

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Исабеков Ернұр Әділханұлы

«Тараз қаласында 5G байланысын ұйымдастыру»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.-ы

_____ Е.Таштай

«_____» _____ 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Тараз қаласында 5G байланысын ұйымдастыру»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Е.Исабеков

Пікір беруші

техн.ғыл.канд.,

АУЭС доценті

_____ А.О.Касимов

«_____» _____ 2019 ж.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. лекторы

_____ М.Тирижанова

«_____» _____ 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі,

техн.ғыл.канд. -ы

_____ Е.Таштай

« _____ » _____ 2018 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Исабеков Ернұр Әділханұлы

Тақырыбы «Тараз қаласында 5G байланысын ұйымдастыру»

Университет ректорының «16» қазан 2018 ж. № 1162-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі “25” сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Сымсыз 5G желісі; 2) 5G жаңа радио технологиясы; 3) LTE технологиясына талдау.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) LTE стандартының желілік архитектурасы;

ә) LTE технологиясының радиожілік спектрі;

б) LTE желісінің қамту тәлімін есептеудегі ұялы байланыстың шуылын есептеу;

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдары 11 слайдта көрсетілген.

1 Ұсынылатын негізгі әдебиет 13 атау: 1) В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, В.И. Дмитриев. Системы мобильной связи /СПб ГУТ. – СПб,1999. – 330с. 2)Карташевский В.Г. и др. Сети подвижной связи. – М.: ЭКО–ТРЕНДЗ, 2001.3) Печаткин А. В. Системы мобильной связи. Часть 1. – Рыбинск: РГАТА, 2008. 4)Варукина Л.И. Планирование сетей LTE, технические предпосылки объединения операторов. MForum.ru, 2010.

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Сымсыз 5G желісі	20.01.2019 - 01.03.2019	орындалды
5G негізгі желі архитектурасы	02.03.2019 - 02.04.2019	орындалды
LTE технологиясына талдау	01.04.2019 – 15.04.2019	орындалды

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Сымсыз 5G желісі	М.Тирижанова, ЭТЖҒТ каф.лекторы		
5G негізгі желі архитектурасы	М.Тирижанова, ЭТЖҒТ каф.лекторы		
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы Тайсариева К.Н.		

Ғылыми жетекшісі _____ М.Тирижанова
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ Е.Исабеков

Күні «___» _____ 2019 ж.

АҢДАТПА

Осы дипломдық жобада ҚР да 5G стандартындағы қазіргі заманғы сымсыз байланыс LTE технологиясын қолдана отырып зерттеу. Жылжымалы байланыс желісін жобалау барысында RadioPlanner бағдарламасын қолдана отырып, радиобайланыс аймағын есептеу және оңтайландыру.

Radio Research Institute (NIR) және LTE-операторлар одағының мәліметтері бойынша, 5G жиіліктерін бөлу жиіліктер белдеулерін тағайындау арқылы анықталады.

Шығыстың жылдамдығы: 5G желісі 4G қарағанда 20 есе жылдамдықты қамтамасыз етеді, яғни шамамен 20 Гбит/с.

Бір пайдаланушы (орташа) жылдамдығы бір уақытта 100 Мбит/с және одан да көп жетуі мүмкін.

АННОТАЦИЯ

Данной дипломный проект посвящена на исследование современной беспроводной связи 5 G в Казахстане с использованием LTE технологии. При использовании программы RadioPlanner для проектировании сети мобильной связи, расчет области радиосвязи и оптимизации.

По данным Научно-исследовательского института радио (NIIR) и Ассоциации операторов LTE, распределение полос частот определяется назначением полос частот.

Восточная скорость: линия 5G обеспечивает скорость в 20 раз быстрее, чем 4G, то есть около 20 Гбит / с.

Скорость одного пользователя (средняя) может быть до 100 Мбит / с и более одновременно.

ANNOTATION

This is diploma project is devoted to the study of modern 5G wireless communication in Kazakhstan using LTE technology. By using the Radio Planner program to design a mobile network, calculating the radio coverage area and optimizing.

According to the Radio Research and Development Institute (NIIR) and the Association of LTE Operators, the allocation of frequency bands is determined by the assignment of frequency bands. Eastern speed: 5G line provides speed 20 times faster than 4G, that is, about 20 Gbit / s. The speed of one user (average) can be up to 100 Mbps and more simultaneously.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Теориялық бөлім	10
1.1 Сымсыз 5G желісі	10
1.2 Қауіпсіздік мәселесі	15
1.3 5G-ге көшу қажеттілігі	16
1.4 Мәселенің қойылымы	17
2 5G жана радио технологиясы (5G NR)	21
2.1 Құрылғыны таңдау	21
2.2 5G негізгі желі архитектурасы (Core Network)	23
2.3 5G Желілік қауіпсіздігі	26
2.4 LTE стандартының желілік архитектуралық жұмыстарының принциптері. LTE технологиясының негізгі параметрлері	30
2.5 LTE стандартының желілік архитектурасы	33
2.6 Өткізу қабілетін бөлу	35
2.7 LTE технологиясының радиожилік спектрі	35
2.8 Төменгі арна	38
2.9 Жоғарғы арна	40
2.10 Қайталама деректер	45
3 Өлшеулерді жүргізу	47
3.1 LTE технологиясына талдау	47
3.2 LTE желісінің қамту тәлімін есептеудегі ұялы байланыстың шуылын есептеу	48
Қорытынды	53
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	54

КІРІСПЕ

5G сымсыз интернетінен не күтуге болады? Модернизацияланған бұл ғаламдық байланыс жүйесі әркім үшін әртүрлі маңызға ие. Мәселен, АҚШ тәрізді мемлекеттер үшін ол келешекте Қытай ықпалымен күреске қажетті басты технологияға айналуы мүмкін. Өнеркәсіп үшін 5G - сымсыз интернет жүйесіндегі орасан инновациялық жаңалық. Ал, қарапайым адамдар үшін бұл ғаламдық желі әзірге жұмбақ күйінде қалып отыр.

Осы айда Испанияның Барселонасында Мобильдік әлем конференциясы ашылады. 5G-ге инженерлер ғана қызығушылық танытып отырған жоқ. Оны қолдануда кенже қалған елдер технологиялық даму бәсекесінде ұпай жіберіп қана қоймай, шет мемлекеттердің шпиондық әрекеттері алдында дәрменсіз күйге түсуі мүмкін.

5G – сымсыз желілер үшін жаңа технологиялық стандарт. Ол интернетке қосылуды мейлінше жеделдетуге, кідіруді азайтуға және интернетке салмақ түсірмей, оған көптеген құрылғыны қосуға уәде беріп отыр. Дәлірек айтсақ, 5G бұрынғыдан да көп қолданушыға, датчиктерге және ауыр трафикке оңай жауап бермек.

5G-ді қолдануға кіріспес бұрын, сымсыз желі компаниялары мен телефон шығарушылар жаңаруға тиіс. Смартфондарға өзгеше чиптер мен радиоантенналар қажет болады. Ал, бүгінгі телефондар 5G желісімен жұмыс істей алмайды.

Сымсыз желі компаниялары қазір осы өзгеріске әзірленіп жатыр. Олар жабдықтарын модернизациялап, 5G сигналын жеткізетін радиожилік диапазондары бөліктерін сатып алуға кірісті. Сонымен қатар, олар кейбір елдерде мобильдік телефон мұнаралары мен көше фонарларының үстіне, бағандарға 5G арналған жаңа антенналар орнатып жатыр. Ал, Американың СТИА салалық сауда тобының мәліметінше, АҚШ-тағы сымсыз интернет провайдерлері 5G желісіне 275 миллиард доллар инвестициясына салуда.

5G-ні шоғырландыру жұмыстарында Қытай АҚШ-тан бір жылға қалып қоюы мүмкін. Бірақ, кейінірек Қытай Америкаға қарағанда, мұндай технологияны көп аумаққа орналастырып, басты бәсекелесінен бәрібір озуы ғажап емес. Ал, Еуропа елдері бұл салада баяу даму ретінде болып жатыр

1 Теориялық бөлім

1.1 Сымсыз 5G желісі

5G (fifth generation) – бұл деректерді жылдамдығы секундына бірнеше гигабитқа жететін, мобильді байланыс технологияларының бесінші буыны. Жақында Швецияда кезекті рекорд орнатылды. Яғни, жылдамдығы – 15 Гбит/с. Бұл қазіргі сымсыз желілерден 40 есеге жылдам. Сонымен бірге, 5G сигнал кідірісін 4G желісіндегі 10 миллисекундқа, 3G желісіндегі 100 миллисекундқа қарсы, 1 миллисекундқа дейін азайтады. Ұялы байланыстың жаңа буындары әрбір 10 жыл сайын пайда болып тұрады. Осы жылдар ішінде технологиялар мен стандарттар өңделіп, инфрақұрылым жаңартылады.

5G не үшін керек? Қазір қарапайым тұтынушылар 5G желісінің жылдамдықтарын қажет етпейді. Бірақ технологияларды енгізгеннен кейін қажеттілік міндетті түрде пайда болады. Себебі, адам жақсы нәрсеге тез үйренеді.

Мобильді интернет үдеген сайын тұтынушылар контентінің жаңа форматтары туындап жатыр. Жастардың видеоға әуестігі де тегін емес. Snapchat-тың видеомаскаларымен шарықтауы көп жағдайда ұялы желілердің дамуының арқасында. Сондықтан, 5G бізді айқын сапалы видеоларымен, әр түрлі VR-форматтарымен қуантуы әбден мүмкін.

Кесте 1.1 - Мобильді байланыстың дамуы

	Технологиялар	Жылдамдық	Атқарым	Өңделіп басталу уақыты	Енгізілу уақыты
1G-аналог-ты ұялы байланыс	NMT, AMPS т.б	1,9 Кбит/с дейін	қоңыраулар	1970	1984
2G	GSM және т.б	14,4 Кбит/с дейін	+смс	1980	1991
3G	CDMA2000, UMTS және т.б	3,4 Мбит/с дейін	+интернетке кіру мүмкіндігі	1990	2002
4G	LTE, WiMAX және т.б	1 Гбит/с дейін	+видеострим инг	2000	2010
5G	IMT- 2020	20 Гбит/с дейін**	+UltraHD және 3D- видео, AI- қосымшасы	2008	2019

Бірақ 5G - ді енгізудегі басты мақсат әрин, ойын-сауықты дамыту емес. Бұл бизнес-үрдісінде кезекті революцияның туындауына әсер етпек. Аса үлкен жылдамдық пен аз уақытта жауап алу роботтар мен заттар интернетін енгізуді қамтамасыз етеді. Заманауи бизнес әлдеқашан санданған, енді оған өнімділіктің жаңа айналымы қажет.

Интернет туралы жағымсыз пікірлерге қарамастан, барлық сымсыз объектілерді бір желі арнасына біріктіру қолдан келмей тұр. Оған кедергі IoT бірыңғай стандарттарының болмауы. Тасымалдау заттары Bluetooth арқылы, Wi-Fi арқылы жұмыс жасайды, ал басқа сегменттер бірден бірнеше құрылғыны қолданады.

Кесте 1.2 - 5G біздің өмірімізді қалай өзгертетін жағдайлары

Сала	Нәтиже
Жүргізушісіз автокөліктер	үлкен жылдамдықта сигналдың қауіпті кідірісін жою
Өнеркәсіп	өнеркәсіптік роботтардың тезәрекеттілігі және инфрақұрылымның бірегейлілігі
Ауыл шаруашылығы	алшақтағы ауыл шаруашылығын басқару, егістік пен мал санының мониторингі
Білім	VR-трансляциясы арқылы көрнекті білім беру
Телемедицина	нақты уақыттағы операциялар
Қарым- қатынас	интерактивті виртуалды шындық тұтынушылар бір-бірімен алшақта отырып, бірге отырғандай байланыса алады
Ойын- сауық	сапалы видеолармен сымсыз жылдам алмасу (4K,8K) және шараларды VR әсерімен трансляциялау
Компьютерлік ойындар	сигнал кідірісінсіз көптұтынушылық VR – ойындар

Әсіресе, 5G объектілар қатты қашықтағы IoT сегменттеріне жарамды (мысалы, ауыл шаруашылығында) немесе тез реакция қажет кезде (мысалы, жүргізушісіз машиналарға). 5G заттар интернетінің белгілі артықшылықтарын ұлғайтып, кең ауқымды таралуын жақындатады десе де болады.

5G желісіндегі деректерді табыстаудың жоғары жылдамдығы инфрақұрылымның жұмыс мөлшерін бірден арттырады. Бұл ұялы байланыс операторларынан шынайы күш пен инвестиция талап етеді. IoT жаппай енгізу

“бұлтты технологиялар” жеткізушілерін байытады, ақылды құрылғылар деректерді аса мол көлемде ендіреді және оларды бір жерде сақтау керек болады.

Бүгінде 5G технологияларымен айналысады:

- зерттеу зертханалары (мысалы, Дрезден техникалық университеті жанындағы 5GLab Germany зертханасы);

- ұялы байланыс операторлары (америкалық Verizon және AT&T, британдық Vodafone, шведтық Telia, япондық NTT DoCoMo және т.б.);

- құрылғы жеткізушілері (қытайлық Huawei, шведтық Ericsson, финдық Nokia, америкалық Qualcomm, оңтүстік корейлік Samsung және т.б.).

Ұялы байланыс операторлары IT- компанияларымен бәсекелесудің нәтижесінде көп шығынға ұшырап жүр. Мысалы, мессенджерлердің пайда болуын назардан тыс қалдырғандығын айтсақ болады.

5G операторларға өткеннің есебін толтыруға және заттар интернеті технологиясының жаңа толқындарын бағындыруға үлкен мүмкіндік береді. Телеком-компаниялар құрылғы жеткізушілермен серіктесіп, 5G желісінің мүмкіндіктерін барынша тестілеп жатыр. Олар бәсекелестерінің деректерді тасымалдаудағы рекордтарын жаңартуға тырысуда.

IT алыптары да құр алақан емес. Мәселен, 2015 жылы Google SkyBender деп аталатын ұшақтарға арналған 5G құпия проектісін ұшырды.

5G Қазақстанға не ұсына алады? Біріншіден, барлығына бірдей қолжетімді жоғары жылдамдықпен алыстағы ауыл-аймақтар мен қала сыртындағы елді мекендерді қамтамасыз етеді.

Мысалға, Қазақтелекомның деректері бойынша, қазір ауыл- аймақтарға xDSL бойынша 400 мың абонент (8 Мбит/с дейін), FTTh- 25,4 мың (оптика, 300 Мбит/с дейін), LTE бойынша 18 мыңнан аса абонент (орташа есеппен 16 Мбит/с), EVDO бойынша- 39,3 мың абонент (18 Мбит/с дейін) 5G желісіне өткен соң олар өздерінің каналдарын 1 Гбит/с және одан жоғарыға кеңейтуге мүмкіндік алады.

Қала сыртындағы елді мекендермен қоса, 5G ауыл мектептері мен ауруханаларына интернетке кеңжолақты қолжетімділік ұсынады. Жоғары жылдамдықты интернет емделушінің дәрігермен видеобайланыс арқылы тілдесетін телемедицинаның дамуына септігін тигізеді. Сонымен қатар, қазақстандағы 7160 мектептің жартысынан көбі ауылдық елді-мекендерде. Олардың 90%- на қолжетімді интернеттің жылдамдығы 4 Мбит/с- тан жоғары. Бұл жылдамдықтың заманауи сандық білім беруді дамыту үшін жеткіліксіз екені анық. Байланыстың бесінші буыны бұл мәселені шешуге көмектеседі.

АО «Қазақтелеком» инновациялар бойынша атқарушы директоры Нурлан Мейрмановтың айтуынша, барлық ауыл-аймақ жоғары сапалы интернетпен қамтамасыз етіледі.

«Біз алдағы 3 жылда 1057 денсаулық сақтау мекемелерін, 1316 мектепті жоғарғы сапалы интернетпен қамтамасыз етуді жоспарлап отырмыз. Бұл денсаулық сақтауды сақтандыру проектілерінің толыққанды дамуына және орта білімнің тек қала мектептерінде ғана емес, барлық ауыл- аймақта жетілуіне жағдай туғызады», - деп растады АО «Қазақтелеком» инновациялар бойынша атқарушы директоры Нурлан Мейрманов.

Екіншіден, барлық абонеттерге байланыстың бірыңғай сапа деңгейі және трафикке бағалардың төмендеуі.

5G – қымбат технология. Егер 3G/4G кезінде әрбір операторға өз желісін құру тиімді болса, 5G-мен жағдай мүлдем бөлек. Сарапшылар жаңа желі құрылысына керекті инвестициялар деңгейін 4G желісіненен кем дегенде 5 есеге қымбатқа бағалап отыр. Бұл жағдайдың өрбуінің бірнеше нұсқасы бар. Мәселен, Ұлыбританияда British Telecom операторлары елді біртұтас инфрақұрылымды оператор жасауды жоспарлап отыр. АҚШ- та, Жапонияда және Оңтүстік Кореяда желіні бірнеше операторлар арасында аймаққа бөліп, ортақ бір желіні бірігіп пайдалану жоспарлануда.

Осы іспеттес жобаларда шеринг (ортақ пайдалану) жаңалық емес, 4G желісінің құрылысында да бұл жиі қолданылды. Беларусьда 4G желісі бірыңғай мемлекеттік оператор BeCloud- тың көмегімен салынды, ал Қазақстанда «Билайн» және Kcell арасында 4G желісін бірігіп пайдалану туралы келісім бар.

Үшіншіден, IT саласының дамуына және мемлекетті сандандыруға үлес қосады.

