ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
Телекоммуникациялық желілер және жүйелер кафедрасы

«ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ»
Кафедра меңгерушісі PHD доцент Темырканова Э.К
(ғылыми дәрежесі,атағы,аты-жөні)
_____ «_____» _____ 2020 ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Сигнал кедергісінің LTE технологиясына әсерін бағалау
Мамандығы: 5В071900 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникация»
Орындаған: Бітім Әлихан Ержанұлы Тобы: РЭТ(МТС)ук-17-1
(аты-жөні)
Ғылыми жетекші: ф.м.ғ.д, доцент Касимов Абдуразак Оразгелдиевич
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
Экономикалық бөлім бойынша:
доцент Тузелбаев Бакберген Ибадиллаевич
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)
Өміртіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
доцент Жандаулетова Фарида Рустембековна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)
Есептеу техникасын қолдану бойынша:
ф.м.ғ.к. доцент Касимов Абдуразак Оразгелдиевич
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)
Нормобақылаушы:
аға оқытушы, Накисбекова Балауса Рыскожаевна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)
Пікір беруші: ф.м.ғ.д, доцент Касимов Абдуразак Оразгелдиевич
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«ҒҰМАРБЕК ДАУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғарыш инженериясы және телекоммуникациялар институты
Телекоммуникациялық жүйелер және желілер кафедрасы
5В071900–Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығы

Дипломдық жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент: Бітім Әлихан Ержанұлы
(Т.А.Ж.)

Жобаның тақырыбы: Сигнал кедергісінің LTE технологиясына әсерін бағалау

«_11_» _11_ 2019 ж. № 147 университет бұйрығымен бекітілді.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «_____»_____2020 ж.

Жобаға алғашқы деректер (талап етілетін зерттеу (жоба) нәтижелерінің параметрлері және зерттеу нысанының алғашқы деректері):
Қуаттардың барлық мәндері 1Ом кедергіге есептелген.
Спецификацияға сәйкес ең жоғарғы рұқсат етілетін SNR – 21.
Зерттелетін арна үшін SNR – 18,9.
Сигнал спектрінің ені 10МГц, шу импульсінің орташа ұзақтығы - 50мкс.
Төменгі байланыс арнасынан таралатын максимум жылдамдық 10 Гбит/с

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс мәселелер тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:
Кіріспе
1. Сымсыз байланысқа сипаттама
2. Сигналдың әр түрлі ортада тарауы
3. Бөгеуілдерді талдау, OFDM MIMO арқылы
4. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі
5. Экономикалық есертеулер және жоспар
Қорытынды
Әдебиеттер тізімі

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі:
Объектінің тақырыбы бойынша аналитикалық зерттеулер
SAE базалық желісінің архитектурасы
Зерттелетін объектінің тақырыбы бойынша ғылыми зерттеулер
Радиосигналдың нақты жағдайларда таралуы
Ғимараттар мен Үй-жайлар ішінде радиотолқындарды тарату
Байланыс каналдарындағы бөгеуілдер, биттік қателікті есептеу, сигнал/шу қатынасын сипаттау
MIMO–OFDM сигналының жүйедегі кідірістер мен бөгеуілдерді оңтайландырып өткізу арнасының коэффициентің арттыру

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1. Тихвинский В.О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура / В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, А.Б. Юрчук. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 284с.
2. Вишневский В., Красилов., Шахнович И. Технология сотовой связи LTE – почти 4G. Связь и телекоммуникация –№3. –2009.
3. Жандаулетова, Ф. Р. Охрана труда : учебник для вузов / Ф.Р. Жандаулетова, Т.Е. Хакимжанов, Т.С. Санатова; МОН РК, НАО АУЭС. - Алматы : АУЭС, 2019. - 399 с.
4. Bagadi K. MIMO-OFDM Channel Estimation Using Pilot Carries / K. Bagadi, S. Das // International Journal of Computer Applications, Volume 2, № 3, 2010, с. 81-88. 3

Жоба бойынша жобаның бөлімдеріне қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімдері	Кеңесшілері	Мерзімі	Қолы
Экономика	Тузелбаев Б.И.	20.04.2020ж	
Ө.Т.Қ.Н.	Жандаулетова Ф.Р.	13.04.2020ж	
Негізгі бөлім	Хизирова М.А.	03.03.2020ж	
Есептеу техникасы	Касимов А.О.	12.04.2020ж	
Нормабақылаушы	Накисбекова Б.Р.	18.06.2020ж	

Диплом жобасын дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізімі	Ғылымижетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1. Кіріспе	27.04. 2020ж.	
2. Объектінің тақырыбы бойынша аналитикалық зерттеулер	27.04. 2020ж.	
3. Арналық ресурс және оның сипаттамалары	27.04. 2020ж.	
4. Зерттелетін объектінің тақырыбы бойынша ғылыми зерттеулер	14.05. 2020ж.	
5. Ғимараттар мен үй-жайлар ішінде радиотолқындарды тарату	14.05. 2020ж.	
6. MIMO–OFDM сигналының жүйедегі кідірістер мен бөгеуілдерді оңтайландырып өткізу арнасының коэффициентің арттыру	25.05. 2020ж.	
7. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі	01.06. 2020ж.	
8. Есептеу бөлімі	30.05. 2020ж.	
9. Экономикалық бөлім	03.06. 2020ж.	
10. Қорытынды	30.05.2020ж.	

Тапсырманың берілген уақыты «10» ақпан 2020 ж.
Кафедра меңгерушісі _____ Темырканова Эльвира Кадылбековна
(қолы) (Т.А.Ж.)
Жобаның
Ғылыми жетекшісі_____ Касимов Абдуразак Оразгелдиевич
(қолы) (Т.А.Ж.)
Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____ Бітім Әлихан Ержанұлы
(қолы) (Т.А.Ж.)

Андатпа

Бұл дипломдық жобаның мақсаты төртінші буын желілерінің немесе LTE жұмысына әсер ететін кедергілерді бағалау болып табылады. Тақырыпты толық ашу үшін негізгі параметрлер мен тарату жылдамдығы үшін жауап беретін құрылғылар қарастырылған. Талдау OFDM цифрлық модуляциясының схемасы арқылы жасалған. Нәтижелер жүйенің негізгі функцияларына қандай бөгеуілдер әсер ететінін көрсетті. Еңбекті қорғау және тіршілік қауіпсіздігі шараларын қамтамасыз ету бойынша есептер және ұсынылатын шешімдердің экономикалық тиімділігін анықтау мақсатында экономикалық көрсеткіштерді есептеу көрсетілді.

Аннотация

Целью данного дипломного проекта является оценка помех влияющих на работу сетей четвёртого поколения или же LTE. Для полного раскрытия темы рассмотрены основные параметры и устройства которые отвечают за передачу и скорость данных. Анализ совершен с помощью цифровой схемы модуляции OFDM. Результаты показали какие именно помехи влияют на основные функций системы. Показаны расчеты по обеспечению мер охраны труда и безопасности жизнедеятельности на сети, расчет экономических показателей с целью определения экономической эффективности предлагаемых решений.

Abstract

The purpose of this diploma project is to evaluate interference affecting the operation of fourth-generation networks or LTE. For full disclosure of the topic, the main parameters and devices that are responsible for data transmission and speed are considered. The analysis was performed using the OFDM digital modulation scheme. The results showed exactly what kind of interference affects the main functions of the system. Calculations for ensuring labor protection and life safety measures on the network, calculation of economic indicators to determine the economic efficiency of the proposed solutions are shown.

Мазмұны

Мазмұны 6
КІРІСПЕ 8
1 Объектінің тақырыбы бойынша аналитикалық зерттеулер 9
1.1 Сымсыз желілер технологиясының мақсаты, даму ерекшеліктері және жіктелуі 9
1.2 SAE базалық желісінің архитектурасы 17
1.3 Арналық ресурс және оның сипаттамалары 22
1.4 Желінің қамту аймағын есептеу 26
2 Зерттелетін объектінің тақырыбы бойынша ғылыми зерттеулер 28
2.1 Радиосигналдың нақты жағдайларда таралуы 28
2.2 Ғимараттар мен Үй-жайлар ішінде радиотолқындарды тарату 32
2.3 COST231 Hata моделі 35
2.4 Киннан-Мотли моделі 37
2.5 Реверберация құбылысы 38
3 Есептеу-техникалық бөлім 41
3.1 Зерттелетін жүйенің моделі 41
3.2 Байланыс каналдарындағы бөгеуілдер, биттік қателікті есептеу, сигнал/шу қатынасын сипаттау 44
3.3 MIMO–OFDM сигналының жүйедегі кідірістер мен бөгеуілдерді оңтайландырып өткізу арнасының коэффициентін арттыру 47
3.4 UMTS қабылдағышының сезімталдығын есептеу 52
4 Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімі 55
4.1 Қауіпсіздік пен зиянды факторлардың сипаттамасы 55
4.2 Есептеу бөлімі. 61
5 Қабылданған шешімдердің техникалық-экономикалық негіздемесі 64
5.1 Жобаға салымдар капиталын есептеу 64
5.2 Жылдық пайдалану шығындарының есебі 64
5.3 Тарифтік пайданы есептеу 68
5.4 Бірінші жылдағы жобаны пайдаланудың экономикалық тиімділік көрсеткіштерін бағалау. 69

Қорытынды.....72
Әдебиеттер тізімі.....73

КІРІСПЕ

Қазіргі әлемдегі жетекші бағыттардың бірі телекоммуникациялық жүйелерді қарқынды дамыту болып табылады. Бұл экономиканың өндірістік және қоғамдық инфрақұрылымының негізі. Қазіргі таңда, сымсыз ақпарат тасымалдау қызметі ең көп сұранысқа ие болып саналады. Электрондық жабдықтар өндірісінің дамуымен және өсуімен абоненттердің провайдерлер көрсететін телекоммуникациялық қызметтерге және ақпаратты беру жылдамдығына қойылатын талаптары өсті. Қазіргі таңда ұялы байланыстың ең соңғы және ең үздік стандарттарының бірі LTE технологиясы болып табылады, ол ұялы байланыстың төртінші буынына жатады (4G). Мұндай құралдарды пайдаланудың жоғары үлесі, берілетін ақпараттың үлкен көлемі мен әртүрлі деструктивті факторлардың әсер етуі жағдайында, деректерді берудің сымсыз желілерінің тұрақты жұмыс істеуін талап етеді. Осы факторлар мен олардың пайда болу себебтері және LTE технологиясының барлық функциялары, олардың жабдықтары және ерекшеліктері осы дипломдық жұмыста қарастырылады. Біздің ел аумағының кеңдігіне байланысты, ұялы операторларының интернет желісіне қол жетімділігін ұсыну үшін белгілі бір қиындықтар туғызады. Ірі қалаларда өзінің қажеттіліктеріне сүйене отырып, өзіне қанағаттандыратын кез келген тарифін әр ниет білдіруші қосыла алады, және де сымсыз және сымды байланыстар арасында таңдау бар. Бірақ ауылдық жерлерде жағдай әлдеқайда нашар. Байланыс операторлары ауылды телефондандыруға және Интернетке қол жеткізу қызметін қамтамасыз етуге ұмтылмайды,ал берілетін байланыс көбінесе наразылық тудырады. Сондықтан, мысал ретінде Қостанай облысының Арқалық ауданың курорттық немесе сауықтыру аумағы деп айта алмағанымен тұрғылықты тұрғындар ғана емес, сондай-ақ келіп-өтетін адамдар саны ғаламтордағы ақпараттарға сәйкес шамамен 40мың адам бар. Экономикалық бөлімдегі есептеулерге сүйене отырып осы ауданғы LTE желісін орнатылуы тиімді, әрі табысты болатыны шешілген. Адамның денсаулығына 4G сымсыз байланысының зақымы болмағандықтан, барлық халықаралық стандарттарға (IEEE 802.11) сәйкес орнатылуын ойластырдым.

1 Объектінің тақырыбы бойынша аналитикалық зерттеулер

1.1 Сымсыз желілер технологиясының мақсаты, даму ерекшеліктері және жіктелуі

Сымсыз технологиялар ең жылдам дамып келе жатқан және сұранысқа ие байланыс түрі болып табылады. Бұл олардың үлкен болашағы бар дегенді білдіреді, өйткені жақын арада барлығы кабелдерді төсеу қажет емес ұялы байланысқа толығымен өтеді. Сонымен бірге жабдықтары да жетілдірілуде. Нарыққа тұрақты түрде роутерлердің, базалық станциялардың және т.б. жаңа модельдері шығады. Операциялық жүйелер де жаңартылуда. "Сымсыз" термині оңай анықталады – жалғағыш сым жоқ (оптоталшықты немесе мыс кабелі).

Сымсыз ақпарат беру желілерінің бөлінуі:

– бастапқы ақпаратты өңдеу тәсілі бойынша - сандық және аналогтық;

– тарату жолағының ені бойынша таржолақты, кеңжолақты және аса кеңжолақты;

– абоненттерді оқшаулау бойынша жылжымалы және тіркелген қызметтерге;

– географиялық ұзындығы бойынша дербес, жергілікті, өңірлік (қалалық) және жаһандық (әлемдік);

– берілетін ақпараттың түрі бойынша сөйлеуді, ақпаратты және деректерді беру жүйелеріне бөлінеді.

Қолданылатын технология негізінде әділ және градация жүйелері (спутниктік желілер, атмосфералық оптикалық желілер және т. б.), мақсаты бойынша және т.б. болып бөлінеді.

Сымсыз технологиялар– ақпараттық технологиялардың классы, қашықтықта екі немесе одан да көп нүктелер арасында ақпарат таратуға қызмет етеді, сым байланысын талап етпейді. Ақпарат тарату үшін радио толқындары, сол сияқты инфрақызыл, оптикалық немесе лазерлік сәулелер қолданылуы мүмкін. Кез келген байланыс буынының спецификациялары, әдетте, қызмет көрсетудің іргелі сипатының өзгеруіне жатады, жоғары биттік, жиілік бірліктерінде, герцтерде көрсетілетін өткізу жолағының кең арнасы, көптеген деректерді бір мезгілде беру үшін үлкен сыйымдылық, жаңа жиілік жолақтарымен үйлеспейтін беру технологиялары. "Сымсыз орта" сөз тіркесі жаңылыстыруға әкелуі мүмкін, себебі желіде сымдардың толық болмауын білдіреді. Шындығында бұл олай емес. Әдетте сымсыз компоненттер желімен өзара әрекеттеседі, бұл тарату ортасы ретінде кабельді қолданады. Мұндай аралас компоненттері бар желі гибридті деп аталады. Сымсыз орта идеясы өте тартымды, себебі оның компоненттері қолданыстағы кәбілдік желіге уақытша қосылуды қамтамасыз етеді, қолданыстағы кабель желісіне резервтік көшіруді ұйымдастыруға көмектеседі, белгілі бір мобильділік деңгейін кепілдендіреді

және желінің максималды ұзындығына шектеу қоюға мүмкіндік береді, мыс немесе тіпті оптоталшықты кабельдерден салыну мүмкін.

Кабельді орнату қиындығы − сымсыз ортаға даусыз артықшылық беретін фактор. Ол келесі жағдайларда әсіресе пайдалы болуы мүмкін: адамдар толтырылған үй − жайларда (мысалы, кіреберісте немесе қабылдау бөлмесінде);

- бір жерде жұмыс істемейтін адамдар үшін (мысалы, дәрігерлер немесе медбикелер үшін);
- оқшауланған үй-жайлар мен ғимараттарда;
- жоспарлауы жиі өзгеретін үй-жайларда;
- кабельді төсеуге болмайтын құрылыстарда (мысалы, тарихи немесе сәулет ескерткіштерінде).

Технологияға байланысты сымсыз желілерді үш түрге бөлуге болады:

- жергілікті есептеу желілері;
- кеңейтілген жергілікті есептеу желілері;
- мобильді желілер (тасымалданатын компьютерлер).

Бұл желі түрлерінің арасындағы негізгі айырмашылықтар - тарату параметрлері. Жергілікті және кеңейтілген жергілікті есептеу желілері желі жұмыс істейтін ұйымға тиесілі таратқыштар мен қабылдағыштарды пайдаланады.

Сымсыз жергілікті желілер төрт деректерді беру жолын пайдаланады:

- инфрақызыл сәулелену;
- лазер;
- тар спектрдегі радиохабар (бір жиілікті тарату);
- шашыраңқы спектрдегі радиохабарлар.

Сымсыз ұялы желілерде тарату ортасы ретінде телефон жүйелері мен қоғамдық қызметтер пайдаланылады:

- пакеттік радио қосылым;
- ұялы желілер;
- спутниктік станциялар.

LTE технологиясы – үшінші буын (3G) ұялы байланыс желілері эволюциясының негізгі бағыты. 2008 жылдың қаңтарында мобильді байланыстың перспективалық стандарттарын әзірлейтін Third Generation Partnership Project (3GPP) халықаралық бірлестігі LTE кең жолақты ұялы байланыс желісінің UMTS стандартынан кейінгі келесі ретінде бекітті.

Халықаралық Электр байланысы одағы төртінші буынның (4G) сымсыз кең жолақты байланысының стандарттары ретінде екі технологияны – LTE-Advanced және WirelessMAN-Advanced (WiMAX стандартына негізделген) таңдады. Критерийлерге сәйкес белгілі бір сарапшылар стандарты сымсыз байланыстың төртінші буын деп есептелуі мүмкін технологиясын қамтамасыз

ететін шекті деректерді беру жылдамдығы 100 Мбит/с және 1 Гбит/с стационарлық пайдалану орнатты. LTE және WiMAX желілері маркетингтік мақсатта жиі 4G-ға жатқызады, жалпы ITU (*Халықаралық электр байланысы одағы*) талаптарына сәйкес келмейді (олардың өткізу қабілеті белгіленген критерийлерден шамамен үш есе төмен). LTE базалық станциядан пайдаланушыға 326,4 Мбит/с дейін (5-10 Мбит/с) және кері бағытта 172,8 Мбит/с дейін деректерді берудің теориялық максималды жылдамдығын қамтамасыз етеді. Салыстыру үшін, екінші ұрпақ желілері (2G) теориялық тұрғыдан 114Кбит/с, GPRS 56 технологиясының көмегімен деректерді берудің ең жоғарғы жылдамдығын қамтамасыз етуге қабілетті, ал EDGE көмегімен 473,6Кбит/с. 4G таңбалауын ұялы байланыс операторлары мен телефон өндірушілер қолданса да, LTE (3GPP Release 8 және Release 9 консорциумы құжаттарының сериясында көрсетілгендей) 3GPP консорциумы жаңа ұялы байланыс буыны үшін қабылдаған техникалық талаптарды, Халықаралық Электр байланысы одағы (IMT Advanced спецификациясында) белгілеген талаптарды қанағаттандырмайды.

1.1.1 Технология ерекшеліктері

LTE базалық станциясының әрекет ету радиусы қуат пен пайдаланылатын жиіліктерге байланысты. Бұл жағдайда ол шамамен 5 км, бірақ қажет болған жағдайда 30 км немесе тіпті 100 км (антеннаны жеткілікті көтеру кезінде) құрауы мүмкін.

LTE қамту аймағында бастау алған қоңырау немесе деректерді беру сеансы 3G (WCDMA), CDMA2000 желісіне немесе GSM/GPRS/EDGE желісіне үзілместен техникалық түрде берілуі мүмкін.

Кез келген байланыс операторының негізгі мақсаты – деректерді беру жылдамдығын арттыру, өйткені қалғандары айтарлықтай дәрежеде осы міндетті шешудің салдары болып табылады. LTE енгізу жылдамдығы 300 Мбит/с дейін төмен түсетін арнада (базалық станциядан пайдаланушыға дейін) және 75 Мбит/с дейін жоғары шығатын арнада деректерді пакеттік беру үшін оңтайландырылған жоғары жылдамдықты ұялы байланыс жүйелерін құру мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Бастапқы іске асыру кезінде деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы арна шығысында 100 Мбит/с-тан астам және пайдаланушыдан кіріс бағытта 50 Мбит/с-тан астам құрауы тиіс. LTE тарату әртүрлі жиіліктік диапазондарда – 1.4 МГц-тен 20 МГц-ке дейін, сондай-ақ әр түрлі бөлу технологиялары бойынша – FDD (жиілік) және TDD (уақытша) сияқты түрлерін ажыратуға болады.

LTE технологиясын енгізу операторларға күрделі және операциялық шығындарды азайтуға, желіні иеленудің жиынтық құнын төмендетуге, қызметтер мен технологиялардың конвергенциясы саласындағы өз мүмкіндіктерін кеңейтуге, деректерді беру қызметтерін көрсетуден түсетін кірістерді арттыруға мүмкіндік береді. Желі MBSFN (Multicast Broadcast

Single Frequency Network) қолдайды, бұл DVB-H қарсы мобильді, теледидар сияқты қызметтерді енгізуге мүмкіндік береді.

LTE желісінің компоненттерінің бірі жоғары жылдамдықты деректерді беруді қамтамасыз ететін IP базасындағы желі болып табылады. LTE-нің негізгі артықшылығы – ол GSM және WCDMA салыстырмалы жеңіл интеграциясы бар қолданыстағы жабдық базасында құрылады, басқаша айтқанда LTE – желі қолданыстағы 2G және 3G абоненттік құрылғыларын қолдайды. LTE базалық станциясының әрекет ету радиусы сәуле шығару қуатына байланысты және теориялық жағынан шектелмейді, ал деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы радиожиілікке және базалық станциядан қашықтыққа байланысты. 1 Гбит/сек жылдамдыққа арналған теориялық шегі – 3,2 км-ден (2600 МГц) 19,7 км-ге (450 МГц) дейін тарайды. 800 МГц диапазонындағы базалық станциялар мұндай жылдамдықты 13,4 км-ге дейінгі қашықтықта қамтамасыз ете алады. 1800 МГц диапазоны – әлемде ең көп қолданылады, ол жоғары сыйымдылықты және салыстырмалы түрде үлкен әсер ету радиусын (6,8 км) біріктіреді. 2015 жылдың қараша айында Халықаралық Электр байланысы одағы Еуропада, Африкада, Таяу Шығыста және Орталық Азияда 694-790 МГц диапазонында LTE желілерін салуды ұсынды. Бұл жиіліктер бірқатар елдерде аналогтық телехабар таратумен айналысады.

LTE қамтамасыз ететін мүмкіндіктер:
– жоғары өткізу қабілеті;
– үлкен сезімталдық;
– ойын қосымшаларын төмен уақыт үнінен қолдау;
– жоғары интерактивтілік;
– деректерді жүктеудің жоғары жылдамдығы;
– IP/IMS бойынша дауысты беру мүмкіндігі;
– жоғары сапалы қызмет көрсету;
– ұтқыр ТВ бейнесінің сапасы жақсы;
– 64QAM модулімен базалық станциядан бастап OFDMA желісінде;
– толық IP желісі;
– Арнаның ені 20 МГц дейін;
– және TDD, және FDD профильдері;
– икемді қатынау желісі;
– антенналар техникасы (SC-FDMA),модуляция 64QAM-ге дейін тиімді.

1.1.2 Артықшылықтары

Базалық станцияларды түсіру. Қазіргі уақытта, мысалы, бір базалық станция 800 және 2600 МГц диапазонында таратқыштарда жұмыс істейтін жағдай жиі кездеседі. Жаңа құрылғылары бар барлық абоненттер 2600-ге отырады. Бұл тоқтап тұрған қуат абоненттерге олардың ашық қосылуына қосымша жол ретінде таратылуы мүмкін.

Мобильді интернетті жеделдету. Абонент үшін жолақтың кеңеюі мен secondary-cell пайда болуын ескере отырып, қосылу жылдамдығы мен оның тұрақтылығы өседі.

Сигналдың енуін арттыру. 800МГц диапазоны 2600МГц диапазонымен салыстырғанда, физикалық жағынан ең жақсы сіңіру қабілеттілігімен ерекшеленеді. Сондықтан енді сіз бұрын GSM 900 сигналын ғана көрген үй-жайдың ішінде LTE 800 желісін ұстау ықтималдығы пайда болады.

Қосылыстың тұрақтылығын арттыру. LTE тарату бірден бөлінетін болады, бұл жүктемені айтарлықтай оңтайландыруға мүмкіндік береді. Өте дөрекі мысал: өз интерфейстері бар екі физикалық ұялы болды, енді олар ортақ интерфейсімен бір виртуалды интерфейске біріктірілді.

Сымсыз технологияларды жіктеуге әртүрлі тәсілдер бар:

1. Арақашықтық узақтығыны бойынша:

1) Жеке сымсыз желілер (WPAN −Wireless Personal Area Networks). Технология мысалдары - Bluetooth.

2) Жергілікті сымсыз желілер (WLAN − Wireless Local Area Networks). Технология мысалдары - Wi-Fi.

3) Қала ауқымындағы сымсыз желілер (WMAN − Wireless Metropolitan Area Networks). Технология мысалдары - WiMAX.

4) Жаһандық сымсыз желілер (WWAN − Wireless Wide Area Network). Технология мысалдары - CSD, GPRS, EDGE, EV-DO, HSPA, UMTS, LTE, LTE Advanced.

2. Топология бойынша:

1) "Нүкте-нүкте".

2) "Нүкте көп-нүкте".

3. Қолдану саласы бойынша:

1) Корпоративтік (ведомстволық) сымсыз желілер - компаниялар өз мұқтаждары үшін құрылған.

