ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«ҒҰМАРБЕК ДАУКЕЕВ 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, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: LTE технологиясының сигналдарына әсер ететін бөгеуілдерді бағалау

Мамандығы: 5В071900 Радиотехника,электроника және телекоммуникациялар

Орындаған: Жаксылыков Руслан Айтжанугли Тобы: РЭТ(МТС)к-16-2
(Т.А.Ж.)

Ғылыми жетекшісі: ф.м.ғ.д, доцент, Хизирова Мухаббат Абдисаттаровна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)

Кеңесшілер:

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.д, доцент, Хизирова Мухаббат Абдисаттаровна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)

Нормобақылаушы: аға оқытушы, Накисбекова Балауса Рыскожаевна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)

Пікір беруші: _____
(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: Жаксылыков Руслан Айтжанугли_____
(Т.А.Ж.)

Жобаның тақырыбы LTE технологиясының сигналдарына әсер ететін бөгеуілдерді 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):
4G-да тарату жылдамдығы 100 Мбит/с – 1 Гбит/с_____
Стандарт бойынша деректерді берудің максималды жылдамдығы 14,4 Мбит/сек_____
Қолданыстағы практикалық қол жетімді жылдамдық шамамен 8 Мбит/сек___
Сәуле шығару қуаты 1 Вт _____
5G-да тарату жылдамдығы 1 Гбит/с – 10 Гбит/с_____

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс мәселелер тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:
Кіріспе_____
1. LTE/LTE Advanced технологияларына шолу _____
2. LTE технологиясының байланыс арналарының бөгеуілге төзімділігін зерттеу_____
3. Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі_____
4. Экономикалық бөлім_____
Қорытынды_____
Пайдаланған әдебиеттер тізімі_____

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі:

3G – ден 5G-ға дейінгі мобильді жүйелер ұрпақтарының эволюциясы және дамуы

LTE технологияласы бойынша радиоинтерфейсі құру принциптері

LTE/LTE Advanced желісінің архитектурасы

LTE-де қызмет көрсету сапасы (Quality of Service)

LTE технологиясының байланыс арналарының бөгеуілге төзімділігін зерттеу

Модельды формалау

Имитациялық модельдеу

Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі

Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1. Абдул Базит. Расчет сетей LTE. – Хельсинкий технологический университет,2009

2. Бакулин М.Г., Варукина Л.А., Крейнделин В.Б. Технология MIMO. Принципы и алгоритмы. – М.: Горячая линия – Телеком - 2014.–242 с.

3. Вишневский В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. – Энциклопедия 4G, Москва, «Техносфера», 2009 – 314 с.

4. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи. – М.: Экотрендз – 2005. – 392 с.

Жоба бойынша жобаның бөлімдеріне қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімдері	Кеңесшілері	Мерзімі	Қолы
Экономика	Тузелбаев Б.И.	11.05.2020ж	
Ө.Т.Қ.Н.	Жандаулетова Ф.Р.	18.05.2020ж	
Негізгі бөлім	Хизирова М.А.	03.03.2020ж	
Есептеу техникасы	Хизирова М.А.	12.04.2020ж	
Норма бақылаушы	Накисбекова Б.Р.	10.06.2020ж	

Диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізімі	Ғылымижетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1. Кіріспе	10.02. 2020ж.	
2. LTE/LTE Advanced технологияларына шолу	10.02. 2020ж.	
3. 3G-ден 5G-ға дейінгі мобильді жүйелер ұрпақтарының эволюциясы және дамуы	10.02. 2020ж.	
4.LTE технологиясы бойынша радиоинтерфейсті құру принциптері	10.04. 2020ж.	
5. LTE/LTE Advanced желісінің архитектурасы	10.04. 2020ж.	
6. LTE-де қызмет көрсету сапасы (Quality of Service)	10.04. 2020ж.	
7. LTE технологиясының байланыс арналарының бөгеуілге төзімділігін зерттеу	10.04. 2020ж.	
8. MATLAB бағдарламасында сигналдарды сандық өңдеуді модельдеу	10.04. 2020ж.	
9. Модельды формалау	30.04. 2020ж.	
10. Есептеу бөлімі	10.05. 2020ж.	
11. Экономикалық бөлім	10.05. 2020ж.	
12. Финанстық жоспар	10.05. 2020ж.	
13. Қорытынды	20.05.2020ж.	

Тапсырманың берілген уақыты «10» ақпан 2020 ж.

Кафедра меңгерушісі _____ Темырканова Эльвира Кадылбековна
(қолы) (Т.А.Ж.)

Жобаның
Ғылыми жетекшісі_____ Хизирова Мухаббат Абдисаттаровна
(қолы) (Т.А.Ж.)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____ Жаксылыков Руслан Айтжанугли
(қолы) (Т.А.Ж.)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жұмыста LTE технологиясындағы байланыс арнасына бөгеуілдердің әсерін зерттеу қарастырылған. Сонымен қатар, 4G стандарты технологияларының негізгі көрсеткіштері, LTE желілерінің архитектурасы, LTE желісін құруға және жұмыс істеуіне қойылатын талаптар қарастырылды. Қажетті жабдықты таңдау жүргізілді. Тарату сигналын қабылдау тәсілдері зерттелді. MatLab пакетінде LTE технологиясына эксперименталды жолмен бөгеуілнің әсерін бағалау қарастырылған.

Аннотация

Данная дипломная работа посвящена исследованию влияния помех на канал связи в технологии LTE. Были рассмотрены ключевые показатели технологий стандарта 4G, архитектура сетей LTE, требования к построению и функционированию сети LTE. Произведен выбор необходимого оборудования. Исследованы способы разнесенного приема сигнала. Рассмотрены оценка влияния помех на технологию LTE экспериментальным путем в пакете MatLab.

Annotation

This thesis is devoted to the study of the influence of interference on the communication channel in LTE technology. The key indicators of 4G technologies, LTE network architecture, and requirements for the construction and operation of an LTE network were considered. The necessary equipment was selected. The methods of distributed signal reception are investigated. The estimation of interference influence on LTE technology by experimental means in the MatLab package is considered.

Мазмұны

Кіріспе 8
1 LTE/LTE Advanced технологияларына шолу 9
1.1 3G- ден 5G-ға дейінгі мобильді жүйелер ұрпақтарының эволюциясы және дамуы 9
1.2 LTE технологиясы бойынша радиоинтерфейсті құру принциптері 11
1.3 LTE/LTE Advanced желісінің архитектурасы 15
1.4 LTE-де қызмет көрсету сапасы (Quality of Service) 19
1.5 LTE желісінің базалық станцияларының өткізу қабілетіне жүйеішілік бөгеуілдердің әсерін талдау 20
2 LTE технологиясының байланыс арналарының бөгеуілге төзімділігін зерттеу 28
2.1 Модельды формалдау 28
2.2 Имитациялық модельдеу 36
3 Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі 49
3.1 Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау 49
3.2 Есептеу бөлім 52
3.3 Өміртіршілік қауіпсіздігі бөліміне қорытынды 56
4 Экономикалық бөлім 57
4.1 Түйіндеме 57
4.2 Қаржылық жоспар 57
4.3 Жылдық пайдалану шығындарын есептеу 60
Қорытынды 63
Әдебиеттер тізімі 64

Кіріспе

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасының телекоммуникация желісі үлкен мүмкіндіктерге ие. Ұлттық телекоммуникациялық ақпараттық инфрақұрылымды дамытудың стратегиялық міндеті қазақстандық қоғамды қажетті көлемде және қолжетімді бағалар бойынша жоғары сапалы байланыс құралдарымен және қызметтерімен қамтамасыз ету болып табылады. Бұл жоғары сапалы цифрлық байланыс желілерін, деректерді беру желілерін, жоғары жылдамдықты факсимильдік байланыс жүйелерін, деректер банктерінен ақпарат алу жүйелерін, хабарларды өңдеу жүйелерін және сөйлеу, сондай-ақ құжаттамалық алмасуды қамтамасыз ететін жылжымалы байланыс жүйелерін құруға мүмкіндік береді.

Кейбір өңірлердің желілерін дамыту проблемалары, атап айтқанда, халықтың тығыздығының төмендігі (өңірлер бойынша осы көрсеткіштің үлкен шашырауы), күрделі үлестік шығындардың жоғары деңгейімен айқындалады. Бұл концентраторлар, аппараттарды қосарлы қосу, бөлінген жиілік ауқымын бірнеше рет пайдаланатын радиобайланыс жүйелері, тарату жүйелерін қолдану сияқты техникалық құралдар мен шешімдерді қолдану қажеттілігін тудырады. Бұл жүйелердің барлығы ұялы байланысты ұйымдастыру үшін бейімделуі тиіс. Республикаға дәстүрлі байланыс қызметтерімен қатар мобильді және спутниктік байланыс қызметтерінің жаңа түрлері белсенді енгізілуде.

Ұялы байланысты қолдану тәсілдерінің бірі жергілікті байланысты дамыту мәселелерін шешу үшін сымсыз радиоқолжеткізу жүйесін пайдалану болып табылады. Қазіргі уақытта 2,4-2,4835 ГГц, 3,4-3,6 ГГц, 5,2-5,9 ГГц жиіліктер диапазондары негізінен телефония, деректерді беру, Интернет желісіне қол жеткізу үшін WLL сымсыз радиоқатынаудың жаңа кең жолақты жүйелерімен пайдаланылады. LTE технологиясы Қазақстанның көптеген қалаларында енгізілді. 4G базасында мультисервистік желіге абоненттік қатынауды ұйымдастыру абоненттерді жылдамдықты жаңа технологиямен және жаңа қызметтермен қамтамасыз ету аясында өзекті болып табылады. Ұялы байланыс жүйелерін дамытудың қазіргі заманғы кезеңінің басты ерекшелігі төртінші буын жүйелеріне көшу болып табылады. 4G желілеріне көшу ұялы байланыс саласындағы қазіргі жағдайды сапалы өзгертуге мүмкіндік береді. Бұл, ең алдымен, 4G желілері клиенттерге операторлардың табысын айтарлықтай арттыруға қабілетті жаңа қызметтердің кең ауқымын ұсынуға, ал өндірушілер үшін - желілік жабдықтар мен телефондарды сатуға мүмкіндік береді.

1 LTE/LTE Advanced технологияларына шолу

1.1 3G- ден 5G-ға дейінгі мобильді жүйелер ұрпақтарының эволюциясы және дамуы

5G-(мобильді желілердің 5-ші буыны немесе сымсыз жүйелердің 5-ші буыны) 4G стандарттарынан кейін мобильді телекоммуникациялық стандарттардың келесі негізгі фазаларын белгілеу үшін ғылыми жұмыстар мен жобаларда пайдаланылатын атауы. Қазіргі уақытта 5G ресми термин болып табылмайды, 3GPP, WiMAX Forum және ХЭО-R сияқты телекоммуникация компаниялары немесе стандарттау органдары жариялағанға дейін қандай да бір нақты спецификация үшін немесе қандай да бір ресми құжаттарда қолдану қарастырылады.

Ұялы байланыс жүйесінің даму буындары 1.1- кестеде көрсетілген .

1.1 кесте- Ұялы байланыс жүйелерінің ұрпақтары

Ұрпақ	Стандарттың атауы
0G	PTT, MTS,IMTS, AMTS, Mobitex, Autotel/PALM, ARP
1G	NMT, AMPS, Hicap
2G	GSM, iDEN, D-AMPS, IS-95, PDC, CSD, GPRS, HSCSD, WiDEN
2.75G	EDGE/EGPRS, CDMA2000 (1xRTT)
3G	UMTS (W-CDMA, FOMA), CDMA2000 (1xEV-DO/IS-856), TD- SCDMA, WiMAX
3.5G	UMTS (HSPA, HSDPA, HSUPA), CDMA2000 (EV-DO Rev.A)
3.75G	UMTS (HSPA+), CDMA2000 (EV-DO Rev.B/3xRTT)
4G	WiMAX, LTE
5G	WiMAX, LTE, CDMA

5G стандарты- тұтынушылар мен құрылғылардың желісіне шексіз қолжетімділікті қамтамасыз ететін технологияларды дамытудың жаңа кезеңі.

Ұялы байланыс желісі пайда болған сәттен бастап бүгінгі күнге дейін үлкен даму жолынан өтті; пайдаланушылық құрылғылардың жаңа түрлері - смартфондар мен планшеттер пайда болды. Бүгінгі таңда мобильді технологияларды ашатын мүмкіндіктер бұрыннан дауыстық қызметтер шеңберінен шығып, қарым-қатынастың, мәліметтермен алмасудың жаңа тәсілдерін қалыптастырды. Құрылғылардың таралуы бүкіл әлем бойынша желілерде трафиктің экспоненциалды өсуіне әкелді. Алайда бұл технологиялардың белсенді дамуына ықпал ететін революцияның басы ғана.

Технологиялар өз дамуын неғұрлым жоғары өнімділікке және көптеген мүмкіндіктерге қарай жалғастырады. Қолданыстағы радиоқатынау технологияларына қосымша 3G/4G көмегімен шешу мүмкін емес міндеттерді шешуге мүмкіндік беретін жаңа технологиялар пайда болады. Қолданыстағы және жаңа технологияларды ықпалдастыру қолданыстағы пайдаланушылық қызметтердің сапасын арттыруға және жаңасының пайда болуына ықпал

ететін болады . Ұялы байланыс желісін дамыту технологиясы 1.1 суретте көрсетілген .

1.1 сурет – 2020 жылға дейін мобильді желілерді дамыту

Ұялы байланыс жүйелерінің негізгі сипаттамалары ұрпақтарға сәйкес 1.2- кестеде берілген.

1.2 кесте - Ұялы байланыс жүйелерінің сипаттамасы

Ұрпақ	3G	4G	5G
Әдіснама басталуы	1990	2000	2013
Іске қосылуі	2002	2008-2010	2018-2020
Сервистер	Тағы да үлкен сыйымдылық, жылдамдығы 2 Мбит/с дейін	Үлкен сыйымдылық, IP-бағытталған желі, мультимедианы қолдау, секундына жүздеген мегабитке дейінгі жылдамдық	Үлкен сыйымдылық, IP-бағытталған желі, мультимедианы қолдау, секундына жүздеген мегабитке дейінгі жылдамдық
Тарату жылдамдығы	2 Мбит/с	100 Мбит/с – 1 Гбит/с	1 Гбит/с - 10 Гбит/с
Стандарттар	WCDMA, CDMA2000, UMTS	LTE-Advanced, WiMax Release 2 (IEEE 802.16m), WirelessMANAdvanced	LTE-Advanced, WiMax Release 2 (IEEE 802.16m), WirelessMANAdvanced
Желі	Пакеттік деректер желісі	Пакеттік деректер желісі	Пакеттік деректер желісі

Екінші ұрпақ жүйелері арналарды уақытша бөлумен көпше қатынау әдісіне негізделген (Time Division Multiple Access-TDMA). Алайда, 1992-1993 жылдары АҚШ - та арналарды кодтық бөлумен көпше қатынау әдісі (Code Division Multiple Access - CDMA)-IS-95 стандарты (800 МГц диапазоны) негізінде ұялы байланыс жүйесінің стандарты әзірленді. Гонконгта, АҚШ-та,

Оңтүстік Кореяда, Оңтүстік Кореяда кеңінен қолданыла бастады, ал АҚШ-та 1900 МГц диапазоны үшін осы стандарттың нұсқасы да қолданыла бастады. Жеке байланыс бағыты Жапонияда да таралуын тапты, онда 1991 -1992 жж. әзірленіп, 1995 ж. бастап 1800 МГц диапазонындағы PHS жүйесі кеңінен пайдаланыла бастады (Personal Handyphone System - сөзбе-сөз "дербес қол телефон жүйесі").

3.5 G-HSDPA (ағылш. High-Speed Downlink Packet Access-базалық станциядан мобильді телефонға жоғары жылдамдықты пакеттік деректер беру) - ұялы байланыс стандарты, мамандар бұны төртінші буынның ұтқыр байланыс технологияларына көшудің өтпелі кезеңдерінің бірі ретінде қарастырылады (4G). Стандарт бойынша деректерді берудің максималды теориялық жылдамдығы 14,4 Мбит/сек құрайды, ал қолданыстағы желілерде практикалық қол жетімді жылдамдық-шамамен 8 Мбит/сек.

4G- технологиясы:

- LTE;
- TD-LTE;
- Mobile WiMAX;
- UMB;
- HSPA+.

Қазіргі уақытта WiMAX және LTE желілері іске қосылды. Әлемде алғаш болып Стокгольм мен Осло қалалары LTE желісі TeliaSonera/Ericsson альянсын іске қосты, онда абонентке деректерді берудің ең жоғары жылдамдығының есептік мәні 382 Мбит/с және абоненттен 86 Мбит/с құрайды. UMB туралы енгізу жоспарлары белгісіз, себебі бірде-бір оператор (әлемдік ауқымда) оны тестілеуге келісім-шарт жасамаған. Сонымен қатар, WiMAX желісінде операторлар түрлі VoIP сервистерін пайдалану мүмкін болса да, дауыстық қоңыраулар мен SMS сияқты дәстүрлі байланыс қызметтерін ұсынбайтындықтан, WiMAX стандарты барлығы 4G-ке жатқызылмайды. IMT HSPA+ желілерін 4G деп атауға рұқсат берді, өйткені олар тиісті жылдамдықты қамтамасыз етеді.

1.2 LTE технологиясы бойынша радиоинтерфейсті құру принциптері

LTE үш негізгі технологияға негізделеді: ортогоналды көтеруші OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) арқылы мультиплексирлеу, көп тантты жүйе (Multiple Input Multiple Output) және желінің эволюциялық жүйелік архитектурасы (System Architecture Evolution).

Дуплексті арнаны жиілік (FDD) және уақыт (TDD) бойынша бөлу болуы мүмкін. Бұл операторға иілік ресурсын өте икемді пайдалануға мүмкіндік береді. Мұндай шешім жұпты жіліктері жоқ компаниялар үшін нарыққа жол ашады.

Екінші жағынан, FDDD қолдауы дәстүрлі ұялы операторлар үшін өте ыңғайлы, себебі олардың қосарлы жиіліктері "анықтама бойынша" бар – ұялы байланыстың барлық қолданыстағы жүйелері осылай ұйымдастырылған. Сонымен қатар, FDD жүйесінің өзі TDD– ге қарағанда жиілік ресурсын

пайдалану тұрғысынан анағұрлым тиімді. Себебі онда үстеме шығындардан аз (қызметтік өрістер, интервалдар және т. б .). Базалық станция (БС) мен мобильді станция (МС) арасындағы алмасу циклдік қайталанатын кадрлар принципі бойынша құрылады (LTE – радиоқадағалау терминологиясында), ал радиокадр ұзақтығы – 10 мс болады.

LTE спецификациясындағы барлық уақыт параметрлері минималды уақыт квантына былай байланыстырылған

$$T_s = \frac{1}{2048 \cdot \Delta f}, \qquad (1.1)$$

мұндағы Δf - бұл стандартты түрде 15 кГц, субаряторлар арасындағы қадам.

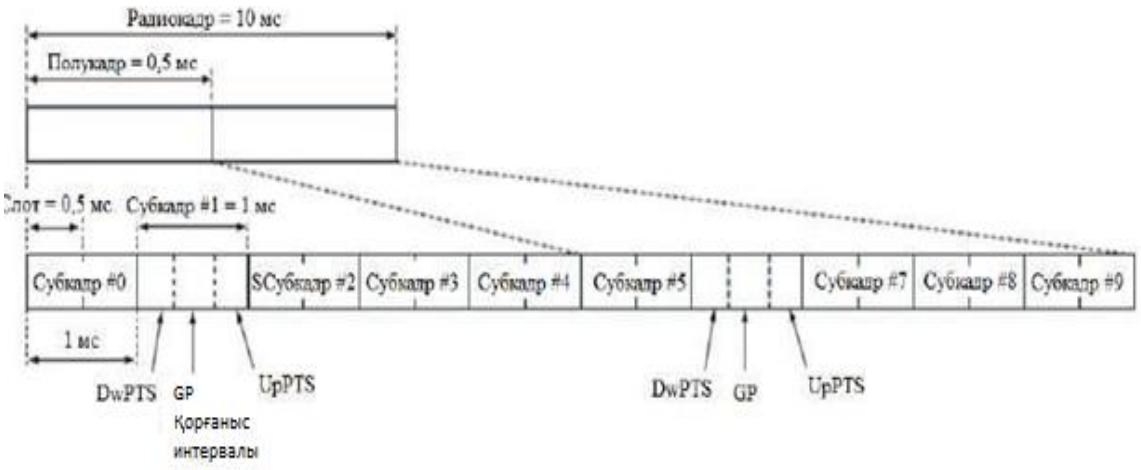
Сонымен, радио кадрдың ұзақтығы - 307200. Уақыттың өзі 30,72 МГц жиілікке сәйкес келеді, бұл 3G жүйелеріндегі стандартты жиіліктің 3,84 МГц (8,84 = 30,72) санына көбейтілген (5 МГц каналдың өткізу қабілеті бар WCDMA).

LTE стандарты екі түрлі радиокадрларды қарастырады. 1- түрі жиілік дуплекстеуге арналған– толық дуплекс үшін де, жартылай дуплекс үшін де дұрыс болады. Мұндай кадр 20 слоттан тұрады (ұзақтығы 0,5 мс), ол 0- ден 19-ға дейін нөмірленеді. Ол екі аралас слотты субкадр құрайды (1.2 сурет).

1.2 сурет - LTE кадрының - дуплексті арналарды жиіліктік бөлу құрылымы

1.2 суретте көрсетілгендей, толық дуплексті режимде жоғарғы және төменгі ағыс каналдарындағы радиожиілікке параллель, бірақ стандартта көрсетілген уақыт ығысуымен қатар жүреді.

2 типті радиокадр тек уақытша дуплекстеуге арналған. Ол 5 мс ұзақтығымен екі жартылай кадрдан тұрады (1.3 сурет).



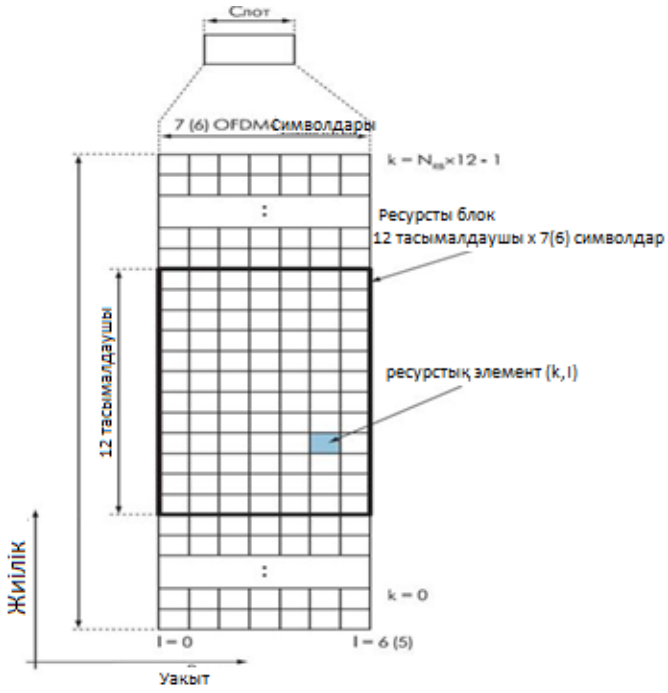
1.3 сурет - LTE кадрының құрылымы - дуплексті арналарды уақытша бөлу кезінде

1.3 суреттен көрініп тұрғандай, ұзақтығы 1 мс әрбір полукадр 5 субкадрды қамтиды. Стандарт уақытша дуплекстеудің екі циклын қарастырады – 5 және 10 мс. Бірінші жағдайда 1-ші және 6-шы субкадрларда DwPTS, UpPTS қызметтік өрістері және GP қорғаныс интервалы бар.

