ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Инфокоммуникациялық технологиялар **кафедрасы**

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

_____ «____» _____20___ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Изолятсия әдісін орналастырылған жоғары жиіліктегі Интернет желісін құру

5В071900–Радиотехника,электроника және телекоммуникациялар **мамандығы бойынша**

Орындаған Сапақ Жанерке Дуйсенбекқызы СТк-12-04
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші Шаитова Д.Б. маг.т.к., аға.оқ.
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы, қолы)

Кеңесшілер:

Экономикалық бөлім бойынша:
Э.Ғ.К. профессор Б. Бахышев
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «23» 05 2016 ж.
(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
Б.Ғ.К. аға оқытушы А.Т. Мустафина
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «24» 05 2016 ж.
(қолы)

Есептеу техникасын қолдану бойынша:
аға оқытушы Ғожабаева Ж.Б
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «03» 06 2016 ж.
(қолы)

Мөлшер бақылаушы: аға оқытушы Ғожабаева Ж.Б
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «03» 06 2016 ж.
(қолы)

Пікір жазушы: _____
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
_____ «____» _____20___ж.
(қолы)

Алматы 2016

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Радиотехника және байланыс факультеті
Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығы
Инфокоммуникациялық технологиялар кафедрасы

жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Сәлім Жаңелия Ғұмарбекқызы
(аты - жөні)

Жоба тақырыбы Ұялы байланыс желілерінде орташа жылдамдықты Интернет жалғанысын құру

ректордың «19» қазан 2015 № 148 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «_____»_____20___ж.

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

$R_{DL} = 34,3$ мбит/с
$R_{UL} = 18,29$ мбит/с
$S_{прд} = -167,64$ дБм
$L_{max} = 205,94$ дБ
$L_c = 10,94$
$S_{enb} = 157,83 (км)^2$
$N_{enb} = 7$

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

Кіріспе
1. Қозғалмалы телефон желісінің сипаттамасы
2. LTE технологиясының артықшылықтары
3. Интернетке сымсыз қатынау тәсілдері
4. LTE технологиясының радиожолы
5. Чип жиілігі бойынша кеңістік-уақыттық технология
6. Қатынау жолы интерфейстерінің стеегі
7. Жиілікпен қатынау есептеулері
8. Өнімділік нәтижелері
9. Бизнес жоспар
10. Қорытынды

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі:

1. Аудан-картасы
2. Жалпы АТТ байланыс өндіретін орнын орналастыру
3. Жетекшілік сымды және сымсыз жолдарын өткізу жобасының сызбасы
4. Сымсыз технологиялар мүмкіндіктері

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

1. Чудин А.В., Мельник С.В., Корнонский Э.В., Петров Д.А., Эволюция сотовой связи стандарта GSM
2. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 1998 – 239с
3. Даниелов Н.И., Литвов Н. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. – М.: Радио и связь,
4. Горелик Г.А., Жаворонок Г.М., Экономика связи. – М.: Радио и связь, 2000 – 592с

Жоба бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	қолы
Экономика	Базылов К.В	24-28.05.16	
ӨТК и ҚОҚ	Мусабаева К.Д.	24.05.16	
	Абдиголова Д.Б	30.05.16	
есептеу техн. қолдану	Жожабаева У.Б	03.06.16	
заманауи бақылаушы	Жожабаева У.Б	03.06.16	

диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1	Теоретикалық бөлімге	05.11 – 20.11.15	
	Телекоммуникациялық желілерге		
	қойылатын талаптарды талдау		
	LTE технологиясының негізгі	22.11 - 07.12.15	
	кезеңі		
	LTE желісі үшін қажетті	10.12 - 25.12.15	
	ақпаратты талдау		
2	Есептеу бөлімі	05.01 – 17.01.16	
	Параметрлерді таңдау		
	LTE желісі үшін қажетті ақпаратты	20.01 – 29.01.16	
	есептеу		
	Бөлімдік арналарға сәйкес	30.01 – 08.02.16	
	қарай есептеу модулі		
3.	Өндірістік қауіпсіздік	16.03 – 23.04.16	
4.	Экономикалық бөлім	20.03 – 08.05.16	

Тапсырманың берілген уақыты «___» _____ 20___ж.

Кафедра меңгерушісі _____ т.ғ.к., доцент Чежимбаева К.С.
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жоба жетекшісі _____ Шалтонова Д.Б т.ғ.к.
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____ Сауд ж.Д
(қолы) (аты -жөні)

Аннотация

В данной дипломной работе по продолжению работ модернизации сельских сетей телекоммуникаций развернется сеть беспроводного абонентского доступа с применением технологии LTE- Advanced в населенном пункте Узынагаш и предоставление альтернативного беспроводного доступа в Интернет. Осуществлен анализ существующей сети и анализ существующего оборудования. Были рассмотрены особенности технологии LTE, каналы в системе LTE и спектр услуг предоставляемых сетями LTE. Разработана проектируемая схема. Предоставлены расчеты по широкополосному доступу. Выполнен бизнес-план проектирования. Произведен расчет показателей безопасности жизнедеятельности.

Absract

In this thesis work was developed in the provision of alternative wireless access to the Internet. The analysis of the existing network and analysis of existing equipment. They considered features of LTE technology, the channels in the LTE system and the range of services provided by the LTE networks. Developed design scheme. Provided calculations for broadband access. Executed business plan design. The calculation of indicators of life safety.

Аңдатпа

Бұл дипломдық жұмыста телекоммуникацияның ауылдық желілерін жаңғырту жұмыстарын жалғастыру бойынша қойылған міндетті шеше отырып, Ұзынағаш елді мекенінде LTE- Advanced технологиясын қолдану арқылы сымсыз абонеттік қатынау желісін өрістету мәселесі және Интернет желісіне сымсыз қатынауды қамтамасыз ету қарастырылды. Қолданыстағы желіні және қолданыстағы құрылғыны талдау жүзеге асырылды. LTE технологиясының ерекшеліктері, LTE жүйесіндегі арналар, LTE желілері ұсынатын қызметтер спектрі толықтай зерттелді. Жобаланушы сұлба жасалды. Кеңжолақты қатынау есептеулері жүргізілді. Жобаның тиісті бизнес-жоспары жасалды. Өміртіршілік қауіпсіздігі көрсеткіштеріне есептеулер жүргізілген.

Мазмұны

Кіріспе 8
1 Телекоммуникацияның қолданыстағы желісін талдау 9
1.1 Қолданыстағы телефон желісінің сипаттамасы 9
1.2 Проблемаларды талдау 11
1.3 Сымсыз кеңжолақты қатынаудың даму үрдістері 12
1.4 Сымсыз қатынау буындары 16
1.5 Интернетке сымсыз қатынау тәсілдері 18
1.6 Радиоқатынау желілеріне қойылатын талаптар 21
1.7 LTE технологиясының даму кезеңі 22
1.8 LTE технологиясының артықшылықтары 25
1.9 Міндеттің қойылуы 26
2 LTE-Advanced технологиясын сипаттау 26
2.1 Ұлттық акпараттық супер магистраль (ҰАСМ) 26
2.2 Кеңжолақты мобильдік интернет технологиясы 27
2.3 OFDM технологиясы және арналық ресурсты бөлу 31
2.4 Қатынау қабаты хаттамаларының стегі 33
2.5 LTE жүйесіндегі арналар 34
2.6 LTE технологиясының ерекшеліктері 37
2.7 LTE желілері ұсынатын қызметтер спектрі 39
2.8 Жабдық таңдау 39
2.9 Жобаға техникалық шешім 42
3 Кеңжолақты қатынау есептеулері 43
3.1 Абоненттер санын есептеу 43
3.2 LTE желісі үшін қамту аймағын есептеу 48
3.3 OFDM модуляциясының тиімділігі 51
3.4 Жүйені күшейту коэффициентін есептеу 54
3.5 Код тиімділігін бағалау 57
3.6 ОК учаскесіндегі қосынды өшуді анықтау 59
3.7 **Байланыс арнасында шығындарды есептеу моделі** 60
4 Өміртіршілігінің қауіпсіздігі 61
4.1 ЭСМ жұмыс істеуде оператор еңбегінің қауіпсіздігі 61
4.2 Жасанды жарықтандыруды есептеу 62
4.3 Өрт қауіпсіздігі 65
4.4 Қорғаныстық жерге қосуды есептеу 67
5 Бизнес жоспар 70
5.1 Жоба мақсаты мен міндеттері 70
5.2 Жабдық сипаттамасы 70
5.3 Даму жоспары 71
5.4 Іргелі салынымдарды есептеу 72
5.5 Жылдық пайдалану шығындарын есептеу 73
5.6 Табыстарды есептеу 74
5.7 Өтілім мерзімін есептеу 76

5.8 Дисконттауы ескере отырып, жұмыс тиімділігін есептеу 77
Қорытынды 80
Қысқартулар тізімі 81
Әдебиеттер тізімі 83
Қосымша А Плагиат туралы анықтама
Қосымша Б Дипломдық жұмыс электрондық нұсқасы және көрсетуге арналған бейне материалдар
Қосымша Г Үлестірім материалдары (А4 пішімі – бет)

Кіріспе

Телекоммуникацияның қарқынды дамуы жергілікті және жаһандық желілерге, интернетке, жоғары анық теледидар, виртуалды жеке желілер, телеконференциялар қызметіне жылдам қатынауға мұқтаж пайдаланушылар санының өсуіне әкеліп соқтырды.

Бұл мәселелерді шешудің әртүрлі нұсқалары бар. Мысты парларды коаксиальды немесе талшықты-оптикалық кабельдермен ауыстыру ең батыл шешім болар еді, бірақ ол үлкен капиталды салымдарды және желілер ұзақтығын күшейтуді талап етеді. Сондықтан, әлемдік тәжірибеде жаңа кабельдерді тартуды талап етпейтін екі әдісті қолдану жөн деп саналды. Біріншісі, ескі кабель жолдарын пайдаланумен байланысты, ал екіншісі сымсыз қатынауды ұйымдастыруға негізделген.

Радиоқатынауды жеке кабельдік тарату желілері жоқ операторлар пайдаланады. Ол абоненттер тығыздығы бір шаршы километрге, әдетте 2-10 абоненттен тұратындарға қатынау қиын және халық саны аз ауылдар мен таулы аудандарды телфонизациялауда да тиімді. Радиотехника - бұл сигналдарды өңдеу тәсілдерінде, оларды зерттеу және тарату әдістерінде маңызды оқиғалар болып тұратын сала.

Өмір мәселе қойды, ал инженерлік ой оны шешті. Қазіргі уақытта біздің еліміздің телекоммуникация нарығындағы олқылық туралы – LTE технологиясы негізінде байланыс желісін күшейтуді айту орынды.

LTE ұялы байланыстың 4 буынының жаңа стандарты. Бұл стандарт биттарды таратудың ең жоғарғы жылдамдығы және ұяшықтың орташа өткізу қабілеті көзқарасы бойынша бұрынғы 3G стандартымен салыстырғанда үлкен технологиялық жетілдірулерге ие.

Өткізу жолағының ені қабылдау мен таратуда 20 МГц-ке жетеді. Байланыстың азаймалы желісіндегі (DL) спектрлік тиімділік HSDPA ReL 6 қарағанда 3-4 есе артық, ал артпалы желіде (UL) HSDPA ReL 6 қарағанда 2-3 есе жоғары.

Байланыстың азаймалы арнасында тарату көп сәулелі тоқтау тұрақтылығымен және қабылдағыш архитектурасының тиімділігімен ерекшеленетін мультиплексирлеудің жалпы қабылданған сұлбасына OFDM ортогоналды жиіліктерге бөліне отырып, негізделеді.

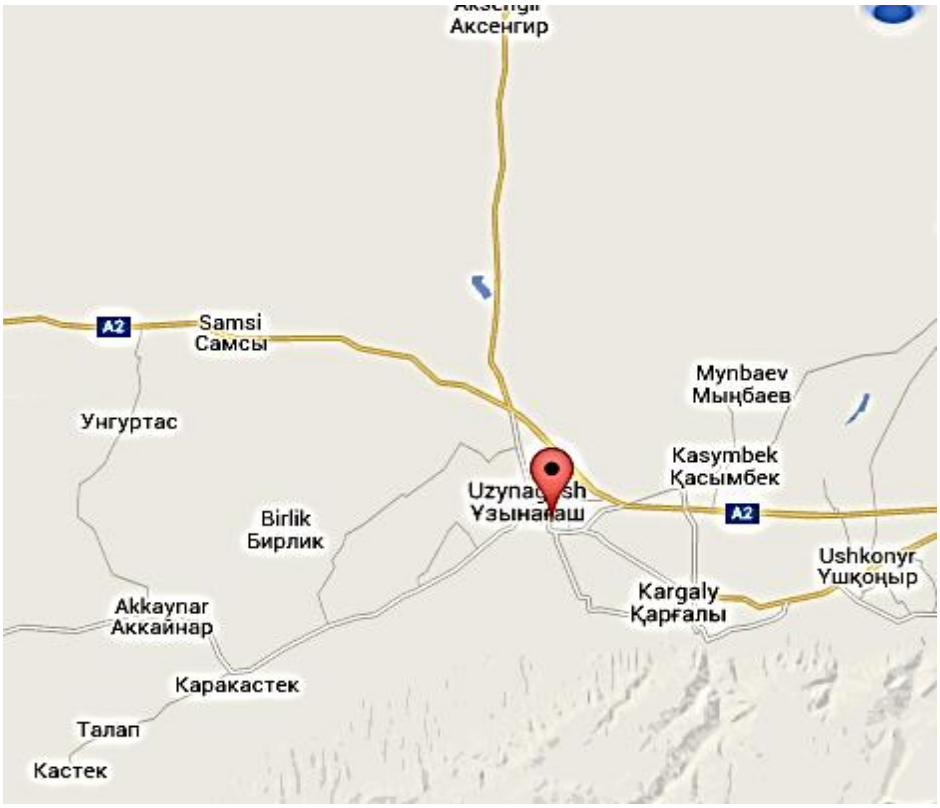
Әлемде LTE-Advanced кең жолақты сымсыз қатынау жүйесін дамыту келешегі олардың даусыз жетістіктерімен анықталады және сымсыз жүйелер DSL сандық желілік техникалық немесе экономикалық себептер бойынша қолданылмаған жағдайда, қол жетімді болады.

«Ұзынағаш аудан орталығында жоғарғы жылдамдықты Интернет желісін құру» тақырыбындағы осы жұмыста келешекті LTE технологиясы қолданыланылатын болады.

1 Телекоммуникацияның қолданыстағы желісін талдау

1.1 Қолданыстағы телефон желісінің сипаттамасы

Алматы облысы, Жамбыл ауданының әкімшілік және аудан орталығы Ұзынағаш Алматыдан 50 км қашықтықта орналасқан. Тұрғылықты халықтың 2009 жылғы жағдайы бойынша 30589 адамды құрайды (1.1-сурет).



1.1 сурет – Аудан картасы

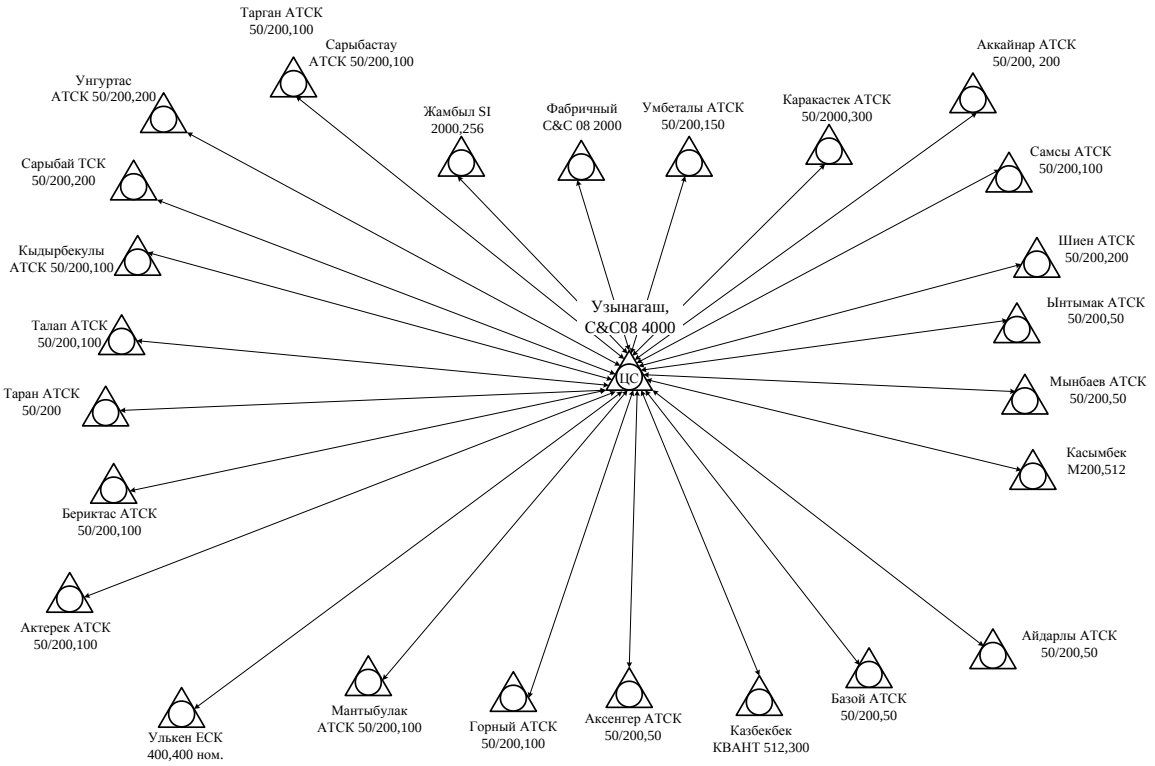
Ұзынағаш аудан орталығында 2004 жылдан бері 4000 нөмір сыйымдылығына есептелген Huiawey Technologies фирмасының C&C 08 бағдарламалық басқармасымен электронды байланыс жүйесі жұмыс істейді. C&C08 коммутациялық жүйе бүкіл әлем бойынша кеңінен қолданылады. Оны жоғары сенімділік пен үйлесімділік қана емес, сонымен бірге IP Bridge, мултисервистік қатынау моделі, жетілдірілген қызмет торабы (Enhanced Service Node)және көптеген жаңа функциялары ерекшелендіреді.

Бұдан басқа, C&C08 NGN-нің көптеген қызметтерін қолдайды, бұл бүгінгі кірістерді арттыруды және келешек жоғары талаптарға сәйкестікті қамтамыз етуге мүмкіндік жасайды. Арналар коммутациясы базасында C&C08 дәстүрлі қызметтерді ғана емес, сонымен бірге IP базасында қызметтерді қолдайды. Бұл идеалдық қосылыс жаңа технологияларды енгізуге және желінің ұзақ дамуын қамтамасыз етеді. C&C 08 қолдану байланыс операторларына қолданыстағы жабдықтардан ең үлкен кіріс алуға және өзінің желісін кеңейтуге мүмкіндік жасайды.

Пайдаланылған сыйымдылық – 3515 нөмерді, сыйымдылықты пайдалану коэффициенті – 87087 процентті құрайды. Ұзынағаш ауылының телефон желісі тікелей қоректендіруді қолданудың шкафтық жүйесі бойынша құрылған. Кабельдік кәрізде магистральды кабельдер төселген, тарату кабельдері байланыс тіректеріне ілінген. ТПП кабельдерінің типі.

Орталық станцияға 25 станция көлемінде соңғылық телефон станциялары қосылған. 25 соңғылық станциялардың тек бесеуі ғана электронды ауылдық станциялары, атап айтқанда, C&C 08, M-200, SI2000, ESK-400; квазиэлектронды жүйенің бір телефондық станциясы және 20 АТС.

Байланыс желісі ауылдық телефон желілерін құрудың радиальді принципі бойынша салынған (1.2-сурет). ОС және СС өзара әрекеттесуі әуелі және кабельдік байланыс желісі бойынша іске асырылады. Байланыс жолдары ұқсастық және сондай-ақ ИКМ-30, ИКМ-15, КНК-12, ВО-12-Е2, В-3-3, В-2-2 типтерін тығындау аппаратурасын қолдану арқылы сандық жабдықпен тығыздалған. 1.1-кестеде АТС атауы, оның тағайыны, пайдалануға енгізілген жылы, іске қосылған сыйымдылығы, байланыс желілерінің типі және олардың ұзындығы туралы ақпарат көрсетілген. Жамбыл РУТ желісінде нөмірлеудің жабық жүйесі қолданылған. Ал ОС-да нөмірлеудің бесмәнді жүйесі пайдаланылған. Соңғылық станцияларда аудан орталығына шығу «тоғыз» индексі көмегі арқылы іске асырылады. Соңғылық станцияларда қысқартылған үшмәнді нөмірлеу орындалған. ОС арнаулы қызмет торабы функцияларын орындайды және қала аралық кіру және шығу байланысында АМТС өзара әрекетті қамтамасыз етеді.



1.2 сурет – Жамбыл АТТ байланыс ұйымдастыру сұлбасы

1.1 кесте – Жамбыл АТТ ауылдық АТС бойынша мәліметтер

Тұрғылықты орын атауы	АТС типі	Пайдалануға енгізілген жылы	сыйымдылықты монтаждау	Іске қосылған сыйымдылық	АЖ типі	АЖ ұзақтығы, км
ОС Ұзынағаш	C&C 08	2004	4000	3415	-	-
СС1 Фабричный	C&C 08	2005	2000	998	ИКМ-30	20
СС2 Қарақастек	АТСК-100/2000	1984	300	289	ИКМ-15	22
СС3 Мыңбаев	М-200	2002	512	398	ИМК-30	30
СС4 Қазбекбек	Квант	2002	384	305	ВО-12-Е2	48
СС5 Жамбыл	SI-2000	2002	256	228	ИКМ-30	15
СС6 Үлкен	ESK-400	2002	400	299	ДАМА	СП
СС7 Қасымбек	АТСК-50/200	1976	200	193	ИКМ-15	14
СС8 Үңгіртас	АТСК-50/200	1985	200	188	ИКМ-15	4
СС9 Аққайнар	АТСК-50/200	1984	200	186	ИКМ-15	26
СС10 Шиен	АТСК-50/200	1976	200	200	ВО-12-Е2	36
СС11 Ақтерек	АТСК-50/200	1973	200	197	ВО-12-Е2	80,7
СС12 Үмбеталы	АТСК-50/200	1978	150	141	ИКМ-15	13,6
СС13 Талап	АТСК-50/200	1984	150	146	ИКМ-15	36
СС14 Сарыбай	АТСК-50/200	1984	100	83	ИКМ-15	12
СС15 Таран	АТСК-50/200	1975	100	95	ИКМ-15	15,6
СС16 Самсы	АТСК-50/200	1985	100	100	ИКМ-15	27,3
СС17 Сарыбастау	АТСК-50/200	1985	100	84	ИКМ-15	32,6
СС18 Беріктас	АТСК-50/200	1973	100	97	ВО-12-Е2	63,6
СС19 Тарғап	АТСК-50/200	1984	100	100	ИКМ-15	16
СС20 Мантыбулақ	АТСК-50/200	1984	100	83	ВО-12-Е2	120
СС21 Горный	АТСК-50/200	1986	100	96	ВО-12-Е2	103,6
СС22 Ынтымақ	АТСК-50/200	1983	50	41	КНК-12	48
СС23 Ақсеңгр	АТСК-50/200	1978	50	49	2 В-2-2	30
СС24 Базой	АТСК-50/200	1975	50	42	В-3-3	127
СС25 Айдарлы	АТСК-50/200	1987	50	45	ВО-12-Е2	168

1.2 Проблемаларды талдау

Соңғы уақытта деректерді жоғары жылдамдықпен тарату қызметі ұжымдық клиенттер, сондай-ақ жеке тұлғалар ортасында өте қажетті болып табылауда.

Ұзынағаш аудан орталығында Интернетке қатынаудың негізгі тәсілі xDSL сымды технология негізінде орындалған, ал телефон желісіне

қосылмаған ауыл тұрғындарында сымды қатынаудан басқа байланыс жүйесі жоқ.

Ұзынағаш аудан орталығында телекоммуникация желісінің дамыған инфрақұрылымы салынған, бірақ соған қарамастан пайдаланушылар деректерді жоғары жылдамықта тарату қызметін ұсыну бойынша телекоммуникацияның қазіргі қызметіне көңілдері толмайтыны туралы өтініштер бар, ал пайдаланылатын xDSL технологиясы желінің дамыған инфрақұрылымында ғана болуы мүмкін. Қаланың инфрақұрылым желісі дамымаған жағдайда, байланыс сымсыз кең жолақты қатынау базасында ғана мүмкін болады.

1.3 Сымсыз кеңжолақты қатынаудың даму үрістері

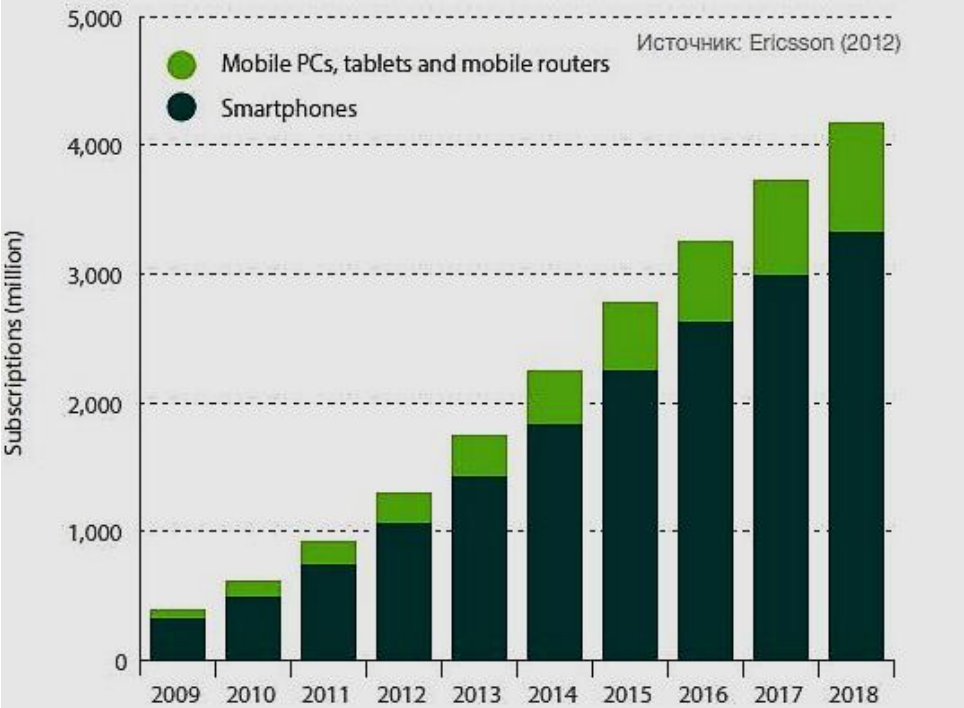
Қазіргі кең жолақты сымсыз желілерді дамыту ерекшелігі мультистандартты абоненттік құрылғылардың санын арттыру мен радиоқатынау технологияларының түрлілігі болып табылады, бұл әр түрлі технологияларды бір желіге кіріктіруге, яғни гетерогендік (бір текті емес) сымсыз желіні қалыптастыруға мүмкіндік жасайды.

Мұндай желі оған жүктелетін қамту зонасы радиоқатынаудың әртүрлі технологиялары сегменттерінен тұрады. Бұл желінің өткізу қабілетін арттыруға және оның қамту аймағын кеңейтуге, ал пайдаланушылар үшін сапасы жақсы және бағасы төмен қызметті ұсынуға мүмкіндік береді. Олар конвергентті тірек желілерінен және операторлардың әртүрлі желілері арасындағы түрлі қатынау технологиясы мен роумингінің қозғалысы уақытнда IP негізінде (соның ішінде дыбыс, бейне, мултимедия және деректер) қызметтер ұсыну үшін сымсыз қатынаудың бірнеше желілерінен тұрады.

Гетерогендік желілер тиімділігін арттыру үшін әртүрлі жиілік диапазондар, технологиялар мен территориялық аумақтар арасындағы ресурстарды қарқынды қайта тарату тетіктері өте маңызды. Мысалы,жүктеме тәулік уақыты мен қызмет көрсету аумағына байланысты өзгеріп отыратыны белгілі. Осыған сәйкес ресурстарды әртүрлі аумақтарға қызмет көрсететін контроллерлер арасында тарату қажет. мұндай «икемділік» алдыңғы буын желілеріндегі жүктеменің жағдайынына байланысты өте тиімді болады, мысалы 2G (Generation) төмендей бастайды, сонда LTE (Long-Term Evolution) жаңа жүйелері көбірек іске қосылатын болады.

Мұндай міндетті сондай-ақ, ad-hoc мобильдік желісі шеше алады (сенсорлық желілер, mech-желісі, MANET желісі). Сымсыз сенсорлық желілер – қоршаған орта жағдайларының физикалық күйін және қызметін бірлесіп байқау үшін сенсорлықты пайдаланатын кеңістікті таратылған автономды құрылғылардан тұратын желілер.

Бүгінгі күнде мобильдік байланыс операторлары бүкіл әлем бойынша таратылатын деректер көлемінің жылдам өсуін бекітеді, олар барлық жаңа қосымшалар мен сервистерге қолайлы қатынауды қамтамасыз ететін смартфондар мен планшетті компьютерлердің танымалдығы айналымын жинақтауға негізделген (1.3-сурет) [1].



