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

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

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Өзін-өзі ұйымдастыратын желілерді ұйымдастыруда 5G технологиясын қолдану тиімділігін зерттеу
Мамандығы 5В071900 Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
Орындаған Куанышов Алибек Амирханович Тобы РЭТ(ИКТ)к-16-1
(Т.А.Ж.)
Ғылыми жетекшісі доктор PhD, доцент Темырканова Эльвира Кадылбековна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
Кеңесшілер:
экономикалық бөлім бойынша:
доцент Тузелбаев Бакберген Ибадиллаевич
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_02___» ___06_____2020ж.
(қолы)
өміртіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
доцент Жандаулетова Фарида Рустембековна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_06___» ___06_____2020ж.
(қолы)
есептеу техникасын қолдану бойынша:
доктор PhD, доцент Темырканова Эльвира Кадылбековна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «__16__» _____06_____2020ж.
(қолы)
Нормобақылаушы: Мухамеджанова Альмира Далелханкызы
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_17___» ____06_____2020ж.
(қолы)
Пікір беруші: _____
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)

Алматы 2020

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

Ғарыш инженериясы және телекоммуникациялар институты

Телекоммуникациялық желілер және жүйелер кафедрасы

Мамандығы 5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Дипломдық жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Куанышов Алибек Амирханович
(Т.А.Ж.)

Жобаның тақырыбы Өзін-өзі ұйымдастыратын желілерді ұйымдастыруда 5G технологиясын қолдану тиімділігін зерттеу

2020 ж. «30» _04__ №_56_ университет бұйрығымен бекітілді.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «25»___05___2020 ж.

Жобаға алғашқы деректер (талап етілетін зерттеу (жоба) нәтижелерінің параметрлері және зерттеу нысанының алғашқы деректері):
Жиілік диапазоны 40.5÷43.5
Сигналдың өткізу қабілеттілігі 250-ден 2000 МГц-ге дейін
Қуат = 35 Вт
БС антеннасының биіктігі 60 м

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс мәселелер тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:
Кіріспе
1. Өзін-өзі ұйымдастыру желілеріне сипаттама
2. 5G стандарттағы әлеуетті технологиялар мен қойылатын талаптар
3. MMW диапазондағы сымсыз жүйелерді практикалық іске асыру
4. Жоғалуларды есептеу
5. Техникалық-экономикалық зерттеу
6. Өміртіршілік қауіпсіздігі
Қысқартылған сөздер
Қорытынды
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі:

LTE желісін моделдеу кезінде алынған төрт түрлі SON алгоритмдерін пайдаланудың тиімділік көрсеткіштерінің диаграммасы

4G мен 5G-дың техникалық сипаттамасы

Мобильді технологияның өмірлік циклы

D2D технологиясының жұмыс істеу принципі

SCMA технологиясының алгоритмі

5G/IMT-2020 инфрақұрылымның желілік элементтерін виртуалдандыру

Желілік диаграмма(NN-мен және NN-сыз)

40 ГГц-тен төмен миллиметрлік толқындардағы сыртқы каналдарға арналған CI (d0 = 1 м) PL моделі

Технологияға жұмсалған шығындардың құрылымы

Операциялық шығындар құрылымының диаграммасы

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1. TS 32.500: Telecommunication management; Self-Organizing Networks (SON); Concepts and requirements.

2. SELFNET. Framework for Self-Organised Network Management in Virtualised and Software Defined Networks. [Online]. Available: http://www. cognet.5g-ppp.eu/cognet-in-5gpp/.

3. Степутин А.Н., Николаев А.Д. Мобильная связь на пути к 6G // учебник / Санкт-Петербург - Инфра-Инженерия, 2017.- 796 с

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

5. Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методическиеуказания для выполнения экономической части выпускной работы. –Алматы: 2009. –19 с

Жоба бойынша жобаның бөлімдеріне қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімдері	Кеңесшілері	Мерзімі	Қолы
Ө.Т.Қ.Н.	Жандаулетова Ф.Р.	06.06.2020	
Экономика	Тузелбаев Б.И.	02.06.2020	
Негізгі бөлім	Темырканова Э.К.	16.06.2020	
Есептеу техникасы	Темырканова Э.К.	16.06.2020	
Нормабақылау	Мухамеджанова А.Д.	17.06.2020	

Диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1. Кіріспе	17.02.2020	орындалды
2. Өзін-өзі ұйымдастыру желілеріне сипаттама. SON технологиясының құрылымы	12.03.2020	орындалды
3. SON технологиясы мен алгоритмдерін пайдаланып 4G/5G желілерін автоматты басқару	21.03.2020	орындалды
4. 5G стандарттағы әлеуетті технологиялар мен қойылатын талаптар	25.03.2020	орындалды
5. Кең жолақты радиобайланыстың болашағы: миллиметрлік диапазон	07.04.2020	орындалды
6. MMW диапазондағы сымсыз жүйелерді практикалық іске асыру	14.04.2020	орындалды
7. Жоғалуларды есептеу	23.04.2020	орындалды
8. Техникалық-экономикалық зерттеу	27.04.2020	орындалды
9. Экономикалық тиімділік көрсеткіштерін есептеу	28.04.2020	орындалды
10. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі	02.05.2020	орындалды
11. Жасанды жарықтандыруды есептеу	11.05.2020	орындалды
12. Қорытынды	15.05.2020	орындалды

Тапсырманың берілген уақыты «17» __ақпан___ 2020 ж.

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

Жобаның
ғылыми жетекшісі _____(Темырканова Эльвира Кадылбековна)
(қолы) (Т.А.Ж.)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____(Куанышов Алибек Амирханович)
(қолы) (Т.А.Ж.)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жұмыста SON технологиясы негізінде 5G желісін тиімді ұйымдастыру, жүйенің құрылымы мен сипаттамалары қарастырылған. Жұмыстың техникалық бөлімінде 5G-дің талаптары, мүмкіндіктері, стандарттау және зерттеу бағдарламалары, сонымен қоса 4G-мен салыстырмалы мысалдар келтірілген. Осы мәліметтерді пайдалана отырып, 5G радиоинтерфейс деректерін таратудың ең жоғарғы жылдамдығын және спектрлік тиімділікті, жолдың жоғалуын есептедік. Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде, еңбекті қорғау және зиянды өндірістік факторлар жөнінде іс-шараларды қолдану, табиғи жарықтандыру, өрт қауіпсіздігі жүйесі мен жұмыс орнында желдеткіш орнату қарастырылған. Экономика бөлімінде телекоммуникациялық құралдар мен жабдықтардың бағасы көрсетіліп, өндірістік және қаржылай жоспар жасалып, ақшалай кірістердің экономикалық тұрғыда тиімділігі көрсетілді.

Аннотация

В данном дипломном проекте предусматривается эффективная организация сети 5G на основе технологии SON, структура и характеристики системы. В технической части работы приведены требования, возможности, программы стандартизации и исследований 5G, а также сравнительные примеры с 4G. Используя эти данные, мы рассчитали максимальную скорость и спектральную эффективность передачи данных радиоинтерфейса 5G и потери пути. Раздел по безопасности жизнедеятельности предусматривает применение мер по охране труда и вредных производственных факторов, естественное освещение, системы пожарной безопасности и системы кондиционирования. В экономическом разделе показана стоимость телекоммуникационных инструментов и оборудования, разработаны производственные и финансовые планы, а также показана экономическая эффективность денежных доходов.

Abstract

This diploma project provides for the effective organization of a 5G network based on SON technology, the structure and characteristics of the system. The technical part of the paper provides requirements, capabilities, standardization and research programs for 5G, as well as comparative examples with 4G. Using this data, we calculated the maximum speed and spectral efficiency of 5G radio interface data transmission and path loss. The section on life safety provides for the application of measures for labor protection and harmful industrial factors, natural lighting, fire safety systems and air conditioning systems. The economic section shows the cost of telecommunications tools and equipment, developed production and financial plans, and shows the economic efficiency of cash income.

Мазмұны

Кіріспе 8
1 Өзін-өзі ұйымдастыру желілеріне сипаттама. SON технологиясының құрылымы 10
1.1 SON технологиясы мен алгоритмдерін пайдаланып 4G/5G желілерін автоматты басқару 10
1.2 SON желілері мен SON шешімдерінің сипаттамасы 12
1.3 Өздігінен ұйымдастырылатын SON желілерін халықаралық стандарттау .. 14
1.4 Желінің өзін-өзі конфигурациялау ерекшеліктері 15
1.5 SON функциялары мен алгоритмдерінің тиімділігін бағалау 17
2 5G стандарттағы әлеуетті технологиялар мен қойылатын талаптар 20
2.1 5G техникалық мінездемесі 20
2.2 5G-ге қойылатын негізгі талаптар 22
2.3 5G стандарттау және зерттеу бағдарламалары 23
3 Кең жолақты радиобайланыстың болашағы: миллиметрлік диапазон 31
3.1 Миллиметрлік диапазонға сұраныс 31
3.2 MMW диапазонының артықшылықтары 32
3.3 MMV диапазонының физикалық сипаттамалары мен ерекшеліктері 33
3.4 АОБЖ мен MMW диапазонындағы ақпаратты беру арналарын салыстырмалы талдау 36
3.5 MMW диапазондағы сымсыз жүйелерді практикалық іске асыру 37
4 Есептеу бөлімі 41
4.1 Антенна таңдау 41
4.2 Базалық станцияның орналасуы 42
4.3 RadioWORKS бағдарламасымен зерттеу 43
5 Техникалық-экономикалық зерттеу 47
5.1 Қысқаша мазмұны 47
5.2 Өндірістік жоспар 48
5.3 Қаржы жоспары 49
5.4 Жылдық пайдалану шығындарының есептеу 51
5.5 Негізгі қызметтен түскен кірісті есептеу 55

5.6 Экономикалық тиімділік көрсеткіштерін есептеу 56
5.7 Қорытынды 57
6 Өміртіршілік қауіпсіздігі 57
6.1 Еңбек жағдайларын талдау 57
6.2 Есептеу бөлігі 62
6.3 Қорытынды 67
Қорытынды 69
Қысқартылған сөздер 71
Әдебиеттер тізімі 76

Кіріспе

Дипломдық жұмыс тақырыбының өзектілігі, «қандай бірегей техника қазіргі заманғы ұялы байланыстың барлық сұраныстарын толық қанағаттандыра алады» деген сауалға көптеген жылдар бойы әлемдік ғалымдардың зерттеп, жауап іздеуімен тікелей байланысты. Ұялы байланыс - қазіргі заманғы адам үшін әлемдегі ең өзекті және қарқынды дамып келе жатқан инфрақұрылым салаларының бірі. Осыған орай, соңғы онжылдықта коммуникация қызметтеріне үнемі өсіп келе жатқан сұраныс пен күнделікті ақпараттың үлкен көлемінің түсуі ықпал етеді. Қазіргі уақытта жер шарының негізгі халқы ұялы байланыстың төрт буынын пайдаланады. «10 жылдық ереже» деп аталатын статистиктер анықтаған қызықты жүйелілікке сүйене отырып, ұялы байланыстың 5-ші буыны 2021 жылы толығымен қолданысқа енеді деген болжам бар. 5G (5 - Generation) - соңғы бесінші буынның қазіргі заманғы ұялы байланысының аббревиатурасы. Ұялы байланыстың жаңа буынын дамыту және енгізу ғалымдар үшін ғаламдық міндет болып табылады. Осы байланысты енгізумен барлық елдердің экономикасын, халық шаруашылығын, автомобиль жасау мен өнеркәсібін дамыту мен байытуда жаңа перспективалар ашылады. 5G желісінің радиоинтерфейсі атауына үміткер Huawei төменде көрсетілген техникалық технологияларды ұсынады: 1 SCMA - бұл жеткізу туралы растауды талап етпейтін, абоненттерді бөлу әдісі; 2 F-OFDM - OFDM технологиясының жетілдірілген нұсқасы; 3 Polar Code – субквадраторлы күрделі кодтау технологиясы. Кейбіреулер FTN, GFDM ұсынды. Талдау барысында тек F-OFDM сияқты бірегей техниканың қазіргі заманғы ұялы байланыстың барлық қажеттіліктерін қанағаттандыра алатындығы белгілі болды.

Біздің елімізде "Цифрлық Қазақстан" мемлекеттік бағдарламасы шеңберінде Қазақстан Республикасының барлық аумағы бойынша 4G желілері және 5G байланыстың жаңа буыны сияқты жаңа буындағы ұтқыр инфрақұрылымды дамыту және енгізу көзделген - елдің барлық аудан орталықтарына дүниежүзілік интернеттің ұтқыр желісіне кеңжолақты қатынау және тиісінше деректерді беру жылдамдығын арттыру болжануда. Бүгінгі күні бүкіл әлемде ұялы трафикті тұтынудың үлкен деңгейі анықталды және бұл ұялы байланыстың барлық пайдаланушылары жоғары жылдамдықпен және тұтыну көлемінің ұлғаюына дайын екендігін көрсетеді. F-OFDM арналарын жиіліктік бөлумен сүзілген ортогоналды мультиплексирленген негізгі қасиеттері мен артықшылықтары егжей-тегжейлі қарастырылған. Сымсыз кең жолақты қатынаудың қазіргі заманғы жүйелерінде ортогоналды жиілік пен кеңістіктегі әртүрлілік технологияларын қолдану мультипликациялық сигналды тарату жағдайында ақпараттың тиімділігін арттыруға және нәтижесінде қарастырылып отырған жүйелердің шуылға қарсы иммунитетін жоғарылатуға мүмкіндік беретін сұрақтар қойылады. Зерттеудің практикалық маңыздылығы дипломдық жұмыста

F-OFDM сигналының тұжырымдалған және әзірленген математикалық моделі сигналдың көп сәулелі таралуы және қабылдағышта орнатылған толық емес синхрондау жағдайында арнаның жиіліктік және уақыттық таңдауын ескереді және арнаның тарату коэффициенттерін бағалаудың күрделілігін едәуір төмендетуге мүмкіндік береді. Сымсыз кеңжолақты қатынаудың заманауи жүйелерінің (WiFi, WiMAX және LTE желілері) негізгі даму тенденцияларының бірі - ортогональды жиілікті бөлу мультиплекстеу және MIMO (multiple-input multiple-output) арқылы мультиплекстеу OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) сигналдарын интеллектуалды түрде дамыту. Көрсетілген технологиялар мультипликативті тарату жағдайында ақпараттың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді және нәтижесінде сымсыз желілерді пайдаланушылардың жоғары жылдамдықты қосылуға және арнайы мультимедиялық қызметтерге қажеттіліктерінің өсуін қамтамасыз етеді. Дипломдық жұмыстың мақсаты SON технологиясы негізінде 5G желісін қолдану және ұялы байланыстың соңғы екі буыны арасында салыстырмалы талдау жүргізу. Жоғарыда аталған мақсатты шешу үшін келесі міндеттер анықталды:

- өзін-өзі ұйымдастыратын желілер технологиясын зерттеу бойынша жұмыстар жүргізу;
- қазіргі заманғы байланыс каналдарына қойылатын негізгі талаптарды зерделеу;
- 5G дамыту мен іске асырудың негізгі бағыттарын қарастыру;
- өзін-өзі ұйымдастыратын желілердегі жаңа технологияларға талдау;
- жаңа радиоинтерфейстер арқылы 5G тиімділігін арттыру көздеу;
- байланыс желілерімен жұмыс жасау кезінде адам өмірінің қауіпсіздігі негіздерін түсіну;
- 5G іске асырудың экономикалық пайдасын анықтау.

1 Өзін-өзі ұйымдастыру желілеріне сипаттама. SON технологиясының құрылымы

1.1 SON технологиясы мен алгоритмдерін пайдаланып 4G/5G желілерін автоматты басқару

Өзін-өзі ұйымдастыру желісі - белгілі бір құрылымы жоқ желі, жаңа құрылғыны қосу, трафик сипатын және т. б. өзгерту кезінде тораптар арасындағы функцияларды өзгерту және таратату процессін жасайды[1].

Қазіргі өзін-өзі ұйымдастыру желілерінің тарихы 1970 жылдан бастап АҚШ Қорғаныс министрлігімен қаржыландырылған PRNET (Packet Radio Networks) құрылған сәттен басталады. Өзін-өзі ұйымдастыру желілерін құру мақсаты желіде жұмыс істеу, кез-келген жерде, тіпті қозғалыста да Интернет желісіне қол жеткізу мүмкіндігіне ие болу.

Барлық бағыттаушы желілердің дамуымен, тұрақты құрылымсыз және байланыс арналарының өзгермелі сипаттамаларына бейімделуге қабілетті желілердің жаңа түрін пайдалану қажеттілігі туындады. Мұндай желілерді өздігінен ұйымдастырушы деп атай бастады. Алғашқы коммерциялық өзін-өзі ұйымдастырған мобильді желілер 2009-2010 жылдары АҚШ пен Жапонияда ашылды. Өткізгіштер желісінің жылдамдығына байланысты өзін-өзі ұйымдастыру, қатысу үлесіне қарай нысаналы (ad hoc) және ұяшықты (mesh) желілер деп бөлінеді. Латын тілінен аударғанда ad hoc сөзбе-сөз "бұл үшін, бұл жағдай үшін арнайы" дегенді білдіреді. Ad hoc және mesh желілерінің арасындағы негізгі айырмашылық, әдетте, ad hoc терминалдық желілерге жатқызады, ал Mesh— транзитті болып табылады [2].

Өздігінен ұйымдастырылған желі мынадай сипаттамаларға ие:

- өзін – өзі реттеу - жаңа қосылған құрылғыларды тану және желіде тіркеу. Бұл ретте көрші өзінің техникалық параметрлерін автоматты түрде түзетеді (мысалы, сәуле шығару қуаты, антеннаның еңісі және т.б.;
- өздігінен пайдалану – желі параметрлерін өзгерткен кезде құрылғы параметрлерін бейімдеу: пайдаланушылар саны, сигнал деңгейі, сыртқы кедергілер деңгейі және т. б.;
- өзін – өзі қалпына келтіру - автоматты түрде ақауларды табу және жою: желінің бас тарту тұрақтылығын арттыру үшін, желінің қандайда-бір тораптары істен шыққан кезде құрылғылар арасында функцияларды қайта бөлу.

Өзін-өзі ұйымдастыру желілерін ұйымдастыру үшін Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee, маршрутизация үшін – AODV, SAODV, ZRP, OLSR, LAR протоколдарын жиі қолданады. Төтенше жағдайларда сенсорлық желілерді жылдам өрістету: мысалы, зардап шеккендерді іздеу, жергілікті желілерде апат және т.б. ауқымын талдау үшін (HANET желісі), мысалы, ғимараттарды, үйлерді автоматтандыру жүйесін, жергілікті позициялау жүйелерін (RTLS) құру кезінде

қолданылады. Көлік саласында ақылды көлік және ақылды трафик жүйесі үшін - VANET желісі қолданылады, толығырақ төменгі бөлімдерде танысамыз. Адамдар көп жиналатын жерлерде базалық станцияларды түсіру және мобильді құрылғылардың байланысын қамтамасыз ету үшін базалық станциялардың қатысуынсыз тікелей қолданылатын MANET желісі жұмыс жасайды [4].

Енді 5G дегеніміз не, пайда болуы мен адамдарға, қоршаған орта мен экономикаға деген әсері қандай екенін анықтап көрейік. Бесінші буынның ұялы байланыс стандарты (5G) – бұл радиоқатынау желісі арқылы Интернетке қол жеткізу мүмкіндігін кеңейтуге бағытталған технологияларды дамытудың жаңа кезеңі. Барлық ұялы байланыс желілерін стандарттауды *3-ші буын жүйелерін стандарттауға арналған серіктестік* (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) 5G желісінің жобасын орындайды.

5G технологиясын шешуге арналған міндеттер:

- ұялы трафиктің өсуі;
- желіге қосылатын құрылғылар санын арттыру;
- жаңа қызметтерді іске асыру үшін кідірістерді қысқарту;
- жиілік спектрінің жетіспеушілігі.

5G желілеріндегі қызметтер:

1. жоғары кең жолақты ұялы байланыс (Extreme Mobile Broadband, umb) - "ауыр" контентті тарату мақсатында ультра кең жолақты байланысты іске асыру;
2. жалпы машина аралық байланыс (Massive Machine-Type Communications, mMTC));
3. (Ultra-Reliable Low Latency communication, URLC) - өте төмен кідірістермен қызметтердің ерекше сыныбын қамтамасыз ету.

Өзіміз көріп отырғандай, жаңа буынға қойылып отырған талаптар мен қызметтер орасан зор. Бірақ оның да өзіндік себептері бар, тұтынушылар саны күннен күнге арту үстінде, сәйкесінше олардан түсетін сұраныс та арта түспек. Болашақта желіге әлдеқайда көп құрылғылар қосылады, олардың көпшілігі "әрқашан онлайн" қағидаты бойынша жұмыс істейтін болады. Бұл ретте, олардың төмен энергия тұтынуы өте маңызды параметр болып табылады[3].

Ұялы байланыс желілерін басқару процестерін автоматтандыру стратегиясын, ұялы байланыстың техникалық сипаттамаларын, 4G және 5G байланыс желілерінің өмірлік циклінің барлық кезеңдерін қамтитын, өзін-өзі ұйымдастыратын SON желілерін пайдалануға арналған технологиялық тұжырымдамада іске асырды. 3GPP техникалық сипаттамасында тұжырымдалған анықтамаға сәйкес, SON - бұл басқаруға және адамның басқару ісіне араласуын мейлінше азайта отырып, оның жұмысын автоматтандыру үшін ұялы байланыс желісі және басқару жүйесі пайдаланатын желілік технология.

4G және 5G мобильді желілеріне SON алгоритмдерін енгізудің негізгі мақсаты:

- зияткерлік мүмкіндіктерді кеңейту және басқару жүйелері мен пайдалану жүйесінде жасанды интеллектті қолдану;

- желіні орналастыру, пайдалану және оңтайландыру кезінде операторлардың капиталды және пайдалану шығындарын азайту (CAPEX/OPEX);

- желінің спектрлік тиімділігін, өнімділігі мен өткізгіштігін арттыру, радиожиілікті жақсарту, келесі буынының (NGRAN) радиоға қол жетімділік ресурстарын пайдалану тиімділігін арттыру.

Сондықтан бүгінгі таңда SON 4G және 5G желілерін дамытудың драйвері болып саналады. Алайда, SON желілік алгоритмдерінің дұрыс жұмыс істемеуі (мысалы, ұялы байланыс аймағын жаңартқаннан кейін және жаңа базалық станцияларды (BS) қосқаннан кейін) желінің қалыпты жұмысына қауіп төндіреді және желіге қосылған пайдаланушыларға қызмет көрсету сапасы төмендейді.

SON алгоритмдері 3GPP техникалық шарттарымен стандартталмағандығын ескере отырып [1], оператордың (желіні жоспарлаушы) араласуынсыз 4G және 5G желілерін адамның автоматты басқару мәселесі күн сайын күшейіп келеді.

1.2 SON желілері мен SON шешімдерінің сипаттамасы

3GPP тұжырымдамасына сәйкес, SON желілерінің техникалық шешімдері мен міндеттерін үш санатқа бөлуге болады [2]:

- желінің өзін-өзі конфигурациясы (SELF-конфигурациясы);
- желінің өзін-өзі оңтайландыру (SELF-Optimization);
- өзін-өзі қалпына келтіру желісі (SELF-Healing).

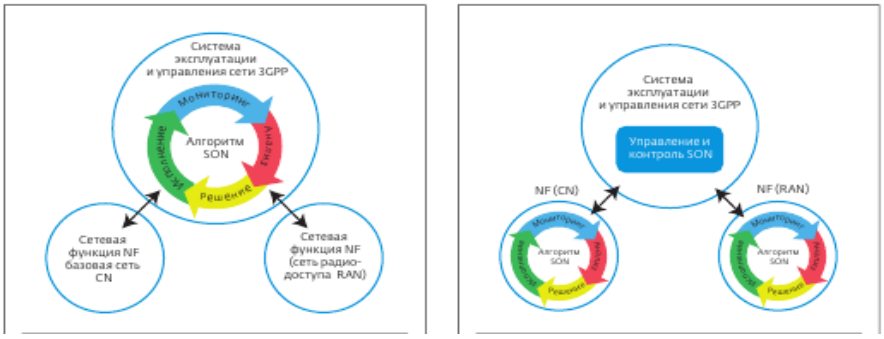
Бұл міндеттер LCM 4G және 5G желілерінің өмірлік циклінің барлық кезеңдерін қамтиды.