LTE- де DVB, Wi-Fi және WiMAX жүйелерінде жақсы зерттелген OFDM модуляциясы қолданылады. Естеріңізге сала кетейік, OFDM технологиясы жиілік бойынша белгілі бір қадаммен орналасқан тар жолақты алып жүретін түрдің тәуелсіз модуляциясы арқылы кең жолақты сигнал беруді көздейді. Бір OFDM-таңбада модульдер жиынтығы бар. OFDM уақыт аймағында-символ деректер өрісін (пайдалы ақпарат) және CP (Cyclic Prefix) циклдік префиксі– алдыңғы символ соңының қайта берілетін фрагментін қамтиды. Префикстің тағайындалуы- сигналдың көп сәулелі таралуының салдарынан қабылдағышта символаралық интерференциямен күреседі. Кідіріспен келетін көрсетілген сигнал префикс аймағына түседі және пайдалы сигналға қойылмайды. LTE- де еңгізілетін $\Delta f =$ 15 кГц арасындағы стандартты қадам қабылданған, ол 66,7 мкс символының OFDM ұзақтығына сәйкес келеді .

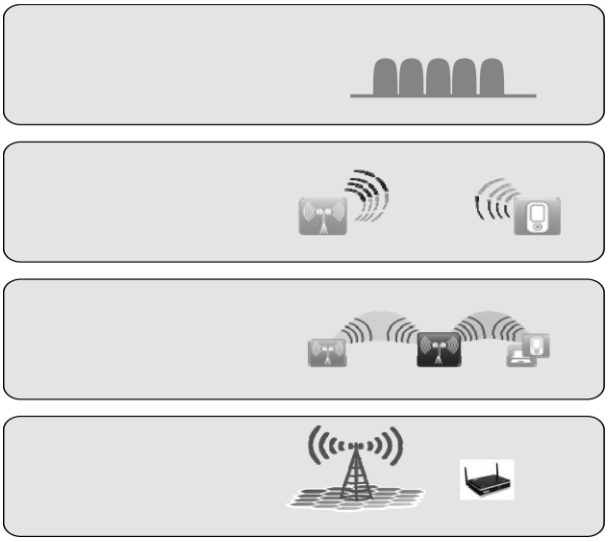
Әрбір абоненттік құрылғыға (АҚ) әр слотта жиілік-уақыттық аймақта арналық ресурстардың белгілі бір диапазоны – ресурстық тор тағайындалады (1.4 сурет).

1.4-суретте ресурстық тор деп аталатын тор торының ұяшығы жиілік доменіндегі бір подкарьерге және уақыт доменіндегі бір OFDM символына сәйкес келетіндігі көрсетілген. Ресурстық элементтер ресурстық блокты құрайды - арнадағы ең аз ақпарат бірлігі. Ресурстық блок циклдік префикс түріне байланысты 12 субариверді (яғни 180 кГц) және 7 немесе 6 OFDM символдарын алады, сондықтан слоттардың жалпы ұзақтығы 0,5 мс құрайды. Ресурстық тордағы NRB блок блоктарының саны арнаның өткізу қабілеттілігіне байланысты және 6-дан 110-ға дейін (LTE-де жоғары / төмен арналардың жиілік диапазоны 1,4 ден 20 МГц дейін).



1.4 сурет- LTE- дің ресурстық торы

LTE-Advanced функциялары кері сыйысымдылықпен әзірленген, LTE Release 8 терминалдары LTE-Advanced Release 10 жаңа функциялары іске қосылған тасымалдаушыда қолданылуы мүмкін. LTE-Advanced LTE Release 8 үстіне икемді іске асырылуы мүмкін функциялар жиынтығы ретінде қарастыруға болады. LTE - Advanced негізгі сипаттамалары 1.4а суретте қысқаша көрсетілген.



1.5 сурет - LTE-Advanced функциялар жиынтығы

1.3 LTE/LTE Advanced желісінің архитектурасы

LTE желісінің архитектурасы "тегіс" ("жіксіз", seamless) ұтқыр, пакеттерді жеткізудің ең аз кідірістері мен қызмет көрсету сапасының жоғары көрсеткіштері бар пакеттік трафикті қолдауды қамтамасыз ететіндей етіп әзірленген.

Мобильділік желі функциясы ретінде оның екі түрімен қамтамасыз етіледі: дискретті ұтқыр (роуминг) және үздіксіз ұтқыр (хэндовер). LTE желісі барлық қолданыстағы желілермен роуминг және хэндовер процедураларын қолдауы тиіс болғандықтан, LTE-абоненттері (терминал) үшін сымсыз кеңжолақты қатынау қызметтерін жаппай қамту қамтамасыз етілуі тиіс.

Пакеттік беру пайдаланушы дауыстық трафигін қоса алғанда, барлық қызметтерді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. LTE желісінің архитектурасын "жалпақ" деп атауға болады, себебі барлық желілік өзара іс-қимыл екі торап арасында жүреді: базалық станция (БС), ол техникалық ерекшеліктерде B-торап (Node-B, eNB) және БУМ (MME, Mobility Management Entity) мобилді басқару блогы, әдетте Ш (GW, GW, GW) желілік шлюзін (GW, GW, GW) қамтитын базалық станция (БС). Gateway), яғни Mme / GW аралас блоктары бар.

Айта кетейік, контроллер талшықта өте маңызды рөл атқарады, ол желілерде алдыңғы ұрпақ, мұрагерліктен шеттетілуі басқару ағынымен деректер (іс жүзінде ол тіпті жоқ құрылымдық сұлбалары), ал оның дәстүрлі функциялары - басқару радиоресуртарымен қысу тақырыптарын, шифрлау, сенімді жеткізу пакеттерін және басқа да берілуі тікелей базалық станцияны арқылы іске асырылады.

Сонымен қатар, IP-пакеттер, ол арқылы өтпейді. Мұндай жеке сигнал беру блогының артықшылығы желінің өткізу қабілетін пайдаланушы трафигі үшін де, қызметтік ақпарат үшін де арттыруға болады. БУМ нің негізгі функциясы басқару терминалдары (БТ) болып табылады, сондай-ақ күту режимінде қоса алғанда, қайта бағыттау және орындау сын, авторизация және сәйкестендіру, роуминг және хэндовер орнату, қызметтік және пайдаланушылық арналар және басқа да элементтер.

Барлық желілік шлюздердің арасында екі бөлек бөлінген: ОШ қызмет көрсететін шлюзі (S-GW, Serving Gateway) және пакеттік желі шлюзі (P-GW, Packet Data Network Gateway) немесе, қысқа, пакеттік шлюз (ПШ). НМ ретінде жұмыс істейді блок басқару жергілікті тұтастығымен, ескере отырып, және пакеттерін жататын БС және қызмет көрсететін атындағы СС деректерді тасымалдайды. Сонымен қатар, IP-желілерінің кейбір функцияларын орындайды, мысалы, адрестерді тарату, пайдаланушы саясаттарын қамтамасыз ету , маршруттау, пакеттерді сүзу және т.б .

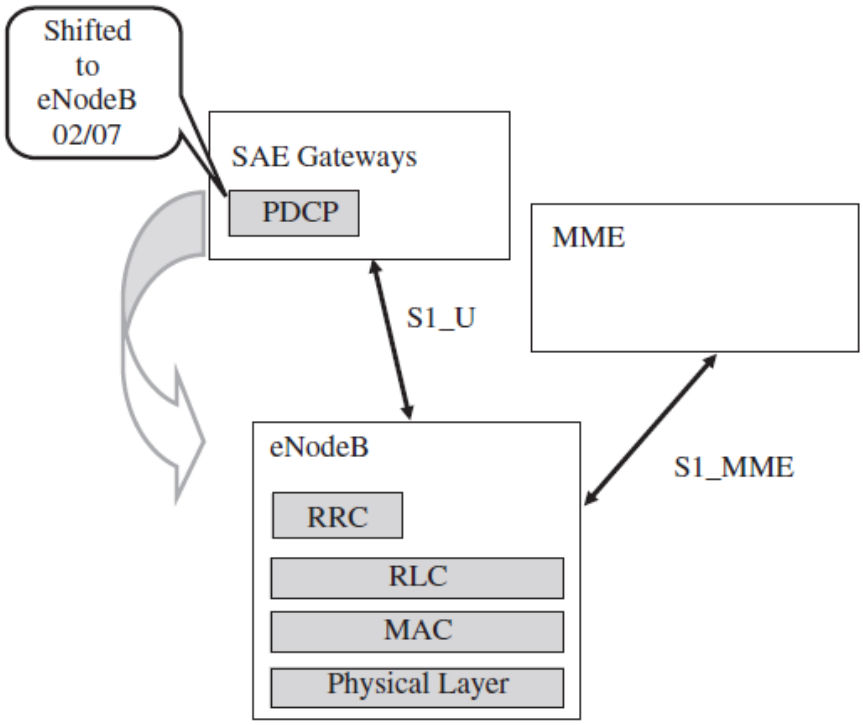
Үшінші буын желілерінің көпшілігіндегідей, LTE желісін құру қағидаттарының негізіне екі аспектіні бөлу: жеке желілік блоктарды физикалық іске асыру және олардың арасындағы функционалдық байланыстарды қалыптастыру жатады . Бұл ретте физикалық іске асыру

міндеттері аймақ тұжырымдамасына (domain) сүйене отырып шешіледі, ал функционалдық байланыстар қабат (stratum) шеңберінде қаралады.

Физикалық деңгейде бастапқы бөлу желі архитектурасын пайдаланушылық жабдық аймағына (UED, User Equipment Domain) және желілік инфрақұрылым аймағына (ID, Infrastructure Domain) бөлу болып табылады. Өз кезегінде ол радиоқатынау желісімен (e-UTRAN, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) және базалық (пакеттік) желілеріне (EPC, Evolved Packet Core) бөлінеді.

LTE - қызметтеріне қол жеткізу үшін желілік абоненттер пайдаланатын түрлі функционалдық мүмкіндіктері бар базалық деректер жиынтығы жатады. Бұл пайдаланушы терминалы ретінде нақты ("тірі") абонент, мысалы, дауыстық трафик қызметін пайдаланатын, сондай-ақ белгілі бір желілік немесе пайдаланушылық қосымшаларды беруге / қабылдауға арналған негіздендірілген құрылғы да бола алады.

1.5 суретте LTE желісінің жалпыланған құрылымы көрсетілген, оның ішінде функционалды байланыстың екі қабатының бар болуы: радиоқатынау қабаты (AS, Access Stratum) және радиоқатынау қабатының сыртқы көрінісі (NAS, Non-Access Stratum).



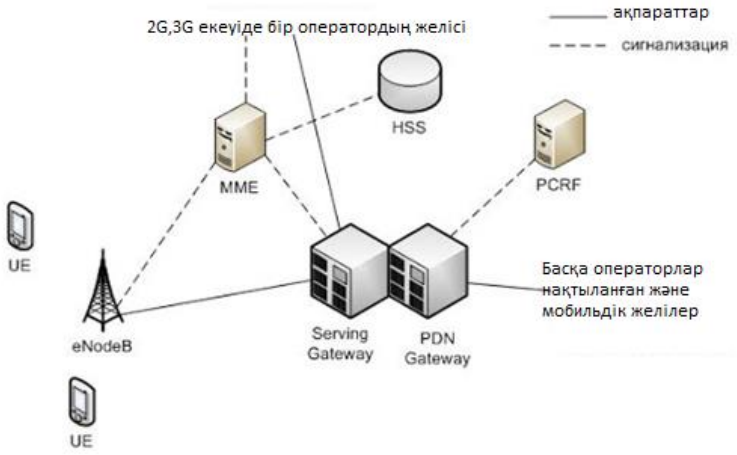
1.6 сурет – LTE радио протоколдары үшін өзіндік желілік архитектурасы

UE аймағы мен EUTRAN радиоқатынау желісінің аймағы арасындағы түйісу Uu-интерфейс деп аталады; радиоқатынау желісінің аймағы мен EPC - S1 базалық желісінің аймағы арасындағы түйісу интерфейсі болып табылады. Uu және S1 интерфейстеріне жататын әртүрлі хаттамалардың құрамы мен

жұмыс істеуі екі жазықтыққа бөлінген: пайдаланушы жазықтығы (UP, User Plane) және басқару жазықтығы (CP, Control Plane).

Қамту аймағынан тыс қабатта қол жеткізу тетіктері жұмыс істейтін базалық желі (EMM, EPC Mobility Management) қамтийды.

Бұл қолданушылық жазықтықта хаттамалар беруді қамтамасыз ететін пайдаланушылық мәліметтерді радиоарна бойынша жүзеге асырылды. ЖК және желісі жазықтығына басқару хаттамалары жатады, олар әр түрлі аспектілері арасында байланысты қамтамасыз етеді. Сондай-ақ, бұл жазықтыққа әртүрлі қызметтерді ұсынуға қатысты хабарламаларды транспарентті (мөлдір) беруге арналған хаттамалар жатады.



1.7 сурет – LTE желісінің жалпыланған құрылымы

Радиоқатынау желі аймағы логикалық түрде екі деңгейге бөлінген: радио желісінің деңгейі (RNL, Radio Network Layer) және көлік желісінің деңгейі (TNL, Transport Network Layer). Өзара іс-қимыл кіретін облысы радиоқатынау желісі БС негізінде жүзеге асырылады X2-интерфейс (1.6 сурет). Сонымен қатар, базалық станциялар мен базалық желі арасында мобильді басқару блогы (S1-MM-интерфейс) немесе қызмет көрсететін торап (S1-U-интерфейс) арқылы транзиттік байланыс орын алады.

LTE желісінің әр түрлі интерфейстері мен жазықтықтарында анықталған хаттамаларын зерделеуден бұрын, радиоқатынау желісінің функционалдық блоктарының арналуын қарастырайық.

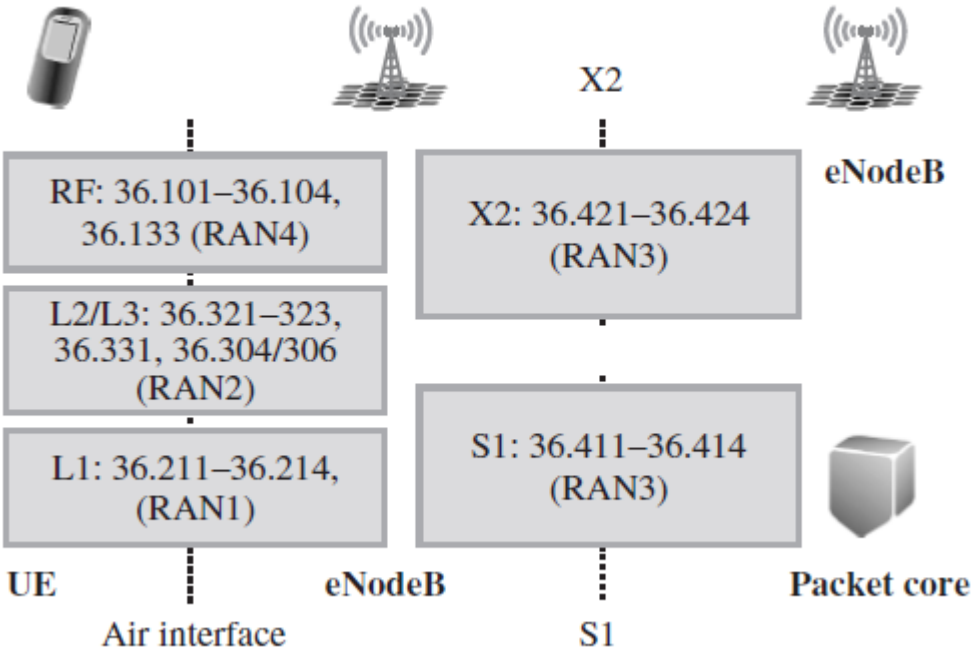
LTE желілеріндегі БС келесі функцияларды орындау жүктелген:

- Радио ресурстарды басқару: радиоарналарды бөлу, ресурстарды жоғары және төмен түсетін бағыттарда динамикалық бөлу- ресурстарды диспетчерлендіру (scheduling) және т. б.;
- IP-пакеттердің тақырыптарын қысу, пайдаланушы деректер ағынын шифрлау;
- Өткен қосылу туралы ақпарат болмаған жағдайда пайдаланушы терминалы желісіне қосылған кезде мобильді басқару блогын таңдау;
- Қызмет көрсетуші шлюзге бағыт бойынша деректер пакеттерін пайдаланушы жазықтығында бағыттау;

- БУМ- дан алынған шақыру және хабар тарату ақпаратын диспетчерлеу және беру;
- БУМ- дан алынған PWS (Public Warning System, дабыл хабарлау жүйесі) хабарламасын диспетчерлеу және беру;
- Мобильді басқару және диспетчерлендіру үшін тиісті есептерді өлшеу және құрастыру.
- Мобильді басқару блогы келесі функцияларды орындауды қамтамасыз етеді:
- Қызметтерге қол жеткізу нүктелері туралы қорғалған ақпаратты беру және қол жеткізу нүктелерін басқару;
- Әртүрлі радиоқатынау желілері арасындағы мобильді басқару үшін базалық желіге ақпарат беру;
- Қоңырауларды қайта бағыттауды қоса алғанда, күту күйіндегі БК басқару;
- ПТ бақылау аймақтарының тізімін басқару;
- Әртүрлі стандарттардың радиоқатынау желілері үшін қызмет көрсететін шлюз мен пакеттік желі шлюзін таңдау;
- Хэндоверді орындау кезінде мобильді басқарудың жаңа блогын таңдау;
- Роуминг;
- Аутентификация;
- Бөлінген арнаны орнатуды қоса алғанда, радио арнаны басқару.
- Қызмет көрсетуші торап келесі функцияларды орындауға жауап береді:
- Жергілікті орынды байланыстыру нүктесін (local Mobility Anchor) хэндоверде таңдау;
- Күту режиміндегі ПТ- ға арналған төмен бағытта деректер пакеттерін буферлеу және қызметті сұрау рәсімін бастау;
- Пайдаланушы ақпаратын санкцияланған түрде ұстап қалу; деректер пакеттерін бағыттау және қайта бағыттау; көлік деңгейіндегі пакеттерді таңбалау;
- Тарифтеу үшін тұтынушылардың есептік жазбаларын және қызмет көрсету сапасы сыныбының идентификаторын қалыптастыру;
- Абоненттерді тарифтеу.
- Пакеттік желі шлюзі келесі функциялардың орындалуын қамтамасыз етеді.
- Теңшелетін бумаларды сүзу;
- Пайдаланушылық ақпаратты санкцияланған түрде ұстап қалу;
- ПТ үшін IP-адрестерді бөлу;
- Төмен бағытта көлік деңгейі пакеттерін таңбалау; қызметтерді тарифтеу, оларды селекциялау.

LTE сипаттамалары көбінесе WCDMA сипаттамаларына ұқсас, бірақ 36 сериялы нөмірлеуді қолданады. Мысалы, WCDMA RRC 25.331 болғанда, LTE сәйкес көрсеткіші 36.331 болады. LTE техникалық сипаттамалары «эволюцияланған әмбебап жерүсті радиосына кіру» (E-UTRA) терминін

қолданады, ал WCDMA спецификациясы UTRA терминін пайдаланады (және UTRAN, 'желі' дегенді 'N' қолданып). Физикалық қабатта кейбір айырмашылықтар бар - мысалы, WCDMA 25.213 спецификациясы сияқты тарату және модуляция туралы сипаттамалардың қажеті жоқ. Енді бірдей қол жетімділікті қолдану арқасында FDD және TDD режимдері сол физикалық қабат спецификациялар сериясында қамтылған. 1.6а-суретте физикалық қабаттың сипаттамалық нөмірлері және радио немесе ішкі интерфейстер арқылы әртүрлі хаттамалар келтірілген. Өнімділікке қатысты барлық сипаттамалар көрсетілмейтінін ескеріңіз.



1.8 сурет – Әр түрлі LTE интерфейстеріне жауапты жұмыс топтары бар техникалық сипаттамалар

1.4 LTE-де қызмет көрсету сапасы (Quality of Service)

Қазіргі уақытта тұтынушылар өз клиенттік құрылғыларында көптеген түрлі қосымшаларды іске қосуға болады. Бұл ретте әрбір қосымшаның қызмет көрсету сапасына өз талаптары болады. Көптеген қосымшалар үшін QoS параметрлерін сақтауды қамтамасыз ету үшін әртүрлі EPS ағындары жасалады. Барлық мүмкін болатын EPS ағындарын екі топқа бөлуге болады: кепілдік берілген ең аз тарату жылдамдығы бар ағын (Minimum Guaranteed Bit Rate, GBR) және деректерді беру жылдамдығы бойынша кепілсіз ағын (Non-GBR) [1].

GBR ағындары. Бұл түрдің ағындары ағынын құру немесе оны өзгерту кезінде орнатылған ең аз тарату жылдамдығының берілген мәні болады. Бұл кезде, егер бос ресурстар болса, ең аз белгіленген жылдамдыққа қарағанда деректерді беру мүмкін. Сонымен қатар, деректерді берудің ең жоғары

жылдамдығына шектеу қойылуы мүмкін (Maximum Bit Rate, MBR). Мұндай түрдегі ағындар, мысалы, VoIP трафигін беру кезінде қолданылады.

Non-GBR ағындары. Бұл түрдегі ағындар ең аз деректер беру жылдамдығына кепілдік бермейді. Сондықтан бұл ағындар интернет беттерін көру және файлдарды тасымалдау кезінде трафикті жіберу үшін пайдаланылады.

Qos параметрлерін қамтамасыз ету үшін БС мен АС арасындағы БС айналысады. Ол үшін әрбір ағын QoS класты идентификаторы тіркелген (QoS Class Identifier, QCI). Әрбір QCI келесі QoS параметрлері үшін мәндерді анықтайды: басымдық, рұқсат етілген кідіріс және жоғалған пакеттердің рұқсат етілген саны.

1.3 кестеде QCI көпмүшелігімен олардың сипаттамалары келтірілген [1].

1.3 кесте - QCI көпмүшелігімен олардың сипаттамалары

QCI	түрі	Приоритет	Рұқсат етілген кідіріс, мс	Рұқсат етілген шығындар
1	GBR	2	100	10^2
2	GBR	4	150	10^3
3	GBR	5	300	10^6
4	GBR	3	50	$_{10}3$
5	Non-GBR	1	100	10^6
6	Non-GBR	7	100	10^3
7	Non-GBR	6	300	10^6
8	Non-GBR	8	300	10^6
9	Non-GBR	9	300	10^6

Әдетте, басымдылық пен рұқсат етілген кідіріс мәнін анықтайды: БС-да жоспарлаушы деректер пакеттерінгана өңдейді. Егер рұқсат етілген шығындардың мәні 10^{-6} болса, онда растаумен беру пайдаланылады.

1.5 LTE желісінің базалық станцияларының өткізу қабілетіне жүйеішілік бөгеуілдердің әсерін талдау

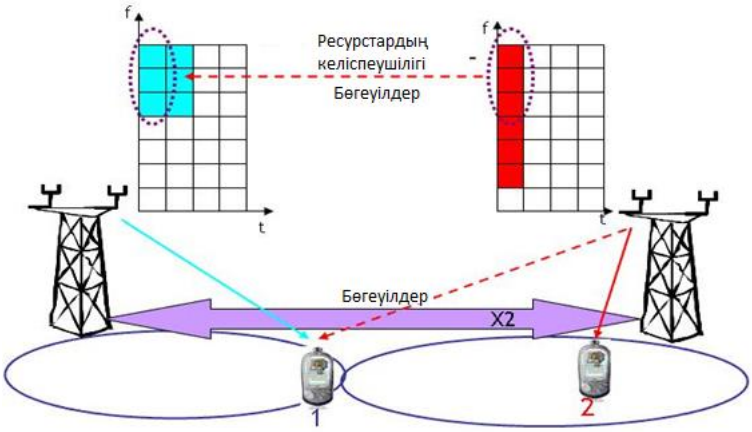
LTE желілерінде бір тасымалдаушыда жиіліктік уақытша ресурстық блоктардың икемді бөлінуі мүмкін. Мұндай желілерде маңызды мәселе болып қызмет көрсетілетін абоненттер арасында ресурстық блоктарды базалық станциялар арасында үйлестірілген бөлу ішіндегі жүйеішілік бөгеуілдер болып табылады [36,37].

