

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Жамал Саян Нурахметұлы

ИМТ-2020 сценарийлеріндегі Wi-Fi көп қолжетімділік әдістерін талдау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 – Телекоммуникациялар мамандығы

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «IMT-2020 сценарийлеріндегі Wi-Fi көп қолжетімділік әдістерін талдау»

6B06201 – Телекоммуникациялар

Орындаған:

С.Жамал

Рецензент

Ғ.Дәукеев ат. АЭЖБУ доценті,

PhD докторы

Ә.Ержан

« 30 » 05 2023 ж.

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд., аға

оқытушы

М.М.Ермекбаев

« 30 » 05 2023 ж.

Алматы 2023



Ч.Ч.Ч.Ч. аты-ж
« 30 » 05 2023 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 - Телекоммуникациялар



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Жамал Саян*

Тақырыбы «ИТ-2020 сценарийлеріндегі Wi-Fi көп қолжетімділік әдістерін талдау»

Университет ректорының «23» қараша 2022 ж. № 408П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «25» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Wi-Fi желілері, стандарттары; 2) Транзиттік арнаны ұйымдастыру; 3) Сымсыз жеткізу құрылғылары.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Жеткізу нүктесі, радиомаршрутизатор; ә) Абоненттік жүктемені есептеу; б) Жұмыстың кең жолақты сымсыз желісін есептеу; в) Wi-Fi арналарының өткізу қабілетін арттыру тәсілдері; г) Қашықтағы корпусы косудың үлгісін жасау.




Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):


Ұсынылатын негізгі әдебиет 17 атау: 1) 1. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. - М.: Техносфера, 2013; 2) Немировский М.С. Беспроводные технологии от последней мили до последнего дюйма. – М.: Экотрендз, 2014; 3) Феер К. Беспроводная цифровая связь. - М: Радио связь, 2015; Андрианов В.И. средства мобильной связи. – С. ВНУ-Санкт-Петербург, 2011.

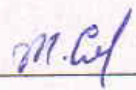
ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫ (ЖОБАНЫ) ДАЙЫНДАУ
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
WI-FI және WIMAX сымсыз желілері	1.02.2023 - 21.02.2023	орындалды
Сымсыз желілердің негізгі құрылғылары	21.02.2023 - 01.03.2023	орындалды
Арнаның өткізу қабілеттілігін есептеу	01.03.2023 - 14.05.2023	орындалды

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Техн.ғыл.канд., ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы Ермекбаев М.М.	25.05.23	
Теориялық ақпарат	Техн.ғыл.канд., ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы Ермекбаев М.М.	25.05.23	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы Досбаев Ж.М.	25.05.23	

Ғылыми жетекшісі  М.М.Ермекбаев
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  С.Жамал

Күні “25” 05 2023 ж.

АНДАТПА

Wi-Fi және WIMAX сымсыз байланыс желілері салыстырылып, Wi-Fi желілерінің 2,4 ГГц және 5 ГГц жиілік диапазондары қарастырылды. Жалпы IEEE 802.11 сымсыз жергілікті желілердің стандарты, оның негізгі терминдері мен физикалық деңгейлері көрсетілді. IEEE 802.11 стандартының қазіргі уақытта қолданыстағы спецификацияларының (802.11 b, a, g, n, ad, ac, ax) сипаттамалары зерттеліп, салыстырылды.

Сымсыз байланыс желілерінің негізгі құрылғылары мен оларда қолданылатын антенналар санына байланысты жүйелерді конфигурациялау нұсқалары зерттелді. Маршрутизаторлардың әртүрлі деңгейдегі 3 түрі: TP-LINK Archer AX6000 маршрутизаторы, Wi-Fi Mesh Keenetic Ultra (KN-1810) роутері және TP-LINK Archer C2300 маршрутизаторы таңдалып, өзара салыстырылды.

АННОТАЦИЯ

Сравнивались беспроводные сети Wi-Fi и WIMAX, рассматривались диапазоны частот сетей Wi-Fi 2,4 ГГц и 5 ГГц. Общий IEEE 802.11 стандарт беспроводных локальных сетей с указанием его основных терминов и физических уровней. Были изучены и сопоставлены характеристики существующих в настоящее время спецификаций стандарта IEEE 802.11 (802.11 b, a, g, n, ad, ac, ax).

Изучены варианты конфигурации систем в зависимости от основных устройств беспроводных сетей и количества используемых в них антенн. Были выбраны и сопоставлены между собой 3 типа маршрутизаторов разного уровня: маршрутизатор TP-LINK Archer AX6000, маршрутизатор Wi-Fi Mesh Keenetic Ultra (KN-1810) и маршрутизатор TP-LINK Archer C2300.

ANNOTATION

Wi-Fi and WIMAX wireless networks were compared and the 2.4 GHz and 5 GHz frequency bands of Wi-Fi networks were considered. In general, the IEEE 802.11 standard for wireless local area networks, its basic terms and physical levels were demonstrated. The characteristics of the currently existing specifications of the IEEE 802.11 standard (802.11 b, a, g, n, ad, ac, ax) were studied and compared.

Options for configuring systems depending on the main devices of wireless communication networks and the number of antennas used in them were studied. 3 types of routers at different levels: TP-LINK Archer AX6000 router, Wi-Fi Mesh Keenetic Ultra (KN-1810) router and TP-LINK Archer C2300 router were selected and compared.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе		
1	Wi-Fi және WIMAX сымсыз желілері	10
1.1	Wi-Fi және WIMAX сымсыз желілерін салыстыру	10
1.2	Wi-Fi желілерінің жиілік диапазоңдары	12
2	IEEE 802.11 сымсыз жергілікті желілердің стандарты	15
2.1	IEEE 802.11 негізгі терминдері	15
2.2	IEEE 802.11 стандартының физикалық деңгейі	16
3	Сымсыз желілердің негізгі құрылғылары	20
3.1	Клиенттік құрылғылар	20
3.2	Кіру нүктелері	21
3.3	Сымсыз маршрутизаторлар мен қайталағыштар	22
3.4	Сымсыз көпірлер мен антенналар	24
3.5	Wi-Fi жабдықтарында қолданылатын MIMO технологиялары	24
3.6	Маршрутизатор таңдау және түрлерін салыстыру	27
3.7	BS байланысының максималды диапазоңын есептеу	30
3.8	Тікелей көріну жағдайында байланыстың тұрақтылығын есептеу	36
3.9	Арналар санын есептеу	37
3.10	Тарату жолындағы сигнал қуатының орташа шығынын есептеу	38
3.11	Арнаның өткізу қабілеттілігін есептеу	38
3.12	Трафикке қызмет көрсету мүмкіндігін есептеу	39
Қорытынды		47
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі		48

КІРІСПЕ

1990 жылдардан бастап сымсыз желілердің позициясы нығайып, сымсыз технологиялар біздің өмірімізге нық еніп келеді. Сымсыз желілер үйде және кеңседе, сондай-ақ қоғамдық орындарда, мысалы, әуежайларда, кафелерде, университеттерде кеңінен қолданылады. Олар жаңа құрылғылар мен қызметтерді құруға, өмір сүру сапасын жақсартуға әкелді.

Wi-Fi сымсыз жергілікті желі (WLAN) - бұл деректерді радиоарна арқылы жіберетін және қабылдайтын компьютерлік желі. WLAN технологиясы адамдарға тиімді қарым-қатынас жасауға және жұмыс істеуге көмектеседі. Wi-Fi желілері пайдаланушыларды сымды желілерге және интернет-қызмет провайдерлерінің желілеріне қосу мәселелерін шешу үшін қолданылады. Ұтқырлықтың жоғарылауы және кабельдер мен басқа стационарлық компоненттердің болмауы осы технологияның артықшылығын дәлелдеді. Wi-Fi желілерінің құрылғылары бүгінгі таңда 2,4 ГГц (802.11 b/g/n) және 5 ГГц (802.11 a/n/ac) диапазондарын пайдаланады.

IEEE 802.11 технологиясы 802 комитет стандарттарының жалпы құрылымына сәйкес келеді. Ол MAC ортасына қол жеткізуді басқару және LLC логикалық деректерді беру деңгейлері бар физикалық деңгей мен арна деңгейінен тұрады. 802 отбасының барлық технологиялары сияқты, 802.11 технологиясы екі төменгі физикалық және MAC ішкі деңгейлерімен көрсетіледі.

1 WI-FI және WIMAX сымсыз желілері

1.1 Wi-Fi және WIMAX сымсыз желілерін салыстыру

Сымсыз жергілікті желілер сымды жергілікті желілерге қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие:

- жылдам орналастыру, бұл кеңседен тыс жұмыс жағдайында өте ыңғайлы (мысалы, презентациялар өткізу кезінде);

- кіру нүктелері арасындағы роуминг функциясының арқасында қолданыстағы желі аймақтары аясында жергілікті сымсыз желілерге қосылған кезде мобильді құрылғыларды пайдаланушылардың оңай қозғалуы;

- өте кең ауқымды міндеттерді шешу үшін жоғары жылдамдықтар есебінен заманауи желілерді пайдалану;

- кабель төсеу мүмкін болмаған жағдайда сымсыз жергілікті желіні ұйымдастырудың қарапайымдылығы.

Сонымен қатар, сымсыз желілердің шектеулерін есте сақтау қажет. Бұл, әдетте, сымды желілермен салыстырғанда деректерді беру жылдамдығы мен қашықтығы, кедергілерге ұшырау және берілетін ақпараттың қауіпсіздігін қамтамасыз етудің күрделі схемасы.

Сымсыз желілерді өздігінен де, сымсыз және сымды сегменттері бар күрделі сәулет желілерінің бөлігі ретінде де пайдалануға болады [1].

Ақпаратты берудің сымсыз технологияларының тарихы XIX ғасырдың соңында алғашқы радио сигналын беруден және 1920 жылдары амплитудалық модуляциясы бар алғашқы радиоқабылдағыштардың пайда болуынан басталды. 1930 жылдары жиілік модуляциясы бар радио және теледидар пайда болды, 1970 жылдары мобильді дауыстық тарату қажеттілігін қанағаттандыру нәтижесінде алғашқы сымсыз телефон жүйелері құрылды. Алдымен бұл аналогтық желілер болды, ал 1980 жылдардың басында GSM стандарты жасалды, ол спектрдің жақсы таралуын, сигнал сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ететін сандық стандарттарға көшуді бастады. 1990 жылдардан бастап сымсыз желілердің позициясы нығайды. Қарқынды дамып, олар жаңа құрылғылар мен қызметтерді құруға, өмір сүру сапасын жақсартуға әкеледі.

CDMA (Code Division Multiple Access — арналарды кодпен бөлу технологиясы), GSM (Global for Mobile Communications — мобильді коммуникацияларға арналған Жаһандық жүйе), EDGE (GSM Evolution үшін Enhanced Data Rates — GSM үшін деректерді беру жылдамдығының артуы), 3G (үшінші буын), LTE (Long-Term Evolution, 4G), 5G, TDMA (Time Division multiple access — уақыт бойынша бөлінген бірнеше қатынау), wap (Wireless application protocol — сымсыз технологиялар хаттамасы), IEEE 802.11, GPRS (general packet Radio Service — пакеттік деректер қызметі), Bluetooth (көк тіс, X ғасырда өмір сүрген викингтердің жетекшісі Харальд көк тіс деп аталады — тиімділік, диапазон және жылдамдық арасындағы ымыраға келу), ZigBee (ең аз қуат тұтыну), 434/868 МГц (ең үлкен диапазон), NFC (жақын өріс байланысы - шағын радиус) және т.б., бұл салада төңкеріс болып жатқанын көрсетеді [10].

Wi-Fi термині техникалық емес, бірақ қазіргі заманғы қолданушылар белсенді қолданады. Wi-Fi аббревиатурасы (ағылшынша Wireless Fidelity фразасынан алынған, оны сөзбе-сөз сымсыз деректерді берудің жоғары сенімділігі деп аударуға болады) қазіргі уақытта радиоарналар арқылы сандық деректер ағындарын беру стандарттарының бүкіл тобын білдіреді. Басқаша айтқанда, Wi-Fi терминімен пайдаланушылар сымсыз жергілікті желі технологияларын білдіреді - сымсыз жергілікті аймақ желісі (WLAN, сымсыз желі). Бұл технологиялар компьютерлерді Жергілікті желілерге сымдардың көмегінсіз (яғни радио толқындарын қолдана отырып) біріктіруге және оларды Интернетке қосуға мүмкіндік береді.

Wi-Fi терминінің ең дұрыс анықтамасы - Wi-Fi Alliance консорциумының сауда белгісі - компьютерлік технологиялар мен Wi-Fi сымсыз құрылғыларының ірі өндірушілерінің бірлестігі. Бұл ұйым IEEE институты әзірлеген және ратификациялаған стандарттар негізінде Wi-Fi технологиясының коммерциялық дамуына жетекшілік етеді (802.11 стандарттар тобы). Консорциумның міндеттерінің бірі-әртүрлі өндірушілердің жабдықтарын құрылғылардың бір-бірімен үйлесімділігі мен дұрыстығын тексеру [1].

Сымсыз желіні пайдаланушылар әдеттегі сымды желіде жұмыс істеген қосымшалармен жұмыс істей алады. Портативті немесе жұмыс үстелінде орнатылған сымсыз адаптер Ethernet адаптерімен бірдей протоколдарды қолданады [3].

Көбінесе Wi-Fi желілері келесі мәселелерді шешу үшін қолданылады:

- пайдаланушыларды сымды желілерге сымсыз қосу;
- кеңістікте орналасқан ішкі желілерді ішкі желілерді кабельдік қосу мүмкін емес немесе қажет емес бір жалпы желіге біріктіру;
- пайдаланушыларды интернет-қызмет провайдерлерінің желілеріне қосу

[1].

Мобильділік - адамдар WLAN ауқымындағы кез-келген жерден деректерге қол жеткізе алатын кезде өнімділік жоғарылайды.

Төмен іске асыру құны - WLAN орнату, басқару, өзгерту және жылжыту үшін оңай. Көбінесе физикалық және логикалық түрде өзгертін желілер WLAN-дің артықшылығын іске асырудың қарапайымдылығында қолдана алады. WLAN кабельдік сымдарды орындау мүмкін емес жерлерде жұмыс істей алады.

Желіні орнату және кеңейту жылдамдығы мен жеңілдігі - сымсыз желіні орнату тез әрі оңай болуы мүмкін және қабырғалар мен төбелер арқылы кабельдерді төсеу қажеттілігін жояды.

Масштабталу-белгілі бір қосымшалардың немесе қолданыстағы инфрақұрылымның талаптарына сәйкес сымсыз жергілікті желінің (WLAN) көптеген топологияларын жүзеге асыруға болады. Желінің топологиясы пайдаланушылардың аз санына сәйкес келетін тең - теңімен желіден бастап, орнатылған сымсыз құрылғылардың санына байланысты жүздеген немесе

мыңдаған пайдаланушыларды қамтитын үлкен инфрақұрылымдық желіге дейін оңай өзгереді [3].

Арзан шешім - сымсыз желілік құрылғылардың құнын Ethernet карапайым құрылғылардың құнымен салыстыруға болады.

