерінен болатын трассадағы өшу:

$$A_{0,01} = \gamma \cdot d_э \qquad (3.38)$$

$$\gamma = k \cdot R_{0.01}^{\alpha} \qquad (3.39)$$

мұндағы k мен α – жиілік пен поляризацияға тәуелді коэффициенттер.

f=5,6 ГГц жиілік кезіндегі вертикалды поляризация үшін:

$k_в = 0{,}00032$; $\alpha_в = 1{,}131$

f=5,6 ГГц жиілік кезіндегі горизонталды поляризация үшін:

$k_г = 0{,}00036$; $\alpha_г = 1{,}149$

$R_{0.01}$ – 0,01% уақыт аралығындағы жаңбыр интенсивтілігі:

$R_{0.01} = 22$ (мм/сағ)

$\gamma_в = 0{,}00032 \cdot 22^{1{,}131} = 0{,}62$

$\gamma_г = 0{,}00036 \cdot 22^{1{,}149} = 0{,}656$

$d_э$ – трассаның тиімді ұзындығы:

$$d_э = r \cdot R_0 \quad (3.40)$$

мұндағы r – азайту коэффициенті:

$$r = \frac{1}{1 + \frac{R_0}{d_0}} \quad (3.41)$$

мұндағыd_0 – тіректік арақашықтық:

$$d_0 = 35 \cdot e^{-0.015 R_{0.01}} \quad (3.42)$$

$d_0 = 35 \cdot e^{-0.01522} = 25{,}16$ (км)

$$r = \frac{1}{1 + \frac{45}{25{,}16}} = 0{,}375$$

Сонда

$d_э = 0{,}375 \cdot 45 = 15{,}735$ (км);

$A_{0,01_г} = 0{,}656 \cdot 15{,}735 = 10{,}315$ (дБ);

$A_{0,01_в} = 0{,}62 \cdot 15{,}735 = 9{,}757$ (дБ);

$$T_{д_г} = 10^{11.628\left[-0{,}546 + \sqrt{0{,}2912 + 0{,}172 \lg\left(0.12 \cdot \frac{10{,}315}{49{,}121}\right)}\right]} = 0{,}00001 \text{ (\%)};$$

$$T_{д_в} = 10^{11.628\left[-0{,}546 + \sqrt{0{,}2912 + 0{,}172 \lg\left(0.12 \cdot \frac{9{,}757}{49{,}121}\right)}\right]} = 0{,}00001 \text{ (\%)}.$$

$T_{д_г} > T_{д_в}$ шарты орындалғандықтан, кейінгіесептеулерде $T_д$ шамасының орнына $T_{д\,г_}$мәнін аламыз.

Субрефракцияның әсерінен байланыстың нашарлау уақытының пайызын келесі формула бойынша жүргіземіз:

$T_0 = f(\psi)$ – график бойыншааныктаймыз.

$$\psi = 2{,}31 \cdot A \cdot (P(g) - p(g_0)) \quad (3.43)$$

$$A = \frac{1}{\delta} \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{R_0^{\ 3} \cdot k \cdot (1-k)}} \quad (3.44)$$

$$A = \frac{1}{9 \cdot 10^{-8}} \cdot \sqrt{\frac{0{,}054}{45 \cdot 10^3 \cdot 0{,}714 \cdot (1-0{,}714)}} = 0{,}661$$

$P(\bar{g})$ шамасы келесідей анықталады:

$$P(\bar{g}) = \frac{H(\bar{g})}{H_o} \quad (3.45)$$

Радиотолқындағы рефракциялы жарықтандыру шамасы $\Delta H(\bar{g})$, м:

$$\Delta H(\bar{g}) = -\frac{R_o^{\ 2}}{4} \cdot \bar{g} \cdot k \cdot (1-k) \quad (3.46)$$

$$\Delta H(\bar{g}) = -\frac{(45 \cdot 10^3)^2}{4} \cdot (-7 \cdot 10^{-8}) \cdot 0{,}714 \cdot (1-0{,}714) = 6{,}3 \text{ (м)}$$

$$H(\bar{g}) = H_o + \Delta H(\bar{g}) \quad (3.47)$$

$$H(\bar{g}) = 12{,}372 + 6{,}3 = 18{,}672 \text{ (м)}$$

Алынған мәндерарқылы (3.45) өрнегін есептеуге болады:

$$P(\bar{g}) = \frac{H(\bar{g})}{H_o} = \frac{18{,}672}{12{,}372} = 1{,}509$$

Дабылдың терең тыңуындағы салыстырмалы қашықтық $P(g_o)$ келесі формула бойыншааныкталады:

$$P(g_o) = \frac{V_o - V_{\min}}{V_o} \quad (3.48)$$

мұндағы V_o - $H(0) = 0$ кезіндегі әлсіреу көбейткіші;
$V_{\min}$ - әлсіреу көбейткішінің минималды жіберілетін мәні:

$$V_{\min} = -\frac{F_t}{2} = -\frac{49{,}121}{2} = -24{,}651$$

$$V_o = f(\mu) \quad (3.49)$$

мұндағы μ – V_o -ныанықтауүшінкеректіпараметр:

$$\mu = \sqrt[6]{\frac{64 \cdot \pi}{3}} \cdot \sqrt[3]{\frac{k^2 \cdot (1 - k^2)}{\ell^2}} \quad (3.50)$$

мұндағы ℓ - РРЖаралығыныңкедергіенініңұзындығынақатынасы:

$$\ell = \frac{r}{R_o} \quad (3.51)$$

$$\ell = \frac{r}{R_o} = \frac{300}{45 \cdot 10^3} = 0{,}0007$$

(3.50) өрнегіне табылған мәндерді қоя отырып:

$$\mu = \sqrt[6]{\frac{64 \cdot \pi}{3}} \cdot \sqrt[3]{\frac{k^2 \cdot (1 - k^2)}{\ell^2}} = \sqrt[6]{\frac{64 \cdot \pi}{3}} \cdot \sqrt[3]{\frac{0{,}714^2 \cdot (1 - 0{,}714^2)}{0{,}0007^2}} = 29{,}515$$

Осыдан $V_o = -6$ дБ.

(3.48) өрнегі бойынша мына мәндердіаламыз:

$$P(g_o) = \frac{-6 - (-29{,}515)}{-6} = -3{,}093$$

Сонда (4.43) өрнегі:

$$\psi = 2{,}31 \cdot 0{,}561 \cdot (1{,}509 - (-3{,}093)) = 7{,}03$$

Осыдан $T_o(V_{\min}) = 0{,}00001\%$ тапқанымыз.
Сонда (3.42) өрнегі бойыншаанықтағанымыз:

$$T_{пр}(V_{\min}) = 0{,}00001 + 0{,}000014 + 0{,}000068 = 0{,}000098 \ (\%)$$

Байланыстың тұрақтылығы келесі қатынастардан анықталады:

$$T_{доп} \geq T_{пр}(V_{\min}) \qquad (3.52)$$

мұндағы $T_{доп}$ – цифрлық РРЖ үшін байланыссапасының нашарлау уақытының шекті мәні, %:

$$T_{доп} = 0{,}03 \cdot \frac{R_o}{1600} \qquad (3.53)$$

$$T_{доп} = 0{,}03 \cdot \frac{45}{1600} = 0{,}0008$$

(3.47) шарты орындалғандықтан байланыс тұрақты деп есептеуге болады.

Бұл кезде тек f_{bw} жиіліктің мәні ғана өзгереді. Бұл бөлімдегісан мәндерді (3.52) өрнегіне келтіріп, (3.53) шартына тексереміз:

$$T_{пр}(V_{\min}) = 0{,}00001 + 0{,}0000138 + 0{,}000033 = 0{,}000182 \ (\%)$$

3.11 Қабылданатын дабыл қуатын есептеу

Қабыланатын дабыл қуаты базалық жәнеабоненттік станция арақашықтығына тәуелді. Оны келесі өрнек арқылы табамыз.

$$P_{ПР} = A - B \cdot \log R - n \cdot \log(\frac{f}{900}) + 10 \cdot \log \alpha \ (3.54)$$

мұндағы А және В параметрлері қоршаған ортаға қатысты алынатын шамалар. Үлкен қалалар үшін А= 55…80, В= 30…43 тең. Ал кіші қалалар үшін А=54, В=39 тең болады. n көбейткіші қала үшін 3-ке тең, кіші қалалар үшін 2-ге тең болады. αкелесі өрнекпен анықтаймыз:

$$\alpha = \frac{h_B^2 h_M^m P_{òàð} G_{òàð} G_{êàá}}{3660}, \qquad (3.55)$$

мұндағы $P_{тар}$ – таратқыш қуаты, Вт;

$G_{тар}$, $G_{қаб}$ – антеннаның күшейту коэфиценті;

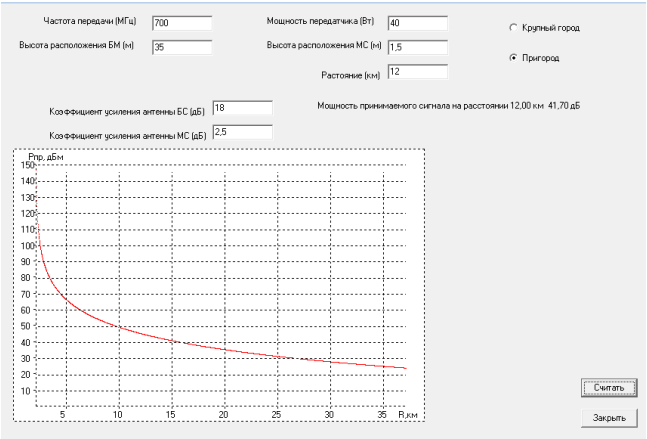
h_Bи h_M – базалық жәнеабоненттік станция биіктігі;

m=1 h_M<3және m=2 h_M>10 м.

$$\alpha = \frac{35^2 * 1.5^2 * 30 \quad * 18 * 2,5}{3660} = 786.885$$

$$P_{\text{ПР}} = 54 - 39 \cdot \log(10) - 2 \cdot \log(\frac{3445}{900}) + 10 \cdot \log(786.885) = 42.8м$$

Қабылданатын дабыл қуатын төмендегі бағдарламаарқылы шығарамыз. Бағдарламаның блок сұлбасы Б қосымшасында,қабылданатын дабыл қуатын Delphy бағдарламасындаесептеулистингіВ қосымшасында берілген.



Сурет3.3 –Дабылдыңтынуы

Суреттен 12 кмқашықтықтакірісдабылшамасы 41.7 дбболатынынкөругеболады.