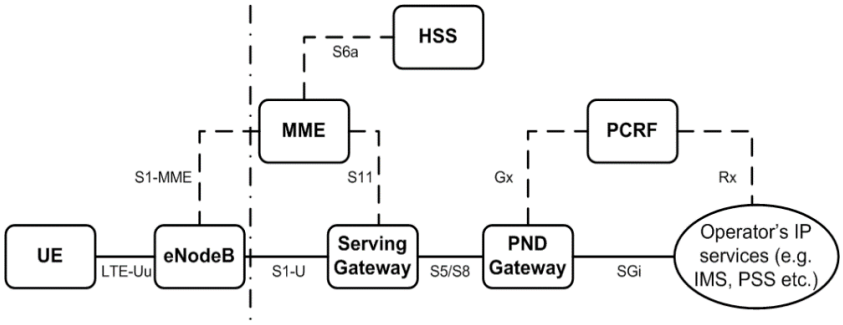
2) Операторлық сымсыз желілер – байланыс операторларымен құрылған, кері немесе өзара байланыста болу үшін.

1.1 кесте– Байланыс түрлеріне сипаттама

Сипаттамасы	Сымды	Сымсыз
Беру ортасы	Кабель (мыс, оптикалық)	Қоршаған кеңістік
Абоненттердің мобильділігі	Қамтамасыз етілмейді	Қамтамасыз етілуі мүмкін

1.1.3 LTE желісінің архитектурасы

LTE алғашында дестелер коммутациясы жүйесі ретінде әзірленген және оның мақсаты абоненттік станциялар (User Equipment, UE) мен деректерді тарату желісі (Packet Data Network, PDN) арасында IP қосылыстарын орнату мүмкіндігін ұсыну болып табылады. LTE терминімен байланыс технологиясы түсіндіріледі, EPC (Evolved Packet Core) терминімен оператордың тірек желісі түсіндіріледі. LTE және EPC бірге EPS (Evolved Packet System) құрайды. EPS EPS ағындары (EPS bearers) концепциясын пайдаланады (gateway, GW) және PND UE арасында IP пакеттерін жеткізуді қамтамасыз етеді. Әрбір ағын-қызмет көрсету сапасының белгілі бір параметрлерімен (Quality of Service, QoS) GW және UE арасындағы учаскеде IP пакеттерінің ағыны. Бір пайдаланушы үшін әртүрлі QoS (мысалы, VoIP және FTP ағындары) немесе әртүрлі PDN қосылыстарын ұсыну үшін бірнеше EPS ағындары жасалуы мүмкін.



1.1 сурет – LTE желісінің архитектурасы

Мобильділік желі функциясы ретінде оның екі түрімен қамтамасыз етіледі дискретті мобильділік (роуминг) және үздіксіз мобильділік (хэндовер). LTE желілері барлық қолданыстағы желілермен роуминг және хэндовер процедураларын қолдауы тиіс болғандықтан, LTE абоненттерінің (терминалдардың) сымсыз кеңжолақты қатынау қызметтерін жаппай қамту қамтамасыз етілуі тиіс.

Желінің негізгі элементтері:
PDN Gateway (P-GW);
Serving Gateway (S-GW);
Mobility Management Entity (MME);

MME *(Mobility Management Entity)* – MME UE және Core Network (CN) арасында барлық сигналдық трафик өтетін бақылау торабы болып табылады. UE және CN арасындағы бақылау трафигін тарату үшін пайдаланылатын хаттамалар NAS (Non-Access Stratum) ретінде белгілі. MME орындайтын функциялар келесі екі жиынға бөлінеді:

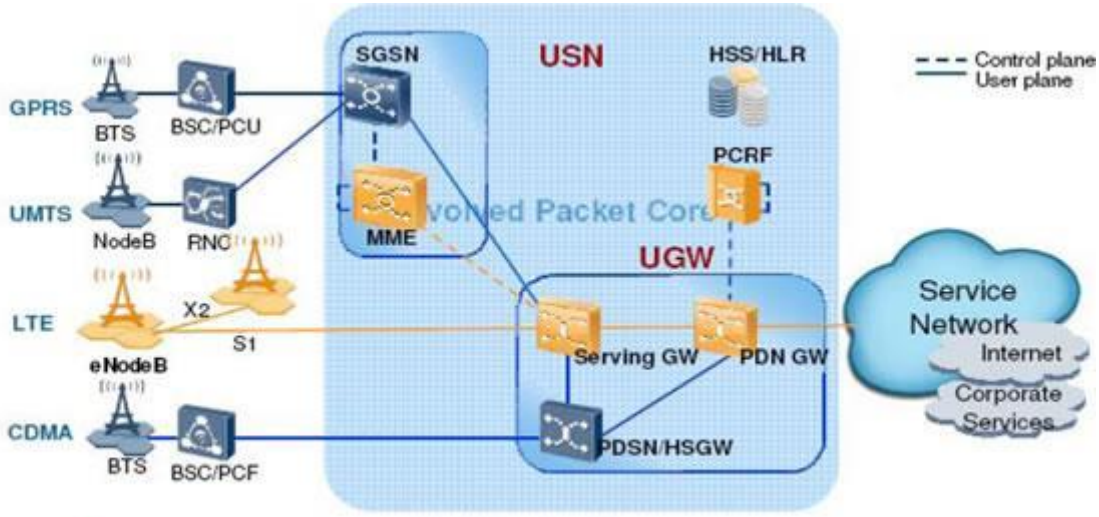
Ағындарды басқару (Bearer Management) – Бұл функцияға NAS протоколының сессияларын басқару деңгейі (session management layer)

жатады, оның шеңберінде ағындарды құру, қолдау және жою жүзеге асырылады.

Байланыс басқару (Connection Management) – осы функционалдылық шеңберінде абоненттерді желіге қосу және UE мен желі арасында шифрлау және кодтау ережелерін жасау болып табылады. Бұл әрекеттер nas протоколының қосылу немесе мобильді басқару деңгейінде орындалады.

S-GW *(Serving Gateway)* – UE-ге жататын барлық IP пакеттері S-GW арқылы беріледі, ол UE әртүрлі базалық станциялар (eNodeB) арасында жылжиды. Сонымен қатар, S-GW UE бос режимде (idle mode) болған кезде UE ағындары туралы барлық ақпаратты сақтайды. Сондай-ақ, S-GW UE-ге жіберілген деректерді уақытша жинайды, MME UE-ге деректерді жіберу үшін ағындарды жасау үшін (радио арнада) UE пейджинг (paging) рәсімін іске қосады. Аталған функциялардан басқа, S-GW визиткалық желіде кейбір әкімшілік функцияларды жүзеге асырады. Мысалы, шот бойынша есептен шығаруды жүзеге асыру үшін ақпарат жинау.

(PDN Gateway) – P-GW функциялары UE үшін IP мекенжайын бөлу, QoS параметрлерін сақтау және PCRF (Policy Control and Charging Rules Function) алынған ережелер жиынтығы негізінде шот бойынша есептен шығаруды жүзеге асыру болып табылады. Сонымен қатар, P-GW түрлі клиенттік ағындарға түсетін IP пакеттерін QoS параметрлерінің нақты жиынтығы бар сүзгілеуді жүзеге асырады, бұл ретте TFT (Traffic Flow Templates) қолданылады.



Source: 3GPP.org

1.2 сурет – LTE желісінің схемасы

Алғашқы ғылыми жұмыстардың мақсаты желі құрылымын жетілдіру бағытында UMTS жүйесінің эволюциялық дамуы негізінде LTE (*LONG TERM EVOLUTION*) жүйесін құру, деректерді беру жылдамдығын арттыру, күту уақытын азайту және радиоинтерфейсте деректер пакеттерін таратуды оңтайландыру үшін радиоқатынау технологиясының эволюциясын қамтамасыз ету болды. 3GPP Long Term Evolution (*LTE*) – бұл GSM/EDGE

және UMTS/HSxPA желілік технологияларын жасайтын ұялы желі технологияларының ағашында жаңа стандарт. Бұл серіктестік шеңберінде ассоциациялардың бірінің сауда белгісімен еуропалық телекоммуникациялық стандарттар институты (*European Telecommunications Standards Institute*) жұмыс істейтін 3-ші буын серіктестік (*3GPP*) жобасы.

Ұзақ мерзімді эволюция (*LTE*) – бұл 3G ұялы қызметтерінен (мысалы, GSM UMTS, HSPA LTE немесе CDMA LTE-ге) жылжудың соңғы қадамы. LTE 3-ші буын (*3GPP*) серіктестік жобасымен әзірленген стандарттарға негізделген. Сонымен қатар, LTE-де UMTS (*E-UTRA*) жер үсті радиоқатынау желісі және UMTS *(E-UTRAN)* жер үсті радиоқатынау желісі эволюцияланған деп ресми атауға болады. 3GPP GSM/UMTS отбасы үшін стандарттарды құрғанына қарамастан, LTE стандарттары мағынасы болған жағдайларды қоспағанда, мүлдем жаңа болып табылады. Төменде LTE үшін негізгі міндеттер берілген:

1) Кіріс және шығыс байланыс желілері бойынша деректерді берудің ең жоғары жылдамдықтарын арттыру.
2) Масштабталатын өткізу қабілеті
3) Жақсартылған спектралдық тиімділігі
4) Барлық IP желісі пайдаланушылардың көптеген түрлерін қолдайтын стандартты интерфейс.

LTE желілері өте жоғары жылдамдықпен (LAN) тіркелген сымсыз жергілікті желілер мен өте жоғары ұтқыр ұялы желілер арасындағы деректер алмасудағы функционалдық алшақтықты жеңуге арналған.

LTE үшін негізгі қозғаушы факторлар:
А) Спектрді тиімді пайдалану.
Ә) Спектрдің икемді таралуы.
Б) Оператор үшін құнның төмендеуі.
В) Жақсартылған өткізу қабілеті және жүйені қамту.
Г) Аздаған кідірісі бар деректерді берудің жоғары жылдамдығы.

Көптеген сымсыз технологиялар бар, ең жиі белгілі маркетингтік атаулар, мысалы, Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth. Әрбір технология белгілі бір сипаттамаларға ие, ол оны қолдану саласымен анықталады. Сымсыз технологияларды жіктеуге әртүрлі тәсілдер бар.

Ақпарат LTE радиосының интерфейсі арқылы тасымалдануы үшін әртүрлі "арналар" қолданылады. Олар әртүрлі деректер түрлерін бөліп алу үшін және оларға қатынау желісі арқылы тиімді тасымалдауға мүмкіндік береді. LTE протоколының шеңберінде бірнеше арналарды қолдануы жоғары деңгейдегі интерфейсті қамтамасыз етеді және белгілі бір сегрегациялауды қамтиды. Бүгінгі LTE операторлық жабдықтарының негізгі өндірушілері − Ericsson, Alcatel-Lucent, Nokia Siemens Networks, Fujitsu, Huawei Technologies, Motorola, Panasonic, Starent, ZTE. Жапонияда ең алғашында LTE желісі

800МГц диапазонында жұмысын атқарады, 1,5 және 2,1ГГц, ал Еуропада - 2,5-2,7ГГц, АҚШ-та - 700 МГц.

LTE желілеріндегі қауіпсіздік жүйесінің архитектурасы − LTE стандартының ұялы желісінің құрылымы, 3GPP TS 33.401 техникалық ерекшеліктерінде сипатталатын және 3GPP TS 33.402, желі тораптары арасындағы қауіпсіз байланысты қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін әдістер жиынтығын қамтитын, пайдаланушы мәліметтерінің құпиялылығы және тұтастығы. Бұл архитектура 2008 жылы 3GPP консорциумымен ұсынылған. Қазіргі уақыттағы нұсқасы - Realease 11.

LTE желісінің архитектурасы − "тегіс" ("жіксіз", seamless) мобильді пакеттік трафикті қолдауды, пакеттерді жеткізудің ең аз кідірістерімен және қызмет көрсету сапасының жоғары көрсеткіштерімен қамтамасыз ету үшін әзірленген. Мобильділік желі функциясы ретінде, оның екі түрімен қамтамасыз етіледі: дискретті мобилділік (роуминг) және үздіксіз мобильді (хэндовер). LTE желілері барлық қолданыстағы желілермен роуминг және хэндовер процедураларын қолдауы керек болғасын, LTE абоненттер (терминалдар) үшін сымсыз кеңжолақты қатынау қызметтерін жаппай қамту қамтамасыз етілуі тиіс.

Үшінші буын желілерінің көпшілігіндегідей, LTE желісін құру қағидаттарының негізіне екі аспектіні бөлуге болады: жеке желілік блоктарды физикалық іске асыру және олардың арасындағы функционалдық байланыстарды қалыптастыру. Бұл ретте физикалық іске асыру міндеттері, облыс концепциясынан (domain) сүіне отырып, ал функционалдық байланыстар қабат шеңберінде қарастырылады (stratum). Пайдаланушы жазықтығында хаттамалар іске асырылған, радиоарна бойынша пайдаланушылық деректерді беруді қамтамасыз ету. Сондай-ақ, бұл жазықтыққа әртүрлі қызметтерді ұсынуға қатысты хабарламаларды транспарентті (мөлдір) беруге арналған хаттамалар жатады.

Радиоқатынау желісі аймағы логикалық түрде екі деңгейге бөлінген: радио желісінің деңгейі (*RNL, Radio Network Layer*) және көлік желісінің деңгейі (*TNL, Transport Network Layer*). Байланыс желісінің аумағына кіретін БС радиоқатынау желісінің өзара әрекеттесуі X2-интерфейс негізінде жүзеге асырылады.

1.2 SAE базалық желісінің архитектурасы

SAE (*ағылш. System Architecture Evolution* − жүйелік архитектураның эволюциясы) бұл желі ядросының архитектурасы, LTE сымсыз байланыс стандарты үшін 3GPP консорциумымен әзірлеген. SAE GPRS желісінің эволюциялық жалғасы болғанымен, кейбір айырмашылықтары бар:

1) қарапайым архитектура − SAE архитектурасы, пайдалану және күрделі шығындарды төмендетеді. Жаңа, жазық модель, түйіндердің өткізу қабілетін тек екі түрге (базалық станциялар мен шлюздер), олар айтарлықтай өсу жағдайында трафик жеңе алу үшін.

2) толық IP-де салынған (*All IP Network −AIPN*) −3G-дің алғашқы тұжырымдамалары әлі де арналар коммутациясы жүйесі бойынша дауыс бере алу үшін әзірленген.

3) Желіде үлкен өткізу қабілетін қамтамасыз етеді (*radio access network - RAN*) төмен түсетін арна (*Down Link*) 100Мбит/с жоғары жылдамдықпен болады деп болжануда, және жүйенің негізгі назары өткізу жолағының ұтқырлығында шоғырланатын болады, желіден тек көп деректер деңгейлерін қолдауын қажет етеді.

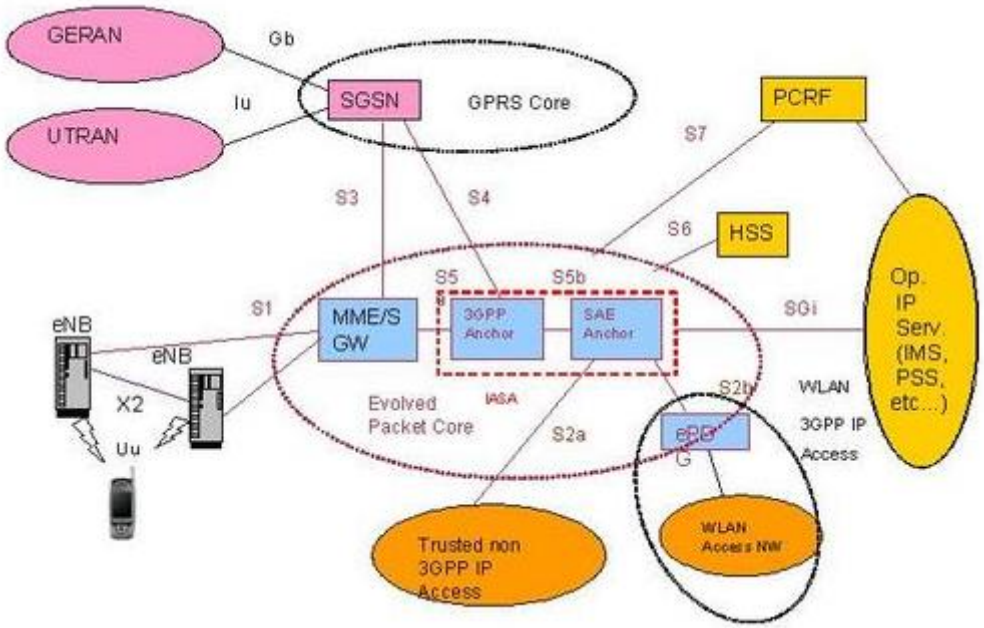
4) RAN аз кідіруін қамтамасыз етеді−талап етілетін өзара іс-қимыл деңгейлерін арттырумен SAE тұжырымдамасы 10мс ауданында кідіріс деңгейін қамтамасыз етеді.

5) Бірнеше гетерогенді RAN арасындағы ұтқырлықты қолдайды, GPRS типті жүйелерді және 3GPP жүйелері (мысалы, *WiMAX*)

SAE базалық желісінің архитектурасы деректерді берудің неғұрлым жоғары жылдамдықтарын алу, төмен кідірістерді қамтамасыз ету, сондай-ақ әртүрлі радиоқатынау технологиялары негізінде деректерді беруді оңтайландыру бағытында 3G желілерінің одан әрі дамуын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. UMTS жүйесінің базалық желісінен SAE базалық желісінің негізгі айырмашылығы барынша жеңілдетілген құрылым және желілік хаттамалардың қайталанатын функцияларының болмауы болып табылады.

Архитектуралық базалық желі – SAE білдіреді. SQL-дің ең көп саны: SQL-сымды IP-технологиялар (мысалы, *ADSL+, FTTH* желілері және т. б.) Осы архитектураға сәйкес UMTS желісінің SGSN торабын басқару жазықтығының протоколдары MME ұтқыр басқару элементінің функциялары болып табылады. SGSN және GGSN тораптарын пайдаланушы жазықтығының протоколдарының функциялары PPE модулімен және SAE желісінің 3GPP Anchor шлюздік торабымен іске асырылады. Бұл желі 2G/3G желілерін LTE желісіне қосуға арналған. SAE құрамына 3GPP (*GSM/UMTS*) және 3GPP (*Wi-Fi* және *WiMAX*) стандарттарын SAE желісіне қосу үшін қызмет ететін SAE Anchor байланыстырудың шлюздік торабы кіреді. 3GPP Anchor және SAE Anchor байланыстыру тораптары сыртқы IP-желілерді қосу үшін iasa (Inter Access System Anchor) бірыңғай байланыс торабын құрайды. SAE архитектурасының негізгі компоненті − Evolved Packet Core (*EPC*). EPC − GPRS желісінің баламасы болып табылады.

SAE базалық желісінің архитектурасы LTE жүйесінің PS-домені, ол дауыс ретінде де сонымен қатар, пакеттік коммутация технологиялары негізінде IP-қызметтердің барлық жиынтығын да ұсынады. SAE базалық желісінің негізіне «барлығы IP арқылы» ғана емес ол екінші және үшінші ұрпақтың радиоқатынау желілері арқылы жүзеге асырылуы мүмкін (*UTRAN/GERAN*), 3GPP *(WiMAX, Wi-Fi*) желілері арқылы, сонымен қатар сымды IP-технологияларды (*ADSL+, FTTH*) пайдаланады.



1.3 сурет – SAE базалық желісінің архитектурасы

SAE Anchor және 3GPP Anchor тораптарынан тұратын MME/UPE, IASA логикалық желілік элементтерінің жиынтығы базалық пакеттік желіні (*Evolved Packet Core – EPC*) құрайды. Бұл логикалық элементтер негізінен LTE желісінің стандарттарын әзірлеудің бастапқы сатысында қарастырылды. EPC архитектурасын практикалық іске асыруға бағытталған неғұрлым егжей-тегжейлі зерттеулер жаңа Желілік элементтерді анықтады: S-GW шлюзіне (*Serving GW*) және P-GW (*PDN GW*) пакеттік желілерімен өзара әрекеттесу шлюзіне, сондай-ақ UPE элементінен бөлек жұмыс істейтін MME логикалық элементі. S-GW және P-GW шлюздері физикалық түрде AGW (*Access GW*) бір желілік элементінің құрамында іске асырылуы мүмкін.

S-GW – LTE желісінің қызмет көрсету шлюзі. Базалық станциялардың кіші жүйесінен/жүйеге түсетін пакеттік деректерді өңдеуге және бағыттауға арналған. Шын мәнінде, алмастырады, MSC, MGW және SGSN UMTS желісін. SGW сол оператордың екінші және үшінші буындарының желілерімен тікелей байланысы бар, ол байланыс арнасының нашарлау, жүктелу және т. б. себептері бойынша олардың/соның ішінде қосылуын жеңілдетеді.

Public Data Network (PDN) SAE Gateway немесе жай ғана PDN Gateway (P-GW) – шлюзі желілерінен басқа операторлар. Егер ақпарат (дауыс, деректер) осы оператордың желісінен берілетін болса, онда олар P-GW арқылы маршрутталады.

Home Subscriber Server (HSS) – абоненттік деректер сервері. HSS - бір құрылғыда жасалған VLR, HLR, AUC бірлестігі.

Policy and Charging Rules Function – (PCRF) - көрсетілген байланыс қызметтері үшін абоненттерге шот ұсыну торабы.

1.2 кесте – SAE базалық желісінің функционалдық мүмкіндіктері

Интерфейс	Интерфейс сипаттамасы
S1	E-UTRAN радиоқатынау желісіне қатынауды ұсынатын Интерфейс. MME және UPE элементтерін бөлек және аралас аппараттық өткізуге мүмкіндік береді.
S2	IASA торабы мен Не-3GPP стандартының тіркелген IP-желілері арасындағы Интерфейс. Пайдаланушының жазықтығы хаттамаларының деректерін беруді және басқару мен мобильділік функцияларын қолдауды қамтамасыз етеді. S2a, S2b және S2c интерфейстерін қамтиды.
S3	MME/UPE элементтері мен SGSN торабы арасындағы Интерфейс. E-UTRAN және UTRAN желілеріндегі абоненттік терминалдардың желіаралық хэндоверін басқаруды қамтамасыз етеді.
S4	3GPP Anchor және sgsn торабы арасындағы Интерфейс. Пайдаланушы жазықтығының деректерін беруді және басқару мен мобильділік функцияларын қолдауды қамтамасыз етеді. UMTS желісінің SGSN және GGSN тораптары арасындағы Gn интерфейсіне негізделген.
S5a	MME/UPE элементі мен 3GPP Anchor түйіні арасындағы Интерфейс. Пайдаланушының жазықтығы хаттамаларының деректерін беруді және басқару мен мобильділік функцияларын қолдауды қамтамасыз етеді.
S5b	3GPP Anchor және SAE Anchor тораптарының арасындағы Интерфейс. Пайдаланушының жазықтығы хаттамаларының деректерін беруді және басқару мен мобильділік функцияларын қолдауды қамтамасыз етеді.
S6	Пайдаланушыларды аутентификациялау және авторландыру үшін пайдаланушылардың үй дерекқорына (HSS) қатынауды қамтамасыз ететін Интерфейс (AAA интерфейсі)
S7	Желі саясаты және тарифтеу негізінде QoS берілген параметрлерімен қосылыстарды орнатуды басқаруды қамтамасыз ететін Интерфейс (Policy and Charging Rules Function - PCRF)
SGi	IASA түйіні мен пакеттік деректерді беретін сыртқы желілер арасындағы Интерфейс. Бұл желілер әртүрлі операторларға да, бір ұялы байланыс операторына да, мысалы, IMS кіші жүйесінің қызметтерін ұсыну үшін тиесілі болуы мүмкін. Бұл интерфейс GGSN тораптары мен сыртқы IP желілері арасындағы Gi интерфейсіне негізделген.

SAE базалық желісінің функционалдық мүмкіндіктерінің тізімінде бірнеше негізгі функцияларды бөлуге болады.

Желіге қатынауды басқару функциясы (*Network Access Control*). Оның көмегімен абоненттік терминал SAE базалық желісіне қосылады. Оның шегінде бірқатар функциялар орындалады:

– қатынау желісін таңдау функциясы абоненттік терминалға ұялы байланыс желісін немесе абоненттік терминалдың сервистік платформалармен (қосымшалар серверлерімен) IP-қосылуы жүзеге асырылатын қатынау желісін таңдауға мүмкіндік береді.);

– аутентификация және авторландыру функциясы абоненттің шынайылығын тексеруге, абонентке Желілік қызметтердің қол жетімділігін оның бейініне сәйкес анықтауға және Абоненттің мобильді терминалын авторизациялауды орындауға, мысалы, IP-адресті тағайындауға, желілік ресурстарды бөлуге және деректерді берудің желілік қызметін (виртуалды желілік арна – *EPS Bearer*) іске қосуға мүмкіндік береді.);

– сұрау салынған желі ресурстарының қолжетімділігін анықтау және одан әрі пайдалану мақсатында келіп түскен сұрау, сәйкес осы ресурстарды резервтеу үшін қол жеткізуді бақылау функциясы;

– желілік саясатты және тарифтеу ережелерін (*PCEF*) қолдану функциясы биллингтік жүйенің PCRF функциясынан алынған ережелерге сәйкес талап етілетін қызмет сапасына және тарификацияға сәйкес абонентке қызмет көрсетуді басқаруды қамтамасыз етеді;

– абоненттердің хабарламаларын заңды ұстап қалу қызметі өкілетті мемлекеттік ұйымдарға жеке ақпаратқа (мысалы, деректер, SMS, MMS хабарламалары мен электрондық пошта хабарламаларына) қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Деректер пакеттерін маршруттау және тасымалдау функциясы (*Packet Routing and Transfer*). Оның көмегімен бір ұялы байланыс желісі ішінде, сондай-ақ бірнеше желілер арасында деректер пакеттерін тасымалдау және тасымалдау маршрутын анықтау жүзеге асырылады. Деректер пакеттерін тасымалдау маршруты, маршруттау кестелері негізінде белгіленеді және желілік тораптардың тізбесін білдіреді: Шығыс түйін, аралық түйіндер және тағайындау торабы. SAE желісі IP-желілер деректерін маршруттау мен тасымалдаудың стандартты механизмдерін қолданады. Оның шегінде бірқатар функциялар орындалады:

– ақпарат пакеттерін тексеру (сканерлеу) функциясы желі ұялы терминалмен қолданылатын IP-мекенжай түрін: IPv4 типті адрестерді немесе IPv6 мекенжайының префиксі бар IPv4 типті адрестерді немесе IPv6 типті адрестерді тексеруге мүмкіндік береді.