«Nokia Қазақстан» басшысы Михаил Намның болжамынша, алдағы 5 жылда 500 млрд теңгеге дейінгі инвестиция құйылмақ.

«5G желісінің құрылысы мобильді байланыс операторларының ғана емес, барлық тіркелген операторлардың құрылымын өзгертуді талап етеді. Радиожиілік желісінің виртуализациясы, network slicing, сондай-ақ жоғары спектрлі жиілікті қолданатын көлік инфрақұрылымына қойылатын жоғары талаптар, 4G желісін енгізгендегіге қарағанда, 3-5 есеге артық инвестицияны талап етеді. Біздің есептеуімізше, алдағы 5 жылда шамамен 500 млрд теңге», - деді Михаил Нам

Негізінде 5G желісін дамытудың 5 жылдық бағдарламасы орта есеппен алғанда, соңғы жылдар ішінде желілік инфрақұрылымға жасалған инвестициялар сомасына тең. Яғни, 5G тұрғызу мемлекет үшін қымбат болғанымен, шамасы жететіні анық.

Қазақстанда желілер алдымен жергілікті инфрақұрылымдық инвесторлардың ақшасына салынады. ҚР ҰЭМ статистика комитетінің деректері бойынша, соңғы 10 жылда елімізде желіні дамыту мен жабдықтауға 1 трлн теңге инвестицияланды. Оның 51% Қазақтелекомның ақшасы (мұнда ауылдық инфрақұрылымды дамыту бағдарламалары да кіреді).

Ауыл туралы айтар болсақ, мемлекетімізде ауылдық инфрақұрылымға жасалған инвестициялар, 5G желісін дамытуда анықталған негіз қалыптастырды. Мысалы 6744 ауылдың 98%- да интернет бар, олардың 66 % кеңжолақты қолжетімділікке ие. Сонымен бірге, 2019-2021 жылдарда оптикалық- талшықты желіні дамытып, тағы 1249 ауылдық елді мекенді кеңжолақты қолжетімділікпен қамтамасыз ету жоспарланып отыр. Бұл – елдің аумағында 5G желісінің дамуына керемет мүмкіндік.

Сонымен, 5G дегеніміз:

- 5G мобильді байланыс ғана емес, бұл барлық Қазақстан үшін үй ішіндегі қолжетімді интернет.

- 5G алдағы 5 жыл ішінде елді мекендерді жоғары жылдамдықты интернетпен 100% – ға дейін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

- Қарапайым адамдар үшін 5G үйдегі wi-fi-дың орнын басатын ыңғайлы әрі тиімді таптырмас құрал. Бүкіл маңайдағы үй құрылғылары (теледидар, компьютер, тоңазытқыштар, телефондар және т.б) бір 5G желісіне қосылады және бір-бірімен интернет арқылы үй іші виртуалды жеке желілер аясында байланысады.

- Бизнеске 5G заттар интернетінің күшін толық қуатта пайдалануға мүмкіндік береді (оның ішінде индустриалды IoT/M2M проектілерін, ауыл шаруашылығында)

- Болжамдар бойынша, 2025 жылы Қазақстанда 100 млн-нан астам құрылғы заттар интернетіне қосылады.

5G – сымсыз желілер үшін жаңа технологиялық стандарт. Ол интернетке қосылуды мейлінше жеделдетуге, кідіруді азайтуға және интернетке салмақ түсірмей, оған көптеген құрылғыны қосуға уәде беріп отыр. Дәлірек айтсақ, 5G бұрынғыдан да көп қолданушыға, датчиктерге және ауыр трафикке оңай жауап бермек.

5G-ді қолдануға кіріспес бұрын, сымсыз желі компаниялары мен телефон шығарушылар жаңаруға тиіс. Смартфондарға өзгеше чиптер мен радиоантенналар қажет болады. Ал, бүгінгі телефондар 5G желісімен жұмыс істей алмайды.

Сымсыз желі компаниялары қазір осы өзгеріске әзірленіп жатыр. Олар жабдықтарын модернизациялап, 5G сигналын жеткізетін радиожиілік диапазондары бөліктерін сатып алуға кірісті. Сонымен қатар, олар кейбір елдерде мобильдік телефон мұнаралары мен көше фонарларының үстіне, бағандарға 5G арналған жаңа антенналар орнатып жатыр. Ал, Американың СТИА салалық сауда тобының мәліметінше, АҚШ-тағы сымсыз интернет провайдерлері 5G желісіне 275 миллиард доллар инвестиция салуды жоспарлап отыр.

5G қашан қолжетімді болады? «Ассоушиэйтид пресс» агенттігінің хабарлауынша, Құрама Штаттарда 5G мобильдік байланысын орнату жұмыстары 2019 жылы басталады. Дегенмен, оны жалпыхалықтық қолданысқа енгізу үшін бірнеше жыл қажет болуы мүмкін. «Соның өзінде өткізу мүмкіндігі зор әрі мәліметті тез жеткізетін «миллиметрлік толқын» жиіліктерімен шалғайдағы елді мекендер толық қамтыла қоймас», - дейді Signals Research Group консалтингтік компаниясының бас директоры Майкл Тэландер аталған агенттікке берген сұқбатында.

Оның сөзінше, 5G-ні шоғырландыру жұмыстарында Қытай АҚШ-тан бір жылға қалып қоюы мүмкін. Бірақ, кейінірек Қытай Америкаға қарағанда, мұндай технологияны көп аумаққа орналастырып, басты бәсекелесінен бәрібір озуы ғажап емес. Ал, Еуропа елдері бұл салада баяу дамымақ.

Дегенмен, шатасудан абай болу керек. Сымсыз интернет операторлары баяғыдан бері өз желілерінің ең үздіктігін жарнамалаумен келеді. Осы жолы да

солай болып отыр. Мәселен, Американың AT & T компаниясы 5G атауын сол 5G-ге шын мәнінде еш қатысы жоқ сервисіне қолданып үлгерген.

5G желісі пайда болғанда, тұтынушылар оған қосыла алатын телефонды қажет етпек. Бұндай байланыс құралдары 2019 жылдың бірінші жартысында жасалады, бірақ iPhone-дар 2020 жылға дейін 5G-ге қосылмайды. Сонымен қатар, 5G-мен жұмыс істейтін телефондар 4G-ді «аулайтын» телефондардан қымбатырақ болмақ. Дегенмен, ақпараттық технология мамандарының айтуынша, 5G желісі іске қосылғаннан кейін де 4G-ді әрі қарай қолдана беруге болады.

5G-мен не істеуге болады? 5G-дің мүмкіндіктері төңірегінде дау-дамай көп. Кейбір салалық топтардың мәлімдеуінше, бұндай интернетті сенсорлық желілерге жалғап, ақылды қалаларда қозғалысты басқарып, көшедегі шамдардың ақауын жылдам анықтауға болады. 5G жүйесіне өз бетімен жүретін автомобильдерді де қосуға болады. Бұған қоса, осындай сымсыз әрі жедел интернеттің көмегімен қашықтықтан хирургиялық операциялар жасап, өзге де телемедициналық процедураларды жүзеге асыратын күн алыс емес. Ал, компаниялар өз зауыттары мен фабрикаларын автоматтандыруға мүмкіндік алады.

«5G-дің арқасында үйдегі интернеттің де жылдамдығы күшейіп, қазіргі қосымшалардың функциясы көбейіп, жаңа «ютюбтар», «снэптчаттар», «фликирстар» пайда болады », - дейді Силикон жазығындағы Andreessen Horowitz венчурлық компаниясының өкілі Бенедикт Эванс қаңтарда жариялаған блогтарының бірінде.

Сонымен қатар, 5G-дің арқасында тұтынушылар фильмдер мен видеоларды бұрынғыдан әлдеқайда жылдам жүктей алады. Ал, смартфондағы интернет стадион тәрізді адамдар көп жиналатын жерлерде жақсырақ жұмыс істемек.

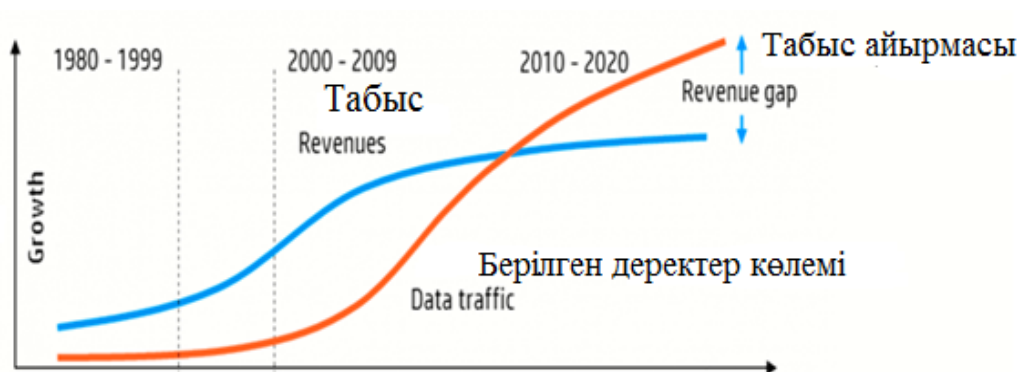
1.2 Қауіпсіздік мәселесі

5G интернет желісі қазір АҚШ пен Қытай арасында күшейіп келе жатқан шпиеленістің басында тұр. Ресми Вашингтонның ескертуінше, америкалық компаниялар қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін байланыс жүйесінде Қытайдың телеком технологиясын қолданбауы керек. Және де Құрама Штаттар өзге елдерді де Huawei-ден бас тартуға шақырды. Өйткені, Трамп әкімшілігінің сөзінше, Бейжің бұл компанияның байланыс жабдықтарын шпиондық мақсатқа пайдалануы мүмкін. Huawei болса, мұны үнемі жоққа шығарып келеді. Себебі, сақтану ретінде жасап жатқан әрекет.

40 жыл бойы ұялы байланыс желілерінің төрт ұрпағы өзгерді. Егер бірінші буын 1G ұялы желілері бұрыннан жоғалып кеткен болса, онда 2G, 3G және 4G желілері бұрынғысынша пайдаланылуда. Сонымен қатар, 3G және 4G

1.3 5G - ге көшу қажеттілігі

Телекоммуникация операторларының желілерінде 2019 жылға қарай өсіп келе жатқан трафикті өткізу құны дәстүрлі қызметтерден түсетін кірістермен қамтылмайды. Дәстүрлі телекоммуникациялық платформалардың «killer application» сияқты жаңа қызметтерді іздестіру әдетте күтілетін нәтижелерді бермейді.



Сурет 1.1 - Байланыс операторларының босаңсытуы

Сонымен қатар, трафиктің және түсімнің негізгі өсуі адамдардың құрылғының секторында байланысты болмайды, бірақ 5G функционалдығының негізгі мақсаттарының бірі интернет құрылғысының секторында байланысты болады.



Сурет 1.2 - Желіге қосылған құрылғылар санының артуы

Сондықтан 5G желілерін цифрлық түрлендірудің және цифрлық экономиканың қажетті компоненттерінің бірі деп санауға болады.

Біз көріп тұрғандай АҚШ пен Қытай 5G бойынша жылдам қарқынмен дамытуда. Швейцарияда алға жылжуда, Австралия, Жапония, Корея қазірдің

өзінде 5G жобаларын ерте жасауда. Менің ойымша, осы елдердің үкіметтері 5G-дің шын мәнінде маңызды ұлттық инфрақұрылым екенін түсінеді.

1.4 Мәселенің қойылымы

5G желілік платформасы, ең алдымен, желінің (өнімділіктің) функционалдығын және өнімділігін арттыруда және пайдаланушының қанағаттану деңгейін арттыруда (User Experience) пайдаланушылары үшін айтарлықтай артықшылықтар береді. Төмендегі суретте IMT2020 желісінің негізгі параметрлері (5G) IMT-Advanced (4G) индикаторларымен салыстырғанда, бұл қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Спектрді пайдалану тиімділігі, 5G желісінде бірыңғай жиілік диапазонында берілуі мүмкін ақпарат көлемі 4G-ге қарағанда кем дегенде 3 есе жоғары болады.

Пайдаланушы ұтқырлығы, 5G-терминалы бар пайдаланушы базалық станциялардың арасында өткізуді жоғалтпай желінің қамту аумағы бойынша жылжи алатын жылдамдық, 5G желісінде 500 км / с жетеді, бұл жылдамдығы жоғары пойыздарда 5G қызметтерін пайдалануға мүмкіндік береді.

5G желісіндегі кідіріс 1 мс немесе одан азға дейін азаяды, ал 4G желісінде кемінде 10 миллисекунд кешіктіруге қол жеткізуге болады. Бұл 5G технологиясын сыни байланыс пен бейнебақылау, тактильді Интернет қызметтері, AR / VR және т.б. үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

5G желісіндегі терминалдардың тығыздығы шамдар тәртібімен артып, шаршы метрге бірнеше миллион құрылғыға жетуі мүмкін. 1 кв км, яғни шаршы метр бетінде бірнеше ондаған немесе тіпті жүздеген миниатюралық құрылғылар болуы мүмкін (мысалы, IoT сенсорлары).

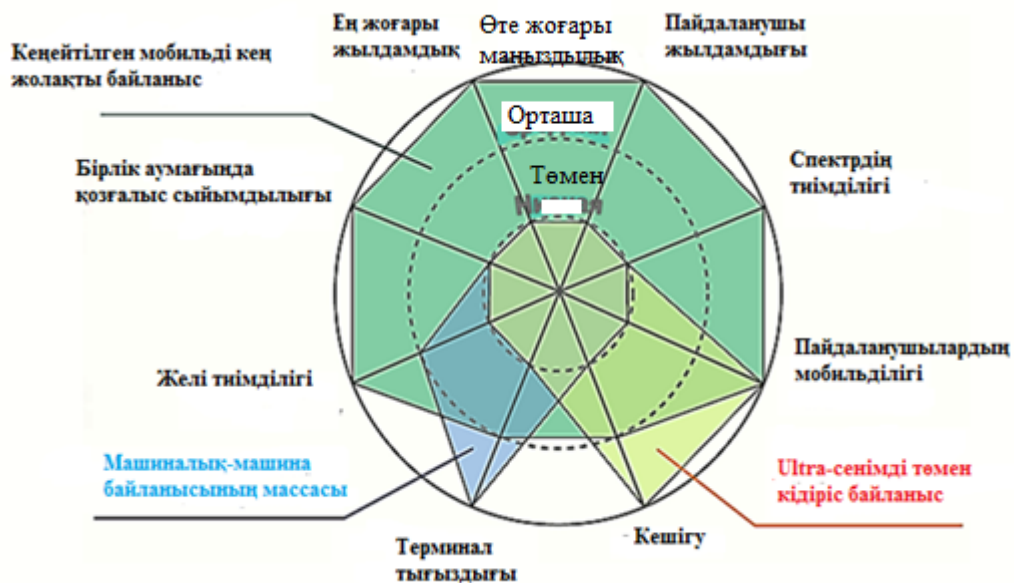
5G желісінің энергия тиімділігі алдыңғы буын желісіне қарағанда әлдеқайда жақсы.

Бірлікке арналған трафиктің сыйымдылығы, яғни 5G-те, желінің шаршы метріне деректерді беру жылдамдығы 4G желісіне қарағанда екі есе көп.

Төмендегі суретте алдыңғы 5G функционалдығының (кеңейтілген мобильді кеңжамақты eMBB, өте төмен кідіріспен ультра сенімді байланыс, хост-станцияға арналған коммуникациялар), алдыңғы суретте көрсетілген 5G желілік параметрлерінің маңыздылығына байланысты қатынастары көрсетілген.



