

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Бүркітбаев ат.Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты  
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Камилов Расул Алимжанович

«Солтүстік Қазақстан облысы Мамлют ауданында сымсыз технологияларды  
салыстырмалы талдау»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Бүркітбаев ат.Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты  
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

\_\_\_\_\_ И.Сырғабаев

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 ж.

## ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Солтүстік Қазақстан облысы Мамлют ауданында сымсыз  
технологияларды салыстырмалы талдау»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Р.А.Камилов

Пікір беруші

т.ғ.к., АУЭС доценті



\_\_\_\_\_ А.О.Касимов

«\_22\_» \_\_\_\_ 05 \_\_\_\_ 2020 ж.

Ғылыми жетекші

т.ғ.к., ассистент-проф.



\_\_\_\_\_ А.А.Абдықадыров

«\_22\_» \_\_\_\_ 05 \_\_\_\_ 2020 ж.

Алматы 2020

# ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Бүркітбаев ат.Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты  
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы  
5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

## БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

\_\_\_\_\_ И.Сыргабаев

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 ж.

## Дипломдық жұмыс орындауға ТАПСЫРМА

Білім алушы *Камилов Расул Алимжанович*

Тақырыбы «Солтүстік Қазақстан облысы Мамлют ауданында сымсыз технологияларды салыстырмалы талдау»

Университет ректорының «27» қаңтар 2020 ж. № 762-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «20» мамыр 2020 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) QoS талап ететін қосымшалар, 2) 802.11 стандарт желілерінде берілген QoS-қа қол жеткізу бойынша міндеттер; 3) Сымсыз желілерде қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ететін стандарттарды талдау; Жолдың профилін анықтау және антенналардың биіктіктерін анықтау.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Сымсыз желі стандарттарына шолу; ә) Wi-Fi желілеріндегі деректерді қорғау технологиялары; б) WiMAX және LTE негізгі технологияларын салыстыру; в) WiMax желісін модельдеу; г) Нәтижелерін өңдеу.

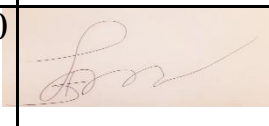
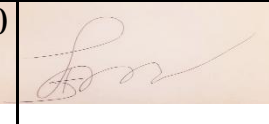
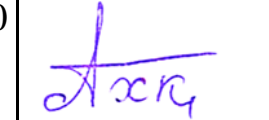
Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет 17 атау: 1) Развертывание сетей WIMAX. <http://bestreferat.ru/referat-141911.html>. С.115-120. 2) А.В. Рашич. Сети беспроводного доступа. <http://bib.convdocs.org/v31957/?download=1#1>. С.45-52; 3). Д.Молта. Обеспечение QoS в беспроводных ЛВС. [http://www.ccc.ru/magazine/depot/05\\_05/read.html?0102.htm](http://www.ccc.ru/magazine/depot/05_05/read.html?0102.htm) с.4-9.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫ (ЖОБАНЫ) ДАЙЫНДАУ  
**КЕСТЕСІ**

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі | Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі | Ескерту   |
| Диплом жұмысының тақырыбын талдау               | 04.01.2020 -25.01.2020                             | орындалды |
| Теориялық ақпарат                               | 20.01.2020 -25.02.2020                             | орындалды |
| Жабдықтар жұмысының есебі                       | 25.02.2020 –<br>20.05.2020                         | орындалды |

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

| Бөлімдер атауы                    | Кеңесшілер<br>(аты, әкесінің аты, тегі,<br>ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол<br>қойылған<br>күні | Қолы  |
|-----------------------------------|--|-------------------------|---|
| Диплом жұмысының тақырыбын талдау | А.А.Абдыкадыров,<br>ЭТжҒТ каф.ассистент-проф.                      | 24.04.2020              |   |
| Теориялық ақпарат                 | А.А.Абдыкадыров,<br>ЭТжҒТ каф.ассистент-проф.                      | 24.04.2020              |  |
| Норма бақылау                     | PhD докторы, ЭТжҒТ каф.сениор-лекторы<br>Хабай А.                  | 22.05.2020              |  |

Ғылыми жетекшісі \_\_\_\_\_

(қолы)

А.А.Абдыкадыров

Тапсырманы орындауға алған білім алушы Камилов Р.А. Р.А.Камилов

Күні

« 22 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2020 ж.

## АНДАПТА

Осы дипломдық жұмыста Солтүстік Қазақстан облысы Мамлют ауданындағы сымсыз желілерде қызмет көрсету сапасына әсер ететін факторлар қарастырылды.

Сымсыз желілерде қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ететін стандарттарды талданды.

Сымсыз желі стандарттарына шолу жасалып, LTE желісінің жалпы құрылымы, Wi-Fi Технологиясы қарастырылып, WiMAX және Wi-Fi негізгі технологияларын салыстырылды.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной работе рассматриваются факторы, влияющие на качество беспроводных услуг в Мамлютском районе Северо-Казахстанской области.

Анализируются стандарты, обеспечивающие качество обслуживания в беспроводных сетях.

Был представлен обзор стандартов беспроводных сетей, рассмотрена общая структура сети LTE, технология Wi-Fi и сопоставлены основные технологии WiMax и WiFi.

## **АННОТАЦИЯ**

This paper discusses factors affecting the quality of wireless services in the Mamlyutsky district of the North Kazakhstan region.

It analyzes the standards that provide quality of service in wireless networks.

A review of wireless network standards was presented, the general structure of the LTE network, Wi-Fi technology was examined, and the main WiMAX and Wi-Fi technologies were compared.

## МАЗМҰНЫ

|  |    |
|--|----|
| Кіріспе  | 9  |
| 1 Сымсыз желілерде қызмет көрсету сапасының түсінігі                               | 10 |
| 1.1 802.11 стандарт желілерінде берілген QoS-қа қол жеткізу бойынша міндеттер      | 10 |
| 1.2 QoS талап ететін қосымшалар  | 10 |
| 1.3 Сымсыз желілерде қызмет көрсету сапасына әсер ететін факторлар                 | 11 |
| 1.3.1 Жартылай кешенді ортаның QoS параметрлеріне әсері                            | 11 |
| 1.3.2 Біріктірілген арна бойынша жабу  | 11 |
| 1.4 Тапсырманың қойылымы   | 12 |
| 1.5 Сымсыз желілерде қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ететін стандарттарды талдау | 15 |
| 1.5.1 WMM стандарты (Wireless Multimedia)  | 15 |
| 2 Сымсыз желі стандарттарына шолу  | 17 |
| 2.1 LTE немесе Long Term Evolution   | 17 |
| 2.1.1 LTE желісінің жалпы құрылымы   | 18 |
| 2.2 Wi-Fi Технологиясы   | 22 |
| 2.2.1 Wi-Fi желілеріндегі деректерді қорғау технологиялары                         | 24 |
| 2.3 WiMAX технологиясы   | 25 |
| 2.3.1 WiMAX және LTE негізгі технологияларын салыстыру                             | 26 |
| 2.3.2 WiMAX және Wi-Fi негізгі технологияларын салыстыру                           | 29 |
| 3 Есептеу бөлімі   | 30 |
| 3.1 IEEE 802.16 QoS моделінің сипаттамасы  | 30 |
| 3.2 WiMax желісін үлгілеу  | 33 |
| 3.2.1 Нәтижелерін өңдеу  | 35 |
| 3.3 Жобалаушының көмегімен QoS параметрлерін үлгілеу                               | 38 |
| 3.4 Жолдың профилін анықтау және антенналардың биіктіктерін анықтау                | 39 |
| Қорытынды  |    |
| Пайдаланылған әдебиеттер тізімі  |    |



## КІРІСПЕ

Қазіргі таңда сымсыз желі өмірдің барлық салаларына енгізілуде, физикалық шектеулерсіз штрих-кодтардың сканерлері, дербес сандық көмекшілер (PDA), Web немесе электрондық пошта сервистері сияқты пайдалануға мүмкіндік береді, сондай-ақ сымсыз LAN (WLAN) өрістету кезінде IP-телефония (VoIP) қызметтерін және сымсыз орта арқылы бейне деректерді беруді қолдауды қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, сымсыз желілерде кідіріске сезімтал QoS қызмет көрсетудің жоғары сапасын қамтамасыз ету өте күрделі міндет. Күрделене түсуде, бұл сымсыз желілер бар салыстырмалы түрде аз өткізу қабілеті бар, ал мүмкіндігі оның елеулі ұлғайту жоқ, сондай-ақ қарқындылығы трафик осындай желісін алдын ала болжау мүмкін емес.