1.3 сурет – Қатынаудың сымды және сымсыз желілеріндегі өткізу қабілетінің өсуі

ABI Research деректеріне сәйкес – Оңтүстік Корейде, АҚШ-та және Жапонияда LTE желілеріндегі абоненттер саны WiMAX пайдаланушыларының санын арттырды.

LTE үшін жұмыс ауқымының кестесе 3400 МГц жоғары диапазондарды да қосады. Тағы бір жағдай WiMAX2 енгізудің қандайда біріне қарсы болуы мүмкін.

Bell Labs болжамы бойынша мобильдік желілердегі деректер трафигі 2010 жылдан 2015 жыл ішінде, яғни бес жылда - 30 есеге өсті. Әлемнің көптеген елдеріне мобильдік қатынаудың абоненттер саны бекітілген қатынаудың абоненттер санынан артты.

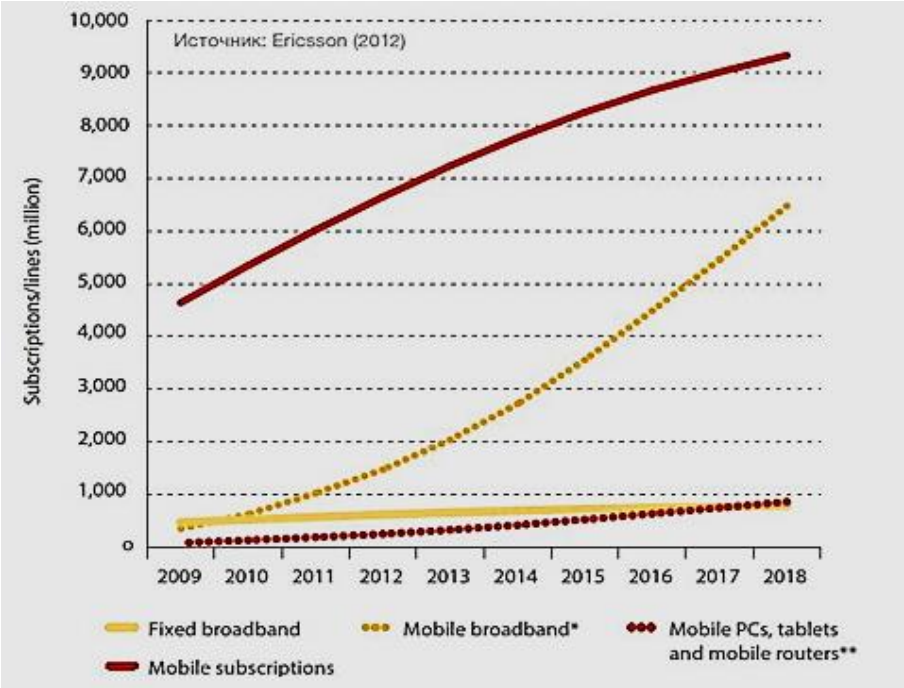
Интернетке кеңжолақты сымсыз қатынау нарығының өсуінің жоғары қарқыны қатынаудың жоғары жылдамдығына, бекітілген байланыстың жүктемесіне және үнемділігіне деген жоғары сұранысымен шартталған.

Мобильдік және бекітілген кең жолақты қатынаудың, сондай-ақ тұтастай және планшеттер мен роутерлер арқылы мобильдік қосылулардың даму қарқыны, динамикасы (1.4-сурет) көрсетілген.

Мұндай қарқын бірнеше факторлармен түсіндіріледі:

- смартфондар, планшеттер нарығының дамуы есебінен абонеттер мобилизациясының өсуі;

- абоненттер үшін онлайн-қосымшаларын әзірлеуде Интернет қызметін жеткізушілер келісінің өзгеруі.



1.4 сурет – Желілерге бекітілген және мобильдік кең жолақты қатынауды қосу қарқыны (динамикасы), 2020 жылға дейінгі болжам

Мобильдік телекоммуникацияның әлемдік нарығын дамытудың қазіргі жағдайы:

- 2015 ж. басында мобильдік байланыс абоненттерінің жалпы саны 6,9 млрд қосылыстарды құрайтын 3,9 млрд адамдармен бағаланды. Кеңжолақты мобильдік қосылыстар саны – 2,4 млрд.;
- болжам бойынша 2020 ж. абоненттердің жалпы саны әлемде 6,1 млрд, жетеді, олардың 3,1 млрд – LTE желісінің абоненттері, 2,3 млрд – HSPA желісінің абоненттері;
- 2015-2020 жж. бес жылда 3G/4G желілері бойынша таратылатын бейнетрафиктің жалпы көлемі 440 Экзабайтқа дейін өседі.

Ұялы радиобайланыс жүйелерінің өткізу қабілетін арттыру проблемасы төртінші буынның (4G) ұялы жүйелері деп аталатындарды құруға келтірді. Бастапқыда тек дыбыс деректерін таратуға, яғни мобильдік телефонияға бағдарланған алдыңғы үшінші буынның (3G) ұялы байланысынан ерекшелігі 4G байланыс жүйесі әмбебап кез келген типті деректерді таратуға бағдарланған. Ақпараттарды абоненттердің көп санына бір уақытта тарату жылдамдығы мен сенімділігін арттыру үшін 4G жүйелерінде OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) ортогональді жиілікті бөліністермен қатынау және MIMO (Multiple Input Multiple Output – таратқышта, яғни байланыс арнасының кірісінде көптеген антенналармен және қабылдағышта, яғни байланыс арнасының шығысында көптеген антенналармен байланыс жүйесін білдіреді) көп элементті қабылдау-тарататын бейімделген антенналы торларда сигналдарды кеңістікті-уақытша өңдеу технологиясы қолданылады. Сөйтіп, төртінші буынның ұялы

радиобайланысы жүйелерінің ерекшелігі MIMO-OFDMA технологияларын қолдану болып табылады. MIMO-OFDMA байланыс жүйесінің мысалы ретінде E-UTRA (Evolved Universal Terrestrial Radio Access) жерленген радиоқатынаудың жаймаланған әмбебап жүйесін, LTE Advanced (LTE-A) атымен белгілі Release-10/11, сондай-ақ WiMAX-Advanced сияқты белгілі WirelessMAN-Advanced (IEEE 802.16m) радиобайланыстың ұялы байланысын келтіруге болады.

LTE стандарты OFDM технологиясын қолдануға негізделген. Бұл стандарттың негізгі сипаттамалары: деректерді жоғары жылдамдықта тарату мүмкіндігі (бастапқы бағыты үшін 1 Гбит/с тұтастық мәні), 350 км/с жылдамдыққа дейін қозғалатын абоненттермен жұмыс істеу мүмкіндігі, сигнал жолағын масштабтау мүмкіндігі (1.4, 3, 5, 15, 15, 20 МГц), мұнда 10 релизден 5 тасымалдаушыға дейін агрегациялау қолдау табаы, бұл 100 Мгц және т.б. сигнал жолағы бар жүйесін құру мүмкіндігін ұсынады. Осы ерекшеліктер LTE стандартын мобильдік байланыс жүйелерін дамытудың келешекті бағыты болады, ал осы саладағы зерттеулер өзекті және қажетті болып табылады.

4-буын жүйесін әзірлеуде келесі мақсаттар көзделді:

- шектелген радиожиілікті ресурстарды максималды тиімді қолдану;
- деректерді мегабайтта тарату құнын елеулі төмендететін жалпақ all-IP желісінің архитектурасы;
- таратудың жаңа технологиялары бар жаңа радио интерфейс.

Әлемдік мобильдік конгресстің 2015 ж. деректеріне сәйкес әлемде 700 және 1800 МГц, 800 МГц диапазондарында 364 LTE коммерциялық желісі жұмыс істейді; қазіргі уақытта 2,3 және 3,5 ГГц LTE абонеттерінің 30% астамы АҚШ және Қытау территориясында жұмыс істейді.

Қазір бейне қызмет трафигінің көлемі операторлардың бағалауы бойынша 4G желілерінде YouTube қызетінің 33%, таза бейненің, сондай-ақ M2M желілеріндегі бейнебақылаудың (Video Surviliance) 34% қосқанда трафиктің жалпы көлемі 66-дан 75% дейінгі пайызды құрайды. Бұдан басқа, 2020 ж. дейін мобильдік операторлар желісіне қосылған M2M саны CAGR = 45% көрсеткішімен артатын болады және 2,1 млрд. қосылыстарға дейін жетеді. M2M қызметінің жаппай өсуін (Massive M2M) ескере отырып, 4G және 5G желілеріндегі базалық дыбыс қызметтері де артатын болады. Болжамдар, коммуналдық қызметтер сегментіндегі M2M қызметін көрсетудің жыл сайынғы кірістері 2017 жылы – 28 млрд Евроға дейінгі шыңына жететінін көрсетеді. 4 G желілерімен салыстыру бойынша 5G желілеріндегі спектрлік тиімділігін арттыру 2-3 есеге жететін болады, мұнда қатынаудың ортогональдік әдістері мен ортогональдік сигналдарының қолданылмайтыны ескеріледі.

1.4 Сымсыз қатынау буындары

1G бірінші буын жүйелері аналогтық болды және тек дауыстарды тарату үшін ғана тағайындалды.

Бұл жүйелер шағын абоненттік сыйымдылыққа есептелді және олар жабық, яғни үйлесімсіз әртүрлі өндірушілер жүйелері қатарында болды. Арналарды жиілікті бөлуді (FDMA) қолданды және дыбыстарды төмен сапада тараттты, сондай-ақ жиіліктің бөлінген жолақтарын тиімсіз пайдаланды.

2G екінші буын жүйелері байланыс сенімділігін күшейтетін цифрланған дыбыстарды берді және 14,4 кбит/с дейінгі тарату жылдамдығын арттырды, сондай-ақ SMS (Short Message Service) шағын мәтіндік хабарламалармен алмасуға мүмкіндік берді.

GSM 900, CDMA, PDC, GSM 1800 технологиялары пайда болды. Сандық мобильдік желілердің және сандық мобильдік байланыстың тууы жүйе сыйымдылығын , сондай-ақ дауыс таратудың сапасын елеулі арттырды.

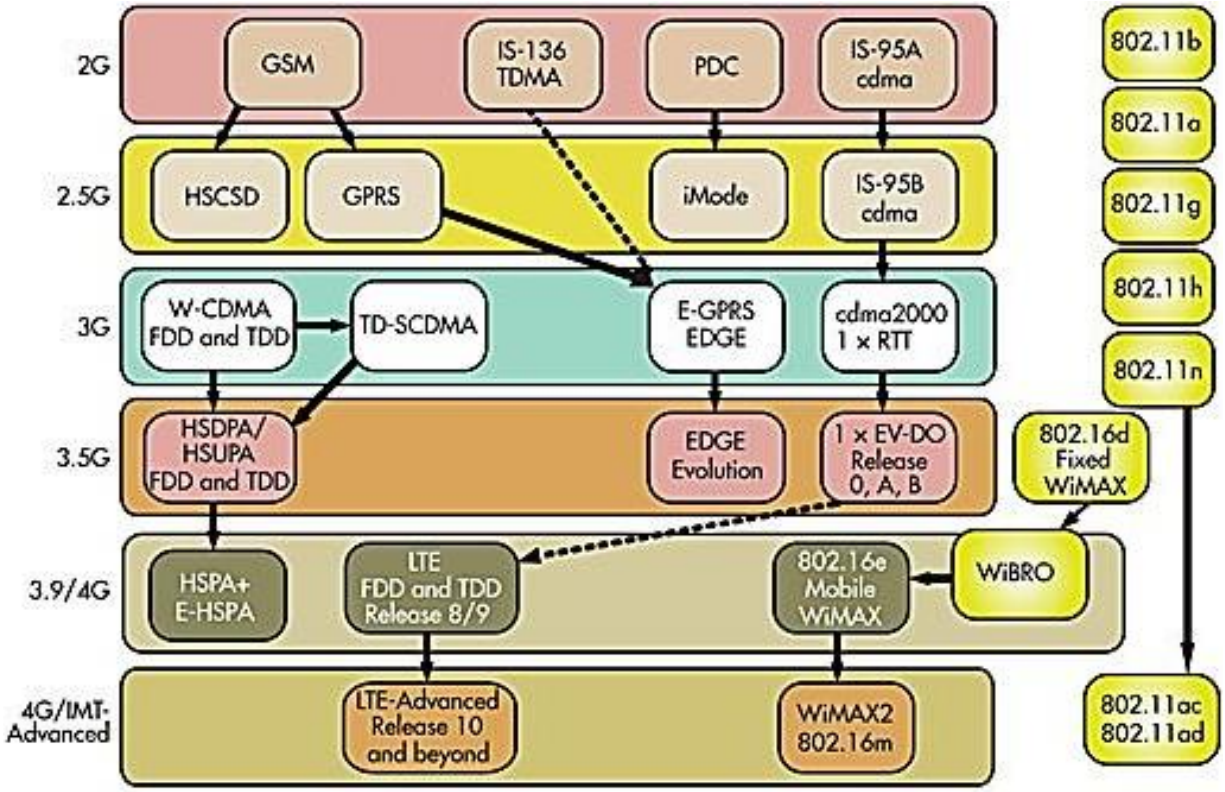
2,5G жүйелері – бұл өтпелі кезең жүйелері, олардың пайда болу шарттары деректерді таратудың үлкен ресурсына қажеттілік болды. 2,5G жүйелерінің пайда болуының негізгі идеясы пайдаланушыға қалған ресурстардан қосымша арналардың деректерін тарату болып табылады. Бірақ, 2,5G технологияларына құрылған желілер мультимедиялы қосымшаларды (мобильдік теледидар, сұраныс бойыша бейне және т.б.) пайдалану үшін жеткілікті өткізу қабілетін қамтамасыз ете алмайды.

2,5G жүйелері ұсынатын қызметтер: телефон байланысы (сандық тарату); конференция; ұзын SMS қабылдау/жіберу; дыбыстарды, суреттерді қабылдау/жіберу; факстерді қабылдау/жіберу; дыбыстық хабарлама; Интернет; клиенттің орналасқан орнына негізделген қызметтер; мобильдік банкинг; радио/MP3 плеер, караоке; мульти ойындар.

3G жүйесін әзірлеуде негізінен GSM желісі үшін алынған техникалық шешімдер пайдаланылды. HDSPA (High Speed Downlink Packet Access) және HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) технологияларының деректерін таратудың азаймалы (абонентке) және артпалы (базалық станцияға) өткізу қабілетін арттыру технологиялары әзірленді [2].

3G жүйелері ұсынатын қызметтер: телефон байланысы (сандық тарату), бейнетелефон; аудио-бейне конференциялар; SMS қабылдау/жіберу; дыбыстарды, суреттерді қабылдау/жіберу; факстерді қабылдау/жіберу; дыбыстық хабарлама; бейне пошта; Интернетке жоғары жылдамдықта қатынау; клиенттің орналасқан орнына негізделген қызметтер; мобильдік банкинг; радио/MP3 плеер, караоке; мульти ойындар, TV/Бейне плеер, қашықталған медицина диагностикасы, оқыту, автомобильдік қозғалыс, қалалық қозғалыс.

2G, 3G, 3,5G, 3,9G, 4G буындары бойынша сымсыз технологиялар (1.5–сурет).



1.5 сурет – Сымсыз қатынау технологиясының буындары

Мобильдік байланыстың 3G негізгі идеясы дауыс жүктемесінің артуы деректерді тарату жылдамдығына әсер етпейтін эфирдегі дауыстар мен деректерді таратуды ұйымдастыру болып табылады.

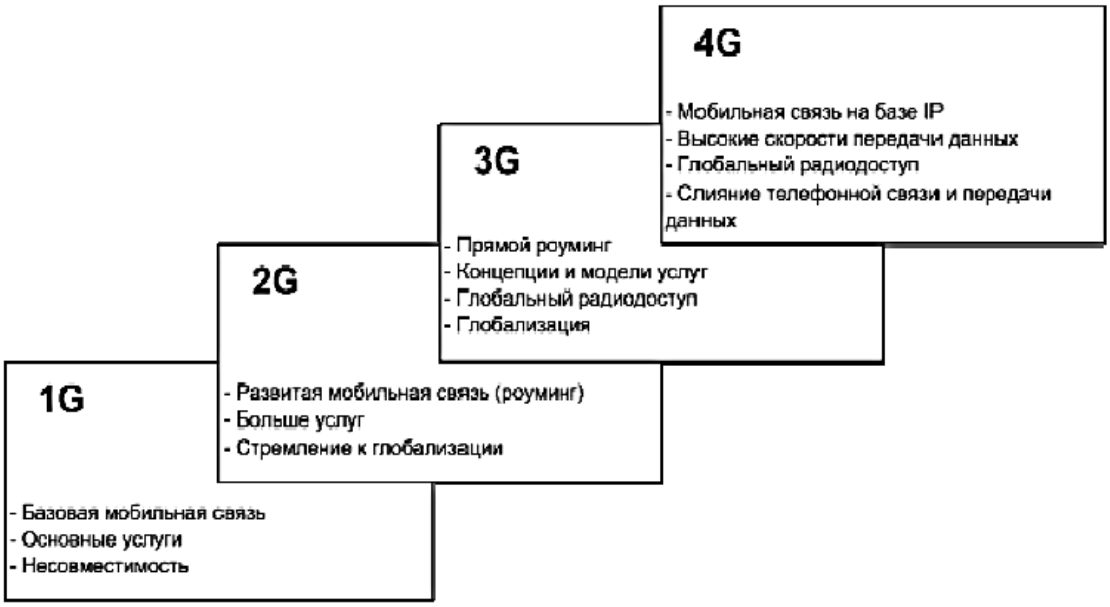
WiMax (IEEE 802.16-2004) технологиясы қамту зонасының көлемі, жылдам әрекет бойынша сенімдерді ақтамады, қазіргі сәтте 802.16d және 802.16e стандартты қолданылады.

LTE (Rel.8) әзірлеу мақсаттарының ішінде келесілерді бөледі:

- спектрлі тиімділікті елеулі арттыруды 5 бит/с/Гц дейін жеткізу, бір жиілікті арнасы жолағының ені 20 МГц болғанда 100 Мбит/с дейін «төмен» желісінде өткізу қабілетін арттыру, 350 км/сағ. жылдамдыққа дейін қозғалатын абоненттер үшін қосылуларды қолдау, MIMO көп антенналық жүйелерді қолдау.

LTE әзірлеу 4G желілеріне өту процесінде маңызды кезең болып табылады.

Ағымдағы уақытта 4G желілеріне соңғы бекітілген 3GPP Release 10 (2011 ж. наурыз) LTE Advanced және WiMax- Advanced релизі жатады (IEEE 802.16m. көрсетілген талаптарда 4G желілерінде азаймалы радиарнада 1000 Мбитс, артпалыда - бит/с дейінгі деректерді таратудың ең көп өткізу жылдамдығы қамтамасыз етіледі (1.6 сурет).



1.6 сурет– Буындар ерекшеліктері

1.5 Интернетке сымсыз қатынау тәсілдері

Қазіргі уақытта Интернетке сымсыз қатынаудың келесі тәсілдері белгілі:

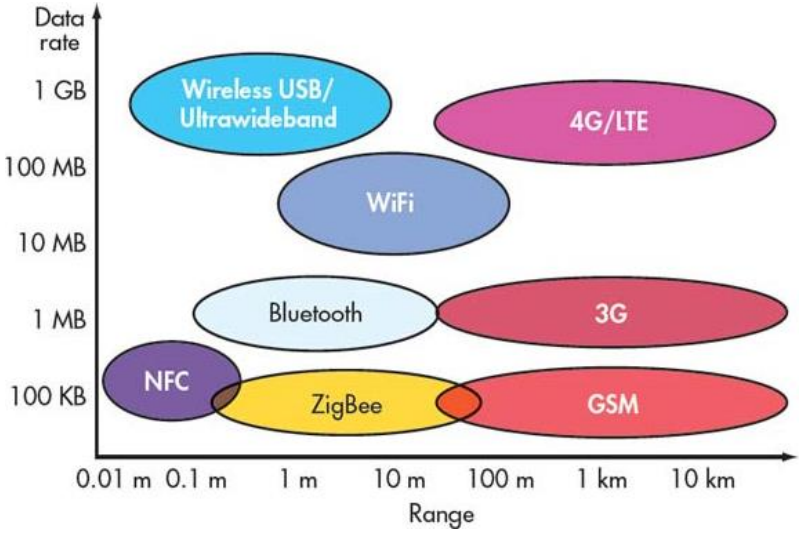
- Интернетке жерсеріктік қатынау немесе жерсеріктік Интернет (DirecPC, Europe Online). Интернетке жерсеріктік қатынау екі түрлі болады – ассиметриялық және симметриялық (жерсеріктік компьютерді пайдаланушының деректермен алмасуы екіжақты және пайдаланушы сұраныстары жерсеріктік оператор серверіне кез келген жерленген қосылыстар арқылы беріледі, ал сервер пайдаланушыға деректерді жерсеріктік арқылы жібереді). Деректерді қабылдаудың ең жоғарғы жылдамдығы 52,5 Мбит/с жетеді (шынайы орташа жылдамдығы 3 Мбит/с);

- соңғы милдің сымсыз технологиялары (WiFi, WiMax, LTE, RadioEthernet, MMDS, LMDS, Мобильдік GPRS – Интернет, Мобильдік CDMA – Internet);

- WiFi (Wireless Fidelity – деректерді сымсыз дәл тарату) – Интернет желісіне кеңжолақты қатынау технолгиясы. Соңғы абонент үшін деректерді тарату жылдамдығы 54 Мбит/с дейін жетеді. Олардың әрекет ету радиусы 50-70 метрден аспайды. Қатынаудың сымсыз нүктелері пәтер немесе ірі қалалардың қоғамдық орындары шегінде қолданылады. Wi-Fi контроллері бар кафе немесе ресторанға келушілердің ноутбугы немесе қалталық дербес компьютері бар болса, Интернетке жылдам қатынай алады;

- WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), WiFi ұқсас – Интернетке кең жолақты қатынау технологиясы. WiMAX радиоқатынаудың дәстүрлі технологиялардан айырмашылығы базалық станцияның тікелей көрілімінен тыс сәулеленген сигналда жұмыс істей алады. Сарапшылар WiMAX мобильдік желісі корпоративтік тапсырыс берушілерге арналған бекітілген WiMAX-қа қарағанда пайдаланушылар үшін айтарлықтай

қызықты келешектер ашады. Ақпараттарды 50 км дейінгі қашықтыққа 70 Мбит/с дейінгі жылдамдықпен жіберуге болады (1.7-сурет);



1.7 сурет – Сымсыз технологиялар мүмкіндіктері

- LTE мобильдік байланыстың 4-буынының жаңа стандарты. Бұл стандарт алдыңғы 3G стандартымен салыстырғанда ұяшықтың орташа өткізу қабілеті мен биттарді таратудың шектік жылдамдығы көзқарасынша үлкен технологиялық жетілдірілген;

- RadioEthernet – Интенетке кең жолақты қатынау технологиясы, белсенді пайдаланушылар арасында бөлінетін деректерді 1-ден 11 Мбит/с дейінгі жылдамдықта таратуды қамтамасыз етеді. RadioEthernet-арнасында жұмыс істеу үшін абоненттік нүктелердің антенналары арасында тікелей көрілім болуы қажет. Әрекет ету радиусы 30км;

- MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System). Бұл жүйелер территорияларға 50-60 км радиусында қызмет көрсетуге қабілетті, бұл ретте оператор таратқышының тікелей көрілімі міндетті болмайды. Деректерді таратудың орташа кепілденген жылдамдығы 500 кбит/с – 1 Мбит/с құрайды, бірақ бір арнаға 56 Мбит/с дейін қамтамасыз етуге болады;

- LMDS (Local Multipoint Distribution System) –бұл бекітілген абоненттер үшін ақпараттарды сымсыз таратудың ұялы желісінің стандарты. Жүйе ұялы принцип бойынша құрылады, бір базалық станция бірнеше километр (10 км дейін) радиус ауданын қамти алады және бірнеше мың абоненттерді қоса алады. БС өздері бір бірімен байланыстың жоғары жылдамдықты жер бетілік арналарымен немесе радиоарналармен (RadioEthernet)біріктіріледі. Деректертерді тарату жылдамдығы 45 Мбит/с дейін;

- Мобильді GPRS – Интернет. GPRS көмегімен «Мобильдік Интернет» қызметін пайдалану үшін GPRS модеммен және компьютермен енгізілген телефон болуы қажет. GPRS технологиясы 114 кбит/с дейінгі жылдамдықта деректерді тарауды қамтамасыз етеді. GPRS технологиясын пайдалануда

Интернетке қосылу уақыты емес, берілген жіне алынған ақпараттың қосынды көлемі тарифтеледі. Сіз HTML-беттерін көре аласыз, файлдарды қайта жүктей аласыз, электронды поштамен және Интернеттің кез келген басқа ресурстарымен жұмыс істей аласыз. GPRS технологиясы – бұл GSM желісінің жетілдірілген базасы немесе GSM стандартының желісі үшін пакеттік коммутация хаттамасы. EDGE GSM/GPRS желілерін дамыту жалғасы болып табылады. EDGE технологиясы (жақсартылған GPRS немесе EGPRS) GPRS қарағанда (скорость до 200 Кбит/сек) деректерді таратудың жоғары жылдамдығын қамтамасыз етеді. EDGE (2,5 G) – бұл 3G технологиясына алғашқы қадам;

- NFC (Near field communication, «жақын өріс коммуникакациясы») –10 снатиметрге жуық қашықтықта орналасқан құрылғылар арасындағы деректермен алмасу мүмкіндігін беретін әрекет етудың шағын радиусының сымсыз жоғары жиілікті байланысының технологиясы; 2004 жылы анонсталған. Бұл технология – интерфейстерді смарт-картаға және есептеуішке бір құрылғыда біріктіретін түйіспесіз карталардың (ISO 14443) кеңейтілген қарапайым стандарты. NFC құрылғысы қолданыстағы карталармен, ISO 14443 стандарты есептеуіштерімен, NFC басқа құрылғыларымен байланыс жасай алады және қоғамдық көлікте және төлемді жүйелерде қолданылатын қолданыстағы түйіспесіз карталар инфроқұрылымымен сәйкестендіріледі. NFC ең алдымен сандық мобильдік құрылғыларда пайдалануға бағытталған.

CDMA стандартының желісі – бұл стационарлық және мобильдік байланыс, сондай-ақ жылдамдықты мобильдік интернет.

CDMA технологиясы көмегімен «Мобильдік Интернет» қызметін пайдалану үшін CDMA – модемі немесе CDMA модемі мен компьютері енгізілген телефоны болуы қажет. CDMA технологиясы EV-DO Revision 0 технологиясы бойынша деректерді таратудың 153 кбит/с немесе 2400 кбит/с дейінгі жылдамдығын қамтамасыз етеді.

4G жататын жүйелердің салыстырмалы талдауын орындайық (1.2-кесте)

1.2 кесте – 4G жүйелерінің салыстырмалы талдауы

№	Параметр	LTE	WiMAX
1	Жиілік, ГГц	2	2,5
2	Дуплекс	FDD и TDD	FDD и TDD
3	DL	OFDMA	OFDMA
4	UL	SC-FDMA	OFDMA
5	Мобильділікті қолдау, км/ч	До 250	До 130 (рел.2–до 500)
6	Фрейм мөлшері, мс	1	5

1.2-кестенің жалғасы

№	Параметр	LTE	WiMAX				
7	Арна (жолақ ені), МГц	2x20	2x20				
8	Базалық станция антеннасы	DL:2x2, 2x4, 4x2, 4x4 UL:1x2, 1x4, 2x2, 2x4	DL:2x2, 2x4,4x2, 4x4 UL:1x2, 1x4,2x2, 2x4				
9	Модуляция	64QAM-5/6	64QAM-5/6	64QAM	64QAM-5/6		
10	DL-дегі шектік жылдамдық, Мбит/с	117	226	144	277	144,6	289
11	Терминал антенналары	-	-	1x2	1x2	1x2	
12	Модуляция	-	-	64QAM	64QAM	64QAM-5/6	
13	UL шектік жылдамдық, Мбит/с	-	-	50,4	75	69,1	

1.6 Радиоқатынау желілеріне қойылатын талаптар

Мультимедия сигналдарын және деректер таратудың үздіксіз өсуімен байланысты байланыс желілері әртүрлі және жоғарғы сапалы мультимедиялық қызметтерді қамтамасыз етуі қажет.

Кеңжолақты радиоқатынау желісіне қойылатын талаптар:

- соңғылық станция абоненттік жиынтығымен және пайдаланушы терминал арасындағы учаскедегі хабарларды екітарапты тасымалдауды қамтамасыз ету;

- қосылыстарды тағайындау және ажырату үшін қажетті сигналдық ақпаратпен алмасу;

- соңғылық станцияның терминал байланысы сенімділігін және ақпаратты тарату сапасының берілген көрсетіштерін қолдау болып табылады.

Қатынау желісімен орындалатын функциялардың елеулі өзгерістерімен шартталған себептері элетрбайланыстың барлық жүйелерінің дамуының басты тенденцияларына жатады:

- байланыс желісіне қатысты итеграция, телекоммуникациялық қызметтер, пайдалану процестері және т.б.;

- электрбайланысың жаңа технологияларын пайдалану арқылы зияткерліктеу;

- нақты адамға электр байланыс құралдарын барынша «жақындатуға» бағдарланған дербестеу;

- абоненттік қатынау желісінің өткізу қабілетін елеулі арттыруды жасайтын бейнеақпаратпен алмасу бойынша қызметтерді қолдау.