Желінің өзін-өзі конфигурациялау мәселесін шешуге арналған функциялар алдымен 8-шығарылымдағы LTE желілерінің желілік міндеттерінің қатарына қосылды [1]. 9-шы шығарылымда алғаш рет өзін-өзі оңтайландыру мәселелерін шешуге арналған функциялар желілік тапсырмалар қатарына қосылды. Олар қамтуды, өткізу қабілеттілігін, беру және кедергілерді оңтайландыруы керек[4]. Желінің өзін-өзі сауықтыру мәселелерін шешуге арналған функциялар (сынған BS-ді автоматты түрде анықтау және жабдықтың жұмысындағы ақауларды жою, сонымен қатар параметрлердің автоматты параметрлері) негізінен 10 шығарылымға кіреді [5].

SON алгоритімінің негізгі архитектурасы үш түрде жүзеге асырылады: орталықтандырылған, таратылған және гибридті SON.

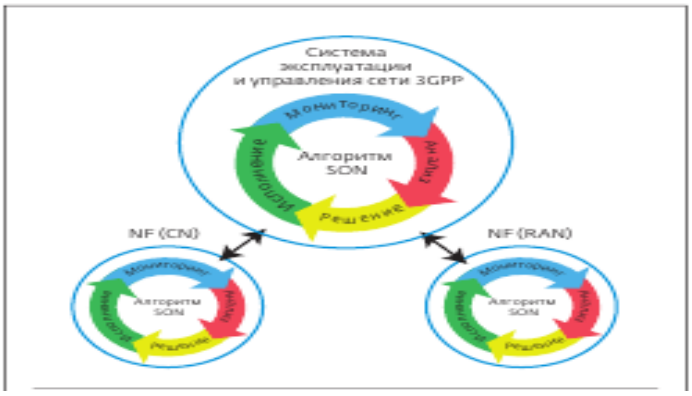
Орталықтандырылған SON (C-SON) SON алгоритмі 1.3-суретте көрсетілгендей, 3GPP ұялы желісінің OAM (пайдалану, басқару және техникалық қызмет көрсету) жүйесінде орналасқандығын білдіреді. Орталықтандырылған SON ұғымы LTE желілері үшін TS 32.500, ал 5G желілері үшін TR 28.861

анықталды. 3G-OAM, C-SON көмегімен мобильді желіні OAM басқару жүйесінде алынған мәліметтер негізінде жоғарыда аталған үш тапсырманың біреуін шешуге бағытталыды, яғни желіні басқару деректерін талдайды, SON әрекеттері туралы шешім қабылдайды және SON алгоритмін қолданып әрекеттерді орындайды.



1.3 сурет - Орталықтандырылған (C-SON) және таратылған (D-SON) SON архитектурасы

Таратылған SON (D-SON) - бұл (1.3-суретте көрсетілгендей), SON алгоритмі NF желілік функциясында (желілік модуль) орналасқан, өзіндік ұйымдастырушылық желі архитектурасы. NF желісінің функцияларына кіретін және RAN радиоқабылдау желісінде немесе CN негізгі желісінде локализацияланған D-SON пайдалану кезінде желілік оқиғаларды бақылайды, желі мәліметтерін талдайды, SON тапсырмалары туралы шешім қабылдайды және желіде қажетті SON алгоритмін орындайды. 3GPP мобильді желісіндегі OAM басқару жүйесі D-SON функцияларын басқару және бақылау үшін жауап береді. Бұл басқару мен бақылауға мыналар кіреді: D-SON функциясын қосу/өшіру, D-SON функциясы үшін саясат құру, D-SON функциясы үшін қосымша ақпарат (мысалы, сәйкестендіргіш мәндерінің ауқымы) және D-SON функциясының жұмысын бағалау. Таратылған D-SON түсінігі LTE үшін TS 32.500, ал 5G желілері үшін - TR 28.861-де көрсетілген.



1.4 сурет -Гибридті SON архитектурасы (H-SON)

Гибридті SON (H-SON) - бұл өзін-өзі ұйымдастыратын желі архитектурасы, онда SON алгоритмі 3GPP ұялы желісінің OAM басқару жүйесінде ішінара орналасқан және ішінара NF желісінің функциясына кіреді. Гибридті SON тұжырымдамасы LTE үшін TS 32.500, ал 5G үшін - TR 28.86, (1.4-суретте көрсетілгендей). OAM мобильді желісін басқару жүйесі және NF желілік модулі (желі функциясы) гибридтік үлестірілген функциялар мен алгоритмдерге негізделген SON алгоритмін толық орындау үшін бірге жұмыс істейді.

Өздігінен ұйымдастырылатын H-SON желісінің әрекеттерінің реттілігі туралы шешімді 3GPP ұялы желісінің OAM басқару жүйесі немесе NF желілік модулі (желінің функциясы) нақты қолданбалы сценарийлерге байланысты қабылдай алады. Оператор - желіні жоспарлаушы, SON жұмысын басқару процесіне араласатындығына байланысты, оның жұмыс процесі ашық цикл және жабық цикл басқару процесі болып жіктеледі.

1.3 Өздігінен ұйымдастырылатын SON желілерін халықаралық стандарттау

Өзін-өзі ұйымдастыратын желілердегі 3GPP серіктестік жобасының техникалық сипаттамаларын талдауға бағытталған 8-шығарылым, өзін-өзі конфигурациялау мәселесін шешуге, жабдыққа бастапқы қондырғыларды орнатуға және оны біріктіруге байланысты SON функционалды мүмкіндіктеріне тұжырымдама мен талаптарды қалыптастырғанын көрсетті. Ұсынылған ANR тетігі - көрші BS-мен өзара әрекеттесуді автоматты түрде басқару, eNB жаңадан орналастырылған BS-де көрші ұяшықтардың тізімін құру кезінде LTE желісінің операторының техникалық персоналының қол жұмысының қысқаруын қамтамасыз етті.

Өзін-өзі оңтайландыру тұжырымдамалары 9-шығарылымда нақтылап көрсетілген. Бұл тұжырымдама SON алгоритміне басқару тетіктерін енгізді, мысалы, BS (MLB) арасындағы жүктемелерді теңдестіру, беру тұрақтылығын оңтайландыру (MRO), ұяшықішілік кедергілерді үйлестіру (ICIC) және кездейсоқ

қол жеткізу каналын оңтайландыру (RACH). 10-шы шығарылымда SON технологиялары микроұяшықтар мен макроұяшықтардың (HetNet) өзара әрекеттесуін жақсарту, сонымен қатар қамту мен өткізу қабілетін оңтайландыру (CCO), жетілдірілген ICIC механизмі және сәтсіздікті анықтап, орнын толтыру механизмін алды. 11 шығарылымның тұжырымдамасына сенсек жетілдірілген жетекті (MDT) және энергияны үнемдеуді (ES) азайту тетіктерін енгізді, 11 шығарылымда енгізілген SON тетіктері гетерогенді желілерді автоматтандырылған басқаруға қатысты. Олар оңтайландыруды және ұтқырлықты жақсартуды, сондай-ақ әртүрлі радиоқатынау технологиялары бар BS арасында беруді (HO) оңтайландыруды қамтиды. 12 шығарылымында ұяшықтардың тығыздығы жоғары аудандарға орналастыру, микроұяшықтарды жабу және оңтайландыру тетіктері ұсынылды.

13 шығарылымында лицензияланбаған спектрдің учаскелерін пайдалануға негізделген LTE-U жаңа технологиясы енгізілді. Сонымен қатар, бұл шығарылым OAM желісін басқару және басқару жүйесінің орталықтандырылған және үлестірілген SON архитектурасына арналған жетілдірулерді зерттеді, ол үлестірілген MLB қозғалтқышына, сондай-ақ жетілдірілген NM немесе орталықтандырылған CCO қозғалтқышына баса назар аударады. 14 шығарылымы SON-ға 5G талаптарын қанағаттандыруға және SON-ді белсенді AAS антенналарына, оларды автоматты басқару кезінде көлбеу бұрышты өзгертетін қолдануға бағытталған. 16 шығарылымы 5G желілерінің жабдықтарында қолданылатын барлық SON тетіктерін анықтады.

5G желілеріндегі SON үшін техникалық талаптар TR28.861 техникалық сипаттамасында көрсетілген: Техникалық сипаттама тобы қызметтері және жүйелік аспектілері; Телекоммуникацияны басқару; 5G желілері үшін өзін-өзі ұйымдастыратын желілерді зерттеу (SON) (16 шығарылым). 3GPP серіктестік жобасын зерттеумен қатар FP7 және FP8 (Horizon-2020) бағдарламаларының бірқатар еуропалық зерттеу жобаларында SON тетіктерін дамыту мәселелері қарастырылды. Бұл SOCRATES[6], Gandalf[7] және SELFNET[8] жобалары. Жобаларда қабылданған шешімдердің басым бөлігі жоғарыда аталған 3GPP шығарылымдарына енгізілді.

1.4 Желінің өзін-өзі конфигурациялау ерекшеліктері

Желінің өзін-өзі конфигурациялау - бұрыннан құрылған eNB/gNB базалық станциялары үшін жаңадан орналастырылған 4G/5G желілерінің плагин-ойнату принциптеріне негізделген желілік параметрлердің динамикалық конфигурациясы. Өзін-өзі конфигурациялаудың тағы бір анықтамасы - бұл желінің жаңа элементін пайдалану процесі, яғни, инженердің минималды араласуымен eNB/gNB базалық станциясын басқару[4].

Бұл міндет жоспарлауға және орналастыруға байланысты ұялы байланыс желісінің өмірлік кезеңін қамтиды. Өзін-өзі реттеу алгоритмдері eNB/gNB

базалық станцияны конфигурациялаудың бірқатар аспектілерін шешеді. eNB қосулы процессы - RAN радио байланысы желісінің элементтерімен және CN негізгі желісімен байланыс орнату арқылы жүзеге асырылады. eNB станциясы PCI ұяшығының физикалық сәйкестендіргішін, пайдаланылған тасымалдаушының жиілігін және сәулеленетін қуатты дербес теңшейді (настройка), бұл ұяшықтың жылдам жоспарлануына және желіде орналасуына әкеледі. Осыдан кейін eNB/gNB базалық станциясы S1 және X2 интерфейстері арқылы OAM жүйесімен байланыс орнатуға дайын және жұмыс режиміне өтеді. eNB/gNB конфигурацияланғаннан кейін ол өзін-өзі тексеріп, күй туралы есепті OAM желісін басқару орталығына жібереді. Қолмен жұмыс көлемін азайту үшін желілік инженерлер SON шешімінің құрамына кіретін көрші ұяшықтармен (ANR) автоматты әрекеттесу функциясын қолданады. ANR функциясы жаңадан орналастырылған eNB/gNB базалық станция үшін көрші ұяшықтар тізімін орнатады және желінің жұмысы кезінде осы тізімнің конфигурациясын оңтайландырады. ANR функциясы жаңадан орналастырылған eNB/gNB-ны теңшеу (настройка) үшін, қажет жұмысты азайту үшін, сонымен қатар жұмыс кезінде конфигурацияны оңтайландыру үшін қолданылады. Көрші ұяшықтардың дұрыс және ағымдағы тізімдері сәтті тапсыру санын көбейтеді және қабылданбаған қоңыраулар санын азайтады. Тапсырысты өткізер алдында eNB көзіне көршілес ұяшықтар туралы ақпарат қажет: PCN және мақсатты eNB CGID. PCI сәйкестендіргіші eNB/gNB жасаған әр өлшеу есебіне қосылады. Желілік инженер белгілі бір ұяшықтарды блоктау үшін ANR ұяшығын қара тізімге ала алады, мысалы, гетерогенді желідегі ішкі ұяшықтардан сыртқы ұяшықтарға. 3GPP ANR жиілікте жұмыс жасайтын ұяшықтарға немесе басқа жиіліктерге қызмет ететін көршілес ұяшықтардың тізімдерін құратын және оңтайландыратын басқа радиотасымал технологияларын қолдана отырып анықтады. Сонымен қатар, SON өзін-өзі конфигурациялау тапсырмасы 1-деңгей идентификаторларының конфигурациясын қамтиды: Физикалық қабаттың ұяшық идентификациясы (PCI) және Global CGID. PCI және CGID-ті жоспарлауды OAM жүйесінен алынған ақпарат немесе абоненттік терминалдың хабарлама көмегімен, мақсатты ұяшықтағы тарату арнасындағы CGID-кодты декодтау мүмкіндігі арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.CGID-ті декодтау мүмкіндігі UE абоненттік терминалының қосымша функциясы болып табылады.

PCI индикаторы LTE/5G желісінің физикалық қабатын анықтайды (PSS/SSS ұяшықтың синхрондау сигналдарының жалған кездейсоқ тізбегі), синхрондау сигналдарын әр түрлі ұяшықтардан бөлуді кодтау үшін қолданылады және eNB/gNB негізгі базалық станциялардың сигналдарын ажыратуға мүмкіндік береді. Ол уақыт сигналына негізделген. Таңдалған PCI идентификаторы қақтығыстардың болмау шарттарын қанағаттандыруы керек, және де BS желілері арасында таратуда шатасулар туындамауы керек. PCI

идентификаторын орталықтандырылған немесе таратылған түрде тағайындауға болады.

Орталықтандырылған тағайындау қолданылған кезде OAM жүйесі әрбір физикалық ұяшық үшін PCI-ны толық біледі және басқарады. Егер бөлінген тағайындау қолданылса, OAM жүйесі желідегі жаңадан орналастырылған eNB базалық станциясына мүмкін PCI тізімін тағайындайды, бірақ PCI таңдауды eNB базалық стациясы жасайды. Жаңадан орналастырылған eNB есепті абоненттік терминал (UE) радио интерфейсі арқылы немесе басқа eNB базалық станция арқылы X2 интерфейсі, соның ішінде бұрын қолданылған PCI арқылы жіберуді сұрайды. PCI-ді автоматты түрде тағайындау - қақтығыстар мен шатасуларсыз ұяшықтарды автоматты түрде идентификациялауға бағытталған [8].

1.5 SON функциялары мен алгоритмдерінің тиімділігін бағалау

SON желілерін ұяшықтар мен жүйелік инженерлердің коммуникациялық желілерді орнатуды және олардағы SON-ны қолдануды жоспарлайтын күрделі және маңызды міндеттерінің бірі - пайдалану немесе іске асыру кезінде олардың тиімділігін бағалау. C-SON орталықтандырылған желісін іске асыру нарықта AMDOCS, Ingenia Telecom және Cisco сияқты әзірлеушілермен ұсынылады. Таратылған D-SON шешімдері вендорлар үшін әдеттегіден гөрі күрделі және әр түрлі жеткізушілердің желілік шешімдерінің оңай өзара әрекеттесуіне жол бермейді, сондықтан SON желілерінің тиімділігін бағалау сонымен қатар әр түрлі D-SON нұсқаларын қолдануды үйлестіру үшін қажет. Соңғы кездері Qualcomm және Airhop сияқты вендорлар SON негізгі өнімі ретінде таратылған D-SON ұсына бастады, өйткені шағын ұялы және HetNet-желілер үшін мс. өлшенетін D-SON жауап берудің өте қысқа уақыты талап етіледі[3].

Сонымен, орындалған функциялар мен SON алгоритмдерінің әр түрлі пайдалану жағдайларының тиімділігін зерттеу мен бағалаудың мақсаты мыналар болуы керек:

- SON тиімділігін бағалау әдістерін анықтау және көрсеткіштерін таңдау;
- вендорлар әзірлейтін SON алгоритмдерінің тиімділігін бағалау;
- ұялы байланыс желісі OAM жүйесінде болса, ең жақсы SON алгоритмін таңдау;
- SON арқылы қол жеткізуге болатын артықшылықтарды бағалау;
- желіні қолмен оңтайландырумен салыстырғанда артықшылықтарды бағалау.

[19]-да көрсетілгендей, енгізілген функциялар мен SON алгоритмдерін бағалау кезінде тиімділік критерийі ретінде келесілерді таңдау ұсынылады:

- GoS/QoS сияқты ұялы байланыс желілеріне қызмет көрсету және қызмет көрсету сапасы;
- БС/желінің қамту деңгейі;

- БС/желінің өткізу қабілеті және абоненттік сыйымдылығы;
- операциялық шығындар (OPEX);
- күрделі шығындар (CAPEX).

SON алгоритмін қолданғанға дейін және одан кейін GoS/QoS сияқты ұялы байланыс желісінде қызмет көрсету және қызмет көрсету сапасының параметрлерін келесі жұмыс көрсеткіштерінің көмегімен бағалауға болады:

- блокталған қоңыраулардың салыстырмалы саны (Call blocking ratio);
- үзілген қоңыраулардың салыстырмалы саны (Call dropping ratio);
- сәтті қоңыраудың салыстырмалы саны (Call success ratio);
- пакеттерді кідірту(Packet delay), Transfer time;
- өткізу қабілеті (roughput);
- жоғалған пакеттердің салыстырмалы саны (Packet loss ratio);
- MOS қабылданатын сөйлеу сапасының көрсеткіші (Mean opinion score).

SON алгоритмінің қамту көрсеткіштерін келесі критерийлер бойынша бағалауға болады:

- SNR сигнал/кедергі қатынасының берілген мәнімен анықталатын БС қамтуының шамасы;
- Деректерді беру жылдамдығымен анықталатын БС қамту шамасы;
- BS желісінің жиынтық қамтуының мәні және желінің сыйымдылық индексі (Capacity Index).

Желі сыйымдылығын екі деңгейде қарастыруға болады: ұялы немесе бүкіл желі қызмет көрсету саласы. Жаңа базалық станцияны қосу ұядағы өткізу қабілетін ұлғайтпайды. Шын мәнінде, SON алгоритмін қолдану арқылы ұяшық ішілік интерференция деңгейі жоғарылаған сайын ұялардың өткізгіштік қабілеті төмендейді. Алайда, қызмет көрсету аймағында желінің өткізу қабілеттілігі артуы мүмкін, өйткені көбірек BS пайдаланылады.

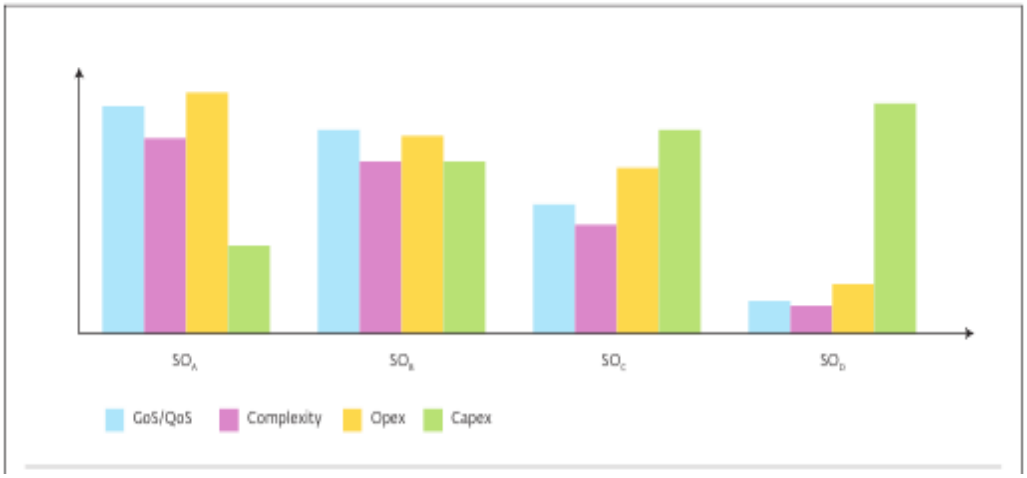
Енгізілген функциялар мен SON алгоритмдерінен қосымша кіріс алу критерийі қосылған базалық станциялардың есебінен жаңа сайттағы трафиктен оператордың қосымша кіріс әкелуіне негізделген. Алайда, оны бағалау қиын, сондықтан бұл көрсеткіш тиімділікті бағалау үшін қолайсыз болып саналады.

CAPEX индикаторы негізінде іске асырылған SON функциялары мен алгоритмдерінің тиімділігін бағалау таңдалған бағалау стандартына байланысты болады. Егер BS қолмен жоспарлау нәтижесінде қосылса, бұл CAPEX желісінің төмендеуін білдіреді, бірақ бұл SON функциялары мен алгоритмдерін қолдану арқылы болмас еді. SON пайдалану сценарийі негізінде сайттарды таңдау жаңа базалық станциялардың қажет болатын жерлерін дұрыс таңдауға әкелуі мүмкін, және SON пайдалану желіге қажет емес сайттарды қосудан аулақ болуға көмектеседі, бұл жағдайда SON пайдалану операторлық капитал шығындарының азаятынын білдіреді. SON-тың CAPEX-ке әсері сайттар санының азаюымен қатар, сайттарға SON енгізілуіне байланысты желілік жабдықтардың жалпы

құнының өсуімен де байланысты болады. SON пайдалану үшін OPEX негізделген индикатордың әсерін бағалау үшін желіні оңтайландыру кезінде жоспарлауыштың сайтты таңдаудың әр кезеңіне кететін шығындарын анықтау қажет. Осы қадамдардың әрқайсысы үшін SON функциялары мен алгоритмдерін қолдану нәтижесінде қандай қадамдар қажет емес екенін және оператор үшін OPEX үнемдеуін бағалау керек. 1.5-суретте LTE желісін моделдеу кезінде алынған төрт түрлі SON алгоритмдерін пайдаланудың тиімділік көрсеткіштерінің мысалдары көрсетілген [4].

Алынған нәтижелеге сәйкес SON – SOA өздігіненоптимизациялаудың алгоритмі ең аз CAPEX-ке қол жеткізуге мүмкіндік беретін максималды тиімділікке ие. Бірақ бұл үшін көптеген өлшеулер (оңтайландыру күрделілігі) және уақыт бірлігінде параметрлерді түзету (оңтайландыру үшін оператордың араласуы жағдайында OPEX өсуі) қажет. SON-SOD ең аз күрделі алгоритмі ең нашар өнімділік пен ең көп күрделі шығындарды қамтамасыз етеді.

Өкінішке орай, әр түрлі өлшемдік көрсеткіштермен және ұялы байланыс желілерінің әр түрлі сипаттамаларына қатысты пайдаланудың әртүрлі сценарийлері үшін SON функциялары мен алгоритмдерінің тиімділігін бағалауға белгілі тәсілдер тиімділіктің бірыңғай интегралдық көрсеткішін енгізуге мүмкіндік бермейді, бұл салыстырмалы әдіс "көп-кем" негізінде тек сапалы бағалау мүмкіндігіне әкеледі. SON желісін инвестициялық жоба ретінде және 4G/5G желісін басқарудағы инновация ретінде қарастыра отырып, белгілі көпкритериалды талдаудың танымал әдістерінің бірін қолдана отырып, SON тиімділігінің интегралды индикаторын ұсынатын осындай көпкритериялдық бағалау мәселесін шешуді ұсынған жөн [5].



1.5 сурет - LTE желісін моделдеу кезінде алынған төрт түрлі SON алгоритмдерін пайдаланудың тиімділік көрсеткіштерінің диаграммасы

Мұндай зерттеулерді мультикритериалды бағалау әдісін қолдана отырып және әртүрлі пайдалану сценарийлері үшін функциялар мен SON алгоритмдерінің тиімділік көрсеткіштерін ескере отырып жүргізу сараптамалық бағалау әдістерін қолдану негізінде таңдалған бағалау критерийлерінің әрқайсысының мәні мен салмағын анықтауды және оны әр өлшемді қалыпқа келтіру үшін әр көрсеткішті қалыпқа келтіруді талап етеді.