Сымсыз желілерде қызмет көрсетудің берілген сапасын жүзеге асыру механизмінің алдында тұрған басты мәселелер болып табылады [1]: жартылай кешенді беру ортасының болуы; BSS біріктірілген арнасы бойынша жабу; жасырын түйіндердің болуы.

Сымсыз желіге қатынауды тек станция мен қатынау нүктесі ғана емес, сонымен қатар клиенттер арасында да алады, бұл дуплексті режиммен салыстырғанда ортаның өткізу қабілетінің азаюына әкеледі.

Қосарлы арна (cochannel overlap) бойынша жабу, егер олар үш қол жеткізу нүктесінен артық болса, 2,4 ГГц сымсыз LAN ауқымында жиі орын алады. Осы диапазонда тек бір-біріне сәйкес келмейтін үш арнаны орналастыруға болатындығына байланысты кейбір кіру нүктелері бір арнадағы көрші қол жеткізу нүктелерінің жанында жұмыс істейді. Сымсыз желілердегі ортаға бәсекелестіктің артуына байланысты, қосарлы арнаны жабу Qos механизмдерінің жұмысын бұзуы мүмкін және клиент оған әлеуетті маңызды трафик ала алмайды.

Сымсыз желілердің инфрақұрылымдық жабдықтарын өндірушілердің көпшілігі осы технологияны өз құрылғыларында қолдауды жүзеге асырды. Осылайша, бұл зерттеудің өзектілігі сымсыз желілерде қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету мүмкіндігі болып табылады. Бұл дипломдық жобаның мақсаты-сымсыз желілерде QoS қызмет көрсету сапасының мәселелерін қарастыру.

Жұмыс нәтижесінде келесі міндеттерді шешу керек:

- қолданыстағы сымсыз байланыс стандарттарына талдау жүргізу;
- сымсыз байланыс желілері үшін қызмет көрсету сапасының механизмдерін анықтау;
- Qos механизмдерін зерттеу жүргізілетін технологияны таңдау;
- сымсыз желіні моделдеу және сапа параметрлерін талдауды жүзеге асыру.

## **1 Сымсыз желілерде қызмет көрсету сапасының түсінігі**

### **1.1 802.11 стандарт желілерінде берілген QoS-қа қол жеткізу бойынша міндеттер**

Солтүстік Қазақстан облысы МАмлют ауданының аймағы 4,10 мың шаршы километр. 2010 жылғы 1 қаңтарға халқының саны 25,1 мың адамды құрады. Халықтың тығыздығы (бір шаршы километрге) 6,1 адам.

Ауданда 2017 жылғы 1 қаңтарға 219 кәсіпорын тіркелген, оның ішінде 3 - ірі, 17 - орта, 199 - шағын кәсіпорындар. Олардан 93 заңды тұлға мемлекеттік меншік нысанына, 125 - жеке меншік, 1 - заңды тұлға шетел меншігіне жатады.

Сымсыз желілер мәселелері жөніндегі жұмыс тобы 802.11 IEEE 802.11 e стандартының зерттеу тобын ұйымдастырды, ол жоғары сапалы қызмет көрсету (QoS) үшін 802.11 сериялы сымсыз жүйелер стандартының MAC қатынау деңгейін жақсарту үшін қайта құру және дауыс пен бейнені жіберу сияқты уақыт кідірісіне сезімтал қосымшаларды тиісті сапада ұстау үшін. Осы қызметтерді тұтынушылардың жаңа буындары 802.11 стандартындағы сымсыз құрылғыларды ұқсас сымдарды алмастыра алатын құрылғылар ретінде қарастырады. Кабель немесе Жерсерік қабылдағыштары уақыт өте келе, HDTV сигналдарын 802.11 стандарты бойынша қарапайым теледидарды пайдалана отырып беруді қамтамасыз етеді.

### **1.2 QoS талап ететін қосымшалар**

IP-телефония технологиясын пайдаланатын және дауыстық трафикті беретін кәсіпорындар қызмет көрсету сапасының проблемаларына тап болады. WLAN инфрақұрылымы берілген сапаны қамтамасыз етудің ішкі механизмдері бар болғандықтан, осы сұрақтарды барынша азайтуға мүмкіндік береді. Сымсыз VoIP-жүйелер кез келген салада, әсіресе қызметкердің іссапары кезінде және байланыс құралдарына тұрақты тіркелген қолжетімділіктің болмауы кезінде жұмыс істеуге көмектеседі. Байланыс операторларының қызметтерін пайдалану өте қымбат және қызметтерді тұтыну мен деректерді беру шығындарын азайту үшін желінің сымсыз стандартын сәнді пайдалану үшін болады.

Корпоративтік локальды желіде QoS механизмдерін қамтамасыз ету өте қиын, ол үлкен ауқымда және желі сыйымдылығында. QoS сапасының механизмдеріне стандарттар жеткілікті баяу әзірленгендіктен, кейбір ұйымдар өздерінің желілік шешімдерін жүзеге асырды, қосымшаларының қажетті өткізу жолағын қамтамасыз етеді. Мысалы, жекелеген ауруханаларда 802.11 a, 802.11 b және 802.11 g типті жергілікті-есептеу желісіне барлық үш негізгі стандартты қолдайтын Инфрақұрылым ашылған.; 5-ГГц бар 802.11 a стандартының құралдары деректерді беру үшін пайдаланылды, ал 2,4-ГГц 802.11 b және 802.11 g типті стандарттар жүйесі дауыстық байланысты беру үшін пайдаланылды.

## 1.3 Сымсыз желілерде қызмет көрсету сапасына әсер ететін факторлар

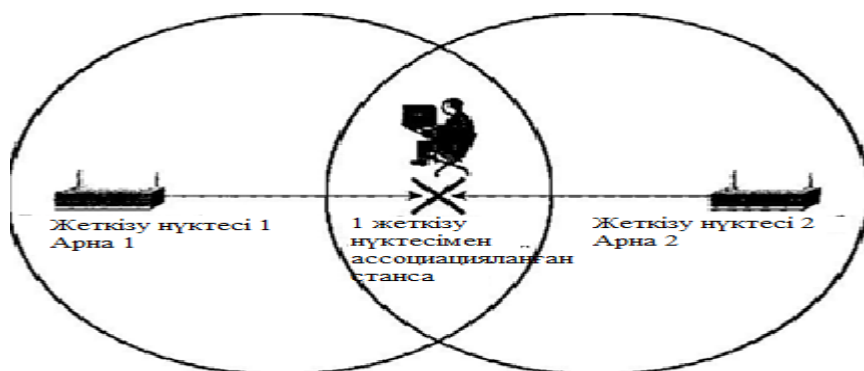
### 1.3.1 Жартылай кешенді ортаның QoS параметрлеріне әсері

