

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Әділғалиева Балауса Айболатқызы

«5G жаңа радиосын әзірлеу және жобалаудағы халықаралық тәжірибе»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

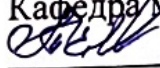
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай

«20» мамыр 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «5G жаңа радиосын әзірлеу және жобалаудағы халықаралық тәжірибе»

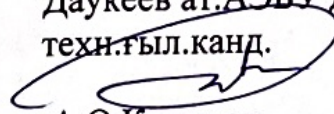
5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

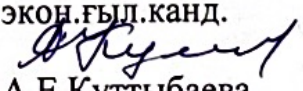


Б.А.Әділғалиева

Пікір беруші
Даукеев ат.АЭБУ доценті,
техн.ғыл.канд.


А.О.Касимов
«20» мамыр 2022 ж.

Ғылыми жетекші
ЭТжҒТ каф.сениор-лекторы,
экон.ғыл.канд.


А.Е.Куттыбаева
«20» мамыр 2022 ж.

Алматы 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Е.Таштай

«20» _____ 2022 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға ТАПСЫРМА

Білім алушы Әділғалиева Балауса Айболатқызы

Тақырыбы «5G жаңа радиосын әзірлеу және жобалаудағы халықаралық тәжірибе».

Университет ректорының «24» желтоқсан 2021 ж. № 489-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «20» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: а) 5G құрылғыларына шолу. 3G-ден 5 G-ге дейінгі мобильді жүйелер ұрпақтарының эволюциясы. Үшінші буын стандарттары. UMTS стандартының құрылымы. 5G желілері үшін радиожиіліктер. Жиілік арналарының ені. Қазақстанда 5G енгізудің алғышарттары мен мүмкіндіктері.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: 1) 5G архитектурасына шолу, халықаралық тәжірибелерді зерттеу; 2) 5G құрылғыларына шолу, 5G технологиясына шолу; 3) 5G NR деректерді беру жылдамдығын есептеу, ең жоғары жол берілетін шығындарды есептеу.

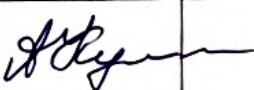
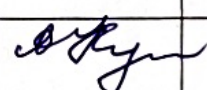
Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет 17 атау: 1. Гимадинов Р. Ф., Мутханна А. С., Кучерявый А. Е. Кластеризация в мобильных сетях 5G. случай частичной мобильности // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 2 (10). С. 44–52. 2. Бакулин М.Г., Крейнделин В.Б., Шумов А.П. Повышение скорости передачи информации и спектральной эффективности беспроводных систем связи // Цифровая обработка сигналов. Рязань, РГРТУ, 2006. №1. С. 2–12.

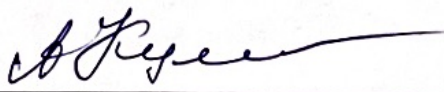
дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	01.12.2021-25.12.2021	орындалды
Теориялық ақпарат	20.01.2022 -25.02.2022	орындалды
Жабдықтар жұмысының есебі	25.02.2022 – 20.05.2022	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
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	А.Е.Куттыбаева, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы.		
Теориялық ақпарат	А.Е.Куттыбаева, ЭТЖҒТ каф.сениор-лекторы.		
Норма бақылау	/ PhD докторы, ЭТЖҒТ каф.ассоц-профессоры Смайлов Н.К.		

Ғылыми жетекшісі



А.Е.Куттыбаева

(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Б.А.Әділғалиева

Күні

«20» 07 2022 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста 5G заманауи желісін құрудың, пайдаланудың негізгі талаптары, және технологияның негізгі көрсеткіштері және болашақ желінің ықтимал болатын архитектуралары келтірілген.

Алматы қаласында бесінші буын желісін ұйымдастыру үшін әлемдік жетекші вендорлардан ең заманауи жабдықтар іріктелді.

Дипломдық жұмыста 5G архитектурасының дамуына шолу жасалды, 5G-ды жүзеге асыратын барлық жаңа технологиялар: миллиметрлі толқындар, massive MIMO антенналары. Сонымен қатар модель спектрдің қолданысын, жүйенің өткізу қабілетін энергиялық тиімділігін жақсартады. Экономикалық тиімділікпен өмітіршілік қауіпсіздігі қарастырылды.

Үшінші тарауда ең жоғары рұқсат етілген шығындар, ұяның радиусы және деректерді беру жылдамдығы есептелді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе приведены основные требования к созданию, использованию современной сети 5G, а также основные показатели технологии и возможные архитектуры будущей сети.

Для организации сети пятого поколения в г. Алматы было отобрано самое современное оборудование от ведущих мировых вендоров.

В дипломной работе сделан обзор развития архитектуры 5G, созданы все новые технологии, реализующие 5G: миллиметровые волны, антенны massive MIMO. Кроме того, модель улучшает использование спектра, энергоэффективность системы с пропускной способностью. Рассмотрены вопросы экономической эффективности и безопасности жизнедеятельности.

В третьей главе рассчитаны максимально допустимые потери, радиус гнезда и скорость передачи данных.

ANNOTATION

In this thesis, the main requirements for the creation and operation of a modern 5G network, as well as the main indicators of technology and possible architectures of the future network are presented.

The most modern equipment from the world's leading vendors was selected for the organization of the fifth-generation network in Almaty.

In the thesis, an overview of the development of 5G architecture was presented, all new technologies that implement 5G: millimeter waves, Massive MIMO antennas. At the same time, the model improves the use of the spectrum, the energy efficiency of the system throughput. Economic efficiency and safety of life were considered.

In the third chapter, the maximum permissible losses, slot radius, and data transfer rate were calculated.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 5G архитектурасына шолу	10
1.1 Ғалымдардың пікірлері	13
1.2 5G Қазақстанда	14
1.3 5G байланыстың алдыңғы буындарынан айырмашылығы	17
1.4 Халықаралық тәжірибелер	18
2 5G құрылғыларына шолу	20
2.1 3G-ден 5 G-ге дейінгі мобильді жүйелер ұрпақтарының эволюциясы. Үшінші буын стандарттары. UMTS стандартының құрылымы	29
2.2 Төртінші буын стандарттары. LTE технологиясы	30
2.3 5G тірек желісінің архитектурасы (Core Network)	32
2.4 5 G технологиясына шолу	33
2.5 5G желілері үшін радиожиіліктер. Жиілік арналарының ені	34
2.6 5G желілерінің адам денсаулығына әсері	35
2.7 5 G үшін жетекші жабдық өндірушілер	37
2.8 Желілік қызметтердің қолданылу аясы	39
3 5G миллиметрлік диапазондағы радиоарналарды зерттеу	44
3.1 ММД арналары арқылы тарату кезінде сигналды өшіру. Көп сәулелі арна моделі. Көп сәулелі тыныспен күресу әдістері	44
3.2 ММД сигналының әлсіреуі, ауа райы жағдайлары мен гидрометеорлардың әсері. ММВ кедергілермен жұтылуы	45
3.3 5G пайдалану сценарийлері	49
3.4 Қазақстанда 5G енгізудің алғышарттары мен мүмкіндіктері	50
3.5 FWA жобасы	52
3.6 Максималды рұқсат етілген шығындар мен ұялы радиус мүмкіндіктері мен деректерді беру жылдамдығын есептеу	53
3.7 Байланыс трассасындағы қатып қалудың жиілігі мен ұзақтығын есептеу	56
3.8 5G NR деректерді беру жылдамдығын есептеу	58
3.9 Ең жоғары жол берілетін шығындарды есептеу (ХЖТ)	59
3.10 FWA жобасын тестілеу	62
Қорытынды	63
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	64

КІРІСПЕ

Қазіргі кезде жоғары жылдамдықта жұмыс жасайтын қосымшалардың пайда болуы, ұялы байланыс желілерінде берілетін трафиктің өсуі және мобильді құрылғылардың жаңа түрлерінің пайда болуы қолданыстағы ұялы байланыс жүйелерімен салыстырғанда ұялы байланыс желілерінің жаңа бесінші буынын дамытуды талап етеді.

5G-қолданыстағы 4G/IMT-Advanced стандарттарынан кейінгі телекоммуникация стандарттары (5G/IMT-2020) болып табылады.

5G технологиялары 4G технологияларымен салыстырып қарағанда жоғары өткізу қабілетін қамтамасыз етуі керек, бұл кең жолақты мобильді байланыстың үлкен қол жетімділігін қамтамасыз етеді, сонымен қатар device-to-device режимдерін, яғни "құрылғыға құрылғы", абоненттер арасындағы тікелей байланысты, құрылғылар арасындағы сенімді ауқымды байланыс жүйелері, сондай-ақ кідіріс уақыты, жылдамдық 1-2 Гбит/с интернет, 4G жабдықтарына қарағанда қуатты аз тұтыну, бұл заттар интернетінің дамуына жағымды әсерін тигізеді.

1 5G архитектурасына шолу

Қазіргі заманғы мобильді телекоммуникациялардың технологиялық дамуы үш негізгі фактормен анықталады: мобильді байланыс желілерінде берілетін деректер көлемінің көшкін тәрізді өсуі, деректерді берудің жоғары жылдамдығын талап ететін мобильді қызметтер мен қосымшалардың дамуы және мобильді байланыс желілеріне қосылатын құрылғылар санының өсуі.

Ұялы байланыс нарығындағы басты трендтердің бірі-бесінші буын 5G ұялы байланыс желілерінің технологиясын дамыту. Кең жолақты сымсыз байланыс жүйелеріне арналған ең заманауи технологиялық шешімдер Халықаралық Электр байланысы одағының (ХЭО) терминологиясында IMT-2020 желісі ретінде сипатталған 5G желілерін дамыту аясында жасалады.

5G желілері он мыңдаған құрылғыларды бір ұяшыққа қосуға мүмкіндік береді деп күтілуде, бұл деректерді беру жылдамдығын едәуір арттырады және желінің кідірістерін айтарлықтай азайтады, бұл экономиканың барлық салалары үшін, соның ішінде көлік саласы, ойын-сауық индустриясы, білім беру, ауыл шаруашылығы және басқалары үшін жаңа телекоммуникациялық қызметтер құруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, 5G желілері дауыстық және бейне байланыс, онлайн ойындар және веб-серфинг сияқты қолданыстағы байланыс қызметтерін ұсыну сапасын жақсартуға мүмкіндік береді, әсіресе стадиондар, метро, теміржол вокзалдары және әуежайлар сияқты пайдаланушылар көп жиналатын жерлерде.

Мамандар 5G болашақ ұялы байланыс желілері қызметтерін дамытудың үш негізгі бағытын анықтайды:

- Секундына бірнеше гигабит өткізу қабілеті бар экстремалды кең жолақты ұялы байланыс (Extreme Mobile BroadBand, xMBB).

- IoT/M2M (Massive Machine-Type Communications, mMTC) құрылғыларын жаппай пайдалану, олардың саны бір ұяшыққа ондаған мыңға жетуі мүмкін.

- Өнеркәсіптік және көліктік автоматтандыруда, әртүрлі қоғамдық қауіпсіздік жүйелерінде, Медициналық және қаржылық жүйелерде қолданылатын жоғары сенімді M2M байланысы (Ultra-reliable Machine-Type Communications, uMTC).

Болашақ, 5G желілерінің инновациялық қызметтеріне қосымша және Виртуалды шындық қызметтері, ұялы байланыс желісінің жоғары өткізу қабілеттілігін және деректерді берудің жоғары жылдамдығын, қол жетімді пайдаланушыға немесе құрылғыға, сондай-ақ шағын желілік кідірістерді және жоғары сенімділікті қажет ететін тактильді Интернет, өнеркәсіптік және көліктік автоматтандыру қызметтерін талап ететін голографиялық 3D кескіндерін беру кіреді.

5G желілері үшін технологияларды зерттеу және әзірлеумен бірқатар халықаралық, ұлттық және жеке жобалар айналысады. Ең танымал жобалар- Wireless World Research Forum (WWRF) жаһандық жобасы, 5gppp, METIS,

5gic, 5glab еуропалық жобалары, "IMT 2020 5G promotion group" қытайлық жобасы және 5gforum корей жобасы. Осы жобалар шеңберінде ғылыми зерттеулер жүргізіледі, жаңа технологиялық шешімдер әзірленеді, техникалық есептер мен ұсынымдар шығарылады, зерттеулер нәтижелері халықаралық конференциялар мен көрмелерде ұсынылады. 5g технологияларын белсенді зерттеушілер мен әзірлеушілердің арасында Huawei, Samsung, Nokia, Ericsson, Keysight technologies және National Instruments, сондай-ақ NTT Docomo, Vodafone және China Mobile операторлары бар.

Ұялы байланыс желілері үшін жаңа технологиялық шешімдерді дамыту бағыты болашақ 5G желілеріне қойылатын талаптар болып табылады, олар трафиктің өсуін болжау және перспективалы қызметтердің сапасына қойылатын талаптар негізінде қалыптасады.

Болашақ 5G ұялы байланыс желілерінің архитектурасы бірнеше негізгі факторлармен анықталады:

- Бір жағынан, 5G желілері қолданыстағы ұялы байланыс желілерімен салыстырғанда жоғары өнімділікті қамтамасыз етуі керек, ал екінші жағынан, 5G желілері күрделі және операциялық шығындардың төмен құнына ие болуы керек. Әйтпесе, 5G желілерінің инвестициялық тартымдылығы төмен болады.

- 5G желілері төмен жылдамдықты M2M есептегіштерінен бастап, виртуалды және кеңейтілген шындық қызметтеріне дейін, деректерді беру жылдамдығына және желінің кідірістеріне қойылатын жоғары талаптары бар сенімді трафикті басқару жүйелеріне дейін әртүрлі трафик сипаттамалары бар құрылғылар мен қосымшаларға қызмет етеді. Сондықтан 5G желілері қосымшалардың қажеттіліктеріне және қызмет көрсету сапасына қойылатын талаптарға байланысты желілік ресурстарды тиімді басқаруы керек.

- Ұялы байланыс желілерін одан әрі дамыту үшін жиілік ресурсының шектеулілігі радиоқолжетімділік желілерінде әртүрлі диапазондардың (сантиметрлі және миллиметрлі толқындар) жиілік белдеулерін пайдалану және спектрді бірлесіп пайдалануды тиімді басқару қажеттілігіне алып келеді.

Сонымен, болашақ 5G желілерінің архитектурасына қойылатын негізгі талап-ікемділік. Желілік архитектураның жоғары икемділігін қамтамасыз ететін 5G желілерін құрудың негізгі тәсілдері ретінде бағдарламалық-анықталатын желілер (Software-Defined Networking, SDN) және желілік функцияларды виртуализациялау (Network Functions Virtualization, NFV) технологиялары ұсынылады. Осы технологиялардың көмегімен желі логикалық сегменттерге бөлінеді, олардың әрқайсысы белгілі бір қызметтердің жұмысына қажетті параметрлерге сәйкес реттеледі.

5G - қолданыстағы 4G-LTE технологиясынан кейінгі телекоммуникация стандарттары негізінде әрекет ететін ұтқыр байланыс буыны. 5G желілерін стандарттаудың басталуы 2015 жылдың қыркүйек айында АҚШ-та өткен 3gpp семинарынан басталды, онда техникалық

сипаттамаларды дайындау жоспарлары анықталды. Осы жоспарларға сәйкес ерекшеліктердің 1-ші кезеңі 2018 жылдың екінші жартысына дейін, 2-ші кезең – 2019 жылдың желтоқсанына дейін аяқталуы тиіс. Содан бері нарық қатысушыларының талаптарына сәйкес жоспарлар түзетілді және 2017 жылдың желтоқсанында 5g-дің None-stand-Alone деп аталатын архитектурасын стандарттау аяқталды.

5G желілік архитектурасының негізгі принциптері мынандай:

- Желілік тораптарды "пайдаланушы жазықтығы" (UP - User Plane) хаттамаларының жұмысын қамтамасыз ететін элементтерге және "басқару жазықтығы" (CP - Control Plane) хаттамаларының жұмысын қамтамасыз ететін элементтерге бөлу, бұл масштабтау және өрістету бөлігінде икемділікті едәуір арттырады (желілік тораптардың жекелеген құрамдастарын орталықтандырылған және орталықтандырылмаған орналастыруға мүмкіндік бере отырып).

- Желілік элементтерді желілік қабаттарға бөлу (Network Slicing) соңғы пайдаланушылардың белгілі бір топтарына ұсынылатын қызметтерге негізделген.

- Виртуалды желілік функциялар - VNF (Virtual Network Functions) түрінде желілік элементтерді енгізу.

- Бұлтты (fog computing) және шекаралық (edge computing) есептеулердің тұжырымдамаларын жүзеге асыруға мүмкіндік беретін орталықтандырылған және жергілікті қызметтерге бір уақытта қол жеткізуді қолдау.

- Әр түрлі қол жеткізу желілерін (AN - Access Network) - 3GPP (New Radio - NR) және 3GPP емес (WiFi және т.б.) бірыңғай қолдау желісімен (CN - Core Network) біріктіретін конвергентті архитектураны анықтау.

- Бірыңғай алгоритмдер мен аутентификация рәсімдерін қолдау (қолжетімділік желісінің типіне қарамастан).

- Есептеу ресурсы сақтау ресурсынан бөлінген күйде (stateless) желілік функцияларды қолдау.

- Трафикті үй желісі (home routed) арқылы да, жергілікті қону (local breakout) арқылы қонақтар желісіне (VPLMN) бағыттау арқылы роумингті қолдау.

5G архитектурасында желілік функциялардың өзара әрекеттесуі екі жолмен ұсынылған:

- кейбір желілік функциялар (мысалы, AMF) басқа уәкілетті желілік мүмкіндіктерге олардың қызметтеріне қол жеткізуге мүмкіндік берген кезде қызметке бағытталған.

- кез-келген екі желілік функцияның (мысалы, AMF және SMF) арасындағы нүкте-нүкте (мысалы, N11 интерфейсі) өзара әрекеттесуі ретінде сипатталған Желілік функция қызметтері арасында қандай өзара әрекеттесу бар екенін көрсететін интерфейс.

5G басқару жазықтығындағы желілік функциялар олардың өзара әрекеттесуі үшін тек қызметке бағытталған интерфейстерді қолдануы керек.

1.1 Ғалымдардың пікірлері

Өндірушілер 5G байланысы 3G немесе 4G байланысынан еш айырмашылығы жоқ деп сендіреді. FR2 форматында 24-100 ГГц болатын жиілік диапазоны және толқын ұзындығы — ультра қысқа миллиметрлік толқындар қолданылады. Мұндай толқындардың таралу ерекшеліктеріне байланысты Қуатты мұнараларды әр жүз метр сайын орнатуға тура келеді. Пайдаланушылар смартфондар арқылы бәрін қашықтықта басқара алады. Өте ыңғайлы. Бірақ қауіпті. Өйткені, сәуле әр адамның қалтасында болады.

Мысалы, Израильдегі Еврей университетінің ғалымдары Ноа Бецалель, Пол Бен Иша және Юрий Фельдман адамның тер бездерінің жұмысының 5G радиациясының әсеріне тәуелділігін анықтап, осы жиілік пен ұзындықтағы магниттік толқындар кардиограмманы өзгерте алатынын, яғни адам жүрегінің жұмысына тікелей әсер ететінін білді. Өз мақалаларында ғалымдар 5G толқындарын адамдарға әсерін егжей-тегжейлі зерттегенге дейін пайдаланудан бас тартуды сұрайды.

2008 жылы электромагниттік қауіпсіздік жөніндегі халықаралық комиссияның бастамасымен Венециялық қарар пайда болды. Ол электромагниттік толқындардың адамдарға әсері аз зерттелгенін, ионданбайтын сәулеленуден қорғау стандарттары қауіпсіздік талаптарына сәйкес келмейтінін және әсіресе жүкті әйелдер, балалар мен қарттар үшін өзгертілуі керек екенін мойындады.

5G желісі біздің тер каналдарымызға әсер ететін жиіліктерді пайдаланады, олардың жұмыс принципі антенналарға ұқсас. Басқаша айтқанда, 5G адамның ең үлкен органы — теріге әсер етуі мүмкін. Доктор Бен-Ишай 5G мен денеміздің тер жолдарының арасындағы байланысты көрсетті:

"5G жиіліктері бізді теріміздің геометриялық құрылымымен өзара әрекеттесетін белгілі бір ұзындықтағы толқындармен толтырады... біз тер каналдары спиральды антенналар сияқты жұмыс істейтінін анықтадық ... тер каналдары 75-100 ГГц диапазонындағы электромагниттік энергияны сіңіру механизмінің ажырамас бөлігі болды, егер сіз тер каналының табиғатын өзгерткен болсаңыз, яғни оны жұмыс істеген болсаңыз, Сіз бұл сіңіру механизмін өзгерте аласыз, егер сіз оны жасай алсаңыз, адамның қалай әсер ететінін көресіз".

Доктор Мартин Палл, сымсыз сәулелену зерттеушісі, ЭМӨ-нің әсері ерте картаюды қалай тудыратынын және адам ағзасына зиян тигізетінін, құнарлылықты төмендететінін, ми мен жүректің жұмысын бұзатындығын және тіпті ДНҚ-ға қалай әсер ететінін түсіндіріп, революциялық зерттеу жүргізді. Палл бірінші болып ЭМӨ потенциалға тәуелді кальций арналарын белсендіретінін, олардың артық кальций иондарын жасушаға шығаратындығын көрсетті. Бұл азот оксиді (NO) мен супероксидтердің пайда

болуына әкеледі, олар бірден реакцияға түсіп, пероксинитрит пен еркін радикалдар түзеді. Осындай көптеген зерттеулер пероксинитриттердің ДНҚ-ны зақымдайтынын көрсетеді. Доктор Палл "5G орналастыру – бұл нағыз ақылсыздық" деп нақты айтты.

Ақылды есептегіштердің маңызды және ерекше ерекшелігі-олар үздіксіз емес, импульстік толқындар шығарады. Басқаша айтқанда, олар "старт-стоп" циклдерінде жұмыс істейді, ЭМӨ импульсін жасайды, содан кейін уақытша белсенді емес. Бұл күніне бірнеше рет болады; коммуналдық компаниялардың (мысалы, Калифорниядағы Pacific Gas and Electric Company) мәліметтері бойынша сот құжаттары ақылды есептегіштердің күніне 9600-ден 190000-ға дейін импульстік толқындар жіберетінін көрсетеді.