– IP-тақырыпты қысудың арнайы механизмдерін қолдану арқылы берілетін қызметтік деректер көлемін азайту есебінен радиоқатынау желісінің өткізу қабілеті мен ресурстарын пайдалануды оңтайландыруға арналған.

Өткізу қабілетін арттыруға және жауап беру уақытын азайтуға қойылатын талаптарды сақтау үшін, all-IP желісіне өту үшін, желі құрылымына жаңа көзқарасты пайдалану қажет.

Бұған дейін 3G радиоқатынау желісі Node B (базалық станциялар) және радио желісінің контроллерлерінен (*Radio Network Controllers - RNC*) құрылған. Бірнеше Node B радиоресурстарды басқару бойынша негізгі жүктемені алатын RNC-ке "жұлдыз" принципі бойынша қосылды. Өз кезегінде, RNC желі ядросына қосылған және ол арқылы өзара қосылған.

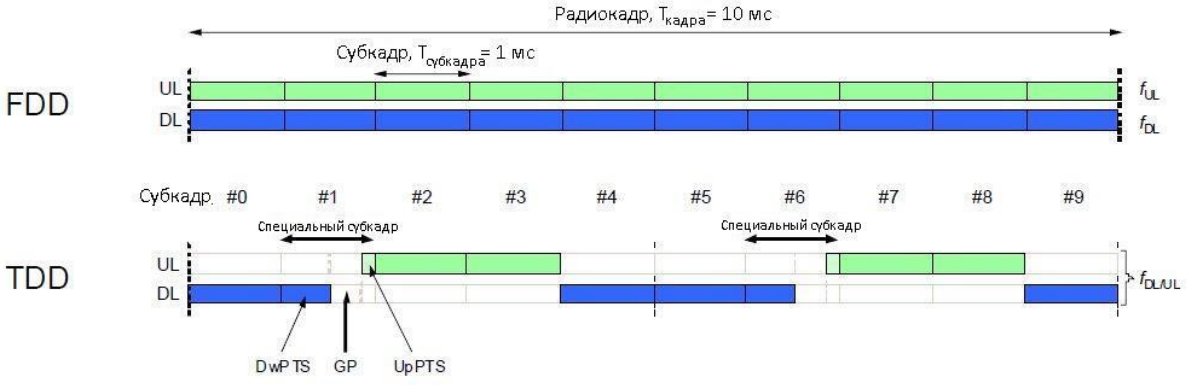
LTE аясында қажетті функционалдылықты қамтамасыз ету үшін SAE құрылымында басқару қабаты ядродан периферияға қарай жылжиды. RNC басқару тораптары жойылады және радиожиілік ресурсын басқару базалық станцияларға беріледі. Базалық станциялардың жаңа түрі eNodeB немесе eNB деп аталды.

1.3 Арналық ресурс және оның сипаттамалары

LTE стандартында ақпараттық ресурсты қалыптастыру кезінде екі әдіс қолданылады. Бірінші әдіс − "Downlink" арналары үшін стандартты OFDM сигналын қалыптастыру (базалық станциядан абоненттік терминалға дейін). Екінші "Uplink" арналары үшін SC-FDMA модуляциясын пайдаланады (абоненттік терминалдан базалық станцияға дейін). LTE-де әрбір қосалқы тасымалдаушы арасында Δf=15 кГц стандартты қадам қабылданды. Мұндай параметрлер 66,7мкс берілетін символдардың ұзақтығына сәйкес келеді. Яғни, әрбір модульдік символ барлық OFDM символ кезеңі ішінде 15кГц жолағын алады (ресурстық элемент). Барлық арналық ресурс ресурстық блоктарға бөлінеді (*РБ, Resource Block, RB*). Бір блок жанында орналасқан 12 қосалқы тасымалдаушылардан тұрады. 180кГц және бір уақытша слотты алып жатқан (7 немесе 6 OFDM −0,5мс интервалындағы) символдардан құралған. Әрбір OFDM символы ресурстық элементті (РЭ) ұсынады, оның параметрлерінің 2 мәні: {k,l}; "Төмен" желісі бойынша (базалық станциядан абоненттік станцияға дейін) беру кезінде әрбір блокта 12×7=84 ресурстық элемент бар, ішіндегі кейбірі тірек таңбаларды жіберу үшін қолданылады. Бөлінетін арна ресурсы ресурстық блоктардың немесе ресурстық блоктардың топтарының санымен анықталады.

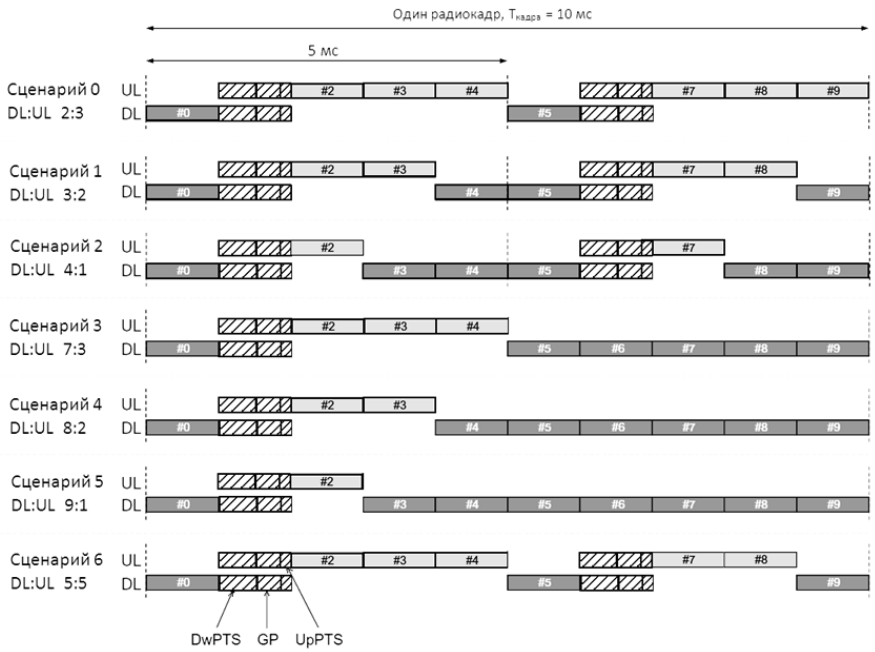
Физикалық деңгейде (радиоинтерфейсте) E-UTRAN 4 - ФМ, 16 - КАМ және 64 - КАМ модуляциясымен OFDM технологиясын қолданады. Бұл ретте 20 МГц жұмыс жолағында әкелетін жиіліктер саны 1200 құрайды.

E-UTRAN мен UTRAN өзара синхрондау үшін $T_s = 1/(15000 \times 2048)$с. уақытша бірлігінің ұзақтығымен тактиканы қолданады. Радиоарна бойынша тарату ұзындығы 10 мс, 307200 T_s құрайды. Кадр ұзындығы $T_s \times 15360 = 0{,}5$мс. 20 уақытша слоттан тұрады, 0-ден 19-ға дейін нөмірленген. Екі тізбекті слотты 1 субкадр – тек 10 субкадр, 0-ден 9-ға дейін күріш құрайды. 2 кадр құрылымы ажыратылады: жиілік дуплексімен (FDD) жұмыс істеу кезінде 1 типті кадрлар және уақыт дуплексімен (TDD) жұмыс істеу кезінде 2 типті кадрлар.



1.4 сурет – Жиілік және уақытша дуплекс кезінде кадр конфигурациясы

Әр түрлі жиіліктік жолақтарда бір уақытта жоғары (*UL*) және төмен (*DL*) өткізу жүреді. Уақытша дуплекс кейбір субкадр жүргізілуде төмен өткізу (*D*), басқа да жоғары (*U*). Сонымен қатар, үш өрістен тұратын арнайы (өтпелі) субкадрлер (*S*) бар: DwPTS – төмен беру өрісі, UpTS – Жоғары беру өрісі және қорғаныс интервалы (*GP*). LTE желілерінде уақытша дуплекс кезінде спецификацияға сәйкес кадрлардың 7 конфигурациясы мүмкін.



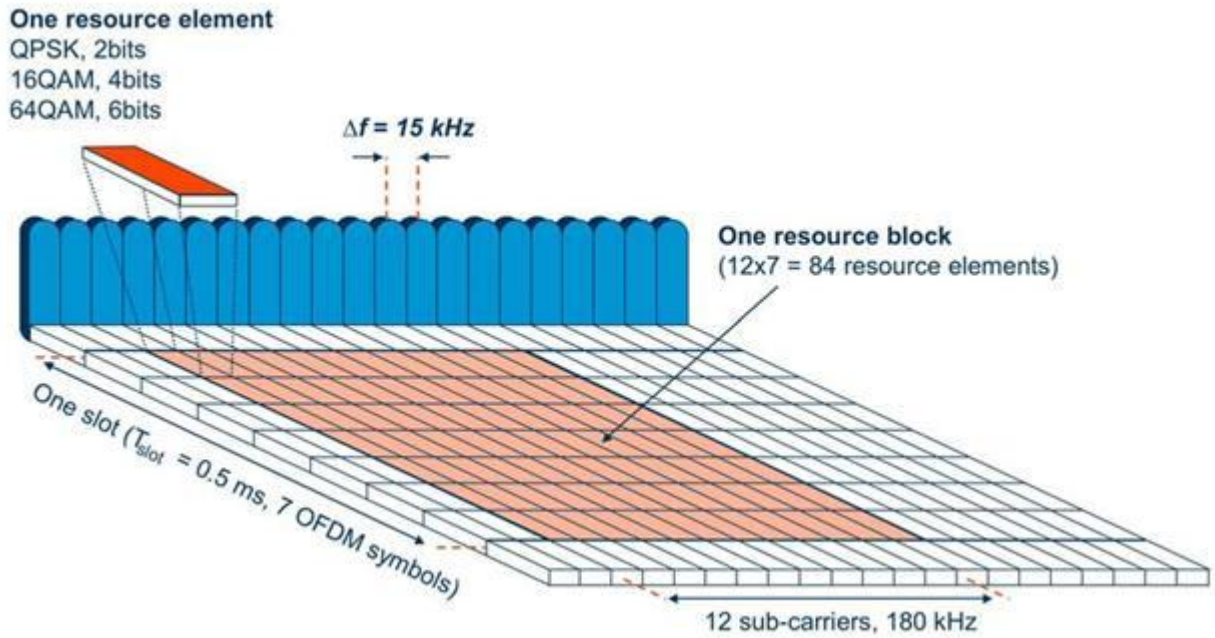
1.5 сурет – Уақытша дуплекс кезінде кадр конфигурациясы

Арадағы ΔF = 15 кГц ара қашықтығы кезінд, ұзындығы OFDM - 1/ΔF ≈ 66,7мкс құрайды. Субкадрдың әр жартысында (ұзындығы 0,5мс слотта) 6 немесе 7 OFDM - символын береді, циклдік префикстің ұзақтығына байланысты. Cyclic prefix – символдар арасындағы белсенді үзіліс. T_{CP} циклдік префикстің ұзақтығы $160T_s$≈5,2мкс және $144T_s$≈4,7мкс қалған символдар алдын құрайды. $512T_s$≈16,7мкс ұзақтығымен кеңейтілген CP

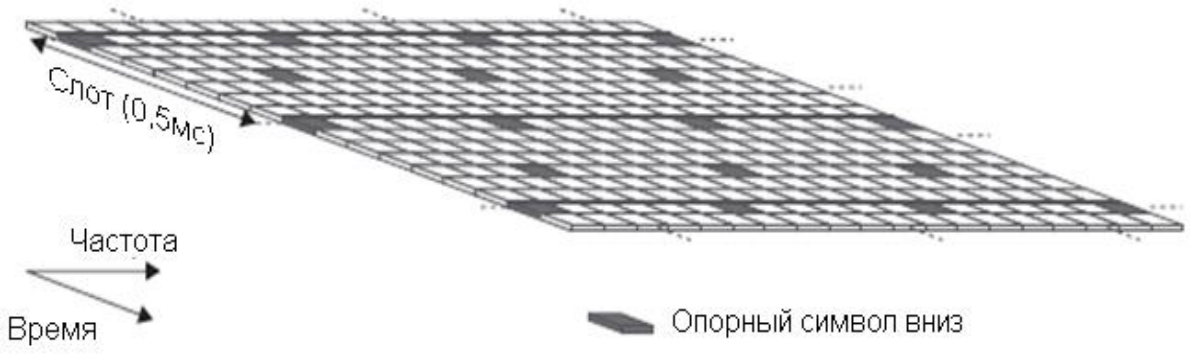
қолдану нұсқасы мүмкін. Бұл жағдайда бір субкадрде 6-OFDM таңбаларын орналастырады.

Барлық арналық ресурс ресурстық блоктарға (*РБ*) бөлінеді. Ресурстық блок жанында орналасқан 12 слоттан тұрады, 180 кГц және бір уақытша слотты қамтиды (7 немесе 6 OFDM - 0,5мс интервалындағы символдар). Әрбір OFDM-символ-ресурстық элемент (*РЭ*). оны {k,l} 2 параметрі сипаттайды, мұнда k - слоттың нөмірін, ал l – ресурстық блоктағы символ нөмірін анықтайды. eNB-дан UE-ге төмен өткізу кезінде әрбір блокта 12×7=84(*РЭ*) ресурстық элементтердің бір бөлігі тірек таңбаларды беру үшін қолданылады (reference). Бөлінетін арна ресурсы, ресурстық блоктардың немесе ресурстық блоктардың топтарының санымен анықталады.

Деректер берудің нақты жылдамдығы тірек символдары мен басқару арналарының берілуіне байланысты азаяды. Негізгі таңбалар (*CRS – Cell specific Reference Signals*) когерентті демодуляцияны және арналарды бағалауды ұйымдастыру үшін қолданылады. Әрбір антеннаның бірнеше таратқыш антенналары жұмыс кезінде тірек символдарын жіберу үшін РЭ анықталған. ENB 4 антеннамен жұмыс істеген кезде CRS ресурстық блогында орналасуы төменде көрсетілген. LTE-де таратушы антенналарға логикалық антенналық порттардың нөмірлері беріледі. R_0 белгіленген таңбалар порт 0, R_1 – порт 1, R_2 – порт 2, R_3 – порт 3. Тірек нышандардың берілуіне байланысты ресурстық блоктың өткізу қабілетінің төмендеуі (пайызбен) келтірілген.



1.6 сурет – Ресурстық блок



1.7 сурет – Төмен өткізу кезіндегі ресурстық блоктың құрылымы

Тарату жылдамдығы қысқаратының ескеру қажет, өйткені ресурстың бір бөлігін тірек символдар мен басқару арналары алады. Негізгі символдар когерентті демодуляция және арналарды бағалау үшін қолданылады. Базалық станцияда "төмен" желісі бойынша тарату кезінде 4 антеннаға дейін жұмыс істеуі мүмкін. Бұл ретте әрбір антеннаға тірек таңбаларын беру үшін тіркелген ресурстық элементтер бөлінген.

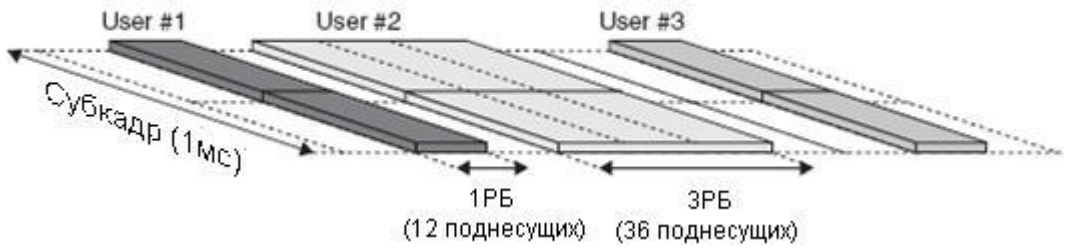
E-UTRA-да өрістетілетін желілер үшін 6 жиілік жолағы бар.

1.3 кесте – Арналық ресуртың бөлінуі

Жиілік жолағы (МГц)	1,4	3	5	10	15	20
Ресурстық блоктар саны	6	15	25	50	75	100
Қабылдағыштағы жолақ (МГц)	1,08	2,7	4,5	9	13,5	18

Жоғары жіберу кезінде модификацияланған OFDM технологиясы қолданады, ал іс жүзінде бір тасымалдаушыға кең жолақты сигнал беруді ұйымдастырады. Бұл әдістің мақсаты берілетін сигналдың пик-факторын азайту болып табылады, өйткені жоғары пик-фактор OFDM технологиясының маңызды кемшілігі болып табылады. Осы мақсатта OFDM сигналын қалыптастырғанға дейін берілетін сигнал Фурье (БПФ) тура жылдам (дискретті) түрлендіруді жүзеге асырады, одан кейін OFDM-ге өтеді. Мұндай технология БПФ-OFDM немесе SC-FDMA (*Single Carrier-Frequency Division Multiple Access*) атауын алды.

LTE желісі бойынша жоғары өткізу радиоинтерфейс (*Uplink*): *SC-FDMA* "Жоғары" желісі бойынша арналық ресурс, ресурстық блоктармен де бөлінеді (12 жалпы жолақ 180 кГц слотта) және ұзақтығы 1мс, 7 немесе 6 субкадрмен OFDM символдары әрбір слотта болады.



1.8 сурет – Жоғары өткізу кезіндегі ресурстық блоктың құрылымы

"Жоғарыға" жіберу кезінде өзгертілген OFDM технологиясын қолданады, ал іс жүзінде бір тасымалдаушыға кеңжолақты сигнал беруді жүргізеді. Бұл әдістің міндеті берілетін сигналдың пик-факторын азайту болып табылады, себебі үлкен пик-фактор - бұл OFDM технологиясына үлкен кемшілік. Осыған байланысты OFDM сигналын қалыптастырғанға дейін берілетін тура сигналдың Фурье жылдам (дискретті) түрлендіруін жүргізеді (БПФ), содан кейін OFDM-ға өтеді. Бұл технология БПФ-OFDM немесе SC-FDMA *(Single Carrier-Frequency Division Multiple Access*) деп аталады.

Басты мәселе доплерлік қозғалыстар немесе абоненттік станциялар генераторларының тұрақсыздығынан туындайды.

1.4 Желінің қамту аймағын есептеу

Сымсыз байланыс желісі үшін, қамту аймағы оның негізгі сипаттамасы болып табылады, абоненттердің осы желінің барлық мүмкіндіктерін пайдалану мүмкіндігін анықтайды. Жабынды дұрыс есептеу оператордың жабдықты сатып алу және монтаждауға кететін шығындарын оңтайландыруға, сонымен қатар қолда бар желіні жаңғырту және кеңейтуге мүмкіндік береді.

Бұл ретте бірқатар негізгі параметрлер ескеріледі: рельефтің, құрылыс салудың және екпелердің ерекшеліктерін ескере отырып, жабын ауданы, жоспарланатын абоненттік жүктеме, жабдықтың радиоқолжетімділік жүйесін құру үшін пайдаланылатын параметрлер және байланыс сапасы. Осы сипаттамалардың көпшілігі қарама-қайшы, бірақ олардың барлығы маңызды, сондықтан есептеу кезінде ымыралы ескерілуі тиіс. Нәтижелер ретінде есептеулер алынуы тиіс: базалық станциялардың саны, олардың орналасқан жерінің географиясы және олар жасайтын қамту аймағы тексеріледі. LTE желісінің қамту аймағын есептеу 2 немесе 3 буындағы желілер үшін есептеледі, алайда стандарттың жұмыс жиілігі ескерілуі тиіс.

Бірінші кезеңде таңдалған жабдықтың сипаттамалары негізінде радиожеліні энергетикалық бағалау жүргізіледі, сигнал жіберу кезінде сигналдың өшуі есептеледі.

Осы стандарт үшін қолайлы сигналды тарату моделін таңдағаннан кейін бір базалық станция сотасының орташа радиусы анықталады, содан кейін барлық аумақты қамту үшін базалық станциялардың талап етілетін саны бағаланады.

Одан кейін базалық станциялардың талап етілетін саны аумақта жоспарланған абоненттік жүктемені ескере отырып анықталады. Сонымен қатар, базалық стансалар санының 2 мәнін алып, аумақтың ерекшелігін ескере отырып, оларды картада орналастыру процесін бастауға болады.

Содан кейін рельефті және оның орналасу орнын ескере отырып, әрбір ДБ үшін жабын аймағын оңтайландыру кезеңі жүргізіледі. Бұл жағдайда антенналардың орналасу биіктігін, сондай-ақ таратқыштардың қуатын реттеу арқылы жабын аймағын оңтайландыруға болады.

Нәтижесінде онда орналасқан базалық станциялармен және жабу аймағымен белгіленген жергілікті жердің электрондық картасын алады.

2 Зерттелетін объектінің тақырыбы бойынша ғылыми зерттеулер

2.1 Радиосигналдың нақты жағдайларда таралуы

Радиотолқындардың таралуы – электромагниттік тербелістер энергиясының жиіліктер диапазоның кеңістігінде тарату процесі. Табиғи жағдайда радиотолқындардың таралуы әртүрлі орталарда мысалы: атмосферада, ғарыштық плазмада, жердің үстіңгі қабатында кездеседі. Бұл құбылыстың әр түрлі аспектілері радиотехника бөлімі болып табылатын әртүрлі техникалық пәндермен оқытылады. Бос кеңістіктегі радиотолқындардың вакуумдағы таралу жылдамдығы жарық жылдамдығына тең. Басқа орталарда радиотолқындардың таралуы фазалық жылдамдықпен жүреді, тепе-тең ортада электромагниттік энергияны сіңірумен бірге жүреді. Осы екі эффект электр толқынының әсерінен электрондар мен иондарының тербелістерін қозуымен түсіндіріледі. Әрбір сигнал беру жүйесі үш негізгі бөліктен тұрады: тарату құрылғысы, қабылдағыш және аралық буын - жалғастырушы желі. Радиолинияда аралық буын рөлін радиотолқындар таралатын кеңістік ортасы атқарады. Радиотолқындардың таралуына ортаның әсері толқын өрісі амплитудасының өзгеруінде (азаюында) байқалады, толқынның таралу жылдамдығы мен бағытының өзгеруі, толқынның поляризациясы жазықтығының бұрылуында, берілетін сигналдардың бұрмалауында көреміз. Осыған байланысты радиотолқындардың таралуын зерттеу кезінде келесі негізгі міндеттер туындайды:

А) радиолинияның энергетикалық параметрлерін есептеу, тарату құрылғысының қуатын таңдау немесе қабылдау құрылғысының кірісіндегі сигнал қуатын анықтау;

Ә) берілген тарату жағдайында оңтайлы жұмыс толқынын анықтау;

Б) сигналдың дәл жылдамдығы мен дәл бағытын анықтау;

В) берілетін сигналдың ықтимал бұрмалануын зерттеу және оларды жою бойынша шараларды әзірлеу.

Осы міндеттерді шешу үшін электрлік қасиеттері бар жер және ғарыш кеңістігі бетінің және атмосфераның, сонымен қатар радиотолқындардың таралуында болатын физикалық процестерді зерттеу қажет.

Радиотолқындар – $10^{-3}/10^{12}$Гц жиіліктер диапазоны шегінде өзгеретін электромагниттік толқындар. Радиотолқындардың таралуы – радиожиіліктер диапазонында электромагниттік тербелістер энергиясын тасымалдау құбылысы. Радиотолқын көзі айнымалы электр тогы қозғалатын кез келген электр өткізгіші болуы мүмкін. Іс жүзінде радио толқынның көзі жоғары жиілікті генератор болып табылады, оның тербеліс энергиясы радиоантена арқылы кеңістікке таралады. Электромагниттік толқынның таралу қашықтығы айнымалы электр тогының тербеліс жиілігіне байланысты. Жүздеген килогерц және одан жоғары жиіліктерде, бұл радиотолқындардың диапазондарына сәйкес келеді, электромагниттік толқын мыңдаған километрден астам тарала алады. Тарату кезінде шығындарды бағалау үшін радиотолқындарды

таратудың нақты жағдайларына байланысты мынадай деректер пайдаланылуы мүмкін:

1) Еркін кеңістікте радиотолқындардың әлсіреуі. Кейбір жағдайларда пайдалы сигнал еркін кеңістікте таралуына байланысты тек әлсіреуге ұшырайды деп болжауға жеткілікті болады.

2) Жердің тегіс бетіндегі дифракция. Тура көріну қашықтығынан асатын қашықтықтағы КС деңгейін болжау үшін жердің қисықтығын ескеру қажет.

3) Қалалық инфрақұрылымда радиотолқындарды тарату. Бұл модель жартылай Р.529 ХЭО-Р-[34] ұсынымдарына негізделеді және тарату антеннасының ара қашықтығы мен эквивалентті биіктігіне, қабылдау орнының айналасындағы ғимараттардың құрылыс пайызына және бөгеуілдердің пайда болуына әкелуі мүмкін басқа да тарату механизмдеріне байланысты әлсіреуді есептеу үшін Окамура-хат формуласын пайдаланады.

