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

«ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ»
Кафедра меңгерушісі Темырканова Э.К
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: :2G бастап 5G-ға дейінгі деректерді жіберу желілерін зерттеу
Мамандығы:5В071900 Радиотехника , электроника және телекоммуникациялар
Орындаған: Тауекельев Мақсат Әбілханұлы _____Тобы: РЭТ(ИКТ)-16-1
(Т.А.Ж.)
Ғылыми жетекшісі: PhD-доктор, доцент Темырканова Э.К
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
Кеңесшілер:
экономикалық бөлім бойынша:
доцент Тузелбаев Бакберген Ибадиллаевич
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_07___» _____06_____2020ж.
(қолы)
өміртіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
доцент Жандаулетова Фарида Рустембековна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «__01__» _____06_____2020ж.
(қолы)
негізгі бөлім бойынша:
PhD-доктор, доцент Темырканова Э.К
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «__15__» _____06_____2020ж.
(қолы)
есептеу техникасын қолдану бойынша:
PhD-доктор, доцент Темырканова Э.К
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_15___» _____06_____2020ж.
(қолы)
Нормобақылаушы: Мухамеджанова Альмира Далелханкызы
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «__17__» ___06_____2020ж.
(қолы)
Пікір беруші: _____
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«Ғ.ДАУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕБАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғарыш инженериясы және телекоммуникациялар институты

Телекоммуникациялық жүйелер және желілер кафедрасы

Мамандығы: 5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Дипломдық жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент: Тауекельев Мақсат Әбілханұлы
(Т.А.Ж.)

Жобаның тақырыбы: 2G бастап 5G-ға дейінгі деректерді жіберу желілерін зерттеу

2020__ ж. «30» __04__ №__56__ университет бұйрығымен бекітілді.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «_25__»____05____2020___ж.

Жобаға алғашқы деректер (талап етілетін зерттеу (жоба) нәтижелерінің параметрлері және зерттеу нысанының алғашқы деректері):

Орташа жұмыс жиілігі Fср = 465 МГц

Номиналды тарату қуаттылығы Рн=45 Вт

Сүзгілер мен антенналық бөлгіштерде өшу Вф=9 дБ

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

Кіріспе

1. Ұялы байланыс технологияларын құру және стандарттау

2. Алматыдағы LTE желісін жоспарлау және жобалау

3. Негізгі есептеу бөлігі

4. Еңбекті қорғау және өміртіршілік қауіпсіздігі

5. Бизнес – жоспар

Қорытынды

Әдебиеттер тізімі

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі:
ETSI қызметінің негізгі бағыттары
ETSI негізгі үш рөлі
2G мобильді желілеріне көшу
GSM/GPRS/EDGE релиздер мен технологиялардың пайда болу хронологиясы
GSM даму фазалары GPSS нысандары
2G мобильді желілерін қолдау опциялары
Базалық архитектура (GSM фазасы 1 & 2)
GSM негізгі сәулеті (EDGE)
2G/3G/4G желісінің эволюциясы
IMT 2000 отбасысы: ITU-R радио интерфейсінің 5 түрі
UMTS және 3GPP серіктестік жобасының пайда болуы
3GPP технологиясының GSM/GPRS/EDGE-ден UMTS-ке ауысуы
Ұялы желілердің 2020 жылға дейін дамуы
LTE желісінің жалпыланған құрылымы
LTE желісінің жалпыланған құрылымы
TDM Mobile Backhaul көмегімен мобильді желінің диаграммасы
Ұрпақ аралық өзара әрекеттесу
Гибридтік желілер
Тәуелсіз 2G желілері

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:
1. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи.- М.: Эко-Трендз, 1998
2. Громаков Ю.А. Сотовые системы подвижной радиосвязи. Технологии электронных коммуникаций.- М.: Эко-Трендз, 1994. Том 48
3. Громаков Ю.А. Структура TDMA кадров и формирование сигналов в стандарте GSM. – М.: Электросвязь. - N 10, 1993.- с. 9-12.
4. Охрана труда: учебник для вузов/ Ф.Р. Жандаулетова, Т.Е. Хакимжанов, Т.С. Санатова; МОН РК, НАО АУЭС. - Алматы : АУЭС, 2019. - 399 с.
5 Гончарук В.Д., Канаев Н.Я. Экономика, организация и планирование предприятий связи. М., 2004 г

Жоба бойынша жобаның бөлімдеріне қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімдері	Кеңесшілері	Мерзімі	Қолы
Экономика	Тузелбаев Б.И.	07.06.2020ж.	
Ө.Т.Қ.Н.	Жандаулетова Ф.Р.	01.06.2020ж.	
Негізгі бөлім	Темырканова Э.К.	15.06.2020ж.	
Есептеу техникасы	Темырканова Э.К.	15.06.2020ж.	
Нормабақылау	Мухамеджанова А.Д.	17.06.2020ж.	

Диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдердіңатауы, әзірленетінмәселелердіңтізімі	Ғылымижетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1. Кіріспе	17.02.2020ж.	орындалды
2. Ұялы байланыс технологияларын құру және стандарттау	18.02.2020ж.	орындалды
3 .LTE/LTEA dvanced желілерінің архитектурасы	28.02.2020ж.	орындалды
4 .Алматыдағы LTE желісін жоспарлау және жобалау	10.04.2020ж.	орындалды
5. 2G/3G LTE-ге дейінгі байланыс желілерін жаңғыртудың болашағы	10.04.2020ж.	орындалды
6. Ұялы байланыс базасының қамту аймағын есептеу	25.04.2020ж.	орындалды
7. Еңбекті қорғау және өміртіршілік қауіпсіздігі	11.05.2020ж.	орындалды
8. Есептеу бөлімі	19.05.2020ж.	орындалды
9. Экономикалық бөлім	20.05.2020ж.	орындалды
10. Қорытынды	20.05.2020ж.	орындалды
11. Әдебиеттер тізімі	20.05.2020ж.	орындалды

Тапсырманың берілген уақыты « 17 » _ақпан_____ 2020___ж.

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

Жобаның
Ғылыми жетекшісі_____(Темырканова Эльвира Кадылбековна)
(қолы)(Т.А.Ж.)

Орындалатын тапсырманы
Қабылдаған студент _____ (Тауекельев Мақсат Әбілханұлы)
(қолы)(Т.А.Ж.)

Аңдатпа

Бұл бітіру жұмысында 2G, 3G, 4G және 5G технологиясының негізінде Алматы қаласында көп арналы телекоммуникациялық желінің жобалауы қарастырылады. Жобаның түсініктеме бөлімінде қолданылатын өндіруші-фирманың жабдықтары жайлы деректер, олардың функциональдық мүмкіндігі және программаның логикалық құрылымы көрсетілген, сонымен қатар негізгі станцияның қамту зонасы және жабдық сенімділігінің есебі жүргізіледі.

Өміртіршілік қауіпсіздігі тарауында нөлдеу жұмысы орындалады, ұйымдастырылып отырған сымсыз жүйеге қызмет көрсету және пайдалану кезіндегі мәселелері қарастырылады.

Экономикалық бөлімде жылдық пайдалану шығындары мен табысты қоса алғанда, жобаның абсолютті экономикалық тиімділігі және өтелу мерзімі анықталады.

Аннотация

В данном дипломном проекте рассматривается проектирование многоканальной телекоммуникационной сети на технологии 2G, 3G, 4G и 5G в мегаполисе Алматы. В процессе работы исследован ряд документаций изготовителей оснащения с описанием технологий, касающихся технических характеристик базовых станций, ведущих функций и данных, внутренних интерфейсов, и в соответствии с этим проведен расплата зоны покрытия базовой станции и надежности оснащения.

В разделе защищенности жизнедеятельности производится молния защита, рассматриваются вопросы при обслуживании и эксплуатации проектируемой беспроводной системы.

В экономической части производится расчет абсолютной финансовой производительности и срока окупаемости, охватывая годичные эксплуатационные затраты и выгода.

Annotation

This graduation project discusses the design of a multi-channel telecommunication network using 2G, 3G, 4G and 5G technologies in the metropolis of Almaty. In the process, a number of equipment manufacturers documentation was studied with a description of technologies related to the technical characteristics of base stations, leading functions and data, internal interfaces, and in accordance with this, the coverage area of the base station and equipment reliability were paid.

In the section of life safety, lightning protection is performed, issues are considered during the maintenance and operation of the designed wireless system.

In the economic part, absolute financial productivity and payback period are calculated, covering annual operating costs and benefits.

Мазмұны

Кіріспе 8
1 Ұялы байланыс технологияларын құру және стандарттау 9
1.1 Ұялы технологияны стандарттау 9
1.2 Ұялы желілердің бірінші буыны (1G) 11
1.3 2G технологиясының эволюциясы және даму ерекшеліктері 11
1.4 3G технологиясының эволюциясы және даму ерекшеліктері 17
1.5 3G-ден 5G-ге дейінгі мобильді жүйелер ұрпақтарының эволюциясы және дамуы 19
1.6 5G сандық байланыс жүйелерінің жалпы сипаттамалары мен ерекшеліктері 22
1.7 LTE/LTE Advanced желілерінің архитектурасы 25
2 Алматыдағы LTE желісін жоспарлау және жобалау 29
2.1 Желілік модельдеудегі негізгі міндеттер 29
2.2 LTE желісін жоспарлаудың заманауи тәсілдері 30
2.3 2G/3G LTE-ге дейінгі байланыс желілерін жаңғыртудың болашағы 31
2.4 LTE технологиясын қолдана отырып, әуе интерфейсін құру принциптері 37
3 Негізгі есептеу бөлігі 46
3.1 Ұялы байланыс базасының қамту аймағын есептеу 46
3.2 ОС және жылжымалы АС байланысы кезінде 1-аймақ радиусын есептеу 46
3.3 ОС мен ұялы динамикті қосқан кезде 2 аймақтың радиусын есептеу 49
3.4 ОС-ны БС немесе стационарлы АС-мен қосу кезінде 1-ші аймақтың радиусын есептеу 50
3.5 ОС-ны БС немесе стационарлы динамикпен қосу кезінде 2-аймақтың радиусын есептеу 52
3.6 CDMA 450 стандартындағы ұялы желі жабдықтарының сенімділігін есептеу 52
3.7 Қуатты тікелей есептеу 54
3.8 Кері қуатты есептеу 56
3.9 Базалық станцияның сыйымдылығын есептеу 57
3.10 Жиілік арналары арасындағы дуплексті аралықты есептеу 59
3.11 Жиілік арналарының жалпы санын есептеу 59
3.12 Арналар санын есептеу 60
3.13 Рұқсат етілген жылжымалы жүктемені есептеу 60
4 Еңбекті қорғау және өміртіршілік қауіпсіздігі 61
4.1 Еңбек жағдайларын талдау 61
4.2 Есептеу бөлімі 64
5 Бизнес - план 70
5.1 Түйіндеме 70

5.2 Жобаның сипаттамасы 71
5.3 Маркетинг 72
5.4 Өндіріс жоспары 74
5.5 Қаржылық жоспар 75
5.6 Күрделі шығындар 75
5.7 Жылдық пайдалану шығыстарының есебі 76
5.8 Ұялы байланыс қызметтерін көрсетуден түсетін кірістерді есептеу 79
5.9 Өтімділік мерзімін есептеу 82
Қорытынды 84
Қысқартулар тізімі 85
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 86

Кіріспе

Алғашқы ұялы телефондар пайда болғаннан бері жиырма жылдан астам уақыт өтті, бірақ мобильді қауымдастық маңызды өзгерістерге ұшырады. Алғашқы буын жүйелері, аналогтық принципке негізделген, телефон байланысы үшін ең көп қолданылды, содан кейін ғана кейбір негізгі қызметтерді иеленді.

GSM стереотипін қамтитын 2-ші буын жүйелері берілістің сапасы мен сигналды қорғауды, қосалқы қызметтерді, жылдамдықты деректерді беруді, ал GSM жүйелері үшін - абонентті әртүрлі елдер мен континенттерге жылжытуға ыңғайлы роуминг қызметін ұсынады. Үшінші буынның (3G) дамуы сөйлеудің, бейнелердің жоғары сапалы берілуіне кепілдік береді (жылдамдығы 9,6 Кбит/с орнына 2 Мбит/с жетеді, бүгінгі күні арзан), мультимедиялық мазмұн мен Интернетке қол жетімділік, сонымен қатар ұялы телефон мен компьютер арасында мәліметтер алмасу. Сонымен қатар, 3G технологиялары көптеген жаңа ұсыныстарды қосып, екінші буын торларына қызмет көрсету сапасын жақсарту үшін қажет. Нақты уақыттағы CDMA стереотипі өте кең қолданылады және оның көптеген түрлері бар. Ұялы жүйелер топырағы - бұл әр түрлі географиялық жерлерде радиоарнаны бірнеше рет енгізу, яғни арналардың жиілік бөлу технологиясын (немесе жеке жинақтау) енгізу. Қызмет көрсету аймағы абстрактілі алтыбұрышты секцияларға (ұяшықтарға) бөлінген, осы 2 көршілес емес ұяшықтарда бірдей жиілікті қолдануға барлық мүмкіндік бар, ал ұяшық мөлшері абоненттердің тығыздығына байланысты. Демек, бұл даму қолдану ауқымын едәуір жақсартады және жүйенің тиімділігін арттырады.

Екінші жағынан, микроэлектрондық құрылғылардың технологиясын, компьютерлік технологияларды, байланыс желілерінің технологиясын, кодтау технологиясын және сандық сигналдарды өңдеу радиотелефон модуляциясы негізінде коммутация, дабыл жүйелері және кодтау технологиясы тұрғысынан ұялы байланыстың функционалды дамуына ықпал етті.

Нәтижесінде цифрлы жүйелер аналогты ұялы байланыс жүйелерінің орнына келді, FDMA технологияларының орнына TDMA және CDMA технологиялары қолданыла бастады, ұялы байланыстың бірінші буыны біртіндеп үшінші буын жүйелеріне ауыстырылды.

1 Ұялы байланыс технологияларын құру және стандарттау

1.1 Ұялы технологияны стандарттау

Ұялы байланыс технологиясының барлық стандарттары ашық стандарттар қағидаттарына негізделген: қол жетімділік, тұтынушыға бағдарлану, еркін пайдалану, кемсітпеу, даму мүмкіндіктері, пайдалану лицензиясының болмауы, жаңашылдық.

Ашық стандарт дегеніміз - барлық мүдделі тараптар үшін шектеусіз оқуға және пайдалануға бірдей қол жетімді стандарт немесе хаттама:

- ашық стандарттың анықтамасына жатпайтын форматтарға немесе хаттамаларға байланысты компоненттер немесе кеңейтімдері жоқ;
- кез-келген бизнес-схемада оны мүдделі тараптың пайдалануын шектейтін заңды немесе техникалық ережелер жоқ;
- белгілі бір жеткізушіге тәуелді емес және бәсекелестер мен үшінші тұлғалардың тең қатысуы үшін ашық процедуралар барысында әзірленді және аяқталды;
- бәсекелес жабдықтаушылар орындаған толық көлемде немесе барлық тараптар үшін бірдей қол жетімді толық орындау түрінде қол жетімді.

ETSI Еуропалық Телекоммуникация Стандарттау Институты - Еуропалық стандарттау органы. Еуропадағы телекоммуникация саласындағы стандарттау бойынша тәуелсіз, коммерциялық емес ұйым (жабдық өндірушілері мен желілік операторлар). ETSI GSM ұялы жүйесін және TETRA кәсіби мобильді радио жүйесін сәтті стандарттады. ETSI - 3GPP құрушылардың бірі.

ETSI 1988 жылы CEPT-мен құрылды және Еуропалық Комиссия мен EFTA хатшылығымен ресми түрде танылды. София Антиполисте (Франция) орналасқан ETSI Еуропадағы ақпараттық және телекоммуникациялық технологияларды стандарттау үшін ресми жауап береді. ETSI құрамына 64 елдің 800-ден астам мүшелері кіреді, олардың ішінде жабдық өндірушілері, байланыс операторлары, әкімшілер, қызмет жеткізушілер, зерттеушілер және пайдаланушылар - ақпараттық технологиялар әлеміндегі барлық негізгі ойыншылар.

2005 жылы ETSI бюджеті 20 миллион евродан асты, оған мүшелерден түсетін жарналар, құжаттарды сату, келісім-шарт жұмыстары және серіктестік қаржыландыру сияқты коммерциялық қызмет кіреді. Оның шамамен 40% -ы пайдалану шығындарына кетеді, ал қалған 60% -ы жұмыс бағдарламаларына, соның ішінде құзыреттілік орталықтары мен арнайы жобаларға жұмсалады.

ETSI қызметі:

- EO (Еуропалық одақ) стандарттаудың еуропалық органы және АКТ құзыреттілік орталығы (Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар) ретінде ресми түрде танылды;
- АКТ барлық саласында (технологиялар және қызметтер);

- АКТ технологиялары мен қызметтерінің (телекоммуникациялар, радиобайланыс, хабар тарату және соған байланысты салалар) әлемдік стандарттарын жасаушы;

- 1988 жылы құрылған тәуелсіз коммерциялық емес ұйым

- ISO 9001: 2000 сәйкес сертификатталған қызмет;

- өз мүшелерінің тікелей қатысуымен ұйым;

- 700+ мүше (компаниялар мен ұйымдар) ;

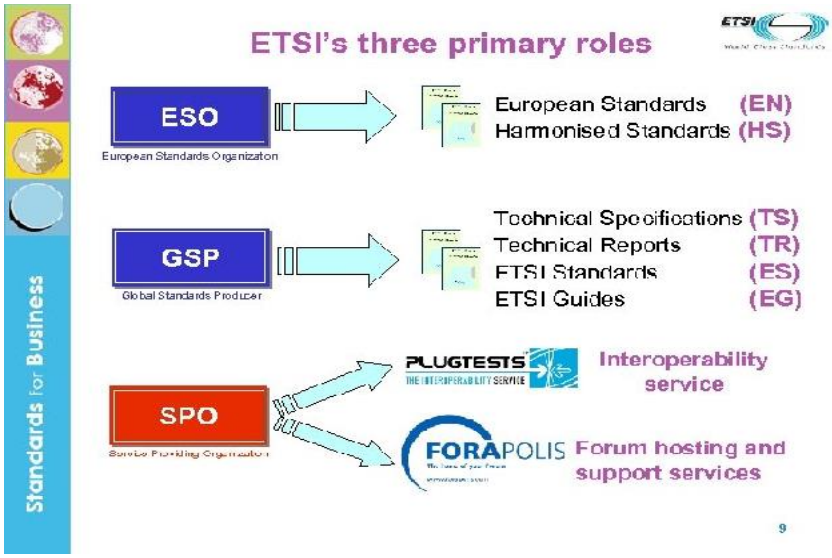
- 22000-нан астам жарияланған есептер мен стандарттар - еркін қол жетімді (1.1 сурет).

1.1 сурет – ETSI қызметінің негізгі бағыттары

ESO: Еуропалық стандарттау ұйымы: еуропалық қажеттіліктерге арналған АКТ технологияларын стандарттау;

GSP: Әлемдік стандарттардың өндірушісі: бүкіл әлем бойынша стандарттау;

SPO: Қызмет жеткізушісі: жұмыс жасауды тестілеу сияқты қызметтер (1.2 сурет);



1.2 сурет – ETSI негізгі үш рөлі

1.2 Ұялы желілердің бірінші буыны (1G)

Ұялы байланыстың бірінші буыны келесі аналогтық жүйелерді қамтыды және жаһандық деңгейде стандартталмаған:

AMPS (Advanced Mobile Phone Service - жетілдірілген ұялы телефон қызметі, 800 МГц диапазоны) - АҚШ, Канада, Орталық және Оңтүстік Америкада, Австралияда кеңінен қолданылды;

TACS (Total Access Communications System - жалпыға ортақ байланыс жүйесі, 900 МГц диапазоны) - Англияда, Италияда, Испанияда, Австралияда, Ирландияда қолданылды;

NMT-450 және NMT-900 (Nordic ұялы телефондары - скандиналық ұялы телефон, сәйкесінше 450 және 900 МГц диапазоны) - Скандинавияда және көптеген Ресейде, соның ішінде Ресейде қолданылды;

C-450 (450 МГц диапазоны) - Германия мен Португалияда қолданылады;

RTMS (Радио-телефонның мобильді жүйесі - жылжымалы радиотелефон жүйесі, диапазоны 450 МГц) - Италияда қолданылды;

Radiocom 2000 (диапазоны 170, 200, 400 МГц) - Францияда қолданылады;

NTT (Nippon Telephone and Telegraph system - Жапонияның телефон және телеграф жүйесі, 800 ... 900 МГц диапазоны - үш нұсқада) - Жапонияда қолданылды.

Бірінші буындағы мобильді желілердің сипаттамалары (1G):

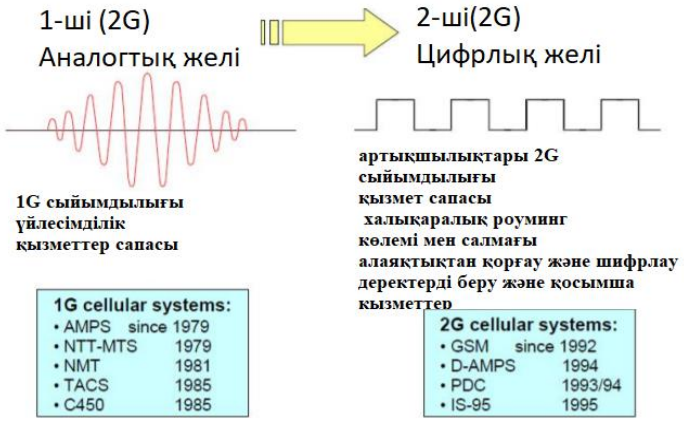
- бірінші буынның базалық станциялары жоғары қуаттылыққа ие - 20-100 ватт;
- бірінші буынның мобильді станциялары қуаттылығы 3-5 ватт болды;
- әртүрлі арналардың ақпаратын беру үшін жиілік спектрінің әртүрлі бөлімдері қолданылады - FDMA әдісі қолданылады;
- 12,5-тен 30 кГц дейінгі әртүрлі стандарттардағы жиілік каналдарының өткізу қабілеттілігі;
- деректерді беру жылдамдығы - 1,9 кБит/с.

1.3 2G технологиясының эволюциясы және даму ерекшеліктері

2G GSM технологиясына негізделген (Мобильді байланыстың ғаламдық жүйесі). 2G жүйесінде TDMA (уақытты бөлуге бірнеше рет кіру) және FDMA (жиілікті бөлуге бірнеше рет қатынасу) тіркесімі қолданылды. Осының арқасында көптеген пайдаланушылар бір уақытта белгілі бір жиілік диапазонында қосыла алды.

1.3 суретте көрсетілгендей, белгілі бір жиілік интервалы уақыт интервалына бөлінген, сондықтан бірнеше пайдаланушылар белгілі бір жиілік аралығын қолдана алады. GSM жүйесі 900 МГц диапазонында 25 МГц жиілік спектрін пайдаланады. 2G негізгі желісінде шамамен 14,4 Кбит/с жылдамдыққа қол жеткізіледі. 2G-де қолданылатын негізгі желі PSTN (жалпыға қол жетімді телефон желісі) болып табылады. Тізбекті коммутация GSM-де қолданылады.

Әуе интерфейсі арқылы деректерді жіберу қажеттілігі артқан сайын GPRS (General Packet Radio Service) қолданыстағы GSM желісімен бітеліп қалды. Осының арқасында 150 Кбит/с дейінгі оңтайлы жылдамдыққа қол жеткізілді. Осыған қарамастан, деректерді беру жылдамдығын арттыру қажет болған кезде, деректер көлемін төрт есеге арттырған EDGE (Enhanced Data GSM Environment) енгізілді. Сондай-ақ, қолданыстағы GPRS жүйесін жаңарту мүмкін болды. EDGE-ді 2,5G деп те қарастыруға болады (1.3 сурет).



1.3 сурет – 2G мобильді желілеріне көшу

GSM құру кезеңдері:

- GSM (Global System for Mobile Communcation) - стандарттың дамуы 80-ші жылдары басталды. GSM стандартын ETSI (Еуропалық Телекоммуникациялар Стандартты Институты) әзірледі және 190 жылы бекітті. Бұл функционалды аспектілері бойынша 12 сериядан тұратын, 200-ден астам техникалық сипаттамалары (ұсыныстары) бар алғашқы ашық цифрлы ұялы байланыс стандарты;

- GSM-900/E-GSM. GSM-900 GSM стандарттарының алғашқысы болды (1990). Пайдаланылған диапазондар 900 МГц диапазонында 2х25 МГц (890-915/935-960 МГц) болды. Содан кейін E-GSM (Extended GSM) кеңейтімі сол диапазонда шығарылды және жиілік ресурсын қосымша 2х35 МГц (880-890/925-935 МГц) дейін кеңейтті. Жиілік арнасының ені - 200 кГц. Сигналды модуляциялау түрі - GMSK;

- GSM-1800 (DCS-1800). GSM стандартының бірінші нұсқасы DCS-1800 (Digital Cellular System) стандарты болды, ол 1991 жылы құрылып, 1997 жылы GSM-1800 стандартына өзгертілді. GSM-1800 стандартын орындау

үшін 1800 МГц диапазонында (1700) 2х75 МГц диапазонында екі диапазон пайдаланылды (1700) -1785/1805-1880 МГц).

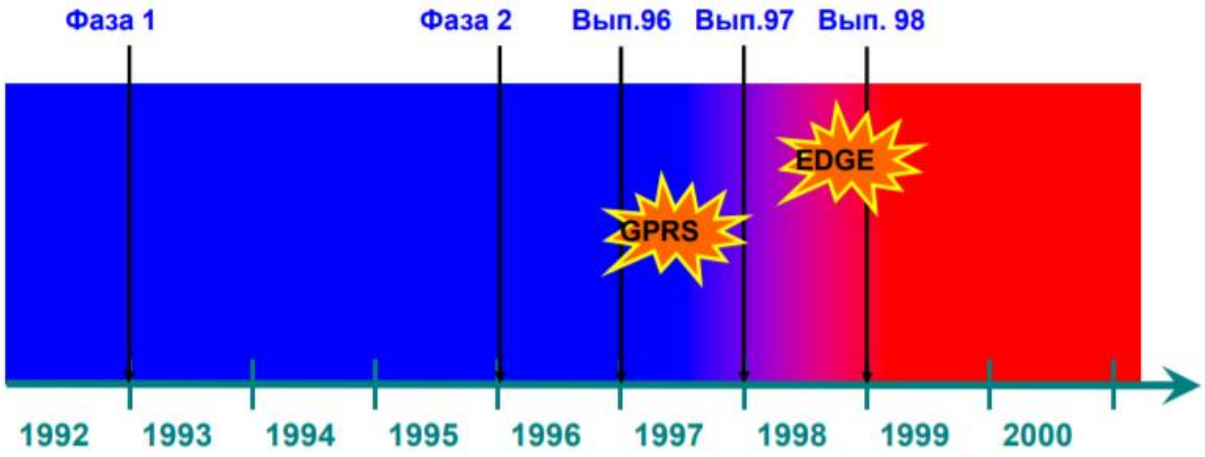
GSM құру кезеңдері (2):

- GSM1900 (PCS1900). 1995/96 жж. бастап АҚШ-та және американдық континенттің басқа елдерінде (2-аудан) pcs1900 (Public Cellular System) деп аталатын жиіліктерді бөлу үшін 1990 МГц диапазонындағы GSM стандартының (2 х 60 МГц) жолағы бар бейімделуі басталды және 1997 ж. Стандарт GSM1900 деп өзгертілді.

- GSM-R (теміржол). GSM стандартына негізделген, GSM-R стандарты темір жолдардағы ерекше талаптар мен байланыс ерекшеліктеріне сәйкес пысықталған. 1995 жылы CEPT GSM-R үшін 900 МГц (876-880/921-925 МГц) ауқымында 2 х 4 МГц бөлді.