Марк Стил 5G жүйесіне қарсы ашық сөйледі және осы уақытқа дейін жиі сұхбат алады, оның ішінде жоба Camelot және Sacha Stone оны 5g apocalypse: the Extinction Event деректі фильміне қатысуға шақырды. Стил кең таралған есептерде 5G технологиясы 24-100 ГГц диапазонында жұмыс істейді деп айтылғанмен, іс жүзінде ол субгигагерц диапазонында жұмыс істейді (яғни, ГГц шегінен төмен, сондықтан МГц өлшенеді). Стил 5G — бұл алыс қашықтықтағы радар, фазалық антенналық радар немесе бағытталған энергетикалық қару сияқты қару-жарақ жүйесі.

1.2 5G Қазақстанда

2019 жылғы 24 қазанда Қазақстанда бесінші буынның (5G) алғашқы коммерциялық желісінің іске қосылғаны белгілі болды. Оны Нұр-Сұлтанда "Қазақтелеком" ашты.

Жаңа Non-Stand-Alone режимін қамту 3,5 ГГц радиожилік жолағында қамтамасыз етілген, бұл 5G үшін әлемдегі ең ұсынылған және танымал спектр.

Altel және Қазақтелеком инфрақұрылымының негізінде коммерциялық 5G желісі іске қосылды. Технология жаңа жилік диапазонында жұмыс істейді, ол 5G New Radio деп аталады. Бұл белгілі бір шектеулі аймақта жоғары сапалы қолжетімділікті қамтамасыз ететін бөлек радио модульдер.

Технология 5G желісі 4G желісімен біріктірілгендей жұмыс істейді, ал шын мәнінде, пайдаланушылар технологиялар арасында ауыса алады, бұл оларға қызмет көрсетудің тиісті деңгейін қамтамасыз етеді, деп хабарлады Қазақтелеком.

Қазақстандағы 5G желілерін мобильді байланыс қызметтерімен қамтамасыз ету және тұрғындарға Интернетке қол жеткізу үшін, сондай-ақ заттар интернеті, смарт қалалар және өндіріс саласындағы жобалар үшін пайдалану жоспарлануда. Іс жүзінде 5G желілері компаниялардың цифрлық трансформациясы мен цифрлық экономиканы дамытудың негізі болады.

Бұған дейін «Қазақтелеком» Нұр-Сұлтан мен Алматыда әртүрлі радиожиілік диапазонында 5G желісінің бірнеше далалық сынақтарын өткізген болатын. 2019 жылдың мамыр айында Астана экономикалық форумы аясында Қазақстанда алғаш рет 5G дауыстық және бейне қоңырау шалынды.

Қазақстанда 5G желілерін жаппай іске қосу 2021-2022 жылдарға жоспарланған болатын.

Кез келген жағдайда тәсіл кезең-кезеңімен болады, өйткені технология арзан емес. Қазір біз «5G желісін орналастыру стратегиясы» деп аталатын үлкен стратегияны жазып жатырмыз. Бұл құжат алты ай ішінде дайын болады. Бұл туралы бөлек айтатын боламыз», - деді «Қазақтелеком» АҚ инновациялар жөніндегі бас директоры Нұрлан Мейірманов еліміздегі алғашқы коммерциялық 5G желісінің іске қосылуына арналған тұсаукесерде.

2021 жылдың қыркүйек айында Tele2 Қазақстандағы алғашқы 5G желісін іске қосты. Оператор Панфилов көшесінен Қарасай батыр көшесіне дейін және Алматы қаласындағы Kaisar Plaza бизнес-орталығын осы технологиямен жабдықтады.

5G аймақтарының саны және қамту уақыт өте келе кеңейеді. Сондай — ақ, өндірушілердің сертификаттарын алу бөлігінде 5G технологиясын қолдайтын құрылғы модельдерінің санын арттыру бойынша жұмыс жүргізілуде, - деді "Tele2 Қазақстан" Бас директоры.

Компания 5G желілерінің жоғары жылдамдығын көрсетті. Технология 4G-ге қарағанда 10 есе жылдам және орташа 150-200 Мбит / с жылдамдықпен жұмыс істейді. 5G желісіне қосылған құрылғыны пайдалану кезінде кідіріс уақыты іс жүзінде жоқ.

Tele2 өз абоненттеріне 5G желісінде лимитсіз интернетті пайдалану мүмкіндігін берді. Жақында бесінші буын технологиясы "Медеу" биік таулы спорт кешенінде де пайда болады — жабдықтарды жоспарлау және орнату жұмыстары жүргізілуде, деп хабарлады компания 2021 жылдың қыркүйек айының басында.

Сарапшылардың пікірінше, Қазақстанда 5G іске қосудың негізгі шарты жиілік диапазонын бөлу болып табылады.

«Ірі қалаларда бұл өте шектеулі ресурс, өйткені 5G-ді барлық байланыс операторлары іске қосады. 4G іске қосылған кездегідей, деректерді беру инфрақұрылымы немесе талшық және онымен байланысты барлық техникалық мәселелер де өте маңызды. Желі тұрғысынан — бұл коммутаторлардан бастап базалық станцияларға дейінгі барлық дерлік элементтерді жаңғырту.

Бірақ 5G онсыз пайда болмайтын ең маңызды шарт - нарықтың дайындығы, терминалдардың, құрылғылардың және өнім шешімдерінің болуы. Әзірге әлемде бірде-бір құрылғы жоқ, тек прототиптері бар», - деп атап өтті Kcell өкілі.

Altel және Tele2 ұялы байланыс операторларының PR директоры 5G технологияларының пайда болуы Smart-City, смарт үй және телемедицина

сияқты технологиялардың танымал болуына байланысты деп санайды. Дегенмен, бұл 5G технологияларын қосу мүмкін болмайтын барлық жағдайлар емес.

"5G технологияларын енгізу барысында диапазонға жаңа жиіліктер қосылып жатыр. Бірақ жиіліктің болуы оңай шаруа емес. Осыған байланысты жиіліктерді барлық операторларға бірдей бөлуде көп нәрсе Ақпарат министрлігіне байланысты. Реттеуші жиіліктердің бөлінуін олар бір-бірімен қиылыспайтын және кедергі келтірмейтіндей етіп анықтайды. Бұл принцип кез келген коммуникациялық технологияларды енгізу кезінде жарамды», - деп түсіндіреді Beeline компаниясының бас операциялық директоры.

"5G мен 4G арасындағы негізгі айырмашылық - деректерді берудің ең аз кідірісі, шын мәнінде, деректерді бір құрылғыдан екінші құрылғыға тасымалдаудың нақты уақыты. 5G-дің тағы бір артықшылығы - 4G-ден әлдеқайда жоғары деректерді беру жылдамдығы. Сонымен қатар, 5G желіге өте жоғары қолжетімділікті қамтамасыз етеді», - деп түсіндіреді «Kcell» АҚ Техникалық департаменті директорының орынбасары.

Altel және Tele2 5G-дің шамамен параметрлерін жариялады.

"5G технологияларымен деректерді беру жылдамдығы секундына 300 мегабиттен асады, ал ең қымбат Samsung Galaxy 9 және iPhone 10 смартфондарының өзінде секундына орташа есеппен 225-250 мегабит бар. Сондықтан 5G қолдайтын құрылғылар пайда болуы керек. Бұл смартфондар ғана емес, сонымен қатар маршрутизаторлар, смарт теледидарлар, планшеттер», - деп түсіндіреді Altel және Tele2 ұялы байланыс операторларының PR директоры.

"5G қарапайым жазылушыларға не береді? Айталық, 5 ГБ бейне 4G қосылымымен қатып қалса, 5G-де мұндай көлем жылдамырақ болады. 3G-де фильм бірнеше сағатқа жүктеледі, ал 5G арқылы сіз фильмді әлдеқайда қысқа мерзімде және сіз онлайн фильмді жоғары сапада толық HD форматында «қатып қалмай» көре аласыз, - деп түсіндіреді Beeline компаниясының бас операциялық директоры.

Beeline 5G-дің пайда болуы байланыс пен интернет құнына әсер етпеуі керек деп санайды.

«Ұялы байланыс бағасының өзгеру динамикасына қарасақ, соңғы 10 жылда ол қымбаттаған жоқ. Жіберілетін деректер көлеміне келетін болсақ, абонент жыл сайын сол ақшаға көбірек деректерді тұтынады. Бұрын фильмді жүктеп алу мүмкін емес еді, енді қызметтер пакеттері бірнеше фильмдерді жүктеп алуға мүмкіндік береді.

Жаңа технологиялардың пайда болуымен клиент үшін қосымша шығындарды талап ететін жаңа қызметтер пайда болады. Клиенттердің шығындары байланыс қымбаттағандықтан емес, қызметтер санының кеңеюіне байланысты өседі. Оның үстіне операторға монополист болып, шығындарды жабуға байланысты тарифті көтеру тиімсіз, өйткені барлық бәсекелестерде тұтынушылар ауыса алатын технологиялар бар», - деп талдайды.

2021 жылдың қыркүйек айының басында Tele2 Қазақстандағы барлық пайдаланушылар үшін қолжетімді алғашқы 5G желісін іске қосты. Оператор көшеде осы технологиямен қамтуды қамтамасыз етті. Панфилов ГАТОБ-тан Қарасай батыр көшесі және Алматыдағы Қайсар Плаза бизнес орталығы.

5G аймақтарының саны мен қамту уақыт өте келе кеңейеді. Сондай-ақ өндірушінің сертификаттарын алу бөлігінде 5G технологиясын қолдайтын құрылғылардың үлгілерін көбейту бойынша жұмыстар жүргізілуде.

Компания 5G желілерінің жоғары жылдамдығын атап өтті. Технология 4G-ге қарағанда 10 есе дерлік жылдам және орташа 150-200 Мбит/с жылдамдықпен жұмыс істеуге арналған. Ең жоғары жылдамдықтар 1 Гб/с-тан жоғары болуы мүмкін (1,2 Гб/с сынақтан өтпейді). 5G желісіне қосылған құрылғыны пайдалану кезінде іс жүзінде кідіріс болмайды.

Tele2 өз абоненттеріне 5G желісінде шексіз интернетті пайдалану мүмкіндігін берді. Тұтынылатын трафик көлеміне де, қол жеткізу жылдамдығына да шектеулер жоқ. Жақында «Медеу» биік таулы спорт кешенінде де бесінші буын технологиясы пайда болады - жабдықты жоспарлау және орнату жұмыстары жүргізілуде, деп хабарлады компания 2021 жылдың қыркүйек айының басында.

1.3 5G байланыстың алдыңғы буындарынан айырмашылығы

Шын мәнінде, 3G технологиясы және басқа да бұрынғы буындар ұялы байланыстың сапасын жақсартуға және мобильді деректер алмасуды жүзеге асыруға арналған. 4G пайда болғаннан кейін деректерді жоғары жылдамдықпен жіберу мүмкін болды. Фотосуреттерді, бейнелерді және басқа файлдарды жылдам жүктеу Facebook, Netflix, Uber және TikTok үшін жол ашты.

5G әрі қарай жүреді: мысалы, бұл технология деректерді беру кезіндегі кідірістерді айтарлықтай азайта алады. Сонымен, LTE желілерінде (4G) жауап беру уақыты 40-50 миллисекунд болуы мүмкін, 5G желілерінде ол миллисекундтың бөліктеріне тең. Сонымен қатар, 5G желілері деректерді берудің ультра жоғары сенімділігін қамтамасыз етеді және көптеген құрылғылармен қосылымдарды қолдайды.

Халық тығыз орналасқан қалалар желінің өткізу қабілетіне ерекше сезімтал: онда 10 пайдаланушының 6-ы құрылғылар кептелетін жерлерде интернеттің нашарлауына ұшырайды. «Ақылды» гаджеттердің таралуымен мәселе шиеленісе түседі - 3G немесе 4G-де бұл мұхитты шағын құбыр арқылы өткізуге тырысатын сияқты. Жаңа 5G стандартына көшу жаппай қосылу мәселесін шешеді.

Және тағы бір маңызды айырмашылық: коммуникацияның бесінші буыны энергияны тиімдірек етеді және энергияны аз қажет етеді, бұл оны пайдаланудың экологиялық таза екенін білдіреді.

Шын мәнінде, 5G өмірімізді қалай өзгертетінін болжау әлі мүмкін емес. Бірақ ең қарапайым болжамдардың өзі әсерлі – бұл технология заттар интернетінің дамуына серпін береді, есептеулерді барлық жерде қолдануға мүмкіндік береді, жасанды интеллект ауқымын кеңейтеді, виртуалды және толықтырылған шындықты белсенді пайдалануға мүмкіндік береді.

1.4 Халықаралық тәжірибелер

5G желілері үшін технологияларды зерттеу және әзірлеумен бірқатар халықаралық, ұлттық және жеке жобалар айналысады. Ең танымал жобалар- Wireless World Research Forum (WWRF) жаһандық жобасы, 5gppp, METIS, 5gic, 5glab еуропалық жобалары, "IMT 2020 5G promotion group" қытайлық жобасы және 5gforum корей жобасы. Осы жобалар шеңберінде ғылыми зерттеулер жүргізіледі, жаңа технологиялық шешімдер әзірленеді, техникалық есептер мен ұсынымдар шығарылады, зерттеулер нәтижелері халықаралық конференциялар мен көрмелерде ұсынылады. 5g технологияларын белсенді зерттеушілер мен әзірлеушілердің арасында Huawei, Samsung, Nokia, Ericsson, Keysight technologies және National Instruments, сондай-ақ NTT Docomo, Vodafone және China Mobile операторлары бар.

Ауқымды 5G желілері Қытайда, Оңтүстік Кореяда және АҚШ-та орналастырылған: осы және басқа дамыған елдерде жаңа стандарт қалай көрінетінін байқауға болады — өнеркәсіпте, медицинада, ауыл шаруашылығында, көлікте, ретейлде, ойын-сауықта және медиада.

Сонымен, 2018 жылы Intel және Ресейдегі серіктестер 5G радиоарнасы арқылы виртуалды eSports ойынын өткізіп, жаңа буын желілерінің жұмысын сынап көрді.

Сонымен қатар, сол жылы АҚШ-та гольф бойынша АҚШ ашық чемпионатының тікелей эфирі 5G желісі арқылы өткізілді, сондай-ақ Австралияда өткен жарыста киберспортшыларға арналған жаңа стандарттың мүмкіндіктері көрсетілді. Осы уақыттан бастап 5G арқасында медиа және ойын-сауық индустриясының мүмкіндіктері кеңейе түсті.

Ресейде Pre-5G технологиясының алғашқы сынақтарын 2016 жылдың маусымында MegaFon байланыс операторы Huawei-мен бірге жүргізді. Қыркүйек айында МТС 4,65-4,85 ГГц жиіліктегі байланыс арнасында тестілеу кезінде 200 МГц өткізу қабілеттілігімен 4,5 Гбит/с деректерді беру жылдамдығына қол жеткізді.

2016 жылдың 22 қыркүйегінде MegaFon Nokia-мен бірге Нижний Новгородтағы бизнес-саммитте Pre-5G мобильді интернетін іске қосты. Сынақтар барысында деректерді беру жылдамдығы 4,94 Гбит/с жетті. 8K Ultra HD ажыратымдылығында (7680 × 4320 пиксель) панорамалық бейне салынған желі арқылы жіберілді.

2017 жылдың 1 маусымында MegaFon Huawei компаниясымен бірге 70 ГГц жиілікте 35 Гбит/с жылдамдықпен Pre-5G желілерінде деректерді беру мүмкіндігін көрсетті.

"Telecom Italia Mobile" 2018 жылдың соңына қарай өзінің 4,5 G-инфрақұрылымын жаңарта отырып, Сан-Маринода бесінші буын мобильді желісін іске қосуды жоспарлады. 5g желісінің жеке элементтері Турин мен Миланда сыналды, бірақ Сан-Маринода оператордың аз реттелуіне байланысты эфирді пайдалану мүмкіндігі көбірек болды

2017 жылдың тамызында МТС компаниясы Nokia-мен бірге Мәскеуде 5G базалық станцияларын қосу үшін технологиялық платформаны (МГТС 10g-PON) дайындады.

2017 жылы "Ұлттық технологиялар және байланыс ғылыми-зерттеу институты" 5G стандарты үшін радиожілік спектрін талдаумен айналысатын ресейлік жабдықта 5G желілерін сынақтан өткізуді және тестілеуді жоспарлады.

2017 жылғы 28 қарашада өзбекстандық "Uzmobile" ұялы операторы ZTE-мен бірлесіп, телекоммуникация және персоналды дамыту орталығы зертханасының базасында Ташкентте 5g зертханалық тестін аяқтады.

2020 жылғы 23 қаңтарда Минскіде (Белоруссия) МТС компаниясы Huawei және Cisco жабдықтарын пайдалана отырып, оператордың инфрақұрылымында жұмыс істейтін 3600-3700 МГц диапазонындағы жиіліктерде NSA желісінің 5G пилоттық аймақтарын іске қосты. 2020 жылдың 28 мамырында becloud инфрақұрылымдық операторы тест режимінде 5G NSA желісін іске қосты. Тәжірибелік аймақ Минскіде 3500 МГц және 2600 МГц диапазонында орналастырылған және жиырма базалық станциядан тұрады. 2020 жылдың 22 мамырында Al және МТС компаниялары тестілік режимде 5G sa (standalone) жеке автономды желілерін іске қосты. Al-ден 5G сынақ желісі Минскідегі қазан алаңында ZTE-мен серіктестікте іске қосылды және 3,5 ГГц диапазонында жұмыс істейді. МТС пилоттық аймағы "Минск — арена"кешенінде 1800 МГц және 3500 МГц екі диапазонда орналастырылған. 25 мамырда Al компаниясы 5G-де дауысты пакеттік беру үшін VONR (Voice over New Radio) технологиясының көмегімен ТМД-да алғашқы қоңырау шалды.

2 5G құрылғыларына шолу

5G желісінің архитектурасы туралы мәселеге келетін болсақ, үш ішкі жүйені (бұлтты), яғни, бұлтты технологияларды атап өткен жөн:

- Бұлттық қолжетімділік (Access) – бөлінген және орталықтандырылған технологиялар мен қол жеткізу жүйелерін қосуды білдіреді. Сондай-ақ 4G және 3G желілерімен кері үйлесімділік жоспарлануда;

- Бұлтты басқару (Control) – сеанстарды, қызметтердің ұтқырлығын және сапасын басқару;

- Көлік бұлтты (Forward) - жоғары сенімділікпен, жылдамдықпен және жүктемені теңестірумен желіге физикалық деректерді беру.

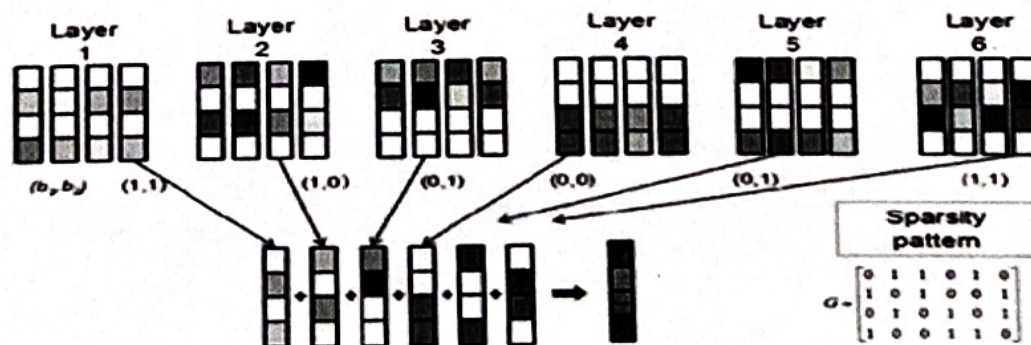
5G радиоинтерфейсіне келетін болсақ, төртінші буын (4G) желілерімен салыстырғанда спектрлік тиімділікті 3 есеге арттыру жоспарлануда. Бұл бірдей өткізу қабілеттілігі үшін деректердің 3 есеге дейін тасымалдануына әкеледі, яғни 1 Гц үшін шамамен 6 бит/с. Жаңа әуе интерфейсі икемді, оңай конфигурацияланатын және 4G және 3G желілерімен кері үйлесімді болуы жоспарлануда.

SCMA (Sparse Code Multiple Access) – жеткізуді растаудың қажеті жоқ, сирек код негізінде жазылушыларды бөлу. Бұл технологияда бір жиілік ресурсындағы әртүрлі пайдаланушылардың биттік ағындары белгілі бір жиынтықтан кодтық кітап деп аталатын кодты пайдаланып тікелей код сөзіне түрлендіріледі. Бұл кодтар шартты түрде квази-ортогональды деп аталады және бұл кодтардың саны айтарлықтай көп және екі өлшемді құрылымға ие. Яғни, бастапқы сигнал кодтық кітаптың үстіне қойылады және қазірдің өзінде түрлендірілген сигнал ауа интерфейсіне енеді. Қабылдаушы жағындағы сигналды қалпына келтіру де кодтық кітапқа сәйкес жүзеге асырылады.