WiMAX (ағылш. Worldwide Interoperability for Microwave Access) - құрылғылардың кең ауқымы үшін (жұмыс станциялары мен портативті компьютерлерден ұялы телефондарға дейін) үлкен қашықтықтарда әмбебап сымсыз байланысты қамтамасыз ету мақсатында әзірленген телекоммуникациялық технология. IEEE 802.16 стандартына негізделген, оны Wireless MAN деп те атайды.

WiMAX келесі мәселелерді шешуге жарамды:

- Wi-Fi кіру нүктелерін бір-біріне және интернеттің басқа сегменттеріне қосу;

- бөлінген желілер мен DSL-ге балама ретінде сымсыз кең жолақты қолжетімділікті қамтамасыз ету;

- деректерді берудің жоғары жылдамдықты сервистерін және телекоммуникациялық қызметтерді ұсыну;

- географиялық жағдайға байланысты емес қол жеткізу нүктелерін құру.

WiMAX Интернетке Wi-Fi желілеріне қарағанда жоғары жылдамдықта қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл технологияны "магистральдық арналар" ретінде пайдалануға мүмкіндік береді, оның жалғасы дәстүрлі DSL - және бөлінген желілер, сондай-ақ жергілікті желілер болып табылады. Нәтижесінде, бұл тәсіл бүкіл қалалар масштабында масштабталатын жоғары жылдамдықты желілерді құруға мүмкіндік береді [2].

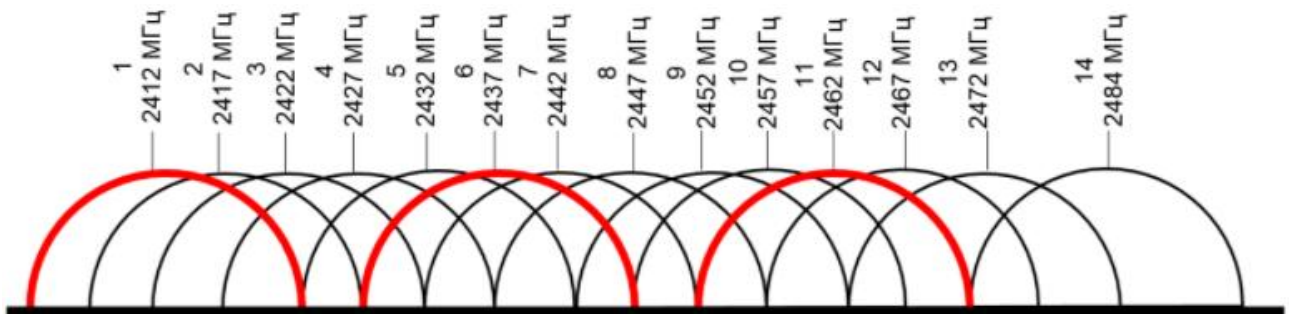
1.2 Wi-Fi желілерінің жиілік диапазондары

Wi-Fi желілерінің қазіргі уақытта 2 жиілік диапазондары қолданылады. Олар: 2,4 ГГц және 5 ГГц диапазондары.

Кәдімгі клиенттік маршрутизаторлар мен үйдегі Wi-Fi құрылғыларының көпшілігі екі жиілік диапазонында жұмыс істейді: 2,4 ГГц (802.11 b/g/n) және 5 ГГц (802.11 a/n/ac).

2,4 ГГц диапазонында стандарттармен 14 арна анықталды. Олардың кейбіреулері бірқатар елдерде қол жетімді болмауы мүмкін (мысалы, 14 арна тек Жапонияда пайдалануға рұқсат етілген). 1, 6 және 11 сандары бар арналар жиіліктер бойынша толығымен қиылыспайтын болып саналады және таңқаларлық түрде «қиылыспайтын» деп аталады. Бірақ іс жүзінде әрқашан «ескерусіз» қалады, егер кіру нүктелері бір - біріне жақын орналасса, онда қиылыспайтын арналар қиылысады.

Әр арнаның ені 20 МГц құрайды. Кейбір жағдайларда стандарттарға арнаның енін 40 МГц-ке пайдалануға рұқсат етіледі. Арна нөмірлері және олардың орталық жиіліктері суретте көрсетілген.

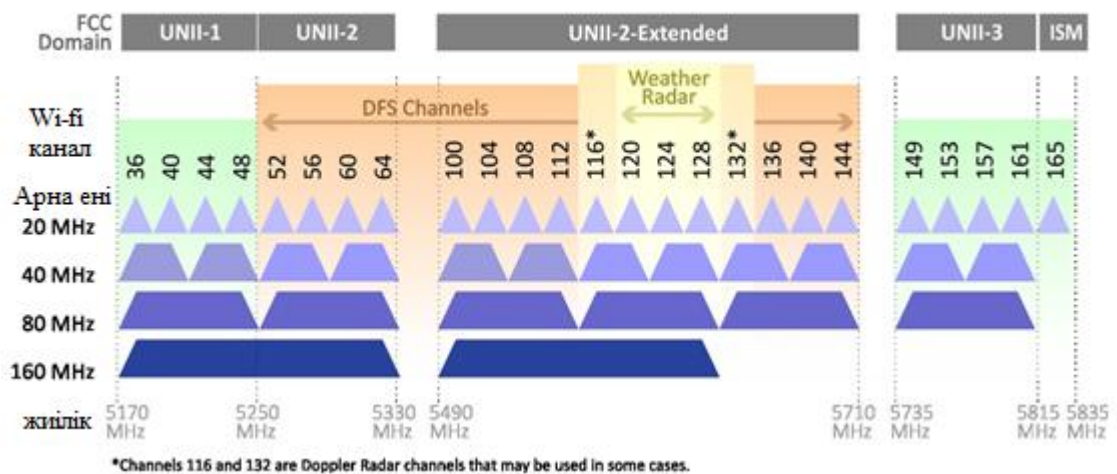


1.1-сурет – 2,4 ГГц диапазонындағы Wi-Fi арналары

Қиылыспайтын арналарды пайдалану жақын жерде орналасқан жабдық бір-біріне кедергі жасамайтындай етіп біркелкі радио жабуды ұйымдастыру қажет болған жағдайда ыңғайлы, осылайша байланыстың тұрақтылығы мен сапасын арттырады.

2,4 ГГц диапазонындағы кемшіліктердің бірі-оның жоғары жүктемесі және арналардың аз саны. Wi-Fi желісіне кедергі тек басқа Wi-Fi құрылғылары мен кіру нүктелерін ғана емес, сонымен қатар бірдей жиілік диапазонында жұмыс істейтін Bluetooth құрылғыларын да жасай алады. Тіпті қарапайым тұрмыстық микротолқынды пеш 2,4 ГГц диапазонындағы қосылыстың сапасына қатты әсер етуі мүмкін. Өзара әсерді азайту үшін Wi-Fi таратқыштарының қуаты қатаң шектеулі және реттелген. Қуатты таратқышты пайдалану радиожілік орталығынан рұқсат алуды талап етеді. 5 ГГц жиілік диапазоны аз жүктеме және көп арналардың болуы тұрғысынан неғұрлым перспективалы болып табылады [11].

5 ГГц жиілік диапазонында 20 МГц-тен 23 үздіксіз арна бар. 5 гигагерц диапазоны тек қабаттаспайтын арналардан тұратынын атап өтуге болады, өйткені мұндай жиілікте қабаттасу айтарлықтай қайшылықтар тудырады. Мұнда сіз 20/40 МГц енін ғана емес, сонымен қатар ені 80 МГц (негізгі + көмекші) арналарды да пайдалана аласыз. Төменде 5 ГГц диапазонындағы арналардың орналасуы көрсетілген:



1.2-сурет – 5 ГГц диапазонында арналардың орналасуы

UNII-1 арналарының бірінші блогы (lower, төменгі) 5180-ден 5240-қа дейінгі жиілік диапазонында орналасқан. Бұл ретте 20 МГц бойынша қол жетімді қиылыспайтын арналар: 36, 40, 44, 48;

Екінші блок (middle, Орташа) UNII-2 5260-тан 5320-ға дейінгі жиілік диапазонында орналасқан. Бұл ретте 20 МГц бойынша қол жетімді қиылыспайтын арналар: 52, 56, 60, 64;

Үшінші блок (extended, кеңейтілген) UNII-2 5500-ден 5700-ге дейінгі жиілік диапазонында орналасқан. Бұл ретте 20 МГц қолжетімді қиылыспайтын арналар: 100, 104, 108, 112, 116, 120, 124, 128, 132, 136, 140;

Төртінші блок UNII-3 - жиілігі 5745-тен 5805-ке дейінгі жиілік диапазонында орналасқан. Бұл ретте 20 МГц қолжетімді қиылыспайтын арналар: 149 153 157 161;

Сонымен қатар, арналардың 3 тобы бар: Жапон (арналары: 8, 12, 16; 5040-5080 диапазоны) US Public Safety (арналары: 184, 188, 192, 196; 4920-4980 диапазоны) ISM (165 арнасы, жиілігі 5825);

802.11 ас стандарты UNII-1, UNII-2 (екеуі де) және UNII-3 топтарын, яғни 23 арнаны пайдалануды қарастырады. Осылайша, 80 МГц арнаның енін пайдалану кезінде 5 қиылыспайтын арна бар. Осы ерекшелікте 80 МГц бойынша 2 арнаны біріктіру мүмкіндігі қарастырылған, бұл соңында 160 МГц береді [9].

2 IEEE 802.11 сымсыз жергілікті желілердің стандарты

IEEE Электротехника және электроника инженерлері институты 1990 жылы 802.11 сымсыз жергілікті желілер үшін стандарттар бойынша жұмыс тобын құрды. Ол 2,4 ГГц жиілігінде 1 және 2 Мбит/с жылдамдықпен жұмыс істейтін радио жабдықтары мен желілері үшін әмбебап стандартты жасаумен айналысты. стандартты құру жұмыстары 7 жылдан кейін аяқталды және 1997 жылдың маусым айында алғашқы 802 Техникалық сипаттама ратификацияланды.

IEEE 802.11 стандарты хаттамаларының стегі 802 комитет стандарттарының жалпы құрылымына сәйкес келеді, яғни, MAC (Media Access Control) ортасына қол жеткізуді басқару және LLC (Logical Link Control) логикалық деректерді беру деңгейлері бар физикалық деңгей мен арна деңгейінен тұрады. 802 отбасының барлық технологиялары сияқты, 802.11 технологиясы екі төменгі деңгеймен анықталады, яғни физикалық деңгей және MAC ішкі деңгейі, ал LLC ішкі деңгейі барлық жергілікті желілік технологиялар үшін стандартты функцияларды орындайды.

Физикалық деңгейде қолданылатын жиілік диапазонында, кодтау әдісімен және нәтижесінде деректерді беру жылдамдығымен ерекшеленетін бірнеше спецификация нұсқалары бар. Физикалық деңгей сипаттамаларының барлық нұсқалары MAC-ішкі деңгейде анықталған тарату ортасына қол жеткізудің бірдей алгоритмімен жұмыс істейді, бірақ MAC-ішкі деңгейдің кейбір уақыт параметрлері қолданылатын физикалық деңгейге байланысты болады.

IEEE 802.11 стандартындағы сымсыз желілердің негізгі құрылыс блогы негізгі қызметтер жиынтығы (Basic Service Set, BSS) болып табылады, ол MAC жалпы хаттамасын іске асыратын және ортақ деректер беру ортасына қол жеткізу үшін бәсекелесетін бірнеше станциядан (station, STA) тұрады. BSS мүшелері болып табылатын станциялар байланыста болатын қамту аймағы негізгі қызмет көрсету аймағы (Basic Service Area, BSA) деп аталады. Егер қандай да бір станция қызмет көрсету аймағынан шықса, онда ол онда қалған станциялармен тікелей әрекеттесе алмайды. BSS-ті оқшаулау немесе магистральдық тарату жүйесіне (Distribution system) кіру нүктесі (Access point) арқылы қосуға болады [12].

2.1 IEEE 802.11 негізгі терминдері

Станция (Station) - физикалық деңгейі мен MAC-ішкі деңгейі IEEE 802.11 стандартына сәйкес келетін кез келген құрылғы.

Кіру нүктесі (Access point) - станцияның функционалды мүмкіндіктері бар және сымсыз орта арқылы тарату жүйесіне қол жеткізуді қамтамасыз ететін кез келген объект.

Негізгі қызметтер жиынтығы (Basic Service Set, BSS) - бір үйлестіру (координация) функциясы басқаратын станциялардың жиынтығы.

Үйлестіру (координация) функциясы (Coordination function) - негізгі қызметтер жиынтығы ішінде жұмыс істейтін станция протокол деректер блогын (Protocol Data Unit, PDU) сымсыз орта арқылы жібере алатын логиканы анықтайтын логикалық функция.

Орналастыру жүйесі (Distribution System, DS) - бірнеше негізгі қызметтер жиынтығын қосу және сымды жергілікті желіні кеңейтілген қызметтер жиынтығына біріктіру үшін пайдаланылатын жүйе.

Кеңейтілген қызметтер жиынтығы (Extended Service Set, ESS) - орналастыру жүйесімен қосылған екі немесе одан да көп негізгі қызметтер жиынтығы.

BSS-да деректерді клиенттік станциялар арасында беру жіберуші станция мен алушы станция бір немесе әртүрлі BSS-те болғанына қарамастан, кіру нүктесі арқылы жүзеге асырылады. Кадрларды бір станциядан екіншісіне бір BSS ішінде беру кезінде жіберуші станция алдымен кадрларды кіру нүктесіне жібереді, содан кейін кадрларды дұрыс адресатқа жібереді. Егер қабылдағыш станция басқа BSS - те болса, жіберуші станция кадрларды қабылдау нүктесіне жібереді, ол оларды орналастыру жүйесі арқылы алушы станцияға бағыттайды. Орналастыру жүйесі коммутатор, сымды немесе сымсыз желі болуы мүмкін. Барлық операциялар кіру нүктесі арқылы орындалатын BSS жұмыс режимі инфрақұрылымдық (Infrastructure) деп аталады.

BSS-те барлық станциялар мобильді құрылғылар (ноутбуктер, планшеттер, телефондар және т.б.) болған жағдайда IEEE 802.11-де жұмыс режимі анықталған, онда олар кіру нүктелерін пайдаланбай бір-бірімен тікелей әрекеттесе алады. Мұндай BSS тәуелсіз BSS (Independent Basic Service Set, IBSS), ал мобильді станциялардың жұмыс режимі - ad hoc деп аталады. Айта кету керек, тек сымсыз адаптерлер ad hoc режимінде жұмыс істей алады [13].