Сурет 1.3 - 5G тәжірибелік артықшылықтары



Сурет 1.4 - Негізгі функционалдылық үшін 5G желілік параметрлерінің маңыздылығына байланысты коэффициенттер

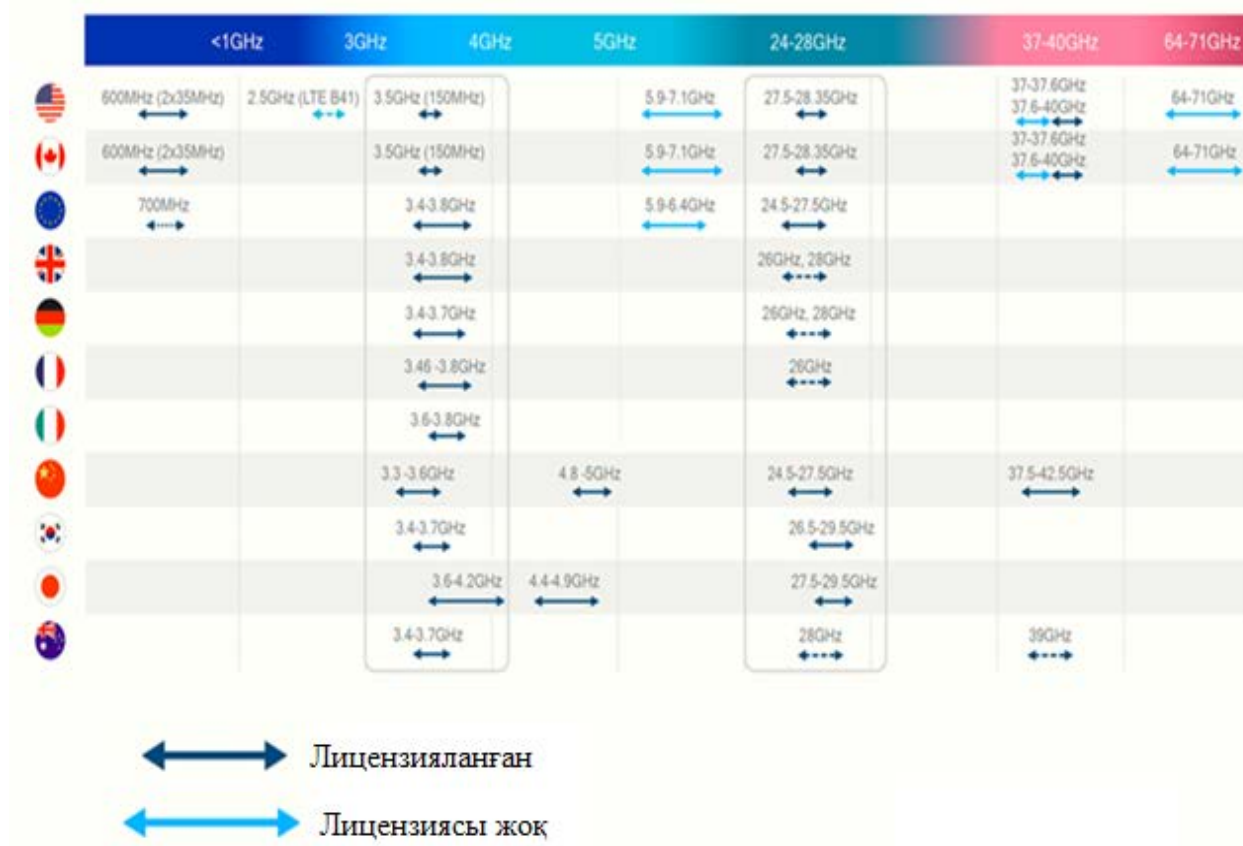
Жиілік. 2019 жылға қарай 5G түрлі радиожілік спектрлерінде қолданылуы тиіс. Дегенмен, Wi-Fi үшін 5ГГц жиілік диапазонында 6 ГГц дейінгі диапазонда, еркін жиіліктердің болуына байланысты әлі де елеулі проблемалар бар. 5G дейін 6 ГГц-ке жиіліктерді бөлу WRC Дүниежүзілік радиобайланыс конференциясында (WRC-156 Бүкіләлемдік радиобайланыс конференциясы) 2015 жылы келісілді. Жоғары жиіліктер белдеулері WRC-1-да 2019 жылы бөлінеді.

5G желілері үшін спектрдің төмен жиілікті бөліктерін пайдалану желілік инфрақұрылымды дамытуға жаппай инвестицияларсыз желіні оңтайлы қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Төмен жиіліктер радиотолқындардың бөлмелерге жақсы енуін қамтамасыз етеді, бұл IoT үшін өте маңызды. Әсіресе, M2M, «ақылды қала», «ақылды үй» байланыс жүйелеріне арналған 700 МГц диапазоны маңызды. Мысалы, өздігінен жүретін автокөліктер, роботтар, өнеркәсіптік автоматтандыру секілді объектілерді сенімді түрде қосу үшін, 3,4-3,8 ГГц диапазондарын пайдалануға болады. 5G операторлар дәуірінде 300-400 МГц үздіксіз жиілік диапазондары бөлінетін болады деп болжануда.

5G желілері үшін 20 Гбит/с дейін деректер беру жылдамдығына жету үшін, әсіресе UHD, AR/VR, жұмыс және ойындарға арналған бұлт қызметтері, тактильді Интернет және т.б. Бұл үшін 24,25-27,5 ГГц және 37-43,5 ГГц жолақтарын пайдалану мүмкіндігі қарастырылуда.

Төмендегі суретте WRC-15 бойынша әлемнің әртүрлі елдерінде және аймақтарында 5G төмен жиілік спектрін жоспарлы бөлу қарастырылған.



Сурет 1.5 - 5G-нің төменгі жиілікті диапазонын әлемнің түрлі елдерінде және аймақтарында таратуы

Radio Research Institute (NIIR) және LTE-операторлар одағының мәліметтері бойынша, Ресей үшін 5G жиіліктерін бөлу жиіліктер белдеулерін тағайындау арқылы анықталады.

Шығыстың жылдамдығы: 5G желісі 4G қарағанда 20 есе жылдамдықты қамтамасыз етеді, яғни шамамен 20 Гбит/с.

Бір пайдаланушы (орташа) жылдамдығы бір уақытта 100 Мбит/с және одан да көп жетуі мүмкін.

2 5G жаңа радио технологиясы

2.1 Құрылғыны таңдау

Ұялы байланысты үнемі өсіп келе жатқан сұранысты қанағаттандыру үшін «5G New Radio 5G», 5G New Radio (5G NR) атты ортақ атаумен біріктірілген 5G технологиясы әзірленді. 4G, 5G желілеріндегі радио интерфейсімен салыстырғанда NR бірнеше маңызды артықшылықтарға ие.

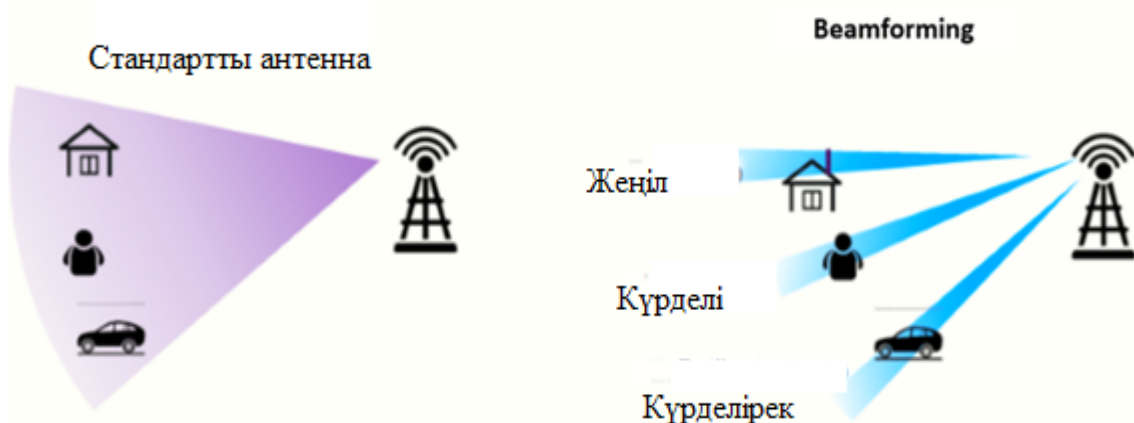
5G NR-ді дамыту 5G желілеріне қойылатын талаптарды ескере отырып және 5G желілерін толық көлемде енгізу кезінде қолжетімді болатын үздік технологияларды қолдана отырып, іс жүзінде «нөлден» жүзеге асырылды. Осылайша, 5G NR ең соңғы модуляция технологияларын, толқындардың қалыптасуын және RAT (Radio Access Technology) радиобайланыс технологияларын қолданады, бұл басқалармен қатар деректерді берудің жоғары жылдамдығын қамтамасыз етеді және 5G құрылғыларының батареясының қызмет мерзімін ұзартады.

5G NR технологиясының алғышарттары 2017 жылдың желтоқсанында бекітілген 3GPP Release 15 стандартында пайда болды және соңғы нұсқасы 2019 жылдың желтоқсанында бекітіледі деп күтілуде.

5G NR радио технологиясының негізгі ерекшеліктері:

Сигналды тарату жылдамдығына, құрылғылардың саны, көптеген 5G қосымшаларының қозғалысының өсуіне байланысты жаңа радиожилік спектрін қосу. Жаңа 5G NR диапазондары 2,5-тен 40 ГГц диапазонында. Спектрін 100 ГГц-ге дейін пайдалану бойынша пікірталастар жүргізілуде.

Оңтайландырылған OFDM технологиясы (ортогоналды жиілік бөлу мультимплексі). Бұл технология 4G / LTE-A, сондай-ақ Wi-Fi-ның ең соңғы нұсқаларында сәтті қолданысы.



Сурет 2.1 - Сәулелердің қалыптасуы

Сәулелердің қалыптасуы. Бұл технология тек соңғы жылдары тұжырымдамадан іске асыруға көшкен және 5G-нің көптеген артықшылықтарын жүзеге асыра алатын технология. Beamforming базалық станциядан радиотолқындардың сәулесін бірдей құрылғыларға бағытталған басқа да сәулелерге әсер етпей, жылжымалы және стационарлық құрылғыларға бағыттауға мүмкіндік береді.

MIMO (Бірнеше кіріс бірнеше шығыс). MIMO - 5G-де Wi-Fi және 4G-де қолданылған арнаның өткізу қабілеттілігін ұлғайтуға мүмкіндік беретін сигналдың кеңістіктік кодтау әдісі, әсіресе, 5G базалық станцияларында gNodeB-де бірнеше қолданушы режимінде MU-MIMO (Multi-User-MIMO) (gNB), антенналары радиация элементтерінің матрицасынан тұрады. Бұл белгілі бір пайдаланушы үшін сигнал деңгейін жоғарылатуға мүмкіндік береді, сонымен бірге бұл сигналдың басқа пайдаланушыларға әсерін азайтады.

Спектрді бөлісу технологиялары. Көптеген радиожилік спектрлері тиісті түрде таратылады, жиі тиімді пайдаланылмайды. Бұл мәселені шешу үшін Spectrum sharing technologies әзірленді.

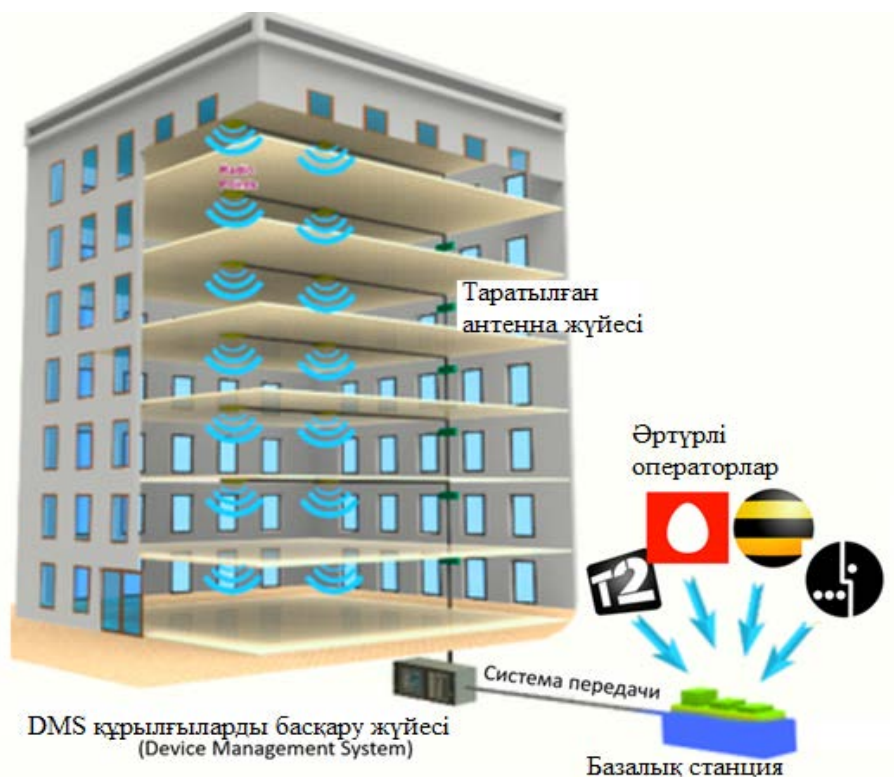
Біртұтасаралық жиілік өзара әрекеттесуі (Бірыңғай дизайн бойынша). Көптеген жаңа жиілік диапазондары 5G NR-ге қосылғандықтан, базалық станцияларды беру кезінде арнаны бір жиіліктен екіншісіне ауыстыру үшін интерфейссті қамтамасыз ету маңызды.

Кішігірім ұяшықтар. Желіні жабу желісі базалық станциялардың санын көбейтеді. Сондықтан Small Cells шешімі ұсынылды - төмен қуатты базалық станцияларды орнату және қолдау. Олар көшелерді жарықтандыруға, үйлер мен басқа да заттардың қабырғаларына іліп қоюға шешім қабылдады. Сонда 5G желісі жұмысын тиімді үйлестіре алады, антенналар арасында жүктемені қайта бөле алады.



Сурет 2.2 - Small cells шешімі (сол жақтағы), алдыңғы буын желілеріндегі тұрақты Macro BTS базалық станциямен салыстырғанда

Бұл жағдайда таратылған DAS антенналық жүйелерін бір немесе бірнеше базалық станциялармен бірнеше қабатты ғимараттарды «жабу» арқылы пайдалануға болады. Радионы бар шағын антенналар әрбір бөлмеде орналасуы мүмкін, бұл ең жақсы сапалы байланыс.



Сурет 2.3 - DAS антенна жүйесі және бүкіл ғимаратқа қызмет ететін жалғыз базалық станцияның таратуы

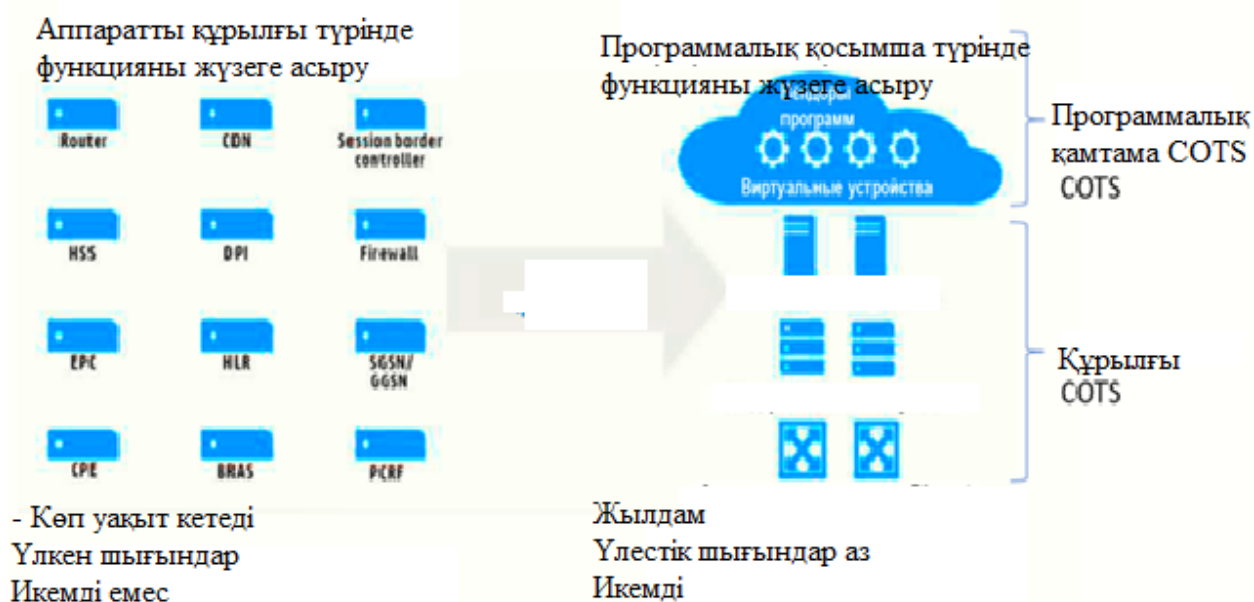
Бірыңғай базалық станция инфрақұрылымы және DAS бір уақытта бірнеше байланыс операторларын қолдана алады.

2.2 5G негізгі желі архитектурасы (Core Network)

5G желісінің архитектурасының ерекшелігі, 5G желісіндегі аппараттық шешімдерге негізделген дәстүрлі «желі архитектурасы» тұжырымдамасы бұдан былай маңызды емес.

Сондықтан 5G көбінесе желі ретінде емес, бағдарламалық жасақтама платформасына жататын жүйе немесе «платформа» ретінде қарастырылады. Егер 1/2/3 / 4G аппараттық шешімдер (жабдықтар) негізінде құрастырылған болса, онда 5G платформасы бағдарламалық жасақтама шешімдеріне негізделген, атап айтқанда SDN бағдарламалық жасақтама желілері (NFV желілік функциялары).

5G функциялары NFV инфрақұрылымында жұмыс істейтін VNF (Virtual Network Function) виртуалды бағдарламалық қамтамасыз ету функцияларында іске асырылады. Бұл дыбыс ұғымдарының арасындағы айырмашылық VNF функциясы болып табылса, ал NFV - бұл технология. Өз кезегінде, NFV COTS стандартты коммерциялық жабдығына негізделген деректер орталықтарының физикалық инфрақұрылымында (деректер орталығы, ДК, деректер орталығы, деректер орталығы) жүзеге асырылады (Commercial Off The Shelf). COTS жабдығы тек қана үш түрлі стандартты, салыстырмалы арзан құрылғылар - сервер (есептеуіш құрылғы), қосқыш (желілік құрылғы) және сақтау жүйесі (сақтау құрылғысы) ғана қамтиды.



Сурет 2.4 - 5G-те SDN / NFV виртуалды платформасына көшу

Осылайша дәстүрлі мобильді желілердің жабдықтары стандартты серверлерде және VM виртуалды машиналарында деректерді өңдеу орталықтарында жұмыс істейтін бағдарламалық жасақтама субъектілерімен ауыстырылады.