3.12 Көп сәулененудің таралуының нәтижесіндегі кідіріс

Бірнеше километргесозылып жатқан радиожолды орнатқан кезде шағылысу қабаттары бар тазаатмосферадағы кідірістің төрт механизміесепкеалыну керек:

- сәуленің кеңеюі;
- антеннадағы шешілу;
- үстіртін көпсәулелі тарату;
- атмосфералы көпсәулелі тарату.

Бұл механизмдердің көбісі өзінен-өзі немесе басқа механизмдермен комбинациясында туындайды. Турасәуленің фокустауы дабылдың беттен шағылысуынасәйкес келгенде күшті жиілік таңдаушы кідірістер туындайды. Ол көпсәулелі тарату нәтижесінде кідірісті пайда болғызады. Атмосферадағы үлкен емес турбуленттер әсерінен жылтылдаған кідірістер туындайды, бірақ 40 ГГц-тен төмен жиіліктеолардың әсері болмайды.

Кідірстің үлкен тереңдігіндегіорташаайда қабылданатын F_tдабылының деңгейінен аспайтын таржолақты жүйелердегі уақыт аралығындағы $T_{инт}$ уақыт пайызы келесіасимптотикалық өрнек арқылы анықталады:

$$T_{инт} = K \cdot Q \cdot f^{B} \cdot d^{C} \cdot 10^{-A/10} \qquad (3.56)$$

мұндағы d – пролет ұзындығы;

f – жиілік (ГГц);

К – жер бедері мен климатты есепкеалатынкоэффициент.

$$K = P_L^{1,5} \cdot 10^{(-6,5-C_{LAT}-C_{LON})} = 0.05^{1.5} \cdot 10^{-6.5} = 3 \cdot 10^{-9}$$

мұндағы P_L=5%=0,05 – вертикальді градиент рефракция кезіндегі уақыт пайызы;

C_{LAT}=C_{LON}=0 Қазақстан үшін.

Q – R_0 жәнеf бөлек жолдың басқа да параметрлерін есепкеалатын коэффициент;

$$|E_P| = \frac{h_1 - h_2}{d} = \frac{30-9}{10} = 2.1$$

мұндағы E_p – радиожолдың иілуі;

h1 жәнеh2 – теңіз деңгейінен қабылдағыш және таратқышантенна шамаларының биіктіктері (м);

d – жолдың ұзындығы (км).

$$Q = (1 + |E_P|)^{-1,4} = (1 + 2.1)^{-1.4} = 0.205$$

Сонда:

$$T_{инт} = K \cdot Q \cdot f^{B} \cdot d^{C} \cdot 10^{-A/10} = 3 \cdot 10^{-9} \cdot 0.205 \cdot 5.425^{0.89} \cdot 10^{3.6} \cdot 10^{-\frac{37.862}{10}} = 1.804 \cdot 10^{-9}\%$$

Радиотолқынның көп сәулененудің таралуының нәтижесінде байланыстың бұзылуына кететін уақыт нормасын тексеру:

$$SES = \frac{0,054 \cdot R_0}{2500} > T_{инт}$$

$$SES = \frac{0,054 \cdot 10}{2500} = 2.16 \cdot 10^{-4}\ \%$$

$2.16 \cdot 10^{-4} > 1.804 \cdot 10^{-4}$, шарт орындалады.

3.13Пайдалы дабылдың қуатын есептеу

Қабылдағыш кірісіне берілетін пайдалы дабыл қуатын есептеу үшін радио байланыссызығының энергетикалық параметрлерін және қабылдағыштың нақты сезімталдығын білу қажет.

Қабылдау нүктесіндегі пайдалы дабыл қуаты келесі децибел түріндегіөрнекпен анықталады:

$$P_{прм} = P_{прд} + G_{прд} + G_{прм} + 201g\lambda - 201g(4\pi) - 201g(r) - L_{доп} - Z \quad (3.57)$$

Бұлөрнектермен радио байланысторабыныңкелесіпараметрлеріқолданылады:

$P_{прд}$- таратқыштыңшығысқуаты,сымсызжелілерқұрылғыларындажайкезде8-ден 30 дБм-гедейіншығысқуатыболады;

$G_{прд}$және$G_{прм}$– таратқышжәнеқабылдағышантенналардыңкүшейтукоэффициенттері;

λ -толқынұзындығы;

r - таратуұзақтығы;

$L_{доп}$- себептердіңбүтінкешенімен, оныңішіндежалғайтынразъемдағыдабылдыңәлсіреуі, антеннаполяризациясысәйкесболмауынаншығындаржәнет.б. баршартталатынқосымшашығындар,$L_{доп}$ =10 дБ;

Z-сыртқыбөгеттергетұрақтылыққоры, оныңмәнірадио байланыссызығы «салынатын» жәнеережебойынша 5 пен 15 дБ аралығындаберілетінаудандағыэлектромагниттікжағдайменанықталады.

$$P_{прм} = 27+18+16+20lg(0,13)-201g(4*3,14)-201g(5,6) -10 -5 = -11 \text{ дБ}$$

Қабылдағыштыңнақтысезімталдығын P_{min}депбелгілейді, олберілгенқабылдағышкірісіндегіпайдалыдабылқуатынқалыптықабылдауғамин ималдықажеттіліктіанықтайтынкөрсеткіштіңфизикалық мағынасы.

Радио байланыссызығыныңэнергетикалықпараметрлерінесептеу – бұл радио байланыссызығыпараметрлеріниңқабылдағышкірісінеберілетінпайдалыдабылқуатықабылдағышсезімталдығыныңнақтымәнінен кем болмайтындаймәні:

$$P_{прм} \geq P_{мин}$$

(3.57)формуласыбойыншақабылдағышкірісінеберілетінпайдалыдабылқуатыныңмәнінесептедік. Сонымен, есептеунәтижесібойыншаол -11дБ-ге тең, яғниқабылдағышсезімталдығыныңнақтымәніненайтарлықтайүлкен, жоғарыдағышарторындалады:

-11дБ≥-98 дБ

4. Бизнес-жоспар

4.1 Түйін

Қазіргі кезде қозғаламалы байланысты қолданатын абоненттерсаны өсіп келе жатыр. Ақпаратты тарату үшін жаңа технологияларды және қазіргі заманғы әлемдік стандарттарғасай құрылғыларға көшу ең маңызды шешім болып жатыр.

LTE - интернет қолданушыларды жоғары жылдамдықты интернетпен қамтамасыз ететін мобильді интернеттің төртінші кезеңі. LTE технологиясы мәліметтердіалдынғы технологиялардың жылдамдығынан он есеартық жылдамдықпен жіберуге мүмкіндігі болады. Теория жүзінде қабылдауға 326 Мбит/с, жіберуге 178 Мбит/с өткізу қабілетіне ие.Осыған сәйкес бүгінгі таңда интернетті пайдаланушыларсаны анағұрлым артуда.

Байланыс желісінің ауқымы уақыт өте келеарта түсетіндіктен, қозғалмалы байланыстың әртүрлі жоғары жылдамдықты жаңастандарттарын ұйымдастыруға байланысты жаңа мүмкіндіктерашылады:

- халықты байланыс жүйесімен қамтамасыз ету;
- қосымша жұмысорындарын ұйымдастыру;
- нақты топтардың сұраныстарын қамтамасыз ету.

Жобада LTE технологиясының көмегімен абоненттердің қозғалмалы байланысынын ұйымдастыру қарастырылады.

Бизнес-жоспардың мақсаты – жалпы капиталдық қаржыларды, жылдық эксплуатациялық шығын-кірістерді, күтілетін пайданы анықтау арқылы желіорнатудың экономикалық пайдасын және өтімділік мерзімін есептеу.

LTE технологиясы ақпаратты тарату кезіндеаса жоғары жылдамдықпен және жоғары сапалы жұмыс жасауымен ерекшеленеді. Бұл бизнес-жоспар кәсіпорын үшін, тіпті бәсекелестерге деашық қызмет аясында тиімді түрде жұмысістей алуын қарастырады.

4.2 Компания жәнесала

LTE - интернет қолданушыларды жоғары жылдамдықты интернетпен қамтамасыз ететін мобильді интернеттің төртінші кезеңі. LTE технологиясы мәліметтердіалдынғы технологиялардың жылдамдығынан он есеартық жылдамдықпен жіберуге мүмкіндік береді. Теория жүзінде қабылдауға 326 Мбит/с, жіберуге 178 Мбит/с (9-релиз бойынша) өткізу қабілетіне ие.Осыған сәйкес бүгінгі таңда интернетті пайдаланушыларсаны анағұрлым артуда.

Интернетке мобильді кеңжолақты ену әдісін мынадай мобильді байланыстың технологиялары қолданады: WCDMA/HSPA (3.5G), HSPA+ (3.75G) және LTE (4G). 4-ұрпақ өкілдерінің бірі LTE болғандықтан оның кез келген тұрғыдан қарағанда мобильді байланыстың ең сапалы әрі жылдам қызметтерін көрсетеріхақ. Жоғарыдағы суреттен мобильді трафиктің ең көп тұтынушылары ноутбук, компьютер, планшетке тиістіекенін көреміз. Бұл LTE желісінің болашағының жарқын екендігінің бірден бір дәлелі болса керек.

LTE технологиясын жасаудағы мақсат:

– жоғары жылдамдықты ұялы байланыстың мүмкіндіктерін арттыру;
– құжат алмасу бағасын арзандату;
– құжат алмасудағы интернет жылдамдығын арттыру;
– қолданыстағы жүйені жақсарту;
– қолжетімді бағада басқа да қызметтерді ұсыну.

4.3 Қызметтерді (өнімдерді) бейнелеп жазу

Жобаланатын желінің базасында тұтынушыларға бірегей сервис түрін береалады. Оның құрамына жоғары сападағы дауыс қызметі, ақпарат тарату қызметі жәнеең соңғы ұрпақтың телематикалық қызметі кіреді.

Көрсетілетін қызметтер:

– Мобильді телефондарарқылы бейнеқоңырау шалуға болады;
– Мобильді телефондарғаарналған теледидарларіске қосылады(мобильді журналисика күтіп тұр бізді);
– Интерактивтіойын ойнау, спутникті картаның жылдам ашу, жаңалықтардан бастап фильмдерге дейінгі видеоконтенттісмартфон арқылы қарау;
– Ноутбуктар мен нетбуктарда HDформатындағы әндер мен фильмдерді жоғары жылдамдықты интернетпен жүктеуге болады.