Нақты жағдайларда радиосигналды тарату жерлерінде өшу шамасы белгілі факторларға байланысты болады, сипатын айқындайтын радиотолқындардың таралуы сол факторларды белгілейді. Оларға жатады:

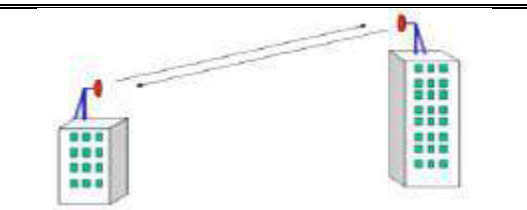
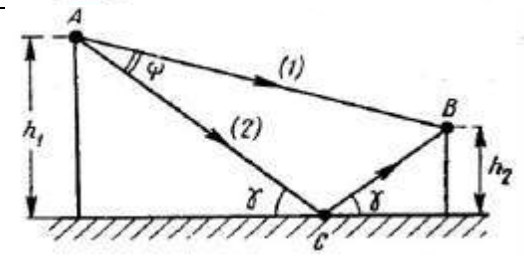
– радиотолқын ұзындығынан асатын өлшемдері бар объектілерден сигналдың бейнеленуі;

– тарату жолында радиосигналдың сынуы тән радиотолқындардың дифракциясы;

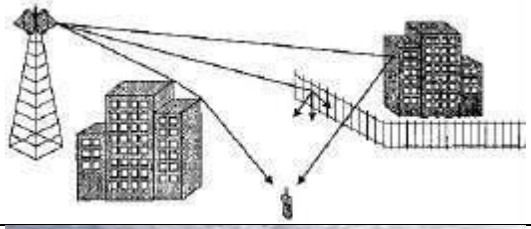
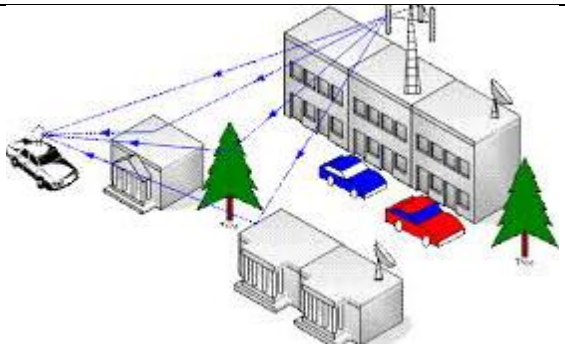
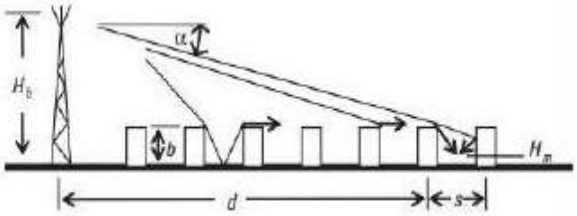
– жергілікті жерде объектілер саны көп болған кезде болатын радиосигналдың көлемі радиосигналдың ұзындығынан аз мөлшерде таралуы (мысалы, жапырақты ағаштар);

– жылжымалы объектіні тасымалдау кезінде орны бар Доплердің әсері.

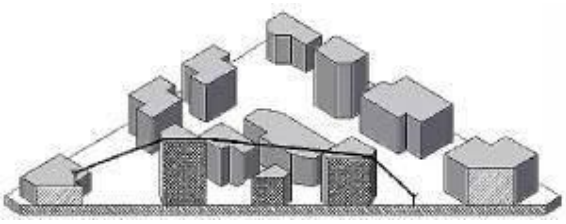
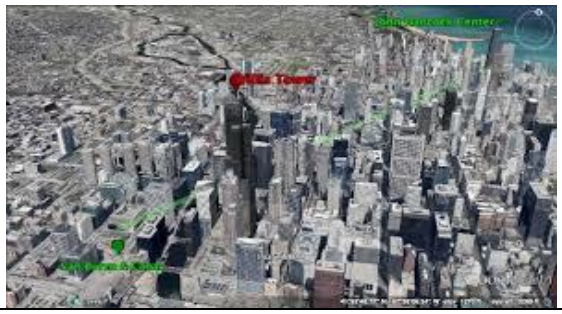
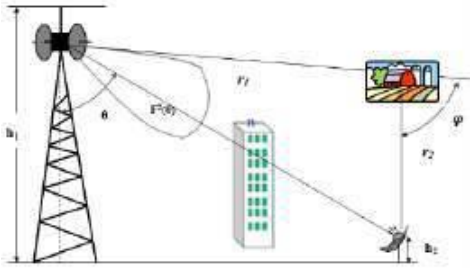
2.1 кесте – БС және МС арасындағы радиосигналдың таралу тән режимдері

№	Шарттары	РСТ режимі, модель, сотаның түрі
1		Бір сәулелі режим LOS макросота
2		Екі сәулелі режим LOS + R/EMW макросота

2.1 кестенің жалғасы

№	Шарттары	РСТ режимі, модель, сотаның түрі
3		Көп сәулелі режим $\mathrm{LOS} + \mathrm{NLOS} + \mathrm{D/EMW} + \Sigma/\mathrm{EMW_i}$ микросота, пикосота
4		Көп сәулелі режим тығыз қалалық құрылыс жағдайында. Моделі Lee $\mathrm{LOS} + \mathrm{NLOS} + \Sigma R_i/\mathrm{EMW_i}$ Макросота
5		Көп сәулелі режим тығыз қалалық құрылыс жағдайында. Моделі Okumura $\mathrm{LOS} + \mathrm{NLOS} + \Sigma R_i/\mathrm{EMW_i}$ микросота, пикосота
6		Көп сәулелі режим тығыз қалалық құрылыс жағдайында. Моделі Okumura - Hata $\mathrm{LOS} + \mathrm{NLOS} + \Sigma R_i/\mathrm{EMW_i}$ микросота, пикосота
7		Тығыз қалалық құрылыс жағдайында Көп сәулелі режим Моделі COST 231- Hata $\mathrm{LOS} + \mathrm{NLOS} + \Sigma R_i/\mathrm{EMW_i}$ микросота, пикосота

2.1 кестенің жалғасы

№	Шарттары	РСТ режимі, модель, сотаның түрі
8		Қала жағдайында көп сәулелі режим Моделі Walfisch-Ikegami $\mathrm{LOS} + \mathrm{NLOS} + \Sigma D_i/\mathrm{EMW_i}$ макросота, микросота, пикосота
9		Тығыз қалалық құрылыс жағдайында. Көп сәулелі режим Моделі Hata-Davidson $\mathrm{LOS} + \mathrm{NLOS} + \Sigma R_i/\mathrm{EMW_i}$ микросота, пикосота
10		Орман алқабындағы өтпелі РСТ Жартылай терминделген модель LOS1+A/LOSF+Lateral/EMW+LOS2 микросота, пикосота
11		Еркін кеңістіктегі РСТ орман алқабынан шағылысқан кезде Детерминирленген модель $\mathrm{LOS} + \mathrm{NLOS} + \Sigma R_i/\mathrm{EMW_i}$ микросота, пикосота

Қабылдау нүктесіндегі радиосигнал қуатының БС мен МС арасындағы қашықтықтан қоршаған ортаның әр түрлі жағдайларында қабылдау-тарату құрылғыларының және олардың антенналық жүйелерінің берілген параметрлері кезіндегі тәуелділігі көрсетілген. Қашықтықты өзгерткен кезде қабылдау нүктесінде сигнал қуатын анықтау және қабылдау құрылғысының белгілі сезімталдығы кезінде *МС* $P_{r.min}$ максималды радиусын анықтауға мүмкіндік береді (*downlink* режимі үшін).

Эмпирикалық деректерге сәйкес өшудің орташа мәні қашықтық деңгейіне тікелей пропорционал өседі. Жер беті мен тропосфераның әсері V

бос кеңістік өрісінің әлсіреуін көбейткіш деп аталады. Жалпы жағдайда қабылдағыштың кірісіндегі сигнал қуатын есептеу формуласының түрі:

$$P_{\text{прм}} = P_{0\ \text{прм}} V^2 \qquad (2.1)$$

$$V_{\text{дБ}} = 20 \lg V = 10 \lg (P_{\text{прм}} / P_{0\ \text{прм}}) \qquad (2.2)$$

Энергияны нақты жағдайларда беру кезіндегі әлсіреу (таратқыштың шығуы мен қабылдағыштың кіруі арасында)

$$(P_{\text{прм}} / P_{\text{прд}}) = G_{\text{прд}} + \eta_{\text{прд}} + \eta_{\text{прм}} + G_{\text{прм}} + W_0 + V \qquad (2.3)$$

$$L_0 = L_{b0} - V - G_{\text{прд}} - G_{\text{прм}} - \eta_{\text{прд}} - \eta_{\text{прм}} \qquad (2.4)$$

V әлсіреу көбейткіші трассаның ұзындығына, толқын ұзындығына, антенналардың биіктігіне, жер рельефіне, тропосфераның метеорологиялық параметрлеріне байланысты. V мәнін теориялық және эксперименталды түрде Рпрм қабылдағышының кірісіндегі сигнал қуатын өлшеу жолымен анықтауға болады. Нақты табиғи жағдайлардың күрделілігі мен алуан түрлілігіне байланысты V есептеудің қатаң әдістерін жасау іс жүзінде мүмкін емес.

Табиғи трассалар бойынша радиотолқындардың таралу шарттары көптеген факторлармен анықталады, сондықтан оларды толық талдау өте қиын болады. Сондықтан әрбір нақты жағдайда негізгі әсер ететін факторларды бөле отырып, радиотолқындарды тарату трассасының моделін құрастырады.

2.2 Ғимараттар мен үй-жайлар ішінде радиотолқындарды тарату

Ғимараттар мен үй-жайлардың ішінде таралу мәселесіне көп көңіл бөлінеді. Бұл жергілікті ақпараттық желілерді орнатумен, сондай-ақ жедел басқару және қауіпсіздікті қамтамасыз ету мақсатында кәсіпорын қызметкерлерін сенімді радиобайланыспен қамтамасыз етумен байланысты. Ғимараттың ішінде қабырғалардың, қалқалардың, жиһаздардың, радиоэлектрондық аппаратуралардың және басқа да объектілердің болуы радиотолқындардың таралуының күрделі ортасын жасайды. Дәліздерде толқынды таралу әсері байқалады, нәтижесінде сигналдың әлсіреуі еркін кеңістікке қарағанда аз болады. Радиотолқындардың қабырғалар, қабатаралық жабындар, ішкі қалқалар арқылы өтуін ескеру қажет. Көптеген модельдер әртүрлі үлгідегі ғимараттардың ішіндегі сигнал деңгейін өлшеудің үлкен санына негізделеді. Өшу шамасы қабаттар санына байланысты. Бұл радио толқындар дифракциясының құбылыстарымен және ғимараттан тыс терезелер арқылы радиотолқындардың таралуымен байланысты. Тіпті ғимараттағы адамдар саны да радиосигналдың таралуына әсер етеді. Үй-жайлардан тыс жұмыс істейтін сымсыз жүйе үшін соңғы мақсат, аймақтың тиімді радио жабыны қамтамасыз ету және интерференцияны болдырмау болып табылады. Сымсыз жергілікті желілерде қамту дәрежесі ғимараттың өлшемімен жақсы анықталған. Сымсыз желінің шағын аймағы жоғары жиіліктегі диапазонмен қатар, ашық немесе жабық есік сияқты қоршаған ортадағы аздаған өзгерістер радио сигналдың таралуына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Үй ішіндегі сымсыз желілерді жоспарлау үшін, осы аймақтағы ең жақсы радио жабуды қамтамасыз ету үшін таратқыштардың саны мен орналасқан жерін және жүйе

үшін барлық әлеуетті кедергілерді бағалау. Ол үшін үй-жайлардың ішінде радиотолқындарды тарату модельдерін пайдаланады.

Тарату үлгілері бұл − сымсыз желілерді жобалау және оңтайландыру үшін инженерлер мен ғалымдар қолданатын математикалық құралдар. Олар дәстүрлі түрде таратқыштан берілген қашықтықта сигналдың орташа қуатын болжауға бағытталған, сондай-ақ нақты орынға тікелей кеңістіктік жақындықта сигнал қуатының өзгергіштігіне байланысты.

Мұндай ортада байқалатын негізгі ерекшеліктер:

1) Қабырғалардан және басқа да объектілерден бірнеше рет қайталану есебінен көп сәулелік;

2) Бөлме ішіндегі заттардың өткір жиектеріндегі Дифракция;

3) Радиотолқындардың шашырауы.

Бұл әсерлер электрмагниттік өрістің күрделі интерференциялық құрылымын жасайды, ол адамдар мен басқа да объектілердің қозғалуы кезінде қатты өзгереді.

Ғимараттардың ішінде радиотолқындардың таралу шарттарын сипаттау үшін пайдаланылатын модельдер.

Ғимарат ішінде қашықтағы сыртқы көзден сигналдарды қабылдауды тек жалпы сипаттарда ғана болжауға болады. Таратқыштан пункттердің орналасу биіктігімен, құрылыстың тығыздығымен анықталатын қабылдағышқа радиотолқындарды тарату шарттарынан басқа, сигнал деңгейіне ғимарат конструкциясы мен материал, сондай-ақ ғимарат ішіндегі қабылдағыштың жағдайы елеулі түрде әсер етеді. Бұл жағдайларды есепке алу іс жүзінде мүмкін емес, өйткені бір үй-жайдың ішінде қабылдау жақсы да, жаман да, кейде мүлдем болмауы мүмкін қабылдау аппаратурасының орналасуына байланысты. Күрделі интерференционный сипаты өріс үй-жайдың ішіндегі тудырады күрт ауытқуы деңгейінде қабылданатын сигналдың асатын көбінесе 20 дБ, тіпті аз ғана орын ауыстыру қабылдағыштың мәндерінің ауысуына әкеліп соқтырады. Сигнал жиілігінің өзгеруі өрістердің қайта таралуына әкеледі, сондықтан аппаратураның бұрын қолайлы орналасуы мүлдем сәтсіз болуы мүмкін. Әр түрлі жұмыстарда келтірілген өлшеу нәтижелері салыстыруға қиын және, егер бөлменің ішіндегі өрістің кеңістіктік интерференциялық картинасының сигнал берудің немесе қабылдаудың қандай да бір шарттарының өзгеруіне аса сезімталдығын ескермесе, қарама-қайшы болып көрінуі мүмкін.

Ғимарат ішінде орналасқан радиотрасаларды есептеу үшін пайдаланылатын модельдердің көпшілігі еркін кеңістікте радиотолқындардың таралуын сипаттайтын формулаға негізделген. Алайда қабырғалардың, еденнің, жиһаздың, адамдардың және басқа да объектілердің болуы радиотолқындардың таралу сипатына айтарлықтай әсер етеді. Әр түрлі жағдайлар үй-жайлардың ішінде радиотолқындардың таралу жағдайларын зерттеу бойынша көптеген эксперименттерге негізделген кейбір эмпирикалық модельдерді пайдалану қажеттілігіне әкеледі.

Соңғы уақытта ғимараттар мен үй-жайлардың ішінде радиотолқындардың таралу проблемасына көп көңіл бөлінеді. Бұл, ең алдымен, жергілікті ақпараттық желілерді құрумен, сондай-ақ жедел басқару және қауіпсіздікті қамтамасыз ету мақсатында кәсіпорындардың, мекемелердің қызметкерлерін сенімді радиобайланыспен қамтамасыз ету қажеттілігімен байланысты. Ғимараттың ішінде қабырғалардың, қалқалардың, жиһаздардың, радиоэлектрондық аппаратуралардың, адамдардың және басқа да объектілердің болуы радиотолқындардың таралуының күрделі ортасын жасайды. Бөлме ішіндегі радиотолқындардың таралу жағдайлары еркін кеңістікте радиотолқындардың таралу шарттарынан айтарлықтай ерекшеленеді. Үй-жайлардың ішінде радиотолқындардың таралуында байқалатын негізгі әсерлер қабырғадан және басқа объектілерден радиотолқындардың көп мәрте шағылыстырылуымен байланысты көп сәулелі, бөлме ішінде орналасқан заттардың көптеген өткір жиектеріндегі дифракция және радиотолқындардың шашырауы болып табылады. Бұл әсерлер электромагниттік өрістің күрделі интерференционды құрылымын жасайды, олар адам және басқа да объектілердің орын ауыстыруы кезінде қатты өзгереді.

Радиотолқындарды тарату шарттары 5 үлгіні қамтиды:

1. статистикалық модель (*STATIC*);
2. ауылдық жерлер үшін (*Rax*);
3. таулы жер үшін (*HTx*);
4. қалалық құрылыс үшін (*Tux*);
5. тығыз қалалық құрылыс үшін (*Bux*).

Статикалық модель сигналдың амплитудалық және фазалық бұрмалауының болмауымен сипатталады.

Динамикалық үлгілерде (*Rax, HTx, Tux, Bux*) параметрлерді өзгертудің екі нұсқасы көрсетілген, олар қалада 50км/сағ жылдамдықпен және ауылдық жерлерде 200км/сағ. Статикалық модель сигналдың амплитудалық және фазалық бұрмалауының болмауымен сипатталады.

Ауылдық жерлерде сигналдың таралу моделі Райс арқылы таратумен сигналдың флуктуациясын сипаттайды және жиіліктің тұрақты доплерлік ығысуын имитациялайды.

Детерминирленген әдістер негізінде радиотолқындардың шашырауы оның сипаттамаларын есептеудің жоғары дәлдігі қамтамасыз етіледі, егер статистикалық тәсілдермен салыстырсатын болсақ. Сәуленің таралу ағашын құру жүреді, бұл ретте біз сәуле көреміз, ол таратқыш құрылғыдан және әрбір шағылысу нүктесінен немесе дифракциядан шығатын қосымша сәулелерді көрсетеді. Сигналдың көп сәулелі таралуында біз бірнеше маңызды факторларды байқаймыз: фединг, уақытша дисперсия, бұрыштық модуляция. Үй-жайлардың ішіндегі электромагниттік өрістердің деңгейін бағалауға болатын осындай әдістерге талдау жүргізілді. Детерминирленген әдістер негізінде радиотолқындардың шашырауы сипаттамаларын есептеудің

неғұрлым жоғары дәлдігіне қол жеткізілетіні көрсетілген, мысалға статистикалық тәсілдермен салыстырғанда. Сәулелік әдіс шеңберінде есептелетін тікбұрышты кеңістік моделі ретінде алынды. Радиотолқындардың таралуын модельдеу қабылдағыштан берілген қашықтықта қабылданатын сигналдың орташа деңгейін болжауға негізделген, трассадағы нақты жағдайға байланысты оның мәндерінің шашырауына негізделген. Радиолиния есебі таратқыштың қызмет көрсету аймағын анықтауға мүмкіндік береді. Таратқыш пен қабылдағыш арасындағы қашықтыққа байланысты орташа сигнал деңгейін ірі масштабты моделдеу деп айтады, себебі үлкен қашықтықта сигналды анықтауға мүмкіндік береді. Екінші жағынан, модельдер кіші ығысуларда қабылданатын сигнал деңгейінің тез өзгеретін мәндерін немесе қысқа уақыт аралығын сипаттайды, олар шағын масштабты модельдер деп аталады.

Ғимарат ішінде таралу кезінде сигналдың әлсіреуі (ғимарат ішіндегі сигнал деңгейін сол биіктіктен тыс сигнал деңгейімен салыстыру) 35 және 150 МГц жиіліктерінде Райспен анықталған. "Енудің жоғалуы" бағалау бойынша 12-14 дБ орташа квадраттық ауытқуы кезінде, орташа 22-24 дБ құрайды. Жалпы бір қабат шегінде сигналдың кеңістіктік флуктуациялары логарифмдік қалыпты бөлуге бағынады. Сигналдың ең көп әлсіреуі әдетте бірінші қабатта байқалды. Қазіргі уақытта ғимараттың ішіне кірген кезде өрістің орташа әлсіреуін есептеудің қанағаттанарлық әдістері жоқ. Сондықтан, ғимарат ішіндегі алаңның орташа биіктікке тәуелділігі одан кейбір коэффициентке ерекшеленіп, ғимараттан тыс алаңның биіктікке тәуелділігіне сәйкес келуі тиіс.

2.3 COST231 Hata моделі

Әр түрлі жерлерде сигналдардың таралу кезінде, сигналдың жоғалуын болжайтын эмпирикалық модельдерінің жеткілікті саны бар. Ең танымал және изотропты жағдайда (мінсіз барлық жаққа бағытталған) көп пайдаланылатын Hata болжау моделі, 1-ге тең күшейту коэффициенттері бар базалық станция мен жылжымалы объектінің антенналары болып табылады.

Сигналдың өшуін трассада есептеу үшін радиотолқындардың таралу модельдері қолданылады. Модель кең таралған, әсіресе жылжымалы Радиобайланыс жүйелерін жобалау үшін. Абоненттік станцияның ортасы сапалы деңгейде бағаланады. WiMAX стандарт жүйесі үшін ең қолайлы модель COST-231 Hata болып табылады. COST-231 моделі Hata деп аталатын ерте модельден шыққан. Hata моделі WiMAX желілері үшін European COST (*Cooperation in the field of Scientific and Research*) тобымен жетілдірілді. COST-231 Hata моделі базалық станциялардың антенналары қоршаған құрылыстардан жоғары орналасқаның, ал желінің макросоттық құрылымын қалыптастыру кезінде ұяшықтардың көлемі шамамен 1 км және одан астам болуын талап етеді. Бұл жағдайда таралудың жоғалуы ең алдымен дифракция және абоненттік станцияны қоршаған ғимараттардың шатырларының биіктігінде радиотолқындардың шашырауы процесімен анықталады. Базалық

станциядан негізгі сәулелердің таралуы құрылыстардың шатырларынан жоғары болады.

Соавторлары бар Могенсен, Okomur және Hata үлгілерін 1,5-тен 2 ГГц жиілік диапазонына кеңейтуді ұсынды. Бұл диапазонда Окомур және Хат үлгісін пайдалану сигналдың өшуіне әкеледі. COST231 моделі 1,5-тен 2 ГГц-ке дейінгі диапазонда, базалық станция антеннасының биіктігі 30-дан 200 м-ге дейін, жылжымалы станция антеннасының биіктігі 1-ден 10 м-ге дейін және олардың арасындағы қашықтық 1-ден 20 км-ге дейін салмақ түсетін жиіліктер үшін әділ. Киннан-Мотли моделінің жақсартылған нұсқасы. Бұл сипаттама енгізу жолымен ескеріледі, дБ трассадағы шығындар ретінде анықталуы мүмкін.

$$L_b = 46.3 + 33.9\log_{10}\frac{f}{MHz} - 13.82\log_{10}\frac{h_B}{m} - a(h_R, f) + \left(44.9 - 6.55\log_{10}\frac{h_B}{m}\right)\log_{10}\frac{d}{km} + C_m \quad (2.5)$$

Мұнда f – жиілік;

d – МС және БС арасындағы қашықтық км;

L_b – жарты жолдағы өшу;

h_B – базалық станция антеннасының тиімді биіктігі;

h_R – мобильді станция антеннасының тиімді биіктігі;

Қалалық аудандар үшін Hata моделінде сипатталған мобильді станция антеннасының биіктігінің түзету коэффициенті. Қала маңындағы немесе ауылдық аудандар үшін бұл фактор:

$$a(h_R, f) = \left(1.1log_{10}\frac{f}{MHz} - 0.7\right)\frac{h_R}{m} - \left(1.56log_{10}\frac{f}{MHz} - 0.8\right) \quad (2.6)$$

ал қалалық орта үшін (яғни ірі қалалар):

$$a(h_R, f) = \begin{cases} 8.29(log_{10}(1.54h_R))^2 - 1.1 \\ 3.2(log_{10}(11.75h_R))^2 - 4.97 \end{cases} \quad (2.7)$$

Тұрақты ығысу: $C_m = \begin{cases} 0dB \\ 3dB \end{cases}$

Жиілігі: 1500-2000 МГц

Ұялы станция антеннасының биіктігі: 1-10м

Базалық станция антеннасының биіктігі: 30-200м

Байланыс қашықтығы: 1-20км

Жоғарыда келтірілген формуладан қосымша шығындар еденнен өту қабаттар санының ұлғаюымен азаяды. Жалпы қабырғалар арқылы өту кезіндегі шығындар әр түрлі түрдегі сома түрінде беріледі қабылдағыш пен таратқыш арасындағы қабырғалар.

Формальды түрде Окомур мен Hata және COST231-Hata модельдерін тек 30м-ден асатын базалық станция антеннасының биіктігі үшін ғана пайдалануға болады, алайда, оларды көрші құрылыстар антеннадан едәуір төмен болған жағдайда неғұрлым төмен биіктіктер үшін де қолдану мүмкін.

COST231- Hata моделі жылжымалы және базалық станциялар арасындағы қашықтық 1 км кем болған кезде сигналдың өшуін бағалау үшін жарамсыз. Бұл жағдайда өшу сигналдың таралуы орын алатын жердің топографиясына байланысты. Бұл модель жоғары құрылыстар (көше каньондары деп аталатын) көшелерде сигналдардың таралуын бағалау үшін де қолдануға болмайды.