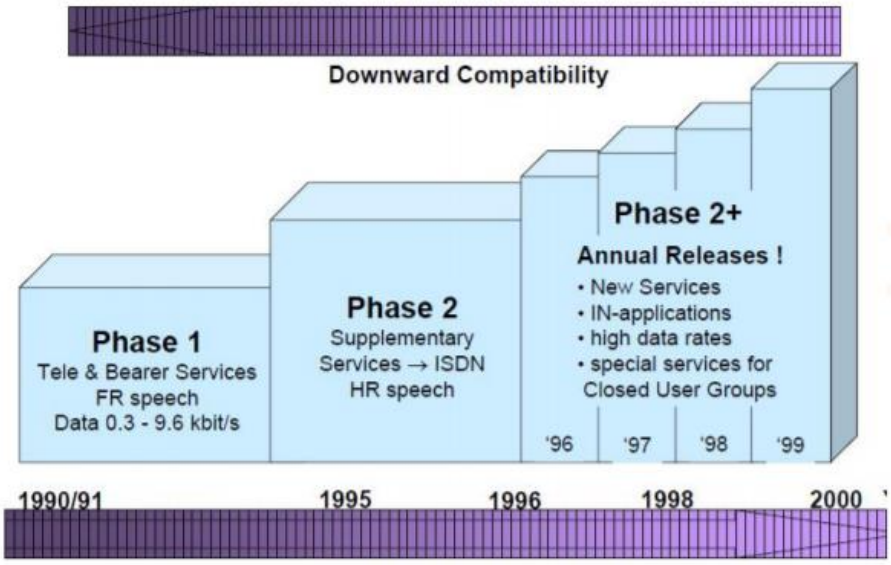
- GSM450/GSM480. ETSI (1998) зерттеулері NMT-450 және C-450 (1G) желілеріне бөлінген 450 және 480 МГц диапазондарында GSM пайдалану мүмкіндігін көрсетті. GSM стандартына қажетті өзгерістер тиісті GSM Rel-ге енгізілді.99. Gsm400 жағалау, ауылдық және таулы аудандар үшін қызықты;

- GSM850. D-AMPS пайдаланылатын жиіліктер GSM желілері үшін, әсіресе EDGE негізінде деректерді беру қызметтерін ұсыну үшін арнайы бөлінген (1.4 сурет).



1.4 Сурет – GSM/GPRS/EDGE релиздер мен технологиялардың пайда болу хронологиясы

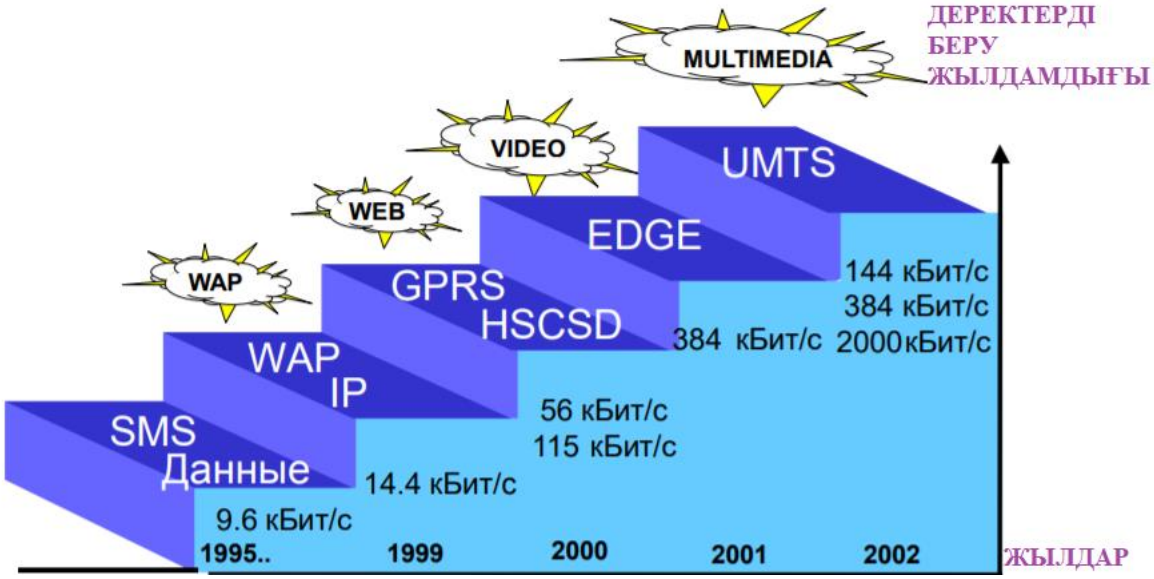
GSM 1 кезең. GSM900 (1990) және DCS1800 (1991) стандарттары 1-кезеңді анықтайды. Бірінші кезең цифрлық ұялы желіге қойылатын негізгі талаптарды қамтыды. Сөйлеуді тарату басты міндет және қызмет болды. Деректерді жіберу 0,3-тен 9,6 кбит/с жылдамдықпен жүзеге асырылды. Бірнеше қосымша пайдаланылды. қызметтері (1.5 сурет).



1.5 сурет – GSM даму фазалары

GSM 2 кезеңі 1995 жылы аяқталды. Негізгі бағыт - қосымша қызметтер және олардың ISDN (Integrated Services Digital Network) тіркелген желілерімен үйлесімділігі. Жартылай жылдамдықты енгізу (Half Rate Speech), HSCSD - мәліметтерді беру жылдамдығын 57,6 кбит/с (14,4 кбит/с х 4) дейін ұлғайту үшін 4 уақыт аралықтарының жиынтығы.

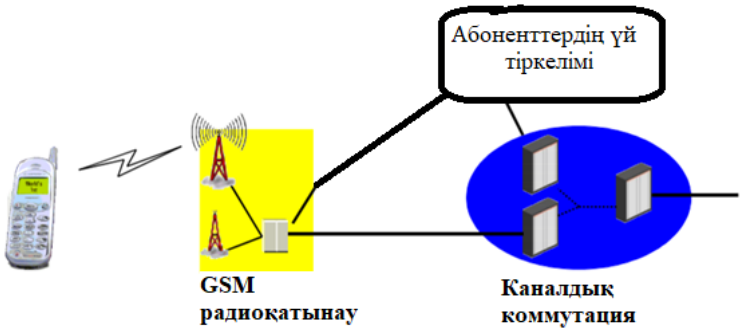
GSM 2+ фазасы. Бұл кезең 1996 жылы басталды, оған қосымша қызметтер, IN-қосымшалар, пайдаланушы топтары үшін қызметтер кірді. GPRS - пакетті коммутацияланған желі бойынша мәліметтерді параллельді, ауыспалы режімде дауысты берумен қатар, 115 кбит/с-қа дейінгі жылдамдықпен деректерді беру. EDGE - 384 кбит/с жылдамдықпен деректерді беру (1.6 сурет).



1.6 сурет – 2G мобильді желілерін қолдау опциялары

HSCSD (High-Speed Circuit Switched Data) технологиясы - коммутацияланған арналар бойынша мәліметтерді жоғары жылдамдықпен беру. Технология деректерді беру жылдамдығын 57,6 кбит/с (14,4 кбит/с х 4) дейін арттыру үшін төрт уақыт аралықтарын біріктіруге негізделген. GMSK модуляциясы. Арнаның ені 200 кГц.

HSCSD пайдалану кезінде бір абоненттің деректерді беру жылдамдығының өсуі басқа абоненттердің арна ресурстарына байланысты болады. Бұл технология жаңа деректерді енгізу үшін жылдамдықты арттыру жолындағы алғашқы қадам болды (1.7 сурет).



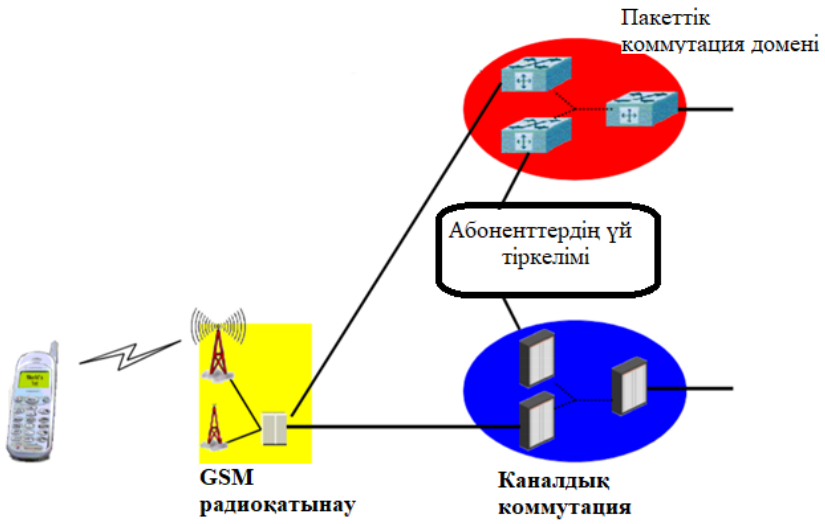
1.7 сурет – Базалық архитектура (GSM фазасы 1 & 2)

GPRS (General Packet Radio Service) технологиясы - жалпыға ортақ пакеттік деректерді беру. Технология пакетті коммутацияланған желі арқылы мәліметтерді беріліске негізделген, ауыспалы режімде дауысты таратумен қатар, 115 кбит/с жылдамдықпен мәлімет береді.

HSCSD технологиясынан айырмашылығы, GPRS технологиясы осы технологияны қолдайтын жаңа терминалдарды жасауды қажет етті:

- А класындағы АТ бір уақытта абоненттік трафикті қолдай алады - PS және CS режимдері;
- В класындағы АТ-лар абоненттік трафикті PS режимінде де, CS режимінде де қолдана алады;
- С класындағы АТ-лар тек PS режимінде абоненттік трафикті қолдай алады (1.8 сурет).

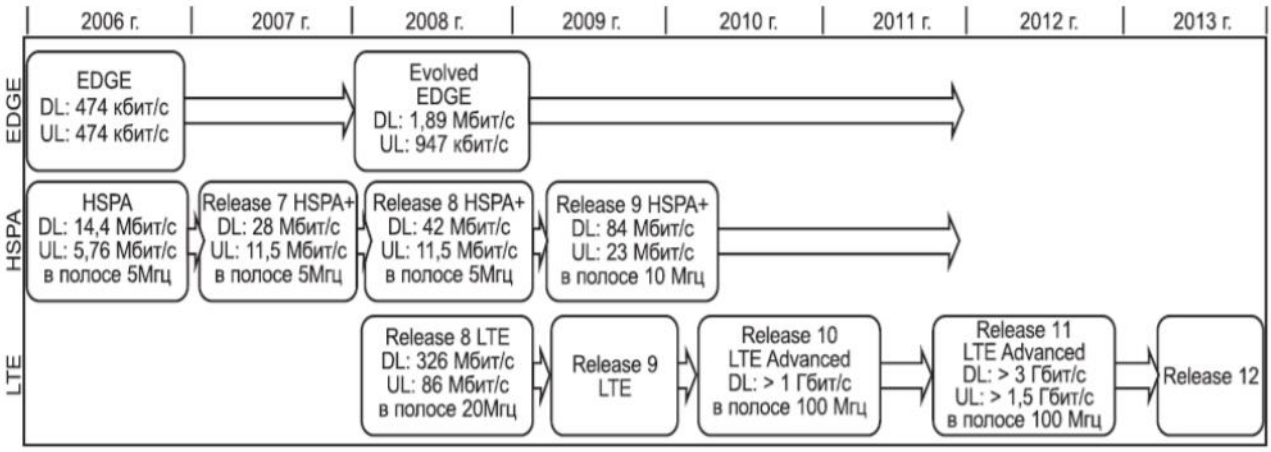
GSM радиоқатынау желісіGSM радиоқатынау желісі



1.8 сурет – GSM негізгі сәулеті (EDGE)

EDGE технологиясы (Enhanced Data Rates for the GSM Evolution) - GSM эволюциясы үшін деректердің өсу жылдамдығы.

Технология пакеттік коммутацияланған желі бойынша мәліметтерді беруге негізделген және деректерді беру жылдамдығының жоғарылауы жаңа 8-PSK модуляция әдісін (8х48 кбит/с) енгізу арқылы қамтамасыз етілген. Сонымен қатар, желі 384 кбит/с-қа дейінгі деректерді беру жылдамдығын қамтамасыз етеді, ал GSM сигналының эмиссияның өткізу қабілеттілігі (200 кГц), кадр құрылымы мен логикалық арналардың құрылымы өзгеріссіз қалады. EDGE функциясын орындайтын арналар мен таратқыштар GSM/GPRS режимінде немесе EDGE режимінде жұмыс істейді (1.9 сурет).



1.9 сурет – 2G/3G/4G желісінің эволюциясы

Технологиялардың дамуында "шаңғышы әсері (эффект лыжника)"байқалады. Бұдан басқа, әрбір жаңа технология пайдаланылатын жиілік арнасында ақпаратты беру жылдамдығын тәртіпке арттырады.

1.4 3G технологиясының эволюциясы және даму ерекшеліктері

3G жүйесінде CDMA (Code Division Multiple Access) және WCDMA (Code Division Multiple Access) қолданылады. CDMA - бұл қазіргі уақытта арнаны пайдаланатын әр пайдаланушыға бірегей код тағайындалатын әдіс. Бірегей кодты тағайындағаннан кейін ол қол жетімді өткізу қабілетін тиімді пайдаланады. Осының арқасында TDMA және FDMA-мен салыстырғанда бір уақытта пайдаланушылардың көпшілігі арнаны қолдана алады.

1.10 суретте көрсетілгендей, әр пайдаланушыға бір уақытта N арналарын құруға болатын ерекше код беріледі. 3G жиілігі 15 МГц-тен 20 МГц-ге дейін, ал 3G үшін жиілік диапазоны 1800 МГц-тен 2500 МГц-ке дейін. Шамамен 2 Мбит/с жылдамдыққа 3G базалық жүйесінде қол жеткізіледі. WCDMA, UMTS (әмбебап мобильді байланыс жүйесі) ретінде де танымал, CDMA-ға қарағанда көбірек пайдаланушыларды қабылдай алатын мансаптық өсу қарқыны әлдеқайда жоғары. 3G жүйелерінде қолданылатын негізгі желі - бұл электр тізбегінің коммутациясы мен пакеттік коммутация.

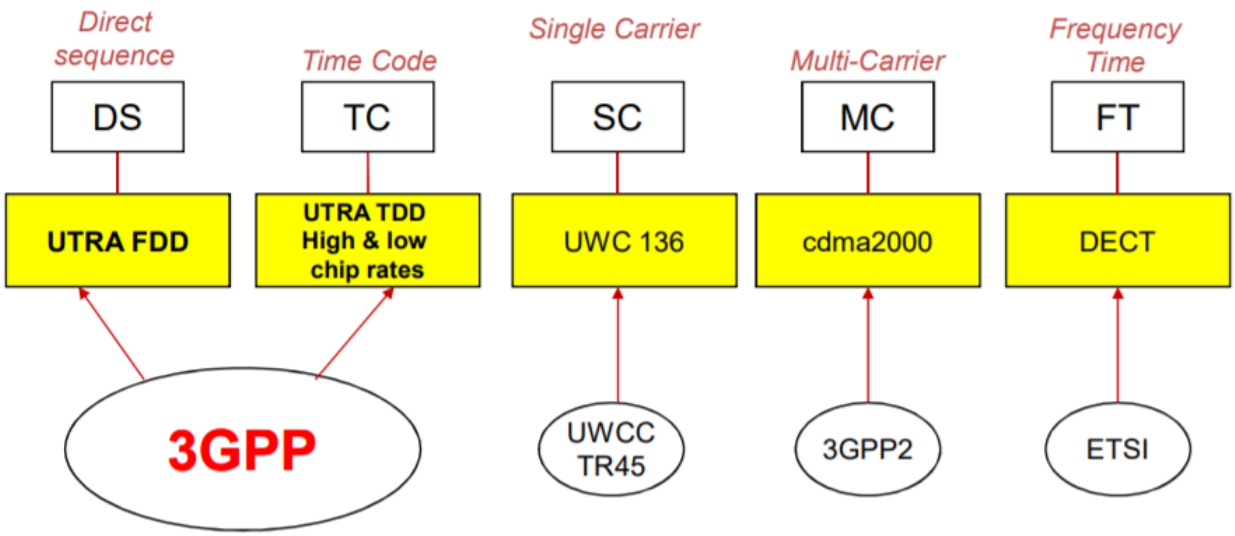
Деректер беру жылдамдығын одан әрі арттыру үшін HSPA және HSPA+ (жоғары жылдамдықты пакеттік қол жетімділік) енгізілді. HSPA+ желісінің арқасында кең жолақты жылдамдықта жұмыс істеуге жаңаруға болады. MIMO (Multiple Input Multiple Output) тұжырымдамасы HSPA + -те алғаш рет енгізілді. Осының арқасында деректерді беру жылдамдығы 42 Мбит/с жетеді. HSPA және HSPA + сәйкесінше 3,5G және 3,75G ретінде қарастырылуы мүмкін. HSPA + қолданылатын модуляция әдісі 64 биттік QAM болды.

MIMO - радио байланысын жақсарту үшін мультипат концепция қолданылатын әдіс. Дәл сол сигнал қабылдағыш жағында бірнеше рет қабылданады. Осының арқасында қателік ықтималдығы азаяды және жалпы өнімділік жақсарады.

3G жүйесіндегі тағы бір артықшылығы - Hand-off. Сонымен бірге, пайдаланушы жабдықтары екі мұнараға бір уақытта қосылады, сондықтан ауыстыру кезінде қоңырауды қалпына келтіру мүмкін болмайды.

Бүкіләлемдік әкімшілік радио конференциясы (WARC-92) 1992 жылы өзінің жиналысында ғаламдық әмбебап мобильді байланыс желісіне арналған радиожиілік спектрі: 1885-2025 МГц/2100-2200 МГц.

2000 жылы Дүниежүзілік радио конференциясында (WRC-2000) жиілік белдеулері де бөлінді: 1710-1885 МГц/2500-2690 МГц (1.10 сурет).

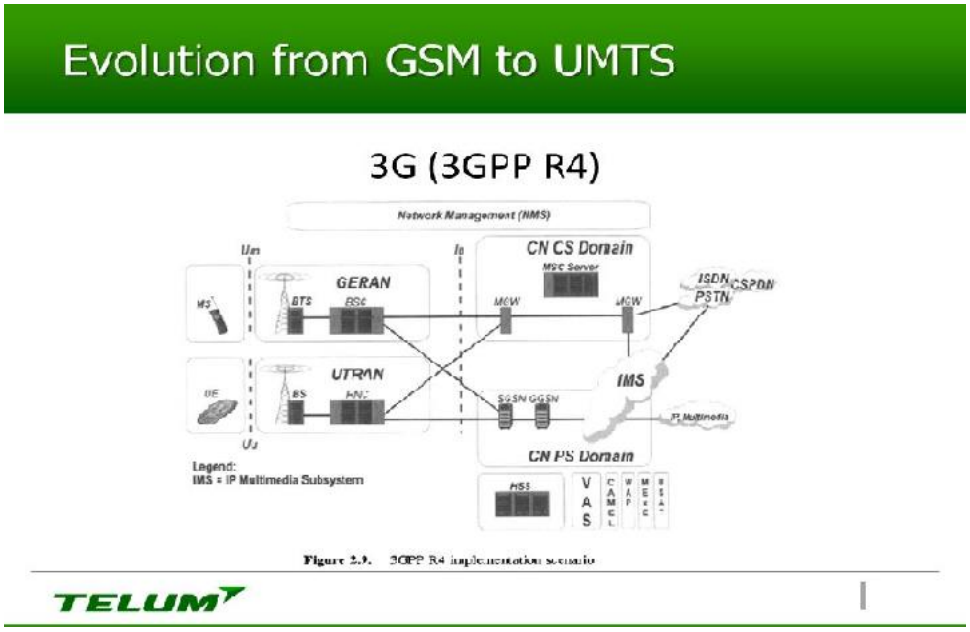


1.10 сурет – IMT 2000 отбасысы: ITU-R радио интерфейсінің 5 түрі

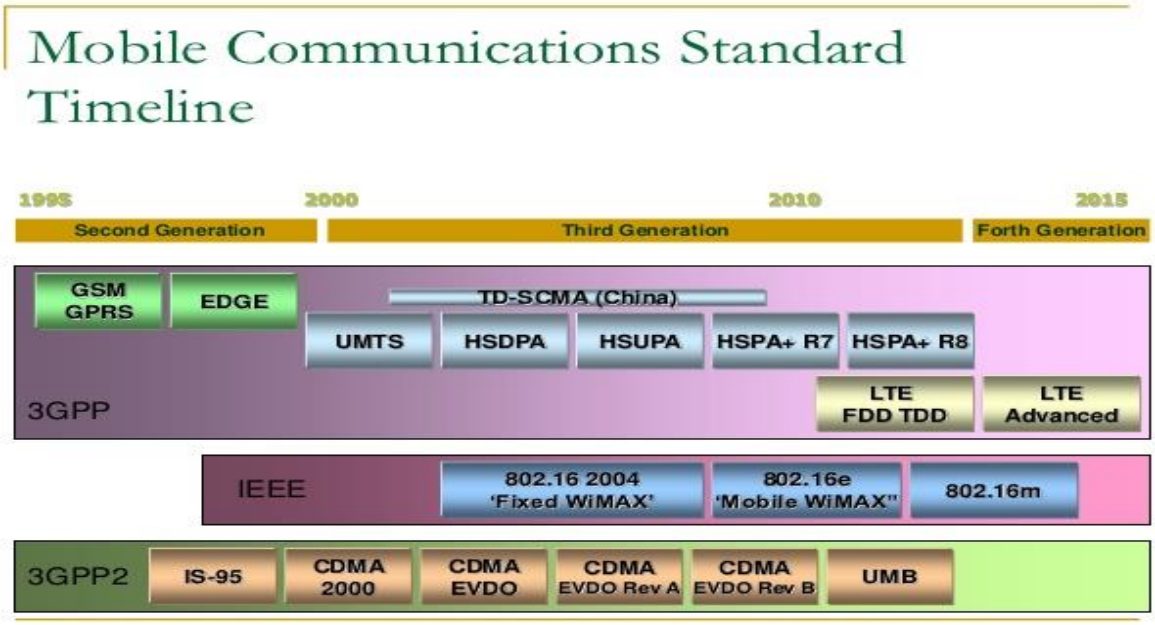
1992-1995 жылдары MoNet жобасы бойынша жұмыс барысында, RACE (Research in Advanced Communications in Europe) ғылыми-зерттеу бағдарламасы аясында, технологияны модельдеу және 3F желісіндегі негізгі желі мен радиоқатынау желісі арасында функцияларды бөлу жүзеге асырылды;

1995-1998 жж.: Future Radio Wideband Multiple Access System (FRAMES) жобасының ACTS (Advanced Communications Technology and Services) бағдарламасы бойынша зерттеулер жалғастырылды;

1998 жылдан бастап қазіргі уақытқа дейін: зерттеулер Еуропалық телекоммуникацияны стандарттау институтында (ETSI) 3GPP (3G Partnership Project) серіктестік жобасына бағытталған (1.11 және 1.12 суреттерде).



1.11 сурет – UMTS және 3GPP серіктестік жобасының пайда болуы



1.12 сурет – 3GPP технологиясының GSM/GPRS/EDGE-ден UMTS-ке ауысуы

1.5 3G-ден 5G-ге дейінгі мобильді жүйелер ұрпақтарының эволюциясы және дамуы

5G - (мобильді желілердің 5-ші буыны немесе сымсыз жүйелердің 5-ші ұрпағы) - ғылыми жұмыстар мен жобаларда 4G стандарттарынан кейін мобильді телекоммуникация стандарттарының келесі негізгі кезеңдерін көрсететін атау. 5G қазіргі уақытта белгілі бір ерекшеліктер үшін немесе кез-келген ресми құжаттарда, телекоммуникация компаниялары немесе 3GPP, WiMAX Forum және ITU-R сияқты стандарттау органдары жариялағанға дейін қолданылатын ресми термин емес. 5G телекоммуникация желілері 4G желілеріндегі мәселелерді шешуі керек. Ұялы байланыс жүйесінің ұрпақтары 1.1-кестеде келтірілген.

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), TDSCDMA, 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 - бұл пайдаланушылар мен құрылғылар желісіне шексіз қол жетімділікті қамтамасыз ететін технология дамуындағы жаңа кезең. Пайда болған сәттен бастап бүгінгі күнге дейін мобильді байланыс желілері өте үлкен жолдан өтті; Пайдаланушы құрылғылардың жаңа түрлері бар - смартфондар мен планшеттер. Бүгінгі таңда мобильді технологиялар ұсынатын мүмкіндіктер дауыстық қызметтердің шеңберінен шығып, байланыс пен деректер алмасудың жаңа тәсілдерін жасайды. Құрылғылардың көбеюі бүкіл әлемдегі трафиктің экспоненциалды өсуіне әкелді. Алайда, бұл революцияның бастамасы ғана, ол технологияның белсенді дамуына ықпал етеді. Технология жоғары өнімділікке және көптеген мүмкіндіктерге қарай дамуды жалғастырады. Радиоға қол жетімді технологиялармен қатар 3G/4G көмегімен шешілмейтін мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін жаңа технологиялар пайда болады. Қолданыстағы және жаңа технологиялардың интеграциясы қолданыстағы қызметтердің сапасын жақсартуға және жаңаларының пайда болуына ықпал етеді. Ұялы байланыс технологиясының даму перспективасы 1.13 суретте келтірілген.

1.13 сурет – Ұялы желілердің 2020 жылға дейін дамуы

Ұрпақтарға сәйкес ұялы байланыс жүйелерінің негізгі сипаттамалары 1.2 кестеде келтірілген.

1.2 кесте – Ұялы байланыс жүйелерінің сипаттамасы

Ұрпақ	3G	4G	5G
Дамудың басталуы	1990	2000	2013
Іске асыру	2002	2008-2010	2018-2020

1.2 кестенің жалғасы

Ұрпақ	3G	4G	5G
Қызметтер	Одан да үлкен сыйымдылық ,2 Мбит/с дейін жылдамдық	Үлкен сыйымдылық IP-бағытталған желі, мультимедиялық қолдау секундына жүздеген мегабитке дейін жылдамдыққа жетеді	Ірі сыйымдылық, IP-бағытталған желі, мультимедиялық қолдау, секундына жүздеген мегабитке дейін жылдамдыққа жетеді
Беріліс 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 буын жүйелері (Time Division Multiple Access - TDMA) әдісіне негізделген. Алайда, 1992-1993 жж. АҚШ-та Code Division Multiple Access (CDMA) әдісіне негізделген ұялы байланыс жүйесіне арналған стандарт - IS-95 стандарты (800 МГц жолағы) жасалды. Ол 1995-1996 жылдар аралығында қолданыла бастады. Гонконгта, АҚШ-та, Оңтүстік Кореяда және Оңтүстік Кореяда кеңінен таралған, ал АҚШ-та 1900 МГц диапазоны үшін осы стандарттың нұсқасы қолданыла бастады. Жеке қарым-қатынас бағыты оның таралуын Жапонияда тапты, онда 1991-1992 жж. жасалды және 1995 жылдан бастап 1800 МГц диапазонындағы PHS жүйесі кеңінен қолданыла бастады (Personal Handyphone System - сөзбе-сөз «қолмен басқарылатын телефон жүйесі»).

3.5G - HSDPA (ағылшынша High Speed Downlink Packet Access - базалық станциядан ұялы телефонға жылдамдықты пакеттік мәліметтерді беру) - мамандар төртінші буындағы ұялы байланыс технологияларына (4G) көшудің өтпелі кезеңдерінің бірі ретінде қарастырылатын мобильді байланыс стандарты. Стандартқа сәйкес деректерді теориялық берудің максималды жылдамдығы - 14,4 Мбит/с., Қолданыстағы желілерде қол жетімді - шамамен 8 Мбит/с.

4G - 4G рөлін талап ететін технологиялар (және көбінесе баспасөзде оны 4G деп атайды):

– LTE;

– TD-LTE;

– Mobile WiMAX;

– UMB;

– HSPA+.