2.2 IEEE 802.11 стандартының физикалық деңгейі

IEEE 802.11 стандартының физикалық деңгейі екі ішкі деңгейден тұрады:

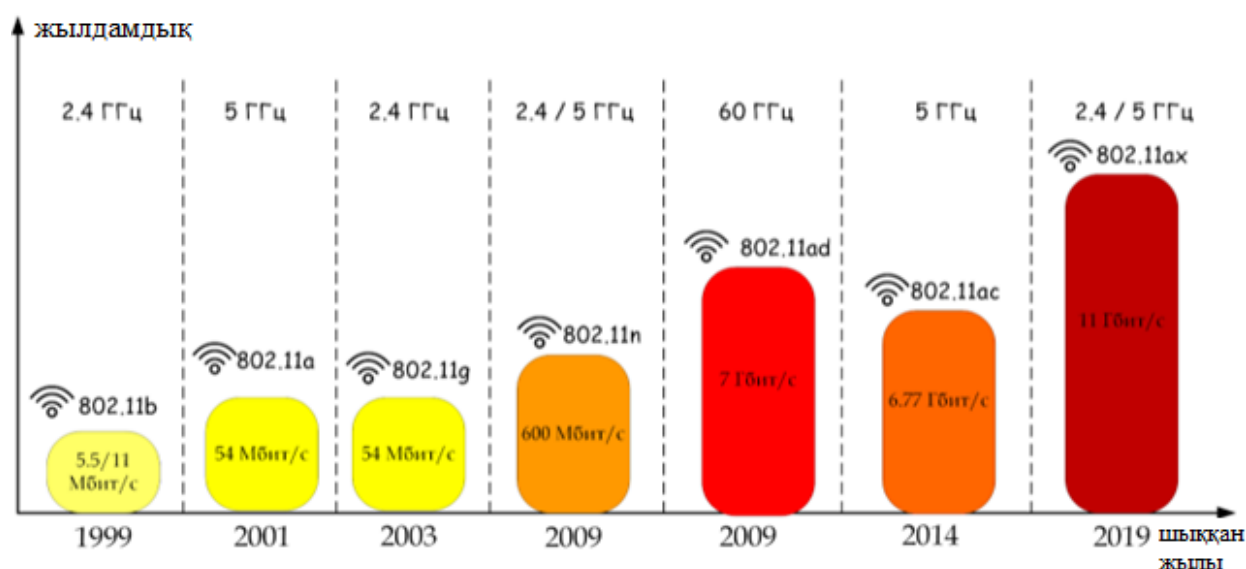
- Physical Layer Convergence Procedure (PLCP) - физикалық деңгейдің конвергенция рәсімі. Бұл ішкі деңгей MAC-ішкі деңгей мен физикалық деңгей арасындағы кадр алмасуды басқарады. PLCP екі немесе одан да көп сымсыз станцияларға PMD ішкі деңгейін қолдана отырып, деректерді жіберуге және қабылдауға мүмкіндік береді. PLCP MAS ішкі деңгейінің деректер блогынан, физикалық деңгейдің кіріспесінен және тақырыбынан тиісті PMD ішкі деңгейінің кадрын құрайды;

- Physical Medium Dependent (PMD) - физикалық ортаға тәуелділіктің ішкі деңгейі. Бұл ішкі деңгей деректерді беру ортасымен интерфейсті қамтамасыз

етеді. Ол сымсыз ортаның сипаттамаларын және ол арқылы сымсыз станциялардың деректерді беру әдісін анықтайды.

Басқаша айтқанда, PLCP ішкі деңгейі - бұл MAC-ішкі деңгей мен тарату ортасы арасындағы байланыс. Ол антенналарды қолдана отырып, сымсыз орта арқылы PMD ішкі деңгейімен берілетін кадрды құрайды.

Сондай-ақ, физикалық деңгей Clear Channel Assessment (CCA) функциясын қамтиды, ол тарату ортасын пайдаланудың ағымдағы жағдайын анықтайды және MAC-ішкі деңгейге таратушыны басқаруға мүмкіндік береді.



2.1-сурет – IEEE 802.11 стандартының спецификациялары

IEEE 802.11-дің 1997 жылы пайда болған бастапқы стандартында физикалық деңгейдің үш протоколы анықталды (Physical Layer Protocol, PHY):

- инфрақызыл толқындар диапазонында тарату (Infrared (IR) PHY);
- 2,4 ГГц диапазонында жиілікті секірмелі қайта құру әдісімен спектрді кеңейту (FHSS PHY);
- 2,4 ГГц диапазонында (DSSS PHY) тікелей реттілік әдісімен спектрді кеңейту.

Бұл технологиялар деректерді 1 және 2 Мбит/с жылдамдықта беруге мүмкіндік береді. 1999 және 2001 жылы физикалық деңгейдің тағы екі хаттамасы жасалды:

- 802.11b - комплементарлық кодтау (High Rate (HR) / DSSS PHY) арқылы тікелей реттілік арқылы спектрді кеңейту;
- 802.11a - ортогональды жиілікті бөлумен мультиплекстеу (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM PHY).

802.11a спецификациясы 5 ГГц жиілік диапазонын беру үшін пайдаланатын және 54 Мбит/с дейінгі жылдамдықты анықтайтын физикалық деңгейдің бірінші спецификациясы болып табылады. Оның артықшылықтары аз кедергіні қамтиды (өйткені 5 ГГц аз жүктеме диапазоны қолданылады). Алайда, 802.11a желілерінің тиімді радиусы диапазоны 2,4 ГГц жиілікте жұмыс

істейтін желілермен салыстырғанда аз, өйткені 5ГГц диапазондағы радио толқындар тез әлсірейді.

802.11a спецификациясынан кейінірек пайда болған 802.11b 2,4 ГГц диапазонында 5,5 және 11 Мбит/с жылдамдықты қамтамасыз ете отырып, DSSS физикалық деңгейінің кеңеюіне негізделген. 802.11b әсер ету радиусы 802.11a желілеріне қарағанда көп, бірақ 2,4 ГГц жиілігін қолданғандықтан, бұл жиілікте көптеген тұрмыстық құрылғылар, соның ішінде микротолқынды пештер, радиотелефондар және т.б. жұмыс істейтіндіктен 802.11b желісі кедергіге көбірек ұшырайды.

2003 жылы алдыңғы екі спецификацияның (802.11a және 802.11b) күшті жақтарын біріктірген 802.11g спецификациясы пайда болды. Ол 2,4 ГГц диапазонын пайдаланады және 54 Мбит/с дейінгі жылдамдықта деректерді жіберуге мүмкіндік береді. 802.11g DSSS (ERP PHY) жүйелері үшін кеңейтілген жылдамдықтың физикалық деңгейіне (Extended Rate Physical Layer, ERP) сәйкес келеді.

Физикалық деңгейдің келесі спецификациясы 2009 жылы пайда болған 802.11n болды. Деректерді беру жылдамдығы 2,4 және 5 ГГц диапазондарында жұмыс істеген кезде 600 Мбит/с дейін өсті. 802.11n ерекшелігі OFDM (HT PHY) жүйелері үшін жоғары өнімділікпен (High Throughput, HT) физикалық деңгейді анықтайды. 802.11n-де жоғары тарату жылдамдығына MIMO (Multiple Input Multiple Output) антенна технологиясын, ені 40 МГц арналарды, кеңістіктік-уақытша блоктық кодтарды және MAC-ішкі деңгейдегі кадрларды біріктіруді қолдану арқасында жетеді.

802.11ad физикалық деңгейдің спецификациясы да 2009 жылы пайда болған. Ол қосымша 60 ГГц диапазоны бар стандарт (жиілік лицензиялауды қажет етпейді) болып табылады. Деректерді беру жылдамдығы-7 Гбит/с дейін барады.

2014 жылы сымсыз құрылғылардың жылдамдығын сымды жабдықтың жылдамдығына жақындатуға мүмкіндік беретін 802.11ac сипаттамалары пайда болды. Ол тағы бір физикалық деңгейді анықтайды: OFDM (VHT PHY) жүйелері үшін өте жоғары өнімділігі бар физикалық деңгей (Very High Throughput, VHT).

2012 жылы осы уақытқа дейін пайда болған 802.11 стандартының барлық қосымшалары, соның ішінде 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n бір IEEE 802.11-2012 құжатына біріктірілді. 802.11ac стандарты IEEE 802.11ac-2013 стандартында сипатталған [1].

IEEE 802.11ax, Wi-Fi 6, Wi-Fi 6E (ағылш. High — Efficiency Wireless, HEW-жоғары тиімді сымсыз байланыс) - IEEE 802.11 стандарттар жиынтығындағы сымсыз жергілікті компьютерлік желілердің стандарты. MIMO және MU-MIMO технологияларын қолданумен қатар (қабылдау және беру үшін бірнеше антенналар қолданылады), Wi-Fi 6 стандарты спектрлік тиімділікті жақсарту үшін ортогональды жиілікті мультиплекстеу режимін (OFDMA) және өткізу қабілетін арттыру үшін 1024-QAM модуляциясын енгізеді. Номиналды деректер жылдамдығы алдыңғы IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5)

стандартына қарағанда тек 37% жоғары болса да, WiFi 6 спектрді тиімді пайдалану және тығыз орналастыру үшін жақсарту арқылы орташа өткізу қабілеттілігін 4 есе арттырады деп күтілуде. Осы стандарттың құрылғылары қолданыстағы 2,4 ГГц және 5 ГГц диапазондарында жұмыс істеуге арналған, бірақ олар пайда болған кезде 1-ден 7 ГГц-ке дейінгі диапазондарда қосымша жиілік диапазондарын қамтуы мүмкін.

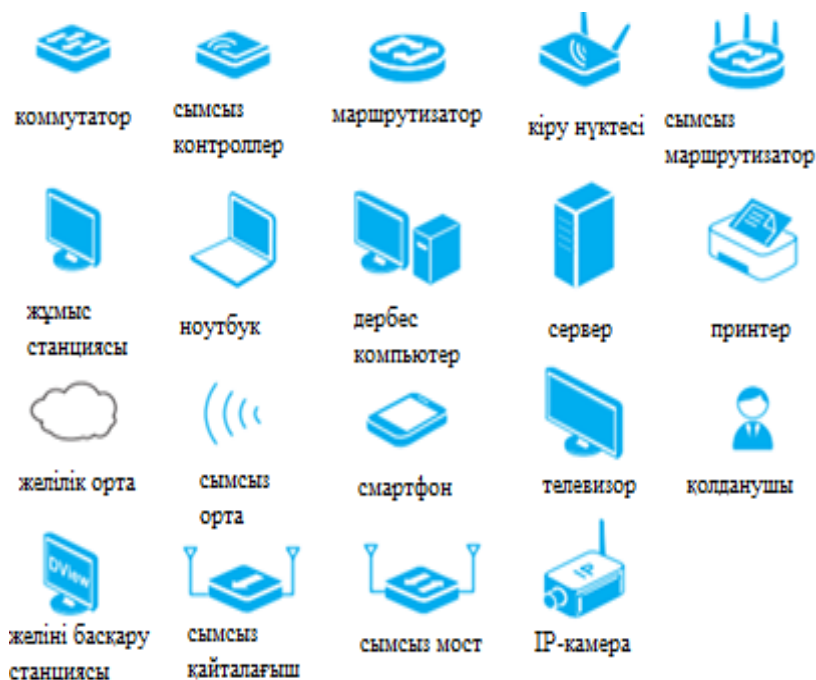
IEEE 802.11ax стандартының соңғы мәтіні 2019 жылы ұсынылды. CES 2018 көрмесінде максималды жылдамдығы 11 Гбит/с дейінгі құрылғылар ұсынылды [4].

Кесте 2.1 – IEEE 802.11 стандартының спецификациялары

Сипаттамалар	Спецификациялар					
	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ax
Ратификациялау жылы	1999 қыркүйек	1999 қыркүйек	2003 шілде	2009 қыркүйек	2014 қаңтар	2017-2021
Тарату жылдамдығы, Мбит/с	54 дейін	11 дейін	54 дейін	600 дейін	6933 дейін	10000
Жиілік диапазоны, ГГц	5	2, 4	2, 4	2, 4 және 5	5	2, 4 және 5
Арна ені, МГц	20	22	20 н/е 22	20 н/е 40	20, 40, 80, 160 н/е 80+80	20, 40, 80, 160
Модуляция түрі	OFDM	DSSS, CCK	DSSS, CCK, OFDM	DSSS, CCK, OFDM	OFDM	OFDM, OFDMA
Антенна технологиясы	SISO	SISO	SISO	MIMO	MIMO/MU-MIMO	MIMO/MU-MIMO
Кеңістік ағындарының саны	1	1	1	1-ден 4-ке дейін	1-ден 8-ге дейін	1-ден 8-ге дейін

3 Сымсыз желілердің негізгі құрылғылары

Сымсыз желілік жабдық әртүрлі және желілік технологияға, желінің көлеміне, тарату ортасының түріне байланысты болуы мүмкін. Сымсыз желілерді құру үшін әртүрлі құрылғылар қолданылады - сымсыз клиенттік құрылғылар, кіру нүктелері, сымсыз маршрутизаторлар, қайталағыштар, көпірлер және антенналар [1].



3.1-сурет – Сымсыз желілердің негізгі құрылғылары

3.1 Клиенттік құрылғылар

Сымсыз клиенттік құрылғылар деп кірістірілген немесе қосылған сымсыз желілік адаптерлері бар (сымсыз желі интерфейсі картасы, сымсыз NIC) сымсыз желілерге қосылу үшін клиенттік құрылғыларға интерфейс беретін құрылғылар түсініледі.

Сымсыз адаптер болуы мүмкін:

- ноутбуктің, планшеттің, смартфонның, электронды кітаптың және т.б. аналық платасына салынған; ішкі, PCI, PCI Express, PCIe компьютердің ұясына орнатылған жеке тақта; сыртқы, USB немесе CardBus (PCMCIA) интерфейсі арқылы компьютерге немесе ноутбукке қосылған.

Сымсыз адаптер MAC-кіші деңгей және тиісті физикалық деңгей немесе 802.11 деңгей функцияларын орындайды (2-тарауды қараңыз): 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n немесе 802.11ac. Бір 2,4 немесе 5 ГГц жиілік диапазонында да, екеуінде де (dual-mode) жұмыс істейтін адаптерлер бар [1].

3.2 Кіру нүктелері

Кіру нүктелері (Access Point, AP) сымсыз адаптерлер сияқты MAC-ішкі деңгей және тиісті физикалық деңгей немесе 802.11 деңгей функцияларын орындайды.

Кіру нүктесі сымсыз желі инфрақұрылымының негізгі компоненті болып табылады. Ол арқылы сымсыз клиенттік құрылғылар арасында ақпарат алмасу, сондай-ақ жалпы тарату жүйесіне (әдетте Ethernet желісі) қосылу жүзеге асырылады, ол үшін кіру нүктесінде 8P8C (RJ-45) қосқышы бар Ethernet желілік интерфейсі (uplink port) бар. Сол интерфейс арқылы оны конфигурациялауға болады. Кіру нүктелері бір (2,4 немесе 5 ГГц) және екі жиілік диапазонында (dual-mode) жұмыс істей алады. Сонымен қатар, әртүрлі жиілік диапазонындағы жұмыс параллель түрде жүзеге асырылуы мүмкін (concurrent dual - mode), егер мұндай функционалдылық кіру нүктесімен қамтамасыз етілсе.

Сымсыз желінің архитектурасының түріне байланысты кіру нүктелерін екі сыныпқа бөлуге болады: автономды және бірыңғай.

Автономды кіру нүктелері (Autonomous Access Point) - бұл үй желілерінде, шағын офистер желілерінде, оқу сыныптарында, кафелерде, мейрамханаларда, яғни үлкен қамту аймағын қажет етпейтін дәстүрлі құрылғылар. Автономды кіру нүктелері барлық 802.11 қызметтерін дербес жүзеге асырады, сондықтан олар коммутаторлар арқылы қосылған болса да, желіде бір-біріне тәуелсіз жұмыс істейді. Мысалы D-Link кіру нүктелері: DAP-1360U, Dap - 2310, DAP-2360, DAP-2330. Автономды кіру нүктелерін конфигурациялау Web интерфейсі арқылы да, орталықтандырылған түрде де AP Array функциясы немесе Central WiFiManager желілік басқару бағдарламалық жасақтамасы арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Бірыңғай кіру нүктелері (Unified Access Point) барлық 802.11 қызметтерін өздігінен іске асыра отырып, бір-бірінен дербес жұмыс істей алады және сымсыз контроллермен орталықтан басқарыла алады. Соңғы жағдайда 802.11 қызметтері кіру нүктелері мен контроллерлер арасында таратылады.