LTE желілерінің жұмысы 1 жиіліктерді қайта пайдалану коэффициентімен жүзеге асырылады, яғни барлық БС бір тасымалдаушыда жұмыс істейді. Мұндай желілердің кепілдік берілетін өткізу қабілеті 144 кбит/с.OFDM арқасында бір көтергіштің ресурстары тұтынушыларға 180 кГц

х 1 мс жиіліктік-уақытша блоктармен икемді бөлінуі мүмкін. Бірақ бұл өз жолында жүйе ішіндегі бөгеуілдердің мәселесі, әсіресе, бөгеуіл шекарасында өзекті болып отыр. Жүйе ішіндегі бөгеуілдер болуы базалық станциялардың өткізу қабілетін төмендетеді.

1.5.1 Бір тасымалдаушыда жұмыс істейтін желідегі бөгеуілдер

1.7- суретте көрсетілгендей, егер 1 пайдаланушыға сол ұяның шетінде 2 пайдаланушыға сияқты ресурстық блоктар бөлінсе, онда 2 пайдаланушы үшін сәулеленетін сигнал төмен сызықта 1 пайдаланушы үшін бөгеуіл болып табылады. 2-ші пайдаланушы ұяшық шекарасынан алыста болса, 1-ші пайдаланушы үшін сол станциямен сәулеленетін сигнал 2-ші пайдаланушы үшін бөгеуіл болмайды.



1.9 сурет - Жүйеішілік бөгеуілдер

Оң жақ ұяшықтағы жолда 1 тұтынушы сигналы негізгі базалық станцияның қабылдау тізбектеріне өтіп, 2 тұтынушының ұяшықтағы орнына қарамастан бөгеуіл өз әсерін тигізеды. Таратқыштың қуатын 1 реттеуге байланыты, 2 желідегі сигналқызмет көрсетілітетін базаық станцияда өңделу үшін ең аз қуатпен сәулеленеді және көршілес ұяшықтарға бөгеуіл болмайды.

Осылайша, LTE жүйесінің жоғары және төмен желілерінің сипаттамаларына жүйе ішіндегі бөгеуілдердің әсері әртүрлі болады:

- Екі ұялы байланыс шекарасында орналасқан АЖ-нің сәулеленуі ұялы байланыс ішіндегі орналасқан жеріне қарамастан, сол жиілікте жұмыс істейтін көрші ұялы байланыстың кез келген пайдаланушысына бөгеуіл жасайды. Сондықтан, тіпті ұяның шетіндегі тұтынушылардың аз саны көрші ұяның барлық тұтынушылары үшін жоғары желіде бөгеуілдер жасай алады.
- Сәуле БС сигналдары үшін меншікті тұтынушылар жасайтын бөгеуіл үшін ғана көрші соты мен олар шекарадағы осы екі ұялы жиілікте жұмыс істейді.

Осылайша, желіде төмен бөгеуілдер тек көрші ұялы байланыс тұтынушыларының аз бөлігі үшін ғана жасалады .

Сонымен қатар, әр түрлі жиіліктік блоктарды екі жүздік шекарада түрінде бөліп көрсетуге болады.

Бөгеуілдер үшін бұл ең осал желі болып табылады, және бөгеуілдердің координациясына аса маңызды талаптар қойылады. LTE-де ішкі жүйелік бөгеуілдердің әсерін төмендету үшін жиіліктік ресурстар диспетчерінің (FSS - Frequency Selective Scheduling) және ұяшықтар арасындағы бөгеуілдерді бақылаудың (ICIC - Inter Cell Interference Control) функциялары қолданылады.

1.5.2 Бөгеуілдердің өткізу қабілетіне әсері

Өткізілімге жүйелік бөгеуілнің әсерін талдау үшін екі жағдайда ақпараттың ықтимал жылдамдығына (Шеннон шекарасы) өрнектерді жазып аламыз: пайдалы сигнал Гауссианның қосымша шуымен беріледі (АБГШ); пайдалы сигнал AWGS және канал бөгеуілсі болған кезде беріледі [24].

Бірінші жағдай үшін ΔF жолағындағы Шеннон жылдамдығы:

$$C_1 = \Delta F \log_2 \left(1 + \frac{P_c L_c}{N_0} \right), \tag{1.2}$$

мұндағы ΔF -жиілік жолағы;

P_c-пайдалы сигнал таратқышының қуаты;

L_c-таратқыш пен қабылдағыш арасындағы пайдалы сигналдың әлсіреуі;

N_0-АБГШ қуатының спектрлік тығыздығы.

АБГШ және соканалды бөгеуілдердің болуына ақпаратты берудің әлеуетті жылдамдығы:

$$C_1 = \Delta F \log_2 \left(1 + \frac{P_c L_c}{N_0 + \sum_{i=1}^{k} P_i L_i} \right), \tag{1.3}$$

мұндағы i- арналық бөгеуіл көзінің нөмірі;

P_i –I бөгеуілінің сәуле шығару қуаты;

L_i- араластырғыш таратқыш пен нүкте арасындағы I-ші бөгеуілнің әлсіреуі қабылдау.

Арналық бөгеуілдердің салдарынан тарату жылдамдығының төмендеуі:

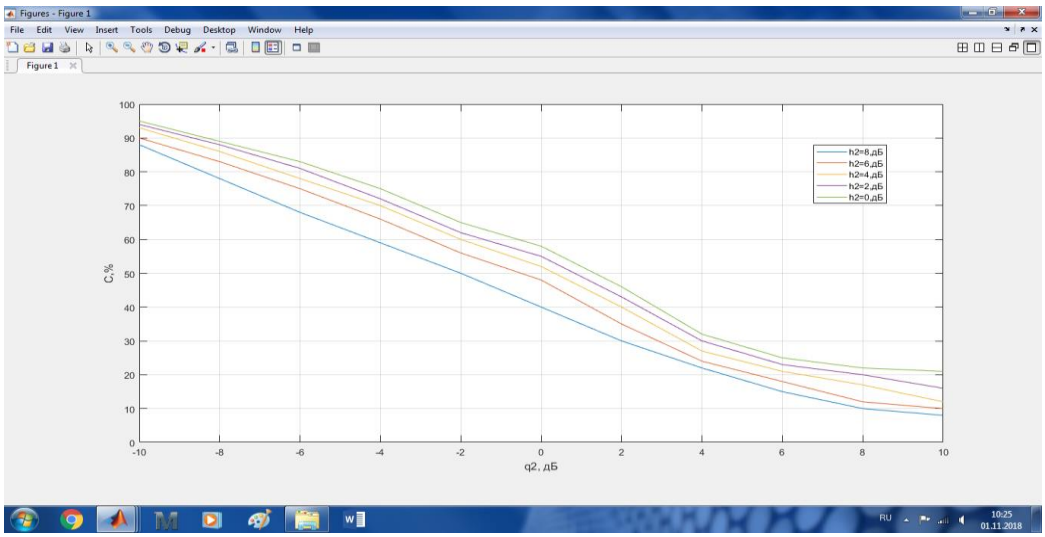
$$\Delta C = C_1 - C_2 = \Delta F \log_2 \left(\frac{1 + \frac{P_c L_c}{N_0}}{1 + \frac{P_c L_c}{N_0 + \sum_{i=1}^{k} P_i L_i}} \right) = \Delta F \log_2 \left(\frac{1 + \frac{P_c L_c}{N_0}}{1 + \left(\frac{N_0}{P_c L_c} + \frac{\sum_{i=1}^{k} P_i L_i}{P_c L_c} \right)} \right) =$$

$$= \Delta F \log_2 \left(\frac{1 + h^2}{1 + \left(\frac{1}{h^2} + \frac{1}{q^2} \right)^{-1}} \right), \qquad (1.4)$$

мұндағы $h^2 = \frac{P_c L_c}{N_0}$ - сигнал-шу қатынасы,

$q^2 = \frac{P_c L_c}{\sum_{i=1}^{k} P_i L_i}$ - сигнал-бөгеуіл қатынасы.

Осы 1.3 формуламен сипатталған LTE желісінің өткізу қабілетінің төмендеуіне талдау жүргізейік. 1.7 суретінде базалық станциялардың өткізу қабілетінің әртүрлі сигнал-шу мәндері кезінде сигнал-бөгеуілдердің қатынасынан салыстырмалы төмендеуінің тәуелділігі көрсетілген. Егер пайдаланушы ұяның шетінде болса , онда арналық бөгеуілдердің қуаты пайдалы сигналдың қуатымен салыстырылады, яғни $q_2 \approx 0$ дБ. Шығындар үшін өткізу қабілетінің пайдаланушы шетінде соты жанындағы $q_2 = 0$ дБ және h = 8 дБ жетеді 70 % .



1.10 сурет - LTE технологиясы үшін сигнал-шу қатынасына байланысты өткізу қабілетін төмендету

Осылайша, өткізу қабілетін және қосылу мүмкіндігін арттыру үшін бөгеуіл болған кезде адаптивті модуляцияны жетілдіру қажет.

1.5.3 Модуляция түрі мен ақпаратты кодтау жылдамдығының өткізу қабілетіне әсерін талдау

Ақпарат алмасу арнасында импульстік және флуктуациялық бөгеуілдер (ФП) болған кезде өткізу қабілеттілігінің адаптивті басқару процесіне ақпаратты модуляциялау тәсілі мен Кодтау жылдамдығының әсерін бағалау қызығушылық танытады [17, 39,40].

LTE желілерінде қолданылатын кодтаудың әртүрлі жылдамдықтары бар фазалық және квадраттық-амплитудалық манипуляция (QAM) негізінде ақпараттық сигналдарды қолдану кезінде радио қол жетімділіктің кеңжолақты жүйесіне қасақана емес бөгеуілдердің әсеріне талдау жүргіземіз.

Деректерді беру жүйесі сапасының көрсеткіші ретінде қателік ықтималдылығын таңдаймыз, ол жалпы жағдайда былай анықталады:

$$P_э = \frac{1}{2}\left[1 - F\left(\sqrt{\frac{D_{1.2}}{2N_0}}\right)\right], \qquad (1.5)$$

мұндағы $D_{i,j} = \int_0^{T_s} \left(x_{si}(t) - x_{sj}(t)\right)^2 dt$ сигналдар арасындағы энергетикалықара қашықтық,

N_0 - шу қуатының спектралдық тығыздығы,

$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-y^2/2} dy$ - Лаплас функциясы.

Қарастырылып отырған сигналдарға арналған сигналдар арасындағы энергетикалық қашықтық ретінде былай алуға болады:

- PSK үшін:

$$D_{i,j+1} = 2\sqrt{E} \sin \frac{\pi}{M}, \qquad (1.6)$$

мұндағы M – позиция саны,

E-эквиваленттік энергия шамасы.

- QAM үшін:

$$D_{i,i+1} = \sqrt{2E}\left(\sqrt{M} - 1\right)^{-1}. \qquad (1.7)$$

Ұялы және базалық станциялар арасындағы қашықтық r құрайды деп есептейміз. Ол кезде сәулелендіру антеннасынан r қашықтықта орналасқан радиоқатынау жүйесінің қабылдау антеннасын орналастыру орнында сәулелендіру сигналымен түзілетін энергия ағынының тығыздығы қарастырылады.

$$S_{пр} = \frac{PG}{4\pi r^2}, \qquad (1.8)$$

мұндағы *P*-таратқыштың қуаты;

G-таратқыш антеннасының күшейту коэффициенті.

Бұл жағдайда қабылдағыш кірісіндегі сигнал қуаты:

$$P_p = S_{пр} A, \qquad (1.9)$$

мұндағы *A*-қабылдағыш антеннасының тиімді алаңы.

Қабылдағыш кірісіндегі сигнал қуатын бағалау кезінде поляризацияның сәйкессіздігі, сондай-ақ қабылдағыштың антенна-фидерлік трактіндегі сигналдың жоғалуы есебінен сигнал энергиясының жоғалуын бағалайтын коэффициенттер ескерілуі қажет. Сигналдарды табу сигнал / шу қатынасының шекті мәннен артық болуы қажет. Сигнал \шу қатынасын келесі өрнек негізінде бағалауға болады:

$$h^2 = \sqrt{\frac{P_p}{N_0}}. \qquad (1.10)$$

Сонымен қатар, бірнеше бағыттан радиоқатынау жүйесінің қабылдағыына ФП көздерінің *j* әсер ететінін ескеру қажет. Бөгеуіл әсерінің нәтижесінде қабылдағыштың кіруіне қайта есептелген ішкі шудың N_0 қуатының спектрлік тығыздығы N_P сыртқы бөгеуілдердің *j* қуатының жиынтық спектрлік тығыздығымен толықтырылады:

$$N_p = \sum_{j=1}^{J} \frac{P_{pj} G_{pj}}{4\pi r_j^2 \Delta F_{pj}} A_{pj}, \qquad (1.11)$$

мұндағы P_{pj} , G_{pj} - тиімді сәулеленетін қуат

J-бөгеуіл көзінің антеннасын күшейту коэффициенті,

F_{pj} - оның энергетикалық спектрінің ені,

r_j - LTE қабылдағышын көздердің ара қашықтығы,

A_{j-j} - *J*- көзі бөгеуілінің келу және поляризациясы бағыты үшін қабылдау антеннасының тиімді алаңы.

Сонымен, егер қабылдағышқа P_{pj} орташа қуаты бар флуктуациялық бөгеуіл сигналы әсер етсе, ол F_{pj} жұмыс жолағын толығымен жабады және стационарлық Гаусс шуылымен ұқсас нөлдік орташа және біркелкі спектралды қуат тығыздығы мен өрнектеледі. Сонда сигнал / (шу + бөгеуіл) қатынасы былай анықталады:

$$h^2 = \sqrt{\frac{P_{pb}}{N_0 + J_0}}. \qquad (1.12)$$

(1.4),(1.5),(1.7) және $R_k = \frac{k}{n}$ кодтау жылдамдығын ескере отырып фазалық модуляцияның тепе- теңдік сигналдарын беру кезінде $P_э$ ықтималдығын аламыз:

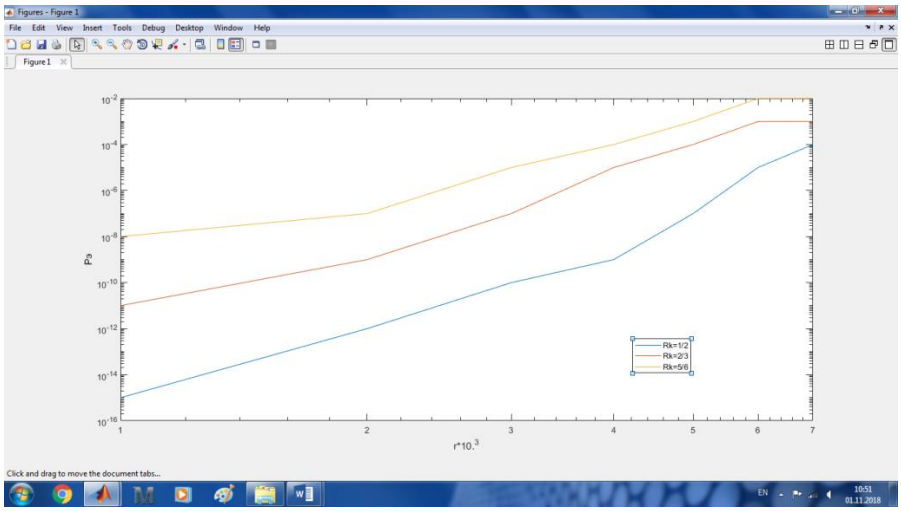
$$P_э = \frac{1}{2}\left[1 - F\left(\sqrt{\frac{2PGA_n}{4\pi r^2 (N_0 + J_0)k}} \sin\frac{\pi}{M}\right)\right]. \qquad (1.13)$$

Енді кеңжолақты бөгеуілнің орнына $\frac{P_j}{\rho}$ жоғары қуатты импульстік бөгеуіл әрекет етеді делік, бұл оның қабылдағышқа әсер ету уақытын жалпы әсер ету уақытын ρ (0 < ρ <1) азайту арқылы қол жеткізіледі.

Қазіргі уақытта импульстік бөгеуілдердің пайда болу ықтималдығын шамамен тең деп санауға болады . Салыстырмалы уақыт ағымында бөгеуіл әсерінің әсерінен бөгеуіл қуатының спектрлік тығыздығы жылу шуын есепке ала отырып қана өседі.

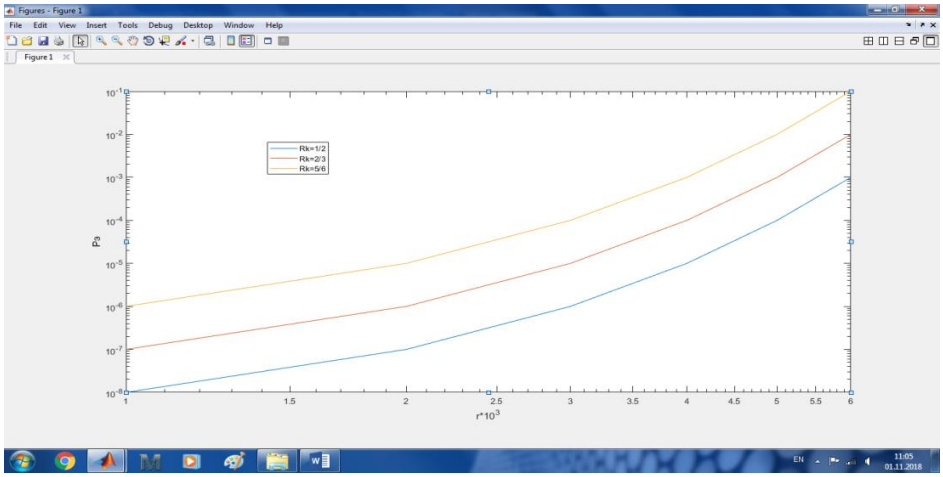
Демек, импульстік бөгеуіл әсері кезінде Рэ ықтималдығы үшін өрнек ФБ және импульстік бөгеуілдер ескерілуімен қателер сомасын білдіреді:

$$P_э = \frac{1}{2}\left\{(1-\rho)\left[1 - F\left(\sqrt{\frac{2PGA_n}{4\pi r^2 (N_0)k}} \sin\frac{\pi}{M}\right)\right] + \rho\left[1 - F\left(\sqrt{\frac{2PGA_n}{4\pi r^2 (N_0 + J_0)k}} \sin\frac{\pi}{M}\right)\right]\right\}. \qquad 1.14)$$



1.11 сурет - Әр түрлі кодтау жылдамдығы кезінде BPSK модуляциясы үшін таратқыш мен қабылдағыш арасындағы қашықтықтан қате ықтималдығының тәуелділігі

Салынған қисықтар қате бит ақпарат арасындағы ара қашықтыққа жіберумен және қабылдағыш. BPSK манипуляциясы бар сигналдарды қолдану кезінде және сәуле шығару қуаты 1 Вт тең бит ақпарат қатесінің ықтималдық қисықтары 1.8 суретте көрсетілген. Кодтау жылдамдығы және R LTE желісінің талаптарына сәйкес таңдалған.

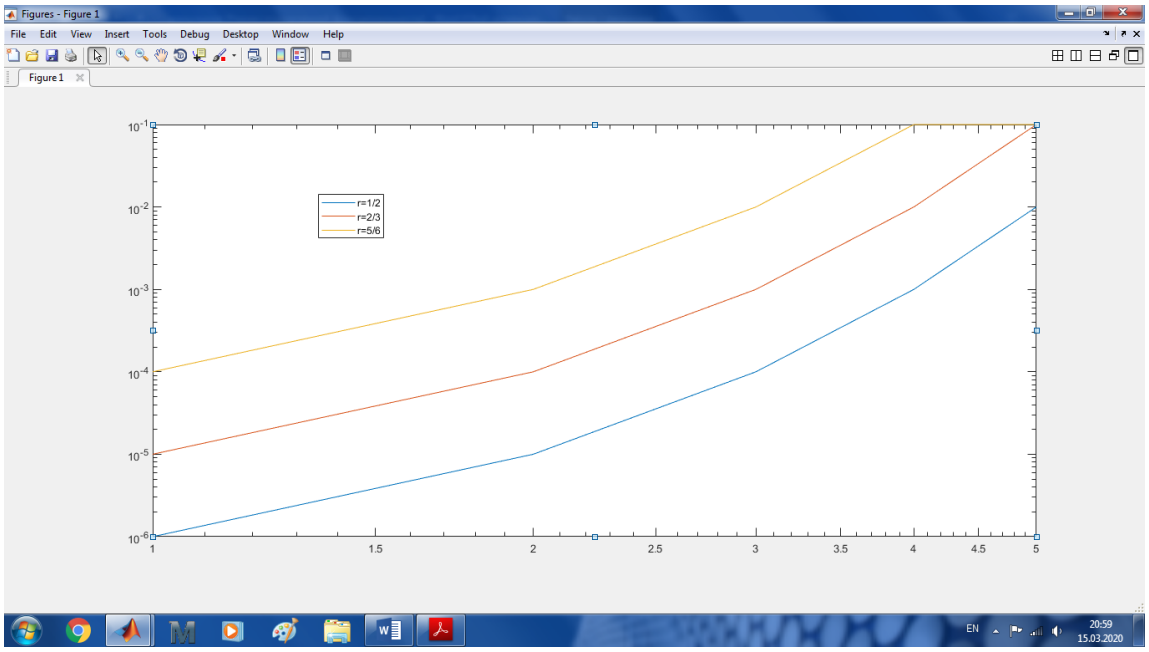


1.12 сурет - Әр түрлі кодтау жылдамдығы кезінде QPSK модуляциясы үшін таратқыш мен қабылдағыш арасындағы қашықтықтан қате ықтималдығының тәуелділігі

QPSK манипуляциясы бар сигналдарды қолдану кезінде және сәуле шығару қуаты 1 Вт тең ақпараттың бит қателігінің қисықтары 1.9 суретте көрсетілген.

Салынған қисықтар қате бит ақпарат арасындағы ара қашықтыққа жіберумен қабылдағыш болған кезде импульстік бөгеуілдер. Модельдеуде импульстік бөгеуіл қуаты ішкі шу қуатынан үш есе көп таңдалды.

BPSK манипуляциясы бар сигналдарды пайдаланған кезде, сәуле шығару қуаты 1 Вт тең және импульстік бөгеуілдер болған кезде ақпараттың бит қателігінің қисықтары 1.10 суретте көрсетілген .