Бұл жобада түйінді үрдістердің бірі желіге қосылатын клиенттердің қатынау үшін бақылауды қамтамасыз ету болып табылады. Қатынау деп стандарттық модельдің екінші және үшінші деңгейлеріндегі құрылғылардың СПЕ-мен байланысы түсіндіріледі [3].

Бұл талаптар келесілерге саяды:

- ешбір қызметтерге қосылмаған авторизацияланған пайдаланушылар тек қызметті таңдау серверіне қатынауға ие болады;

- қызметтердің біріне қосылған авторизацияланған пайдаланушы сол қызметке қосылған басқа да SSG-пайдаланушыларымен бірге сәйкесті сервис/қызметтер ресурстарына және қызметтерді таңдау серверіне қатынауға ие болады; Бұл жағдайда осындай екі пайдаланушылар арасындағы маршруттау сыртқы маршрутизатор/сәйкесті оператор/қызмет арқылы орындалады;

- әртүрлі сервистерге авторизацияланған пайдаланушыларды қосуда түрлі адрестік кеңістікті пайдалануы қажет.

Басқа қосылулар болмаған жағдайда, корпоративтік пайдаланушылар топтары (L2 VLAN) тек қана өзінің жабық желісі пайдаланушыларына және реусурстарына қатынау болады. Сымсыз сегмент құпиялылығының қажетті деңгейі қолданыстағы шифрлау технологияларын пайдалану есебінен қамтамасыз етіледі.

1.7 LTE технологиясының даму кезеңі

LTE технологиясы 4G байланыстары сапасында уақытпен бекітілген, ол біздің еліміздегі танымалдау 3G мобильдік желілерін шығарады. LTE мобильдік деректерді тарату қызметінде адамдардың өскелең қажеттілігінің проблемасын жаппай шешуге арналған.

Әлем бойынша пайдаланушылар Интернетті сымдарға және нақты орынға байланбай, еркін пайдаланғысы келеді, ал бұл контексте «еркін» сөзі жылдан жылға желіге қатынаудың жоғары жылдамдығына қол жеткізу дегенді білдіреді. Адамдар көбіне мобильдік интернет арқылы бейнелер көргісі және әлеуметтік желілерде түсірілген кадрлармен жеке бөліскісі келетіндіктен олар үшін жылдамдық өте маңызды, ұялы байланыс абоненттері файлдармен жергілікті алмасу мүмкіндігін қажетсінеді және олардың өте жылдам орындалуына талап қояды.

Бұдан басқа LTE оған дейін технологиялар баяу болғандықтан, тұрақты сымды және сымсыз интернеттің көпшілігі үшін әдеттегілер арасындағы айырымды белгісіз етеді. Егер таяу уақытта қатынау сапасы бойынша қайсысы сымды немесе сымсыз байланыс екенін анықтауда LTE технологиясының қосылысы пайдаланылады.

LTE көптеген сервистерге кең жол ашады, оның көмегі арқылы адамдар емес құрылғылар ақпаратпен алмасады, олар сіздің машинада орнатылған фотоаппараттар, бақылау бейнекамералары, таратқыштар.

Тіпті бекітілген дауыстық байланыс, мобильдік байланыс қазіргі өз түрінде жұмыс жасауын тоқтатуы мүмкін, себебі дауыстық қатынау сымсыз интернет базасындағы сервистердің бірі ғана болып қалады. LTE әлеуеттік мүмкіндіктері тек қана мобильдік деңгейде емес байланыстың әмбебап технологиясы ретіндегі стандартқа жеткізуі мүмкін.

LTE технологиясы туралы айтар болсақ, онда бұл 3G (CDMA және UMTS) ұялы байланыс желілерінің негізгі даму бағыты болады. бұл жетілдіру жылдамдықты, деректерді тарату тиімділігін арттырады, бөгеуілдерді азайтады, көрсетілген қызметтерді кеңейтеді және жақсартады, сондай-ақ қолданыстағы хаттамалармен сәйкестене алады. Жылдың қаңтарында мобильдік байланыстың келешекті стандартын әзірлейтін Third Generation Partnership Project (3GPP) халықаралық бірлестігі мобильдік байланыстың кеңжолақты желісінің UMTS стандартынан кейін LTEны бекітті. Теорияда 3GPP LTE стандарты бойынша деректерді тарату жылдамдығы қабылдауда 326,4 Мбит/с және таратуда 172,8 Мбит/с жетеді. Стандартта қабылдауға 173 Мбит/с, ал таратуға 58 мбит/с белгіленген.

LTE базалық станциясының әрекет ету радиусы пайдаланылатын жиіліктер мен қуатқа байланысты әртүрлі болады. Оңтайлы жағдайда бұл 5 км жобасында болуы мүмкін, бірақ қажет жағдайда әрекет ету қашықтығы 30 км немесе тіпті 100 км (антеннаны жеткілікті биіктеткенде) құрауы мүмкін.

LTE қамту зонасындағы әспеттелген деректерді тарату сеансы немесе қоңырауы техникалық түрде үзіліссіз 3G (W-CDMA, CDMA2000) немесе GSM/GPRS/EDGE желілеріне берілуі мүмкін. Сөйтіп, LTE желілерінің дамуы GSM операторларының дамыған желілерінде болуы мүмкін.

2012 жылы 3GPP Radio Access Networks жұмыс тобының төрағасы, NTT DoCoMo Radio System Design Group директоры Такехиро Накамура LTE Advanced технологиясының келешектік зерттеу нәтижелерін жариялады, бұл мобильдік желілерді дамытуда жаңа сатылар ұсынады.

Дауыстарды LTE желілерінде тарату үшін VoLTE (Voice over LTE) стандарты әзірленді.

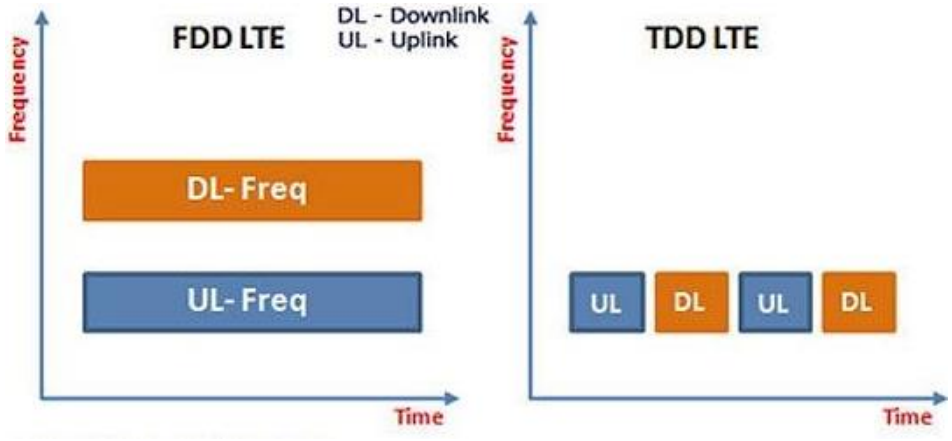
LTE стандарты FDD (Frequency Division Duplex) жиіліктік және TDD (Time Division Duplex) уақытша арналарды бөлумен орындалады, яғни FDD – бұл параллелді, ал TDD – жүйелі LTE. Мысалы, 20 Мгц арнасындағы ендікте FDD LTE диапазонының бөлігі (15 МГц) жүктеме (download) үшін, ал қалған (5 МГц) бөлігі түсіру үшін беріледі (1.7-сурет).

Сөйтіп, арналар жиіліктер бойынша қиылыспайды, бұл деректерді жүктеу және түсіру үшін біруақытта және тұрақты жұмыс істейтін болады.

Сол арна TDD LTE-де 20 МГц-пен жүктеуге және түсіруге толық беріледі, ал деректер осы және басқа бағытқа кезекпен таратылады, бұл ретте жүктеу басым болады.

Тұтас алғанда, FDD LTE тиімді, себебі ол жылдам және тұрақты жұмыс істей алады [4].

Телекоммуникацияның халықаралық одағы 4G технологиясын сымсыз коммутация технологиясы ретінде анықтайды, олар екі мобильдік құрылғылар арасында деректер таратудың қабылдағыш немесе қозғалыс көзінің жағдайында 1 Гбит/с дейінгі және деректер алмасу жағдайында 100 мбит/с дейінгі жылдамдыққа қол жеткізуге мүмкіндік береді.

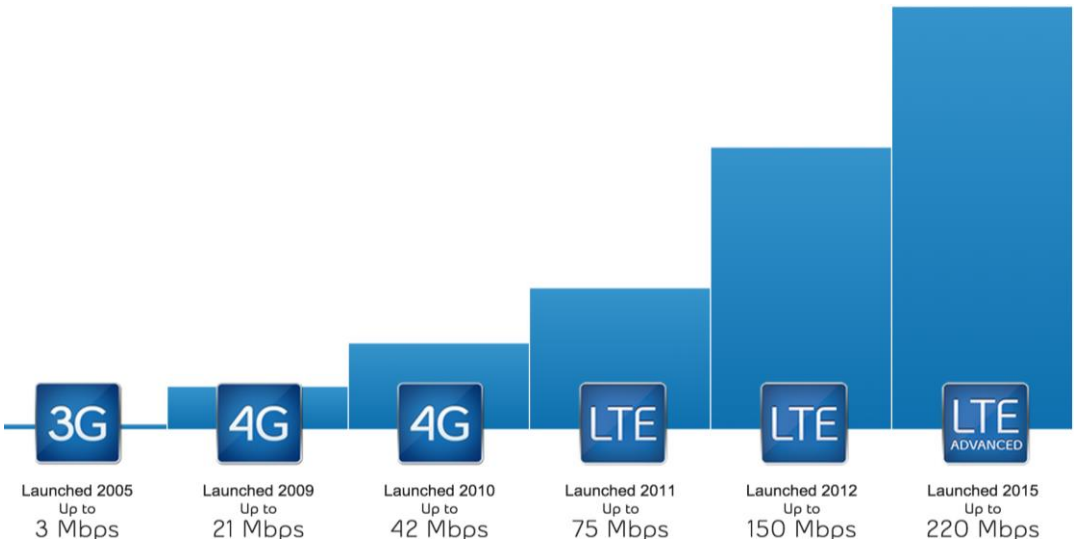


1.7 сурет – LTE арналарды бөлу

Деректерді 4G-да жіберу IPv6 хаттамасы бойынша да орындалады (6 нұсқаның IP).

Осы ерекшелікте деректерді тарату жылдамдығы абонентке жолдауда 1 Гбит/с, ал абоненттен жолдауда 500 Мбит/с құрайды.

DoCoMo желісінде жасалған тәжірибелер LTE Advanced-тің жоғары өнімділігін растады, оның автомобиль қозғалысында тығыз қалалық кептеліс жағдайында төменге 600 Мбит/с және жоғарыға 200 мбит/с жылдамдығын көрсетті (1.8-сурет).



1.8 сурет – LTE технологиясын дамыту кезеңі

LTE Advanced –LTE желілерінің келесі буыны, мобильдік байланыстың төртінші буыны. «Базалық» LTE-ден деректерді таратудың жоғары жылдамдығымен және бірнеше диапазон бойынша бір және сол сигналдарды тарату мүмкіндігімен ерекшеленеді. Сондай-ақ, бұл желілер үшін сигналды тек абонент тарабына жібере алатын бағытталған антенналар әзірленген. LTE Advanced - бір құрылғының екіншісі арқылы желіге шығуын ретрансляциялау мүмкіндігін қолдайды. LTE-Advanced технологиясы – бұл әлемдегі ең жылдам мобильдік интернет.

1.3-кестеде сымсыз технологиялардың салыстырмалы талдауы көрсетілген.

1.3 кесте – Сымсыз технологиялардың салыстырмалы талдауы

Параметрлер		Release 8 LTE	LTE-Advanced	IMT-Advanced target
Тарату жылдамдығы, Мбит/с	DL	300	1000	1000
	UL	75	500	
Спектрлік тиімділік, бит/с/Гц	DL	15 (4x4) MIMO	30 (up to 8x8) MIMO	15 (4x4) MIMO
	UL	3,75 (64QAM SISO)	15 (up to 4x4) MIMO	6,75(2x4) MIMO)

4G төртінші буын желісінің алдыңғы үшінші буыннан басты ерекшелігі бұл технология деректерді таратудың пакеттік хаттамаларына негізделген, сондай-ақ 3G арналар коммутациясы режімінде дауыстық трафикті және деректер пакетін таратуды қосады.

LTE үш негізгі технологияларда негізделеді:

- ортогоналды тасымалдаушы OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) арқылы мультиплексирлеу;
- MIMO (Multiple Input Multiple Output) көпантенналы жүйелер;
- желінің даму жүйелік архитектурасы (System Architecture Evolution).

LTE-де өткізу жолағының ені 1,4-тен 20 МГц-ге (бұрынғы деректер бойынша 1,25 МГц-тен) дейін өзгеруі мүмкін, ол өткізудің түрлі жолақтары бар байланыс операторларының әртүрлі талаптарын қанағаттандыруға мүмкіндік береді.

Бұл ретте LTE жабдығы кемі 200 белсенді қосылыстарды бір уақытта қолдауы қажет.

1.8 LTE технологиясының артықшылықтары

LTE технологиясының артықшылықтары:

- ұсынылатын қызметтер құнын азайту;
- сымсыз желілерде деректерді тарату жылдамдығын арттыру;
- өз абоненттеріне қызметтің көп спектрін ұсыну мүмкіндігі;

- қолданыста бар жүйелерді қолдану икемділігін арттыру;
- қосымшаларды ұялы желілердің ең маңызды проблемаларының бірі – QoS-тың әртүрлі талаптарымен бір уақытта қолдау;
- спектр тапшылығын ескере отырып, жоғары спектрлік тиімділікпен әзірленген жаңа кеңжолақты жүйелер.

1.9 Міндеттің қойылуы

Аудан шегінде деректерді жоғары жылдамдықпен тарату қызметтерінің ұйымдастыру міндеттерін шеші үшін:
- LTE технологиясына сәйкес кеңжолақты сымсыз қатынауды ұйымдастыру сұлбасын әзірлеу;
- сымсыз қатынау жабдығын таңдауды іске асыру;
- желіге базалық станцияны қосу;
- қажетті радиоқатынау жабдығын және коммутациялық жабдықты жасаудың қажетті есебін шығару;
- арналардың талап етілетін саны бағасының есебін шығару;
- бизнес-жоспар құру;
- өміртіршілігі қауіпсіздігі мәселелерін қарау.

2 LTE-Advanced технологиясын сипаттау

2.1 Ұлттық ақпараттық супер магистраль (ҰАСМ)

ҚР он жылдан астам уақытта ҰАСМ негізінде пакеттік магистраль жұмыс істейді, оның негізінде бастапқыда Астана және 2012 ж. Алматы қалаларында іске қосылған LTE-мен өзара байланыс іске асырылады.

Қазіргі уақытта 4G 6 облыс орталықтарында және тағы 27 ірі тұрғылықты пунктерде қол жетімді. Бүгінде LTE желілеріне қатынау мүмкіндігі жобамен Қазақстан халқының 23% бар (2.1-сурет) [5].

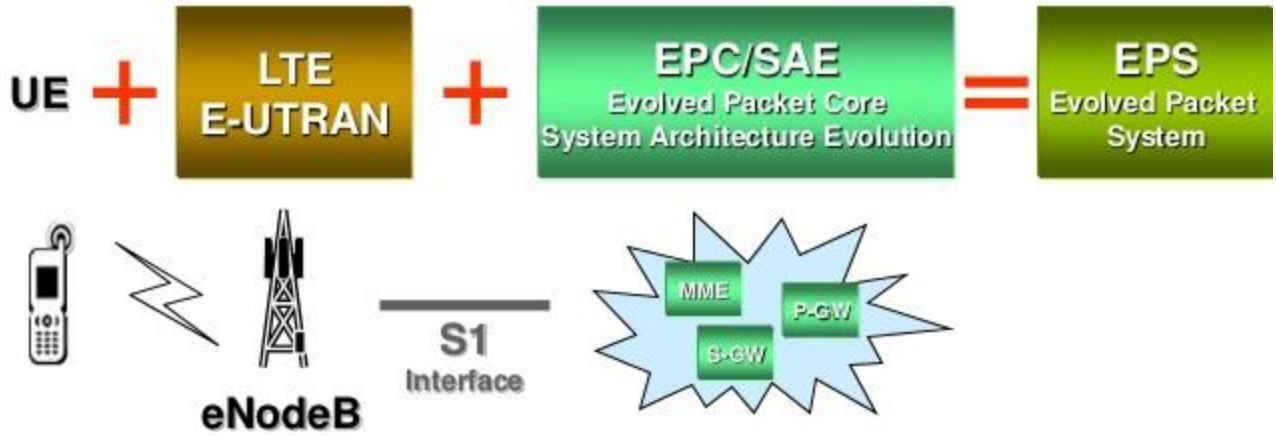
2.1 сурет – ҚР LTE дамуы

2.2 Кеңжолақты мобильдік интернет технологиясы

3GPP (3G PartnershipProject) консорциумымен 4G-ға ұсынылатын талаптарға жауап беретін LTE технологиясы стандартталған. LTE OFDM-модуляциясы (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) негізінде 25 МГц дейінгі өткізу жолағының масштабталған енін және азаймалы арнадағы төрт тарату антенналарына дейінгі кеңістіктік мультиплексирлеу және бағыттау диаграммасын қалыптастыруды қарастыратын бірнеше антенналармен жетілдірілген таратуды қолдайтын технологияны ұсынады.

LTE желісі екі маңызды компоненттерден тұрады (2.2-сурет):

- E-UTRAN радиоқатынау желісі;
- SAE (System Architecture Evolution) немесе EPC (Evolved Packet Core Network) базалық желілері.



2.2 сурет – LTE желісінің екі маңызды жүйелері

LTE желісінде толық және үзік сызықтармен көрсетілген трафиктің екі түрі бар:

- пайдалану деректерін тарату (UP – User Plane);
- сигнал ақпараттарын тарату (CP – Control Plane).

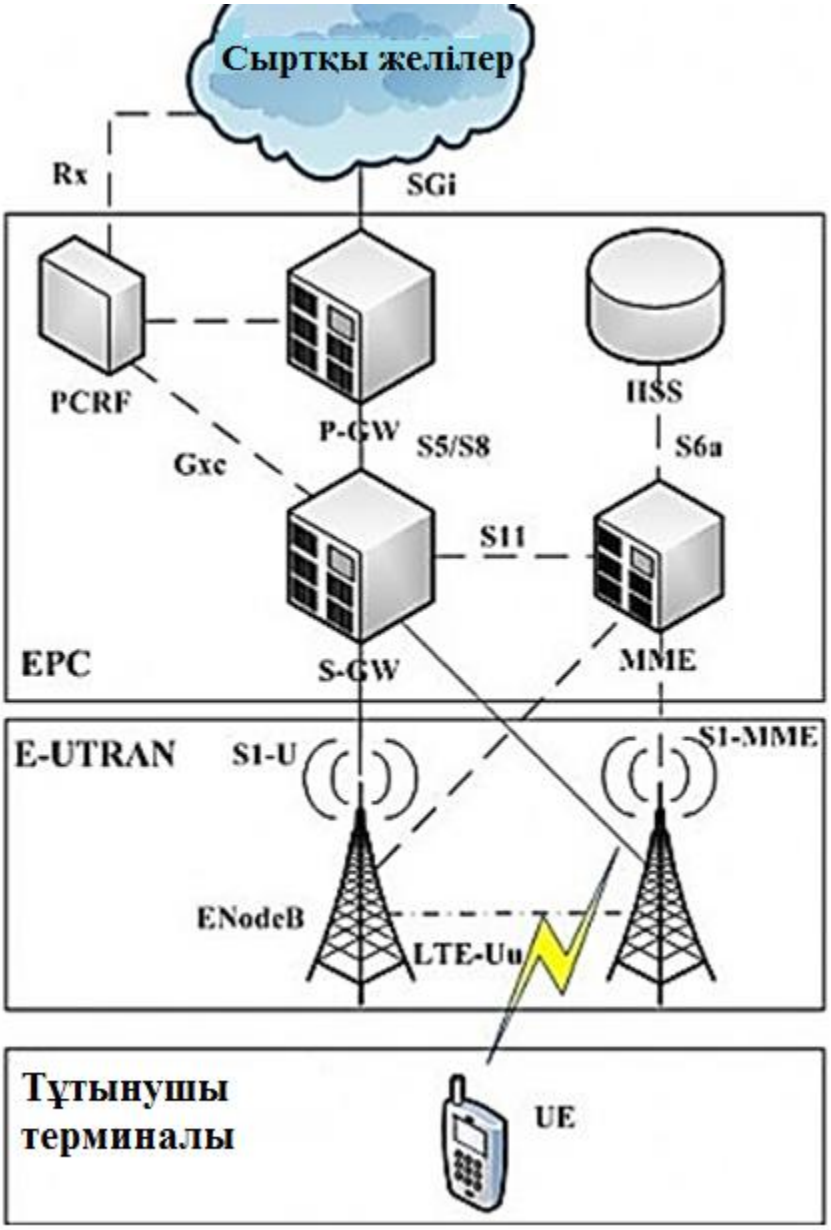
S1 интерфейсі деректерді S-GW-мен таратуды және MME арқылы сигналдауды қолдайды. Базалық станция (БС) eNodeB бірнеше S-GW қосылыстары болуы мүмкін.

X2 интерфейстері көршілес БСарасындағы хэндоверлерді ұйымдастыру үшін, соның ішінде олардың арасындағы жүктемені теңестіруде қолданылады. Бұл жағдайда интерфейстер логикалық болуы мүмкін, яғни оларды ұйымдастыру үшін eNodeB арасындағы шынайы физикалық қосылыс міндетті емес.

Алдыңғы бірнеше буындармен салыстырғанда мұндай архитектураның негізгі жетістігі аралық элементтердің аз саны арқылы өтуіне байланысты басқарушы ақпаратты және пайдалану деректерін таратуда аз кідірістері болып табылады.

EPC желісіндегі деректермен алмасу IP пакеттер коммутациясы хаттамасымен жүреді. Бұл жағдай LTE желісін алдыңғы буындар желілерінен

елеулі ерекшелендіреді, себебі оларда жекелеген элементтер арасында арналар коммутациясы пайдаланылды. Бұл желіге әртүрлі деректерді сақтауға, коммутациялауға, маршруттауға және басқаруға жауап беретін элементтер жатады (2.3 – сурет).



2.2 сурет – Жүйеде жүретін трафиктер

Базалық (eNodeB) станциядан тұратын E-UTRAN желілері өзіне радио интерфейсі функциясын алады және пайдалану терминалы (UE) мен EPC желісі арасындағы байланыстырушы бөлігі болып табылады. Басқа буын желілерінен ерекшеленетін LTE желісінің негізгі айырмашылығы eNodeB базалық станциясының X2 хаттамасы бойынша өзара ақпараттармен алмаса алатындығында және олар басқару функциясын жүзеге асыра алады. GSM

стандартына қарағанда мұнда BSS базалық станция қосалқы жүйесі BTS базалық қабылдаутаратқышынан және BSC базалық станция контроллерінен тұрады, LTE желісінде eNodeB бір элементінде таратқыш және контроллер функциясы біріктірілген [6].

Базалық станция (БС, eNodeB) LTE желісінде келесі функцияларды орындайды:

- RRM (Radio Resource Management) радио ресурстарымен басқару – азаймалы және артпалы бағыттарда радиоарналарды бөлу, ресурстарды динамикалық бөлу (ресурстарды диспетчерлеу, scheduling);
- пайдалану терминалын желіге қосу барысында бұрынғы қосылыс туралы ақпарат болмаған жағдайда мобильділікті басқару блогын (MME) таңдау;
- мобильділікті басқару және диспетчерлеу үшін сәйкесті есептерді өлшеу және құру;
- қызмет көрсетілетін шлюз (S-GW) бағыты бойынша деректер пакетінің пайдалану жазықтығын маршруттау;
- мобильділікті басқару блогынан (MME) алынған шақырылмалы және таратпалы ақпаратты диспетчерлеу және тарату;
- мобильділікті басқару блогынан (MME) алынған PWS (Public Warning System, қауіпті хабарлау жүйесі) хабарламасын диспетчерлеу және тарату;
- IP-пакетттерінің тақырыптарын сығындау, пайдалану деректер ағынын шифрлау.

MME (Mobility Management Entity) мобилділік басқару торабы – бұл LTE желісіндегі негізгі басқарушы элемент. Ол тек қана басқару функциясын орындайды және пайдаланушылар деректерімен жұмыс істемейді. NAS (Non Access Stratum) қатынау деңгейінен тыс сигналдау хаттамасы арқылы UE – мен тікелей байланысы бар және келесі функцияларды орындайды:

- EPC және UE желілері арасындағы сигналдау;
- егер хэндовер әртүрлі желілер арасында орындалса, сигналдау;
- P- GW және S- GW таңдау;
- 2G немесе 3G желілерінде хэндовер іске асырылған жағдайда SGSN таңдау;
- роуминг;
- сигналдауды заңды ұстау;
- аутентификациялау: MME желісінде UE тіркеу барысында оның нақтылығын тексеру үшін оның тұрақты тіркеу нөмірін HSS (Home Subscription Server) деректер базасында бар нөмірмен салыстырады;
- желінің басқа элементтеріне интерфейстерде арналармен басқару.

Қызмет көрсететін S-GW (Serving Gateway) шлюзі – базалық станциялардың қосалқы жүйлерінен түсетін пакеттік деректерді өңдеу және маршруттау үшін тағайындалған. SGW пайдалану деректерімен пакеттерді маршруттайды және бағытаттайды, сонымен бірге 3GPP басқа технологиялары желілерімен және LTE желісі арасындағы басқару торабы

ретінде базалық станциялар (eNodeB) арасындағы хэндоверде пайдалану деректері үшінмобильділік (mobility anchor) басқару торабы рөлін атқарады.

UE бос және шақырылмаған уақытта S-GW DL (DownLink) деректерінің азаймалы арнасын қосады және егер деректерді UE бағытында DL бойынша тарату талап етілсе, онда пейджингті жүргізеді. Ол UE жағдайын сақтайды және басқарады (мысалы, желілік маршруттау бойынша ішкі ақпарат, IP сервистері үшін өткізу қабілеті бойынша талаптар). Ол сондай-ақ заңдастырылған ұстап алуда пайдалану деректерін ұсынады.

S-GW келесі функциялардың орындалуы үшін жауап береді:

- хэндовердегі дербес орналасу жерінде байлам нүстесін таңдау (Local Mobility Anchor);
- күту режімінде тұрған UE үшін арналған азаймалы бағыттарда деректер пакеттерін буферизациялау және қызмет сұранысы амалын инициализациялау;
- пайдалану ақпараттарын рұқсат етілген ұстап алу;
- деректер пакетін қайта бағыттау және маршруттау;
- PCRF-ға түрлі оқиғаларды жөнелту (қосылудың бастауы, қосылудың аяқталуы);
- тарифтеу үшін пайдаланушылардың есепке алу жазбасын және қызмет көрсету сапасы класын сәйкестендіруді қалыптастыру;
- абоненттерді тарифтеу.

PGW (Packet Data Network Gateway) пакетті шлюз – UE-ден деректердің сыртқы пакеттік желілерге қосылысын қамтамасыз етеді, олар UE үшін трафиктің кіріс және шығыс нүктесі болып табылады. UE бір уақытта бірнеше желілерге қосылу үшін бірнеше P-GW қосылыстарына ие болуы мүмкін. PGW әр пайдаланушы үшін пакеттерді қорғау, сүзгілеу, биллингті, көрсетілген ұстап қалуларды қолдау және пакеттерді іріктеу функцияларын орындайды. P-GW-дің басқа да маңызды рөлі WiMAX және 3GPP2 (CDMA 1X и EvDO) сияқты 3GPP және 3GPP емес технологиялары арасындағы мобильділік торабын басқару болып табылады.

P-GW келесі функцияларды орындайды:

- пайдаланушылар пакеттерін сүзгілеу;
- пайдалану ақпараттардың санкцияланған ұстап қалуы;
- UE үшін IP-адрестерін бөлу;
- азаймалы бағытта тасымалдау деңгейіндегі пакеттерді таңбалау;
- қызметтерді тарифтеу, оларды сұрыптау.

Сондай-ақ, PCRF (Policy and Charging Rules Function) - Policy Function (саясатты басқару) абоненттеріне шоттарды ұсыну торабы 2 функцияға бөлінуі мүмкін: шлюзді бақылау (gating control) және сапа бақылау. Шлюзді бақылауда (gating control) пайдалануға берілудің басталуы, параметрлерді өзгерту, пайдалануға берілудің аяқталуы сияқты қызметтер уақытында және қатесіз орындалады. Сапаны басқару үзіліссіз мониторингтен және дауыстық қосылыстар үшін ғана емес пакеттік сессиялар үшін де ұсынылған қызметтер сапасы сипаттарының берілген абоненттік параметрлерін қолдаудан тұрады.

Charging Function (төлем есептеу басқармасы) міндетті түрде on-line тарифін қарастырады, яғни абонент пен оператор шынайы уақытта төлем жағдайын бақылай алады.