4.4 Нарықтық өтімді талдау. Нарық қызметтерін зерттеу

Ұсынылатын қызметтерді нарық жүйесінде жүзегеасыру үшін бәсекелестерарасында қосымша мүмкіндіктер болатын сатуды қызықтыру айла-тәсілдерін ойлап тапқан жөн. Оның кейбіреуін қарастырайық:

– фирмалардың өз жұмысшыларының қызметтерін өзіне қолайлы жағдайда төлеу;
– тұрақтыклиенттергеберілетін жеңілдіктер(немесе тегін көрсетілетін қосымша қызметтер).

Сатуды қызықтыратын қызметтердің маңызды факторы ретінде фирманың жұмыс ұжымын қызықтыру болып табылады.

Жобаны жүзегеасыру кезінде, сонымен қатароны енгізу барысында жарнама болу қажет, жарнамасыз жоба болашақтаеш нәтиже таппайды.

Енгізугеарналған нұсқаулық:

– облысорталықтарындағы жәнеірі қалалардағы республикалық телерадио- арналарда көрсетілетін аудио және видеороликтерді дайындау;

– облыстарда тарату үшін қазақ жәнеорыс тілдерінде телекоммуникация қызметтерін жарнамалайтын плакаттарды, буклеттерді және басқа да басылым түрлерін жасау.

4.5 Менеджмент

Компанияның болжаған өсу стратегиясы жаңа технологиялареңгізумен, қызмет көрсету спектрін өсіру болып келеді. Бұл мақсатқа жеткеннен кейін компания желісыйымдылығын өсіріп, қазақстандықтардың қозғалмалы байланысқа деген талаптары түгелдей орындауға дайын болады.

Бұл бөлім осы обьектіні басқаратын бас инженерден, жүйедегі жүктемені және жүйенің дұрыс жұмысатқаруын қадағалайтын инженерден, трансмиссия инженерінен, сонымен қатарабоненттерді қосумен айналысатын оператордан құралады.Жобаның өзіндік құны жобаны жасап шығарушылардың айлық ақшасы жәнеоны іскеасырғандағы жұмсалған материалды шығындарсуммасымен анықталады.

LTE желісін ұйымдастыруды жүзегеасыру үшін талап етілетін құрал-жабдықтар мен олардың бағалары 4.1 - кестеде көрсетілген.

4.1-к е с т е . Талап етілетін құрал-жабдықтар жәнеолардың бағалары

Жабдық атауы	Саны	Бағасы, мыңтеңге	Жалпы бағасы, мың теңге
Базалық стансияZTEZXUMUMACLTE	83	1500	124500
Базалық станциямұнарасы	83	700	74200
OmniStackLS 6224 коммутаторы	10	885	8850
ZTE ZXUM 7750 SR маршрутизаторы	10	1500	15000
ASR 5000 PCS3мультисервисті платформасы	10	5250	52500
ИБЭП-220/48(60)-60 қоректену көзі	83	60,0	19920

Барлығы		294970

4.6 Маркетинг стратегиясы

Нарықтағы кәсіпорынның маркетинг стратегиясының мақсаты мен тапсырмалары:

– нарықтың орташасегменттері үшін экономикалық жағынан тиімді шешімнің пайда болуы;

– - қызметтің басқа да түрлерінің пайда болуы: ақпарат тарату (интернет) факсты тарату, дауыс тарату (байланыстың әмбебап қызметі);

– қабылдау-таратушы құрылғы сыйымдылығының өсуіарқылы несиеленетін жиілік диапазонын максималды түрде қолдану;

– әртүрлі жағдайлардаабоненттердің белгілі бір тобына уақытылы қызмет көрсетуді ұйымдастыру;

– қажет болған жағдайда байланыс тұрақтылығын ұйымдастыру.

4.7 Қаражат жоспары

Инвестиция шығындарына қондырғылардың, жабдықтардың бағасы, жобалау, көлік шығындары, құрылыс-монтаждау шығындары кіреді [20].

Жалпы капиталдық шығынды есептейміз:

$$K_{\Sigma} = K_0 + K_C + K_M + K_{тр} + K_{проек} \text{ теңге} \qquad (4.1)$$

мұндағыКо - жабдықтарды сатып алу шығыны;

Кс - құрылыссалу шығыны;

Км - монтажға жұмсалатын шығын;

Ктр - көлік шығыны;Кпроек. - жобалау шығыны;

4.2-к е с т е . Жабдыққа кететін капиталды салым

Шығын атауы	Бағасы, тг.
Жабдық бағасы, (Ко)	294970000
Көлік шығыны, (Ктр, жабдық бағасының 5пайызын құрайды)	14748500
Монтажға жұмсалатын шығын, (Км, жабдық бағасының 8 пайызын құрайды)	23597600
Құрылыссалу шығыны, (Кс, жабдық бағасының 10 пайызын құрайды)	29497000
Барлығы	495513100

Ескерілмеген шығын (10 пайыз)	49551310
Жалпы салым	545064410

4.3-к е с т е . Жұмысорнының ұйымдастыру үшін кететін шығын

Атауы	Бағасы, мың тенге	Саны	Бағасы, мың тг.
Компьютер(стац.)	68	20	1360
Ноутбук	100	10	1000
Офистік үстелдер	10	20	200
Принтер, ксероксскaнер	20	20	400
Орындықтар	3,5	20	70
Шкаф	3,5	10	35
Барлығы			3065
Ескерілмеген шығын (10 пайыз)			306,5
Жалпы салым			3371,5

4.4-к е с т е . Капиталды салым

Салымдаратауы	Бағасы,тг.
Жабдыққа, монтажға және тасымалдауғасалынатын салым	545064410
Жұмысорнының жабдықтарынасалынатын салым	3371500
Барлығы	548435910

Капиталдық шығын:

К=545064410+3371500=548435910 теңге.

4.8 Табысты есептеу

Негізгіис-қызметтерінен алынатын табыс – кәсіпорындардың байланыс қызметтерінен қолданылып жүрген бағалармен алынған табыс көлемі [22].

$$D_0 = \sum_{i=1}^{n} q_i \cdot U_i \quad (4.2)$$

мұндағы q_i – натуралды түрдегі i-түрлі қызмет көлемі;

U_i – i- түрлі қызмет бағасы, (теңге);

n – қызметтер номенклатурасы немесеорташа табыс таксасы бойынша табылады;

$$D_0 = \sum_{i=1}^{n} q_{исхпл} \cdot \tau_{T_i} \quad (4.3)$$

мұндағы n - қызмет номенклатурасы;

$q_{исх\ пл}$ - түрлі шығыстық ақылы алмасу;

τ_{T_i} - i - түрлі байланыс қызметінің орташа табыс таксасы.

Астана қаласының тұрғын саны – 818500 адам. Жобаланып жатқан желідегі интернетке USB-LTE модеміарқылы қосылатын абоненттердің санын анықтайық, ($N_{аб.инт}$):

$N_{аб.инт}$ = 818500· 0,2 =163700 (адам).

Бұл 163700 жанұя барекендігін білдіреді, егерде әр жанұяда бесадамнан құралған деп санасақ. Егерсол жанұялардың 25 пайызы бір USB-LTE модемісатып алынатын болса, онда$N_{аб.инт}$абоненттерсаны келесідей анықталады:

$N_{аб.инт}$ = 163700/4 = 40925(абонент).

USB-LTE модемдеріарқылы интернетке кіру қызметінің болжалды тарифтік жоспары 4.5 - кестеде көрсетілген.

4.5-к е с т е . Болжалды тарифтік жоспарлар жәнеолардың құны

Тарифтік жоспар	Қосылу жылдамдығы	Тариф құны, тенге/айына	Шек	Абонеттер үлесі, $N_{аб.инт}$, %	Интернет пайдалан-рсаны
Т1	10 Мбит/с дейін	2500	-	25	10231
Т2	20 Мбит/с дейін	2900	-	30	12277
Т3	30 Мбит/с дейін	3900	30 Гб	30	12277
Т4	50 Мбит/с дейін	4500	50 Гб	15	6140

USB-LTE модеміарқылы интернетке қосылу қызметі бойынша қосынды табыс көлемі келесідей формуламен анықталады (D_1) :

$$D_1 = \sum_{i=1}^{n} T_i \cdot N_i \cdot 12 \qquad (4.4)$$

мұндағы T_i -тарифтік жоспар құны;

N_i-ағымдағы тарифке қосылған абоненттерсаны.

D_1=[2500·10231+2900·12277+3900·12277+4500·6140]·12=1640293200(тенге)

USB-LTE модемдерінің сатылымы бойынша түсетін табыс көлемі келесі формула бойыншаанықталады, (D_2):

$$D_2 = N_{аб.инт} \cdot (Z_п - Z_з) \quad (4.5)$$

мұндағы Z_n – USB-LTE модемінің сатылымдағы құны, $Z_п$ =5000тенге;
$Z_з$ – USB-LTE модемінің өзіндік құны, $Z_з$ = 2500 тенге;

D_2 = 40925· (5000 – 2500) = 102312500 (тенге).

Енді мобильді терминал арқылы дауыстық байланыс қызметі, SMS,MMS және интернетке қосылу бойынша түсетін табыстарды есептейміз.

Мобильді байланыс қызметі бойынша болжалды қызмет көрсету құны 5.6 кестеде көрсетілген.

4.6-к е с т е . Мобильді байланыс қызметі бойынша болжамды қызмет көрсету құны

Қызмет түрі	Төлем мөлшері, тенге
Кіріс қоңыраулардың 1минуты	K_0=7
Басқаоператорларға шығыс қоңыраулардың 1 минуты	K_1 = 11
Қалалық нөмірлерге шығыс қоңыраулардың 1 минуты	K_2 = 11
1 SMS, MMS	K_3 = 7
1МБ трафика	K_4 = 1

Ортастатистикалық мәліметтер бойынша мобильді байланысабонеттеріайына15SMS/MMS, 10 МБ және150 минутәңгімелеседі. Абонеттер жалпы әңгімелесу уақытының шығыс қоңырауларға кететін проценттік қатынасы былай деп бағамдайық: 50% (75 минут) желіішінде, 40% (60 минут) басқа мобильдіоператорларға, 10% (15минут)қалалық нөмірлерге.

Мобильді байланыс қызметі бойыншақосынды табыс(D_3) келесі формуламен анықталадые:

$$D_3 = [K_0 \cdot 75 + K_1 \cdot 60 + K_2 \cdot 15 + K_3 \cdot 15 + K_4 \cdot 10] \cdot N_{аб.инт} \cdot 12 \quad (5.6)$$

D_3 = [7·75+11·60+11·15+7·15+1·10]·40925·12=719461500 (тенге)

LTE желісі бойынша жалпы тарифтік табыстар көлемі келесі формуламен анықталадые:

$$D_{жалпы} = D_1 + D_2 + D_3 \quad (4.7)$$

$D_{жалпы}$ = 1640293200+ 102312500 + 719461500 = 2462067200 (тенге).