802.11 сериялы Стандарт Жартылай комплексті ортаны бірлесіп пайдалану жүзеге асырылған стандартқа жатады. Көптеген сымды желілер Ethernet типті қамтамасыз ететін жоғары сапалы қызмет көрсету, жүзеге асырылды полнодуплексная сәрсенбі пайдалана отырып, үлестірілген үйлестіру функциясы (DCF) және нақты функцияларын үйлестіру (PCF). Бұл механизмдер бір уақытта тек бір тарату станциясын жіберуге мүмкіндік береді, ол ретінде кіру нүктесі немесе клиенттік станция болуы мүмкін. 802.3 x сериялы стандарт бойынша толық кешендік режимде жұмыс істейтін Ethernet сымды желісі Ethernet желісінің құрылғылары арасында "нүкте-нүкте" байланыс түрі бойынша байланыс арнасын жасауға мүмкіндік береді, яғни, деректер фреймдерін бір уақытта беру мен қабылдауды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін станциялар. Бұл технология Ethernet-ортасына өзінің қалыпты өткізу жолағын шамамен 2 есе арттыруға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, қазіргі уақытта мәліметтерді тарататын Станция арнаның карама-қарсы шетінде орналасқан станциямен коллизияға енбейді.

### 1.3.2 Біріктірілген арна бойынша жабу

Жабу үш қол жеткізу нүктесі болған жағдайда 2,4 ГГц диапазонында жиіліктегі сымсыз жергілікті желілерде біріктірілген арна (co channel overlap) бойынша жүргізіледі. Осы диапазонда бір-бірімен жабылмайтын арналардың тек үш түрін ғана орналастыруға болады, сондықтан кейбір қатынау нүктелері, әсіресе, көршілес бір арнаға жақын жұмыс істейді. 1.1 суретте біріктірілген арна бойынша жабу аймағында орналасқан клиент көрсетілген.



Сурет 1.1 - Біріктірілген арна бойынша жабу

Егер екі қатынау нүктелері бір уақытта таратуды бастаса, онда фреймдер коллизияға кіре бастайды және осы станциялар ортаны босатып, таратуды қайталауы тиіс. Резервтеумен қатар, тек коллизияның өзі анықталғаннан кейін және бастапқы жағдайға тиісті қайтарылғаннан кейін ғана қолданылады. Бұл механизмдер кідірісті арттырады, сол арқылы кідіріске сезімтал қосымшалардың жұмысына әсер етеді. RTS/CTS типті хабарламаларды таратуды пайдаланатын құрылғылар, сондай-ақ берілген немесе қабылданатын деректердің әрбір фреймімен бірге жүретін артық трафик салдарынан сапа сипаттамаларының нашарлауына әкеп соғады.

#### 1.4 Тапсырманың қойылымы

Сымсыз желілердегі QoS механизмдерін шолу

802.11 е зерттеу тобы алдыңғы бөлімде сипатталған көптеген мәселелерді талқылады. Ол 802.11 стандартының болашақ желілерінің MAC деңгейі үшін екі мүмкін шешімді ұсынды. Ұсынылған ерекшеліктер әлі бекітілмегенін және оларға өзгерістер енгізілуі мүмкін екенін ескеріңіз. 802.11 е тобы ұсынған ағымдағы шешімдер:

- бәсекелестік режиміндегі жұмыспен гибридті үйлестіру функциясы (hybrid coordination function, PCF). Жиі бұл шешім кеңейтілген үлестірілген үйлестіру функциясы деп аталады (enhanced DSF, DSF);
- Кезекпен кіру режимінде жұмыс істеу HCF;
- Бәсекелестік режимінде HCF-EDSF қатынау механизмі.

Кесте 1.1 - Трафик сыныптарының қолжетімділік санаттарына сәйкестігі

| Стандарт бойынша<br>КҚ 802.1D | Сипаттамасы                         | СА және кезектілік<br>хабарлар                |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1                             | Төмен басымдық                      | 0   |
| 0                             | Төмен басымдық                      | 0   |
| 2                             | Ең көп қолайлылығы<br>(best effort) | Бейне зондтау (videoprobe)<br>Видео<br>Дауысы |
| 3                             | Дабыл/бақылау                       | 1   |
| 4                             | Видеозондтау (video probe)          | 2   |
| 5                             | Видео                               | 2   |
| 6                             | Дауыс                               | 3   |
| 7                             | Жүйені басқару                      | 3   |

802.11 е стандарт спецификациясының жобасында барлық деректерді сегіз сыныпқа бөлуге әрекет жасалды. Балама қол жеткізу режимінде ЭЦҚ және HCF осы сегіз класты пайдаланады, олар қозғалыс кластары (ТК) деп аталады, олардың 802.1D стандартында анықталған сегіз кластармен байланысы 1.1 кестеде келтірілген.

Трафик от тиіс қамтамасыз ететін сапасы клиенттердің байланысты бөлінуі үлкен төрт санатқа, санаты деп аталатын қол жеткізуді (access categories, CA). Санаты қол жеткізу 0-3 көрсетеді басымдық сынып стандарттың 802.1 D.

Кез келген қамтамасыз ететін жүйе жоғары сапалы, мұқтаж үш негізгі компоненттері:

механизмі жіктеу трафик;

механизмі белгілер трафик тиісті мәні байланыс сапасын (QoS);

механизмі дифференциалдау және приоритизация трафик основывающийся мән-маңызына QoS.

Кесте 1.2 келтірілген орнатылатын әдепкі параметрлері, мұндай ені терезе бәсекелестік (CW), AIFS және TXOP үшін әрбір санаты кіру (CA).

Кесте 1.2 - Параметрлері ортасына қол жеткізу әр түрлі санат қол жеткізу

| AC | CWmin                   | CW max                   | AIFS | TXOP (802711b) | TXOP (802.11a/g) |
|----|-------------------------|--------------------------|------|----------------|------------------|
| 0  | Стандартты 802.11 CWmin | Стандартты 802.11 CW max | 2    | 0              | 0                |
| 1  | Стандартты 802.11 CWmin | Стандартты 802.11 CW max | 1    | 3,0 мс         | 1,5 мс           |
| 2  | $((CWmin + 1)/2) - 1$   | Стандартты 802.11 CW min | 1    | 6,0 мс         | 3,0 мс           |
| 3  | $((CWmin + 1)/4) - 1$   | $((CWmin + 1)/2) - 1$    | 1    | 3,0 мс         | 1,5 мс           |