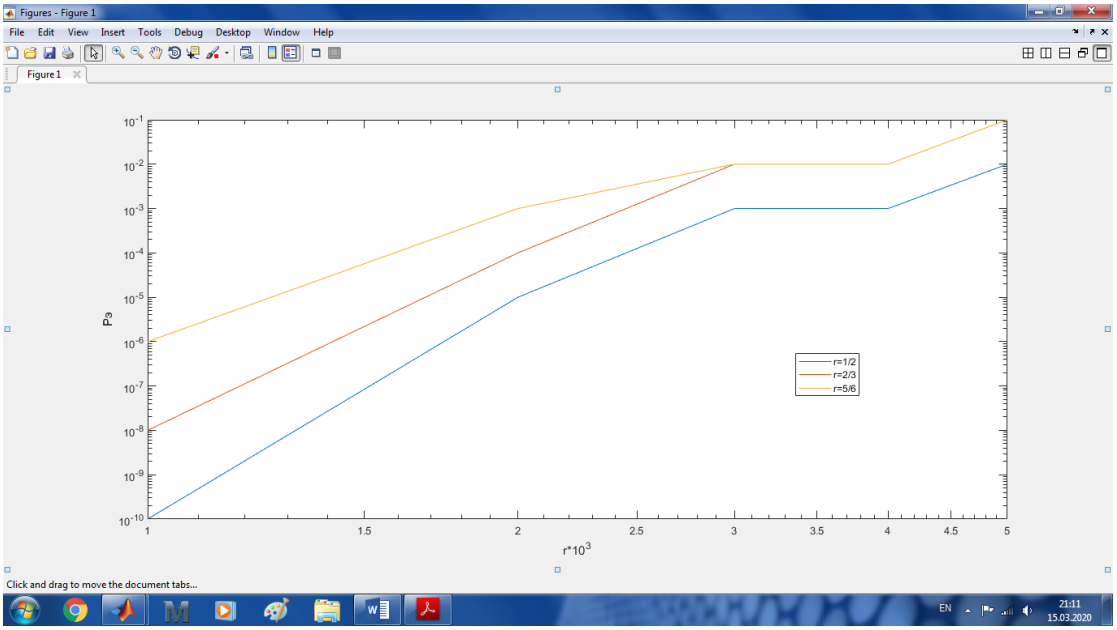


1.13 сурет - Бөгеуілдер болған кезде кодтаудың әртүрлі жылдамдығы кезінде bpsk модуляциясы үшін таратқыш мен қабылдағыш арасындағы қашықтықтан қате ықтималдығының тәуелділігі

Жоғарыдағы формулалар бойынша QAM сигналдарын пайдалану кезінде осы сигналдардың энергетикалық қашықтық есептеуі көрсетілген (1.10):

$$P_э = \frac{1}{2}\left\{(1-\rho)\left[1-F\left(\sqrt{\frac{2PGA_n}{8\pi r^2(N_0)k(\sqrt{M}-1)}}\right)\right]+\rho\left[1-F\left(\sqrt{\frac{2PGA_n}{8\pi r^2(N_0+J_0)k(\sqrt{M}-1)}}\right)\right]\right\} \quad (1.15)$$

QAM-16 манипуляциясы бар сигналдарды қолдану кезінде және сәуле шығару қуаты 1 Вт тең ақпараттың бит қателігінің қисықтары 1.11 суретте көрсетілген.



1.14 сурет - Әр түрлі кодтау жылдамдығы кезінде QAM -16 модуляциясы үшін таратқыш мен қабылдағыш арасындағы қашықтықтан қате ықтималдығының тәуелділ

2 LTE технологиясының байланыс арналарының бөгеуілге төзімділігін зерттеу

2.1 Модельды формалдау

2.1.1 Модель түрін таңдау. Дәстүрлі түрде математикалық модельдер аналитикалық және имитациялық модельдерге бөлінеді. Аналитикалық модельдер алгебралық, интегралдық, дифференциалдық, әрине-айырымдық және өзге де қатынастар мен логикалық жағдайлар түрінде жазылған теңдеулер немесе теңдеулер жүйесі болып табылады. Олар жазылған және әріптік түрде шешілді. Модельдердің бұл түрі әдетте нысандардың іргелі қасиеттерін сипаттау үшін қолданылады, өйткені іргетас мәні бойынша қарапайым. Күрделі объектілерді аналитикалық түрде сипаттау сирек.

Аналитикалық модельдерге шолу.

Имитациялық модельдер (динамикалық) болып табылады. Имитациялық модельдердің аналитикалық үлгілерден негізгі айырмашылығы зерттелетін жүйенің кірулері мен шығулары арасындағы өзара байланыстың аналитикалық сипаттамасының орнына зерттелетін объектінің ішінде үдерістердің даму реттілігін көрсететін алгоритм құрастырады, содан кейін объектінің компьютердегі мінез-құлқын бейнелейді. Имитациялық модельдерге модельдеу объектісі соншалықты күрделі болған кезде, оның мінез-құлқын математикалық теңдеулермен барабар сипаттау мүмкін емес немесе қиын болған кезде қолданылады. Имитациялық үлгілеу үлкен модельді бөлек операция жасауға болатын бөліктерге (объектілерге) бөлуге мүмкіндік береді, басқа, неғұрлым қарапайым немесе керісінше, неғұрлым күрделі модельдерді жасай отырып. Осылайша, аналитикалық есептермен салыстырғанда Имитациялық модельдеудің негізгі артықшылығы неғұрлым күрделі есептерді шешу мүмкіндігі болып табылады, өйткені Имитациялық модель біртіндеп күрделенуге болады, бұл ретте модель нәтижелілігі төмендемейді.

Имитациялық модельдеу кезінде жүйенің уақыт бойынша жұмыс істеу алгоритмі- жүйенің мінез-құлқы, оның үстіне олардың логикалық құрылымы мен жүру реттілігін сақтай отырып, процесті құрайтын қарапайым құбылыстар имитацияланады, бұл бастапқы деректер бойынша жүйенің сипаттамасын бағалауға мүмкіндік беретін уақыттың белгілі бір сәттерінде процестің жай- күйі туралы мәліметтерді алуға мүмкіндік береді. Имитациялық моделдеу объектілерді, олардың жай- күйін, мінез-құлқын, сондай-ақ олардың арасындағы өзара іс- қимылды табиғи түрде сипаттайтын объектілі-бағытталған көрініске тартылады .

Имитациялық модель, аналитикалық үлгіге қарағанда, теңдеулердің аяқталған жүйесі емес, зерттелетін объектінің құрылымы мен мінез-құлқы егжей- тегжейлі сипатталған ашық сұлба болып табылады. Имитациялық модельдеу үшін модельмен сипатталатын құбылыстарды олардың логикалық құрылымын, уақыт бойынша кезектесу реттілігін, параметрлер мен зерттелетін жүйенің ауыспалы өзара байланысын сақтай отырып, қайта шығару тән.

Аналитикалық үлгілерде математикалық әдістердің кең арсеналын қолдануға болады, бұл жиі оңтайлы шешімді табуға және кейде сезімталдыққа талдау жүргізуге мүмкіндік береді. Алайда, өкінішке орай, талдау шешімдері әрқашан жоқ, бірақ бар табу оңай емес. Имитациялық модельдерге келетін болсақ, шешімнің оптималдығы кепілденген жоқ, тіпті одан да көп жағдайда шешім алу қиын, кем дегенде бір дәрежеде оптималдыққа жақын. Кейде қандай да бір шешімнің "қайырымдылықтың" қолайлы шынайылығын алу үшін имитациялық модельді көп сынау қажет. Бірақ Имитациялық модельдеу көмегімен аналитикалық модельдердің көмегімен өте қиын немесе мүлдем мүмкін емес деректерді алуға болады, мысалы, модель параметрлерінің өзгергіштігінің әсерін, модельдің қалыптасқан күйі мен т. б. жеткенге дейінгі мінез-құлқын анықтау.

2.1 - кестеде аналитикалық Имитациялық модельдеудің салыстырмалы сипаттамасы келтірілген.

Сонымен қатар, LTE стандартының байланыс желісі сияқты күрделі жүйелерге қолданылады және модельді құруға аз шығындарды талап етеді. Бұл ретте құрылған модель зерттеу немесе оңтайландыру міндеттерін шешу кезінде одан әрі де пайдаланылуы мүмкін.

2.1 кесте - Аналитикалық және имитациялық модельдеудің салыстырмалы сипаттамасы

Аналитикалық модельдер		Имитациялық модельдер
Уақытқа қатысты модельдер түрлері	Динамикалық және статикалық	Динамикалық
Модельды жазу формасы	Теңдеу немесе теңдулер жүйесі	Алгоритм\процедура
Модельды ұрастыру	Әдетте қиын	Өте жеңіл
Айнымалылар мәндері	Жүйеден шығу	Жүйеге кіру
Модеьды шешу әдістері	Алгоритм оптимизациясы	Эвристикалық немесе эксперименттік сұрыптау
Шешім қабылдауға қажетті тәжирибиер саны	Біреу	Көпмүшелік
Шешім	Дәл мәндер	Ықтималдылық сипаттамалары
Оптималды шешім табу	Онша көп емес сан	Өте көп сан
Күрделі жүйе шешімін табу	Қиындау	Мүмкін
Қолданыста бар болуы	Шектелген	Шектелмеген
Қарастырылып жатқан нысанаға жеткізу дәлділігі	Өте қарапайым	Максимум жуықталған
Нысананы зерттеу сыныптары	Қысқартылған	Кеңейтілген

2.1.2 Имитациялық модельдеу жүйесін таңдау

Қазіргі уақытта имитациялық модельдеу үшін көптеген бағдарламалар мен бағдарламалық кешендер бар. Олардың бөлігі ақылы таратылады, бөлігі Open Source өнімдері.

Модельдеу жүйесін таңдау, салыстыру және анықтау ең қолайлы үшін алға қойылған міндеттері жүргізу қажет. Ең анықтаушы параметрлердің бірі-функционалдылық және мүмкіндіктер. Сонымен қатар, лицензия және құны маңызды болып табылады, өйткені олар қолайсыз болуы мүмкін. Әзірлеуші үшін, сондай-ақ үлгіні әзірлеу ыңғайлы болуы қажет. Сонымен қатар,

тексерілген модульдерді пайдалануға және қойылған міндеттерді шешуге шоғырлануға мүмкіндік беретін LTE байланыс жүйелерін жеке іске асырудың болуы маңызды фактор бола алады.

2.2 кесте -Имитациялық модельдеу жүйелерін салыстыру

Өнім	Лицензия /құны	Функционалдығы	әсерлесу	LTEны іске асыру
Matlab / Simulink	Проприетты	Математикалық және инженерлік есептеулер, СЦӨ, желілерді жобалау	MATLAB	Бар
COMNET III	Проприетты	ATM желілерін модельдеу, FR, X.25, Ethernet, FDDI	Графикалық интерфейс	Жоқ
NetMaker XA	Проприетты	Әр түрлі топологиядағы желілерді модельдеу, трафик туралы ақпарат	Графикалық интерфейс, объектілі мәліметтер қоры	Жоқ

2.1.3 Matlab Simulink

MatLab-бұл жоғары деңгейлі тіл және бағдарламалау, сандық есептеулер және нәтижелерді визуализациялау үшін интерактивті орта. MatLab көмегімен мәліметтерді талдауға, алгоритмдерді әзірлеуге, модельдер мен қосымшаларды құруға болады.

Тіл, құрал- саймандар және кіріктірілген математикалық функциялар C/C++ немесе Java сияқты электрондық кестелерді немесе дәстүрлі бағдарламалау тілдерін қолданудан жылдам шешім алуға және әртүрлі тәсілдерді зерттеуге мүмкіндік береді.

MatLab сияқты салаларда кеңінен қолданылады:

Сигналдарды өңдеу және байланыс, бейнелер мен бейнелерді өңдеу, басқару жүйелері, тестілеу мен өлшеулерді автоматтандыру, қаржы инжиниринг, есептеу биологиясы және т. б.

Бүкіл әлем бойынша миллионнан астам инженерлер мен ғалымдар техникалық есептеу тілі ретінде MatLab қолданады. MatLab дәстүрлі бағдарламалау тілдерімен салыстырғанда (C/C++, Java, Pascal, FORTRAN) типтік есептерді шешу уақытын қысқартуға мүмкіндік береді және жаңа алгоритмдерді әзірлеуді едәуір жеңілдетеді.

MatLab MathWorks өнімдерінің барлық тұқымдастарының негізін білдіреді және ғылыми және қолданбалы есептердің кең спектрін шешуге арналған басты құрал болып табылады, мысалы: объектілерді моделдеу және басқару жүйелерін әзірлеу, коммуникациялық жүйелерді жобалау, сигналдар мен бейнелерді өңдеу, сигналдарды өлшеу және тестілеу, қаржылық моделдеу, есептеу биологиясы және т.б. MatLab ядросы мәліметтердің нақты, кешенді және аналитикалық типтерінің матрицаларымен және деректер құрылымдарымен және іздеу кестелерімен барынша оңай жұмыс істеуге мүмкіндік береді. MatLab сызықтық алгебра (LAPACK, BLAS), Фурье (FFTW) жылдам түрленуі, полиномдармен жұмыс істеу үшін функциялар, базалық Статистика функциялары және дифференциалдық теңдеулерді сандық шешу; Intel MKL үшін кеңейтілген математикалық кітапханалар бар.

MatLab ядросының барлық кіріктірілген функциялары мамандармен жасалған және оңтайландырылған және жылдам немесе олардың C/C++ баламасы сияқты жұмыс істейді.

MatLab деректерді талдау, алгоритмдерді әзірлеу және модельдерді құру үшін көптеген әдістерді ұсынады. MatLab тілі инженерлік және ғылыми операцияларға арналған математикалық функцияларды қамтиды. Математикалық функцияларды векторлық және матрицалық есептеулерді жылдамдатуға арналған процессор-оңтайландырылған кітапханалар қолданады.

Келесі операциялар қол жетімді:

Интерполяция және регрессия; дифференциалдау және интегралдау; сызықты теңдеулер жүйесі; Фурье талдау; меншікті мәндер және матрицалардың сингулярлық сандары; Қарапайым дифференциалдық теңдеулер; сиретілген матрицалар.

MatLab кеңею статистика, оңтайландыру, сигналдарды өңдеу, Машиналық оқыту сияқты салаларда мамандандырылған функционалды ұсынады.

MatLab деректерді алу, талдау және визуализациялау құралдарын ұсынады, бұл электрондық кестелердің немесе дәстүрлі бағдарламалау тілдерінің көмегімен мүмкін болатыннан тезірек мәселені зерттеуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, нәтижелерді графиктер, есептер немесе MatLab кодының жарияланымдары түрінде құжаттауға болады.

MatLab файлдардан, басқа қосымшалардан, деректер базасынан, сыртқы құрылғылардан деректерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Сіз деректерді Microsoft Excel, мәтіндік немесе екілік файлдар, суреттер, аудио және бейне файлдар, ғылыми форматтар (netCDF және HDF) сияқты танымал форматтағы файлдардан оқи аласыз. Енгізу-шығару функциялары кез келген пішімдегі деректер файлдарымен жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, әр түрлі құрылғылар, мысалы, компьютер порты немесе дыбыстық карта, сондай-ақ талдау және визуализация үшін MatLab-та өлшеуіш құрылғылардан нақты уақытта ағындық деректер алуға болады.

MatLab деректерді басқаруға, сүзуге және алдын ала өңдеуді жүзеге асыруға мүмкіндік беред. Трендтерді табу, гипотезаларды тексеру, сипаттама

үлгілерін құру үшін деректерді зерттеуге болады. MatLab-те сүзгілеу, тегістеу, орау және Фурье (FFT) жылдам түрлендіру функциялары бар. Кеңею өнімдері қисықтар мен беттерді таңдау мүмкіндіктерін, көп өлшемді статистиканы, спектралды талдауды, бейнелерді талдауды, жүйелерді сәйкестендіруді және басқа да талдау құралдарын қамтиды.

MatLab 2D және 3D графиктерді құру, сондай-ақ көлемді визуализация функциясын кірістірілген функциялардың жиынтығын ұсынады. Бұл мүмкіндіктерді визуализация үшін және өңделетін ақпаратты ұсыну құралы ретінде пайдалануға болады. Графиктер интерактивті де, бағдарламалық да жасалуы мүмкін.

MatLab графиктерінің галереясында графикалық түрде деректерді ұсынудың көптеген тәсілдерінің мысалдары бар. Әрбір мысал үшін MatLab қосымшаларында пайдалану үшін бастапқы кодты көруге және жүктеуге болады.

MatLab тілі бастапқыда векторлық және матрицалық операциялардың қолдауына ие, ол инженерлік және ғылыми есептерді шешу үшін қажет және жылдам әзірлеу мен іске қосуға арналған.

MatLab тілінің көмегімен программалаудың дәстүрлі тілдеріне қарағанда бағдарламалар мен алгоритмдерді жылдам жазуға болады, өйткені айнымалыларды жариялау, типін анықтау және жады бөлу сияқты төмен деңгейлі ұйымдастырушылық операциялардың қажеттілігі жоқ. Көптеген жағдайларда векторлық және матрицалық операцияларға көшу for циклдарын пайдалану қажеттілігінен арылтады. Нәтижесінде MatLab кодтың бір жолы жиі C / C++ кодтың бірнеше жолдарын ауыстыра алады.

MatLab деректер ағындарын басқаруды, қателерді өңдеуді және объектілі-бағытталған бағдарламалауды қоса алғанда, дәстүрлі бағдарламалау тілдерінің қасиеттеріне ие. Негізгі деректер түрлерін, күрделі деректер құрылымын пайдалануға немесе пайдаланушы түрлерін анықтауға болады.

Командаларды бір рет интерактивті түрде орындай отырып, нәтижелерді дереу алуға болады. Мұндай тәсіл жақсы шешім алу үшін түрлі нұсқаларды тез зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл интерактивті командаларды скриптке немесе функцияға біріктіріп, олардың орындалуын автоматтандыруға болады.

Кеңейту MatLab бар кіріктірме алгоритмдері өңдеу сигнал және байланыс, суреттерді өңдеу және бейнемәліметтерді, басқару жүйелерін және басқа да көптеген облыстары. Осы алгоритмдерді біріктіре отырып, күрделі бағдарламалар мен қосымшаларды жүзеге асыруға болады.

Simulink-бұл бағытталған графтар түріндегі блок-диаграммалардың көмегімен дискретті, үздіксіз және гибридті, сызықты емес және үзілу жүйелерін қоса алғанда динамикалық модельдерді құруға мүмкіндік беретін Имитациялық модельдеудің графикалық ортасы.

Simulink интерактивті ортасы электр күштік, механикалық және гидравликалық жүйелерді модельдеу үшін блоктардың дайын кітапханаларын пайдалануға, сондай-ақ басқару жүйелерін, сандық байланыс құралдарын

және нақты уақыт құрылғыларын әзірлеу кезінде дамыған модельді-бағытталған тәсілді қолдануға мүмкіндік береді.

Simulink кеңейтудің қосымша пакеттері модель тұжырымдамасын әзірлеуден бастап тестілеуге, тексеруге, кодты генерациялауға және аппараттық іске асыруға дейінгі міндеттердің барлық спектрін шешуге мүмкіндік береді. Simulink MatLab ортасына біріктірілген, бұл кіріктірілген математикалық алгоритмдерді, деректерді өңдеудің қуатты құралдарын және ғылыми графиканы пайдалануға мүмкіндік береді.

Simulink Library Browser (Simulink кітапханасын қарау құралы) жүйелерді модельдеу үшін жиі қолданылатын блоктардың кітапханасын қамтиды.

Бұл кітапханаға кіреді:

- Integrator (Интегратор) және Unit Delay (кідіріс буыны);
- Sum (Сумматор), Product (жұмыс), Lookup Table (анықтамалық кесте);
- Mux (Мультиплексор), Switch (ауыстырып қосқыш), Bus Selector (шинаны Селектор) сияқты құрылымдық блоктар.

Simulink модельдеу ортасы келесі негізгі ерекшеліктері бар:

- Блок-диаграммаларды құру үшін интерактивті графикалық орта;
- Дайын блоктардың кеңейтілген кітапханасы;
- Ыңғайлы құралдар көп деңгейлі иерархиялық көп компонентті үлгілерді құру;
- Күрделі модельдерді шарлау және теңшеу құралы-Model Explorer;
- Дайын C/C++, FORTRAN, ADA және MatLab - алгоритмдерді модельге интеграциялау құралдары, модельдеу үшін сыртқы бағдарламалармен өзара әрекеттесу;
- Үздіксіз, дискретті, сызықты және сызықты емес объектілер үшін дифференциалдық теңдеулерді шешудің қазіргі заманғы құралдары (соның ішінде гистерезиспен және үзілумен));
- MatLab пакеттік үлгілеуден басқарылатын әдісі немесе айнымалы және тұрақты қадамы бар торлар көмегімен стационарлы емес жүйелерді Имитациялық модельдеу;
- Шығыс сигналдарын ыңғайлы интерактивті визуализациялау, теңшеу құралдары және кіріс әсерлерін орындау;
- Үлгілерді жөндеу және талдау құралдары;
- MatLab-пен толық интеграциялау, соның ішінде сандық әдістер, визуализация, деректерді талдау және графикалық интерфейстер [7].
- LTE System Toolbox.

LTE System Toolbox LTE және LTE-Advanced стандарттарына сәйкес келетін байланыс жүйелерін жобалау, симуляция және верификациялау үшін функциялар мен құралдарды ұсынады.

Бұл құралдар жиынтығы LTE стандартының физикалық деңгейіндегі алгоритмдер мен құрылғыларды әзірлеуді жеделдетеді, жобаларды верификациялау және олардың стандартқа сәйкестігін тексеру үшін

эталондық ортаны, сондай-ақ тестілік сигналдарды генерациялау үшін функцияларды ұсынады.

Ол толық аяқталған байланыс желілерін теңшеуге, модельдеуге, өлшеуге және талдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, осы құралдардың көмегімен жобаларды, прототиптерді және іске асыруды LTE стандартына сәйкестікке тексеру үшін сынақ ортасын құруға және бірнеше рет пайдалануға болады.

Компоненттер жиынтығы кіреді:

- Тарату жылдамдығын келісумен арналық кодтау, скремблирлеу және модуляция;
- MIMO операциялары, оның ішінде ағындарды жинақтау және алдын ала кодтау;
- Ресурстық элементтерді құрастыру және OFDM және SC-FDM сигналдарын генерациялау;
- Фреймдерді синхрондау, жиілікті ауыстыру және оны қалпына келтіру;
- Идеалды радиоарнаны, сондай-ақ байланыстың төмен және жоғары шығатын арналарын бағалау;
- Теңестіру: нульді қолдану алгоритмдері және орташа квадраттық қатені минимизациялау;
- Демодуляция, депремблирлеу және арналық декодтау;
- Гибридті Автоматты қайта жіберу сұранысы (HARC). LTE System Toolbox жиілік-уақыттық ресурстар матрицасының кең спецификациясын ұсынады. Бұл матрица әрбір антенна бойынша OFDM символдарын берер алдында деректерді ұйымдастыру және әртүрлі арналар мен сигналдарды мультиплексирлеу үшін LTE стандартын пайдаланатын құрылымды білдіреді.

Матрицаның әр түрлі элементтерін генерациялау және толтыру үшін функцияны пайдалана отырып, жобаның дұрыстығын тексеруге және орналастыру қателіктерін табуға және оны іске асыруда көрсетуге болады.

LTE System Toolbox LTE стандартының физикалық деңгейіндегі құрылғылардың жұмысын модельдеуге және симуляциялауға мүмкіндік береді.

(Link-level) арналық деңгейде симуляцияны (link-level) өткізу қабілетін және блоктық қателер коэффициентін қоса алғанда, тиімділіктің күтілетін көрсеткіштерін алуға және симуляция нәтижелерінің негізінде осы іске асыруды бағалауға мүмкіндік береді.

Жүйенің құралдар жинағы сонымен қатар жүйені жақсы жоспарлауға мүмкіндік береді, мысалы, белгілі бір геометриямен және сигналды тарату профилімен ұялы байланыс мұнарасын әзірлеу үшін қажетті кейбір параметрлерді беретін арналық деңгейде модельдеу есебінен.

Таратқыштың, қабылдағыштың және арна үлгілерінің операцияларына қолдау көрсететін функциялар жиынтығы кіреді:

Құрылымы фрейм және салмақ түсетін жиіліктер үшін дуплексной передачи уақытша (TDD) және частотным (FDD) бөле.