4.9 Пайдалану шығындары

LTE желісін ұйымдастыру жобасын жүзегеасыру үшін әртүрлі категориядағы иженер мамандар қатынасады. Жобаны ұйымдастыруға қатысатын жұмысшылар тізімі 4.7 – кестеде көрсетілген.

4.7-к е с т е . Жұмыс ұжымы туралы мәлімет

Қызмет түрі	Қызметшілер саны	Айлық, тг.	Барлығы, тг.
Абоненттік қызмет операторлары	20	60000	1200000
Инженер-энергетик	10	90000	900000
Трансмиссия-инженері	10	90000	900000
ИнженереNodeB	10	70000	700000
Жобалау–инженері	5	120000	600000
Электромонтер	12	70000	840000
Барлығы	5140000		

Бір жылдық шығын соммасы кәсіпорынның өзіндік құны немесеосы байланыс жүйесінің эксплуатациясына кететін шығындар мына формула бойыншааныкталады:

$$\sum Э = ЕБҚ + Ә_с + М + Э_{энер} + А + К + Y \text{ н/е} \sum Э = Н_Ш + К + Y \qquad (4.8)$$

мұндағы ЕБҚ – еңбекті бағалу қоры;$Ә_с$ – әлеуметтік салық;

М – заттар, қосалқы бөлшектер шығыны (бұлар капиталды шығындардың 0,5%-ын құрайды);$Э_{энер}$– электр энергиясы шығыны;А – амортизациялық аударма;К – кредиттер;$Н_Ш$ – негізгі шығындар;Y - үстеме шығыны (бұған көлік шығыны, әкімшілік, шаруашылық, мамандар дайындау, кеңсе шығындары жатады), өзіндік құнның 75%-ға дейін болады.

Еңбекті бағалау қорын анықтау:

$$ЕБҚ = ЕБҚ_{нег} + ЕБҚ_{кос} \text{ (теңге)} \qquad (4.9)$$

мұндағы $ЕБҚ_{нег} = ЕА \cdot 12$– негізгіеңбекті бағалау қоры;

$ЕБҚ_{кос} = ЕБҚ_{нег} \cdot 0,3$ – қосымшаеңбекті бағалау қоры.

Жұмысшының орташаеңбек ақысы 60 000 теңгені құрайды. Сәйкесінше жылдық негізгіеңбек ақы:

$ЕБҚ_{нег} = 5140000 \cdot 12 = 61680000$ (теңге)

Қосымшаеңбекті бағалау қоры:

$ЕБҚ_{кос}$=61680000·0,3 = 18504000 (теңге)

Сондағы еңбекті бағалау қоры:

ЕБҚ =61680000+ 18504000 = 80 184 000 (теңге)

Әлеуметтік сақтандыру қорына бөлінуі, $Ә_с$ жәнеол еңбекті бағалау қорының 11%-ын құрайды:

$$Ә_с = 0.11 \cdot (ЕБҚ – ЗҚ) \text{ (теңге)} \quad (4.10)$$

мұндағы ЗҚ – зейнетақы қоры.
Зейнетақы қоры еңбекті бағалау қорының 10% құрайды:

$$ЗҚ = 0.1 \cdot ЕБҚ \text{ (теңге)} \quad (4.11)$$

ЗҚ = 0.1·80184000 = 8018400 (теңге)

Әлеуметтік салықты есептеймін:

$Ә_с$= 0.11·(80184000 – 8018400) = 7938216 (теңге)

М - заттар, қосалқы бөлшектер шығыны капиталды шығындардың 0,5% құрайды:

$M = 0{,}005 \cdot 548435910 = 2742180$ (теңге)

Электроэнергия шығындары $Э_н$, теңге, келесі формуламен анықталады:

$$Э_Н = \sum (20 \cdot W) \quad (4.12)$$

мұндағы 20 – бір кВТ/сағат бағасы;
W–кВт/сағат – өндірістік электроэнергия шығыны.

4.8-к е с т е . Электроэнергияға кететін шығын

Құрылғы	Саны	Қуаты, кВт	Мерзімі	1кВт/сағ эл.энергия	Пайд. эл.энергия
Базалық станция	83	0,145	8760	20	2108532
Коммутатор	10	0,55			963590
Маршрутизатор	10	0,95			1664400
ИБЭП-220/48(60)-60 қоректену көзі	83	1,2			4362480
ZTE ZXUM 5000	10	1			1752000

PCS3мультисервисі					
Барлығы					10851002

Амортизациялық аударма мөлшерін есептеу. Амортизациялық аударманың байланыссаласы бойыша нормасы 25%-ға дейін:

$$A = \frac{H_A \cdot \Sigma K}{100\%} \qquad (4.13)$$

$$A = \frac{H_A \cdot \Sigma K}{100\%} = \frac{25 \cdot 548435910}{100} = 137108978 \text{ теңге}$$

Үстемелік шығындарды $Н_Ш$, таппас бұрын негізгі шығындарды табамыз. Ол келесі түрдеесептеліеді:

$$Н_Ш = Э_Н + М + А + ЕБҚ + Ә_С \qquad (4.14)$$

$Н_Ш$ =10851002+ 2742180 + 137108978+ 80184000+ 7938216 =238824376

Үстемелік шығындарды Y, теңге, есептеймін:

$$Y = 0{,}75 \cdot Н_Ш \qquad (4.15)$$

Y = 0,75·238824376= 179118282теңге

Эксплуатациялық шығындар келесі мәнге тең болады:

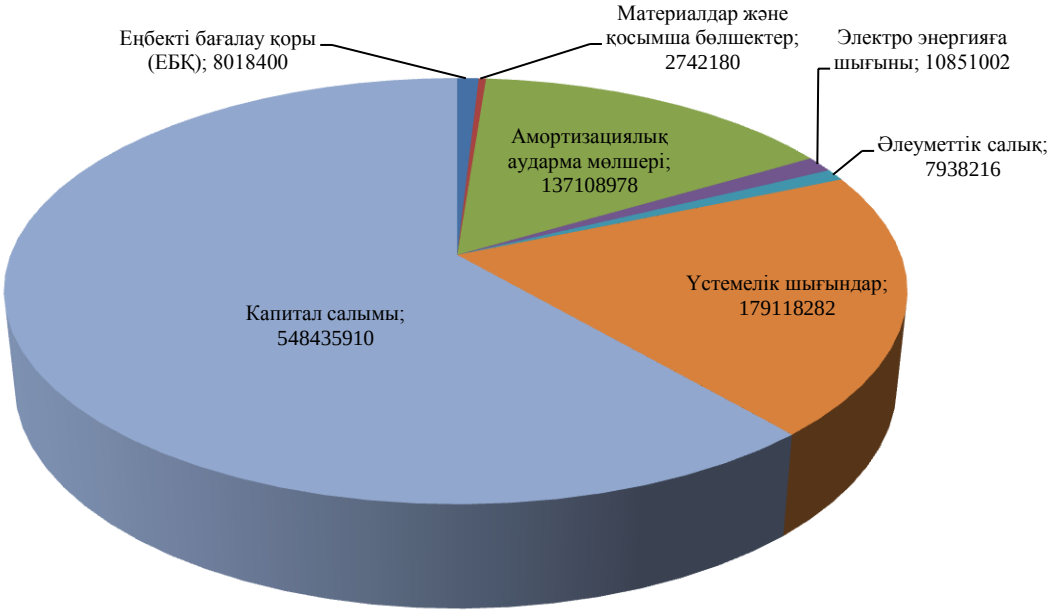
∑Э =238824376+179118282+548435910=966378568теңге

4.9-к е с т е . Эксплуатациялық шығындар

Көрсеткіштератауы	1 жылдықмөлшері, теңге
Еңбекті бағалау қоры (ЕБҚ)	8018400
Материалдаржәнеқосымшабөлшектер	2742180
Амортизациялық аударма мөлшері	137108978
Электроэнергияғашығыны	10851002
Әлеуметтіксалық	7938216
Үстемелік шығындар	179118282
Капитал салымы	548435910
Барлығы	966378568

Жоғарыдағы кестеде желіні ұйымдастыруға кететін эксплуатациялық шығындар біп жылдық мөлшері көрсетілген. Ендіосы эксплуатациялық

шығындардың әрқайсысының үлесін диаграмма түрінде Microsoft Excel бағдарламасында көрсететін болсам:



4.2 – сурет. Эксплуатациялық шығындар құрылымы

4.10 Экономикалық тиімділіктің көрсеткішін есептеу

Байланыс кәсіпорындарының дамуын, кеңейтуін және қайта құруын бітіру жұмыстарын көрсетіп жазарда төменгі экономиканың тиімділік көрсеткіштеріесептелінеді.

Капиталдық салымның нормативті қайтарылу мерзімі қанша мерзімде (жылда) жұмсалынған қаржы тапқан пайдамен толығымен салыстыру тиімділігінің нормативті коэффициентінесәйкес қайтарылатынын көрсетеді. Қазіргі кезде тиімділіктің белгіленген ормативі жоқ, байланысоператорлары экономикалық жағдайға байланысты ормативі өздері белгілейді.

Осы жобаны салықсыз ұйымдастырудан түсетін пайда,теңге:

$$П = Д – Э_{шығ}, \quad (4.16)$$

мұндағы Д - негізгіістерден алынатын табыс, теңге;

$Э_{шығ}$ - эксплуатационды шығындар, теңге.

П = 2462067200– 966378568=1495688632 (теңге)

Пайдадан 30% корпоративтісалық алынып тасталады, яғни таза пайда, теңге:

ТП =П ·0,7 =1046982042 (теңге)

Желінің экономикалық тиімділігі мынаны құрайды:

$$Е = ТП/К \quad (4.17)$$

E = 1046982042/548435910= 1,9

Капиталдық салымның қайтарылу мерзімі жалпы тиімділік коэффициентіне керісінше көрсетілген көрсеткіш болады:

Т=1/Е= 1/1,9 = 0.6 (жыл)

мұндағы Е - абсолютті экономикалық тиімділік;
Т - капиталдық салымның қайтарылу мерзімі.