Радиожеткізу технологиясы

- SCMA

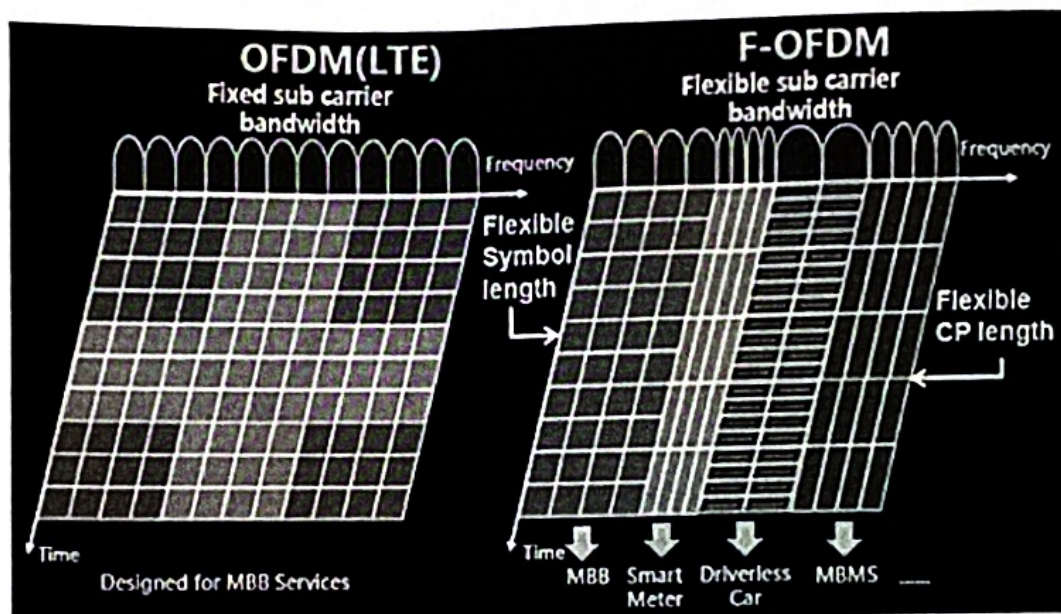
• SCMA: Sparse Code Multiple Access



Сурет 2.1 - SCMA технологиясының алгоритмі

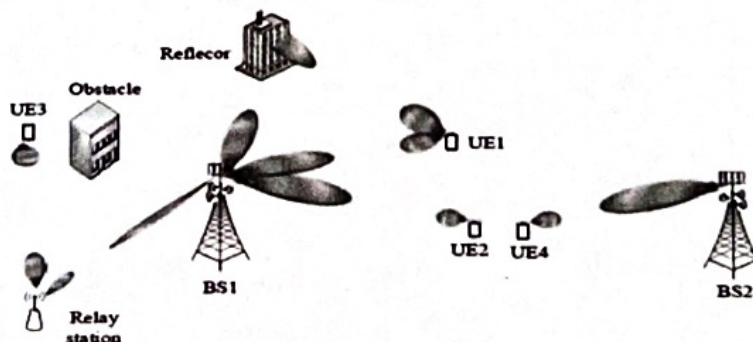
F-OFDM (Flexibel OFDM) икемді қосалқы тасымалдаушыны бөлуді, икемді таңба ұзындығын өзгертуді және икемді циклдік префиксті өзгертуді ұйымдастыруға мүмкіндік беретін жетілдірілген OFDM технологиясы. Яғни, әрбір тапсырма өз параметрлер жинағын пайдаланады.

OFDM(4G) vs F-OFDM(5G)



Сурет 2.2 - OFDM және F-OFDM технологиясын салыстыру

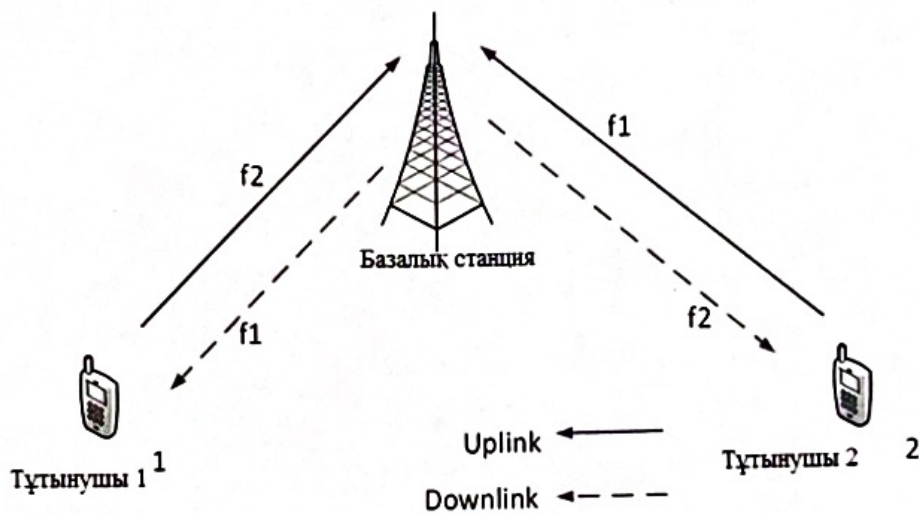
Massive MIMO – бір абонентке 8 деректер ағынына дейін беру. Massive MIMO-да абонент бір уақытта өте өткір сәулелену үлгілерін құрайтын көптеген антенналармен жұмыс істей алады. Бірнеше сәулелердің кеңістіктік мультиплексирлеуін пайдалану қабылданған сигнал деңгейін жоғарылатады және басқа пайдаланушылардың кедергілерін басады, осылайша өткізу қабілеті мен спектрлік тиімділікті арттырады.



Сурет 2.3 - Massive MIMO

Novel Multiple Access – SCMA сияқты жаңа қол жеткізу технологиялары;

Жаңа толық дуплекс - әртүрлі тапсырмалар үшін (UpLink және DownLink) әртүрлі ұяшықтарда бір жиілікті пайдалануға мүмкіндік береді;



Сурет 2.4 - Жаңа толық дуплекс қалай жұмыс істейді

Flexibel Duplex - икемді трафикті жіберуді ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Яғни, мысалы, ақпаратты DownLink үшін UPLink қызметіне тасымалдау.

FBMC / UFMC (Filter Bank Multicarrier, Universal Filter Multi-Carrier) - спектрлік тиімділікті арттырады, арналық селективтілікті жақсартады, "когнитивті радиода" пайдалануға мүмкіндік береді.

Ultra-dense networking-виртуализация есебінен аса тығыз желілерді ұйымдастыруға мүмкіндік береді, соның есебінен n-ші алаңда көптеген абоненттерге қызмет көрсетуге болады, бұл өз кезегінде желінің күрделі иерархияларын құруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, бұл технология ұялы телефондардың бір уақытта өзара әрекеттесуіне мүмкіндік береді.

Төмен кідіріс және жоғары сенімділік-кідірісті азайту және сенімділікті арттыру.

M2M / D2D-адамның қатысуынсыз тікелей құрылғылар (машиналар, құрылғылар) арасында ақпарат беру. Орталықтандырылмаған желіні құру үшін абоненттердің құрылғылары арқылы қамтуды кеңейту.

Жоғары жиілікті Байланыс-6 ГГц-тен төмен жиіліктер 5G желісі үшін бастапқы диапазондар болады. Әмбебап қол жетімділік пен магистральдық байланыс үшін 6 ГГц-тен жоғары жиіліктер қолданылады. Төмендегі суреттен көрініп тұрғандай, жиілік диапазонын 100 ГГц-ке дейін пайдалану жоспарлануда;



Сурет 2.5 - 5G жиілік жоспары

Spectrum sharing-әр түрлі деңгейдегі спектрді әр түрлі қол жетімділік технологияларымен бөлісу.

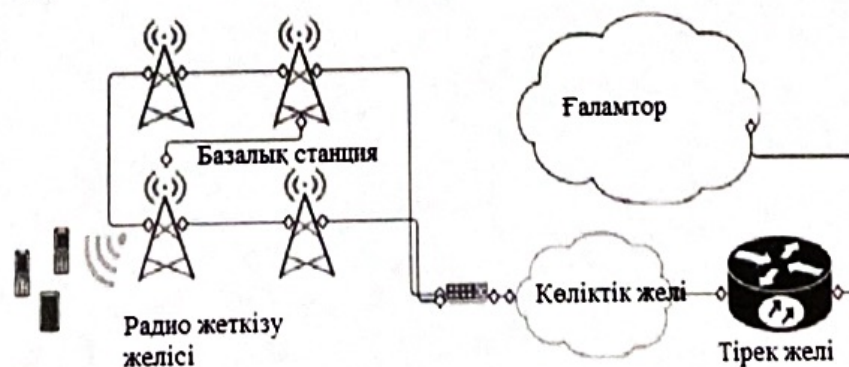
5G-де желілерді басқару TelecommunicationOS әзірлеген есебінен жүзеге асырылады. Яғни, әртүрлі салалар мен пайдаланушылар санаттары желі инфрақұрылымына қол жеткізу үшін бір операциялық платформаны пайдаланады.

5G антенналары мүлдем басқа. Ия, және оларды антенна емес, белсенді антенна блоктары деп атау керек (active antenna unit - AAU). Бұл құрылғыларға өздері шығаратын элементтер де, эфирге шығарылатын сигналды құрайтын трансиверлер де кіреді.

Сонымен қатар, 5G негізгі нұскасында да beamforming және Massive-MIMO технологиялары бар. Олардың екеуі де антенна модулінде көбірек сәуле шығаратын элементтерді қажет етеді.

Сондықтан 5G антенналары радио модуль мен панельдік антеннаның буданы сияқты. AAU әдеттегі панельдік антеннадан әлдеқайда төмен және кеңірек және шаршыға ұқсайды. Сонымен қатар, олар 2G-4G антенналарына қарағанда едәуір қалың және артқы жағында салқындату қабырғаларын көруге болады.

4G-5G желілеріндегі базалық станция. 4G/5G радиоқабылдау желісінің архитектурасын жеңілдетілген түрде еске түсірейік:



Сурет 2.6 – Мобильдік желі архитектурасы

Базалық станциялар желінің ең шетінде орналасқан, мұнда сиқырлы Instagram суреттері мен TikTok бейнелерін біздің смартфондарға ұшатын және электрлік және оптикалық сигналдар түрінде Интернетке қайтатын радиотолқындарға айналдырады.

Базалық станцияның қандай негізгі функцияларын анықтауға болады:

- Радиосигналдарды қабылдау және беру, оның ішінде аналогты-цифрлық және цифрлық-аналогтық түрлендіру;
- Абоненттер үшін радиоресурстарды бөлуді басқару және жоспарлау;
- Бір базалық станциядан екіншісіне ауысатын абоненттерге қызмет көрсетуге арналған ұтқырлық (оның ішінде тапсыру деп аталатын);
- Трафикті кодтау және шифрлау;
- Көрсетілген қызмет сапасын қамтамасыз ету;
- Өзгеретін радио жағдайларына жылдам әрекет ету үшін абоненттік құрылғылардан өлшемдерді жинау (мысалы, алыстағы абоненттер үшін көбірек қуат беру немесе жақын абоненттер үшін жиілік диапазонын кеңейту).

Функциялар тізімі мұнымен бітпейді, әр жолдың артында әртүрлі технологиялардың, бағдарламалық жасақтаманың функционалдық мүмкіндіктерінің, архитектуралық ерекшеліктерінің және т.б. OSI үлгісіне сәйкес желіге қатысты хаттамалар қалай көрінетінін көрсетейік:

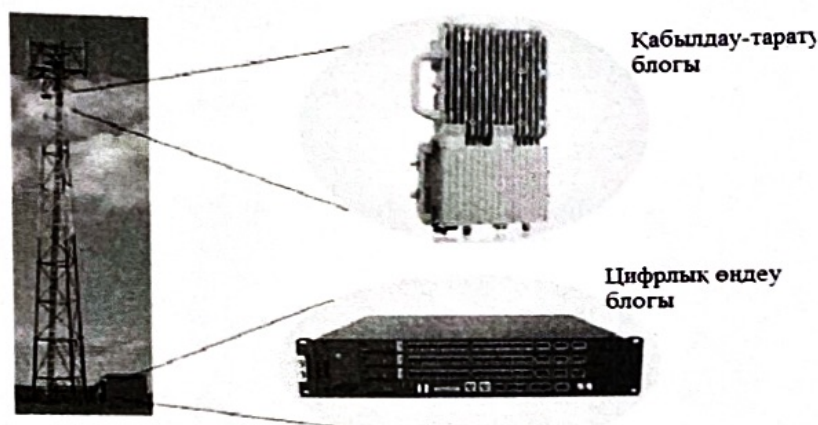
Кесте 2.1 – Базалық станцияның қандай негізгі функциялары

OSI қабаты	4G/5G протоколдары	Соңғы функциялар мен операциялар
Layer 3	PDCP (Packet Data Convergence Protocol) RRC (Radio Resource Control)	Ұтқырлық; Пейджинг; Қауіпсіздік (шифрлау кілтімен алмасу, шифрлау); QoS, соның ішінде Slicing сияқты тетіктер арқылы – желі ресурстарын барлық тізбек бойынан бастап, қолжетімділік радиосынан негізгі желіге дейін және т.б. қызметтердің әртүрлі түрлеріне және абоненттерге сегменттелген бөлу.
Layer 2	MAC (Media Access Control) RLC (Radio Link Control)	ARQ/HARQ деректерді қайта жіберу алгоритмдерімен жіберу қателерін түзету; Ресурстарды жоспарлаушының әртүрлі технологиялары арқылы абоненттер арасындағы радиоресурстарға басымдық беру (жоспарлау деп аталатын); Кездейсоқ қол жеткізу процедуралары (Random Access); Қиын радио жағдайларында (телефондағы бір антенна қосулы кезде) абоненттер үшін деректерді берудің шуға төзімділігін арттыру мақсатында бейімделу қосылымдары (Link Adaptation);
Layer 1	PHY (physical)	Физикалық арналарды модуляциялау және демодуляциялау; DAC-ADC; адаптивті сәулені қалыптастыру және қадағалау әдістері (аркалық қалыптастыру); бірнеше антенналарды (Multiple Input / Multiple Output - MIMO) пайдалана отырып, деректерді бір уақытта беру және қабылдау технологиясы - 2x2, 4x2, 4x4 және одан жоғары массивті MIMO дейін;

		Радиосигналдарды әртараптандырылған қабылдау және беру; радио сипаттамаларын бағалау;
--	--	---

Базалық станцияның архитектуралық ерекшеліктері.

Егер сіз көшеге шығып, кабельдермен байланған және әртүрлі күдікті қораптармен жабдықталған мұнара немесе тірек түріндегі әдеттегі «байланыс мұнарасына» назар аударсаңыз, бұл базалық станция деп аталатын аппараттық құрал:



Сурет 2.7 - Мобильді байланыс базалық станциясы = Radio Unit+Baseband Unit

Бұл жерде сонымен қатар қуат жүйелері, климаттық шкаф (мысалы, цифрлық процессор орнатылған), панельдік антенналар, қазірдің өзінде өңделген пакеттерді негізгі желіге жіберуге арналған ажыратқыштар, және/немесе маршрутизаторлар, көптеген оптикалық, мыс және коаксиалды кабельдер және т.б. Бірақ мұның бәрі біз жоғарыда сипаттаған негізгі интеллектуалдық жұмысты орындамайтын ілеспе инфрақұрылым.

Сондай-ақ, 5G радио модулі + антенналар ретінде дамуымен антенна элементтері көп Антенна-Интеграцияланған шешімдер барған сайын қолданыла бастағанын атап өткен жөн, бұл күрделі Massive MIMO тарату механизмдерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Бұл, өз кезегінде, Layer 1 / RRU бөлігінде сигналды өңдеу қарқындылығын айтарлықтай арттырады.

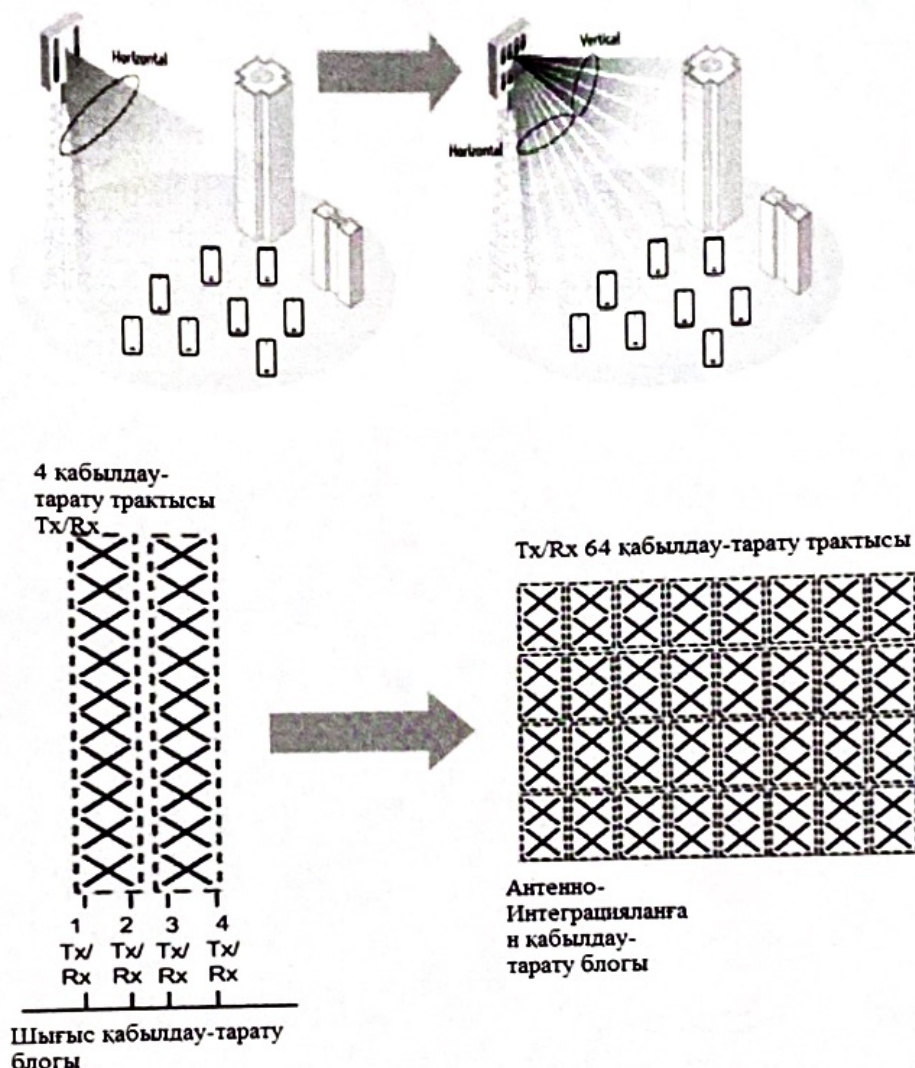
Тұтастай алғанда, L1-L2-L3 операцияларын цифрлық модуль мен радиомодуль арасында қалай бөлу керек - бұл бүкіл байланыс индустриясындағы негізгі және ең қарқынды жүктеме дәл радиодағы 1-деңгей екенін ескере отырып, схемаға тікелей әсер ететін тұтас өнеркәсіптік кіру желілері:

Аппараттық құрал. Сонымен, жоғарыда біз базалық станцияны құру үшін стандартты білу және пайдалана білу және кем дегенде негізгі жұмыс топтарының қызметіне қатысу жеткіліксіз екенін білдік. Сондай-ақ кем дегенде екі салада – аппараттық құралдарды әзірлеу (цифрлық және

радиомодульдер) және өзара байланысты бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеуде құзыреттілік болуы керек.

Пассивті Антенналар

Активті антенналар



Сурет 2.8 – Көпэлементті антенналық жүйелер

Жалпы аппараттық құралдардың және атап айтқанда базалық станциялардың негізгі құрамдастарына мыналар жатады:

- қолданбалы интегралды схемалар (ASIC), оның ішінде чиптегі жүйелер (SOC) және арнайы цифрлық сигнал процессорлары (DSP);
- логикалық интегралдық схемалар (FPGA - FPGA);
- жалпы мақсаттағы орталық процессорлар (GPP немесе CPU), контроллерлер, жад карталары, қосқыштар, сүзгілер, төмен шу күшейткіштер (LNA), сүзгілер, резисторлар, транзисторлар, қуат күшейткіштері (PA) және т.б.

Сандық модуль. Бұл құрылғыны монолитті блок ретінде іске асыруға немесе екі модульге бөлуге болады (ол әдетте виртуалды орындау үшін жасалады). Қазіргі уақытта саладағы қандай тенденцияларды атап өтуге

болады: барлық ірі өндірушілер (Nokia, Samsung, Ericsson, Huawei) радио ішкі жүйесінің өнімділігі бойынша бәсекелестік артықшылықтарын жақсарту үшін технологиялық серіктестермен бірге дамытуға белсенді түрде инвестиция салуда. 1 және 2 OSI деңгейлерінің ең талап етілетін және құмар операцияларының ең тиімді жұмыс істеуі үшін арнайы кристалдық жүйелер мамандандырылған интегралды схемалар (ASICs) және үдеткіштер, ал 3-деңгей көбінесе GPP процессорларына қалдырылады.

Қазіргі кездегі ең жылдам LTE стандарты өзінің мүмкіндіктерінің төбесіне жақындады. Шұғыл уақытта байланыс жылдамдығы айтарлықтай төмендейді. Осыған байланысты байланыстың жаңа буынына көшу қажеттілігі туындайды.

Сонымен қатар, кейбір проблемалар бар. Желілерді кеңінен тарату үшін айтарлықтай қаржылық шығындар қажет болады. Біздің елімізде бесінші буын желілеріне деген қажеттілік дамыған елдердегідей емес екенін түсіну маңызды. "Заттар интернетінің" даму деңгейі соншалықты жоғары емес. Сонымен бірге, егер бұл бағыт мүлдем дамымаса, онда ел әлемдік нарықта техникалық жағынан артта қалу қаупі бар.

Практикалық бөлімде есептеулер жүргізілді.

Мен өз жұмысымда Қазақтелеком АҚ-ның осы бағыттағы әзірлемелерін зерттеймін. Мен жобаларды бағалаймын, сонымен қатар 3.6-3.8 ГГц жиілік диапазонында пилоттық жобаны енгізу шығындарын шамамен есептейміз.

2019 жылғы 27 қазанда Қазақтелеком Қазақстандағы алғашқы 5 G коммерциялық желісін ашты, бүкіл ел бойынша желіні енгізу кезеңдері зерттелді, сипатталды және талданды.

Бұл тақырып қызығушылық тудырады, өйткені байланыстың бесінші буынын қолданудың көптеген бағыттары бойынша зерттеулер енді басталды. Осыған байланысты, жаңа бағыттарды әзірлеу перспективалы болып табылады және шығармашылық шешімдер үшін үлкен алаң ұсынады.

Ұялы байланыс желілері пайда болған сәттен бастап бүгінгі күнге дейін жетілдірудің үлкен жолын жасады.