Сымсыз контроллер (Wireless Controller) - бұл негізгі функциясы желідегі кіру нүктелерін басқару, бақылау және баптау болып табылатын құрылғы. Кіру нүктелері Ethernet порттары арқылы контроллерге қосылады. Контроллерде сымсыз интерфейс жоқ. Бірыңғай кіру нүктелерінің мысалы ретінде келесі D-Link құрылғыларын келтіруге болады: DWL-2600ap, DWL - 3600ap, DWL-6600ap, DWL-8600ap, DWL-8610ap. Сур. 1.8. Сымсыз D-Link контроллері DWC-2000 17.

Сымсыз контроллерлер роуминг, қол жеткізуді басқару, деректерді шифрлау, клиенттер мен кіру нүктелерін бақылау, радиожиілік сипаттамаларын басқару сияқты функцияларды қолдайды. Әкімші әрқайсысын жеке - жеке баптаудың орнына контроллерге қосылған барлық кіру нүктелері үшін бір конфигурацияны орталықтан орната алады.

Орталықтандырылған басқару сымсыз желіге жаңа кіру нүктелерін қосуды жеңілдетеді (мысалы, қамту аймағын ұлғайту үшін), сонымен қатар сигнал кедергісі пайда болған кезде желі параметрлерін жақсарту үшін құрылғы конфигурациясын автоматты түрде өзгертуге мүмкіндік береді. Желінің сенімділігін арттыру үшін Сіз сымсыз контроллерлерді резервтеуді жүзеге асыра аласыз: контроллерлердің бірі істен шыққан кезде басқару резервтегіге беріледі.

Бірыңғай кіру нүктелері орта және ірі бизнес желілерінде, кампус желілерінде, қойма бөлмелерінде, ауруханаларда, қонақ үйлерде және т.б. пайдалануға арналған, мұнда сымсыз желінің үлкен қамту аймағын қамтамасыз ету қажет. Кәсіпорын сымсыз желіні дербес жұмыс істейтін бірыңғай кіру нүктесінен бастай алады және біртіндеп қамту аймағы кеңейіп, кіру нүктелері көбейген сайын орталықтандырылған архитектураға көшеді.

Корпустың орындалу түрі бойынша кіру нүктелерін ішкі (indoor) және сыртқы (outdoor) деп бөлуге болады. Ішкі кіру нүктелері пластикалық корпусы және жұмыс температурасының диапазоны 0-ден 40 °C-қа дейін жылытылатын үй - жайлардың ішіне орнатуға арналған. Сыртқы кіру нүктелері қатты заттар мен судың енуінен қорғайтын металл корпустарға орналастырылады және көшеге немесе жылытылмайтын үй - жайларға орнатуға арналған. Сыртқы кіру нүктесінің корпусы жылытқышпен және желдеткішпен жабдықталуы мүмкін. Сыртқы кіру нүктелерінің жұмыс температурасының диапазоны -40-тан 70 °C-қа дейін болады [14].

3.3 Сымсыз маршрутизаторлар мен қайталағыштар

Сымсыз маршрутизаторлар OSI моделінің желілік деңгейінде жұмыс істейді, желілік мекен-жайларды талдайды (көбінесе IP мекенжайлары) және пакеттерді негізгі бастаудан алушыларға берудің ең жақсы бағыттарын анықтайды. Маршрутизаторлар кем дегенде екі желіні біріктіре алады.

Модельге байланысты D-Link маршрутизаторларында Жергілікті желілерді қосу үшін қолданылатын 1-ден 8-ге дейін LAN интерфейсі және жергілікті желілерді сыртқы желілермен, әдетте, Интернет-провайдерлер желілерімен байланыстыруға арналған 1-2 WAN интерфейсі болуы мүмкін.

Сымсыз маршрутизаторлар стандартты функционалдылықтан басқа, кіру нүктесінің мүмкіндіктеріне ие. D-Link типтік сымсыз маршрутизаторы әдетте төрт портты қосқышты, 802.11 кіру нүктесін, WAN портын және принтерді немесе USB модемін қосуға болатын USB портын қамтиды.

Кіру нүктелері мен сымсыз маршрутизаторларда мыналар айырмашылықтар бар:

- кіру нүктелері клиенттерді тек бір желіде байланыстырады, ал сымсыз маршрутизаторлар әртүрлі желілерге қосылуды қамтамасыз етеді. Маршрутизаторда пакетті беру туралы шешім қабылдау IP - адресстерді талдауға негізделеді, ал өз жұмысы процесіндегі қол жеткізу нүктесі

жіберушілер мен алушылардың IP-адрестерін назарға алмайды (MAC-адрестерді талдайды);

- маршрутизаторлар мекен-жайларды тарату функциясын (Network Address Translation, NAT) қолдана алады, осылайша көптеген желілік құрылғылар Интернетке қосылу үшін қызмет провайдері бөлген бір IP мекенжайын бөліседі. Сондай - ақ, маршрутизаторлар желі аралық экран функцияларын қолдай алады және DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) протоколын қолдана отырып, клиенттерге IP мекенжайлары мен IP конфигурациясы туралы ақпаратты динамикалық түрде бере алады. Басқаша айтқанда, сымсыз маршрутизаторлар кіру нүктелерімен салыстырғанда анағұрлым дамыған функционалдылыққа ие.

Сымсыз маршрутизаторларды пайдалану үйдегі желілерде және шағын кеңселердің желілерінде ыңғайлы. Олар сымды және сымсыз клиенттерді Интернетке қосуға мүмкіндік береді, қауіпсіздік функцияларын, сондай-ақ клиенттердің IP мекенжайларының динамикалық конфигурациясын қолдайды. Үлкен желілерде сымсыз маршрутизаторларды орнату іс жүзінде мүмкін емес, өйткені мұндай құрылымдарда әдетте арнайы DHCP серверлері, желі аралық экран болады және маршрутизаторларға қарағанда кіру нүктелерін орталықтандырылған басқару оңайырақ [1].

Сымсыз қайталағыштар сымсыз желінің ауқымын арттыру үшін радио сигналдарын қалпына келтіреді (күшейтеді). Қайталағыш сымсыз желінің кез-келген бөлігіне физикалық түрде қосылмайды. Оның орнына, ол кіру нүктесінен, клиенттік құрылғыдан, сымсыз маршрутизатордан немесе белгілі бір радиожилік арнасындағы басқа қайталағыштан сигналдар алады, берілген кадрды өзгертпестен оларды сол арнада күшейтеді және таратады.

Қайталағыш қол жеткізу нүктесі мен қашықтағы құрылғы арасында орналасқан және олардың арасында берілетін кадрлардың ретрансляторы ретінде әрекет етеді. Осылайша, ол Радиожилік сигналдарының өшуімен күресуге мүмкіндік береді және қамту аймағын ұлғайтуға мүмкіндік береді. Мысалы, қызмет провайдерлері көбінесе пәтерге кіре берісте сымсыз маршрутизаторларды орнатады. Орналасу ерекшеліктеріне байланысты қамту аймағы барлық бөлмелерді қамтымауы мүмкін. Пәтердегі қамту аймағын ұлғайтудың бір әдісі-сымсыз қайталағыштарды пайдалану болып табылады.

Қайталағыш ретінде қайталағыш режимінде жұмыс істеуге конфигурацияланған кіру нүктесі немесе арнайы құрылғы - автономды қайталағыш қолданылады.

Қамту аймағының кеңеюіне қарамастан, желіде сымсыз қайталағыштарды пайдалану оның өткізу қабілеттілігінің төмендеуіне әкеледі. Қайталағыштар бірдей кадрды қабылдайды және өткізеді, нәтижесінде сымсыз желіге берілетін кадрлар саны екі есе артады. Сымсыз желіні жоспарлау кезінде онда үш қайталағыштан артық пайдалану ұсынылмайды [15].

3.4 Сымсыз көпірлер мен антенналар

Бір - бірінен қысқа қашықтықта орналасқан сымды желілер-көрші ғимараттарда немесе бір ғимараттың ішіндегі бөлмелерде, сондай-ақ айтарлықтай қашықтықта (бірнеше шақырымға дейін) сымсыз көпірлердің көмегімен біріктіріледі. Бір-бірінен үлкен қашықтықта орналасқан желілерді қосу кезінде, әдетте, бағытталған антенналар көпірлерге қосылады.

Үй ішінде пайдалануға арналған көпірлер сымсыз интерфейсі жоқ бірден бірнеше құрылғыға сымсыз желіге қосылуға мүмкіндік береді. Мысалы, оларды тек Ethernet порты бар принтерлер немесе ойын консольдері сияқты құрылғыларды қосқан кезде пайдалану ыңғайлы.

Көпір кадрларды тек тағайындалған түйіннің физикалық мекен - жайы (MAC-мекен-жайы) басқа желі сегментіне немесе басқа желіге тиесілі болған жағдайда ғана жібереді.

Сымсыз көпірлер ретінде көпір режимінде жұмыс істеуге келтірілген кіру нүктелерін пайдалануға болады, мысалы, DAP-1533, DAP-3760, DAP-3860. Сондай-ақ, D-Link автономды сымсыз көпірлер шығарады, мысалы DAP-1513 [1].

Сигналдар кабельдік сымдар мысалы, мыс бұралған жұп немесе оптикалық талшықтар арқылы берілетін сым желілерінен айырмашылығы, сымсыз желілерде физикалық тарату ортасы атмосфера мен ашық кеңістік болып табылады. Кабельдік ортада беріліс әрқашан бағытталған (кабельді қосу нүктелері арасында жүзеге асырылады), ал сымсыз физикалық орта сигналдарды белгілі бір бағытқа бағыттай алмайды. Сымсыз байланыс желілерін құру үшін әр түйін антеннамен жабдықталған. Антеннаны қоршаған кеңістіктен Электромагниттік толқындарды шығару және қабылдау үшін қолданылатын өткізгіш (немесе өткізгіш жүйе) ретінде анықтауға болады. Радиожиілік сигналын беру үшін таратушы антеннаның көмегімен пайдаланушының ақпаратын беретін таратқыштың электр импульстары қоршаған кеңістікке (атмосфераға, ғарышқа, суға) шығарылатын электромагниттік энергияға айналады. Сигналды алған кезде қабылдағыш антеннаға түсетін электромагниттік толқындардың энергиясы электр импульстарына айналады, содан кейін ол сигналдан пайдалы ақпаратты алу үшін қабылдағышқа түседі [16].

3.5 Wi-Fi жабдықтарында қолданылатын MIMO технологиялары

MIMO (Multiple Input Multiple Output) технологиясы Wi-Fi дамуына үлкен әсер етті. Осыдан бірнеше жыл бұрын ешкім секундына жүздеген мегабит өткізу қабілеті бар сымсыз құрылғылар болады деп ойлаған жоқ. Байланыстың жаңа жылдамдық стандарттарының пайда болуы, оның ішінде 802.11 n MIMO арқасында болды.

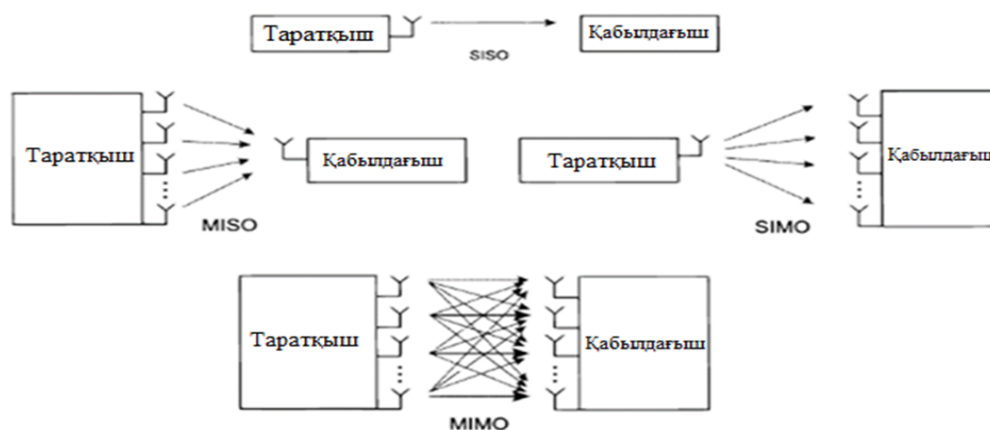
MIMO технологиясының ең қарапайым анықтамасы-бұл көп ағынды деректерді беру. Аббревиатура ағылшын тілінен «бірнеше кіріс, бірнеше шығыс» деп аударылады. Оның SISO (бір кіріс / бір шығыс) айырмашылығы, MIMO қосылған құрылғыларда сигнал бірнеше қабылдағыштар мен таратқыштардың көмегімен бір радиоарнада беріледі. SISO (Single-Input Single-Output) - бір таратқышы және бір қабылдағышы бар дәстүрлі сымсыз желі схемасы.

MISO (Multiple-Input Single-Output) - бірнеше таратқышы және бір қабылдағышы бар байланыс желісі. Мұндай конфигурация жүйелеріндегі негізгі міндет - таратушы антенналарды сандық күйге келтіру арқылы оңтайлы шығыс сигналын қалыптастыру болып табылады. Ал SIMO (Single-input multiple-output) - бір таратқышпен және бірнеше қабылдағыштармен байланыс желісі. Таратқыштың бір антеннасынан сигнал қабылдағышқа көп сәулелі таралу нәтижесінде алынған бірнеше репликалар түрінде келеді. Бұл конфигурацияның негізгі міндеті - қабылдағыш артық антенналарға түскен сигналдардан қосымша ақпарат алу және оны бастапқы сигналды жақсарту үшін пайдалану болып есептеледі.

Кең мағынада, MIMO термині SISO - дан басқа барлық конфигурацияларға қатысты, ал тар мағынада-олардың тек біреуіне ғана қатысты MIMO, ол бірнеше параллель деректер ағынымен беруді ұйымдастыру арқылы байланыс желісінің өткізу қабілетін арттыруға мүмкіндігі бар құрылымға ие. MISO және SIMO жүйелерінің артық антенналарын параллель беру үшін қолдануға болмайды, яғни желінің өткізу қабілетін арттыру үшін, бірақ олар деректерді беру сапасын жақсартуға қызмет ете алады.

MIMO технологиясының негізгі сипаттамаларының бірі - қабылдау және беру үшін жұмыс істейтін антенналар саны. $N \times m$ белгіленеді, мұндағы N - таратқыш, ал m - қабылдағыштар антенналардың саны. Мысалы, 3×2 типті MIMO радио жүйесінде 3 таратушы және 2 қабылдағыш антенна бар дегенді білдіреді. Сонымен қатар, MIMO-да кеңістіктік мультиплексинг қолданылады. Басқаша айтқанда, бір арнада бірнеше пакеттің деректерін бір уақытта беру технологиясы. Арнаның осы «тығыздағышының» арқасында оның өткізу қабілетін екі немесе одан да көп есе арттыруға болады.