COST-231 моделі "Көптеген қабырға" (*Multi-Wall*) негізделген тарату сигналы бойынша тікелей арасындағы БС және МС ысырапты ескере отырып, сигнал есебінен оның қабырғалар мен едендер өту арқылы:

$$L(r) = L_1 + 20\lg(r) + k_f\left(\frac{k_f+2}{k_f-1} - b\right)L_f + \sum_{i=1}^{N} k_i L_{Wi} \qquad (2.8)$$

Осы үлгіде N - қабырға типтерінің саны,

i - қабырға түрінің нөмірі,

ki – i - қабырға түрінің саны,

L_{Wi} - қабырға арқылы өту кезінде сигнал жоғалуы (дБ),

e_i - нақты қабырға қалыңдығы (см),

e_{Wi} - есептелген қабырға қалыңдығы (см),

k_f - өткен едендер саны,

b - едендердің берілген саны арқылы өту кезінде сигнал жоғалуының сызықтық емес әсерін ескеретін коэффициент,

L_f - қабаттар арасындағы сигнал жоғалуы (дБ).

WIMAX жобаланатын базалық станциялары арасында деректерді Орталық пультке тасымалдау желісі арқылы берілген соң, осы желінің топологиясын анықтау қажет.

Байланыс желілерінің негізгі топологиясы:

Тізбек, Жұлдыз, Ағаш, Сақина, Аралас.

2.4 Киннан-Мотли моделі

Бір көлбеу үлгісімен салыстырғанда, Киннан-Мотли моделі (*Motley Keenan model*) күрделі модель болып келеді, бірақ сигналдың дәлірек болжамдарын береді. Бұл модель қоршаған ортада көптеген қабырғалар мен едендердің болуын тікелей олардың қалыңдығы мен материалына байланысты қарастырады. Шығын көрсеткіші тіркелген және n=2 тең, еркін кеңістікте таратылғандай. Қабырға мен еден арқылы өту кезінде өшуді модельдеу үшін қосымша шығындар коэффициенттері қосылады, қабылдағыш пен таратқыш арасындағы линияны көріну сызығын бөледі. Сонда трассадағы шығындар осындай түрде ұсынылуы мүмкін:

$$PL(d) = L_1 + 20\log(d) + n_f a_f + n_w a_w \quad (2.9)$$

мұнда L_1-1м қашықтықтағы нақты шығындар, дБ;

d-таратқыш пен қабылдағыш арасындағы қашықтық, м;

a_f және a_w - еденнен және қабырға арқылы өту кезіндегі жоғалтулар коэффициенттері, дБ;

n_f және n_w - қабаттар мен қабырғалардың саны.

Қабырғалар мен едендерден шығындарды құраушы желілік тәуелділік болып табылады, бұл сол санаттағы қабырғалар немесе еден трассадағы шығындарға тұрақты кідіртуді қосады дегенді білдіреді, сигнал бұрын басқа қабырғалар немесе сол үлгідегі еден арқылы өткен болса да. Зерттеулер бірнеше қабырғадан немесе еденнен өткен кездегі жоғалтулар қабырғалар, қабаттар санына тәуелді емес екенін көрсетті.

2.5 Реверберация құбылысы

Егер тарату антеннасы бөлменің ішінде орналасса, онда оның орналасуына қарамастан, радиотолқындардың қабырғадан, еденнен, төбеден, жиһаздан және басқа да объектілерден бірнеше рет бейнеленуі еркін кеңістікпен салыстырғанда, қабылданатын сигнал қуатының артуына алып келеді. Бұл акустикада жақсы зерттелген реверберация құбылысына ұқсайды.

Реверберация - бұл дыбыс қарқындылығын біртіндеп азайту процесі. Бұл дыбыстын бірнеше рет шағылысуы кезінде қарқындылығын біртіндеп азайту процесі. Шартты түрде қабылданған реверберация уақыты - дыбыс деңгейі 60 дБ-ға азайтылатын уақыт. Реверберация уақытын есептеу үшін сәулет акустикасының бірінші зерттеушісі Сэбинге тиесілі формуланы пайдаланады:

$$T = \frac{0.164V}{A}, \quad (2.10)$$

мұндағы V - бұл бөлме көлемі,

A - дыбыс сіңірудің жалпы қоры.

Эхосигнал кедергіден шағылысқан дыбыстық толқынды білдіреді. Реверберация құбылысы бір дыбыс көзінен әртүрлі эхосигналдардың суперпозициясынан тұрады. Реверберация әсерін дыбыс көзін өшіргеннен кейін жабық бөлмелерде байкауға болады. Реверберацияны сөйлеу, ән айту, жеке музыкалық аспаптардың дыбысталуын көркем мәнерлілігін жақсарту және көрсету үшін қолданады. Мысалы, музыка бағдарламаларын акустикасы қанағаттанғысыз немесе осы көлемнің орындаушылар құрамы үшін шағын бөлмедегі жазу кезінде, әдетте, түк естілмеу мен дыбыстың айқындығы арасындағы қажетті арақатынас ала алмайды. Бұл жағдайда жасанды реверберацияны қолдану музыкалық бағдарламаның дыбыс сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Дифракция құбылысы радиотолқындарға сфералық жер бетінің айналасында горизонт сыртына және әртүрлі кедергілерге таралуына мүмкіндік береді.

Реверберация уақытын есептеу үшін қолданылатын формулалар:

1) $T = \frac{0.16V}{-Sln(1-a)}$ (Эйринг формуласы)

2) $T = \frac{0.16V}{A}$ (Сэбин формуласы);

3) $T = \frac{0.16V}{-Sln(1-a)+kV}$ (жалпыланған формула), мұндағы:

V, м^3 - үй-жай көлемі,

A, - дыбыс сіңірудің жалпы қоры,

S, м^2 - полная поверхность помещения,

$a = \frac{A}{S}$ - жұтудың орташа коэффициенті,

k - ауадағы сіңіру коэффициенті, негізінен ылғалдылыққа тәуелді.

Меншікті тербелістердің әрқайсысы өшу коэффицентімен сипатталады. Сондықтан дыбыс көзінен шыққан әр түрлі жиілігі бар меншікті тербелістер бір мезгілде өшпейді. Реверберацияның бөлмедегі сөздің және музыканың жақсы естілуіне едәуір ықпалы бар. Дыбыс баяуырақ өшкен сайын Реверберацияның әсері күштірек білінеді. Реверберацияның ұзақтығы Реверберация уақыты деп аталатын шамамен сипатталады. Реверберация уақыты − бөлменің акустикалық сапасын анықтайтын басты фактор.

Қандай да бір үй-жайдың қабырғаларына тән дыбысты сіңіру коэффициенті неғұрлым көп болса және осы үй-жайдың көлемі аз болса, соғұрлым жауап уақыты қысқа болады. Дыбыстың қарқындылығы естілу шегіне дейін кететін дыбыс уақыты үй-жайдың қасиеттеріне ғана емес, бастапқы дыбыс күшіне де байланысты. Аудиториялардың акустикалық қасиеттерін есепке алу үшін дыбыс толқынының амплитудасы бастапқы мәннің бір миллиондық үлесіне дейін азайтылатын уақытты есептеу (шартты түрде) қабылданды.

$$\mathbf{E = 10^{-6}E_0} \qquad (2.11)$$

Бұл уақыт стандартты реверберация уақыты деп аталады немесе жай ғана реверберация. Естілу ең жақсы деп саналуы мүмкін реверберацияның оңтайлы мәні эксперименталды түрде бірнеше рет анықталған. Шағын үй-жайларда (көлемі 350 м3 артық емес) 1,06 сек реверберация оңтайлы болып табылады. Одан әрі көлем ұлғайған кезде оңтайлы реверберация тепе-тең өсуде $\sqrt[3]{V}$.

Реверберация түрлері:

Hall (зал) – концерт залының акустикасын имитациялайды. Терең реверберация көп уақыт өшу. Субъективті тыңдаушыдан дыбыс көзін алыстатады.

Room (бөлме) – шағын бөлмені реверберациялау. Камералық атмосферада акустикалық құралдарды қолдану үшін қолайлы.

Live (Stage) – сахнада тірі сөз сөйлеуді имитациялау, бұл реверберация түрі тұзды аспаптар үшін жақсы деп саналады.

Plate (пластина) – жоғарыда сипатталған металл пластинаның тегіс электромеханикалық реверберациясын симуляция. Вокал мен соқпалы аспаптар үшін қолданылады.

Spring (серіппе) – lo-fi реверберация, жоғарыда аталған серіппелі электромеханикалық конструкцияны имитациялайды.

Chamber - (эхо-камера) – реверберацияны жазу үшін бұрын сипатталған бөлмені имитациялау.

Gate - (гейт, шлюз) – өшудің соңғы фазасын кесумен реверберация. Дыбысқа динамикалық сипат береді және соққы құралдары үшін, атап айтқанда, барабандар үшін қолданылады.

Reverse (реверс) – жасанды реверберацияның түрі, яғни, ол алдымен баяу өседі, содан кейін бірден үзіледі. Мұндай әсер редакторда дыбысты инвертирлеу, оған әдеттегі реверберация және кері инвертирлеу арқылы алынуы мүмкін. Бұл жағдайда реверберация негізгі дыбыс бастағанға дейін басталады. Ерекше әсер, кейде вокал үшін қолданылады.

Кейде басқа да экзотикалық реверберация түрлерін кездестіруге болады. Мысалы, XG-да шұңқырдан White Room, Tunnel, Canyon, Basement — жасанды жағдайларда реверберация, ал sound Canvas Роланда сериясында — Panning Delay — бөлек стереофондық реверберация табуға болады.

3 Есептеу-техникалық бөлім

3.1 Зерттелетін жүйенің моделі

Тұжырымдамалық модель құру алдында зерттеудің материалдық құрамын сипаттау қажет. Зерттелетін жүйе келесі құрамдас бөліктерді қамтиды:

- UE (Абоненттік жабдық)

UE ұялы байланыс желісінің абонентінде болады. UE абонентінің қозғалысы кезінде онымен бірге болады. Жабдық LTE стандартының барлық хаттамалары мен рәсімдерін және интернет желісіне қосылуды модельдеу үшін TCP/IP хаттамаларының стегін қолдауы тиіс.

- eNodeB

eNodeB сотаның байланыс желісін қамтамасыз етеді және желі ядросы мен абонент жабдығы арасындағы байланыстырушы буын болып табылады. eNodeB - NodeB және RNC функцияларын біріктіреді, бұл үшінші буын желілерімен салыстырғанда желінің архитектурасын жеңілдетеді.

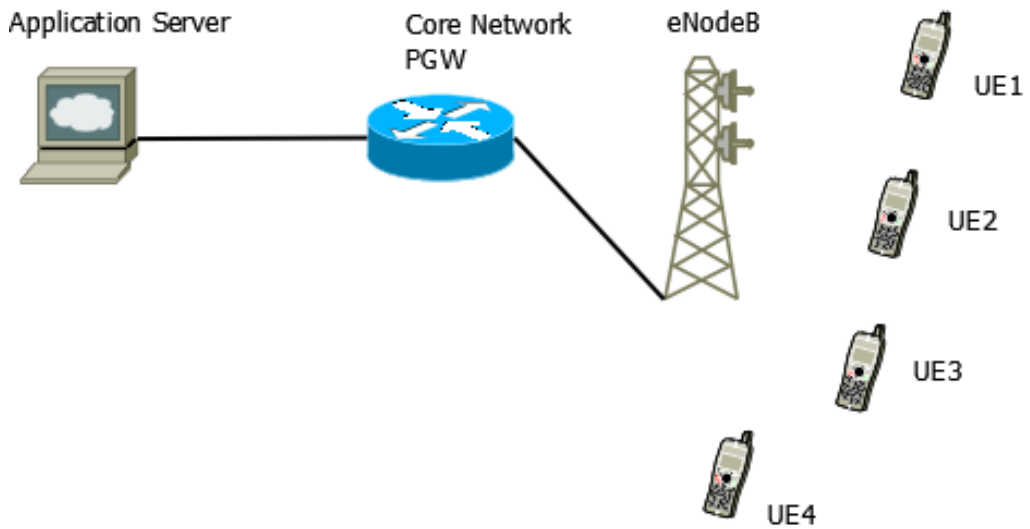
- EPC/PGW

Желі ядросы ең алдымен UE трафигіне бағытталған құрылғыларға шлюз ретінде қарастырылады, сервер болып табылады.

- Қосымшалар серверлері

Қосымшалардың серверлері ұялы байланыс операторы желісінің периметрі, Интернет желісінде орналасқан.

Желінің құрылымдық сұлбасы ұсынылған:

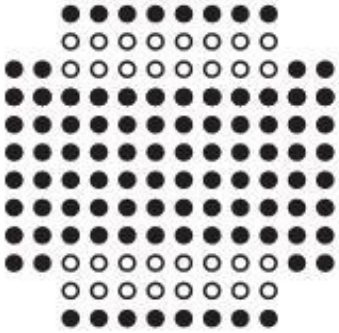


3.1 сурет – Желінің құрылымдық сұлбасы

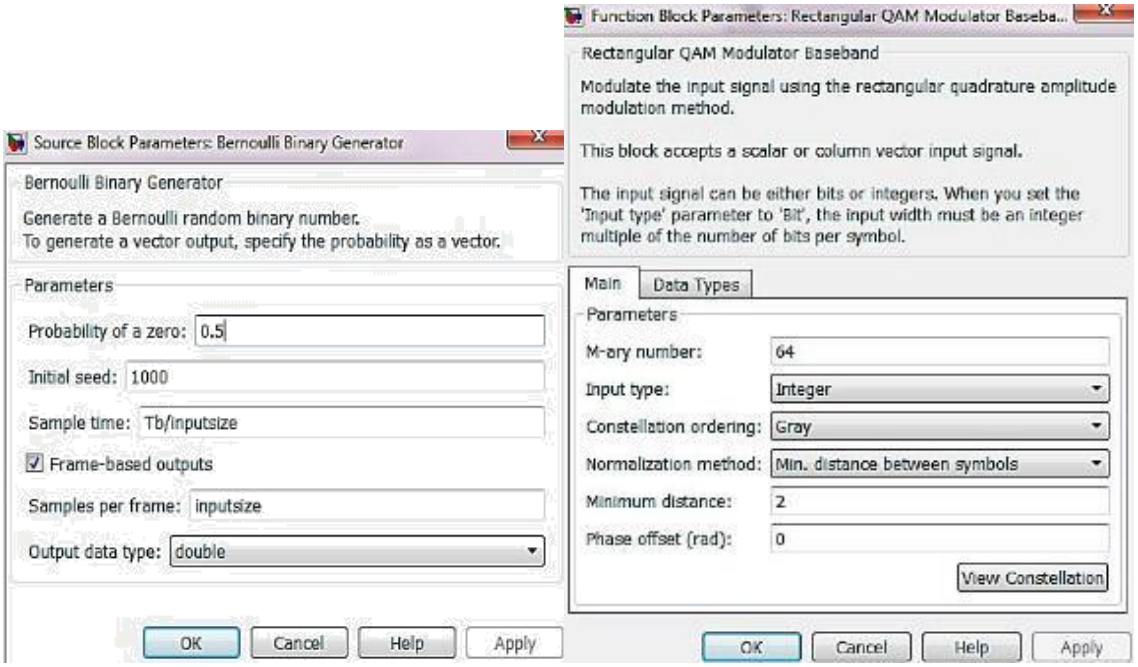
- UE LTE стандартына сәйкес радиоинтерфейс бойынша eNodeB-мен өзара әрекеттеседі.

- NodeB – PGW және PGW – қосымшалар сервері сымды байланыстың оптикалық арналары бойынша құрылған.

Моделдеу мен есептеу жүргізу үшін Simulink қосымшасын қолдандым. Шығыс сигналы төмен жиілікті модуляцияланған сигнал болып табылады, ол кіріс сигналының векторы, скаляр немесе матрицасы болуы мүмкін. Қуаттардың барлық мәндері 1Ом кедергіге есептелген.

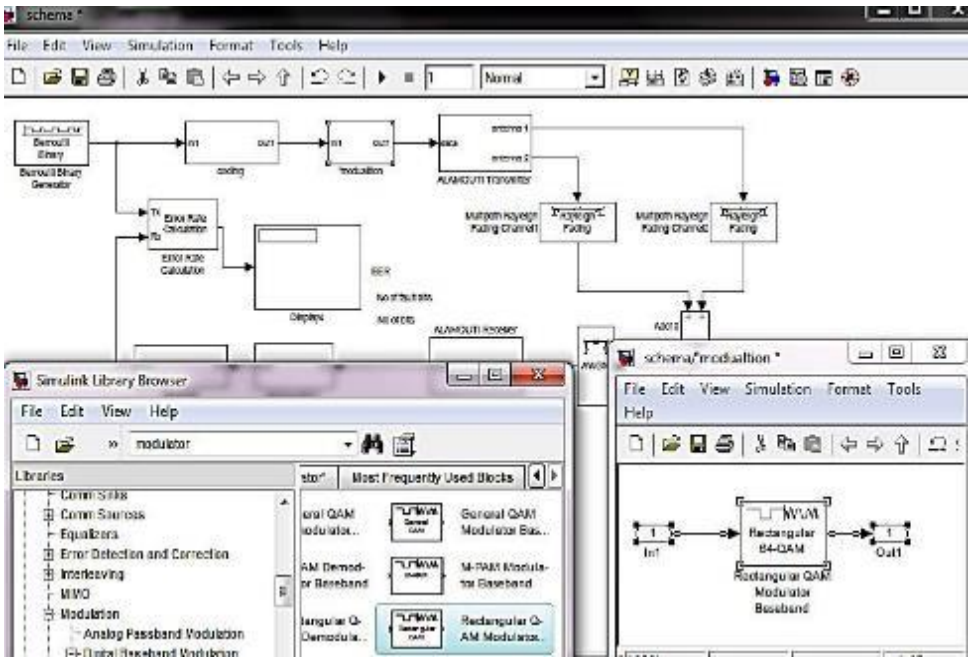


3.2 сурет – Грей кодын пайдаланған кезде тікбұрышты QAM-модулятор нүктелерінің шоқжұлдыздығы

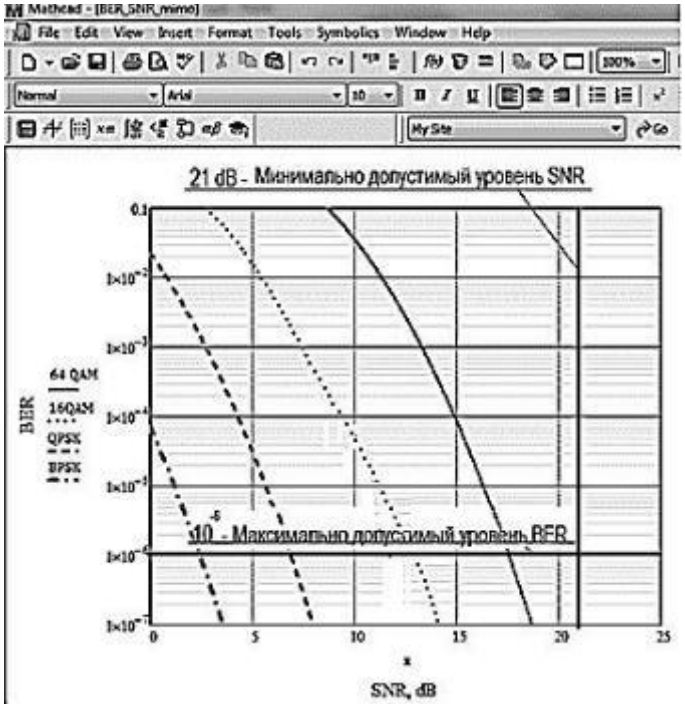


3.3 сурет – Simulink бағдарламасының скриншоты.

Есептеу-техникалық бөлімінде LTE технологиясының байланыс арнасының BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM модуляцияларында бөгетсіздігі зерттелді. Тәжірибе нәтижесінде MIMO жүйесінің арнадағы сигнал/шу (SNR) қатынасына биттік қателіктердің (BER) ықтималдығының тәуелділік графиктері алынды.

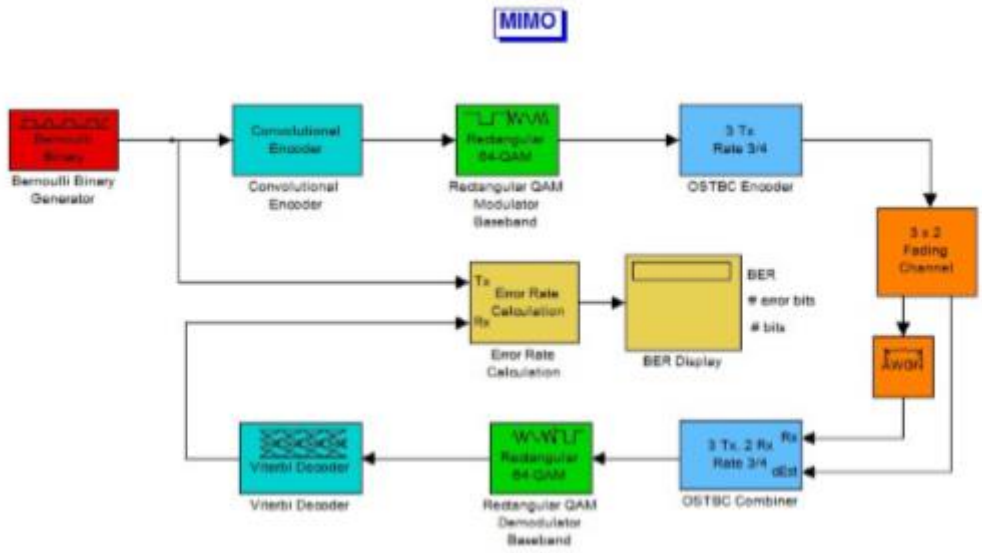


3.4 сурет – Mathlab бағдарламасының



3.5 сурет – MIMO арнасына арналған модуляция түрлері үшін BER және SNR тәуелділігі

64QAM модуляциясының бөгеуілдерден аз қорғалған түрі үшін BER рұқсат етілген деңгейі 10^{-6}, SNR 21дБ болып табылады. Сәйкесінше модуляцияның төменгі түрлері үшін SNR мәні төмен болуы тиіс. Модельдеу нәтижесінде BER 10^{-6} деңгейінде SNR мәндері алынды.



3.6 сурет – Әртүрлі модуляция түрлері үшін BER-дің SNR-ге тәуелділігі

3.1 кесте – MIMO арнасына арналған модуляция

Модуляция түрі	Спецификацияға сәйкес ең жоғарғы рұқсат етілетін SNR, дБ	Зерттелетін арна үшін SNR,дБ
BPSK	3	3
QPSK	9	6,8
16QAM	15,5	13,5
64QAM	21	18,9

MIMO системасы арқылы жасалған каналдар есептеулер бойынша бөгеуілдерден қорғауы жақсы параметрлерің көрсетті. Осы жұмыста зерттелетін кеңжолақты байланыс арналары аудио және бейне, мобильді сигналдарды, деректерді таратуға арналған. Цифрлық байланыс жүйелеріне қатысты символаралық интерференция ұғымын негізінен пайдаланады. Осы бөлімде берілген SNR мәніне байланысты биттік қатенің пайда болу ықтималдығы (*BER - Bit Error Rate*) есептелуі арқылы, жүйедегі бөгеуілдерді көрсетіп олардың алдын алу мүмкіндіктерін көрсетемін. Цифрлық сигнал үшін орташа шу мен сигналдың орташа мәні E_b/N_o ретінде белгіленеді. Мұнда E_b – S сигнал қуатының көбейтіндісі және T_b бір бит тарату уақыты ретінде анықталатын бит энергиясы; N_o – өткізу жолағының W еніне қатынасы ретінде білдіруге болатын шу қуатының N спектрлік тығыздығы.

3.2 Байланыс каналдарындағы бөгеуілдер, биттік қателікті есептеу, сигнал/шу қатынасын сипаттау

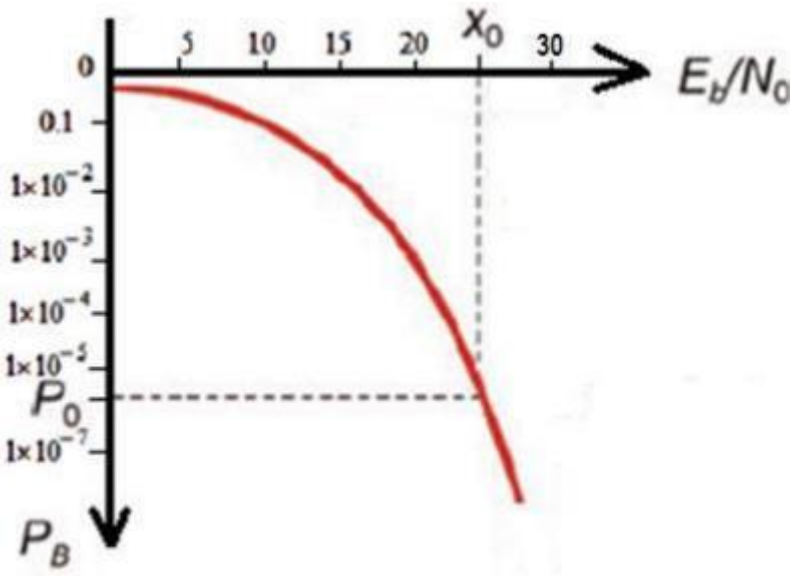
$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{ST_b}{N/W} \tag{3.1}$$

Бір битті беру уақыты 1/R, мұнда R - биттік жылдамдық, өйткені биттің берілу уақыты мен жылдамдығы өзара кері көрсетіледі:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{SR}{N/W} \tag{3.2}$$

Сигнал/шу қатынасын айқын анықтау үшін формуланы келесі түрде ұсынамыз:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N}\left(\frac{W}{R}\right) \tag{3.3}$$



3.7 сурет – E_b/N_o деңгейіне қате берілген биттің ықтималдық тәуелділігінің қисық түрі

Байланыс теориясында кездейсоқ (хаотикалық) процесс моделін сипаттау үшін Гаусс (қалыпты) таратумен сипатталатын шу жиі қолданылады. Бұл жағдайда сигналдың қабылдағыш құрылғысының кірісінде сүзгілер тұратындықтан, нақты шу идеалдыға сәйкес келеді деп есептедім. Шу спектр бойынша шектелген, демек, оның қуаты шексіз емес. W (Гц) жиілік жолағында нақты шудың N қуатын есептей отырып, шу көзінің абсолюттік температурасы T қолданылады, Кельвиндерде өлшенетін ($K_0 = C_0 + 273$) және Вт/Гц өлшенетін шу қуатының спектралдық тығыздығы:

$$N_o = N/W \tag{3.4}$$

Жылу көзінен ең үлкен шуыл қуаты:

$$N = kTW, \tag{3.5}$$

мұнда $k = 1{,}38 * 10 - 23$ (Дж/К) - Больцман тұрақтысы.