Қазіргі уақытта WiMAX және LTE желілері жұмыс істейді. LTE желісін Стокгольмде және Ослода TeliaSonera/Ericsson альянсы іске қосты - абонентке деректерді берудің максималды жылдамдығының есептік мәні 382 Мбит/с және абоненттен 86 Мбит/с құрайды. UMB-ге қатысты жоспарлар белгісіз, өйткені бірде-бір оператор (бүкіл әлем бойынша) оны тестілеу туралы келісімшартқа қол қойған жоқ. WiMAX стандартын барлығы 4G-ге жатқызбайды, өйткені ол 3G және 2G сияқты алдыңғы буын желілерімен біріктірілмеген, сонымен қатар WiMAX желісі операторларының өздері дауыстық қоңыраулар сияқты дәстүрлі байланыс қызметтерін көрсетпейтіндіктен. және SMS, VoIP түрлі қызметтерін пайдалану кезінде мүмкін. IMT HSPA + желілерін 4G деп атауға рұқсат берді, өйткені олар тиісті жылдамдықты қамтамасыз етеді.

1.6 5G сандық байланыс жүйелерінің жалпы сипаттамалары мен ерекшеліктері

Бір кездері Халықаралық электрбайланыс одағы ұялы қоғамдастыққа бұрын енгізілген «кейінгі жүйелер» («IMT және кейінгі жүйелер») және «IMT-2000 болашақ дамуы» терминдеріне сілтеме жасай отырып, IMT жүйелерінің ұрпақтарының реттік санын көрсететін терминдерді қолданбауға шақырды. уақытша. МСЭ-Р №56 қарарында «Халықаралық ұялы байланыстың атауларын анықтау», «IMT-2000» және «IMT-2000 болашақ дамуы» терминдерінің, сонымен қатар кейінгі жүйелердің мүмкіндіктерімен жаңа радио интерфейстерді қамтитын жаңа жүйелік атаулардың арасындағы байланысты түсіндіреді.

Осы қаулыға сәйкес, «IMT-2000» терминін қолдану бұрынғыдай IMT-2000 сипаттауға жарамды, сонымен қатар бұл жүйелерді жетілдіру және болашақта дамыту деп түсіну керек. «IMT-Advanced» термині жүйелерге, жүйелік компоненттерге және келесі жүйелердің жаңа мүмкіндіктерін қолдайтын жаңа радиос интерфейстерді қамтитын байланысты аспектілерге қолданылуы керек. Түбір атауы - IMT-2000 және IMT-Advanced екеуін де қамтитын «IMT» термині.

«5G» (мобильді желілердің 5-ші буыны немесе сымсыз жүйелердің 5-ші ұрпағы) - кейбір ғылыми жобаларда бейресми түрде қолданылатын, алдыңғы буындардың стандарттарын жалғастыратын (ресми 3G және шартты түрде енгізілген 4G) ұялы байланыстың кейінгі стандарттарын белгілеу. Осылайша, 5G кез-келген нақты спецификацияға сілтеме жасайтын ресми термин емес және сәйкесінше қазіргі LTE жүйелерін одан әрі дамытудың жаңа стандарттарын стандарттау органдары ұялы байланыстың жаңа буыны ретінде қарастырмайды, бірақ қолданыстағы стандарттардың бір бөлігі болып саналады.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, бірақ сонымен бірге жаңа стандарттар мен шешімдердің сипаттамасында олардың қарапайымдылығына ұмтыла отырып, біз бұл мақалада «5G» терминін қолданатын боламыз.

Технология тұрғысынан Ericsson бұл мәселе бойынша ортақ ұстанымды айтады. Бұл құжатта бүгінде желіде уақыттың аз кідірістерін (қашықтықтан өлшеу, жол қауіпсіздігі, өндіріс процесін бақылау және т.б.), желінің жоғары сенімділігімен (маңызды инфрақұрылымды басқару - тарату желілері) талап ететін бірқатар қосымшалар бар екендігі айтылған. электрмен жабдықтау, өндірістік бақылау және көлік, телемедицина, ақылды қаланы және үйді басқару сияқты маңызды әлеуметтік функцияларды қамтамасыз ету, сонымен қатар әртүрлі көлемдегі деректерді жылдам беру үшін тиісті форматтар (қашықтан бейнебақылауға арналған үлкен көлемдер, жүк қозғалысын бақылауға арналған кішкентайлар т.б.).

Осы позицияны әзірлеу кезінде қолданыстағы байланыс желілері арқылы қанағаттандырылмайтын бірқатар нақты талаптар ескерілген. Оларға мыналар жатады:

- секундына жүздеген мегабиттегі кез-келген нүктеде пайдаланушы деректерін жеткізу жылдамдығы;

- белгілі бір сценарий бойынша өткізу қабілеттілігі өте жоғары (секундына бірнеше гигабит); бұған жоғары жиілік диапазонында (10-100 ГГц) радио арнаның өте кең диапазоны бар (бірнеше жүз мегагерц) ультра тығыз архитектурасы бар желілерде қол жеткізуге болады;

- электр қуатын аз тұтынатын машина түріндегі байланыс құрылғыларының көп санын қосу. LTE стандарттары қазірдің өзінде осы аспектіні қарастырады, бірақ қазіргі уақытта LTE-ді барлық қосымшаларды нақты талаптарға сай орындау үшін жасау қиын болады - шектеулі энергияны тұтынатын құрылғыларды қосуға мүмкіндік беретін балама технологиялар қажет болады;

- жақын орналасқан пайдаланушылар немесе нысандар (мысалы, жол қауіпсіздігін қамтамасыз ету кезінде көлік құралдары арасында) байланысын сақтау қажет болған кезде ең жақын байланыс. Мұндай байланыс желінің архитектурасын айналып өтіп, құрылғылармен (Device-toDevice, D2D) тікелей алмасқанда тиімді болады;

- тұтынылатын энергияны тиімді пайдалану, бұл болашақта одан да маңызды болады және 5G радиоқатынау желісінің дизайнына айтарлықтай әсер етеді.

5G-ге қойылатын негізгі талаптарды бірнеше домен бойынша таратуға болады:

- кішкентай жасушалары бар жаңа радио интерфейс (New Air Interface (Small Cells)) - жаңа толқын пішіндеріне (New waveform), жаңа дуплекстің түрлеріне (New duplexing), қарапайым және икемді деректерді беру қабатының хаттамаларына (Light MAC), жоғары тапсырысқа негізделуі керек модуляция (Higher order modulation), жүйе ішіндегі кедергілердің орнын толтырудың тиімді әдістері (Interference cancelation/utilization) және көпөлшемді антенна жүйелері (Massive MIMO);

- радио желісінің жаңа архитектурасы (New NW Architecture) - гетерогенді HetNet архитектурасындағы ресурстарды тарату және басқару (HetNet resource allo cation&management), SDR және SDN (Software

Defined Radio, Software Defined Networks) қайта реттелетін радио және желілік элементтер , қолданушы деректерін беру және басқару әртүрлі физикалық ортадағы ақпарат (қызмет командалары) (Physical separation between data&control planes);

- радиожиілік ресурсы (Radio Frequency) - жоғары жиілікті диапазондарды, соның ішінде миллиметрлік толқын диапазонын (Millimeter wave) пайдалану, жаңа лицензиялау режимі (New licensing regime), лицензияланған және лицензияланбаған спектрді қолдану (лицензияланған және лицензияланбаған диапазонды жұмыс), спектрді бөлу (Spectrum sharing), спектрді ғимарат ішінде және үйден тыс қолдану (Indoor-Outdoor operation);

- интеллектуалды және бейімделетін желілер (Intelligent & Adaptive Networks) - желілік ресурстарды стохастикалық және бейімдеу (Opportunistic&adaptive use of resources), қол жетімді спектрді анықтау (Spectrum sensing) және оны когнитивті радио (Cognitive radio and network), өзін-өзі басқару (өздігінен реттелетін) және автоматтандырылған желілер (Selfmanagement and automated networks, Automation (plug&play)).

Қазірдің өзінде Кореяда деректерді өте жоғары жылдамдықта жіберуге мүмкіндік беретін ұялы технология дамыды және сәтті сыналды. Бұл технология Nomadic Local Area Wireless Access (NoLA) деп аталады және оны бесінші буындағы 5G желілерінде қолдануға болады. Бұл технология жүктеудің 3,6 Гбит/с жылдамдығын қолдайды, бұл 4G жылдамдығынан 1 Гбит/с-қа жоғары. Жаңа технология DVD форматындағы толық метражды фильмді бірнеше секунд ішінде жүктеуге мүмкіндік береді. Әрине, осы стандартқа көшу үшін 4G желісін салу керек, оның құрылысы қазірдің өзінде жүріп жатыр. 5G желісін іске қосқан алғашқы бәсекелес кім жылдам деректерді берудің көшбасшысы болады.

Үшінші буынның 3G желілері шамамен 2 ГГц жиілікте жұмыс істейді, деректерді 2 Мбит/с жылдамдықпен жібереді. Олар сізге бейне телефония ұйымдастыруға, ұялы телефоннан фильмдер мен теледидар бағдарламаларын көруге және т.б. мүмкіндік береді. Әлемде 3G стандарттарының бірі бар: UMTS (немесе W-CDMA) және CDMA2000. UMTS негізінен Еуропада, CDMA2000 Азия мен АҚШ-та таратылады. 4G - бұл жоғары жылдамдықпен және бұрмаланбастан сигнал мен дыбыстың жақсаруымен сипатталатын жаңа ұялы байланыс технологиясы. 4G деректерді 100 Мбит/с-тен жоғары жылдамдықта жіберуге қабілетті технологияларды қамтиды. 4G пакеттік деректер хаттамаларына негізделген. IPv6 протоколы деректерді беру үшін, ал 40 және 60 Гц жиіліктері мәліметтерді беру үшін қолданылады.

ON World аналитикалық компаниясы есеп шығарды, оған сәйкес сымсыз сенсорлық желілерді зерттеу мен дамытудың құны (Wireless Sensor Networking) 2017 жылы $ 2,7 млрд құрайды (2015 жылы ол тек $ 1,6 млрд болған).

АҚШ-та WSN-ға R&D-инвестицияларының негізгі драйвері электр энергетикасын басқару жүйелерін әзірлеу болып табылады. Интеллектуалды өлшеу жүйелеріне ерекше көңіл бөлінеді. Соңғы клиенттер, жаңартылатын

энергия көздері тарапынан энергиямен жабдықтауды басқару саласында жұмыстар жүргізілуде, бұл келесі онжылдықта миллиардтаған доллар үнемдеуге мүмкіндік береді. Ұлттық ғылыми қор (National Science Foundation) бірден 400 WSN жобаларымен жұмыс істейді және соңғы 5 жылда қаржыландыруды екі еселеді.

Соңғы 5 жыл ішінде ЕО тарапынан WSN-мен байланысты R&D қаржыландыру 700% - ға өсті. Негізгі зерттеулер-медицина (пациенттердің қашықтан мониторингі және егде адамдарды қашықтан бақылау). Алдағы 5 жылда $1 млрд - тан астам инвестиция салу жоспарда бар (Ambient Assisted Living жобасы).

WSN саласындағы белсенділігі күшті басқа өңірлердің арасында - Австралия, Канада, Қытай және Корея. Жалпы әзірлемелер қоршаған ортаны қорғау (30 %), медицина (30 %), сондай-ақ қоғамдық тәртіпті, көлікті, өнеркәсіпті қорғау үшін жүргізіледі. Ұялы байланысты перспективалы пайдаланудың мұндай мысалдары көп болуы мүмкін, бірақ сымсыз инфрақұрылыммен бірдеңе істеу керек.

1.7 LTE/LTE Advanced желілерінің 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 МББ (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.

Сонымен қатар, оның негізгі функциялары - радиоресурстарды басқару тақырыптарды қысу, шифрлау, пакеттерді сенімді жеткізу және т.б. тікелей БС берілген.

МББ тек қызметтік ақпаратпен жұмыс істейді - желілік сигнализация деп аталады, сондықтан пайдаланушы мәліметтері бар IP пакеттері ол арқылы өтпейді. Мұндай жеке сигнализация қондырғысының артықшылығы - желінің өткізу қабілеттілігі пайдаланушының трафигі үшін де, қосымша ақпарат үшін де өздігінен көбейтілуі мүмкін. МББ негізгі функциясы - күту режиміндегі пайдаланушы терминалдарын (ПТ) басқару, оның ішінде

қоңырауларды бағыттау және орындау, авторизация мен аутентификация, роуминг және тапсыру, қызмет көрсету және пайдаланушы арналарын құру және т.б.

Барлық желілік шлюздердің ішінде екеуі бөлек: сервистік шлюз (S-GW, Serving Gateway) және пакеттік желі шлюзі (P-GW, Packet Data Network Gateway) немесе, қысқаша айтқанда, пакеттік шлюз. Қызмет көрсететін шлюз жергілікті ұтқырлықты басқару блогы, БС және ол қызмет ететін пайдаланушы терминалына байланысты пакеттерді қабылдау және жіберу қызметін атқарады. Пакеттік шлюз - бұл БС жиынтығы мен әртүрлі сыртқы желілердің интерфейсі, сонымен қатар IP желілерінің кейбір функцияларын орындайды, мысалы, мекен-жайларды бөлу, пайдаланушы саясатын қамтамасыз ету, маршруттау, пакеттік сүзу және т.б.

Көптеген үшінші буын желілеріндегідей, LTE желісін құру принциптері екі аспектіні бөлуге негізделген: жекелеген желілік тораптардың физикалық іске асырылуы және олардың арасындағы функционалды қатынастардың қалыптасуы. Бұл жағдайда физикалық іске асыру міндеттері домен (domain) түсінігі негізінде шешіледі, ал функционалдық қатынастар қабат (stratum) аясында қарастырылады.

Физикалық деңгейде негізгі бөлу желілік архитектураны пайдаланушы жабдықтарының доменіне (UED, User Equipment Domain) және желілік инфрақұрылымның доменіне (ID, Infrastructure Domain) бөлу болып табылады. Соңғысы, өз кезегінде, (қосалқы) радиобайланыс желісіне (E-UTRAN, Evolution Universal Terrestrial Radio Access Network) және базалық (пакеттік) (қосалқы) желіге (EPC, Evolution Packet Core) бөлінеді.

Пайдаланушы жабдықтары - бұл LTE қызметтеріне қол жеткізу үшін желі абоненттері пайдаланатын әр түрлі деңгейдегі пайдаланушылық терминалдар жиынтығы. Сонымен бірге, мысалы, дауыстық трафик қызметтерін пайдаланатын нақты («тірі») абонент те, белгілі бір желіні немесе қолданушы қосымшаларын жіберуге/қабылдауға арналған белгісіз құрылғы да пайдаланушының терминалы ретінде қолданыла алады.

1.14-суретте LTE желісінің жалпыланған құрылымы көрсетілген, онда функционалды байланыстардың екі қабаты: радиоға қол жеткізу қабаты (AS, Access Stratum) және радиоға қол жеткізу қабатының сыртқы қабаты (NAS, Non-Stratum) көрсетілген. 1.14 суретте көрсетілген жебелері бар аналық бездер қызметтерге қол жеткізу нүктелерін көрсетеді.

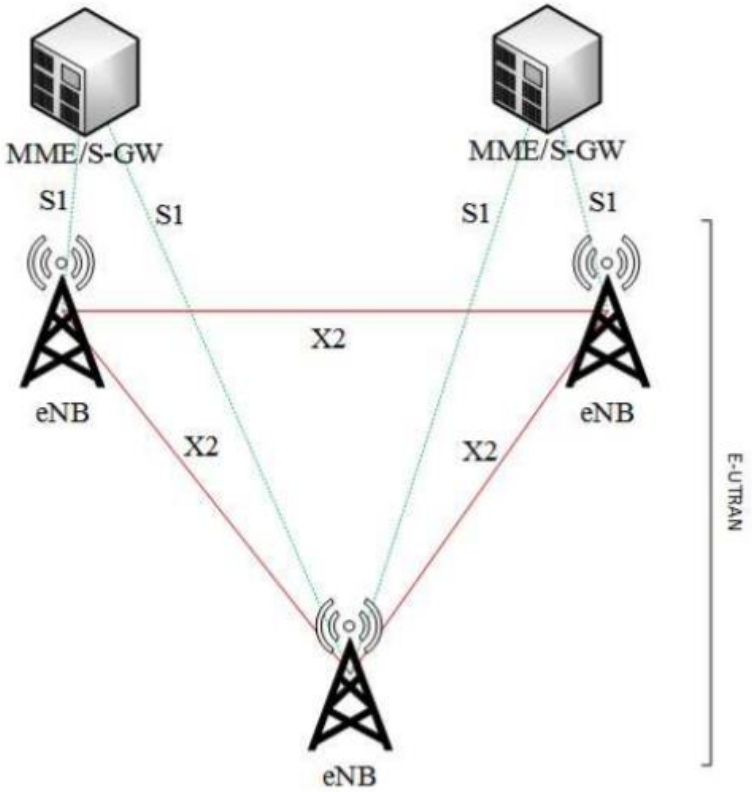
1.14 сурет – LTE желісінің жалпыланған құрылымы

Пайдаланушы жабдықтың UE ауданы мен радиоға қол жеткізу желісінің UTRAN аймағы арасындағы түйіспе Uu интерфейсі деп аталады; радиоға қол жеткізу желісі мен EPC - S1-интерфейсінің негізгі желісінің ауданы арасындағы түйісу. Uu және S1 интерфейстеріне қатысты әртүрлі хаттамалардың құрамы мен жұмысы екі жазықтық деп аталады: пайдаланушы жазбасы (UP, User Plane) және басқару жазықтығы (CP, Control Plane).

Қол жеткізу қабатының сыртында негізгі желідегі ұтқырлықты басқару тетіктері жұмыс істейді (EMM, EPC Mobility Management).

Пайдаланушы ұшақтарында пайдаланушы деректерінің эфир арқылы берілуін қамтамасыз ететін хаттамалар енгізіледі. Басқару жазықтығына әртүрлі аспектілерде пайдаланушы терминалы мен желі арасындағы байланысты қамтамасыз ететін протоколдар кіреді. Әр түрлі қызметтерді көрсетуге байланысты хабарламалардың ашық (мөлдір) берілуіне арналған хаттамалар осы ұшаққа енгізілген.

Радиоға қол жеткізу желісінің ауданы логикалық түрде екі деңгейге бөлінеді: радио желісінің деңгейі (RNL, Radio Network Layer) және көліктік желі деңгейі (TNL, Transport Network Layer). Радиоға қол жеткізу желісінің аймағына кіретін БС-ның өзара әрекеттесуі X2 интерфейсіне негізделген (1.15-сурет). Сонымен қатар, базалық станциялар мен негізгі желі арасында қозғалуды басқару блогы (S1-MM интерфейсі) немесе қызмет көрсететін торап (S1-U интерфейсі) арқылы транзиттік байланыс бар - 1.15 суретте көрсетілмеген. Осылайша, S1 интерфейсі БС жиынтығы мен МББ/ОУ блоктары арасындағы бірнеше қатынастарды қолдайды деп айтуға болады.



1.15 сурет – LTE желісінің жалпыланған құрылымы

Әр түрлі интерфейстер мен ұшақтарда анықталған LTE желілік хаттамаларын зерделеуге кіріспес бұрын, радиоға қол жеткізу желісінің функционалды блоктарының мақсатын қарастырамыз.

LTE желілеріндегі БС келесі функцияларды атқарады:

- радиоресурстарды басқару: радиоарналарды тарату, ресурстарды жоғары және төмен бағыттар бойынша динамикалық түрде бөлу - ресурстарды диспетчерлеу деп аталады;
- IP пакеттік тақырыптарды сығымдау, пайдаланушылар деректерінің ағынын шифрлау;
- егер пайдаланушыда алдыңғы байланыс туралы ақпарат болмаса, пайдаланушы терминалы желіге қосылған кезде ұтқырлықты басқару блогын таңдау;
- деректер пакеттерінің пайдаланушы жазықтықтарында қызмет көрсетілетін шлюзге бағыттау;
- МББ-нен алынған қоңыраулар мен хабарларды тарату және жіберу;
- МББ-нен алынған PWS (Public Warning System, дабыл жүйесі) хабарламаларын диспетчерлеу және жіберу;
- өлшеу және ұтқырлықты басқару және жоспарлау үшін тиісті есептерді дайындау. Ұтқырлықты басқару бөлімі келесі функцияларды ұсынады:
- қызметтерге қол жеткізу нүктелері туралы қорғалған ақпаратты беру және кіру нүктелерін қауіпсіз басқару;
- әр түрлі радиоқатынау желілері арасындағы мобильділікті басқару үшін негізгі желіге ақпарат беру;
- қоңырауды бағыттауды қосқанда, күту режимінде БС басқару;
- пайдаланушы терминалдарының бақылау аймақтарының тізімін басқару;
- әр түрлі стандарттағы радиоқатынау желілері үшін қызмет көрсететін шлюзді және пакеттік желіні таңдау;
- тапсыру кезінде ұтқырлықты басқарудың жаңа қондырғысын таңдау;
- роуминг;
- аутентификация;
- арна арнасын орнатуды қоса, радиоарнаны басқару.

Қызмет көрсететін түйін келесі функцияларға жауап береді:

- тапсыру кезінде жергілікті орналасудың якорь нүктесін таңдау (Local Mobility Anchor);
- күту режимінде пайдаланушы терминалдарына арналған деректер пакеттерін төмен бағытта буферлеу және қызметке сұрау рәсімін инициализациялау;
- пайдаланушы туралы ақпаратты рұқсатты ұстау;
- деректер пакеттерін бағыттау және қайта бағыттау;
- көлік қабаттарының пакеттерін таңбалау;
- тарификация үшін қызмет көрсету сапасы мен сынып идентификаторын құру;
- есеп айырысу абоненттері.

Пакеттік желі шлюзі келесі функцияларды ұсынады:
- пайдаланушы пакеттерін сүзу;
- пайдаланушы туралы ақпаратты рұқсатты ұстау;
- пайдаланушы терминалдары үшін IP адрестерді тарату;
- көлденең қабат пакеттерін төменгі бағытта таңбалау;
- төлем қызметтері, оларды таңдау.

2 Алматыдағы LTE желісін жоспарлау және жобалау

2.1 Желілік модельдеудегі негізгі міндеттер

Коммерциялық желіні орналастыруды бастамас бұрын кең және тиімді желілік модельдеу қажет. Сымсыз желілерді модельдеудің мақсаты келесі негізгі міндеттерді шешу болып табылады:

- жүйенің кедергісін барынша азайтуға, аумақты қажетті ақпаратпен және ЭМҮ-нің қолданыстағы радиотехникалық құралдармен берілуіне барынша азайтатын жиілікті-аумақтық жоспарлау;
- қолданыстағы желінің сипаттамаларын тексеру;
- жобаланған желінің ақпаратын түрлендіру және беру әдістерін оңтайландыру;
- осы желіде жұмыс істеуге арналған жабдық параметрлерін оңтайландыру.

Сымсыз желілерді модельдеудің жоғарыда аталған мәселелерін шешу үшін келесі бастапқы мәліметтер қажет:

- модельді компьютерлік автоматтандырылған жүйеде пайдалану кезінде қарастырылатын аймақтағы сигналдардың таралу жағдайларын барабар сипаттау үшін қажет рельеф картасы;
- қарастырылып отырған аумақтағы абоненттердің таралуы (трафик) және олардың сипаттамалары (салыстырмалы түрдегі жүктеме), аналитикалық түрде көрсетілген немесе картографиялық деректердің алмасу форматында ұсынылған;
- стандартта көрсетілген жоспарланған желінің техникалық сипаттамалары (ақпаратты беру және өңдеу технологиясы, жиілік диапазоны, сигналдан шуылға қажетті қатынасы және т.б.);
- қолданылатын жабдықтың сипаттамасы;
- осы аймақта жобаланатын және жұмыс істейтін желілердің ЭМҚ көрсеткіштерін есептеу үшін қажет, қарастырылған аймақта жұмыс істейтін радио қондырғылардың координаттары және техникалық сипаттамалары.

2.2 LTE желісін жоспарлаудың заманауи тәсілдері

LTE радио желілерін жоспарлаудың басқа технологиялар үшін ұқсас процестен кейбір айырмашылықтары бар. Айырмашылықтар OFDM негізінде бірнеше қол жетімділіктің түріне, дуплекстің екі түрінің болуына байланысты - жиілік (FDD) және уақытша (TDD), ал уақытша дуплексті желілерді жоспарлау кезінде сіз радио қамту мен желі сыйымдылығы арасындағы ымыраны табуыңыз керек.

Максималды қамту аймағын қалыптастыру немесе қажетті қуаттылықты қамтамасыз ету - қазіргі даму кезеңінде 4G желілерін жоспарлаудың негізгі тәсілдері. Бұл міндеттер кейде бір-біріне қайшы келеді. Сонымен, абоненттердің тығыздығы жоғары қалалық жағдайларда БС қызмет көрсету аймақтары мүмкін болатын аймақтан әлдеқайда аз, бірақ олар өткізу қабілеті үшін оңтайландырылған. Ауылдық жерлерде жағдай көбіне керісінше, абоненттердің тығыздығы төмен, базалық станциялар әр БС үшін максималды аумақты қамту үшін бір-бірінен максималды қашықтықта орнатылады. Бірақ екі жағдайда да желіні жобалау кезінде оның сипаттамаларын шектейтін факторларды анықтау үшін радиожиілік және желі сыйымдылығы бағаланады.

Қазіргі уақытта LTE желісін жоспарлаудың бірнеше тәсілдері бар:

1. Желіні «нөлден» жоспарлау: желі бұрыннан бар желілерге (2G, 3G) тәуелді болмай жаңа жерде орналастырылған. Мұндай желілерді кейде жалғыз тұру деп атайды. Қазақстанда кең байтақ жер болғандықтан, бұл тәсіл іс жүзінде мүмкін емес.

2. LTE желісі қолданыстағы 2G/3G желілерін барынша кең қолдана отырып, біртіндеп салынуда (модернизациялау арқылы). Бұл жағдайда 3G/2G желісі трафикті жеңе алмайтын және қамту мүмкін емес мәселені шешетін алғашқы LTE базалық станцияларын орнату ұсынылады, бірақ, ең алдымен, желінің өткізу қабілеттілігін арттыру (өткізу қабілеті). Біртіндеп, мұндай ыстық нүктелер үлкен қалаларда және бірқатар басқа жерлерде 3G/2G қамтуын алмастырмайынша көбірек болады. Клиент үшін ол LTE қамту аймағынан шықса, оның құрылғысы 3G/2G желілерінің арқасында желіде қалу мүмкіндігі бар екендігіне ұқсайды. Бұл тәсілді пайдалану ең аз бір реттік инвестицияларды қажет ететіндігіне байланысты, бұл Ресей нарығы үшін ең жақсы нұсқа.

3. LTE желісі 3G/HSPA базалық станцияларын (немесе олардағы бағдарламалық жасақтаманы) LTE-ге ауыстыру және тиісті көлік инфрақұрылымын күшейту (модернизациялау) арқылы қолданыстағы 3G желісінің инфрақұрылымын қолдану арқылы құрылады. Бұл қымбат шешім, ол бір реттік инвестицияны қажет етеді.

4. Бүкіл ел бойынша бірыңғай LTE операторы құрылады. Оны 1 немесе 3 тәсілге сәйкес жасауға болады, егер мұндай мүмкіндік пен қаржыландыру болса. Қалған барлық операторларға осы «көлік операторының» қызметтерін сату мүмкіндігі беріледі. Бірқатар кемшіліктер бар:

- заңнама дайын емес;
- бәсекелестік механизмі тартылмаған, бұл жобаның құны мен оның қызметтерінің бағасы тым жоғары болуы мүмкін дегенді білдіреді;
- даму үшін ешқандай ынталандыру жоқ.

5. Бірнеше операторлардың LTE желілерін бірлесіп салу. Мұндай тәсіл әрбір лицензияны немесе олардың кейбіреуін екі немесе одан да көп операторлардың бірлесіп пайдалануға арналған шарттарымен мемлекетке лицензиялар мен жиіліктер беруді болжайды. Шетелде осындай мысалдар бар.