$W_i - F_i$ сымсыз деректерді беру технологиясы үлкен сұранысқа ие бола бастағанда, жылдамдыққа қойылатын талаптар тез арта бастады. MIMO технологиясы алғаш рет 802.11n стандартында пайда болды, ол сымсыз қосылыстың арна жылдамдығын 54 Мбит/с-тан 600 Мбит/с-қа дейін арттыруға мүмкіндік берді. 802.11n стандарты 20 МГц арнаның стандартты енін де, 40 МГц кең жолақты желісін де пайдалануға мүмкіндік береді. Осылайша, қазіргі уақытта қолданылатын арналардың өткізу қабілеттілігін бірнеше есе арттыруға болады. MIMO-ны арнаның кең өткізу қабілеттілігімен біріктіру арқылы физикалық беріліс жылдамдығын арттырудың жеткілікті күшті әдісі алынады [9].

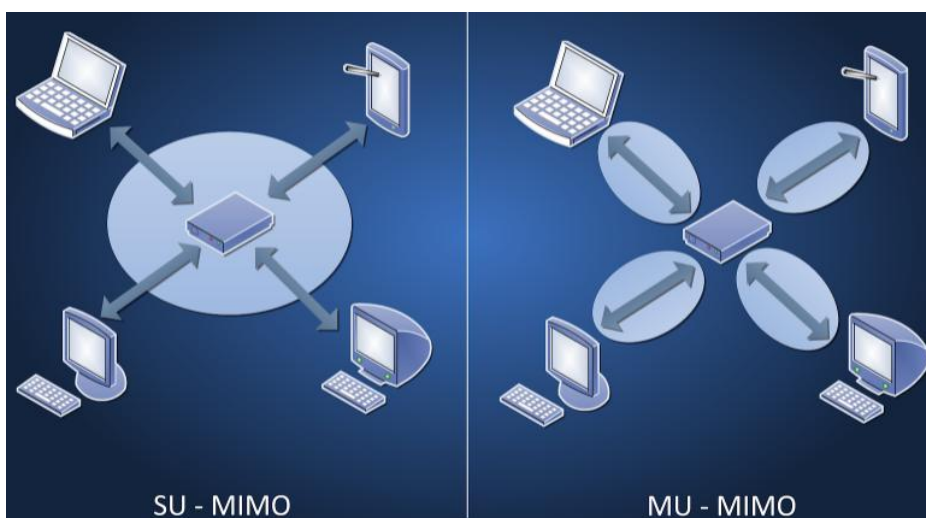


3.2-сурет – Антенналар санына байланысты жүйелерді конфигурация лау нұсқалары

Бір уақытта деректерді жіберетін әртүрлі пайдаланушылар үшін технологияның екі түрі бар:

SU-MIMO – бір пайдаланушыға арналған жүйе (Single User - SU). Ол белгілі бір уақыт аралығында деректер ағындары тек бір пайдаланушыға барғанда қолданылады. Технология бір құрылғыға көп арналы кіріс және шығыс ағындарын ұсынады. Адресаттың Wi-Fi құрылғысы деректерді қабылдағанда немесе қабылдағанда, басқа пайдаланушылар күтеді.

MU-MIMO – бірнеше пайдаланушыларға арналған жүйе (Multi User - MU). Бірнеше пайдаланушыларға бір уақытта деректер ағындарын қабылдауға мүмкіндік береді. Ол SU-MIMO технологиясына сүйенеді, бірақ кіру нүктесін бірнеше құрылғылармен бір уақытта байланыстыруға мүмкіндік береді. MU-MIMO бір уақытта 4 деректер ағынын жіберіп, бір уақытта 4-ке дейін байланыс жасайды. Нәтижесінде пайдаланушылар қосылымды бір-бірімен бөліспейді және желінің өнімділігі жақсарады [9].



3.3-сурет – SU және MU-MIMO технологиялары арасындағы айырмашылық

802.11ax стандарты пайда болғанға дейін MU-MIMO технологиясы тек 5 ГГц диапазонында жұмыс істеді. 802.11ax пайда болуымен MU-MIMO 2.4 ГГц-те қол жетімді болды. Желілік жабдықты сатуда осы технологияны қолдайтын Қос диапазонды маршрутизаторлар көбірек пайда болады.

MU-MIMO Beamforming технологиясын қолданады. Оның арқасында сигналдар сымсыз құрылғы бағытында таралады. Бұл бағыт сигналдың ауқымын арттыруға және деректерді беру жылдамдығын арттыруға мүмкіндік береді.

Өкінішке орай, пайдаланушылар мен деректер ағындарының шексіз санына қызмет көрсету мүмкін емес. Мысалы, үш ағынды қолдайтын маршрутизатор бір уақытта үш Wi-Fi құрылғысымен кідіріссіз жұмыс істей алады.

Әдістің артықшылықтарын пайдалану үшін қабылдаушы құрылғыда MU-MIMO қолдауы болуы керек. Бұл жағдайда бір антенна жеткілікті және пайдаланушы құрылғысы маршрутизатордан деректер ағынын алады.

MU-MIMO архитектурасы арқылы берілетін сигналды ұстап алу қиын, бұл сымсыз желінің қауіпсіздігін арттырады.

Технологияның дамуының алғашқы кезеңдерінде MIMO қолдауымен және онсыз жұмыс істейтін құрылғыларды біріктіру қиынға соқты. Алайда, қазіргі уақытта бұл енді өзекті емес – сымсыз жабдықтың кез-келген заманауи өндірушісі оны өз құрылғыларында қолданады. Сондай-ақ, бірнеше қабылдағыштар мен бірнеше таратқыштардың көмегімен деректерді беру технологиясының пайда болуындағы проблемалардың бірі құрылғының бағасы болды [9].

3.6 Маршрутизатор таңдау және түрлерін салыстыру

Дұрыс маршрутизаторды таңдағанда, өндіруші жариялаған сипаттамаларға ғана емес, сонымен қатар пайдаланушылардың пікірлеріне де сүйену керек – бұл көбінесе объективті суретті алуға мүмкіндік береді. Жалпы алғанда, маршрутизаторды сатып алғанда, сіз бірнеше сипаттамаларға назар аударуыңыз керек:

1) Олардың бірі-таратқыштың қуаты. Сымсыз интернетпен жабылған аймақ соған байланысты болады.

2) Сондай – ақ, өткізу қабілеті туралы ұмытпаңыз – оған сондай-ақ таңдалған тарифке байланысты интернеттің жылдамдығы - өте маңызды көрсеткіш анықталады [5].

3) Жұмыс жиілігі - кіріс және кіріс трафигін өңдеудің радио толқындарының ұзындығы, содан кейін сымды немесе сымды әрекет түрін қолдана отырып, келесі құрылғыға жіберіледі. Пайдаланылатын ауқымдар келесідей: 2,4 ГГц және 5 ГГц.

4) Қосылу стандарты. Wi-Fi арқылы 20-дан астам байланыс стандарттары бар. Ең көп таралған 5. Міне, олар: 802.11 (11 Мбит/с, 2,4 ГГц, 50м); 802.11a (54

Мбит/с, 5 ГГц, 30 м); 802.11g (54 Мбит/с, 2,4 ГГц, 50м); 802.11n (480 Мбит/с – зертханалық жағдайда, 240 Мбит/с – іс жүзінде, 2,4 немесе 5 ГГц, 100 м); 802.11ac (1,3 Гбит/с, 5 ГГц-ден 380 МГц-ке дейінгі диапазон).

5) Соңында, сіз LAN, WAN, USB коннекторларының болуына қарауыңыз керек. Олар барлық жұмыс үстелдері мен кеңсе жабдықтарын (принтерлер, сканерлер) қосу үшін жеткілікті болуы керек [6].

WAN кабелі интернетпен байланысты қамтамасыз етеді. LAN сымдары жергілікті желіге қосылу үшін қолданылады. Маршрутизатордағы LAN коннекторларының 2 түрі бар: RJ-45-талшықты немесе Ethernet технологиясы үшін; RJ-11-телефон желісінің порттары. Саны 2-ден 8 данаға дейін өзгеруі мүмкін. USB модемге SSD дискілері мен флэш-карталарды, сондай-ақ сымсыз қосылған 3G модемдерін қосуға мүмкіндік береді [7].

Кесте 3.1 - Wi-Fi маршрутизаторларын үздік өндірушілер тізімі

№	Өндіруші атауы	Негізгі артықшылығы
1	TP-LINK	Ең кең модельдік қатар
2	Keenetic	Ең жақсы Қос диапазонды маршрутизаторлар
3	Huawei	4G / Wi-Fi қосылған модельдердің үлкен таңдауы
4	ASUS	Бұзудан қорғаудың ең жоғары деңгейі
5	Ubiquiti	Apple өнімдеріне сапалы бейімделу
6	Xiaomi	Баға мен сапаның жақсы балансы
7	Tenda	Орташа бюджет деңгейінің ең жақсы модельдері
8	NETGEAR	Жоғары сапалы премиум маршрутизаторлар
9	D-link	Бай тарихы бар танымал бренд
10	MikroTik	Корпоративтік модельдердің ең жақсы таңдауы

TP-LINK Archer AX6000 маршрутизаторы:

Өкінішке орай, Wi-Fi 6 стандарты бойынша жұмыс істейтін маршрутизаторларды арзан деп айту қиын, бірақ олардың арасында жағымды ерекшеліктер бар. Олардың бірі-Archer AX6000.

Әрине, бұл құрылғы қамту аймағында және қуаттылығында қымбат аналогтардан артта қалады, бірақ пәтер жағдайында сіз жұмыстағы айырмашылықты сезе алмайсыз. Сонымен, Archer AX6000 – жақында Wi-Fi нарығында пайда болған 6 Модель арасында өте қол жетімді нұсқа.

Маршрутизаторда сегіз желілік порт бар, сонымен қатар қаласаңыз, оны басқа құрылғымен жұптастыруға болады, бұл деректер ағынының жоғарғы шегін 2 Гб/с – қа дейін арттырады. Сонымен қатар, Archer AX6000 мүлдем қиындық туғызбайды, қайта жүктеуді қажет етпейді және тұрақты жылдамдықты сақтайды.

Артықшылығы: 8 LAN порты, 5 Гц қолдануы, салыстырмалы түрде арзан.

Кемшілігі: кірістірілген антивирус және QoS деректерді беру жылдамдығын баяулатуы мүмкін [8].

Wi-Fi Mesh Keenetic Ultra (KN-1810) роутері:

Нарыққа шыққаннан кейін (екі жыл бұрын) Keenetic Ultra маршрутизаторы (KN-1810) сол кездегі ең қуатты болды. Содан бері көп уақыт өткен жоқ, және бұл модель Үй желісін құрудың өте жақсы нұсқасы болып қала береді. Өйткені, көптеген модельдерде екі ядролы процессор, гигабиттік желілік порттар, жоғары деректер жылдамдығы және USB 3.0 жоқ.

Keenetic Ultra (KN-1810) өте ыңғайлы бағдарламалық жасақтамаға ие, ол жаңадан бастаушыларға да, тәжірибелі пайдаланушыларға да сәйкес келеді. Ол бірден бірнеше қосылымдармен жұмыс істеуге, DNS сүзгілерін орнатуға, маршрутизаторға қауіпсіз кіруге арналған бұлтты қызметке және басқа да көптеген пайдалы мүмкіндіктерге ие. Сонымен қатар, бұл бағдарламалық жасақтама үнемі жаңартылып отырады.

Артықшылығы: қабылдау ауқымы, қуаты, бағдарламалық жасақтама сапасы.

Кемшілігі: мұндай баға үшін минус жоқ [8].

TP-LINK Archer C2300 маршрутизаторы:

Бұл қарапайым бюджеттік құрылғы, ол өзінің сыртқы қарапайымдылығына қарамастан нарықтағы баға/сапа/функционалдылық тұрғысынан ең жақсы модельдердің бірі болып табылады. Модельді сынақтан өткізген сарапшылардың айтуынша, ол 1 Гб/с деректерді бетон қабырғалар мен төбелерден еш қиындықсыз оңай өткізеді.

Кәдімгі параметрлер бағдарламасынан басқа, Archer C2300-де антивирус, QoS және ата-ана бақылауы сияқты қосымша опциялар бар. Егер сіз мұнда көптеген порттарды, ыңғайлы әкімшілік бағдарламаны, FTP берудің жоғары жылдамдығын қоссаңыз, біз үйде пайдалануға арналған маршрутизаторлар нарығындағы ең оңтайлы шешімдердің бірін аламыз.

Артықшылығы: жоғары өнімділік, баға, кіріктірілген антивирус, екі жылдық кепілдік, 5 ГГц диапазоны бар.

Кемшілігі: жұмыс кезінде ол қызуы мүмкін [8].

Кесте 3.2 – Маршрутизатор сипаттамалары

Сипаттамасы	TP-LINK Archer AX6000 маршрутизаторы	Wi-Fi Mesh Keenetic Ultra (KN-1810) роутері	TP-LINK Archer C2300 маршрутизаторы
Wi-Fi стандарты	802.11 b, a, g, n, ac, ax	802.11 b, a, g, n, ac	802.11 b, a, g, n, ac
Wi-Fi жиілік диапазоны	2.4/5 ГГц (бір уақытта жұмыс істеу)	2.4/5 ГГц (бір уақытта жұмыс істеу)	2.4/5 ГГц (бір уақытта жұмыс істеу)
Макс. сымсыз қосылу жылдамдығы	5952 Мбит /с	2533 Мбит/с	2225 Мбит/с
LAN порттарының саны	8	4	4
Алынбайтын антенналардың саны	8	4	0

Алынатын антенналар саны	0	0	3
USB типі	USB 3.2 Gen 1 Type A	USB 3.2 Gen 1 Type A, USB 2.0 Type A	USB 3.2 Gen 1 Type A
Өлшемдері	261x60x261 мм	214x33x154 мм	216x164x37 мм



3.4-сурет – Маршрутизатор түрлері: а) TP-LINK Archer AX6000 маршрутизаторы; ә) Wi-Fi Mesh Keenetic Ultra (KN-1810) роутері; б) TP-LINK Archer C2300 маршрутизаторы

3.7 BS байланысының максималды диапазонын есептеу

Біз базалық станцияның антеннасы мен абонент жағында тіркелген абоненттік радио қол жеткізу блоктары, сондай-ақ мобильді абоненттер арасындағы байланыс қашықтығын есептейміз. Жаңа алаңның аумағында, биіктігі 150 м ғимаратта Motorola сәнуру базалық станциясының күтілетін байланыс ауқымын бағалаймыз [6].