2 5G стандарттағы әлеуетті технологиялар мен қойылатын талаптар

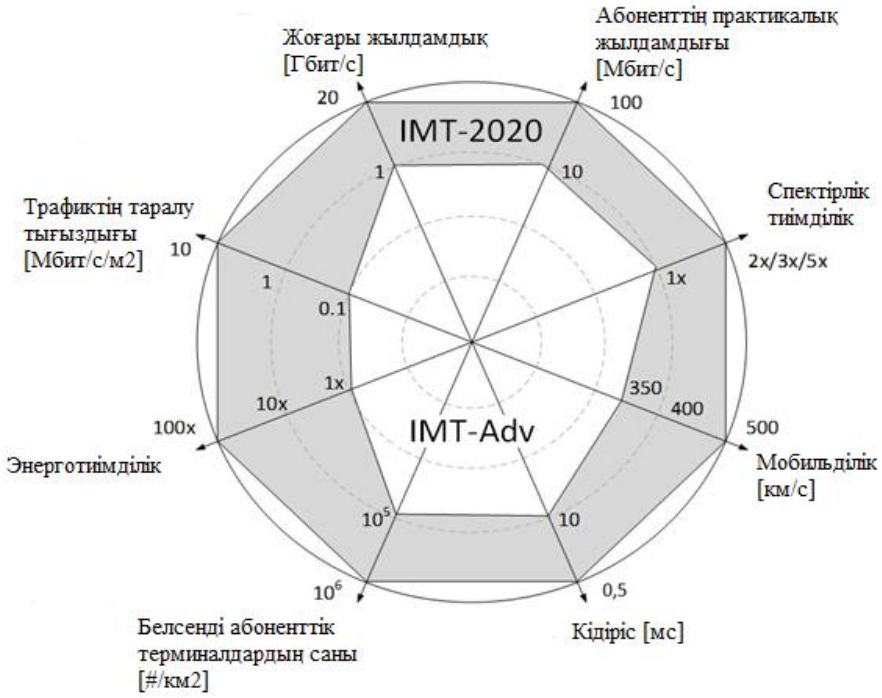
2.1 5G техникалық мінездемесі

5G (сымсыз жүйелердің 5-ші буыны) - бұл бүгінгі таңда кейбір зерттеу жобаларында алдыңғы ұрпақ стандарттарына сәйкес келетін келесі ұялы байланыс стандарттарын белгілеу үшін қолданылатын атау (дәстүрлі 3G және 4G ресми түрде енгізілген). Алайда осы жүйелерді белгілеу үшін ХЭО (Халықаралық электрбайланыс одағы) осы жүйелердің атауларын "IMT2020" деп ұсынды.

5G мобильді байланыс технологиясы келесі мінездемелерге ие:

- сызық бойынша төменгі жылдамдығының ең жоғарғы мәні 20 Гбит/с (яғни, базалық станциядан мобильге дейін); және кері бағытта 10 Гбит/с жылдамдыққа ие болады.
- абоненттің практикалық жылдамдығының 100 Мбит/с әрі одан да көп өсуі.
- спектірлік тиімділігінің 2-5 есе артуы (сызық бойынша төмен - 30 бит/с, сызық бойынша жоғары - 15 би/с).
- энерготиімділігінің 2 қатарға жоғарылауы. Бұл интернет құрылғыларына 10 жыл бойы аккумулятор қуаттамай жұмыс істеуге мүмкіндік береді.
- радиоинтерфейсте уақытша кідірісті 0,5 мс дейін (URLLC машинааралық байланыс сервистері үшін) және 4 мс дейін (eMBB аса кеңжолақты ұялы байланыс сервистері үшін) қысқарту.
- абоненттің қозғалыс жылдамдығын 500 км/с дейін арттыру.
- қосылатын құрылғылардың жалпы санын 1 млн./км^2 арттыру.

Төменде төртінші буын мен бесінші буынның техникалық сипаттамаларына салыстырмалы сурет көрсетірген (2.1 сурет).



2.1 сурет - 4G мен 5G-дың техникалық сипаттамасы

Осы уақытқа дейін әлемде төрт ұялы байланыс буыны болды. Қазіргі уақытта операторлар жабдықты жеткізушілердің (вендорлардың) қолдауымен бесінші буын желілерінің мүмкіндіктерін белсенді тестілеуде, оның коммерциялық өркендеуі 2022 жылға қарай күтілуде. Мұны түсіндіру оңай: он жыл ережесі бар. Егер өткенге қарар болсақ, ұялы байланыстың әрбір жаңа буыны алдыңғы пайда болғаннан кейін шамамен 10 жылдан кейін пайда болғанын байқауға болады: бірінші ұрпақ 80 - жылдардың басында пайда болды, екінші ұрпақ 90-жылдардың басында, үшінші ұрпақ 00-жылдардың басында, төртінші 2009 жылы пайда болды. 5G коммерциялық желілері әлемді 2020 жылы толтыра бастайды деген қорытынды туындайды.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып және жаңа шешімдерді сипаттау кезінде белгілеу қарапайымдылығына сүйене отырып, осы дипломдық жұмыста біз "5G" терминін пайдаланатын боламыз. Қазіргі таңда желіде өте аз уақыт кідірістерін талап ететін көптеген қосымшалар бар (қашықтықтан зондтау, жол қозғалысының қауіпсіздігі, өндірістік процестерді басқару және т. б.), желі сенімділігінің жоғары деңгейі (сындарлы инфрақұрылымды басқару - электрмен жабдықтау желілерін беру, өнеркәсіптік бақылау және көлік, телемедицина, "ақылды" қала мен үйді басқару сияқты өмірлік маңызды әлеуметтік функцияларды қамтамасыз ету) және деректердің әртүрлі көлемін жылдам берудің тиісті форматтары (үлкен көлемдер және - қашықтық бақылау кезінде, шағын көлемде-жүктердің қозғалысын және т. б. бақылау кезінде).

2.2 5G-ге қойылатын негізгі талаптар

Бұл талаптар алдын ала ХЭО-R жұмыс құжатында және төменде қарастырылған бірқатар зерттеу жобаларында тұжырымдалған. Сандық көрсеткіштер түріндегі белгіленген талаптар 2.1-кестеде келтірілген.

5G-ге қойылған талаптар келесідей бөлінген:

- шағын ұяшықтары бар жаңа әуе интерфейсі (New Cell Interface) - сигналдардың жаңа формаларына, дәлірек айтқанда-көпше қол жеткізудің жаңа әдістеріне, дуплекстің жаңа типтеріне (New duplexing), қарапайым және икемді хаттамаларға (Light MAC) және неғұрлым жоғары ретті модуляцияларға, ұяшықаралық өзара іс-қимыл және үйлестіру механизмдеріне (Multi - cell cooperation), кедергілерді басудың/пайдаланудың тиімді әдістеріне, көп өлшемді антенналық жүйелерде (Massive MIMO) және m - көп қабатты тарату үшін бағытталған шоғырдың үш өлшемді құрылымы (MU 3D Beam forming);

- радиожиілік – жоғары жиілікті диапазондарды, оның ішінде миллиметрлік толқын диапазонын пайдалану, лицензиялаудың жаңа режимдері, лицензиялық және лицензиялық емес жұмыс диапазондарын пайдалану, спектрді бірлесіп пайдалану, жабық және сыртқы жағдайларда спектрді құрамдастырылған күйде пайдалану (indoor-outdoor operation);

- зияткерлік және бейімді желі - желілік ресурстарды стохастикалық және бейімді пайдалану (зондтау спектрі) және оны когнитивті радио (Cognitive radio and network), өзін-өзі теңшейтін және автоматтандырылған желілер/Plug & Play, төмен және "зияткерлік" энергия тұтыну (энергияны аз және ұтымды пайдалану);

- радиоқатынау желісінің жаңа архитектурасы (New NW Architecture) - иерархияның және ресурстарды басқарудың әртүрлі деңгейлерімен аралас ұяшықтарды гетерогенді хет-сатылымда (аралас ұяшықтар және Het-Net басқару), орталықтандырылған және бұлтты RAN (RAN/облако RAN) , SDR және SDN үшін қайта жаңғыртылатын радио және желілік элементтерді (SW Defined Radio/Networks) пайдалану деректерін және басқару ақпаратын (қызметтік командалар) әртүрлі физикалық орталарда (Separation of data & control planes) беру, желі құрылымын алмасу (Network sharing).

Жалпы ой бойынша, 2021 жылдың соңына және одан кейін 5G жүйелері кез келген жерде және кез келген уақытта ақпаратқа шектеусіз қол жеткізуді қамтамасыз етуі тиіс. Бұл мақсатқа қол жеткізу үшін қазіргі заманғы кеңжолақты қатынау желілеріне қарағанда қосымшалар мен құрылғылардың әлдеқайда көп түрлілігі болуы қажет. 5G тұжырымдамасы - бұл қарапайым желі технологиясы деуге келмейді. 5G әр түрлі сценарийлердің көмегімен адамдар мен құрылғылар арасында сымсыз кіру және байланыс үшін ортақ орта ретінде қарастырылуы керек. 5G желілік ортасы "интернет заттар", "желілік қоғам" және машинаға бағытталған коммуникациялар (M2M-machine - tomachine, D2D-device - to-device) түрінде адам жаратылысынан тыс шығады. Осы қосымшалардың

арқасында 5G біртұтас технология болмайды, керісінше (әсіресе бастапқы кезеңде) бұл әр түрлі радиотехнологиялардың, ең алдымен HSPA және LTE-дің жетілдірілген нұсқаларын, сондай-ақ жаңа радиоқатынау технологияларын біріктіретін болады.

2.1 кесте - 5G желілеріне қойылатын негізгі техникалық талаптар

Параметрі	Мәні
Деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы	10-50 Гбит/с (DL); 100 Мбит/с - 1 Гбит/с (UL)
Спектрлік тиімділік	5x (LTE-A-мен салыстырғанда)
Радиоинтерфейсте уақытша кідіріс	1 мс
Абоненттік ұтқырлық	500 км/с-қа дейін
Абоненттік трафик	500 Гбит/айына
Трафикті тарату тығыздығы	(1-10) Тбит/с/км^2
Абоненттік құрылғылар саны	(106-107)/км^2 (бір ұяшыққа 300 000 дейін)
Батареяның қызмет ету мерзімі	10
Энергия тиімділігі	10% дейін төмендетілді (4G-мен салыстырғанда)

Кейбір бағалаулар бойынша, тіпті GSM құрылғылардың арасында қысқа пакеттерді жылдам жылдамдықта таратуда да рөл атқарады, әлемнің көптеген бөліктерінде 2021 жылға дейін маңызды радиотехника болып қала береді.

Сондықтан, 5G туралы айтатын болсақ, әңгіме қолданыстағы технологияларды ауыстыру туралы емес, олардың дамуы мен жаңа технологиялармен толықтырылуы туралы болып отыр. Жалпы, 5G = қолданыстағы стандарттарды әзірлеу + жаңа технологиялар. 3G (IMT-2000) және 4G (IMT Advanced) жүйелерінің дамуы орта мерзімді перспективада (шамамен 2021 жылға дейін) дамиды деп күтілуде, өйткені олар жетілдіруді жалғастырады және өзінің функционалдығы үшін үлкен әлеуетке ие.

Орта мерзімді перспективада, 2020 жылдан бастап, кеңейтілген мүмкіндіктері бар және жаңа, неғұрлым жоғары жиілік диапазондарын, тіпті миллиметрлік толқындар диапазонына дейін қолдана отырып, IMT-2020 радиоқолжеткізудің принципті әр түрлі технологияларының болуы күтілуде.

2.3 5G стандарттау және зерттеу бағдарламалары

5G стандарттағы әлеуетті технологиялар:

1) Көлемді MIMO. MIMO технологиясы бірнеше антенналарды қабылдағышта пайдалануды білдіреді, сонымен қатар, егер қазіргі уақытта желілерде MIMO 2x2 және 4x4 пайдаланылса, болашақта антенналар саны артады. Бұл технология қолдану үшін бірден екі салмақты аргументке ие:

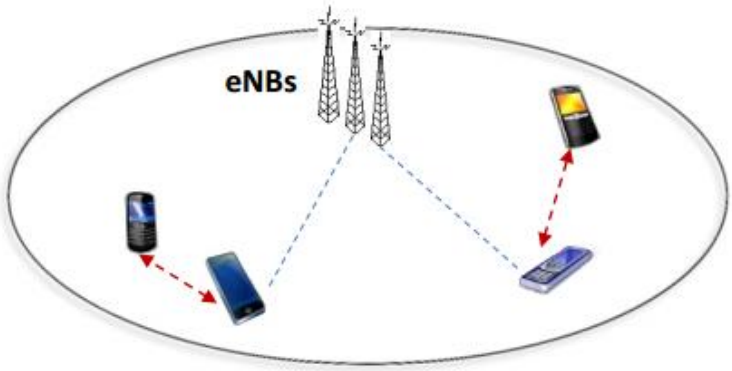
1) деректерді беру жылдамдығы антенналардың санына пропорционалды түрде өседі;

2) сигналдың сапасы таратылып алынған қабылдау есебінен бірнеше антеннаны бірден қабылдаған кезде жақсарады (Receive Diversity);

3) Сантиметрлік және миллиметрлік диапазонға өту. 5G стандартының ұялы байланыс желілерінің толыққанды жұмыс істеуі үшін желілерді еркін жоғары жиілікті диапазондарда тарату қажет. Ақпарат берілетін жиілік артқан кезде байланыс қашықтығы азаяды (яғни байланыс ауқымы төмендейді). Бұл физиканың заңы, оны санитарлық нормалармен шектелген таратқыштың қуатын арттыру арқылы айналып өтуге болады. Алайда, бесінші буындық желілердің базалық станциялары қазіргіден гөрі тығыз, өйткені желінің сыйымдылығын едәуір кеңейту қажет;

4) Мультитехнологиялық. 5G желілерінде жоғары сапалы қызмет көрсетуді қамтамасыз ету үшін UMTS, GSM, LTE және басқа да, мысалы, Wi-Fi сияқты қолданыстағы стандарттарды қолдау қажет. Wi-Fi технологиясы бойынша жұмыс істейтін базалық станциялар аса жүктелген жерлерде трафикті түсіру үшін пайдаланылуы мүмкін;

5) D2D (Device-to-device). Device-to-device технологиясы бір-біріне жақын орналасқан құрылғыларға 5G желісінің қатысуынсыз тікелей деректерді алмасуға мүмкіндік береді, оның ядросы арқылы тек сигнал трафигі өтетін болады (2.2 сурет). Мұндай технологияның артықшылығы деректерді беру спектрдің лицензияланбайтын бөлігіне ауыстыру мүмкіндігі болып табылады, бұл желіні қосымша жүктеуге мүмкіндік береді.



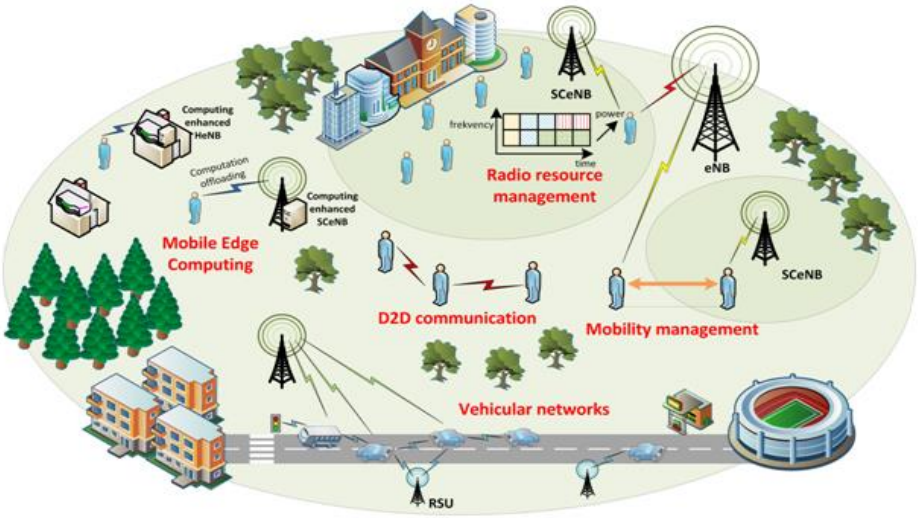
2.2 сурет - D2D технологиясының жұмыс істеу принципі

6) 5G желілеріндегі жаңа радиоинтерфейс. 5G радиоинтерфейсіне келетін болсақ, төртінші буын желілерімен (4G) салыстырғанда спектралдық тиімділікті 3 есе арттыру жоспарлануда. Бұл бір ғана ендікте өткізу жолағының 3 еседен артық берілуіне, яғни 1 Гц-ға 6 бит/сек-қа жуық мүмкіндік береді. Жаңа радиоинтерфейс икемді, жеңіл конфигурацияланатын және кері 4G және 3G желілерімен үйлесімді болады. Huawei компаниясы жаңа интерфейс үшін келесі шешімді ұсынды:

SCMA (Sparse Mode Multiple Access) – абсолютті код негізінде абоненттерді бөлу, әрі бұл ретте жеткізілімді растаудың қажеті жоқ. Бұл технологияда бір жиілік ресурсындағы әр түрлі пайдаланушылардың биттік ағындары арнайы жиынтықтан код кітапшасы деп аталатын кодты сөзге тікелей айналдырылады. Бұл кодтар шартты түрде квазиортогоналды деп аталады және бұл кодтардың саны өте үлкен әрі екі өлшемді құрылымы бар. Яғни, бастапқы сигнал кодтар кітабына түсіріліп, нәтижесінде түрленген сигнал радиоинтерфейске жіберіледі. Приемниктегі сигналды қалпына келтіру процессі де код кітапшасының көмегімен жүзеге асырылады.

F-OFDM (Flexibel OFDM) – жетілдірілген OFDM технологиясы икемді тасушылар бөлуге, таңбалардың ұзындығын және циклдік префиксті өзгертуге мүмкіндік береді. Яғни, әр тапсырма үшін өзіндік параметрлер жиынтығы қолданылады.

Polar Code-кодтаудың субквадраттық күрделілігі бар технология. Арнаны поляризациялау құбылысына негізделген сызықтық түзетуші код болып табылады. Полярлық кодтар жиілік спектрін 3 есе арттыруға мүмкіндік береді, желілік күрделілікті декодтауды жүргізуге және деректерді беру жылдамдығын айтарлықтай арттыру мақсатында қолданылады.



2.9 сурет - 5G желілері үшін тиімді технологияларды қысқыша суреттеу

2.1 кесте – 5G желілері үшін тиімді технологиялар.

№	Технологиясы	Функциясы	№	Технология	Функциясы
1	Novel Multiple Access	- қол жеткізу технологиясы	5.	Flexibel Duplex	- жоғары және төмен желілер бойынша трафикті икемді беру
2	Filter Bank Multicarrier/Universal Filter Multi-Carrier	- спектрлік тиімділікті жақсарту - арналық іріктеуді оңтайландыру - «когнитивті радиода 5G қолдану»	6.	Ultra-dense networking	- виртуалдау технологиясы есебінен аса тығыз желілерді ұйымдастыру - абоненттердің көп санына қызмет көрсету - бір-бірімен бір мезгілде өзара іс-қимылды ұйымдастыру
3	Advanced Coding and Modulation	- жақсартылған модуляция және кодтау технологиялары жиынтығын қолдану	7.	New Full Duplex	- түрлі тапсырмалар үшін бір жиілікті пайдалану
4	Low latency & high reliability	- желі кідірісін азайту - желінің сенімділігін арттыру	8.	Spectrum sharing	- әртүрлі деңгейде әртүрлі қол жеткізу технологияларымен жиіліктік спектрін бірлесіп пайдалануды ұйымдастыру

Төменде желілік элементтердің виртуалдануын және функционалдығын (SDN/NFV), радиоқатынау бұлтты технологияларын (Cloud RAN) енгізуді және көлік желісін виртуалдандыруды (Virtualized Backhaul) ескере отырып, 5G/IMT-2020 желілік инфрақұрылымын құру бойынша жоғары деңгейдегі талаптар қарастырылған.

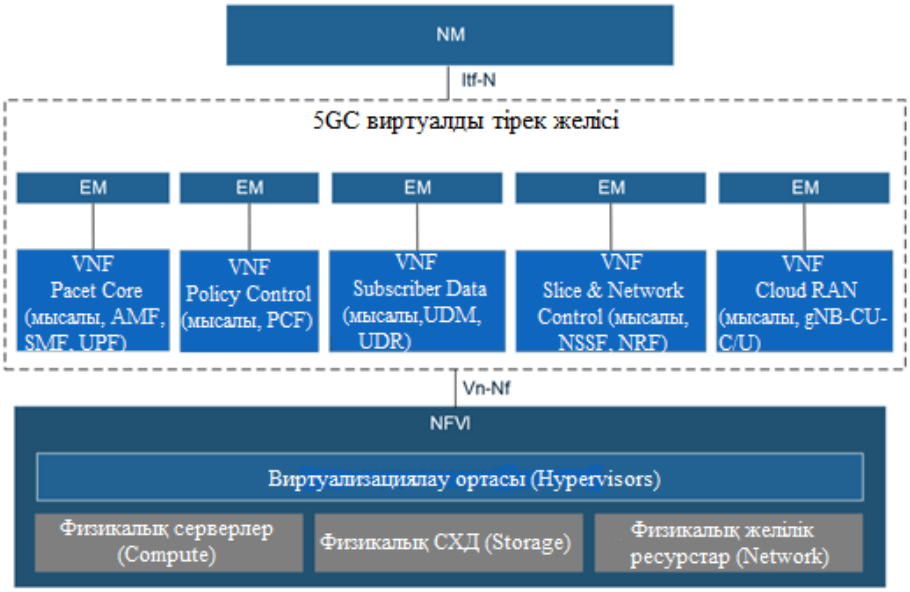
1. NFV виртуализация технологиясы бағдарламалық жасақтаманы физикалық қондырғылардан ажыратуға, атап айтқанда әмбебап жабдықта - IT-серверлерде телекоммуникациялық жабдықтың функцияларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Өнімділігі жоғары бір физикалық серверде виртуализация бағдарламалық жасақтамасын (гипервизорды) пайдалану арқылы бірнеше виртуалды серверлерді (немесе VM) олардың операциялық жүйелерімен және виртуалды коммутатор арқылы бір-бірімен байланысатын бағдарламалық жасақтамамен ұйымдастыруға болады. Сонымен бірге виртуалды серверлер физикалық серверлердің ресурстарымен бөліседі.

5GC желісінің негізгі ерекшелігі - виртуализация технологиясын қолдану - VNF виртуалды желі функцияларын қолдана отырып, телекоммуникациялық модульдерді (5G Core network функциялары) жүзеге асыру (2.10-сурет).

5G/IMT-2020 желісінің деректерді өңдеу орталығы NFV виртуалды желілік инфрақұрылымы MANO басқару және оркестрлік жүйенің құрылысына қатысты 3GPP және ETSI техникалық сипаттамаларына сәйкес келуі керек.

NFV виртуалды инфрақұрылымы байланыс қызметтерінің талаптарына бейімделген икемді, кеңейтілетін байланыс желісін құруға мүмкіндік береді және әдеттегі жоғары өнімді және сенімді деректер орталығы инфрақұрылымын пайдалану арқылы TCO (Total Cost of Ownership - меншіктің жалпы құны) желісіне иелік ету құнын азайтады.

Виртуалды инфрақұрылымның кемшілігі пайдаланушылар трафигін өңдеу (User Plane жазықтықының деректер пакеттері) үлкен ресурстарды қажет ететін сервер деңгейінде жүзеге асырылады. Бұл жетіспеушілікке SDN бағдарламалық жасақтамасымен анықталған желі тұжырымдамасын қолдану арқылы қол жеткізуге болады.



2.10 сурет-5G/IMT-2020 инфрақұрылымның желілік элементтерін виртуалдандыру

2. Software Defined Network (SDN) - бұл деректерді беру қабатының функцияларын, коммутатордың басқару қабатының функцияларынан және оған берілетін трафиктен бөлуге мүмкіндік беретін технология. Мұндай тәсіл зияткерлік компонентті желілік құрылғыдан арнайы серверге беруді және

нәтижесінде желілік элементтерді - коммутаторларды, маршрутизаторларды барынша жеңілдету мен арзандатуды қамтиды.

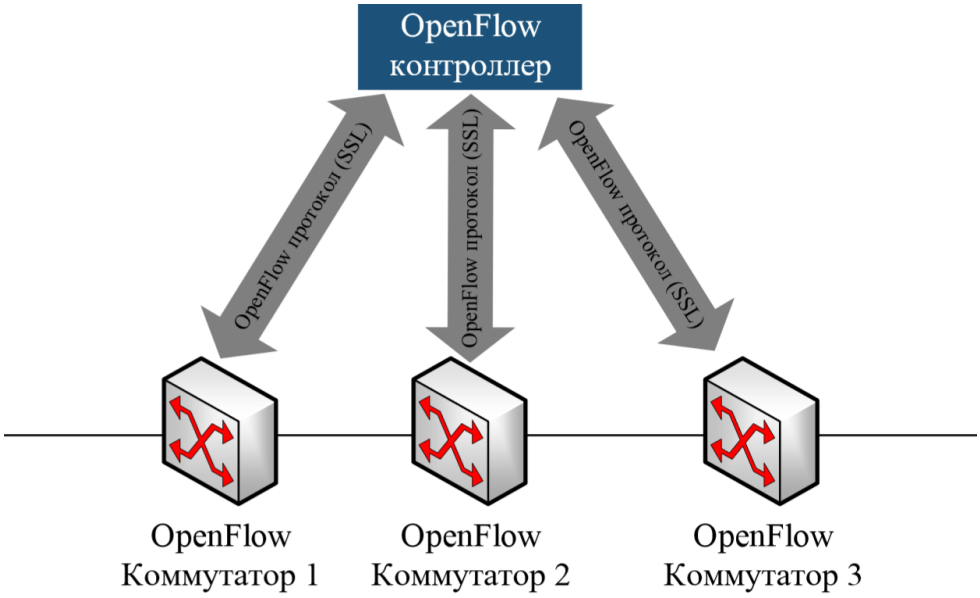
SDN технологиясы келесі мәселелерді шешуге бағытталған:

- өткізу қабілетін басқару тетіктерінің тиімділігін арттыру;
- желіні басқаруды жеңілдету және оның автоматтандыру деңгейін жоғарылату;
- желінің масштабталуын арттыру;
- желілік қауіпсіздікті нығайту;
- маршруттаудың тиімділігін арттыру;
- күрделі шығындар мен пайдалану шығындарын азайту.