Біріншісі ұялы байланыстың бірінші буынының радиотелефондары болды, содан кейін 1990 жылға қарай ұялы байланыстың екінші буыны дүниеге келді. Кейінгі жылдары ұялы байланыстың дамуы жеті қадаммен жүрді. Көптеген жаңа ұялы байланыс операторлары пайда болды, жетекші техникалық компаниялар жаңа технологияларды зерттеуге, іске асыруға және дамытуға қаражат сала бастады. Осылайша, 1999 жылы GPRS (General Packet Radio Service) стандарты жасалды, яғни пакеттік деректерді беру қызметі. Бұл технология келесі жиіліктерде жұмыс істейді: 900-1800 МГц. Осының арқасында берілетін деректердің жылдамдығы мен көлемі артады. Siemens, Ericsson, Sony және Nokia ұялы телефон өндірісінің флагманы болды.

Әрі қарай, пайдаланушы құрылғыларының көптеген жаңа түрлері пайда болды. Пайдаланушы құрылғыларының көбеюі және таралуы бүкіл

әлемде желілердегі трафиктің бірнеше есе өсуіне әкелді. Бұл сөзсіз телекоммуникация технологиясының дамуына ықпал етті.

Трафикті арттыру және пайдаланушы қызметтерін кеңейту қажеттілігі туындады. Бұл әртүрлі компанияларды ұялы байланыс технологиясын жетілдіруге ынталандыру болды.

Қазіргі кезеңде ұялы байланыс жүйелерінің әлемдік нарығы ең тиімділердің бірі болып табылады. Мобильді технологияны жетілдіру жылдамдығы өте жоғары.

Ол сол WCDMA стандарты негізінде салынған.

Кесте 2.2 - Ұялы байланыс жүйелерінің ұрпақтары

Буын	Стандарттың атауы
3G	UMTS (W-CDMA, FOMA), CDMA2000 (1xEV-DO/IS-856), TDSCDMA, WiMAX
3.5G	UMTS (HSPA, HSDPA, HSUPA), CDMA2000 (EV-DO Rev.A)
4G	WiMAX, LTE
5G	WiMAX, LTE, CDMA

Кесте 2.3 - Ұялы байланыс жүйелерінің сипаттамасы

Буын	3G	4G	5G
Дамудың басталуы	1990	2000	2013
Жүзеге асу	2002	2008-2010	2018-2020
Сервистер	Одан да үлкен сыйымдылық, жылдамдығы 2 Мбит/с дейін	Үлкен сыйымдылық, IP бағытталған желі, медиа қолдау, жылдамдығы секундына жүздеген мегабитке дейін	Үлкен сыйымдылық, IP желіге бағытталған, мультимедиялық қолдау, жылдамдығы секундына жүздеген мегабитке дейін
Беру жылдамдығы	2 Мбит/с	100 Мбит/с – 1 Гбит/с	1 Гбит/с - 10 Гбит/с
Стандарттары	WCDMA CDMA 2000, UMTS	LTE-Advanced, WiMax Release 2 (IEEE 802.16m), WirelessMANAdvanced	LTE-Advanced, WiMax Release 2 (IEEE 802.16m), WirelessMANAdvanced
Желі	Пакеттік деректер желісі	Пакеттік деректер желісі	Пакеттік деректер желісі

2.1 3G-ден 5G-ге дейінгі мобильді жүйелер ұрпақтарының эволюциясы. Үшінші буын стандарттары. UMTS стандартының құрылымы

Ұялы байланыс буыны-бұл желінің функционалдығы, оның ішінде көрсетілетін қызметтер, абоненттен абонентке ақпарат беру, шифрлау және басқа да көптеген сериялар.

Арналардың уақытша бөлінуімен бірнеше қол жеткізу әдісіне негізделген екінші буын сандық жүйелерінен айырмашылығы, 3G стандарты арналардың кодтық бөлінуімен бірнеше қол жетімділік технологияларын қолданады. (Code Division Multiple Access — CDMA).

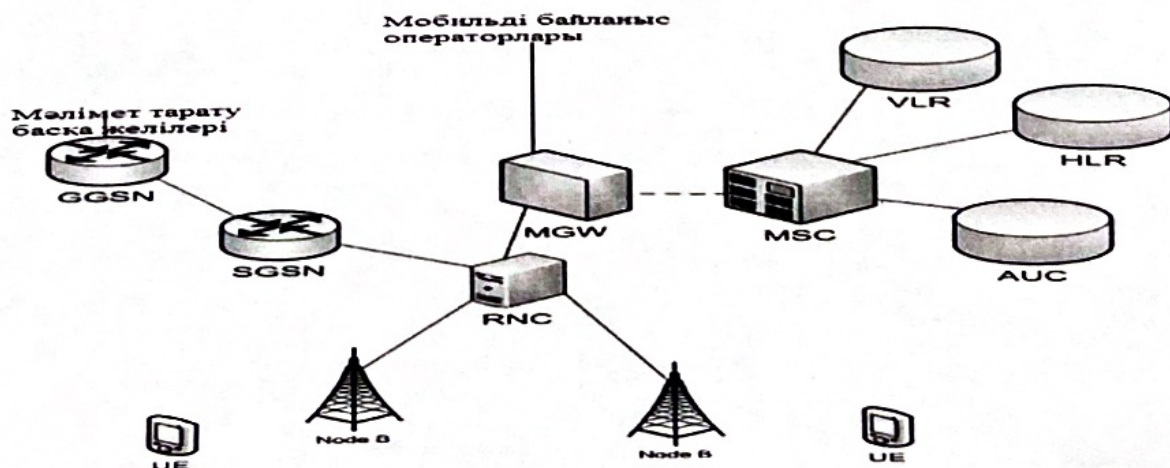
Бұл стандартты Халықаралық Электр байланысы одағы (International Telecommunication Union, ITU) әзірледі және IMT 2000 деп аталады.

3G үш негізгі стандарты қолданылады: UMTS (universal Mobile Telecommunications Service), CDMA2000 және WCDMA (Wide CDMA). Олардың барлығы деректерді пакеттік беруге және, тиісінше, Интернетті қоса алғанда, сандық компьютерлік желілермен жұмыс істеуге бейімделген.

Деректер берудің жоғары жылдамдығының арқасында желі ұялы байланыс желісінің алдыңғы буынымен салыстырғанда артықшылықтарға ие. Бейне қоңырау шалу мүмкін болды, деректерді беру жылдамдығы артты, жоғары жылдамдықты интернет қол жетімді болды, сымды кіру нүктесіне байланбау мүмкіндігі пайда болды. Екінші буыннан айырмашылығы, үшінші буын желісі жеке, яғни әр абонентке IP мекенжайы беріледі.

Алғаш рет үшінші буын желісін Жапонияда 2001 жылдың қазан айында NTT DoCoMo операторы W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) стандарты негізінде іске қосты. Еуропада 2003 жылы Ұлыбританияда.

Желіні одан әрі дамыту 3,5G технологиясы болды-жоғары жылдамдықты пакеттік қол жетімділік (ағылш. High Speed Packet Access) технология теориясы негізінде, салыстырылатын өлшемдерде көп жүрісті берілісті қолдану ең жоғары жылдамдыққа қол жеткізуге мүмкіндік береді.



Сурет 2.9 - UMTS стандарты желісінің құрылымы

UMTS жүйесінің құрылымын қарастырамыз.

Коммутацияның ішкі жүйесі: MSC(мобильді коммутация орталығы) барлық функциялары екі құрылғы арасында бөлінеді: MSC-Server және MGW (Media gateway). MSC-Server қосылулардың сапасына, тарифтерді белгілеуге жауап береді, сондай-ақ пайдаланушының түпнұсқалығын, оның паролін, логинін, цифрлық қолтаңбасын тексеру функцияларын орындайды. MGW осы стандарттың ұялы желі элементі болып табылады және желі абоненттерін арнайы транзиттік түйіндер арқылы қосуға арналған.

Базалық станциялардың ішкі жүйесінің құрылымы: RNC (Radio Network Controller) - радиоқолжетімділік желісінің орталық элементі. Оның функцияларына міндеттер кіреді: байланыс қосылымының сапасын бақылау, ақырлы шифрлау, ұяшықтар арасындағы байланысты басқару.

Nodeb-схемада бұл желінің негізгі станциясы. Nodeb блогының негізгі функциясы - RNC-тен алынған сигналды радио қол жетімділік желісінің орталық элементі абоненттің телефонына берілетін кең жолақты радио сигналына түрлендіру.

Абонентке тиесілі жабдықтың UE (User Equipment) атауы бар. Бұл мобильді құрылғылар ғана емес, сонымен қатар стационарлық құрылғылар. Стандарттың ерекшелігі-белгілі бір хаттамаларды қолданған кезде пайдаланушы жоғары сапалы мобильді интернетті пайдалана алады. Рұқсат етілген жылдамдықта деректердің үлкен көлемін жіберуге және сапалы бейне қоңыраулар жасауға болады. Жоғары жиіліктер деректермен алмасу үшін тиімді, бірақ бұл жиіліктерде сигнал базалық станциялар арасындағы қашықтыққа да, түрлі кедергілерге де кедергі келтіреді. 900 МГц жиіліктегі толқындар жоғары ену жылдамдығына ие, бірақ тарату жылдамдығы аздап төмендейді.

2.2 Төртінші буын стандарттары. LTE технологиясы

4G (4-Generation) сымсыз телефон байланысының төртінші буыны.

2000 жылдан бастап төртінші буын желісінде деректерді берудің жаңа технологияларын әзірлеу уақыты басталады. Алғашқы зерттеулерді жапондық NTT DoCoMo компаниясы жүргізді. Кейінірек оған осы саладағы жетекші әлемдік өндірушілер қосылды. LTE технологиясының екі стандарты пайда болды(ағылшын тілінен. ұзақ мерзімді даму) және WiMAX.

LTE стандарты негізінде жұмыс істейтін төртінші буын желілері 700 МГц-тен 2.7 ГГц-ке дейінгі жиілік спектрінің енінде жұмыс істейді. Базалық станцияның қамту радиусы 5-тен 30 км-ге дейін, антеннаны максималды көтеру кезінде 100 км-ге дейін. Стандарт деректерді берудің максималды жылдамдығын 320 Мбит/с дейін қамтамасыз етеді.

LTE Advanced-бұл LTE желісінің келесі буыны, ол негізгі деректер жылдамдығынан, сонымен қатар сигналды бірнеше диапозонда тарату

мүмкіндігімен ерекшеленеді. Стандартқа қойылатын негізгі талаптар: абоненттік құрылғыларды біріктіру, әлемдік масштабта роуминг, 8 MIMO таратушы Антенналарды пайдалану, арнаның берілген енін қолдау.

WiMAX стандарты ұзақ қашықтықта және объектінің көрінісі болмаған кезде жылдам қосылуға арналған. Ол шағылысқан сигналда жүзеге асырылады. Бұл технология тығыз құрылыс жағдайында байланыстың жоғары сапасын және деректердің жоғары жылдамдықты берілуін қамтамасыз етеді. Бұл технология халық тығыз орналасқан үлкен мегаполистерде сұранысқа ие.

LTE стандарты желісінің құрылымы. Бұл желінің құрылымы екінші және үшінші буын желілерінен айтарлықтай ерекшеленеді. LTE IP технологиялары негізінде жұмыс істейді. Желінің өзі бір-бірімен байланысқан базалық станциялардың жиынтығы.

LTE желісінің элементтері:

Serving Gateway-бұл қызмет көрсететін желі шлюзі. Келесі функцияларды орындайды: қызметтерді төлеу үшін деректерді ұсынады, көрсетілетін қызметтердің сапасы, пакеттерді бағыттау, абоненттердің ұтқырлығын, пакеттерді буферлеуді қамтамасыз етеді.

PDN Gateway - бұл басқа операторларға шлюз. Шлюз желідегі трафикті бағыттайды. Сондай - ақ, пайдаланушыларға жіберу кезінде пакеттерді сүзеді, IP-мекенжайларды бөледі, қызметтер үшін төлемнің есептелуін қамтамасыз етеді, жылдамдықты реттейді.

Кесте 2.4 - Қазақстан аумағындағы ірі ұялы байланыс операторлары

	2G	3G	4G LTE
Altel	900 МГц (БС Теле2)	850 МГц, 900 МГц (БС Tele2)	1800 МГц - band3
Beeline	900 МГц	2100 МГц	Астана, Алматы, Ақтобе, Шымкент, Уральск, Аксай - 800 МГц (Band 20), 1800 МГц (band 3); Басқа қалаларда - 800 МГц (band 20) 00 МГц (band 3); 2100 МГц (band 1)
Kcell/Activ	900 МГц	2100 МГц	Астана, Алматы, Ақтобе, Шымкент, Уральск, Аксай 800 МГц (Band 20) и 1800 МГц (band 3); Басқа қалаларда - 800 МГц (band 20) болашақта 1800 МГц (band 3); Пилотты аймақтарданых зонах на частоте 2100 МГц (band 1)
Tele2	900 МГц	900 МГц, 850 МГц (БС	1800 МГц - band3 (+базовые станции Алтел на той же частоте)

MME - бұл абоненттердің ұтқырлығын басқару торабы. Желідегі сигналдарды, дабылдарды, роумингті ұстайды.

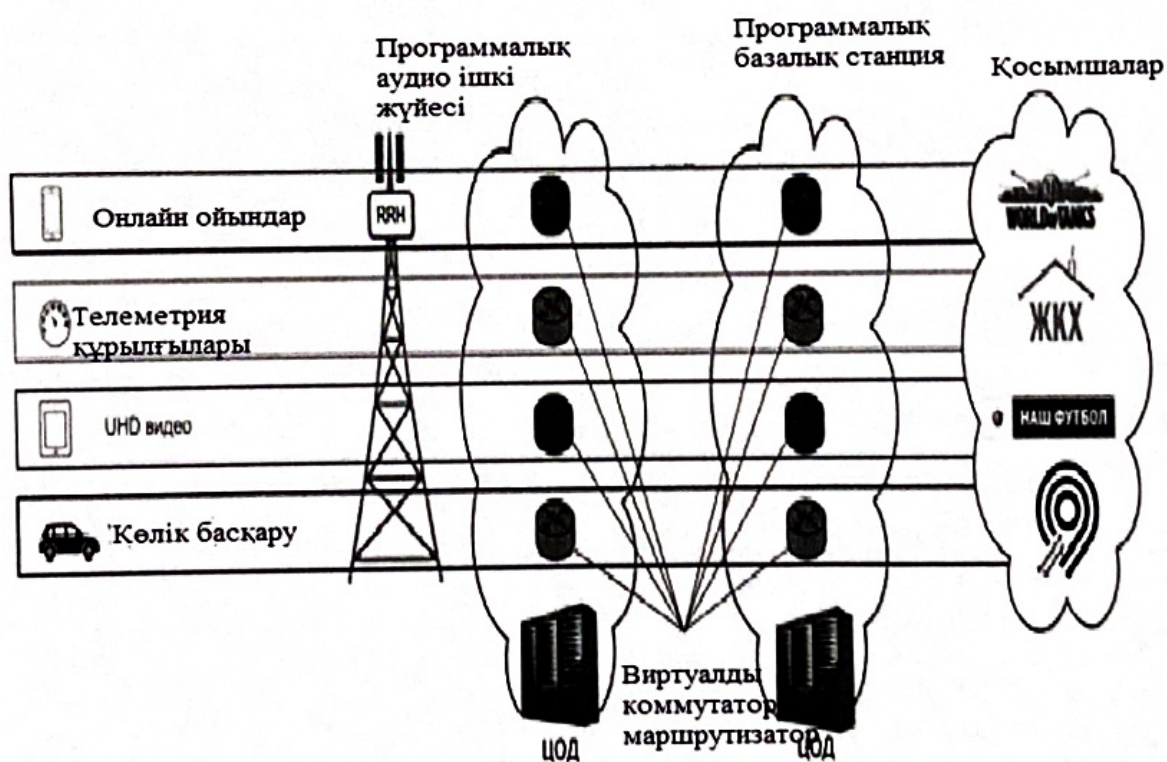
HSS - бұл абоненттік деректер сервері. Ақпаратты сақтауды, қол жеткізу қауіпсіздігі мен бақылауын, абоненттің орналасқан жерін қамтамасыз етеді.

PCRF - бұл байланыс сапасы үшін қызметтерге ақы төлеуді басқаратын желі элементі. Берілген параметрлерге мониторинг және қолдау жүргізеді.

eNodeB - бұл элемент желінің базалық станциясы ретінде қызмет етеді. Негізгі функция-келген сигналды жоғары жиілікте түрлендіру және оны антенналар арқылы беру.

2.3 5G тірек желісінің архитектурасы (Core Network)

5G желісінің архитектурасы әр түрлі деректермен алмасуды қолдау және желілік виртуализация технологияларын (NFV - Network function Virtualization) және бағдарламалық-анықталатын желілерді (SDN - Software Defined Networking) қолдана отырып, әртүрлі қызметтерді ұсыну үшін үнемі жетілдіріліп отырады.



Сурет 2.10 - 5G желісінің архитектурасы

5G байланыс архитектурасы бірнеше факторлармен анықталады:

Мұндай желі алдыңғы буын байланыстарымен салыстырғанда жоғары өнімділікті қамтамасыз етуге арналған және сонымен бірге шығындардың төмен құны болуы керек. Әйтпесе, бұл инвесторлар үшін тартымсыз болады.

5G желілері әртүрлі сипаттамалары бар құрылғыларға қызмет көрсетуге арналған. Сондықтан мұндай желі қосымшаларға және қызметтердің жоғары сапасына қойылатын талаптарға байланысты барлық желілік ресурстарды ұтымды басқаруы керек.

Желіде жиілік ресурсы шектеулі. Бұл әр түрлі диапазондағы жиілік диапазондарының радио қол жетімділігін пайдалану қажеттілігіне әкеледі.

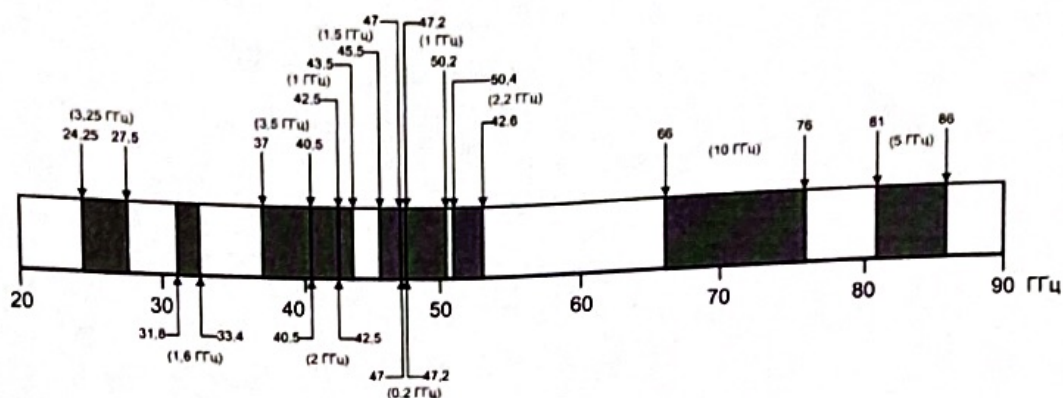
5G архитектурасының маңызды элементі-көп сервиске қол жетімділікті перифериялық есептеу (Multi-Access Edge Computing, MEC). Ай-бұлтты есептеулердің эволюциясы, қосымшаны орталықтандырылған деректер орталықтарынан желінің шетіне, демек, соңғы пайдаланушылар мен олардың құрылғыларына беру. Бұл құрылғыдан бұрын оларды бөліскен ұзақ жолды айналып өтіп, пайдаланушыға мазмұнды тезірек жеткізуге мүмкіндік береді.

2.4 5G технологиясына шолу

Бесінші буын желілері үшін өнімділік жаңа технологияларды, радиоқолжетімділік желілерін, базалық желіні, абоненттік жабдықты енгізу есебінен қамтамасыз етіледі.

Деректерді беруге үнемі өсіп келе жатқан сұраныс төртінші буын желілерін дамытуды талап етеді. Байланыстың бесінші буынының желілерін әзірлеу арналардың кең өткізу қабілетін қамтамасыз ету мақсатында жүргізіледі. Бесінші буын желілерін енгізу кезінде негізінен арналардың өткізу қабілетін арттыруға бағытталған жаңа технологиялар пайда болады. Жаңа буын желілеріне қойылатын талаптар жиынтығы: жақсартылған кең жолақты мобильді қол жетімділік, көптеген құрылғыларды қосу мүмкіндігі, кідіріссіз сенімді байланыс. Тиісінше, жаңа технологиялар барлық талаптарға сай болуы керек.

Байланыстың жаңа буынының негізгі технологияларының бірі - "Заттар интернеті". Бұл құрылғылар мен сенсорларды бақылау ғана емес, виртуалды және нақты интеграция. Өзара әрекеттесу адамдар мен құрылғылар арасында жүреді. Бұл процесті байланыс деп атауға болады.



Сурет 2.11 - 3D MIMO антенналарын пайдалану

5G NR радио технологиясының ерекшеліктері.

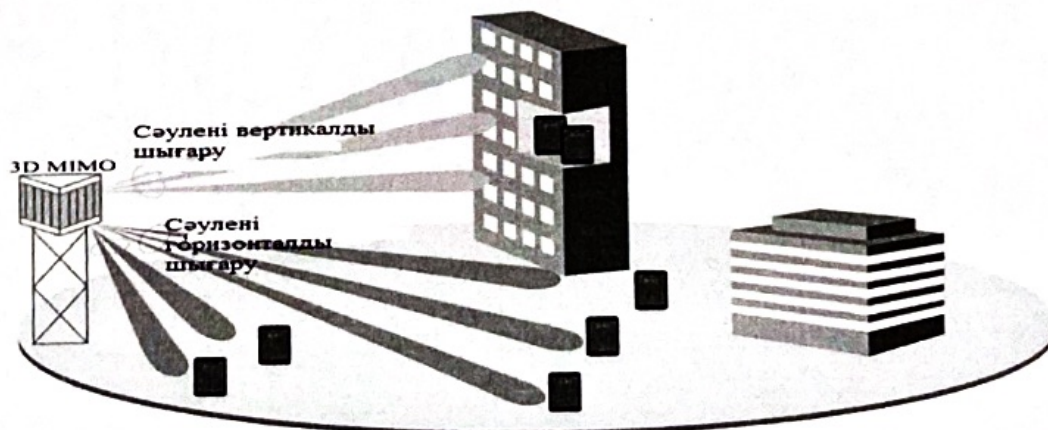
Технология екі нұсқада бар: автономды және автономды емес. Неавтоном коммерциялық жобалардың негізі болып табылады, ал автономия соңғы негізгі архитектураны қамтиды. Автономды 5G NR желінің тиімділігін арттырады, сонымен қатар операторлардың шығындарын азайтады және қарапайым пайдаланушылар үшін өнімділікті арттырады. Бұл нұсқада миллиметрлік жиілік қолданылады. Бұл кеңірек қамтуды қамтамасыз етеді.