$N = -228{,}6 + 10lg(T) + 10lg(W)$, дБ*Вт

$N_0 = -228{,}6 + 10lg(T)$, дБ*Вт/Гц

Сигнал энергиясы $E = STo$, ал Шу қуаты $N = NoW$, онда T_o сигнал беру уақыты формуласы алады:

$$\frac{E}{N} = \frac{SWT_0}{N} \tag{3.6}$$

Қайта есептеу формуласын пайдалана отырып, алдын ала белгілі SNR деңгейінде BER көрсеткішін оңай есептеуге болады:

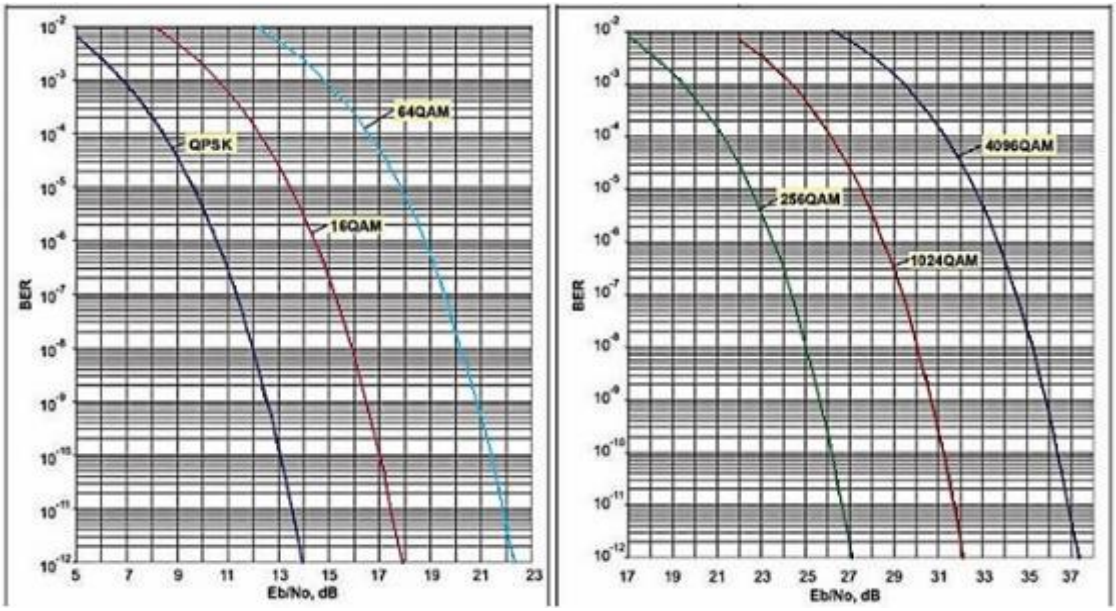
$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} - 10\,lg\left(\frac{204}{188}\right) - 10\,lg(m) + 10\,lg\left(\frac{1}{CR}\right) \text{, дБ,} \tag{3.7}$$

мұнда CR – кодтау жылдамдығы.

Гаусс арнасында биттік қате ықтималдығы:

$$P_b \approx \frac{2(1-L^{-1})}{log_2 L} * Q\left[\sqrt{\left(\frac{3\,log_2 L}{L^2-1}\right)\frac{2E_b}{N_0}}\right], \tag{3.8}$$

мұнда Q(x) тікелей есептелмейтін кестелік шама болып табылады.



3.8 сурет – Логарифмдік масштабтағы BER E_b/N_0-ге тәуелділігі

Жүргізілген эксперимент үмітін ақтау үшін биттік қателер кезінде берілген деңгейде сигнал/шу қарым-қатынасын анықтаймын. 64QAM модуляция түрін пайдалану SNR=18,9дБ кезінде BER деңгейі 10^{-6} аспайды.

$$P_b \approx \frac{2(1-L^{-1})}{log_2 L} * Q\left[\sqrt{\left(\frac{3\,log_2 L}{L^2-1}\right)\frac{2E_b}{N_0}}\right] = \frac{2(1-8^{-1})}{log_2 8} * Q\left[\sqrt{\left(\frac{3\,log_2 8}{8^2-1}\right)\frac{2E_b}{N_0}}\right] =$$

$$= \frac{7}{12} * Q\left(\sqrt{\frac{2}{7}\frac{E_b}{N_0}}\right) \tag{3.9}$$

Осыдан x=2/7
Сигнал/шу қатынасының мәнін бірлік жүйесіне аударамын:
18, 9дБ = $10^{1.89}$ = 78

BER деңгейін есептеу үшін Q(x) және SNR мәнін орнатамын:

$$Q\left(\sqrt{x * \frac{E_b}{N_0}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{2}{7} * 78}\right) = 1{,}24 * 10^{-6} \quad (3.10)$$

$$P_b = BER = \frac{7}{12} * Q\left(\sqrt{\frac{2}{7}\frac{E_b}{N_0}}\right) = 7 * 10^{-7} \quad (3.11)$$

Есептеуден көрініп тұрғандай, осы мәндегі SNR=18,9дБ, BER деңгейі LTE технологиясының байланыс арнасының сапа талаптарына сәйкес келеді. Эксперименттік және есептік деректер нәтижелерінің қателігі:

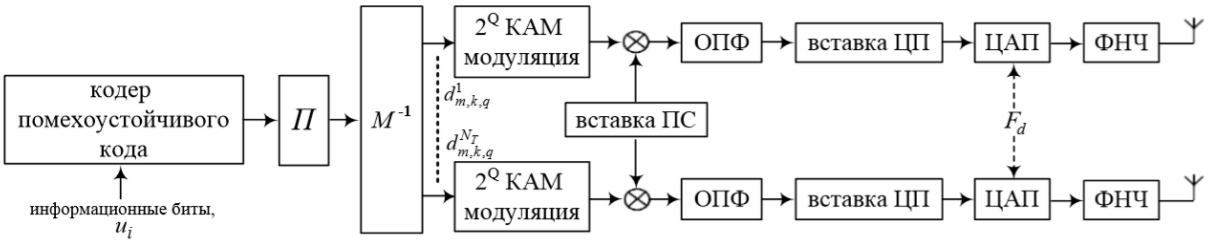
$$\frac{E_{b\ изм} - E_{b\ эксп}}{E_{b\ изм}} = \frac{19{,}3 - 18{,}9}{19{,}3} * 100\% = 0{,}02 * 100\% = 2\% \quad (3.12)$$

64QAM үшін.
Мәндердің 3-5% алшақтығы рұқсат етіледі.

3.3 MIMO–OFDM сигналының жүйедегі кідірістер мен бөгеуілдерді оңтайландырып өткізу арнасының коэффициентің арттыру

Таратқыш сигналының моделі.

U_i ақпараттық бит ағыны бөгеуілге төзімді кодпен кодталады, ауысудан өтеді және таратқыш антенналардың санына сәйкес N_T параллель ағындарғадемультиплексирленеді.



3.9 сурет – OFDM схемасы

Модульдік символдар тұрақты токпен толықтырылады және Фурье кері түрлендіру блогына түседі. OFDM–символдар саны ОПФ блогының шығуынан Фурье түрлендіру базасымен анықталады. U-ші таратқыш және V-ші қабылдағыш антеннаның әрбір жұбы үшін $h^{u,v}(t,\tau)$ арнаның жиіліктік және уақытша таңдауынан туындаған бұрмалауларды көрсетеді (сигналды өшіру) және трактідегі сүзу шулары:

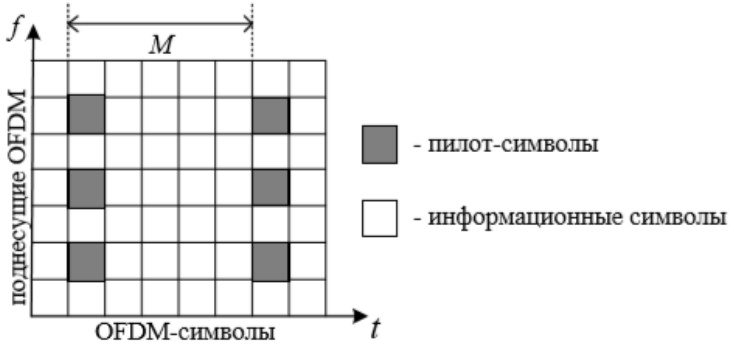
$$h^{u,v}(t,\tau) = \sum_{l=0}^{L-1} h_l{}^{u,v}(t)\sigma(\tau-\tau_l) \qquad (3.13)$$

мұндағы $h^{u,v}(t,\tau)$ – сигналдың әлсіреу коэффициенті;

L – сигналдың таралу сәулелерінің саны (импульстік жауап ұзындығы). Передаточная функция канала $H^{u,v}(f,\tau)$ Фурье түрлендіруі $h^{u,v}(t,\tau)$ формуласынан тарайды. Тарату кідірісі мен доплерлік ығысудың ең жоғары мәні ретінде τ_{max} және f_{max} анықтаймыз, бұл ретте $|\tau|>\tau_{max}$ немесе $|f|>f_{max}$ үшін осы шарт орындалады:

$$H^{u,v}(f,\tau) \approx 0 \qquad (3.14)$$

Арнаның беріліс функциясы кешенді экспоненциалды моделін бақылау интервалында өлшеулердің релелік таратумен квазистационарлық арнада сигналдың таралу ерекшеліктерін ескеретінің қарастырайық.



3.10 сурет – Пилот символ белгіленуі

Қабылдағыш сигналының моделі.

$$\mathbf{Y}_m(k) = e^{j\frac{2\pi}{N}N_m\varepsilon}\mathbf{H}_m(k)\mathbf{X}_m(k) + \mathbf{W}_m(k),$$

где $\mathbf{Y}_m(k) = \left[Y_m^1(k)\ldots Y_m^{N_R}(k)\right]^T$; $\mathbf{X}_m(k) = \left[X_{k,m}^1(k)\ldots X_{k,m}^{N_T}(k)\right]^T$;

$$\mathbf{W}_m(k) = \left[X_{k,m}^1(k)\ldots X_{k,m}^{N_T}(k)\right]^T;\ \mathbf{H}_m(k) = \begin{bmatrix} H_{m,k}^{1,1}(k) & \ldots & H_{m,k}^{N_T,1}(k) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{m,k}^{1,N_R}(k) & \ldots & H_{m,k}^{N_T,N_R}(k) \end{bmatrix}. \qquad (3.15)$$

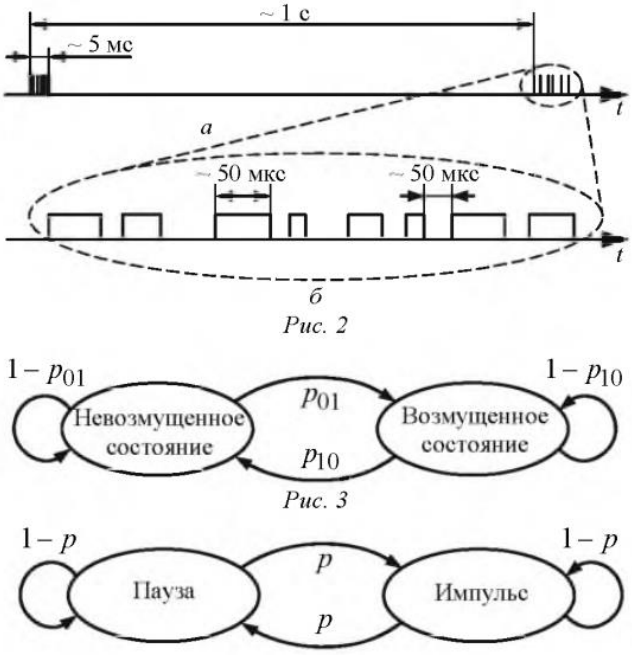
Арнаның жиілік сипаттамасының эталоны ретінде Джейкс моделі қолданылады. Джейкс моделін жүзеге асырудың бір түрі және аппроксимациялық функциялар ұсынылған Q әртүрлі ыдырау базисімен үлгіге сәйкес.

OFDM бар сигналдарда ортогональды тасымалдауыштар қолданылады, олардың жиілік шарттары:

$$\int_0^T \sin(2\pi f_l t)\, sin(2\pi f_k t)\, dt = 0, k \neq l, \qquad (3.16)$$

мұнда Т-символдың ұзақтығы;
f_k, f_l – k және l арналарының жиілігі.

Жиілігі бойынша ішкі арнаның неғұрлым тығыз орналасуы есебінен OFDM бар сигналдардың спектрлік тиімділігі, жиіліктік манипуляциямен классикалық сигналдардың спектрлік тиімділігімен салыстырғанда айтарлықтай жоғары. Есептеулерді анық ашу үшін шудың OFDM жүйесіне әсерін көрсетемін. Уақытша динамика екі деңгейлі Марковтың үлгімен сипатталған. Жоғарғы деңгейдегі Марков тізбегі жай-күйлер арасындағы ауысу ықтималдығымен p_{01} және p_{10} импульс бумаларының пайда болуын сипаттайды. Буманың орташа ұзақтығы 5 мс құрайды, ал буманың орташа кезеңі - 1с. Осылайша, импульс бумаларымен жойылған уақыт үлесі $\mu = 5 * 10^{-3}$ құрайды. Төменгі деңгейдің Марков моделі буманың ішінде шу импульстерінің пайда болуын сипаттайды. Олардың арасындағы импульстер мен аралықтардың орташа ұзақтығы бірдей және $\tau = 50$мкс құрайды.



3.11 сурет – Төменгі деңгейдегі Марков моделі

Жоғары деңгейдегі Марков моделінің әсерін талдау кезінде импульстік бумалар арасындағы қашықтық тым үлкен болғандықтан жүйеде бар қателіктерді жөндеу блогы импульстерді уақыт бойынша біркелкі тарата алмайды. Деректерді практикада беру оқшауланған блоктар түрінде жүзеге асырылатындықтан, модельдің жоғарғы деңгейінің әрекеті оған блоктардың бөлігі импульстік шу кезінде қабылданады, ал импульс бумалары арасында бөлігі тек фондық аддитивті "ақ" Гауссов шуының әсерінен қателіктің тиісті ықтималдығымен түсіндіріледі.

OFDM импульстік шу импульстік қораптар аймағында қалған таңбалар әсерін қарастырайық. Дискретті түрлендіруді есептеу кезінде Фурье жинағы былайша өзгертіледі:

$$X(n) = \sum_{k=0}^{K-1} x(k) exp\left(-j\frac{2\pi}{K}nk\right). \quad (3.17)$$

Импульстік Шу 0 немесе 1 есебінің әсер ететін ықтималдықтар Марков тізбектің әрбір екі күйіндегі болуының орташа ықтималдығымен анықталады. Өтпелі матрицалар симметриялы болғандықтан, бұл ықтималдықтар бірдей, сондықтан:

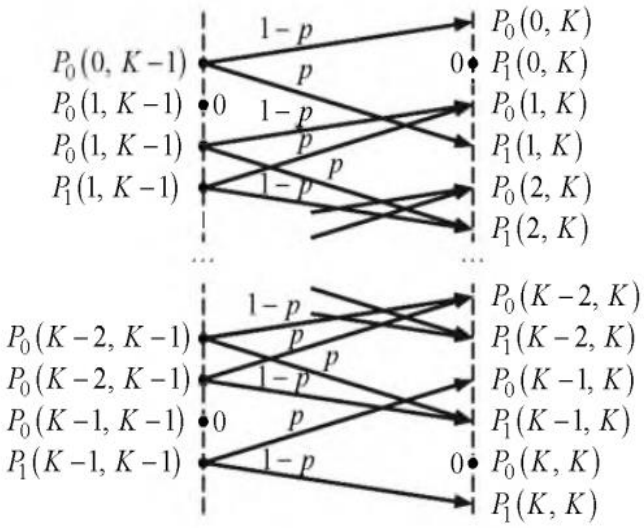
$$P_0(0,1) = P_1(1,1) = 0,5;$$
$$P_1(0,1) = P_0(1,1) = 0; \quad (3.18)$$

Бұдан әрі K блогының ұзындығын біртіндеп арттырудан тұратын рекурсия орындалады:

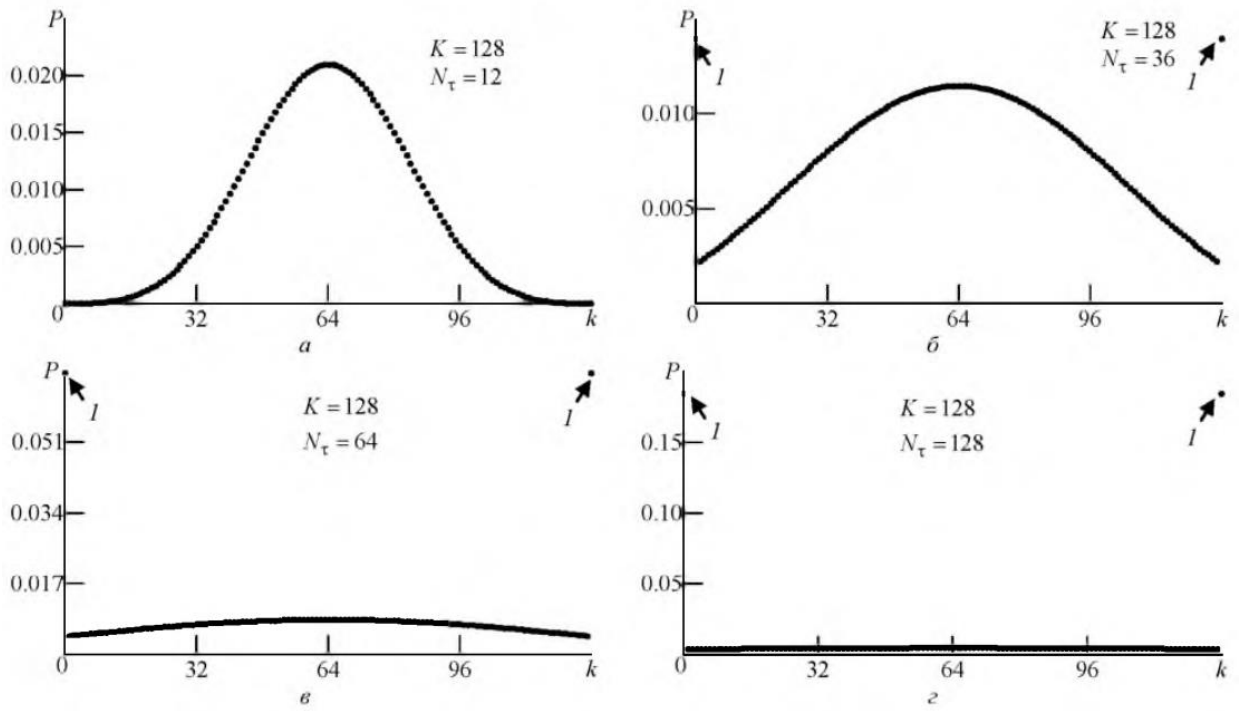
$$(\{P_0(k,K), P_1(k,K)\}, k = 0 \sim K), \quad (3.19)$$

Марков желісінің финалды сипаттамасының k есебі K-ға теңесіп ықтималдықтарын қосу қажет:

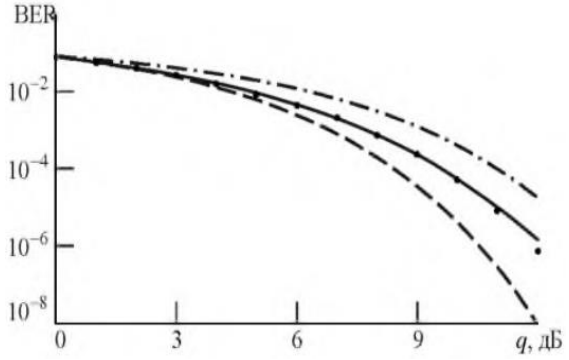
$$\mathrm{P}(k,K) = P_0(k,K) + \mathrm{P}_1(k,K). \quad (3.20)$$



3.12 сурет – Марков тізбегі



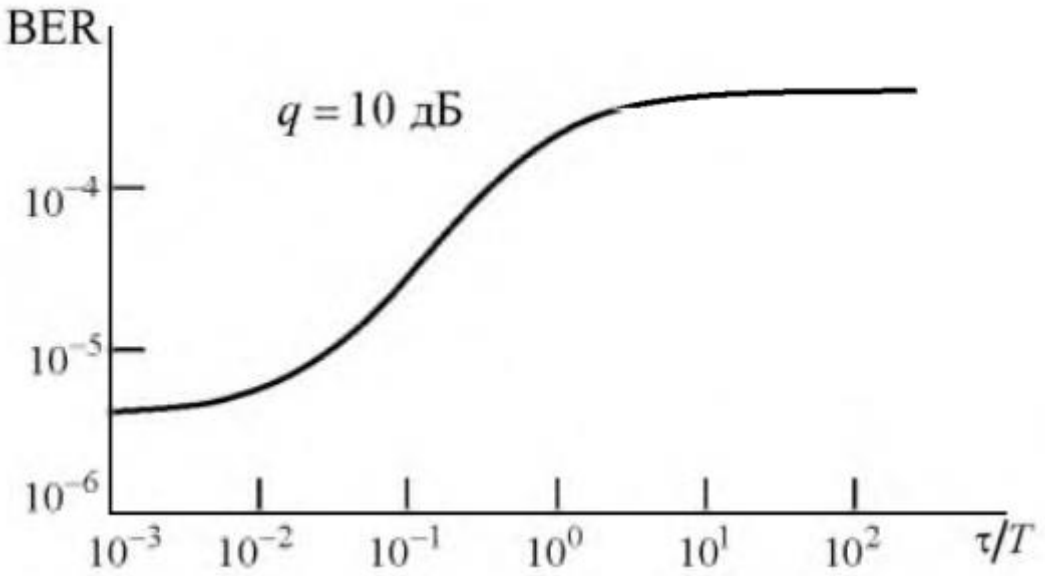
3.13 сурет – Импульстің орташа ұзақтығы



3.14 сурет – Биттік қателік ықтималдығының аналитикалық тәуелділігі

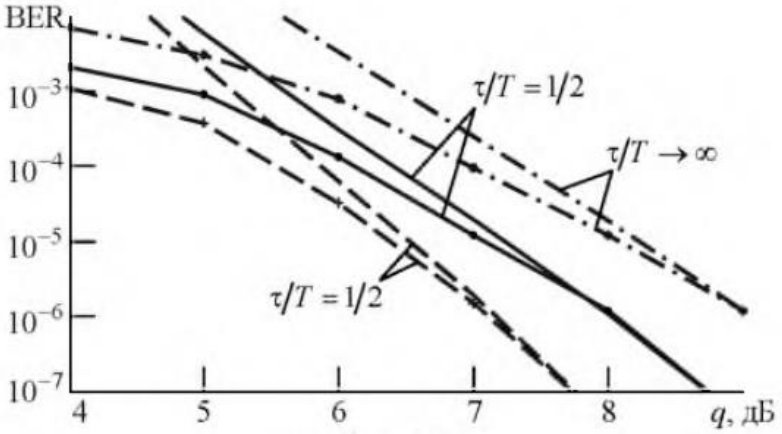
$q = E_b/N_{cp}$ тек импульстік шу болған жағдайда $(N_0 = 0, \gamma = \infty)$ 2048 OFDM жүйесі үшін. Шу импульсінің орташа ұзақтығы 400 санауды құрады, яғни, OFDM символдарының шамамен 20% ұзақтығын құрады. Графикте көрсетіліп тұрғандай, OFDM жүйесінің кисық бөгеуілдерден қорғауды көрсету сызығының стационарлық шу мен ұзын шу импульстерінің ең нашар жағдайы арасында жатыр.

Шуылдың стационарлық емес сипатынан ұтылуы 10^{-4} қатенің ықтималдығы бойынша 1,2дБ құрайды, ал ең жақсы және ең нашар жағдайлар арасындағы айырмашылық 2,5дБ-ге жетуі мүмкін. $q = 10$дБ, сигнал спектрінің ені 10МГц, шу импульсінің орташа ұзақтығы - 50мкс.



3.15 сурет – Бөгеуілге төзімділіктің тәуелділігі

Есептеу және модельдеу үшін 1/2 жылдамдықпен сверточный коды, 7 кодтық шектеуі мен 171_8 және 133_8 туындататын полиномдары қолданылды. D_{free} = 10 кодтың бос қашықтығы. Модельдеуші жүйе 256 поднесущиден тұрады. $\tau/T = 1/512$ – қысқа шу импульстері



3.16 сурет – Сигнал/шу қатынасына бит қателігінің тәуелділігі

Қарастырылған импульстік шулардың пайда болу уақытша динамикасын ескере отырып, кодталған және кодталмаған OFDM жүйелердің бөгетсіздігін есептеуге мүмкіндік береді. Егер Шу импульстерінің орташа ұзақтығы OFDM-символ ұзақтығынан 1%-дан аспайтын болса, Фурье есептелгеннен кейін импульстік шу деңгейін тиімді орташаландыру жүреді.