SDN-тәсілдің негізгі идеясы:

- желілік жабдықты басқаруды әдеттегі жеке компьютерде жұмыс істей алатын және желі администраторының бақылауында болатын арнайы бағдарламалық қамтамасыз етуді құру есебінен деректерді беруді басқарудан бөлу;
-желілік жабдықтың жеке даналарын басқарудан желіні тұтастай басқаруға көшу;
-желілік бағдарлама мен желінің көлік ортасы арасында интеллектуалды бағдарламалық-басқарылатын интерфейс құру.

OpenFlow хаттамасына негізделген бағдарламалық анықталған SDN-нің негізгі компоненттері (2.11-сурет):



2.11 сурет - OpenFlow хаттамасы бойынша контроллермен коммутаторлардың өзара әрекеттесу сұлбасы

- OpenFlow коммутатор;

- OpenFlow контроллер немесе желілік операциялық жүйе;

- Қорғалған арна, ол арқылы контроллер мен коммутатордың өзара әрекеттесуі жүзеге асырылады (көп жағдайда берілетін хабарларды қорғау үшін TLS (transport layer security - транспорттық деңгейдегі қорғау хаттамасы) қолданылады, алайда шифрлаусыз берілуі мүмкін).

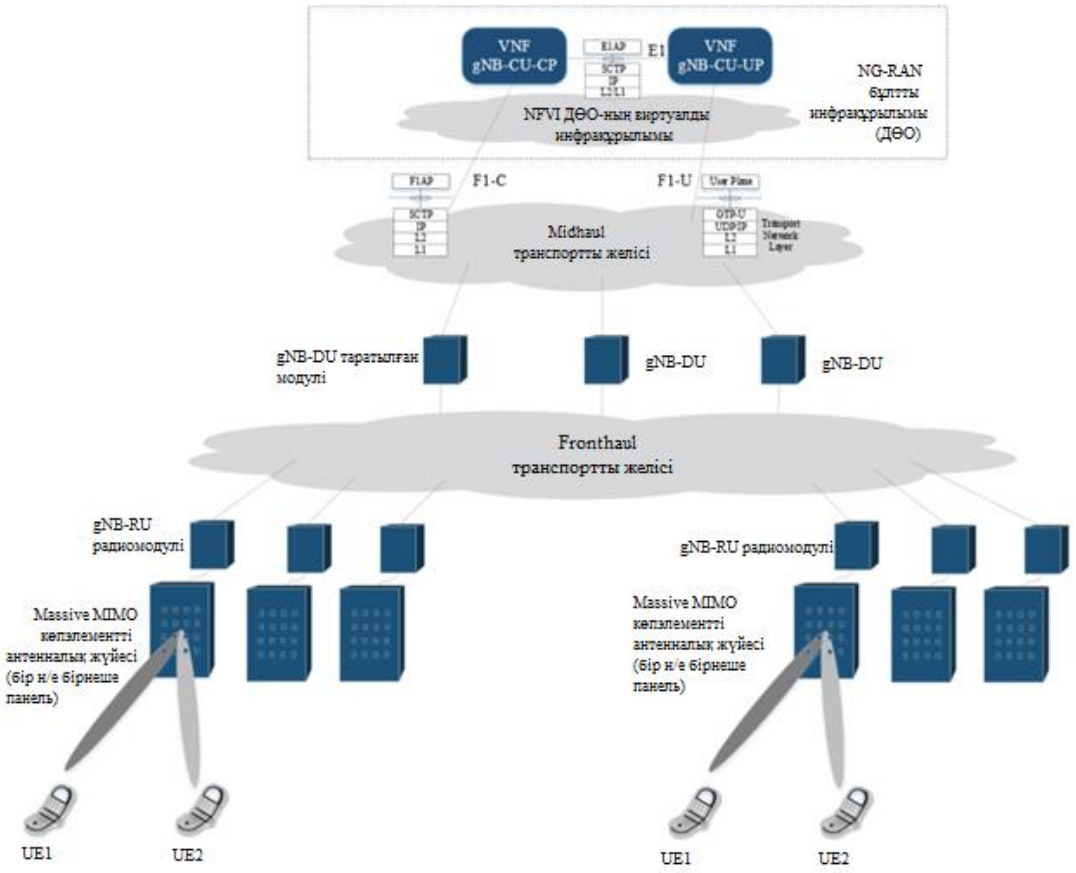
Бағдарламалық-жасақтамамен анықталған SDN желісінің инфрақұрылымы OpenFlow ашық хаттамаларына сәйкес құрылуы тиіс, біртұтас болуы керек және мультивендорлық техникалық шешімдерді іске асыру мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс. SDN бағдарламалық-анықталатын желісінің желілік инфрақұрылымы жоғары коммутациялық сыйымдылықпен және деректерді беру жылдамдығымен желілерді құруға мүмкіндік береді.

Cloud RAN – NG-RAN радиоқатынау желісінің бұлтты инфрақұрылымы. NG-RAN бұлтты радиоқатынау желісі (2.12-суретте көрсетілгендей), NVF виртуалдау технологиясын пайдалана отырып, gNB базалық станциясының модельдерін жүзеге асыруға негізделген және бірқатар артықшылықтарға ие:

- NR/E-UTRA бағдарламалық қамтамасыздандырылған мультистандартты базалық станцияларды енгізу, виртуалды шешімдердің икемділігі мен ауқымдылығы;

- базалық станция жабдықтарын сенімділік пен қауіпсіздіктің жоғары деңгейіндегі деректер орталықтарына орналастыру;

- Cloud RAN бұлтты инфрақұрылымы көптеген радио модульдерді басқарады және радиожиіліктің кең аймағын қамтиды, жиілік ресурсын неғұрлым оңтайлы пайдалануды, ICIC кедергілерінің орнын толтыру алгоритмдерінің тиімді жұмыс істеуін және CoMP, Intra-RAT өткізгіштерін тиімді басқаруды қамтамасыз етеді.



2.12 сурет - NG-RAN радиоқатынау желісінің Cloud RAN бұлтты инфрақұрылымы

4. Транспорттық желіні виртуализациялау (Virtualized Backhaul). Ұялы байланыстың классикалық транспорттық желісі екі негізгі бөліктен тұрады: базалық станцияларды негізгі желінің функционалды элементтерімен қосатын таратушы желі (Backhaul) және негізгі желінің функционалды элементтері арасында жоғары жылдамдықты байланыс арналарын қамтамасыз ететін магистральдық желі. C-RAN архитектурасына көшу Backhaul желісінде екі жаңа сегменттің бөлінуіне әкелді: gNB-RU радиомодульдерінің пулдарын және GNB-DU таратылған модульдерін біріктіретін "Fronthaul" желісі және GNB-DU таратылған модульдерінің пулдарын және gNBCU орталық модульдерін біріктіретін "Midhaul" желісі. "Fronthoul", "Midhaul" және "Backhaul"желілерінің жиынтығы "X-haul" желісінің жалпылама атауын алды және байланыстың оптикалық-талшықты желілерін, радиорелелік желілерді, байланыстың спутниктік желілерін, Carrier Ethernet, IP/MPLS, Segment Routing және т. б. қоса алғанда, әртүрлі технологияларды қолдана отырып салынуы мүмкін.

5G/IMT-2020 желісіне SDN/NFV технологияларын енгізу транспорттық желінің (мысалы, P, PE түйіндері, IP/MPLS желілері) функционалды түйіндерін

жаңарту үшін де қажет. Сондықтан, транспорттық желіні құру үшін тек NFV тұжырымдамасын, яғни COTS серверлерінде жұмыс істейтін виртуалды маршрутизаторлар мен коммутаторларды енгізуді және SDN/NFV тұжырымдамасын қолдану қажет, бұл желілік өзара әрекеттесуді ұйымдастырудың жаңа тәсілін білдіреді (виртуализацияланған н/е керісінше болсада контроллер мен SDN коммутаторларын пайдалану).

SDN/NFV бағдарламалық-анықталатын транспорттық желісі басқару функционалын (Control Plane және Management Plane жазықтығы) деректер пакеттерін қабылдау, өңдеу және жіберу функционалынан (Data Plane жазықтығы) бөлуге, сондай-ақ виртуалдау технологиясын пайдалана отырып басқару функционалын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Виртуалды транспорттық желісі желінің өткізу қабілетін басқару механизмдерінің тиімділігін арттыруға, желіні басқару алгоритмдерін орталықтандыруға, желінің ауқымдылығын арттыруға және жаңа желілік сервистер мен 5GC (5G Core) тірек желісінің жаңа желілік қабаттарын (network slices) автоматты түрде іске асыруды қамтамасыз етеді.

3 Кең жолақты радиобайланыстың болашағы: миллиметрлік диапазон

3.1 Миллиметрлік диапазонға сұраныс

Қазіргі уақытта коммерциялық және әскери мақсаттағы байланыс жүйелерін дамытудың қарқынды процесі жүріп жатыр, радиорелелік және оптикалық толқындардың дәстүрлі емес диапазондарын, оның ішінде АЖЖ және ӨЖЖ, миллиметрлік толқындарды (MMW), терагерц диапазон толқындарын қоса алғанда, инфрақызыл толқынды диапазонды игеру жүріп жатыр. Қазіргі уақытта зертханалардың қабырғаларынан MMW жүйелері, сондай-ақ атмосфералық оптикалық байланыс желілерінде (АОБЖ) жұмыс істеуге арналған лазерлік (инфрақызыл) сәулелену жүйелері шығып жатыр.

MMW диапазонына келетін болсақ, бұл өте үлкен сұранысқа ие, оның басты себептері мобильді трафиктің ультра жоғары жылдамдықты сымсыз көлік желілерін, сондай-ақ радиорелелік жүйелерді құруға деген талаптардың артуы. Сонымен қатар, бұл ассортиментті пайдалану лицензиялауды қажет етпейді, бұл жабдықты мүмкіндігінше тезірек пайдалануға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, бұл диапазон IEEE 802.11ad және WirelessHD қысқа қашықтық сымсыз стандарттары бойынша сұранысқа ие болады деп күтілуде.

Қазіргі уақытта кеңінен қолданылатын 802.11ad стандарты – бұл IEEE (электротехника және электроника инженерлері институты) енгізген Wi-Fi ретінде танымал 802.11 сымсыз стандартының кеңейтілген жүйесі. 11ad нұсқасы 60 ГГц диапазонына арналған. Ол 11a/b/g/n/ac қосқандағы барлық алдыңғы нұсқалармен үйлесімді, өйткені Media Access Control (MAC) деңгейлері ұқсас. 11ad сипаттамасы WiGig коммерциялық атауымен де белгілі.

Милиметр диапазоны 30-дан 300 ГГц-ге дейінгі жиілік спектрін алады. Бұл микротолқын (1-30 ГГц) мен инфрақызыл диапазонға жақын орналасқан. Толқын ұзындығы (λ) 1–10 мм аралығында болады.

Бірнеше ондаған жылдар бойы MMW мұндай ЭМ-тербелістерді генерациялау және қабылдау үшін элементтік базаның болмауынан, миллиметр диапазонында антенна-фидерлік трактінің құрылуынан, сондай-ақ жер атмосферасында және қалалық ортада сәулеленудің таралуы жөніндегі деректердің болмауынан практикалық пайдалануға жарамсыз деп саналды.

Миллиметр диапазонында байланыс жүйелерін құруға көптеген отандық (IRE RAS) және шетелдік (NTT, Жапония) түрлі толқындардың таралуын, сондай-ақ 30 ГГц-ден жоғары жиіліктегі сигналдарды шығарудың, күшейтудің, қабылдаудың және қайта өңдеудің жаңа құралдарын жасауды зерттеу жүргізді. Нәтижесінде қазірдің өзінде бейінді инжинирингтік компаниялар бұрын пайдаланылғандармен салыстырғанда, кодтаудың қосымша алгоритмдерін қолданбай, QAM-256, QPSK сияқты модуляция әдістерін пайдалана отырып, 10 Гбит/с дейін деректерді беру жылдамдығын қамтамасыз етуге қабілетті желілерді құруға жақындады.

3.2 MMW диапазонының артықшылықтары

Берілген диапазонның негізгі артықшылықтары:

- деректерді беру жылдамдығын 10 Гбит / с-қа дейін қамтамасыз ету мүмкіндігі;
- Индустриялық ЭМ-кедергілерден, жоғары бөгеуілден қорғау;
- Антенналық жүйелердің габариттерін айтарлықтай төмендету және тарату және қабылдау антенналарының бағытталуының аса жоғары диаграммаларын алу мүмкіндігі — 0,3–1,5°, бұл дәстүрлі АЖЖ-сантиметрлік диапазонды жүйелерімен салыстырғанда байланыс қашықтығын едәуір арттырады;
- миниатюралық антенналар желдің жүктемесін едәуір төмендетеді, бұл фактор тұтасымен байланыс жүйесінің сенімділігін арттырады және жабдықтың құнын төмендетуге оң әсер етеді;
- MMW диапазонындағы таратушы және қабылдайтын антенналар тар радиациялық үлгіні қолданатындықтан, көрші базалық станциялар арасында ешқандай кедергі жоқ және MMW байланыс арнасының ауқымы ұлғайтылған. Бұл фактор антенналарды бір-біріне мүмкіндігінше бірнеше сантиметрге жақын орналастыруға мүмкіндік береді, бұл көп жиілікті режимде жұмыс жасайтын ұялы байланыс үшін базалық станцияны құру кезіндегі сөзсіз артықшылық;
- өткізгіш сәулелердің кішкентай бұрыштарын қолданудың арқасында MMW диапазонының жүйелері жоғары қуатқа ие.

Милиметр диапазонының тағы бір артықшылығы - бұл толқындарда жұмыс істейтін жабдықтың аз мөлшері. Қазіргі заманғы микроэлектронды

технология микротолқынды пештердің шағын құрылғыларын құруға мүмкіндік береді, ал MMW диапазонында антенналарды микросхеманың көлеміне дейін азайтуға болады. Мысалы, 900 МГц жиілігінде жұмыс істеуге арналған әдеттегі жартылай толқынды вибратор 15 см ұзындыққа ие, бірақ 95 ГГц жиілік үшін жартылай толқынды антенна 1,58 мм ұзындыққа ие болады, тіпті оданда аз, егер диэлектрлік субстратта дайындалса. Бұл радио таратқыштың, соның ішінде антеннаның бүкіл дизайны өте ықшам болуы мүмкін екенін білдіреді. Микросхеманың субстратында көптеген элементтері бар фазалық антенна массивін құру оңай, олар кіріс, қуат және берілу қашықтығын арттыру үшін энергияны ауыстырып, фокустай алады.

Мысал ретінде 24-24.25 ГГц ISM диапазонында жұмыс істейтін Infineon компаниясының 24-ГГц BGT24MTR11 бір чипті радарларын алуға болады. Қабылдағыш пен таратқыш QFN пакетінде бірдей чипте орналасқан. Құрылғыны пайдалану өте оңай, өйткені әзірлеушіге бортқа радиожиілікке сәйкес келетін элементтерді орнатудың және жоғары жиілікті қосылыстарды есептеудің қажеті жоқ (3.1-сурет).

MMW диапазонында жұмыс істейтін радио байланыстарды салу кезінде қазіргі уақытта Cassegrain екі айналы параболалық антенналар қолданылады. Осы типтегі антенналарды таңдау айна бетінің аз көлеңкеленуіне және, сәйкесінше, бетті пайдаланудың жоғары коэффициентіне байланысты (приборлар).

3.1- сурет - 24 ГГц диапазонындағы бір кристалды радар

3.3 MMV диапазонының физикалық сипаттамалары мен ерекшеліктері

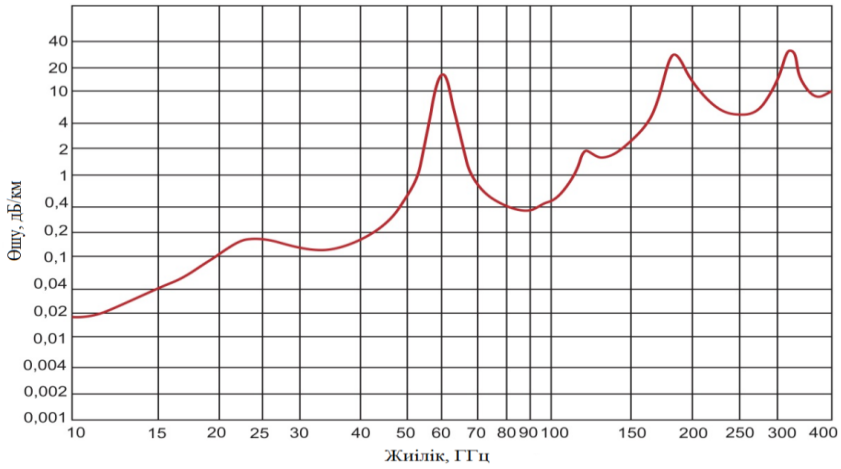
Жоғарыда айтылғандай, MMW диапазоны 30-300 ГГц радиожиілікті құрайды (толқын ұзындығы 1-ден 10 мм-ге дейін). Үш негізгі жиілік диапазоны 71–76, 81–86, 92–95 ГГц (E-диапазоны) және 40.5–43.5 ГГц (Q-диапазоны), бұл сигналдардың атмосфера тарату мөлдірлігінің «терезесі» болып табылады.

Спектрдің мұндай бөлінуі 30-100 ГГц жиілік диапазонында MMW таралу ерекшеліктеріне байланысты болды.

Зерттеулер көрсеткендей, олардың нәтижелері егжей-тегжейлі сипатталған [19], миллиметр диапазонындағы электромагниттік толқындардың таралуына радио толқындарының түсуі, шашырау, сіңіру, деполяризация сияқты факторлар әсер етеді, сонымен қатар маусымдық фактор. Оларды толығырақ қарастырайық.

Радиотолқындардың өшуі. Тропосферада құлдыраудың екі түрі бар: резонанстық және респондентті емес. Резонанс молекулалардың ЭМ толқындарын және ЭМ өрісін өздері шығаратын қасиетіне байланысты. Энергияны сіңіру кіріс электромагниттік толқынның жиілігі энергия ішілік молекулалық квант деңгейінің дискретті жиіліктерінің бірімен сәйкес келген кезде пайда болады.

Резонанттылықтың төмендеуі әр түрлі метеорологиялық жағдайларда электромагниттік толқынның таралуы кезінде жылу энергиясының жоғалуына байланысты. Бұл шарттар деп гидрометеорлар (орташа және үлкен қарқындылық жаңбыр, тұман), бұлттар және тропосфераның төменгі қабаттарындағы басқа да метеорологиялық құбылыстар түсініледі. Жауын-шашынның тозуы 10 ГГц-ден жоғары жиіліктерге айтарлықтай әсер етеді. MMW сигналының сөнуінің логарифмдік шкала бойынша жиілікке тәуелділігі графигі 3.2 суретте келтірілген.



3.2 - сурет - MMW диапазонындағы атмосфералық өшуліктің +20 °C температурадағы жиілікке тәуелділік графигі.

Шашырау. Сигналдың шашырауы молекулалар мен молекулалардың агрегаттарында, әсіресе қауіпті жағдайда болады.

Сіңіру. Біз тропосферадағы сигналдың қатты бөлшектермен (шаң, түтін және т.б.), яғни қараңғылық жағдайында жұтылуы туралы айтамыз. Транссивті антеннаның радиациялық үлгіні есептеу кезінде бұл қасиетті ескеру қажет,

өйткені антенналардың бетіне түскен шаң бөлшектері беттің қасиеттерін өзгертіп, антенналардың сипаттамаларын нашарлатуы мүмкін.

Деполяризация. Жауын тамшыларында немесе тұманда пайда болған токтар деполяризация эффектінің пайда болуына әкелетін шашыраған немесе қайталама сәулеленудің көзі болып табылады [18]. Жаңбыр 10 ГГц-ден жоғары жиіліктерді қайта пайдалану үшін қажет ортогоналды поляризацияланған радио толқындар арасындағы оқшауларды едәуір төмендетеді. Деполяризация бұл жағдайда арналар арасындағы өзара кедергілердің пайда болуына әкеледі.

Көмірқышқыл газы, озон және метанның құрамында миллиметрлік радио толқындардың сіңуі болмайды.

Маусымдық фактор. Тропосфераның шашырауына байланысты жыл мезгілінің көбею жағдайларына әсері, солтүстік жарты шарда орналасқан маршруттарда жаз айларында сигнал деңгейінің қысқы кезеңге қарағанда жоғары екендігі көрінеді. Ортаңғы ендіктерде сигнал деңгейінің маусымдық өзгерісі 10–12 дБ [21] деңгейіне жетеді.

[21] көрсетілгендей, жоғарыда аталған деструктивті факторлардың ішінде миллиметрлік радио толқындардың таралуына едәуір әсер гидрометеорларда сіңу және радио толқындардың деполяризациясы арқылы жүреді, аз әсер оттегі мен су буының сіңуіне байланысты.

MMW диапазонындағы электромагниттік тасушы диапазонның құлдырауы нөсер немесе қар кезінде 30-50 дБ/км-ге жетуі мүмкін. Алайда, орта ендіктерде мұндай жауын-шашын сирек байқалады және тез аяқталады: Мәскеу тас жолдарында миллиметрлік толқындық радио көпірлерді белсенді қолданатын НЦТ FIORD компаниясы қызметкерлерінің айтуынша, жаңбырдың салдарынан байланыс желісінің максималды бұзылуы жылына 22 минуттан аспады.

Гидрометеорлардағы MMW-нің едәуір әлсіреуі радиожолдың энергетикалық әлеуетін арттыру қажеттілігіне әкеледі. Байланыс желісінің энергетикалық потенциалы (ЭП) тарату және түсіру геометриясына байланысты шығындардың жалпы мөлшерін анықтайды, таратқыш пен қабылдағыш арасындағы сигналдың өшуін анықтайды. ЭП келесі формуламен анықталады [22]:

$$P = P_0 + G_1 + G_2 - L_1 - L_2, \tag{3.1}$$

мұндағы, P — қабылданған сигналдың қуаты, дБ; P0 — таратқыштың қуаты, дБ;

G1, G2 — тарататын және қабылдайтын антенналардың күшею коэффициенті, дБ;

L1 — жолдағы геометриялық жоғалудың коэффициенті, дБ;

L2 — өшу кезіндегі жоғалу коэффициенті, дБ.

Геометриялық жоғалу коэффициенті келесі формула бойынша есептеледі:

$$L_1 = 92.4 + 20\lg(f) + 20\lg(d), \quad (3.2)$$

мұндағы, d — көру аймағында берілетін және қабылдайтын антенналар арасындағы қашықтық, км-де көрсетілген, f — жиілік, ГГц.

Әдеттегі Е-байланыс желісі 190-197 дБ құрайды.

Белгілі бір аймақ үшін MMW диапазонының радиоарналарын есептеу кезінде жауын-шашын туралы статистикалық деректерді ескеру және олардың қарқындылығының аудандық карталарын пайдалану қажет.

3.4 АОБЖ мен MMW диапазонындағы ақпаратты беру арналарын салыстырмалы талдау

Кең жолақты желідегі MMW байланыс жүйелерінің ең жақын бәсекелестері АОБЖ болып табылады. Сондықтан олардың негізгі сипаттамаларын қарастырған жөн.

Кәдімгі атмосфералық оптикалық байланыс жүйесі 0,85-0,95 мкм, 1,5-1,6 мкм мөлдірлік терезелерінде жақын инфрақызыл диапазонды қолданады және көзге көрінетін жерде орналасқан екі қабылдағыштың арасындағы “нүкте-нүкте” архитектураны қолданады. Таратқыш сандық ағынмен берілетін оптикалық сәулеленудің сыртқы немесе ішкі модуляторы бар жартылай өткізгіш лазерлі диодты пайдаланады. Модульденген лазер сәулесі таратушы оптикалық жүйемен коллимацияланады және фотоқабылдағыштың фокустаушы оптикалық жүйесі жағына жіберіледі, онда оны детектирлеу және берілетін ақпаратты декодтау жүргізіледі.