LTE 1.4- ден 20 МГц-ке дейін және LTE-A- ден 100 МГц-ке дейін жеткізу жиіліктерінің барлық диапазондары. LTE физикалық сигналдары, оның ішінде төмендейтін және көтерілетін тірек сигналдары мен синхрондау сигналдары. LTE физикалық арналары, соның ішінде жалпы арналар мен басқару арналары. Жалпы және басқару арналарын өңдеу, барлық MIMO сұлбалары және OFDM сигналын генерациялау. Жалпы және басқару арналарын өңдеуді, SU-MIMO және MU-MIMO бірнеше антенналары бар конфигурацияны және SC-FDMA сигналдарын генерациялауды қоса алғанда, өрлеудің толық жолы. LTE үшін анықталған тарату арналарының модельдері, соның ішінде кеңейтілген жаяу жүргіншілер моделі (EPA), кеңейтілген автомобиль моделі (EVA), кеңейтілген типтік қалалық моделі (ETU), қозғалыс кезінде тарату модельдері және жоғары жылдамдықты поездар үшін MIMO арналарының модельдері.

LTE System Toolbox негізгі ерекшеліктері

1. LTE және LTE-Advanced (8,9 және 10 нұсқалары) стандарттарына сәйкес келетін модельдер бар).
2. OFDM (төмен түсетін арна) және SC-FDMA (жоғары шығатын арна) қоса алғанда, Физикалық деңгейде қабылдағыш таратқыштың толық функционалы іске асырылды).
3. Сигналды бірнеше антенналармен (mimo технологиясы) және мобильді станцияның идентификаторларына (UE) сәйкес бағыттылық диаграммасын қалыптастыру функциясы қолдайды).
4. Байланыс арнасын бағалау, синхрондау және MIMO технологиясы бойынша қабылдау функциялары.
5. Сигналды тарату арналарының стандарттарына сәйкес келетін модельдері бар.
6. Радиоарнаның сипаттамаларын эталондық өлшеуге арналған тестілік модельдер мен сигнал генераторлары қосылған.
7. Стандартқа сәйкестігін тексеруге және биттік қателер санын өлшеуге арналған интерактивті құралдар.
8. Ұялы идентификаторы сияқты төменгі деңгейлі параметрлерді қалпына келтіру [8].

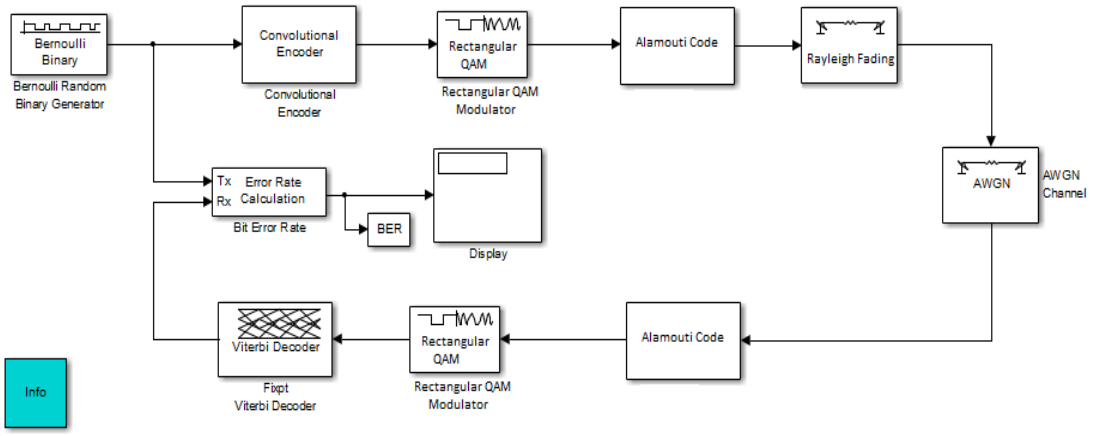
2.2 Имитациялық модельдеу

3GPP консорциумы әзірлеген LTE технологиясы төртінші буынның сымсыз кеңжолақты байланыс желілерін өрістету үшін ең перспективалы стандарттардың бірі болып табылады. Көптеген жұмыстар LTE технологиясының байланыс арналарының бөгеуілге төзімділігіне арналған, алайда квадратуралық амплитудалық модуляцияны пайдалану кезінде бөгеуілге төзімділікті зерттеу бойынша мәліметтер жеткіліксіз.

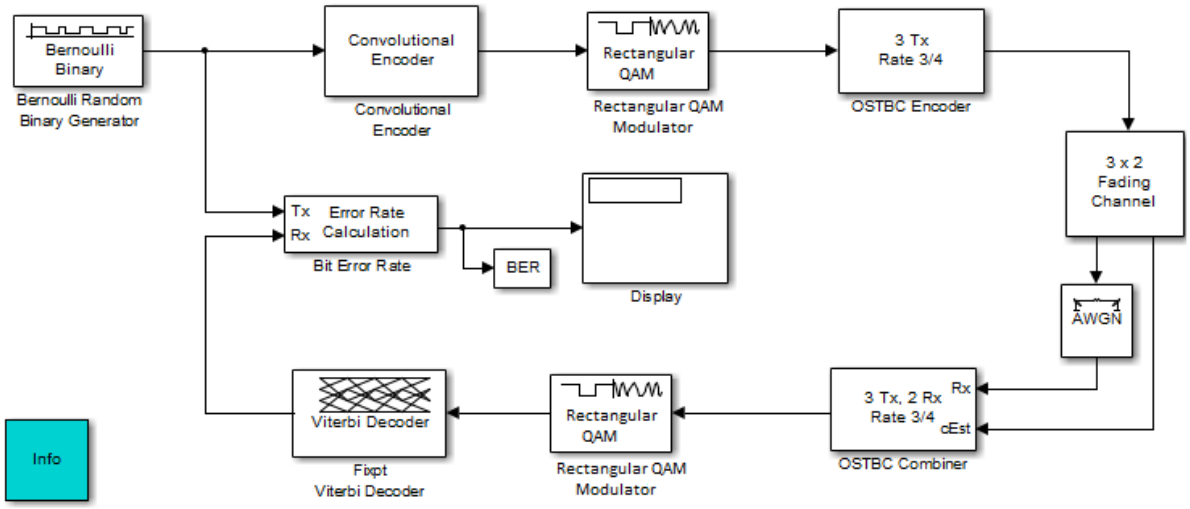
Жұмыс мақсаты MatLAB модельдеу ортасында LTE технологиясының байланыс арналарына бөгеуіл әсерін зерттеу үшін эксперимент жүргізу болып табылады.

Осы жұмыста SISO - және MIMO-OFDM жүйелерін пайдалана отырып LTE технологиясының байланыс арнасына бөгеуілдердің әсері зерттеледі. Ол

үшін Siso және MIMO жүйелерін қолданып, MatLAB қолданбалы бағдарламалар пакетін Simulink ортасында радиоарнаны бағдарламалық іске асыру құрылды (2.1, 2.2 суреттер).SISO және MIMO сұлбасы:



2.1 сурет –SISO арнасындағы имитациялық модельды құру блок-сұлбасы



2.2 сурет – MIMO арнасындағы имитациялық модельды құру блок-сұлбасы

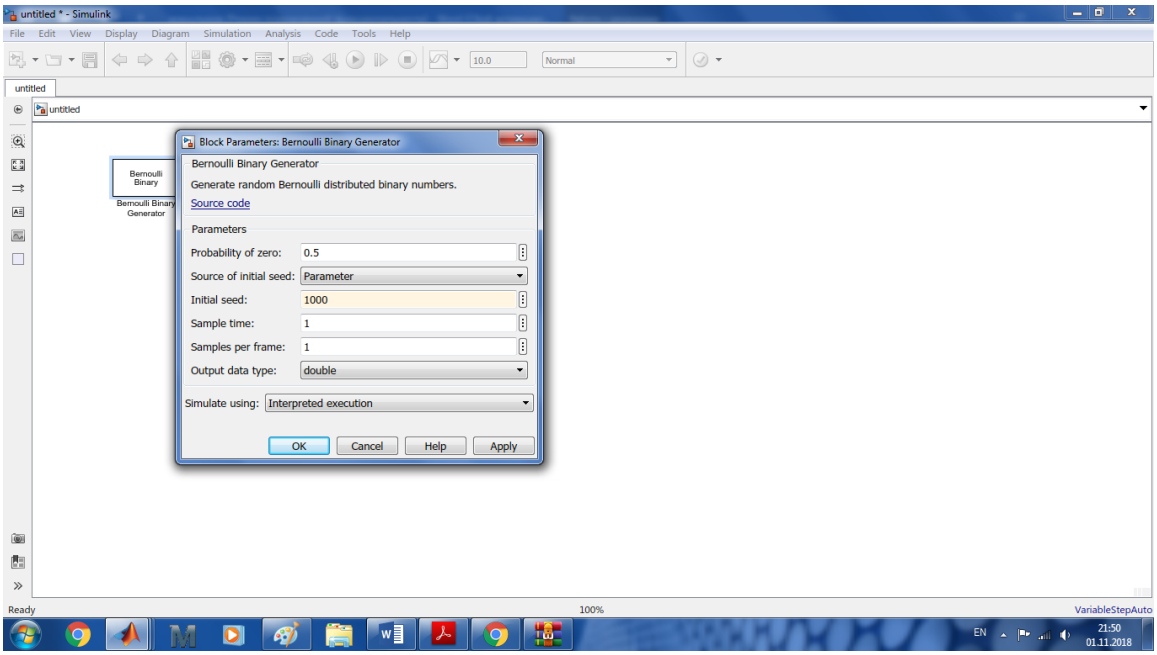
Зерттелетін модельдеу моделінің алгоритмі болып табылады: сигналдық сілтеме (Бернулли екілік генераторы) кез-келген екілік серіктестіктер, ФРЛ-дың конвульсиялық кодтары. Жұмыстың аяқталуы туралы хабарлама жіберіледі. 2-шіден кейін Alamouti-дің блоктармен жұмыс жасауына байланысты жаңа модельдер жұмыс істейді, оның бір-біріне заң матрицасына байланысты, оның орнына антенналар таратылады.Тарату антенналарынан Сигнал қабылдау антенналарына көп сәулелі шашырауды, доплерлік ығысуды, уақытша дисперсияны бастан кешіріп, Рэлеев арнасы

бойынша келіп түседі . Содан кейін белгілі бір заң бойынша кеңістіктік-уақытша декодерде берілген біріздiлік қалпына келтіріледі. Бұдан әрі демодулятор, декодер, содан кейін сигналдарды беру мен қабылдаудағы салыстыратын құрылғы, нәтиже қателерді есептеуішке шығарылады.

Радиоарнаның сұлбасын жасау кезінде Simulink бағдарламалық ортасының төменгі сипатталған блоктары пайдаланылды.

Bernoulli Binary Generator (2.3 Сурет))- Бернулли таратумен кездейсоқ екілік кезектілік генераторы (Бернулли тарату үшін" 1" = p, ықтималдық "0" = (1-p)). Бернуллидің таралуы орташа мәнге ие (1-p) және дисперсия p (1-p). "0" параметрінің ықтималдығы p анықтайды, мұнда p - нөлден бірлікке дейінгі кез келген заттық сан.

Шығыс сигналы матрица, Вектор немесе бір өлшемді массив болуы мүмкін.



2.3 сурет - Bernoulli Binary Generator блогының параметрлерін таңдау

Rectangular QAM modulator baseband - тікбұрышты QAM-модулятор блогы тікбұрышты торда шоқжұлдызбен m-арналы квадратуралы амплитудалық модуляциямен сигналды модуляциялауға арналған.

Шығыс сигналы төмен жиілікті промодуляцияланған сигнал болып табылады, ол кіріс сигналының векторы, скаляр немесе матрицамен ұсынылуы мүмкін.

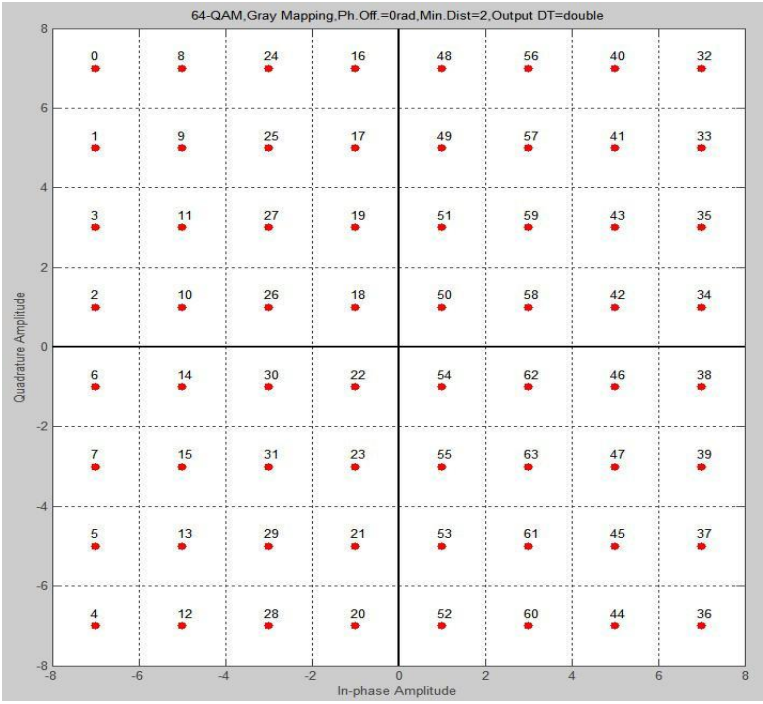
Қуаттардың барлық мәндері 1 Ом бөгеуілге есептелген.

Егер Integer параметрі орнатылса, блок 0- ден (M-1) дейінгі бүтін мәндерді қабылдайды, онда M модуляцияның разряды болып табылады.

Егер "кіру түрі" - Bit параметрі орнатылған болса, блок бүтін санды білдіретін кірістегі екілік мәндерді қабылдайды. Блок жинайды маңызы бар екілік сигналдарды тобының K = $\log_2(M)$ бит, онда білдіреді саны бит символы. Осы конфигурацияда блок k биттен топты қабылдайды және

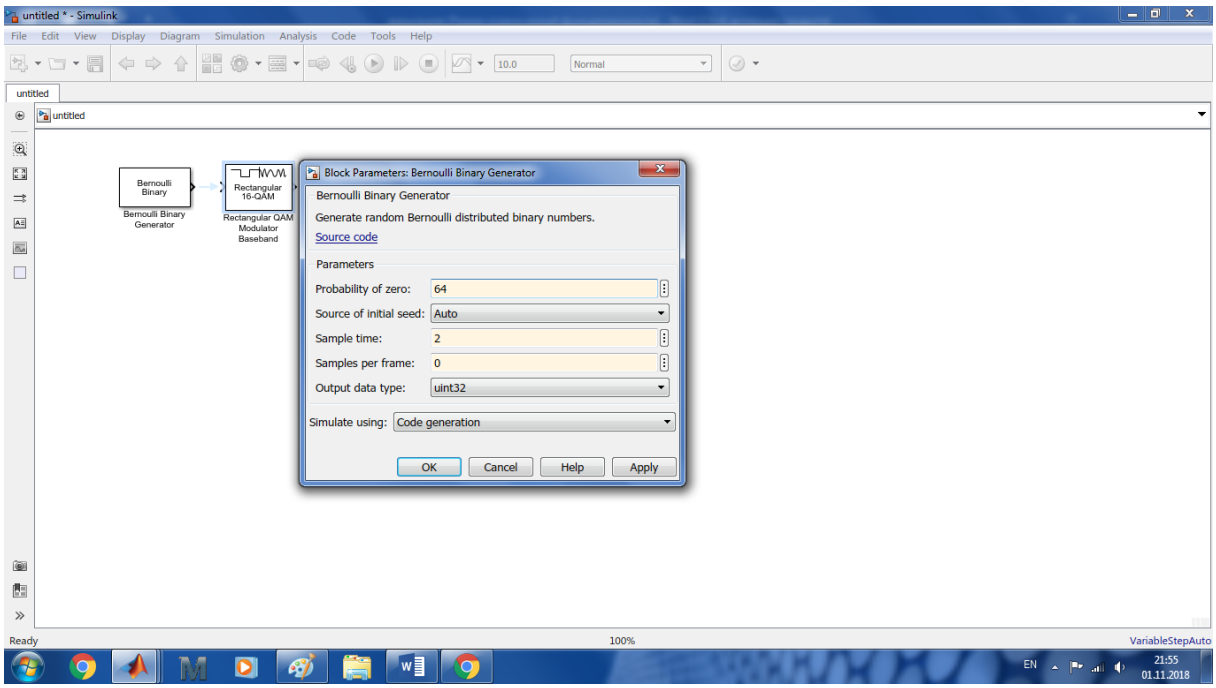
оларды блоктың шығысындағы таңбаларға түрлендіреді. Блоктың шығуында әрбір K бит тобы үшін бір модульдік символ пайда болады .

Шоқжұлдызды реттеу параметрі блоктың сигналдық жиынтықтың нүктелеріне екілік таңбаларды қандай тәсілмен тағайындайтынын көрсетеді. Мұндай берілістер синфазалық компоненттерге де, енгізудің квадраттық компоненттеріне де қолданылады. Егер "екілік код" шоқжұлдыз параметрі орнатылса, блок табиғи екілік кодталған жиынтықты пайдаланады. Егер шоқжұлдыздық "күнә коды" параметрі жұп K санымен орнатылса, онда блок күнә кодын пайдаланады. Егер "күн коды" шоқжұлдыз параметрі тақ санды болса, блок шоқжұлдызды ең жақын нүктелердің жұптары бір немесе екі битке ерекшеленетіндей кодтайды. 2.4-суретте нүктелердің екі битке айырмашылығы бар. Мұнда M = 64 жалпы жағдайды сипаттайтын жағдай бар.



2.4 сурет - Күн сәулесінің кодын пайдалану кезінде тікбұрышты QAM-64 модулятор нүктелерінің шоқжұлдызы и Грей коды

Сигнал шоқжұлдызында M нүктелері бар, мұнда M модуляцияның разрядтылығы. M кейбір оң бүтін K саны үшін 2K түрі болуы керек.



2.5 сурет - Rectangular QAM modulator baseband блог параметрлерін таңдау

Блок таңдалған қалыпқа келтіру әдісінің параметріне байланысты сигналдық шоқжұлдызды масштабтайды . Төмендегі мүмкін масштабтау параметрлері:

- Символдар арасындағы ең аз қашықтық- шоқжұлдыздағы ең жақын жұп нүктелерінің арасындағы қашықтық;
- Орташа қуат - шоқжұлдыздағы таңбалардың орташа қуаты;
- Шыңдық қуат-шоқжұлдыздағы таңбалардың ең көп қуаты .

Тікбұрышты QAM модулятор блогы Блок параметрлерін анықтау үшін блоктық маскадан сигналдық шоқжұлдызды визуализациялау мүмкіндігін қамтамасыз етеді .

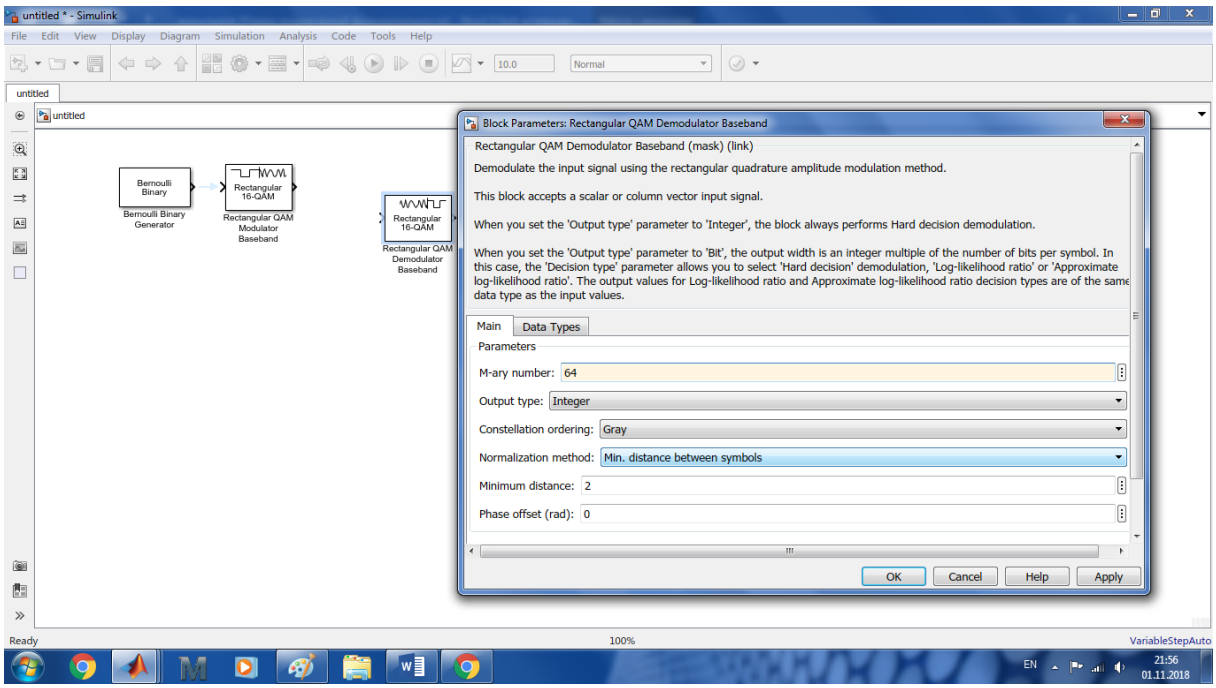
Биттілігі м-сигналдық шоқжұлдыздағы нүктелер саны, кейбір оң бүтін К саны үшін 2К түрінің саны.

Кіріс тізбегінің түрі кіріс тізбегінің бүтін сандардың немесе бит топтарынан тұратынын көрсетеді.

Шоқжұлдызды реттеу блок диаграммасындағы Шығыс биттері тобының әрбір символының немесе бүтін санның орнын анықтайды.

Жиынтықты көрсету- [0, M-1] ауқымында бірегей бүтін мәндер болуы тиіс жол түрінің параметрі немесе m өлшемді векторлық бағанасы. Мәндер double деректер түрі болуы тиіс. Бұл вектордың бірінші элементі келесі элементтермен шоқжұлдыздың басты шеткі сол нүктесіне сәйкес келеді, солдан оңға қарай . Соңғы элемент ең оң төменгі нүктеге сәйкес келеді.

Нормализация әдісі сигналдық шоқжұлдызды қалай масштабтауды анықтайды: символдар арасындағы ең аз қашықтық, орташа қуат немесе шыңдық қуат.



2.6 сурет- Rectangular QAM demodulator baseband блогының параметрлерін таңдау

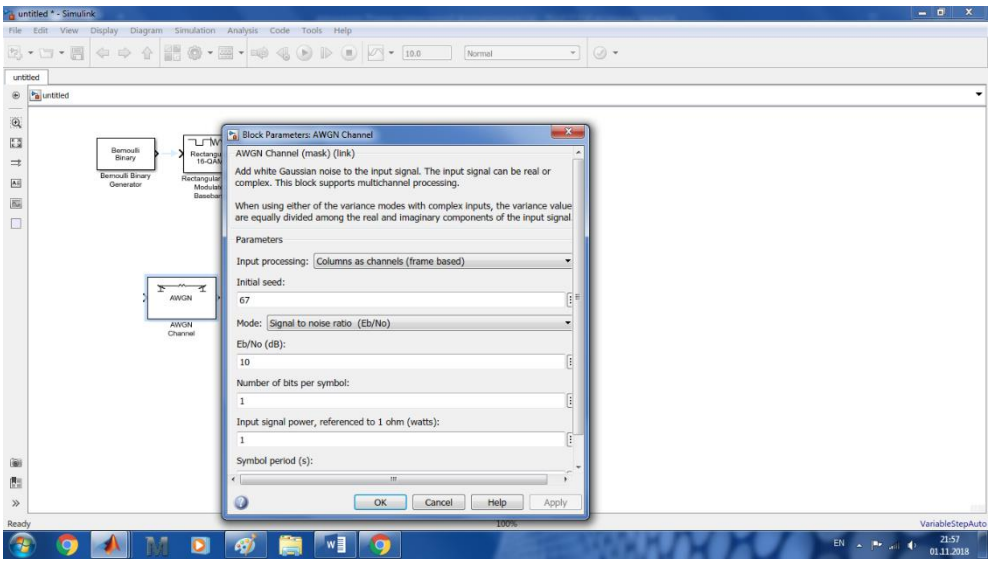
Rectangular demodulator QAM baseband- тік бұрышты QAM демодулятор блогы тікбұрышты торда шоқжұлдызбен квадратуралық амплитудалық модуляция арқылы модуляцияланатын сигналды демодуляциялауға арналған.