4.10-к е с т е .LTEжелісініңжобасын ұйымдастырудың экономикалық тиімділігі

Көрсеткіштераты	Мәні
Капиталдық шығын, теңге	548435910
Эксплуатациялық шығындар,теңге	966378568
Негізгіістерден алынатын табыс, теңге	2462067200
Пайда, теңге	1495688632
Таза пайда, теңге	1046982042
Абсолюттіэкономикалықтиімділік	1,9
Капиталдық салымның қайтарылу мерзімі (жыл)	0,6

Қорытынды: Сонымен, бұл бөлімдеАстана қаласында LTE желісін ұйымдастырудың бизнес-жоспары жасалынды. Қозғалмалы байланыс технологиясы ретінде LTE желісінің тоғызыншы шығарылымы қолданылды.

LTE технологиясы ақпаратты тарату кезіндеаса жоғары жылдамдықпен және жоғары сапалы жұмыс жасауымен ерекшеленеді. Бұл бизнес-жоспар кәсіпорын үшін, тіпті бәсекелестерге деашық қызмет аясында тиімді түрде жұмысістей алуын қарастырады. Жобадакапиталдық салымның қайтарылу мерзімі0,6 жыл (норматив бойыншаол 5 жылдан аспауы керек); экономикалық тиімділік 1,9-ға тең. Осы көрсеткіштерге қарап желіні ұйымдастыру сапасы жағынан да, бағасы жағынан да қиындықсыз жүзегеасады деп тұжырымдауға болады.

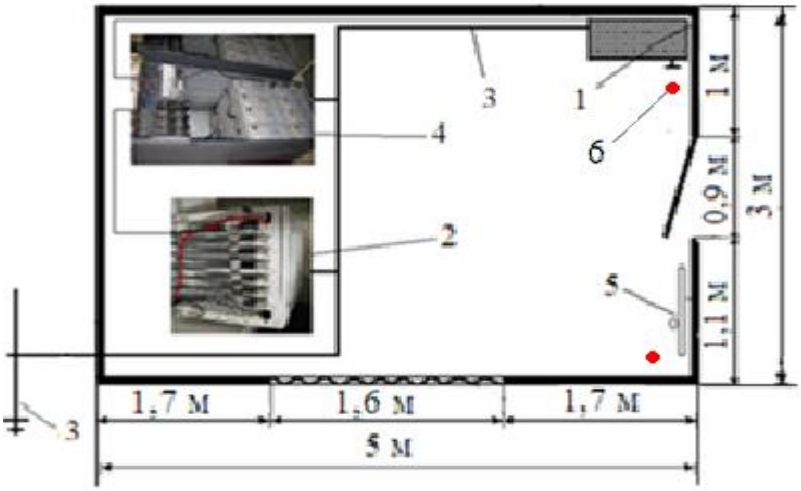
5 Өмір тіршілік қауіпсіздігі

5.1 Өнеркәсіп бөлмелеріндегіеңбек жағдайына талдау жасау

5.1.1 Базалық станцияға жалпы сипаттама

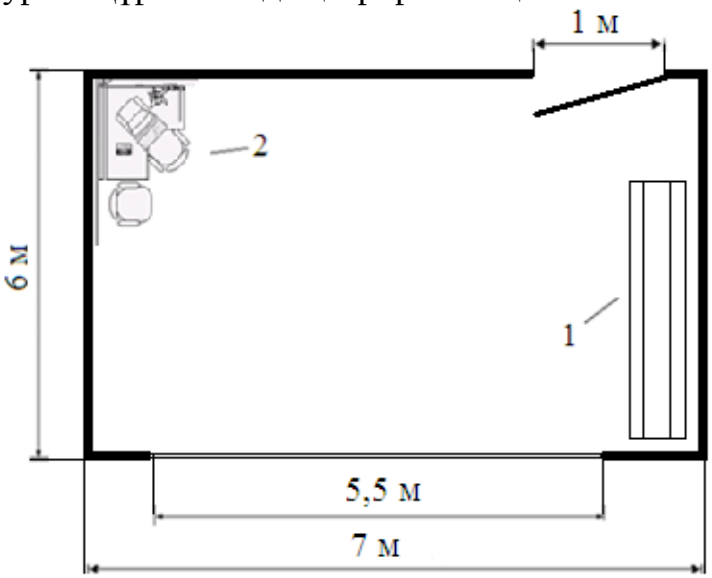
Дипломдық жобадаАстана қаласында LTE технологиясы көмегімен сымсыз байланыс жүйесін жобалау қарастырылады. Желі құрылымы бір базалық станция (БС) құру болып келеді. БСорналастырудың шарты болып қаланың барлық аумағын және жүйенің әсерету радиусына кіретін жақын баршааумақтарды желімен қамтамассыз етуі. БС мұнара жанындағы ғимарттың бөлмесіндеорналастырылады. Бұл бөлімде жерлендіру қондырғылараймағындағы қауіпсіздікті қамтамасыз ету тапсырмасы ретіндеадам электр тогына түсу қауіпін азайту жағдайы және өрт қауіпсіздігі қарастырылады. Қызметкерлердің денсаулық және өмір қауіпсіздігі қажетті техникалық жөндеулер мен тексерулер кезіндегіадамның тоққа түсу қауіпінен қорғауды қамтамасыз ету қажет немесе мүмкіндігіншеазайту.

Астана қаласында БСорнатылады, яғни антенна, ал антенаастында 1 бөлмеде құрылғы орнатылады. Бөлмеде басты құрылғы орталығы ретіндесаналады, яғни мұнда құрылғының өзіорналасады. Базалық станцияны жобалау кезінде негізгі жұмысорны операциялық бөлме. Құрал-жабдықтарорналасқан бөлме жоспары 5.1-суретте және комутациялық бөлменің жоспары 5.2-суретте көрсетілген. Еңбек шартының нақты күйі негізгі жұмысорындалатын бөлмелерде бағаланады. Бөлме өлшемдері: ұзындығы – 5 м, ені – 3 м, биіктігі – 3м.



мұндағы 1- электр қуатының көзі ; 2 – базалық станция; 3 – жерлендіру; 4 – электр қуатын реттеп жинақтаушы акумуляторлар; 5 – өрт қауіпсіздігінеарналған щит; 6 – өрт сөндіргіш.

5.1-сурет. Құрал-жабдықтарорналасқан бөлме жоспары



мұндағы 1-шкаф; 2-операторорны.

5.2-сурет. Коммутация орталығының бөлме жоспары

Бөлменің өлшемдері:

– ұзындығы А=7 м;
– ені В=6 м;
– биіктігі Н=3,5 м;
– еденнен жұмысорнының бетіне дейінгі биіктік Не=1,5 м.

Қызмет көрсету персоналының бөлмеауданы 42 м2 құрайды. Коммутация орталығында жеті жұмысорнын ұйымдастыру көзделуде (бір жетекші инженер жәнеалты кезекшіоператор). Жетекші инженердің бес күндік жұмыс уақыты сегіз сағаттан. Алты кезекшіоператорлар үш сменамен ауысып жұмысістейді. Жұмыс уақытынан тыс тамақтануға және тыныығуғаарналған 60 минуттық үзіліс уақыты бар.

Адамның еңбек қызметіне әсерететін, травматизмнің және мамандық аурулардың алдын алатын, рационалды жарықтандыру жұмысорнының негізгі факторларының бірі болып табылады. Дұрысорындалған жарықтандыру еңбекке жағымды шарттарды жасайды, жұмыс қабілеттілігін жәнееңбек өндірістігін жоғарлатады. Программист жұмысты көзінеауыртпалық түспеуімен орындауы үшін жұмысорнының жарықтандыруы талапқасай болуы қажет. Көру органдарының шалдығуы келесісебептермен байланысты:

– жарықтандырудың жеткіліксіздігі;
– жарықтандырудың жеткіліктіден жоғары болуы;
– жарықтың дұры емес бағытталуы;

Жарықтандырудыңжеткіліксіздігікөрудіңауыртпалығына, зейінніңәлсіреуіне, тезарадашалдығуғаалыпкеледі. Жарықтандырудыңжеткіліктіденжоғарыболуыкөздіңсоқырлауына,

жұмырлануынажәнежыбырлауынаалыпкеледі.
Жұмысорнындағыжарықтыңдұрыемесбағытталуышұғылкөлеңкелерге, жұмыскердіңдезориентациясынаалыпкеледі.
Осыжағдайлардыңбәрімамандықауруғакезіктіреді, сондықтанжұмысорнындағыжарықтандырудыңдұрысесебіөтемаңызды.

Жұмысорнынынжарықтандырудыесептеужарықжүйесінтаңдауға, жарыққөздерініңсанынанықтауға, жәнеолардыңтүрлерінежәнеорналастыруынатоқталады. ПЭВМ-дыіскеасырубөлмесіндежасандыжарықжалпыбірқалыптыжарықтандыружүйесі меніскеасырылуыкерек.
Құжаттарғажарықтүсіруүшінжергіліктіжарықшамдарынорналастыруғаболады. Олэкранныңүстіндежылтырқалдырмауыкерек.

Жасанды жарық кезінде жарық көзіретінде люминесцентті шамдарының ЛБ типтіайналы торлы ЛПО36 сериялы жарық шамдарын қолдануға ұсынылады. Өндірістік жәнеадміністративті-қоғамдық бөлмелердесәулеленетін жарықты орналастырған кезде 250 Вт қуатты теміргалогенді шамдарды қолдану рұқсат етіледі.

Есептеу орталығының өрттен сақтандыру қауіпсіздігі.Өрттен сақтандыру қауіпсіздігі – өрт болу жағдайлары болмайтын, ал егер өрт пайда болса, ондаадамға тиетін өрттің қауыпты факторларының әсері тоқтататын және материалдық құндылықтардың қорғанысы қамтамасыз ететін кезіндегіобъектінің жағдайы.

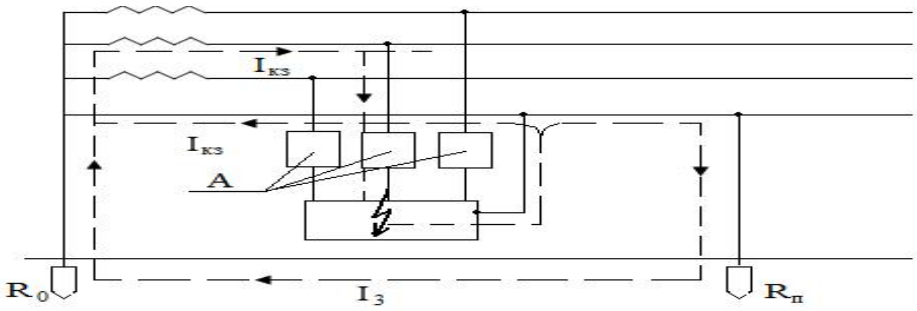
ГОСТ 12.1.038-82 «Еңбек қауіпсіздігінің стандарттар жүйесі. Электр қауіпсіздігі. Түйісу кернеуі мен токтарының рұқсат етілген шегі» талаптарын орындалады.