АОБЖ артықшылықтары:

- электромагниттік кедергілерге қатысты жоғары кедергіден қорғау;
- "күн желіне" деген сезімталдық»;
- аса тар, 1-10 мрадиан (0,057–0,57°), таратушы және қабылдаушы құрылғылардың бағыттылық диаграммаларын қарапайым оптикалық құралдармен қалыптастыру;
- қысқа импульстар технологиясын қолдану мүмкіндігі, бұл жерде уақытша пульсті модуляция көмегімен ақпарат шифрланады. Кезектегі «тұрақты» позицияға қатысты импульстің ығысуы алға қарай «0» және артқа «1» орнатады. Ауытқу уақыты импульстің ұзақтығынан 0,25 аспайды. Бұл импульстік қосалқы станцияның кезекшілік циклімен анықталатын ең жоғары орташа деңгейдегі таратқыштың қуатын алуға мүмкіндік береді;
- соңғы екі фактордың арқасында ақпараттың оптикалық арнасының жоғары энергетикалық құпиясына қол жеткізіледі;

- тек пассивті айналар мен призмаларды пайдалана отырып, сәуленің тікелей жүрісін бұза отырып, арналардың топологиясын іске асыру мүмкіндігі;

АОБЖ лицензиялауды қажет етпейді.

Қазіргі уақытта бар оптоэлектронды элементтік база 10 Гбит/с дейін өткізу қабілеті бар АОБЖ құруға мүмкіндік береді.

Инфрақызыл сәулеленудің атмосфералық таралу ерекшеліктері:

- гидрометеорларға, түтіннің, шаңның және басқа да ауаның ластануына тәуелділік. Қатты тұман немесе қар кезінде сөну 60-70 дБ/км-ге жетуі мүмкін;

- жоғары температура мен жел кезіндегі атмосферадағы турбулентті құбылыстар ауаның сыну көрсеткішінің өзгеруіне әкеледі, толқынның бұрмалануына әкеледі, төмен жиілікті (0,5 Гц - 3 кГц) сәуленің түсуіне және берілетін сандық пакеттердің жоғалуына әкеледі. Турбуленттіліктің әсері 1 км-ден астам қашықтықта көрінеді. Турбуленттіліктің ұзақ қашықтықтағы АОБЖ-тердің жұмысына әсерін азайту үшін толқындардың бұрмалануын өтеу үшін өте қымбат (5000-6000 доллар) бейімделгіш оптикалық жүйелер қолданыла бастады.

Көрсетілген проблемаларға қарамастан, атмосфералық лазерлік байланыс 1-2 км қашықтықта өте сенімді болды және АОБЖ қолжетімділік коэффициенті 99% деп бағаланады [23].

Қазіргі уақытта ғарыш аппараттары арасындағы байланыс үшін жақын және алыс кеңістіктерде ақпаратты таратуға арналған лазерлік жүйелер көп сұранысқа ие, дегенмен таратқыш пен қабылдағыштың микрометеориттерден және шу шығаруға қарсы өзара басшылықтан қорғаныс және қабылдау міндеттері әлі толық шешілген жоқ.

Қызықты мысал: 2013 жылы LADEE зонды деректерді ғарыш аппаратының бортындағы арнайы Lunar Laser Communication Demonstration құрылғысы арқылы берді. NASA мамандарының мәліметтеріне сәйкес, 385 000 км (Жер мен зонд арасындағы қашықтық) қашықтыққа ақпаратты беру жылдамдығы кіріс сигнал үшін 622 Мбит/с және шығыс үшін 20 Мбит/с құрады.

Миллиметрлік және оптикалық диапазондардың атмосфералық жүйелерін салыстыра отырып, келесідей қорытындылар жасауға болады:

- шамамен 1-2 км қашықтықта, бұл жүйелер ұқсас техникалық сипаттамаларға ие;

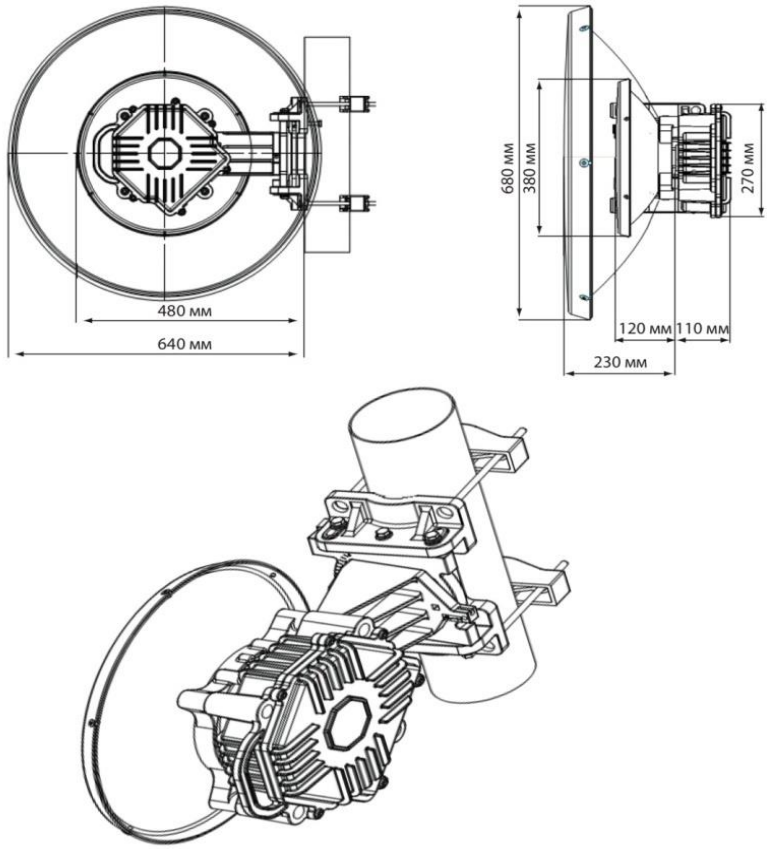
- ұзындығы үлкен атмосфералық желілерде (5-10 км және одан жоғары) ИҚ-диапазонымен салыстырғанда сигналдардың таралуының өзге физикалық сипаттамаларына байланысты MMW диапазонының жүйелері басымдыққа ие.

3.5 MMW диапазондағы сымсыз жүйелерді практикалық іске асыру

2016 жылы ДОК (Санкт-Петербург), миллиметрлік толқындық жүйелердің жетекші жасаушысы, жаңа құрылғыны - PPC-10G моделін екі нұсқада ұсынды: E-диапазонына 71–76/81–86 ГГц және Q-диапазоны 40,5-43,5 ГГц. Тамыз айының басында осы компанияның мамандары 10 Гбит/с өткізу қабілеті бар

PPC-10G жаңа радиорелелік байланыс желісінің технологиялық мүмкіндіктерін сәтті көрсетті. Тұсаукесер аясында Лондонның орталығындағы Темза өзені арқылы сымсыз байланыс арнасы ұйымдастырылды, ол арқылы әртүрлі ұзындықтағы IP пакеттері жіберілді.

Қазіргі уақытта қол жеткізілген беру жылдамдығы магистральды сымсыз байланыс индустриясындағы ең жоғары әлемдік жетістік болып табылады. RRS-10G қамтамасыз ететін арнаның максималды жылдамдығы - 10 Гб/с толық дуплекстің, минимум - 350 Мбит/с толық дуплекстің. Сигналдың өткізу қабілеттілігі 250-ден 2000 МГц-ге дейін (деректерді беру жылдамдығына байланысты). RRS-10G радио көпірінде бейімделгіш модуляция жүйесі бар (QPSK - 256QAM). PPC-10G моделінде екінші деңгейлі интеграцияланған қосқыш және Ethernet қызметін басқару жүйесі бар.



3.3 сурет - PPC-10G антеннасы бар габаритті сурет.

PPC-10G жүйесінің техникалық сипаттамалары 3.1 және 3.2 кестелерінде келтірілген.

3.1 кесте - PPC-10G жүйесінің негізгі сипатаммалары

Жиілік диапазоны,	71–76/81–86 (E-band)	40,5–43,5 (Q-band)

<table>
<tr><td>ГГц</td><td colspan="3"></td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>Өткізу қабілеті</td><td colspan="3">10 Гбит/с дейін Full duplex, кеңейту мүмкіндігі бар</td><td colspan="4">7,2 Гбит/с дейін, кеңейту мүмкіндігі бар</td></tr>
<tr><td>Сәулелену жолағының ені, МГц</td><td colspan="7">250/500/750/1000/1250/1500/2000</td></tr>
<tr><td>Модуляция типі</td><td colspan="7">QPSK-дан QAM-256-ға дейін</td></tr>
<tr><td>Бейімделу жылдамдығы</td><td colspan="7">Бейімделу - кодтау, диапазон және модуляция</td></tr>
<tr><td>Ашық ауа райында 0,6 м антенналарға арналған максималды қашықтық, км</td><td colspan="7">20 км дейін</td></tr>
<tr><td>QPSK-модуляция кезінде 0,6 м антенналары бар радиокөпірдің әлеуеті</td><td colspan="3">197dB; 250MHz</td><td colspan="4">183dB; 250MHz</td></tr>
<tr><td>Макс. өткізу қабілеті (E&Q band)</td><td>1330 Мбит/с, 250 МГц</td><td>2660 Мбит/с, 500 МГц</td><td>3750 Мбит/с, 750 МГц</td><td>5200 Мбит/с, 1000 МГц</td><td>7200 Мбит/с, 1250 МГц</td><td>7630 Мбит/с, 1500 МГц</td><td>9600 Мбит/с, 2000 МГц</td></tr>
<tr><td>Мониторинг/басқару</td><td colspan="7">SNMP v.1; v.2; v.3; MIB-II, DOK Enterprise MIB; WEB GUI</td></tr>
<tr><td>Интерфейс (деректерді тарату)</td><td colspan="7">1×SFP/SFP+ (1000Base-X, 10GBase-LR/SR)</td></tr>
<tr><td>Интерфейс (мониторинг)</td><td colspan="7">100 Base-Tx (RJ–45)</td></tr>
<tr><td>Ethernet сипаттамасы</td><td colspan="7">Ethernet қызметтерін ашық беру; Flow Control режимін қолдау (IEEE 802.3 x); қосымша: SyncE қолдайтын L2 switch, IEEE 1588v2, CPRI 9,8 Гбит/с дейін</td></tr>
<tr><td>Қателерді түзету</td><td colspan="7">LDPC; Reed Solomon</td></tr>
<tr><td>Поляризация</td><td colspan="7">Тік/көлденең</td></tr>
</table>

3.2-кесте - PPC-10G транспортерлік жабдықтың сипаттамасы

Антенна			
Антенна түрі		Радиомөлдір қақпағы бар Cassegrain антенна	
күшейту мен сәуле ені	Антенна 0,3 м	45 дБ/0,7°	38 дБ/1,5°
	Антенна 0,6 м	51 дБ/0,35°	44 дБ/0,7°
Қуатты тұтыну/пайдалану шарттары			
Қуат көзі		88–132/176–264 В, 50/60 Гц	
Қуатты тұтыну, Вт		35 (+60 жылытқыш қосылған кезде)	
Қуат кернеуі, В		36–60	
Қосқыштар, қорғаныс класы		IP-65 (опциональды IP-68)	
Жұмыс істеу температурасының диапазоны		–50…+60 °C	
Ылғалдылық		Кез-келген	
Антеннасыз корпус, мм		246; 246; 110	
Бір қабылдағыштың антеннасыз салмағы, кг		4	
Жеткізу жиынтығы		2 ODU + 2 антенна + 2 қорек көзі	

PPC-10G базасындағы деректерді беру жүйелері келесі салаларда қолданылуы мүмкін:

- ұялы телефонияны қоса алғанда, байланыс операторларының жоғары жылдамдықтағы негізгі желілерін құру;
- 3G/LTE/5G/WiMax базалық станцияларын қосуды ұйымдастыру;
- корпоративті кеңселер мен тұрғын үйлерді қосуды ұйымдастыру;
- «соңғы мильді» қосу;
- кәсіпорындардың сервистік желілерін орналастыру;
- қауіпсіз кеңжолақты сымсыз байланыс жүйесін құру;
- күрделі электромагниттік жағдайдағы жоғары жылдамдықты байланыс арналары.

Таяу уақытта миллиметрлік толқындық жүйелер радиорелейлік жүйелер, мобильді трафик желілері, Интернет заттары, IEEE 802.11ad және WirelessHD стандарттарының қысқа қашықтық радиожиілік жүйелерінде жетекші орынды алады деп сеніммен айтуға болады.

4 Есептеу бөлімі

4.1 Антенна таңдау

Радиоарнаның немесе сымсыз желінің сапасының басты шарты - антеннаны және жалғау кабелін дұрыс таңдау. Байланыс сапасына әсер ететін негізгі параметрлердің бірі, құрылғының шығу қуатына және сезімталдығына қосымша, антенна-фидер құрылғысының сапасы. Антенна қосымша шу шығармайды және кедергілерді арттырмайды, сондықтан жақсы бағытты антенна тар сәулені қолдану салдарынан бағытқа кедергі келтірмейді.

Базалық станция үшін секторлық антенналарды қолданған дұрыс. Қызмет көрсету бұрышы (секторы) неғұрлым аз болса, антеннаның кедергісі соғұрлым аз болады. Ең көп таралған антенналар, ені 60, 90 және 120 градус, 17-ден 13 дБ-ге дейін. Әдетте тік жазықтықта жапырақшаның ені 6-8 градус болады, яғни сәуле жерге «басылып», көлденең таралады. Антеннаның негізгі қақпағының ені неғұрлым аз болса, сәулеленетін энергияның шоғырлануына байланысты оның пайдасы соғұрлым көп болады. Антеннаны таңдау және күйге келтіру кезінде қажетті антеннаның еңкейтуін бұрыштың бойымен есептеу үшін тиісті есептеуді қолданыңыз. Тік жазықтықтағы радиациялық бұрыштың тым аз болуы базалық станцияның жанында клиенттердің байланысын шектеуі мүмкін, әсіресе егер олар тым жоғары болса.

4.1 кесте – Кассегрена антеннасының сипаттамалары

Күшейту мен сәуле ені	51 дБ/0,35°, 44 дБ/0,7°
Қуат көзі	88–132/176–264 В, 50/60 Гц
Қуатты тұтыну, Вт	35
Қуат кернеуі	36–60 В
Қосқыштар (разъемы), қорғаныс класы	IP-65
Жұмыс істеу температурасының диапазоны	–50…+60 °С
Антеннасыз корпус, мм	246÷246÷110
Бір қабылдағыштың антеннасыз салмағы	4 кг
Жеткізу жиынтығы	2 ODU + 2 антенна + 2 қорек көзі

4.1 сурет - Кассегрена антеннасы

4.2 кесте - PPC-10G құрылғысының сипаттамасы

Сәулелену жолағының ені, МГц	250/500/750/1000/1250/1500/2000
Модуляция түрі	от QPSK до QAM-256
0,6 м антенналарға арналған максималды қашықтық, км	20 км
QPSK-модуляция кезінде 0,6 м антенналары бар радиокөпірдің әлеуеті	197dB @250MHz, 183dB @250MHz
Макс. өткізу қабілеті (E&Q band) (E&Q band)	1330 Мбит/с, 250 МГц; 9600 Мбит/с, 2000 МГц
Интерфейс (деректер тарату)	1×SFP/SFP+ (1000Base-X, 10GBase-LR/SR)
Мониторинг/басқару	SNMP v.1; v.2; v.3; MIB-II, DOK Enterprise MIB; WEB GUI
Интерфейс (мониторинг)	100 Base-Tx (RJ–45)

PPC-10G құрылғысының сипаттамасы мен сызбасы 3-ші бөлімде толықтай қарастырылып кеткен.

4.2 Базалық станцияның орналасуы

Бұл дипломды жобаның зерттеу бөлігі екі көп қабатты үйлердің шатырында орналастырылған антенналар аранысда жүргізіледі. Таратқыш антенна 3-ші ықшама ауданында орналасқан ATLAS тұрғын үй кешеніне орналастырылған. Қабылдағыш Абай даңғылы, 200 тұрғын үй кешене бекітілді (4.2 суретте – екі тұрғын үй арақашықтығы көрсетілген).

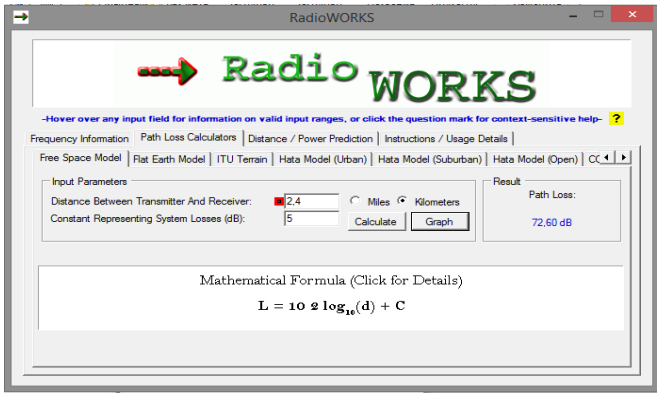
4.2 сурет – Екі антеннаның орналасу сызбасы

4.3 сурет - ATLAS тұрғын үй кешені

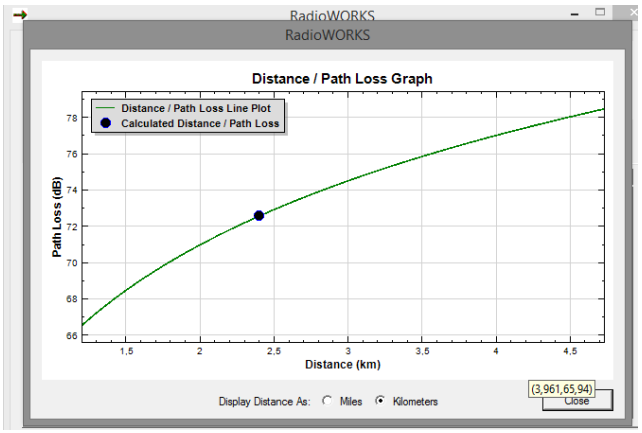
БС антеннасының биіктігі 60 метрді құрайды, ал қабылдағышқа дейінгі ара қашықтық 2,4 км (4.3 суретте БС антеннасы орнатылатын кешен көрсетілген).

4.3 RadioWORKS бағдарламасымен зерттеу

4.3.1 Бос кеңістік моделі Free Space Model. Бұл модельде трассадағы шығындарды есептеу кезінде жергілікті жердің табиғи кедергілерін, уақытша және кеңістіктік статистика факторларын, құрылыс пен ағаштарды есепке алу керек. Бұл модель микротолқынды диапазонда радиотолқындардың өтуін талдау үшін ең қолайлы, қолданылу аясы MMDS типті жүйелер үшін бағытталған антенналары бар стационарлық қабылдау станциялары. RadioWORKS бағдарлама берілген мәндерге сәйкес модельдің формуласы бойынша есептейді (4.4 суретте көрсетіргендей), нәтижесінде сигналдың сұлбасын шығарып береді (4.5 суретте көрсетіргендей).

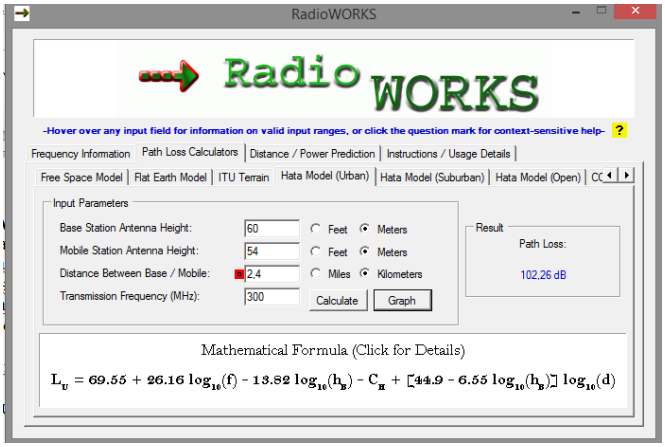


4.4 сурет – Модельдің есептеу бөлігі

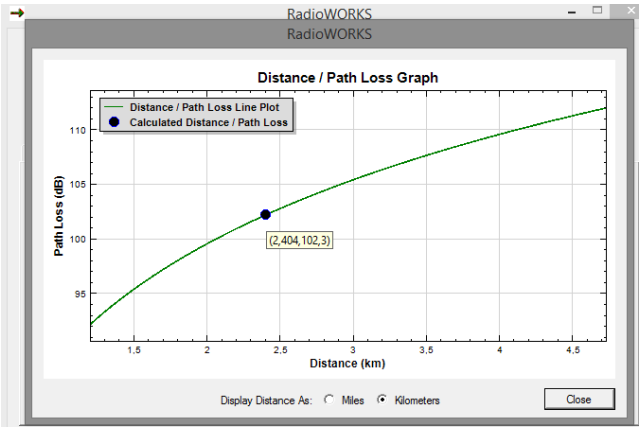


4.5 сурет – Есептеу нәтижесінен алынған сұлба

4.3.2 Хата моделі (Қалалық). Бағдарламада қолданылатын Okumura әдісі - бұл Хата жасаған Окумура әдісінің компьютерлік енгізуі. Окумура әдісі Токио мен оның маңындағы бірнеше жиілік диапазонындағы таратқыштан сигнал деңгейін өлшеуге негізделген. Бұл әдісті таңдау қалалық аймақтар үшін неғұрлым қолайлы, онда талдау қашықтығы салыстырмалы түрде Үлкен емес (30 км - ден кем емес), таратушы антеннаның тиімді биіктігі - 200 м-ден кем, қабылдағыш антеннаның тиімді биіктігі-10 м-ден кем және жер салыстырмалы түрде тегіс. Бұл әдісті басқа жағдайларда немесе алыс қашықтықта пайдалану қолайсыз болуы мүмкін. Okumura (hata) әдісін пайдалана отырып, жер бетіндегі кедергілер - "жоқ", "қала маңы" немесе "қала"түрлерін таңдай аласыз. Бұл таңдау жоғалулар үшін тиісті өрнекті анықтайды. Бағдарлама, шамаларды жинақтап керекті формла қою арқылы өзі есептеп шығады (4.6 суретте көрсетілгендей).

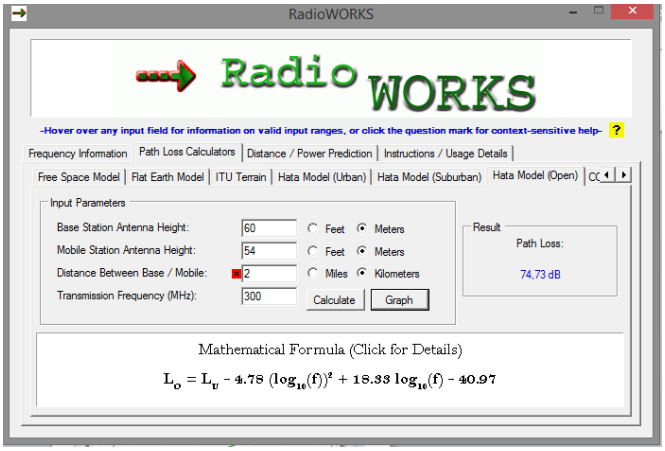


4.6 сурет – Окумура моделінің есептеу жолы мен мәні

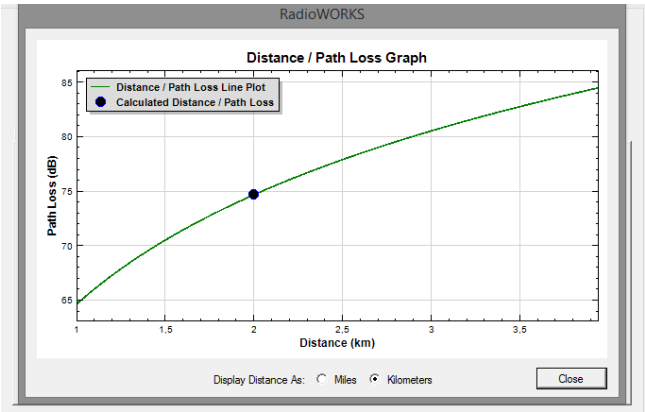


4.7 сурет – Бағдарламадан алынған сұлба

4.3.3 Ашық Хата моделі. Бұл жоғарыда сипатталған Hata моделіне негізделген мамандандырылған модель. Бұл модельде базалық станция антеннасының жиілік диапазонын, қашықтық диапазонын және биіктік диапазонын кеңейту үшін, Дэвидсон (Моторола) 30-дан 1500 МГц-ге дейінгі жиіліктерге қисықтарды, қашықтық диапазонын 300 км-ге, базалық станция антенналарын 30-дан 1000 метрге дейін экстраполяциялау үшін графикалық әдістерді қолданды.