Есептеу үшін бастапқы деректер:

Радиопорт блогы

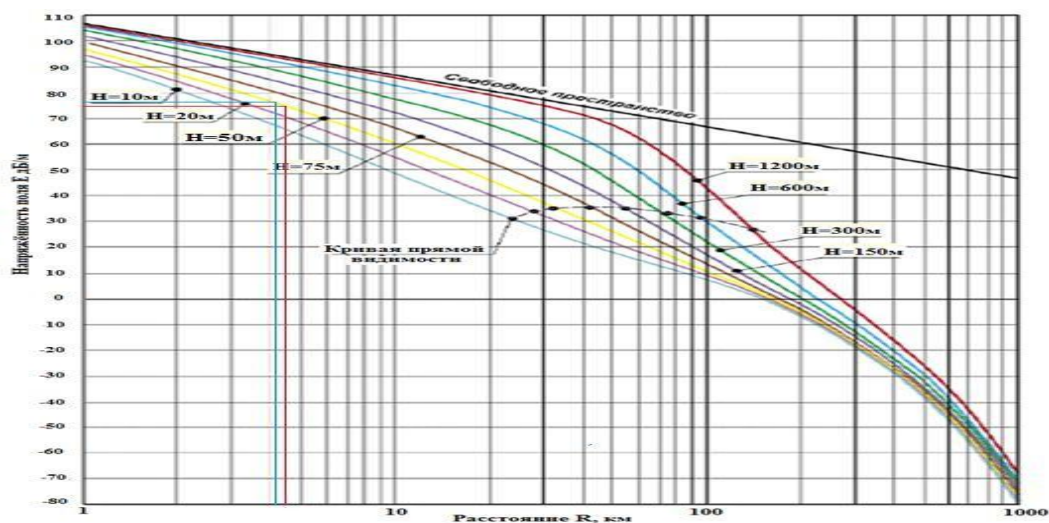
- таратқыштың қуаты..... 30 Вт;
- қабылдағыш кірісіндегі ең төменгі деңгей шегі 75 дБм;
- қабылдау жиілігі 5490 ГГц;
- беру жиілігі.....5540 ГГц;
- сүзгілер мен антенна бөлгіштеріндегі әлсіреу..... 10 дБ;
- антенна бағытының диаграммасы..... 60°;
- антеннаның күшейту коэффициенті BS 56,44 дБ;
- жүйенің коэффициенті 110,5 дБ;
- базалық станция антеннасының биіктігі 150 м;

Тіркелген абоненттік қол жеткізу блогы

- бағыт диаграммасы.....360°;
- антеннаны күшейту коэффициенті 20 дБ;
- қабылдау антеннасының биіктігі 1,5 - 15 м;

- қабылдаудың тамаша сапасы қамтамасыз етілетін өрістің кернеулігі ... 75 дБ.

Біз бір БС қамту аймағын анықтаймыз. Есепте радиотолқындардың таралу қисықтары келтірілген (3.1-сурет) [4].



3.5-сурет – Жер бетінен жоғары радиотолқындардың таралу қисықтары

Бұл қисықтар 1 кВт таратқышты пайдалану кезінде жасалады, ол қабылдау пункттерінде r км қашықтықта, өріс кернеулігі e ДБМ, антеннаны тарататын биіктік қисығынан вертикальдың қиылысына сәйкес келеді. Бірақ таратқыштардың нақты сипаттамалары қисық сызықтардан ерекшеленеді, сондықтан түзету коэффициенттері енгізіледі және жалпы есептеу формуласы келесідей болады:

$$E = E_c + B_{p.H} + B_{\phi} + B_{h2} + B_{PEL} + (\alpha * l) - D_{BSU} - D_{SU} + B_{\theta} \quad (5.1)$$

мұндағы E_c - берілген көрсеткіштерді алу үшін қажетті сигнал өрісінің кернеулігі [4].

E_c жабдыққа техникалық құжаттамадан берілген, $E_c = 75$ дБ;

$B_{p.H}$ – таратқыштың номиналды қуаты мен қисықтар үшін қабылданған 1 кВт қуатының айырмашылығын ескеретін түзету, дБ;

B_{ϕ} – резонаторлық, көпір сүзгілеріндегі және антенна бөлгіштеріндегі әлсіреу, дБ. $B_{\phi} = 10$ дБ.

B_{h2} – қабылдау антеннасының биіктігін ескеретін түзету, дБ; B_{PEL} – жер бедерін ескеретін түзету, дБ;

$\alpha \cdot l$ – беру және қабылдау антеннасының фидердегі әлсіреуі, $\alpha \cdot l = 5$ дБ; D_{BSU} – антеннаны күшейту БС BSU. $D_{BSU} = 7$ дБ;

D_{SU} – абоненттік жабдықтың антеннасын күшейту коэффициенті SU. $D_{SU} = 20$ дБ;

B_{θ} – ширек толқынды түйреуішпен салыстырғанда кедергіге бейімділіктің төмендеуін ескеретін түзету, дБ [4].

Түзетуді $B_{p.H}$ келесі формуламен анықтайық;

$$V_{P.H} = 10 * \log\left(\frac{100}{P_H}\right) = 10 \log\left(\frac{100}{36}\right) = 15\text{дБ} \quad (5.2)$$

мұндағы P_H – таратқыштың номиналды қуаты, $P_H=30$ Вт.

Қабылдау антеннасының биіктігі 1,5 м-ден ерекшеленетін V_{h_2} түзетуді формула бойынша анықтаймыз:

$$V_{h_2} = 10 * \log\left(\frac{1.5}{h_2}\right) \quad (5.3)$$

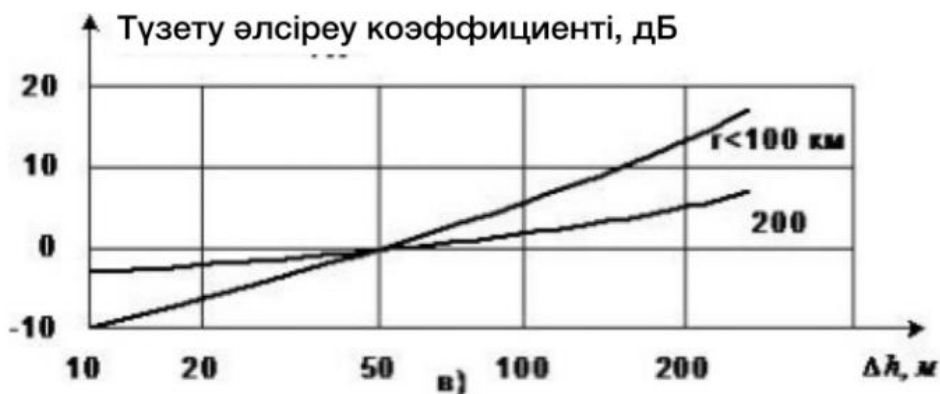
Базалық станцияның алты секторында қабылдау антенналарының биіктігі 1,5 м-ге тең деп қабылданады.

Сектор үшін:

$$V_{h_2} = 10 * \log\left(\frac{1.5}{1.5}\right) = 0$$

мұндағы h_2 – қабылдау антеннасының биіктігі, $h_2=1,5$ м.

Радиоқабылдау жүйесінің әрекет ету аймағындағы $V_{\text{РЕЛ}}$ рельефінің нақты рельефін ескеретін түзету келесідей анықталады. БС таратушы антенналарының әртүрлі биіктіктеріндегі өріс кернеулігіне байланысты байланыс диапазонының графигі тау бөктеріндегі жағдайдағы өзгерістер туралы статистикалық ақпаратты өңдеу негізінде жасалған. БС - дан 3-5 км қашықтықта биіктік белгілерінің орташа ауытқуы 50 м-ден асатын жер тау бөктері болып саналады [4]. Рельефті анықтауға арналған График 3.3-суретте көрсетілген. Рельеф деңгейінің ауытқуын анықтау үшін Δh , рельефті сызыңыз және Δh тербелісін анықтаңыз. Δh бір бағытта немесе басқа бағытта 50 м-ден өзгеше болған кезде, 3.3-суреттің графиктері бойынша анықталған түзетулер енгізу керек. Motorola сапору жүйесінің БС антеннасы секторлық дизайнға ие, бір секторда 60° қамту аймағы бар, яғни 360° аймақты қамту үшін алты сектор қолданылады. Әр сектордағы байланыс ауқымы жердің рельефінен, құрылыстардың болуынан немесе сигналдың көру сызығынан өтуіне басқа кедергілерден анықталады.



3.6-сурет – Рельефті ескеретін түзетуді анықтауға арналған графиктер

Рельеф пен құрылыстарды ескере отырып, базалық станцияның әрбір секторы үшін $V_{\text{рел}}$ зиянды түзетуді анықтаймыз. Базалық станция жаңа алаңның аумағында орналасқан ғимаратта 50 м биіктікте орнатылған жағдайда.

Біз БС үшін есептейміз:

1 сектор үшін:

$$\Delta h = h_{\text{max}} - h_{\text{min}},$$
$$\Delta h = 50 - 14 = 36 \text{ м}$$

Содан кейін 3.3-суреттегі рельефке түзету: $V_{\text{рел}} = -3$ дБ
2-ші сектор үшін:

$$\Delta h = 50 - 10 = 40 \text{ м}$$

Рельефке түзету: $V_{\text{рел}} = -3$ дБ

3-ші сектор үшін:

$$\Delta h = 50 - 14 = 36 \text{ м}$$

Рельефке түзету: $V_{\text{рел}} = -3$ дБ

4-ші сектор үшін:

$$\Delta h = 50 - 5 = 45 \text{ м}$$

Рельефке түзету: $V_{\text{рел}} = -1$ дБ

5-ші сектор үшін:

$$\Delta h = 50 - 5 = 40 \text{ м}$$

Рельефке түзету: $V_{\text{рел}} = -1$ дБ

6-ші сектор үшін:

$$\Delta h = 50 - 5 = 40 \text{ м}$$

Рельефке түзету: $V_{\text{рел}} = -1$ дБ

Ширек толқындық түйреуішпен салыстырғанда кедергіге бейімділіктің төмендеуін ескере отырып, ΔB_{θ} түзетуін есептейміз.

$$B_{\theta} = 10 * \log_{10} \left(\frac{\theta_E}{360} \right) = 10 * \log_{10} \left(\frac{360}{360} \right) \quad (3.5)$$

мұндағы θ_E – қабылдаушы антеннаның бағыты диаграммасының бұрышы $\theta_E = 360^\circ$.

Мәндерді 3.1 формулаға ауыстыра отырып, әр сектор үшін абоненттік станцияның қабылдау пунктінде таратушы базалық станция (БС) құратын өрістің кернеулігін анықтаймыз:

Бірінші сектор:

$$E = 75 + 15 + 10 - 3 + 5 - 7 - 20 + 0 = 75 \text{ дБ}$$

Екінші сектор:

$$E = 75 + 15 + 10 - 3 + 5 - 7 - 20 + 0 = 75 \text{ дБ}$$

Үшінші сектор:

$$E = 75 + 15 + 10 - 3 + 5 - 7 - 20 + 0 = 75 \text{ дБ}$$

Төртінші сектор:

$$E = 75 + 15 + 10 - 3 + 5 - 7 - 20 + 0 = 77 \text{ дБ}$$

Бесінші сектор:

$$E = 75 + 15 + 10 - 3 + 5 - 7 - 20 + 0 = 77 \text{ дБ}$$

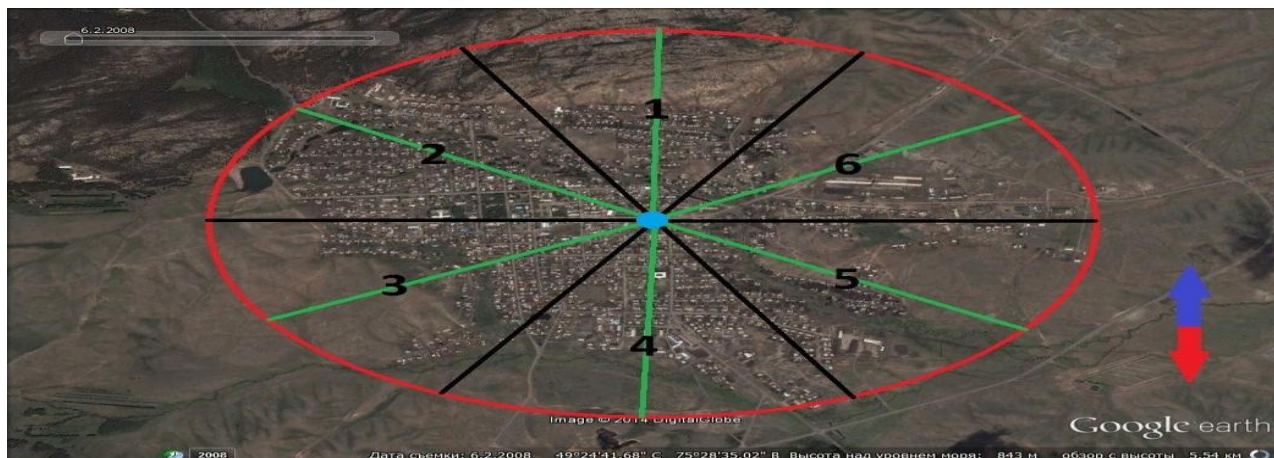
Алтыншы сектор:

$$E = 75 + 15 + 10 - 1 + 5 - 7 - 20 + 0 = 77 \text{ дБ}$$

Қабылдау пунктінде БС құратын өріс кернеулігінің алынған мәндері бойынша біз осы аймақтың радиусындағы барлық абоненттерді сигналдың тамаша деңгейімен және өрістің кернеулігі 75 дБ-ге тең болған жағдайда, әрбір сектор үшін байланыс қашықтығын анықтаймыз. Байланыс ауқымы 3.2-суретте көрсетілген жер бетінен жоғары радиотолқындардың таралу графигі бойынша анықталады. Осылайша, базалық станцияның әр секторы үшін байланыс ауқымы:

- Бірінші сектор: $E = 75$ дБ, байланыс ауқымы 3,5 км;
- Екінші сектор: $E = 75$ дБ, байланыс ауқымы 3,5 км;
- Үшінші сектор: $E = 75$ дБ, байланыс ауқымы 3,5 км;
- Төртінші сектор: $E = 77$ дБ, байланыс ауқымы 3,2 км;
- Бесінші сектор: $E = 77$ дБ, байланыс ауқымы 3,2 км;
- Алтыншы сектор: $E = 77$ дБ, байланыс ауқымы 3,2 км;

Барлық есептеулер MathCad бағдарламасының көмегімен жасалады, А қосымшасын қараңыз.



3.7-сурет – Базалық станцияның әрбір секторы үшін байланыс ауқымы

IEEE 802.16 е стандартының WiMAX технологиясының базалық станциясы үшін қамту ауқымы 30 км-ге жетеді, бірақ біз қабылдау стационарлық және мобильді станцияларда сигналдың тамаша деңгейін қамтамасыз етуіміз керек болғандықтан, біз сатылатын WiMAX BS қамту аймағын таңдаймыз 3 км. бұл таңдау сигналдың керемет деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді (75 дБ-ден жоғары). 1200 абоненттік модуль (бір секторға 200 абоненттік модуль) бір кіру нүктесінде тіркелуі мүмкін, егер байланыс қашықтығы шамамен 3,2 км болса, 6 секторлық конфигурация қолданылса, бір кіру нүктесі 4096 MAC / Ethernet мекен-жайын жібере алады, осылайша абоненттің әр кіру модуліне 20 компьютерге дейін қосылуға болады (20 x 200 = 4000 MAC мекен-жайы).

Бірінші сектор трассасының профилі 3.4-суретте көрсетілген.