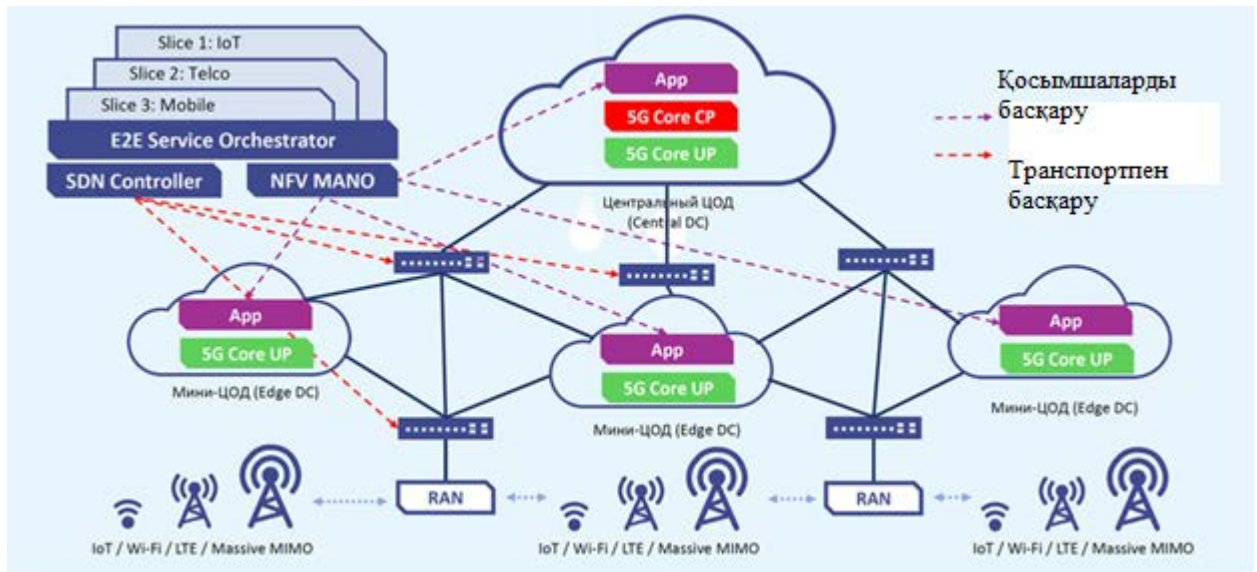
Виртуалды машиналардан басқа, бағдарламалық қамтамасыз ету функцияларын іске асыру үшін бағдарламалық жасақтама контейнерлері, сондай-ақ микросервис бағдарламалық жасақтамасының сәулеті қолданылады.

4G желілеріндегі D-RAN мобильді қатынау желісінің бөлінген сәулеті біртіндеп орталықтандырылған C-RAN архитектурасына қарай дамып келеді.

5G архитектурасында ядро желілік функциялары VM виртуалды машиналарында Central Cloud бұлттың іске асырылады.

5G желілерін дамытуда маңызды рөл атқаратын болады шекаралық бұлт, атап айтқанда, MEC технологиясы, сондай-ақ тұман бұлт.

NFV / SDN негізінде желілік виртуализация өте пайдалы 5G функциясы үшін қажет: логикалық желілік кесу.



Сурет 2.5 - Жалпы 5G желілік архитектурасы

Network Slicing технологиясы желілік ресурстардың біртұтас көлемін (пулын) деректерді беру ортасының әртүрлі сипаттамалары бар түрлі RAT (Радиоға қатынау технологиясы) радиобайланыс технологияларын қажет ететін 5G қызметтерінің әр түрлі түрлеріне арналған желілердің логикалық бөлінуін жасауға мүмкіндік береді. Бұл, мысалы, қызметтер:

- Жоғары сапалы UHD бейнесі
- Дауыстық қызметтер (5G Voice)
- Көптеген сенсорлар, сенсорлар және жетектер бар Интернеттегі (Massive IoT)
- Электрондық медицина (Mission Critical IoT), ұшқышсыз көлік құралдары (V2X)
- және көптеген басқа.

Network Slicing технологиясымен қамтамасыз етілген барлық қызметтер орталық және шекаралық бұлт деректер орталықтарының бірыңғай физикалық инфрақұрылымында, сондай-ақ Massive IoT және Industrial Internet PoT (Industrial IoT) үшін талап етілетін «тұман» инфрақұрылыммен жұмыс жасайды.

Бұл бағдарламалық жасақтама мен аппараттық инфрақұрылымды құрғаннан кейін, оны қолда бар ресурстардың икемді қайта тағайындалуына мүмкіндік береді. Бұған қоса, бұл көзқарас желі құрылысының күрделі шығындарын ғана емес, сонымен қатар оның қызмет көрсету шығындарын азайтады.

Желілік ресурстарды кесу (Network Slicing). 5G желілік кесу сияқты тұжырымдаманы қолданады. Әрине, бұл әртүрлі трафик түрлеріне арналған желілік ресурстарды қысқарту және әр тілде (нақты айтқанда, желі бөлігі), өз деректерін беру технологиясын пайдалануға болады. Осы тәсілдің икемділігіне байланысты әртүрлі типтегі пайдаланушылардың әртүрлі және тіпті қарама-

қайшы талаптарын қанағаттандыруға болады. LTE желілік деректерді беру үшін өте ыңғайлы - бұл тек біраз нақтылауға және жылдамдауға қажет.

Кішкене кідіріспен деректерді беру үшін, өте төмен кідіріспен байланыс деп аталатын арнайы бөлік қолданылады. Бұл деректерді өте төмен күту уақытында беруге мүмкіндік береді. Егер LTE-де минималды тарату ұзақтығы бір миллисекунд болса, онда мұнда ең аз тарату ұзақтығы миллисекундтың бір бөлігіне дейін жетеді және сенімділігі 99,999% дейін өте жоғары болады.

5G ішіндегі жеке бөлік IoT-ге тағайындалады. Бұл деректерді қуат тұтынудың төмен деңгейі бар көптеген құрылғыларға жіберуге мүмкіндік береді.

Бұдан басқа, миллиметр толқындарының диапазонында, яғни 30-дан 300 ГГц-ге дейінгі жиілік диапазонында жоғары жылдамдықты деректерді тарату үшін блоктар болады. Мысалы, 2-5 ГГц әдеттегі диапазонында, деректерді беру кезінде қолданылатын жиілік арнасының ені салыстырмалы түрде кішкентай және бір-біріне, жиі ондаған МГц-ға дейін жетеді. 40-70 ГГц диапазонында қолданылатын спектрі әлдеқайда үлкен, бұл жиілік арнасының енін жүздеген және мыңдаған МГц және одан да көпке арттыруға мүмкіндік береді. Осылайша, миллиметр диапазоны операторлар үшін іс жүзінде «шексіздік эквиваленті» (қол жетімді арна ресурстарының саны бойынша). Мәселе мынада, деректерді тек тікелей көрінетін құрылғыларға беру керек, әйтпесе сигнал сапасы күрт төмендейді.

Бір мағынада, 5G әртүрлі технологияларды біріктіретін «торт пирогы» болады, олардың әрқайсысы белгілі бір пайдаланушының талаптарына байланысты анықталады.

2.3 5G Желілік қауіпсіздігі

2018 жылғы 13 қарашада Швейцария, Франция және Ұлыбританиядан келген зерттеушілер тобы 5G қауіпсіздік хаттамасымен проблемаларды анықтады, олар Түпнұсқалық растама және негізгі келісім (АКА) деп аталды. Кемшіліктерді криптографиялық хаттамаларды зерделеу үшін ең тиімді деп санайтын Тамарин құралын пайдалану арқылы анықтады. АКА - 3-буындағы серіктестік жобасының әзірлеушісі (3GPP) қатысатын стандарт.

5G-ге қосылған АКА түрі құрылғы мен 5G желісінің бір-бірін түпнұсқалығын растауға, құпия деректермен алмасуға және пайдаланушының жеке басын және орналасқан жерін құпиялылығын қамтамасыз етуге қабілетті болуы керек. Дегенмен, зерттеушілер өздерінің қазіргі түрінде АКА осы функцияларды орындай алмайды, себебі онда көрсетілген талаптар жеткілікті дәл емес.

Зерттеу тобы 5G қауіпсіздігі АКА-мен 3G және 4G желілік хаттамаларына қарағанда сенімді болады деп сенеді. Алайда кемшіліктер бар. Атап айтқанда, иесінің жеке басын ашпай-ақ, белгілі бір аумақта телефонның орналасқан жерін

анықтауға болады. Сонымен қатар, АКА осалдығына байланысты ол басқа пайдаланушының 5G желісін пайдалану үшін қате есептелуі мүмкін.

Зерттеушілер бірқатар түзетуді ұсынады. Мысалы, АКА қауіпсіздігін қазіргі уақытта жоғалтқан қажетті қасиеттерді беріңіз және негізгі растау компонентін өзгертіңіз. Олардың ойынша, АКА белсенді шабуылдаушылардан жеке деректерді қорғайды. Бірақ бұл кемшілікті түзету оңай болмайды.

Зерттеушілер 3GPP-ді АКА-ды жетілдіруге және 5G-нің кең тарағанға дейін аяқтауға тырысады.

Еуропалық Одақтың Желілік және Ақпараттық Қауіпсіздік Агенттігі (Еуропалық Одақтың Желілік және Ақпараттық Қауіпсіздік Агенттігі, ENISA) сондай-ақ, 5G желілерінде 2G, 3G және 4G желілеріндегі сигнал беру хаттамаларында анықталған кемшіліктер туралы ескерту жасаған.

Ericsson компаниясының зерттеуі көрсеткендей, 2023 жылға қарай 3,5 миллиард интернет заттар (IoT) құрылғылары пайда болуы мүмкін.

Қауіпсіз 5G желісі жоғары жылдамдықпен байланысты шабуылдардың объектілерінің санын көбейтетін шабуылдар үшін өрісті ұсынады. 5G желісіне қосылған IoT сенсорларын пайдаланатын компанияның DDoS шабуылының қайсысы мүмкін екенін елестету қиын емес.

Процессорлық архитектураны дамытатын ARM компаниясы IoT құрылғыларына SIM-карталар чиптерімен жұмыс істеуге мүмкіндік беретін бағдарламалық жасақтама жиынтығын жасайды, бұл оларды мобильді байланыс тарифтік жоспарлары бар смартфондарға ұқсас етеді. Содан кейін IoT құрылғыларын Wi-Fi арқылы қосудың қажеті жоқ. Алайда, хакерлер SIM-карталарға шабуылдап, оларды жойып жіберуі мүмкін. Сондай-ақ, олар SIM карталарына шабуылдағанда мәтіндік хабарлар арқылы зиянды кодты таратуға қабілетті.

Хакерлер SIM-карта осалдықтарын IoT құрылғыларында пайда болған жағдайда қолданатындығын айтуға әлі ертерек, бірақ мұндай мүмкіндік бар. Кез-келген жағдайда, 5G ұсынған мүмкіндіктер хакерлерге бұрыннан белгілі және пайда болған әдістерді пайдаланып, барынша көп деструктивті шабуылдарды ұйымдастыруға көмектеседі.

«Базалық станция» термині лексиконда ұзақ уақыт бойы бекітілген. Егер орташа тұтынушы бұл нәрселерді жиі есіне алмаса, әдеттегідей «ұялы телефон» ондығымен айқын көрінеді. Ұялы байланысты күнделікті жүздеген миллион адамы пайдаланылады, бірақ олардың көбісі бұл қарым-қатынас қалай қамтамасыз етілгенін білмейді.

Көптеген адамдар ұялы базалық станцияны орнату өте қарапайым деп ойлайды. Бірнеше антеннаны тіркеп, оларды желіге қосып жасайды деген ойда. Бірақ мұндай көзқарас негізінен дұрыс емес. Мәселен, метрополитенде базалық станцияны орнату кезінде қаншама қиындықтар және нюанстар пайда болғаны туралы айта кетейік.

Менің мысалымды анықтап көрсету үшін ғимараттың төбесінде ұялы станцияны орнату үрдісі рет-ретімен жазып алдым. Бұл екі қабатты кеңсе ғимараты Тараз қаласында орнатылған. Мен бұл мысалды таңдадым, себебі осы

базалық станцияда антенналарды монтаждау үшін шағын кронштейн ғана орнатылмаған, бұл жерде 15 м биіктіктегі 5-қабатты мұнара орнатылған, тәртіппен бастайтын болсақ.

Дазаин мен дайындық. Базалық станцияны орнату тапсырмасы дұрыс объектіні табудан басталады. Егер табылса, иесімен жалдау жасалады. Болашақ станцияның антенналарының қажетті орны, пайдалы жүктің салмағы анықталып, оның негізінде металл конструкциялар әзірленеді. Бұл ғимараттың құрылымдық элементтерінің өткізу қабілетін ескереді

Әрбір орнатылған базалық станция үшін (қалыңдығы 5 см) құжаттар жинағы жасалады. Бұдан басқа, болашақ құрылым үшін бірқатар параметрлер бар: объектідегі орналасуы, жалпы өлшемдері, жалпы салмағы, тірек нүктелерінің орналасуы, тұтынылған кернеу мен қуат және т.б.

Бұл папкада барлық ақпарат қамтиды :

- жобалық құжаттама;
- барлық бөлшектерге, соның ішінде жаңғақтар мен бояуларға арналған мәлімдемелердің, лицензиялардың, сертификаттардың және сәйкестік сертификаттарының көшірмелері,
- жабдықтар, металл конструкциялары, архитектуралық және құрылыс шешімдері, найзағайдан қорғау бойынша жұмыс құжаттамасы.
- тұрғын үйлердің тұрғындары үшін станция қауіпсіздігі бойынша санитарлық-эпидемиологиялық қорытынды

Жобаны үйлестіру және мақұлдағаннан кейін мұнара платформасы мен мұнараның бес сегменті зауытта жеке-жеке жасалған. Өйткені бұл жағдайда өте ауыр құрылыс болғандықтан, оны ғимараттың тіреу қабырғаларына орнатуға тура келді. Мұны істеу үшін төбесінде тесіктер кесіліп, тіреуіш тіректер орнатылды. Олар антенналармен жабдықталған станцияның жабдықтары мен антенналары орнатылған платформаға арналған қадалардың негізін атқарады. Платформаның жалпы салмағы 3857 кг құрады.

Платформадағы құрастырылған профиль, өлшемдер мен пучкалардың саны, қабырғасының қалыңдығы, дәнекерлеу ұзындығы, қолданылған аппараттық құрал - бұл барлық параметрлер қабырғалардың сыйымдылығы, сондай-ақ аймақтағы ықтимал жел жүктемесі негізінде есептеледі. Әрине, бұл жалғыз критерийлер емес, ең алдымен мұнара көрші базалық станциялардың көрінетін аймағында талап етілетін биіктікте қабылдау мен беру антенналарын орнату мүмкіндігі болуы керек. Сонымен қатар, релелік қосылыстың сәулесі жоғалмауы үшін, конструкция қатал болуы керек.

Платформаны орнатқаннан кейін, мұнараның бірінші бөлігін орнату үшін платформалар дайындалды:

Бөлімді орнатқаннан кейін «бұрандаларды қатайту» басталады:

Теодолиттердің көмегімен дизайнның тігінен үнемі екі нүктеден бақыланады. Сонымен қатар, өлшемдер мұнараның әрбір бөлімі үшін бөлек орындалады, содан кейін өлшеу журналы құжаттар жинағына қосылады. Содан кейін мұнара ұстанымының мерзімді өлшемдері жүргізіледі, өйткені өз салмағы

мен жабдықтың салмағы құрылымның сәл спираль тәрізді бұралуын (72 м биіктікке 50 мм дейін) тудыруы мүмкін.

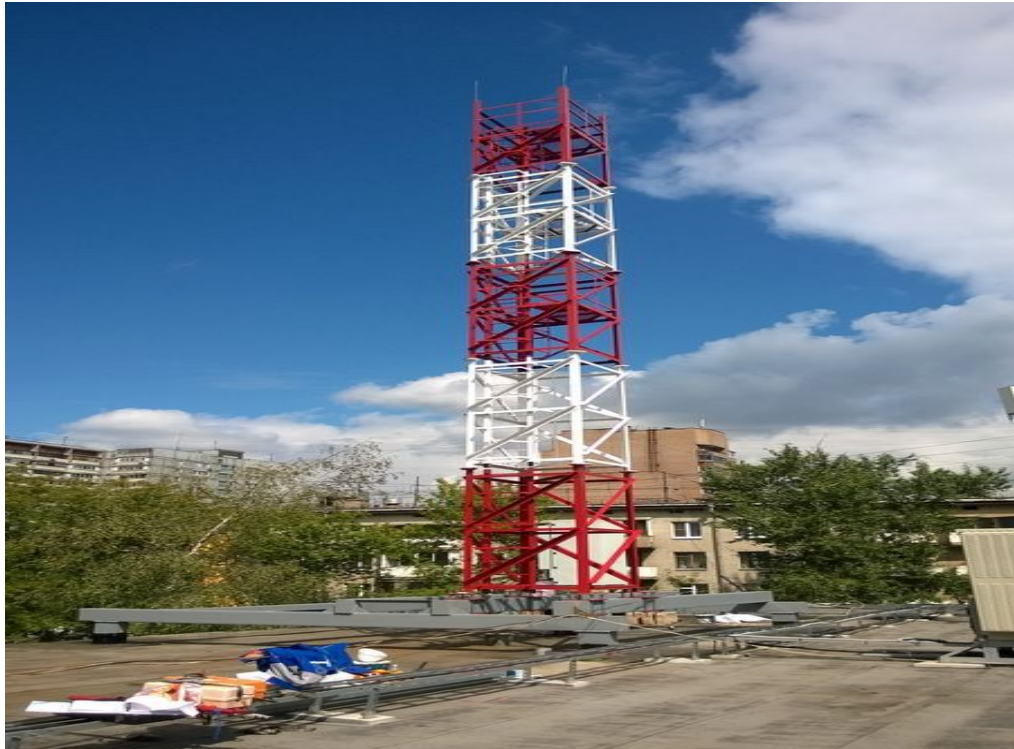


Сурет 2.6 - Платформа орнату үшін дайындалған шкаф

Осылайша, бірінші бөлім орнатылып, тураланған. Орнатушылар екінші бөлімге дайындалуда.