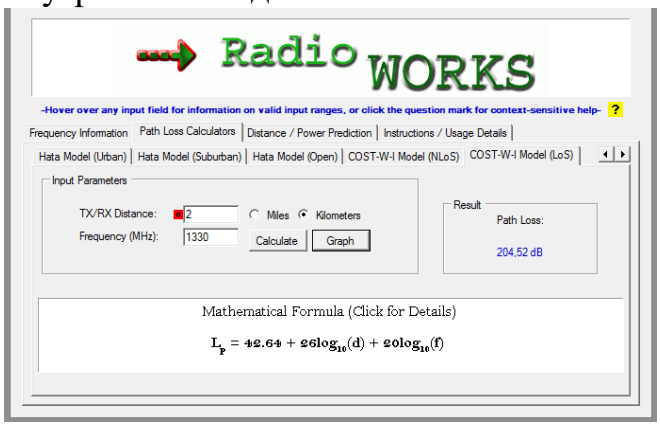


4.8 сурет - Hata Model бағдарламалық жұмысы

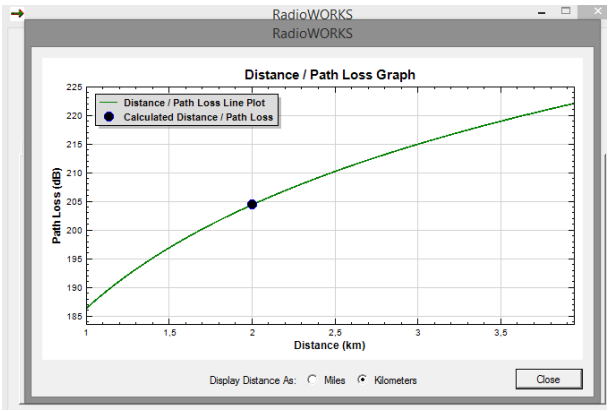


4.9 сурет - Hata Model нәтижесінің сұлбасы

4.3.4 COST-W-I (LoS) моделі. Бұл модель бұрын сипатталған Hata моделінің нұсқасы болып табылады. Бұл нұсқа 1,5-2 ГГц жиілік диапазонында жұмыс істейтін модель алу үшін жасалды.



4.10 сурет – Жолдың жоғалуын есептеу бағдарламасы



4.11 сурет - COST-W-I (LoS) моделінің сұлбалық нәтижесі.

5 Техникалық-экономикалық зерттеу

5.1 Қысқаша мазмұны

Менің дипломдық жұмысымда Қазақстан Республикасында өзін-өзі ұйымдастыру желілерін ұйымдастыру кезінде 5G тиімділігі бойынша зерттеулер жүргізілді. Жұмыстың осы бөлігінде мен қаржы жоспарын, яғни инвестициялық шығындарды, түсімді, пайдалану шығыстарын және, әрине, экономикалық тиімділік көрсеткіштерін есептеуді қоса алғанда, барлық қажетті есептерді ұсындым. Жүргізілген есептеулер нәтижесінде мен Алматыда бесінші буынды өзін-өзі ұйымдастыру желілерін өрістету экономикалық жағынан тиімді екенін анықтадым.

Қазіргі уақытта 5G желісі еш жерде іске асырылмаған, тек оны әзірлеу мен тестілеу жүріп жатыр. Бірақ «Қазақтелеком» мен «Билайн» берген мәліметтерге сәйкес, бесінші буынның желісі алдыңғы буынның жетілдірілген, жаңартылған желілерінің жиынтығы болады, сондықтан мен соған сүйене отырып, есептеулер жүргіздім. Жоғарыда жазғанымдай, мен белгілі бір компаниядан дерек ала алмаймын, сәйкесінше зерттеу жаңа телекоммуникациялық компания ашылу мақсатымен жүргізілген, есептеулер компанияда тек 8 адам жұмыс істейді деп ескерілген. Менде ешқандай ақпарат болмағандықтан, жеке және заңды тұлғаларға бір ғана айлық төлеммен барлық қажетті қызметтерді қосқанда екі тарифтік жоспар болады деген ұйғарымға келдім.

Бесінші буын желісі-бұл телекоммуникация саласындағы жарылыс. Бұл мүлдем жаңа жылдамдық, қосылған абоненттердің жаңа саны, жаңа мүмкіндіктер мен жаңа көкжиектер. Қазақстанда 5G пайда болуы, менің ойымша, фурор жасайды, ол қарым-қатынастың барлық алдыңғы ұрпақтарынан айтарлықтай ерекшеленетін болады және оның бірегейлігі туралы сөйлеудің мағынасы жоқ, өйткені ол теориялық бөлімде егжей-тегжейлі сипатталған.

Өкінішке орай, қазіргі уақытта мен тарифтердің және байланыс бесінші буын базасында ұсынылатын қызметтердің нақты бағасын көрсете алмаймын, сондықтан мен қазіргі бағаларға сүйене отырып есептедім, бірақ ғалымдардың пікірінше, байланыстың бағасы 2021 жылға қарай, яғни 5G желісіне кіру жылына қарай айтарлықтай төмен болады.

Сонымен қатар, LTE-дің көптеген пайдаланушылары LTE желісіне әлі көшкен жоқ, себебі 3G және 4G ұрпақтарының арасындағы жылдамдық айырмашылығы елеулі және айырмашылық бесінші ұрпақ желісінің пайда болуымен есе артады. Бастапқыда бұл желі жоғары жылдамдықты қажет ететін адамдарға тікелей қызығушылық тудырады деп санаймын, бірақ XXI ғасырда адам үшін әр минут маңызды болған кезде, ешкім қажетті құжат жүктелмейінше немесе басқа бірдеңе басылғанын күте бермейді. Бірақ біз бос емес адамдарды елемейтін болсақ та, компьютерлік ойындар үлкен жылдамдықты қажет етеді, ал

қазір мұндай ойындар көп, және менің ойымша, ешкім видео немесе фильм жүктеуді күткенді ұнатпайды. Осыған сүйене отырып, уақыт өткен сайын бесінші буынның желісі бүкіл телекоммуникациялық нарықты толтырады деп сенімді түрде айта аламын.

Қазіргі уақытта байланыс нарығы әлемдегі ең қарқынды дамып келеді, инфрақұрылым арқылы берілетін мәліметтердің мөлшері әр 2-3 жыл сайын жеделдеп келеді. Ақпараттық индустрияның инновациялық секторлары дамып, төңкеріске түсуде, нарықтық экономикалық қызметтің ақпараттық компоненті және ақпараттық технологиялардың әлемге әсері айтарлықтай артып келеді. Нарықтың осы сегментін дамытудың оң бағыты елдің дамуы мен нығаюына түрткі болып қана қоймай, сонымен бірге экономиканың дамуының катализаторы болады.

Мамандардың талдауы бойынша болашақта зияткерлік байланыс қызметіне деген сұраныс арта түседі. Интеллектуалдық қызметтердің негізгі тұтынушылары шағын және орта бизнестің иелері, ірі кәсіпорындардың басшылары, сондай-ақ туристер, яғни кеңседен тыс жерлерде болатын, бірақ қиындықтары басым адамдар болады. Қалада бірнеше филиалдары бар және олардың абоненттері бірдей нөмірге қоңырау шалуы өте маңызды, содан кейін авто жауап беру құрылғысы ұсынатын тізімнен қажетті құрылғыны таңдаңыз.

5.2 Өндірістік жоспар

Біздің еліміз бесінші буын ұялы байланысын дамытуға қатыспайтындықтан, мен жұмыстың осы бөлігін есептеу үшін шетелдік компаниялардың жабдықтарын пайдаландым. Өндіріс жоспары айтарлықтай маңызды және қажет, өйткені ол сізге инвестициялар мен инвестициялардың қай кезеңге қайтарылатынын анықтауға, таза пайданы анықтауға, шығындарды есептеуге және өндірісті бастау кезінде шығынға ұшырамас үшін кәсіпорынның жұмысын дұрыс жоспарлауға мүмкіндік береді.

Бұл бөлімде мен 5G, Huawei және Alcatel мобильді құрылғыларын сатып алу, жеткізу, орнату және орналастыру құнын есептеймін. Бұл желіні өрістетуге қажетті жабдықты 5G желісін алғаш сынақтан өткізген Huawei енгізді. Бұл жабдықты өндірушілерді таңдау қолайлы құны, жақсы техникалық сипаттамалары және осы технологиялардың басқа өндірушілерінің жабдықтарымен үйлесімділігімен анықталады. Қажетті жабдықтың атауы және оның құны 5.1 кестеде келтірілген.

5.1 кесте - Қажетті жабдықтардың атауы және құны

Жабдық атауы	Номер	Бірлік бағасы, мың. теңге	Жалпы баға, мың. тг.
Орталық басқару панелінің жабдықтары	1	670.0	670.0
Маршрутизатор Asus WMMNV25E2 +	3	38.5	115.5
Барлығы:			23462.4
MacroMAXe базалық станция жабдықтары	3	7250	21750
AirMAX антенналар секторы	3	33.35	100.05
Электр байланысын стандарттау	3	63	189
ПК	5	102.5	512.5
Антенналарға арналған 10 м кабель	3	7.3	21.9
Оптикалық кросс	5	20.7	103.5

5.3 Қаржы жоспары

Қаржы жоспары - бұл жалпы капитал шығындарын, кірістерді, операциялық шығындарды, пайданы, кірістілік пен өзін-өзі ақтау мерзімдерін есептеуді қамтитын бизнес-жоспардың бөлігі. Қаржылық жоспар үш жылдан бес жылға дейінгі мерзімге жасалады.

Инвестициялық шығындарды есептеу.

Күрделі шығындар (5.1) формула бойынша анықталады:

$$\sum K = K_0 + K_c + K_{mon} + K_{tr}, \quad (5.1)$$

мұндағы K_0-жабдықтарды сатып алуға арналған күрделі салымдар (желілік, стационарлық және т. б.));

K_c-жұмыс орындарына күрделі салымдар;

K_{mon}-монтаж жұмыстарына күрделі салымдар;

K_{tr}-көлік шығындарына күрделі салымдардың құны (жабдық құнының 5-10%).

Жабдықтың және барлық компоненттердің құны 5.1-кестеде келтірілген және:

$$K_0 = 23462.45 \text{ мың тг.}$$

Операция жүргізілетін жерге дейін тасымалдау құны:

$$K_{tr} = K_0 \cdot 0.05, \quad (5.2)$$

$$K_{tr} = 23462.45 \cdot 0.05 = 1173.1225 \text{ мың тг.}$$

Жергілікті жерде платформаны орнату құны жүйе құнының 5% құрайды:

$$K_{mon} = K_0 \cdot 0.05, \quad (5.3)$$

$$K_{mon} = 23462.45 \cdot 0.05 = 1173.1225 \text{ мың тг.}$$

Құрылыс салуға кететін капиталдық салымдар[30] - бұл операторлар мен басқару жүйесінің жұмыс орындарына кететін шығындар. 8 жұмыс орны бар: оператор орны, инженер Б С орны, программист орны, басқару жүйесінің орны, менеджер орны, бухгалтердің орны.

5.2 кесте - Жұмыс орнын ұйымдастыруға арналған шығындарды есептеу

Аты	Бағасы, мың тг.	Номері	Құны, мың тг
Компьютер (жүйелік блок, монитор, тінтуір)	150	8	1200
Лазерлі принтер	30	1	30
Компьютерлік үстел	15	8	120
Орындық	5	10	50
Шкаф	30	3	90
Дөңгелекті кресло	20	8	160
Телефондық аппарат	10	8	80
Офистік үстел	25	1	25
Барлығы:			1755

5.3 кесте - Жалпы капиталды шығындар

Шығындардың атауы	Құны, мың тг
Жабдықтың құны, (K_0)	23462.45
Операция жүргізілетін жерге дейін тасымалдау құны, (K_{tr})	1173.1225
Шығындардың атауы	Құны, мың тг
Платформаны орнында орнату құны, (K_{mon})	1173.1225
Жұмыс станцияларының құны, (K_c)	1755
Барлығы:	27563.695

5.4 Жылдық пайдалану шығындарының есептеу

Жыл ішіндегі шығындар сомасы жылдық пайдалану шығыстарына тең. Пайдалану шығыстары мынадай формула бойынша анықталады:

$$\sum Э = WF + S + M + E + D + O, \quad (5.4)$$

мұндағы WF - еңбекақы төлеу қоры (базалық және қосымша жалақы),

S - әлеуметтік салық (WF 9.5%);

M - материалдық шығындар және қосалқы бөлшектер (қосалқы бөлшектер мен ағымдағы жөндеу шығындары күрделі салымдардан 0,5% құрайды);

E - өндірістік қажеттіліктерге арналған электрондық электр энергиясы;

D - амортизациялық аударымдар;

O - үстеме шығыстар. Біз өзіндік құнның 40% аламыз.

Еңбек ақыны есептеу үшін қызмет көрсететін персоналдың орташа айлық еңбекақысын келтіреміз, оны біз 5.4-кестеден аламыз.

5.4 кесте - Қызметкерлердің жалақысы

Аты	Жалақы, тг	Жұмысшылар саны
БС инженері	200000	1
UP инженері	175000	1
Программист	175000	1
Оператор	80000	3
Бухгалтер	140000	1
Менеджер	250000	1

Еңбекке ақы төлеу қоры екі құраушыдан тұрады:

$$WF = WF_m + WF_{add}, \quad (5.5)$$

Негізгі жалақы:

$$WF_m = 12 \cdot (200000 + 175000 + 175000 + 80000 \cdot 3 + 140000 + 250000) = 14160000 \text{ тг.}$$

Қосымша еңбекақы:

$$WF_{add} = WF_m \cdot 0.1, \quad (5.6)$$

$$WF_{add} = 14160000 \cdot 0.1 = 1416000 \text{ тг.}$$

Біз алынған деректерді келесі формулаға қойып, есептейміз:

$$WF = 14160000 + 1416000 = 15576000 \text{ тг}$$

Зейнетақы қорына төлемдер:

$$P_f = WF \cdot 0.1, \quad (5.7)$$

$$P_f = 15576 \cdot 0.1 = 1557.6 \text{ мың тг.}$$

Әлеуметтік салық зейнетақы қорына аударымдарды қоса алғанда, жалпы жалақының 9.5% - ын құрайды:

$$S = (WF - P_f) \cdot 0.095, \quad (5.8)$$

$$S = (15576 - 1557.6) \cdot 0.095 = 1331.748 \text{ мың тг.}$$

Материалдық шығындар күрделі салымдардың 0,5% құрайды:

$$M = K \cdot 0.005, \quad (5.9)$$

$$M = 27563.695 \cdot 0.005 = 137818.475 \text{ тг.}$$

Амортизациялық аударымдар есептеледі:

$$A = A_K + A_O + A_M, \quad (5.10)$$

Компьютерлер бойынша амортизация жабдықтар құнының 40% құрайды:

$$A_K == 1310 \cdot 0.4 = 450 \cdot 0.4 = 524 \text{ мың тг.}$$

Жабдықтың амортизациясы 25%:

$$A_O = K_0 \cdot 0.25, \quad (5.11)$$

$$A_O = 23462.45 \cdot 0.25 = 5865.6125 \text{ мың тг.}$$

Жиһаз бойынша амортизация жабдықтар құнының 20% құрайды:

$$A_M = 325 \cdot 0.2 = 178 \cdot 0.15 = 65 \text{ мың тг.}$$

Жалпы амортизация компоненттердің сомасы ретінде есептеледі:

$$A = 524 + 5865.6125 + 65 = 6454.6125 \text{ мың тг.}$$

Басқа шығындар келесі көрсеткіштердің жалпы құнының 40% құрайды:

$$H = (WF + C_H + M + A) \cdot 0.4, \quad (5.12)$$

$$H = (15576 + 1331.748 + 137.82 + 6454.6) \cdot 0.4 = 9400.0722 \text{ мың тг.}$$

Электр қуатының құны:

$$C_{Эл} = W \cdot T \cdot CE, \quad (5.13)$$

мұндағы, *W* - станциялардың тұтынылатын қуаты, Вт = 25 кВт,

T - жабдықтың жылына жұмыс істеу сағаттарының саны,

CE - электр энергиясының киловатт-сағатының құны, *CE* =15,40 тг/кВт/сағ.

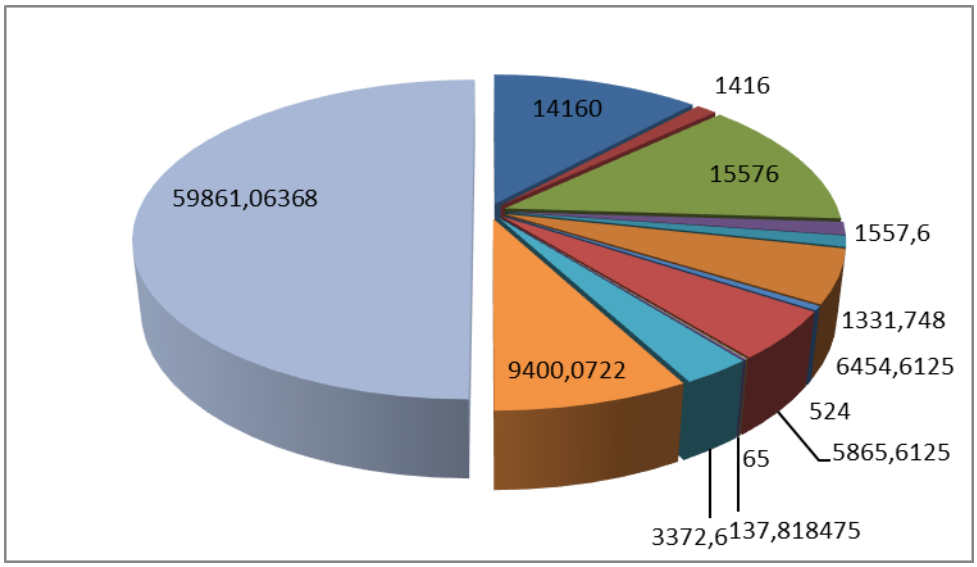
Сонымен:

$$W_E = 25 \cdot 8760 \cdot 15{,}40 = 3372{,}6 \text{ мың тг.}$$

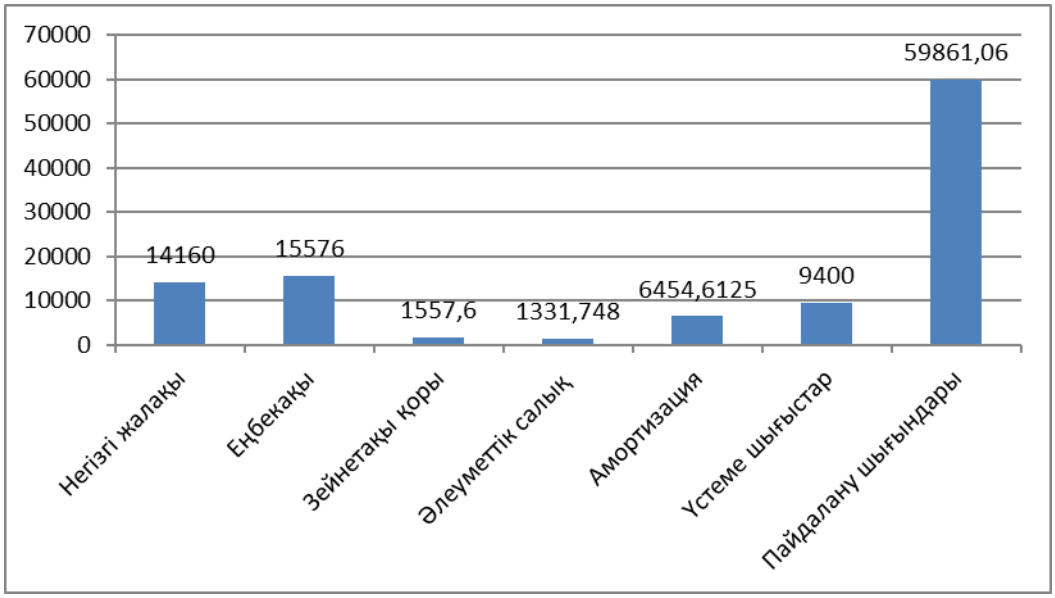
Барлық есептелген деректер операциялық шығындардың жалпы сомасын есепке алу ыңғайлылығы үшін кестеге енгізіледі.

5.5 кесте - Берілген технологияның пайдалану шығындары

Параметрі	Соммасы, мың тг
Негізгі жалақы	14160
Қосымша еңбекақы	1416
Еңбекақы	15576
Зейнетақы қоры (10%)	1557.6
Әлеуметтік салық (11%)	1331.748
Амортизация	6454.6125
Компьютерлер мен оргтехникада 40%	524
Станоктарда, жабдықтарда 25%	5865.6125
Жиһазға 20%	65
Материалдарға арналған шығындар	137.818475
Электр энергиясына	3372.6
Үстеме шығыстар	9400.0722
Пайдалану шығындары (Операциялық шығындар):	59861.063675



5.1 сурет - Технологияға жұмсалған шығындардың құрылымы



5.2 сурет – Операциялық шығындар құрылымының диаграммасы

5.5 Негізгі қызметтен түскен кірісті есептеу

Зияткерлік қызметтерді пайдаланушылар - пайдаланушылардың үш тобы - жеке тұлғалар, жеке кәсіпкерлер және заңды тұлғалар.

Жалпы абоненттік төлем абоненттер саны мен ай сайынғы жазылымның көбейтіндісі ретінде анықталады. Бұл сома 6.6 кестеде келтірілген.

5.6 кесте - Клиенттердің санаттары бойынша электр қуатын бөлу

Аты	Абонент тер саны	Үлес %	Айлық абоненттік төлем	Сомасы, мың тг.
Жеке тұлғалар	3000	60	880	2640
Заңды тұлғалар	2000	40	5000	10000
Барлығы:	5000	100		12640

Тарифтік кірістер абоненттік төлемге және әр абонент тобындағы нөмірлер санына байланысты анықталады:

$$R_T = \sum(t_i \cdot N_i). \quad (5.14)$$

Жеке тұлғалардың абоненттік төлемдерден алынған тарифтік кірістерін анықтаймыз:

$$R_f = 12 \cdot 3000 \cdot 880 = 31680 \text{ мың тг.}$$

Заңды тұлғалардың абоненттік төлемдерден алынған тарифтік кірістерін анықтаймыз:

$$R_f = 12 \cdot 2000 \cdot 5000 = 120000 \text{ мың тг.}$$

Біз барлық санаттағы абоненттерден кіріс аламыз:

$$R_f = R_f + R_1 = 316800 + 120000 = 151680 \text{ мың тг.}$$

5.6 Экономикалық тиімділік көрсеткіштерін есептеу

Біз экономикалық тиімділіктің келесі көрсеткіштерін есептейміз.
Кәсіпорынның экономикалық тиімділігінің факторы.

$$E_a = \frac{R-W}{K} = P/K \tag{5.15}$$

мұндағы, R - операциялық кіріс;
W - пайдалану шығындары;
P - пайда.
Пайданы есептеу:

$$P = 151680 - 59861.063675 = 91818.936325 \text{ мың тг.}$$

Таза пайда, пайда мен салық арасындағы 20% айырмашылық ретінде анықталады. Таза пайда келесі формула бойынша анықталады:

$$P_n = P - P \cdot 0.2, \tag{5.16}$$

$$P_n = 91818.936325 - 18363.787265 = 73455.14906 \text{ мың тг.}$$

Есептеу қажет келесі көрсеткіш - бұл күрделі салымдардың өтелу мерзімі[9]:

$$T = \frac{K}{P_n}, \tag{5.17}$$

$$T = \frac{27563.695}{73455.14906} = 0.375 \text{ жыл.}$$

5.7 Қорытынды

Дипломдық жобаның осы бөлігінде біз қаржылық және өндірістік жоспарларды әзірледік және нәтижені, табыс пен пайданы есептейміз.

Желі құрудағы капиталдық салымдар бірінші кезеңде 3 айдан кейін ақталады. 3 ай-бұл өтелімділік үшін өте қысқа мерзім, сондықтан біз жобамыз өте тиімді деп қорытынды жасай аламыз.