PCRF төлемді есептеудің бірнеше модельдерін қолдауы қажет: ұсынылған қызмет көлемі бойынша, жұмсалған уақыт қызметі бойынша, қызмет көрсету фактісі бойынша, сондай-ақ аралас модельдер. PCRF тіпті абонент операторы желісінің шегінен тыс болса да жоғары көрсетілген функцияларды орындауы қажет.

HSS (Home Subscriber Server) желісінің абоненттік деректері сервері – деректердің үлкен базасы түрінде болады және абоненттер туралы деректерді сақтау үшін тағайындалған. HSS 2G және 3G желілерінде пайдаланылған (VLR, HLR, AUC, EIR) регистрлерін тіркеуін нақтылығында алмастырады.

HSS келесі ақпараттарды сақтау үшін қызмет етеді:

- пайдалану иденификаторларын, нөмірлерін және адрестік ақпаратты;
- абоненттер қауіпсіздігі деректерін: желіге қатынауды бақылауд үшін ақпарттар, аутентификациялау және авторизациялау;
- абоненттің желіаралық деңгейдегі орналасуы туралы ақпарат, яғни егер абонент LTE операторының ағымдағы желісін тастаса да, онда HSS-те кіріс қоңырау жағдайында оны іздеу үшін оның қандай желіге өткені туралы ақпарат сақталады;
- абоненттің кескіні туралы ақпарат.

Шифрлау, аутентификациялау және т.б. амалдарын орындау үшін қажетті деректерді түрлендіреді. LTE желісі бір немесе бірнеше HSS қоса алады. HSS саны желінің географиялық құрылымына және абоненттер санына байланысты.

2.3 OFDM технологиясы және арналық ресурсты бөлу

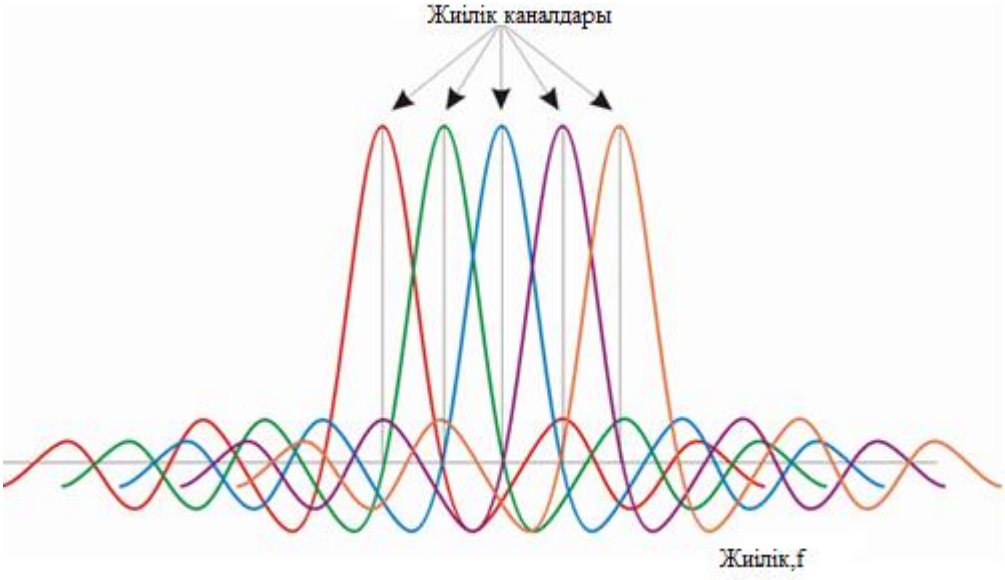
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) технологиясы – ортогоналдық жиіліктік тіркеу жоғары жылдамдықты радио арналарда символ аралық интерференцияны болдырмау үшін пайдаланылады. Сандық ақпараттық сигналдардың n ақпараттық символын бір тасымалдаушы жиілікте жіберудің орнына оларды радио арна жолағында орналасқан n тасымалдаушы жиіліктерінде бір уақытта жібереді. Символдар арасына қорғаныстық аралықтар енгізеді, себебі олар радиотолқынды символдардың кешігуінен көпсәулелі таралуында келесілерге сырғымау үшін қажет болады.

Байланыс арнасы бойынша ақпарттық символдарды тарату кешендік сандарды таратуды ұсынады.

Байланыстың азаймалы арнасында тарату OFDM модуляциясында іске асырылады [7].

E-UTRAN азаймалы арнасында QPSK, 16QAM және 64QAM модуляцияларының сұлбалары пайдаланылуы мүмкін.

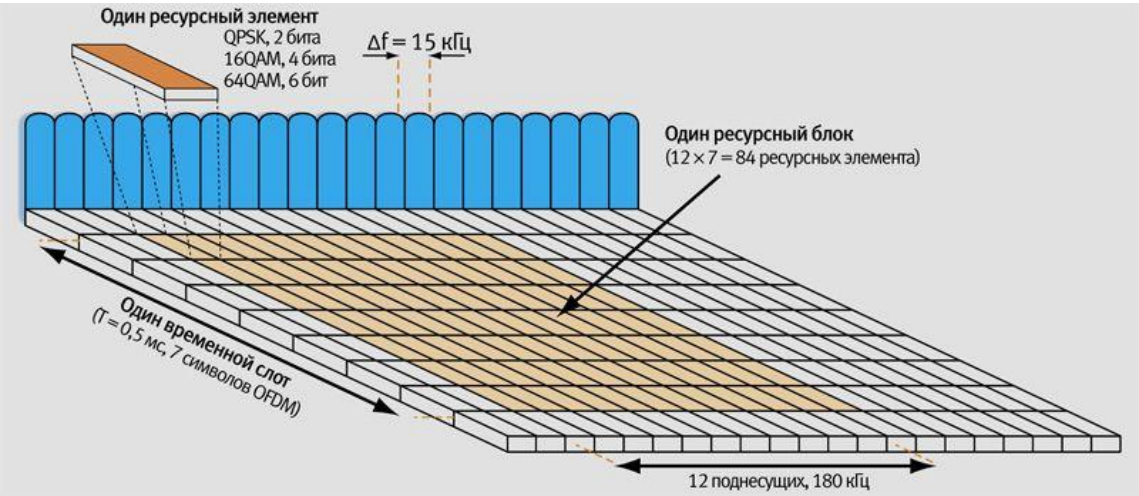
Тәжірибеде OFDM-сигналы Фурьенің (ОБПФ) кері тез пайда болуы арқылы түрлендіріле алады (2.3-сурет).



2.3 сурет – OFDM Модуляциясы

LTE азаймалы арнасының базистік физикалық ресурсы жиіліктік-уақыттық тор ретінді ұсынылуы мүмкін (2.4-сурет). Жиіліктік салада тасымалдаушылар арасындағы аралық 15 кГц құрайды.

OFDM-символы ресурстық блоктарға топталады. Он екі тасымалдауыштар бір ресурстық блок құрайды. Оның толық мөлшері жиіліктік салада 180 кГц құрайды, ал уақытында – 0,5 мс. Осындай бір блок 84 ресурстық элементтерден тұрады (12 тасымалдаушы x7 OFDM-символы). Әр элемент QPSK, 4 бита – 16QAM және 6 бит – 64QAM модуляциясы сұлбасында 2 бит тасымалдайды.



2.4 сурет – LTE азаймалы арнасының физикалық ресурстары

OFDMA сұлбасы көптеген пайдаланушылардың өткізу жолағына қатынауын қамтамасыз етеді. Онда олардың әрқайсысына жиіліктік-уақыттық торда ресурстық блоктардың кейбір саны бөлінеді. Пайдаланушы

осы блоктарды көбірек алса және қолданылатын модуляция сұлбасы тиімдірек болса, онда биттарды тарату жылдамдығы соғұрлым жоғары болады.

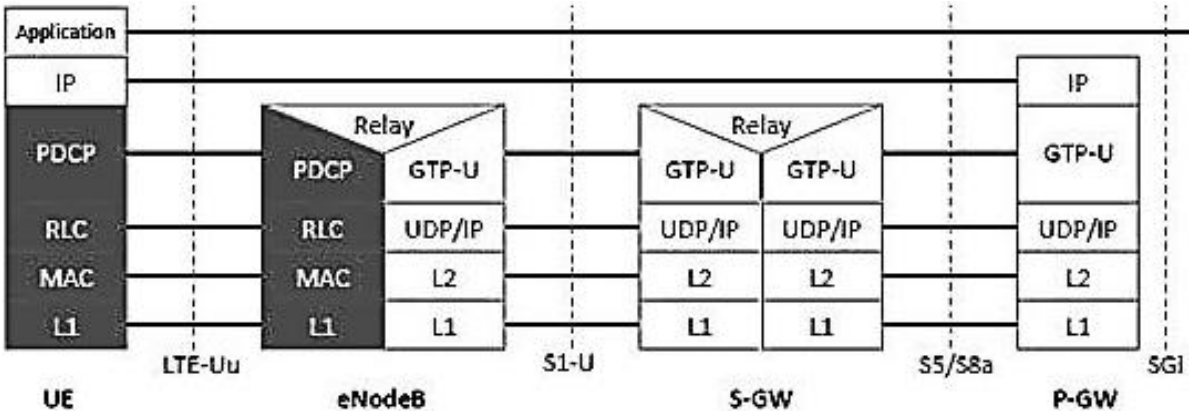
Пайдаланушы берілген нүктеде қандай және қанша ресурстық блоктарды алса, жиіліктік және уақыттық салаларда жетілдірілген жоспарлау механизміне тәуелді болады. Соңғы ресурстарды жоспарлауда әр милисекунд есептеледі, ол жиіліктік блокта 180 кГц,ал уақытта – 1 мс құрайтын екі ресурстық блокты анықтайды.

LTE- де жоспарлау механизмдері HSPA-да қолданылатындарға ұқсас, және радио орталығының әртүрлі жағдайларында түрлі сервистер өнімділігін оңтайландыруға мүмкіндік жасайды. Егер OFDMA азаймалы арнада LTE талаптарын қанағаттандыру үшін оңтайлы сұлба түрінде ұсынылса, онда оның қасиеттері артпалылар үшін осындай дәрежеде жарамды емес. Ең басытысы OFDM-сигналы үшін шектік қуаттың орташаға нашар қатынасынан туындайды, олар қамтудың аз радиусына соқтырады. Сондықтан LTE тарату сұлбасы артпалы арнада FDMA-ға циклдік префиксті бір тасымалдаушысымен (Single Carrier FDMA, SC-FDMA) негізделеді. SC-FDMA-ны таңдаудың негізгі мақсаты FDMA-мен салыстыру бойынша шектік және орта қуаттың жақсы қатынасынан тұрады. Бұған қуаттың энергиятұтынуын күшейту және желіге талапты азайту тәсілімен ресурстық блоктарды топтастыру есебінен қол жеткізіледі.

LTE-да жиіліктік (FDD) және уақыт (TDD) бойынша бөлінген дуплекстік сұлбалар пайдаланылуы мүмкін. Бірінші жағдайда азаймалы және артпалы ағындар әртүрлі жиіліктік арналарда орналастырылады, онда екінші жағдайда уақыттық салада артпалы және азаймалы ағындармен бөлінетін біреуінде ғана орналасады. Көшбасшы жеткізушілердің бірінші өнімдерді шығаруында дуплекстің екі сұлбасы да қолданылады. Жалпы алғанда, FDD тиімдірек болып табылады және біртекті TDD қуатымен үлкен қамтуды қамтамасыз етеді.

2.4 Қатынау қабаты хаттамаларының стегі

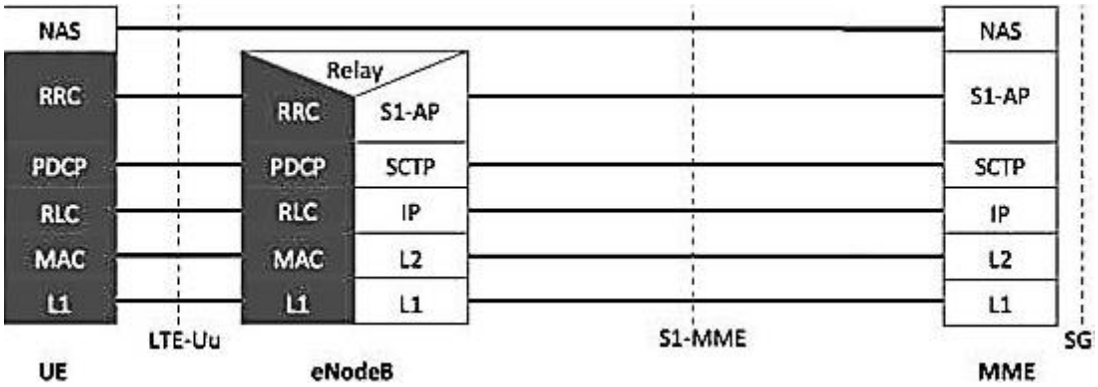
UP пайдаланушысының жазықтық хаттамасының стегі (2.5-сурет).



2.5 сурет – Пайдаланушының жазықтық хаттамасының стегі

Желі тарапынан eNB-ға бітетін PDCP (Packet Data Convergence Protocol), RLC (Radio Link Control), MAC (Medium Access Control) және PHY деңгейшелері тақырыпты сығындау, шифрлеу, бөлу, ARQ (қайта таратуға сұраныс) және HARQ сияқты функцияларды орындайды.

Басқару жазықтығы хаттамасының стегі (2.6-сурет) көрсетілген. PDCP пакеттік деректер ұқсастығының хаттамасы шифрлеуді орындайды және тұтастық қорғанысын қамтамасыз етеді. RLC, MAC және PHYхаттамалары пайдалану жазықтығы орындайтын сол функцияларды орындайды. RRC (Radio Resource Control) хаттамасы жүйелік ақпараттарды кеңхабарларын тарату, беттерге бөлу, RRC қосылысын, радиоарнаны, мобильділікті және өлшеуді жүргізу процесін басқару функцияларын орындайды, сондай-ақ өлшеулер нәтижелерін ұсыну үшін жауапты болады.



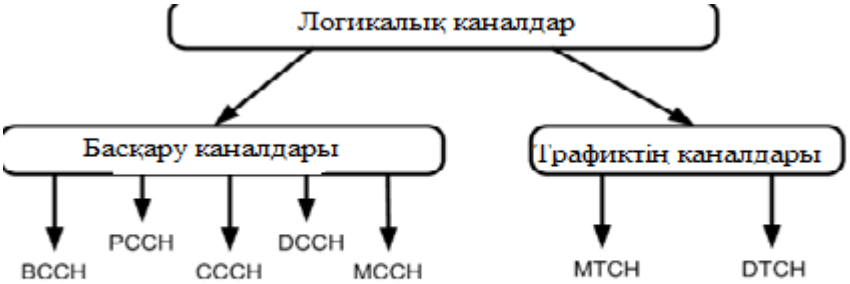
2.6 сурет – Басқару жазықтығы хаттамасының стегі

2.5 LTE жүйесіндегі арналар

LTE желісінде үш деңгейлі арналар бар [9]:

- логикалық;
- тасымалдауыштық;
- физикалық.

Таратылатын ақпараттар типі бойынша логикалық арналар басқарудың логикалық арналары және трафиктің логикалық арналары болып бөлінеді (2.7-сурет).

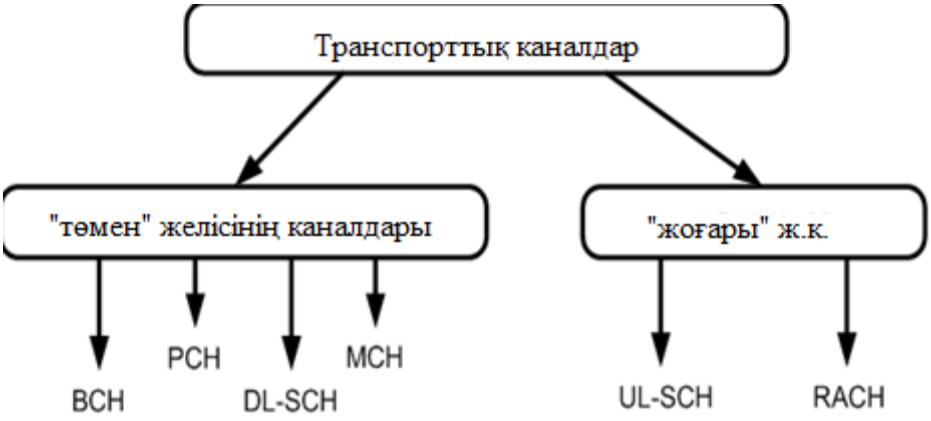


2.7 сурет – Логикалық арналар

Басқарудың логикалық арналары түрлі сигналдық және ақпараттық хабарларды тарату үшін пайдаланылады. Трафиктің логикалық арналары бойынша пайдалану деректері жіберіледі. Логикалық арналарға келесілер жатады:

- BCCH (Broadcast Control Channel) – ұяшықта болатын жүйелік ақпараттарды барлық пайдаланушыларға (UE) жіберетін арна. Жүйеге қосылу алдында пайдалану құрылғысы BCCH арнасы бойынша жіберілетін ақпараттарды есептейді және желілер параметрлерін анықтайды;
- PCCH (Paging Control Channel) – пайдалану құрылғыларына жіберілетін пейджингтік хабарлар тарату арнасы, олардың орналасқан орнының ұяшыққа дейінгі дәлділігі анықталмаған;
- CCCH (Common Control Channel) – барлық пайдалану терминалдарының міндеттері үшін жалпы шешуге арналған жалпы басқару арнасы;
- DCCH (Dedicated Control Channel) – пайдалану терминалымен командалық хабарларды алмасу үшін жеке бөлінген басқару арнасы;
- MCCH (Multicast Control Channel) – топтық қызметтік ақпараттарды тарату арнасы. MTCH арнасын қабылдауда қажетті қызметтік ақпараттарды тарату үшін пайдаланылады;
- MTCH (Multicast Traffic Channel) – пайдалану терминалдарының бөлінген тобы үшін трафик тарату арнасы, ол MBMS мультимедиялық тарату қызметтерін жіберу үшін пайдаланылады;
- DTCH (Dedicated Traffic Channel) – пайдалану деректерін тарату үшін «нүкте-нүкте» типті бөлінген арна. Бұл тек бір пайдалану терминалына ғана арналған.

Тасымалдау арналары (2.8-сурет).



2.8 сурет – Тасымалдау арналары

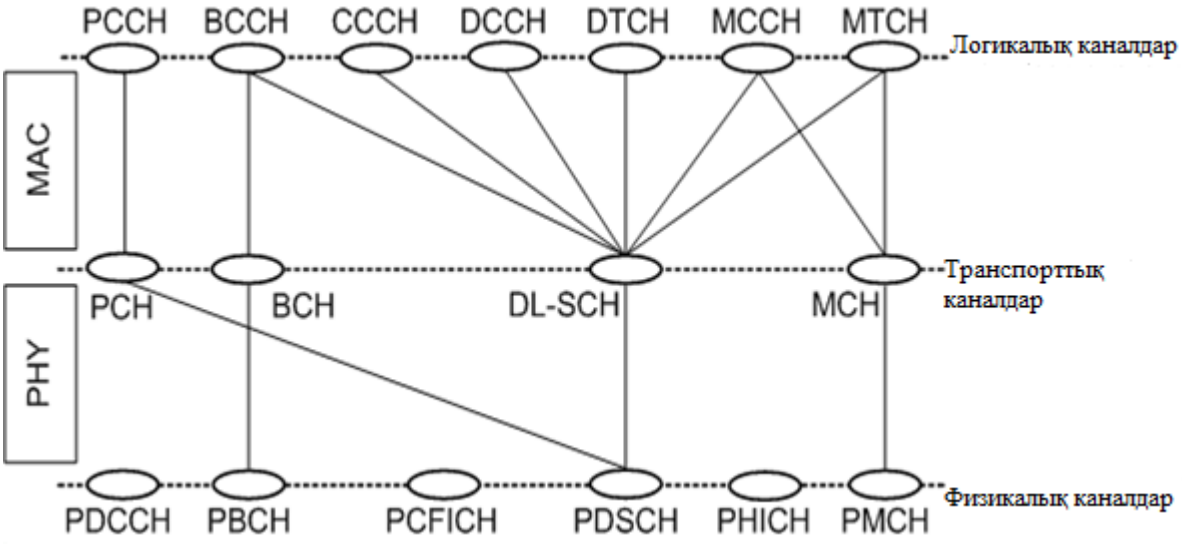
Логикалық арналар ақпаратын RLC/MAC деңгейінен өңдегеннен кейін физикалық арналарда радио интерфейс бойынша одан әрі тарату үшін тасымалдау арналарында орналастырылады. Тасымалдау арнасы қалай анықталады және радио интерфейс бойынша ақпаратты тарату қандай

сипаттамалармен жүргізіледі. Ақпараттық хабарлар тасымалдау деңгейінде тасымалдау блоктарына бөлінеді. Таратудың әрбір уақыттық аралығында TTI (Transmission Time Interval) радио интерфейсі бойынша жоқ дегенде бір тасымалдау блогын жібереді. Ал MIMO технологиясын пайдалануда бір TTI-де төрт блокқа дейін тарату мүмкін.

Тасымалдау арнасына келесілер жатады:

- BCH (Broadcast Channel) – BCCH логикалық арнасы ақпарттарын тарату үшін тасымалдау хабар тарату арнасы бекітілген форматқа ие болады;
- PCH (Paging Channel) – PCCH ллогикалық арнасы ақпараттарын тарату үшін тасымал арнасы. Бұл арна қабылдауды үзілістермен (Discontinuous Reception, DRX режимі)жүргізеді, ол өз кезегінде пайдалану құрылғысына батарея қуатын көбірек сақтауға мүмкіндік береді;
- DL-SCH (Downlink Shared Channel) – «төмен» ақпараттарын тарату үшін пайдаланылатын пайдаланушыларды бөлетін тасымалдау арнасы. Бұл арна тарату жылдамдығын бейімдеуді, уақыттық және жиіліктік салада таратуларды жоспарлауды, қабылданбаған пакеттерді (Hybrid Automatic Repeat Request, HARQ) қайта таратуда модификацияланған автоматты сұраныстарды, сондай-ақ DRX режімін қолдайды;
- MCH (Multicast Channel) – топтық таратудың тасымалдау арнасы, MBMS мультимедиялық хабарлар тарату қызметін қолдау үшін пайдаланылады;
- UL-SCH (Uplink Shared Channel) – «жоғары» пайдаланушыларын DL-SCH аналогтық арналарға бөлетін тасымалдау арнасы;
- RACH (Random Access Channel) – кездейсоқ қатынаудың тасымалдау арнасы. Бұл арна хэндоверде (handover, HO) «жоғары» синхрондауын қайта қалпына келтіру үшін желіге қосылуға сұраныс тарату үшін пайдаланылады.

Азаймалы бағытта (eNodeB к UE) логикалық, тасымалдау және физикалық арналар арасындағы өзара байланыс (2.9-сурет).



2.9 сурет – eNodeB-дан UE-ге арналар

LTE-де келесі физикалық арналар анықталаған:

- PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) – пайдаланушыларды бөле отырып, «төмен» ақпараттарын таратуға арналған физикалық арналар. Бұл арна DL-SCH және PCH арналары хабарларын тарату үшін пайдаланылады;

- PDCCH (Physical Downlink Control Channel) – «төмен» басқаратын физикалық арна. DL-SCH арнасына жататын PCH, DL-SCH, UL-SCH және HARQ арналары ақпараттарының тасчымалдау блоктарын тарату үшін арна ресурсын тағайындау туралы ақпараттарды таратуда пайдаланылады. Сондай-ақ, осы арна бойынша желіге қатынауға сұраныс жауаптары жіберіледі. Тарату 4-ФМ содуляциясы көмегімен іске асырылады;

- PHICH (Physical Hybrid ARQ Indicator Channel) – «жоғары» ақпаратын таратуда жауап ретінде HARQ ACK/NACK таратуға арналған физикалық арна;

- PBCH (Physical Broadcast Channel) – хабар тарату ақпараттарын таратудың физикалық арнасы;

- PMCH (Physical Multicast Channel) – мультимедиялық хабар тарату пакеттерін топтық таратудың физикалық арнасы;

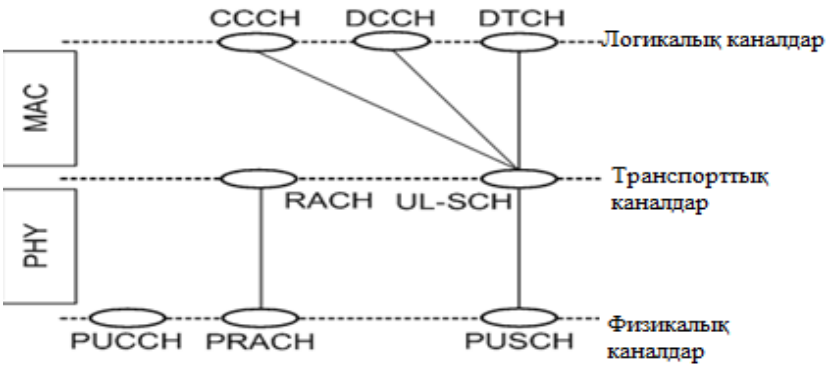
- PCFICH (Physical Control Format Indicator Channel) – PDCCH арнасы үшін пайдаланылатын форматтарды таратудың физикалық арнасы;

- PRACH (Physical Random Access Channel) – кездейсоқ қатынау сұранысын таратудың физикалық арнасы;

- PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) – пайдалану трафигін және UCI (Uplink Control Information) сигнализациясын таратудың физикалық арнасы;

- PUCCH (Physical Uplink Control Channel) – PUSCH арнасы болмағанда UCI сигнализациясын таратудың физикалық арнасы.

(2.10-сурет) артпалы бағытта (UE к eNodeB) логикалық, тасымалдау және физикалық арналар арасындағы өзара байланыс келтірілген.



2.10 сурет – eNodeB-дан UE-ге арналар

2.6 LTE технологиясының ерекшеліктері

LTE технологиясының ерекшеліктері:

- LTE кері арнасында SC-FDMA (Single-Carrier Frequency Division Multiple Access) технологиясы пайдаланылады;

- оның басты ерекшелігі егер OFDMA әр тасымалдаушыға бір уақытта модуляция символын жіберсе, онда SC-FDMA-да тасымалдауыштар біруақытта және бірыңғай модуляцияланады, бірақ модуляция символдары қысқа болады;

- OFDMA символы параллель жіберіледі;

- SC-FDMA символдары тізбектеліп жіберіледі;

-мұндай шешім әдеттегі OFDM модуляциясын пайдаланумен салыстыру бойынша қуаттың көп және орташа деңгейлеріне қатынасын қамтамасыз етеді, соның нәтижесінде абоненттік құрылғылардың энергия тиімділігі артады және олардың құрылымы қарапайымдалады;

- жиілік жолақтарына тәуелді LTE желісімен қамтылатын әрбір абоненттік станция белгілі бір уақытқа ресурстық блоктардың бірқатар санын бөлуі мүмкін;

- жиіліктік жоспарлауда LTE желісінде жиіліктерді емес жиіліктер жолақтарын ескеру қажет;

- LTE желісінде сөздерді және деректерді тарату пакеттер коммутациясы режімінде іске асырылады.

LTE стандартының негізгі техникалық сипаттамалары 2.1-кестеде келтірілген.

2.1 кесте – LTE стандартының техникалық сипаттамалары

Сипаттамасы		Мәні
Жиілік жолағы, МГц		1,4; 3; 5; 10; 15; 20
Көп станциялық қатынау әдісі	Азаймалы арна	OFDMA
	Артпалы арна	SC-FDMA
Символдық жылдамдық, символдар/с		14000
Кедергітөзімді кодтау		орамалау коды Турбокод
Радио кадр ұзақтығы, мс		10
Кадр аралысындағы минималды аралық, мс		1
Тасымалдаушылар арасындағы стандартты қадам, кГЦ (down)		15
Арнадағы ақпараттық бірлік		Ресурстық блок
Ресурстық блоктағы тасымалдауыштар саны		12 (180 кГц)
Циклдік префикс, мкс	Стандартты	4,7 (5,2 перед 1 символом)
	Кеңейтілген	16,7
Дуплектік режим		FDD, TDD
Сигнал модуляциясы		QPSK/16QAM/64QAM
Максималды тиімді сәулелену қуаты	UE	
	eNodeB	

2.7 LTE желілері ұсынатын қызметтер спектрі

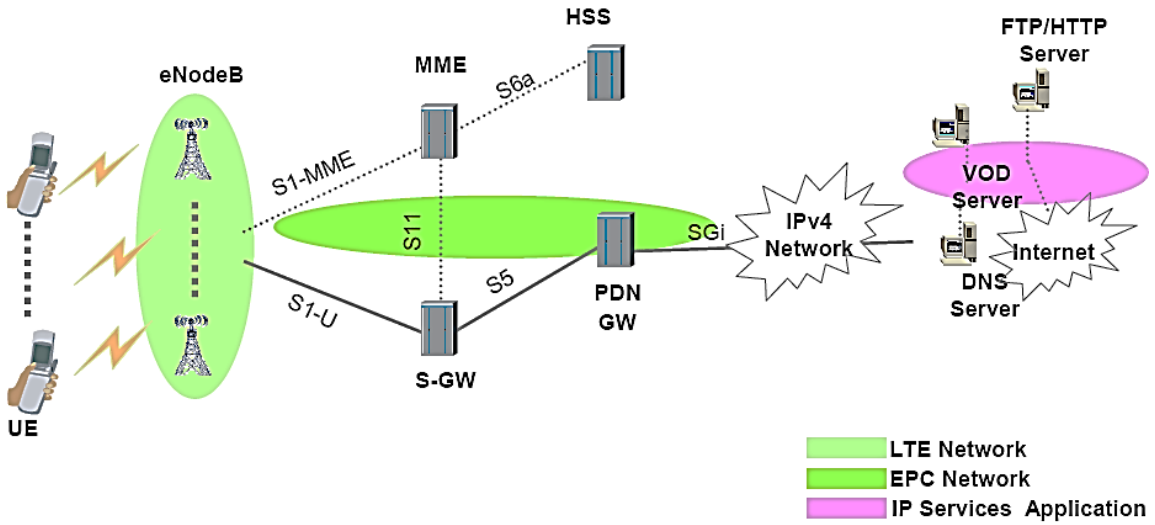
LTE желілері ұсынатын қызметтер 2G/3G желілерімен салыстырғанда кеңірек спектрге ие. Бірінші кезекте бұл желінің жоғары өткізу қабілетімен және деректерді таратудың арттырылған жылдамдығымен сондай-ақ «бәрі IP арқылы» тұжырымдамасымен ауысуымен байланысты. LTE желісі ұсынатын негізгі қызметтер келесілер:

- сөзді пакеттік тарату;
- Интернет-файлдарын тарату;
- электронды поштаны жеткізу;
- мультимедия хабарларын тарату;
- өзіне ағымдық қызметтерді, файлдарды жүктеу қызметтерін, теледидар қызметтерін қосатын мультимедиялық хабарлама тарату;
- ағымдық бейне;
- VoIP және жоғары сапалы бейнеконференциялар;
- әртүрлі типті мобильді және бекітілген терминалдар арқылы онлайн-ойындар;
- деректемелерді жоғары жылдамдықта таратын мобильдік төлемдер және сәйкестендіру ақпараттары.