Жұмыс HCF кезеңінде, еркін бәсекелестік

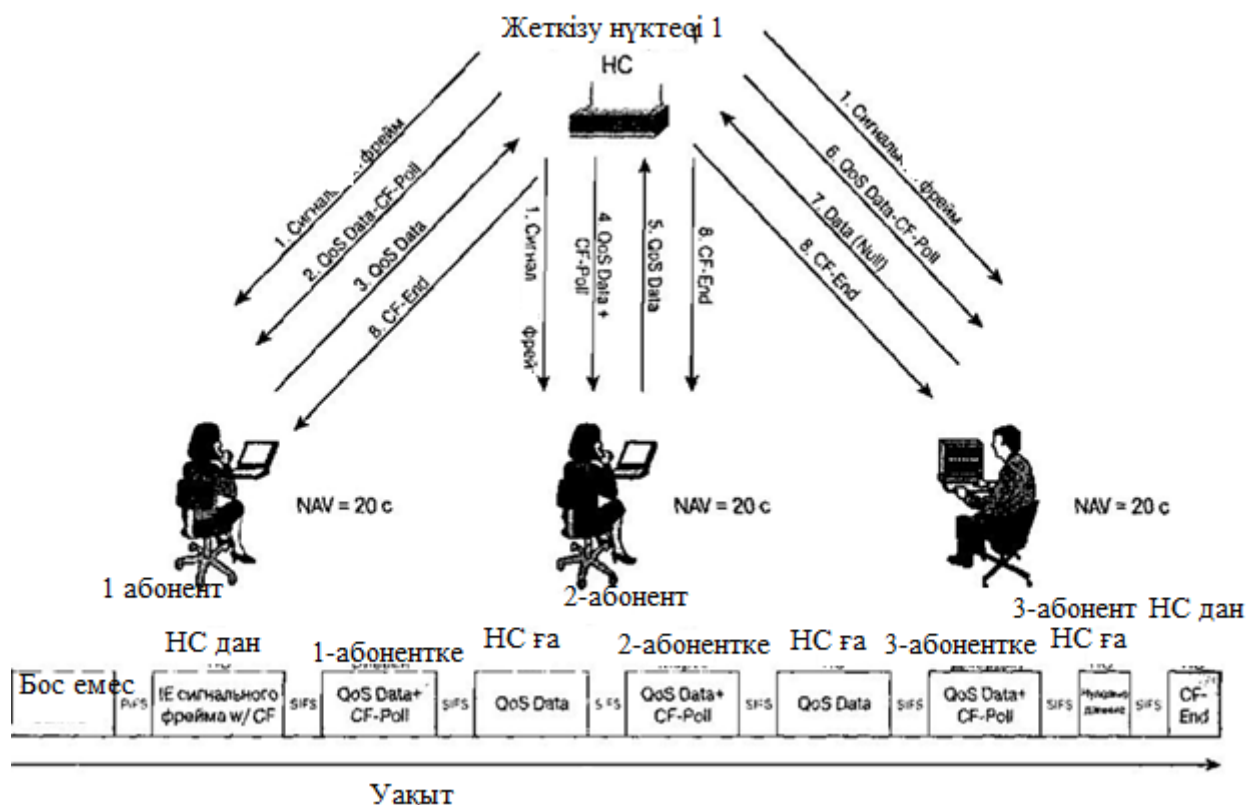
Жұмыс кезеңінде HCF, от бәсекелестік еркін, тұрады келесі (сурет 1.2):

- кіру нүктесінің сигналдық жақтауы жіберілді, IE қамтитын, параметрлер белгілейтін нақты функциялары үйлестіру (PCF), онда кезде анықталады бастау және кезең ұзақтығы, еркін бәсекелестік (CFP).

- HCF механизмін қолдайтын гибридік координатор (HC) CF-Poll сұрау оларға QoS-фреймдерді жіберу станцияларына TXOP ұсынады.

- бұл станциялар SIFS уақыт аралығында деректер фреймдерімен (QoS Data) немесе qos-фрейммен нөлдік жауап бере алады, бұл станцияда трафик жоқ немесе ол бергісі келетін фрейм ол уақыт ішінде TXOP кезеңінде оған берілген мұны істей алуы үшін тым үлкен.

- бәсекелестіктен бос кезең осы CF-End кезеңнің соңы жақтаудың HC жібергенде аяқталады немесе CFP ұзақтығы аяқталады.



Сурет 1.2 - Бәсекелестіктен бос кезеңдегі жұмыс

### НСF кіріс басқару

НСF басқарылатын қол жетімділік жұмысымен EDCF айырмашылығы - НCF кіруді басқару механизмі. DCF механизм кіруді үлестірілген басқару станцияларымен қолдану (DACS) станциялар ақпараттық QoS элементінің көрсетілген параметрлерінің жиынтығында тарату үшін қолма-қол бюджетті түсіндіретін және сақтайтынына негізделген. Ал НCF VoIP сияқты ақпараттық ағын трафигіне арналған жеке резервтеу параметрлерін (particular reservation parameters) сұратуды талап етеді. Бұл гибриді үйлестіруші сұралған ақпараттық ағындарды беру үшін сымсыз бюджеттің жеткілікті болуын бағалауы және анықтауы тиіс. Содан кейін ҚҚС қабылдауға, бас тартуға немесе осы балама параметрлердің станцияларын ұсынуға тиіс. Бұл механизм DAC карағанда төзімді және тиімді.

Гибриді үйлестіруші ағындар кестесін, ақпараттарды қатаң түрде басшылыққа алуы керек және NS іске асырылуына байланысты олардың кейбіреулері басқаларына карағанда әлдеқайда тиімді болып шығуы мүмкін.

НСF кірісін басқару TSPEC деп те аталатын IE берілу сипаттамасында сипаттамалық параметрлермен бірге шоғырланған. TSPEC элементі клиенттік станцияға келесі параметрлерді көрсетуге мүмкіндік береді:

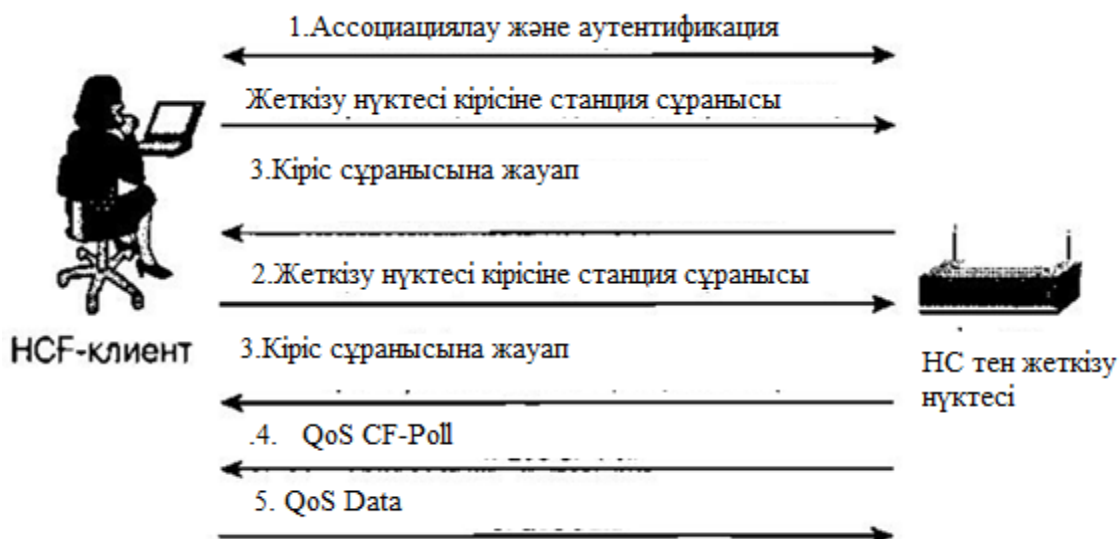
- 802.1 D стандартты жақтау/ағынының басымдығы;

- жақтау өлшемі;
- фрейм жылдамдығы (мысалы, секундына пакеттер саны);
- деректерді беру жылдамдығы (мысалы, бит / с);
- кешігу.

Кейбір жағдайларда НС қолданыстағы ақпараттық ағындарға арналған шарттарды нашарлатпай TSPEC жаңа қолдауы мүмкін емес.

Гибридті координатор опция бар, клиентке TSPEC балама немесе жалпы TSPEC қабылдамауға мүмкіндік береді. Бірінші жағдайда келесі оқиғалар болады (1.3 сурет):

- BSS станциясы процедураны аутентификациялау және ассоциациялауды жүзеге асыру арқылы қосылады;
- станция кіріс сұрау оған қажетті TSPEC көрсетілген QoS үшін МА сұрау жібереді;
- клиенттік станцияның гибридті координаторы TSPEC баламалы МА-жауапты жібереді;
- егер TSPEC клиент үшін балама болса, алдыңғы сценарийден бастап процесс жалғасуда;
- егер TSPEC балама клиент үшін жарамсыз болса, соңғы МА TSPEC жою үшін жібереді.