6 Өміртіршілік қауіпсіздігі

6.1 Еңбек жағдайларын талдау

Бұл дипломдық жұмыста Алматы қаласында Өзін-өзі ұйымдастыру желілерін пайдалану тиімділігін зерттеу қарастырылады. Дипломдық жұмыста бір операциялық залдың базасында 5G өзін-өзі ұйымдастыру желілерін ұйымдастыруды қарастырдым. Бұл жұмыс «Қазақтелеком» АҚ филиалының залында ұйымдастырылған, қызметкерлер тапсырманы жеке компьютерлерінде орындайды. Барлық жұмысты үш қызметкер орындайды, дипломдық жұмыстың осы бөлімінде үш қызметкердің компьютерімен залдағы жұмыс жағдайларын талдаймыз. Залда жарықтандыру индикаторлары рұқсат етілген норма шегінен, шу индикаторы оңтайлы тапсырманы орындау үшін қолайлы шектерден асады. Алайда, кондиционердің күші белгілі бір бөлме үшін еңбек нормаларына сәйкес келмейді, оны шарттарға сәйкес келетін модельге өзгертемін. Бұл бөлме, жіктелуіне сәйкес, қоршаған ортаның сипаттамасымен, «қалыпты құрғақ» класына жатады. Бөлмеде салыстырмалы ылғалдылық байқалады, ол 60% -дан аспайды. Жабдыққа тек электротехникалық персонал ғана қол жеткізе алады, қол жетімділік деңгейіне сәйкес бұл бөлме электротехникалық санатқа кіреді, жұмыс кезекші персоналмен жабдықталған. Жабдықтың оңтайлы жұмысы үшін келесі шарттарды сақтаймыз:

- үй-жайдағы температура 10°-дан 40° С-қа дейін;
- ылғалдылығы 5-тен 75%-ке дейінгі шекте сақталады;
- электр желісіндегі қоректену: айнымалы ток - кернеуі 100-ден 220 В дейінгі шектерде, жиілік шамасы 50/60 Гц, жұмыс істеу үшін қажетті ток 2-5 А.

Бөлмеде барлық жабдыққа сертификаттар бар, мұндай жағдайда кәсіби тәуекел класын төмен деңгейге түсіре аламыз.

Қауіпсіздік шараларын сақтау үшін электр құрылғыларында жұмыс кернеуі 1 кВ-қа дейін шаманы береміз. Электр тогымен зақымданудың қауіптілік дәрежесі бойынша үй-жай қауіпсіз деп саналады, егер ол қойылатын талаптарға сәйкес келсе[32]:

- құрғақ;
- қалыпты температурамен;
- жылы едендері бар;
- шаңсыз;
- жерге қосылған объектілер жоқ.

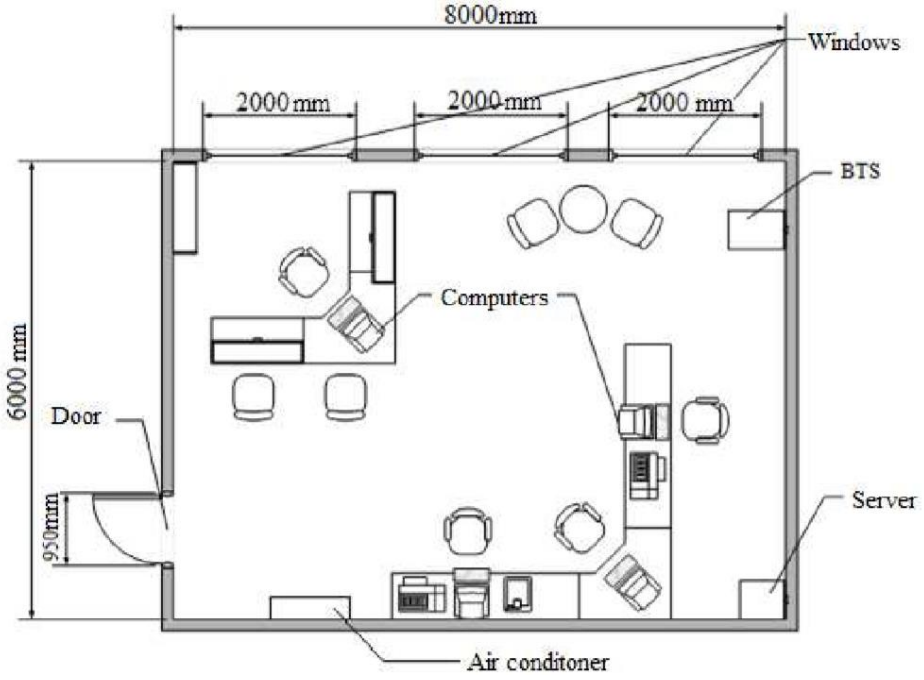
Байланыс бөліміндегі еңбек процесі және абоненттермен жұмыс қызметкердің жанында орналасқан техникалық құралдарды қолдану арқылы жүзеге асырылады, сәйкесінше бөлім қызметкерлерінің еңбегі жеңіл салмақты жұмыс болып табылады. Электр қондырғыларына техникалық қызмет көрсетуді кезекші персонал жүзеге асырады, олардың білікті тобы кемінде III топты құрайды. Процестің сипатына, пайдаланылған заттардың қасиеттеріне, сондай-ақ электрондық жабдықтың болуына байланысты, коммутациялық жабдықтар мен базалық станциялар орнатылатын бөлмені өрт қауіптілігі D санатына жатқызуға болады, өрт қауіпті учаскелердегі өрт ережелеріне сәйкес бұл бөлме II-IIа класты болып табыладыБайланыс бөлімшесінің қызметкерлері жұмыс үстелінде отырып, жұмысты ГОСТ 12.2.032-78[30] талаптарына сәйкес орындайды.

6.1.1 Эргономикалық талаптарды ескере отырып, операторлардың жұмыс орындарын ұйымдастыру. Оператор бөлмесіндегі инженерлердің жұмысы қалыпты, өйткені олар әр түрлі кіріс-шығыс құрылғыларын: компьютерлер, принтерлер, модемдер, магнитофондар көмегімен жабдықты тікелей емес, қашықтан басқарады. Жұмыс орнын ресімдеу қазіргі заманғы талаптар мен ережелер негізінде жүзеге асырылған. Кеңселік жиһаз әрбір қызметкердің астына қиыстырып келтіру мүмкіндігімен ыңғайлап келтірілген. Қажетті басқару элементтері мен құрылғылары оңтайлы жұмыс аймағында орналасқан. Жұмыс орны элементтерінің дизайны орындалатын жұмыстың сипатына, адамның психологиялық ерекшеліктеріне және оның антропометриялық деректеріне негізделеді. Жабдық бөлмесінің өлшемдері: ұзындығы a = 8 м, залдың ені b = 6 м, биіктігі H = 3 м, жұмыс бетінің биіктігі - 1,2 м, терезелер 0,8 м биіктіктен басталады, терезелердің биіктігі - 1,8 м. ғимараттың бір жағы 10 м қашықтықта, биіктігі 7 м, ал қалған үш жағында ондағы ғимараттардың көлеңкесі.

Бөлмеде келесі Телекоммуникациялық жабдықтар бар:
- BTS базалық станциясы;
- MSC / SSP / VLR ұялы байланыс коммутация орталығы;
- BSC / PCF базалық станциясының контроллері;
- серверлік жабдық;
- дербес компьютерлер және енгізу/шығару жабдығы ретінде (сканер, принтер).

Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін бөлімшеде басқа техникалық құрылғылар үшін бөлек бөлме бар. Базалық станция, жылжымалы

коммутациялық орталық, базалық станция контроллері салмағы 37 кг арнайы тартпаларда орналасқан. Жабдықтың орналасуы 6.1 суретте көрсетілген.



6.1 сурет - Оператор бөлмесіндегі жабдықтар мен жұмыс орындарының орналасуы

Оператор бөлмесінде үш инженер бар, МЕСТ 12.1.005-88[31] сәйкес, бір адамға кемінде 6,5 м^2 алаң келеді. Біздің залда 48 м^2 ауданы бар, оның 2 м^2 жабдық шкафтарымен жабдықталған, яғни әр қызметкерге бөлме алаңының 15 м^2-тан келеді.

Оператор бөлмесінің ұзындығы сегіз метр, ені алты және биіктігі үш метр, сыйымдылығы 3 адам үшін 144 м^3. Ережеге сәйкес, кеңсеге сыртқы ауаның тиісті көлемін жеткіземіз: егер бөлменің текше сыйымдылығы бір қызметкерге 30 м^3 дейін болса, онда бір адамға кемінде 20 м^3/сағ. Маңызды шарт - оператордың бөлмесіне кіретін ауаны барлық ластаушы заттардан, оның ішінде шаң мен микроорганизмдерден тазарттық.

Өндірістегі микроклимат тікелей жұмыс аймағында бағаланады. Жұмыс алаңы үшін биіктігі еденнен 2 м-ге дейін немесе тұрақты немесе уақытша жұмыс орындары орналасқан кеңістік аламыз. Ауаның ылғалдылығын білу үшін оның құрамындағы су буының мөлшерін анықтадық.

Микроклиматтық режимді сақтау үшін «Санитарлық стандарттар, өндірістік үй-жайлардың микроклиматы» ГОСТ 12.1.005-88[31] және нормаларға сәйкес келу қажет. Оператор бөлмесінде сандық станция жабдығының жұмыс

істеуі кондиционердің көмегімен теңшеледі. Микроклиматтың стандартты параметрлері 6.1-кестеде келтірілген.

6.1 кесте - Қалыпты жұмысты орындау кезінде өндірістік үй-жайлардың микроклиматының нормалары

Жыл мезгілі	Температура, °С		Салыстырмалы ылғалдылық, %		Ауа жылдамдығы, м/с	
	Оңтайлы	Рұқсат етілген	Оңтайлы	Рұқсат етілген	Оңтайлы	Рұқсат етілген
Жылдың суық мезгілі	18-20	17-23	40-60	75	0.2	0,1 артық емес
Жылдың жылы мезгілі	21-23	18-27	40-60	26°С кезінде 65	0.3	0.2-0.4

Үй-жайда жайлы жұмыс істеу үшін ауаны баптау жүйесін орнатым. Төменде оңтайлы микроклиматты қамтамасыз ету үшін толық есеп берілген.

6.1.2 Жарықтандыруды ұйымдастыру. Жарықтандыруды ұйымдастыру бөлмені құрудың маңызды бөлігі болып табылады, өйткені жарықсыз адамның өмірі қиынға соғады, сондықтан нашар жарықтандыру жағдайында жұмыс істеу әлдеқайда қиын болады. Адам көру арқылы алынған ақпараттың 80% -дан астамын қабылдайды. Ал ақпараттың сапасы, ең алдымен, жарықтандыруға байланысты. Нашар жарықтандыру жағдайында адам тез шаршайды, қате әрекеттердің ықтималдығы артады, бұл жарақат алуға әкеледі, жарақаттың 5% -ы жұмысшы миопия сияқты кәсіптік аурудың себебі болып табылады.

Жұмыс бөлмесін жарықтандыру келесі шарттарға сәйкес келеді[34]:

- жұмыс беттерін жарықтандыру жұмыстың осы түріне арналған гигиена стандарттарына сәйкес келеді;

- көру аймағында жарық көздері мен басқа заттардың жарқырауы байқалмайды;

- табиғи жарық жанынан. Үш терезе ұзындығы 2 метр және ені 1,8 метр. Табиғи жарықтандыру коэффициентінің мәні (k0) орташа көру дәлдігі бойынша жұмыстарды орындау кезінде кемінде 1,2%;

Кәдеге жарату әдісін қолдана отырып, СНиП РК 2.04-05-2002[32] сәйкес біз оператор бөлмесіне қажетті жарықтандыруды анықтаймыз. Оператордың бөлмесінде келесі параметрлер бар: ұзындығы a = 8 м, ені b = 6 м, биіктігі H = 3 м ақ аспалы төбесі, ақталған қабырғалары және ашық жапқыштары бар терезелер. Көздің орташа дәлдігіне сүйене отырып, біз қажетті жарықтандыруды таңдаймыз. Жалпы жарықтандыру жүйесі үшін біз қуаттылығы 40 Вт болатын

LD люминесцентті лампаларды аламыз, жарық ағыны Fl = 2340 лм, диаметрі 40 мм, ұзындығы 1,2 м, осылайша біз LBO01 шамдарын (әрқайсысы екі шам) таңдаймыз, оларды біз біріктіреміз. жалған төбелер.

6.1.3 Компьютерлік техникамен жұмыс істеу кезіндегі қауіпсіздік. Еңбек компьютермен тікелей байланысты қызметкерлердің жұмысына әсер ететін қаралған факторлардан басқа, олардың да еңбек өнімділігіне кері әсер ететін сәттер тізбесінің басқа да зиянды әсеріне ұшырайтынын атап өтейін. Бұл тізімге келесі факторлар кіреді: монитордан зиянды сәулеленудің тікелей әсері, шудың нормаланбаған деңгейі, кернеудің болуы. Қазіргі заманғы технологиялар мен жобалаудың әртүрлі жүйелерін енгізу кезіндегі маңызды міндет проблемаларды талдау және міндеттерді шешу болып табылады, олардың іс жүзінде қызметкерлердің оңтайлы сапалы еңбек жағдайларын қамтамасыз етумен байланысы бар, сондай-ақ қызметкердің жұмысы үшін зиянсыз және қауіпсіз болып табылатын. Адамның еңбек жағдайларын қауіпсіз және қолайлы жағдайға келтіру үшін жарақаттану себептерін мұқият зерттеу, сондай-ақ өндірістік жазатайым оқиғалардың, жарылыс қауіптілігінің, авариялық жағдайлардың, өрт қауіптілігінің, кәсіби және тек қана аурулардың ықтимал себептерін анықтау жұмыстарын жасадым. Адам еңбегі үшін қауіптіліктің алдын алудың көрнекі әдістерінің бірі адам ағзасы мен тіршілік әрекеті үшін қауіп төндіретін себептерді жоюға көрнекі бағытталған іс-шараларды өткізу болып табылады. Қызметкерлердің компьютерлерге рұқсаты бар барлық ұйымдарда әрбір қызметкерге жалпыға қолжетімді қауіпсіздік техникасы жөніндегі нұсқаулықтың болуы көзделген. Нұсқаулықта қызметкердің әрбір жұмыс орнына қойылатын міндетті талаптар нақты көрсетіледі және техникамен жұмыс істеу процесі жазылған. Осы нұсқаулықтарды басқарушы персонал қатаң бақылайды және барлық осындай ұйымдар үшін бірыңғай болып табылады. Барлық қызметкерлер жұмысқа қабылдау кезінде қауіпсіздік техникасы және өрт қауіпсіздігі бойынша ауызша нұсқамадан өтеді, содан кейін мәтін басылған түрде мұқият зерделеу үшін беріледі. Жауапты қызметкер осы нұсқаманы барлық қызметкерлер үшін жалпыға бірдей қолжетімді орында орналастырады. Дербес компьютерлер жұмыс кезінде электр желілерін пайдаланады және электр аспаптары болып табылады. Тиісінше олармен жұмыс істеу кезінде токтың өткізгіштерімен өзара іс-қимыл кезінде қауіпсіздіктің базалық ережелері басшылыққа алынған. Өндірістік ортаның қоршаған қызметкерінің тіршілік әрекетіне әсер ететін факторларының барлық спектрі денсаулыққа және қызметкердің қойылған міндеттерін жүзеге асыру қабілетіне елеулі әсер етуі мүмкін. Еңбек процесінде адамға әсер ететін барлық факторлар қауіпті және зиянды болып бөлінеді. Еңбек процесінің жоғарыда көрсетілген факторлары табиғат бойынша адам ағзасына әсер етуді мынадай топтарға бөледі: - физикалық; - химиялық; - биологиялық; - психофизикалық. Тізбенің жоғарғы үш тармағы-бұл өндірістік жабдық,

құрылғылар және тікелей қоршаған орта жағынан көрсетілетін әсер ету. Факторлар тізіміндегі соңғы тармақ - адамның күрделі және қарқынды жұмыс жасауына байланысты өзгеру жағдайында пайда болатын психофизиологиялық факторлар. Бұл фактор осы тізімге енгізілген және өндірістік қауіп-қатер факторы болып табылады, өйткені жұмыс кезіндегі жүйелі шамадан тыс жүктеме қызметкердің психикасы мен физикалық жағдайының ауыр ауруларына әкеледі[33]. Компьютерде жұмыс істеу шынымен де қызметкерден қырағылықты және монитордың артында жұмыс нормаларын және басқа талаптарды сақтауды талап етеді. Қауіп-қатердің пайда болу себептерінің тәуекелін азайту үшін компьютердегі жұмыс процесінің барлық сатыларына үлкен жауапкершілікпен қарау қажет. Әрбір пайдаланушы компьютерлік техниканы пайдаланудың барлық тізбегін бақылауда ұстауға міндетті. Компьютермен жұмыс істеу кезінде осы міндетті, бірақ өте нашар талаптарды сақтаудың күнделікті процесі кешенді және тұрақты түрде өткізіліп тұрады.

6.2 Есептеу бөлігі

6.2.1 Жасанды жарықтандыруды есептеу

Бұл бөлімде бөлмелерді табиғи және жасанды жарықтандыруды есептеу «Өндірістік жарықтандыруды есептеу» әдістемелік нұсқау[35] бойынша жүргіздім.

Бөлменің бөліктерінен есептелген шағылысу коэффициенттері сәйкесінше $\rho_{пот}$ = 70%, $\rho_{ст}$ = 50%, $\rho_{пол}$ = 30% тең.

Суспензия мен жұмыс бетінің биіктігі еденнен h_{rt} = 0,8 метр биіктікте болғандықтан, шамдардың шамадан тыс биіктігі h_{sl} = 0 метр болғандықтан, есептеу үшін келесі формуланы қолданамыз:

$$h = H - (h_{rt} - h_{sl}), \tag{6.1}$$

$$h = 3 - (0{,}8 - 0) = 2{,}2 \text{ м.}$$

Қабырғадан жақын тұрған шамға дейінгі қашықтық мынадай формула бойынша анықталады:

$$l_a = 0.4 \cdot L_a, \tag{6.3}$$

$$l_a = 0{,}4 \cdot 3{,}1 = 1{,}2 \text{ м.}$$

Залдың ені B = 6 м екенін ескере отырып, шамдардың қатарларының санын есептейміз:

$$n = \frac{B}{L}, \tag{6.4}$$

$$n = \frac{6}{3.1} = 2.$$

Біз бөлме индексін есептейміз:

$$I = \frac{A \cdot B}{n(A+B)}, \tag{6.5}$$

$$I = \frac{8 \cdot 6}{2(8+6)} = 1.6$$

Үй-жайдың есептік көрсеткіші бойынша біз пайдалану коэффициентін анықтаймыз:

$$\eta_1 = 80\%$$

Оқу бөлмелері, зертханалар, конструкторлық бюролар үшін қауіпсіздік коэффициенті:

$$K_b = 1.5.$$

Жоғарыда айтылғандардың барлығын есептеуге ауыстыра отырып, біз есептейтін шамдардың қажетті санын анықтаймыз:

$$N = \frac{E \cdot K_b \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot n_1}, \tag{6.6}$$

мұндағы, E - белгіленген ең аз жарықтандыру;

K_b - беріктік қорының коэффициенті;

S - жарықтандырылған аймақ;

Z - жарықтың біркелкі емес коэффициенті (Z = 1.1÷1.2);

n - шамдағы шамдар саны;

Φ_l - шамның жарық ағыны.

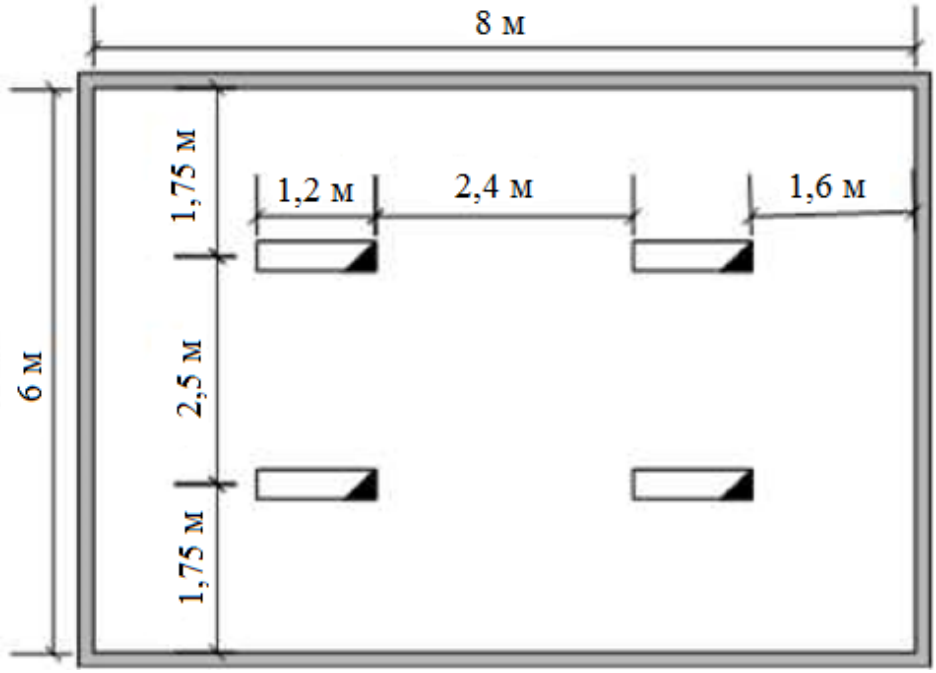
Сонымен, шамдар саны:

$$N = \frac{200 \cdot 1.5 \cdot 48 \cdot 1.2}{2 \cdot 2340 \cdot 0.8} = 4.$$

Бір таңдалған шамның санын және ұзындығын есептеп шығарудың жалпы ұзындығын анықтаймыз:

$$N \cdot L_{CB} = 1.2 \cdot 2 = 2.4 \text{ м}. \quad (6.7)$$

Сайып келгенде, 200 люкс мөлшерленген жарықтандыруды құру үшін қатарынан 40 Вт шамды орналастырамыз, олардың арасындағы қашықтық 2,4 метр. Шамдардың орналасуы 6.2 суретте көрсетілген.



6.2-сурет - Шамдардың орналасуы.

6.2.2 Кондиционерлеу жүйесін есептеу. Ауа өткізгішті есептеу және желдеткішті таңдау жұмысы әдістелелік нұсқау бойынша жүргіздім[36]. Салқындатқыш жабдықты дұрыс таңдау үшін үлгі қатарға жақын салқындатқыш техника көрсеткіштерін және қорды ескере отырып аламыз. ГОСТ 12.1.005–88[33] сәйкес талаптарды орындау, адамдарға қажетті микроклиматтық жағдайлармен қамтамасыз ету, байланыс бөлімшесінің жұмыс бөлмесінде байланыс құралдарының дұрыс жұмыс істеуі үшін біз бір дана кондиционерлер орнатамыз.

Адамдардың жылу ағыны келесі формула бойынша есептеледі:

$$Q_{org} = V_{room} \cdot X_0 \cdot (t_{Ocalc} - t_{Ocalc}), \quad (6.8)$$

мұндағы, V_{room} = 8 · 6 · 3 = 144 м^3-үй-жай көлемі;

X_0=0,42 Вт/м^3 -меншікті жылу сипаттамасы;

t_{Ocalc}=19° - жылдың жылы кезеңіне арналған есептік сыртқы температура;

t_{Icalc}=19° - жылдың суық кезеңіне арналған есептік ішкі температура;

Жылдың ыстық мезгілінде жылудың түсуін біз 6.9 формуласы бойынша анықтаймыз:

$$Q_{org} = 144 \cdot 0{,}42 \cdot (27{,}6 - 22) = 338{,}7 \text{ Вт}, \quad (6.9)$$

Жылдың суық кезеңіндегі жылу қуаты 6.10 формуласы бойынша есептеледі:

$$Q_{org} = 144 \cdot 0{,}42 \cdot (-10 - 19) = -1753{,}9 \text{ Вт}, \quad (6.10)$$

Әйнектелген оператор бөлмесінің ауданы (3 терезе, 2 · 1,8 метр, «С» солтүстік бағыты) мына формула бойынша анықталады:

$$F_0 = a \cdot b \cdot c, \quad (6.11)$$

$$F_0 = 3 \cdot 2 \cdot 1{,}8 = 10{,}8 \text{ м}^2.$$

Төмендегі кестелерде күн сәулесінен түсетін жылу мөлшері мен бөлменің жылу беру коэффициенті көрсетілген[37].