2.8 Жабдық таңдау

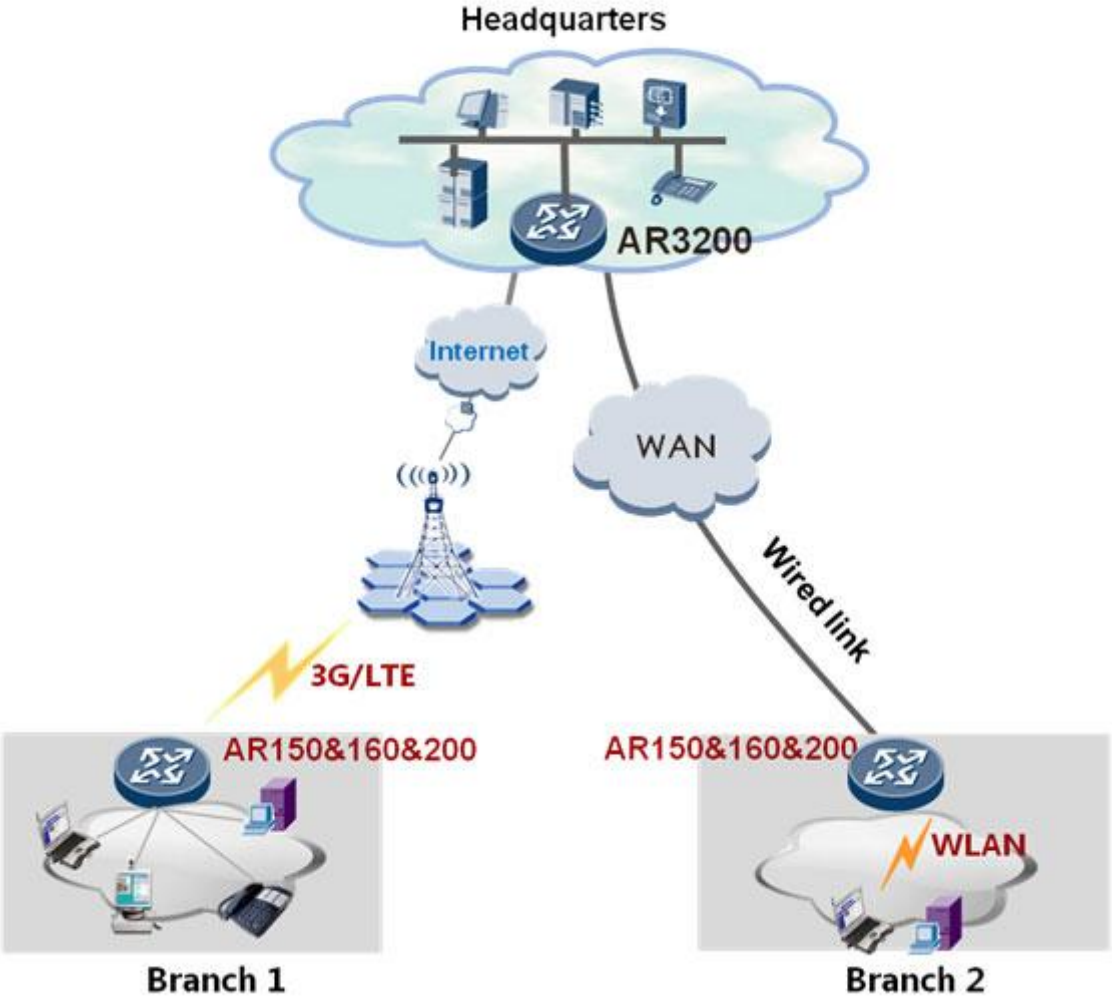
LTE операторлық жабдықтарын негізгі өндірушілер - Ericsson, Alcatel-Lucent, Nokia Siemens Networks, Fujitsu, Huawei Technologies, Motorola, Panasonic, Starent, ZTE.

ОС-да Huawei Technologies фирмасының АТС орнатылғандықтан, қатынау жабдығы үшін осы фирманың сымсыз қатынауын таңдаймыз. Huawei Technologies Co. Ltd. Бұл жабдық телекоммуникация саласындағы ірі қытай компанияларының жабдығы. (2.11-сурет) желі LTE технологиясы негізінде көрсетілген [10].



2.11 сурет – Huawei компаниясының технологиясы негізіндегі желі мысалы

Компания LTE-B үшін жаңа буын жабдығын жасаған. Бұл архитектура көпжолақты және көпдеңгейлі желілердің кеңейтілген мүмкіндіктері көмегімен жоғарыжылдамдықты No-Edge желісін жүзеге асыруға мүмкіндік беретін радиоқатынаудың түрлі технологияларын қолдай отырып, ұяшық шегінде (CEU) минимум 500% пайдаланушылар үшін өткізу қабілетін арттырады (2.12 -сурет).



2.12 сурет – Huawei компаниясының жабдығы негізінде сымсыз қатынау

Huawei компаниясының FusionNet концепциясы LTE-B үшін бірнеше түйінді технологияларды қамтиды – бірнеше ағындарды біріктіру, кедергілерді үйлестіру, трафикті бейімдеу және спектрлік диапазонды пайдалану тиімділігін оңтайландыру. Бұл технология LTE және LTE-A жаймалау процесін үйлестіретін және радиоқатынаудың әртүрлі технологияяларын қолдайтын көпжолақты және көпдеңгейлі желілерді қамтамасыз ететін технология.

Сыртқы және ішкі қолданыс үшін Huawei компаниясының eNodeB БС түрлі жабдығы (2.13-сурет) .

2.13 сурет – eNodeB Huawei базалық станция сызығы

LTE eNodeB жабдығы азаймалы арнада дауыстарды және деректерді 150 Мбит/с дейін жылдамдықта таратуды қамтамасыз етеді. SAE мақсаты және тұжырымдама маңыздылығы – IP базасында барлық қызметтердің кең коммерциялық пайдаланылуын тиімді қолдау және сымсыз қатынаудың желілері арасында оларды ауыстыру барысында абонентке үзіліссіз қызмет көрсетуді қамтамасыз ету.

Екі татартқышы және екі қабылдағышы бар 64QAM (Quadrature Amplitude Modulation) және MIMO (Multiple Input Multiple Output) технологияларын қолдану есебінен Huawei компаниясының LTE eNodeB жабдығы LTE желісі спектрін пайдаланудың максималды тиімділігіне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Операторлар жоғары жылдамдықты қосылысты қолдау есебінен пайдаланушыларға Video-On-Demand жоғары рұқсатымен бейнеконференцбайланысын қоса алғанда деректерді сымсыз таратудың ең жаңа қызметтерін пайдаланушыларға ұсына алады. eNodeB жабдығы SON (өзі ұйымдасатын желі) функционалын қолдайды, ол LTE желісінің жаңа ұяшықтарын оңтайландыру және автоматтық конфигурациясын іске асыруға мүмкіндік береді. Бұл шешімді пайдалану операторларға пайдалану шығындарын төмендетуге және елеулі емес инвестициялармен желінің келесі буынына жайлы өтуге мүмкіндік береді. LTE стандартының eNodeB шешімінің 4-буынының базалық станциясы платформасында іске асырылуы операторларға бүкіл әлем бойынша өз абоненттеріне LTE-нің жоғары сапалы қызметтерін ұсынуға мүмкіндік береді. Қазақстан Республикасының 2011 жылғы 27 тамыздағы радиожиіліктер бойынша ведомства аралық комиссиясы мәжілісінің хаттамасына сәйкес «Қазақтелеком» АҚ 4G

мобильдік байланысының стандарытн енгізу үшін 1730,2-1785/1825,2-1880 МГц диапазонындағы ені 20 МГц жолақты жиілікті бөлу туралы шешім қабылданды. Қазақстандар 4G LTE желісінің келесі техникалық сипаттамалары пайдаланылады:

- band 3 жиілікті LTE FDD жұмыс диапазонында («абонентке» (downlink) бағытында тарату жиілік жолағы- 1860…1880 МГц; «абоненттен» (uplink) МГц бағытында тарату жиілік жолағы- 1765…1785; 3GPP Release 9 стандартымен сәйкестігі);
- Band 20 жиілікті LTE (3GPP EUTRA) жұмыс диапазонында («абонентке» (downlink) бағытында тарату жиілік жолағы - 832-862 МГц; «абоненттен» (uplink) бағытында тарату жиілік жолағы -791-821 МГц).

4G LTE желісінің Қазақстандағы жұмыстық жиілігі : 800-1800 МГц.

2.9 Жобаға техникалық шешім

Кең жолақты сымсыз қатынау қызметтерін ұсыну сұранысын қанағаттандыру үшін қатынау желісін ұйымдастыру ұсынылады.

Сымсыз қатынау желісінің болу нүктелерін ұйымдастыру үшін eNodeB (evolved NodeB) торабының және AGW (Access Gateway) қатынау шлюзінің бір базалық станциясын алу және орнату қажет, ал LTE және MME (Mobility Management Entity) желілерінің SGW (Serving (Serving Gateway)-қызмет көрсетуші шлюзі Алматы қаласында орнатылған.

SAE архетиктуралы желіде тек екі типті тораптар пайдаланылады - базалық станция (evolved NodeB, eNodeB) және қатынау шлюзі (Access Gateway, AGW).

Базалық станция трафикті коммутаторға береді, ол базалық станция жабдығын орнату үшін ОС бөлмесінде орналастырылады. Коммутатордан желілік трафик маршрутизаторға бағытталады, ол Алматы қ. нысандарында орналастырылады (2.14-сурет). Олардың арасындағы байланыс НИСМ магистралды оптикалық желі көмегімен іске асырылады.

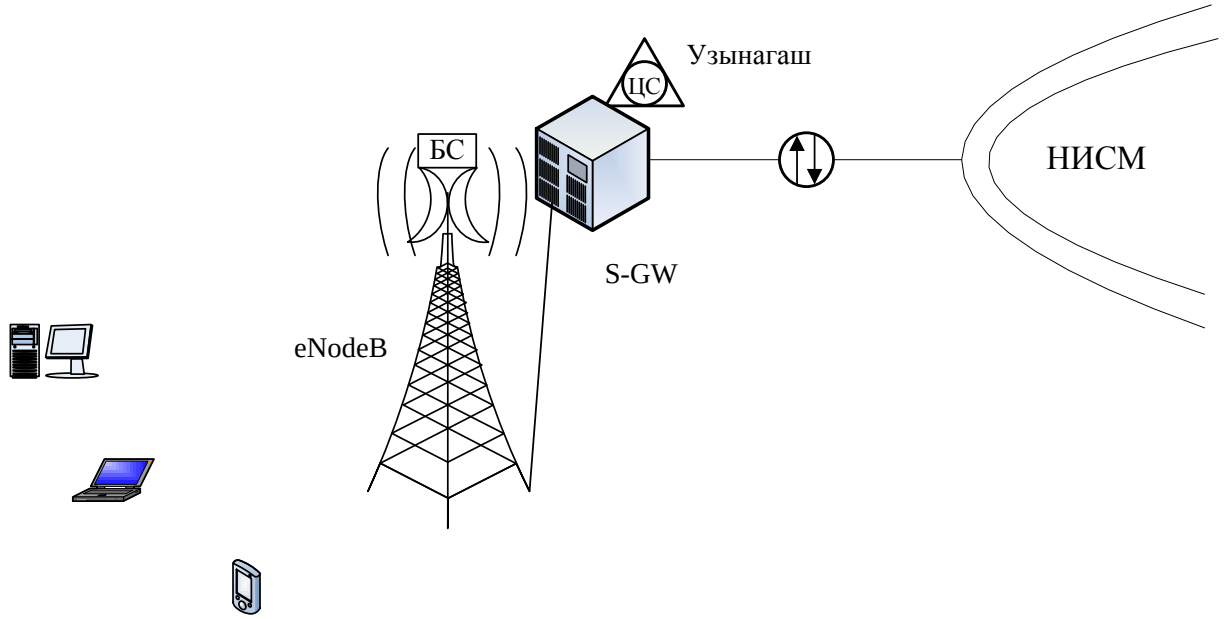
Бұдан әрі желілік трафик Алматы қ. мультисервистік платформасын көмегімен жүзеге асырылатын EPC LTE желісіне бағытталады. EPC LTE желісі желіні басқарады, абоненттік сессияларды ұйымдастырады, қызметтерді басқарады, тарификацияны іске асырады және белгілі интерфейстер және шлюздер арқылы 2G, 3G, не-3GPP, Intrnet, ISDN, IMT сыртқы желілермен қосылады.

4G LTE технологиясының бағалы артықшылығы «ашық» интернет-қатынауы болып табылады. Бұл мобильдік байланыс желісінің абоненті өзіне ыңғайлы мобильдік телефон, КПК, смартфон, ноутбук сияқты құрылғылар арқылы интернетке қатынай алады, ол құрылғыларда сипаттама ақпараттарымен ағымдық алмасу үшін сәйкесті (экран мөлшері, жад көлемі т.б.) функциялар болу қажет.

LTE желілерінде абоненттік сессияларды және қызметтерді басқару EPC (Evolved Packet Core) базалық пакеттік желісі көмегі арқылы іске асырылады. EPC желісі келесі тораптар мен логикалық элементтерден тұрады:

- MME (Mobility Management Entity) – мобильділікті басқару торабы – абоненттік терминал мобильділігін басқару, мобильдік байланыстың қауіпсіздігін басқару (NAS Security), деректерді тарату қызметін басқару міндеттерін шешуге жауап береді;

- SGW (Serving Gateway) –LTE желісінің қызмет көрсетуші шлюзі– сырт магистралдан базалық станцияның қосалқы жүйесіне келіп түсетін/шығатын деректер пакетін өңдеуге жіне маршруттауға жауап береді, ал қалған жабдықтар Алматы қаласында бар;



2.14 сурет – Деректерді таратудың жоғары жылдамдықты қызметтерін ұсыну бойынша байланысты ұйымдастырудың жобаланатын сұлбасы

- PGW (Public Data Network Gateway) – басқа операторлар желілерінен келетін/шығатын шлюз - LTE оператор желісіне/нен 3GPP және Internet-тен басқа 2G, 3G желілеріне деректер мен дауыстарды тарату үшін жауап береді;

- HSS (Home Subscriber Server) – абоненттік деректер сервері;

- PCRF (Policy and Charging Rules Function) – көрсетілген қызметтер үшін абонентке есептер ұсыну торабы;

- DHCP/DNS –IP-адрестеріне сервер бөлу.

3 Кеңжолақты қатынау есептеулері

3.1 Абоненттер санын есептеу

Радиожеліні жоспарлау процесі екі кезеңнен тұрады:

- максимал қамту аумағын қалыптастыру;
- талап ететін сыйымдылықты қамтамысз ету.

Өткізу қабілетін немесе сыйымдылығын белгілі бір жағдайларда ұяшықтың спектрлік тиімділігінің орташа мәндеріне сүйеніп бағалайды.

Мобильдік байланыс жүйелерінің спектрлік тиімділігі пайдаланатын жиілік жолағының 1 Гц-не деректерді таратуға жылдамдықтың қатынасы ретінде есептелетін көрсеткіш алынады(бит/с/Гц). Спектрлік тиімділік жиіліктік ресурсын пайдалану тиімділігінің көрсеткіші болып табылады, ол сондай-ақ жиіліктің берілген жолағында ақпаратты тарату жылдамдығын сипаттайды.

Спектрлік тиімділік 1 Гц жиілік жолағында (бит/с/Гц/ұяшық) белгілі бір географиялық ортада барлық абоненттер желілерінің деректертерін тарату жылдамдығына қатысу есебінде, ол сондай-ақ бір жиілік арнасындағы жолақ еніне желінің максимал өткізу қабілеті қатынас ретінде есептеледі [11].

Жиілік жолағының ені 20 МГц тең LTE желісі үшін, ал MIMO әртүрлі конфигурациялары үшін 3GPP Release 9 негізінде FDD дуплексінің жиіліктік типі үшін орташа спектрлік тиімділік 3.1-кестеде келтірілген.

3.1 кесте – LTE желісі үшін орташа спектрлік тиімділік

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

FDD жүйелі үшін eNB 1 секторының орташа өткізу қабілеті арна енін арнаның спектрлік тиімділігіне тікелей көбейту жолымен алынуы мүмкін:

$$R = S \cdot W. \tag{3.1}$$

Мұндағы S – орташа спектрлік тиімділік (бит/с/Гц);

W – арна ені (МГц); W = 10 МГц.

DL желісі үшін:

$$R_{DL} = 3{,}43\text{x}10 = 34{,}3 \text{ Мбит/с}.$$

UL желісі үшін:

$$R_{UL} = 1{,}829\text{x}10 = 18{,}29 \text{ Мбит/с}.$$

R_{eNB} базалық станцияның орташа өткізу қабілеті бір спектрдің өткізу қабілетін базалық станцияның бірнеше секторының санына көбейту жолымен есептеледі; eNB секторларының санын 3 тең деп аламыз, сонда:

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} \cdot 3 \tag{3.2}$$

DL сызығы үшін:

$$R_{eNB.DL} = 34{,}3x3 = 102{,}9 \text{ Мбит/с.}$$

UL сызығы үшін:

$$R_{eNB.UL} = 18{,}29x3 = 54{,}87 \text{ Мбит/с.}$$

Келесі кезеңде жобаланатын LTE желісіндегі ұяшықтар санын анықталады.

Желідегі ұяшықтар санын есептеу үшін жобаланатын LTE желісін жаймалау үшін бөлінетін арналардың жалпы санын анықтау қажет. $N_к$ арналарының жалпы саны келесі формуламен есептеледі:

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

Мұндағы Δf_Σ - 71 МГц тең және желі жұмысы үшін бөлінген жиілік жолағы;

$\Delta f_к$ –бір ардиоарнаның жиілік жолағы;

LTE желілеріндегі радиоарна ішінде РБ ресурстық блок сияқты ұғым анықталады, оның ені 180 кГц, $\Delta f_к$ = 180 кГц.

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

Одан әрі бір ұяшықтың бір секторында абоненттерге қызмет көрсету үшін пайдаланылатын $N_{к.сек}$ арналарының санын анықтаймыз:

$$N_{к.сек} = \left[\frac{N_к}{(N_{кл} \cdot M_{сек})}\right], \quad (3.4)$$

мұндағы $N_к$ – арналардың жалпы саны;

$N_{кл}$ – eNB секторларының саны ескеріліп таңдалатын, 3-ке тең деп алынған кластер мөлшерлігі;

$M_{сек}$ –3 деп қабылданған eNB секторларының саны

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

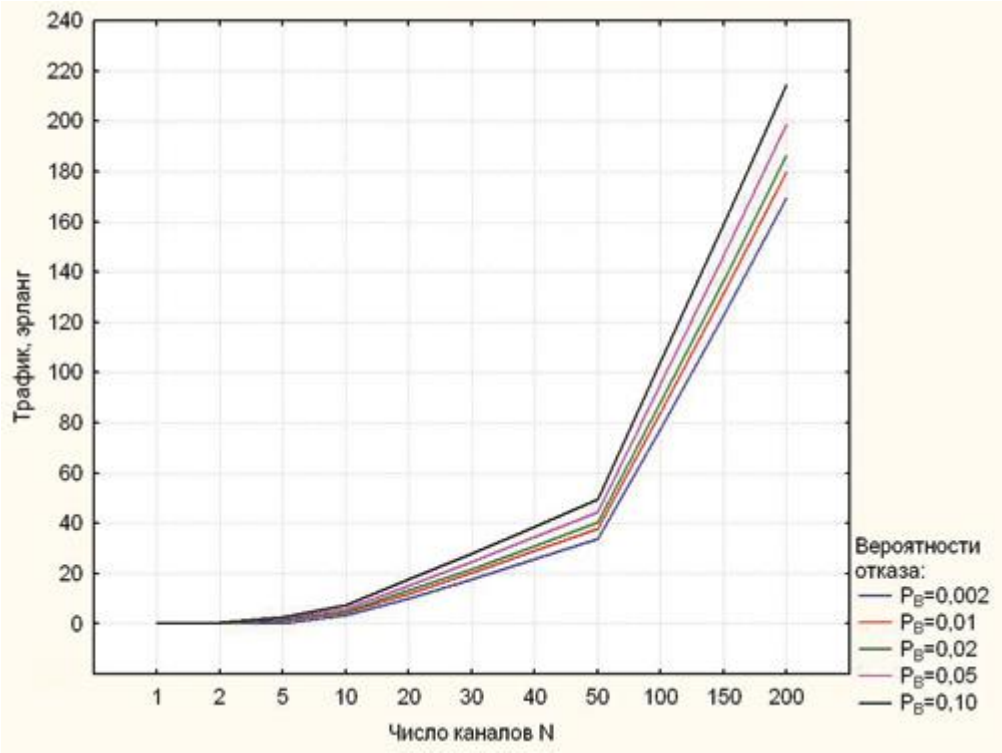
Одан әрі $N_{кт.сек}$ бір ұяшықтың бір секторындағы трафик арналарының санын анықтаймыз. Трафик арналарының саны келесі формуламен есептеледі:

$$N_{\text{кт.сек}} = N_{\text{кт1}} \cdot N_{\text{к.сек}}, \quad (3.5)$$

мұндағы $N_{кт1}$ – бір радиоарнадағы трафик арна саны, ол радиоқатынау стандартымен анықталады (OFDMA $N_{кт1}$ = 1...3 үшін), LTE желісі үшін $N_{кт1}$ = 1 таңдаймыз.

$$N_{кт.сек} = 1 \cdot 43 \approx 43 \text{ арна.}$$

График түрінде ұсынылған Эрланг моделіне сәйкес 1% тең бұғаттау тиімділігінің берілетін мәнінде және $N_{кт.сек}$ мәнінен жоғары есептеуде $A_{сек}$ бір ұяшығының секторында болжалды жүктемені анықтаймыз. Мұнда, $A_{сек}$ = 50 Эрл. белгілейміз (3.1-сурет).



3.1 сурет – Трафик арнасының саны мен бұғаттау ықтималдығынан сектордағы болжалды жүктемеге тәуелділігі

Бір eNB қызмет көрсетілетін абоненттер саны формуламен анықталады:

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

мұнда A_1 – бір абоненттен трафиктің барлық түрлері бойынша орташа абоненттік жүктеме; A_1 мәні (0,04...0,2) Эрл құрауы мүмкін.

Жобаланатын желі ақпараттың жоғары жылдамдықта ауысуы үшін пайдаланылатын болса, онда A_1 мәні 0,2 Эрл тең деп аламыз. Сөйтіп:

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

LTE желісінде жобаланатын eNB базалық станция санын формуламен анықтаймыз:

$$N_{eNB} = \left[\frac{N_{аб}}{N_{аб.eNB}}\right] + 1 \qquad (3.7)$$

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

Әлеуетті абоненттер санын тұрғындардың жалпы санының 20% құрайды деп анықтаймыз. Ал аудан тұрғындарының жалпы саны 24 500 адам. Сөйтіп, әлеуетті абоненттер саны 4900 адамды құрайды, сонда:

$$N_{.eNB} = \left[\frac{4900}{750}\right] + 1 \approx 7 \text{ (eNB).}$$

Жобаланатын желінің R_N орташа жобаланатын өткізу қабілетін eNB санын eNB орташа өткізу қабілетіне көбейту жолымен анықтаймыз. Сонда:

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

$$R_N = (102,9 + 54,87) \cdot 7 \approx 1104,39 \text{ (Мбит/с).}$$

Одан әрі жобаланатын желі сыйымдылығының тексеру бағасын береміз және есептелгендермен салыстырамыз. ЧНН-де бір абоненттің орташаланған трафигін анықтаймыз:

$$R_{т.ЧНН} = \frac{T_т \cdot q}{N_{ЧНН} \cdot N_д}\,, \qquad (3.9)$$

мұндағы T_m - бір абоненттің ай ішіндегі орташа трафигі, T_m = 30 Гбайт/ай;

q – ауылдық мекен үшін коэффициент, q = 2;

$N_{ЧНН}$ – күніне ЧНН саны, $N_{ЧНН}$ = 7;

$N_д$ – ай ішіндегі күндер саны, $N_д$ = 30.

$$R_{т.ЧНН} = \frac{30 \cdot 2}{7 \cdot 30} = 0,28 \text{ (Мби/с).}$$

$R_{общ./ЧНН}$ ЧНН-де жобаланатын желінің жалпы трафигін келесі формула бойынша анықтаймыз:

$$R_{общ./ЧНН} = R_{т.ЧНН}\, x N_{акт.аб}\,, \qquad (3.10)$$

мұндағы $N_{акт.аб}$ – желідегі белсенді абоненттер саны.

$N_{аб}$ әлеуетті абоненттердің жалпы санынан 80% ретінде желідегі белсенді абоненттер санын анықтаймыз, яғни $N_{акт.аб}$ = 3920 абоненттер.

$$R_{общ./ЧНН} = 0{,}28x3920 = 1097{,}6 \text{ (Мбит/с)}.$$

Сөйтіп, $R_N > R_{общ./ЧНН}$. Бұл шарт жобаланатын желінің ЧНН-де артық жүктемелерге ұшырамайтынын көрсетеді.

3.2 LTE желісі үшін қамту аймағын есептеу

LTE радиожелісін жобалау ерекшелігі – бұл OFDM технологиясы базасында көпстанциялық қатынаудың жаңа типін пайдалану, осыған байланысты жаңа ұғымдар пайда болады және жобалау алгоритмдері өзгереді.

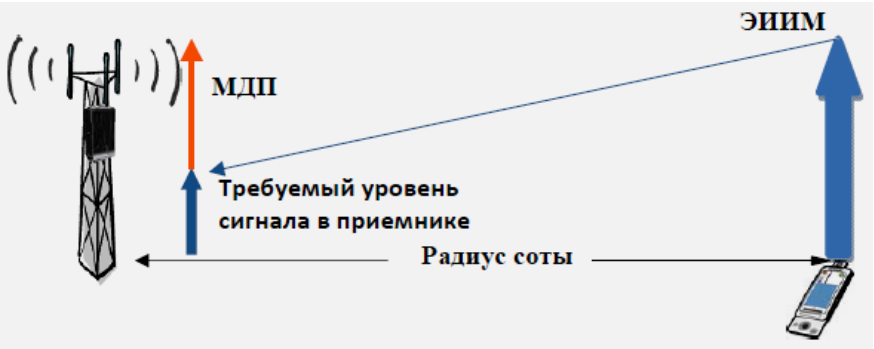
LTE радиожелісін жоспарлау ауылдық жерде жүргізілетін болады, демек бұл абоненттер тығыздығының жоғары болмайтынын білдіреді және базалық станциялар әр eNB жабу мақсатында бір бірінен үлкен аумаққа барынша қашықталуы қажет. осыған байланысты сәйкесті жиілік диапазонын (осы міндетті орындау үшін 791-862 МГц жарамды) таңдау қажет. ал дуплекс типіне FDD жиілігін таңдаймыз [12].

Радиоқамту талдауын желідегі максимал жіберілетін шығындарды (МЖШ) есептеумен байтаймыз. МЖШ таратқыштың эквивалентті изотропты сәулелену қуаты (ЭИСҚ) мен минималды қажетті қуат арасындағы айырымы ретінде есептеледі.

МЖШ есептеу принципі (3.2-сурет).