Жұмыс қауіпсіздігі орнату кезінде ғана емес, сонымен қатар әрі қарай қызмет көрсетуге көп көңіл бөлінеді. Жұмыс орындардың көлемі инженерлерде жұмыс істеу үшін жеткілікті орынға ие болу үшін таңдалған. Баспалдақтың қоршаулары орнатылып, мұнарадағы платформалардағы саңылаулар кездейсоқ құлаудың алдын алу үшін люктермен жабылады. Платформа шатырдың ұшынан жоғары көтеріледі, сондықтан қыста құрал-жабдықтар қармен жабылмайды және мұзбен жабылмайды.

Мұнараның қалған бөліктерін орнату. Аппараттық құралдың кезегі: мұнара орнатылды, соңғы өлшемдер теололит көмегімен жасалды. Шектен ауытқулар минималды және қатаң болып табылады. Мұнара массасы 2827 кг, ал барлық болат конструкцияларының жалпы массасы - 6684 кг.



Сурет 2.7 – Мұнаны орнату

Бөлімдердің түсі стандартты: төменгі және жоғарғы әрқашан қызыл, ақ түспен аралық ауыстырғыш. Жоғарғы жағында мұнаның қабырғаларының жалғасы болып табылатын төрт түйреуді көруге болады - бұл найзағайдан қорғау элементтері.

Жабдық. Келесі қадам - барлық қажетті жабдықтарды орнату және кабельді төсеу. Орнатылған жабдықтардың толық тізімі:

Нәтижесінде, станция ғимараттың өзіндік ерекшеліктерімен салыстырмалы түрде керемет келбетке ие болады.

2.4 LTE стандартының желілік архитектуралық жұмыстарының принциптері. LTE технологиясының негізгі параметрлері

Телекоммуникациялық технологиялар саласындағы әлемдегі ұялы коммуникацияларды одан әрі дамыту, әзірлеу және енгізу болып табылады. 5G стандарттарын қамтамасыз ете отырып, одан да жоғары қарқынды деректер беру және сапасын жақсарту, ұсынылатын қызметтердің пайдаланушының жалпы шығындарын қысқарту үшін пайдаланылады.

Технологияларда ақауды шешуге бағытталған өзекті мәселелердің бірі, қазіргі заманғы телекоммуникациялық технологиялар болып табылады. Long Term Evolution – кеңейтілген немесе қысқартылған түрі LTE–Advanced–

технологиялары болып келеді. Халықаралық электр байланысы LTE– Advanced ресми түрде сымсыз 5G стандарттарына қосылды одағы деп жариялады. Жаңартылған LTE–Spec бір қанаты WiMAX 2 тобына кіретін технологиялар IMT–Advanced түрды. 4G–коммуникацияның ең жоғарғы жылдамдығы мұндай қосылыстарда тиіс 1 Гбит / с дейін, ыстық нүктелер және 100 Мбит / с мобильді құрылғыларда талап етілетін технологиясы болуы тиіс. IP–негіздегі қосу желілері толығымен 4G, 3G және Wi–Fi негізделген. Жалпы алғанда 250–ден астам компаниялар LTE желілерінде мүдделі, бұл мұндай компанияның ағымдағы жеткізушілері CDMA, GSM, WiMAX және, смұндағый–ақ мүлдем жаңа ойыншылар болады

LTE стандарты аса ыңғайлы эфирлі интерфейске ие. Желінің түрі мынадай атауға ие – E–UTRAN – Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (дамушы радиоқабылдаудың әмбебап жер бетіндегі желісі). Төменде LTE технологиясының негізгі параметрлері көрсетілген.

Көптік ашық пайдаланудың технологиясы:

- тікелей арна (Downlink – DL) – OFDMA;
- кері арна (Uplink – UL) – SC–FDMA;

Жұмысжиілігінің диапазоны: 450 МГц; 700 МГц; 800 МГц; 2,1 ГГц; 2,4 – 2,5 ГГц; 2,6 – 2,7 ГГц.

Биттік жылдамдық:

- тікелей арна (DL) MIMO 2TX.2RX: 100 – 300 Мбит/с;
- керіарна (UL): 50 – 172,8 Мбит/с.

Радио арна жолағының ені: 1,4 – 20 МГц.

Ұяшық радиусы: 5 – 30 км.

Ұяшық сыйымдылығы (қызмет көрсетілетін абоненттер саны):

- 200 аса абоненттер 5 МГц жолағында;
- 200 аса абоненттер 5 МГц–тен жоғары жолағында. Жылжымалылық:

орын ауысу жылдамдығы 250 км/сағдейін. MIMO параметрлері:

- тікелейарна (DL): 2TX.2RX, 4TX.4RX;
- керіарна (UL): 2TX.2RX.

Кідіру (latency): 5м. Модуляцияның қабылданатын түрлері:

- тікелей арна (DL): 64 QAM, QPSK, 16 QAM.
- кері арна (UL): QPSK, 16 QAM.

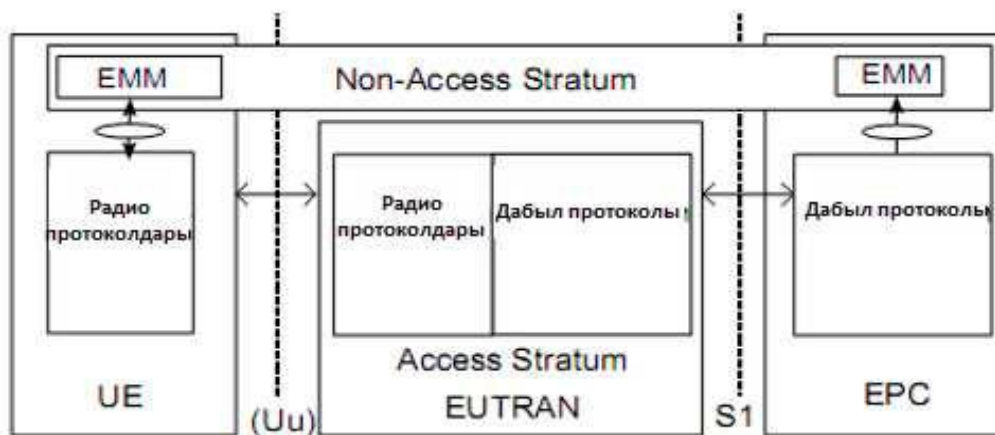
Дуплексті арналардың бөліну: FDD, TDD.

LTE технологиясының жиіліктік сәулеті. LTE желіс құрылғанда ең маңызды бақылауды байланыстың дестелік графикті қамтамасыз ету, аз уақыт аралығында дестені жеткізу мен қызмет көрсетудің жоғары сапасына аударған. LTE дайындаушыларының ең маңызды жоспары мен мақсаттары желі құрылысын барынша қарапайым етіп, сонымен қатар 3GUMTS жүйесіне сәйкес қосалқы желілік протоколдарды болдырмау болып саналады.

LTE стандартының сәулетінде желілік әрекеттесу екі түйіндер арасында болады, олар: (eNB) базалық станциясы мен өзінде желілік GW (Geteway) шлюзі бар мобильдікті басқаратын (MME) блогы.

Физикалық деңгейде LTE желісі екі компоненттен тұрады: E-UTRAN радиодоступ желісі және SAE (System Architecture Evolution) базалық желісі.

LTE желісінің құрылысының мысалы ретінде 2.8 – суретте көрсетілген сұлба қызмет көрсете алады.



2.8 Сурет – LTE желісінің жалпылыма құрылымы

LTE-нің eNB желісінде келесі функциялар жатады: радиоресурстармен басқару, қолданбалы мәліметтердің ағынының шифрлануы, қызмет етуші шлюзге бағытталған бойымен мәліметтер пакеттерінің қолданбалы жазықтығында бағытталуы, шақырушы және берілуші ақпаратты тарату, қозғалғыштықты басқаруы үшін есептерді құрастыру және өлшеу. LTE желісін жоспарлау үшін транспорттық желілерінің және E-UTRA радиокатынау желісінің шешімі қандай жағдайда құрылғанын анықтау керек. 2G/3G желісінің қызметтерімен салыстырғанда LTE желісінің қызметтері кең спектрге ие болады. Бірінші кезекте бұл желінің жоғары өткізу қабілеттілігімен және мәліметтер жіберудің жоғарылатылған жылдамдығымен байланысты, және де «бәрі IP арқылы» тұжырымдамасына сәйкес.

LTE желісі ұсынатын басты қызметтері болып мыналар табылады:

- сөздердің дестелік таратылуы;
- интернет – файлдардың жіберілуі;
- электрондық поштаның жеткізілуі;
- мультимедиа хабарламаларын жіберу;
- файлдарды жүктеу қызметтерін, телевизиондық және ағындық қызметтерін атқаратын мультимедиялық хабар таратуы;
- VoIP және жоғары сапалы видеоконференциялар;
- жылжымалы және әр түрлі түрлерді белгіленген терминалдар арқылы онлайн – ойындар;
- реквизиттердің жоғары жіберуімен мобильді төлеулері және идентификациялық теңестіру ақпараттары

LTE технологиясы үшінші және екінші кезең ұялы байланыс желісі эволюциясының негізгі бағыты болып табылады. LTE базалық станциядан пайдаланушыға мәліметтерді жеткізуде 326,4 Мбит/с, кері бағытта секундына

172,8 Мбит теориялық жылдамдықпен қамтамасыз етеді. LTE желінің архитектурасы сымсыз қозғалғыштық пен дестелік графикті қолдаумен қамтамасыз ету, дестелердің жеткізуінің ең төменгі кешігулері және қызмет етудің биік сапа көрсеткіштерімен жасалған. LTE стандартының UMTS жүйесіне тән өңдеушілерінің негізгі мақсаты желінің құрылымының мүмкіндігінше максималды жеңілдетілуі және желілік хаттамаларды қайталайтын функцияларының шығарылуы. LTE технологиясында UTRAN радиокатынау желісі болғандықтан ол E-UTRAN желісі және eNB базалық базалық станциялары міндетті түрде қызмет атқарады.

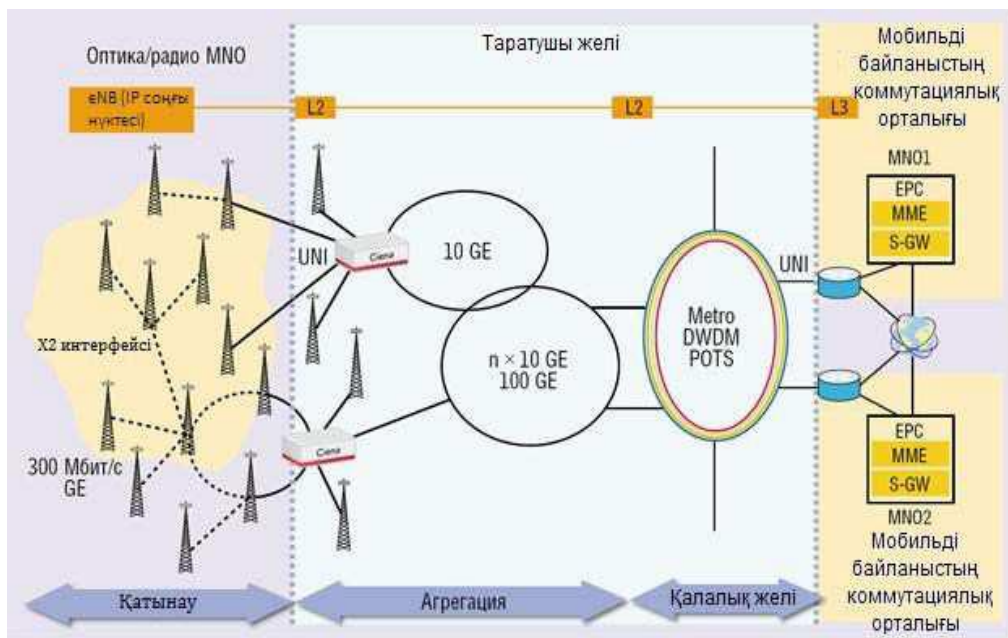
2.5 LTE стандартының желілік архитектурасы

LTE желісінің архитектурасы «тігіссіз» мобильділігі бар дестелік трафикті, сапалы қызметтің жоғары көрсеткішін қамтамасыз ететіндей және дестелерді минималды кідіріспен жеткізетіндей етіп жасалынған. LTE стандартын құрастырушылардың негізгі мақсаты – желі құрылысын барынша жеңілдету және 3G UMTS жүйесіне тән желілік протоколдардың міндетін қайталауды болдырмау.

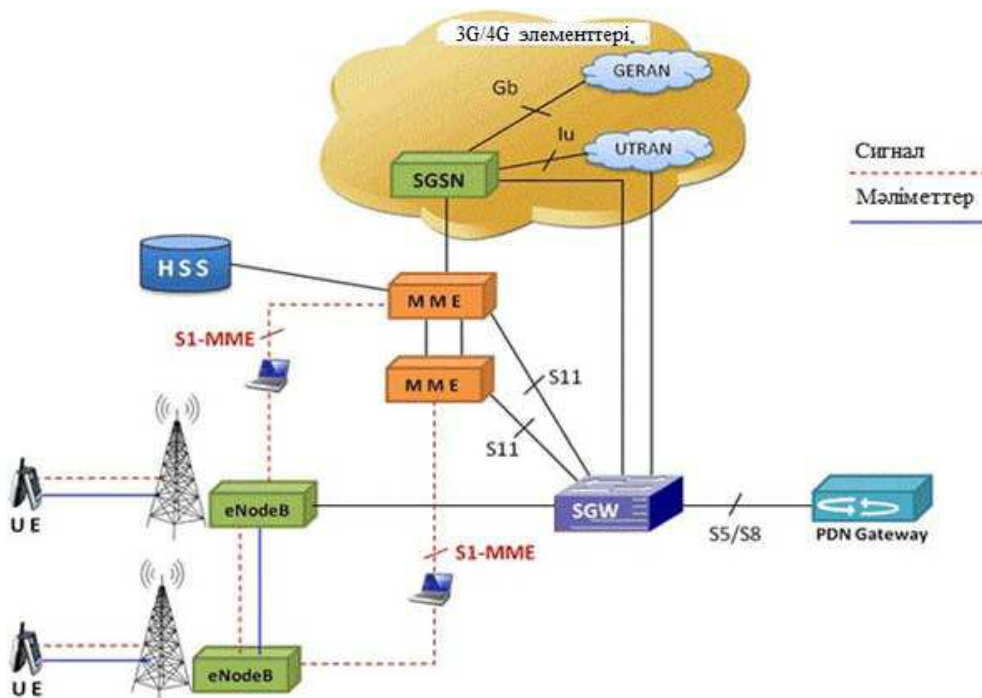
LTE стандартының архитектурасында барлық желілердің бір-бірімен өзара әрекеттесуі екі тораптың арасында болады: базалық станция (eNB) және ішінде GW (Gateway) желілік шлюзі бар мобильді басқару блогі (MME).

LTE желісі физикалық деңгейде екі компоненттен тұрады: E-UTRAN радиожелісі және SAE (System Architecture Evolution) базалық желісі. LTE-нің таратушы транспорттық желісінің жалпыланған архитектурасы 2.2 – суретте көрсетілген.

E-UTRAN желісі eNB базалық станцияларынан тұрады. Базалық станциялар толық байланысты желінің элементтері болып табылады және өзара «бірімен-бірі» принципі бойынша байланысқан. Әр eNB-да дестелер коммутациясы принципі бойынша құралған SAE базалық желісімен S1 интерфейсі бар. LTE желісіндегі eNB-ға келесі функциялар жүктелген: радиоресурстарды басқару, тұтынушының мәліметтер ағынын шифрлеу, тұтынушы жазықтығында мәліметтер дестелерін қызмет көрсететін шлюз бағытында маршруттау, шақыру мен хабарлау ақпаратын диспетчеризация және тарату, мобильділікті басқару үшін есептерді өлшеу және құрастыру (2.9 – сурет).



Сурет 2.9 – LTE – нің таратушы транспорттық желісінің жалпыланған архитектурасы

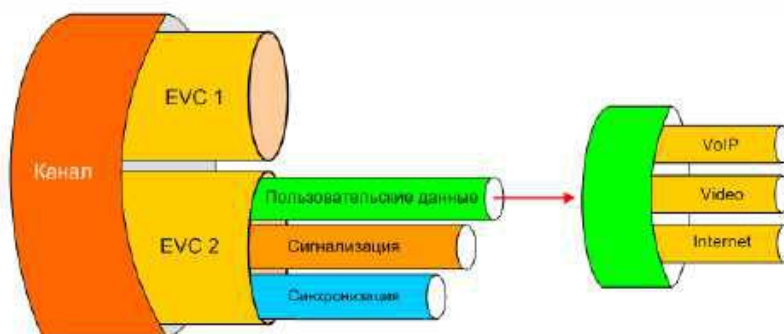


Сурет 2.10 – LTE желісінің архитектурасы

Енгізілген eNB икемділігі, LTE-Advanced функционалдығын кеңейту үшін, LTE көшіргеннен кейін ұстап тұруға мүмкіндік береді.

2.6 Өткізу қабілетін бөлу

2.4 суретте EVC (Ethernet Virtual Circuit) өткізу қабілетін бөлудің арналған әр түрлі трафик сыныптамасы пайдаланушы деректермен және синхрмұндағыу жайылуы немесе бірнеше MNO бір алаңда, немесе тіпті мобильді трафиктің бірнеше ұрпақтарарасындағы жеңілдетілген схемасы келтірілген.