6.3 кесте - Жылу өткізгіштік коэффициенті

Күн сәулесінен қорғайтын құрылғы	β_{ht}
Пластинкадан жасалған жалюзи (материал-ағаш)	0.15

Тікелей сәулеленудің мәні (Р) тәуліктің бағыты мен уақытына байланысты өзгереді. Біздің жағдайымызға солтүстік бағыт «С» болған кезде, сағат 9-дан 12-ге дейін 44° С (Алматы) ендігі:

$$q_{vp} = 0\left(\frac{W}{m^2}\right), \quad (6.12)$$

Және шашыраңқы сәулелену шамасы (Р):

$$q_{vp} = 64\left(\frac{W}{m^2}\right), \quad (6.13)$$

Сол бағытта күндізгі сағат он екіден бір сағатқа дейін тура сәулеленудің мәні:

$$q_{vp} = 59\left(\frac{W}{m^2}\right), \quad (6.14)$$

6.4 кесте - Жарық саңылауларының күңгірттеуін ескеретін K_1 коэффициенті

Жарық саңылауын толтыру	Ластанбаған атмосфера
Металл байланыстырғыштарды әйнектеу	1.15

6.5 кесте-Шыны ластануын назарға алатын К2 коэффициенті

Шынының ластану дәрежесі	K_2
Кішігірім (5 мг/м^3 аспайды)	0.9

Тоғыздан түске дейін жылумен жабдықтау өлшемдері:

$$Q_{p1} = q_{vr} \cdot (K_1)^T \cdot K_2 \cdot \beta_{ht} \cdot F_0, \quad (6.15)$$

$$Q_{p1} = 64 \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}15 \cdot 10{,}8 = 107{,}3 \text{ Вт.}$$

Ал түстен кешкі сегізге дейін:

$$Q_{p2} = 59 \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}15 \cdot 10{,}8 = 98{,}9 \text{ Вт}$$

Есептеу үшін уақыт күн жылуы ең оңтайлы болған кезде қолданылады. 107,3 Вт жылу мәнін алайық, бұл шамамен тоғыз он. Біз бөлмедегі 3 инженер, ал бөлмедегі температура 23° жұмыс істейтін жағдай үшін адамдардан берілетін жылу мөлшерін есептейміз. Есептеу отыратын адам 23° температура кезінде 67 Вт жылу беру фактісін ескере отырып жүргізіледі.

Оператор бөлмесінде үш адамнан жылу бөлу есебі:

$$Q_p = 67 \cdot 3 = 201 \text{ Вт,}$$

$$Q_{light} = \eta \cdot N_{light} \cdot F_0, \quad (6.16)$$

Сондай-ақ, жарықтандыру құрылғыларынан шығатын жылуды да ескеру қажет. Лампадан шығатын жылуды біз келесі формула бойынша анықтаймыз: люминесцентті лампалар үшін электр энергиясының жылуға айналу коэффициенті келесідей анықталады: $\eta = 0,5 \div 0,6$.

Шамдардың белгіленген қуатын ескере отырып, біз кіретін жылуды есептейміз. Жарықтандыру шамдарынан алынған жылу мөлшері келесі формула бойынша анықталады:

$$N_{шам} = 40,$$

$$Q = 0,5 \cdot 40 \cdot 10,8 = 216 \text{ Вт}.$$

6.1-сурет – Кондиционер (желдеткіш)

Бақылау:
Жылу қуаты, 5200 Вт
Қуатты тұтыну, 1555 Вт
Суықта жұмыс істеу, 18000 BTU
Ең жоғары ауа шығыны, 14167 $м^3$/сағ
Салқындату алаңы, 50 $м^2$
Өлшемдері:
Биіктігі 37 см
Ені, 104,6 см
Тереңдігі, 29,5 см.

6.3 Қорытынды

Сонымен, дипломдық жұмыстың осы тарауында мен оператор бөлмесіндегі жұмыс жағдайлары, оператор бөлмесінде жабдықтар мен жұмыс

орындарын орналастыру туралы қысқаша сипаттама бердім. Мұнда әрқайсысы 15 м^2 болатын үш жұмысшы бар. Біздің бөлме үшін әрқайсысы 40 Вт болатын 4 LD шамдары бар және оларды орналастыру диаграммасы келтірілген, сонымен қатар шамдар мен адамдардан болатын жылу шығыны да есептелген.

Қорытынды

5G - бұл желілік қоғамның негізгі құрамдас бөлігі болатын, интернет заттарды және ұялы байланысты дамытудағы келесі қадам. Қолданба мен пайдалану нұсқаларының кең спектріне қосылу мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін 5G сымсыз қатынау мүмкіндіктері алдыңғы ұялы байланыс буындарының мүмкіндіктерінен әлдеқайда озық болуы тиіс. Бұл мүмкіндіктер өте жоғары қолжетімді жылдамдықты, өте төмен кідірісті және аса жоғары сенімді қамтиды. Сонымен қатар, 5G сымсыз қосылысы қол жетімді және тұрақты түрде трафиктің жаппай өсуіне қолдау көрсетуі керек, бұл жеткізілген бит үшін қымбат шығындар мен энергияны үнемдеуді қажет етеді.

5G сымсыз қол жетімділігі, ең алдымен, LTE-ны дамыту жолымен іске асырылады, яғни спектрге бағытталған жаңа радиоқатынау технологияларымен. 5G сымсыз қолжетімділіктің негізгі технологиялық компоненттері - кіруді/транзиттік қосылысты интеграциялауды, құрылғылар арасындағы байланысты, икемді дуплексті, спектрді икемді пайдалануды, көптеген антенналармен таратуды, ультра жіңішке дизайнды және пайдаланушы мен басқаруды бөлуді қамтиды.

NN таңдау стратегиясына келетін болсақ, үш алгоритм қуатқа, SINR кері соққыға және оңтайлы өткізгіштікке негізделген. Тек ACL қуатын алуға негізделген таңдау, өтпелі өткізу қабілетінде басым болатын (жолақішілік ретрансляциялық операция үшін) BHL сапасын елемейді (игнорит), сәйкесінше оны тар жолаққа ысырып тастайды. Ең жақсы өткізу қабілетінің алгоритмі NN өнімділігі үшін ең жақсы сценарий болып табылады, бірақ қиындықтардың жоғарылауы мен мүмкін кідіріс салдарынан ол практикалық нұсқа ретінде пайдаланылмайды. Сондықтан, ең тиімді және практикалық стратегия - бұл оңтайлы алгоритммен бірдей өнімділікті ұсынатын, 10 дБ қуат терезесі бар "BHL SINR" таңдау алгоритмі. Ұсынылған конфигурацияда DRL-де тек макроұяшықтармен жүргізілетін операцияға қатысты өткізу қабілеттілігінің орташа өсуі ~ 109% көрсетілген.

Берілген дипломдық жобада бесінші ұрпақтың мобильді желілерін құру ерекшеліктерін және SON технологиясының көмегімен ұялы байланысты қалай дамытуға болатынын түсіндіретін теориялық материал келтірілген. 5G коммуникациялық технологиялардың талаптары мен мүмкіндіктеріне талдау жүргізілді. Қазіргі таңда сымсыз желіні динамикалық қалыптастыру үшін оның техникалық шешімі толық сипатталған, сондай-ақ, INT-2020 жобалары сипатталды.

Бірінші бөлімде көргендеріңіздей, SON технологиясы 5G желісін тиімді пайдалану үшін келесі шамаларға ерекше екпін қойған болатын:

- SINR сигналдан шуылға дейінгі қатынасы бойынша анықталған BS қамтуы;

- Деректерді беру жылдамдығымен анықталатын БС қамту шамасы;

- BS желісінің жиынтық қамтуының мәні және желінің сыйымдылық индексі (Capacity Index).

Сәйкесінше, мен өзімнің дипломдық жұмысымда осы шамаларға зерттеу жүргізу арқылы, ұялы желінің өзгерісі мен тиімділігі, ауқымдылығы мен кедергілерін анықтаған болатынмын. Нәтижесінде өздігінен ұйымдастыратын желіні ұялы байланыста пайдалану арқылы, біз желіде жоғары жылдамдық, энергоүнемділік, жоғарғы қауіпсіздік, сенімділік пен тиімділік секілді жаңа дамуларға қол жеткізе аламыз. Мен Қазақстандық операторлар мен телекоммуникациялық орталықтарды бірігіп өзін-өзі ұйымдастыратын жаңа радиоинтерфейісті технологиялырды БС-тарға орнатуға шақырамын. Бұл тұтынушыларға, пайдаланушыларға және сатушыларға жасалатын жаңа мүмкіндік болмақ. Оның тиімділігі тек пайдалану жағынан ғана емес және экономикалық жағынан үлкен қарқын аларымыз сөзсіз.

Менің дипломдық жобамның басты мақсаты өзін-өзі ұйымдастыратын желілерде 5G-ды пайдаланудың тиімділігін көрсету болатын. Жобаның теориялық және есептеу бөлімінде көрсеткенімдей 5G-дың бізге берер мүмкіндіктері өзін-өзі ұйымдастыратын желілерге жаңа деңгейде жұмыс істеуге мүмкіндік береді. PL (потеря поту) жолдың жоғалуы, кідірістер мен кедергілердің, энергошығынның өте төмен мәнге ие болуы, деректерді тарату жылдамдығы, кеңжолақты тарату, 1млн/км^2 құрылғыларға қосылу, желілік қауіпсіздік, сенімділіктің, радиоқатынаудың алдыңғы буынмен салыстырғанда әлдеқайда озық болуы соған дәлел.

Қысқартылған сөздер

3D – 3-dimensioning, үш өлшемді 3GPP – 3rd Generation Partnership Project (үшінші буын серіктестік жобасы)

5G – 5 generation, 5-ші буын 5GNOW – 5th Generation Non-Orthogonal Waveforms (Сигналдарды ортогоналды емес өңдеуге арналған 5G Еуропалық стандарттау жобасы)

AAA – Authentication, Authorization and Accounting (сәйкестендіру (идентификация), авторизация және есепке алу)

AAS – Active antenna system (белсенді антенна жүйесі)

AF – Application Function (қолдану (приложения) функциясы)

AMF – Access and Mobility Management Function (қол жетімділік пен ұтқырлықты басқару)

API – Application Programming Interface (қолданбалы бағдарламалау интерфейсі)

AR – Augmented Reality (қосымша нақтылық қызметтері)

ARN – Active Remote Node (белсенді қашықтағы(удаленный) торап)

ARPU – Average revenue per user (бір пайдаланушының орташа түсімі)

AUSF – Authentication Server Function (аутентификация серверінің функциясы)

AWG – Arrayed Waveguide Gratings (пассивті толқын мультиплексоры)

BBU – BaseBand Unit (сигналды өңдеу блогы)

BF – Beamforming (сәуленің қалыптасуы)

BPSK – Binary Phase Shift Keying (екілік фазалық ығысу кілті (манипуляция))

BS – Base Station (базалық станция)

BSS – Business Support System (бизнесті қолдау жүйесі)

CAPEX – Capital Expenditure (күрделі шығындар)

C&M – Control and Monitor (желіні бақылау және басқару)

CN – Core Network (негізгі желі)

CP – Control Plain (басқару жазықтығы)

C-RAN – Cloud Radio Access Network (бұлтты радиоқатынау желісі)

CQI – Channel Quality Indicator (арнаның сапа көрсеткіші)

D2D – Device-to-Device (құрылғылар арасындағы өзара әрекеттесу)

DL – Downlink (базалық станциядан пайдаланушыға дейінгі арна)

DN – Data Network (деректер беру желісі)

DNS – Domain Name System (ғаламтор желісіндегі домендер атауларының жүйесі)

D-RAN – Distributed Radio Access Network (таратылған радиоқатынау желісі)

DWDM – Dense Walelength Division Multiplexing (тығыз толқынды мультиплексірлеу)

eMBB – Enhanced Mobile Broadband (жақсартылған ұялы кеңжолақты байланыс)

EPC – Evolved Packet Core (жетілдірілген пакеттік желі)

ETSI – European Telecommunications Standards Institute (Еуропалық телекоммуникацияны стандарттау институты)

E-UTRA – Evolved Universal Terrestrial Radio Access (сымсыз LTE интерфейсі)

eV2X – Enhanced Vehicle-to-Everything ("автомобиль-барлық қоршаған орта" жұмыс режимі)

FBMC – Filter Bank Multicarrier (сүзгі банкін қолдана отырып, мультиарриатор модуляциясы)

FDD – Frequency Division Duplex (арналардың жиілік бөлінісі)

F-OFDM – Flash Orthogonal Frequency Division Multiplexing (арналарды ортогоналдық жиіліктік бөлумен сүзілген мультиплексирлеу)

FTN – Faster-than-Nyquist (интерференциясы бар сигнал түрі)

FW – FireWall (сетевой экран) GFDM – Generalized Frequency Division Multiplexing (жалпы жиілікті мультиплекстеу)

GPS – Global Positioning System (жаһандық позициялау жүйесі)

GSM – Global System for Mobile Communications (жаһандық ұялы байланыс жүйесі)

HARQ RTT – Hybrid Automatic Repeat Request round-trip-time (арналарды бейімдеу схемасы, онда трансляция туралы шешім қабылдау үшін деректерді беру қабатына қатысты есептер қолданылады)

HSS – Home Subscriber Server (үй абоненттерінің сервері)

IETF – Internet Engineering Task Force (ғаламтордың инженерлік міндеттері бойынша жұмыс тобы)

IDMA – Interleave Division Multiple Access (жылжыту негізіндегі көпстанциялы қатынауды бөлу)

IIoT – Industrial Internet of Things (өнеркәсіптік интернет заттар)

IMS – IP Multimedia Subsystem (IP хаттамасы негізіндегі мультимедиалық кіші жүйе)

IoT – Internet of Things (ғаламтор заттар) IP – Internet Protocol (желіаралық хаттама)

IP/MPLS – IP/Multi Protocol Label Switching (белгі бойынша көпжолақты коммутацияны пайдалана отырып IP-трафикті беру)

IRC – Interference Rejection Combining (кедергі жасайтын компоненттерді басу арқылы әртүрлілікті қабылдау)

IRTF – Internet Research Task Force (ғаламтор технологияларын зерттеу тобы)

ISG NFV – Industry Specification Group Network Functions Virtualisation (Желілік қызметтерді виртуалдандыру тұжырымдамасы бойынша салалық топ)

LSA – License Shared Access (бірлесіп лицензияланған қол жетімділік)

LTE – Long Term Evolution (ұзақ мерзімді перспективадағы эволюция)

M2M – Machine-to-Machine (машинааралық өзара әрекеттесу)

MBMS – Multimedia Broadcast Multicast Services (мультикаст технологиясын тарату)

MEC – Mobile Edge Computing (периферияльық есептеу)

MIMO – Multiple Input Multiple Output (көп арналы кіріс/шығыс жүйелері)

MME – Mobility Management Entity (мобильді басқару торабы)

MIoT – Machine Type Communications (жаппай машина аралық коммуникациялар)

MPLS – Multi Protocol Label Switching (көп хаттамалық белгілер коммутациясы)

MVNO – Mobile Virtual Network Operator (жылжымалы байланыстың виртуалды операторы)

MT – Mobile Terminal (ұялы терминал)

NEF – Network Exposure Function (желі конфигурациясын өзгерту функциясы)

NFV – Network Functions Virtualisation (желілік функцияны виртуализациялау)

NFVI – Network Functions Virtualisation Infrustructure (желілік функцияларды виртуалдау инфрақұрылымы)

NFVI-PoP – Network Functions Virtualisation Infrustructure Point of Presence (NFV инфрақұрылымының болу нүктесі)

NGC – Next Gen Core (жаңа буынның негізгі желісі)

NGMN – Next Generation Mobile Networks Alliance (келесі буын ұялы байланыс желілерінің альянсы)

NGN – Next Generation Network (келесі буын байланыс желісі)

NN – Nomadic Node (көшпелі торап)

N-OFDM – Non-Orthogonal Frequency Division Multiplexing (арналарды ортогоналдық жиіліктік бөлумен мультиплексирлеу технологиясы)

NR – New Radio (жаңа радиоинтерфейстер)

NSSF – Network Slice Selection Function (желілік қабаттарды таңдау функциясы)

OAM – Operation, Administration and Maintenance (пайдалану, әкімшілік басқару және техникалық қызмет көрсету)

OFDM – Orthogonal frequency-division multiplexing (ортогональды жиілікті арна бөлу мультиплексірі)

OPEX – Operating Expenses (операциялық шығындар)

OSS – Operations Support System (жедел қолдау жүйесі)

PLMN ID – Public Land Mobile Network Identifier (жалпы қолданыстағы жылжымалы желінің идентификаторы)

PON – Passive Optical Network (пассивті оптикалық желі)

QoS – Quality of service (қызмет көрсету сапасы)

RAN – Radio Access Network (радиоқатынау желісі)

RAT – Radio Access Technology (радиоқатынау технологиясы)

RRH – Remote Radio (қашықтағы радиомодуль)

SCFDMA – Single Carrier FDMA (бір тасымалдаушы жиілігі бар арналарды жиіліктік бөлумен көпше қол жеткізу технологиясы)

SCMA – Sparse code multipleaccess (рұқсат етілген кодтар негізінде көп станциялық қатынау)

SDN – Software-Defined Networking (бағдарламалық-конфигурацияланатын желі)

UE – User Equipment (пайдаланушы жабдықтары)

UFMC – Universal Filtered Multicarrier (трафикті сүзгілеу мүмкіндігі бар әмбебап көп тасымалдаушы интерфейс)

UL – Upnlink (пайдаланушыдан базалық станцияға дейінгі арна)

UP – User Plane (пайдаланушының жазықтығы)

UPF – User Plane Function (пайдаланушының жазықтық функциясы)

URLLC – Ultra-Reliable and Low Latency Communications (төмен кідірісті, ультра сенімді байланыс)

V2X – Vehicle to Everything (желідегі кез-келген нысанға автомобильді қосу)

VIM – Virtual Infrastructure Manager (виртуалды инфрақұрылым менеджері)

vIMS – virtual IMS (виртуалды IMS)

VNF – Virtual Network Function (виртуалды желілік функция)

VR – Virtual Reality (виртуалды шындық қызметтері)

Wi-Fi – Wireless Fidelity (IEEE 802.11 стандарттары негізінде құрылғылары бар сымсыз жергілікті желі технологиясы)

WiGig – Wireless Gigabit Alliance (802.11ad стандартты сымсыз байланыс түрі)

WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access (сымсыз желілерді құруға арналған радиобайланыс технологиясы)

WLAN – Wireless Local Area Network (сымсыз жергілікті желі)

WRC – World Radiocommunication Conferences (Дүниежүзілік радиоконференция)

xPON – Passive optical network (пассивті оптикалық желі)
АКТ – Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар
БИО – Бірыңғай инфрақұрылымдық оператор
БС – Базалық станция
ДӨО – Деректерді өңдеу орталығы
ЖРТБ желісі – Жылжымалы радиотелефондық байланыс желісі
ЗК – Зерттеу комиссиясы
КК – Күшейту коэффициенті
ҚБЖ – Қоғамдық байланыс желісі
РЖС – Радиожиілік спектрі
РЭС – Радиоэлектрондық құрал
ТЖЖС – Тіркелген жерсеріктік жер станция
ТВ – Телевизионды
ТВЖ – Телевизионды жиілік
ХЭО-Т – Халықаралық Электрбайланысы Одағының стандарттау секторы
ЭМҚ – Электромагниттік қауіпсіздік
ЭМҮ – Электромагниттік үйлесімділік

Әдебиеттер тізімі

1 TS 32.500: Telecommunication management; Self-Organizing Networks (SON); Concepts and requirements.

2 TR 28.861: Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Study on the Self-Organizing Networks (SON) for 5G networks (Release 16).

3 TS 28.525:Telecommunication management; Life Cycle Management (LCM) for mobile networks that include virtualized network functions; Requirements.

4 TS 32.501: Telecommunication management; Self-Configuration of Network Elements; Concepts and Integration Reference Point (IRP) Requirements.

5 TS 32.541: Telecommunications Management; Self-Organizing Networks (SON); Self-healing concepts and requirements.

6 Gandalf Project. Monitoring and self-tuning of RRM parameters in a multisystem network. [Online]. Available: http://www.celtic-nitiative.org.

7 SELFNET. Framework for Self-Organised Network Management in Virtualised and Software Defined Networks. [Online]. Available: http://www. cognet.5g-ppp.eu/cognet-in-5gpp.

8 Jessica Moysen, Lorenza Giupponi From 4G to 5G: Self-organized Network Management meets Machine Learning // Computer Communications. July 2017.

9 3GPP TR 36.902, Technical Specification Group Radio Access Network, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN), Self-configuring and Self-optimizing Network (SON) Uses Case and Solutions (Release 9).

10 3GPP, TS 32.541 Telecommunication management; Self-Organizing Networks (SON); Self-healing concepts and requirements (Release 12).

11 Seppo Hamalainen, Henning Sanneck, Cinzia Sartori. LTE Self- Organising Networks (SON): Network Management Automation for Operational Efficiency. – John Wiley and Sons, 2012.

12 3GPP TS 36.902: Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Self-Configuring and Self-Optimizing Network (SON) Use Cases and Solutions.

13 5G Интернет / Информационное обеспечение, программирование / Библиофонд, 2016. URL: https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=896516.

14 Степутин А.Н., Николаев А.Д. Мобильная связь на пути к 6G // учебник / Санкт-Петербург - Инфра-Инженерия, 2017.- 796 с.

15 Замана В.А., Яковчиц К.О., Белова С.В., Прихожий А.А. Перспективы развития мобильных сетей // Библиофонд. URL: https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=896516.

16 Перспективная, сложная и дорогая: все о 5G – самой прогрессивной мобильной связи. URL: https://robo-hunter.com/news.

17 Шалагинов А. 5G как одна из основ цифровой трансформации / Telecom & IT// URL: https://shalaginov.com/2019/02/07/5338.

18 Пятое поколение мобильной связи, 2019г. URL: http://www.tadviser.ru/index.php.

19 Lei Zhang, Ayesha Ijaz, Pei Xiao, Mehdi Molu and Rahim Tafazolli Filtered OFDM Systems, Algorithms and Performance Analysis for 5G and Beyond, 2017. URL: https://www.researchgate.net/publication/312609420.

20 Иманкул М.Н., Мамбет Е.А. Организация сетей 5G / Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина – 2018. URL: elibrary_32768077_59862496.

21 Проект Отчета МСЭ-R M.[IMT-2020. TECH PERF REO] от 23 февраля 2017 г.

22 Nokia расширяет разработки и проекты 5G FIRST / 02 августа 2017. URL: http://www.iksmedia.ru/news/5427187-Nokia-rasshiryaet-razrabotki-iproe.html.

23 Using OFDM signals in wireless communication. URL: https://www.mathworks.com/discovery/ofdm.html.

24 Порядок расчета чистого дохода периода для отражения в отчете о доходах и расходах (Татьяна Витулева, исполнительный директор ТОО «ТрастАудит», аудитор, член Палаты аудиторов РК). URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30030177#pos=44;-48.

25 А. Калденбергер Учет доходов и расходов/2015 г. URL: https://online.zakon.kz/Document/? doc_id=31665931&mode=p&page=2#pos=822;-156.

26 Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методическиеуказания для выполнения экономической части выпускной работы. –Алматы: 2009. –19 с.

27 Порядок расчета заработной платы в Казахстане с 2019 года. URL: https://culs.kz/articles/accounting/salary/porjadok-rascheta-zarabotnoj-platyv-kazahstane-s-2019-goda.

28 Тарифы АО Казахтелеком. URL: https://telecom.kz/ru/publications/172281.

29 Ставка корпоративного подоходного налога (КПН). URL: https://uchet.kz/stavki/KPN.

30 ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования - 2001.

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

32 СНиП РК 2.04-05-2002 – «Естественное и искусственное освещение» - Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства, Астана, 2003.

33 Баклашов Н.И., Китаева Н.Ж., Терехов Б.Д. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды: Учебник. – М.: Радио и связь, 2008.

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

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

36 Т.Е.Хакимжанов, Ф. Р. Жандаулетова. ӨТҚ Дипломдық жобалау. Ауа өткізгішті есептеу және желдеткішті таңдау. 050717 – Жылуэнергетика және 050718 – Электр энергетика мамандықтарының барлық оқу түрлерінің студенттері үшін дипломдық жобадағы тарауды орындауға арналған әдістемелік нұсқау – Алматы: АЭжБИ, 2008.- 17 с.

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