5.1.2 Жерлендірудің қорғаныш өткізгішіне қойылатын талаптар

Жерлендіру - бір немесе бірнеше фазаның корпусқа тұйықталу кезінде электрқұрылғыларын желіден өшіру. Және деаппатық жағдайдаадамның нөлденген корпуқа қол тигізуінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету.

Жоғарыдаайтылғандай нөлдеудіесептегендеоның өшіргіш қабілетін тексеріледі жәнеадамның апптық жағдайда электрқұрылғы корпусына қол тигізгенде электр тоғына түсу қаупі бағаланады [14].

Жерлендірудің принциптісұлбасы 5.2-суретте көрсетілген.



мұндағы А - қорғау аппараты (сақтандырғыш немесеавтоматты өшіргіш);
R_0 - нейтрал жерлендіргіші; $R_п$ - қайталай жерлендіру;

5.3-сурет. Жерлендіруі барайнымалы тоқ желісінің принциптісұлбасы

Суретте көрсетілгендей фазалық сымдағы қысқа тұйықталу тоғы $I_{кз}$ желінің фазалық кернеуінен $U_ф$ және трансформатордың орамасындағы толық кедергілерден $Z_т/3$ шығатын тізбек толық кедергілеріне, фазалық өткізгішке $Z_ф$, нөлдік қорғағыш өткізгішіне $Z_н$, сыртқы индуктивті кедергіге $X_П$, өкізгіштің $R_П$ қайталай жерленуінің активті кедергісіне және трансформатор нейтралының $R_о$ жерленуіне тәуелді болып келеді. Осы параметрлерарқылы жерлендірудіесептеу 5.2.1 – ші бөлімде келтірілген.

5.1.3 Өрттің пайда болу көздерін талдау және өртке қарсы техниканы тиімді таңдау

Бөлмедегі жанғыш заттарғаакустикалық және эстетикалық өңдеугеарналған құрылыс материалдары, есік, еден, дабылдық кабельдердің изоляциясы, радиотехникалық бөлшектердің орамдары, ұяшықтар мен шкафтардың жалғағыш кабелдерінің изоляциясы жатады.

Өрт пен жарылыстың себебі электрлік және электрлік емессипатта болады.

Электрлік емессипаттағы өрт пен жарылыстың себептері:

– Өртпен дұрыс қолданбау;

– Өндірістік құрылғының жарамсыздығы;

– Өртке қауіпті бөлмелерде темекі тарту;

Электрлік сипаттағы өрт пен жарылыстың себептері:

– Электрлік жабдықтардағы ұшқындар, электростатикалық разрядтар, найзағайдың ұруы;

– Қысқа тұйықталғантоғы, жоғарғы температуралы қызатын өткізгіштер, және де өткізгіш сымдардың және электрлік жабдықтардың орамдарының мағыналы электрлік жүктемесі.

– Өткізгіш сымдардың жалғанған жерлеріндегі нашар байланыс;

– Электрқондырғылардағы қайта қосу немесе доғалық электрлік сварка кезіндегі коммутациялық жабдықтармен қатеоперациялардың нәтижесінде пайда болатын электрлік доға, ол жақындаорналасқан қыздырғыш материалдардың және майтолтырылған жабдықтардың өртенуінеалып келуі мүмкін.

Өртті тоқтату шараларын ұйымдастыру.

1 жылда біррет инструктаж өткізіледі. Административті-техникалық тұлғалармен өткізіледі.

Өрт кезіндеадамдарды эвакуациялау жолдары қарастырылады. Эвакуация уақыты 3 минут. Эвакуациялық шығатын жолдар – бұл дала шығу жолдары, сыртқа шығу жолы бар, табалдырыққа немесе коридорға шығу. Терезе эвакуациялық шығу жолы болып саналмайды.

Өрт сөндіру жабдықтарын қолдану және өрттің пайда болуын жариялау (өрт сөндіргіштер, өрт сөндіру сигнализациясы).

ОУ-2 типті қолмен қолданатын көмірқышқылды өрт сөндіру құрылғылары. Маховиктісағат бағдаршасына қарама қарсы бұрап вентильді қолмен ашып, оларосылай іскеасырылады.

5.4-сурет.ОУ-2 өрсөндіргіші

Барлық өрт сөндіру құрылғылары мерзім бойы тексеріліп және қайта зарядталып отырады.

Спринклерлік және дренчерлік қондырғылар шашырай тозандатылған сумен өрт сөндірудің автоматты құралдарына жатады.

Спринклерлік қондырғыларішісуға толған жәнеспринклерлік қалпақшалармен жабдықталған шашыранқы келген құбырлар жүйесі болып табылады. Спринклерлік қалпақшалардың тетіктері белгілі бір температурада балқитын тез ерігіш құлыптармен бекітілген. Жүйедегісу қысымның әсерінен қалпақшаның тетігінен шығады да бөлменің құрылыс заттары мен жабдықтарын суландырады.

Дренчерлік қондырғылаpауданы 12 м^{2}едендісуландыратын, тетігінің диаметрі 8, 10 және 12,7 мм болатын арнайы дренчерлік қалпақшаларорналасқан құбырлар жүйесі болып табылады.

Дренчерлік қондырғыларавтоматты және қолдан қосылуы мүмкін. Қондырғыны іске қосқаннан кейін су жүйеге толады да тетік арқылы дренчерлік қалпақшалардан ағады.

Өрт пен жануларды сөндірудің біріншілікті құралына өртсөндіргіштер жатады. Олар кіші көлемдегі өрттісөндіругеарналған. Өрт сөндіру заттары ретіндехимиялық немесеауа– механикалық ауасулары, сұйық күйіндегі көміртек диоксиді, құрамында бром бар ұнтақтар қолданалыда.

ОП –5 типті көбікті өртсөндіргіштераумағы жобамен 1 м^2 жану ауданында қатты жанғыш, жеңіл тұтанғыш және жанғыш сұйықтықтарды сөндіру үшін тағайындалған. Заряд массасы – 9,1 кг, зарядталған өртсөндіргіш массасы – 14,5 кг, көбік – 90 л, әрекет ету уақыты – 60 сек,шашылу қашықтығы – 6-8 м.

ОПС – 10 типті ұнтақты өртсөндіргіш сілтілі металдар, кремнийліорганикалық заттар және басқа қосылыстар жанғанда шағын өрт ошақтарын сөндіруге қолданылады.

ОУ – 2, ОУ – 5, ОУ – 8 типті газ өртсөндіргіштерауадан оттегі келмей- ақ жанатын заттардан басқа заттар, материалдар және электр қондырғылар шағын өрт ошақтарын сөндіругеарналған. Мұнда өртсөндіргіш зат ретінде көміртегі қостотығын, сирек азот және инертті газдар қолданылады [15].

Бөлмеде бағалы жабдықтар мен элекр тогымен жұмысістейтін техникалардын орналасуына байланысты және өрт қаіпсіздігінің ережелерінесәйкес БС бөлмесіне 15 м ^{2} арналған ОУ -5 өртсөндіргіштеріорнатылған. БС бөлмесінің жалпы ауданы 15 м^2 болғандықтан, онда бір өртсөндіргіш орнатылады. Өрт сөндіру заты ретіндеаралас көмірқышқыл – хладон құрамы қолданылады. Автоматты өрт сөндіру жүйесінің қалыпты жұмыс жасауын қамтамассыз ету үшін параметрлерін есептеу 5.2.2 -ші бөлімде келтірілген.

5.1.4 Жұмысорнындағы табиғи жарықтандырудың параметрлері

Жұмысорнындағы жарықтандырудың параметрлерін таңдау істелінетін жұмыстың сипатына тәуелді.

Берілген жұмысты орындау кезіндеең кіші өлшемді тетікпен немесеоның бөлігімен ажырату объектісіанықталады. Ажырату объектісінің өлшемдері мен тетіктен жұмысістеушінің көзіне дейінгіарақашықтыққа байланысты жұмыстың сегіз разрядты дәлдігі бар. Егер тетіктен жұмысістеушінің көзіне дейінгіарақашықтық 0,5 м-ден аз болса, жұмысразряды ажырату объектісінің өлшемімен (d), егер 0,5 м-ден көп болса, ажырату объектісінің көзге дейінгіарақашықтыққа қатынасымен (d/L) анықталады.

Біздің территорияда бессәулелі белдеулер бар, табиғи жарықтандыру коэффициенттері десәйкесінше әртүрлі, яғни ТЖКІ,II,III,IV,V=ТЖКІІІ*m*c. Мұндағы m мен c климаттың жарық және күн коэффициенттері.

Жұмысорнындағы табиғи жәнеаралассәулелендіруде ТЖК-нің мәндеріарнайы кестеде келтіріледі. Климаттың жарық және күн коэффициенттері деарнайы кестемен анықталады. Объектінің жұмысшының көзінен 0,5 м-ден кем емесарақашықтықтаажырату объектісінің ең кіші өлшемдері мен көру жұмысынасәйкесразрядтары тұрақталған [16].

Табиғи жарық оптикалық спектроблысында көзге көрінбейтін инфра және ультракүлгін жарықпен беріледі. Ультракүлгін сәуле шашудың толқын ұзындығы 0,1-ден 0,38 мкм, көрінетін 0,38-ден 0,78 мкм, инфрақызыл 0,78-ден 3,4 мкм-ге дейін болады.

Ультракүлгін сәуле шашу адам ағзасына биологиялық оң әсеретеді, барлық терінің қараюы эритемді әсерге келтіреді. Жоғары интенсивтілікке ультракүлгін сәуле шашу терінің күюіне әкеліп соғады, көзге өтіп, сезімтал қарашығының хрустальдарына фокустанып, ауыр жағдайларда көру толық бұзылады.

Табиғи жарықтану тек көзге әсеретіп қана қоймайды, сонымен қатарадам ағзасын бүтіндей қарайтады және психологиялық әсеретеді. Осыған байланысты барлық бөлмелердесанитарлық нормаға және шарттарғасәйкес табиғи жарықтану болады.

Табиғи жарықтану – бұл сыртқы шектейтін құрылыстық жарықтық тесіктерарқылы енетін аспан жарығымен жарықталу. Егер жарықтану сыртқы қабырғаның жарық тесіктеріарқылы болса, жарық жанынан түседі.

Табиғи жарықтандыру өзінің спектралдық құрамы жағынан анағұрлым ыңғайлы болып есептеледі. Табиғи жарықтандыру – табиғи жарықтану коэффициентімен есептеледі (ТЖК).