LTE радио желісін жоспарлау бірнеше кезеңнен тұрады:

- желіні жоспарлау және іске қосу туралы алдын-ала ақпарат жинауды қамтитын бастапқы кезең, б.а. ресурстарды дайындау, қамту және сыйымдылықты есептеу, модельдеу;

- жоспарлаудың әртүрлі әдістерін таңдау мен қолдануды қамтитын номиналды және егжей-тегжейлі жоспарлау. Бұл кезең үлестіру моделін құруды, жоспарланған ресурстан шекті мәндерді анықтауды, шекті мәндер негізінде радио желісінің егжей-тегжейлі жоспарын құруды, трафиктің егжей-тегжейлі есебімен желінің өткізу қабілетін тексеруді, жоспарлау параметрлерін, eNB жоспарлау параметрлерін;

- жабдықты жеткізуші негізінде негізгі көрсеткіштер мен мақсатты мәндердің тиімділігін анықтайтын eNB жүйесінің параметрлері мен есептегіштерін пайдалану үшін негізгі көрсеткіштер мен жоспарлау параметрлерін анықтау, жабдықтың жеткізушісі негізінде негізгі көрсеткіштер мен мақсатты мәндерді тексеру, жоспарлауды қолдана отырып, негізгі көрсеткіштер мен мақсаттарды тексеру; желіні оңтайландыруға дейін және кейін.

2.3 2G/3G LTE-ге дейінгі байланыс желілерін жаңғыртудың болашағы

Инженерлік жоспарлау тұрғысынан 4G желілері үшін толықтай мобильді жүйені құрумен қатар, қолданыстағы ұялы байланыс тұжырымдамасына интеграция қажет. Бұл стратегия 4G желісінің қолданыстағы 2G/3G желілерімен өзара әрекеттесуін қамтамасыз ету үшін қажетті жағдайларды ескере отырып, біртұтас желіні құруды қарастырады.

Төртінші буын LTE стандартын құрудың басты мақсаты жоғары жылдамдықты мобильді байланыс жүйелерінің мүмкіндіктерін арттыру, деректерді беру құнын төмендету, түрлі қызметтердің кең спектрін ұсыну деп атауға болады. LTE 2G/3G желісінің түбегейлі айырмашылығы:

- топтық радио сигналын қалыптастырудың түбегейлі әр түрлі әдістері;

- логикалық деңгей мен кеңейтілген бағдарламалық жасақтама айтарлықтай кеңейтілді;

- абоненттік сыйымдылықтың жоғарылауы, жоғары және төмен ағыс арналарында берілу жылдамдығы анағұрлым жоғары, жиілік ресурсын тиімді пайдалану.

2.3.1 Телекоммуникациялық алшақтық. Сымсыз кеңжолақты қол жетімділікке сұраныстың айтарлықтай өсуіне байланысты операторлардан жеткілікті жиілік ресурсы және желінің қажетті өткізу қабілетін қамтамасыз ету мүмкіндігі қажет. Сондықтан операторлар 2G/3G желілерінің қазіргі радио ресурсын 4G қызметшілеріне беру кезінде олардың қызметтерінің сапасына кепілдік беруі керек. 4G технологиясының алдыңғы ұрпақтардың желілерімен қосылуы бұрынғы салалардан қазіргі заманғы желілерге біртіндеп шығуға мүмкіндік береді, сонымен қатар дауыстық қоңыраулар мен SMS хабарламалар сияқты дәстүрлі байланыс қызметтерін сақтауға мүмкіндік береді.

Желілерді 2G/3G-ден LTE желілеріне ауыстыру күрделі міндет болып табылады және бірден бірнеше бағыттағы жұмыстарды қамтиды:

- радиожүйені және радиожүйені жаңарту;
- Mobile Backhaul көлік желісін жаңғырту;
- Mobile Packet Core пакеттік желісін жаңғырту.

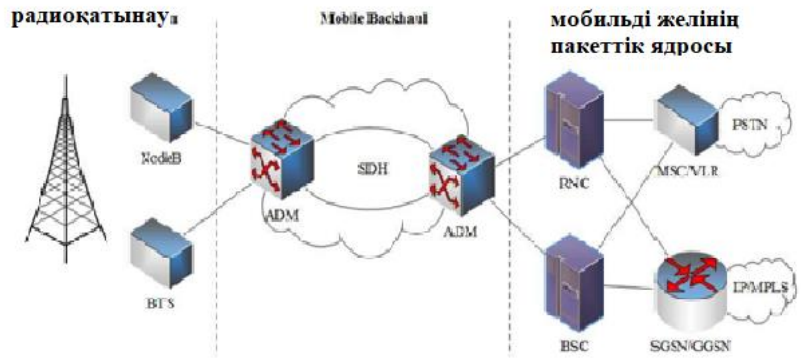
2.3.2 Радиожүйені модернизациялау және радио жоспарлау LTE радиожүйесінің аппараттық құралының 2G/3G желілерінен негізгі айырмашылығы - бұл желілерде базалық станция контроллері жоқ. Бұл функцияны ішінара eNB базалық станциялары орындайды. Жоғарыда айтылғандай, LTE базалық станциялары мобильді Backhaul көлік желісі арқылы X2 интерфейсін қолданып бір-бірімен тікелей байланысады. Классикалық 2G/3G архитектурасында базалық станциялар тек контроллер (жұлдыздар топологиясы) арқылы деректер алмасады.

LTE жиіліктері Қазақстан Республикасында пайдалануға негізінен 800 және 2600 МГц диапазондарына жатады. LTE жағдайындағы радио жоспарлау 3G желілері үшін бұл процестен айтарлықтай ерекшеленбейді және фазаларды қамтиды:

- радиоарналардың болжамды бюджеттерін анықтау;
- радиотолқындардың таралуын егжей-тегжейлі модельдеу;
- әрбір мұнараға (БС) оңтайландыру және дәл баптау;
- тестілеу және түзету.

HSPA (3G) радиоарнасының бюджетін салыстыра отырып, LTE кедергі мәндерінің төмендеуіне байланысты шамамен 2 дБ артықшылығы бар. 2600 МГц жоғары жиіліктер қаланың тығыз дамуы үшін жақсырақ, өйткені олар бір ауданда жүздеген ұяшықтарды ұйымдастыруға мүмкіндік береді, бұл абоненттердің көптігі бар жоғары жылдамдықты беру үшін қолайлы. 800 МГц жиіліктерін ауылдық жерлерде пайдалануға болады, өйткені олар блоктың ауданы мен қала сыртына аз сыйымдылықпен көбірек қамтуды қамтамасыз етеді, абоненттің тығыздығы әлдеқайда төмен болғандықтан, қалада сияқты жылдамдықтар қажет емес.

2.3.3 Мобильді Backhaul көлік желісін жаңарту. Байланыс операторы жиілікті қабылдап, барлық мақұлдау рәсімдерін өткізгеннен кейін, ең маңызды мәселе - көлік инфрақұрылымы. Егер операторда жеткілікті сыйымдылығы бар IP/MPLS көлік желісі болса жақсы. 2G/3G желілері көлік ретінде SDH (TDM) желілерін жиі пайдаланады (2.1-сурет).



2.1 сурет – TDM Mobile Backhaul көмегімен мобильді желінің диаграммасы

Бұл желілердің сыйымдылығы негізінен аз мөлшерде трафик пен дауысты таратуға арналған. Мұндай желілерді модернизациялау көбінесе қосымша ірі инвестициялармен байланысты және әрқашан күтілетін икемділік пен масштабтың ұлғаюына әкелмейді.

LTE үшін мобильді Backhaul желілерін жобалау кезінде туындайтын негізгі мәселелер:

- БС байланыс нүктелері мен өткізу қабілеттілігі (радиожобалау кезеңінде анықталады);
- БС-мен Cell-SiteRouter-ге қосылған интерфейстер;
- желіде ұсынылатын LTE стандартының түрі;
- БС синхрондау қалай жүзеге асырылады;
- қызмет көрсету компоненті.

Бірінші мәселе бойынша, Mobile Backhaul желісінің болашақ немесе бар нүктелерінің орналасуы маңызды. Бұл қай арналарға, қандай сыйымдылыққа және қай жерде созылу керек екеніне байланысты. Өкінішке орай, арналарды салу әрдайым мүмкін емес және қазіргі уақытта шешімдері 1 Гбит/с және одан жоғары радиоарналарды ұсынатын пакеттік нүктелік-нүктелік радио байланыстардың көмегімен байланыстырылады.

LTE FDD және LTE TDD қазіргі уақытта өзекті болып табылады. Олардың арасындағы негізгі айырмашылық - арналардың тарату/қабылдау жолдары. LTE FDD трансивер үшін екі тасымалдаушы жиілігін білдіреді, LTE TDD - бір тасымалдаушы жиілігін, бірақ уақытты бөлуді білдіреді. Бұл БС арасындағы синхрондау тұрғысынан өте маңызды. LTE FDD технологиясы жиілікті синхрондаудың жеткіліктілігін білдіреді; LTE TDD міндетті түрде синхрондауды қажет етеді. LTE Advanced технологиясы бастапқыда фазалық синхрондауды қолдануды болжайды, сондықтан болашақ көзімен фазалық синхрондауды бірден қарастырған жөн.

2.3.4 Желілік шешімдер. Жалпы алғанда, 3G-ден LTE желілеріне көшу процесі аз шығынға ие, өйткені көптеген операторлар 2G-ден 3G-ге ауысу кезінде тиісті оптикалық инфрақұрылымы бар IP/MPLS елеулі көлік желілерін салған. Қазіргі заманғы 3G базалық станциялары LTE БС-де жаңартылуда, ал MIMO антенналарын қосып, бағдарламалық жасақтаманы жаңарту қажет.

Интеграцияланған желілерде SGSN және GGSN сияқты 2G/3G желілерінде орналасқан негізгі желінің элементтерін пайдалану ұсынылады.

SGSN (ағылш. Serving GPRS Support Node) - пакеттік ақпаратты өңдеудің барлық функцияларын жүзеге асыратын GPRS жүйесінің негізгі құрамдас бөлігі GPRS абоненттеріне қызмет көрсету орталығы. Бұл HLR (Home Location Register) - орталықтандырылған деректер базасы, осы желінің әр абоненті туралы ақпаратты қамтитын, радиоға қол жеткізу желісінің (RAN) базалық станция жүйесі (БСЖ) және негізгі желі (CN) арасындағы байланыс нүктесі. SGSN-ді GSM MSC коммутаторының аналогы деп атауға болады. SGSN келесі функцияларды орындайды:

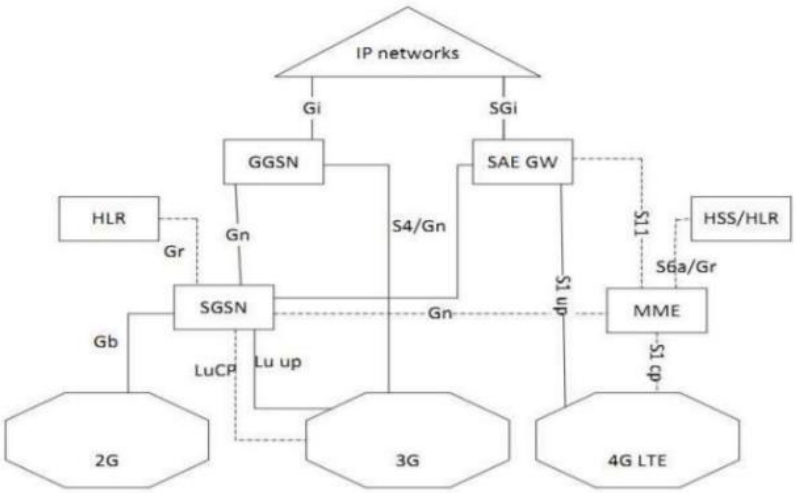
- деректер пакеттерін пайдаланушыларға жеткізуді бақылау;
- HLR желісінің меншікті абоненттерінің тізілімімен өзара әрекеттесу;
- желідегі пайдаланушылардың мониторингі;
- Интернет желісінің ғаламдық компьютерлік желісінің TCP/IP протоколдары қолданатын форматтарға GSM кадрларды түрлендіру;
- желіні қамту аймағында қайтадан «пайда болған» абоненттерді тіркеу;
- GPRS технологиясындағы шифрлау алгоритміне сәйкес мәліметтерді шифрлау;
- кіріс есепшот туралы ақпарат жинау, яғни. телекоммуникация қызметтерін пайдалану туралы ақпарат, оларды есептеу, абоненттерге төлем жасау және т.б.

GGSN - GPRS Core Network құрамына кіретін және GPRS Core желісі (GTP) мен сыртқы IP желілері арасында мәліметтерді бағыттауды қамтамасыз ететін торап. Маршруттаудан басқа, GGSN RADIUS (ағылш. Remote Authentication Dial-In User Service) серверіне аутентификация сұрауларын, сонымен қатар пайдаланушы сұраған IP мекенжайды анықтау үшін DNS үй атауымен серверлермен (ағылш. Domain Name Server) өзара әрекеттесуді қамтамасыз етеді. GGSN-нің негізгі қызметі - SGSN арқылы абонентке және одан шығатын мәліметтерді роуминг (бағыттау).

GGSN функциялары:

- мәліметтерді адресациялау;
- IP мекенжайларын динамикалық шығару;
- сыртқы желілер және меншікті абоненттер туралы ақпаратты бақылау;
- бағыттаушы деректер базасын, мекен-жайлары бар дерекқорды және LTE желісі енгізілгеннен кейін негізгі желінің сүзгілеу базасын, MME және SAEGW функцияларын қолдау үшін қажет.

Қарастырылып отырған интеграцияның желілік шешімінің бірі - тәуелсіз 2G/3G деп аталатын негізгі желінің бар элементтеріне қол жетімділікті сақтау - SGSN және GGSN, сондай-ақ MME, SAE-GW (SGW) сияқты жаңа құрылғыларды қосу, олар жүйелік функциялардың берілуін ескереді. LTE қосылуын қолдау (2.2-сурет).



2.2 сурет – Ұрпақ аралық өзара әрекеттесу

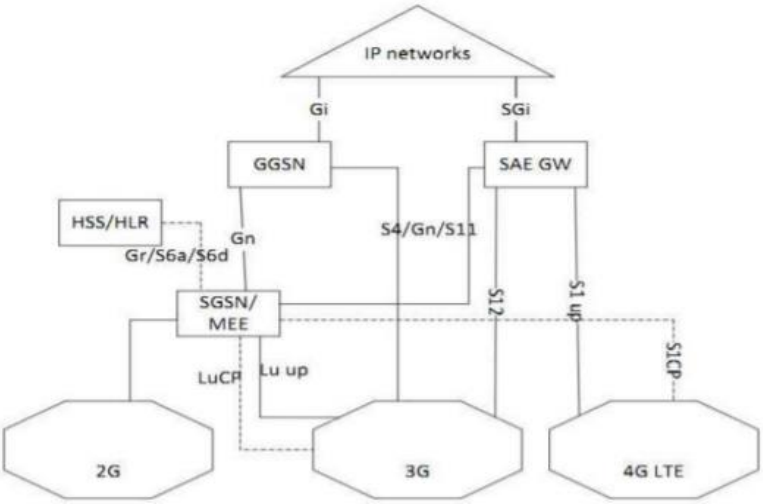
Тәуелсіз (біріктірілген) желілерді енгізудің артықшылықтары:

- LTE желісі - қолданыстағы желінің (2G/3G) теріс әсерін болдырмайтын фактор ретінде қызмет ететін қайталама орналастыру және жоспарлау желісі;
- LTE желісін енгізу 2G/3G қызметтерінің сапасын төмендетпейді.

Тәуелсіз (біріктірілген) желілерді енгізудің кемшілігі:

- 2G/3G және LTE арасындағы тиімділігі аз;
- желілік негізгі жабдықты көбейту;
- пайдалану шығындарының өсуі.

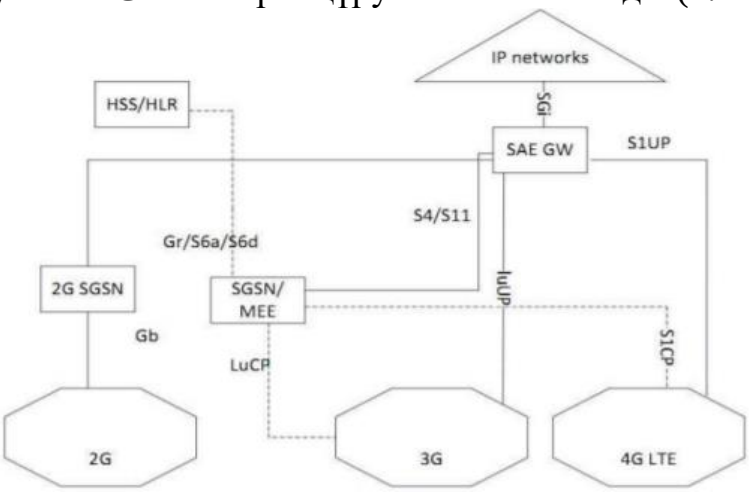
Желілік шешім қабылдаудың тағы бір нұсқасы - ескі SGSN-ді жаңарту арқылы гибридті желілерді құру, ол MME функцияларын қолдайтындай етіп, немесе, керісінше, ескі SGSN функцияларын қолдайтын MME байланыстырып, сәйкесінше жаңа SAE-GW қосады (2.3 сурет).



2.3 сурет – Гибридтік желілер

Гибридті желілерді енгізудің артықшылығы:

- қолданыстағы желілер негізінде тірек желісін тарату мүмкіндігі, бұл желіні қайта өрістету қажеттілігінен арылтады.;
– 2G/3G және LTE желілерінің желілік ресурстарын бірлесіп пайдалану мүмкіндігі;
– 2G/3G және LTE арасында ақпарат берудің жоғары тиімділігі.
Кемшіліктер:
- Жаңа желі 2G/3G қызметінің сапасын төмендетеді;
- Қолданыстағы желілерге MME функцияларын қолдау үшін жаңарту қажет.
Желі шешімінің үшінші нұсқасы-2G желісін қолдау және 3G/LTE үшін MME және SAE-GW/PGW қосылу үшін sgsn және GGSN ескі тораптарын бөлу нәтижесінде тәуелсіз 2G желілерін құру болып табылады (2.4-сурет).



2.4 сурет – Тәуелсіз 2G желілері

Тәуелсіз 2G желілерін енгізудің артықшылығы - 2G желісінің тарифін біртіндеп төмендету.

Оларды жүзеге асырудың кемшіліктері:

- 2G-ді қолданыстағы аралас 2G/3G желілерінен ажырату үшін қосымша қосылыстардың қажеттілігі;

- техникалық қызмет көрсету шығындарының өсуі.

LTE желілерін қалалар мен халық тығыз қоныстанған жерлерде құру кезіндегі бірінші кезектегі мәселе LTE желілерінің қолданыстағы 2G/3G желілерімен өзара әрекеттесуін қамтамасыз ету үшін қажетті жағдайлардың болуы болып табылады. Осылайша, жоғарыда келтірілген критерийлер негізінде желілік шешімдердің бірінші негіздемесі (тәуелсіз желілер) ең ұтымды болып табылады.

LTE желілерін құрудың келесі кезеңінде SMESN абоненттеріне MME функциясын қолдайтын торапты біртіндеп жаңарту қажет. MME желінің интеграциялық жазықтығын басқаруға 2G/3G желісіне қатынауды қамтамасыз ететіндіктен, желілік қызметтер 2G/3G-ден LTE-ге біртіндеп ауысады. Осылайша, жоғарыда аталған шарттарды орындау үшін желілік шешімдердің екінші нұсқасы (гибридтік желілер) қолайлы болады.

LTE желілерін құрудың соңғы кезеңінде, LTE желісін пайдаланушылар санының өсуімен MME/MME/SGSN қолдауымен барлық желілердің толық жаңартылуы жүреді. 3G және LTE желілерін біртіндеп біріктіру 2G желісін жояды, сондықтан LTE желілерін құрудың соңғы кезеңінде желілік шешімдердің үшінші нұсқасын пайдалануға болады.

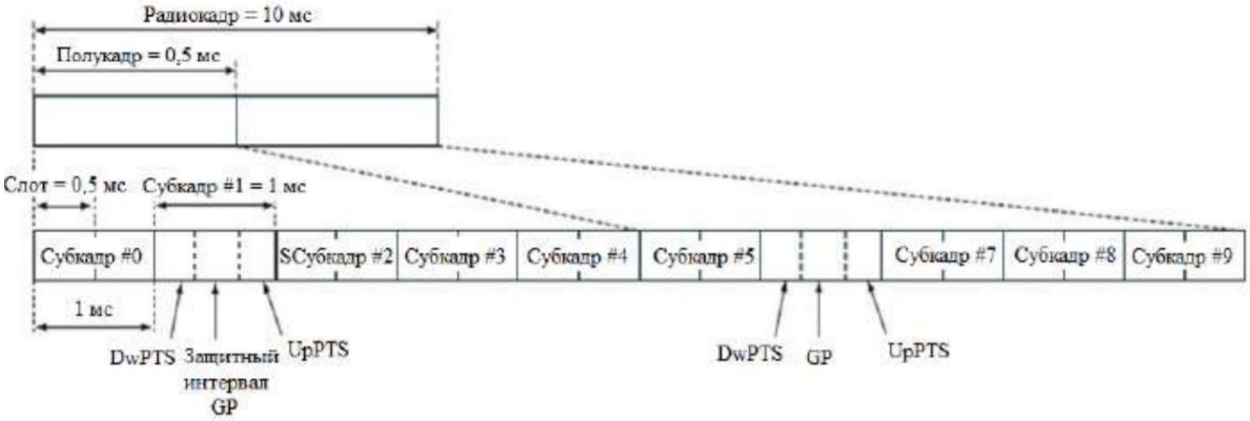
2.4 LTE технологиясын қолдана отырып, әуе интерфейсін құру принциптері

LTE үш негізгі технологияға негізделген: OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), MIMO (Multiple Input Multiple Output) және антенна желісінің архитектурасы (System Architecture Evolution). Дуплексті каналды бөлу жиілік (FDD) және уақыт (TDD) болуы мүмкін. Бұл операторларға жиілік ресурсын өте икемді пайдалануға мүмкіндік береді. Мұндай шешім жұпты жиіліктері жоқ компаниялар үшін нарыққа жол ашады. Екінші жағынан, FDD қолдауы дәстүрлі ұялы байланыс операторлары үшін өте ыңғайлы, өйткені олар жиіліктерді «анықтауы бойынша» жұптастырды - міне, барлық қолданыстағы ұялы байланыс жүйелері осылай ұйымдастырылған. FDD жүйесінің өзі TDD-ге қарағанда жиілік ресурсын пайдалану жағынан анағұрлым тиімді - оның үстеме шығындары аз (қызмет көрсету өрістері, интервалдар және т.б.). Базалық станция (БС) мен мобильді станция (МС) арасындағы алмасу циклдік түрде қайталанатын кадрлар қағидасына негізделген (LTE терминологиясында - радиоприёмник) радио кадрдың ұзақтығы - 10 мс. LTE спецификациясындағы барлық уақыт параметрлері минималды уақыт квантына байланыстырылған, $T_0 = 1/(2048 \cdot \Delta f)$, где Δf – көтерілетіндер арасындағы қадам, стандартты түрде 15 кГц, субарариондар арасындағы қадам. Сонымен, радио кадрдың ұзақтығы - $307200T0$. Уақыт шкаласының өзі 30,72 МГц сағаттық жиілікке сәйке с келеді, бұл 3G жүйелеріндегі стандартты жиіліктің көптігі (WCDMA 5 МГц жиіліктегі арнасы бар) 3,84 МГц (8x3,84 = 30,72). LTE стандарты екі типті радиокамераларды қарастырады. 1 түрі жиіліктік дуплекстеуге арналған - толық дуплексті де, жартылай дуплексті де. Мұндай рамка 20 слоттан тұрады (ұзындығы 0,5 мс), олар 0-ден 19-ға дейін нөмірленген. Екі іргелес слот субфрейм жасайды (2.5-сурет).

2.5 сурет – LTE жиіліктік дуплекстеу құрылымы

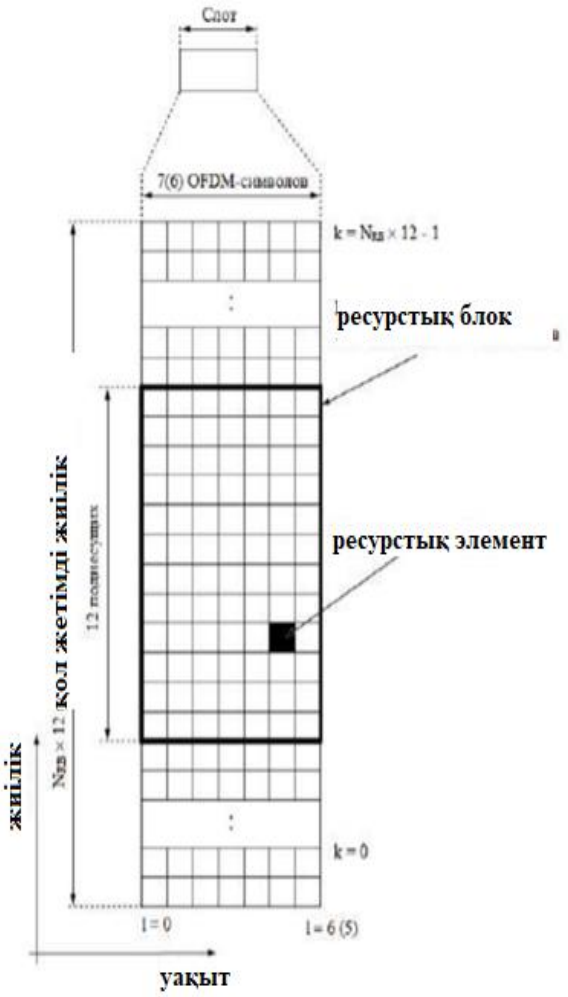
2.5-суретте көрсетілгендей, толық дуплексті режимде жоғарғы және төменгі ағыс каналдарындағы радиожиілік параллель, бірақ стандартта көрсетілген уақыт ығысуымен қатар жүреді.

2 типті радиокадр тек уақытша дуплекстеуге арналған. Ол әрқайсысы 5 мс болатын екі жартылай рамадан тұрады (2.6 сурет).



2.6 сурет – Уақытты бөлу дуплексіндегі LTE рамасының құрылымы

2.6 суретте көрсетілгендей, әрбір жартылай фрейм ұзақтығы 1 мс 5 субфреймді қамтиды. Стандарт уақытша дуплекстеудің екі циклін қарастырады - 5 және 10 мс. Бірінші жағдайда, 1-ші және 6-шы ішкі жиектер бірдей және DwPTS, UpPTS және GP күзет интервалдарының қызмет өрістері болады. 10 мс TDD циклында 6-шы ішкі жиілік деректерді беру үшін қолданылады. 0 және 5 ішкі жақшалар, сондай-ақ DwPTS өрісі әрқашан төменгі сілтемеге сілтеме жасайды, ал 2-кіші жақтау және UpPTS өрісі жоғары сілтемеге сілтеме жасайды. DwPTS, UpPTS және GP өрістерінің ұзақтығының бірнеше нұсқасы мүмкін, бірақ олардың жиынтығы әрқашан 1 мс. Жоғарыда айтылғандай, LTE DVB, Wi-Fi және WiMAX жүйелерінде жақсы зерттелген OFDM модуляциясын қолданады. Естеріңізге сала кетейік, OFDM технологиясы Δf жиілігінде белгілі бір қадаммен орналасқан $S_к(t) = ak \cdot sin\ [2\pi\ (f0 + k\Delta f)]$ типті тар диапазонды субариверлердің тәуелсіз модуляциясы арқылы кең жолақты сигналды беруді қамтиды. Бір OFDM символында модуляцияланған ішкі қосалқы құрылғылар жиынтығы бар. Уақыт доменінде OFDM символына мәліметтер өрісі (пайдалы ақпарат) және CP циклдік префиксі (Cyclic Prefix) - алдыңғы символдың соңына аударылған фрагмент кіреді. Префикстің мақсаты көп сигналды таратудың салдарынан ресиверге интерсимболдың араласуымен күресу болып табылады. Кешіктіріп келген шағылысқан сигнал префикс аймағына түседі және пайдалы сигналмен қабаттаспайды. LTE Δf = 15 кГц ішкі тармақтары арасындағы стандартты қадам қабылдады, бұл OFDM символының ұзақтығы 66,7 мкс құрайды. Әр ұяшықтағы абоненттік құрылғыға (АҚ) уақыттық жиілік доменіндегі арна ресурстарының белгілі бір ауқымы - ресурстық тор тағайындалған (2.7 сурет).