3.8-сурет – Бірінші сектор трассасының профилі



3.9-сурет – Екінші сектор трассасының профілі



3.10-сурет – Үшінші сектор трассасының профілі



3.11-сурет – Төртінші сектор трассасының профілі



3.12-сурет – Бесінші сектор трассасының профілі



3.13-сурет – Алтыншы сектор трассасының профілі

3.8 Тікелей көріну жағдайында байланыстың тұрақтылығын есептеу

Жер бедері туралы мәліметтер жинау. Есептеулерде одан әрі қолдану үшін рельеф туралы мәліметтер жинау қажет. Негіз ретінде сандық радиорелелік байланыс желілері үшін көру сызығын есептеу әдістемесін алайық (РРЛ).

Базалық станцияның қамту аймағын әрқайсысы 60^0 ($6 \times 60^0 = 360^0$) алты секторға бөлуге сәйкес жер бедерінің картасын бөліктерге бөлейік. Біз әр бағыт үшін карта деректеріне сәйкес профільдер саламыз. Анықтамалық нүкте жаңа алаңның аумағында орналасқан ғимаратқа орнатылған базалық станция болады. Бұл жердің биіктігі теңіз деңгейінен 20 метр және 50 метр биіктікте. Motorola сапору сымсыз байланыс жүйесінің антенналары 50 метр биіктікте орнатылады, яғни антенналардың суспензиясының биіктігі теңіз деңгейінен $20 + 50 = 70$ м биіктікте болады.

3.9 Арналар санын есептеу

5490-5550 МГц жиілік диапазонында Motorola сапору жабдықтарын қолдана отырып желі құру кезінде базалық станциялар кластері үшін ені 20 МГц болатын алты қабаттаспайтын арнаны ұйымдастыруға болады, онда 60 секторлық Антенналарды қолдана отырып, жалпы қамтуы 360^0 болатын алты сектор болады [2].

3.10 Тарату жолындағы сигнал қуатының орташа шығынын есептеу

Тарату жолындағы сигнал қуатының орташа шығынын есептеу үшін біз детерминирленген модельдің берілген формулаларын қолданамыз. Бұл ретте қаладағы трассадағы негізгі шығындардың формуласы [6]:

$$L_{fsl} = 20 \cdot \log_{10}(\text{жиілігі ГГц}) + L_{fsd} + 92,5, \quad (3.6)$$

$$L_{fsd} = 20 \cdot \log_{10}(r \text{ км қашықтығы}), \quad (3.7)$$

$$f_{cp} = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad (3.8)$$

мұндағы f_{cp} – орташа жиілік жиілік, ГГц; r – қашықтық, км.

Біз есептейміз:

$$L_{fsl} = 20 \cdot \log_{10} 5.52 + 10.103 + 92.5 = 117.472 \text{ дБ}$$

$$L_{fsd} = 20 \log_{10}(3.2) = 10.103 \text{ дБ}$$

$$f_{cp} = \frac{f_1 + f_2}{2} = \frac{5490 + 5550}{2} = 5520 \text{ МГц}$$

3.11 Арнаның өткізу қабілеттілігін есептеу

Motorola сапору жабдығында 5490 – 5540 МГц жиілік диапазоны бар. "Нүкте – эллипс" режиміндегі жабдықтың сипаттамасы деректерді 10 Мбит/с дейінгі жылдамдықпен жіберуге мүмкіндік береді. осы жиілік диапазонында біз арнаның ені 20 МГц болатын 3 арнаны ұйымдастыра аламыз. Аддитивті ақ Гаусс шуы бар C арнасының өткізу қабілеттілігі қабылданған s сигналының орташа қуатының (75 дБ), N шудың орташа қуатының (117,472 дБ) және W өткізу қабілеттілігінің енінің (20 МГц) функциясы болып табылады. Бұл жағдайда бір арнаның өткізу қабілеттілігін анықтау формуласы келесідей болады [8]:

$$C = W \cdot \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right), \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} C &= W \cdot \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) = 20 \cdot 10^6 \cdot \log_2\left(1 + \frac{75}{117.472}\right) = 53.66 \cdot 10^6 \\ &= 53.66 \frac{\text{Мбит}}{\text{с}} = 3,22 \text{ Гбит/мин} \end{aligned}$$

мұндағы C – арнаның өткізу қабілеті;

S - қабылданған сигналдың орташа қуаты;

N - шудың орташа қуаты;
 W - өткізу жолағының ені.

3.12 Трафикке қызмет көрсету мүмкіндігін есептеу

Трафик әр желі түйініндегі қызметтің әр түрі үшін бөлек есептеледі. Есептеу формуласы келесідей [7]:

$$Y_i^{(k)} = B_{cp}^{(k)} * N_{аб. i}^{(k)} * T_c^{(k)} * f_{вызов. i}^{(k)}, \quad (3.10)$$

мұндағы k - желілік қызмет нөмірі;
 i - түйін нөмірі;
 $Y_i^{(k)}$ - i -ші торапта k қызметі арқылы пайда болатын трафикті математикалық күту;
 $B_{cp}^{(k)}$ - деректерді беру жылдамдығының коэффициенті;
 $N_{аб. i}^{(k)}$ - k қызметін пайдаланатын i -ші тораптағы абоненттер саны;
 $T_c^{(k)}$ - қызмет үшін байланыс сеансының орташа ұзақтығы, минутпен;
 $f_{вызов. i}^{(k)}$ - секундына k қызметін пайдаланатын i -ші түйін пайдаланушылары үшін қоңыраулардың орташа саны.

Өз кезегінде деректерді беру жылдамдығының коэффициенті формула бойынша:

$$B_{cp}^{(k)} = (B_{max}^{(k)}) / (P^{(k)}) = (10 * 10^6) / (8 * 10^6) = 1.25 \quad (3.11)$$

мұндағы $B_{max}^{(k)}$ - деректерді берудің максималды жылдамдығы;
 $P^{(k)}$ - деректерді берудің нақты жылдамдығы.

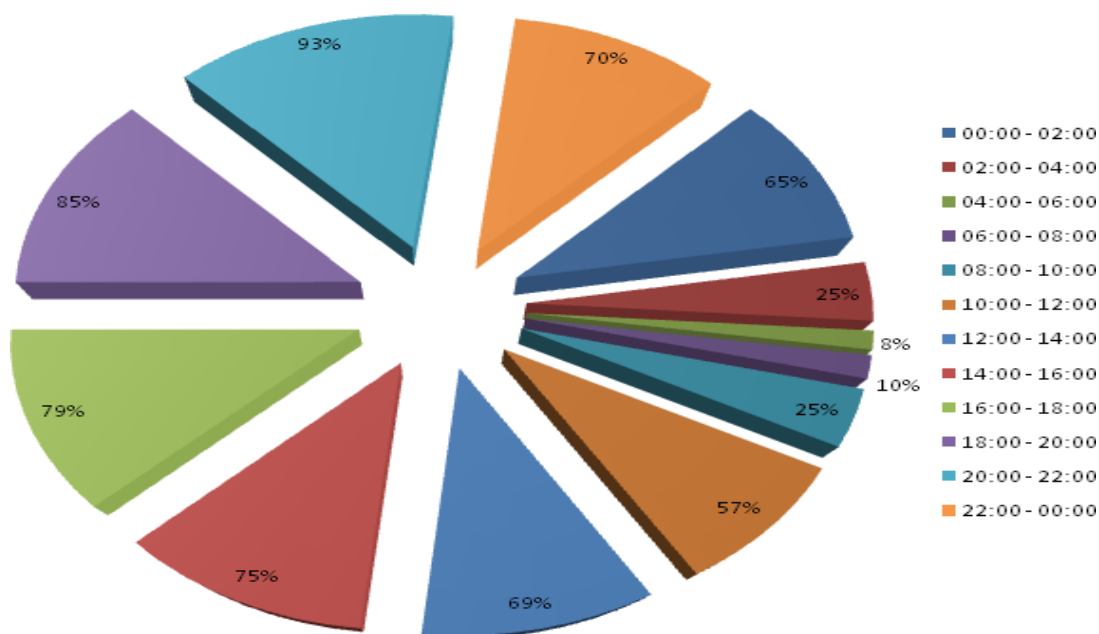
Жалпы трафик-бұл i -ші түйінде пайда болатын барлық қызметтер үшін $Y_i^{(k)}$ қосындысы.

Абоненттердің тәуліктің әртүрлі уақыттарында деректерді беру қызметтерін талап етуі бойынша талдау жүргізе отырып, сіз болжамды уақыт схемасын жасай аласыз, ол бойынша болашақта тұтынылатын трафиктің көлемін талдаймыз.

Біз Күнді уақыт аралықтарына бөлеміз және абоненттер деректерді беру қызметтерін пайдаланғысы келетін тәулік уақытының қандай аралықтарын көреміз:

00:00 – 02:00 – 65% барлық абоненттердің сомасынан
02:00 – 04:00 – 25% барлық абоненттердің сомасынан
04:00 – 06:00 – 8% барлық абоненттердің сомасынан
06:00 – 08:00 – 10% барлық абоненттердің сомасынан
08:00 – 10:00 – 25% барлық абоненттердің сомасынан

10:00 – 12:00 – 57% барлық абоненттердің сомасынан
 12:00 – 14:00 – 69% барлық абоненттердің сомасынан
 14:00 – 16:00 – 75% барлық абоненттердің сомасынан
 16:00 – 18:00 – 79% барлық абоненттердің сомасынан
 18:00 – 20:00 – 85% барлық абоненттердің сомасынан
 20:00 – 22:00 – 93% барлық абоненттердің сомасынан
 22:00 – 00:00 – 70% барлық абоненттердің сомасынан.



3.14 Сурет - Уақыт аралығы бойынша абоненттер саны

Белгілі бір уақыт кезеңінде деректерді беру қызметін пайдаланатын абоненттер саны туралы деректердің дұрыстығы үшін біз абоненттер санының шамасын $n \pm 2\%$ - ға, сондай-ақ әрбір сектордағы қоңыраулардың орташа санының шамасын өзгертетін боламыз.

Әр сектор үшін қызмет көрсетілетін трафик көлемін есептейміз: Уақыт 00:00 – 02:00

Бірінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 2735 * 120 * 1500 = 615.4 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Екінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 2700 * 120 * 1500 = 605,5 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Үшінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 2260 * 120 * 1500 = 508,5 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Төртінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 2530 * 120 * 1500 = 569,2 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Бесінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 2662 * 120 * 100 = 599 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Алтыншы сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 2680 * 120 * 100 = 603 * 10^6 \text{бит/мин}$$

08.00-10.00 аралығы

Бірінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 1024 * 120 * 2000 = 307,2 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Екінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 110 * 120 * 2000 = 330 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Үшінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 1050 * 120 * 2000 = 315 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Төртінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 1030 * 120 * 2000 = 309 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Бесінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 1019 * 120 * 2000 = 305,7 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Алтыншы сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 1075 * 120 * 2000 = 322,5 * 10^6 \text{бит/мин}$$

12-00 мен 14-00 аралығы

Бірінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 3072 * 120 * 2400 = 615.4 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Екінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 3100 * 120 * 2400 = 615.4 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Үшінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 3050 * 120 * 2400 = 615.4 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Төртінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 3090 * 120 * 2400 = 1112 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Бесінші сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 3110 * 120 * 2400 = 1120 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Алтыншы сектор

$$Y_i^{(k)} = 1.25 * 3083 * 120 * 2400 = 1110 * 10^6 \text{бит/мин}$$

Біз барлық абоненттер қосылған және бір уақытта белгілі бір қызметке сұраныс жіберген кезде 100% жүктеме кезінде біздің жүйенің бір секторға өткізу қабілеттілігін талдаймыз:

$$Y_x^{(x)} = 4096 \cdot 120 \cdot 4096 = 2517 \text{бит/мин} = 2,517 \text{ Гбит/мин}$$

Біздің жүйенің бір секторға максималды өткізу қабілеті $53,66 \text{ Мбит/с} = 3,22 \text{ Гбит/мин}$.

Сандардан көріп отырғаныңыздай, бір сектордағы барлық абоненттер қосылған және бір уақытта белгілі бір қызметке сұраныс жіберген жағдайда, трафик көлемі бір арнаның өткізу қабілеттілігінен аспайды. Яғни, мұндай жағдайларда біздің жүйе абоненттерге өте жақсы қызмет көрсете алады, және бізде лайықты қор қалғандықтан, трафикті беру кезінде қате деректер секторлары пайда болуы мүмкін және бұл берілген деректердің бір бөлігіне зақым келтіруі мүмкін.

Бірақ біздің жүйеге сенімді болу үшін, біздің жүйе өз мүмкіндіктерінің шегінде жұмыс істейтін, бірақ сонымен бірге деректерді қабылдау/беру бойынша қатесіз жұмысты қамтамасыз ететін жағдайды модельдеуіміз керек.

Мұндай жағдайды модельдеу үшін біз ресурстарды үнемдеу үшін бір базалық станцияға абоненттердің санын рұқсат етілген мәннен n -есе көп

қосуды ұнататын байланыс операторларының тәжірибесін аламыз, сонымен қатар абоненттердің әрқайсысы бір уақытта белгілі бір қызметке өтініш беретінін ұсынамыз.

$$Y_x^{(x)} = 4630 \cdot 120 \cdot 4630 = 3216 \text{ бит/мин} = 3,216 \text{ Гбит/мин}$$

Бұл көрсеткіш абсолютті, 100% және тіпті 105% жүктемеге арналған, бұл өте сирек кездеседі. Сондай-ақ, бірде-бір жүйе жоқ екенін ескеру қажет

Мінсіз және аппараттық құралдардың немесе жүйенің хаттамаларының қандай да бір ақаулары немесе сәйкессіздіктері болуы мүмкін, бұл деректердің жоғалуына немесе бүлінуіне әкелуі мүмкін. Егер пайдаланушылар саны бірдей болса (100%) және қоңыраулардың орташа саны 4096 қоңыраудан аспаса, онда біздің жүйе трафикті жақсы басқара алады.

Осылайша, трафик біздің жүйеміздің бір сектордағы өткізу қабілеттілігінен аспайтыны және жүйе толығымен жұмыс істейтіні анық.

Біздің жабдық 53.66 Мбит/с-ға тең өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ете алатындықтан, егер минутына аударылса, онда алынған сандардың 3.22 Гбит/мин біздің жүйеміз 99% жағдайда жүктемені сәтті жеңе алатындығын анық көрсетеді.