Қуаттардың барлық мәндері 1 Ом бөгеуілге есептелген. Бұл блоктың кіруіне кіріс сигналының векторы, скаляр немесе матрица түсуі мүмкін. Сигнал шоқжұлдызында М нүктелері бар, онда М модуляцияның разряды. М кейбір табиғи К үшін 2К түрі болуы керек.

Шу көзінің дисперсиясы. Бұл параметр шешім түрін таңдағанда пайда болады" максимал правдоподобия әдісі" немесе "максимал правдоподобия әдісі".

AWGN Channel блогы нақты немесе кешенді кіріс сигналына ақ Шу қосады. Кіріс сигналы нақты болғанда, бұл блок нақты Гаусс Шу қосады және нақты шығу сигналын шығарады. Егер кіріс сигналы кешенді болса, бұл блок кешенді Шу гауссторын қосады және сәйкесінше кешенді шығу сигналын шығарады. AWGN блогы кіріс сигналынан таңдау уақытын алады.

Бұл блок бір немесе екілік деректер түрі бар скаляр, Вектор немесе матрица түрінің кіріс сигналын қабылдайды.



2.7 сурет - AWGN Channel блогының параметрлерін таңдау

Кіріс деректерін өңдеу арналар ретінде баған түрінде ұсынылады. Егер сіз осы параметрді таңдасаңыз, блок жеке арна ретінде әрбір кіріс бағанын қабылдайды.

Бастапқы деректер- гаусстық Шу генераторы үшін деректер.

Сандар кездейсоқ жасалады. Бұл блоктағы бастапқы деректер параметрі Шу генераторын іске қосады. Бастапқы деректер кіру сигналындағы арналар санына сәйкес келетін ұзындығы бар скаляр немесе вектор болуы мүмкін. Симуляцияны іске қосқан сайын, бұл блок бірдей сигнал береді. Бірінші рет сіз симуляцияны бастағанда, блок кездейсоқ бастапқы толтыруды таңдайды. Блок үлгілеуді іске қосқан сайын бірдей бастапқы деректерді қайталайды.

Шу дисперсиясын көрсететін режимді таңдау: сигнал-шу (Eb/No, Es/No, SNR) - маскадан ауытқу немесе порттан ауытқу. Барлық осы параметрлер сигнал/шу қатынасын көрсетеді, алайда кейбір айырмашылық бар. Eb/No (дБ) – энергия битінің спектрлік тығыздығы шуының қуатына қатынасын көрсетеді, децибелдерде; Es / No (дБ) – символ энергиясының спектрлік тығыздығы шуының қуатына қатынасы, децибелдерде; SNR (дБ) - децибелдегі Шу қуатының қатынасы.

Бұл терезеде модельдеу үшін параметрлер де көрсетіледі. Символдағы бит саны- әрбір енгізу символындағы бит саны.

1 Ом (Вт) қатысты кіріс сигналының қуаты. Кіріс символдарының орташа квадраттық қуаты (егер Eb / No немесе Es / No режимі болса) немесе ваттардағы кіріс іріктемелері (егер SNR режимі болса).

Кезең ішіндегі Символ- ақпараттық арнаның ұзақтығы (яғни арналық кодтаусыз), секундпен өлшенеді.

Дисперсия - ақ гауссиялық шудың дисперсиясының мәні.

The Multipath Rayleigh Fading Channel -"көп сәулелі Релеевтік өшу арнасы" блогы көп сәулелі Релеевтік өшірумен арнаны моделдеуді жүзеге асырады. Сіз бұл блокты ұялы сымсыз байланыс жүйелерін модельдеу үшін пайдалана аласыз. Бұл блок кіріс сигналының жартасты мәнін немесе вектор-

бағанды қабылдайды. Блок кіріс сигналынан уақыт үлгісін қабылдайды. Кіріс сигналы 0-ден артық дискретті таңдау уақыты болуы тиіс.

Таратқыш пен қабылдағыш арасындағы салыстырмалы қозғалыс сигнал жиілігінің доплерлік ығысуын тудырады. Сіз спектрдің доплерлік түрі параметрін пайдалана отырып, Реледің өшуінің доплерлік спектрін көрсете аласыз. Бірнеше тарату жолдары бар арналар үшін, сіз әрбір жол үшін сіздің доплерлік спектрін тағайындауға болады.

Көп сәулелі арна бірнеше орындарда сигналдарды бейнелейтіндіктен, берілетін сигнал қабылдағышқа бірнеше жолмен өтеді, олардың әрқайсысы әртүрлі қашықтық және уақыттық кідірістер болуы мүмкін. Блоктың тілқатысу терезесінде дискретті векторлық кідіріс параметрі әрбір жол үшін кідіріс уақытын анықтайды. Егер сіз Normalize параметрінде 0 дБ күшейту векторының мәнін орнатпасаңыз, жалпы күшейту коэффициенті әрбір жол үшін орташа күшейту мәнін қабылдайды. Сіз құсбелгіні орнатқанда, блок барлық жолдарды ескере отырып, арнаның тиімді күшеюі 0 дБ құрайды, сондықтан масштабтау коэффициентін таңдау арқылы ең орташа күшейту векторының орнына жолдың орташа күшейту еселік векторын пайдаланады.

Жолдар саны жолдың дискретті векторлық кідірістерінің ұзындығын немесе жолды күшейтудің орташа векторын көрсетеді. Егер осы екі параметр векторлар болып табылса, онда олар бірдей ұзындықта болуы тиіс; егер осы параметрлердің біреуі скалярлық мән болса, онда блок оны өлшемі басқа вектордың өлшемімен сәйкес келетін векторға түрлендіреді.

Ең жоғары доплерлік ығысу (Гц) - ең жоғары допплерлік ығысу шамасын көрсететін оң скалярлық мән.

Допплер спектрінің түрі Рэлеев каналындағы Допплер спектрін анықтайды. Бұл әдепкі параметр Jakes қойылған. Сонымен қатар, келесі түрлердің кез келгенін таңдай аласыз:

Flat;

Gaussian;

Rounded;

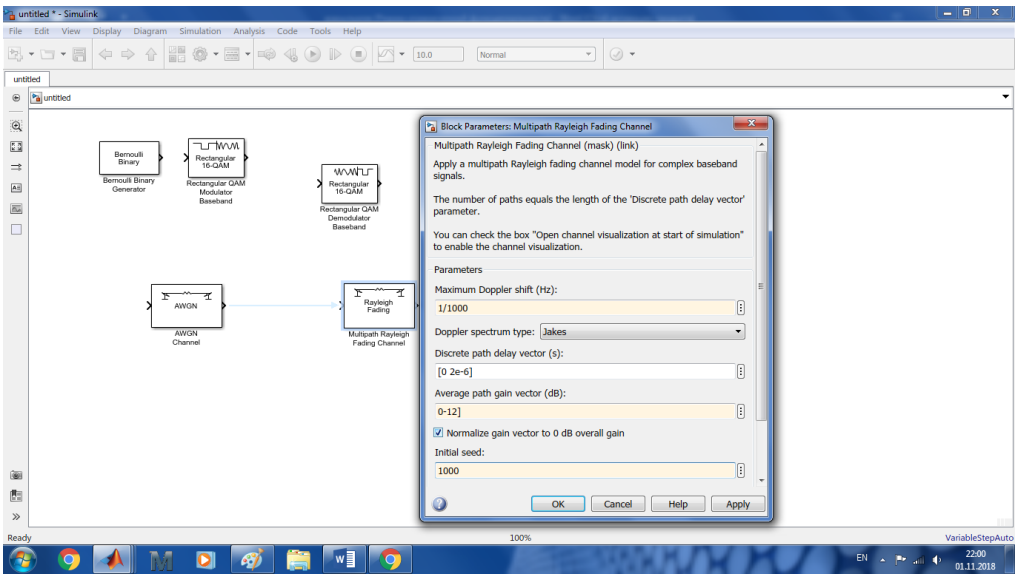
Restricted Jakes;

Asymmetrical Jakes; Bi Gaussian;

Bell.

Jakes және Flat басқа допплерлік спектрдің барлық түрлері үшін Сіз спектр нысанын басқару үшін бір немесе бірнеше параметрлерді таңдай аласыз.

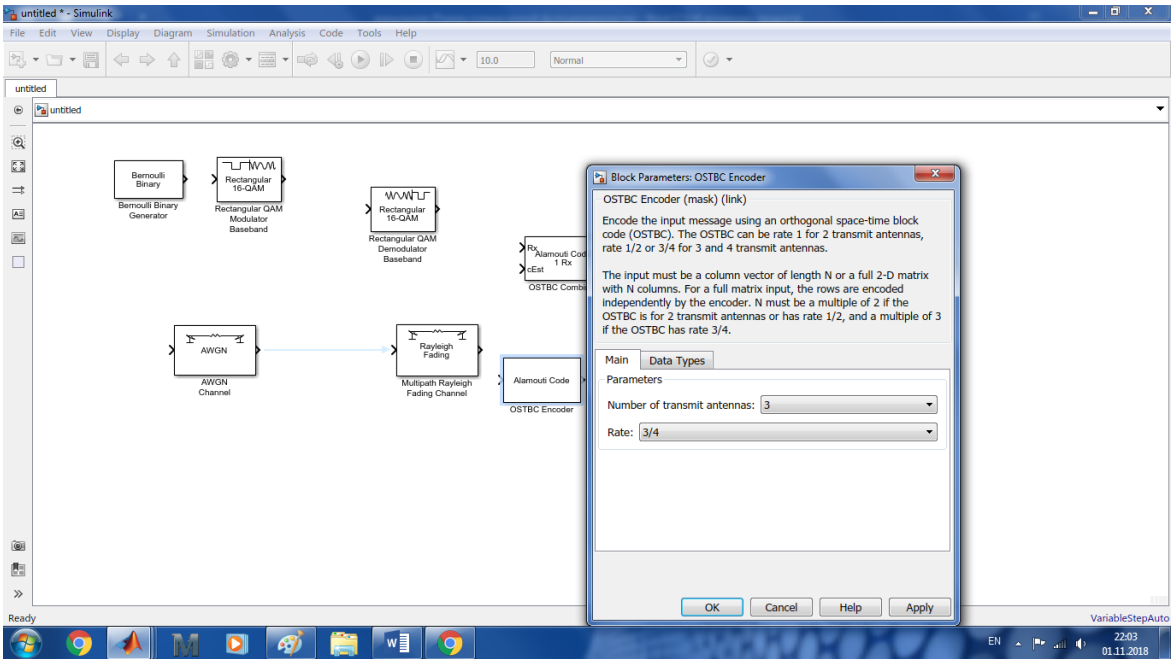
Сіз сондай-ақ кідіріс түрін таңдай аласыз. Вектордың дискретті жолының кідірісі (с), вектор болып табылады, ол әрбір жол үшін таралудың кідіруін анықтайды. Жолды күшейтудің орташа векторы (дБ) - әрбір жол үшін күшейту коэффициентін анықтайтын вектор.



2.8 сурет - Multipath Rayleigh Fading Channel блогының параметрлерін таңдау

0 дБ-да күшейткіштің жалпы коэффициентінің векторының күшеюін қалыпқа келтіру. Үлгілеудің басында арнаның визуализациясын қосуға болады. Ол үшін, үлгілеу басталған кезде арнаны визуализациялау құралын ашу үшін осы құсбелгіні қойыңыз.

Порт жолын кешенді күшейту. Бұл функцияны іске қосу үшін, әрбір сигнал тарату жолдары үшін жолды кешенді күшейту мәнін шығаратын порт жасау үшін осы құсбелгіні қойыңыз. Мұнда N кіріс сигналын таңдау саны, ал M дискретті жолдар саны (кідірістер саны) болып табылады.



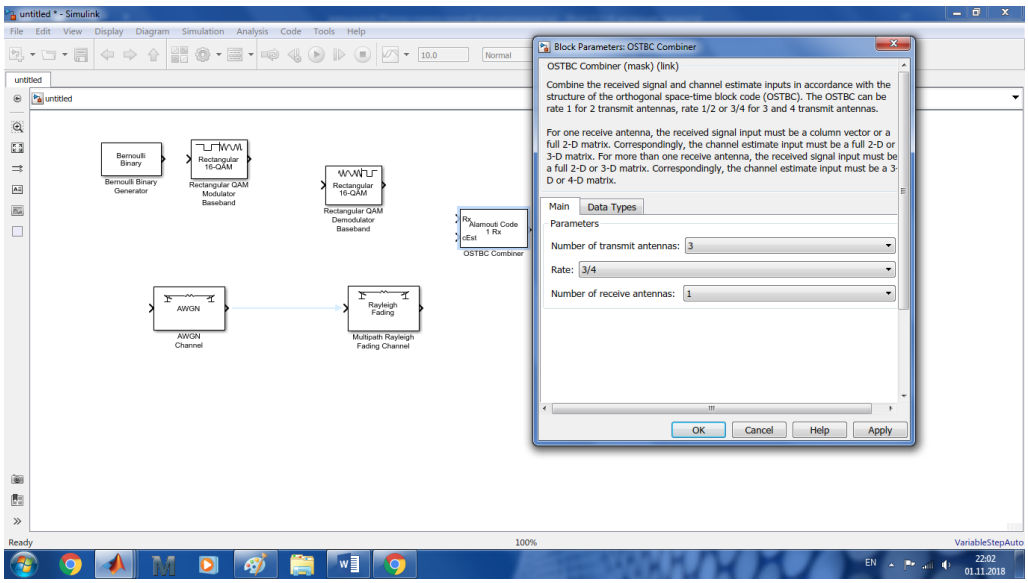
2.9 сурет - OSTBC Encoder блогының параметрлерін таңдау

Сүзгінің арналық кідіріс порты. Осы мүмкіндікті пайдалану үшін, кідіріс мәнін көрсететін порт жасау үшін осы құсбелгіні қойыңыз . Бұл кідіріс

нөлге тең , егер тек бір жол үлгілесе , бірақ жолдар бірнеше болса, нөлден артық болуы мүмкін.

OSTBC блогы ортогоналды кеңістіктік-уақытша блоктық кодты (OSTBC) пайдалана отырып кіріс символдарының реттілігін кодтайды. Блок кіріс таңбаларын жақын көрсетеді және уақыт аймағында матрицаның Шығыс кодтық сөздерін біріктіреді. Блок блоктық кодты беру үшін уақытша және кеңістіктік домендерді қолдайды. Бұл блокта таратқыш жағындағы антенналар санын таңдауға болады. Блок 2, 3 немесе 4 таратқыш Антенналарды қолдайды. Әдепкі бойынша 2 қолданылады.Код беру жылдамдығы орнатылады. Сіз 3/4 немесе 1/2 көрсете аласыз. Бұл өріс тек 2 таратқыш антеннаны пайдаланғанда ғана пайда болады, әдепкі өріс 3/4 мәні орнатылған. 2 таратқыш антенна үшін бұл мән 1.

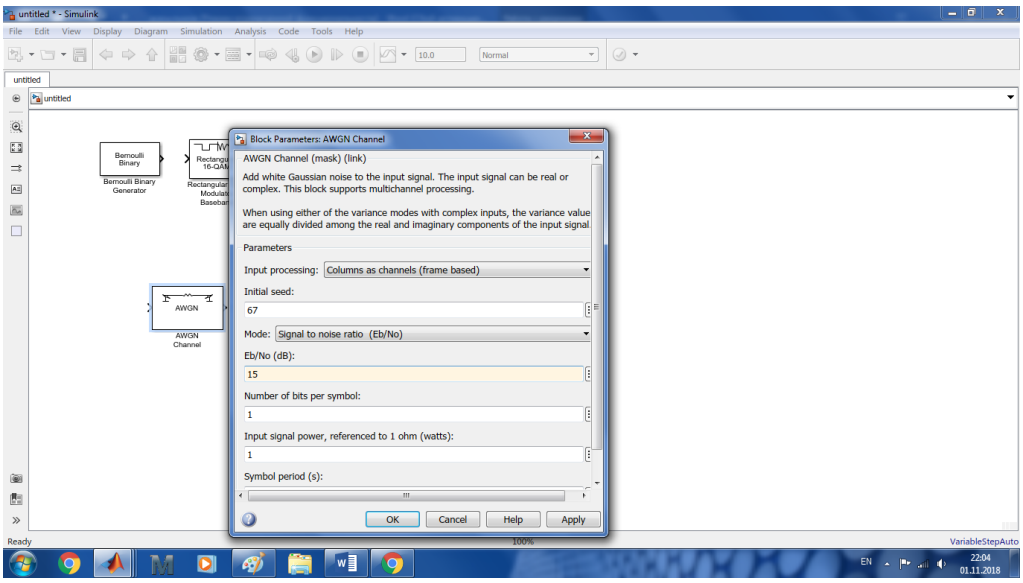
OSTBC блогы сумматор барлық қабылдағыш антенналардан кіріс сигналының мәнін жинақтайды және OSTBC ортогоналды кеңістіктік-уақытша блоктық кодын пайдалана отырып кодталған символдардан пайдалы ақпаратты алу үшін сигналды бағалайды.



2.10 сурет - OSTBC Combiner блогының параметрлерін таңдау

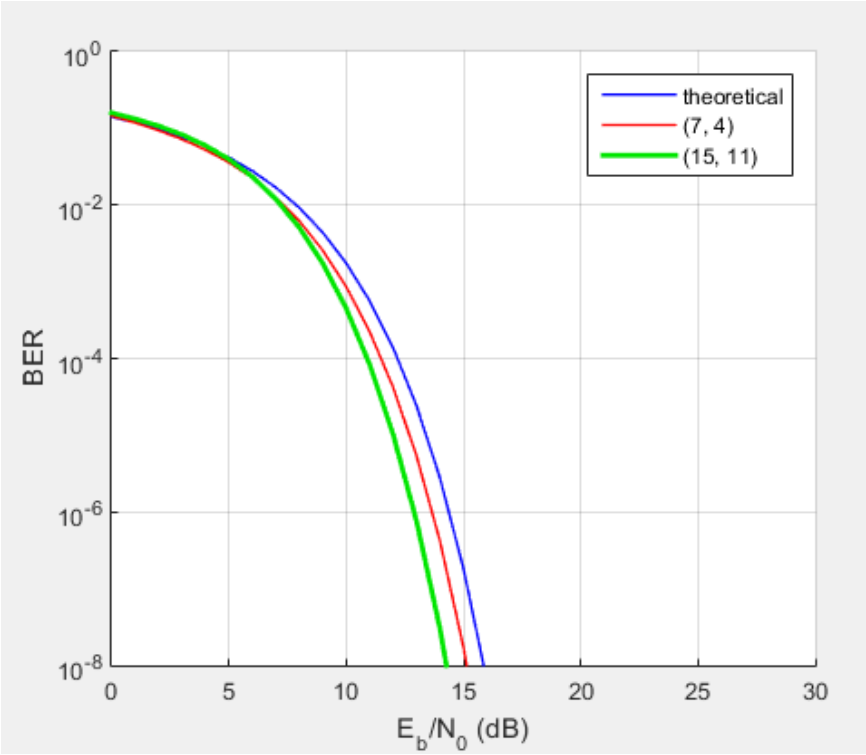
Кіріс сигналын бағалау кодтық блокты сөздің әрбір берілісі барысында тұрақты бола алмайды, сондықтан осы блокта блоктың бір кодтық сөздігіне символдың тек бірінші кезеңін ғана бағалау алгоритмі қолданылады. Блок әрбір символ үшін біріктіру операцияларын дербес жүргізеді.

LTE технологиясының байланыс арнасында әртүрлі модуляцияларда: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM; қарастырылып отырған модуляция түрлерінің BER жеткілікті деңгейін зерттеу үшін SNR мәні AWGN блогында қойылған (2.11 сурет).

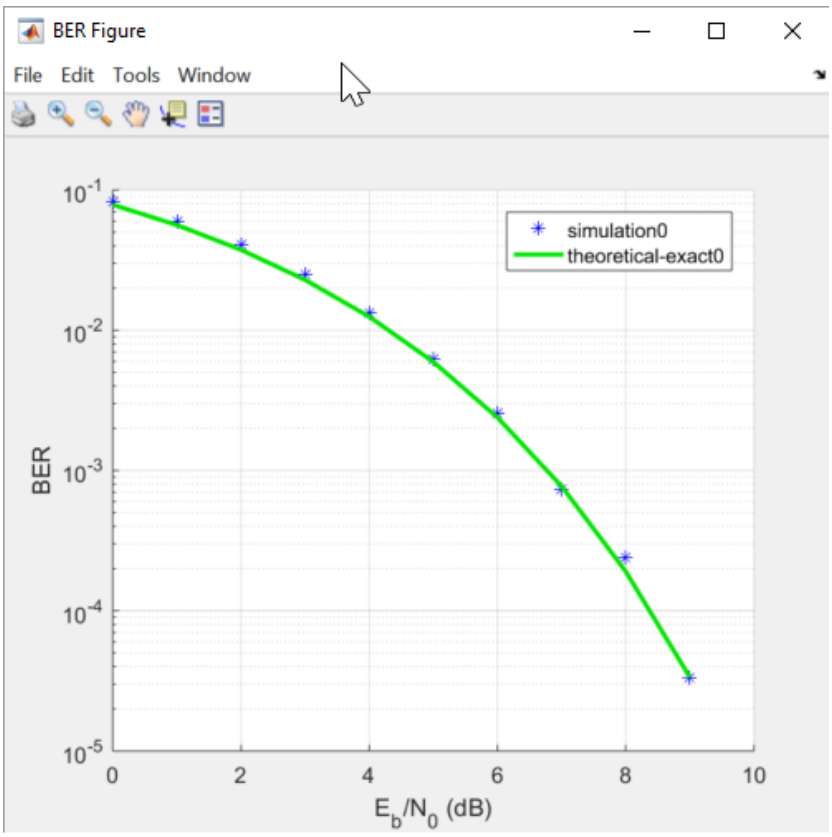


2.11 сурет – SNR мәнін өзгерту блогы

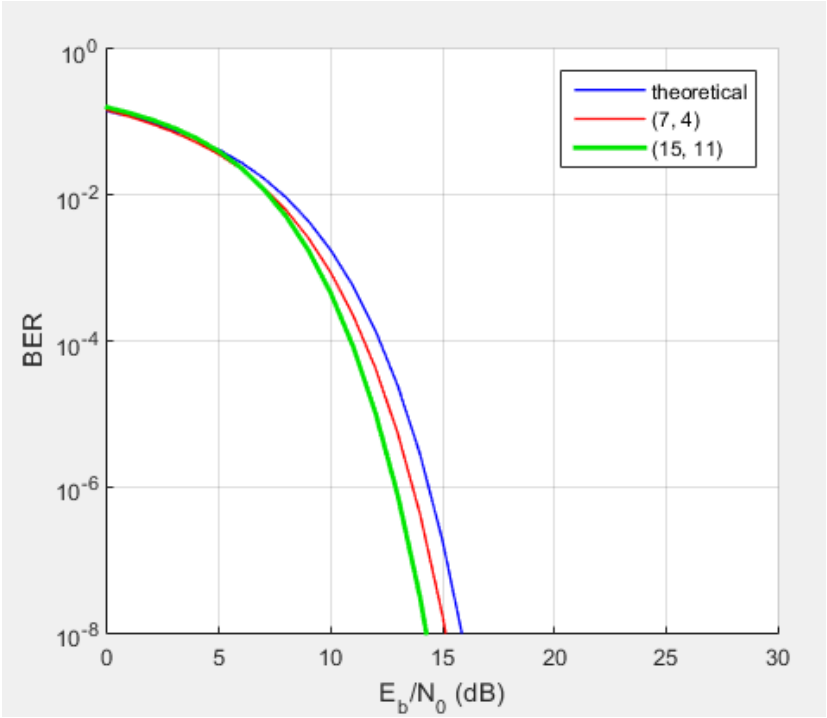
2.12а, б, 2.13а, б суреттері SISO және MIMO жүйелерімен арнадағы сигнал/шу қатынасынан (SNR) биттік қателіктердің (BER) ықтималдығының тәуелділік графиктерін көрсетеді.