Сурет 1.3 - HCF кіру құқығын алу үшін жіберілетін Басқарушы Хабарлар

## 1.5 Сымсыз желілерде қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ететін стандарттарды талдау

### 1.5.1 WMM стандарты (Wireless Multimedia).

Сонымен қатар, бұл қызмет көрсету сапасының сымсыз желісінен (QoS) талап етіледі, олардың функционалдылығына байланысты. QoS сымсыз

желілерде қатынау нүктелерін приоритизация трафигіне қамтамасыз етуге мүмкіндік береді және әр түрлі қосымшалар арасында желілік ресурстар жолын бірлесіп бөлу үшін оңтайландырады. Qos-та қосымшадағы қызмет көрсету сапасы жоқ әр түрлі құрылғыларда жұмыс істейтіндердің барлығы кадрлардың деректерін беру үшін тең мүмкіндіктерге ие.

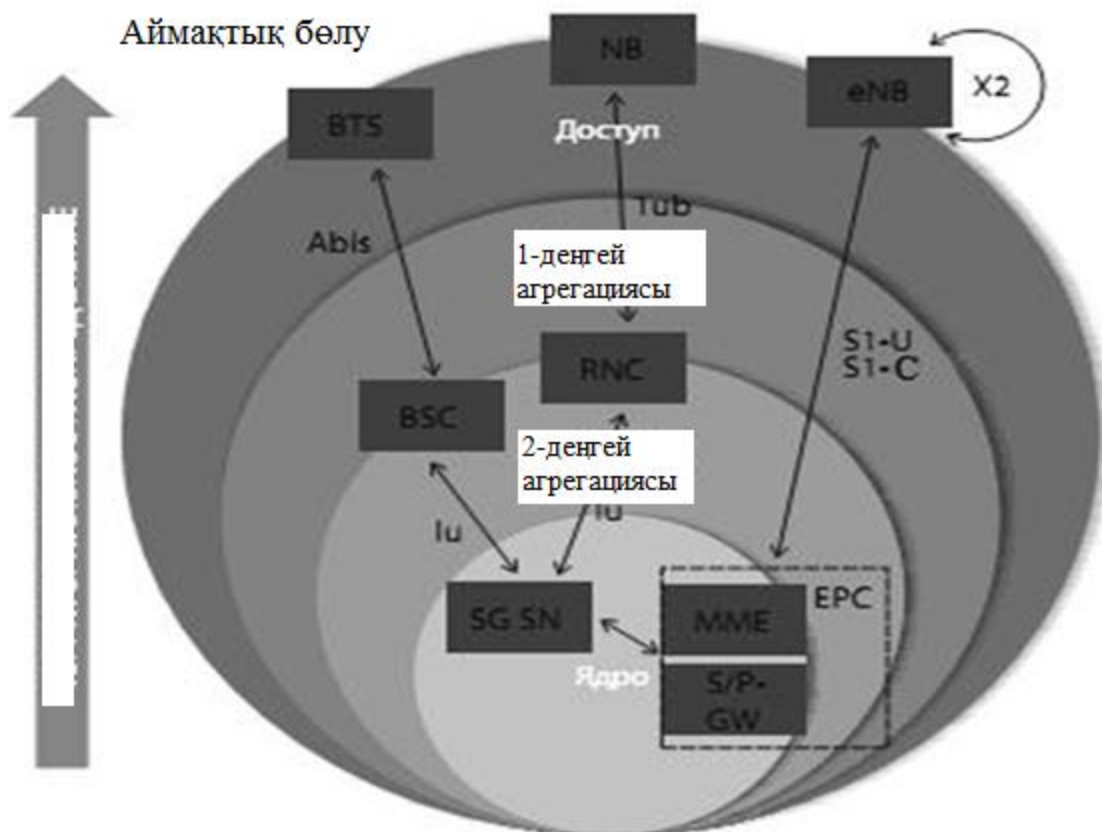


## 2 Сымсыз желі стандарттарына шолу

### 2.1 LTE немесе Long Term Evolution

3GPP Long Term Evolution (LTE) - MMS сияқты үлкен деректер мен ақпараттарды қажет ететін, қосымшаларды пайдалануға, жіберуге арналған өткізу қабілеті мен қызмет көрсету сапасын (QoS) қамтамасыз ету үшін қажет 3GPP (3-буын серіктестік жобасы) жасаған мобильді деректер технологиясының атауы. (мультимедиялық хабарлама қызметі). LTE-дің жаңартылған желісінен (EPS) жетілдірілген пакеттік тарату жүйесін (EPS) қамтиды, ол жерде радиокатынау (E-UTRAN) және жақсартылған пакеттік коммутация орталығын (EPC) тұрады және ақпаратты беру үлкен өткізу қабілеттілігімен, төмен кідірістермен және IP оңайлатылған архитектурасы арқылы үлкен өткізу жолағының енімен қамтамасыз етеді. Сондай-ақ LTE мобильді провайдерлеріне мегабайтқа құны азайған жаңа буынның сымсыз кеңжолақты сервисін ұсынады. Сонымен қатар, LTE болашақ технологиясы сияқты барлық желілермен бірге жұмыс істеу үшін арнайы әзірленген, ұялы байланыс провайдерлеріне ертеңгі байланыс қажеттіліктеріне сәйкес өз желілерін трансформациялауға көмектесу үшін. Ол дауыстық ақпарат пен деректерді беру үшін сапалы қызмет көрсетеді. Желілік технологиялар тұрғысынан LTE басты инфрақұрылымының алдыңғы буындардың барлық ұялы байланыс желілерінен айырмашылығы, ол IP-хаттама базасында – абоненттік терминалдан сервистерді ұсыну торабына немесе қосымшалар серверіне дейін толық құрылудан тұрады. 3G желілерінде контроллерге (RNC) дейін пайдаланушылық трафик келеді, ал деректер мен дауыстар одан кейін бөлінеді және өзінің "домендеріне жіберіледі»: деректер беру желісіне деректер, ал телефон желісіне дауыс беру, онда арналарды коммутациялау технологиясы қолданылатын классикалық және MSC коммутаторы. LTE желісінде "домендерге" бөлу жоқ: деректер және дауыс (IP-пакеттерге оралған), және бірыңғай пакеттік ядро арқылы трафиктің барлық басқа түрлері Evolved Packet Core беріледі.

LTE желілерінің жаңа, жазық IP-архитектурасы көлік желілеріне жаңа талаптар қатарын да алып келеді. IP-адрестеу желісінің (MME, S/GW, zonet) құрылғылары арасында пакеттерді тарату үшінші деңгейге негізделген. Ол төменгі деңгейдегі инфрақұрылымдармен жүзеге асырылады. Сонымен қатар, LTE архитектурасы бұдан былай "нүкте-нүкте" топологиясымен сөздің қатаң мағынасында емес, бұл 2G желілерінде болған сияқты. IP-архитектурасы және BSC контроллерінің болмауы ядроның мобильді желісінің осалдығына байланысты көлік желісінің қауіпсіздігіне аса көңіл бөлуді талап етеді.