Қазіргі уақытта технология стандарттары әзірленуде.

2.5-тен 40 ГГц-ке дейінгі жаңа радио спектрлер қосылады

Оңтайландырылған OFDM технологиясы қолданылады - арналардың ортогональды жиіліктік бөлінуімен мультиплекстеу.

Сәулелерді қалыптастыру (Beamforming). Технология радиотолқындар сәулесін базалық станциядан басқа сәулелерге әсер етпестен қозғалатын және қозғалмайтын объектілерге бағыттайды. Бұл технология mimo технологиясын қолданатын таратқыштар мен қабылдағыштарды қолдану арқылы мүмкін болды. Сәуленің пайда болуын қолдамайтын маршрутизаторлар барлық бағытта шексіз берілісті жүзеге асырады. Сәулені құрайтын құрылғылар сигналдарды кеңістікте таралмайтындай етіп шоғырландырады.



Сурет 2.12 - Beamforming сәулелерді қалыптастыру

2.5 5G желілері үшін радиожііліктер. Жиілік арналарының ені

Логикалық тұрғыдан алғанда, 5G желісін орналастыру үшін жиілік жолақтары әртүрлі сценарийлер бойынша бөлінеді. Ұялы байланыс операторлары бір-бірінен оқшауланған желілерді орналастырады. Әр желі өз функцияларын орындайды. 3GPP TS 38.211 v1.2.0 (2017-11) сипаттамасы 5G үшін жаңа радиожіілік жолақтарын анықтап, оларды екі блокқа бөлді: FR1 (6 ГГц немесе sub6G дейінгі жиіліктер) және FR2 (6 ГГц немесе mmWave-тен жоғары жиіліктер). Деректерді берудің бұрмалануын болдырмау және желідегі әртүрлі кедергілерді жою үшін жоғары жиілікті диапазондарда жұмыс істеу болжанады.

Жиілік неғұрлым жоғары болса, жолақтың ені соғұрлым жоғары болады және арнаның өткізу қабілеті оған тікелей байланысты. FR1 блогы үшін арнаның Ені 100 МГц — ке дейін, ал FR2 блогы үшін 50-400 МГц рұқсат етіледі. Сонымен, FR1 блогы үшін радиожіілік диапазоны 450-6000 МГц, FR2 блогы үшін 24250-52600 МГц.

Кесте 2.5 - 5G түрлі жиілік диапазондарында мүмкін болатын қолдану сценарийлері

Жиілік-тер	Жолақ ені	Сценарий-лер	Сипаттамасы
7ГГц FR2 жоғары	800МГц	eMBB	Ультра жоғары жылдамдық, азырақ қамту, тек көшелерде
2–7 ГГц (FR1)	100МГц	eMBB, URLLC, mMTC	Жоғары жылдамдық, көшелерді кең қамту, үй-жайлардағы қанағаттандырылғыш қамту
< 2 ГГц (FR1)	20МГц	eMBB, URLLC, mMTC	Орташа жылдамдық, көшелер мен үй-жайлардағы барлық жерді қамту

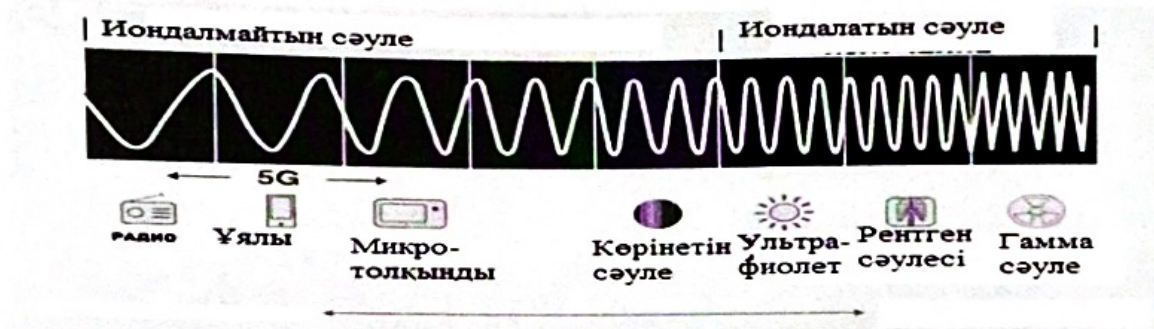
2.6 5G желілерінің адам денсаулығына әсері

Радиожіілік спектрі көптеген жолақтарға бөлінеді. 5G 30-дан 300 ГГц-ке дейінгі жиіліктерді пайдаланады.

Қоғамдық белсенділер, экологиялық ұйымдар жаңа байланыс стандартының пайда болуын теріс қабылдады. Қарсылықтың негізгі себебі-жоғары жиіліктерді пайдалану базалық станцияларды шамамен 200-300 метр сайын орнату қажеттілігіне әкеледі деген тұжырым. Әйтпесе, сигнал деңгейі нашар болады. 5G байланысынан басқа, біз үшінші және төртінші буын

желілерін пайдалануды тоқтатпаймыз. Бұл болашақта радиожиілік сәулесінің әсері артады дегенді білдіреді. Статистикаға сәйкес, адамдардың 2% - ы радиожиілік сәулесінің әсеріне шыдамайды. Мұндай адамдарда сәулелену көздерінің жанында қатты бас аурулары пайда болады, шаршау жоғарылайды, электромагниттік толқындардың спектрі иондамайтын сәуле және иондаушы деп аталатын екі маңызды бөліктен тұрады.

Иондаушы емес тірі организмдерге әлсіз әсер етеді.



Сурет 2.13 - 5G Электромагниттік спектрі

5G стандартты жиіліктер радио мен микротолқынды пештің арасында орналасқан.

Кестеде олардың күн радиациясының қауіптілігі аз екендігі көрсетілген.

Қазіргі уақытта көптеген жетекші ғылыми - зерттеу зертханалары жануарларға радио толқындарымен әсер ететін бірқатар тәжірибелер жүргізуде.

Орегон зертханасында зебрафишке арналған зерттеулер жүргізілуде. Зебрафиштің адам геномына ұқсастығы бар, яғни зерттеулер адамдарға қолданылуы мүмкін. Бірнеше күн ішінде балық 3,5 ГГц радиожиілік радиациясына ұшырады. Мұндай жиілікті 5G қолдайтын телефондар пайдаланады ешқандай өзгерістер табылған жоқ.

ДДҰ-ның осы мәселе бойынша тұрақсыз позициясы халық арасында негізсіз қауесеттер мен іс-әрекеттерге негіз береді. Мәселе мынада, соңғы онжылдықта қолданылатын технологиялар мен жиіліктер өте тез өзгерді. Осыған байланысты зерттеулердің сенімділігі өте қайшылықты. Тәжірибелік деректерді егжей-тегжейлі зерттеу үшін жинақтауға уақыт жоқ. Бұрынғы ТМД елдерінде электромагниттік өрістің әсер етуінің рұқсат етілген ең жоғары деңгейі шаршы сантиметрге 10 мкВт құрайды, ал Жапонияда ол 500-1000 мкВт жетеді. Жапондықтардың өмір сүру ұзақтығы басқа елдерге қарағанда әлдеқайда ұзақ.

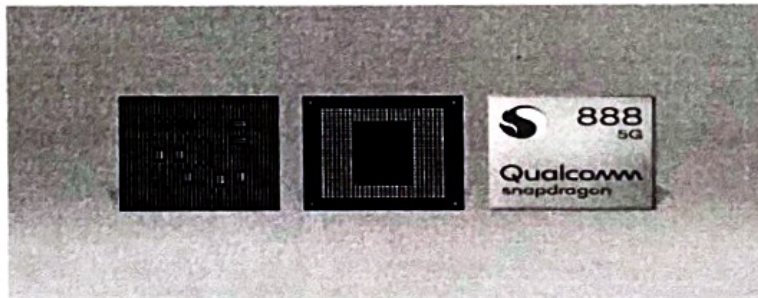
Миллиметрлік толқындардан қорықпау керек. Бұл спектрдің ең жоғары бөліктері ғана қауіпті, атап айтқанда рентген және гамма-сәулелер. Миллиметр иондаушы емес, яғни молекулалық байланыстарды бұзбайтын болып саналады. Ұялы мұнаралар шығаратын радио толқындар иондамайтын

сәулелену спектрінде болады. Мұндай сәуле адамның ДНҚ-ның қатерлі ісігі мен өзгеруіне әкелмейді.

2.7 5G үшін жетекші жабдық өндірушілер

Көптеген компаниялар технологиялардың, қызметтердің, бағдарламалық жасақтаманың, байланыстың бесінші буынына арналған электрондық компоненттердің дамуы мен іске асырылуына қатысады. Qualcomm компаниясы 5 G-ге қатысты барлық технологиялық патенттердің 15% - ына ие, компания ноутбуктерге, мобильді құрылғыларға және компьютерлерге арналған байланыс чиптерін шығарады.

2025 жылға қарай жаһандық трафиктің өсуі соншалық, энергия шығыны едәуір артады деп күтілуде. Байланыстың жаңа буыны бұрынғыға қарағанда 90% үнемді. Жетекші компаниялар энергия тұтынудың өсуін тежейтін және пайдаланушы құрылғылары мен инфрақұрылымдық объектілердің арзандауын тежейтін технологияларға күш-жігерін жұмсады. Сарапшылардың пікірінше, жаңа байланыс ең көп пайда әкелетін басым салалар да атап өтілді. Бұл көлік және логистика индустриясы, сондай-ақ өнеркәсіптік секторы.



Сурет 2.14 - Микросхемаларды модуляциялайтын смартфондарға арналған чипсеттер

Huawei қытайлық компаниясы өзінің Balong платформасын жасады. Платформа әртүрлі мақсаттар үшін үш түрлі шешімге бөлінген. Компания мобильді құрылғылар мен басқа жабдықтарды жасаушылар арасында көшбасшылардың бірі.



Сурет 2.15 - Huawei компаниясының базалық станциясы

HUAWEI - салалық технологиялық көшбасшы, инфрақұрылымдық технологияларды, желілік жабдықтарды (базалық станциялар, негізгі желілік жабдықтар, талшықты-оптикалық желілер және миллиметрлік толқындық тарату технологиялары), 5G чипсеттерін (базалық станцияларға арналған чиптер, модуляциялық чиптер мен смартфон чиптері) және 5G пайдаланушыларын қоса алғанда, 5G байланыс шешімдерінің толық спектрін ұсынады, құрылғылар (смартфондар, абоненттік жабдықтар, портативті роутерлер мен планшеттер).

2020 жылы компания базалық станциялардың әлемдік нарығын басқарды.

Huawei компаниясы 5gpp консорциумы әзірлеген жаһандық танылған 3G стандартын қолдайтын әлемдегі алғашқы коммерциялық клиенттік терминалды ұсынды.

Құрылғы шартты түрде Huawei 5g CPE деп аталады (абоненттің бөлмесінде орналасқан телекоммуникациялық жабдық.) Терминал balong 5g01 фирмалық чипсетіне негізделген.

Huawei 5GPP консорциумынан 3G стандартын қолдайтын әлемдегі алғашқы коммерциялық чипсеттің іске қосылғаны туралы хабарлады. Жаңа belong 5 G01 чипсеті 5g үшін ең көп таралған жиілік диапазондарын қолдайды, соның ішінде Sub-6 ГГц (төмен диапазон) және миллиметрлік толқындар (жоғары диапазон) және жүктеу жылдамдығын 2,3 Гбит/с дейін жеткізе алады.

Желілік жабдықты жеткізушілер:

Финдік Nokia компаниясы 5G инфрақұрылымын кеңейту үшін желілік жабдықты жеткізуші болып табылады.

Компания желілердің бесінші буыны үшін жабдықтарды жеткізу бойынша көшбасшылар үштігіне кіреді. Компания экожүйелерді, mmo антенналарын, базалық станцияларға арналған чипсеттерді құруға және дамытуға үлкен үлес қосты. Компания Тайваньдағы әртүрлі операторлармен сәтті жұмыс істейді.

Nokia жетістіктерінің ішінде сарапшылар vRAN, cloud RAN және open RUN экожүйелерінің дамуына айтарлықтай үлес қосқанын атап өтті. Сонымен қатар, әлемдік қоғамдастықта компанияның өнім сапасына, жеткізу және қызмет көрсету мерзімдерін сақтауға қатысты көптеген шағымдары бар.

Google Cloud-пен бірлескен жобаға қол қою компанияға жаңа сервистердің дамуына жаңа серпін беруі мүмкін.

Samsung Electronics 5G телекоммуникациялық жабдығының әлемдік нарығында көшбасшы болып табылады. Модульдің антенна бөлігі 100MHz ені бар 64 антеннаны қамтиды. Өзірлеушілердің айтуынша, мұндай тәсіл ақпарат берудің жоғары жылдамдығын және көптеген ықшам гаджеттермен үйлесімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

28 ГГц спектрін қолдайтын жаңа 5G New Radio (NR) радио модулі. Жаңа шешім радионы, антеннаны және сандық блокты бір ықшам корпуста біріктіреді, бұл оны nr 3GPP стандартына сәйкес келетін mmwave спектріне арналған алғашқы интеграцияланған құрылғы етеді.



Сурет 2.16 - Жаңа 5G жаңа радио модулі (NR)

5G белсенді дамуда. Өнім берушілердің саны артып, жабдық өндірушілер нарығында пайда болады. Технологиялар мен жабдықтар өндірісі әлемде басымдыққа ие.

2.8 Желілік қызметтердің қолданылу аясы

Өнімділік және қосымшалардың әртүрлілігі тұрғысынан 5G енгізу алдыңғы буын байланыстарымен салыстырғанда үлкен артықшылықтар береді. Бірақ қауіпсіздік саласындағы осындай өзгерістермен жаңа қауіптер пайда болады.

Бесінші ұрпақтың қауіпсіздік стандарты өткен технологиялардың әдістеріне негізделген, бірақ қызмет көрсетуге әлдеқайда көп актерлер қатысады, 5G қауіпсіздік бақылауы authentication and Key Agreement (AKA) хаттамасын бақылауға арналған. Хаттаманың бұл түрі құрылғы мен желінің бір-бірін аутентификациялауға, пайдаланушының конфедерациясы мен орналасқан жерін сақтауға мүмкіндік береді. Қазіргі зерттеу кезінде AKA бұл функцияларды орындамауы мүмкін. Зерттеушілер осы Хаттаманың бірқатар түзетулерін ұсынады. 5G желісінің жетілмеген қорғанысы шабуылдарға арналған өріс болып табылады. Қалай болғанда да, желінің кең таралуы

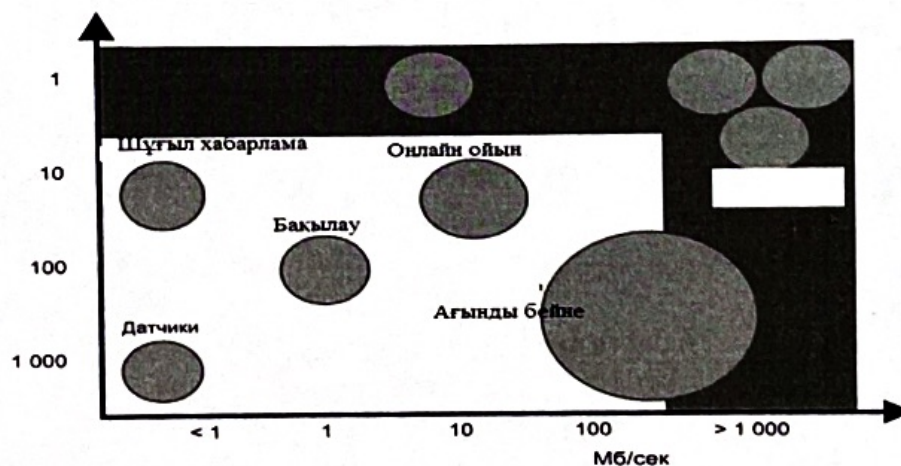
басталғанға дейін қауіпсіздік саласындағы әзірлеушілерге үлкен жұмыс қажет.

Жаңа желінің ауқымы өте кең. Барлық пайдаланушылар шексіз өткізу қабілеттілігін алады.

"Ақылды қала" және "ақылды үй" шешімдері үшін әртүрлі интернет қызметтерінің (IoT) кең спектрі қол жетімді болады. Бұған Денсаулық сақтау, электрондық үкімет, бейнебақылау, тұрмыстық техника мен қауіпсіздік жүйелерін басқару, білім беру және өмірдің басқа да салалары кіреді.

Жаңа желілер бұрыннан барларға қарағанда деректерді беру жылдамдығынан едәуір асып түседі. Қарапайым пайдаланушылар шексіз өткізу қабілеттілігін алады. Ақылды үй үшін қызметтердің кең спектрі қол жетімді болады. Бұл бейнебақылау, күзет және өртке қарсы дабыл. Қойма бөлмелері үшін-климаттық бақылау, сақтау қауіпсіздігі, жарықтандыру. Мемлекет тұрғындары үшін – қашықтықтан білім беру, жеке құрылғыдан түрлі қызметтерге ақы төлеу, электрондық үкімет және тағы басқалар. Жаңа технологиялар медицина саласында, ойын-сауық индустриясында сұранысқа ие болады.

Жаңа технологиялардың көмегімен өнеркәсіптік автоматтандыру мүмкін болады. Көлік ағынын бақылау нақты уақыт режимінде мүмкін болады.



Сурет 2.17 - Желілік қызметтерді қолдану аясы

Ақ түсте заманауи қызмет көрсету салалары ұсынылған. Көк 5G көмегімен ашылатын аймақты білдіреді.

5G енгізу жоғары түсіру жылдамдығын ұсынады. Бұл тұлғаны интеллектуалды танитын бейнебақылау жүйелері үшін үлкен мүмкіндіктер. бұл жүйе сізге дұрыс адамды 50 мың адамнан табуға мүмкіндік береді. Мұндай жүйе жедел-іздістіру іс-шараларына қаражатты үнемдеуге мүмкіндік береді және тұрғындардың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Негізгі 5G өнімі Sky Office-ке қосылған ноутбук болады, ал тұтынушы қарапайым ноутбукпен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие болады:

- төмен тұтыну;
- жүктеу уақытын үнемдеу, құрылғы жоғалған кезде деректер мен лицензиялар жоғалмайды;
- пассивті салқындату.

Жоғарыда айтылғандай, бүкіл әлем бойынша қосылған құрылғылардың саны тез өсуде. Бүгінгі таңда 5 миллионнан астам құрылғы қосылған. Осыған байланысты желілердегі трафик артады. Технологияның белсенді дамуы интеллектуалды элементтер, автомобильдер, тұрмыстық техника және т.б. сияқты адаптивті құрылғыларды желіге қосуды қамтиды, сәйкесінше желілерге үлкен талаптар қойылады. Байланыстың жаңа бесінші буыны интеграцияланған радио қол жетімділік технологиялары болады деп болжанады.

Бесінші буын желілерін сипаттайтын негізгі параметрлер:

- Бұл интернет заттарын қолдау;
- Кең жолақты сенімді ұялы байланыс;
- Кідіріссіз машинааралық байланыс;
- Жоғары өткізу қабілеті;
- Ең аз уақыт кідірісі;
- Миллиметрлік диапазонға өту;
- Жоғары энергия тиімділігі;
- Тікелей деректермен алмасу.

Бесінші буын желісінің қолданыстағы стандарттарын қолдау бір шаршы шақырымға миллион қосылуға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда өткізу қабілеті және сигналдың сәл кідірісі сақталады. Мемлекеттік секторда байланыстың артықшылықтары айқын. Бұл апат, апат, өрт орындарынан ақпаратты дереу беру. Құтқару операциясын басқарудың тиімділігі алынған ақпараттың дәлдігіне байланысты. Қарбалас уақытта камералардан жолдарды бақылау, сондай-ақ жолаушылар ағынын бақылау мүмкіндігі. Сонымен қатар, іске асыру жолында қиындықтар туындайды. Бұл ең алдымен жиіліктің болмауы. Желілердің қауіпсіздігіне байланысты сұрақтар туындайды. Қосылған құрылғылар мен қызметтердің саны неғұрлым көп болса, шабуыл жасау мүмкіндігі соғұрлым көп болады.

Бизнес пен халықты сапалы байланыс қызметтерімен қамтамасыз ету бойынша қазіргі заманның сын-қатерлерін ескере отырып, Халықаралық Электр байланысы одағы деректерді беру жылдамдығы бір миллисекунд үшін 10 Гбит /с-тан төмен емес, 5G ұялы байланысын енгізу туралы шешім қабылдайды. Ақпаратты беру жылдамдығын арттыру пайдаланылатын жиіліктер жолағын кеңейту есебінен мүмкін болады, сондай-ақ желілерге қойылатын талаптарды миллиметрлік жиіліктер диапазонында ғана іске асыруға болады.

Миллиметрлік толқындардың диапазоны жақсы зерттелген тақырып, бірақ миллиметрлік толқындар қатты ыдырауға бейім.

ММД миллиметрлік диапазонын зерттеумен қазіргі заманның көптеген ғалымдары айналысады: Ю.П. Титов, Л. Френзел, а. в. Чеканов, В. В. Третьяков, К. Раппапорт және т.б.

Радиожиілік арналарын беру әртүрлі радиоқұралдардың міндетті үйлесімділігімен жиіліктік-аумақтық жоспарлаудың әртүрлі технологиялары бойынша жүзеге асырылады. Сондықтан байланыстың жаңа буынын құрудың негізгі бағыты 5 ГГц-тен жоғары жиілік диапазондарын дамыту болып табылады, олар әлі де аз қолданылады.

Спектрдің бос бөліктері өте жоғары жиіліктерде, бірақ миллиметрлік толқын диапазоны аз игерілген.

Бұл диапазон радиоэлектрондық құралдардың тығыздығы жоғары аудандарда тиімді.