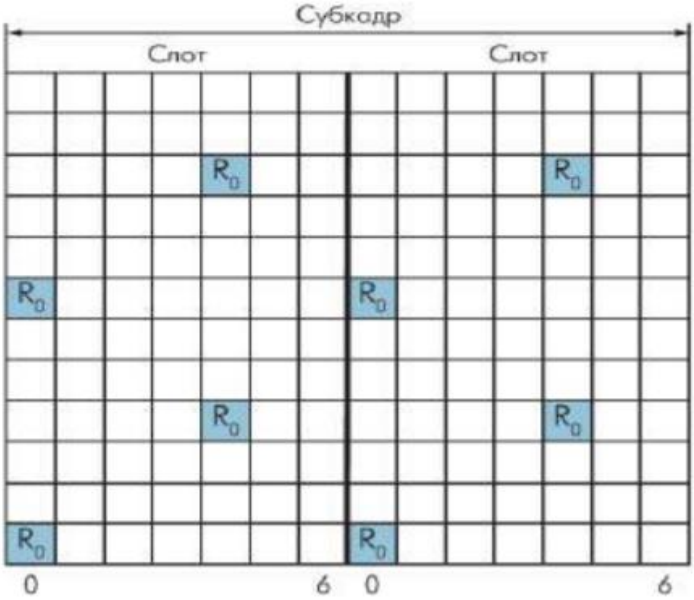


2.7 сурет – Δf = 15кГц стандартты қосалқы қадамы бар LTE ресурстар торы

2.7 суретте қор көзінің элементі деп аталатын тор торының ұяшығы жиілік доменіндегі бір подкладкаға және уақыт доменіндегі бір OFDM символына сәйкес келетіндігі көрсетілген. Ресурс элементтері ресурстар блогын құрайды - арнадағы ең аз ақпарат бірлігі. Ресурстық блок циклдік префикс түріне байланысты 12 қосалқы тізбекті (яғни 180 кГц) және 7 немесе 6 OFDM символдарын алады - слоттардың жалпы ұзақтығы 0,5 мс. 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).

2.4.1 төменгі ағыс арнасы. Төменгі сілтеме мен үзілісте OFDM технологиясын қолдану әр түрлі. Төменгі сілтемеде бұл технология сигналды тарату үшін ғана емес, сонымен бірге бірнеше рет қол жеткізуді ұйымдастыруда (OFDMA) қолданылады - яғни. мультиплексті абоненттік арналар үшін. Сипатталған физикалық құрылымдық блоктан басқа, логикалық құрылымдық блок түсінігі енгізілген. Олар ресурс элементтерінің саны жағынан эквивалентті, алайда физикалық блоктың ресурстық элементтерін логикалық блокқа салыстырудың екі мүмкін нұсқасы бар - біреуіне және біріншісіне. Соңғы жағдайда логикалық ресурстар блогының элементтері барлық қол жетімді қорлар торына бөлінеді. Пакеттік желілерден

айырмашылығы, LTE-де синхрондау және тасымалдаушының орнын толтыруды бағалау үшін қажет физикалық кіріспе жоқ. Оның орнына әр ресурстық блокқа арнайы анықтамалық және сағаттық сигналдар қосылады. Анықтамалық сигналдар үш типте болуы мүмкін - ұяшықты сипаттайтын эталондық сигнал (ұяшыққа тән), белгілі бір абоненттік құрылғымен байланысты сигнал және арнайы MBSFN мультимедиялық қызметіне арналған сигнал. Эталондық сигнал беру каналындағы жағдайды тікелей анықтауға қызмет етеді (қабылдағыш өзінің орналасқан жерін және бастапқы формасын білетіндіктен). Осы өлшеулер негізінде қалған қосалқы өткізгіштер үшін каналдың реакциясын анықтауға болады және интерполяция көмегімен бастапқы пішінін қалпына келтіруге болады. Анықтамалық нақты сигнал әр подкасттың ішкі жақтауында болуы керек (MBSFN беру жағдайларын қоспағанда). Толқын пішімі алтын жалған кездейсоқ тізбектің (m-реттілік нұсқасы) негізінде анықталады, инициализация кезінде БС (Cell ID) ұяшық идентификаторы қолданылады. Мұндай анықтамалық сигнал ресурс элементтеріне біркелкі таратылады. Сонымен, префикстің стандартты ұзындығымен 0 және 4-ші OFDM символына, кеңейтілген CP-мен 0-ші және 3-ші OFDM таңбаларына ауыстырылады. Жиілік доменінде анықтамалық сигналдар әрбір алты қосалқы сигнал арқылы беріледі, ал есепке алу модуль 6 (2.8 сурет) қабылданған ұяшық идентификаторымен анықталады.



2.8 сурет – Антеннамен жұмыс істеген жағдайда LTE ресурстық торының төменгі ағыс каналында анықтамалық сигналдың орналасуы

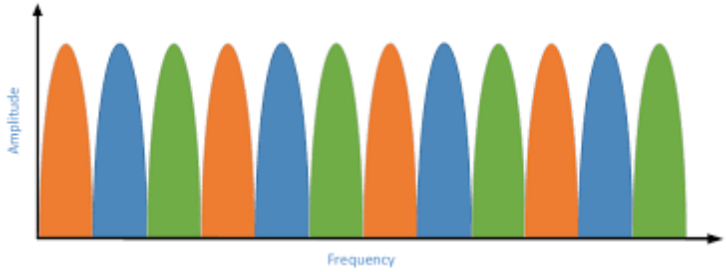
2.8 суретте көрсетілгендей, төменгі ағыс каналындағы сигналдың қалыптасуы цифрлық ақпаратты берудің заманауи жүйелері үшін әбден стандартты болып табылады. Оған арналарды кодтау, скремблинг, симуляция модуляциясы, антенна порттары мен ресурстық элементтер бойынша тарату және OFDM символдарын синтездеу кіреді. Арналарды кодтау MAC

деңгейінен түсетін мәліметтер блоктары үшін тексеру кестесін (CRC-24) есептеуді қамтиды. Содан кейін тексеру ведомосі бар блоктарды кодтау жылдамдығы 1/3 болатын кодтаушы өңдейді. LTE конверсиялық кодты немесе турбо-кодты пайдалануға мүмкіндік береді. Интерлейвациядан (кодирование) кейін кодталған реттілік скремблерге жіберіледі (кіру тізбегі үшін $\{x\ (i)\}$, $dscr\ (i) = x\ (i) + c\ (i)$ формасының процедурасы орындалады, мұндағы $c\ (i)$ - белгілі бір скреминг тізбегі). Содан кейін модуляцияның күрделі символдары (QPSK, 16- және 64-QAM) құрылады және ресурстық элементтер арасында таратылады. Одан кейін OFDM символдары синтезделеді, олардың тізбегі берілген жиілік диапазонында шығатын РЖ сигналын құрайтын модуляторға енеді. Қабылдау жағында барлық процедуралар кері тәртіпте орындалады.

2.4.2. Циклдік префиксті ұштастыра отырып OFDM қолдану қосылымды радиоарнаның параметрлерінің уақыт дисперсиясына төзімді етеді, нәтижесінде қабылдау жағында кешенді эквалайзер қажет емес болады. Бұл төмен қарай бағытталған каналды ұйымдастыру үшін өте пайдалы, өйткені қабылдағыштың сигналды өңдеуі жеңілдетілген, бұл терминал құрылғысының құнын және оның қуат тұтынуын азайтады. Көтерілетін каналда радиацияның рұқсат етілетін күші түсетін каналға қарағанда әлдеқайда төмен. Осылайша, ақпарат беру әдісінің энергия тиімділігі қамту аймағын ұлғайту, терминал құрылғысының құнын және тұтынатын қуатты азайту үшін бірінші орынға шығады. OFDMA технологиясының басты кемшілігі - шың мен сигналдың орташа қуатының жоғары қатынасы (PAR - Peak to Average Power Ratio). Бұл уақыт доменінде OFDM сигналының спектрі жоғары PAR сипатталатын Гаусс шуымен ұқсас болатындығына байланысты. Сонымен қатар, OFDMA технологиясының өзі подкасттар арасындағы қадамды азайту және SR-дің салыстырмалы ұзақтығын азайту қажеттілігін ескере отырып, композиттік сигналды қалыптастыруға өте жоғары талаптар қояды. Сонымен қатар, таратқыш пен қабылдағыш арасындағы жиіліктің сәйкес келмеуі және қабылданған сигналдағы фазалық шу жекелеген қосалқы қосылыстарға интерсмболдың кедергі келтіруіне әкелуі мүмкін (яғни, әртүрлі жазылушы арналардағы сигналдардың арасындағы кедергі). Қосалқы құрылғылар арасындағы кішігірім қадаммен Доплер эффектісі осындай салдарға әкелуі мүмкін, бұл абоненттердің жоғары ұтқырлығын қамтитын ұялы байланыс жүйелері үшін өте маңызды. Осыған байланысты, LTE шоғырландыруы үшін жаңа технология ұсынылды - SC-FDMA (Бірыңғай дилерлік жиіліктерге бірнеше реттік қол жеткізу). Оның негізгі айырмашылығы мынада, егер әр subcarrierде OFDMA-да өзіндік модуляция символы бір уақытта берілсе, онда SC-FDMA подкариберлері бір уақытта және бірдей модуляцияланады, бірақ модуляция символдары қысқа болады. Яғни, OFDMA-да таңбалар параллель, SCFDMA-да бірізділікпен беріледі. Бұл шешім әдеттегі OFDM модуляциясын қолданумен салыстырғанда максималды және орташа қуат деңгейінің төмен қатынасын қамтамасыз етеді, нәтижесінде абоненттік құрылғылардың энергия тиімділігі жоғарылайды және олардың дизайны жеңілдетіледі (таратқыштардың жиілік

параметрлерінің дәлдігіне қойылатын талаптар едәуір төмендейді) (2.9 сурет).

2.9 суретте көрсетілгендей, SC-FDMA сигналының құрылымы көбінесе OFDM технологиясына ұқсас. Сондай-ақ, композиттік сигнал қолданылады - Δf артуында орналасқан ішкі жарық диодының жиынтығын модуляциялау. Негізгі айырмашылық мынада, барлық ішкі подкастерлер бірдей модуляцияланады - яғни. бір уақытта тек бір модуляция символы беріледі. Бұл жағдайда ресурстық тор толығымен төмен сілтемеге ұқсас болады. Сондай-ақ, ұяшыққа сәйкес келетін физикалық ресурстардың әрбір блогында жиілік доменінде Δf = 15 кГц (жалпы 180 кГц) және уақыт аймағында 0,5 мс болатын 12 кіші кедергілер орналасқан. Ресурстық блок стандартты циклдік префиксі бар SCFDMA 7 символына, ал кеңейтілген таңбасы 6-ға сәйкес келеді. SC-FDMA символының ұзақтығы (префиксісіз) OFDMA символының ұзақтығына тең және 66,7 мкс құрайды (сәйкес циклдік префикстердің ұзақтығы да тең) (2.10 айналым).



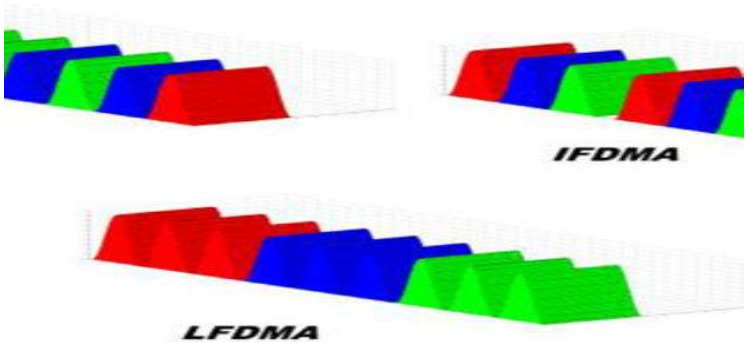
2.9 сурет – QPSK символдарының тізбегін беру кезіндегі OFDMA мен SC-FDMA арасындағы айырмашылық

2.10-суретте көрсетілгендей, торда 6-дан 110-ға дейін ресурстық блоктар болуы мүмкін, бірақ олардың саны 2, 3 немесе 5-тен көп болуы керек, бұл Фурье дискретті түрлендіру процедурасымен байланысты. Тағы бір мүмкіндік - АҚ-да 64-QAM модуляциясын қолдау міндетті емес. Желінің әрбір абонентіне жоспарлау функциясын қолдана отырып, базалық станциядан мәліметтерді беру үшін белгілі бір уақытқа ресурстық блоктардың белгілі бір саны бөлінеді. Кесте абоненттерге қызмет көрсету арналары бойынша төмен радиолар арқылы жіберіледі. Алайда, егер OFDMA-мен модуляцияның бір символы (QPSK, 16- немесе 64-QAM) бір подкарьердегі (15 кГц, 66,7 мкс) OFDM символына сәйкес келсе, онда SC-OFDMA-мен жағдай басқаша болады. Жиілік мәнінде модуляция символының ені барлық қол жетімді жиілік диапазонына тең (ол бір уақытта барлық подключерлерге жіберіледі). Бұл жағдайда бір SCFDMA символы бірнеше модуляциялық символдарды қамтиды, олар подкариативтер сияқты өте жақсы - бірақ Котельников-Шаннон теоремасының шарттарына толық сәйкес келетін OFDMA-дан бірнеше есе қысқа.

SC-FDMA сигналын жасау процедурасы OFDMA схемасынан өзгеше. Арналарды кодтау, скреминг және модуляция символдарын

қалыптастырғаннан кейін олар M символдарының блоктарына - SC-FDMA ішкі символдарына топтастырылады. Оларды 15 кГц қадамы бар субкариверлерге тікелей тағайындау мүмкін емес - N жиіліктен жоғары жиілік талап етіледі, мұндағы N - берілуге болатын подкварийлер саны. Сондықтан M модуляциясының символдарының (M < N) топтарын құра отырып, олар M-нүктелік дискретті Фурье түрленуіне ұшырайды, яғни. аналогтық сигнал қалыптастыру. Содан кейін, стандартты кері N-нүктелі Фурье түрлендіру процедурасын қолдана отырып, әр субарриердің тәуелсіз модуляциясына сәйкес сигнал синтезделеді, циклдік префикс қосылады және ЖЖ шығу сигналы жасалады. Осы тәсілдің нәтижесінде таратқыш және қабылдағыш. OFDMA және SC-FDMA сигналдары ұқсас функционалды құрылымға ие (2.11 және 2.12-сурет).

2.9-суреттен біз АҚ жиіліктің белгіленген диапазонын (көршілес қоршау блоктарын, яғни іргелес қосалқы қоршауды қолдана отырып) және таратылатын - жиілікті секіру (FH) режимін де қолдана алатындығын ескереміз. Соңғы жағдайда, жоғары канал арнасының әр саңылауы үшін қолда бар ресурстар торабынан жаңа ресурстық блок қолданылады. Жиілікті баптау параметрлерін желілік жабдық орнатады және желідегі абоненттік станцияны іске қосу кезінде де, басқару арнасында жұмыс істеу кезінде де көрсетіледі. Таратылған әдіс жағдайында әр абоненттің ақпараты сигналдың барлық спектрінде орналасқан, сондықтан бұл әдіс жиіліктің селективті жоғалуына төзімді.



2.10 сурет – SC-FDMA-да қосалқы құралдарды тарату әдістері

2.10 суретте көрсетілгендей, екінші жағынан таратудың жергілікті әдісімен берілген абонент үшін арнаның максималды өшу қарсылығына қол жеткізетін жолақты анықтауға болады. Барлық жазылушылар үшін сигналдың жоғалу аймақтары әртүрлі болғандықтан, радиоарнаны пайдаланудың жалпы тиімділігіне қол жеткізуге болады. Алайда, бұл әр құрылғы үшін арна жиілігінің жауабын үздіксіз қарап шығуды және жоспарлау функциясын ұйымдастыруды қажет етеді. Жоғарғы деңгейлердің функциялары нәтижесінде пайда болатын нақты ақпаратқа қосымша, сілтеме сигналдары жоғары сілтемеде беріледі. Олардың мақсаты - БС қабылдағышты белгілі бір AU таратқышына дәл келтіруге көмектесу.

Сонымен қатар, бұл сигналдар ресурстарды жоспарлау кезінде БС-де қолданылатын арнаның сапасын бағалауға мүмкіндік береді. Көтергіштегі тірек сигналдары екі түрлі - «демодуляцияланған» және зонд (sounding). Демодуляцияланған анықтамалық сигналдар төменгі сілтемелік сигналдарға ұқсас. Олар тұрақты негізде беріледі. Сонымен, жалпы ақпарат арнасында демодуляцияланған эталондық сигналдың дәйектілігі CP стандартына сәйкес әр ұяның төртінші SC-FDMA символында беріледі. Зонд сигналдары апериодикалық болып табылады. Олардың негізгі мақсаты - БС-ге арнаның сапасын бағалау мүмкіндігі, егер беру әлі аяқталмаса.

3 Техникалық есептеулер бөлімі

3.1 Ұялы байланыс базасының қамту аймағын есептеу

Есептеулер үшін бастапқы мәліметтер:
– орташа жұмыс жиілігі Fср = 465 МГц;
– номиналды тарату қуаттылығы Рн=45 Вт;
– антеннаның биіктігін қабылдау h2=1,3 м;
– қабылдау нүктесіндегі сигнал өрісінің қажетті күші E_c=43 дБ;
– жер бедері Δh1 = 12 м-ден 2h2 = 45 м-ге дейін өзгереді;

Қала картасы мен қашықтығы: ұзындығы 6 км болатын теңбүйірлі үшбұрыш.

Сүзгілер мен антенналық бөлгіштерде өшу Вф=9 дБ

3.2 ОС және жылжымалы АС байланысы кезінде 1-аймақ радиусын есептеу

Берілетін антеннаның h1 биіктігі орнатылмағандықтан, аймақтық өлшемдерді ескере отырып ОС орналастырудың қолайлы нұсқасын таңдау үшін қызмет радиусын анықтау үшін антенналардың әртүрлі биіктігін сұрай бастаймыз.

ОС антенналарының биіктігін орнаттық:

$$h1=15, 20, 25, 30, 40 \text{ м} \tag{3.0}$$

Определяем дополнительное затухание фидера, связанное с увеличением его длины сверх 50 м на ОС для всех высот антенн ОС:

$$\Delta Вф= \alpha\ (lф-15),\ дБ, \tag{3.1}$$

мұндағы lф – фидердың ұзындығы, м; α- погонлық өшу, дБ/м

Ұсынылған кабельдерден біз РКД-2-8/83 кабелін таңдаймыз, мысалы, ол жұмыс жиілігіне сәйкес келеді және сызықтық тозуы аз. F = 1500 МГц жиіліктегі кабель үшін нақты түсіру α = 0,06 дБ/м құрайды.

f' = 450 МГц жиілігі үшін α' нақты төмендеуді формула бойынша анықтаймыз:

$$\alpha' = \alpha\ \sqrt{f'/f} = 0{,}06\ \sqrt{450/1500} = 0{,}0328 дБ/м \tag{3.2}$$

Бергіштің тоқырауын (3.1) формула бойынша білеміз және нәтижелерді 3.1 кестеде жинақтаймыз. Есептеуде ОС жабдығы қолдау көзі болып қалады деп есептейміз, ал антенна бергіштің ұзындығы f1 жоғарылаған сайын фидердің үздіксіз тозуын арттырады.

3.1 кесте – Фидердің өшуі

Антеннаның аспалы биіктігін беру, h1, м	Фидердің сөнуі, $\alpha \cdot l_ф$, дБ	$l_ф$>50 м үшін фидердің қосымша сөнуі, дБ
15	0,45	0,0
20	0,6	0,15
25	0,75	0,3
30	0,9	0,45
40	1,2	0,75

Формулаға сәйкес таратқыштың номиналды қуатының 1 кВт қуаттан айырмашылығын қарастыратын түзету деп үміттенеміз:

$$B_{р.н.} = 10 \lg (1000/Рн)$$

Формула бойынша 1,5 м-ден басқа қабылдағыш антеннаның биіктігін ескеретін түзетуді есептейміз:

$$B_{h2} = 10 \lg (1,5/h_2) \quad (3.3)$$

$$B_{h2} = 10 \lg (1,5/1,3) = 0,62 \text{ дБ} \quad (3.4)$$

Тиісті сызбаларға сәйкес рельефті ескере отырып түзетуді анықтаймыз:

$$Врел1 = - 7,5 \text{ дБ при } \Delta h1=12 \text{ м}$$

$$Врел2 = - 1,5 \text{ дБ при } \Delta h2=45 \text{ м}$$

Δh1 және Δh2 жағдайлары үшін өрістің беріктігін анықтаймыз, оны негізгі есептеу формуласын қолдана отырып, айнымалы ток қабылдау орнында таратушы ОС станциясы жасайды ($D_у$ = 0 дБ):

$$E = E_с + B_{р.н.} + B_ф + B_{h2} + B_{рел} + (\alpha \cdot l_ф) - D_у \quad (3.5)$$

$$E = 43 + 13,47 + 0,62 + B_ф + B_{рел} + (0,03 \cdot l_ф) - 0 \quad (3.6)$$

$$E = 49,59 + B_ф + 0,03 \cdot l_ф \text{ при } \Delta h1 = 12 \text{ м} \quad (3.7)$$

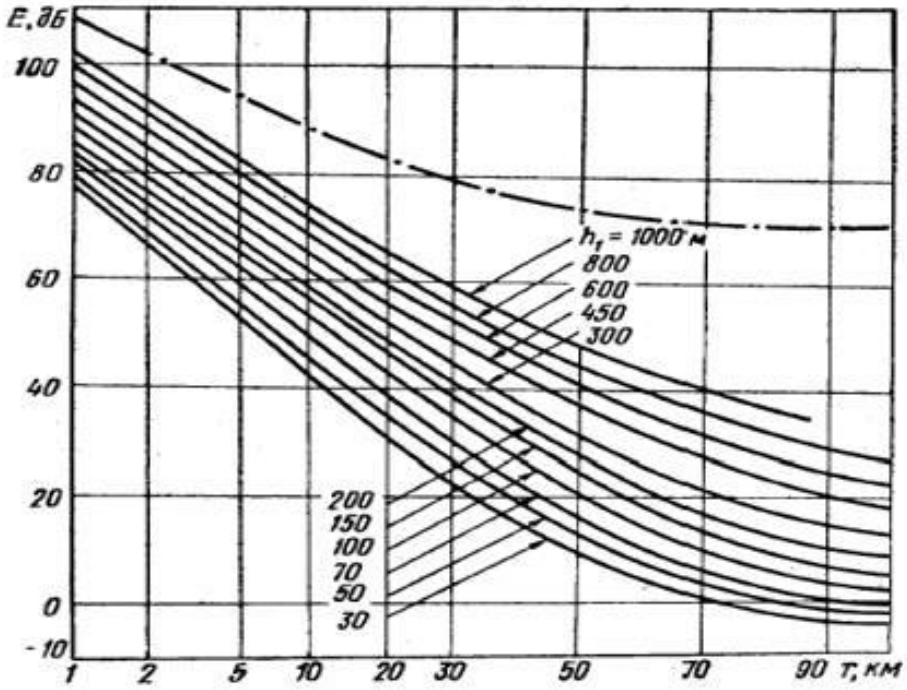
$$E = 55,59 + B_ф + 0,03 \cdot l_ф \text{ при } \Delta h2 = 45 \text{ м} \quad (3.8)$$

Төлем ОС таратушы антеннаның барлық биіктігі үшін жасалады. Есептеулер нәтижелері 3.2 кестеде келтірілген:

3.2 кесте – Антеннаның биіктігін есептеу

Антеннаның аспалы биіктігін беру, h1, м	Фидердің өшуі, $\alpha \cdot l_ф$, дБ	$l_ф$>50 м үшін фидердің қосымша сөнуі, дБ	E Δh1=12 м, дБ	E Δh2=45 м, дБ
15	0.45	0.0	50,04	56,04
20	0.6	0.15	50.34	56,34
25	0.75	0.3	50,64	56,64
30	0.9	0.45	50,94	56,94
40	1.2	0.75	51,54	57,54

3.1 суреттен ОС берілетін антеннаның әртүрлі биіктіктеріндегі өрістің есептелген күші үшін күтілетін байланыс диапазонын анықтаймыз. Нәтижелер 3.3 кестеде келтірілген:



3.1 сурет – Байланыс диапазоны қисықтары

3.3 кесте – Әр түрлі биіктіктегі байланыс диапазоны

Антеннаның аспалы биіктігін беру, h_1, м	Фидердің сөнуі, $\alpha \cdot l_ф$, дБ	$l_ф$>50 м үшін фидердің қосымша сөнуі, дБ	Δh1=12 м		Δh2=45 м	
1	2	3	4		5	
-	-	-	E, дБ	r, км	E, дБ	r, км
15	0,45	0,0	50,04	5,5	56,04	4,6
20	0,6	0,75	50,34	5,4	56,34	4,5
25	0,75	1,05	50,64	5,4	56,64	4,5
30	0,9	1,35	50,94	5,6	56,94	4,2
40	1,2	1,95	51,54	5,3	57,54	4,3

Байланыс диапазонын анықтай отырып, біз антеннаның биіктігін h1 таңдаймыз, ол ең жақсы жағдайда Δh1 (12 м), ал нашар жағдайда Δh2 (45 м), біз DS және айнымалы ток арасындағы қашықтық барынша жақсарған кезде және кабельдік жабдықтың құны аз болған кезде оңтайлы байланыс диапазонын аламыз.

Антеннаның h1 = 30 м биіктігі бұл жағдайларды қанағаттандырады, бұл жағдайда байланыс диапазоны 5,6 км Δh1 = 12 м және 2h2 = 45 м кезінде 4,2 км құрайды.

Демек, 1 аймақтың радиусы 4,2 км құрайды.

3.3 ОС мен ұялы динамикті қосқан кезде 2 аймақтың радиусын есептеу

2-аймақтың радиусы, қабылдау нүктесіндегі E_{c1} өрісінің беріктігі 1-аймаққа қарағанда 9 дБ аз болатындығын ескере отырып есептеледі.:

$$E_{c2} = E_{c1} - 9 \qquad (3.9)$$

Біз деректерді 3.4 кестеге енгіземіз:

3.4 кесте - Аймақтың радиусын есептеу

Антеннаның аспалы биіктігін беру, h_1, м	E, дБ			
	Δh_1 = 12 м		Δh_2 = 45 м	
	1-ші зона	2-ші зона	1-ші зона	2-ші зона
15	50,04	41,04	56,04	47,04
20	50,34	41,34	56,34	47,34
25	50,64	41,64	56,64	47,64
30	50,94	41,94	56,94	47,94
40	51,54	42,54	57,54	48,54

Берілген ОС антеннасының барлық мүмкін биіктіктерінде есептелген өрістің беріктігі үшін күтілетін байланыс диапазонын білеміз. Осыдан кейін

біз 2-аймақтың енін 2-аймақ пен 1-аймақтағы байланыс диапазоны арасындағы айырмашылық ретінде анықтаймыз. Нәтижелер 3.5-кестеде келтірілген.

3.5 кесте – Күтілетін байланыс диапазоны

Антеннаның аспалы биіктігін беру, h_1, м	Зона 1				Зона 2				Δr, км	
	$\Delta h_1 = 12$ м		$\Delta h_2 = 45$ м		$\Delta h_1 = 12$ м		$\Delta h_2 = 45$ м		$\Delta h_1 = 12$ м	$\Delta h_2 = 45$ м
	E, дБ	r, км	E, дБ	r, км	E, дБ	r, км	E, дБ	r, км		
15	50,04	5,5	56,04	4,6	41,04	7,8	47,04	6,7	2,3	2,1
20	50,34	5,4	56,34	4,5	41,34	8,0	47,34	6,8	2,6	2,3
25	50,64	5,4	56,64	4,5	41,64	8,0	47,64	6,7	2,6	2,2
30	50,94	5,6	56,94	4,2	41,94	8,2	47,94	7,0	2,6	2,8
40	51,54	5,3	57,54	4,3	42,54	8,1	48,54	7,1	2,8	2,8

3.4 ОС-ны БС немесе стационарлы АС-мен қосу кезінде 1-ші аймақтың радиусын есептеу

Есептеу кезінде біз келесі ерекшеліктерді ескереміз:

а) Көлденең жазықтықта көлденең жазықтықта дөңгелек сәулемен ширек толқындық істікшені антенна ретінде қолданған кезде кедергі барлық жағынан қабылданады, сондықтан біз техникалық тапсырмада көрсетілгендей 1 және 2 аймақтарға (E_{c1} және E_{c2}) қажетті сигналдың мәнін аламыз.