5.1.5 Ауаалмасу

Бөлменің ішіндегіауа өзінің құрамы, температурасы және ылғалдылығы әр түрлі факторлар әсерінен өзгеруі мүмкін: сыртқы (атмосфералық) параметрлердің, ауаның өзгеруінен, адамнан және технологиялық құрылғылардан жылу, ылғал, шаң, улы газдар бөліну нәтижесінде. Осы факторлардың әсерету нәтижесінде бөлменің ауасы адамдардың көңіл – күйіне жағымсыз немесе технологиялық үрдістің қалыпты жүруіне кедергі келтіретін күйге түседі. Бұл жағдайда бөлмеден іштегі ластанған ауа шығарылып, орнына біршама таза, негізінен сырттағы ауа, беріледі. Осылайша, желдетудің негізгі мақсаты - бөлмеішіндегіауаның есептік параметрлерін сақтау үшін ауаалмасуды қамтамасыз ету.

Желдету – үй бөлмелерінде, өндіріс орындарында, т.б. реттеуліауаалмастыруға, адам денсаулығына қолайлы жағдай жасауға, сондай-ақ технологиялық процестердің талаптарынасай құрал-жабдықтар мен құрылыстық құрылымдарды, материалдарды, азық-түлікті, т.б. сақтауғаарналған шаралар жүйесі [17].

Жалпылай алмастыра желдету бөлмеде бөлінетін шектен тыс зиянды заттардың, жылу мен будың тазааумен залалсыз шекке дейін араласуына негізделген. Ал жергілікті желдетуде зиянды заттар (газ, бу, т.б.) олардың пайда болатын жерлерінен сору құралдары арқылы тысқа шығарылады. Бұл әдіс шектеулі кеңістікте ғана қолайлы ауаортасын тудыраалады. Желдету үйдің жәнесыртқы температураларыныңайырмашылығы мен желдің әсерінен (мысалы, үймерет аэрациясы) болатын табиғи желдету және механикалық әсер ету арқылы (ауа желдеткіштерарқылы қозғалысқа түсіріледі) атқарылатын механикалық желдету болып ажыратылады.

Табиғи желдету: инфильтрация (ұйымдастырылмаған ауаалмасу), аэрация (ұйымдасқан, алдын – алаесептелген ауаалмасу). Артықшылығы – үнемділігі, кемшілігі – қоршаған ортадағы зиянды заттар өзінің физика-химиялық құрамын өзгертпестен бөлменің ішінеенеді.

Жасанды желдету – артық жылуды, зиянды заттарды жәнеартық ылғалды жою үшін қолданылады:

а) Зиянды заттарды жою үшін: $L_{УД}=W/(C_{УД}-C_{ПРИТ})*\gamma$, [м^3/сағ],

мұндағы: W – уақыт бірлігіндегі зиянды заттарды бөлу қарқындығы (мг/сағ); См, Сприт – ауадағы зиянды заттардың концентрациясы, См = ШРК, Сприт=0 концентрациясы мг/ м^3- мен өлшенеді; γ – жұмысаумағының ауасына зиянды заттардың түсуінің біртексіздік коэффициенті. Сондықтан ауа мөлшері вентиляциялық ойық ауданымен есептеледі: $F=C_м/3600v$, (м^2), газоходтағы ауаның жылдамдығы v =0,5 – 3 м/с ;

б) жылу қалдықтарын жою үшін L= Qизб/cg($t_{УХ}$-$t_{ПРИТ}$), ($м^3$/час), $Q_{изб}$ =$Q_{ПОСТ}$-$Q_{УХ}$, (Дж*$м^3$/с), с және g жылу сыйымдылық және ауа тығыздығы, tух , tприт – ауа температурасы, $t_{УХ}$ = $t_{РЗ}$+Δt*(H-2); $t_{РЗ}$ – жұмысаймағының температурасы; Δt – температуралық ингридиент, температураның бөлме биіктігінен өзгеруін көрсетеді (0,5 – 1,5°С), Н – бөлме биіктігі,м. Нақты ауаның температурасы ыстық немесесуық мерзімдердеалынады: $t_{прит}$ - суық мерзім үшін – қаңтар, ыстық период үшін – шілдеайлары. Ауаеселігік= с/v, [1/сағ], с – ауа көлемі, V – аудан көлемі. k>3 кезінде жергілікті желдету жүйесі, ал, k<3 кезінде – жалпы алмасу желдету жүйесі ұсынылады. Тазааудандар үшін L= n*$ω_0$, мұнда: n – жұмысшыларсаны, $ω_0$– бір жұмысшы үшін қажеттіауа мөлшері (20-30 м/сағ) .

Ауаалмастыруды қамтамасыз ететін техникалық құрал-жабдықтар жиынтығы да желдету деп аталады. Сырттан сорылып алынатын ауаны шаң-тозаңнан тазарту үшін желдету жүйелерінеауа сүзгілер орнатылады, ал тысқа шығарылатын ауа шаң тұтқыштар – абсорбер және адсорберлер арқылы тазартылады.

5.2 Есептеу бөлімі

5.2.1 Жерлендірудіесептеу

Есептеугеарналған бастапқы мәндер:

1) *P*=5 кВт – құрылғының трансформатордан алатын электрэнергия қуаты;

2) *U*=380 В – құрылғы жұмысістейтін айнымалы кернеуі;

3) ААШвУ 4х6 кабелінің параметрлері:

ρ=0,028 (Ом·мм/м) – алюминидің меншікті кедергісі;

S=6 мм – өткізгіштің көлденең қимасы;

l=200 м – өткізгіш ұзындығы;

4) *R*=1000 Ом – адам денесінің кедергісі;

5) *k*=1,4 – номинал тоқтың бөлгіш коэффициенті;

Мыс жәнеалюминиелік өткізгіштердің ішкі индуктивті кедергілердің $X_ф$ жәнеX$_н$ мөлшерлерісалыстырмалы аз, сондықтан оларды елемеуге болады [18].

Фаза-нөл контурының линия бірлігінесыртқы индуктивті кедергісінің $X_п$ мөлшері 2r бірдей диаметрлі көлденең қимасы дөңгелек сымы барекісымды линия үшін арналған белгілі формулаарқылы есептеледі:

$$X'_n = wL = w\frac{\mu_0 l}{\pi}\ln\frac{d}{r} \text{ Ом/м} \qquad (5.1)$$

мұндағы w - бұрыштық жиілік, w=2·π·f = 314 рад/с;

L - линия индуктивтілігі;

μ_0=4π·10^{-7} Гн/м;

l – линия ұзындығы;
d – өткізгіштерарасындағы ара қашықтық, м;
r - өткізгіш радиусы, м;
Осыдан:

$$X'_n = 3{,}14 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 2{,}3 \cdot \ln\frac{d}{r} = 0{,}29 \cdot \ln\frac{d}{r} \text{ Ом/км} \qquad (5.2)$$

Егер $I_{ҚТ}$ тогының мәні келесі шартты қанағаттандырса, фаза нөлденген корпусқа тұйықталған кезде электр қондырғысы автоматты түрде өшіп қалады:

$$I_{ҚТ} > к \cdot I_{НОМ} \qquad (5.3)$$

мұндағы к – номинал токтың бөлгіш коэффиценті;
$I_{НОМ}$ – номинал ток.
Бұл жағдайда Iкз үшін комплексті түрде өрнек келесідей болады:

$$I_{ҚТ} = U_ф \big/ (Z_Т / 3 + Z_ф + Z_Н + jX_П) \qquad (5.4)$$

мұндағы Zт – үш фазалы ток көзінің (трансформатордың) орамдарының толық кедергі комплексі;
Zф=Rф + jXф – фазалық өткізгіштің толық кедергі комплексі;
Zн=Rн + jXн – нөлдік өткізгіш толық кедергісінің комплексі;
Rф, Rн – фазалық және нөлдік өткізгіштерінің активті кедергілері;
Xф, Xн – фазалық және нөлдік өткізгіштердің ішкі индіктивті кедергілері;
Xп – контурдың сыртқы индуктивті кедергісі (фазалық өткізгіш – нөлдік өткізгіш).
Бұл өрнекті басқаша келесідей етіп жазуға болады:

$$I_{ҚТ} = U_ф \Big/ (Z_Т / 3 + \sqrt{(R_ф \pm R_Н)^2 + (X_ф + X_Н + X_П)^2}) \qquad (5.5)$$

Iқт есептеу үшін алдымен кәбілдің түрі мен маркасын таңдап алу қажет, содан кейін кәбілдің мінездемелеріне байланысты есептеулер жүргізу қажет.

Әр фазаның тұтынатын қуаты 5 кВт аспайтындықтан қалған барлық есептеулерді бір фаза үшін келтіремін. Бұл фазаның номинал тогы келесідей болады:

$$I_{НОМ} = (5 \cdot I_{ЖКТ}) / 2{,}5 \qquad (5.6)$$

мұндағы $I_{ЖКТ}$ – жүктеме тогы

$$I_{ЖҮКТ} = P \big/ (\sqrt{3 \cdot U \cdot \cos\varphi}) \qquad (5.7)$$

мұндағы P =5000 Вт

U =380 В

$\cos\varphi$=0,8

$$I_{ÆÊÒ} = 5000 \big/ (\sqrt{3 \cdot 380 \cdot 0{,}8}) = 9{,}5A$$

Бұдан тұтынушы номинал ток :

$$I_{НОМ} = (5 \cdot 9{,}5) \big/ 2{,}5 = 19A$$

Максимал қорау үшін өшірушіретіндеавтоматты өшіргіштер қолданылады. k =1.4, формуласы бойынша:

$$k \cdot I_{НОМ} \geq 1{,}4 \cdot 19 = 27A$$

Құрастырушы цехті электрмен қамтамасыз ету үшін жиырма бес киловатты, майлы, үш фазалы трансформатор қолданы жеткілікті.

Zт = 0.906 Ом жиырма бес киловатты трансформатор таңдаймын. Оған келетін ААШвУ 4х6 кәбілін таңдаймын. Бұл кәбілдің негізіалюминиден жасалған. Алюминиден жасалған өткізгіштердің актив кедергілерінің мәндері келесідей анықталады:

$$R_{Ф} = \rho \cdot l / S \qquad (5.8)$$

мұндағы ρ = 0.028 (Ом х мм/м) – алюминидің меншікті кедергісі

l – өткізгіштердің ұзындыңы (м),

S – өткізгіштердің кесуі(мм).