Бүгінгі таңда әлемде ММД спутниктік және жер үсті радиорелелік байланыстарда (PPC) қолданылады.

Мысалы, коммерциялық байланыс қажеттіліктері үшін 27-32 Гц, 36-38 Гц, 40-42,5 ГГц жиілік диапазондары қолданылады. Бұл жиіліктер теледидар, телекоммуникация желілері үшін қолданылады. Дегенмен, миллиметрлік толқын диапазонында әлі де спектрдің бос бөліктері бар және олар 5G ұялы байланысының жаңа буынын құру және практикалық қолдану үшін бос орын болып табылады.

2014 жылы Ericsson 15 ГГц жиілік диапазонында сәтті сынақтар сериясын өткізді және MIMO (Multiple Input Multiple Output) технологиясын қолдану арқылы 5 Гбит/с жылдамдықта деректерді беруге қол жеткізді. 5G желілерінің прототиптері бар. Оңтүстік Корея алғашқы 5G желісін іске қосты.

Сондай-ақ, Huawei және Vodafone компаниялары 2016 жылы 5G стандартының алғашқы далалық сынағын өткізді. 60-тан 90 ГГц-ке дейінгі жиілік диапазонындағы деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы 20 Гбит/с құрайды.

Миллиметрлік толқындардың басты кемшілігі-тарату кезінде сигналдың қатты әлсіреуі. Бұл мәселені шешу үшін бірнеше әдістер қолданылады:

- үлкен пайда коэффициентімен фазаланған антенналық торларды қолдану;
- аралық қабылдау технологиясын қолдану;
- бір уақытта бірнеше сигнал жіберіп, қабылдаған кезде MIMO технологиясын қолдану;
- ақпаратты беру кезінде шуылға қарсы кодтауды қолдану.

Алғашқы екі әдіс осы диапазондағы антенналардың аз мөлшеріне байланысты ММД байланыс желісіндегі энергия потенциалын арттырады. Үшінші әдіс-кеңейтілген қабылдау энергия әлеуетін сақтауға көмектеседі. MIMO технологиясы LTE және WLAN желілерінде қабылдауды

оңтайландыру үшін қолданылады. Жоғары жиіліктер үшін Massive MIMO – қабылдауды оңтайландыру технологиясы қолданылады, онда мобильді құрылғыларда ондаған кішкентай антенналар және жүздеген – таратушы базалық станцияда орналастырылады.

Шуылға қарсы кодтау қателіктердің ықтималдығын азайтады, дегенмен ақпарат беру жылдамдығын біршама төмендетеді.

ММД диапазонында спектрдің бос учаскелерінің болуы 5G ұялы байланысының жаңа буынын игеру кезінде осы диапазондағы радиожүйелерді қолдану үшін жасайды. Негізгі себеп - ММД сигналдарының қатты сөнуі.

ММД-нің басты артықшылығы - кең жиілік диапазонын пайдалану мүмкіндігі. Кемшіліктері - қатты сөну, жауын-шашынның қабылданған сигнал деңгейіне әсері, атмосферада бөгде заттардың болуы, қабылданған сигнал деңгейіне кедергілердің әсері, сигналдың әлсіреу аймақтарының болуы.

Оттегі молекулалары мен су буларымен ММД жиіліктері.

Дұрыс есепке алу арқылы жоғары жылдамдықты деректерді беру және кең жолақты қол жеткізу үшін жарамды ММД спектрінің бөлімдерін анықтауға болады.

3 КГц-тен 56 ГГц-ке дейінгі жиіліктерде және сигналдардың әлсіреуімен 2 дБ-ден аз әлсіреген спектр бөлімдері көрсетілген.

200 Гц-тен 310 Гц-ке дейінгі жиіліктерде ММД 3дБ-дан кем.

3 5G миллиметрлік диапазондағы радиоарналарды зерттеу

3.1 ММД арналары арқылы тарату кезінде сигналды өшіру. Көп сәулелі арна моделі. Көп сәулелі тыныспен күресу әдістері

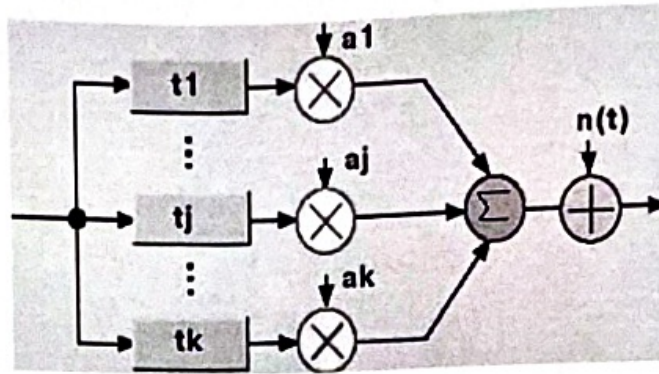
ММД сигналының жоғалу себептері әртүрлі. Қабылдағыштың антеннасына қабылданған сигнал радио толқындарының кедергісі нәтижесінде пайда болады. Әрбір жаңадан келетін толқынның өзіндік сипаттамалары бар: амплитудасы, таралу уақыты, жиіліктің доплер ауысуы, шағылысу кезіндегі фазалық ығысу. Таралу жағдайларының, жер бетіне түсу бұрышының және басқа көрсеткіштердің кез келген өзгерістері кезінде сигналдардың параметрлері өзгереді және тиісінше жиынтық сигналдың амплитудасы мен фазасы өзгереді. Радиорелелік байланыста қатып қалу екі түрге бөлінеді - қабылданған сигнал деңгейінің өзгеру жылдамдығына байланысты тез және баяу. Интерференциялық немесе жылдам замирения әртүрлі тарату жолдарымен келген сигналдардың өзара амплитудасы мен фазалық қатынастарының өзгеруіне байланысты пайда болады. Таралу ортасының қасиеттері өзгерген кезде баяу қатаю пайда болады. Замирения үлкен және кішігірім. Өз кезегінде кішігірім бөліктер тез және баяу бөлінеді. Ұялы байланыс жүйесіндегі сигналдар тікелей желі бойынша таралмайды. Олардың таралу жолында көптеген кедергілер бар және олардан сигнал шағылысады. Тиісінше, қозғалыс траекториясы өзгереді. Нәтижесінде қабылдағыш бастапқы сигналдың бірнеше көшірмесін алады, бірақ әртүрлі амплитудасы бар. Бұл сигналдың көп сәулелі таралуы деп аталады.

Көп сәулені тарату.

Таратқыштан қабылдағышқа таралу жолында радио сигнал кедергілерге тап болады. Осындай кездесуден кейін радиосигнал бір жаққа шағылысады. Мұндай сигналға қол жеткізу кеш болады. Басқа сигнал көп шағылысудан өтуі мүмкін, тиісінше, кідіріс одан да күшті болады.

Бұл жағдай таратқыш пен қабылдағыш арасында бірнеше жеткізу жолдары пайда болған жағдайда алынады. Бұл жағдайда сигнал энергиясы біркелкі бөлінбейді. Осындай көп сәулелі таралумен қабылдағыш бірден бірнеше көшірмені алады. Егер сіз осы көшірмелерді бір-бірімен салыстырғанда, сигнал таратылған кезде пайда болған қателерді анықтай аламыз.

Көп сәулелі сигналдың жер бетінен, судан немесе тропосфера қабаттарынан шағылысуымен байланысты. Көрсетілген көшірмелерді салыстырмалы талдау Rake қабылдағышының жұмысының негізі болып табылады. Құрылғы бірнеше қабылдағыштардың қосылуы болып табылады. Олардың әрқайсысы өз сәулесіне бейімделген. Әр қабылдағыш қалған көшірмелерден жылжу уақытын анықтайды. Барлық қабылдағыштардың энергиясы салыстырылады және жинақталады.



Сурет 3.1 - Көп сәулелі арна моделі

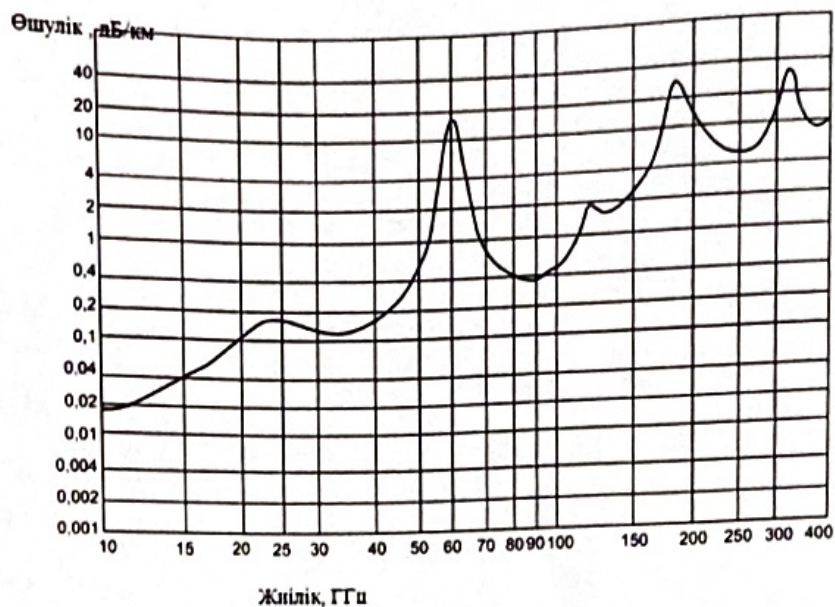
3.2 ММД сигналының әлсіреуі, ауа райы жағдайлары мен гидрометеорлардың әсері. ММД кедергілермен жұтылуы

ММД сигналының әлсіреуіне үлкен әсер бос кеңістіктегі өшуге әкеледі, оның мәні абоненттер арасындағы қашықтыққа және байланыс жүйесінің жиілігіне байланысты. Тыныш атмосферада да сигнал айтарлықтай әлсірейді. ММД сигналдарының резонанстық және резонанстық емес әлсіреуін атмосферамен ажыратылады. Резонанс су мен оттегі молекулаларында жүреді.

Сигнал деңгейінің едәуір әлсіреуі радиостанцияға жақын шағылысатын заттардың санына байланысты. Мысалы, ММД сигналдары ғимараттардың қабырғалары арқылы өткен кезде. Төмен жиілікті сигналдар мұндай кедергілерден оңай өтеді, ал ММД сигналдары қатты материалдарда айтарлықтай әлсірейді, ал 30 ГГц-тен жоғары жиіліктерде олар әдеттегі бетон және кірпіш қабырғаларға енбейді. Сигналдың әлсіреуі оттегіге немесе су буларына сіңуіне байланысты болады. Егер жауын-шашынның қарқындылығы белгілі болса, онда әлсіреуді нақты әлсіреуді жолдың ұзындығына біріктіру арқылы есептеуге болады. Трассаның әлсіреу коэффициенті мына формула бойынша анықталады:

$$r = \frac{1}{1 + d/d_0}$$

d_0 -жолдағы кездейсоқ жаңбыр ұяшығының ұзындығы.



Сурет 3.2 - Атмосфера газдарындағы миллиметрлік толқындардың сөнуі

Радиостанция әртүрлі шағылысатын қасиеттері мен әртүрлі орналасуы бар көптеген шағылысатын заттармен қоршалған. Қабылдау нүктесіндегі соңғы сигнал әртүрлі жолдармен келген көптеген сәулелерден пайда болады. Сондай-ақ, ғимараттардың қабырғалары арқылы өту кезінде сигналдың әлсіреуі орын алады. Әр түрлі кедергілерден оңай өтетін төмен жиілікті сигналдардан айырмашылығы, қатты материалдарда ММД сигналдары қатты әлсірейді. Жоғарыда айтылғандардың негізінде ММД радиоарналарында сигналдардың әлсіреу себептерін анықтауға болады:

- атмосферада таралу кезінде радиотолқындардың әлсіреуі;
- жаңбыр, бұршақ, қар және т. б. салдарынан энергияның жоғалуы;
- көп сөйлеушілік себебінен ММД сигналдарының өшіп қалуы;
- таратушы және қабылдау станцияларында антенналардың өзара орналасуын өзгерту (жылжымалы абоненттерде);
- кедергілерден өту кезінде сигналдың әлсіреуі;
- бос кеңістіктегі радиотолқындардың әлсіреуі.

ММД - де айтарлықтай сіңіру оттегі мен су молекулаларын тудырады. 60, 183, 320 жиіліктерінің жанында айтарлықтай әлсіреу байқалады. 110 ГГц-ке дейінгі жиіліктерде 1 дБ/км-ден аспайды, демек, қарқынды сіңіру оттегі үшін 2,5 мм және 5 мм толқындарда, ал су буы үшін 1,8 мм және 13,5 мм толқындарда жүреді.

Жаңбырда, қарда ММД сигналдарының әлсіреуін, сондай-ақ оларға шаң мен тұманның әсерін эксперименттік зерттеу кезінде сигналдардың сіңу себептері анықталды. Жаңбыр тамшылардың пайда болуы болғандықтан, сигнал тамшылардың түзілуінен көрінеді және шашырайды, сондықтан жаңбыр ММД сигналдарын сіңіру себептерінің бірі болып табылады. Жұтылудың келесі себебі - тамшыларды радио толқындары ауысатын

жартылай өткізгіш ретінде қарастыруға болады, яғни су тамшыларында пайда болатын энергия шығыны радио толқындарының ығысуына себеп болады.

5G ұялы байланысының ұрпағында адам киетін немесе көлік құралына орнатылған стационарлық станциялар болады деп болжанады. 5G портативті және автомобиль станциялары үшін радио сигналы таратқыштан қабылдағышқа өтеді және жер бетіне жақын таралады. Олар ММД жиіліктерінің толқын ұзындығына сәйкес келеді. Шағылысу аймағының өсуімен сигнал бірнеше децибелге артуы мүмкін.

Біз білетіндей, төмен жиілікті сигналдар кедергілерден оңай өтеді. Миллиметрлік толқындар қатты материалдардың көпшілігіне енбейді, іс жүзінде оларға түсіп кетеді. Мұндай толқындардың ең маңызды сіңуі ормандардан өткен кезде пайда болады. Жүргізілген зерттеулер негізінде МЭО ұсыныстар жасады, соның негізінде орман аймағындағы жолдар үшін есептеулер жүргізілді. Орманның үлкен тереңдігінде сигнал минимумға дейін әлсірейді. Қатты кедергілерде сигналдардың сөнуі өте үлкен. Жылжымалы радиобайланыстың жоғары жылдамдықты буындарын құру негізінен Ka, Q, U, V, E, W, F, D сияқты миллиметрлік жиілік диапазонын игеру арқылы мүмкін болады, сонымен қатар ММД радиоарналарын зерттеу және талдау кезінде ақпарат беру кезінде ММД сигналдарының әлсіреуіне әсер ететін негізгі факторлар анықталды. Сондай-ақ, жаңа әзірлемелердің сапасын бағалауға мүмкіндік беретін әдістемелер жасау қажеттілігі анықталады. ММД таралу жағдайларына күннің уақыты әсер етпейді, бірақ диапазонды тез игеруге қиындық тудыратын басқа да себептер бар.

Мобильді радиостанциялар әртүрлі қасиеттері бар көптеген шағылысатын заттармен қоршалған. ММД сигналдары ғимараттардың қабырғалары арқылы өткен кезде қосымша босатулар пайда болуы мүмкін. Мұндай кедергілерден оңай өтетін төмен жиілікті сигналдардан айырмашылығы, 30 ГГц-тен жоғары жиіліктегі ММД сигналдары қатты материалдарда қатты әлсірейді және әдеттегі бетон және кірпіш қабырғалардан іс жүзінде өтпейді. Осылайша, ММД радиоарнасындағы сигналдардың әлсіреу себептерін анықтауға болады:

- бос кеңістікте радиотолқындардың әлсіреуі;
- атмосфераның газдарында таралған кезде радиотолқындардың қосымша әлсіреуі;
- жаңбыр мен басқа да гидрометеорларға байланысты радиотолқындардың энергия шығыны;
- көп сөйлеушілікке байланысты ММД сигналдарының өшуі;
- өзара байланыстың өзгеруіне байланысты жылжымалы абоненттерде сигналдардың ауытқуы
- тарату және қабылдау станцияларында антенналардың орналасуы;
- ағаштардың жапырақтары арқылы таралған кезде ММД сигналының өшуі;

- ғимарат қабырғалары сияқты тығыз кедергілерден өту кезінде сигналдардың әлсіреуі.

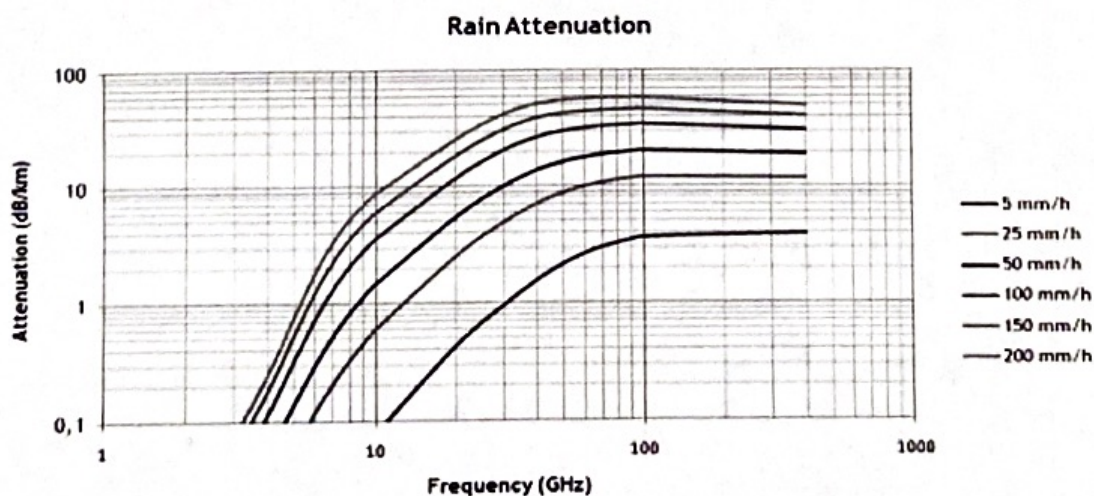
Атмосферада таралу кезінде ММД-ның әлсіреуі

ММД-де ең маңызды сіңіру оттегі мен атмосфералық су молекулаларын тудырады.

Радиотолқындардың ең белсенді сіңуі су буы үшін 1,8 мм және 13,5 мм толқындардағы оттегі молекулалары үшін 2,5 мм және 5 мм толқындарда байқалады. Озонда, көмірқышқыл газында және метанда зерттеу кезінде миллиметрлік радио толқындарының қатты сіңуі байқалмайды.

Сондай-ақ, әртүрлі климаттық аймақтарда радиотолқындардың жұтылуы туралы зерттеулер жүргізілді. Жаңбырдағы жұтылудың себептерінің бірі-тамшылардың түзілуінен сигналдардың шағылысуына байланысты энергияның шашырауы, өйткені судың диэлектрлік тұрақтысы қоршаған ауаның өткізгіштігінен бірнеше есе жоғары және қоршаған ортаның динамикалық өзгеретін шекаралары бар. Сіңірудің тағы бір себебі кез-келген тамшылардың түзілуі радиотолқын таралатын жартылай өткізгіш ретінде қарастырылатындығымен анықталады. Ағынның араластыру тығыздығы айтарлықтай және жиілікке пропорционалды, сондықтан маңызды ағындар ММД-нің ең жоғары жиіліктерінде пайда болады. Су тамшыларында пайда болатын энергияның жоғалуы радиотолқындардың сіңуіне себеп болады. Сонымен қатар, ММД тарату сигналының әлсіреуі жауын-шашын мөлшері мен олардың мөлшерінің ұлғаюымен, ММД толқын ұзындығына жақындауымен артады.

Барлық дерлік ММД диапазонында сіңіру коэффициенті мен жаңбырдың қарқындылығы арасында сызықтық байланыс бар. Жаңбырдағы ММД сигналдарының сіңірілуінің жұмыстағы жиілікке тәуелділігі 30-100 ГГц ММД үшін 100 мм / сағ қарқындылығы бар нөсер үшін басқа зерттеушілердің эксперименттік нәтижелеріне сәйкес келетін өрнекпен жуықталған. Бұл суретте көрсетілген.



Сурет 3.3 - Миллиметрлік толқындардың жауын-шашынмен жұтылуы

3.3 5G пайдалану сценарийлері

Бесінші буын байланыс желілерінің дамуына байланысты заттар интернеті (IoT) құрылғыларының маңызды қосылыстарының негізінде жасалған пайдалану сценарийлері неғұрлым перспективалы болады. 5G толық ауқымды дамуына байланысты халық үшін, сондай-ақ өнеркәсіптік сегмент үшін көптеген жаңа қызметтер пайда болады. Белгілі бір уақыт аралығында деректерді беру әртүрлі қосымшалардың әрекеті үшін қажет, мысалы, құрылғыларды қашықтықтан басқару немесе ойын және ойын-сауық қызметтері үшін.

Өнеркәсіптік бақылау нақты уақыт режимінде есепке алу және талдау функцияларын, сондай-ақ роботтандырылған техниканы басқаруды, қызметтің жарамдылығы мен орындылығын бақылауды қамтиды. Роботтар мен адамдар бірге жұмыс істейтін біздің әлемде сапалы байланыс адамдар мен машиналардың өзара әрекеттесуін жақсартады және жазатайым оқиғалар қаупін азайтады.

Мобильді автоматтандыру көлік құралдарын басқару циклінің үздіксіздігін, қозғалыс қауіпсіздігін, басқарылуын және үндестірілуін қамтамасыз етеді.

Құрылғыларды басқару жабдықтар мен машиналарды қашықтан басқаруға мүмкіндік береді. Ақылды үй технологиясы тұрғын үй қауіпсіздігі мен адам денсаулығын қамтамасыз етеді.

Нақты уақыт режиміндегі медиа технологиялар виртуалды шындық технологияларымен жеке ойын қызметтерін құруға мүмкіндік береді.

COVID-19 пандемиясы байланыс технологиясының құндылығын көрсетті. Пандемия жағдайында цифрландыруға сұраныс тек күшейеді. Көптеген елдерде өнімділігі жоғары желілерді белсенді пайдалану қажеттілігі туындады. 5G-технологияларды медициналық мақсаттарда пайдаланудың жаңа мысалдары пайда болды.