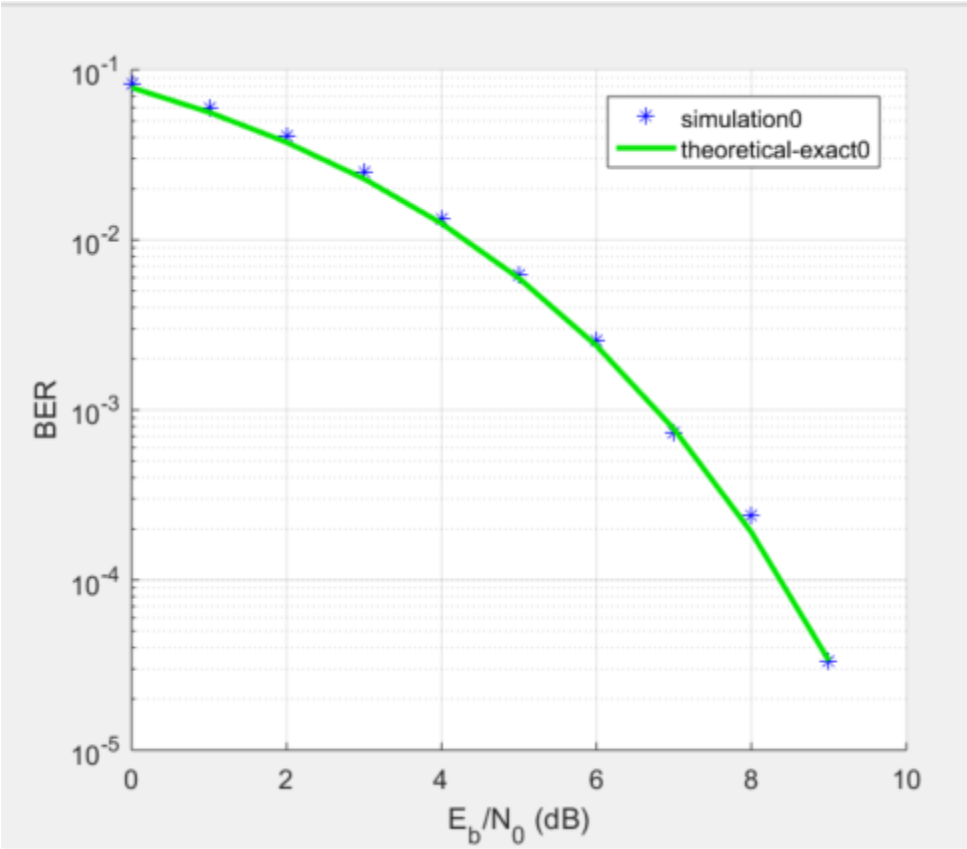
2.12 сурет – SISO арнасына арналған модуляцияның әртүрлі түрлері үшін SNR-ге BER тәуелділігінің қисықтары



2.13 сурет – SISO арнасына арналған модуляцияның әртүрлі түрлері үшін SNR-ге BER тәуелділігінің қисықтары



2.14 сурет – MMO арнасына арналған модуляцияның әртүрлі түрлері үшін SNR- ге Ber тәуелділігінің қисықтары



2.15 сурет- MIMO арнасына арналған модуляцияның әртүрлі түрлері үшін SNR- ге Ber тәуелділігінің қисықтары

3 Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі

3.1 Қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау

Дипломдық жобаның «LTE технологиясындағы байланыс арнасына бөгеуілдердің әсерін зерттеу» өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде осы LTE технологиясындағы бөгеуілдердің әсерін зерттеу MatLab-та өңдеугі әзірлеушінің жұмыс орнын ұйымдастыруға байланысты мәселелер қаралады.

Бұл бөлімнің негізгі міндеті - еңбек процесінде қауіпсіздікті, денсаулықты сақтау мен адамның жұмысын қамтамасыз ететін заңнамалық актілер мен алдын-алу шаралары мен құралдар жүйесін таңдау.

LTE технологиясына кедергі әсерін жобалау және құру кезінде келесі қауіпті және зиянды факторларды ажырату керек:

- электр тогының соғу мүмкіндігі;
- электромагниттік сәулеленудің зиянды әсерлері;
- тұрақты психикалық және физикалық стресс;
- микроклиматтың қанағаттанарлықсыз параметрлері;
- жарық аз;
- өрт қаупі.

Бұл дипломдық жоба MATLAB ортасында - еңбек процесінде адам денсаулығын сақтау мен денсаулығын сақтауды қамтамасыз ететін заңнамалық актілер мен алдын-алу шаралары мен құралдар жүйесін таңдау жатады.

Бұл жұмыстардың барлығын оператордың ПЭЕМ жұмысымен іске асыруға болады.

Компьютердің пайдаланушылардың денсаулығына зиянды әсері екі құрамдас бөлікті компьютерлендіру мәселесі ретінде анықталады: біріншісі адамның компьютердегі жұмысының физиологиялық ерекшеліктерімен анықталады, екіншісі - компьютерлендіру құралдарының техникалық параметрлері.

Жұмыс күнінің соңына тән сезім. ПЭВМ операторлары жұмыс соңында сезінетін типтік сезімдер: бас ауруы, көз кесу, мойын, қол және арқа бұлшық ауыруы, бет терісінің қышуы және т. б.

Күн сайын сыналатын күні, бұл кемшілік мигрендерге, көрудің ішінара жоғалуына, сколиозға, тері қабынуына және басқа да жағымсыз құбылыстарға әкеледі.

3.1.1 Әзірлеушінің жұмыс орнына байланысты қауіпті және зиянды өндірістік факторларды талдау

Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде оқу-әдістемелік нұсқаулығы бойынша өнеркәсіптік санитария, қауіпсіздік техникасы, эргономика және өрт қауіпсіздігі нормаларына сәйкес әзірлеушінің жұмыс орнын ұйымдастыруға байланысты мәселелер қаралды.

ГОСТ 12.2.007.0-75*(2001) бойынша іс – шаралар электр желісіне тікелей қосылатын және 200 см дейінгі биіктікте үй-жайдың ішінде пайдалануға арналған және тамшылар мен шашырандылардың әсеріне

ұшырамайтын аппаратура үшін анықталған. Аппаратура электр тогымен зақымданудан қорғау үшін сенімді жерге тұйықталған. Аппаратураның құрылымы:

- тұтынушыны электр тоғымен зақымданудан қорғау;
- тұтынушыны жарылыс әсерінен қорғау;
- тұтынушыны жоғары жиілікті сәулеленуден қорғау.

Жұмыс орындары тік және көлденең жазықтықтарда жұмыстарды орындау үшін қауіпсіз және ыңғайлы жобаланған. Электр тогымен зақымданудан қорғау қарастырылған:

- ток өткізгіш бөліктері сенімді оқшауланған және қоршалған;
- зақымдану салдарынан қауіпті шаманың электр кернеуінде болуы мүмкін металл бөліктері жерге тұйықталған;
- Электр тізбектерінің схемасында барлық электр тізбектерін қоректендіретін желіден орталықтан ажырататын құрылғы қарастырылған. Жабдықтың конструкциясы статикалық электр зарядтарының жинақталу мүмкіндігін болдырмайды, сондай-ақ электростатикалық Жерге тұйықталған экрандарды қолдану арқылы сәулелену деңгейінің төмендеуін қамтамасыз етеді. Басқару органдары операциялардың дұрыс емес жүйелілігі немесе жабдықты өздігінен қосу және ажырату мүмкіндігі болмайтындай етіп орындалған және блокталған. Қызыл түсті авариялық ажырату органдары бар және оңай қол жетімді жерлерде орналасқан. Жабдықты орнатуға арналған үй-жай параметрлері бар "Электр қондырғыларын орнату ережелері" ПУЭ-76 сәйкес қауіптілігі жоғары санатқа жатады:
- құрғақ (салыстырмалы ылғалдылық 60 пайыздан аспайды);
- температура +30 ° С-тан төмен;
- едендер өткізгіш емес.

Электрмен жабдықтау желісі іске қосу жабдығы (ажыратқыш) көмегімен қосылады және өшіріледі.

Компьютердің жанды бөліктерімен адам байланысының алдын алу үшін қорғаныс жерге қосу қолданылады. Заманауи компьютерлер розеткаға үш полюсті штепсель арқылы қосылады, олардың біреуі жерге тұйықтау үшін қолданылады. Компьютердің электр өткізбейтін металл бөліктері оған қосылады. Компьютерлік орталық тек үш полюсті розеткаларды қолдануды қарастырады, онда тиісті полюстер жерге шинаға қосылған. Өндірістік жабдықтың конструкциясы қауіпті мөлшерде статикалық электр зарядының жинақталу мүмкіндігін болдырмайды.

Электр қауіпсіздігі:

- электр қондырғыларын жобалау;
- қорғаудың техникалық әдістері мен құралдары.

Электр қауіпсіздігін қамтамасыз етудің техникалық әдістері мен құралдары қоршаған орта жағдайларын ескере отырып жасалған: үй-жайлар қауіптілік және электр тогының соғу дәрежесі бойынша «Қауіпсіздігі жоғары үй-жайлар» санатына жатады.

Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін жеке немесе бір-бірімен үйлесімді түрде келесі техникалық қорғау құралдары қолданылады:

- тірі бөлшектерді электрлік оқшаулау екі есе;
- қорғаныс жерге қосу;
- алдын-ала жабу;
- электр желілерін бөлу;
- төмен кернеу.

Қолданыстағы электр қондырғыларындағы жұмыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін келесі ұйымдастыру шаралары жүзеге асырылады:

- жұмысты ұйымдастыруға және өндіруге жауапты тұлғаларды тағайындау;
- жұмысты бұйрықпен немесе ауызша бұйрықпен тіркеу;
- жұмысқа қабылдау;
- жұмыс кезінде бақылау;
- жұмыстағы үзілісті тіркеу, басқа жұмыс орнына ауыстыру, жұмысты аяқтау.

Адам геомагниттік өріске, электр өрісіне, тұрақты магнит өрісіне, өнеркәсіптік жиіліктің электромагниттік өрісіне (50 Гц), радиожиілік диапазонының (10 кГц - 300 ГГц) электромагниттік өрістеріне ұшырайды.

Жұмысшыларды ЭМӨ-нің қолайсыз әсерінен қорғауды қамтамасыз ету ұйымдастыру, инженерлік, техникалық және емдеу шаралары арқылы жүзеге асырылады.

ЭМӨ көзі немесе ЭМӨ көздерімен жабдықталған жабдықты жобалау және пайдалану кезіндегі ұйымдастырушылық шараларға мыналар жатады:

- жабдықтың ұтымды жұмыс режимдерін таңдау;
- ЭМӨ-нің әсер ету аймақтарын бөлу (рұқсат етілетін шекті деңгейден асатын, жұмыс жағдайында персоналдың қысқа мерзімді болуын қажет етпейтін аймақтар қоршалған және тиісті ескерту белгілерімен белгіленген);
- жұмыс орындары мен қызметкерлердің қозғалыс бағыттары, электромагниттік өрістердің көздерінен қажетті қашықтықта, қашықтықтан басқаруды қамтамасыз етуді;
- ЭМӨ көзі болып табылатын жабдықты басқа көздерден ЭМӨ әсер ету аймағынан тыс жерде (мүмкін болса) жөндеу керек;
- ЭҚК көздерін қауіпсіз пайдалану ережелерін сақтау.

Инженерлік-техникалық шаралар жаңа технологияларды енгізу және ұжымдық және жеке қорғаныс құралдарын қолдану арқылы жұмыс орындарында ЭМӨ деңгейінің төмендеуін қамтамасыз етеді (жұмыс орындарындағы ЭМӨ нақты деңгейі өндірістік әсерге белгіленген рұқсат етілген деңгейден асқан кезде).

Ұйымдардың басшылары радиолокациялық, радио навигациялық, байланыс, оның ішінде жылжымалы және ғарыштық кеңістіктерде пайда болатын электромагниттік өрістердің зиянды әсерін азайту үшін жұмысшыларды жеке қорғаныс құралдарымен қамтамасыз ету шараларын қабылдады.

Ұжымдық және жеке қорғаныс құралдары электромагниттік өрістердің жағымсыз әсерлерін азайтып, жұмысшылардың денсаулығына зиянды әсерін тигізді.

ЭСП әсерінен қорғау құралдары статикалық электрден қорғау құралдарына қойылатын жалпы техникалық талаптарға мемлекеттік стандарттың талаптарына сәйкес келеді.

Жұмысты орындау нәтижесінде шаршау деп аталатын жұмысқа қабілеттіліктің төмендеуі басталады.

Шаршағандықпен күресте еңбек процесінің физиологиялық рационалдануы үлкен маңызға ие, ол жұмыста қозғалыстарды үнемдеуге, адамның денесінің түрлі бұлшықет топтары арасындағы жүктемені біркелкі бөлу және т.б. қатысты шаралар жүйесін қамтиды.

3.2 Есептеу бөлім

3.2.1 Жасанды жарықтандыруды есептеу

Оператордың жұмыс орнын есептеу үшін [5] оқу-әдістемелік нұсқаулығы пайдаланылды.

LTE технологиясындағы байланыс арнасына бөгеуілдердің әсерін зерттеуды MatLab-та өңдеудегі оператордың жұмыс орнын есептеу үшін өнеркәсіптік санитария, қауіпсіздік техникасы, эргономика және өрт қауіпсіздігі нормаларын есептейміз.

Жұмыс беттерінің жарықтандыру деңгейі осы жұмыс түріне арналған гигиена стандарттарына сәйкес келеді;

Бөлмедегі жарықтандыру деңгейінің біркелкілігі мен тұрақтылығы қамтамасыз етілген, жұмыс беті мен қоршаған кеңістікті жарықтандыру арасында күрт қарама-қайшылықтар жоқ;

Көрініс саласында жарық көздері мен басқа да нысандар ешқандай керемет болмайды;

Бөлмеде пайдаланылатын жасанды жарық, оның спектрлік құрамы бөлмедегі табиғиға жақындау, аралас жарықтандыру жүйесі қолданылады, табиғи жарықтың болмауы жасанды жарықтандыру арқылы өтеледі, ол үшін LDC типтегі флуоресцентті лампалар қолданылады (жақсартылған түстердің люминесцентті шамдары).

Оператордың жұмысы кезінде дискриминация объектісінің мөлшері 0,15 мм болғандықтан, оның жұмысын визуалды жұмыстың 1 санатына жатқызуға болады (жоғары дәлдікпен жұмыс).

СНиП РК 2.04.-05.2002 [3] стандарттарына сәйкес көрнекі жұмыстардың 1 санатын қанағаттандыратын қолайлы жарықтандыруды қамтамасыз ету үшін бұл бөлмеде шамдардың санын есептейміз. Көрнекі

жұмыстың разряды 1 г болғандықтан, жарық 400 люкс болады Бұл жарықтандыруды қамтамасыз ету үшін аспалы төбеге LDC-80 типтегі флуоресцентті лампалары бар жалпы біркелкі жарықтандыруға арналған төбелік жарықтандырғыштар (төрт шам) орнатылған деп есептейік. Бөлме келесі өлшемдерге ие: ұзындығы А = 6 м, ені В = 6 м, биіктігі Н = 2,5 м, ақ төбелер, жарық қабырғалары.

Еден қабырғаларының төбесінің шағылысу коэффициенттері сәйкесінше ρп = 70% және рс = 50%, ρП = 30%

Бұл бөлме үшін еден үстіндегі жұмыс бетінің (кестенің) деңгейі h1 = 0,75м.

Жұмыс беті (үстел) мен төбенің арасындағы қашықтықты анықтаңыз:

$$h_p = H - h_1 = 2,5 - 0,75 = 1,75 \text{ м} \quad (3.1)$$

Бұның ең тиімді қатынасы.

$$\lambda = L/h = 1,4 \quad (3.2)$$

мұндағы L - арматура қатарларының арасындағы қашықтық, м.

H - ілу биіктігі, м.

h_P –есептеу биіктігі.

Шамдардың қатарлары арасындағы қашықтықты анықтаймыз.

$$L = h * \lambda = 1,75*1,4 = 2,45 \text{ м} \quad (3.3)$$

сонда шамдардың саны =2 болады.

Шамдардың қабырғалары мен шеткі қатарлары арасындағы қашықтық мынадай формула бойынша анықталады:

$$L = 0,3*L = 0,3*2,45 = 0,7 \text{ м.}$$

РС коэффициентінің мәндерін ескере отырып, рн I = A*B/h*(A+B) = 6*6/1,75*(6+6) = 1,7 сонда жарық ағынын пайдалану коэффициенті у = 0,48 тең. ЛДЦ-80 шамының Номиналды жарық ағыны Fл = 2720 лм тең. Демек, шамның жарық ағыны тең

$$F_{св} = F_л * n \quad (3.4)$$

мұндағы n = 4 - шамдағы шамдардың саны.

Сонда

$$Fсв = 2720*4 = 10880 \text{ лм}$$

Шамдардың қажетті санын келесі формуламен анықтаймыз:

$$N = E*K*S*Z*/n*F_{св}* \eta , \quad (3.5)$$

мұндағы Z =1,1- жарықтандырудың біркелкі емес коэффициенті;

К =1,5 - шамдарды жылына кемінде екі рет тазалау жағдайында шамдардың тозаңдануын ескеретін қор коэффициенті;

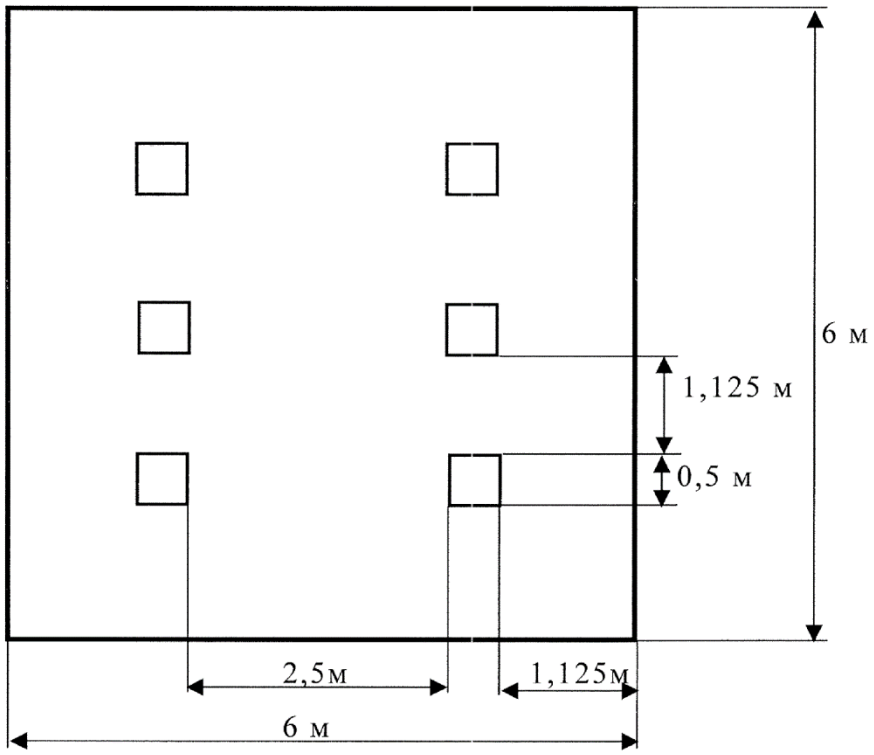
n-шамдардың қатары.

(3.5) формулаға белгілі мәндерді қойып, қатар шамдардың санын анықтаймыз:

$$N = 400*1,5*36*1,1/2*10880*0,48 = 3.$$

Бөлменің төбесіндегі шамдардың орналасу сұлбасы 3.1-суретте келтірілген.

Зертхананың төбесінде шамдарды бөлу анық.



3.1 сурет -Шамдарды орналастыратын операторлық үй-жайдың жоспары

3.2.2 Электромагниттік өрісті есептеу

Электромагнитті өрістер мен сәулелер (ЭМӨ және ЭМИ) - қоршаған ортаның қазіргі жай-күйін есептеу үшін [6] әдістемеік нұсқауды қолданамыз.

Көптеген аймақтарда электромагниттік сәулелену планетаның табиғи фонын бағындырып, оны жүздеген, ал үлкен қалаларда - мың есе асып түсті деп айтуға болады.

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы электрмагниттік өрістер мен сәуле шығару — адамдардың денсаулығы үшін негізгі қауіп-қатердің бірі деп мәлімдей отырып, әлдеқашан дабыл қағады. Әлемдегі осы беделді ұйыммен біздің билік органдары да ынтымақтасады.

ЭМӨ әсерінен қорғау әдістерінің үш негізгі түрі бар:

– уақытты қорғау, яғни ЭМӨ көздерімен байланыс уақытын қысқарту, бұл энергетикалық экспозицияның азаюына әкеледі;

– қашықтықты қорғау, яғни ЭМӨ көзінің айналасында бақыланатын кіру аймағын құру, ЭМӨ көзінен қорғалатын объектілерге дейінгі қашықтықты ұлғайту және т. б.;

– техникалық құралдарын қолдану ұжымдық және жеке қорғану экрандау, т. е. ЭМӨ қарқынының төмендеуі есебінен сыну, шағылу және/немесе сіңіру энергиясы құлайтын өріс арқылы құрылыстары экрандау конструкциялар мен арнайы киімді киіп жүру.

Жерсеріктік байланыс жүйесінде ЭМӨ көздері базалық станциялар болып табылады. Бұл ЭМӨ көздерінің адамға әсер ету принципі әртүрлі. Базалық станциялардың ЭМӨ үнемі генерацияланады және ұялы байланыстың барлық әрекет ету аймағын "электромагниттік жабумен" жабады. Базалық станциялар адам тұрақты болатын жерлерде орналасқан, яғни халықтың радиожиілік диапазоны төменинсенсивті ЭМП-ға тәулік бойы созылмалы сәулеленуі орын алады.

Қауіпсіз еңбек жағдайларын жасау үшін барлық жоғары жиілікті қондырғылар қызметкерлерге әсер ететін сәулелену деңгейлері нормативтік мәндерден аспайтындай етіп жобаланатын болады.

Персоналды электромагниттік өрістің әсерінен қорғау үшін келесі әдістер қолданылады:

- қондырғының электромагниттік өрістің сәулелену режимінде жұмыс істейтіні туралы персоналға хабарлауға мүмкіндік беретін ескерту дабылын қосу. Жасыл шам қондырғының сәуле шығару режимінде жұмысқа дайындығы туралы, Қызыл – сәулеленудің болуы туралы сигнал береді. Бұдан басқа, персоналдың ақпараты үшін ескерту жазбалары мен плакаттар пайдаланылатын болады;

- жабдықты қашықтан басқаруды пайдалану. Ол персоналға электромагниттік өрістің әрекет ету аймағынан тыс жерде өзінің функцияларын орындайды.