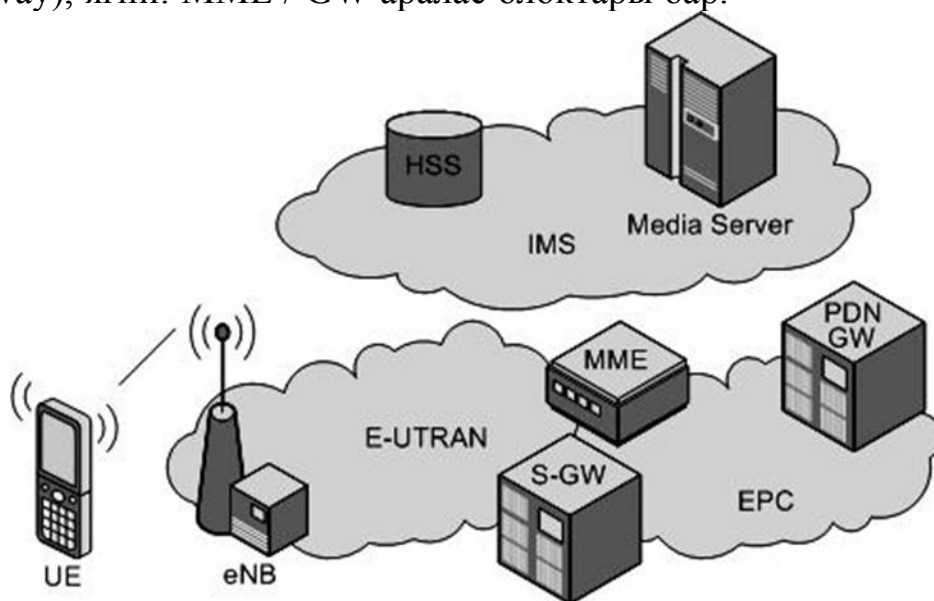
Сурет 2.1 - 2G, 3G және LTE желілерінде трафикті тарату үшін RAN радиокатынау желілерінің архитектурасы

Бұл жаңа архитектурада трафик IP-хаттама бойынша беріледі. Сондықтан Abis және Iu GSM интерфейстерінің орнына жаңа интерфейстер пайда болады - S1 және X2 (S1-у-пайдаланушы деректерді тарату интерфейсі; S1 – с - Mme қызметтік интерфейсі; X2-хэндоверді қамтамасыз ету үшін базалық станциялар арасындағы физикалық интерфейс).

### 2.1.1 LTE желісінің жалпы құрылымы

LTE желісінің архитектурасы пакеттік трафикті қолдау "жіксіз" ұтқыр, пакеттерді жеткізудің ең аз кідірістерімен және қызмет көрсету сапасының жоғары көрсеткіштерімен қамтамасыз ету үшін әзірленген. Мобильдік желі функциясы ретінде оның екі түрі қамтамасыз етіледі: дискретті ұтқыр (роуминг) және үздіксіз ұтқыр (хэндовер). LTE желілері қолданыстағы барлық желілермен роуминг және хэндовер процедураларын қолдауы тиіс болғандықтан, LTE-абоненттері (терминалдар) үшін сымсыз кеңжолақты қатынау қызметтерін жаппай қамту қамтамасыз етілуі тиіс.

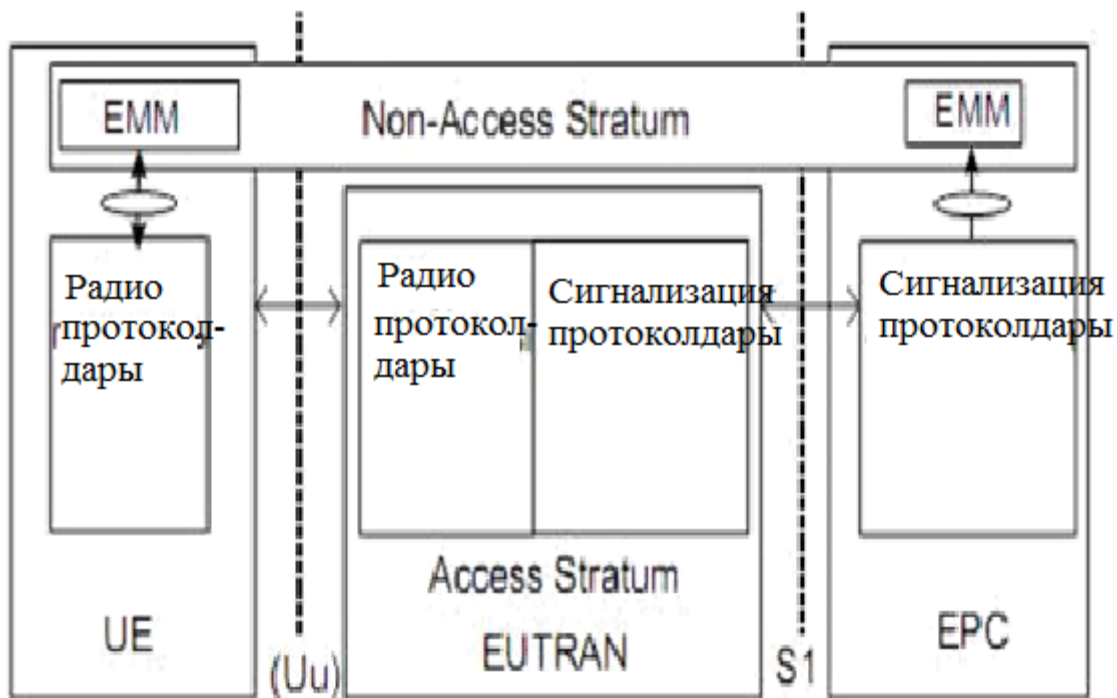
Пакеттік жіберу барлық қызметтерді, соның ішінде пайдаланушы дауыстық трафигін беруге мүмкіндік береді. LTE желісінің архитектурасын "жалпақ" деп атауға болады, себебі екі торап арасындағы барлық өзара іс-қимыл: базалық станция (БС), В-торап (Node-B, eNB) және БУМ (MME, Mobility Management Entity) мобилді басқару блогы, әдетте, Желілік шлюзді (MME, Mobility Management Entity) қамтитын реализация деп атауға болады. GW, Gateway), яғни. MME / GW аралас блоктары бар.



Сурет 2.2 - LTE желісінің архитектурасы

Айта кетейік, контроллер талшықты аса маңызды рөл ойнаған желілерде ұрпақтар алдындағы, мұрагерліктен шеттетілуі басқару ағынымен деректер (іс жүзінде ол тіпті жоқ құрылымдық сұлбалары), ал оның дәстүрлі функциялары — радиоресурсами басқармасы, тақырыптарын қысу, шифрование, сенімді жеткізу пакеттерді және т. б. тікелей берілуі БС. Суретте 2.2 схемасы ұсынылған LTE желісінің, екі маңызды компоненттері: E-UTRAN радиоқатынау желісі және SAE базалық желісінің (System Architecture тұратын Evolution) [3].

MME тек қана желілік сигнал беру деп аталатын қызметтік ақпаратпен жұмыс істейді, сондықтан IP-пакеттер, пайдаланушы ақпараты бар, ол арқылы өтпейді. Мұндай сигнал берудің жеке блогының артықшылығы желінің өткізу қабілетін пайдаланушы трафигіне, сондай-ақ қызметтік ақпаратқа қарамастан арттыруға болады. MME басты функциясы ПТ (UE – User Equipment) пайдаланушы терминалдарын басқару күту режимінде, шақыруларды қайта бағыттау, авторландыру және аутентификация, роуминг және хэндовер, қызметтік және пайдаланушы арналарын орнату және т. б. болып табылады. 2.3 суретте LTE желісінің құрылымы келтірілген, олардан функционалдық қатынастардың екі қабаты көрінеді: радиоға қол жеткізу қабаты (AS, Access Stratum) және радиоға қол жеткізу қабатының сыртқы қабаты (NAS, Non-Stratum).