б) «толқындық арна» түріндегі жеті элементті антеннаны тұрақты АС антенна ретінде қолданған жағдайда, біз келесі түзетулермен E_c қабылдаймыз:

$$E_{свк} = E_{сш} + \Delta B_{\Theta} \quad (3.10)$$

$$\Delta B_{\Theta} = 10\lg(\Theta_E/360) \quad (3.11)$$

мұндағы ΔB_{Θ} – тоқсандық толқынмен салыстырғанда кедергілерге сезімталдықтың төмендеуі;

Θ_E – поляризацияның электр жазықтығында «толқындық канал» типіндегі жеті элементті антеннаның ДН-ді анықтау.

Мұндай антенна үшін $\Theta_E = 55^o$, сонда:

$$\Delta B_{\Theta} = 10\lg(55^o/360^o) = -8{,}16 \text{ дБ}$$

Осылайша, «толқындық канал» типіндегі жеті элементті антеннаның $E_{СВК}$ мөлшері 8,16 дБ-ға қарағанда ширек толқындық істікшеге қарағанда аз болады..

Антенналардың екі түрінің сигнал өрісінің күшін анықтаймыз:

а) Тоқсандық толқын түйрегіші;

$$E = E_c + B_{р.н.} + B_ф + B_{h2} + B_{рел} + (\alpha \cdot lф) - Dy \quad (3.12)$$

$$E = 43 + 13,47 + 0,62 + B_ф + B_{рел} + (0,03 \cdot lф) - 3$$

$$E = 46,59 + B_ф + 0,03 \cdot l_ф \text{ при } \Delta h1 = 12 \text{ м}$$

$$E = 52,59 + B_ф + 0,03 \cdot l_ф \text{ при } \Delta h2 = 45 \text{ м}$$

б) Жеті элементті «толқындық каналды» антенна:
$\Delta h1$=12 м үшін:

$$E_{свк} = E_c + B_{р.н.} + B_ф + B_{h2} + B_{рел} + (\alpha \cdot l_ф) - Dy \quad (3.13)$$

$$E_{свк} = 43 + 13,47 + 0,62 + B_ф - 7,5 + (0,03 \cdot l_ф) - 3 - 8,16$$

$$E = 38,43 + B_ф + 0,03 \cdot l_ф$$

$\Delta h2$=45 м үшін:

$$E_{свк} = E_c + B_{р.н.} + B_ф + B_{h2} + B_{рел} + (\alpha \cdot l_ф) - Dy \quad (3.14)$$

$$E_{свк} = 43 + 13,47 + 0,62 + B_ф - 1,5 + (0,03 \cdot l_ф) - 3 - 8,16$$

$$E = 44,43 + B_ф + 0,03 \cdot l_ф$$

3.6 кесте – Әр түрлі биіктіктегі байланыс диапазоны

Антеннаның аспалы биіктігін беру, h1, м	Фидердің сөнуі, $\alpha \cdot l_ф$, дБ	$l_ф$>15 м үшін фидердің қосымша сөнуі, дБ	Δh_1 = 12 м		Δh_2 = 45 м	
			E, дБ	r, км	E, дБ	r, км
15	0,45	0,0	47,04	7,1	53,04	5,3
20	0,6	0,75	47,34	6,9	53,34	5,3
25	0,75	1,05	47,64	6,9	53,64	5,4
30	0,9	1,35	47,94	7,0	53,94	5,7
40	1,2	1,95	48,54	7,3	54,54	5,3

3.7 кесте – Әр түрлі биіктіктегі байланыс диапазоны

Таратушы антеннаның аспасының биіктігі, h1, м	Фидердің өшуі, $\alpha \cdot lф$, дБ	Фидердің қосымша өшуі lф>15 м кезінде, дБ	Δh_1 = 12 м		Δh_2 = 45 м	
			E, дБ	r, км	E, дБ	r, км
15	0,45	0.0	38,88	10,9	44,88	8,1
20	0,6	0.75	39,18	11,0	45,18	8,0
25	0,75	1,05	39,48	10,9	45,48	8,0

3.7 кестенің жалғасы

30	0,9	1.35	39,78	11,4	45,78	7,8
40	1,2	1.95	40,38	11,6	46,38	7,8

Графикке сәйкес біз күтілетін байланыс ауқымын анықтаймыз. Нәтижелер 3.8 кестеде келтірілген.

3.8 кесте – Әр түрлі антенналарға арналған диапазон

Δh	Төртінші толқындық түйрегіш		«Толқындық арна»	
	$E_{сш}$, дБ	r, км	$E_{свк}$, дБ	r, км
12 м	47,94	7,0	39,78	11,0
45 м	53,94	5,7	45,78	7,8

3.5 ОС-ны БС немесе стационарлы динамикпен қосу кезінде 2-аймақтың радиусын есептеу

2-аймақтың радиусы, қабылдау нүктесіндегі E_{c1} өрісінің беріктігі 1-аймаққа қарағанда 9 дБ аз болатындығын ескере отырып есептеледі (3.9 кесте):

$$E_{c2} = E_{c1} - 9 \qquad (3.15)$$

3.9 кесте – Әр түрлі антенналарға арналған байланыс диапазоны

Δh	Төртінші толқындық түйрегіш					«Толқындық арна»				
	Зона 1		Зона 2		Δr, км	Зона 1		Зона 2		Δr, км
	$E_{сш}$, дБ	r, км	$E_{сш}$, дБ	r, км		$E_{свк}$, дБ	r, км	$E_{свк}$, дБ	r, км	
12 м	47,94	7,0	38,94	12,5	5,5	39,78	11,0	30,78	18,2	7,2
45 м	53,94	5,7	44,94	9,3	3,6	45,78	7,8	36,78	15,1	7,3

Бұл жұмыста барлық жетекші сипаттамаларды ескере отырып, антеннаның барлық биіктігі мен мобильді динамик әдісінің әртүрлі өлшемдері үшін өрістің күштері есептелді. Әрі қарай байланыс диапазонын анықтау үшін қисық сызықтар бойынша БС антенналарының барлық мүмкін биіктіктері үшін 1 және 2 аймақтардың қашықтықтары (радиусы) бөлінді. Шын мәнінде, антеннаның биіктігі 30 м - бұл қолайлы нұсқа, өйткені кабель мен мачта орнатуға ең аз шығындармен байланыстың қолайлы ауқымын қамтамасыз етеді.

3.6 CDMA 450 стандартындағы ұялы желі жабдықтарының сенімділігін есептеу

Жабдықтың сенімділігі «локализация әдісі» бойынша жүргізіледі. Болашақта жүйенің сенімділігі туралы мәселе шешілуде: BTS базалық станцияларын жабдықтауға жұмыс уақытына сұраныс жасалады. CDMA 1X

стандартты базалық станциялары үшін бұл жұмыс уақыты 10,000 сағатты құрайды.

Тұтас жүйенің сенімділігіне төрт фактор әсер етеді, осы факторлардың мәні нүктелермен өлшенеді:

- күрделілік (күрделілік мәні 1-ден (минимум) 10-ға дейін (максимум) қабылданады;
- техникалық деңгей (техникалық деңгейдің мәні 10 (минимум) 1-ге дейін (максимум) қабылданады;
- маңыздылық (мән мәні 10-нан (ең төменгі) бастап 1-ге дейін (максимум) қабылданады;
- қоршаған орта (қоршаған ортаның мәні 1-ден (ең жақсы) 10-ға дейін (нашар) қабылданады).

Бір BTS тірегінің сенімділік факторы:

$$W_j = \prod_{i=1} a_i \qquad (3.16)$$

Жүйедегі BTS тіректерінің сенімділігі коэффициенті:

$$C = W_j \sum_{j=1} W_j \qquad (3.17)$$

BTS тіректерінің сәтсіздік деңгейі:

$$\lambda_j = \lambda_S \times c_j\,, \qquad (3.18)$$

$$_j\lambda = \frac{\lambda_s \times W_j}{\sum_{j=1}^{4} W_j} \qquad (3.19)$$

Демек, бүкіл жүйенің сәтсіздік коэффициенті:

$$\lambda_s = \sum_{j=1}^{n} \lambda_j \qquad (3.20)$$

Демек, толық конфигурациядағы BTS тірегі үшін негізгі сенімділік мәні:

$$\Lambda_S = \lambda_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot N \quad (3.21)$$

мұндағы λs – бүкіл жүйенің бұзылу деңгейі;

λ0 – электронды компоненттердің істен шығу деңгейінің орташа мәні 10-5 - 10-7 1/сағ;

K1 – 10-1 - 10-2 қабылданған электронды компоненттердің нормасынан ауытқуды ескеретін коэффициент;

K2 – жабдықтың тозуын ескеретін коэффициент, қабылданған 0,2;

K3 – экологиялық факторды ескеретін коэффициент, қабылданған 3.5;

K4 – BTS механикалық құрылымының коэффициентін ескеретін коэффициент, қабылданған 1.5;

K5 – 2-ге тең жабдықты жинау коэффициентін ескеретін коэффициент.

N – BTS құрамдас бөліктерінің саны 2100-ден (ең көп жүктеме) 1900-ге дейін қабылданады (ең аз жүктеме);

3.6 формуласындағы барлық шамаларды алмастырғанда максималды жүктеме кезіндегі сәтсіздік жылдамдығы болады:

λ_{max} = 0.0000279 (1/сағ)

Минималды жүктеме кезіндегі сәтсіздік жылдамдығы болады:

λ_{min} = 0.0000245 (1/сағ)

Демек, істен шығуға арналған жұмыс: ең төменгі жүктеме кезінде 40410 сағат ең жоғарғы жүктеме кезінде 36281 сағатты құрайды.

Қорытынды: істен шығудың атқарылу мәні CDMA 450 стандартының желісін әзірлеушілерге ұсынылған талаптарды толық қанағаттандырады.

3.7 Қуатты тікелей есептеу

3.7.1 Энергия каналдарының тиімді радиациясы:

$$P_t = P_t / N_t C_f \quad (3.22)$$

$$p_t = 57 - 10\log 20 - 10\log 0.35 = 57 - 13.01 + 4.56 = 48.55 \text{ , дБм}$$

3.7.2 Бір абонентке келетін қуат (мобильді станция):

$$p_u = p_t - G_t - L_c, \text{ дБм} \quad (3.24)$$

мұндағы p_u – бір абонентке трафик арнасындағы қуат (дБм);

G_t – базалық станцияның таратушы антеннасын күшейту коэффициенті (dB);

L_c – базалық станцияның фидеріндегі шығындар (дБ).

$$p_u = 48.55 - 14 + 2.5 = 37.05 \text{ дБм}$$

3.7.3 Базалық станцияның толық қуаты:

$$P_c = [10^{0.1Pt} + 10^{0.1Ps} + 10^{0.1Pp} + 10^{0.1Ppg}] \quad (3.25)$$

мұндағы ps – синхрондау арнасының қуаты;

pp - қуатты ұшқыш канал;

ppg – ескерту арнасының қуаты.

$$P_c = [10^{0.1*5.7} + 10^{0.1*51.5} + 10^{0.1*46.94} + 10^{0.1*41.5}] = 58.49 \text{ дБм}$$

3.7.4 Базалық станцияның қуатын күшейту:

$$P_a = P_c - G_t - L_c, \text{ дБм} \quad (3.26)$$

мұндағы P_a – барлық трафик арналарының, ұшқыш арнаның, іздеу арнасының және күшейткіштің шығысындағы синхрондау арнасының жалпы қуаты;

P_c – негізгі станцияның жалпы радиациялық қуаты (дБм);

$$P_a = 58.49 – 14 + 2.5 = 46.99 \text{ дБм}$$

3.7.5 Ұялы станция алған жалпы қуат:

$$p_m = P_c + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.27)$$

мұндағы pm – жылжымалы станцияның жалпы қуаты (дБм);

L_p – базалық станция мен ұялы байланыс арасындағы жолдың орташа жоғалуы (дБ);

A_l – көлеңке жоғалуына төзімділік (дБ);

G_m – жылжымалы станцияның антеннасын алу (қабылдау кезінде) (dB),

L_m – мобильді станцияның кабелінің жоғалуы (дБ).

$$P_m = 58.49 – 146 – 6.2 + 0 – 3 = -96.71 \text{ дБм}$$

3.7.6 Қуат арнасының трафигі:

$$p_{tr} = p_t + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.28)$$

мұндағы p_{tr} – жылжымалы станцияның негізгі станциядан алынған трафигі.

$$p_{tr} = 48.55 – 146 – 6.2 + 0 – 3 = -106.65 \text{ дБм}$$

3.7.7 Алынған қуат пилоттық арна:

$$p_{pr} = p_p + Lp + Al + Gm + Lm, \text{ дБм} \quad (3.29)$$

мұндағы p_{pr} - жылжымалы станцияның пилоттық каналының негізгі станциядан алған қуаты.

$$p_{pr} = 51.5 – 146 – 6.2 + 0 – 3 = -103.7 \text{ дБм}$$

3.7.8 Арна қуатын іздеу:

$$p_{pgr} = p_{pg} + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.30)$$

мұндағы p_{pgr} - жылжымалы станция базалық станциядан алған іздеу арнасының қуаты.

$$p_{pgr}=46.94 – 146 – 6.2 + 0 – 3 = -108.26 \text{ дБм}$$

3.7.9 Синхрондау арнасының қуаты:

$$p_{sr} = p_s + L_p + A_l + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.31)$$

мұндағы p_{sr} - жылжымалы станция базалық станциядан алған синхрондау арнасының қуаты.

$$p_{sr} = 41.5 – 146 – 6.2 + 0 – 3 = -113.7 \text{ дБм}$$

3.8 Кері қуатты есептеу

3.8.1 Мобильді станцияның қуат күшейткіші:

$$P_{ma} = P_{me} – G_m – L_m, \quad (3.32)$$

мұндағы P_{ma} – күшейткіштің шығу қуаты (дБм);

P_{me} – мобильді станция антеннасының толық сәуле шығару қуаты (дБм);

G_m – мобильді станцияның тарату антеннасын күшейту коэффициенті (дБ);

L_m – мобильді станция кабеліндегі шығындар (дБ).

$$P_{ma} = 20 – (-3) – 0 = 23 \text{ дБм}$$

3.8.2 Бір абоненттен базалық станция қабылдаған қуат:

$$P_{cu} = P_{me} + L_p + A_l + G_t + L_t, \text{ дБм} \quad (3.33)$$

мұндағы P_{cu} – мобильді станциядан трафик арнасы бойынша базалық станция қабылдаған қуат (дБм);

L_p – базалық станция мен мобильді арасындағы трассадағы орташа шығындар (дБ);

Al – көлеңкелі шығындарға рұқсат беру (дБ);

Gt – базалық станция антеннасын күшейту коэффициенті (қабылдауда) (дБ);

Lt – базалық станциядағы кабельдің шығыны (дБ).

$$P_{cu} = 20 – 146 – 6.2 + 14 – 2.5 = -120.7 \text{ дБм}$$

3.8.3 Осы базалық станцияда басқа абоненттермен жасалатын интерференция тығыздығы:

$$I_{utr} = P_{cu} + 10\log(N_t – 1) + 10\log C_a – 10\log B_w, \quad (3.34)$$

мұндағы I_{utr} – басқа мобильді станциялармен жасалатын интерференция тығыздығы (дБм/Гц);

C_a – арнадағы сөйлеу белсенділігінің коэффициенті (Ca=0.4 – 0.6);

N_t – бір базалық станциядағы арналар трафигі саны.

$$I_{utr} = -120.7 + 10\log(20 – 1) + 10\log0.6 + 10\log(1.2288·106) = -171.03 \text{ дБм/Гц}$$

3.9 Базалық станцияның сыйымдылығын есептеу

CDMA станцияның сыйымдылығын арттыруға ықпал ететін кейбір атрибуттары бар:

- сөйлеудің энергиялық есебі. Абонент сөйлеуінің Қарапайым орташа энергиялылығы оның әңгімелесуі уақытының 35% - ын құрайды. Қалған уақытты кідіртеді, абонент сөйлесушіні тыңдайды. CDMA-да барлық абоненттер радио арнаны бір рет алады. Осының салдарынан олардың біреу сөйлеспесе, онда аз кедергілер пайда болады. Осылайша, сөйлеу қуатын азайту екі жақты кедергіні азайтады, бұл арнаның сыйымдылығын үш есеге дейін өсіруге мүмкіндік береді. CDMA-бұл пайда болуының көрнекті сапасын қолданатын жалғыз технология.

- секторлық антенналарды қолдану есебінен арналық сыйымдылықты ұлғайту (секторизация). Бұл FDMA және TDMA кез келген кәрез бөлінеді секторлары үшін мұндай, қажеттілігі әсер интерференционных кедергілер. Нәтижесінде әрбір сотаның бөлінген арналарының Транкингтік тиімділігі нашарлайды. Сонымен қатар, бір арнаның бір арнасын пайдалану кезінде теориялық сыйымдылықпен салыстыру бойынша 3 есе артады. Сондықтан қосымша абонентті қосу ықтималдығы бар, бұл жағдайда сөйлеуді ойнату

сапасы қарапайым режиммен салыстыру бойынша тым Елеулі емес. Мысалы, егер ұялы 40 арна тағы да қосылса, онда E_b/N_0 тасымалдаушы /интерференцияға қатысты айырмашылық бар болғаны 10log(40+1)/40 = 0.24 дБ.

CDMA-ның басқа жүйелерден үлкен артықшылығы - CDMA барлық ұяшықтардың толық спектрін қайта қолдана алады.

Егер абоненттер саны N болса, базалық станция бізге C сигналынан тұратын C және N-1 кедергі келтіретін сигналдардан тұратын сигналды қабылдайды, осы жерден тасымалдаушыдан-интерференцияға қатынасы келесідей өрнектелуі мүмкін::

$$\frac{C}{I} + \frac{C}{(N-1)/C} = \frac{1}{N-1}, \qquad (3.35)$$

мұндағы C – талап етілетін сигналдың қуат деңгейі I - кедергі келтіретін қуат деңгейі:

$$N = \frac{1}{C/I} + 1, \qquad (3.36)$$

FDMA және TDMA жүйелерінен айырмашылығы, CDMA жүйесінде C/I қатынасынан гөрі E_b/N_0 қатынасы бізді көбірек қызықтырады. R - деректерді беру жылдамдығы (мысалы, 9600 бит/с) Вт - арнаның ені (1,25 МГц) деп есептейік.

C/I және E_b/N_0 арақатынасын былай өрнектеуге болады:

$$\frac{C}{I} = \frac{R * E_b}{W * (N_0 + I_{tr})}, \qquad (3.37)$$

Көбейтіп, аламыз:

$$N = \frac{W/R}{E_b / N_0 + I_{tr}}, \qquad (3.38)$$

Өрнек (3.39) CDMA жүйесіндегі абоненттердің ең көп санын жүйенің қалыпты жұмыс істеуі үшін қажетті Eb/N0 минималды мәніне байланысты анықтайды, бұл сандық дауысты беру үшін BER (Коэффициент Битовой Ошибки) 10^{-3} немесе одан азды құрайды..

$$N = \frac{W/R}{E_b / N_0 + I_{tr}} * \frac{1}{VAF} + 1, \qquad (3.35)$$

Жиілікті қайта пайдалануды қарастыру:

$$N = \frac{W/R}{\mathrm{Eb}\ /\ \mathrm{N0} + \mathrm{Itr}} * \frac{F}{VAF} + 1\ , \qquad (3.36)$$

Секторизацияны ескере отырып:

$$N = (\frac{\frac{W}{R}}{\mathrm{Eb}/\mathrm{N0} + \mathrm{Itr}} * \frac{F}{VAF}) + 1, \qquad (3.37)$$

Формула (4.41) - бұл бір ұяшықтың сыйымдылығын есептеудің соңғы формуласы,

мұндағы F=0.65 - жиілікті қайта пайдалану тиімділігі;

VAF=0.35 – орташа дауыс белсенділігі;

G – секторлау коэффициенті, 120° секторлау үшін G = 2.55.

$$\mathrm{N} = (\frac{1.25 * \frac{106}{9600} * 0.65}{3.43} + 1/0.35) + 2.55 = (37.96 * 1.86 + 1) * 2.55 = 182$$

3.10 Жиілік арналары арасындағы дуплексті аралықты есептеу

Дуплексті аралықтың мөлшері қатынас арқылы анықталады (3.37):

$$F_д = Fcc_{\ max1} - Fcc_{\ max2} = Fcc_{\ min1} - Fcc_{\ min2} \qquad (3.37)$$

Fcc_{max2}, Fcc_{max1} – ССС үшін бөлінген жиілік диапазондары үшін жоғарғы (максималды) жиілік;

Fcc_{min2}, Fcc_{min1} – ССС үшін бөлінген жиілік диапазондары үшін жоғарғы (максималды) жиілік;

$$F_д = 1805–1710 = 1815,8–1720,8 = 95\ МГц.$$

3.11 Жиілік арналарының жалпы санын есептеу

ССС n_k арналарының жалпы саны формула бойынша анықталады (3.38):

$$n_k =]\frac{F_{cc}}{\Delta F_k}[\qquad (3.38)$$

мұндағы, $]X[$ - X санының бүтін бөлігі.

$$n_k =]\frac{(1819.4 - 1805)\,\text{МГц}}{200\text{кГц}}[= 72$$

3.12 Арналар санын есептеу

БС қызмет көрсету аймағының бір секторындағы арналар саны (3.39) формулаға сәйкес қатынас арқылы анықталады..

$$n_{ks} =]\frac{n_k}{N_S * C}[\qquad (3.39)$$

мұндағы N_S – секторлардың саны. ДНА с $\varphi = 120^o$ үшін $N_S = 3$.

$$n_{ks} =]\frac{72}{3*7}[= 4$$

Қызмет көрсету аймағының бір секторындағы арналардың санын есептеу кезінде алынған мәнді төмен қарай толықтай дөңгелектеу мүмкін емес, өйткені бұл одан әрі байланыс сапасының нашарлауына әкеледі.

3.13 Рұқсат етілген жылжымалы жүктемені есептеу

Бір сектордағы немесе дөңгелек түбі бар бір БС ауданындағы рұқсат етілген мобильді жүктеме мәні қатынасы бойынша анықталады (3.40 және 3.41):

$$A = n_0[1 - \sqrt{1 - (P_0\sqrt{\frac{\pi n_0}{2}})^{\frac{1}{n_0}}}\,] \text{, если } P_0 \le \sqrt{\frac{2}{\pi n_0}} \qquad (3.40)$$

$$A = n_0 + \sqrt{\frac{\pi}{2} + 2n_0 \ln(P_0\sqrt{\frac{\pi \cdot n_0}{2}})} - \sqrt{\frac{\pi}{2}} \text{, если } P_0 \ge \sqrt{\frac{2}{\pi n_0}} \qquad (3.41)$$

мұндағы, $n_0 = n_{ks} * n_н$

$n_н$ - бір тасымалдаушыда жұмыс істей алатын абоненттер саны. Атап айтқанда, 5G-1800 жүйесінде бір тасымалдаушыда 8 уақыттық канал ұйымдастырылған, яғни $n_н$ =8;

P_0 – абоненттің құны техникалық сипаттамада көрсетілген қызмет көрсетуден бас тарту ықтималдығы. P_0 = 8% = 0.08. Бұл ықтималдықтың мөлшері Эрланг формуласымен анықталады (3.42):

$$P_0 = \frac{A^{n_0}}{n_0!} * \frac{1}{\sum_{i=0}^{n_0} \frac{1}{i!} * A^i} \qquad (3.42)$$

n_0=4*8=32 анықтаймыз. Шарт қанағаттандырылғандықтан:

$$P_0 \le \sqrt{\frac{2}{\pi * n_0}} = \sqrt{\frac{2}{\pi * 27.43}} = 0.152$$

яғни $0.1 \le 0.152$, содан кейін рұқсат етілген жүктемені есептеу формула бойынша жасалады (3.40):

$$A = 32[1 - \sqrt{1 - (0.1\sqrt{\frac{\pi * 32}{2}})^{\frac{1}{27.43}}}] = 28.63 \text{Эрл}$$

Рұқсат етілген жылжымалы жүктеменің мәні ықтимал интегралдың кестелік мәніне сәйкес келеді.

4 Еңбекті қорғау және өміртіршілік қауіпсіздігі

4.1 Еңбек жағдайларын талдау

4.1.1 Электромагниттік сәуле, оның адам ағзасына әсері және гигиеналық реттеу мен қорғау принциптері. Адамдарға және биологиялық объектілерге жағымсыз әсер ететін қоршаған орта факторларының барлық түрлері арасында ионданбайтын табиғаттың электромагниттік өрістері айтарлықтай күрделілікке ие, атап айтқанда радиожиілік радиациясына қатысты.

Электромагниттік өрістер магниттік және электрлік қасиеттердің жиынтығымен сипатталатын заттың ерекше формасы ретінде табылған. Электромагниттік өрісті сипаттайтын маңызды параметрлер қатарына жиілік, толқын ұзындығы, таралу жылдамдығы жатады [12].

Электромагниттік өрістердің табиғи көздері екі түрге бөлінеді: біріншісіне жатады және тұрақты электрлік және тұрақты магниттік өрістерден тұратын жер өрісі, ал екінші тип - ғарыш көздерінен пайда болатын радио толқындар, сонымен қатар атмосфералық процестер, яғни. найзағай соққысы және т.б (4.1 кесте).

4.1 кесте – Радиожиіліктердің электромагниттік сәулеленуінің максималды рұқсат етілетін деңгейі және әсер ету ұзақтығы [12]

Әсер ету ұзақтығы Т, мин	$ППЭ_{пду}$, мкВт/см²
480 и более	25
450	27
420	29
390	31
360	33
330	36
300	40
270	44
240	50
210	57
180	67
150	80
120	100
90	133
60	200
30	400
15	800
12 және одан кем емес	1000

Жердің табиғи электр өрісі бетіндегі артық теріс зарядтардың әсерінен пайда болады, оның қарқындылығы 100-ден 500 В/м-ге дейін өзгереді. Найзағай бұлттары өрістің күшін ондаған және жүздеген кВ/м дейін арттырады.

300 МГц - 300 ГГц жиіліктер диапазонында энергия ағынының тығыздығының максималды рұқсат етілген деңгейлері әсер ету ұзақтығына байланысты 4.1 кестеде келтірілген.

Электромагниттік энергияның негізгі көрінісі жылу болып табылады, бұл ұлпалар мен органдардың өзгеруіне және зақымдалуына әкеледі. Энергияны сіңіру механизмі өте күрделі. Электромагниттік өрістердің әсеріне ең осал орталық жүйке жүйесі нейроэндокриндік жүйелер болып табылады.

Электромагниттік өрісте ұзақ уақыт жүру нәтижесінде ерте шаршау, ұйқышылдық және ұйқының бұзылуы, жиі бас ауруы, жүйке жүйесінің бұзылуы және т.б.

Төмен қарқындылығы бар бірнеше рет қайталанатын сәулеленулер тұрақты нейропсихикалық ауруға және орталық жүйке жүйесінің функционалдық бұзылуына, қан қысымының өзгеруіне, импульстің бәсеңдеуіне және трофикалық құбылыстарға әкеледі.

Жиілік диапазонын ескере отырып, әр түрлі принциптер электромагниттік сәулеленуді гигиеналық реттеудің негізін құрайды. Өнеркәсіптік жиіліктің электр өрісінде тұрған адамның қауіпсіздігі критерийі осы өрістің қарқындылығы болып табылады. ГОСТ 12.3.002-75 осы аймақта үнемі орналасқан персонал үшін гигиена стандартын анықтайды.

Жұмыс орнындағы тұрақты магнит өрісінің рұқсат етілген ең жоғарғы деңгейі - интенсивтілік 8 кА/м аспайды.