Жұмыс орындары сәулелену көзінен 15 метр қашықтықта болады. Сонымен қатар, антенна экрандаушы тормен жабылған шатырдың ортасында орналасады, ол сондай-ақ электромагниттік сәулеленуден қосымша қорғауды қамтамасыз етеді.

Қажет болған жағдайларда персоналды электромагниттік сәулеленудің әсерінен қорғау үшін жеке қорғаныс құралдары пайдаланылатын болады, мысалы, металл тормен өрілген арнайы матадан жасалған персоналға арналған экрандаушы костюмдер.

Қызметкерлерді радиоактивті сәулеленудің әсерінен қорғаудың техникалық шараларының ішінде кеңінен қолданылады, қашықтықтан қорғау әдісі, яғни персонал мен халықтың сыртта қауіпсіздігін қамтамасыз ететін қорғаныс аймақтарын ұйымдастыру. Радио сәуле шығару диапазонына қатысты толқын аймағындағы энергия ағынының тығыздығы бір секунд

ішінде толқындардың таралу бағытына перпендикуляр бірлігіне келетін энергия мөлшерімен сипатталады.

Диполь антеннасы ұсынатын электромагниттік өріс көзі ғимараттың төбесінде h1 = 12 м биіктікте, ал шатыр бетінен h2 = 12 м қашықтықта орналасқан. Болжамдалған радиациялық жиілік f1 = 3-30MHz.

Сондықтан электромагниттік өріс қалыпқа келтіріледі. Электромагниттік өрістер көзінің айналасындағы кеңістік шартты түрде 3 аймаққа бөлінеді: жақын (индукциялық аймақ), аралық (кедергі аймағы), алыс (радиациялық аймақ).

Зоналардың шекарасын радиациялық толқын ұзындығын [6] әдістемеік нұсқау бойынша λ арқылы анықтауға болады:

$$\lambda = \frac{c}{f \cdot \sqrt{\varepsilon_r \cdot \mu_r}}, \qquad (3.6)$$

мұндағы ε_r—диэлектрлік және μ_r-ортаның магниттік өтімділіктері;

$\varepsilon_r = \mu_r = 1$ ауа үшін;

с-жарық жылдамдығы;

$c = 3*10^8$Гц; f-тербеліс жиілігі.

Демек, (4.6) формулаға сәйкес сәулелену жиілігі

f=3-30МГц

λ=10-100м.

3.3 Өміртіршілік қауіпсіздігі бөліміне қорытынды

Дипломдық жобаның бұл бөлімде жұмыс орнындағы еңбек жағдайларына талдау жасалды. Қауіпсіздікті қамтамасыз етудің техникалық шешімдері жасалынды, атап айтқанда шамдарды орналастыратын операторлық үй-жайдың жоспары құрылды, антеннаның орналасуы есептелінды, ЭМС пен ЭМӨ қарастырылды. Осы алынған есептеулер бойынша еңбек жағдайларының деңгейі қолайлы деп танылып, есептеулерден алынған мәліметтер өмір қауіпсіздігі талаптарына толық сәйкес келетіні көрсетілді.

4 Экономикалық бөлім

4.1 Түйіндеме

Бұл жұмыс LTE байланыс жүйесіндегі арналарды бағалау алгоритмдерін зерттейді және олардың әсері шуылға қарсы иммунитет емес; виртуалды ұшқыштарды қолдана отырып, бағалаудың әр түрлі интерполяциясы мен орташа айырмашылығы бар бірнеше нұсқалары қарастырылады.

Біздің жылдамдық дәуірінде, екіншісі өмірді шешкен кезде, жоғары жылдамдықты Интернетсіз әлемді елестету қиын. Қазір көптеген елдерде, 3G желілері азырақ қолданыла бастаған кезде және 5G желілері әлі де дамып жатқан кезде, ұялы байланыстың төртінші буыны басым. 10 жыл бұрын 4G стандарттарының шайқасына екі технология қатысты: WiMAX және LTE. Соңғысы бар 3G желілерінің негізінде «орналастыру» оңайырақ болғандықтан жеңіске жетті.

Жіберушіден алушыға ақпаратты жібергенде, мәліметтер радиоаппараттан өтеді, ол жалпы жағдайда сыртқы факторлардың, шу мен кедергілердің әсерінен үнемі өзгеріп отырады. Мұның бәрі алынған мәліметтердің өту кезінде өзгеруіне әкеледі. Оларды қабылдағышта дұрыс қалпына келтіру үшін арнаны бағалау қажет, содан кейін бағалау нәтижелері бойынша оның берілетін ақпаратқа әсерін ескеру қажет.

Алгоритмнің қай моделі қолданылатынына байланысты жүйенің шуылға төтеп беру қабілеті көп немесе аз болады. Осылайша, бұл мүмкіндіктің максималды болатын алгоритмін анықтау қажет.

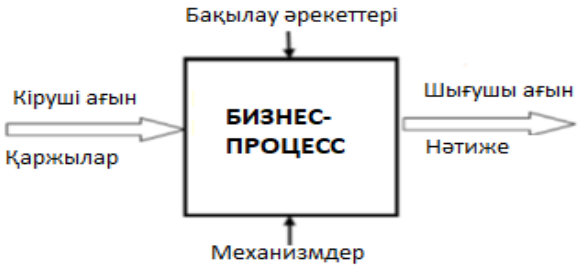
LTE технологиясына кедергі әсерін Matlab ортасындағы функция ретінде бағалау алгоритмдерінің бірі және сигналдан шуылға қатынасының әсерін бағалау алгоритмінің басқа да тәсілдері қарастырылады.

Бұл бөлімде бағдарламаларға қатысты қолданылатын және соңғы өнімге белгілі бір талаптар қоятын әзірленген стандарттарды ескере отырып, Бағдарламалық құралды жобалауды ұйымдастыру тәсілі ұсынылады.

4.2 Қаржылық жоспар

Бизнес-процесс-клиенттердің талаптарын қанағаттандыратын, кіруді (ресурстарды) шығуға (нәтижеге) түрлендіретін жұмыстардың реттелген реттілігі.

Кез келген процесті жоспарлау үшін оны орындау үшін талап етілетін еңбек, сондай-ақ материалдық ресурстарды, оның құрамдас бөліктерінің бірқатар кезеңдерін анықтау, сондай-ақ барлық міндеттерді жоба үшін белгіленген бөлінген уақыт шеңберіне енгізу қажет.



4.1 сурет - Бизнес-үдерісті ұсыну

4.2 сурет - Бизнес-үдерісті ұсыну

Инвестициялық шығындарды есептеу. Күрделі шығындар көлемін анықтау үшін әдістемелік нұсқаулар қолданылады.]:

Жалпы жағдайда жобаға жұмсалатын шығындарды келесідей анықтауға болады:

$$Кпр= Кқызм+К_{ет}+Кеос+Кәрт, \quad (4.1)$$

мұндағы Кқызм – еңбекке ақы төлеу шығындары персонал;

Кет – жобалау үшін қолданылатын есептеуіш техника құралдарына жұмсалатын шығындар (бұл жағдайда ЭЕМ);

$К_{ео}с$ – есептеу ортасына арналған шығындар (Matlab);

Кәрт – жобалауға арналған өзге де шығыстар.

Персоналдың еңбекақысын есептеу (4.2) формула бойынша жүргізіледі:

$$Кқызм= Zеақ*(1+H+Ф)*dзагр*nп*mп, \quad (4.2)$$

мұндағы Zеақ – «бір айдағы бір әзірлеушінің жалақысы»;

H – әзірлеушілердің жалақы сомасына есептелетін үстеме шығыстардың пайызы.

Ол келесідей есептеледі:

$$H=НР/Zеақ*100\%, \quad (4.3)$$

мұндағы НР – жобаны әзірлеу кезінде үстеме шығын мөлшері.

Үстеме шығындар жанама шығындарға жатады және өнімнің өзіндік құнымен тікелей байланысты емес шығындарды ескереді және бұл жағдайда 45% құрайды.

Ф – бірыңғай әлеуметтік салыққа жататын қаражатқа аударымдардың пайызы. Мұндай үш қор бар: Зейнетақы қоры (жарна мөлшері 10%), Медициналық сақтандыру қоры (1%), әлеуметтік қорға жарналар (9,5%). Осылайша, f қорларға салымдар пайызы 20,5% құрайды;

dзагр – жобадағы жүктеушінің үлесі. Ол әзірлеуші есептелетін жобадан басқа басқа жобамен жұмыс істейтін жағдайларда енгізіледі. Бұл жағдайда әзірлеуші тек осы жобамен айналысқан. (dзагрәз=1), ал басшы басқа да жобаларға қатысты (dзагрбас= 0,1);

nп – количество дней в течение которых разработчик был занят данным проектом (nп=17);

mп – число разработчиков, задействованных в проекте (mп =2). Однако, у разработчиков зарплата разная (таблица 4.1) учтем количество разработчиков в $Z_{еақ}$: положим Zеақ=Zеақ1+Zеақ2;

4.1 кесте – Ресурстар шығыны

№	Ресурстың атауы	шығындар	Стандартты ставка, тг / сағ
1	Басшы	91800	1080
2	әзірлеуші	71400	840
3	ЭЕМ дегі әзірлеуші	120000	15000

Сонда:

Кқызм=(1080 ∗0,1+840∗1)∗5сағ∗(1+0,45+0,2)∗17күн≈ 132957тг.

Есептеу техникасы құралдарына жұмсалатын шығындарды есептеу мынадай түрде жүргізіледі:

$$Ксвт= \Sigma Тмв j*Сарч j \ kj=1, \quad (4.4)$$

мұндағы Тмвj – жалға алу уақыты;

Тмвj=17дн∗5ч=85ч;

Сарчj – ЭЕМ сағаттық жалға алуы;

k – жобалау кезінде пайдаланылатын ЕТҚ-ның жалпы саны (1 дана.).

$$Сарч j=R/T, \quad (4.5)$$

мұндағы R – жыл сайынғы амортизация сомасы;

T – ЕТҚ-ның жылына жұмыс сағаты.

T=8сағ∗250 күн=2 000 сағ.

$$R=Q/t\ , \quad (4.6)$$

мұндағы t – пайдалы пайдалану мерзімі (5 жыл);

Q – есептеу ортасына жұмсалған шығындарды ескере отырып, ЕТҚ-ның бастапқы құны:

$$Q = Q_{комп} + Q_{орта} = 120\ 000 + 444240 = 564240 тг.$$

Демек:

$$К_{евт} = (Т_{мв} * Q)/(t * T) = (85 * 564240)/(5 * 2\ 000) \approx 4800 тг$$

$К_{ет}$ есепке алсақ $К_{еот}$, а $К_{эт}$=0.

Қорыта келсек:

$$К_{пр} = 141012 + 4800 = 145812 тг$$

4.3 Жылдық пайдалану шығындарын есептеу

Жылдық пайдалану шығындарының мөлшері нұсқаулықтармен анықталады [20]:

$$\sum Э = ФОТ + О_С + Э_Л + А_0 + П_{Радм} + А_{ТВ}, \quad (4.7)$$

мұндағы $ФОТ$ - еңбекақы төлеу қоры;

$О_С$ - әлеуметтік аударымдар;

$А_0$ - амортизациялық аударымда;

$Э_Л$ - затраты на электроэнергию;

$П_{Радм}$ - басқа әкімшілік-басқарушылық шығыстар (жалақы қорының 40%).

4.2 кесте - Жалақы есебі [20]

Наименование Должностей	Штаттық бірлік саны, адам	Бір қызметкерге айлық жалақы, теңге	Бір қызметкерге жылдық жалақы, теңге	Жалпы жалақы, жылына теңге (ФОТ)
бас инженер	1	75000	900000	900000
1санаттағы инженер	1	60000	720000	720000
Оператор	2	50000	600000	1200000
Кабельщик	2	40000	480000	960000
барлығы:	6			3780000

Әлеуметтік аударымдар, 9,5 % + 1,5% медициналық сақтандыру (27 ст. (http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1500000405#z42).) :

$$О_с=(ФОТ-П_ф)\cdot 0,11 \quad (4.8)$$

мұндағы $П_ф$ – жалақы қорының 10% құрайтын зейнетақы қоры [20]:

$$О_с=(3780000-378000)\cdot 0,11=425200 \text{ тг.}$$

Электр энергиясының шығыны (4.9) формула бойынша есептеледі:

$$Эл = N \cdot t \cdot Q, \quad (4.9)$$

мұндағы $N = 700$ Вт – жабдықтың қуаты;

$t = 365 \cdot 24 = 8760$ сағ – жабдықтың жұмыс сағаттарының саны.

2019 жылдың 1 қаңтарынан бастап Алматы қаласы мен Алматы облысының тұтынушылары үшін келесі тарифтер қолданылады:

Алматы қаласы мен Алматы облысының тұтынушылары үшін электр энергиясына экономикалық негізделген тариф ҚҚС-сыз 1 кВтсағ үшін 17,80 теңге [https://www.zakon.kz/4951875-tarify-na-elektroenergiyu-snizyatsya-v.html]

$Q = 17,8$ тг – сағатына 1 киловатт электр энергиясының бағасы,

$$Эл = 0,7 \cdot 8760 \cdot 17,8 = 109149,6 \text{ тг.}$$

Амортизациялық аударымдар негізгі қордың белгілі бір пайызы болып табылатын және мынадай формула бойынша есептелетін бірыңғай нормаларға сәйкес белгіленеді:

$$А_О = \frac{Ф \cdot Н_А}{100\ \%}, \quad (4.10)$$

мұндағы Ф – негізгі қорлардың баланстық құны;

$Н_А$ – амортизациялық аударымдар нормасы (25%) [20].

Жабдыққа арналған амортизация:

$$А_{О.об} = Н_А \cdot К_О; \quad (4.11)$$

$$А_{О.об} = 0,25 \cdot 8356750 = 2089187 \text{ тг.}$$

Бірақ жұмыс орындарын ұйымдастыруды ескере отырып, стационарлық компьютерлер мен жиһаз үшін амортизацияны да өткіземіз:

$$А_{О.ком} = Н_А \cdot К_м; \quad (4.12)$$

$$А_{О.ком,меб} = 0,25 \cdot 266500 = 66625 \text{ тг}$$

$$А_О = А_{О.об} + А_{О.ком,меб}, \quad (4.13)$$

$$А_О = 2089187 + 66625 = 2155812 \text{ тг.}$$

Өзге шығыстар еңбекақы төлеу қорының 40% - ын құрайды:

$$Пр_{АДМ} = ФОТ \cdot 40\%,$$

$$Пр_{АДМ} = 3780000 \cdot 0{,}40 = 1512000 \text{ тг.}$$

Біз барлық мәндерді анықтағаннан кейін, пайдалану шығындарын есептеуге кірісуге болады, сондай-ақ шығындарды көрнекі көрсету үшін кесте және оған диаграмма жасауға болады:

$$\sum Э = 3780000 + 425200 + 109149{,}6 + 2155812 + 1512000 = 7982161{,}6 \text{ тг.}$$

4.3-кестеде желіні пайдалану шығындары және олардың пайыздық арақатынасы көрсетілген.

4.3 кесте– желіні пайдалану шығындары және олардың пайыздық арақатынасы

Шығыстардың атауы	Құны, теңге	Үлес салмағы, %
ФОТ	3780000	47,16%
Әлеуметтік аударымдар	425200	4,67%
Электр энергиясының шығындары	109149,6	1,21%
Амортизациялық аударымдар	2155812	26,90%
басқа шығындар	1512000	18,86%
Эксплуатациялық шығындар	7982161,6	100%

4.1 сурет- Шығыстар диаграммасы

Қорытынды

LTE сымсыз жоғары жылдамдықты кеңжолақты деректерді тарату стандарты басқа технологиялардың алдында телекоммуникациялық нарықта сөзсіз артықшылыққа ие. Алайда, қазіргі уақытта сұраныс сапалы байланыс қызметтерін алуға көбірек көрінеді. Сондықтан байланыс арналарының бөгеуңл тұрақтылық мәселесі өзекті болып қала береді.

LTE технологиясының байланыс арналарының кедергіге төзімділігін арттыруға MIMO көпсантты жүйесін қолдау, квадратуралық амплитудалық модуляцияны қолдану, сондай-ақ OFDM технологиясын қолдану ықпал етеді. Сонымен қатар, бұл технологияларды қолдану деректерді беру жылдамдығын айтарлықтай арттырады және кідірісті төмендетеді.

Бұл дипломдық жұмыста MatLAB ортасында бағдарламалық іске асыру арқылы LTE технологиясындағы байланыс арналарына кедергілердің әсерін бағалау зерттелді. Зерттеу нәтижелері сигнал сапасына сыртқы факторлар ғана емес, сонымен қатар радиоарнаның қабылдау-тарату трактісінде пайдаланылатын деректерді өңдеу әдістері де әсер ететінін көрсетті. Радиосигналдың сапасын арттыру үшін көп позициялы модуляция, сигналдың кеңістіктік кодтау әдістерін қолданады. Эксперименталды жолмен MIMO көпсантты жүйесін пайдалану радиоарнаның кедергіге төзімділігін арттыратыны дәлелденген.

Алынған мәліметтер негізінде, аймақтық желілер жағдайында OFDM технологиясын қолдану, сондай-ақ символ аралық интерференцияға, өшуге, жиіліктік-сайлау өлшеулеріне қарсы тұруға ықпал ете отырып, радиканалдың кедергі тұрақтылығын арттырады деген қорытынды жасауға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Абдул Базит. Расчет сетей LTE. – Хельсинский технологический университет, 2009

2. Бакулин М.Г., Варукина Л.А., Крейнделин В.Б. Технология MIMO. Принципы и алгоритмы. – М.: Горячая линия – Телеком - 2014.–242 с.

3. Вишневский В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. – Энциклопедия 4G, Москва, «Техносфера», 2009 – 314 с.

4. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи. – М.: Экотрендз – 2005. – 392 с.

5. Гельгор А. Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011 2 Ал-Джанаби Х. Д. Connection quality improving of systems with MIMO in indirect visibility terms /

6. Девицына С. Н. Сети связи и системы коммуникаций: методическое указание – Ижевск.: Изд-во ИжГТУ, 2006.

7. Мясковский Г.М. – Системы производственной радиосвязи: Справочник, Москва, «Связь», 1980 – 96 с.

8. Попов В.И. – Основы сотовой связи стандарта GSM, Москва, «Эко-Трендз», 2005 –126 с.

9. С.Н. Песков, А.Е. Ищенко Расчет вероятности ошибки в цифровых каналах связи // журнал Теле-Спутник – ноябрь, 2010, сс. 70-75 4 Марчук А.В. Адаптивная модуляция в каналах MIMO/ Марчук А.В., Вадиа З., Ал-Джанаби Х. // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. – 2010. – Вып. 163. – С.122–128

10. Скляр Б. Цифровая связь. – М.: Изд. Дом Вильямс – 2003. – 1100с.

11. Техническая спецификация стандарта IEEE 802.16m: www.ieeexplore.ieee.org

12. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. – Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура, Москва, «Эко-Трендз», 2010 – 158 с.

13. Шелухин О.И., Арсеньев А.В., Фоминский В.Ю. – Алгоритм оценки вероятности пакетирования ошибок в каналах связи систем беспроводного доступа с подвижными объектами // «Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса» №1(8) 2009, стр. 70-77

14. Alexiou A., Haardt M. Smart antenna technologies for future wireless systems: trends and challenges Communications Magazine, IEEE, Sept. 2014, vol. 42, iss. 9, pp. 90–97

15. Ana Eira, Xavier Mestre, and Javier Rodrнguez Fonollosa, Universitat Politicnica de Catalunya Smart Antennas in Software Radio Base Stations IEEE Communications Magazine, Feb. 2011, vol. 39, iss. 2, pp. 166 -173

16. Dandekar, K.R.; Hao Ling; Guanghan Xu Experimental study of mutual coupling compensation in smart antenna applications Wireless Communications, IEEE Transactions on, Jul 2002, vol. 1, iss. 3, pp. 480-487

17. Haipeng Jin; Acampora, A. A reservation-based media access control (MAC) protocol design for cellular systems using smart antennas-part I. Flat fading Wireless Communications, IEEE Transactions on, Mar. 2015, vol. 4, iss. 2, pp. 792-801

18. Hend Koubaa Smart antenna based broadcasting in wireless ad hoc networks Ad Hoc Networks, Jan. 2016, vol. 4, iss. 1, pp. 138-146

19. Hend Koubaa Smart antenna based broadcasting in wireless ad hoc networks Ad Hoc Networks, Jan. 2006, vol. 4, iss. 1, pp. 138-146

20. J.C. Mundarath, P. Ramanathan, B.D. Van Veen A quality of service aware cross-layer approach for wireless ad hoc networks with smart antennas Ad Hoc Networks, Jul. 2009, vol. 7, iss. 5, pp. 891-903

21. Kai Chen, Fan Jiang A range-adaptive directional MAC protocol for wireless ad hoc networks with smart antennas AEU – International Journal of Electronics and Communications, Nov. 2016, vol. 61, iss. 10, pp. 645-656

22. Lee, Weon-Cheol; Choi, Seungwon; Kim, Jae-Moung Essential Considerations in Implementing the Smart Antenna System for Downlink Beamforming Wireless Personal Communications, Nov. 2015, vol. 35, number 3, pp. 227-240(14)

23. Loshakov V. A. Adaptive modulation in LTE technology by using OFDMA and SC-FDMA with MIMO / V. A. Loshakov, H.D. Al-Janabi, Y. T. Hussein, N. T. Nasif // Восточно-Европейский журнал передовых технологий (ISSN 1729-3774). – 2013. – Vol. 2/9 (62). – P. 8–11.

24. Mahmoud, K. R.; El-Adawy, M. I.; Ibrahem, S. M. M.; Bansal, R.; Zainud-Deen, S. H. MPSO-MOM: A Hybrid Modified Particle Swarm Optimization and Method of Moment Algorithm for Smart Antenna Synthesis Electromagnetics, Aug. 2014, vol. 28, number 6, pp. 411-426(16)

25. Mani, V.; Bose, R. Direction of Arrival Estimation of Multiple UWB Signals Wireless Personal Communications, Mar. 2015, vol. 57, number 2, pp. 277-289(13)

26. Martin Haardt, Quentin Spencer Smart antennas for wireless communications beyond the third generation Computer Communications, Jan. 2003, vol. 26, iss. 1, pp. 41-45.

27. Mina Yazdanpanah, Chadi Assi, Yousef Shayan Cross-layer optimization for wireless mesh networks with smart antennas Computer Communications, Oct. 2011, vol. 34, iss. 16, pp. 1894-1911

28. Rezk M., Kim W., Yun Z., Iskander M.F. Performance comparison of a novel hybrid smart antenna system versus the fully adaptive and switched beam antenna arrays Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE, 2015, vol. 4, pp. 285-288

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

30 Безопасность жизнедеятельности: Учебник для студентов средних спец. учеб. Заведений / С. В. Белов, В.А. Девисилов, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.— 3-е изд., испр. и доп.— М.: Высш. шк., 2003.— стр. 144-227.

31 СНиП РК 2.04.-05.2002 Естественное и искусственное освещение. Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. – Астана,2004.

32. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.8/2.24.1383-03. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Госкомсанэпиднадзор России. – М., 2003.

33. Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 20 с.

34. Т.С. Санатова, Т.Е. Хакимжанов. Охрана труда и основы безопасности жизнедеятельности. Защита от воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Методические указания и задания к расчетно-графической работе для студентов специалистов 5В071900 - Алматы: АИЭС, 2010 - 33 с.