Есептеуде келесі параметрлерді пайдаланатын боламыз:

- жүйелік жолағы: 20 МГц; FDD = 10/10 (DL/UL) үшін;
- eNB – әр секторда бір TRX, шығыс қуаты TRX = 40 Вт (46 дБм); DL желісінде MIMO 2×2 режімінде жұмыс істейді;
- UE – абоненттік терминал – USB-модем, класс 4 – ЭИИМ 33 дБм;
- DL/UL кадрларының ұзақтық қатынасы: 100%/100%.



3.2 сурет – МЖШ есептеу принциптері

Максималды жіберілетін шығындарды есептеу келесі формуламен жүргізіледі:

$$L_{МДП} = P_{эиим.прд} - S_{ч.пр} + G_{A.пр} - L_{Ф.пр} - M_{прон} - M_{пом} - M_{затен} + G_{хо}. \qquad (3.11)$$

мұнда $P_{эиим.прд}$ – таратқыштың эквивалентті сәулелену қуаты;

$S_{ч.пр}$ – қабылдағыш сезімталдығы;

$G_{A.прд}$ – таратқыш антеннасын күшейту коэффициенті, $G_{A.прд}$: DL = 18 дБи, UL = 0 дБи;

$L_{Ф.прд}$ – таратқыштың фидерлік трактегіндегі шығындары, $L_{Ф.прд}$: DL = 0,3 дБ;

$M_{прон}$ – ауылдық жерлер үшін бөлмеге сигналды өткізу запасы, $M_{прон}$ = 12 дБ;

$M_{пом}$ – бөгеуілдер запасы. $M_{пом}$ көрші ұяшықтардағы жүктемеге тәуелділіктің жүйелік деңгейін моделдеу нәтижесі бойынша анықталады; $M_{пом}$ мәні 70% көрші ұяшықтардағы жүктемелерге сәйкес келеді. $M_{пом}$: DL = 6,4 дБ; UL = 2,8 дБ;

$G_{хо}$ – хэндовер ұтысы. Хэндовер ұтысының мәні – қызмет көрсететін ұяшықта терең тыну туындағанда ұяшықтағы қабылдаудың ең жақсы сипаттарымен абоненттік терминалдың хэндоверді іске асыру нәтижелерінің көрсеткіші. $G_{хо}$ = 1,7 дБ.

$P_{эиим.прд}$ келесі формуламен анықталады:

$$P_{эиим.прд} = P_{вых.прд} + G_{A.прд} - L_{ф.прд}, \qquad (3.12)$$

мұндағы $P_{вых.прд}$ – таратқыштың шығыс қуаты.

LTE-да «жоғары» желісінде (DL) $P_{вых.прд}$ сайт жиілігі жолағының еніне таәуелді, ол 1,4-тен 20 МГц дейін тербелуі мүмкін. 5 МГц дейінгі шектерде қуаты 20 Вт (43 дБм) TRX таратқыштарын таңдаған үнемді, ал 5 МГц жоғарыда – 40 Вт (46 дБм). $P_{вых.прд}$: DL = 46 дБм, UL = 33 дБм.

DL желісі үшін:

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

UL желісі үшін:

$$P_{эиим.прд} = 33 \text{ (дБм)}.$$

$S_{ч.пр}$ келесі формуламен анықталады:

$$S_{ч.пр} = P_{тш.пр} + M_{осш.пр} + L_{пр}, \quad (3.13)$$

мұндағы $P_{тш.пр}$ – қабылдағыштың жылу шумы жуаты, $P_{тш.пр}$: DL = -174,4 дБм, UL = -104,4 дБм;

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

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

DL желісі үшін:

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

UL желісі үшін:

$$S_{ч.пр} = -104,4 + 0,61 + 2,5 = -101,29 \text{ (дБм)}.$$

(3.12) және (3.13) формулалары бойынша алынған нәтижелерді ескеріп, МЖШ мәнін есептейміз. DL желісі үшін:

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

UL желісі үшін:

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

DL және UL желілері үшін алынған МЖШ екі мәнінен байланыс қашықтығы мен ұяшық радиусын одан әрі есептеу үшін ең минималдысын таңдаймыз. Байланыс қашықтығы бойынша шектеу желілері әдетте жоғарғы желілер болып табылады.

Байланыс қашықтығын есептеу үшін Okumura – Hata радиотолқындарын таратудың эмпириялық моделін пайдаланамыз. Бұл модель көп жағдайлар мен орта түрлері ескерілген тәжірибелік деректерді қорытындылау болып табылады. Okumura – Hata моделінде қала жағдайларындағы радиосигналдардың орташа өшуін анықтау үшін келесі өрнек ұсынылады:

$$L_г = 69,5 + 26,16 \lg f_c - 13,82 \lg h_t - A(h_r) + (44,9 - 6,55 \lg h_t) \cdot \lg d . \quad (3.14)$$

Ауылдық жерлер үшін сәл түзетулері бар келесі өрнек ұсынылады:

$$L_c = L_г - 4,78(\lg f_c)^2 + 17,33 \lg f_c - 40,94 . \quad (3.15)$$

мұндағы f_c –150 - 1500 МГц дейінгі жиілік;

h_t – 30 - 300 м дейінгі таратқыш антенна биіктігі (eNB ілмегі);

h_r – 1-10 метрге дейінгі қабылдағыш антенна биіктігі (МУ антеннасы);

d –1 - 20 км дейінгі ұяшық радиусы;

$A(h_r)$ – мекен типіне байланысты ПС антеннасы биіктігі үшін түземелеу коэффициенті.

Есептеулер үшін параметрлер таңдауын шығарамыз:

- f_c = 800 МГц;
- h_t = 72 метр;
- h_r = 3 метр.

Келесі формула бойынша ауылдық мекен үшін $A(h_r)$ түземелеу коэффициентін табамыз:

$$A(h_r) = (1{,}1\lg f_c - 0{,}7)\cdot h_r - (1{,}56\lg f_c - 0{,}8), \qquad (3.16)$$

$$A(h_r) = (1{,}1\lg 800 - 0{,}7)\cdot 3 - (1{,}56\lg 800 - 0{,}8) = 3{,}751.$$

(3.14) және (3.15) формулаларынан ұяшық радисуын тауып, $d \approx 7$ км аламыз.

Үшсекторлы сайтты қамтудың S_{eNB} ауданын келесі формуламен есептейміз:

$$S_{eNB} = 9\frac{\sqrt{3}}{8}\cdot d^2. \qquad (3.17)$$

$$S_{eNB} = 9\frac{\sqrt{3}}{8}\cdot d^2 \approx 157{,}83\,(\text{км}^2).$$

Жобаның басты мәселесі – ауылдық аудан мекенін тұрақты радиосигналмен қамтамасыз ету. Осы шартты ескере отырып, сондай-ақ жергілікті жер бедерін ерекшеліктерін ескереміз. Онда бір базалық станция орнатамыз, eNB келесі сипаттамаларға ие болады:

- әр таратқыш қуаты – 40 Вт;
- антенна ілмесінің биіктігі – 72 метр;
- бір сектор үшін жүйелік жолағы – 20 МГц («жоғары» желісі үшін 10 МГц және «төмен» желісі үшін 10 МГц);
- «төмен» желісі MIMO 4×2 технологиясын қолдайды;
- өткізу қабілеті: «төмен» желісі - 102,9 Мбит/с, «жоғары» желісі - 54,87 Мбит/с. Желіні қалыптастырудың бастапқы кезеңіндегі әр eNB-нің өткізу қабілеті 158 Мбит/с құрайды.

3.3 OFDM модуляциясының тиімділігі

OFDM – ортогоналдық жиілік бойынша бөлуді мультиплексирлеу. Бұл әдісті деректерді жоғары жылдамдықта таратуда символаралық интерференцияны жою үшін пайдаланады.

Егер радиоарна бойынша тарату В=40 Мсимв/с символдық жылдамдықпен жүрсе, онда бір тасымалдау жиілігінде татару символының ұзақтығы келесідей өрнектеледі:

$$\tau_{симв} = \frac{1}{40 \cdot 10^6} = 25 \cdot 10^{-9} c.$$

Тура және кері сәулелер 1 симмволға кешігіп келу үшін олардың жүрісінің айырымы $c \cdot \tau_{симв} = 3 \cdot 10^8 \cdot 25 \cdot 10^{-9} = 7{,}5 м.$ құрауы қажет. Мұндай кешігуді тіпті айтарлықтай үлкен бөлмеде де байқауға болады. Осындай символаралық интерференцияны болдырмау үшін символ ұзындығын 10, ең жақсысыг 100 есеге ұлғайтқан жөн. Сонда символаралық интерференция 750 м трасс айырымында байқалатын болады [13].

Бұдан OFDM негізіне алынған идея шығады: деректердің жоғарыжылдамдықты ағынын көптеген жекелеген ағындарға (ондықтар) бөлуге, символ ұзындығын миллисекунд бірліктеріне дейін арттырып, өз жиілігінде субағындарын беруге болады. Жиынтықты символ N_S тасымалдаушыға берілген символдардың қосындысы болып табылады.

$$S(t) = \sum_{i=-\frac{N_S}{2}}^{\frac{N_S}{2}-1} d_{i+\frac{N_S}{2}} \exp\left(j2\pi \frac{i}{T_S}(t - t_S) \right). \qquad (3.18)$$

мұндағы $d_{i+N_S/2}$ – берілген бір сигналдың кешенді амплитудасы;

t_s – әр жекелеген символдың басталу уақыты;

T_s – символ ұзақтығы.

OFDM сигналының спектрлік суреті 3.5-суретте көрсетілген.

Қабылдауда көрші тасымалдаушыларға берілген сигналдарды ажырата алу үшін барлық сигналдар өзара ортогоналды болуы қажет. Бұл шарттар егер көрші тасымалдауыштар арасындағы қашықтық сақталса орындалады:

$$\Delta F = \frac{1}{T_S}. \qquad (3.19)$$

OFDM сигналын таратуда (құруда) кері БПФ, ал қабылдауда - БПФ пайдаланылады. OFDM сигналы радиоарна жиілігіне спектрді одан әрі ауыстырумен төмендетілген жиілігінде қалыптастырылады. Символ ұзақтығы T_s=3,2 мкс, үзіліс ұзақтығы T_p=0,8 мкс. Көрші жиіліктер

арасындағы қашықтық $\Delta F = \frac{1}{T_S} = 0{,}3125$ МГц. 2-ФМді деректерді таратудың әр тасымалдаушы жылдамдығында модуляциялауда «қорғаныссыз кодтау):

$$B_{2-ФМ} = 48\frac{1}{T_S + T_\varphi} = 48\frac{1}{(3{,}2 + 0{,}8)\cdot 10^{-6}} = 12 \text{ Мбит/с.}$$

Модуляцияның көп позициялы әдістеріне өтуде:

$$B_{4-ФМ} = 2\cdot 48\frac{1}{T_S + T_\varphi} = 24 \text{ Мбит/с.}$$

$$B_{16-КАМ} = 4\cdot 48\frac{1}{T_S + T_\varphi} = 48 \text{ Мбит/с.}$$

Бөгеуілдік жағдайларға тәуелді кодтау мен модуляцияның адаптивтік сұлбаларын пайдалану қарастырылған (3.2-кесте).

OFDM-символының ұзақтығы – жүйенің ең маңызды параметрі, ол қорғаныс интервалы және Фурье түрлендіру ұзақтығымен анықталады. Қорғаныс интервалының ұзақтығы көпсәулелі таралу кідірісінің тармақталуын ескере отырып, таңдалады. Фурье түрлендіру интервалының ұзақтығы қарама-қарсы көрсеткіштерді ескере отырып, таңдалады. Бір жағынан жиілік жолағын пайдалану тиімділігін арттыру үшін түрлендіру ұзақтығының аз мәні, ал екінші жағынан ұзақтықты азайту жоғары сезімталдыққа, фазалық шумға апарады, Фурье түрлендіру ұзақтығы 10-нан бірнеше ұяшық мкс құрайды, ал бір тасымалдаушыға сәйкесті жолақ бірден бірнеше ондаған кГц құрайды. Жиілік жолағын пайдалану коэффициент арақатынасымен түсіндіріледі:

$$K_{эф} = \frac{\Delta F_{под} \cdot N_{исп}}{\Delta F_{OFDM}}, \qquad (3.20)$$

мұндағы $\Delta F_{под}$ – бір қосалқы арна орындалатын жиілік жолағы;

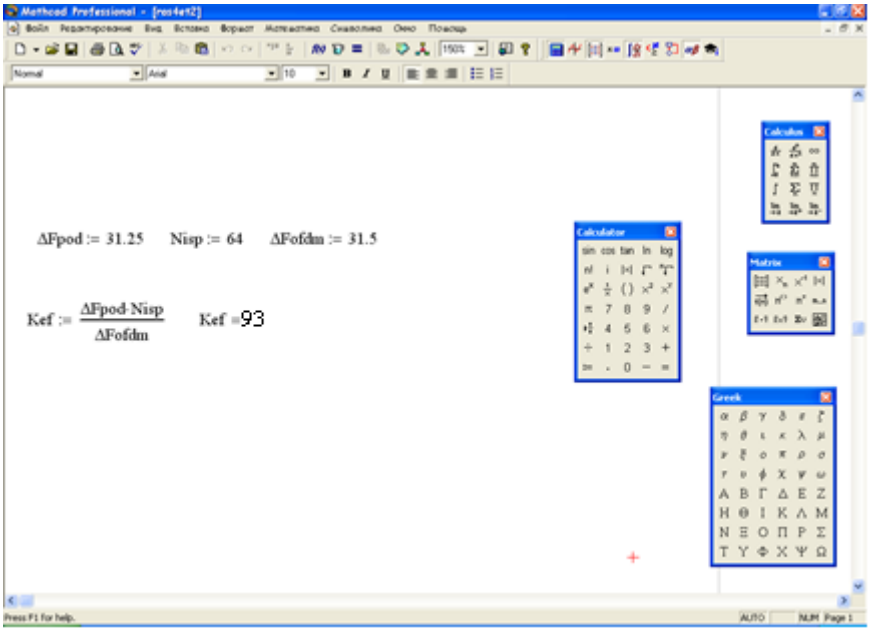
$N_{исп}$ – ақпараттарды тарату үшін қосалқы арналар саны;

ΔF_{OFDM} –OFDM-сигналының жиіліктік жолағы.

Модуляциялауда 64-4096 дейінгі тасымалдау санында Фурье түрлендіруінің алгоритмі қолданылады. Көп сәулелі тарату әсерінің азаюын қамтамасыз ететін параметрі қорғаныс интервалы болып табылады. Оның шамасы 1/64-тен ¼-ке дейін БПФ ұзақтығында өзгереді. Мәліметтерді тарату үшін 85-95% дейінгі тасымалдаушылар қолданылады.

$$К_{эф} = \frac{31{,}25 \cdot 64}{21{,}5} = 93\%.$$

Осы нәтижелерді ескере келе Matcad бағдарламасының көмегімен есептің шығарылуы (3.6-сурет).



3.6 сурет – Есептеу терезесі

3.4 Жүйені күшейту коэффициентін есептеу

Сандық радиоқатынау жұмысын сипаттайтын параметр A_S.күшейту коэффициенті болып табылады. Анықтама бойынша бұл - қатенің ықтималдық берігенінде минималды алынатын қабылдағыш қуат пен шығыс таратқыш қуат арасындағы айырымы:

$$A_S = 10Lg\left(\frac{P_{пер}}{P_{пр}}\right), \qquad (3.21)$$

мұнда $P_{пер}$ - таратқыштың шығыс қуаты;

$P_{пр}$ - қатенің берілу ықтималдығында алынған қуат.

Қабылдағыштағы шум қуаты жылу шумымен анықталады, ол қабылдағыштың кіріс күшейткіштерінде жасалады:

$$P_N = F \cdot N_0 \cdot B = F \cdot k \cdot T_0 \cdot B, \qquad (3.22)$$

мұнда F - қабылдағыштың шум-факторы;

N_0 - шум қуатының спектрлік тығыздығы;

B - өткізу жолағының ені;

$k = 1{,}38 \cdot 10^{-3}$ - Больцман тұрақтысы;

T_0 - қабылдағыштың тиімді шум температурасы.

Қабылдағыштағы шум қуаты күшейту процесінде (шум-фактор F) туатын қосымша шуммен және қабылдағыштың кіріс кедергісі шумының спектрлік тығыздығымен анықталады. Эталондық температура $T = 290K$, жылу шумының тығыздығы $k \cdot T_0 = 4 \cdot 10^{-21} Вт/Гц$. Кез келген аспап үшін шум-фактор ОСШ кірісінде шығыстағы ОСШ-ға қатынасы ретінде анықталады [14]:

$$F = \frac{ОСШ_{вх}}{ОСШ_{вых}}. \qquad (3.23)$$

Нақты шум-фактор сигнал қуатына қатысы бойынша шум қуатының ұлғаюын анықтайды. себебі, шум- барлық физикалық аспаптардың ажырамас бөлігі, шум-фактор әрқашан бірліктен үлкен және әдетте дБ-да өрнектеледі. Егер жүйеде күшейту немесе өшу болмаса, онда шум-фактор шығыста крісі шумына қатысы бойынша тең болады. Аз шумды күшейткіштер үшін шум-фактор 2-ден 5-ке дейінгі (3-7 дБ) шектерде жатады. Аз шумды күшейткішсіз қабылдағыш үшін бұл шама 6-10 құрайды.

Жүйенің күшейту коэффициенті үшін жалпы өрнек:

$$A_S = 10Lg\left(\frac{P_T}{SNR \cdot F \cdot k \cdot T_0 \cdot B}\right) - D, \qquad (3.24)$$

мұндағы SNR - шум қуатына сигнал қуатының теориялық қатысы, ол қатенің максималды жіберілетін ықтималы үшін енгізіледі. (3.24) формуласында SNR шамасы сигнал қуатының қатысы және $\frac{E_b}{N_0}$ шамасына тең емес. Антеннаны күшейтуді ескеріп, жүйені күшейту клэффициентін және тынудағы запасты анықтайтын таратуда шығын:

$$Тынузапасы = A_S + G_{пер} + G_{пр} + 20Lg \cdot \lambda - A_ф - A_0, \qquad (3.25)$$

мұндағы $G_{пер}$ - таратылатын антеннаны күшейту коэффициенті, дБ;

$G_{пр}$ - қабылдағыш антеннаны күшейту коэффициенті, дБ;

λ - таратудағы толқын ұзындығы;

$A_ф$ - тармақталу есебінен фидерде өшуі және шығыны, дБ;

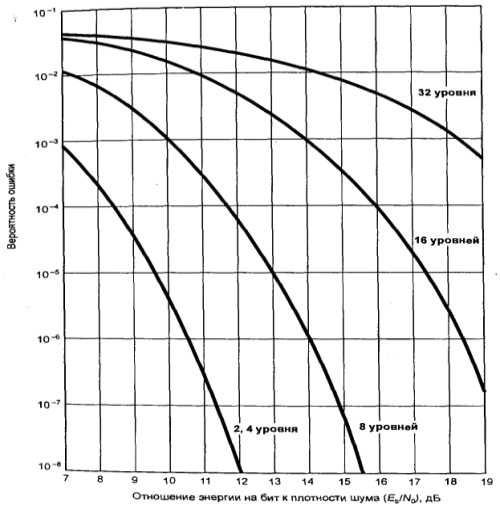
A_0 - бос кеңістікте өшуі, $A_0 = 20Lg \cdot \lambda$

Антеннаның бағыттау мен күшейту оның апертурасына пропорционал және тарату толқыны ұзындығының шаршысына кері пропорционал. Қабылданатын қуатты анықтауда антеннаны күшейту немесе бағыттау коэффициенті емес, оның ауданы маңызды. Сондықтан сигнал қуатын есептеуде қабылдау және тарату антеннасын күшейту ескеріледі, бірақ қабылдау антеннасының күшейтілуін оның апертурасымен сәйкестендіру

үшін толқын ұзындығын ($20Lg \cdot \lambda$) нормалайды. $A_ф$ антеннасының фидерде өшуі мен тармақталуы антенна жүйесінің әдетте түрлі радиожүйелердің бірнеше тіректеріне қызмет көрсеткенде пайда болады. Сигналдарды біріктіру процесі тарату және оларды бөлгеннен кейін қабылдау үшін өз өзінен мүмкін болатын өшу немесе сигнал қуатын бөлу салдары болып табылады. 4-ФМ түрінің модуляциясымен 2 ГГц диапазонында таратудың 10 Мбит/с жылдамдығында және 2,5 Вт шығыс қуатымен сандық ретранслятор жағдайында қабылдағыш жолағының кеңеюі 30% , нашарлау қосындысы 3 дБ құрайды, қабылдағыш шум-факторы 7 дБ, қатенің қажет етілетін ықтималдылығы 10^{-6} тең деп есептеледі. Антеннаны күшейту коэффициенті 30 дБ тең, ал ретрансляторлар арасындағы қашықтық 50 км. Сүзгілеуде өшу және өтпелі өшулер тұтастай 5 дБ құрайды. (3.7-сурет) а-ФМ үшін 10,7 дБ тең $\frac{E_b}{N_0}$ талап етілетін шамасын анықтаймыз. Детектрдегі ОСШ $\frac{E_b}{N_0}$ шамасына қарағанда 3 дБ артық. Сөйтіп, ОСШ мәні 13,7 дБ тең.

4-ФМ түрін модуляциялауда ақпаратты тарату тығыздығы 2 бит/с/Гц тең, ырғақ жиілігі 5 МГц тең, бұл жолақтың минималды еніне (Найквист бойынша) сәйкес келеді. Жүйені күшейту коэффициентін анықтау үшін келесі өрнекті пайдалануға болады:

$$A_S = 10Lg\left(\frac{2}{4 \cdot 10^{-21} \cdot 5 \cdot 10^6}\right) - 13{,}7 - 7 - 3 - 10Lg1{,}3 = 116 \quad дБ.$$



3.7 сурет – ФМ жүйесіндегі қателер ықтималдылығы

2 ГГц тасымалдаушы жиілігінде толқын ұзындығы $3 \cdot 10^8 / 2 \cdot 10^9 = 0{,}15$ м құрайды. Тыну запасы келесі формуламен анықталады:

$$Тынузапасы = 116 + 60 + 20Lg\left(\frac{0{,}15}{4\pi \cdot 5 \cdot 10^4}\right) - 5 = 38{,}5 \quad дБ.$$

3.5 Код тиімділігін бағалау

LTE жүйесінде шумның екі көзін ажыратуға болады: арналық және арна аралық интерференциялар. Арналық шум көзімен келетін таратылатын ақпараттағы қате ықтималдылығы сигнал қуатын арттыру есебінен азаюы мүмкін.

Арна аралық интерференцияда сигнал/шум қатынасы (*h*) антеннаның бағытталған диаграммасымен блоктың ВЧ сүзбелері сипаттамасымен сәулелену қатынасы және көпсәулелі сипатымен эфирде бір уақытта сәулеленетін ПСП санымен анықталады. *h* қатынасы корреляционды қабылдағыш шығысына қатысты келесі формуламен жуықталуы мүмкін [15]:

$$h = \left(\frac{K-1}{3N} + \frac{N_0}{2E} \right)^{-1} \tag{3.26}$$

мұндағы *h* - сигнал/шум қатынасы;

N_0 - арналық шумның спектрлік қуаты;

K –ПСП саны;

$$h \approx \frac{3N}{K-1}. \tag{3.27}$$

(3.26) өрнегі асинхронды СП және сигналды бірсәулелі таратуда әділ, сондай-ақ жүйе сипаттамасын алғашқы жақындауда бағалау үшін қолданылуы мүмкін.

Жүйе параметрлеріне *N*=128, *K*=64 мәнін бере отырып, *h*=7,8 дБ өрнегін аламыз. Егер таралудың үш тең сәулеленуімен асинхрондық жүйенің жағдайын қарастыратын болсақ, онда сигнал/шум қатынасының елеулі төмендетілген бағасын алуға болады. Үш теңбағалы сәулені *K* санын 3 есе ұлғайтуға баламалыққа келтіруге болады. Бұл жағдайда сигнал/шум қатынасы *h*=3 дБ. Төмендегі өрнектен гаусс шумы үшін берілген h қатынасында p_e қате ықтималдылығы анықталады:

$$p_e = Q\left(h\sqrt{2}\right) = 0{,}5\left[1 - F\left(h\sqrt{2}\right)\right], \tag{3.28}$$

м нда $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2/2} dt$; $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{x} e^{-t^2/2} dt$ - сенімділіктің кестеленген функциясы.

$p_e = 1 \cdot 10^{-6}$ мәні $h = 10{,}28$ дБ жағдайында орындалады. Жүйеде $p_b = 1 \cdot 10^{6}$ битке қате ықтималдылығын қамтамасыз ету үшін (48,24,11) коды пайдаланылады. (48,24,11) код блогында біріншіден 47 битте қателерді түзеу жүргізіледі. Соңғы 48 бит арна сапасын циклдік синхрондау және бағалау

үшін пайдаланылады, яғни қызметтік бит болып табылады. Биттегі қателер ықтималдылығы декодер шығысында (47,24,11) келесі өрнекпен анықталады:

$$p_b = \frac{d}{n} p_n(t > t_k), \tag{3.29}$$

мұндағы d кодтық қашықтық (d = 11);

n – код ұзындығы (n = 47);

$p_n(t>t_k) = p_n$ – n ұзындығының блогындағы $t_k = 5$ астам еселік қатенің туындау ықтималдылығы немесе декодер шығысында p_n блогындағы қате ықтималдылығы.

p_n есептеу үшін келесі бағалау қолданылады:

$$C_n^{\lambda n} p_e^{\lambda n} q_e^{n(1-\lambda)} < p_n < \frac{\lambda q_e}{\lambda - p_e} C_n^{\lambda n} p^{\lambda n} q^{n(1-\lambda)}, \tag{3.30}$$

мұндағы $\lambda = (t_k + 1)/n$, $q_e = 1 - p_e$ и $\lambda > p_e$.

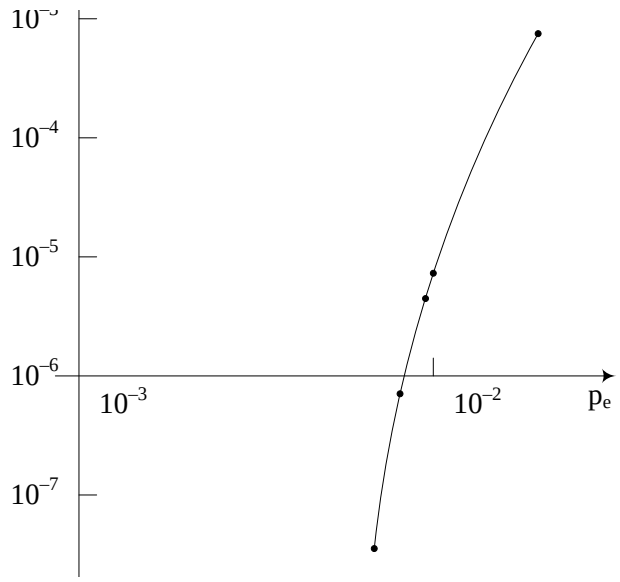
Қателер тек арна аралық интерференциялар есебінен ғана енгізіледі, 3.3 кестесінде және 3.8суретте ұсынылған кірістегі (t_k = 5) қателер ықтималдылығының декодер шығысындағы қате ықтималдылығының тәуелділігін аламыз.

3.3 кесте – Декодер кірісіндегі қате ықтималдылығы

h, дБ	2,65	4,31	4,48	4,6	5,29
p_e	$2{,}75\cdot10^{-2}$	$1{,}0\cdot10^{-2}$	$9{,}0\cdot10^{-3}$	$8{,}0\cdot10^{-3}$	$5{,}0\cdot10^{-3}$
p_b	$4{,}1\cdot10^{-4}$	$2{,}0\cdot10^{-6}$	$1{,}14\cdot10^{-6}$	$5{,}8\cdot10^{-7}$	$3{,}9\cdot10^{-8}$

Сөйтіп, жүйеде (48,24) кодын пайдалану h = 4,6 дБ жағдайында $p_b = 1\cdot10^{-6}$ шығысындағы қателер ықтималдылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, ол 7.8 дБ елеулі аз.

Сөйтіп, код 3,2 дБ ретіндеі кедергіқорғаныс бойынша запасты қамтамасыз етеді. Бұдан басқа, кодтың шағын ұзындығы кемі 6 мс бөлеуілді қамтамасыз етеді (3.8 –сурет).



3.8 сурет – $p_b = f(p_e)$ тәуелділігі

3.6 ОК учаскесіндегі қосынды өшуді анықтау

Оптикалық кабельдер идеалдыққа жуық тарату ортасы түрінде болады. Ақпараттарды тарату көлемі мен жылдамдығы, оны жеткізу сенімділігі мен ұзақтығы бойынша оптикалық кабельдер басқа технологиялық шешімдерден елеулі озық болады. Осы себепті бүгінгі күні оларға балама жоқ. Оптикалық кабельдің негізгі элементі оптикалық талшық болып табылады, ол цилиндр формалы жұқа шыны талшықтар түрінде орындалған, ол арқылы жарық сигналдары 0,85…1,6 мкм ұзын толқындармен беріледі. Жарық өткізгішінің екі қабатты құрылымы бар және әртүрлі сыну көрсеткіштерімен өзекшелерден және қабықшалардан тұрады.

Тасымалдаушы құрылыс желісі үшін оптикалық кабельдердің негізгі параметрлері 3.4-кестеде көрсетілген.