4.1.2 Адам денсаулығын электромагниттік әсерлерден қорғау әдістері және ЭМҮ бағалауының жалпы ережелері. Адамдарды электромагниттік әсерлерден қорғаудың бірнеше әдістері бар:

Уақыт бойынша қорғау - белгілі бір нүктеде радиация қарқындылығын максималды рұқсат етілген деңгейге дейін төмендету мүмкіндігі болмаған жағдайда қолданылады. Бұл әдісте электромагниттік өрістің әсер ету аймағында адамдардың өткізетін уақыты шектеледі. Қолданыстағы ережелер энергия ағынының тығыздығы мен әсер ету уақыты арасындағы байланысты қамтамасыз етеді.

Қашықтан қорғау - басқа шаралармен немесе тіпті уақытпен қорғаудың мүмкін еместігі кезінде қолданылады. Әдіс көзге дейінгі қашықтықтың квадратына пропорционал сәулелену қарқынын азайту арқылы құрылады. Қорғаудың бұл түрі санитарлық қорғау аймақтарын стандарттаудың негізіне - өріс көзінен тұрғын үйлерге, кеңсе үй-жайларына дейінгі қашықтық қажет.

Инженерлік шараларда адамдарды электромагниттік әсерлерден қорғауға арналған. Инженерлік қорғаныс шаралары электромагниттік өрістерді экрандау және радиация қарқындылығын төмендету процесін қолданады. Екінші өлшем, ең алдымен, шығарылатын объектіні жобалау сатысында қолданылады.

Кейбір жағдайларда халықты электромагниттік сәулеленуден қорғау үшін арнайы құрылыс конструкциялары қолданылады: металл тор, металл табақ немесе басқа өткізгіш жабын, арнайы жасалған құрылыс материалдары.

Жеке қорғану құралдары электромагниттік сәулеленудің адам ағзасына әсерін болдырмау үшін рұқсат етілген деңгейден асатын деңгейлерде, ал басқа құралдарды қолдану мүмкін емес немесе мүмкін емес болған кезде қолданылады (4.2 және 4.3 кесте).

4.2 кесте – Персоналдың жұмыс орындарында 30 кГц-300 ГГц жиілік диапазонында ЭМӨ-нің максималды рұқсат етілетін деңгейлері

Параметрі	Жиілік диапазоны (МГц)				
	0,03 – 3	3 – 30	30 – 50	50 – 300	300 – 3000 00
Шектік мәні ЭЭ$_E$, (В/м)^2·ч	20000	7000	800	800	-
Шектік мәні ЭЭ$_H$, (А/м)^2·ч	200	-	0,72	-	-
Шектік мәні ЭЭ$_{ППЭ}$, (мкВт/см^2)·ч	-	-	-	-	200
Максималды ПДУ Е, В/м	500	296	80	80	-
Максималды ПДУ Н, А/м	50	-	3,0	-	-
Максималды ПДУ ППЭ, мкВт/см^2	-	-		-	1000

4.3 кесте – Халық үшін 30 кГц-300 ГГц жиілік диапазонындағы электромагниттік өрістердің шекті рұқсат етілген деңгейлері

Жиілік диапазоны	30-300 кГц	0,3-3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	0,3-300 ГГц
Нормаланған параметр	Электр өрісінің кернеулігі, Е (В/м)				Энергия ағынының тығыздығы, ППЭ (мкВт/см^2)
Шекті рұқсат етілген деңгейлер	25	15	10	3 В/м	10

Тұрғындарды радиожиілік диапазонының электромагниттік сәулелену әсерінен қорғау үшін санитарлық қорғау аймақтары және құрылыс шектеулері бар аймақтар анықталған. Санитарлық-қорғаныс аймағы РОТ (радиотехникалық объектілерді тарату) аумағына іргелес жатқан аумақ болып саналады. Санитарлық-қорғаныс аймағының сыртқы шекарасы тұрғын ауданда және жерлерде тұратын барлық топтар үшін 10 мкВт/см2 құрайды (СанПиН 12.2.4/2.1.8.055-96 3.4 кестесіне сәйкес) радио жиіліктердің электромагниттік сәулеленуінің рұқсат етілген деңгейіне сәйкес жер бетінен 2 м биіктікте белгіленеді. жалпы қолдану.Санитарлық-қорғаныс аймағын анықтаған кезде объектінің және елді мекеннің перспективалық дамуы, сондай-ақ антеннадан кері санақ ескеріледі.

Ғимаратты шектеу аймағы (ҒША) - жер бетінен екі метрден жоғары, радио жиіліктердің электромагниттік сәулелену қарқындылығы 10 мкВт/см2-ден асатын аумақ (SanPiN СанПиН 2.2.4/2.1. 8.055-96 3.4 кестесіне сәйкес). Дамудың шектелу аймағының сыртқы шекарасы радиожиіліктің электромагниттік сәулелену қарқындылығы рұқсат етілген деңгейден аспайтын перспективалық даму ғимараттарының ең жоғарғы биіктігіне сәйкес белгіленеді.

Санитарлық-қорғаныс аймағы және дамудың шектелу аймағы есептеу арқылы анықталады және электромагниттік өрістің қуат ағынының

тығыздығын өлшеу арқылы анықталады.Құрылыс шектеу аймағы адамдардың функционалды дамуын қамтамасыз ету үшін әр түрлі мақсаттарда пайдалануға рұқсат етіледі, бұл адамдардың орналасуында рұқсат етілген ең жоғары деңгейге сәйкес келеді.

Есептеулер «Ericsson» компаниясының «Mini Link» көп стандартты базалық станциясының жабдықтарының бастапқы деректері мен техникалық сипаттамалары негізінде жүргізілді.

4.2 Есептеу бөлімі

Көп стандартты «Mini Link TN» базалық станцияны жабдықтауға арналған ЭМӨ есептеу үшін бастапқы мәліметтер (4.1 сурет) Ericsson 4.1 кестесінде келтірілген.

4.1 Сурет – Mini Link Ericsson

4.1 кесте – TN «Mini Link» үшін бастапқы деректер

Таратушы антеннаның түрі	Секторлық
Жұмыс жиілігінің диапазоны	791 – 862 МГц
Балама изотропты сәулеленетін қуат (БИСҚ)	63,7 дБм
Антеннаны күшейту коэффициенті	18дБм
Бағытталу диаграммасының антеннасын бағдарлау азимуттары	секторлық
Антеннаның жер деңгейінен ілу биіктігі	30 м
Бағыт диаграммасының ені: - көлденең жазықтықта - тік жазықтықта	 60° $2,5^o$

Шектер электромагниттік өрістің белгілі таралуы үшін санитарлық нормаларға негізделеді.

ЭМӨ электрлік компонентін қуат ағынының тығыздығына (ҚАТ) қайта есептеу 4.1 формуласына сәйкес жүргізіледі:

$$ҚАТ = E^2 / 3,77 \ (мкВт/см^2) \qquad (4.1)$$

мұндағы *E* – 4.2 формуласымен анықталатын электромагниттік өрістің беріктігінің электрлік құрамы:

$$E = \frac{\sqrt{30*P*G*\Pi_{афт}}}{R} * K_ф * F(\alpha) * F(\varphi) \qquad (4.2)$$

P – антенна-фидер жолының кірісіндегі қуат, Вт;

G – максималды сәулелену бағытында анықталған изотропты эмитентке қатысты антеннаның пайда болуы;

$П_{афт}$ – антенна-фидер жолындағы жоғалу коэффициенті $П_{афт}$ = l/α*l;

R – антеннаның геометриялық центрінен m бақылау нүктесіне дейінгі қашықтық;

F(α) – горизонталь жазықтықта нормаланған ДН;

F(φ) – қалыпқа келтірілген DN тік жазықтықта;

Кф – қалалық жерлерде шағылыстыратын беттердің әсерін ескеретін құлдырау коэффициенті ($К_ф$ = 0,15…0,4; өйткені радио модульдер биік мұнарада орналасқан $К_ф$ = 0,3).

Бастапқы мәліметтерге сәйкес P және $П_{афт}$ параметрлері эквивалентті изотропты сәулеленетін қуатпен белгіленеді (ЭИСК). Осылайша, 4.2 формуласы 4.3 формасын алады:

$$E = \frac{\sqrt{30*G*ЭИИ}}{R} * K_ф * F(\alpha) * F(\varphi) \qquad (4.3)$$

ЭМӨ БС электрлік құрамдас бөлігінің формуласын ҚАТ (қуат ағынының тығыздығы) ЭМӨ формуласына алмастыра отырып, біз 4.4 өрнегін аламыз:

$$ППМ = \frac{\sqrt{30*G*ЭИИМ}}{3,77*R^2} [K_ф \cdot F(\alpha) \cdot F(\varphi)]^2 \qquad (4.4)$$

F (α) = 1 болған кезде, ҚАТ ДН көлденең жазықтықта таралуы қарастырылады.

F (φ) = 1 болғанда, ҚАТ ДН жазықтығында таралуы қарастырылады.

Берілген диапазон үшін ҚАТ ЭМӨ-нің рұқсат етілетін ең жоғарғы деңгейі - 10 мкВт/см2, сондықтан (4.5) формуладан біз осы деңгейден асатын сәуленің максималды қашықтығын анықтаймыз:

$$E = \frac{\sqrt{30*G*ЭИИ}}{3,77*У} * K_{\phi} * F(\alpha) * F(\varphi) \quad (4.5)$$

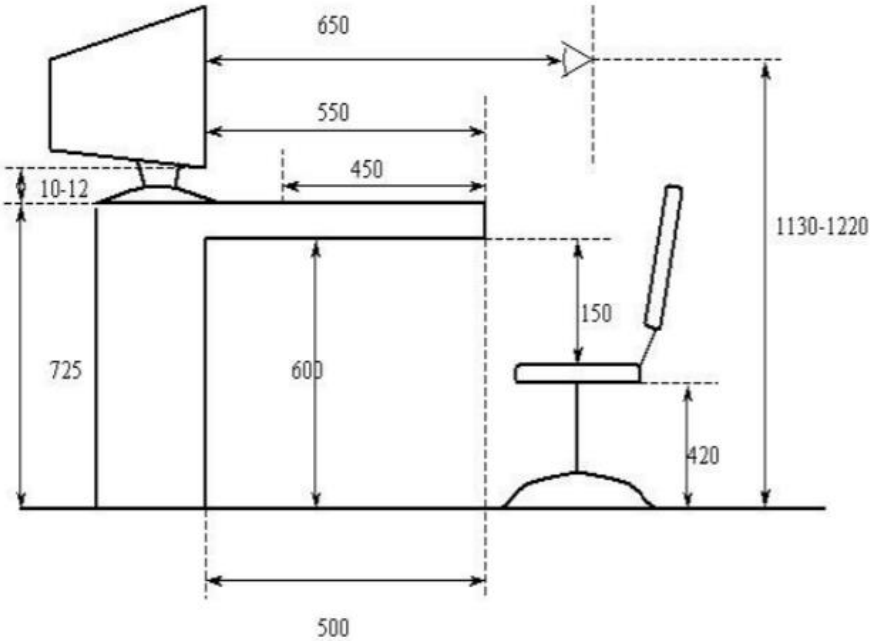
мұндағы *У* - осы диапазон үшін ҚАТ ЭМӨ-нің рұқсат етілген деңгейі (10мкВт/см^2).

Біздің құндылықтарымызды алмастыра отырып, кіру нүктелерінің кластері үшін ДН максимум арақашықтық аламыз:

$$R = \sqrt{\frac{80*18*63,7}{3.77*10\frac{10^{-2}}{10^{-1}}}}*0,3*1*1 = 25,3$$

Есептеулер нәтижесінде Mini Link базалық станциясының кластері үшін дамуды шектеу аймағының шегі максималды рұқсат етілген деңгейге (10мкВт/см^2) максималды ДН бағытында болады R = 25,3.

4.2.2 Серверлік бөлмедегі кондиционерлеу есебі. Өнеркәсіптік бөлмелердің микроклиматы дене температурасына, ылғалдылыққа және адамның қозғалысына әсер етеді, өйткені жылдамдық қоршаған беттердің температурасымен анықталады. Осы себепті ол микроклимат параметрлерінің қалыпты белгілері ретінде қабылданады. Оңтайлы микроклиматтық жағдайлар - ұзақ мерзімді салдары мен жүйелік реакциясы бар адамдарда болатын микроклиматтық параметрлер жиынтығы; қалыпты күйді сақтайды және дененің функционалды жүктемелерін жылытады, жылу жайлылық сезімін тудырады және жоғары деңгейде жұмыс істеуге көмектеседі. Осы санаттағы жылу мен суықтың жұмысы оңтайлы және қолайлы микроклимат параметрлерімен 5.1 кестеде келтірілген.



4.1 Сурет – ПК жұмыс орнының оңтайлы параметрлері

4.1 кесте – Микроклиматтың оңтайлы және рұқсат етілген параметрлері

Нормалар	Оңтайлы			Жарамды		
Жұмыс кезеңі	Ауа температурасы, ^{o}C	Салыстырмалы ылғалдылық, %	Ауа жылдамдығы, м/с, артық емес	Ауа температурасы, ^{o}C	Салыстырмалы ылғалдылық, %	Ауа жылдамдығы, м/с, артық емес
Суық	22-24	30-60	0,1	21-25	80	0,1
Жылы	23-25	40-60	0,1	22-28	75	0,1-0,2

Ыңғайлы жағдайлар - бұл физиологиялық бейімделу қабілетінің шегінен шықпай, адамдарға ұзақ және жүйелі әсер ететін дененің функционалды жылу күйіндегі уақытша және жедел өзгерістерге және стресс-терморегуляция реакцияларына әкелуі мүмкін микроклиматтық параметрлер.

Кондиционер ылғалдылық, температура және ауа тазалығы сияқты параметрлерді үнемі ұстап тұру үшін қажет. Бұл параметрлерді қалыпты ауқымда сақтау тек сервер бөлмесі үшін қажет.

Кондиционерді таңдаудағы негізгі параметр - жеткізілетін ауаның мөлшері, бұл параметрді формула бойынша табуға болады (4.7):

$$L_{пр} = \frac{Q_{изб}}{C\rho_{пр}\left(t_{уд} - t_{пр}\right)}, \tag{4.7}$$

мұндағы $Q_{изб}$ – сервер бөлмесіндегі артық жылу мөлшері;
C – ауаның нақты жылуы (1,005) кДж/кг^{0}C;
$\rho_{пр}$ – ауаның тығыздығы (1,2) кг/м^{3};
$t_{уд}$ – ауа температурасы, ^{0}C;
$t_{пр}$ – ауа температурасын қамтамасыз ету, 21^{0}C.

Ауаның берілу мөлшерін табу үшін формуладан артық жылу табылады (4.8):

$$Q_{ИЗБ} = Q_{ОБ} + Q_{ОСВ} - Q_{ОТД}, \tag{4.8}$$

мұндағы $Q_{ОБ}$ – желілік жабдықтар шығаратын жылу, (Вт);
$Q_{ОСВ}$ – шамнан шыққан жылу, (Вт);
$Q_{ОТД}$ – сервер бөлмесінен жылу шығыны. (Вт).

Сервердің аппаратурасы шығаратын жылуды формула арқылы табуға болады (4.9):

$$Q_{ОБ} = n \cdot Qs, \tag{4.9}$$

мұндағы n – ұялы серверлер саны, 10;

Qs – бір сервер шығаратын жылу мөлшері, (Вт).

Мәндерді формулаға қоямыз (4.9)

$$Q_{ОБ} = n \cdot Qs = 10 \cdot 400 \text{ Вт} = 4000\text{Вт}.$$

Жарық көздерімен бөлінетін жылу формула арқылы есептеледі (4.10)

$$Q_{ОБ} = E_{н} \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв} \cdot F, \tag{4.10}$$

мұндағы $E_{н}$ – нормаланған жарықтандыру, 300 лк;

F – серверлік еден ауданы, 30м^2;

$q_{осв}$ – меншікті жылу бөлу, 0,071Вт/(м^2*К);

$\eta_{осв}$ – шамдардан түсетін жылу үлесі, 45%.

Мәндерді формулаға қоямыз (4.10):

$$Q_{ОСВ} = 300 \cdot 30 \cdot 0.071 \cdot 0.45 = 287,55\text{Вт}.$$

Енді серверлік бөлмеден жылу шығынын табу керек

$$Q_{от} = \frac{\lambda S\left(t_{рз} - t_{нар}\right)}{\delta}, \tag{4.11}$$

мұндағы $t_{рз}$ - сервер бөлмесінің жұмыс аймағының температурасы, 25 ^{o}C;

$t_{нар}$ – сыртқы ауа температурасы, (22)^{o}C;

δ – қабырға қалыңдығы, 0.3м;

λ – қабырғалардың жылу өткізгіштігі, 0.8 Вт/(мК);

S – сервер бөлмесінің ауданы.

Мәндерді формулаға қоямыз (4.11)

$$Q_{от} = \frac{0.8 \cdot 25\left(25 - 22\right)}{0.3} = 200\text{Вт}.$$

Жылу өндірісінің барлық параметрлерін есептегеннен кейін 4.8 формуласы бойынша артық жылу мөлшерін табуға болады:

$$Q_{ИЗБ} = 4000 + 287,55 - 200 = 4487,5\text{Вт}.$$

Енді сіз шығарылған ауаның температурасын табуыңыз керек, оны 4.11 формуласы бойынша табамыз:

$$t_{уд} = t_{рз} + (H - H_{РЗ}), \quad (4.12)$$

мұндағы $t_{рз}$ – сервер бөлмесінің жұмыс аймағының температурасы, 25^0С;

∇t – ауа тығыздығының температуралық градиенті, $0,7^0$С/м;

Н – шығатын желдету саңылауларының биіктігі, 2,8м;

$H_{РЗ}$ – жұмыс аймағының биіктігі, 3м.

Мәндерді формулаға қоямыз (4.12):

$$t_{уд} = 25 + (0,7)(2,8 - 3) = 24,86^0 C.$$

Барлық белгісіз параметрлерді есептегеннен кейін (4.7) формула бойынша ауа көлемін табуға болады:

$$L_{пр} = \frac{4487,5}{1,005 \cdot 1,2 \cdot (24,86 - 21)} = 963,98 м^3 / ч.$$

Микроклиматты үнемі қалыпты жағдайда ұстап тұру үшін 1 кондиционер SUA0151 таңдаймыз. 4.3-кестеде кондиционердің барлық сипаттамалары көрсетілген. Жалпы ауданы 30 ($м^2$) дейінгі бөлмеге есептелген, бұл компанияның серверлік бөлмесі үшін қолайлы.

4.3-кестеде sux 0151 кондиционерінің негізгі сипаттамалары келтірілген.

4.3 кесте – SUA 0151 Кондиционер сипаттамасы

Сипаттамалар	Мәндері
Кондиционер моделі	SUA 0151
Ауа алмасуы, м3/ч	1580 дейін
Кедергі деңгейі, Дб	<50
Өлшемдері	900х300х200 мм, салмағы – 12 кг

Әр сервер айтарлықтай қызады, сонымен қатар бөлмедегі ылғалдылықты арттыра алады. Мұның бәрі жабдықтың істен шығуына, сондай-ақ өртке әкелуі мүмкін, бұл компания үшін қаржылық жағынан қолайсыз. Осыған байланысты бүкіл филиалдың немесе компанияның жұмысы тоқтап қалуы мүмкін. Сондықтан сервер бөлмесінің микроклиматын қалаған ауқымда сақтау қажет. Бұл үшін кондиционер қажет. Біздің жағдайда SUA 0151 кондиционері таңдалған, ол сервер бөлмесін желдетудің барлық талаптарына жауап береді.

Қорытынды: Әр сервер айтарлықтай қызады, сонымен қатар бөлмедегі ылғалдылықты арттыра алады. Мұның бәрі жабдықтың істен шығуына,

сондай-ақ өртке әкелуі мүмкін, бұл компания үшін қаржылық жағынан қолайсыз. Осыған байланысты бүкіл филиалдың немесе компанияның жұмысы тоқтап қалуы мүмкін. Сондықтан сервер бөлмесінің микроклиматын қалаған ауқымда сақтау қажет. Бұл үшін кондиционер қажет. Біздің жағдайда SUA 0151 кондиционері таңдалған, ол сервер бөлмесін желдетудің барлық талаптарына жауап береді.

5 Бизнес - план

5.1 Түйіндеме

"ZTE" фирмасы, бұл Қазақстандағы ұялы байланыстың жаңа операторы және Қытай мен әлемдегі CDMA ұялы байланысының бас операторы. Сонымен қатар, ол таяу шетелдерде, Белоруссия, Украина, сонымен қатар Пәкістанда, Индонезия және Үндістанда CDMA жабдығын аса ірі жеткізуші болып саналады.

Нақты уақытта фирма көтерілу дәрежесі, салым көлемі, абоненттер саны, ұсынылатын ұсыныстардың сапасы мен ауқымы сияқты бірқатар тәуліктік емес сипаттамалар бойынша көш бастап келеді.

Фирманың келесі көтеру стратегиясы желінің қалыптасуына және ұсыныстар ауқымын өсіруге мүмкіндік беретін қазіргі заманғы технологияларды енгізуге бағытталған. Осы күрделі емес мәселені қоя отырып, фирма желінің сыйымдылығын жоғарылатуы маңызды болып табылады және Қазақстанның ұялы қауымдастығына тез өсіп келе жатқан сұранысты жоюға дайын болуы мүмкін.

Желінің кеңеюі аймақтарды CDMA жүйесінің ұялы байланысымен қамту қажеттілігімен байланысты. Бұл жобада Боралдай ауданының округін ұялы байланыспен қамту жоспарлануда. Желінің жаңа сегменті CDMA-450 стандартымен бірдей болуы және ITU ерекшеліктеріне сәйкес қосылуы тиіс.

Есік қаласында CDMA-450 стандартының ұялы байланыс жүйесін енгізу себептері:

- халықты GSM желісіне қарағанда сапалы байланыспен қамтамасыз ету қажеттілігі;
- халықтың төлем қабілеттілігін арттыру;
- халықтың қажеттіліктерін барынша қанағаттандыру;
- қосымша жұмыс орындарын ұйымдастыру.

5.2 Жобаның сипаттамасы

Статистика көрсеткендей, іс жүзінде Қазақстан Республикасында телефон тығыздығы (тіркелген және ұялы телефондарды қосқанда) 21% құрайды, олардың 80% - қала тұрғындары. Бұл сонымен қатар телекоммуникация желісінің операторлары тіркелген немесе ұялы байланыстан өздігінен штаттың жетекші қалаларында шоғырланғандығын растайды. Ауылдық жерлерде телефон тығыздығы небары 5% құрайды, бұл Халықаралық электрбайланыс одағының мәлімдемелерінен әлдеқайда төмен. Шын мәнінде, экономиканы құлдырату процесінде телекоммуникациялық

жүйелерді пайдалану қажеттілігі тез өсіп отырғаны белгілі. Бұл, өз кезегінде, жалпы алғанда коммуникациялық ұсыныстарды тарату және ұсыну бойынша сұрақтарға қорытынды жасау үшін, атап айтқанда, ауылдық жерлерде коммуникацияны дамытудың негізгі құндылықтарын ескеру үшін техникалық жоспарға маңызды өзгерісті дайындауда.

Сымсыз байланыстың айқын артықшылықтары:

- минималды инвестициялармен желіні құру мүмкіндігі, жобаны қарапайым басқару, жылдамдықты орнату және желілік жабдықты орналастыру. Қамту аймағында байланыс пайдаланушысы кез-келген уақытта телефон орнатып, жеке сұранысты өңдей алады;

- пайдалану қарапайымдылығы - ағымдағы жөндеу және техникалық қызмет көрсету тікелей базалық станцияларда жүзеге асырылады;

- ыңғайлы кеңейту - шкафтарды қосу арқылы инвестициялар тиімділігі үшін негіз бола алатын байланыс саласындағы қызмет тұтынушылардың өсіп келе жатқан сұранысын қанағаттандыру оңай;

- бөлісу - қажет болған жағдайда қамту шеңберіндегі бірлескен тұтыну көзі жалпы пайдалану үшін пайдаланылуы мүмкін (мысалы, таксофондар), осылайша басқа табыс көзі бола алады.

Берілген диплом жоспары базалық станциялардың үлкен қамту аймағымен және шартты төмен бағасымен сипатталатын CDMA 450 ұялы жүйесін пайдаланатын Бурундай аймағын 124154 адамнан тұратын тұрғындармен қамтамасыз етуге қатысты. Сонымен қатар, жаңа бас жоспар халықаралық мегаполистің шекарасын одан әрі кеңейтуді және халықаралық туристік орталық стилін құруды ескереді.

5.3 Маркетинг

Нарықты зерттеу және жарнама.

Статистикалық орталықтар жүргізген зерттеулердің нәтижелері бойынша ауыл абоненттерінің талаптары төмен. Сымды байланыстың дәстүрлі шешімі көптеген қаржыландыруды қажет етеді, бұл іс жүзінде негізсіз тәуекелдерге әкелуі мүмкін. Электр тораптарының жұмысын қолдау үшін бастапқы инвестициялар, сондай-ақ телефон аппараттарын пайдаланудың салыстырмалы түрде төмен пайызы сөзсіз инвестициялардың төмен қайтарылуына әкеледі.

Бірақ ауылдық жерлерде торлар салу қажеттілігіне және жоспарды іске асырудағы қиындықтарға байланысты Қазақстанда қалыптасқан телекоммуникациялар нарығының барлық ерекшеліктері ескерілуі керек, сонымен бірге өте қорқынышты емес, техникалық деңгейде, ауылдық жерде желіні құру туралы ақылға қонымды және негізделген тұжырымдарды қолдану керек.

Соңғы жылдары сымсыз байланыс ассоциациясы телекоммуникациялық жүйелердегі ең озық және қажетті технологиялардың біріне айналды. Сымсыз қол жетімділік ауылдық жерлердегі ең тиімді желілік технологиялардың біріне айналуда. Сонымен қатар, кез-келген кеңістікте сөзсіз қамтамасыз ету мүмкіндігі бар сымсыз қосылу желісінің

қамту аймағын атап өткен жөн. Нәтижесінде, жоспардың бастапқы сызығында пайдаланушылардың саны мен таралуын есепке алмауға рұқсат етіледі, мысалы, олардың көбірек санын кейіннен жүйенің құрылысы арқылы қамтамасыз етуге болады. Базалық станциялар жеткізілгеннен кейін қамту аймағын қамтамасыз етудің барлық негізгі мәселелері шешілетін болады, және бұл жерде ұсынылған технологиялар мен байланыстың басқа түрлері арасында түбегейлі айырмашылық болады.

Баға және тариф саясаты.

Жеке бөлімнің үйлері мегаполистің үлкен бөлігін алады. Бұдан басқа, 12 көп қабатты тұрғын үй бар, және жетекші қаржылық жұмыс ауылшаруашылық өнімдерін өнеркәсіптік өңдеу, құрылыс және сауда. Тариф саясатшысы халықтың ақшалай ықтималдығы мен осы мегаполистің туристік жұмысын құруға негізделген болады.

Баға белгілеудің негізі жоспарланған пайданы алуға кепілдік беретін сату көлемін ескере отырып, өнім бірлігіне шығындар есептеледі. Егер өзіндік құн негізінде қайта құрылса немесе өндірістік қуаттылықтар мен көлемдердің сыйымдылығы артса, жағдайдың және басқа факторлардың әсерін ескере отырып, қуаттылықты пайдалану дәрежесінің қасиеттері пайдаланылады, содан кейін олар осы аспектілермен бөлінбейтін пайда әкелетін өндіріс бірлігіне сату бағасын анықтайды.

ZTE компаниясының баға саясаты - бұл Қазақстан тұрғындары үшін ұялы байланысты одан әрі қол жетімді етуді қалайды. 2005 жылы Интернетті пайдалануға және фотосуреттерді (MMS) жіберуге мүмкіндік беретін жаңа GPRS қызметі енгізілді.

Компанияның икемді сату саясатының арқасында ресми дистрибьюторлардың саны 12-ге дейін өсті, ал тіркелген дилерлер саны 300-ден асады.

Компания маркетингінің стратегиялық мақсаты - Қазақстан Республикасындағы ең сенімді байланыс жеткізушісі ретінде беделді қалыптастыру.

Компанияның жетістігі жоғары деңгейдегі мамандардың жабдықты қосу, жөндеу және күйге келтіру қызметтері арқылы қамтамасыз етіледі.