3.4 UMTS қабылдағышының сезімталдығын есептеу

Қабылдағыштың кірісіндегі сигналдың ең аз рұқсат етілген деңгейі ретінде анықталуы:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{ш}} + (E_b/N_0)_{\text{треб}} - G_{\text{обр}}. \quad (3.21)$$

мұнда (E_b/N_0) – талап етілетін E_b/N_0 мәні,

$G_{обр}$ – өңдеу ұтысы.

$P_ш$ – қабылдағыштың меншікті шуының қуаты.

Есепте қолданылатын негізгі параметрлер:

E_b/N_0 – биттің орташа энергиясының шудың спектрлік тығыздығына қатынасы. E_b/N_0 талап етілетін қатынасы оның сервис түріне, абоненттің және радиоарнаның қозғалыс жылдамдығына байланысты. Қабылдағыштың кірісіндегі сигналдың ең аз рұқсат етілген деңгейі E_b/N_0 талап етілетін қатынасына, пайдаланушы деректерін тарату жылдамдығы, қабылдағыштың аналогтық компоненттерінің сапасы, кедергілер деңгейіне байланысты болады.

Бөгеуілдерді әр түрлі қорек көздері тудыра алады: қызмет көрсететін сотаның байланыс абоненттері, басқа сота байланыс абоненттері, пайдаланылатын жиілік арнасының ауқымында әрекет ететін басқа да факторлар.

Қабылдағыштың меншікті шуылының қуаты:

$$P_ш = N + K_ш, \quad (3.22)$$

мұндағы N – қабылдағыштағы жылу шуының қуаты, (дБмВт).

$$N = k * T * B, \quad (3.23)$$

мұнда k – Больцман тұрақтысы $(1{,}38 * 10^{-23}$ Дж$/K)$,

T – өткізгіштің температурасы.

Қабылдағыштың жылу шуылының қуаты, сүзгінің өткізу жолағына байланысты. UMTS стандарты үшін келісілген сүзгі жолағын 3,84МГц деп есептейміз. DL желісі үшін, $К_ш$ = 7дБ қабылдағыш шуының коэффициенті, UL желісі үшін $К_ш$ = 2,5дБ, Т = 20°, $G_{обр}$ = 4дБ, E_b/N_0 = 7,9дБ, Абонент жылдамдығы – 3км/сағ. Желі типі – UL, Қызмет – телефония.

$$N = k \cdot T \cdot B = 1{,}38 * 10 - 23 * 293 * 3{,}84 * 106 = 1{,}55 * 10 - 14\text{Вт}, \quad (3.24)$$

$$N = 10 \cdot log\left(1.55 \cdot \frac{10^{-14}}{0.001}\right) = -108{,}2 \text{ дБмВт}. \quad (3.25)$$

Қабылдағыштың меншікті шуылының қуаты:

$$P_ш = N + K_ш = -108{,}2 + 2{,}5 = -105{,}7 \text{ дБ}. \quad (3.26)$$

Қабылдағыштың сезімталдығы:

$$P_{пр} = -105{,}7 + 7{,}9 - 4 = -101{,}8 \text{ дБ}. \quad (3.27)$$

Радиотолқындардың таралуымен байланысты есептеулер, негізінен радиоқатынау технологияларының барлығы үшін бірдей, пайдаланылатын тарату модельдері әр түрлі болғаны ғана айырмашылық білдіреді. Тағы бір жалпы ерекшелігі – бөгеуіл деңгейін бағалау қажеттілігі. LTE желісінде болатын ақауылдар мен бөгеуілдер параметрлерін есептедім.

4 Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімі

4.1 Қауіпсіздік пен зиянды факторлардың сипаттамасы

Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі– қоршаған ортада адам денсаулығы мен қауіпсіздігін сақтау туралы ғылым. Оның міндеті-адамға әсер ететін қауіптер мен зиянды факторларды анықтау; қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін осы факторларды төмендету шаралары мен тәсілдерін әзірлеу; адамды қорғаудың әдістері мен құралдарын әзірлеу; төтенше жағдайлардың алдын алу жөніндегі шараларды әзірлеу; төтенше жағдайлардағы іс-қимылдар туралы, төтенше жағдайлардың салдарын жою туралы.

Белгілі бір жағдайларда еңбек етуші адамға жарақат немесе денсаулық жағдайының басқа да күрт нашарлауына әкеп соқтыратын өндіріс фактордың әсер етуі қауіпті болып табылады. Егер өндіріс факторы ауруға немесе мүгедектікке әкеп соқса, ол да зиянды тобына жатады. Қауіпті және зиянды өндірістік факторлар төрт топқа бөлінеді: физикалық, химиялық, биологиялық және психофизикалық.

"Өміртіршілік қауіпсіздігі" бөлімінде жабдықтың дұрыс жұмысын бақылайтын қызметкерлердің еңбек жағдайларын талдау, қоршаған ортаға қолайсыз әсер ететін факторларды анықтау және қызметкерлердің еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз еттілді. Осы бөлімге жүргізілген зерттеулер оңтайлы еңбек жағдайларын қамтамасыз етуге бағытталған. Талаптардың практикалық іске асыруы, еңбек жағдайларын жақсартуға, компания қызметкерлерінің жұмысқа қабілеттілігін арттыруға және денсаулығын сақтауға ықпал ететін болады. Қызметкерлер осындай физикалық қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың әсеріне ұырайды: а) базалық станция сәулеленуінің адамға әсері; б) жұмыс орнының табиғи және жасанды ауаның жеткіліксіздігі; в) үй-жайлардағы табиғи және жасанды жарықтандырудың жеткіліксіздігі; г) үздіксіз жұмыс істеу үшін базалық станцияны баламалы электрмен жабдықтау.

Бұл дипломдық жұмыста сымсыз ұялы желіні құру үшін Huawei DBS3900 жабдығы қолданылады.

4.1 сурет – Huawei DBS3900

Дипломдық жобада қолданылатын "Huawei" фирмасының барлық мамандандырылған жабдығы және "Cisco" фирмасының коммутаторлары қауіпсіздік талаптары мен сәйкестік сертификаттары бар.

Жұмысшылар қорғаныш белдігінің карабинімен жүйелерге, жұмыстарды дайындаушы мастер алдын ала көрсететін орындарда берік бекітілуге міндетті. Электргазымен дәнекерлеушілермен қосалқы жұмыстарды орындайтын монтажшыларға қорғаныш әйнектері бар қалқандар немесе көзілдіріктер беріледі. Жүйелерді монтаждаумен айналысатын жұмысшылар арнайы киімде және арнайы аяқ киімде болуы тиіс. Көтергіш автомобильдер, механизмдер мен құралдар Мемкентехқадағалау нұсқаулықтарына сәйкес тіркелуі және техникалық куәландырылуы тиіс. Алдымен жүк аспаның дәлдігін, кранның тұрақтылығын және оның тежегіштері әрекетінің беріктігін бақылау мақсатында 100 мм биіктікке, одан әрі тағайындалған белгіге көтеріледі. Желдің күші 6 балл болған жағдайда (жылдамдығы 10,8... 13,8 м/с) жұмысты аяқтайды, ал кранды айдап кетуге қарсы құрылғылардың көмегімен бекітеді. Монтаждау орны шегінде қандай да бір басқа жұмыстармен қатар монтажды үйлестіруге тыйым салынады.

Қысу, қабыну, диаметрдің шамалы ұзындығына азаю жағдайында, әлсіз болуы немесе жіптердің терілуі, тростарда жөндеілмейтін ілмектердің пайда болуы кезінде строптар пайдалануға рұқсат етілмейді.

Монтаждау орны шегінде қандай да бір басқа жұмыстармен қатар монтажды үйлестіруге тыйым салынады.

Орнату алдында конструкцияны тазалайды және қажет болған жағдайда бояйды және күшейтеді. Барлық жұмыстар міндетті құжатқа "телефон станцияларында және телеграфтармен жұмыс кезінде еңбекті қорғау жөніндегі ереже» сәйкес жүргізіледі. Антенналық құрылыстарды жабдықтау және жөндеу биіктіктен құлау қаупімен ұштасады, электр тогының әсері, осы себепті жұмыстарды орындау кезінде қауіпсіздік техникасы ережелері қатаң сақталады. Антенна − мачталық құрылыстарды жөндеуге және толық жарақтандыруға арнаулы жабдықты білетін және медициналық ауытқулары жоқ, жұмысты биіктікте орындауға қабілетті 18 жастан асқан адамдар жіберіледі. Антенна − мачталық құрылыстарда, трансляциялаушы радио фидерлерінде жүргізілетін диагностика, жөндеу және телевизиялық хабар тарату наряд бойынша орындалады. Антенналық және фидерлік құрылыстарда қызмет көрсетуге және басқа жұмысқа арналған нарядты бас инженер немесе өкілетті антенна тобы ұсынады. Жұмыстың алдында бригаданың барлық мүшелерімен ағымдағы нұсқауларды қауіпсіз орындау бойынша инструктаж жүргізіледі[8].

Биіктікте жұмыс істеу кезінде аспаптар қажет болған жағдайда олар люлькаға бекітіледі, ал шағын механизм мен құрамдастар люлькаға бекітілетін монтер сөмкесіне салынады. Құрал-саймандарды діңгек жүйесіне қоюға қатаң тыйым салынады, құлаған жағдайда олар төменде жүргендерге зардап әкеледі. Люльканы көтеруге арналған қол жүкарбасын тиіс қызмет көрсетуге, кем дегенде екі жұмысшы істейді. Жұмысшылар жұмысты қауіпсіз

жүргізу ережелерін білуге міндетті. Сонымен қатар шығыр тұтқасы өз бетімен қозғала бастамау үшін, жұмысшылардың оны қолдан жіберуге құқығы жоқ.

4.1.1 Қорғау шаралары мен өрт қауіпсіздігі

Типтік электржабдықтау. Базалық станция үшін АД 20 Т400 дизельгенераторы көмегімен баламалы электржабдықтау пайдаланылады. Дизельгенератор АД 20 Т400 қуаты 20 КВт өнеркәсіптік нысандарды, кеңсе құрылыстарын, құрылыс алаңдарын, тұрғын үй объектілерін және т. б. негізгі және резервтік электрмен жабдықтау үшін электр энергиясын алуға арналған.

4.2 сурет – Дизельгенератор АД 20 Т400

Жұмыс орнын ұйымдастыру - бұл жұмыс орнын еңбек құралдарымен және объектілерімен жабдықтау және оларды белгілі тәртіпте орналастыру бойынша шаралар жүйесін жүргізу. Жұмыс орнын ұйымдастырудың мақсаты- жұмыс жағдайын оңтайландыру, адам жұмысының қауіпсіздігін барынша тиімділігі мен сапалығын қамтамасыз ету. Электр тогынан зақымданудан қорғау үшін келесі шаралар қолданылады:

- электрлік оқшаулау;
- оқшаулаудың зақымдануын бақылау және алдын алу;
- тоқ өткізгіш бөліктерге кездейсоқ жанасудан қорғау;
- Қорғаныстық жерге қосу, нөлдеу, қорғанысты ажырату;
- жеке қорғаныс құралдарын қолдану.

Антенналық құрылыстарды жабдықтау және жөндеу биіктіктен құлау қаупімен ұштасады, электр тогының әсері, осы себепті жұмыстарды орындау кезінде қауіпсіздік техникасы ережелері қатаң сақталады. Антенна − мачталық құрылыстарды жөндеуге және толық жарақтандыруға арнаулы жабдықты білетін және медициналық ауытқулары жоқ, жұмысты биіктікте орындауға қабілетті 18 жастан асқан адамдар жіберіледі. Антенна − мачталық құрылыстарда, трансляциялаушы радио фидерлерінде жүргізілетін диагностика, жөндеу және телевизиялық хабар тарату наряд бойынша орындалады. Антенналық және фидерлік құрылыстарда қызмет көрсетуге

және басқа жұмысқа арналған нарядты бас инженер немесе өкілетті антенна тобы ұсынады. Жұмыстың алдында бригаданың барлық мүшелерімен ағымдағы нұсқауларды қауіпсіз орындау бойынша инструктаж жүргізіледі. Биіктікте жұмыс істеу кезінде аспаптар қажет болған жағдайда олар люлькаға бекітіледі, ал шағын механизм мен құрамдастар люлькаға бекітілетін монтер сөмкесіне салынады. Құрал-саймандарды діңгек жүйесіне қоюға қатаң тыйым салынады, құлаған жағдайда олар төменде жүргендерге зардап әкеледі. Люльканы көтеруге арналған қол жүкарбасына стандартта белгіленгендей Гост 12.1.006-84 қызмет көрсетуге, кем дегенде екі жұмысшы істейді. Жұмысшылар жұмысты қауіпсіз жүргізу ережелерін білуге міндетті. Сонымен қатар шығыр тұтқасы өз бетімен қозғала бастамау үшін, жұмысшылардың оны қолдан жіберуге құқығы жоқ.

Желі құрылысының маңызды факторы болып өрт қауіпсіздігі объектінің белгілі бір жағдайда дұрыс орналасуымен өрттің пайда болу ықтималдығын болдырмайды, ал ол пайда болған жағдайда адамдарды қауіпсіз емес және зиянды өрт жағдайларынан қорғап және материалдық құндылықтарды жақсы жауып тұруы болып табылады. Өндірістік объектілерде өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін өрттерді жою жүйелері мен өрттен қауіпсіздік жүйелері орнатылады. Ғимараттың ішінде жануды сөндіру мақсатында құрал-жабдықтар болуға міндетті.

Өрт сөндіру, жанудың алдын алудың келесі принциптеріне негізделген.

- жану ошағын ауадан немесе жанғыш түсімдерден оқшаулау.
- ауада оттегінің шоғырлануын жану мүмкін емес мәнге дейін төмендету.
- жану ошағын тұтану температурасынан төмен температураға дейін салқындату.
- Химиялық реакциялардың жылдамдығын тежеу.

Өрт сөндіргіш заттарға су, ауа-механикалық көбік, инертті газдар, галогенкөміртекті құрамдар, ұнтақты құрамдар, қомбинациялық құрамдар жатады. Кернеудегі электр қондырғыларын сөндіру үшін көмірқышқыл және ұнтақты өрт сөндіргіштер қолданылады. Сигнализатор рөлінде түтін өрт хабарлағышын қолданамыз Bolid компаниясының ДИП-34А. Үй-жайдың биіктігі 3,5м-ге дейін болғанда, бір хабарлаушы бақылайтын ауданы 85$м^2$.

Өрт пайда болған кезде бөлмеде әрбір қызметкердің негізгі міндеті- адамдардың өмірін құтқару. Өрт қауіпсіздігі үшін жауапты адам және басқа қызметкерлер өрт болған жағдайда және оның белгілері пайда болған кезде:

- бұл туралы өрт департаментіне дереу хабарлауға, өрттің пайда болған орнын, не жанып жатқанын және өртке не қауіп төндіретінін көрсетіп, сондай-ақ өзінің лауазымы мен тегін, телефон нөмірін хабарлауға міндетті.
- адамдарды эвакуациялауды ұйымдастыру үшін дереу шаралар қолдану. Адамдарды өрт болған үй-жайдан, сондай-ақ оттың және жану өнімдерінің таралуына қауіп төндіретін үй-жайлардан эвакуациялау.

- Эвакуациямен бір мезгілде қолда бар өрт сөндіру құралдарының көмегімен өртті сөндіру жөн.

Бұл бөлімде өмір қауіпсіздігінің негізгі аспектілері қарастырылды. Жұмыс процесіне әсер ететін факторлар қарастырылды. Өрт қауіпсіздігіне басты назар аударылды.

4.1.2 Электр қауіпсіздігі мен найзағайдан қорғау

Базалық станцияда (БС) жұмыс істеу үшін бірқатар талаптарды өту қажет: медициналық куәландырудан өту, қабылдау нұсқаулығынан өту, еңбекті қорғау жөніндегі қағидалармен танысу және электр қауіпсіздігі бойынша біліктілік тобының үшінші санатынан төмен болмайды.

БС қызметкерлері міндетті:

- Ішкі жұмыс тәртібінің қағидаларын сақтау;
- Міндеттерге сәйкес базалық станциялардағы жұмыстарды уақытында білу және сақтау, жыл сайын электр қауіпсіздігі бойынша үшінші топ үшін дайындығынан өту;
- Қол, механикалық және электрондық құралдарды, сонымен қатар қауіпсіз жұмыс жүргізуді қамтамасыз етуге арналған құрылғылармен (баспалдақтар, сатылар және т. б.), қорғау құралдарымен (диэлектрлік қолғаптар мен кілемдер, оқшаулағыш тұтқалары бар аспаптар, кернеу индикаторлары, сақтандыру көзілдіріктері) қолдана білу дурыс;
- Электр тогынан және өзге де жазатайым оқиғалар жағдайларында зардап шеккендерге алғашқы медициналық көмек көрсету дағдыларын түсіну және меңгеру;

Радиожиіліктерді пайдалану қауіпсіздігі туралы сұрақтарды Дүниежүзілік Денсаулық сақтау ұйымының баяндамаларында да табуға болады. Бүгінгі таңда LTE технологияларын пайдалану аурулардың пайда болуына алып келетіндігін 100% растайтын бірде-бір зерттеу жоқ.

Антенналардың сәулелену деңгейі антеннаның биіктігіне, таратқыштың қуатына және сигнал алатын антеннаға дейінгі қашықтыққа байланысты екенің алғашқы физика негіздерінен білеміз. Осыған байланысты модемдерге деректерді тарату жылдамдығы өзгереді. 2010 жылы Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ) LTE антенналарынан радиосәулелендіру санын анықтау үшін тәжірибе өткізді.

LTE желілерінің 2,6ГГц диапазонында антенналардан сәулелену тек 4% - ды құрады, бұл рұқсат етілген нормативтерден 6 есе төмен. Көптеген адамдар ақпаратты тарату жылдамдығының артуымен орнатылған антенналардан сәулелену артады деп санайды. Алайда, станциялардың сәулелену қуаты трафик санына байланысты өзгереді. Барлық мобильді құрылғылар сервисті есепке ала отырып, деректерді ең аз жіберуге теңшелген. Сондықтан трафик аз пайдаланғанда жағдайда сәулелену іс жүзінде зиянсыз болады.

Нәтижесінде деректер алмасу жылдамдығы жоғары болған сайын, соғұрлым сәулеленетін қуат жоғары екенін түсінеміз. Алмасу жылдамдығы жоғары болған сайын, соғұрлым радиоалмасуды ұйымдастыру үшін пайдаланылатын жиілік жолағының орташа жиілігі жоғары болады. Орташа жиілік жоғары болған сайын, радиосигналдар сәулеленуінің рұқсат етілген қуаты кезінде сота радиусы соғұрлым аз болады.

Сота радиусы аз болған сайын, сота және ретрансляция станциялары соғұрлым көп. Сәйкесінше, технология радиожиіліктердің сәуле шығару стандарттары мен нормаларының барлық талаптарына толық сәйкес келеді. Ұялы операторлар нормаларды бұзбайды. Сонымен қатар, Ұялы мұнаралар жиі үлкен биіктікте орналасқан, сондықтан олардың барлық сигналы біздің үстімізден өтеді. Дегенмен, энергия ағынының тым үлкен тығыздығы денсаулыққа қауіпті. Негізі ондай жерлерде адамға кіруге болмайды. Мысалы, адам кіруіне тыйым салынған үлкен базалық станция аумағында, энергия ағынының тығыздығы 0,1 Вт/м^2-ден асады. Сондықтан ұялы операторлар жөндеу уақыты келгенде осындай мұнараларды ажыратады. Егер белгілі бір ауданда байланыс жоғалса, мұнараны уақытша өшірген шығар. Сонымен қатар, базалық станциялар әдеттегі адамның қол жетімділігінен тыс. Оларға тек әдейі жетуге болады. Көбінесе, тұрғындардың пәтерлерінде орнатылған он қол , сондай-ақ қысқа толқынды пештер мен ұялы телефондар (басқа жақын орналасқан) сізге ғимараттан тыс 100 метр қашықтықта орнатылған базалық станциядан гөрі әлдеқайда көп әсер етеді. Еңбекті қорғау жөніндегі ереженің қолданыстағы нормативтік актілердің негізінде, әрбір радиотелефондық байланыс ұйымында өндірістік процестердің нақты жағдайлары мен ерекшеліктерін ескере отырып, қызметкерлер үшін еңбекті қорғау жөніндегі нұсқаулықтар әзірленеді. Ережелерді ұйымның басшысы бекітеді.

Базалық станция дисплейлері операторларының жұмыс орындарында электромагниттік сәулелену параметрлерінің мәні бейнедисплей терминалдарына, дербес электронды-есептеу машиналарына және жұмысты ұйымдастыруға қойылатын гигиеналық талаптар: санитарлық ережелер мен нормалар талаптарына сәйкес. Үй-жайлардың табиғи және жасанды жарығы талаптарды қанағаттандыруы орындалады.

Найзағайдан қорғау жүйесі құрылыстарды найзағайдан қорғауға арналған және зиян келтіру мүмкіндігін болдырмайды. Найзағайдан қорғауды ұйымдастыру кезінде жеке найзағайды қабылдағыш, найзағайдан қорғау тросты жүйесі және ерекше найзағай қабылдағыш тор қолданылады. Жүйе найзағай қабылдағыш бөліктен, жерге тұйықтау құрылғысынан, потенциалдарды теңестіру жүйесінен тұрады.

Молниеприёмник − найзағайдың электрлік разрядтарын арнайы жасалған тұйықталған контурларға қабылдау және бұруға арналған, ол найзағайдың қабылдағыш рөлін атқаратын өзекше қосылған дөңгелек өткізгіштен тұрады. Найзағайдың энергиясы жерге тұйықтау құрылғысына ғимараттардың қабырғалары мен шатырлары бойынша арнайы төселген ток бұрғыштар арқылы бұрылады. Жерге қосу құрылғысы жер бойынша

энергияны таратуға және ғимаратта Электр қондырғыларын қорғауға арналған.

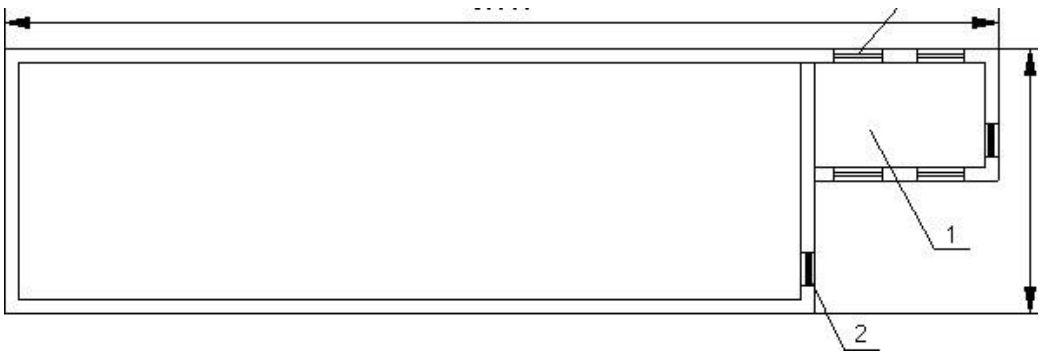
Жерге қосу құрылғысы жер бойынша энергияны таратуға және ғимаратта Электр қондырғыларын қорғауға арналған. Жерге тұйықтау қондырғысын орнату кезінде температураның ауытқуынан кедергінің ең аз маусымдық тәуелділігін қамтамасыз етіп, тоттанудан қорғау қажет.

4.2 Есептеу бөлімі

4.2.1 Жерге тұйықтауды есептеу

Есептеу әдістемелік нұсқаулар бойынша жүргізілді.

Ғимаратта жерлендіру(тұйықтау) түрі контурлы болып табылады, мұнда жерге қосқыштар ғимарат айналасындағы контурда орналасады. Ғимарат келесі өлшемдерге ие: А = 9 м, Б = 9 м.