Фазалық өткізгіштің активті кедергісі:

$$R_{Ф} = R_{Н} = 0{,}028 \cdot 200/6 = 1Ом$$

Алюминиденжасалғанөткізгіштердіңішкіиндуктивтікедергісі Хфсалыстырмалытүрдеөтеаз (0.0156 Ом/кмжуық), сондықтаноныелемеугеболады. $X_Н$және $X_П$кедергілеріңіндемәндеріөтеаз, сондықтанолардыелемейміз.

Сондақорғаудыңқосылуынақажет $I_{КТ}$ келесідейанықталады:

$$I_{Т} = 220 \big/ (Z_{Т}/3 + \sqrt{(R_{Ф} \pm R_{Н})^2}) \qquad (5.9)$$

$$I_{Т} = 220 \big/ (0{,}906/3 + \sqrt{(1 \pm 1)^2}) = 51A$$

Жүйенің өшіргіш қабілетін қамтамасыз ету үшін автоматты өшіруші таңдау қажет. Ікз мәні келесі шартты қанағаттандыру керек:

$$I_T > k \cdot I_{НОМ} \quad (5.10)$$

$51 > 27$

Бұл жағдайда тию кернеуі:

$$U_K = I_T \cdot Z_H \quad (5.11)$$

$U_K = 51 \cdot \sqrt{1} = 51B$

Адамденесіненөтетінток:

$$I_h = U_K / R_h \quad (5.12)$$

мұндағы Rh – адамденесініңкедергісі(R_h=1000 Ом),

$I_h = 51/1000 = 5{,}1мА$

Есептеулернәтижесібойыншажерлендірудіқолданғандаадамденесіненөтетінток - 5,1 мА, аладамденесініңкедергісі R_h=1000 Ом. Токтыңбұлмәніадамүшінасақауіптіемес.

5.2.2 Автоматтыөртсөндіружүйесініңқалыптыжұмысжасауынқамтамассызетуүшінпараметрлерінесептеу

Үлкенкөлемдегіөрттісөндіруүшінкөмірқышқыл – хладонқұрамыныңесептіксалмағыкелесіөрнекпенанықталады [19]:

$$m_d = k_6 \cdot g_n \cdot V \quad (5.13)$$

мұндағы k_6 = l,2 - көмірқышқыл - хладонқұрамыныңесептелмейтінжоғалтуларөтемніңкоэффициенті;

g_n = 0,4кг/м3 – көмірқышқыл-хладонқұрамыныңнормативтікжаппайшоғырландыруы;

V – бөлменіңкөлемі.

$$V = A \cdot B \cdot H \quad (5.14)$$

мұндағы A = 5 м – бөлмеұзындығы;

B = 3 м – бөлмеені;

H = 3 м – бөлмебиіктігі.

Сонда: $V = 5 \cdot 3 \cdot 3 = 45 м^3$
Осыдан шығатыны:
$m_d = 1.2 \cdot 0.4 \cdot 45 = 21{,}6 кг$

Баллондардың есептік саны ξ_2 көмірқышқыл – хладонның 25 кг құрамының 40 литрлік баллонғасыйымдылығынан анықталады. Сондықтан екі баллон орнатылады.

Магистралді құбырдың ішкі диаметрі d_i , мм, келесі формула бойыншаанықталады:

$$d_i = d_l \cdot \sqrt{\xi_2} \tag{5.15}$$

мұндағы d_l - баллонның сифондық құбырының диметрі, мм;
ξ_2 - бір мезгілдеоқталатын баллондарсаны.

Сонда: $d_i = 12 \cdot \sqrt{2} = 17 мм$

Магистралді құбырдың баламалы ұзындығы l_2 , м, келесі формула бойыншаанықталады:

$$l_2 = k_7 \cdot l \tag{5.16}$$

мұндағы k_7 =1,2 - есепкеалынбайтын жергілікті жоғалтуларды өтем үшін құбырдың ұзындығының үлкею коэффициенті;
l = 3м - жоба бойынша құбырдың ұзындығы.

Сонда:

$l_2 = 1.2 \cdot 3 = 3{,}6 м$

Суландырғыштың шығыссаңылауының қимасының ауданы $A_3, мм^2$, келесі формула бойыншаанықталады:

$$A_3 = \frac{S}{\xi_1} \tag{5.17}$$

мұндағы S - магистралді құбырдың қимасының ауданы, $мм^2$;
ξ_1 - суландырғыштардың саны.

$$A_3 = \frac{3.14 \cdot 8.5^2}{1} = 226.865 мм^2$$

Көмірқышқыл – хладон құрамының шығыны Q, кг/с, құбырдың баламалы ұзындығы мен оның диаметріне байланысты 1,4 кг/с тең.

Көмірқышқыл – хладон құрамының негізгі бөлігінің массасы келесі формула бойыншааныкталады:

$$m = 1.1 \cdot m_d \cdot \left(1 + \frac{k_8}{k_6}\right) \qquad (5.18)$$

мұндағы k_8 = 0,2 – көмірқышқыл – хладон құрамының, баллон мен құбырда қалып қалған қалдығының коэффициенті;

k_6 - кесте бойыншаалынады.

$$m = 1.1 \cdot 21{,}6 \cdot \left(1 + \frac{0.2}{1.2}\right) = 27{,}72 кг$$

Алған нәтижелерден келесідей қорытынды жасауға болады, автоматты өрт сөндіру жүйесінің қалыпты жұмысы жасауын қамтамассыз ету үшін сыйымдылығы 40 литр және қалыпты қысымы 12,5 МПа болатын 1 баллон көмірқышқыл - хладон құрамы қажет болады. Бөлмеде заряд шығарылымының ұзақтығы 0,26 с болатын 1 суландырғыш орнатылған.

Қорытынды

Бұлдипломдық жобада байланыс сапасын жақсарту және ұсынылатын қызметтер көлемін арттыру мақсатында «Virgin» және «Қазақтелеком» АҚ арасындағы меморандумның 4G және LTE технологиялары көмегімен Қазақстан Республикасының қалаларында ұялы байланыс жүйесін жобалау қарастырылды (мысал негізінде Астана қаласы алынды). Құрылғылар таңдалынып, жүйенің негізгі параметрлері есептелді, базалық станцияның қамту аумағына, LTE желінісің сыйымдылығына, байланыстың тиімділігіне, пакеттің оптимизациясына талдау жасалынды. Бұл жобаны жүзеге асыру үшін ZTE компаниясының құрылғылары қолданды.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде байланыс жабдығы жұмыс істеп тұратын бөлменің ауа алмасу жүйесі қарастырылып, көрсеткіштері есептелген. Осы көрсеткіштер бойынша қажетті ауа алмасуын қамтамасыз ететін желдеткіш түріне таңдау жасалынды. Таңдалған желдеткіш еңтиімді жұмыс көрсеткішіне ие.

Экономикалық бөлімде жобаланатын желіні толығымен іске қосу үшін қолданатын қаражат мәселесі қарастырылды. Табыс пен шығын мөлшері есептеліп, жобаның экономикалық тиімділігі дәлелденді. LTE технологиясын жобалаған кездегі экономикалық көрсеткіштерді есептеп, біз келесі қорытындыға келдік: жоба орындалу үшін қажетті қор көлемін анықтадық және де жобалау кезінде құрылғылар құнына жұмсалатын қаржы көлемдерін анықтадық. Сонымен қатар жобаны енгізу кезіндегі жалпы шығындар мен пайда мөлшерін есептеп шығардық.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, В.И. Дмитриев. Системы мобильной связи / СПб ГУТ. – СПб,1999. – 330с.
2. Карташевский В.Г. и др. Сети подвижной связи. - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2001.
3. Печаткин А. В. Системы мобильной связи. Часть 1.- Рыбинск: РГАТА, 2008.
4. Андрианов В.И., Соколов А.В. Сотовые, пейджинговые и спутниковые средства связи. – СПб.: БХВ Петербург Арлит, 2001.
5. Ратынский М.В. Основы сотовой связи / Под ред. Д.Е. Зимина. - М.: Радио и связь, 2000.
6. Бабков В.Ю. Общие подходы к задачам планирования и оптимизации 2G - 4G сетей подвижной связи, С-П, 2011.
7. Варукина Л.И. Планирование сетей LTE, технические предпосылки объединения операторов. MForum.ru, 2010.
8. Варукина Л.И. Производительность сети TD-LTE в сравнении с WiMAX. MForum.ru, 2010.
9. Мясковский Г.М. Системы производственной радиосвязи: Справочник. - М.: Связь, 1980.
10. Коньшин С.В., Сабдыкеева Г.Г. Теоретические основы систем связи с подвижными объектами: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2002.
11. Гельгор А.Л, Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб. пособие,— С. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. — 204 с.
12. Волков А. Н, Рыжков А. Е, Сиверс М. А. UMTS. Стандарт сотовой связи третьего поколения —С. : Издательство “Линк”, 2008.—224 с.
13. Макаров С. Б, Певцов Н. В, Попов Е. А, Телекоммуникационные технологии: введение в технологии GSM. —М. : Издательский центр “Академия”, 2006.—256 с.
14. Хакимжанов Т.Е. Жандаулетова Ф.Р., БЖД. Дипломное проектирование. Расчет воздухопровода и выбор вентилятора. – Алматы: АИЭС, 2006. – 22 с.
15. Спивак Г.И. Шепелев А.Г. Электробезопасность на предприятиях связи.- М. Радио и связь. М. Энергоатомиздат, 1984. -448с.
16. Волков О. М. Пожарная безопасность вычислительных центров. – М.: Стройиздат, 1990. – 416 с.
17. Баклашов Г.Д, Под ред. А.Р, Охрана труда на предприятиях связи: Учебник. Естественное и искусственное освещение. Часть 4. Козловского. - А.:1994. - 123с
18. Акинчев Н.В. Общеобменная вентиляция цехов с тепловыделениями – М. Стройиздат. 1984
19. Хакимжанов Т.Е, Сборник задач по охране труда и безопасности жизнедеятельности. - Алматы: Эверо, 2007.

20. Алибаева С.А., Методические указания к экономической части дипломного проекта для специальности (для всех форм обучения, направление 652400 – радиоэлектроника и телекоммуникации).- Алматы. АИЭС. 2009
21. Баева Н.Н., Многоканальная электросвязь и РРЛ: Учебник для вузов. – М.:Радио и связь, 2000
22. Волков О.И, Экономика предприятий связи. – М.: Экономика, 2005
23. Н.П. Резникова, Маркетинг в телекоммуникациях. – М.: Эко-Трендз, 2002
24. Буров В.П., Новиков О.И., Бизнес-план: методика составления. – М.: ЦИПКК, 2004
25. http://ngconnect.org/
26. http.//www.altel4G.kz