Қорды есептеу

Әр сектор үшін бос кеңістіктегі радио толқындарының ыдырауы [2]:

$$L_{fsl} = 20 \text{ Log}_{10}(\text{жиілігі ГГц}) + L_{fsd} + 92,5, \quad (3.12)$$

$$L_{fsd} = 20 \log_{10}(\text{км қашықтығы}) \quad (3.13)$$

$$L_{fsl_{1\text{ск}}} = 20 \text{ Log}_{10}(5,5) + 20 \log_{10}(3,5) + 92,5 = 118,19 \text{ дБ}$$

$$L_{fsl_{2\text{ск}}} = 20 \text{ Log}_{10}(5,52) + 20 \log_{10}(3,5) + 92,5 = 118,22 \text{ дБ}$$

$$L_{fsl_{3\text{ск}}} = 20 \text{ Log}_{10}(5,54) + 20 \log_{10}(3,5) + 92,5 = 118,25 \text{ дБ}$$

$$L_{fsl_{4\text{ск}}} = 20 \text{ Log}_{10}(5,5) + 20 \log_{10}(3,2) + 92,5 = 117,41 \text{ дБ}$$

$$L_{fsl_{5\text{ск}}} = 20 \text{ Log}_{10}(5,52) + 20 \log_{10}(3,2) + 92,5 = 117,44 \text{ дБ}$$

$$L_{fsl_{6\text{ск}}} = 20 \text{ Log}_{10}(5,54) + 20 \log_{10}(3,2) + 92,5 = 117,47 \text{ дБ}$$

Енді біз әр сектор үшін қатып қалу қорын анықтаймыз:

$$F_t = S_G + G_{BC} + G_{\text{прм}} - 2\mu - L_{fsl}, \quad (3.14)$$

$$F_{t1} = 110.5 + 56.44 + 20 - 5 - 118.19 = 63.754 \text{ дБ}$$

$$F_{t2} = 110.5 + 56.44 + 20 - 5 - 118.22 = 63,72 \text{ дБ}$$

$$F_{t3} = 110.5 + 56.44 + 20 - 5 - 118.25 = 63,69 \text{ дБ}$$

$$F_{t4} = 110.5 + 56.44 + 20 - 5 - 117,41 = 64,53 \text{ дБ}$$

$$F_{t5} = 110.5 + 56.44 + 20 - 5 - 117.44 = 64,5 \text{ дБ}$$

$$F_{t6} = 110.5 + 56.44 + 20 - 5 - 118.47 = 66,47$$

мұндағы S_G - жүйе коэффициенті, дБ;

$G_{\text{прд}} = G_{\text{прм}}$ беру және қабылдау антеннасының күшейту коэффициенттері;

$2\mu \approx 5 \text{ дБ}$ антенна-фидерлік трактінің пайдалы әсер ету коэффициенті

Көп жолақты таралуына байланысты радиобайланыстың нашарлау ақытын есептеу

Ұзындығы бірнеше шақырымнан асатын радиоланаларды модельдеу кезінде өте сынғыш қабаттардан туындаған таза атмосферада қатып қалудың төрт механизмі ескерілуі керек [2]:

- сәуленің кеңеюі (сәуленің фокусы);
- антеннадағы айырбас;
- беттік көп сәулелі таралу;
- атмосфералық көп жолақты таралу.

Бұл механизмдердің көпшілігі өздігінен немесе басқа механизмдермен бірге пайда болады. Күшті жиілік-селективті ыдырау тікелей сәуленің фокусы сигналдың бетінен шағылысуымен біріктірілген кезде пайда болады, бұл көп сәулелі таралу салдарынан қатып қалуды тудырады. Атмосферадағы кішігірім турбулентті бұзылулардан туындаған жыпылықтайтын қатулар әрдайым осы механизмдерде болады, бірақ 40 ГГц-тен төмен жиіліктерде олардың жалпы қату таралуына әсері маңызды емес. Үлкен мұздату тереңдігінде тар жолақты жүйелерде орташа ең нашар айда қабылданатын сигнал деңгейінен аспайтын $T_{\text{инт}}$ уақытының пайызын келесі асимптотикалық өрнек арқылы анықтауға болады:

$$T_{\text{инт}} = K * Q * f^B * d^C * 10^{-A/10} \quad (3.15)$$

кайда – $A=F_t$ – мұздатуға арналған қор, дБ; d – аралықтың ұзындығы, км;

f – жиілігі, ГГц;

K – климат пен рельефтің әсерін ескеретін коэффициент;

Q – жолдың басқа параметрлерін ескеретін коэффициент;

$B=0,89$; $C=3,6$ – аймақтық әсерлерді ескеретін коэффициенттер [2].

Климат пен рельефтің әсерін ескеретін коэффициент:

$$K = K_L^{1.5} * 10^{-(6.5 - C_{LAT} - C_{LAN})}, \quad (3.16)$$

кайда $P_L = 5\% = 0,05$ – тік сыну градиенті бар уақыт пайызы;
 $C_{LAT} = C_{LON} = 0$ Қазақстан үшін.

Жолдың басқа параметрлерін ескеретін коэффициент формула бойынша
 $K = 0.05^{1.5} * 10^{-6.5} - 3 * 10^{-9}$ анықталады:

$$Q = (1 + |E_p|)^{-1.4} \quad (3.17)$$

$$|E_p| = \frac{h_1 - h_2}{d} = \frac{50 - 1.5}{3.5} = 5.28 \text{ мрад}$$

$$|E_p| = \frac{h_1 - h_2}{d} = \frac{50 - 1.5}{3.5} = 5.28 \text{ мрад}$$

Әр сектор үшін басқа жол параметрлерін ескеретін коэффициентті есептейміз:

$$Q_1 = (1 + |E_p|)^{-1.4} = (1 + 5.28)^{-1.4} = 0.076$$

$$Q_1 = (1 + |E_p|)^{-1.4} = (1 + 5.28)^{-1.4} = 0.076$$

$$Q_3 = (1 + |E_p|)^{-1.4} = (1 + 5.78)^{-1.4} = 0.076$$

$$Q_4 = (1 + |E_p|)^{-1.4} = (1 + 5.78)^{-1.4} = 0.068$$

$$Q_5 = (1 + |E_p|)^{-1.4} = (1 + 5.78)^{-1.4} = 0.068$$

$$Q_6 = (1 + |E_p|)^{-1.4} = (1 + 5.78)^{-1.4} = 0.068$$

Әр сектор үшін интерференцияға байланысты байланыстың нашарлау уақытын есептейміз:

$$T_{\text{инт1ск}} = 3 * 10^{-9} * 0,076 * 5,5^{0,89} * 3,5^{3,6} * 10^{-63,75/10} = 3,98 * 10^{-1,4}\%$$

$$T_{\text{инт2ск}} = 3 * 10^{-9} * 0,076 * 5,5^{0,89} * 3,5^{3,6} * 10^{-63,72/10} = 4,01 * 10^{-1,4}\%$$

$$T_{\text{инт3ск}} = 3 * 10^{-9} * 0,076 * 5,5^{0,89} * 3,5^{3,6} * 10^{-63,69/10} = 4,04 * 10^{-1,4}\%$$

$$T_{\text{инт4ск}} = 3 * 10^{-9} * 0,076 * 5,5^{0,89} * 3,5^{3,6} * 10^{-64,53/10} = 2,97 * 10^{-1,4}\%$$

$$T_{\text{инт5ск}} = 3 * 10^{-9} * 0,076 * 5,5^{0,89} * 3,5^{3,6} * 10^{-64,5/10} = 3 * 10^{-1,4\%}$$

$$T_{\text{инт6ск}} = 3 * 10^{-9} * 0,076 * 5,5^{0,89} * 3,5^{3,6} * 10^{-64,47/10} = 3,02 * 10^{-1,4\%}$$

Байланыстың тұрақтылығын бағалау

Бір сектор үшін байланыс сапасының нашарлау уақытының жиынтық пайызы:

$$T_{\Sigma}(Vmin) = T_0(Vmin) + T_{\text{инт}}(Vmin) + T_{\text{д}}(Vmin), \quad (3.18)$$

Жаңбырдың әсерінен байланыс сапасының нашарлау уақыты есептелмейді, өйткені жаңбыр 7 ГГц-тен жоғары сигналдарға әсер етеді.

$T_0(Vmin) = 0 \%$, өйткені бұл рельеф үшін субрефракцияның әсері ескерілмейді [1].

Байланыс сапасы нашарлауы мүмкін ТДОП уақытының рұқсат етілген пайызы (бір сектор үшін):

Бір сектор үшін байланыс сапасының нашарлау уақытының жалпы пайызын есептейміз:

$$T_{\Sigma}(Vmin)_1 = 0 + 3,98 * 10^{-14} = 3,98 * 10^{-14}\%$$

$$T_{\Sigma}(Vmin)_2 = 0 + 4,01 * 10^{-14} = 4,01 * 10^{-14}\%$$

$$T_{\Sigma}(Vmin)_3 = 0 + 4,04 * 10^{-14} = 4,04 * 10^{-14}\%$$

$$T_{\Sigma}(Vmin)_4 = 0 + 2,97 * 10^{-14} = 2,97 * 10^{-14}\%$$

$$T_{\Sigma}(Vmin)_5 = 0 + 3 * 10^{-15} = 3 * 10^{-15}\%$$

$$T_{\Sigma}(Vmin)_6 = 0 + 3,02 * 10^{-15} = 3,98 * 10^{-15}\%$$

Байланыс сапасы нашарлауы мүмкін ТДОП уақытының рұқсат етілген пайызын есептеу кезінде (бір сектор үшін) біз әрбір сектордағы байланыс сапасының нашарлау уақытының пайызы жиынтық мәннен асып түсетініне көз жеткіздік:

$$\sum T_{\Sigma}(Vmin) < \sum T_{\text{доп}}(Vmin) \quad (3.19)$$

Байланыс сапасының нашарлау уақытының болжамды және рұқсат етілген пайызын салыстыра отырып, антенналардың суспензиясының таңдалған биіктіктерімен жаңа аумақтың аумағында орналасқан BS алты секторындағы байланыс тұрақты болады деген қорытынды жасауға болады [1].

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста сымсыз байланыс жүйелерімен тиімді ақпарат тарату зерттелді.

Wi-Fi және WIMAX сымсыз байланыс желілері салыстырылып, Wi-Fi желілерінің 2,4 ГГц және 5 ГГц жиілік диапазондары қарастырылды. Жалпы IEEE 802.11 сымсыз жергілікті желілердің стандарты, оның негізгі терминдері мен физикалық деңгейлері көрсетілді. IEEE 802.11 стандартының қазіргі уақытта қолданыстағы спецификацияларының (802.11 b, a, g, n, ad, ac, ax) сипаттамалары зерттеліп, салыстырылды.

Сымсыз байланыс желілерінің негізгі құрылғылары мен оларда қолданылатын антенналар санына байланысты жүйелерді конфигурациялау нұсқалары зерттелді. Маршрутизаторлардың әртүрлі деңгейдегі 3 түрі: TP-LINK Archer AX6000 маршрутизаторы, Wi-Fi Mesh Keenetic Ultra (KN-1810) роутері және TP-LINK Archer C2300 маршрутизаторы таңдалып, өзара салыстырылды.

Жұмыстың кең жолақты сымсыз желісін есептеу үшін алдымен сымсыз байланыс арнасының ауқымы мен Френель аймағы есептелінді. Ұялы желісінің сапалы параметрлері және трафиктегі арна саны анықталды. Абоненттік желі жүктемесінің қарқындылығына есептеу жүргізілді. БС (базалық станция) және МС (мобильдік станция) арасындағы радиобайланыстың қашықтығын есептелінді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Е.В. Смирнова, А.В. Пролетарский, Е.А. Ромашкина, С.А. Балюк, А.М. Суоров "Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi". М: МГТУ, 2017 г.;
- 2 Рашич А.В. Сети беспроводного доступа WiMAX, 2017;
- 3 Беспроводная связь: Настройка точки доступа беспроводной сети и клиентов; Комсомольск на Амуре, 2015;
- 4 https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ax;
- 5 Лучшие wi-fi роутеры TP-LINK - Рейтинг 2021 (expert-kachestva.ru);
- 6 <https://vyborok.com/rejting-luchshih-wi-fi-routerov-dlya-moshhnogo/>;
- 7 10 лучших фирм-производителей роутеров - рейтинг 2020 (markakachestva.ru);
- 8 Рейтинг лучших Wi-Fi роутеров 2021 года: цена/качество (basetop.ru);
- 9 В. Олифер, Н. Олифер - Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Юбилейное 6 издание, 2020;
- 10 М.М. Маковеева, Ю.С. Шинок - Системы связи с подвижными объектами. Москва, 2002;
- 11 В. Олифер, Н. Олифер - Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 4-издание, 2010;
- 12 Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. - М.: Техносфера, 2013;
- 13 Немировский М.С. Беспроводные технологии от последней мили до последнего дюйма. – М.: Эко-трендз, 2014;
- 14 Феер К. Беспроводная цифровая связь. - М: Радио связь, 2015;
- 15 Андрианов В.И. средства мобильной связи. – С. ВHV-Санкт-Петербург, 2011;
16. Современные телекоммуникации. Технологии и экономика. Под общей редакцией С.А.Довгого. . – М.: Эко-трендз, 2003.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Жамал Саян

6B06201 - Телекоммуникация

Тақырыбына: «IMT-2020 сценарийлеріндегі Wi-Fi көп қолжетімділік әдістерін талдау»

Орындалды:

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

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыстың жобалық бөлігінде сымсыз байланыстың дамуы талданды.

Wi-Fi және WIMAX сымсыз байланыс желілері салыстырылып, Wi-Fi желілерінің 2,4 ГГц және 5 ГГц жиілік диапазондары қарастырылды. Жалпы IEEE 802.11 сымсыз жергілікті желілердің стандарты, оның негізгі терминдері мен физикалық деңгейлері көрсетілді. IEEE 802.11 стандартының қазіргі уақытта қолданыстағы спецификацияларының (802.11 b, a, g, n, ad, ac, ax) сипаттамалары зерттеліп, салыстырылды.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

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

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жобаға "жақсы" (85%) деген баға, ал студент Жамал Саян 6B06201 – Телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Рецензент:

Ғ.Дәукеев ат. АЭЖБУ доценті,
PhD докторы
(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

 А.Ержан

«30» 05 2023 ж.



Қазақстан
Подпись



17

«30» 05

23 ж.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Жамал Саян

6B06201 – Телекоммуникация

Тақырыбы: «ИТ-2020 сценарийлеріндегі Wi-Fi көп қолжетімділік әдістерін талдау»

Wi-Fi және WIMAX сымсыз байланыс желілері салыстырылып, Wi-Fi желілерінің 2,4 ГГц және 5 ГГц жиілік диапазондары қарастырылды. Жалпы IEEE 802.11 сымсыз жергілікті желілердің стандарты, оның негізгі терминдері мен физикалық деңгейлері көрсетілді. IEEE 802.11 стандартының қазіргі уақытта қолданыстағы спецификацияларының (802.11 b, a, g, n, ad, ac, ax) сипаттамалары зерттеліп, салыстырылды.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, желі архитектурасын көрсету өте орынды.

Жалпы, дипломдық жобаға "жақсы" (85%) деген баға, ал студент Жамал Саян 6B06201 – Телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.



Ғылыми жетекші

ЭТЖТ каф.аға оқытушысы,
техн. ғыл. кандидаты

Ермекбаев М.М.

(қолы)

«25» 03 2023 ж.

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

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

Автор: Жамал Саян

Тақырыбы: ІМТ-2020 сценарийлеріндегі Wi-Fi көп қолжетімділік әдістерін талдау

Жетекшісі: Айнур Куттыбаева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 4.5

2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.8

Дәйексөз (35): 1.3

Әріптерді ауыстыру: 15

Аралықтар: 46

Шағын кеңістіктер: 44

Ақ белгілер: 0

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

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

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

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

Негіздеме:

Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жамал Саян

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: ИМТ-2020 сценарийлеріндегі Wi-Fi көп қолжетімділік әдістерін талдау

Научный руководитель: Айнур Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 1.8

Микропробелы: 44

Знаки из других алфавитов: 15

Интервалы: 46

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жамал Саян

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: IMT-2020 сценарийлеріндегі Wi-Fi көп қолжетімділік әдістерін талдау

Научный руководитель: Айнур Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 1.8

Микропробелы: 44

Знаки из других алфавитов: 15

Интервалы: 46

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата


проверяющий эксперт