5G байланысы өмірлік маңызды функциялардың көрсеткіштерін тіркейтін және ақпаратты бұлтты диагностикалық деректер орталығына жіберетін биодатиктердің көмегімен науқастың жағдайын қашықтан бақылауға мүмкіндік береді.

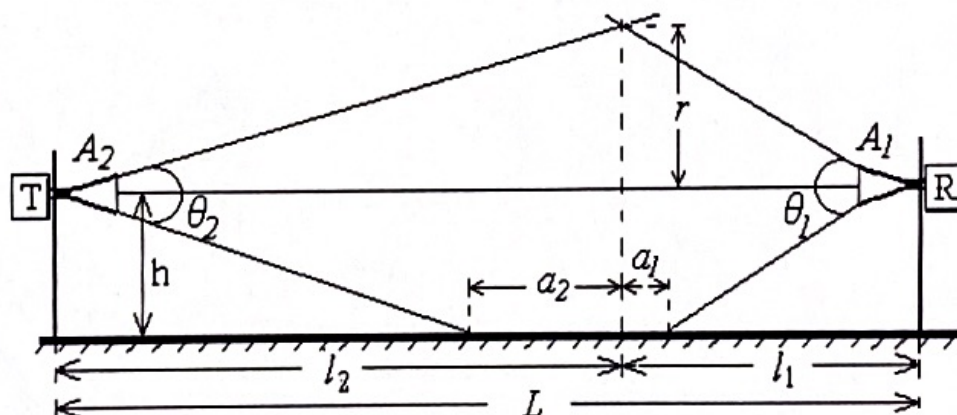
Бүгінгі таңда Қазақстанда байланыстың бесінші буынын дамыту өз кезегімен жүріп жатыр. Бұл саланың статистикасы әлі мүмкін емес. 5G ұялы байланысының тестілік сынақтары қазірдің өзінде Нұрсұлтан, Алматы, Шымкент қалаларында өткізілді.

Байланысты кезең-кезеңімен енгізу 2025 жылға дейін Республикалық маңызы бар қалаларда жоспарланған. Пилоттық жобаларды тестілеуден басқа нормативтік-құқықтық база әзірленуде. "Қазақтелеком" АҚ жаңа технологияны енгізу тұжырымдамасын белсенді әзірлеуде. Реттеу тетіктері, енгізудің қаржылық-экономикалық және санитарлық аспектілері пысықталып, талданады. Экожүйенің бизнес-модельдері анықталады.

Шын мәнінде, енгізудің бірінші кезеңінде бұл жаппай пайдалану туралы болмайды. Көшу кезең-кезеңмен және біртіндеп жүзеге асырылады. Құрылғылармен бәрі де оңай емес. 5G байланысын қосу және пайдалану үшін сізге осы технологияны қолдайтын смартфондар қажет. Мұндай құрылғылардың бағасы өте жоғары және олар пайдаланушылар арасында аз кездеседі. Сондықтан сарапшылардың болжамы бойынша технология бизнес-ортада, цифрландыру саласында, өнеркәсіпте неғұрлым сұранысқа ие болады.

3.4 Қазақстанда 5G енгізудің алғышарттары мен мүмкіндіктері

5G байланыс буынында әртүрлі станциялар болады: Абоненттік стационарлық, адам тасымалдайтын және көлік құралдарына орнатылған. Тасымалды және көліктік жүйелер үшін радиосигнал төселетін бетке тікелей жақын жерде таралады. Бұл бет әрқашан MML жиіліктерінің толқын ұзындығына сәйкес келетін қисықтыққа ие. Мысал ретінде біз қабылдағыш құрылғыға тікелей сигналдың келуінің жалпы жағдайын және жер бетінен радиотолқынмен шағылысқан жиынтықты қарастырамыз.



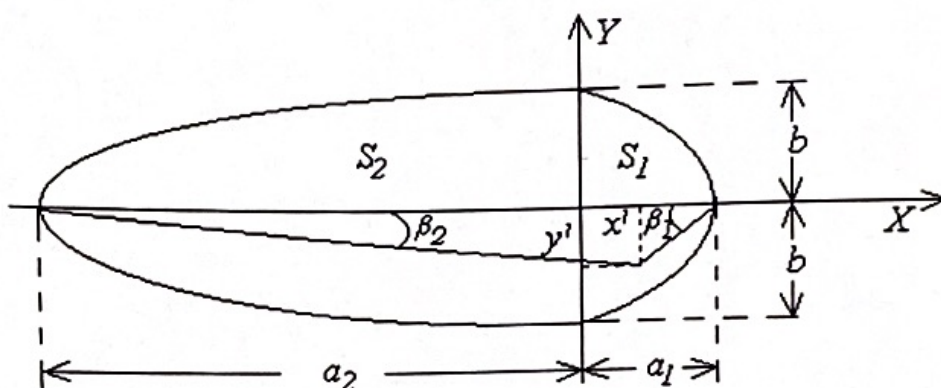
Сурет 3.4 - Радиотолқындардың жер бетіне таралуы

Шағылысқан толқындар қабылдау антеннасына әртүрлі фазалар мен амплитудалармен келеді. Бұл жер бетінің шағылысу қасиеттеріне байланысты.

$a_1 + a_2$ қашықтықтағы шағылысатын бетінде ММД сигналдарының толқын ұзындығына сәйкес келетін өлшемдері бар көптеген пассивті және ретсіз бағытталған микроретрансляторлар бар, содан кейін шағылысудың нәтижесі кездейсоқ амплитудасы мен фазалары бар көптеген жеке сәулелердің суперпозициясы болады. Шағылысу нүктесінен сәулеленудің көрінісі барлық бағыттағы сипатқа ие, өйткені сигналдың микро шағылыстырғыштарының астындағы бетке отикалық орналасуы.

Жер бетіндегі сигналдардың шағылысу ауданы- бұл жалпы жағдайда a_1 және a_2 әр түрлі ұзындықтары бар шағылысатын беттің орналасуына байланысты тарату және қабылдау антенналарының диаграммаларынан екі параболалық конустың қиылысуынан пайда болған дене бөлігі.

Суретте сигналдың шағылысу аймағының жоғарғы жағындағы көрініс көрсетілген. Ол бұрмаланған эллипс түрінде болады.



Сурет 3.5 - ММВ сигналының шағылысу нүктесі

Параболаның сегменттерінің параметрлерін формула бойынша есептеуге болады:

$$b = \sqrt{r^2 - h^2}; a_1 = l_1 - h \operatorname{ctg} \frac{\theta_1}{2}; a_2 = l_2 - h \operatorname{ctg} \frac{\theta_2}{2} \quad \#(1)$$

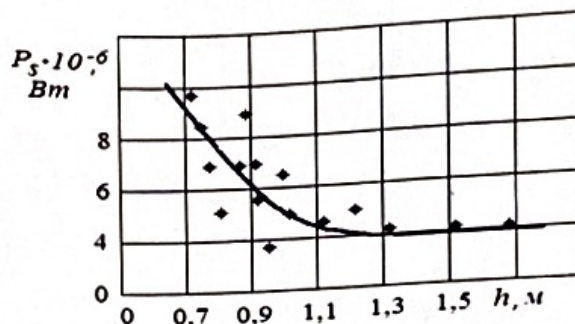
S_1, S_2 дақтардың шағылысу аудандары анықталады:

$$S_1 = \frac{4}{3} b a_1; S_2 = \frac{4}{3} b a_2 \quad \#(2)$$

ММД сигналдарының бетінен көрінуінің жалпы ауданы мынадай формула бойынша есептеледі:

$$S = \frac{4}{3} \left[L - h \left(\operatorname{ctg} \frac{\theta_1}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\theta_2}{2} \right) \right] \sqrt{\left(\frac{L \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} + \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2}} \right)^2 - h^2} \quad \#(3)$$

Суретте. 28 ГГц жиілігінде ұзындығы 65 метр байланыс желісіндегі ММД экспериментінің нәтижелері көрсетілген. Бірінші антенна 1.5 метр биіктікте орналасқан, екіншісі 0.7-ден 1.5 м-ге дейін биіктікте жылжиды.



Сурет 3.6 - Көрсетілген қуат шамасының көріну сызығынан бетке дейінгі қашықтыққа тәуелділігі

3.5 FWA жобасы

ITU Telecom World 2019 халықаралық конференциясында Халықаралық Электр байланысы одағы тіркелген сымсыз қатынау мүмкіндіктері (FWA) туралы мәселені талқылады.

4G / 5G FWA — кең жолақты қосылыстарды кеңейтетін жаңа технология. Ол үйдегі кең жолақты талаптарды сақтай отырып, төмен жылдамдықты кең жолақты жоғары жылдамдыққа жаңартады және пәтерлерге апаратын талшықты-оптикалық желілерге балама болады. Кең жолақты ұялы байланыс дамып келе жатқанда, оны пайдалану жылдамдығы үнемі артып келеді, өйткені ол 4G және 5G инфрақұрылымын тіркелген кең жолақты қызметтерге қолдана алады. Бұл желіге қол жетімділігі жоқ адамға қосылуға, төмен жылдамдықты кең жолақты өткізу қабілетін минималды шығындармен арттыруға, ауылдарда желіні жабу және төмен жылдамдықты мыс кабельдерін жаңарту мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Қазақтелеком АҚ инновациялар жөніндегі директоры Н. Мейірмановтың айтуынша, FWA қол жеткізу қиын аудандар (жеке сектор, қала маңы) үшін оптикалық талшыққа балама болып табылады. Талшыққа қол жеткізу қиын учаскелер қалалардың шетіндегі әрбір елді мекенде және ауылдық жерлерде кездеседі.

Fixed Wireless Access 5G стандартының мүмкіндіктеріне негізделген. Мұндай желілер арқылы деректерді беру жылдамдығы 20-дан 50 Мбит/сек-қа дейін. FWA-мұндай аудандар үшін сымсыз байланыс арқылы жаппай қызметтерге қол жетімділікті қамтамасыз етудің ең жақсы мүмкіндігі FWA технологиясын Wi-Fi және 4G негізінде іске қосуға болады, бірақ бүгінгі таңда 1 Герцке 1 бит беру тұрғысынан ең тиімді стандарт 5G болып табылады, сондықтан олар FWA жобасын жаңа байланыс стандартын қолдануға бағыттайды.

Мысалы, Шымкентте FWA технологиясы бойынша 14 базалық станция орнату жоспарлануда. Жұмыстың практикалық бөлігінде мен қатысушы болып табылатын Шымкент қаласындағы 4 абонент үшін FWA POC-тестілеуі ұсынылды.

3.6 Максималды рұқсат етілген шығындар мен ұялы радиус мүмкіндіктері мен деректерді беру жылдамдығын есептеу

Жұмыстың практикалық бөлімінде ММД толқындарының төселінетін жер үстінен таралуының есептері, трассада мұздану ұзақтығы мен жиілігі, 5G NR деректерді беру жылдамдығын есептеу, ең жоғары жол берілетін ысыраптарды есептеу, сондай-ақ Шымкент қаласында өткізілген FWA үлкен Қазақстандық жобасын тестілеу ұсынылды.

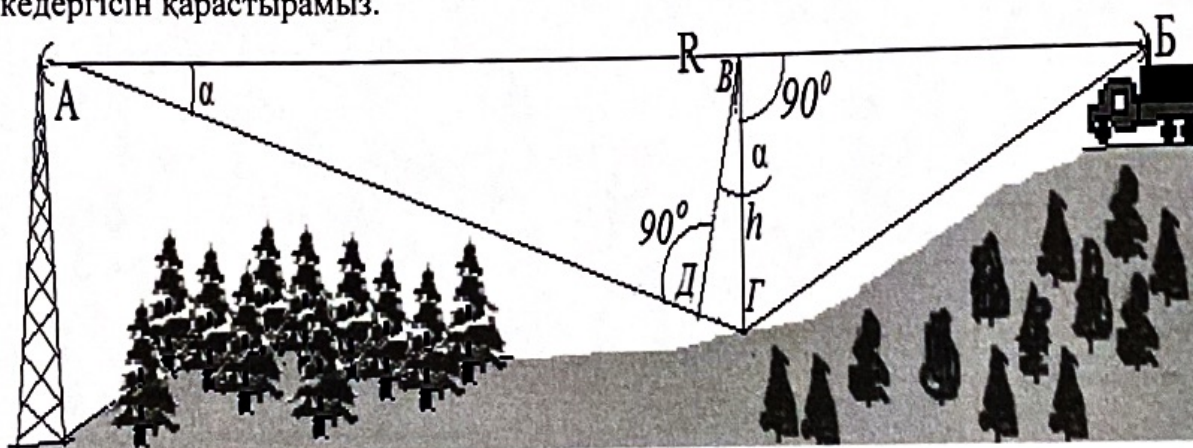
Баяу қатып қалудың жалпы қабылданған моделі- бұл логарифмдік-калыпты ықтималдық заңымен сипатталған модель.

Логарифмдік - калыпты үлестіру x кезінде баяу қатаюдың кездейсоқ процесінің орташа деңгейінің таралу ықтималдығының тығыздығы функциясы өрнекпен анықталады:

$$\omega(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_M x} \exp \left[-\frac{(\ln x - m_M)^2}{2\sigma_M^2} \right], \#(4)$$

мұндағы σ_M , m_M -тарату параметрлері.

Екі абонентті бір-бірінен R қашықтықта қосатын толқындардың кедергісін қарастырамыз.



Сурет 3.7 - Жылжымалы байланыс аралығы

Бұл радиотолқындардың жазық жерлерде, ауылдық жерлерде немесе автомобиль жолдары бойында таралуының қарапайым екі сәулелі моделі. Сигналдың бұл таралуы қабылдағыш пен таратқыш арасындағы бір шағылысу кезінде тікелей жолға тән. Шағылысқан толқын радиотолқындар жерден шағылысқан кезде пайда болады. Шағылысу нүктесі - шағылысу нүктесінде профильге тангенс пен осы нүктеден абоненттердің антенналарына тартылған түзу сызықтар арасындағы сырғу бұрыштарының теңдігі. Мысалы, суретте сәулелердің кедергісіне байланысты қатып қалудың жиілігі мен ұзақтығын есептейді. Базалық станциядан абонентке Сигнал екі жол бойынша таратылады - ең қысқа АҚ және одан ұзын АГБ. Н сәулелері

арасындағы максималды қашықтық, ал осы таралу жолдары бойынша сигнал жүрісінің айырмасы $\Delta R = AB - (AG + BG) = DG$ ретінде анықталады.

Өйткені, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{R/2} = \frac{2h}{R}$, және бір мезгілде $\operatorname{tg} \alpha = \frac{DG}{h} \cong \frac{DG}{h}$, содан кейін

$$\Delta R = DG = \frac{2h^2}{R} \quad \#(5)$$

Қабылдау нүктесіндегі сәулелер арасындағы фазалық айырмашылық сигнал осы сәулелер арқылы таралған кезде фазалық рейд ретінде анықталады

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta R = \frac{4\pi h^2}{\lambda R} = \frac{4\pi h^2 f}{RC}, \quad \#(6)$$

мұндағы l -абоненттердің жұмыс толқынының ұзындығы, f -жұмыс жиілігі, c -радио толқынының жылдамдығы.

Ұялы байланыс кезінде h қашықтығы R -мен салыстырғанда MMV диапазонында аз болғандықтан, α бұрышы аз,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2h}{R} \cong \alpha; \quad h = \frac{\alpha R}{2} \quad \#(7)$$

содан кейін салқындату ұзақтығы салқындату жылдамдығының кері мәні ретінде анықталады:

$$\tau = \frac{dt}{d\varphi} = \frac{2\lambda}{\pi \alpha^2} \frac{dt}{dR} \quad \#(8)$$

Бұл өрнектен толқын ұзындығы неғұрлым аз болса, соғұрлым салқындату жиілігі артып, ұзақтығы төмендейді. Сигналдардың таралу сәулелері арасындағы h қашықтығының жоғарылауымен α бұрышы артады, мұздату жиілігі артады, ал сигналдың қату ұзақтығы квадраттық заңға сәйкес азаяды. Қабылдау нүктесінде әртүрлі нысандар шағылысқан бірнеше толқындар араласады, сондықтан мұздату жылдамдығы кездейсоқ өзгереді.

Радиоарнаның беру функциясы Фурьенің h (τ) радиоарнасының кешенді импульстік сипаттамасынан тікелей өзгеруімен анықталады:

$$H(f, R_i, \{D\}) = \int_0^{\infty} h(\tau) e^{-j2\pi f \tau} d\tau, \quad \#(9)$$

егер $-\infty < f < \infty$.

Бұл жағдайда қабылданған сигналдың фазалық және квадратуралық Гаусс компоненттерінің қосындысы келесідей анықталады:

$$H(f, R_i, \{D\}) = H e^{j\varphi} = \sum_{i=1}^K H_i \cos \varphi_i + j \sum_{i=1}^K H_i \sin \varphi_i = X + jY, \quad \#(10)$$

мұндағы F-радио сигнал жиілігі;
 R_k -таратқыш антеннадан қабылдағыш антеннаға дейін сигналдың k-ші таралу жолының ұзындығы;
 $\{D_i\}$ - i-ші қайта шығарушының қасиеттері;
 K -қайта шығарушылар саны;
 H_i, φ_i модулі және i-ші сәуленің таралу функциясының дәлелі.
 Жылдам сигналдың үзілуін математикалық сипаттау үшін ықтималдылықты бөлудің төрт параметрлі моделі қолданылады:

$$w(H) = \frac{H}{\sigma_x \sigma_y} \exp \left(-\frac{H^2}{2\sigma_x^2} - \frac{m_x^2 \sigma_y^2 + m_y^2 \sigma_x^2}{2\sigma_x^2 \sigma_y^2} \right) \quad \#(11)$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} \sum_{s=0}^{\infty} \frac{(2K + 2S - 1)! (\sigma_y^2 - \sigma_x^2)^k m_y^{2S} \sigma_x^{2S}}{k! (2S)! 2^k \sigma_y^{2k+4S} m_x^{k+S}} H^{K+S} I_{K+S} \left(\frac{m_x}{\sigma_y^2} H \right) \quad \#(12)$$

$$w(\varphi) = \frac{\sigma_x \sigma_y \exp \left(\frac{m_x^2}{2\sigma_x^2} - \frac{m_y^2}{2\sigma_y^2} \right)}{2\pi (\sigma_y^2 \cos^2 \varphi + \sigma_x^2 \sin^2 \varphi)} [1 + L[1 + \Phi(\sqrt{2}L)] \sqrt{\pi} \exp(L^2)], \quad \#(13)$$

егер

$$L = \frac{m_x \sigma_y^2 \cos \varphi + m_y \sigma_x^2 \cos \varphi}{\sigma_x \sigma_y \sqrt{\sigma_y^2 \cos^2 \varphi + \sigma_x^2 \sin^2 \varphi}}, \quad \#(14)$$

мұндағы H -байланыс арнасының берілу функциясының модулі;
 $I_k + s(z)$ - өзгертілген Бессель функциясы $k + s$;
 $\sigma_x, m_x, m_y, \sigma_y$ - төрт параметрлі үлестіру параметрлері;
 $\Phi(\cdot)$ - ықтималдық интегралы.

Бұл модель көптеген нақты тарату жағдайларын қамтиды және әртүрлі жағдайларда реле тарату жағдайына нұқсан келтіреді

$$w(H) = \frac{H}{\sigma^2} \exp \left(-\frac{H^2}{2\sigma^2} \right) \quad \#(15)$$

егер $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$

Ал σ_X немесе σ_Y -де нөлге тең болса, қысқартылған-қалыпты үлестіру

$$w(H) = \left(\frac{\sqrt{2}}{\sigma_{X,Y} \sqrt{\pi}} \right) \exp \left(-\frac{H^2}{2\sigma_{X,Y}^2} \right) \quad \#(16)$$

Егер $\sigma X = \sigma Y = \sigma$, ал $mY \neq 0$ болса, онда өрнек жалпыланған реле ықтималдығының таралуына нұқсан келтіреді

$$w(H) = \left(\frac{H}{\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{H^2 + m_X^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(m_X \frac{H}{\sigma^2}\right), \#(17)$$

мұндағы I_0 -нөлдік ретті Бессельдің өзгертілген функциясы

$$m_k = (2\sigma^2)^{k/2} \Gamma\left(1 + \frac{k}{2}\right) F_1\left(-\frac{k}{2}; 1; \frac{m_Y^2}{2\sigma^2}\right), \#(18)$$

мұндағы $\Gamma[\cdot]$ - гамма функциясы.

Немесе $mX = mY = 0$ кезінде теңдеу реле үлестірімі деп аталады

көріністің алғашқы сәті

мұндағы $P_{12}[\times]$ - бірінші типтегі Легенда функциясы және түрдің екінші сәті $Q_{-1/2}^{3/2}$ мұнда-екінші типтегі Легендердің бекітілген функциясы.

Сандық байланыста тез қатып қалудың болуы қателер пакеттерінің пайда болуына әкеледі. Оларды түзету проблемалы. Үзілістердің ұзақтығын анықтау үшін әртүрлі жиіліктердегі әртүрлі уақыт нүктелеріндегі сигнал деңгейінің өзгеруінің байланысын сипаттайтын конверт корреляция коэффициенті қолданылады

$$\rho(\Delta t, \Delta f) = \frac{\overline{(s_1 s_2)} - \bar{s}_1 \bar{s}_2}{\sqrt{[(\bar{s}_1^2) - (\bar{s}_1)^2][(\bar{s}_2^2) - (\bar{s}_2)^2]}}, \#(21)$$

мұндағы s_1, s_2 -бір-бірінен Δf шамасына бөлінген және бір-бірінен уақыт бойынша Δt -ге бөлінген жиіліктердегі сигналдардың амплитудасы.

Өрнекте (21) сызық орташа мәнді білдіреді.

3.7 Байланыс трассасындағы қатып қалудың жиілігі мен ұзақтығын есептеу

MD-де жеткілікті кең жолақты ақпараттық сигналдар қолданылуы керек және көп сәулелі селективті - жиіліктік бұзылуларға әкелуі мүмкін. ЖКС-ның негізгі себебі-көп сәуленің таралуына байланысты әртүрлі сәулелердің келуінің уақытша шашырауы. Әр түрлі жолдармен таралатын бірдей жиіліктің компоненттері арасындағы фазалық айырмашылықтар

спектрдің әртүрлі жиіліктері үшін түзетілмеуі мүмкін, ал кейбір жиілік компоненттері күшейеді, басқалары әлсірейді.