Сурет 2.3 - LTE желісінің жалпыланған құрылымы

UE пайдаланушы жабдығының аймағы мен е UTRAN желісінің радиокатынау аймағы арасындағы түйісу Uu-интерфейс деп аталады; радиокатынау желісінің аймағы мен EPC – S1 базалық желісінің аймағы арасындағы түйісу-интерфейс болып табылады. Uu және S1 интерфейстеріне жататын әртүрлі хаттамалардың құрамы мен жұмыс істеуі екі жазықтыққа бөлінген: пайдаланушы жазықтығы (UP, User Plane) және басқару жазықтығы (CP, Control Plane).

S1 интерфейсінің арқасында MME/up бірнеше тораптары бар базалық станциялар қосылған, бұл желілік ресурсты неғұрлым икемді пайдалануға мүмкіндік береді. Мұндай интерфейс S1-flex деп аталады.

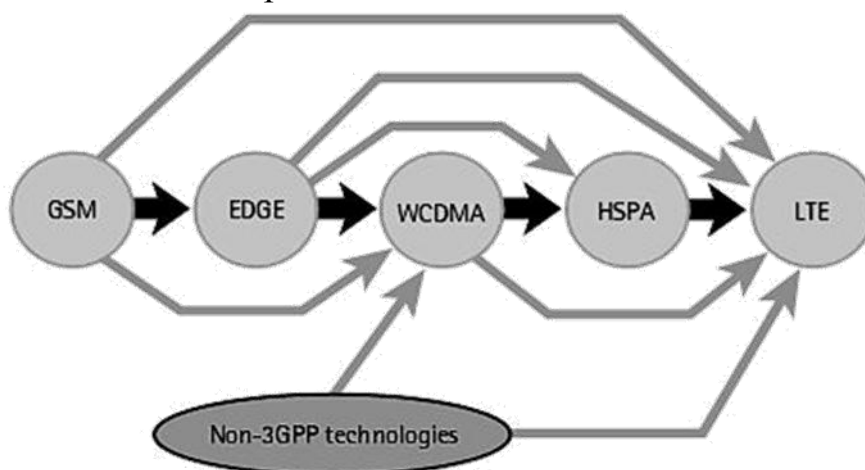
LTE-бұл CDMA (WCDMA) жүйесінен OFDMA жүйелеріне ауысуды білдіретін терең өзгеріс, сондай-ақ арналар коммутациясы бар жүйелерден e2e IP (дестелер коммутациясы) жүйесіне ауысуды білдіретін терең өзгеріс. LTE-ге өту мәселелері кең арнадан артықшылықтарды алу үшін жаңа спектрді қамтиды. Сонымен қатар, LTE және 3G желілерінде бір уақытта жұмыс істеуге қабілетті абоненттік құрылғылар талап етіледі (2.4 сурет).

2G және/немесе 3G/UMTS желілері салынған операторлар үшін ең жақсы нұсқа сервистерді үзбей бір басқарылатын және бірқалыпты хэндоверлерді қолдайтын 2G/3G/LTE конвергентті желісі болып табылады.

Мұндай желі құру үшін конвергенттік нұсқада желінің барлық құраушылары қол жетімді болуы тиіс:

- конвергентті мультдартты BTS;
- конвергентті көлік желісі;
- конвергентті O&M (пайдалану және қызмет көрсету);

- конвергенттік қызметтер.



Сурет 2.4 - LTE және 3G желілерінде қосылу үрдісі

LTE-дің бірінші, алдын ала сипаттамалары 3GPP Release 7, содан кейін Release 8 (2.1-кесте) ерекшелігін әзірлеу барысында алынды.

Кесте 2.1 - 3GPP Release 8 спецификациясында бекітілген LTE негізгі параметрлері

| Параметр атауы  | Параметр  |
|---|---|
| Uplink (UL): шығыс қосылымы                               | DFTS-OFDM   |
| Downlink (DL): төмендеу қосылым                           | OFDM  |
| жиілік диапазонының ені МГц,                              | 1,4; 3, 5; 10; 15; 20   |
| кадрлар арасындағы ең аз аралық, Мс                       | 1   |
| қосалқы құрылғылар арасындағы кадам (жиілік аралығы) кГц, | 15  |
| CP префикстің стандартты ұзындығы, Мкс                    | 4,7   |
| CP префиксінің үлкейтілген ұзындығы, Мкс                  | 16,7  |
| Модуляция сұлбалары (Uplink)                              | BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM   |
| модуляция сұлбалары (Downlink)                            | QPSK, 16QAM, 64QAM  |
| Кеңістіктік мультиплекстеу                                | Күніне ультра трафик үшін бір арна абоненттік терминал; 4 арнаға дейін бір DL трафигі үшін абоненттік терминал; MU-MIMO бірге ағымды қолдау (UL) және төменгі (DL) қосылыстар |

Оператор қандай желінің (желілердің) болуына байланысты, нұсқалар қолда бар тіреулерді (кабинеттерді) пайдалана отырып, сондай-ақ шығарылатын құрылғылар мен бөлінген архитектураны қолдана отырып, жабдықты орналастыру мүмкін болады.

## 2.2 Wi-Fi Технологиясы

Wi-Fi (ағылшын тілінен wireless fidelity - сымсыз байланыс) – 802.11 кеңжолақты сымсыз байланыс стандарты және ұйымдастыру үшін жергілікті компьютерлік желілердің сымсыз желілерін, сондай-ақ Интернетке жоғары жылдамдықты қатынауды құрудың ыстық нүктелерін қолданады.

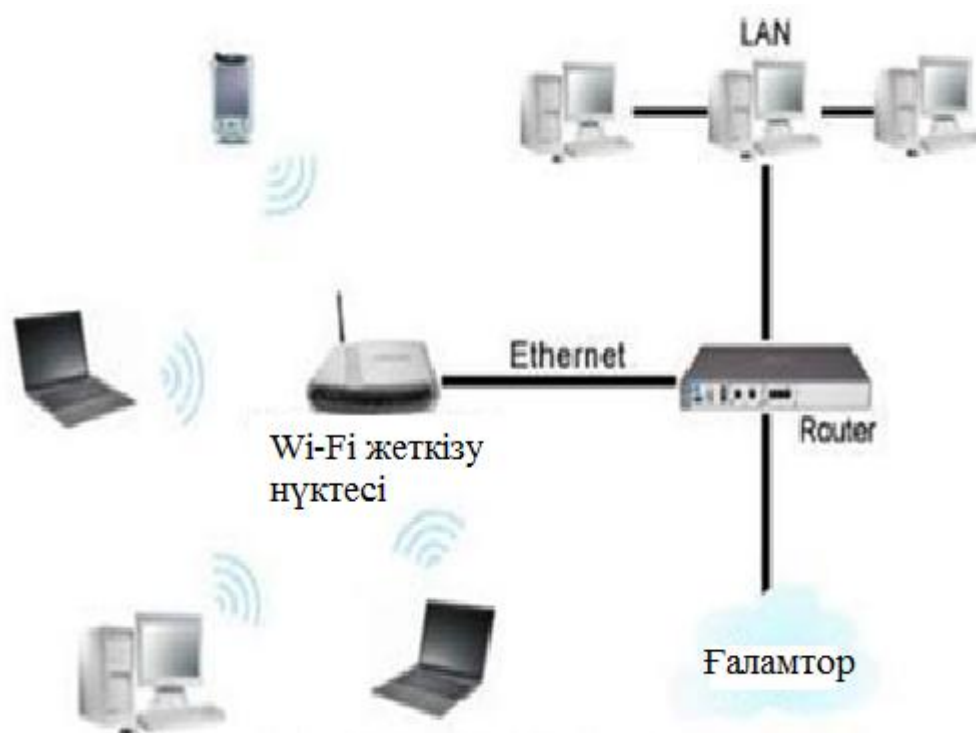
IEEE 802.11 стандарты IEEE 802.11 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, N болып бөлінеді. IEEE802. 11a-5 ГГц ауқымында негізделген сымсыз жергілікті желі стандарты. Диапазон үш қиылыспайтын поддиапазонға бөлінген. Алмасудың максималды жылдамдығы 54 Мбит / с құрайды, сонымен қатар жылдамдық қолжетімді 48, 36, 24, 18, 12, 9 және 6 Мбит / с. IEEE802. 11b-2,4 ГГц ауқымында негізделген сымсыз жергілікті желі стандарты. Барлық диапазонда үш қиылыспайтын арна бар, яғни бір аумақта, бір-біріне әсер етпей, үш түрлі сымсыз желі жұмыс істей алады. Стандартта екі типті модуляция - DSSS және FHSS қарастырылған. Жұмыстың максималды жылдамдығы 11 Мбит/с құрайды, сонымен қатар 5,5, 2 және 1 Мбит/с жылдамдықпен қол жетімді. IEEE802. 11b+ - жекелеген орындаудағы стандарттағы 802.11 b жақсартылған нұсқасы, мәліметтерді алмасу жылдамдығын арттыру қамтамасыз етеді.