3.4 кесте – Оптикалық кабельдердің негізгі параметрлері

Параметрлері	Кабель қабатының типі		
	кәрізде	жерде	аспалы
Кабель маркасы	ОКС-М	ОКБ-Т	ОКА-Т
Оптикалық талшықтар саны	4 – 72	4 – 24	4 – 24
Талшықты өндіруші компаниялар	Fujikura	Fujikura	Fujikura
Талшық типі	ОМ	ОМ	ОМ
Пласмасс (металл) модульдер саны	6 – 12	1 (метал.)	1 (метал.)
Модуль түтігінің диаметрі, мм	2	3,0 – 6,0	3,0 – 6,0
Кордел саны/диаметрі	-/2,0	-/3,0 – 6,0	-/3,0 – 6,0
Кабельдің сыртқы диаметрі, мм	15,0	18,5	18,5
Кабель массасы, кг/км	190	436	540

3.4-кесте жалғасы

Қоршаған ортаның жұмыс температурасы, °С	-40 - +50	-40 - +50	-60 - +60
Кабельдің бүгілуінің минималды радиусы, мм	250	250	300
Рұқсат етілген созылған күш, кН	1,5	7,0	3,5 – 7,0
Жеткізілім ұзындығы, км	2,0	2,0	2,0

Жобаланатын тасымалдаушы желінің бір учаскесіндегі қосынды өшуді коммутатор мен маршрутизатор арасында анықтаймыз. Желі учаскесіндегі $a_{\sum}$ қосынды шығыны келесі формуламен есептеледі:

$$a_{\sum} = n_{рс} \cdot a_{рс} + n_{нс} \cdot a_{нс} + a_t + a_в , \qquad (3.31)$$

мұндағы $n_{рс}$ – ажырайтын қосылыс саны, $n_{рс} \approx 3$;

$a_{рс}$ – ажырайтын қосылыстардағы шығындар, $a_{рс} \approx 0{,}6$ дБ;

$n_{нс}$ – ажырамайтын қосылыстар саны;

$a_{нс}$ – ажырамайтын қосылыстар шығындары, $a_{нс} \approx 0{,}02$ дБ;

a_t – оптикалық талшықтың өшуін температуралық өзгертуге рұқсат ету, $a_t = 1$ дБ;

$a_в$ – уақытты учаскеде компоненттер сипаттамасын өзгертуге рұқсат ету, $a_в \approx 5$ дБ.

Аджырамайтын қосылыстар саны келесі формуламен есептеледі:

$$n_{нс} = \frac{L_{уч}}{l_{сд}} - 1 \qquad (3.32)$$

мұндағы $L_{уч}$ – учаске ұзындығы, $L_{уч} \approx 9$ км;

$l_{сд}$ – 3.1-кестеге сәйкес кабельдің құрылыс ұзындығы $l_{сд} = 2$ км.

$$n_{нс} = \frac{9}{2} - 1 \approx 3$$

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

Қосынды өшу шашамен 7,8 дБ құрайды.

3.7 Байланыс арнасында шығындарды есептеу моделі

Ұялы байланыстың мобильдік желісі радиоарнасының айтып өткеніміздей өзіндік ерекшеліктері бар. Трассадағы шығындар шамасына келесі факторлар әсер етеді:

- ұялы байланыстың әрекет ету аймағының құрылымы: қалалар немесе қалалар маңы, құрылыстың сондай немесе басқа тығыздығы бар аудандар;

- әдетте, МС БС тікелей радиобейнесі аймағынан тыс болады, және сигналдар қабылдау нүктесінен қайташағылысу мен дифракция барысында келіп түседі;

- байланыс сеансы уақытында мобильдік абоненттердің қозғалысы сигналдарды доплерлік жиілік ығысуына енгізеді;

- шағылысулардың көптігі көп сәулеленудің таралуына және электрмагниттік толқындардың шашырау әсеріне соқтырады.

Байланыс қашықтығына байланысты сигнал қуаты 20..40 дБ декада жылдамдығымен өшеді, яғни БС-МС қашықтығын 10 есе ұлғайтқанда шығындар 100...10000 есе артады. Қуаттың орта шығындар есебінде трассада Окумура-Хата әдісін пайдаланамыз, бұл әдіс нақты өлшеу нәтижелерін талдаулық жуықтауға негізделген, мұнда бастапқы шамалар R қашықтығы, f жұмыс жиілігі, h_{BTS} базалық станция антеннасының ілмек биіктігі және h_{MS} мобильдік станциясы болып табылады. Модельдерді қолдану шарттары: f = 150…1500 МГц, h_{BTS} = 30…200 м, h_{MS} = 1…10 м.

Типтік қалалық аудандарда құрылыс шығындары келесіні құрайды:

$$L_{urban} = 69{,}55 + 26{,}16 \lg f - 13{,}82 \lg h_{BTS} - a(h_{MS}) + (44{,}9 - 6{,}55 \lg h_{BTS}) \lg R. \qquad (3.33)$$

мұндағы f – тасымалдау жиілігі, МГц;

h_{BTS} и h_{MS} –БС және МС антенналар биіктігі, м;

$a(h_{MS})$ – түземелеу коэффициенті;

R - БС және МС арасындағы қашықтық, км.

$a(h_{MS})$ түземелеу коэффициенті байланыс жүйесі бар жергілікті орын типіне байланысты. Шағын және орташа қалалар үшін:

$$a(h_{MS}) = (1{,}1 \lg f - 0{,}7) h_{MS} - (1{,}56 \lg f - 0{,}8). \qquad (3.34)$$

4. Өміртіршілігінің қауіпсіздігі

4.1 ЭЕМ жұмыс істеуде оператор еңбегінің қауіпсіздігі

Қызмет көрсететін мамандар негізінен ЭЕМ өңделген ақпараттарды есептеумен айналысады. Ашық бапталу мүмкіндігі, түсі мен контастілігі, сәулеленуді азайтатын қорғаныс сүзгімен жабдықталған жалпақ экраны бар диагоналы 21 дюйм мөлдшеріндегі LG (модель "Flatгоп") фирмасының мониторы өңделген ақпараттарды бейнелеу сапасында қызмет етеді.

Ақпаратты қабылдауда оператор жұмысы сыртқы ортаны және басқару нысанының жағдайы туралы ақпаратты қабылдаумен байланысты болады, ал оның жұмысы сигналдарды байқау, даралау, тану болып табылады.

Ол үшін оператор жұмысы мейлінше нәтижелі және қабылданатын ақпаратқа баламалы болу үшін оған шаршау, көру талдағыштарының асқын кернеуі, еңбектің біркелкілігі, сезімталдық жүктемелер ретіндегі психофизикалық факторлар оған әсер етпеуі қажет. Ұйым оператор жұмыс

орнының құрылысына, микроклиматына және эргономикасына үлкен көңіл бөледі.

Ауа температурасы адамның жеке басына және жұмыс нәтижелеріне елеулі әсер етеді. Аса жоғары емес температура ағзаны салқындата алады және салқын тию ауруларын тудыруға жағдай жасайды. Жоғары температурада адам ағзасы қызады, ол нәтижесінде қызметшінің қатты терлеуіне және жұмыс қабілетінің төмендеуіне соқтырады. Қызметкер байыптылығын жоғалтады, бұл өз кезегінде жазатайым жағдайдың себебі болады.

Ауаның жоғары ылғалдылығы адам өкпесінен және терісінен ылғалдың булануын қиындатады, бұл ағзаның жылу реттеуінің бұзылуына соқтырады және соның нәтижесінде адамның жұмыс қабілеті төмендейді, жағдайы нашарлайды. Төмендетілген салыстырмалы ылғалдылықта адамда тыныс жолдарының шырышты қабығының кебуі сезімін тудырады.

Ғимаратта қалыпты микроклимат жағдайларын жасау үшін ауаны баптау және жылыту жүйесі қарастырылған, соның нәтижесінде микроклимат параметрлері 1а санатты жұмыстар үшін «Жұмыс ауқымының ауасы, жалпы санитарлық-гигиеналық талаптарын» ГОСТ12.1.005-88 ССБТ (жеңіл дене жұмысы) қанағаттандырады. Ауа температурасы 22-24 градус C^0 бір деңгейінде тұрақты болады, ал ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 40-60% құрайды.

Оператор өзін жақсы сезіну үшін оның жұмыс орнындағы құрылғылар өте маңызды, сондықтан монитор экранға дейінгі қашықтығы 700 мм аспау (оңтайлысы 450-500мм) үшін үстелге немесе түпқоймаға қойылады, олар биіктігі бойынша, бұрышы экран ортасына және көрілімнің көлденең сызығына жиырма градус етіп қойылды, көлденең жазықтықта бақылау бұрышы алпыс градустан аспайтындай етіп құрылды.

Пернетақта стол жазықтығына он бес градус бұрышта, шегі 100-130 мм қашықтықта биіктігі 750 мм стандартты столда орналастырылады. Отыру биіктігі реттелетін кресло пайдаланылады. Оператордың деректерді енгізуі үшін құжат оператор көзінің сол жағынан 450-500 мм қашықтықта орналастырылады, мұнда көлденең жазықтықтағы монитор арасындағы бұрыш 30-40 градусты құрайды.

4.2 Жасанды жарықтандыруды есептеу

Оператор жұмыс орнының жарығына өте үлкен көңіл бөлінеді, себебі жарық адам ағзасына тікелей әсер етеді. Дұрыс жоспарланған жарықтар жоғары нерв жүйесінің қызметінің жақсы жүруін қамтамасыз етеді және жұмыс қабілеттілігін арттырады. Адам жарық жеткіліксіз болса, баяу жұмыс істейді, тез шаршайды, қателер жіберу ықтималдығы артады. Жарық толқын ұзындығына байланысты қоздыру (қызғылт-қызыл) немесе тыныштандыру (сары-жасыл) қызметін көрсетуі мүмкін. Жарықтың спектрлік құрамы еңбек өнімділігіне әсер етеді. Зерттеулер табиғи жарықта 100% қабылдау көрсетсе, қызғылт жарықта 76% құрайды. Кейбір себептермен табиғи жарықтың адамдарда толық немесе жеткіліксіз болуы жарық жетпеуін тудырады.

Ұйымда оператор жұмысының жарық болуына өте көңіл бөлуіне байланысты және ол келесі жағдайларда қанағаттандырылады:

- осы тип жұмысы үшін жұмыс орны жарығының деңгейі гигиеналық нормаларға сәйкес келеді;
- бөлмеде жарық деңгейінің біркелкілігі және тұрақтылығы қамтамасыз етіледі, қоршаған кеңістік пен жұмыс орны жарығының арасында айрықша ерекшеліктер болмайды;
- көру өрісінде жарық көздерінің және басқа заттардың шағылысуы болмайды;
- бөлмеде пайдаланылатын жасанды жарық өз спектрінің құрамы бойынша табиғи жарыққа жақындатылады, мұнда араластырылған жарық жүйесі пайдаланылады, табиғи жарықтың жетіспеуі жасанды жарықпен толықтырылады, ол үшін КЖШ (күндізгі жарық тарату шамы) типті люминесцентті шам қолданылады.

Себебі оператор жұмысында нысанды тану мөлшері 0,15 мм құрайды, яғни оның жұмысын көру деңгейінің бірінші разрядына жатқызуға болады (жұмыстың ең жоғарғы дәлдігі).

Көру жұмысының бір разрядын қанағаттандыратын қажетті жарықты қамтамасыз ету үшін осы бөлме шамдарының санын есептеу қажет. Көру жұмысының разряды бір г болуына байланысты жарықтандыру 400 лк құрауы қажет. Мұндай жарықты қамтамасыз ету үшін ілмелі төбе КЖШ -80 типті люминенсценті шамдармен (төрт шамды) бірдей жабдықталады. Бөлменің келесі мөлшерлері бар: ұзындығы A = 6 м, ені B = 6 м, биіктігі H = 2,5 м, төбесі ақ, қабырғалары ашық.

Қабырғалар төбесінің кескін коэффициенті $\rho_п$ = 70% және p_c = 50 %,$\rho_{П=}$ 30% тең.

Осы бөлме үшін еден үстіндегі жұмыс бетінің деңгейі (үстел)

$$h1 = 0,75 \text{ м.}$$

Жұмыс беті (үстел) мен төбесі арасындағы қашықтықты анықтаймыз:

$$H_p = H-h_1=2,5-0,75=1,75 \text{ м.}$$

Осы типте ең қолайлы қатынас сақталады:

$$\lambda = L/h = 1,4,$$

мұндағы L – шамдал арасындағы қашықтық, м.

H - ілу биіктігі, м.

h_P –есептік биіктік.

Шамдал арасындағы қашықтықты анықтаймыз.

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

Мұнда шамдал санының реті =2 болады.

Қабырғалар мен шамдалдың шеткі қатары арасындағы аралық келесі формуламен анықталады:

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

I = A*B/h*(A+B) = 6*6/1,75*(6+6) = 1,7 жағдайында $p_с$, $p_н$ коэффициентінің мәндерін ескерсек, мұнда жарық ағынының пайдалану коэффициенті η = 0,48 тең. КЖШ -80 шамның номиналды жарық ағыны Fл = 2720 лм тең. Демек, шамдалдың жарық ағыны келесіге тең:

$$F_{св} = F_л \cdot n \qquad (4.1)$$

мұндағы n = 4 – шамдалдардағы шамдар саны. Сонда

$$Fсв = 2720 * 4 = 10880 \text{ лм}.$$

Шамдалдардың қажетті қатар сандарын келесі формула анықтаймыз:

$$N = E * K * S * Z * / n * Fсв * \eta, \qquad (4.2)$$

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

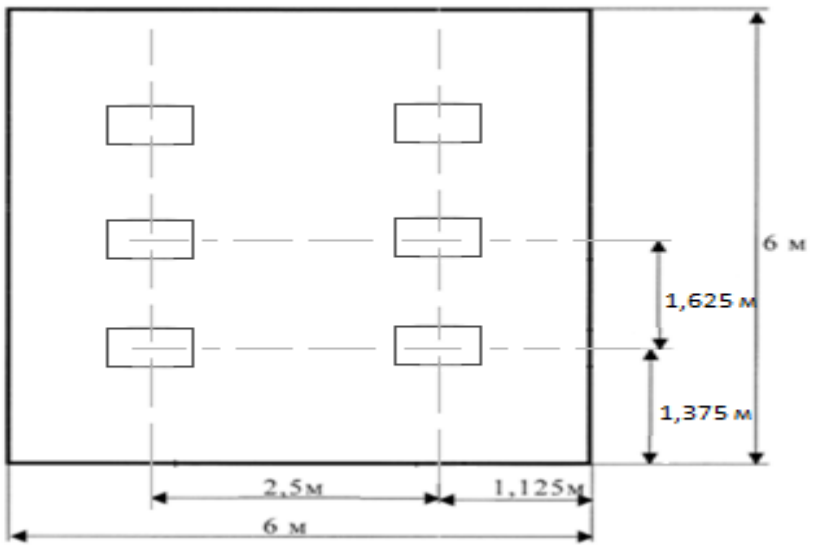
К =1,5 – шамдалдарды жылына кемі екі рет тазалау жағдайында шамдалдардың шаңдануын ескеретін запас коэффициенті;

n – шамдалдардың қатар саны.

Белгілі мәндерді (4.1) формулаға қоямыз және шамдалдар санын анықтаймыз:

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

Жүргізілген есептеу қорытындысы бойынша оператор жұмыс істейтін ауданы 36 кв метр бөлменің талап етілетін жарықтануын (400 лк) қамтамасыз ету үшін, КЖШ -80 шамдары бар төрт шамды шамдалдыг алтауын қолдану жеткілікті деп шешім шығаруға болады. Шамдалдардың төбеде орналасу сұлбасы (4.1-сурет).



4.1 сурет – Шамдалдар орналастырылған операторлар бөлмесінің жоспары

4.3. Өрт қауіпсіздігі

Өрттің туу қаупі дәрежесі бойынша жанғыш материалдардың жұмыс тағайыны мен өрт жүктемесі бірінші топқа, яғни В санаттына жатады. В санатына шектес бөлмеге қызмет көрсетуші қызметкер бөлмесімен бірге дизельді қондырғы орнатылған бөлме жатады.

Бөлмеде жанғыш құраушылар қатарына акустикалық және эстетикалық өңдеу үшін құрылыс материалдары, есіктер, едендер, аралықтар, радиотехникалық бөлшектерді орау, күшті сигналды кабельдерді оқшаулау, ұяшықтардың қосылу кабельдерін оқшаулау, шкафтар, ЭЕМ элементтері мен тораптарын ластанудан тазалау үшін сұйықтықтар және т.б. жатады.

Техникалық қызметте қолданылатын ЭЕМ электронды сұлбалары, электр қоректендіру құрылғысы, ауа баптаулар және т.б. жану көздері болып табылуы мүмкін.

Осыған байланысты бөлмеде қымбат тұратын жабдықтар болады, көптеген операциялар автоматты режімде орындалады, мұнда бүріккіш типті автоматты өрт сөндірудің газ жүйесін орнату қажет.

Өрт сөндіруші заттектер сапасында араластырылған көмірқышқыл-хладонды құрам қолданылады.

араласқан m_d кг көмірқышқыл-хладонды құрамның есептік массасы көлемді өрт сөндіру үшін келесі формуламен анықталады:

$$md = k * gn * V, \quad (4.3)$$

мұндағы k=1,2-көмірқышқыл-хладонды құрам шығындарын ескермейтін өтемелеу коэффициенті;

$g_п$=0,4-көмірқышқыл-хладонды құрамның нормативтік массалық шоғырлануы,

V – бөлме көлемі,

$$V = A * B * H, \quad (4.4)$$

мұндағы А = 6 м- бөлме ұзындығы,

В = 6 м- бөлме ені,

Н = 2,5 м- бөлме биіктігі.

Сонда: $V = 6 * 6 * 2,5 = 90$ м3.

Демек: $md = 1,2 * 0,4 * 90 = 43$ кг.

Тұрақты ашық ойықтар бар болғанда, 1% -дан 10% -ға дейінгі аумағынан тұратын бөлменің конструкциясын қоршайтын аумаққа 1 $м^2$ ойық аумағына 5 кг тең көмірқышқыл-хладонды құрамның қосымша шығынын қабылдау қажет.

ε баллондарының есептік саны 40-литр баллонға 25 кг көмірқышқыл-хладонды құрамының сыйымдылығы есебінен анықталады.

Магистральді d_i мм құбыр желісінің ішкі диаметрі келесі формуламен анықталады:

$$di = 12 * \sqrt{2} = 17 \text{ мм.}$$

Магистральді I_2, м құбыр желісінің баламалы ұзындығы келесі формуламен анықталады:

$$I2 = k1 * I.$$

мұндағы k_1 = 1,2 – жергілікті шығындарды ескермейтін компенсациялар

үшін құбыр желісі ұзындығының арту коэффициенті;

Жоба бойынша I = 33м құбыр желісінің ұзындығы, сонда, I_2 = 1,2*33 = 40 м.

Аз, $мм^2$ су сепкіш шығыс саңылауының қиылыс ауданы келесі формуламен анықталады:

$$Аз = S/\varepsilon 1, \quad (4.5)$$

мұндағы S – магистральді құбыр желісінің қиысу ауданы, $мм^2$;

ε_1 – су сепкіштар саны, сонда

$$Аз = 3,14 * 8,52/3 = 75 \text{ мм2.}$$

Q, кг/с көмірқышқыл-хладонды құрамының шығыны құбыр желісінің эквивалентті ұзындығы мен диаметріне байланысты 1,4 кг/с тең.

t, мин, көмірқышқыл-хладонды құрамын берудің есептік уақыты келесі формуламен есептеледі:

$$t = md/60Q = 43/60 * 1,4 = 0,5 \text{ мин.}$$

m, кг көмірқышқыл-хладонды құрамының негізгі запасының массасы келесі формуламен анықталады:

$$m = 1{,}1 * md * (1 + k2/k),$$

мұндағы k_2 = 0,2 – көмірқышқыл-хладонды құрамының баллондар мен құбыр желісіндегі қалдықтарын ескеретін коэффициенті, сонда,

$$m = 1{,}1 * 43 * (1 + 0{,}2/1{,}2) = 55 \text{ кг.}$$

Демек, алынған нәтижелер бойынша автоматты өрт сөндіру жүйесін қалыпты қалыптастыруды қамтамасыз ету үшін 25 кг қоспа массасымен және 12,5МПа жұмыс қысымымен қырық литр сыйымдылығындағы көмірқышқыл-хладонды құрамының екі баллоны талап етіледі деп шешім шығаруға болады. Бөлмеде үш су сепкіш орнатылған, заряд шығару ұзақтығы 0,5 с құрайды.

Екі ағысты саптама арасындағы қашықтық төрт метрден, ал саптамадан қабырғаға дейін екі метрден аспайды.

Газбен өрт сөндірудің автоматты қондырғыларында ГОСТ 12,4.009-83 сәйкес автоматты қосу үшін құрылғылары бар.

Магистральді және таратқыш құбыр желілері ГОСТ 8734-75 болат құбырлардан орындалады.

Бұдан басқа, бөлмеде қол өрт сөндіргіштері, ашық жалынды пайдалануға жол бермейтін плакаттар, өрт қалқандары, сондай-ақ темекі тартуға тыйым салатын плакаттар бар, сонымен бірге бөлме төбесіне 2,45 метр биіктікте орналасқан ионизациялау түріндегі түтін хабарлағышы құрылған.

4.4 Қорғаныстық жерге қосуды есептеу

Электр жабдықты жерге қосуға қойылатын талаптар:

Телекоммуникация жабдығын жерге қосу келесі мақсатта орындалады:

- оқшаулама зақымданғанда қызметкерлерді электр тогының соғуынан қорғау;
- электр разрядтарынан қорғау;
- электрмагниттік кедергілерден жабдықтарды қорғау.

Тіреулер, оқшауламасы бар металл кронштейндер, ТД антенна құрылғылары, сондай-ақ шкафтардың, кростардың, пульттардың және басқа метал құрылғылары жерлендірілуі қажет.

Байланыс жабдықтарын жерлендіру осы техникалық талаптарға сәйкес осы жабдықтарға орындау қажет.

Бастапқы деректер.

Ғимараттың барлық жабдықтары нетральмен бөлектелген 380В кернеуі бар үшфазалы желімен қоректенеді. Қоректендіру көздерінің жалпы қуаты 100 кВА артады. Ғимарат сазды топырақтағы темірбетонды іргетастан тұрады.

Қоректендіру желісі 1000 В аспағандықтан оқшауланған жекелікке ие және қоректенду көдерінің қуаты 100 кВА асады, жерлендірудің нормалық кедергісі сапасында R_h=4 Ом аламыз.

Жерлендіру типі – контурлы, мұнда жерленгіштер контур бойынша бөлім ішінде орналастырылады. Бөлме мөлшері: А=6 м, В =6 м

Контур ұзындығы 1 = 2.6 м болат құбырларлы тік электродтардан – және b = 0.5м текше енімен бұрыштық болаттан тұрады, олар контур периметрімен теңдей көлденең жолақ ұзындығымен қосылған.

Көлденең электрод ретінде 50х4 мм қимасымен болат жолағын қолданамыз. Электродтарды жерге орналастыру тереңдігі t_0 = 0,7 м.

Бір электронды тік жерлендірулер кедергісінің есебі:

Жер бетінен h тереңдікте орналастырылған құбырлы тік жерлендірудің R кедергісі келесі формуламен анықталады:

$$R_в=p/6.28\cdot I\cdot (In\cdot 2\cdot I/d+I/2\cdot In\cdot 3I+4h/I+4h),$$

$$R_в=80/6.28\cdot 2.6\cdot (In\cdot 2\cdot 1/0.05+1/2\cdot In\cdot 3\cdot 2.6+4\cdot 0.7/2.6+4\cdot 0.7)=25.5Ом$$

Р = 80 Ом*м топырақтың меншікті кедергісі, I-құбыр ұзындығы (0.05м), h- құбырдың үстіңгі түбіне дейінгі жер бетінің арақашықтығы (h=0.7м)

$$R_в=25.5 \text{ Ом.}$$

Бұрыштық болат мәндері:

$$d=0.95\cdot b=0.0475$$

Көлденең жерлендіру есебі:

Тартылған металды жолақтар түрінде жерлендіру кедергісі келесі формуламен анықталады:

$$R_i=p/6.28\cdot I\cdot In\cdot I^2/0.5\cdot b\cdot h ,$$

$$R_i=80/6.28\cdot 2.6\cdot In\cdot 2.6^2/0.5\cdot 0.05\cdot 0.7=28.91Ом$$

мұндағы I-жерлендіру ұзындығы (2.6м)

h-жолақтар төсемінің тереңдігі (0.7м)

b-жолақ ені (0.05м)

Ri =28.91Ом

Көлденең жерлендіру кедергісін төмендету үшін оның диаметрін емес ұзындығын мақсатты түрде ұлғайтқан және мырышталған болат сымға қолданған жөн (4-5мм).

Көп электронды жерлендіру кедергісінің есебі:

Тік және көлденең жерлендіру кедергісі үлкен болғандықтан, қажет шаманы алу үшін кедергіні параллель қосылған бірнеше жерлендіргіштерден жерлендіргіш құрылғысын жасау қажет. Көлденең жерлендіргіштер арқылы, параллель қосылған бірдей кедергісінің, бірнеше тік жерлендіруінің толық кедергісі келесі формуламен анықталады:

$$R_u = R_в \cdot R_г / q_1 \cdot R_г + q_2 \cdot n \cdot R_в, \qquad (4.6)$$

$$R_u = 25.5 \cdot 28.91 / 0.82 \cdot 28.91 + 0.81 \cdot 10 \cdot 25.5 = 3.2 \text{ Ом}$$

мұндағы $R_в$ – көлденең жерлендіру кедергісі

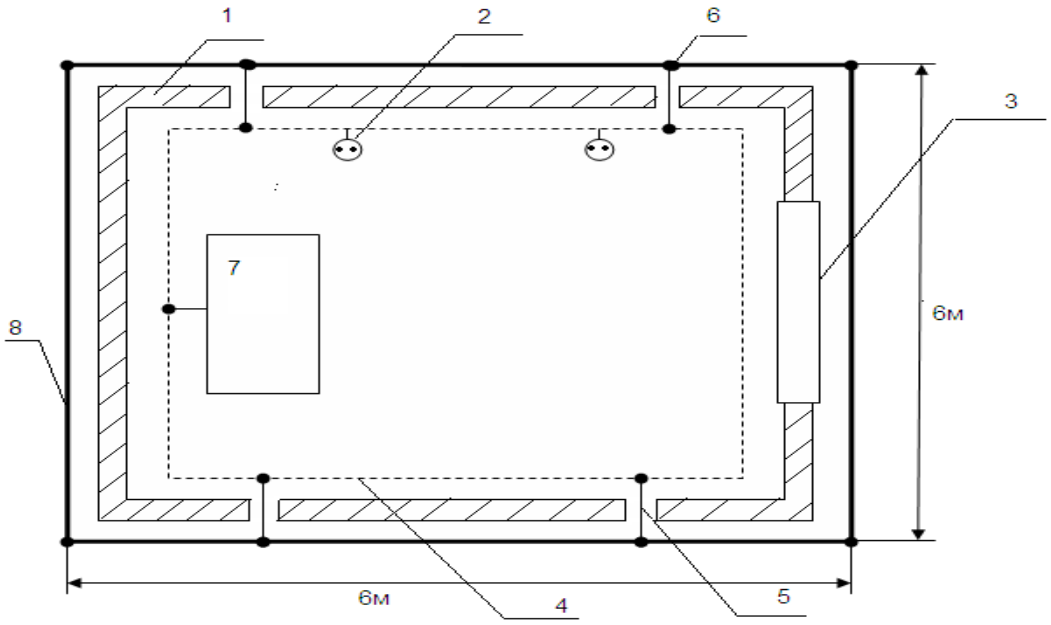
$R_г$-тік жерлендіру кедергісі

q_1 –көлденең жерлендірулерді пайдалану коэффициенті. (n=10 q_1= 0.82 кесте мәні)

q_2 – тік жерлендіруді пайдалану коэффициенті (n=10 q_2= 0.81 кесте мәні)

n- тік жерлендіру саны.

Ескерту: жерлендіргіштер қатар орналастырылған. R_u=3.2 Ом $R_н$= 4 Ом-нан аз. Жерлендірулерді орналастыру сұлбасы (4.2-сурет).



1-жабдық тірегінің орналасуы (үстінен қарағанда), 2-электрлік розетка, 3- кіру есігі, 4-жерлендіру магистралі, 5- металл өзегі, 6- жерлендіргіш, 7- жабдық тірегі, 8- контур түріндегі жерлендіру құрылғысы

4.2 сурет – Жерлендірулерді орналастыру сұлбасы

5 Бизнес жоспар

5.1 Жоба мақсаты мен міндеті

Бұл жұмыста Ұзынағаш аудан орталығының Internet пайдаланушыларына деректерді беруде жоғары жылдамдықты қызмет көрсету мақсатында LTE желісін күшейту қарастырылады.

Жоба міндеттеріне:

- қолданыстағы желіні талдау;
- интернет желісімен абоненттерді жоғары жылдамдықты сымсыз қосу мүмкіндігі;
- пайдаланушыларды Интернет-карта көмегімен (осы ретте ұялы пайдаланушы тарабында баптауды ықшамдай отырып) тіркеу;
- сыртқы магистраль арқылы радиоқатынау желісінің деректерді тарату желілерімен түйісуі жатады.