Сурет 2.11– Әр түрлі трафик сыныптамасы үшін өткізу қабілетін бөлу

EVC2 (2.4 сурет) көптеген CE–VLAN тұруы мүмкін, ал әрбір CE–VLAN, өз трафик сыныптамасына (мысалы, пайдаланушы деректер немесе сигнал үшін синхронды) бөлінеді.

Желісінің өткізу қабілетін кем дегенде екі оңтайлы сервис сыныптамасы мүмкіндігінше және қосымша сыныптаманың қатаң басымдық трафигін азайту үшін кідірілген синхрмұндағыу үшін көлемін қолдау қажет.

Нақты стандарты LTE ие үлкен дәрежеде интерфейсмен басқа да жүйелері жылжымалы байланыста сәйкестендіріледі.

2.7 LTE технологиясының радиожилік спектрі

FDD (frequency division duplex) технологиясы жұптық спектрін, яғни екі желінің жиілігі бір арна үшін uplink және басқа да арна үшін әжептәуір жақын пайдалануды болжайды.

TDD (time division duplex) технологиясы бір жиілік диапазоны үшін арналарды uplink әжептәуір жақын бөле отырып, олардың уақыты бойынша пайдаланады. Қазіргі уақытта бұл жиілік жолақтары үшін LTE нөмірлері 1– ден 22 үшін пайдаланылады жұптық спектрмен (FDD), ал жолақтар саны 33– тен 43 – паралы спектрмен (TDD) қабылданды.

2.1 кестеде көрсетілгендей, пайдаланылатын LTE желісін дамытудың диапозмұндағыры үшін меңгеріледі, немесе қазірдің өзінде Қазақстанда ұялы байланыс желілерінің және түрлі құрылғыларда сымсыз қатынау мүмкіндігі

игерілді. Сондықтан, Қазақстанда LTE–желілерін енгізу және технологияларды белгілі бір қиындықтармен таңдау және рұқсат алу жоспарында жиілік диапазонына байланысты пайдалану. Нәтижесінде, LTE желілерін Қазақстанда енгізуді тығыз өткізу қажеттілігі бірқатар ұлттық рәсімдерді босату үшін қажетті жиіліктер немесе олардың қайта жоспарлау аясында қажеттілігіне өзгерістер байланысты радиожілік спектрін пайдалану. Бөлу жиіліктері үшін перспективалы радиотехнология белдеулерін, соның ішінде LTE, келесі түрде көрінеді:

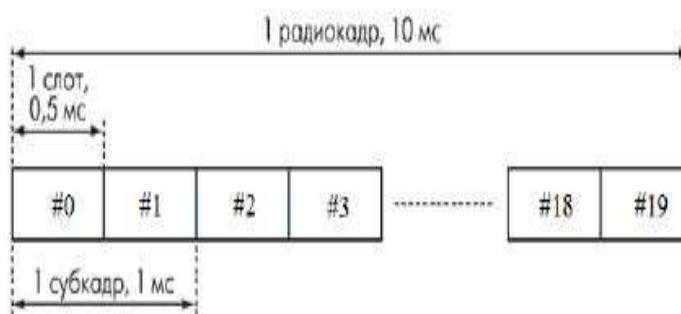
LTE FDD жиілік диапазонында band 3 жұмысы:

- жиілік жолағын "абонентке" беру бағытында 1860...1880 МГц;

- жиілік жолағы "абоненттің" беру бағытында 1765...1785 МГц; 3GPP Release 9 стандартының үйлесімділігі.

LTE (3GPP EUTRA) Band 20 жиілік диапазонында: жұмыс жиілік жолағын абонентке беру бағытында (әжептәуір жақын) 832–862 МГц; жиілік жолағы "абонент" беру бағытында (uplink) 791–821 МГц; Жұмыс жиілігі желілерін 4G LTE: 800–1900 МГц.

Sid) типті радиокадрлар [4]. 1– Дуплекстік жиілік типі – толық дуплекс және жартылай дуплекске арналған. Мұндай кадр 20 слоттардан (ұзақтығы 0,5 мс), 0–ден 19 нумерациясынан тұрады. Екі аралас ұяшық субкадрды құрайды (2.12– сурет).



2.12 Сурет – LTE кадрлық құрылымы кезінде дуплекстік жиіліктік бөлу арналары

2.12 суретте көрініп тұр, жартылай дуплексті режим радиокадрда жоғарғы және төменгі арналарда параллель беріледі, бірақ уақытша жылжу стандартында ескертілген.

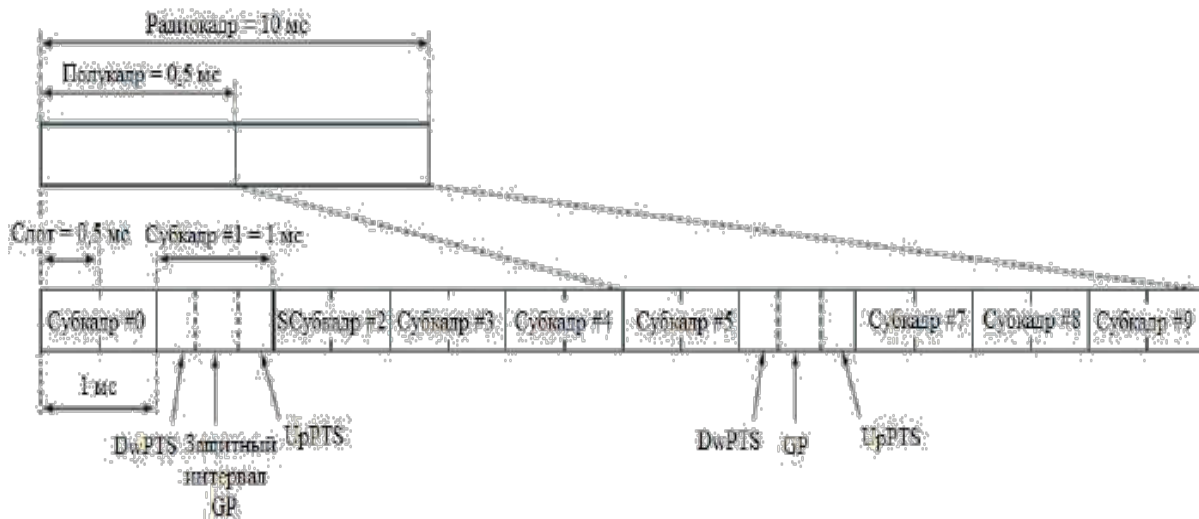
2 типті радиокадр ғана уақытша дуплекстеуге арналған. Ол ұзақтығы 5 мс екі жартыкадрден тұрады (сурет 2.12).

Жоғарыда айтылғандай, LTE–де OFDM модуляция, жақсы зерттелген жүйелерінде DVB, Wi-Fi және WiMAX пайдаланылады. Естеріңізге сала кетейік, OFDM технологиясы, белгілі бір қадам жиілігі бойынша орналасқан Δf кеңжолақты сигнал арқылы тәуелсіз модуляция түрін $S_k(t) = a_k \cdot \sin [2\pi (f_0 + k\Delta f)]$ беруді болжайды. OFDM уақытша облысы – деректер өрісі (пайдалы ақпарат) және циклдық префикс CP (Cyclic Prefix) – қайта берілетін фрагмент соңына, алдыңғы нышаны деп аталатын символды қамтиды. Префикс мақсаты –

қабылдау салдарынан көпсәулелік тарату сигнал интерференциялық символаралық күрес. Шағылысқан сигнал префиксті емес аймағында разрядтарына кешігіп түсетін, пайдалы сигнал әсер етеді. LTE–де қабылданған стандартты қадам арасындағы $\Delta f = 15$ кГц символ ұзақтығын – 66,7 мсм сәйкес келеді.

Кесте 2.1 – Радиоқатынау желілерінің және E-UTRA үшін жиілік диапазондары

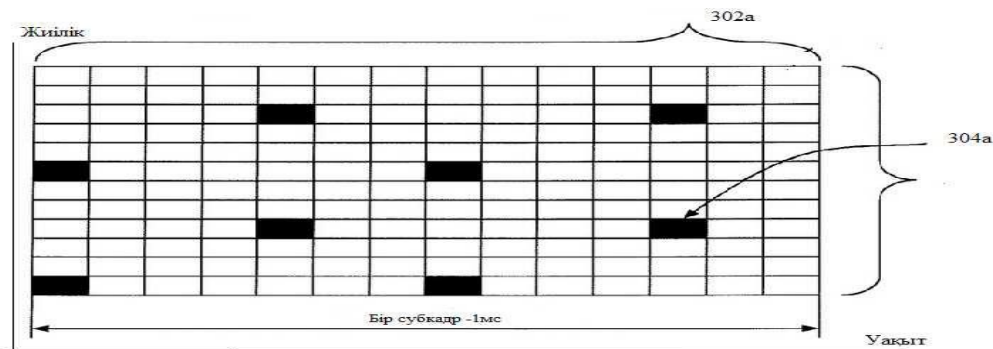
Жұмыс диапазоны	Жиілік диапазоны, МГц		Дуплекс түрі
	Жоғары бағыт (UL)	Төменгі бағыт» (DL)	
1	1920–1980	2119–2170	FDD
2	1850–1910	1930–1990	FDD
3	1710–1785	1805–1880	FDD
4	1710–1855	2110–2155	FDD
5	824–849	869–894	FDD
6	830–840	875–885	FDD
7	2500–2570	2620–2690	FDD
8	880–915	925–960	FDD
9	1749,9–1784,9	1844,9–1879,9	FDD
10	1710–1770	2110–2170	FDD
11	1427,9–1452,9	1475–1500,9	FDD
12	628–716	728–746	FDD
13	777–787	746–756	FDD
14	778–798	758–768	FDD
17	704–716	734–746	FDD
18	815–830	860–875	FDD
19	830–845	875–890	FDD
33	1900–1920		TDD
34	2010–2025		TDD
35	1850–1910		TDD
6	1930–1990		TDD
37	1910–1930		TDD
38	2570–2690		TDD
39	1880–1910		TDD
40	2300–2400		TDD
41	2496–2690		TDD
42	3400–3600		TDD
43	3600–3800		TDD



Сурет 2.13 – LTE кадр құрылымының дуплекстік уақытша бөлу арналары

2.8 Төменгі арна

Төменгі және жоғарғы арналарда OFDM технологиясының қолдануы әр түрлі. Төменгі арнада бұл технология дабылды жіберу үшін ғана емес, көптеген рұқсаттарды ұйымдастыруға (OFDMA) қолданылады. Яғни, абоненттік арналардың мультиплексерленуіне. Сипатталған физикалық құрылымдық блоктан басқа, логикалық құрылымдық блок түсінігі енгізіледі. Ресурсты элементтер санына байланысты олар эквивалентті, бірақ физикалық блок ресурсты элементтерін логикалыққа бейнелеп көрсетуінің екі амалы бар. Олар, бірге бір және бөлісілген. Сонғы жадайда, логикалық ресурсты блок элементтері ресурсты тор бойынша бөлінеді (2.14 – сурет).



Сурет 2.14 – Бір антеннамен жұмыс істеу кезінде LTE ресурстық төменгі арнасында тіреуіш сигналдың (cell-specific) орналасуы

Дестелі желілермен салыстыранда, LTE желісінде тасымалдаушының синхронизациясын және бағалайтын физикалық преамбуласы жоқ. Бұның орнына әр ресурсты блоктарға арнайы тіреу және синхронизациялайтын дабылдар қосылады. Тіреуші дабылдар үш түрлі болады: (Cell-specific) ұяшығын сипаттайтын, нақ абоненттік құрылғымен байланысқан дабыл, және MBSFN кең таралатын мультимедиялық сервисіне арнайы сигнал. Тіреуші дабыл жіберу арнасындағы жағдайды тікелей анықтау үшін қызмет етеді (қабылдаушыға оның тұрған жері және қазіргі жағдайы белгілі). Осы өлшеулер негізінде арнаның жағдайын қалған тасымалдаушылар үшін анықтауға болады және интерполяция көмегімен олардың бастапқы жағдайына қайта келтіруге болады. Тіреуші cell-specific дабылы бәсеңдейтін арнаның әр субкадрында болуы керек. (MBSFN жіберу жағдайларынан басқа). Дабыл формасы Голдтың реттілік кездейсоқ негізінде анықталады. Бұндай тіреуші дабыл ресурсты элементтер бойымен тең бөлінген. Осылай, префикстің стандартты ұзындығында ол OFDM символының 0-ші және 4-шісінде көрсетіледі. Тіреуші дабылдардан басқа басқа, бәсеңдейтін арнада синхронизациялайтын дабылдар көрсетіледі. Синхронизациялайтын дабылдар одан басқа Cell GO анықтайды. LTE желісінде W-CDMA технологиясындағыдай ұяшықтарды сәйкестендіру иерархиялық структурасы қабылданған. Болжау бойынша, физикалық деңгейде 504 Cell ID қол жетімді. Олар әрқайсысы үш идентификатордан 168-ID топтарға бөлінген. Топ нөмірі $N/(0-167)$ және мұндағығы идентификатор нөмірі $V2(0-2)$ ID ұяшықтарын анықтайтыны сөзсіз. Екі синхродабыл қолданылады. Біріншілік синхросигнал және екіншілік синхросигнал. Біріншілік синхродабыл жиіліктік жоспарда 62

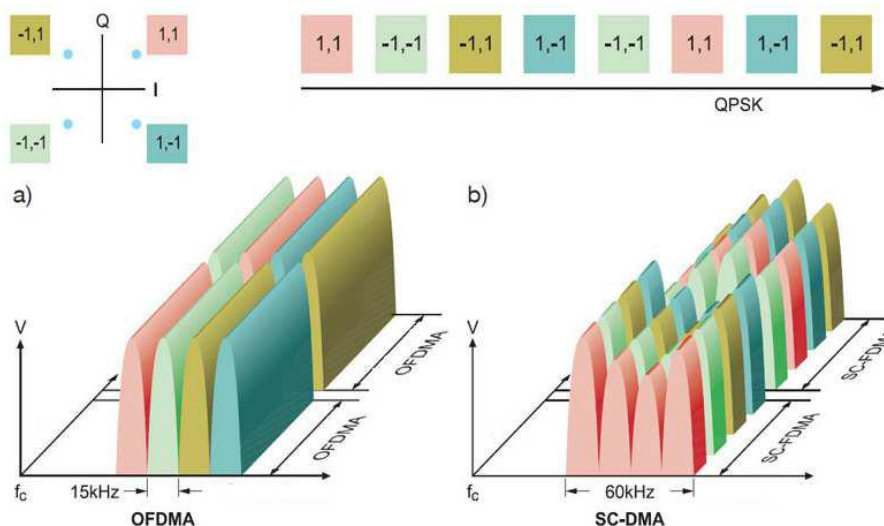
– элементті реттілікті көрсетеді. Бұндай ресурсты торларда бөлінген 62 элементті реттілік, соңғы OFDM таңбасының 0 және 10 слоттары (субкадрлар 0 және 5) 1-ші типті радиокадрда жіберіледі. 2-ші типті радиокадрда біріншілік синхро дабылды жіберу үшін, 1 және 6 субкадрларының үшінші OFDM таңбасы қолданылады. Екіншілік синхродабыл ID- топтың N1 нөмірінде генерацияланады. Ол 1 типті радиокадрдың 0 және 10 слоттарында (CP стандарты кезіндегі бесінші OFDM таңба) және 2 – ші типті радиокадрдың 1 және 11 слоттарында (CP стандарты кезіндегі алтыншы OFDM таңба). Төменгі арнада дабылдың қалыптасуы ақпараттарды цифрлық жіберу жүйесі үшін жеткілікті стандартты. Ол арналық кодтау, скремблену, модуляциялы таңбалардың қалыптасуы, олардың антенналық порттармен және ресурсты элементтерге және OFDM таңбаларының синтезінің бөлінуі. Арналық кодтау MAC – деңгейінен түсетін ақпараттар блогы үшін бақылау суммаларын есептеуін түсінеді. Одан кейін, бақылау суммасы бар блоктар 1/3 кодтау жылдамдығымен кодер арқылы қайта өңделеді. LTE желісінде турбокод немесе ұйыстыру коды қарастырылған. 16 және 64-QAM) және ресурстық элементтер бойынша бөлінеді. Әрі қарай OFDM – таңбаларының синтезі орындалады, олардың реттілігі берілген жиілік диапазонындағы шығыс сигналды қалыптастыратын модуляторға түседі. Қабылдау кезінде бұл процестің бәрі керісінше жүреді.