$\Delta t=0$ кезінде (15) өрнегінен

$$\rho(\Delta f) = \frac{1}{1 + (2\pi\Delta f)T_m^2} \quad \#(22)$$

Байланыс абоненттері жақындаған кезде жиіліктің өзгеруі келесідей анықталады:

$$f = f_0 \left(\frac{1 + \frac{U}{C}}{1 - \frac{V}{C}} \right) = f_0 \left(\frac{C + U}{C - V} \right), \quad \#(23)$$

мұндағы f_0 -байланыс жүйесінің тасымалдаушы жиілігі,

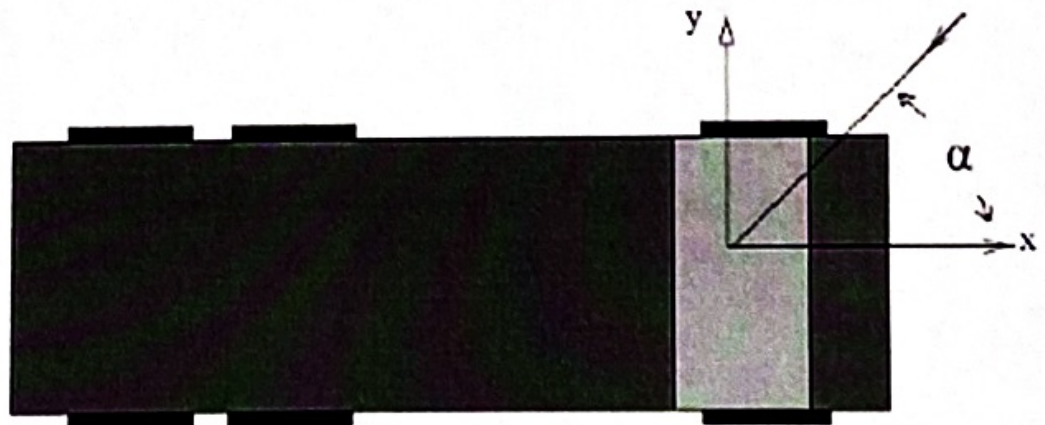
U, V -қабылдағыш пен таратқыштың бір-біріне қатысты жылдамдығы,

C -радио толқындарының таралу жылдамдығы.

Абоненттер бір-бірінен алыстаған кезде жиіліктің доплерлік өзгерісі мынадай

$$f = f_0 \left(\frac{1 - \frac{U}{C}}{1 + \frac{V}{C}} \right) = f_0 \left(\frac{C - U}{C + V} \right) \quad \#(24)$$

Әрбір 90 км/сағ жылдамдықпен бір-біріне қарай қозғалатын автомобильдер үшін F Д жиілігінің доплерлік кетуі, 100 ГГц автомобиль радиостанцияларының жұмыс жиілігі кезінде f Д = 16,7 кГц құрайды.



Сурет 3.8 - Радио толқынының α - бұрышы

Қабылдағыштың қозғалысына байланысты байланыстың көп сәулелі таралуы радиоарналардың қасиеттерінің күрт өзгеруіне әкеледі. Бұл қабылданған сигналдың терең және кездейсоқ тербелістерін тудырады. Қабылданған сигналдың орташа деңгейінен ондаған децибелге дейін

сигналдың өшуі мобильді станцияның қозғалыс жылдамдығына байланысты секундына бірнеше рет орын алуы мүмкін. Қала ішінде ММД сигналының өшуіне байланысты ғимараттардың қабырғаларында және басқа кедергілерде тікелей эфирдің көлеңкесі бар. 5G абоненттерінің айналасында көптеген сигнал шағылыстырғыштар болады. Шағылыстырғыштар нысандар арасында қосымша жолдар жасайды. Бұл ММД толқындары арқылы ұялы байланыстың артықшылығын береді.

3.8 5G NR деректерді беру жылдамдығын есептеу

Желіні жобалау кезінде барлық параметрлерге талдау жасалады. Желінің маңызды параметрлерінің бірі-деректерді беру жылдамдығы. Жылдамдық формула бойынша есептеледі:

$$R_{5G NR} = 10^{-6} * \sum_{j=1}^J \left(V_{\text{сроев}} * Q_m * f * R_{\text{max}} * \frac{N_{PRB}^{BW(j)\mu} * 12}{T_s^{\mu}} * (1 - OH) \right), \#(25)$$

мұндағы J-жолақта немесе жолақтар комбинациясында агрегатталған компоненттік тасымалдаушылардың саны;

Q_m -модуляция реті;

Қабаттар саны;

f-масштабтау коэффициенті;

μ -нумерология 5G NR;

OH-үстеме шығындар;

T_s (мкс) - ішкі кадрдағы OFDM таңбасының орташа ұзақтығы.

Кесте 3.1 - кіріс деректер

Параметр	Кіріс деректер
J	1
$V_{\text{сроев}}$	4
F	1
M	1
OH	0,08
T_s	$3,57 * 10^{-5}$
N_{PRB}	133
Q_m	6(QAM32)
R_{max}	948/1024

Есептеу $TS\mu$ – ішкі кадрдағы OFDM таңбасының орташа ұзақтығы :

$$T_S^\mu = \frac{10^{-3}}{14 \cdot 2^\mu}:$$

$$T_S^\mu = \frac{10^{-3}}{14 \cdot 2^1} = 3,57 \cdot 10^{-5} \text{ #}(26)$$

ОН үстеме және келесі мәндерді қабылдайды:

[0.14] → DL үшін FR1 жиілік диапазоны;

[0.18] → DL үшін FR2 жиілік диапазоны;

[0.08] → UL үшін FR1 жиілік диапазоны;

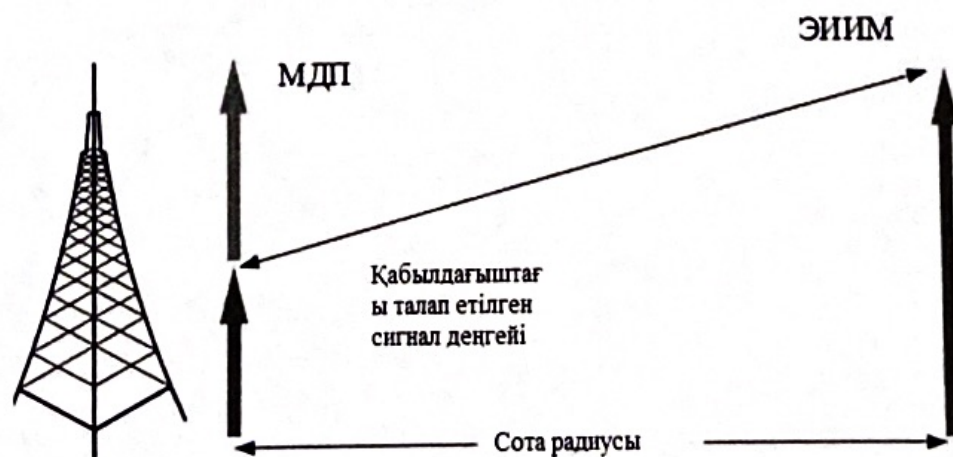
[0.10] → UL үшін FR2 жиілік диапазоны.

Біз деректерді формулаға ауыстырамыз:

$$10^{-6} * \sum_{j=1}^j \left(4 * 6 * 1 * \left(\frac{948}{1024} \right) * \frac{R_{5G NR} = 133 * 12}{3,57 * 10^{-5}} * (1 - 0,08) \right) = 913,49 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}} \text{ #}(27)$$

3.9 Ең жоғары жол берілетін шығындарды есептеу (ХЖТ)

Желіні жобалау кезінде мұқият талдау қажет. Максималды рұқсат етілген шығындарды есептеу желінің тиімділігін тексерудің бастапқы кезеңі болып табылады.



Сурет 3.9 - Энергетикалық бюджетті есептеудің жалпы принципі

Шығу қуаты 100 Вт таратқышпен жабдықталған базалық станция. Радиожиілік блогы антеннаға жақын орналасқан. Есептеу пайдаланушы үшін

ұяшықтың шетінде жасалады, яғни сигнал / шу қатынасы төмен. Біз таратқыштың қуаты 23 дБм болатын CPE модемін арнайы құрылғыға есептейміз.

$$L_{MAPL} = PEIRP - SRX + GRXA - LRXF - MBUILD - MINT - MSHADE + GHO \quad \#(21)$$

Ең жоғары жол берілетін шығындарды есептеу үшін (28) формула пайдаланылады, мұнда:

PEIRP - таратқыштың эквивалентті изотропты сәулелену қуаты

SRX-қабылдағыштың сезімталдығы

GRXA-қабылдағыш антеннаның пайдасы

L_{rxf}-қабылдағыштың фидерлік трактіңдегі шығындар

MBUILD-қор ену сигнал үй-жайға

Mint-ішкі жүйелік кедергілерге арналған қор

MSHAD-көлеңкелеу қоры GHO-хэндовердің пайдасы

Қор ену сигнал үй-жайға mbuild:

-тығыз қала құрылысы жағдайында - 22 дБ;

-қала құрылысының орташа тығыздығы жағдайында - 17 дБ;

-ауылдық жерлерде - 8 дБ;

-қала маңында (сирек құрылыс)-12 дБ.

MSHADE-көлеңкелеу қоры, дБ 8,7 дБ тең қабылданады(жабудың талап етілетін ықтималдығы 95% және көлеңкелеу шығынының орташа квадраттық ауытқуы 8дб үшін).

Жүйе ішіндегі кедергілер үшін қор мөлшері MINT қабылдағыштың кірісіндегі Шу қуатының артуын сипаттайды. Есептеу жүйеде жүйелік кедергілердің қоры тең болады деп болжайды:

$$MINT = -10 \lg(1 - \eta) \quad \#(29)$$

$$MINT = -10 \lg(1 - 0.84)=7.96;$$

$$MINT = -10 \lg(1 - 0.65)=4.56,$$

мұндағы η - жоғары немесе төмен сызықтағы балдың салыстырмалы жүктемесі.

Жүйелік кедергілердің қоры ұяшықтың жүктемесіне байланысты: ұяшыққа рұқсат етілген жүктеме неғұрлым көп болса, есептеу кезінде маржа соғұрлым көп ескерілуі керек. Жүктеме 100% - ға дейін көтерілгенде, кедергі диапазоны шексіздікке жетеді, ал балдың қамту аймағы нөлге дейін төмендейді. UL және DL үшін алынған TIR екі мәнінің минимумы таңдалады, оған сәйкес базалық станцияның радиусы одан әрі есептеледі.

Байланыс ауқымы үшін шектеу сызығы әдетте құрастыру (UL) болып табылады.

Әрі қарай, қабылдағыштың Шу жолағы есептеледі:

$$B = NRB \cdot \Delta f_k, \#(30)$$

Мұндағы NRB - бөлінген ресурс блоктарының саны;

Δf_k - (5G желілеріндегі радиоарна РБ ресурстық блогы ретінде анықталады).

Біз мәндерді ауыстырамыз

$$B = 273 \cdot 30 \cdot 10^3 = 8.19 \cdot 10^6$$

$$B = 133 \cdot 30 \cdot 10^3 = 3.99 \cdot 10^6$$

Кесте 3.2 - Көтергіштер арасындағы айырмашылыққа байланысты максималды жиілік жолағы

SCS (кГц)	5 МГц	10 МГц	15 МГц	20 МГц	25 МГц	30 МГц	40 МГц	50 МГц	60 МГц	80 МГц	90 МГц	100 МГц
	NRB											
15	25	52	79	106	133	160	216	270	-	-	-	-
30	11	24	38	51	65	78	106	133	162	217	245	273
60	-	11	18	24	31	38	51	65	79	107	121	135

Қабылдағыштың жылу шуының қуатын есептейміз (PN):

$$PN = 10 \lg(100kTB) \#(31)$$

$$PN = 10 \lg(100 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 8.19 \cdot 10^6) = -114.79,$$

$$PN = 10 \lg(100 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 3.99 \cdot 10^6) = -117.92.$$

$SR=PN+SN+LN$ формуласы бойынша қабылдағыштың сезімталдығы анықталады

$MSNR$ -қабылдағыштың қажетті сигнал/шу қатынасы, дБ;

LN -қабылдағыштың Шу коэффициенті, дБ.

Біздің мағынамызды алмастырамыз:

$$SRX = -114.79 + 7 + 7 = -100.79,$$

$$SRX = -117.92 + 2 + 11.5 = -104.42.$$

Изотропты сәулеленетін PTX қуаты, дБм;

мұндағы PTX -таратқыштың шығу қуаты, дБм;

$GT X, DIV$ – таратқыштардың қуатын қосудан түскен ұтыс, дБ;

$GTXA$ -таратқыш антеннаны күшейту, dBi;

$LT XF$ – таратқыштың фидер жолындағы шығындар, дБ.

$$PEIRP=50+3+18-0.4=70.6$$

$$PEIRP=23+0+0-0=23$$

$$LMAPL=70.6+100.79+0-0-22-7.96-8.7+0=132.73$$

$$LMAPL=23+104.42+18-0.4-22-4.56-8.7+0=109.76$$

Бұл DL және UL желілері үшін ең көп рұқсат етілген шығындар

3.10 FWA жобасын тестілеу

FWA - ҚР КЖҚ сымсыз кластері.

Қазақстандағы FWA нарығы-шамамен 2 млн. үй шаруашылығы.

Қазақстандағы FWA үшін алғышарттар:

- әлемдік тәжірибенің болуы: SoftBank, Mongolia Unitel;
- сұраныстың болуы: Қазақтелеком желілері мен бәсекелестері жоқ 2 млн-ға жуық жеке үй.

Шымкент қаласында 4 абонент үшін FDA POC-тестілеуі (2020 ж. ақпан)

Жиіліктер: TDD 2300 МГц (27 МГц).

Базалық станциялардың 2 түрі: 4G 4t4r (3 сектор), 4G mimo 64t64r (1 сектор).

Терминалдар: терминалдың 3 түрі: outdoor omni-антенна, outdoor-антенна, indoor-антенна

Конфигурация: жеке PL MN, жеке IP breakout



Сурет 3.9 - SH7232 (Massive Mimo) - Lon: 69.559° Lat: 42.359°

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыс барысында сымсыз ұялы байланыстың бесінші буынын 5G қарастырдық. Осы жұмыста оның архитектурасын анықтайтын факторларына талдау жасалынды, 5G негізіне айналған 6 технологияға тоқталып өттім. Радиотолқындардың жер бетіне таралуы бейнеленді.

Миллиметрлік диапазон радиорнасының модельдеу методикасын құрған кезде белгілі аналитикалық және эксперименталдық деректерге негізделіп, сигналдың әлсіреу коэффициентін, оның әлсіреуіне жаңбыр, тұман, қардың қалай әсер ететіні қарастырылды. 5G NR деректерді беру жылдамдығы есептелді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Demestichas P., Georgakopoulos A., Karvounas D., Tsagkaris K., Stavroulaki V., Lu J., Xiong C., Yao J. 5G on the Horizon: Key Challenges for the Radio-Access Network // IEEE Vehicular Technology Magazine. 2013. Vol. 8. Iss. 3. pp. 47–53.
2. Granelli F., Gebremariam A. A., Usman M., Cugini F., Stamati V., Alitska M., Chatzimisios P. Software Defined and Virtualized Wireless Access in Future Wireless Networks: Scenarios and Standards // IEEE Communications Magazine, Communications Standards Supplement. 2015. Vol. 53. Iss. 6. pp. 26–34.
3. Xia W. et al. A Survey on Software-Defined Networking // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2015. Vol. 17. Iss. 1. pp. 27–51.
4. Гимадинов Р. Ф., Мутханна А. С., Кучерявый А. Е. Кластеризация в мобильных сетях 5G. случай частичной мобильности // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 2 (10). С. 44–52.
5. Greene K. 10 Emerging Technologies of 2009. Software Defined Networking. MIT Technology Review. 2009.
6. Kirichek R., Vladyko A., Zakharov M., Koucheryavy A. Model Networks for Internet of Things and SDN // 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). 2016. pp. 76–79.
7. Muthanna A., Masek P., Hosek J., Fujdiak R., Hussein O., Paramonov A., Koucheryavy A. Analytical evaluation of D2D connectivity potential in 5G wireless systems // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870, pp. 395–403.
8. Kirichek R., Vladyko A., Zakharov M., Koucheryavy A., Model networks for Internet of Things and SDN // 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). 2016. pp. 76–79.
9. Бакулин М.Г., Крейнделин В.Б., Шумов А.П. Повышение скорости передачи информации и спектральной эффективности беспроводных систем связи // Цифровая обработка сигналов. Рязань, РГРТУ, 2006. №1. С. 2–12.
10. Коляденко Ю. Ю., Коляденко А. В. Математическая модель радиоканала для ММО-систем. // Журнал «Проблемы телекоммуникаций», 2012, №2(7).- С.91-109. 94
11. Ксендзов А. В. Оценка производительности мобильного ММО канала связи на основе трехмерной геометрической стохастической модели. // Радиотехника. Вып. 11-2016. – М. Радиотехника, 2016. -С.60-67.
12. Жоую Пи, Фарук Хан Введение в широкополосные системы связи миллиметрового диапазона / Электроника: наука, технологии, бизнес. - 2012, №3.- С.86-94.
13. C.R. Anderson and T.S. Rappaport. In-Building Wideband Partition Loss Measurements at 2.5 and 60 GHz/ IEEE Transactions Wireless Communications, May 2004, v.3, №3.

14. Справочник по радиорелейной связи / Под ред. С.В. Бородича. – М. Радио и связь, 1981. – 415с.
15. Ссылка на 5G Toolbox: <https://www.mathworks.com/solutions/wireless-communications/5g.html>
16. Официальный сайт 3GPP: <http://www.3gpp.org/>
17. Охрана труда: учебник для вузов/ Ф.Р. Жандаулетова, Т.Е. Хакимжанов, Т.С. Санатова; МОН РК, НАО АУЭС. - Алматы: АУЭС, 2019. - 399 с.
18. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для студентов средних спец. учеб. Заведений / С. В. Белов, В.А. Девисилов, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.—3-е изд., испр. и доп.— М.: Высш. шк., 2003.— стр. 144-227.
19. СНиП РК 2.04.-05.2002 Естественное и искусственное освещение. Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. – Астана, 2004.
20. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.8/2.24.1383-03. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Госкомсанэпиднадзор России. – М., 2003.
21. Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 20 с.
22. Т.С. Санатова, Т.Е. Хакимжанов. Охрана труда и основы безопасности жизнедеятельности. Защита от воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Методические указания и задания к расчетно-графической работе для студентов специалистов 5B071900 - Алматы: АИЭС, 2010 - 33 с.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Әділғалиева Балауса Айболатқызы

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандық атауы мен шифры)

Тақырыбы: «5G жаңа радиосын әзірлеу және жобалаудағы халықаралық тәжірибе»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 5 парақ;
б) түсініктеме 51 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген бітіру жұмысында 5G технологиясына шолу жасалған, оның сипаттамаларымен мәлімет таратуды талдау мәселелері талданған.

5G заманауи желісін құрудың, пайдаланудың негізгі талаптары, және технологияның негізгі көрсеткіштері және болашақ желінің ықтимал болатын архитектуралары келтірілген.

Бесінші буын желісін ұйымдастыру үшін әлемдік жетекші вендорлардан ең заманауи жабдықтар іріктелді.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

Бұл дипломдық жоба жоғарға оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – желілерді құруды талдау және салыстыру технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Әділғалиева Балауса Айболатқызы мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Сын - пікір беруші

Сайман корпорациясының
өндіріс бойынша директор орынбасары
(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

А.Алиев

«Сайман» 2022 ж.



**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Әділғалиева Балауса Айболатқызы

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандық атауы мен шифры)

Тақырыбы: «5G жаңа радиосын әзірлеу және жобалаудағы халықаралық тәжірибе»

Берілген бітіру жұмысында 5G технологиясына шолу жасалған. Бесінші буынның негізгі стандарттау ұйымдары, жұмыс принциптері, параметрлері, жиіліктер келтірілген.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, желі архитектурасын көрсету өте орынды.

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Әділғалиева Балауса Айболатқызы 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

ЭТ және FT каф. сениор-лекторы,

экон. ғыл. канд.



Куттыбаева А.Е.

(қолы)

«15» мамыр 2022 ж.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Әділғалиева Балауса Айболатқызы

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
(мамандық атауы мен шифры)

Тақырыбы: «5G жаңа радиосын әзірлеу және жобалаудағы халықаралық тәжірибе»

Берілген бітіру жұмысында 5G технологиясына шолу жасалған. Бесінші буынның негізгі стандарттау ұйымдары, жұмыс принциптері, параметрлері, жиіліктер келтірілген.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

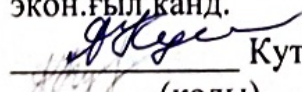
Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, желі архитектурасын көрсету өте орынды.

Жалпы, студент Әділғалиева Балауса Айболатқызы 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне алдынала қорғауға ұсынылады.

Ғылыми жетекші

ЭТ және FT каф.сениор-лекторы,

экон.ғыл.канд.

 Куттыбаева А.Е.

(қолы)

«5» мамыр 2022 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Әділғалиева Балауса Айболатқызы

Тақырыбы: 5G жаңа радиосын әзірлеу және жобалаудағы халықаралық тәжірибе

Жетекшісі: Айнур Куттыбаева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 7.5

2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.8

Дәйексөз (35): 3.3

Әріптерді ауыстыру: 40

Аралықтар: 5

Шағын кеңістіктер: 7

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

2022-05-19

Күні 20.05.2022

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Әділғалиева Балауса Айболатқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: 5G жаңа радиосын әзірлеу және жобалаудағы халықаралық тәжірибе

Научный руководитель: Айнур Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 7.5

Коэффициент Подобия 2: 4.8

Микропробелы: 7

Знаки из других алфавитов: 40

Интервалы: 5

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2022-05-19

Дата 20.05.2022

Заведующий кафедрой