Алматы облысы, Жамбыл ауданының Ұзынағаш аудан орталығы экономикалық келешекті елді мекені болып табылады және онда халықтың байланыс қызметіндегі қажеттілігін толық қанағаттандыру үшін қазіргі технологиялармен жабдықтар орнату қажет. Телекоммуникация қызметтеріне де нақты қажеттіліктер бар, кабелдік сызықты жабдықтардың мүмкіндіктері қолданылды, бірақ шектелуде.

Сызықтық-кабельдік ғимараттар құрылысы үшін көп уақыт талап етіледі. Қазіргі уақытта байланыс операторлары әр абонент үшін күресуде жаңарту жұмыстарын іске асыруы қажет.

Ұзынағаш аудан орталығында телекоммуникация қызметтері сұранысын қанағаттандыру үшін сымсыз абоненттік қатынау желісін күшейту қажет. Қазіргі кезеңде байланыс саласы дамудың сапалы жаңа деңгейіне көшті.

Телекоммуникация қызметі нарығын дамытудың негізгі факторы тұтынушылардың төлем қабілеттілігі болып табылады, бұл көп жағдайда еліміздің экономикалық жағдайымен анықталады. Бүгінгі уақытта Қазақстан ел аумағында халықтың біркелкі орналаспауына байланысты, клиенттік базаны кеңейтуде, жеткілікті әлеуетке ие емес. Көбіне сымды абоненттік желілер сымсызбен ауыстырылады, бұл жағдай желіні жылдам күшейтуде талап етіледі.

5.2 Жабдық сипаттамасы

Huawei Technologies компаниясы LTE-B жаңа буынының жабдығын құрды, ол No-Edge жіксіз жоғары жылдамдықты желіні іске асыруға мүмкіндік жасайтын радиоқатынаудың әртүрлі технологияларын қолдау арқылы көпжолақты және көп деңгейлі желінің кеңейтілген мүмкіндіктеріне орай ұяшық шеңберінде (CEU) кемінде 500% пайдаланушылар үшін қатынау қабілетін арттырады.

LTE-B үшін Huawei компаниясының FusionNet тұжырымдамасы– бірнеше ағымдарды агрегациялау, кедергілерді үйлестіру, трафикті бейімдеу және спектрлік диапазонды пайдаланудың тиімділігін оңтайландыру сияқты бірнеше түйінді технологияларды қамтиды. Бұл технология LTE және LTE-A технологияларын (CoMP және тасымалдаушыларды агрегациялауды қоса алғанда) күшейту процесін үйлестіреді және радиоқатынаудың әртүрлі технологияларын қолдайтын көпжолақты, көпдеңгейлі желілердің кірігуін қамтамасыз етеді.

LTE деректерді таратудың теориялық жылдамдық шыңын базалық станциядан пайдаланушыға 326,4 Мбит/с дейін (де-факто 5-10 Мбит/с) және кері бағытта 172,8 Мбит/с дейін қамтамасыз етеді. Сөйтіп, көшбасшы Kcell ұялы байланыс операторы өзінің Алматыдағы бас кеңсесінде LTE тестілеу сынағын жүргізді. Сынақ барысында олар деректерді таратудың 170 Мбит/с дейінгі жылдамдығын алуға қол жеткізді.

LTE-желісінің маңызды ерекшелігі ол IP хаттамасына негізделген магистральмен жұмыс істейді. LTE-нің негізгі артықшылығы оның GSM және WCDMA салыстырмалы жеңіл кірігуімен қолданыстағы жабдық базасында салыну мүмкіндігінде, басқаша айтқанда, LTE-желісі қолданыстағы 2G және 3G абоненттік құрылғыларын қолдайды. LTE-желісі ҚР кеңінен таралған, бүгінгі күнде олар Қазақстан халқының 23% астамын қамтиды. Ал Ұзынағаш аудан орталығында LTE-желісін дамытуға келсек, онда бұл технологияның нарықтық перспективалары шынайы болмақ. Сөйтіп, операторлар төменгі жиіліктерді пайдалану мүмкіндігіне қазірдің өзінде ие. Осы жиілікті диапазонның тағы бір артықшылығы (плюсы) Қазақстанның географиялық жағдайларында өте өзекті ғимараттардың ішіндегі тұрақты байланысты төмен жиіліктерде де қамтамасыз ететіндігінде болып отыр.

Ұзынағаш аудан орталығының инфрақұрылымына сымсыз байланыс бойынша абонентті қосу үшін, ОС-ны БС-мен (eNodeB) келістіруге LTE желісінің шлюзіне қызмет көрсететін, Serving gateway (S-GW) контроллерін орнату қажет. Радиоэфирді ұйымдастыру үшін антеннаға БС-ны бекіту керек.

Аудан орталығында деректерді таратудың жоғары жылдамдықты қызметін ұсынуда контреллер (LTE-желісі үшін басқа операторлар деректерін таратуда желілеріне шлюздер - (S-GW) орнатамыз. Контреллер мен ЦС қосылысының түйісуін V.5.2 интерфейсі арқылы іске асырамыз, одан әрі физикалық тізбек NodeB базалық станцияны контроллермен қосады. Базалық станция одан әрі қосылған абоненттер үшін энергия таратады.

5.3 Даму жоспары

Қызметтер ұсыну мүмкіндігі бар жобаланатын желі өте қысқа мерзімде жасалуы мүмкін. Жабдық мүмкіндігін ескере отырып, орнату мен баптаудан кейін желінің жекелеген шағын учаскелерін біртіндеп пайдалануды бастауға болады. Желіні жасау жылдамдығы кабель төсеу жылдамдығымен, техникалық құралдарды жеткізу жылдамдығымен анықталады. Абоненттерді

қайта қосу олардың ұзақ ажыратылуын тудырмайды. Себебі, қайта қосуды біртіндеп жүргізуге болады. жабдықтың өзіндік ерекшеліктеріне байланысты желіні пайдалануда оның жекелеген учаскелерін құру бойынша бастауға болады. Бұл өтілімдік мерзімін арттыруы қажет.

5.4 Іргелі салынымдарды есептеу

Бұл жобаның негізгі мақсаты LTE технологиясын қолдану арқылы телекоммуникациялардың қазіргі кең жолақты қызметтерін ұсыну мақсатында соңғы станцияға жанасатын абоненттерге радиоқатынау желісін ұйымдастыру болып табылады. Бұл пайдаланушыларға ұқсас жабдықты пайдалануда шығындарды қысқарту және сымсыз қатынауды қолдану арқылы (POTS, ISDN және ДВО) телекоммуникациялардың сенімді және сапалы қызметтерін қазіргі абоненттерге ұсынуда жаңа телекоммуникациялар қызметтерін қанағаттандыруға мүмкіндік береді.

Іргелі шығындарды формуламен анықтаймыз [12]:

$$I = Б + К_{ТР} + К_{МОН}. \qquad (5.1)$$

мұндағы Б – деректерді тарату жабдықтарының бағасы;

$К_{ТР}$ – пайдалану орнына тасымалдау құны;

$К_{МОН}$ –аспапты орнына құрастыру құны.

Орнатылатын жабдықтың іргелі шығындары.

Жобаны жүзеге асыру үшін қажеттті жабдықтар тізімі, сондай-ақ жабдықтың бірлік құны 5.1-кестеде көрсетілген.

5.1 кесте – Жабдық құны

Жабдық атауы	Бірлік бағасы, мың теңге	Саны, дана.	Жалпы бағасы, мың теңге
БС Huawei DBS3900 (жинақ)	4100	2	8200
Абоненттік радиоблоктар	1,31	1000	1310
Шлюз (S-GW)	1155	1	1155
Интерфейс жабдықтары	930	1	930
Жиыны			11595

Баға: Ц =11595000 теңгені құрайды.

$К_{ТР}$ бағаның 2 пайызын құрайды:

$К_{ТР}$ = 11595000 х 0,02 = 231900 (теңге).

$К_{МОН}$ жабдық бағасынан 5 пайызды құрайды:

$К_{МОН}$ = 11595000 х 0,05 = 579750 (теңге).

Сонда іргелі шығындар келесі құрайды:

К =11595000+231900+579750=12406650 =12406,65 (мың тн).

5.5 Жылдық пайдалану шығындарын есептеу

Пайдалану шығындарын келесі формуламен анықтаймыз:

$$Э = ЖТ + Ә_с + Ө + М + С_{ЭЛ} + С_{АДМ}, \quad (5.2)$$

мұндағы *Э* – қызметкердің әлеуметтік сақтандыруға және жұмыс бастылық қорға аударымымен негізгі және қосымша

ЖТ –жалақы төлемі;

$Ә_c$ – әлеуметтік салық;

$Ө$ – өтілімдік аударымдар;

M – материалдар және қосымша бөлшектер шығындары;

$C_{ЭЛ}$ – өндірістік қажеттілік тарабынан электрэнергия;

$C_{АДМ}$ – басқа да әкімшілік, басқару және пайдалану шығындары.

Жобада қазіргі қолданыстағы техникалық ғимараттарды, электрмен жабдықтау көздерін пайдалану қарастырылады. Бұл іргелі шығындар мөлшерін елеулі азайтады және экономикалық тиімділікті арттырады. Инженердің 0,5 жүктемедегі лауазымын жоспарлаймыз. Еңбек төлемін есептеу үшін 5.2-кестеде жұмыс істейтін қызметкердің орташа айлық жалақыларын келтіреміз [17].

5.2 кесте – Қызмет көрсетуші қызметкердің орташа айлық жалақысы

Қызметкер тізімі	Саны	Айлық жалақысы теңге.	Жылдық жалақысы, теңге.	Барлығы
Инженер	0,5	70000	840000	840000
Барлығы	0,5	70000	840000	840000

Жылдың негізгі жалақы төлемі: $ЖТ_{ОСН}$ = 840000теңгені құрайды.

$$ЖТ_{кос} = ЖТ_{нег} x0,3 = 840000x0,3 = 252000 \text{ (теңге)}.$$

Еңбек төлемінің қоры негізгі және қосымша жалақы төлемінен шығаралыда [21]:

$$ЕТҚ = ЖТ_{нег} + ЖТ_{кос} = 1092000 \text{ (теңге)}.$$

Әлеуметтік салық зейнетақы қорының аударымын (10%) шегергенде еңбек төлемі қорының 11 пайызын құрайды:

$Ә_с$ = (ЕТҚ-ЕТҚх10%)х11% = 108108 (теңге).

Өтілімдер іргелі салынымдардан 15 пайызды құрайды:

Ө = 12406650 х 0,15 = 1860997,5теңге =1860,998 (мың.тн).

Электр энергия шығындарын келесі формуламен анықтаймыз:

$$Қ_{ЭЛ} = WTS. \quad (5.3)$$

мұндағы W – тұтынылатын қуат W=0,53 кВт;
T – жұмыс сағат саны T=8760 с/жыл;
S – электр энергияның киловатт-сағат құны S=17,6 тг/квт-сағ.

$Қ_{ЭЛ}$ = 0,53х8760х17,6 = 81713,28 (теңге).

Материалдар мен қосымша бөлшектер шығындары жүйе құнынан 2 пайызды құрайды [26]:

М = 11595000 х 0,02 = 231900 теңге=231,9 (мың.тг).

Басқа шығындар құны ЕТҚ 10 пайызын құрайды:

$Қ_{АДМ}$ = ЕТҚх0,10 = 1092000 х 0,10 =109200 теңге=109,2 (мың.тг).

Сөйтіп, пайдалану шығындары келесін құрайды:

Э = 1092000+ 108108+ 1860997,5+ 231900+ 81713,28+ 109200 = 3483918,78 теңге = 3483,919 (мың.тг).

5.6 Табыстарды есептеу

Қажеттіліктерді қаржы құралдарында бағалау.

Оператордың мультисервистік желілерге қосу табысы келесілерден құралады:

$$D = D_{заң.т.} + D_{заң.т.} + D_{кәсіп.заң.т.}, \quad (5.4)$$

мұндағы $D_{заң.т.}$ – заңды тұлғалар табыстары;
$D_{кәсіп.жеке\ т.}$ – кәсіпкердің жеке тұлғасының табыстары;
$D_{жеке\ т.}$. – жеке тұлғалар табыстары.

Заңды тұлғалардың табыстары орнату және абоненттік төлем табысынан жиналады. Заңды тұлғалардың 10 жаңа абоненті желіге қосылды деп болжайық (5.3 кесте).

Желіге қосылу табыстары заңды тұлғаларға келесідей есептеледі:

$$D_{УСТ.ЮР.} = q \cdot U_{УСТ,ЮР.}, \qquad (5.5)$$

мұндағы q – заңды тұлғалар абоненттерінің саны;

$U_{уст.юр.}$ – заңды тұлғалар үшін бір уақытта орнату тарифі

$D_{УСТ.ЮР.} = 10 \cdot 10000 = 100$ (мың.тг).

5.3 кесте – Тарифтік жоспарлар

Порттың қатынау қабілеті (кіріс/шығыс), кбит/с	Ай сайынғы төлем шотына трафик көлемі, Гбайт	Портқа қосылу төлемі, заңды, жеке/кәсіпк.заңды, теңге	Айлық төлем, заңды, жеке/кәсіпк.заңды, теңге	Көлемдірек трафиктің әр келесі 10 Мбайт үшін төлем,тг.
1024/512	1,0	10000,0/2000,0/3000	5000/100/200	130
2048/1024	1,5	10000,0/2000,0/3000	10000/200/400	120
3072/1024	2,0	10000,0/2000,0/3000	20000/250/600	110
5129/2048	3,0	10000,0/2000,0/3000	30000/300/900	100
7168/2048	3,5	10000,0/2000,0/3000	40000/350/1200	90
10240/4096	4,0	10000,0/2000,03000	50000/400/2000	80

Ұйымның 30% желі ресурстарының айына 1 Гбайтын қолданды делік. Сонда желі ресурстарын пайдаланудың жылдық табысы келесіні құрайды:

$$D_{АБОН.төл}л = q \cdot U_{заңд.АБОН.} \cdot 12, \qquad (5.6)$$

мұндағы q – заңды тұлғалар абоненттерінің саны;

$U_{абон.юр.}$ – заңды тұлғалар үшін абоненттік төлем тарифі.

$$D_{АБОН.төл} = 10 \cdot 5000 \cdot 12 = 600, \text{ (мың.тг).}$$

Заңды тұлғалардың табыстары келесіні құрайды:

$$D_{\text{заңд.тұл}} = D_{\text{заңд.орн}} + D_{\text{АБОН.ТӨЛ}} = 100 + 600 = 700, \text{ (мың.тг)}, \quad (5.7)$$

Кәсіпкер заңды тұлғалардың/зңды тұлғалардың табыстары орнату және абоненттік төлем табыстарынан жиналады.

$$D_{\text{заңд.орн}} = q \cdot U_{\text{кәсіпк.заңд.орн}}, \quad (5.8)$$

мұндағы q – заңды тұлғалар абоненттерінің саны;

$U_{\text{уст.физ.}}$ – заңды тұлғалар үшін бір уақытта орнату тарифі.

$$D_{\text{УСТ.ФИЗ.}} = 100 \cdot 23730 = 2373 \text{ (мың.тг)}.$$

Кәсіпкер заңды тұлғалардың абоненттік төлемінен түскен табыстары келесіні құрайды:

$$D_{\text{АБОН.ПЛ.}} = q \cdot U_{\text{АБОН..ФИЗПРЕД}}, \quad (5.9)$$

мұндағы q – заңды тұлғалар абоненттерінің саны;

$U_{\text{абон.физ.Пред}}$ – заңды тұлғалар үшін абоненттік төлем тарифі.

$$D_{\text{АБОН.ПЛ..ПРЕД}} = 100 \cdot 662{,}28 \cdot 12 = 794{,}746, \text{(мың.тг)}.$$

Интернетті пайдаланудан түскен табыстар келесіні құрайды:

$$D_{\text{ФИЗ.Л.Интернет}} = D_{\text{УСТ.ФИЗ.ПРЕД}} + D_{\text{АБОН.ПЛ.}} = 3000 \cdot 200 + 400 \cdot 200 \cdot 12 = 1560,$$

$$D_{\text{УСТ.ФИЗ.}} = 300 \cdot 11684{,}2 = 3505{,}3, \text{ (мың.тг)}.$$

$$D_{\text{АБОН.ПЛ.}} = q \cdot U_{\text{АБОН..ФИЗ}} = 12 \cdot 300 \cdot 243{,}69 = 877 \text{ (мың.тг)}.$$

$$D_{\text{ФИЗ.Л.Интернет}} = D_{\text{УСТ.ФИЗ.}} + D_{\text{АБОН.ПЛ.}} = 2000 \cdot 300 + 300 \cdot 100 \cdot 12 = 960, \text{ (мың.тг)}.$$

Оператор табысы келесіні құрайды:

$$D = 700 + 2373 + 794{,}75 + 1560 + 3505{,}3 + 877 + 960 = 10770{,}05. \text{ (мың.тг)}.$$

5.7 Өтелім мерзімін есептеу

Өтелім мерзімін есептеу үшін экономикалық тиімділіктің абсолют шамасын білу қажет. Абсолюттік экономикалық тиімділік таза табыстың (ТБ) іргелі салынымдар құнына қатысы ретінде анықталады. Таза табыс деп

есептік кезеңдегі жинақталған тиімділікті (ақша ағынының сальдосы) айтамыз.

$$Е = \frac{ТТ}{К} \qquad (5.10)$$

Таза табысты келесі формуламен анықтаймыз:

$$ТТ = Т – Э, \qquad (5.11)$$

ТТ = 10770,05-3483,919 = 7286,131 (мың.тг).

Таза табыстан ұжымдық салықтың 20%шығарамыз

ТТс = ТТ * 0,8 = 7286,131 * 0,8 = 5828,91 (мың.тг).

Е= 5828,91/12406,65 = 0,45

Жұмыстың өтелім мерзімі осы жұмыстардың орындалуының басталуына ең аз уақыт интервалын сипаттайды, ал оның шегінен тыс таза дисконтталған табысқа айналады. Өтелімнің есептік мерзімі кері абсолютті экономикалық тиімділіктің шамасы ретінде анықталады:

Т = 1/Е = 1/0,78 = 2,22

Осы жұмысты енгізудің өтелім мерзімі 2,22 жыл, яғни $Т_р$ $Т_н$-нан аз, $Е_р$ $Е_н$ –нан аз.

5.8 Дисконттауды есепке ала отырып, жұмыс тиімділігін есептеу

Нарықтық экономика жағдайларында жұмыстың қаржылық тиімділігін бағалау үшін ақша ағындарын жұмыста жұмсау барысында дисконттауда жасалатын негізгі басымдық «динамикалық» деп аталатын әдістерді қолдану қажет. Тиімділік бағасының барлық динамикалық әдістерінің жалпы сұлбасы инвестициялық шығындар мен сәйкесті жүктеме бойынша дисконтталған ақша ағындарының (жұмыстарды жүзеге асырумен байланысты шығындар мен табыстар) алынған сальдосын салыстырумен және жоспарлы кезеңде ақшаның теріс және оң ағындарының жобалауына негізделеді. Инвестицияларды бағалаудың динамикалық әдістерінің көрсеткіштерінің бірі – таза келтірілген құн (Net Present Value - NPV).

Дисконтталған шығындардың (PV) жалпы жиналқталған шамасы келесі формуламен есептеледі:

$$PV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \qquad (5.12)$$

мұндағы r – дисконт нормасы;

n – жұмыстарды жүзеге асыру кезеңдерінің саны;

t – төлемдердің таза ағынының кезеңі.

Әр уақыттық шығындар мен нәтижелерді келтіру нүктесі үшін (t_0) жұмыстарды бірінші жылы жүзеге асырудың басталуын қабылдаймыз [26]. Бұл жағдайда дисконттау коэффициенті есептелінеді:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+r)^t}, \qquad (5.13)$$

мұндағы α_t – дисконттау коэффициенті;

r - дисконт нормасы, r=20% жылдық;

t – есептеу қадамының нөмірі.

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_O, \qquad (5.14)$$

мұндағы 1_0 – жұмыстардың бастапқы шығындарының сомасы;

CF – ақшалай ағынның қазіргі құны.

Тиімділік көрсеткішінің есебі 5.4-кестеде көрсетілген.

5.4–кесте. Дисконттауды есепке ала отырып инвестициялау тиімділігі көрсеткішінің есебі

Көрсеткіштер	Жоба кезеңі				
	1ж.	2ж.	3ж.	4ж.	5ж.
Таза ақшалай ақын, мың.тг.	5828,91	5828,91	5828,91	5828,91	5828,91
Инвестициялық шығындар, мың.тг.	12406,65	12406,65	12406,65	12406,65	12406,65
Дисконт нормасы	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Дисконттау коэффициенті	1,0	0,8	0,64	0,512	0,4096
Таза ағымдық құн (PV)	5828,91	4663,13	3730,5	2984,4	2387,52
Таза дисконтты ағын (NPV)	7187,81				
Табыс индексі PI	1,10				
Өсу қорытындысымен таза ағымдық құн	-6577,74	-1914,61	1815,89	4800,29	7187,81

Егер төлемдер ағынының есептелген таза қазіргі құны оң белгі болса *(NPV* > 0), онда бұл жоба өзінің экономикалық өмірі барысында бастапқы шығындарды 1о қайтарады, кірісті берілген г стандартына сәйкес алуды қамтамасыз етеді, ал сондай-ақ, оның кейбір резерві NPV тең. Алдында алынған деректер негізінде қаржылық жоспарлау үшін ақша ағындарының кестесін құраймыз. Бұл жағдайда 2, 3, 4 және 5 жыл деректері бірінші жыл деректерімен теңестіріледі. Бұл жоспарлауда тәуекел мен қателіктерді азайту мақсатында жасалады. Инвестициялардың өтемділік мерзімі бастапқы шығындарды толық қайтару үшін қажетті жылдар санын есептеуден тұрады, яғни табыстардың ақша ағындары шығындардың ақша ағындары сомасымен теңестірілген сәтінде анықталады.

Егер кіріс бөлінуі біркелкі болмаса, онда өтелім мерзімі жиынтықты табыста инвестиция жойылатын жыл санын тікелей есептеу арқылы есептеледі [26]. Жалпы формула есебі PBP көрсеткіші түрінде болады:

$$PBP = n, \text{ сонымен } CFt > IC, \qquad (5.15)$$

мұндағы CFt – табыстардың таза ақшалай ағыны;

IC – шығындардың ақшалай ағындарының сомасы.

5.5-кестеде Ұзынағаш елді мекенінде жобаны енгізудің экономикалық көрсеткіштері көрсетілген.

5.5 кесте – Жобаның экономикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш атауы	Мәні, мың.тг.
Іргелі шығындар	12406,65
Пайдалану шығындары	3483,919
Табыс	10770,05
Таза табыс	5828,91
Абсолютті экономикалық тиімділік	0,39
Өтелім мерзімі, жыл	2,22
Таза дисконтталған табыс (NPV)	7187,81
Табыс индексі	1,10
Дисконтты есепке ала отырып, өтелім мерзімі, жыл	2,9

Қорытынды

Интернет желісіне сымды кеңжолақты қатынаудың негізгі баламасы сапасында сымсыз қатынауды қарастыруға болады. Бүкіл әлемде LTE-Advanced кең жолақты сымсыз қатынау жүйелерінің даму келешектері олардың даусыз артықшылықтарымен анықталған және сымсыз жүйелер сандық DSL желілері техникалық немесе экономикалық себептер бойынша пайдаланылмағанда көбіне қолжетімді болып табылады. LTE- Advanced технологиясы – бұл деректер мен дауыс тарату қызметтерін ұсыну, пайдаланушыларды, сондай-ақ орта және шағын бизнес кәсіпорындарын Интернет желілеріне қосу үшін ең оңтайлы шешім.

LTE- Advanced - архитектураның жылдам ауыстырылуымен және икемділігімен, желілерді жаймалау жылдамдығымен және масштабтығымен, аз капиталдық және пайдалану шығындарымен сипатталады. Жобаны іске асыру қаланың бұрын қол жетпеген учаскелерін қысқа мерзімде телефондауға мүмкіндік береді. Радиоқатынау жүйесі базасында қосымша қызметтер ұсынуға болады, ол өз кезегінде оператор кірістерін арттырады.

Бұл дипломдық жұмыста телекоммуникацияның ауылдық желілерін жаңғырту жұмыстарын жалғастыру бойынша қойылған міндетті шеше отырып, Ұзынағаш елді мекенінде LTE- Advanced технологиясын қолдану арқылы сымсыз абоненттік қатынау желісін өрістету мәселесі қаралды.

Сымсыз қатынауды пайдалану тұтынушыларға сөйлеу және деректер тарату ретінде жоғары жылдамдықты қызметтер ұсынуға мүмкіндік береді.

Қысқартулар тізімі

АС – абоненттік станция
АМТС – Автоматты қала аралық станция
АТС – автоматты телефон станциясы
БРБ- базалық радиоблок
БС – базалық станция
ГТС – қалалық телефон желісі
НИСМ – ұлттық ақпараттық супер магистраль
ОПТС – тірек-транзит станциясы
ОС – соңғылық станциясы
РУТ – телекоммуникацияның аудандық торабы
СЛ – қосылатын желі
ШБД – кеңжолақты сымсыз қатынау
ЦС – орталық станция
BPSK – қос фазалық модуляция
BSC – базалық станция контроллері
BWA – кеңжолақты сымсыз қатынау
CDMA – арналарды кодты бөлу
DL – азаймалы желі
DSSS – спектрді тікелей кеңейту әдісі
E-UTRA – жердегі радиоқатынаудың әмбебап жүйесі
ETSI – Телекоммуникация саласындағы стандарттардың Еуропалық институты
FDMA – арналарды жиіліктік бөлу
OFDMA – ортогоналды жиіліктік мультиплексирлеу негізіндегі көпшілік қатынау
OFDM - ортогоналды жиіліктік мультиплексирлеу
IEEE – Электртехника және электроника инженерлер институты
HSS – ұялық байланыс желісінің абоненттік деректер сервері
LOS – тікелей көрілім
LTE мобильдік байланыстың 4-буынының жаңа стандарты
MIMO – көпэлементті қабылдау-таратқыш бейімді антенналы тор
PCRF – LTE стандартының ұялы байланыс желісінің элементі
PDN – басқа операторлар деректерін тарату желісінің шлюзі
TDD – уақытша дуплекс режімі
TDMA – арналарды уақытша бөлу
QAM – шаршы амплитудалық модуляция
QoS – қызмет көрсету сапасы

QPSK – шаршы фазалық модуляция
FDMA – арналарды жиіліктік бөлу
S-GW –LTE желісінің қызмет көрсететін шлюзі
Wi-Fi – сымсызға жақындық
Wireless Access – сымсыз қатынау
WiMAX -802.16 сымсыз байланыс стандарты
WLL – бекітілген сымсыз қатынау
WLAN – сымсыз жергілікті желілер
UE – пайдаланутерминалы
UL – артпалы желі

Әдебиеттер тізімі

1 Кудин А.В., Мельник С.В., Кордонский Э.В., Петров Д.А. Эволюция сетей сотовой связи стандарта CDMA // Вестник связи. – №9. – 2004.–С.65-71.

2 Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л, Шахнович И.В., Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005 – 591 с.

3 Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С., Сети цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики. Учебное пособие - М.: Эко-Трендз, 2005 – 392 с.

4 Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 1998.– 239 с.

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

6 Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи: Учебник для ВУЗов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2010.

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

8 МСЭ Беспроводной доступ абонентских линий. – Том1 Справочник по подвижной наземной связи (включая беспроводной доступ). – Сектор радиосвязи, 1996.–123 с.

9 Шиллер Й. Мобильные коммуникации. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002.– 384 с.

10 Архипкин В.Я., Голяницкий И.А., B-CDMA: синтез и анализ систем фиксированной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 2002.– 186 с.

11 Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. – М.: Эко-Трендз,2005. – 384 с.

12 Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.– 640 с.

13 Берлин А.Н., Цифровые сотовые системы связи. – М.: Эко-Трендз, 2007.– 296 с.

14 Бобков В.Ю., Вознюк М.А., Никитин А.Н., Сиверс М.А. Системы связи с кодовым разделением каналов. – СПб.:СПбГУТ, 1999. – 120с.

15 Закиров З.Г., Надеев А.Ф., Фазуллин Р.Р. Сотовая связь стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз,2004. – 264 с.

16 Ипатов В.П., Орлов В.К., Самойлов И.М., Смирнов В.Н. Системы мобильной связи. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 272 с.

17 http://anisimoff.org/lte/phy_description.html

18 http://www.kunegin.narod.ru/ref3/mob/8.him.

19 http://www.kunegin.narod.ru/ref3/mob/10.him.

20 http://www.pbxlib.com/ua/mobile/article_125.html.

21 Невдяев Л.М., CDMA: сигналы и их свойства // Сети. – №11. – 2000.–(с.56-59).

22 Невдяев Л.М., CDMA: технология доступа // Сети. – №6. – 2000.– (с.31-32).

23 Волков Л.И., Немировский Н.С., Шинаков Ю.С., Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: Учебное пособие - М.: Эко-Трендз, 2005.– 392 с.

24 СНиП 2.01.01 – 82. Строительная климатология. – М.: Издательство стандартов, 1985. -112с.

25 Баклашов Н. И., Китаев Н. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. Учебник. – М.: Радио и связь, 1998. – 282 с.

26 Горелик Е.А., Жигульская Г.М., Экономика связи. - М.: Радио и связь, 2000 – 392 с.