2.9 Жоғарғы арна

OFDM – ді циклдік префикспен бірге қолдану байланысты радиоарнаның параметрлерінің уақыттық дисперсиясына тұрақты қылады. Нәтижесінде, қабылдаушы жағында қиын эквалайзер қажетсіз болады. Бұл бәсеңдейтін арнаның ұйымдастыруына өте қажетті, себебі қабылдаушымен дабылдың өңделуі жеңілдейді және терминалдың және оған кететін қуаттың бағасын төмендетеді. Жоғарғы арнада ұйғарымды сәулелену қуаты төменгі арнаға карағанда төмен. Сондықтан, бірінші болып ақпараттарды жіберу тәсілінің энергетикалық тиімділігі болады. Мақсаты орын толтыру аймағын кеңейту, терминалдық құрылғының және оның қолданатын қуаттың бағасын төмендету. OFDMA технологиясының негізгі кемшілігі – дабыл қуатының (PAR) ақырғы және ортаңғы сәйкестігі. Бұл уақыттық аумақта OFDM – дабылының спектрі жоғарғы PAR– мен сипатталатын гаустық шумға ұқсастығымен байланысты. Бұдан басқа, OFDMA – технологиясы CP қатысты ұзындығын қысқарту және тасымалдаушылар арасында қадамды азайту қажеттіліктерін ескере отырып, дабылдың қалыптасуына өте жоғарғы талаптар қояды. Жіберуші мен қабылдаушы арасындағы жиіліктік келісімеуі, және қабылдаушы дабылдағы фазалық шум жеке тасымалдаушыларда таңбааралық интерференцияға алып келуі мүмкін (демек әр түрлі абоненттік арналардың дабылдарының арасындағы интерференциялар). Тасымалдаушылар арасында аз қадам кезінде, абоненттердің жоғарғы мобильдігін болжайтын ұялы байланыс жүйесіне өте тиімді болатын Доплер әсері ұқсас нәтижеге әкелуі мүмкін. Осыған байланысты LTE желісінің жоғарғы арнасы үшін жаңа SC–FDMA (Single–Carrier Frequency–Division Multiple Access) технологиясы ұсынды. Оның негізгі айырмашылығы: OFDMA технологиясында әр тасымалдаушыда өзінің модуляцияланған таңбасы бір уақытта жіберілсе, SC–FDMA технологиясында тасымалдаушылар бір уақытта және бірдей модуляцияланады. Яғни, OFDMA технологиясында таңбалар қатар жіберіледі, ал SC–FDMA технологиясында кезекті түрде жіберіледі. Бұндай шешім OFDM әдеттегі модуляциясын қолдануымен салыстырғанда ортаңғы және максималды қуат деңгейінің қысқа байланысын қамтамасыз етеді. Нәтижесінде, абоненттік құрылғылардың энерготиімділігі жоғарлайды және құрылымы жеңілдейді (жіберуші құрылғылардың жиіліктік параметрлерінің дәлдігіне талаптар азаяды). SC– FDMA дабылының структурасы көп жағдайда OFDM технологиясына ұқсас. Сондай–ақ, композиттік сигнал қолданылады. Композиттік сигнал – Δf қадамымен орналасқан көптеген тасымалдаушылардың модуляциясы. Негізгі айырмашылығы, барлық тасымалдаушылар бірдей өзгереді, яғни бір уақытта бір ғана модуляцияланған сигнал жіберіледі (2.15 – сурет) [4].

2.15 суретте көрсетілгендей SC–FDMA сигналдық құрылымы көп жағдайда OFDM технологияларына ұқсас. Сонымен қатар, модуляция Δf қадаммен орналасқан композиттік сигнал пайдаланылады.

Бұл ретте ресурстық тор толығымен тең, әрі ұқсас арнаға жіктеледі. Сондықтан, әрбір табиғи ресурстық блок, тиісті $\Delta f = 15$ кГц жиіліктік қадаммен (барлығы 180 кГц) және 0,5 мс уақытша слотада 12 арна болады. Ресурстық блок SC-FDMA-символдардың 7 циклдік және 6 кеңейтілген стандартты арнаға сәйкес келеді. Ұзақтығы SC-FDMA символдың (префикс) тиісті циклдық ұзақтығын 66,7 мс тең (қимылдың) OFDMA таңбаны құрайды [5].

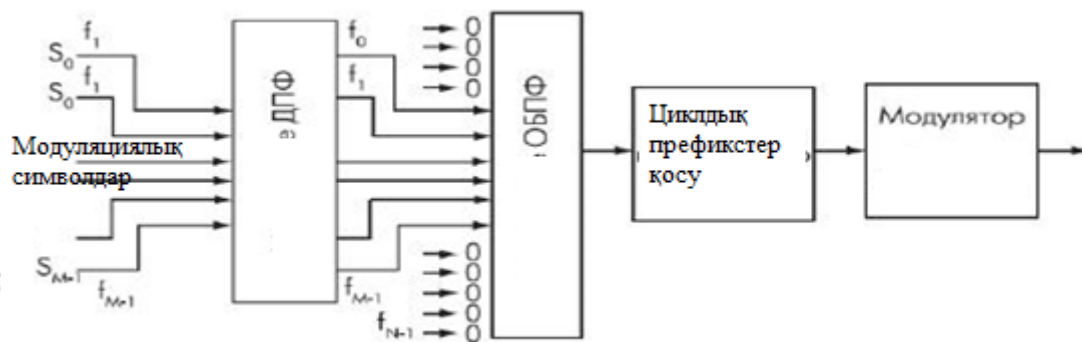


Сурет 2.15 – OFDMA және SC-FDMA арасындағы QPSK-символ реттілігін беру кезіндегі айырмашылық

2.15 суретте 6-дан 110 ресурстық блоктар мүмкін тор жатқаны көрініп тұр, бірақ олардың саны 2, 3 немесе 5еселік болуы тиіс, бұл рәсімге дискретті Фурье-түрлендіруін жатқызамыз. Тағы бір ерекшелігі – 64-QAM модуляциясын қолдауға негізделгендігі. Әр абонентке желілік деректерді базалық станцияның көмегімен, функцияларды белгілі бір уақытта белгілі бір ресурстық блоктар санын жоспарлау арқылы береді. Төменгі радиоканал арналары абоненттеріне қызметтік кестесі беріледі. Алайда, егер OFDMA бір модуляциялы символы (QPSK, 16 – немесе 64-QAM) OFDM-символы екінші біріне (15 кГц, 66,7 мс) сәйкес келген болса, мұндағы SC-OFDMA жағдайы мүлде бөлек. Жиіліктік жоспардағы модуляциялық символы ені барлық қол жетімді жиіліктер белдеуінде (ол беріледі барлық поднесущих бір мезгілде) теңдей көрсетіледі. Бұл ретте, бір SC-FDMA-символ құрамында бірнеше модуляциялық рәміздер – OFDMA салыстырғанда тиісті саны бірнеше есе қысқа, бұл Котельникова-Шеннонның теорема шарттарына толығымен жауап ең дұрысы болып табылады.

SC-FDMA OFDMA-дан сигнал қалыптастыру процедурасының схемасымен ерекшеленеді. Әлбетте, бұл тікелей 15 кГц салық қадаммен емес, N есе жоғары жиілікпен талап етіледі, смұндағы N – саны үшін деректі қол жетімді түрде береді. Сондықтан, M модуляциялық рәміздер ($M < N$) тобын

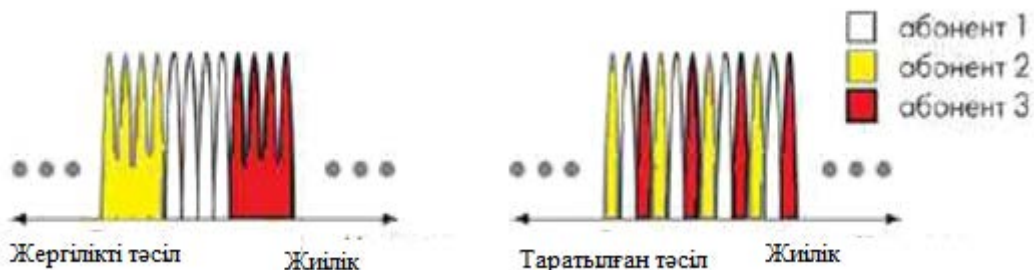
калыптастырды да, оларды M нақты дискреттік Фурье–түрлендіруімен (ЕӨҚ) жүргізеді, яғни аналогтық сигнал қалыптастырады. Ал содан кейін, стандартты рәсімдері кері N –нүктелік Фурье–түрлендіруінің көмегімен синтездеуге тиісті сигналды тәуелсіз, циклдық префикс және ЖЖ–сигналын өз тарапына қосады. Нәтижесінде, мұндай таратқыш және қабылдағыш тәсілі жүзеге асырылады. OFDMA – SC–FDMA ұқсас функционалдық құрылымды (2.15 және 2.16 сурет) сигналдары бар [6].



Сурет 2.16 – SC–FDMA шығыс сигналының жағдайында ерекшелігін қалыптастыру

2.16-суретте келтірілген секірмелі құрылысты жиілік(FH) режимі деп аталатын, тіркелген жиілік диапазоны ретінде, оны АУ пайдалана алатынын айта кетейік. Соңғы жағдайда, әрбір ұяшық шығыс арнасын пайдаланылады, жаңа ресурстық блогында қол жетімді ресурстық торлар көрсетілген.

Желілік жабдықтармен көтеретін жиілікті қайта құру параметрлері және абоненттік станциялар желісінде баптандыру үшін, смұндағый–ақ арнадағы жұмыс барысы бойынша хабарланады. Бөлінген тәсіл жағдайында –әрбір абоненттің спектрінде барлық ақпараттық сигнал орналасқан, сондықтан бұл тәсіл жиіліктік–сайлау ерітінділерін сақтайды [7].



Сурет 2.17 – SC–FDMA–де тасушылардың бөліну амалдары

Жоғарғы деңгей функцияларымен генерацияланатын өзінің ақпараттарымен қоса, жоғарғы арнада тіреуіш сигналдар жіберіледі. Олардың тағайындалуы – Базалық стансаның қабылдаушысының белгілі бір АТ таратқышына орнатылуына көмектеседі. Одан басқа, бұл сигналдар арнаның сапасын бағалауға мүмкіндік береді. Жоғарғы арнадағы тіреуші сигналдар екі түрлі болады: модульденген және зондылы (sounding). Сонымен, жалпы ақпараттық арнада демодульденген тіреуіш сигналдың реттілігі төртінші SC–FDMA – символында жіберіледі. Зондтық сигналдар қайталанбайтын сигналдар. Олардың негізгі міндеті –жіберілу тоқтап тұрған кезде, базалық стансаға арнаның сапасын бағалауға мүмкіндік береді.

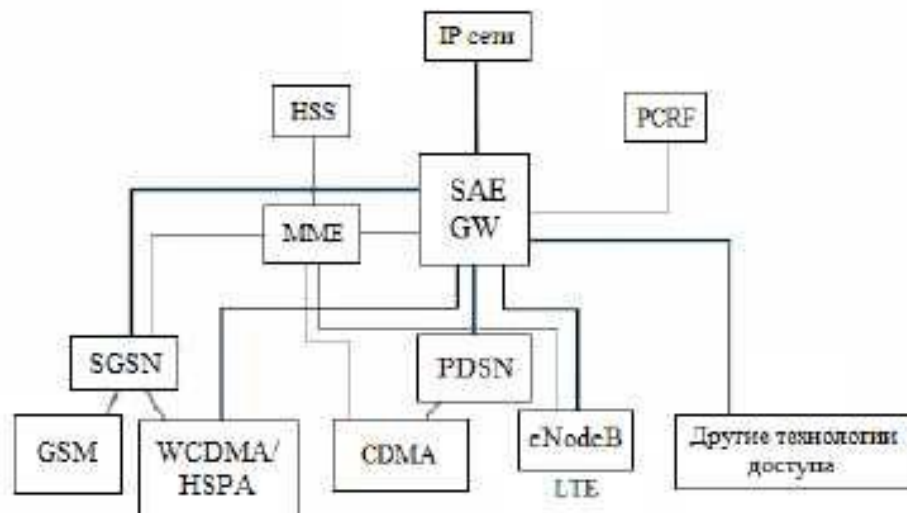
Желілік SAE архитектурасы. LTE желілік архитектурасының мультиплексордың ортогональді жиіліктеріне бөлінген арналарында жаңа радиоқатынау технологиясына негізделген OFDM(Orthogonal frequency–division multiplexing –ортогональді жиіліктерін бөлу арналарын байланысты формаларының көріністері) және технологиясы мультиантенналы жүйелерін MIMO (Multiple Input Multiple Output) SAE (System Architecture Evolution – жүйелік архитектураның эволюциясы) жетілдірілген басты айрықша ерекшеліктері болып табылады.

SAE сәулеті әзірленеді, сондықтан 4G жаңа технологиялар аппараттық талаптар қанағаттандыруда және толық үйлесімді болуы мүмкін. Сондықтан, LTE–SAE архитектурасы желі процессорымен келешектегі құрылған енгізу кезінде өзгеріс жағдайы (трафик, қызмет көрсету, байланыс және т. б.).

Дамытудың негізгі аспектісі 3GPP сәулет жүйесін EPC (Evolved Packet Core) пакеттік ядросында ұстанымның көптеген желісіне қол жеткізуді дамыту болып табылатын. EPC дамыту және басқару жалпы желісі үшін 3GPP–радио қолданыс (E – UTRAN, UTRAN, GERAN) аппараттарына, смұндағы–ақ басқа да радио қолданысты (мысалы eHRPD, WLAN, WIMAX, DSU/Cable) ұсына отырып, бірыңғай қызметтер жиынтығы мен мүмкіндіктерін арқылы желіге мүмкіндік береді. SAE – сәулетімен салыстырғанда эволюциясы жүйесінің көптеген артықшылықтары бар, алдыңғы технологиялармен және жүйелері мен ұялы желілер үшін пайдаланылады. Сондықтан, кеңінен қолданылатын операторларды қайта жаңарту және дамыту үшін өз желілерін пайдалану болжанып отыр [8].

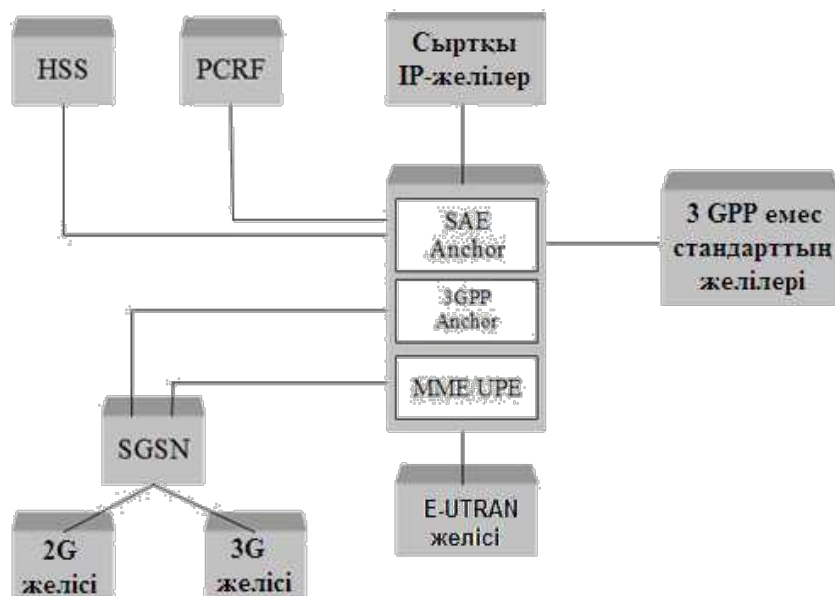
Сервер дестелік желі (Packet Core) есебінен үй абоненттері (HSS) интерфейс негізделген Diameter қосылады. Негізінде SS7 сигнализация GSM мен WCDMA желілерінде пайдаланылған. Сигнал беру Diameter желісінің видео, тыңдау мен үшін биллинг (charging) негізделген. Бұл интерфейс архитектурасы – IT–интерфейстер болып табылады (2.18 сурет).

SAE базалық желісі құрамында, басқаша EPC (Evolved Packet Core), MME және UPE логикалық элементтерінен тұратын MME/UPE тораптары бар. MME логикалық элементі (Mobility Management Entity) абонент терминалының шапшаңдығын басқару міндеттерін шешеді және базалық станциялармен S–plane басқару жазықтығының протоколдарының көмегімен әрекеттеседі [9].



Сурет 2.18 – LTE–SAE жалпақ архитектурасы

Бұдан басқа MME шақыру хабарламаларын (paging) eNB–ға бөледі, басқару жазықтығының протоколдарын басқарады, абоненттік терминалдарға идентификаторларды тағайындайды, желінің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді, абонент хабарламасының шындығын тексереді және роумингті басқарады (2.19 сурет).



Сурет 2.19 – SAE базалық станциясының архитектурасы

Ядролы SAE желісі төрт негізгі компонентті қамтиды:

- тұтастық модулін қызметтік басқару (Mobility Management Entity, MME) абонент туралы ақпаратты басқару және онымен, терминалдық авторизация құрылғыларды жер үсті желілеріндегі ұялы байланыс және жалпы басқару тұтастығымен сақталуын қамтамасыз етеді.

- абонент модулін басқару (User Plane Entity, UPE) мәліметтерді шифрлеу, бағдарлау және жөнелтуге пакеттерде жауап беруді белгілеу [10].

- 3GPP 2G/3G шлюз арасындағы және LTE–якоры рөлін атқарады [5]. SAE якорьға үздіксіз сервис өткізу кезінде абонент желілері арасында, сондай–ақ 3GPP тиісті ерекшеліктерге қолдау көрсету үшін пайдаланылады (I–WLAN және т. б.). Соңғы екі компонент ұялы байланыс желісінің (Evolved Packet Core) жаңа сәулет элементтерін және өзінің міндетті талабын қолдау, жұмылдыруды өткізу кезінде абонент желілері арасындағы әр түрлі түрлерінің пайда болуын білдіреді. Функционалдық элементтері бойынша– аппаратура арасында әр түрлі бөлуге болады.

SAE маңызды ерекшелігі – базалық станциялармен тікелей сымды және сымсыз байланыс (интерфейс X2) арасындағы пайдаланушылық деректер жіберілуі мүмкіндігі. Бұл әсіресе жылдам БС қайта қосу пайдаланушының арасындағы хэндоверде маңызды рөл атқарады [11].