Қазақстандағы телекоммуникация саласын талдау:

Қазақстанның телекоммуникация саласының жағдайы келешегі зор. Өндіріс деңгейінің өсуі және дамыған сауда қатынастары экономиканың барлық салаларында, атап айтқанда телекоммуникациялар секторында өсуді ынталандырды. Индикаторлар саладағы барлық негізгі қызметтерді ұсынады, мысалы:

- жалға берілетін дәстүрлі телефония;
- деректерді беру және арналарды жалға беру;
- ғаламтор;
- сымсыз (ұялы) байланыс және басқа радио қызметтер.

Сала кірістілігінің өсуінің орташа мәні 25% құрады (мобильді абоненттер санының өсуіне байланысты).

2006 жылы телекоммуникация нарығының көлемі 1,5 млрд. Долларды құрады. Нарықтың мұндай тез өсуі Қазақстандағы жалпы экономикалық өсумен және телекоммуникация саласының дамуымен байланысты. 2002-2006 жылдар аралығында 600 миллионнан астам доллар инвестицияланды.

Нарықта ұялы байланыс сегменті басым, ол 2005 жылғы көрсеткіштер бойынша телекоммуникация көлемінің 40% құрайды.Қалалық және халықаралық байланыс үлесінің 30% құрайды, деректерді беру және жергілікті байланыс сәйкесінше 7% және 5% құрайды.

5.3.1 Ұйымдастыру жоспары. Ұйымдастыру жоспары бизнес-жоспардың ажырамас бөлігі болып табылады.

Берілген жоспарда ZTE шығарған CDMA-450 стандартындағы ұялы жабдықты сатып алу, жеткізу, орнату және іске қосу шығындары төленеді.

Берілген жоспарды іске асыру үшін Бурундай аймағында 1 орталық станцияны (BSC) және 3 BSC енгізу қажет. Компанияның алғашқы 3 жылында бұл жабдыққа станциялардың санын көбейту қажет емес, мысалы, абоненттер саны 50 000 абоненттен аспайды.

5.1 кесте – Ұялы байланыс жабдықтарының құрамы мен құны

Жабдықтың атауы	Саны	Бағасы, тенге	Құны, тенге
ZTE ZXC10-BTS	1	600 000	600 000
ZTE ZXC10-BSC	1	300 000	300 000
ZTE ZXC10-MSC	1	2 000 000	2 000 000
БД сервері	1	25 000	25 000
Секторлық антенна	6	20 000	120 000
Контейнер	3	150 000	450 000
Аккумулятор	200 шт.	2950	590 000
Қуат тірегі	3	60 000	180 000
Электр кабелі, жерге қосу	200 м	50	10 000
Фидер	500 м	30	15 000
Коаксиалды кабель	200 м	100	20 000
UPS	3	13 000	39 000
GPS жүйесі	3	50	150
Есепке алынбаған жабдық	-	-	11 850
Сомасы	-	-	4 361 000

Жабдықтардың жалпы құны - 4 361 000 теңге.

5.4 Өндіріс жоспары

Жабдықты сатып алу шығындарынан басқа, оны жеткізу, орнату, жиілік диапазонын жалға беру және жарнама шығындары көрсетілген. Ол «Қазақтелеком» сияқты түпнұсқа провайдерді қолдана отырып, жобаланған желіні желіге қосу шығындарының ізін ұстайды.

Компанияда дәл осы қызметті өндіретін байланыс инженері мамандығы бойынша техникалық білімі бар 5 адам жұмыс істейді. Орнатылған жабдықтардың жаңалығын ескере отырып, профилактикалық жұмыстар жылына бір рет жоспарланады.

5.5 Қаржылық жоспар

Қаржылық жоспарға капиталдың жалпы шығындары, кірістер, пайдалану шығыстары, пайда, пайдалылық және өтелу кезеңі кіреді.

Төменде сатып алу мен іске асыру құнын, пайдаланудың экономикалық тиімділігі мен өтелу мерзімін көрсететін есептеулер келтірілген.

5.6 Күрделі шығындар

Күрделі шығындар формула бойынша анықталады:

$$К = Ц + К_П + К_Д + К_У + К_{СМ} + К_{РС} + К_{АБ} + К_{ПР}\ , \qquad (5.1)$$

мұндағы Ц – желілік жабдықтың бағасы;

$К_П$ – теміржол көлігімен Қытайдан Алматы қаласына тасымалдау құны;

$К_Д$ – жабдықты теміржолдың соңынан бастап монтаж алаңына жеткізу құны;

$К_У$ – жабдықты орнату және орнату құны.

$К_{РС}$ – жұмыс станциясы жабдықтарының құны;

$К_{АБ}$ – телефон терминалын сатып алу шығындары;

$К_{ПР}$ – басқа шығыстар;

Күрделі шығындар:

Желілік жабдықтың құны болады: Ц = 4 361 000 тенге;

Жабдықтың құнына: BTS құны, бір BSC, дерекқор сервері, алты секторлық антенналар, екі жүз батареялар, үш қуат тартпалары, электр және жер кабельдері, фидер, коаксиалды кабель, GPS, орнату құралдары кіреді..

- жабдықты Қытайдан Алматы қаласына теміржолмен тасымалдау құны 125 000 теңгені құрайды;
- жабдықты теміржолдың соңынан монтаж алаңына жеткізу 11 260 теңге;
- жабдықты монтаждау және орнату 566 600 теңге Бурундайда БС контроллерін (BSC) орнату және орнату 10 000 теңге (Қазақстанның бүкіл аумағын қамту үшін бір БС контроллері (BSC) қажет. Осыған байланысты оны орнатуға және іске қосуға жұмсалған шығындар 576 құрайды) 600 теңге Қазақстанның барлық аймақтарына біркелкі бөлінеді);
- мобильді терминалдарды сатып алу құны 15 000 000 теңгені құрайды;
- жұмыс станциясының жалпы құны 39 400 теңгені құрайды;

- облыстық бақылау бөлімшесі үшін үй-жайды жалға алуды, діңгектерді жалға алуды, контейнерлерді орнату үшін шатырларды жалға алуды қамтитын өзге де шығындар 133 300 теңгені құрайды.

Күрделі шығындар:

$$К = 4\ 361\ 000 + 576\ 600 + 15\ 000\ 000 + 125\ 000 + 11\ 260 + 39\ 400 + \\ + 133\ 300 = 20\ 246\ 560 \text{ тг}$$

5.2 кесте – Күрделі шығындар

Шығындар атауы	Құны, тг.
Жабдықтың құны, (Ц)	4 361 000
Орталық базалық станцияның контроллерін қоса алғанда, жабдықтарды орнату және монтаждау, ($К_у$)	576 600
Ұялы терминалдарды сатып алу құны ($К_{аб}$)	15 000 000
Қытайдан Алматы қаласына дейін темір жол арқылы жабдықты тасымалдау, ($К_п$)	125 000
Жабдықты темір жол тұйығынан орнату орнына дейін жеткізу, ($К_д$)	11 260
Жұмыс орындарының құны, ($К_м$)	39 400
Басқа шығындар	133 300
Күрделі шығындар сомасы	20 246 560

5.7 Жылдық пайдалану шығыстарының есебі

Пайдалану шығыстары:

$$С = А_{ПЧ} + А_{E1} + ЗП + А + М + С_{ЭЛ} + С_Р + Н_Р \qquad (5.2)$$

мұндағы, $А_{ПЧ}$ жиілік жолағын жалға алу жылына 133 227 500 теңгені құрайды (CDMA WLL үшін жылдық төлем ставкасы (бір БС үшін): халқы бар елді мекен > 200 000 адам – 190 АЕК, < 200 000 адам – 90 АЕК, аудан орталықтары, халқы бар аудандық маңызы бар қала < 50 000 адам – 10 АЕК, қалған аумақтық бірліктер – РЛЛ үшін 2 АЕК – бір облыста 40 АЕК). Станция халқы 50 000 адамнан кем елді мекенде орнатылатын болады..

$А_{E1}$ БС үшін 3 Е1 арнасының құны, жылына 9 180 000 теңге (CDMA 450 стандартының әрбір БС Е1 2 Мбит/сек арнасы қажет, синхрондау арнасы және трафик үшін, осылайша бізге 2 арнаны "Қазақтелеком"АҚ-дан жалға алу қажет. Жобаның ерекшелігіне қарай "Қазақтелеком" АҚ өзінің

оптоталшықты желісінде 2 арнаны бөледі. Бір арнаны жалға алу айына 90 000 теңге).

ЗП - персоналдың негізгі және қосымша жалақысы;

Әлеуметтік сақтандыруға, зейнетақы қорына, жұмыспен қамту қорына аударыла отырып:

А - амортизациялық аударымдар;

М - материалдар мен қосалқы бөлшектерге арналған шығындар;

$С_{ЭЛ}$ - өндірістік мұқтаждар тарапынан электр энергиясы;

$С_Р$ - жарнамаға арналған шығындар;

$Н_Р$ – үстеме шығыстар.

Есептеу үшін жалақы қабылдаймыз орташа айлық еңбекақы қызметкердің және компанияның 50 000 теңге. Базалық станцияларға қызмет көрсету және желіні пайдалану үшін 5 қызметкер қажет.

$$ЗП_{ОСН} = 50\,000 \cdot 5 \cdot 12 = 3\,000\,000 \text{ тенге}$$

Жылдық жалақы қорына негізгі жалақының 30% мөлшерінде қосымша жалақы (мереке күндері жұмыс, үстеме және т. б.) енгізіледі..

$$ЗП_{ДОП} = ЗП_{ОСН} \cdot 0.3 = 3\,000\,000 \cdot 0.3 = 1\,000\,000 \text{ тенге}$$

Жалақы қорын есептеу кезінде жұмысшыларға (15%):

$$П = ЗП_{ОСН} \cdot 0.15 = 3\,000\,000 \cdot 0.15 = 450\,000 \text{ тенге}$$

Еңбек ақы қоры қалыптасады негізгі және қосымша жалақы:

$$ФОТ = ЗП_{ОСН} + ЗП_{ДОП} \quad (5.3)$$

$$ФОТ = 3\,000\,000 + 1\,000\,000 = 4\,000\,000 \text{ тенге}$$

Әлеуметтік салық зейнетақы қорына аударымдарды есепке алмағанда еңбекақы төлеу қорының 9.5% - ын құрайды:

$$С_Н = (ФОТ - 0{,}1*ФОТ) \cdot 0.095 = (4\,000\,000 – 400\,000) \cdot 0.095 = 342\,000 \text{ тенге}$$

Еңбекақы шығындары:

$$ЗП = ФОТ + С_Н \quad (5.4)$$

$$ЗП = 4\,000\,000 + 342\,000 = 4\,342\,000 \text{ тенге}$$

Амортизация жабдық бағасының 15% - ын құрайды (ұялы байланыс жабдығы):

$$A = 20\,246\,560 \cdot 0.15 = 3\,036\,984 \text{ тенге} \quad (5.5)$$

Электр энергиясына шығындар келесі формула бойынша есептеледі:

$$C_{ЭЛ} = W \cdot T \cdot S \cdot N,$$

мұндағы W- тұтынылатын қуат W= 0,5 кВт;

T - жұмыс сағаттарының саны, T = 4 380 ч/год;

S - электр энергиясының киловатт-сағатының құны, S=17.8 тг/квт-час.

N - БС саны, 3 штук.

$$C_{ЭЛ} = 0{,}5 \cdot 4\,380 \cdot 17.8 \cdot 3 = 116\,946 \text{ тенге} \quad (5.6)$$

Материалдар мен қосалқы бөлшектерге арналған шығындар жүйенің құнынан 5% мөлшерінде қабылданады:

$$M = 20\,246\,560 \cdot 0{,}05 = 1\,012\,328 \text{ тенге} \quad (5.7)$$

Бұл жобаның табысы ең алдымен жарнамаға байланысты, демек жарнамаға жылына 2 156 000 теңге мөлшерінде шығыстар қарастырылған. Шығындарға жыл бойы бес газетте жарнама шығындары, қалалар бойынша жарнама плакаттарын орналастыру және радиода жарнама шығындары қосылады.

$$C_P = 2\,156\,000 \text{ тенге в год.}$$

Үстеме шығындар ФОТ-дан 30% құрайды:

$$H_P = ФОТ \cdot 30\% = 4\,000\,000 \cdot 0.3 = 1\,200\,000 \text{ тенге} \quad (5.8)$$

Осылайша, пайдалану шығыстары:

$$C = A_{ПЧ} + A_{E1} + ЗП + A + M + C_{ЭЛ} + H_P + C_P \quad (5.9)$$

$$C = 133\,227\,500 + 9\,180\,000 + 4\,342\,000 + 3\,036\,984 + 1\,012\,328 + 116\,946 + 1\,200\,000 + 2\,156\,000 = 154\,271\,758$$

Алынған нәтижелерді 5.3-кестеге енгіземіз:

5.3 кесте – Пайдалану шығыстары

Шығындар баптары	Сомасы	
	Абсолюттік мәні тг.	Үлес салмағы, %
Жиілік жолағын жалға алу (БС+РРЛ), тг.	133 227 500	72,87
18 Е1 жалға алу, тенге	9 180 000	5
Қызмет көрсететін персоналдың жалақысы, тг.	4 342 000	1,41
Амортизация	3 036 984	14,1
Электр энергиясына арналған шығындар, тенге	116 946	0,3
Материалдарға арналған шығындар, тенге	1 012 328	4,7

5.3 кестенің жалғасы

Шығындар баптары	Сомасы	
	Абсолюттік мәні тг.	Үлес салмағы, %
Үстеме шығыстар, тенге	1 200 000	0,43
Жарнамаға арналған шығындар, тенге	2 156 000	1,18
Жылдық пайдалану шығыстары	154 271 758	100

5.8 Ұялы байланыс қызметтерін көрсетуден түсетін кірістерді есептеу

Ұялы байланыс ұсыныстарын беруден түскен пайданы есептеу жарнамалық талдау және жоспарлау қорытындылары бойынша күтілетін ретінде орындалады.

Абоненттердің болжамды саны 10 000 абонентті құрайды.

Телефон терминалын қоса алғанда, әрбір жаңа абонентті қосу құны 10000 теңгені құрайды.

5.4 кесте – Ұялы байланыс қызметтерін көрсетуден түсетін кірістерді есептеу

Қызмет атауы	Тариф	АҚ «Казахтелеком» тарифі, тенге	Айына сату көлемі, бірлік	Күтілетін жылдық кірістер, тенге
Басқа операторларға шығыс қоңырау шалу	32 тг/мин	8 тг/мин	416667 мин.	120 000 000
Қысқа SMS хабарларды жіберу	5.5 тг/шт	-	909091 шт.	60 000 000
Желі ішіндегі	2 тг/мин	-	3750000	90 000 000

қоңыраулар				
Интернетке кіру	45 тг/мин	-	55556 мин.	30 000 000

Орташа алғанда, кез келген абонент айдың ішінде ұялы байланыс ұсынысына 1200 теңге, статистика бойынша коихт-дан Шығыс сигналдарға 50% (600 теңге), оператордың өзге ұсыныстарына 50% (SMS (қысқа хабарламалар) жіберуге 200 теңге, Желі ішіндегі сигналдарға 300 теңге, Интернетке кіруге 100 теңге) жұмсайды.

Демек, ай сайын әр абонент орта есеппен пайдаланады:

- қызметтеріне қоңырау соғу:

$$T_{исх} = G_{исх} / N_{исх}, \qquad (5.10)$$

мұндағы $G_{исх}$ – абонент шығыс қоңырауларға жұмсалатын болжамды сома;

$N_{исх}$ – шығыс қоңырауының бір минут тарифі;

$T_{исх}$= 600 / 32 = 18,75 минут;

- SMS қысқа хабарлама жолдау қызметтері:

$$T_{sms} = G_{sms} / N_{sms} , \qquad (5.11)$$

мұндағы G_{sms} – абоненттің SMS-ке жұмсаған болжамды сомасы;

N_{sms} – бір SMS жолдау тарифі;

Tsms = 200 / 5,5 = 36 штук;

- Интернетке қосылу қызметтері:

$$Ti = G_i / N_i , \qquad (5.12)$$

мұндағы G_i – Интернет арқылы ақпарат алуға абонент жұмсайтын болжамды сома;

N_i – интернет шлюзін пайдалану тарифі;

T_i = 100 / 45 = 2.2 минуты

- желі ішіндегі қоңыраулар:

$$T_{внс}= G_{внс} / N_{внс} , \qquad (5.13)$$

мұндағы $G_{внс}$ – абонент желі ішіндегі қоңырауларға жұмсалатын болжамды сома;

$N_{внс}$ – желі ішіндегі бір минут тарифі;

$$T_{внс} = 300 / 2 = 150 \text{ минут},$$

Күтілетін жылдық кірістерді есептеу:

- "Қазақтелеком" АҚ тарифін ескере отырып, шығыс қоңыраулар қызметтерінен»:

$$S_{исх} = 12 \cdot V_{исх} \cdot (T_{исх} - T_{кт}) \cdot n, \qquad (5.14)$$

мұндағы n – болжанатын желі абоненттерінің саны;

$V_{исх}$ – айына бірлік сату көлемі;

$T_{кт}$ – коммутаторды пайдаланғаны үшін "Қазақтелеком" АҚ тарифі.

$$S_{исх} = 12 \cdot 18.75 \cdot (32 - 8) \cdot 10000 = 54\ 000\ 000 \text{ тенге};$$

- SMS жолдау қызметтерінен:

$$S_{sms} = 12 \cdot V_{sms} \cdot T_{sms} \cdot n, \qquad (5.15)$$

мұндағы n – болжанатын желі абоненттерінің саны;

V_{sms} – айына SMS бірліктерінің сату көлемі;

T_{sms} – бір SMS жіберу тарифі.

$$S_{sms} = 12 \cdot 36 \cdot 5.5 \cdot 10000 = 23\ 760\ 000 \text{ тенге};$$

- желі ішіндегі қоңыраулардан:

$$S_{внс} = 12 \cdot V_{внс} \cdot T_{внс} \cdot n, \qquad (5.16)$$

мұндағы n – болжанатын желі абоненттерінің саны;

$V_{внс}$ – айына бірлік сату көлемі;

$T_{внс}$ – Желі ішіндегі сөйлесудің бір минутына тариф.

$$S_{внс} = 12 \cdot 150 \cdot 2 \cdot 10000 = 36\ 000\ 000 \text{ тенге};$$

- Интернетті пайдалану қызметтерінен:

$$S_i = 12 \cdot V_i \cdot T_i \cdot n, \qquad (5.17)$$

мұндағы n – болжанатын желі абоненттерінің саны;

V_i – айына интернет-минуттардың сату көлемі;

T_i – бір интернет-минут үшін тариф;

$$S_i = 12 \cdot 2.2 \cdot 45 \cdot 10000 = 11\ 880\ 000 \text{ тенге};$$

Терминалдарды сатудан түскен кіріс:

$$S_т = (10\ 000\text{-}9\ 500) \cdot 10000 = 5\ 000\ 000 \text{ тенге}$$

$$S_{Тобщ} = 50\ 000 + 100\ 000 = 150\ 000\ 000 \text{ тенге} \qquad (5.18)$$

- АИС-дан дотация:

$$S_{АИС} = 10000 \cdot 0{,}615 = 6\ 150\ 000 \text{ тенге}$$

Жалпы табыс:

$$S = S_{исх} + S_{sms} + S_{inf} + S_i + S_T + S_{АИС} \qquad (5.19)$$

$$S = 54\ 000\ 000 + 23\ 760\ 000 + 36\ 000\ 000 + 11\ 880\ 000 + 150\ 000\ 000 + 6\ 150\ 000 = 281\ 790\ 000 \text{ тенге}$$

5.5 кесте - Ұялы байланыс қызметтерін көрсетуден түсетін кірістерді есептеу

Қызмет атауы	Күтілетін жылдық кірістер, тенге
Басқа операторларға шығыс қоңырау шалу	54 000 000
Қысқа SMS хабарларды жіберу	23 760 000
Желі ішіндегі қоңыраулар	36 000 000
Internet-ке кіру	11 880 000
Терминалдарды сатудан түскен кіріс	150 000 000
АИС-дан дотация	6 150 000
Жалпы	281 790 000

5.9 Өтімділік мерзімін есептеу

Пайда:

$$П = Д – Э_р = 281\ 790\ 000 – 154\ 271\ 758 = 127\ 518\ 242 \text{ млн. тенге}$$

Табыс салығы:

$$П_н = 0{,}2 \cdot П = 0{,}2 \cdot 127\ 518\ 242 = 25\ 503\ 648 \text{ млн тенге}$$

Таза пайда:

$$Ч_Д = П – П_н = 127\ 518\ 242 – 25\ 503\ 648 = 102\ 014\ 594 \text{ млн тенге}$$

Шығындардың тиімділігі:

$$Е_а = Ч_Д / К_{вл} = 102\ 014\ 594 / 20\ 246\ 560 = 5$$

Өтеу мерзімі:

$$T_{ок} = 1 / E_а = 1 / 5 = 0,2 \text{ года}$$

Есептеулер негізінде Бурундай аймағының нарығына жаңа ұялы байланыс операторының кіруі орынды деп қорытынды жасауға болады. Нәтижесінде басқа ұялы байланыс операторларының операторлары қолданыстағы тарифтерді төмендетуге мәжбүр болады, ал тұрғындар сапалы ұялы байланыспен қамтамасыз етіледі және ұялы байланыстағы ұсыныстардың кең таңдауы қамтамасыз етіледі. Абоненттердің өсуі 0,2 жылдан кейін байқалады, содан кейін регрессия басталады, осыған байланысты компания жаңа ұсыныстар, маркетингтік компаниялар немесе арзан тарифтік ниеттер арқылы сатып алушыларды тарту үшін жаңа саясаткерді енгізуге міндетті. Жобаның ақталу мерзімі - 0,2 жыл. Сондай-ақ алынған табыс желіні кеңейтуге және желінің өткізу қабілеттілігін арттыруға және ұсынылатын қызметтердің сапасын жоғарылатуға арналған жаңа жабдықты орнатуға жеткілікті.

Қорытынды

Берілген дипломдық жобада ZTE көпканалды телекоммуникациялық ұялы желісін Алматы облысында енгізу міндеті шешілді. Желі бөлімі ақылы болды, бұл аумақтың барлық түрлеріне нақты қамту аймағын алуға мүмкіндік берді.

Дипломдық жоспармен жұмыс жасау кезінде жасаушы негізгі станциялардың техникалық сипаттамаларына, жетекші функциялары мен мәліметтеріне, ішкі интерфейстеріне байланысты технологиялардың сипаттамасымен жабдық өндірушілерінің бірқатар құжаттарын зерттеді және сәйкесінше қажетті есептеулер жүргізілді.

Диплом жоспарының техникалық бөлігінде желіні жоспарлау қарастырылды, алға және кері арналардағы барлық сипаттамалар жалпы қабылданған стандарттарға сәйкес келеді және ұқсас байланыс стандартына арналған орташа мәндерден ауытқымайды. Мысалы, ұяшықтың радиусы мен станцияның сыйымдылығы төленді, олар трафик арнасы мен пилоттық арнаның сенімділігіне байланысты болуды ұсынды, бұл сенімділіктің жоғарылауымен, абоненттер саны мен басқа да сипаттамалардың жоғарылауымен ұяшықтың радиусы өте тез миниатюралық болады. Осының салдарынан диплом жоспарында желінің барлық сипаттамаларына сәйкес келетін мағыналар таңдалды.

Дипломдық жобадағы бизнес-жоспар Іле ауданының ауылдық жерлерінде CDMA 450 ұялы операторын енгізудің экономикалық қажеттілігін көрсетті.

Тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде ұтымды жасанды шығу және табиғи жарықтандыру төленді, олардың нәтижелері барлық мемлекеттік стандарттарға және жалпы қабылданған стандарттарға сәйкес келеді. Жабдықтардың жерге қосылуы ақы төленді, сонымен қатар жұмыс істейтін ғимараттың найзағайдан қорғау бойынша жалпыға ортақ шаралар ұсынылды.

Қысқартулар тізімі

GSM – Global System for Mobile Communcation
CDMA – Code Division Multiple Access
TDMA – Time Division Multiple Access
FDMA – Frequency Division Multiple Access
ETSI – European Telecommunications Standards Institute
ЕО – Еуропалық одақ
АКТ – Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар
AMPS – Advanced Mobile Phone Service
TACS – Total Access Communications System
NTT – Nippon Telephone and Telegraph system
GPRS – General Packet Radio Service
EDGE – Enhanced Data GSM Environment
ISDN – Integrated Services Digital Network
HSCSD – High-Speed Circuit Switched Data
MIMO – Multiple Input Multiple Output
RACE – Research in Advanced Communications in Europe
FRAMES – Future Radio Wideband Multiple Access System
ACTS – Advanced Communications Technology and Services
3GPP – 3G Partnership Project
HSDPA – High Speed Downlink Packet Access
D2D – Device-toDevice
БС – Базалық станция
ПТ –Пайдаланушы терминалы
PWS – Public Warning System
МББ – Мобильді басқару базасы
ЭМУ – Электромагнитті үйлесімділік
SGSN – Serving GPRS Support Node
HLR – Home Location Register
БСЖ – Базалық станция жүйесі
DNS – Domain Name Server
MME – Mobility Management Entity
LTE – Long-Term Evolution
OFDM – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
BTS– Base Transceiver Station

Әдебиеттер тізімі:

1 Сайт http://www.telecom.kz/?lang=ru

2 Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи.- М.: Эко-Трендз, 1998.

3 Громаков Ю.А. Сотовые системы подвижной радиосвязи. Технологии электронных коммуникаций.- М.: Эко-Трендз, 1994. Том 48.

4 Громаков Ю.А. Структура TDMA кадров и формирование сигналов в стандарте GSM. – М.: Электросвязь. - N 10, 1993.- с. 9-12.

5 Ратынский М.В. Основы сотовой связи.- М.: Радио и связь, 1998. 19. Сайт http://www.compel.ru/catalog/wireless/cdma/em_iv_450.

6 Ворсанко Д. Кодирование речи в цифровой телефонии. Сети и системы связи.- М.: 1996. N1. - с. 84-87.

7 Кларк Д., Кейн Д. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи.- М.: Радио и связь, 1987.

8 Андрианов В.И., Соколов А.В. Средства мобильной связи. – Санкт-Петербург, 1998.

9 Ратынский М.В. Сотовая связь как система массового обслуживания. Мобильные системы.- М., 1997.

10 Якубайтис Э.А. Открытые информационные сети. - М.: Радио и связь, 1991.

11 Heger W.. GSM vs. CDMA. GSM Global System for Mobile Communications. Proceedings of the GSM Promotion Seminar 1994 GSM MoU Group in Cooperation with ETSI GSM Members. 15 December 1994. с. 3.1-1 - 3.1-18.

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

13 Манабаева С.Е, Санатова Т.С., Бегимбетова А.С.,Бекмуратова А.С. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие, часть первая «Производственная санитария». Алматы: АУЭС, 2017 – 45с.

14 Т.Е.Хакимжанов, Ф.Р.Жандаулетова. БЖД. Дипломное проектирование. Расчет воздухопровода и выбор вентилятора. Методические указания по выполнению раздела в дипломных проектах для студентов всех форм обучения – Алматы: АИЭС, 2006. - 24 с.

15 МЕСТ 12.1.005-88 «Жұмыс аймағындағы ауа, жалпы санитарлық-гигиеналық талаптар» – Еңбекті қорғау стандарттарының жүйесі. Жұмыс аймағының ауасына жалпы санитарлық және гигиеналық талаптар. КСРО Денсаулық сақтау министрлігі, Бүкілодықтық кәсіподақтардың орталық кеңесімен 1988 жылы енгізілген.

16 Раздорожный А.А Безопасность производственной деятельности. Учеб. пособ. –М: Инфра – М., 2003г. – 208с.

17 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.

18 Волков О.И. Экономика предприятий связи.-М.: Экономика, 2003.

19 Баканов М.И. Шеремет А. Д. Теория экономического анализа.-М.: Финансы и статистика. 2011.

20 Голубицкая Е. Экономика связи.Ozon.ru, 2006

21 Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методологические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров для всех форм обучения специальности 050719 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации. Алматы: АИЭС,2009. – 19 с.

22 Голубицкая Е.А., Жигуляская Г.М. Экономика связи. – М.: Радио и связь, 2000

23 Гончарук В.Д., Канаев Н.Я. Экономика, организация и планирование предприятий связи. М., 2004 г.