4.4 сурет – 1 – түйін торабы; 2 – есік; 3 – терезе

Сызба тік электродтардан тұрады – ұзындығы $l_б$ = 3 м, диаметрі d = 50 мм болат құбырлардан тұрады. Олар контурдың периметріне тең көлденең ұзындық жолымен қосылған:

$$L_2 = P_к = (A + B + 2) * 2, \quad (4.1)$$

$$L_2 = P_к = (9 + 9 + 2) * 2 = 40м.$$

Көлденең электрод ретінде 40×мм секциялы болат жолақ қолданылады. Т0 = 0,5м жерде электродтардың тереңдігінің тереңдігі. Топырақтың ерекше қарсылықтары Р = 80 Ом. Табиғи жерге қосу құрылғысы ретінде RC = 20Ом-мен темірбетонды арматура қолданылады. Жерге тұйықталған ток Із = 70А Есептеу пайдалану коэффициенті әдісімен жүргізіледі. ЭҚЕ таралуына қажетті кедергі (электр қондырғыларын орнату ережелері):

$$R_3 = 125 / I_3, \quad (4.2)$$

$$R_3 = \frac{125}{70} = 1{,}78 \text{ Ом}.$$

Қажетті кедергінің табиғи жерге тұйықталуы:

$$R_{\text{ТР}} = \frac{R_{\text{Е}} * R_{\text{З}}}{R_{\text{Е}} - R_{\text{З}}}, \quad (4.3)$$

$$R_{\text{ТР}} = \frac{20 * 1{,}78}{20 - 1{,}78} = 1{,}95 \text{ Ом}.$$

Тік электродтар саны:

$$n_{\text{в}} = \text{Р}_{\text{к}}/\text{а}, \quad (4.4)$$

мұнда, а - тік жерге тұйықтағыштар арасындағы қашықтық, а / l_b = 1,2,3 артын да қолданылады, бұл жағдайда біз а = 3 м қабылдаймыз.

$$n_v = 36/3 = 12 \text{ дана}.$$

Тік және көлденең электродтар үшін топырақтың есептелген кедергісін анықтаңыз:

$$P_{\text{расч.в}} = k_{\text{С}} * P, \quad (4.5)$$

мұндағы: $k_{\text{С}}$ – топырақты мұздату және кептіру есебімен маусымдық коэффициенті және Қазақстанның климаттық аймағына байланысты - $k_{\text{С}}$ = 1,4; $k_{\text{С}}'$ = 2,5.

$$P_{\text{расч.в}} = 1{,}4 * 80 = 112 \text{ Ом} * \text{м},$$
$$P_{\text{расч.г}} = 2{,}5 * 80 = 200 \text{ Ом} * \text{м}. \quad (4.6)$$

Электродтардың таралуына болжалды кедергісі – тік Rв:

$$R_B = \frac{P_{\text{расч.в}}}{2\pi * L_B}\left(ln\frac{2L_B}{d} + \frac{1}{2}ln\frac{4t+l}{4t-6}\right), \quad (4.7)$$

$$R_B = \frac{112}{2 * 3{,}14 * 3}\left(ln\frac{2 * 3}{5} + \frac{1}{2}ln\frac{4 * 2 + 3}{4 * 2 - 3}\right) = 30{,}7 \text{ Ом}.$$

Горизонталды электрод кедергісі $R_{\text{г}}$:

$$R_{\text{г}} = \frac{P_{\text{расч.г}}}{2\pi * L_{\text{г}}} * ln\frac{{L_{\text{г}}}^2}{dt} \quad (4.8)$$

$$R_{\text{г}} = \frac{200}{2 * 3{,}14 * 36} * ln\frac{36^2}{0{,}5 * 0{,}04} = 10 \text{ Ом},$$

Тік және көлденең электродтарды пайдалану коэффициенттерін анықтаймыз: $\eta_{\text{в}}$ = 0,4; η_r = 0,21. Жерге қосылатын жерге тұйықтағышты таратуға кедергі келтірейік:

$$R_{\text{гр}} = \frac{R_{\text{в}} * R_{\text{г}}}{R_{\text{в}} * \eta_r + R_{\text{г}} * n_{\text{в}} * \eta_{\text{в}}}, \quad (4.9)$$

$$R_{\text{гр}} = \frac{30{,}7 * 10}{30{,}7 * 0{,}21 + 10 * 50 * 0{,}4} = 1{,}48 \text{ Ом},$$

Талап етілетін және есептелген жерлендіру кедергісі арасындағы сәйкессіздік мынада:

$$\Delta R = R\text{тр} - R\text{гр}, \tag{4.10}$$
$$\Delta R = 1{,}95 - 1{,}48 = 0{,}47 \text{ Ом}.$$

Біз жерге тұйықтағыштар санын азайтып, олардың арасындағы қашықтықты а = 6 м, ал $n_{\text{в}}$ = $P_{\text{к}}$/а = 36/6 = 6 дана.

$$R_{\text{гр}} = \frac{30{,}7 * 10}{30{,}7 * 0{,}21 + 10 * 0{,}61 * 25} = 1{,}9 \text{ Ом},$$

5 Қабылданған шешімдердің техникалық-экономикалық негіздемесі

Жобалау құжаттамасын әзірлеу және байланыс желісін қалыптастырудың экономикалық және қаржылық сипаттамаларын есептеу кезінде, міндетті түрде басты техникалық-экономикалық көрсеткіштер келтірілуі тиіс.

5.1 Жобаға салымдар капиталын есептеу

Капиталдық инвестициялар және жаңа жабдықты пайдалануға енгізу келесі құрамдастардан құралады:

1) жабдықтың құны;
2) жабдықты орнату және монтаждау;
3) құрылыс-монтаж жұмыстарының құны;
4) көлік шығындары.

Бұл жобада LTE желісін пайдалануға енгізуді қаржыландыру бойынша барлық шығындар қызмет провайдерінің меншікті қаражаты есебінен қарастырылады. Кабельді төсеуге кететін шығындар мына формула бойынша есептеледі:

$$C_{\Sigma} = C_{\text{ок}} * L_{\text{ок}} \quad (5.1)$$

мұндағы $C_{\text{ок}}$ – құбыр және топырақ бойынша 1км оптикалық кәбілді төсеу бағасы, $C_{\text{ок}} = 926\ 658$ тг.

$L_{\text{ок}}$ – төселетін оптикалық кабельдің ұзындығы, $L_{\text{ок}} = 40$км

$$C_{\Sigma} = 925000 * 40 = 37000000 \text{ (тг)}$$

Жабдықты монтаждау және жабдықтау бағасы желілік жабдық бағасының нәтижесінен пайызбен есептеледі. Қосалқы жабдықтың құрылыс-монтаж жұмыстарының құны қосымша жабдық бағасының нәтижесінен пайызбен есептеледі. Аралық, жұмыстың күрделілігіне байланысты (15-30%)

5.1 кесте – Бірінші кезеңдегі салымдар капиталын есептеу

Жабдықтың атауы және техникалық сипаттамасы, Орындалатын жұмыстардың түрлері	Саны	ҚҚСпен Бағасы 18%,тг.	Барлығының құны, тг.
Базалық станция контроллері eCNS600	1	2 930 000	2 930 000
Базалық жиіліктерді өңдеу блогы BBU3900	14	1 350 000	18 900 000
Жылжымалы радиожиілік блогы RRU3222	42	700 000	29 400 000
Антенна Remote Electric Tilt (RET)	42	325 000	13 650 000
iManager M2000	1	1 125 000	1 125 000
eNB орнатуға арналған радиобашня	14	900 000	12 600 000
Үздіксіз қоректендіру көзі	15	225 000	3 375 000

5.1 кестенің жалғасы			
Жабдықтың атауы және техникалық сипаттамасы, Орындалатын жұмыстардың түрлері	Саны	ҚҚСпен Бағасы 18%,тг.	Барлығының құны, тг.
Конвектор «Timit W4CT 1104D 1500W»	14	235 000	3 290 000
Оптикалық Кабель ОКСТМ-10-01-0,224Е(1.5)	40км	150 000	4 500 000
Оптикалық кабельді монтаждау	40км	800 000	32 000 000
Барлығы			**121 770 000**
Ыдыс және буып-түю		0,5%	608 850
Транспорттық шығындары		4%	4 870 800
Дайындалған склад шығындары		1%	1 217 700
Орнату және баптау		15%	18 265 500
Сомасы			**24 354 000**
Қосымша жабдықтар			
Орнату-монтаждау жиынтығы	60	400 000	24 000 000
Тұтас металды жабдықтар орналастыру үшін eNB контейнер, өндіруші ООО «ПМК»	14	225 000	3 150 000
Найзағайдан қорғау блогы	14	125 000	1 750 000
Барлығы			**28 900 000**
Смета бойынша			**175 024 000**
Есепке алынбаған жабдық		10%	17 502 400
Спектрі үшін бір ақы төлеу РЭС (100 МГц)			450 000
БАРЛЫҒЫ			**1 92 976 400**

5.2 Жылдық пайдалану шығындарының есебі

Пайдалану шығындары компанияның байланыс қызметтерін өндіруге жұмсалатын ағымдағы шығындарды қарастырамыз. Пайдалану шығындарының құрылымында желіні ұстау мен сервисіне арналған шығындар енгізілген. Пайдалану шығындары өзінің қаржылық мәніне сәйкес байланыс қызметтерінің құнын ақшалай түрде көрсетеді. Демек, пайдалану шығындары барлық меншік нысанындағы компаниялар экономикасының барлық салалары үшін белгіленген экономикалық элементтер бойынша шығындар тобының негізінде есептеледі:

1) жұмысшылардың жалақысы;
2) мемлекеттік бюджеттен тыс қорларға сақтандыру жарналары;
3) амортизациялық аударымдар;
4) материалдық шығындар;

5) басқа шығындар;
6) еңбекақы төлеу шығындары.

Жылдық жалақы қорынан төлем жасау мақсатында өндірістік персоналдың санын белгілеу қажет. Дипломдық жұмыста таңдалған жабдық қызмет көрсетуші персоналдың үздіксіз болуын талап етпейді. Осы себепті барлық топ сервистік жарақтандыруға сәйкес авариялық алдын алу жұмыстары үшін мамандардан құралады.

5.2 кесте – Қызмет көрсететін персоналдың құрамы

Лауазымдар атауы	Оклад, тг.	Адамдар саны	Жалақы сомасы, тг.
Инженер	150 000	1	150 000
Электромеханик	125 000	1	125 000
Монтажник	100 000	3	300 000
Жалпы алғанда	375 000	5	575 000

Жалпы жылдық еңбекақы төлеу қорының көлемін мына формула бойынша есептеуге болады:

$$ФОТг = ФЗП*Nм*Пр*Кр*Квр, \quad (5.2)$$

мұнда ФЗП − негізгі жалақы қоры, ФЗП = 575 000 тг ;

Nм − жылдағы айлар саны, *Nм* = 12;

Пр – премия мөлшері, *Пр* = 1,3 (30%);

Кр – аудандық коэффициент, *Кр* = 1,1;

Квр – зиянды еңбек жағдайлары бар жұмыс үшін қосымша төлемді ескеретін коэффициент, Квр = 1,04.

$$ФОТг = 575000 * 12 * 1,3 * 1,1 * 1,04 = 10261680 \text{ (тг)}.$$

Мемлекеттік бюджеттен тыс қорларға сақтандыру жарналары ФОТ-30% құрайды:

$$СВ = ФОТг * 0,3$$

$$СВ = 10261680 * 0,3 = 30785040 \text{ (тг)} \quad (5.3)$$

5.2.1 Амортизациялық аударымдар.

Өндірістік қорларды толық қалпына келтіруге арналған амортизациялық аударымдар мынадай формула бойынша анықталады:

$$A = K_{\text{осн}.i} * H_{\text{а}.i} \quad (5.4)$$

мұндағы $K_{\text{осн}.i}$ – негізгі қорлардың бастапқы құны ($K_{\text{осн}.i}$ жабдыққа арналған шығындардан тұрады);

$H_{а.i}$ – негізгі қорлардың амортизациялық аударымдарының нормасы. $H_{а.i}$ =5%

$$А = 192976400 * 0,05 = 9648820 \text{ (тг)}.$$

5.2.2 Материалдық шығындар.

Материалдық шығындардың шамасы өндірістік мұқтаждықтар үшін электр энергиясын төлеуді, материалдар мен қосалқы бөлшектерге арналған шығындарды қамтиды. Материалдық шығындардың құрамдас бөліктері мынадай формула бойынша анықталады:

$$М_з = З_{эн} + З_м \quad (5.5)$$

мұнда $З_{эн}$ – электр энергиясын төлеуге арналған шығындар;

$З_м$ – материалдар мен қосалқы бөлшектерге арналған шығындар.

Электр энергиясын төлеуге арналған шығындар жабдықтың қуатына байланысты мынадай формула бойынша анықталады:

$$З_{эн} = Т * 24 * 365 * Р, \quad (5.6)$$

мұнда Т – электр энергиясының тарифі, Т = 21 тг/кВт/час;

Р – жабдықтың қуаты, Р = 6кВт.

$$З_{эн} = 21 * 24 * 365 * 6 = 1103760 \text{ (тг)}.$$

Материалдар мен қосалқы бөлшектерге кететін шығындар капиталдық салымдардан 1 % құрайды және мына формула бойынша анықталады:

$$З_м = K * 0.01$$

$$З_м = 192976400 * 0.01 = 1929764 \text{ (тг)}. \quad (5.7)$$

Жалпы материалдық шығындардың шамасы:

$$М_з = 1103760 + 1929764 = 3033524 \text{ (тг)}.$$

Жылжымалы ұялы байланыс операторларынан радиобашнядағы базалық станция үшін подвес орнын жалға алу. Подвес орындарын жалдаудың жалпы құны мынадай формула бойынша анықталады:

$$З_{общ.ар} = З_{ар} * N_{ар}, \quad (5.8)$$

мұнда $З_{ар}$ – жылына бір подвес орнының құны, $З_{ар}$ = 1 100 000 тг.

$N_{ар}$ – жалға алынатын жертөлелердің саны, $N_{ар}$= 14

$$З_{общ.ар} = 1100000 * 14 = 15400000 \text{ (тг)}.$$

Өзге де шығындар жалпы өндірістік және шаруашылық шығындарды пайдалану, ғимараттарды жөндеу мен қызмет көрсетуді, салықтардың кейбір

түрлерін, меншікті сақтандыруды, жарнамаға, аудитке және өкілдік шығындарға арналған шығыстарды ескереді. Өзге шығындар мынадай формула бойынша есептеледі:

$$З_{пр} = 0{,}4 * ФОТ$$

$$З_{пр} = 0{,}4 * 10261680 = 4104672 \text{ (тг).} \quad (5.9)$$

Ұялы байланыстың радиотехнологиялары үшін радиожиілік ауқымын пайдаланғаны үшін біржолғы төлем мөлшері радиожиіліктің әрбір жолағына сәйкес қалыптастырылады.

5.3 кесте – Жылдық пайдалану шығындары

Шығын түрлері	Шығындар сомасы, тг.
Жылдық еңбекақы төлеу қоры ($ФОТ_г$)	10 261 680
Мемлекеттік бюджеттен тыс қорларға сақтандыру жарналары ($СВ$)	30 785 040
Амортизациялық аударымдар ($А$)	9 648 820
Материалдық шығындар ($М_з$)	3 033 524
БС подвес орындарын жалға алу ($З_{общ.ар}$)	15 400 000
Басқа шығындар($З_{пр}$)	4 104 672
Жиілікті жалдау	2 936 250
Барлығы	76 169 986

5.3 Тарифтік пайданы есептеу

LTE желісі оған ең көп абоненттің қосылуы негізіне қарай жобаланады. Арқалық ауданының тұрақты тұратын халқы – 24,5 мың адамды құрайды. Жобаланатын желідегі абоненттердің саны интернет желісіне USB – LTE модем (Nаб.инт) арқылы қосылғандар, қызметтің ену коэффициентін ескере отырып 30% құрайды.

$N_{аб.инт_1} = 24500 * 0{,}30 = 7350$, тұрақты тұратындар үшін

$N_{аб.инт_2} = 20000 * 0{,}30 = 6000$, 2 маусым бойы қосылғандар саны

$N_{аб.инт_3} = 2000 * 0{,}30 = 600$, жылдын қалған уақытында қосылғандар

5.4 кесте – Болжанатын тарифтік жоспарлар және олардың тұрақты тұратындар үшін құны

Тарифтік жоспарлар	Қосылу жылдамдығы	Тариф құны, тг./ай.	Шегі	Қосылған пайдаланушылардың шамамен саны
Mini	Шектеусіз	1000	3Гб	3500
Maxi	Шектеусіз	1750	13Гб	2500
VIP	Шектеусіз	2300	27 Гб	1350

USB-LTE модемнің көмегімен Интернет желісіне қол жеткізу қызметін ұсынудан түскен жиынтық тарифтік табысы мынадай формула бойынша анықталады:

$$D_1 = \sum_i T_i * N_i * 12 \quad (5.10)$$

T_i – тарифтік жоспардың құны;

N_i – осы тарифтік жоспарға қосылған абоненттердің болжамды саны.

$$D_1 = [1000 * 3500 + 1750 * 2500 + 2300 * 1350] * 12 =$$
$$= [3500000 + 4375000 + 3105000] * 12 = 467\ 100\ 000 \text{ (тг)}.$$

USB-LTE модемдерді сатудан түскен табыс мына формула бойынша табамыз:

$$D_2 = N_{\text{аб.инт}_{\text{общ}}} * (Z_{\text{п}} - Z_{\text{з}}) \quad (5.11)$$

мұнда $Z_{\text{п}}$ – бір USB-LTE модемнің сату құны, $Z_{\text{п}}$ = 12 250 тг.;

$Z_{\text{з}}$ – бір USB-LTE модемнің сатып алу бағасы, $Z_{\text{з}}$ = 8 750 тг.

$$D_2 = 13950 * (12250 - 8750) = 48\ 825\ 000 \text{ (тг)}.$$

LTE желісінің байланыс қызметтерінен түсетін жалпы тарифтік табыс мынадай формула бойынша есептеледі:

$$D_{\text{общ}} = 467\ 100\ 000 + 48\ 825\ 000 = 515\ 925\ 000\text{тг}. \quad (5.12)$$

5.4 Бірінші жылдағы жобаны пайдаланудың экономикалық тиімділік көрсеткіштерін бағалау.

Өтімділік мерзімі – іске асырылған жоба, жыл сайынғы шығындардан асып түсетін пайда әкеле бастаған уақыт кезеңі. Өтімділік мерзімін бағалау үшін таза ақша табысын есептеу қағидасын қолдануға болады (NPV), ол n-ші уақыт кезеңінің соңына табыс мөлшерін көрсетеді. Бұл әдіс бастапқы инвестициялардың (IC) шамасын бүкіл есептік кезеңдегі дисконтталған таза ақша түсімдерінің (PV) жалпы сомасымен салыстыруға негізделген. Басқаша айтқанда, бұл көрсеткіш табыс пен инвестициялардың дисконтталған көрсеткіштерінің айырмашылығы болып табылады.

Дисконт ставкасы әртүрлі тәсілдермен есептелуі мүмкін, ең қарапайым кумулятивті болып табылады, бұл ретте ол ретінде ұзақ мерзімді валюталық депозиттер бойынша орташа ставка таңдап алынады және шамамен 20% құрайды. Бұл ставка негізінен ішкі нарықтық факторлардың әсерінен қалыптасады. P параметрі өткен жылдарды ескерместен, белгілі жыл ішінде алынған пайданы көрсетеді.

$$NPV = PV - IC \quad (5.13)$$

мұндағы PV − ақшалай табыс;

IC − n-кезеңнің басында ақша қаражатының кетуі.

$$PV = \sum_{n=1}^{T} \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (5.14)$$

мұндағы P_n – n-жылы алынған табыс,

I – дисконт нормасы,

T – есеп жүргізілетін жылдар саны.

$$IC = \sum_{n=1}^{m} \frac{I_n}{(1+i)^{n-1}} \quad (5.15)$$

мұндағы I_n – n-ші жылдағы Инвестициялар,

I – дисконт нормасы,

m – төлемдер жүргізілетін жылдар саны.

Дисконт мөлшерлемесі әртүрлі тәсілдермен есептелуі мүмкін, ең қарапайымы кумулятивті, ол ретінде ұзақ мерзімді валюталық депозиттер бойынша орташа ставка таңдап алынады және шамамен 20% құрайды. Бұл ставка негізінен ішкі нарықтық факторлардың әсерінен қалыптасады.

P – параметрі өткен жылдарды ескерместен, кейбір жыл ішінде алынған пайданы көрсетеді.

5.5 кесте – Дисконтты ескере отырып, жобаның экономикалық көрсеткіштерін бағалау.

Жыл	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	192 976 400	192 976 400	-192 976 400
1	351 804 011	31 144 800	76 169 986	48 251 176	-17 106 376
2	467 100 000	429 937 499	76 169 986	56 297 756	2 496 010 129
3	467 100 000	358 281 249	76 169 986	64 344 336	2 567 666 379
4	467 100 000	891 518 400	76 169 986	699 322 38,8	2 034 429 228
5	467 100 000	1 069 822 080	76 169 986	786 303 468	1 856 125 548
6	467 100 000	1 238 220 000	76 169 986	449 507 628	1 687 727 628

6 жыл ішіндегі NPV(20%) = 2 925 947 628тг.

$$\text{Пайда} = 515925000 - 76169986 = 439755014$$

$$P = 439755014 * 0{,}8 = 351\ 804\ 011. \quad (5.15)$$

Кестеден көрініп тұрғандай, табыс пен шығындар арасында, табыс 3 жыл ішінде пайда болады.

Рентабельділік индексі осы күнге келтірілген кірістердің инвестициялық шығыстарға қатынасын сипаттайтын салыстырмалы көрсеткіш болып табылады және мына формула бойынша есептеледі:

$$PI = \sum_{n=1}^{T} \frac{P_n}{(1+i)^n} / \sum_{n=1}^{m} \frac{IC_n}{(1+i)^{n-1}}. \quad (5.16)$$

PI > 1, болса онда жоба тиімді; егер PI < 1 болса, онда жоба тиімсіз және пайда әкелмейді; егер PI = 1 болса, онда жоба пайдалы да, шығынды да емес.

$$PI = \frac{3\ 916\ 284\ 620{,}4}{1\ 092\ 976\ 400} = 20{,}2$$

PI >1 болғандықтан, жоба рентабельді және табысты болады.

5.5 кесте – Жобаның техникалық-экономикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Мәні
1. Жоспарланған абоненттер саны	13950
2. Желінің өткізу қабілеті, Мбит/с	2368
3. LTE стандартының базалық станциялар саны	9
4. Капиталдық жалпы салымдар, тг.	1 92 976 400
5. Жылдық пайдалану шығындары тг.	76 169 986
6. Капитал шығындарының өтелу мерзімі, лет	2
7. Қызметкерлер саны, адамдар	5
8. Жылдық табыс, тг.	515 925 000

Алынған техникалық-экономикалық көрсеткіштер бойынша осы жоба Арқалық ауданының LTE технологиясы бойынша сымсыз технологиясын ұсыну экономика жағынан тиімді және оны жүзеге асыру орынды болып табылады.

Қорытынды

Дипломдық жұмысты орындау барысында LTE технологиясына аналитикалық және классификациялық зерттеулер жүргіздім, сонымен қатар LTE байланыс каналдарының немесе толық көрсетілген жүйенің әр түрлі кедергілерге тұрақтылығы және осыған байланысты жабдықтардың қандай себебтермен тандалғаның түсіндіріп кетуге тырыстым. 4G ұялы байланысының артықшылықтары мен кемшіліктеріне тоқталдым. Қазіргі уақыттағы оның ары қарай дамуы мен адамдардың өмірлеріне қандай өзгерістер әкелгенің айтып кеткен болатынмын. LTE сымсыз кеңжолақты жоғары жылдамдықты деректерді тарату стандарты технологиялардың алдында телекоммуникациялық нарықта сөзсіз артықшылыққа ие. Алайда, қазіргі уақытта сұраныс сапалы байланыс қызметтерін алуға кажеттілік етеді. Соған байланысты сымсыз байланыс жүйесінде сигналдың таралуы мен сигналды қабылдау немесе тарату моделдері мен құрылғыларының теориялық және практикалық түрлерін көрсеттім. LTE технологиясының байланыс арналарының кедергіге төзімділігін арттыруға MIMO көпантенналы жүйесін қолдау, квадраттық амплитудалық модуляцияны қолдану, OFDM технологиясын қолдану ықпал етеді. Сонымен қатар, бұл технологияларды қолдану деректерді беру жылдамдығын айтарлықтай арттырады және кідірісті төмендетеді. Зерттеу нәтижелері сигнал сапасына сыртқы факторлар ғана емес, сонымен қатар деректерді өңдеу әдістері де әсер ететінін көрсетті. Радиосигналдың сапасын арттыру үшін көп позициялы модуляция, сигналдың кеңістіктік кодтау әдістерін қолданады.

Әдебиеттер тізімі

1 Тихвинский В.О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура / В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, А.Б. Юрчук. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 284с.

2 Вишневский В., Красилов., Шахнович И. Технология сотовой связи LTE – почти 4G. Связь и телекоммуникация –№3. –2009.

3 Дельман Э., Фурускар А., Ядинг. Радиоинтерфейс LTE в деталях. – Сети и системы связи –№9. –2008. 5 Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В.

4 Крейнделин В.Б. Алгоритм совместной демодуляции и оценивания параметров канала связи в системах связи с несколькими антеннами (MIMO) и ортогональным частотным мультиплексированием (OFDM) / В.Б. Крейнделин, А.В. Колесников // Цифровая обработка сигналов, Москва, № 1, 2011, с. 45-48.

5 Bagadi K. MIMO-OFDM Channel Estimation Using Pilot Carries / K. Bagadi, S. Das // International Journal of Computer Applications, Volume 2, № 3, 2010, с. 81-88. 3

6 Исмаилов А.В. Комплексная оценка радиоканалов по информационным символам MIMO-OFDM сигналов с помощью многомерной фильтрации Калмана / А.В. Исмаилов, Д.С. Кукушкин, Л.Н. Казаков // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. № 10, 2012. – Режим доступа: http://technomag.edu.ru/doc/465244.html. – Загл. с экрана.

7 Сергиенко А. Б., Натальин А. Б., Сидоров М. С. Влияние импульсного шума на помехоустойчивость некодированной системы связи с DMT//Докл. 9-й междунар. конф. "Цифровая обработка сигналов и ее применение" (DSPA-2007), М., 28-30 марта 2007 г./РНТОРЭС им. А. С. Попова. М., 2007. С. 183-187.

8 Жандаулетова Ф.Р. Охрана труда: учебник для вузов / Т.Е. Хакимжанов, Т.С. Санатова; МОН РК, НАО АУЭС. -Алматы : АУЭС, 2019. - 399 с

9 Гост 12.1.006-84 (ст сэв 5801-86) Система стандартов безопасности труда электромагнитные поля радиочастот допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля- МИНТ РК от 12 июля 2014 года - Астана.

10 ГОСТ 464-79, «Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов и антенн систем коллективного приема телевидения».

11 [Электронный ресурс]. www.mforum.ru – мобильный форум России (өтініш берген күні: 6.05.2020).