Әрине, БС деректер және шлюздер арқылы көліктік IP–желі арасында жол беріледі. Тікелей сымсыз деректер беретін БС архитектурасы SAE қаланған mesh–желі функционалдығы арасындағы мүмкіндігін нақты білдіреді. 3GPP Release 8 елеулі назар құжаттарында, қызмет көрсету сапасын, желісін таңдау және пайдалану сәйкестендіру деректерінің қамтамасыз ету негізге алынды. Көпмодалы терминалдарға абоненттер қолдана отырып, әр түрлі нұсқалары қол жеткізуге арналған, мысалы, Wi–Fi және ұялы байланыс жұмыс істеу үшін қызмет көрсетуге мүмкіндік береді. Осыған SAE механизмдер таңдау анағұрлым ыңғайлы инфрақұрылым қызметтерін көрсету үшін қажетті абонентке байланысты қарастырылған. Әзірлеушілер атап өткендей, SAE, олар ұсынған архитектурасында кідіріс деректерін азайту айтарлықтай өзгерістерге мүмкіндік береді, әсіресе сындарлы VoIP немесе онлайн интерактивті ойындар сияқты бағдарламаларға арналған. Атап айтқанда, кідіріс радио деректерін беру кезінде 10 мс аспауы тиіс (5 мс үшін қысқа IP–пакеттерді кезінде кішігірім желілік жүктеме). Бұл кем дегенде, 50% жақсы ұқсас көрсеткіштерінен неғұрлым жетілдірілген 3G желілерінде маңызы бар [12].

2.10 Қайталама деректер

Іс жүзінде кез – келген байланыс жүйесінде қателіктер жібергенде деректерде – мысалы, сигналда шу, кедергілер мен қатып қалу туындайды.

Деректерді арналған сапа кепілдігі бұрмаланған немесе жоғалған бөліктерін қорғау үшін қайтадан беру қателер әдісі қолданылады.

Хаттамада қайтадан беруге қарағанда, радиоресурстарды рационалды пайдалану тиімдірек ұйымдастырылды. LTE технологиясы жоғары жылдамдықты Барынша толық пайдалану үшін, яғни бұл динамикалық тиімді екі деңгейлі жүйесі қайта беруді іске асыратын хаттама Hybrid ARQ (Automatic Repeat Query), немесе HARQ іске асырылды.

HARQ хаттамасы ақпаратты қабылдау құрылғысына ұсынады да, белгілі бір қателерді түзетуге мүмкіндік береді. HARQ хаттамаға қайта беру жөніндегі қосымша ақпараттық артықшылығы, қажетті жағдайда, қателерді жою үшін бірінші беруі жеткіліксіз болады. Қайта жіберу пакеттерін, HARQ түзетілген хаттама мен ARQ хаттама арқылы жүзеге асырылады.

Бұл шешім, ұстап беру пакеттерді шағын үстеме шығындармен, бұл ретте байланыстың сенімділігін кепілдік қамтамасыз ете отырып, беріледі. Қандай да бір қателіктердің көпшілігі HARQ хаттама көмегімен түзетіледі. Сондықтан, ARQ хаттамасы бойынша деректерді тек оқта–текте қайта беруде жүреді.

Бұл LTE технологиясы шеткері торабы стандартын HARQ хаттамалары және ARQ қолдайтын базалық станция қамтамасыз ететін тығыз байланыс деңгейлері болып табылады. Мұндай архитектураның түрлі артықшылықтарына, кейін қалған жұмысты HARQ және ARQ хаттаманың реттелетін көлемі берілетін деректерді пайдалана отырып, қателерді жылдам жою жатады.

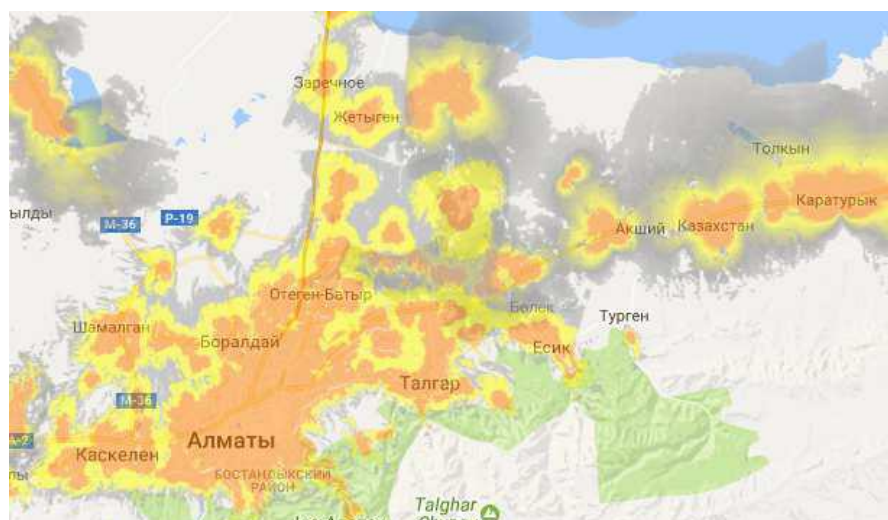
Оның жоғары жұмыс сипаттамаларын LTE негізгі компоненттері анықтайды. Радиоспектрді пайдалану икемділігі (FDD және TDD әр түрлі жиілік диапазонында және жолақтарында жиіліктер әр түрлі ені режимдерінде жұмыс жасау мүмкіндігі) бұл радиоинтерфейсті кез келген қол жетімді жиіліктік ресурсына іске қосуға мүмкіндік береді [6].

Сондай–ақ, LTE технологиясында басқа да өнімділігін айтарлықтай арттыру мен салыстыру мүмкіндіктерін бастауыш жүйесі мен үшінші буынның эволюционды 4G технологиялары қамтамасыз ете отырып, 5G термині қолданылуы мүмкін. Меніңше бұл –2001 жылғы 4G стандарты бүгінде "5G" желісі деп аталатындығына ешкім дауласа алмайды. LTE беруге өте жоғары тасқынды бейне сапасы, сондай–ақ үлкен файлдарды, тіпті, белгілі бір жағдайларда кейбір осы DSL желілерді ауыстыруды пайдалануға пайдаланушылар арқасында беріледі [13].

3 Өлшеулерді жүргізу

3.1 LTE технологиясына талдау

«5G» – бұл сымсыз байланыс дамуындағы жаңа басуыш болып табылады. Сонымен қатар ол 5G ұрпағындағы ең мобильды интернет. 5G – дың Қазақстан Республикасындағы мобильді интернетпен қамтамасыздандыру сұлбасы 3.1 суретте көрсетілген.



Сурет 3.1 – Қазақстан Республикасының 5G LTE дегі жалпы базалық станциялардың қамту аумағы

LTE технологиясын жобалаудың өзгеде басқа сымсыз радиокатынас технологияларынан өзгеше қасиеттері бар. негізгі айырмашылығы ол көп станциялы OFDM технологиясының база қатынасын қолдану болып табылады. Демек, негізгі түсінік пен жобалаудың реті өзгереді [13].

Радиожеліні жоспарлау қадамы бірнеше деңгейден тұрады:

- Жоспарланғалы тұрған тәлімді адам тығыздығына байланысты кластерлерге бөлу;
- максималды қамту тәлімін қалыптастыру;
- қажет ететін сыйымдылықты қамтамасыз ету.

LTE радиожелісін жобалау абоненттер тығыздығы бойынша орташа (қала маңы) тәлімде жоспарланған болғандықтан барынша үлкен тәлімді қамту үшін базалық станцияларды мүмкіндігінше бір–бірінен алыс қашықтықта орналастыру қажет. Осыған байланысты қажетті жиілік аймағын таңдау қажет. Жиілік мейлінше төмен болса, радиодабылдың таралуы мүмкіндігі алысарақ қашықтықта болады, бірақ қажетті үлкен жиілікке табылады. Яғни 791 – 862 МГц жиілік диапазонында қарастырған тиімді болып есептелінеді.

3.2 LTE желісінің қамту тәлімін есептеудегі ұялы байланыстың шуылын есептеу

Қабылдаушы базалық станцияның қорытқы шу деңгейін есептеуге қажетті бастапқы мәндер:

Қабылдағыштың орташа жиілігі (f), 908 МГц;

Антенна фидерлік тракттің толқындық кедергісі (W_{pr}), 75 Ом;

Қабылдағыш сезімталдылығы ($n_p g$), 0.45 мкВ;

Қабылдағыш шығысындағы сигнал\шу қатынасы ($(S/N)_{вых}$), 10 дБ;

Дуплексті фильтрдегі өшу a_d , 4.1 дБ;

Құрылғыларды ажырату коэффициенті G , 4.1 дБ;

Бөгеуіл көрсеткіші $E_{потех}$, 1.53 мкВ\м;

БС тан антеннаның бағытталған коэффициенті $n_p D$, 3.3 дБ;

Жиілік девиациясы (Df), 5 кГц;

БС антенна фидерлік тракттыңдегі қабылдағыштың сигнал өшуін анықтау (дБ).

$$a_{atfpr} = 2.75$$

$$a_{atfpr} = a_{dy} + a_{lpr} - G_{yp}, \quad (3.1)$$

мұндағы α_{dy} – дуплексті фильтрдегі өшу, дБ;

α_{lpr} – кабельдегі өшу, дБ;

G_{yp} – құрылғылардағы ажырату коэффициенті дБ.

БС антенна фидерлік трактіндегі қабылдағыш антеннасының ПӘКін анықтау.

$$\eta_{aft} = 10^{0.1 \cdot a_{atfpr}}$$

$$a_{ft} = 0.531$$

БСның қабылдағыш антеннасының ұзындығын анықтау

$$ld = \frac{c}{2 \cdot \pi f} \cdot \sqrt{\frac{1.64 \cdot G_{pr1} \cdot W_{pr} \cdot \eta_{aft}}{120}} \quad (3.2)$$

$$ld = 0.094 \text{ м}$$

мұндағы G_{pr1} – БС қабылдағыш антеннасының қуат бойынша кушейту коэффициенті;

W_{pr} – БС антенна фидерлік тракттің толқындық кедергісі.

Қабылдағыш шығысындағы сигнал\шу қатынасын анықтау (дБ)

$$F_{\max} := 3.4 \cdot 10^3$$

$$SN_{vaA} := 20 \cdot \log(SN_{vx}, 10),$$

$$SN_{vx} := \frac{SN_{vix} \cdot F_{\max}}{\Delta f \cdot \sqrt{3}} \quad SN_{vx} = 1.242, \quad (3.4)$$

Ал қабылдағыш кірісіне енгізілген өзіндік шулардың деңгейі былай анықталады (В).

$$SNot_{vx} := 2.51$$

$$Ush_{pr} := \frac{P}{SNot_{vx}} \quad (3.5)$$

$$Ush_{pr} = 0.179$$

Негізінде қабылдағыштың өзіндік шу деңгейі былай анықталады (мкВ\м)

$$N_{not_{pr}} := \frac{Ush_{pr}}{ld} \quad (3.6)$$

Енді қабылдағыш нүктесіндегі сыртқы шулардың деңгейін анықтайық (мкВ\м).

$$N_{meat_{pr}} := \frac{E_{p_{max}}}{\sqrt{D_{pr1}}} \quad (3.7)$$

$$N_{meat_{pr}} = 1.046 \times 10^{-6}, \text{ мкВ/м}$$

мұндағы D_{pr1} – БС жүйесі антеннасының бағыттауіш коэффициенті.

Олай болса қабылдағыштағы қорытқы шу деңгейі мынаған тең болады:

$$N_{\Sigma} := 10 \cdot \log(N_{not_{pr}}^2 + N_{meat_{pr}}^2) \quad (3.8)$$

$$N_{\Sigma} = 5.596$$

Базалық станциялар арасындағы ұзақтық пен қажетті сигнал кернеулігінің деңгейін анықтау керек. Қажетті мәндер. Резонаторлардағы өшу, дБ.

$$af := 0.25$$

Антенна фидерлік таратудағы біртексіздіктің өшуі, дБ

$$aH := 0.20$$

Таратушы антеннада фидеріндегі өшу. дБ

$$alper := 0.65$$

Бағыттаушы диаграммадағы антеннаның біртексіздігі, дБ

$$\sigma AC := 0.01$$

$$\sigma BC := 1$$

АС антеннасындағы күшейту коэффициенті, дБ

$$GAC := 0 .$$

Тараушы құрылғы қуаты, Вт

$$P = 4.2$$

BC қабылдағышындағы шуының қорытқы деңгейі, дБ

$$Nshbc := 4.7.$$

АС қабылдағышының кірісіндегі сигнал\шу қатынасы

$$SNvxbc := 9.5.$$

Антенна биіктіктері, м

$$hbcac := 50 \quad hbcbc := 1.5 \text{ м}$$

Жалпы жағдайда антенна фидердік тракттағы таралуы кезіндегі өшу былай анықталады.

$$a_{aft} := af + aH + alper \quad (3.9)$$

$$a_{aft} = 1.1 \text{ м}$$

мұндағы α_f – фильтрлердегі өшу, дБ;

α_H – АФТ тарауларындағы біртексіздік өшуі, дБ;

α_{per} – таратушы антеннаның фидеріндегі өшу, дБ.

АС таратқышындағы нақты қуат өзгерісін есепке алатын қосымша былай есептелінеді:

$$B_{pnomac} := 10 \cdot \log\left(\frac{10^3}{P_{pnomac}}, 10\right) \quad (3.10)$$

Бізге қажетті тиімді сигналдың кернеу деңгейі БС үшін былай анықталады:

$$E_{neob} := N_{shbc} + S_{Nvxbc} + B_{pekvac} + B_{hac} + B_{rel} + B_{mest} + B_{zam} - sB \quad (3.11)$$

$$E_{neob} = 34.797 \text{ дБ.}$$

$$B_{mest} := -11$$

мұндағы $B_{zam} := 3.5$ жер тұйықтауыш қосымшасы.

Демек, осы құрылғыны қолданғанда қызмет көрсету аймағында АС тан БС қа байланыс 90% ға жетеді.

Френель зоналарының минималды радиусы $\lambda = 0.013$

$$H_0 := \sqrt{\frac{1}{3} \cdot R_z \cdot 10^3 \cdot \lambda \cdot k \cdot (1-k)} \quad (3.12)$$

$$H_0 = 4.202 \text{ м}$$

Шымкент үшін:

$$\sigma := 9 \cdot 10^{-8}$$

$$g := -7 \cdot 10^{-8}$$

$$H_{0r} := H_0 - \frac{(R_z \cdot 10^3)^2}{4} \cdot (g + \sigma) \cdot k \cdot (1-k) \quad (3.13)$$

$$H_{0r} = 3.652 \text{ м}$$

Ал егер осы байланыс сипатын қарастырып отырған тәлім үшін жазсақ, яғни Қазақстан үшін ол мына шамаларға тең болады. Жердің қисықтық радиусы $R_z := 27$.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жоба тақырыбы бойынша мынандай қорытындылар жасалынды:

ҚР ұялы байланыстың бесінші ұрпақ технологиясын енгізу мәселелері қарастырылды;

ҚР ұялы байланыстың бесінші ұрпақ технологиясына өту жолдары ұсынылды;

Дипломдық жобада, қажетті есептік желі сыйымдылығын жұмыс мақсаттарының барынша сапалы қызмет көрсету аумағында қол жеткізу үшін – жаңғырту желісіне сымсыз интернетке қолжетімділік, Қазақстан Республикасында LTE технологиясын қолдану қамтамасыз етіліп, осы мәселелер шешілетін болады.

Сондай-ақ, LTE технологиясында басқа да өнімділігін айтарлықтай арттыру мен салыстыру мүмкіндіктерін бастауыш жүйесі мен үшінші буынның эволюционды 4G технологиялары қамтамасыз ете отырып, 5G термині қолданылуы мүмкін. Меніңше бұл – 2001 жылғы 4G стандарты бүгінде "5G" желісі деп аталатындығына ешкім дауласа алмайды. LTE беруге өте жоғары тасқынды бейне сапасы, смұндағый-ақ үлкен файлдарды, тіпті, белгілі бір жағдайларда кейбір осы DSL желілерді ауыстыруды пайдалануға пайдаланушылар арқасында беріледі.

Мүмкін болған байланысты қамтитын жүйе аумағы есептелінді. Жүйенің техникалық принциптері қарастырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, В.И. Дмитриев. Системы мобильной связи /СПб ГУТ. – СПб,1999. – 330с.
- 2 Карташевский В.Г. и др. Сети подвижной связи. – М.: ЭКО–ТРЕНДЗ, 2001.
- 3 Печаткин А. В. Системы мобильной связи. Часть 1. – Рыбинск: РГАТА, 2008.
- 4 Варукина Л.И. Планирование сетей LTE, технические предпосылки объединения операторов. MForum.ru, 2010.
- 5 Баева Н.Н, Многоканальная электросвязь и РРЛ: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 2000
- 6 Бабков В.Ю. Общие подходы к задачам планирования и оптимизации 2G – 4G сетей подвижной связи, СП, 2011.
- 7 Гельгор А.Л, Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб, пособие, – С.: Изд–во Политехн, ун–та, 2011. – 204 с.
- 8 Варукина Л.И. Производительность сети TD–LTE в сравнении с WiMAX. MForum.ru, 2010.
- 9 Мясковский Г.М. Системы производственной радиосвязи: Справочник. – М.: Связь, 1980.
- 10 Коньшин С.В., Сабдыкеева Г.Г. Теоретические основы систем связи с подвижными объектами: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2002.
- 11 Андрианов В.И., Соколов А.В. Сотовые, пейджинговые и спутниковые средства связи. – СПб. БХВ Петербург Арлит, 2001.
- 12 Волков А. Н, Рыжков А. Е, Сиверс М. А. UMTS. Стандарт сотовой связи третьего поколения –С.: Издательство “Линк”, 2008. –224 с.
- 13 Макаров С. Б, Певцов Н. В, Попов Е. А, Телекоммуникационные технологии: введение в технологии GSM. –М.: Издательский центр “Академия”, 2006. – 256 с.