Texas Instruments компаниясының интерпретациясында ерекшеленеді. Wi-Fi адаптері желінің желі картасы сияқты функцияны орындайды. Ол үшін компьютер қолданушының сымсыз желісіне қызмет етеді. Centrino платформасының арқасында заманауи барлық ноутбуктер кіріктірілген Wi-Fi адаптерлері көптеген заманауи стандарттармен үйлесімді. Wi-Fi-адаптерлермен, әдетте, және КПК жабдықталған (қалта дербес компьютерлер), бұл оларды сымсыз желілерге қосуға мүмкіндік береді. Сымсыз желіге кіру үшін адаптер басқа адаптерлермен тікелей байланыс орнатуға болады. Бұл желі сымсыз біррангты желі деп аталады немесе Ad Hoc ("жағдайға" аударғанда).

Адаптер сондай – ақ арнайы құрылғы арқылы байланыс-кіру нүктесі арқылы орната алады. Мұндай режим инфрақұрылым деп аталады. Сигналдар эфир арқылы қамтамасыз етіледі. Қабылдаушы станция бірнеше таратушы станциялардың диапазонында жұмыс сигналдарын ала алады. Сонымен қатар, бұл қызмет көрсету аймағының идентификаторы (service set indentifier, SSID) алынатын сигналдарды сүзгілеу және оған қажетті белгілерді бөлу үшін қолданылады. Қызмет көрсету аймағы (service set, SS) логикалық топтастырылған құрылғылар сымсыз желіге қосылу деп аталады. Базалық қызмет көрсету аймағы (basic service set, BSS) - бұл байланыс бойынша басқа

байланысқан станциялардың тобы. BSS технологиясы қол жетімділік нүктесі деп аталатын ерекше станцияны білдіреді (access point).

Жоғарыда аталған құрылғылардың көмегімен қатынау схемасы 2.5 суретте көрсетілген.



Сурет 2.5 - Wi-Fi қатынауын ұйымдастыру сұлбасы

Бірінші Wi-Fi - 802.11 спецификациясы сигнал беруді таңдауы бойынша үш түрлі жолмен көздеді. Олардың екеуі 2400 МГц - ден 2483 МГц-ке дейінгі диапазонда пайдаланылды, атап айтқанда, біреуі FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) жиіліктік секірулер әдісіне, ал екіншісі-DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) тікелей реттілік әдісіне негізделді. Үшіншісінде, кіру нүктесі мен клиенттер арасында инфрақызыл диапазон пайдаланылды, өйткені сигнал төбеден шағылысуы керек. 802.11b спецификациясында үш әдістің біреуі ғана DSSS - қалады. Ал 802.11 a стандарты мен 802.11 g үшін жаңа әдіс таңдалынды-OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), сигнал бірнеше жиіліктер бойынша бір мезгілде жіберілетін көптеген азға бөлінеді.

802.11b спецификациясында үш әдістің біреуі ғана қалады - DSSS. 802.11a стандарттары мен 802.11g үшін жаңа әдіс таңдалды - OFDM (ор Orthogonal Frequency Division Multiplexing), сигнал бірнеше кішіге бөлінеді, олар бір уақытта бірнеше жиілікте жіберіледі. Сонымен қатар, 802.11 a ерекшелігі басқа жиілік диапазоны іске қосылатындардың барлығынан ерекшеленеді: 5150-5825 МГц.

Сонымен қат Wi-Fi барлық 802.11 спецификациялар үшін максималды қашықтық 300-400 метр ауданында ашық Үй - жайлар үшін, ал жабық үй-жайлар

үшін-90 метр. Бұл шектеу қатаң емес болып табылады, және бағытталған антенналарды пайдалану, тікелей жағдайда көріну, қуып мүмкін сигнал қашықтықта бірнеше тәртібін шақырым. Сонымен бірге, деректерді берудің максималды жылдамдығы кез келген қашықтықта қамтамасыз етілетініне сенім артпайды-алыстан шығу мүмкіндігі кіру нүктесінен қашықтықты пропорционалды түрде төмендете түседі.ар, бір-бірін жартылай жабатын бірнеше арналарға (тар жиіліктер белдеулеріне) шартты түрде бөлінеді.

### **2.2.1 Wi-Fi желілеріндегі деректерді қорғау технологиялары**

WEP (Wired Equivalent Privacy, немесе балама сымды Қорғаныс Бұл сымсыз даму желілерінің ерте кезеңдерінде қорғаныс тәсілі қолданылды. Деректер арнайы кілттердің көмегімен шифрланады -- кілт пароль ұзындығы 5 немесе 13 символдан тұрады ASCII (статикалық бөлім) және кездейсоқ түрде қалыптастырылған инициализация векторы (үш AscIIсимволдан). Бұл вектор қуатты компьютерге қатысты бірнеше сағат жұмыс тікелей аралықпен таңдау қиын емес және кілтті таңдау. Бүгінгі күні WEP технологиясы оның болмауы тең деп саналады. Пайдалану ұсынылмайды. Vpn (Virtual Private Network) бұл - технология Intel компаниясы ұсынған және қауіпсіз қосылу үшін Интернет жалпыға қолжетімді арналар бойынша серверлермен клиенттік ДК арналған. VPN шифрлау және аутентификация сенімділігі тұрғысынан өте жақсы. Бұл технология сымсыз желілерде қолдану үшін әзірленбеген болса да, ол табысты және мұнда қолданылуы мүмкін. Бірнеше жыл ішінде vpn желілерін бұзу туралы ақпарат болған жоқ. Үлкен қорғаныс жолы, үлкен компанияға бағытталған. Сауатты әкімшілендіруді талап етеді. Айтпақшы, VPN технологиясы біздің "iLand" компаниясында табысты қолданылады, бұл қызметкерлерге деректерді алмасу немесе "өз" сервері арқылы Интернетке шығу үшін кез келген жерден кеңсе желісіне қосылуға мүмкіндік береді.

3G, WiMAX және Wi-Fi сымсыз технологиялары көптеген салаларда қолданылады. Ұялы байланыс саласында 3G жұмыс істейді және дауыс пен деректерді жіберуді қамтамасыз етеді, рас, деректер беру жылдамдығы әзірге жоғары емес. WiMAX технологиясы 3G қарағанда тек IP-ге бағытталған және оңай, сондықтан ыңғайлы. Оның негізінде желіні тез ашуға болады, ал WiMAX өткізу қабілеті, оның ішінде дауысты беру үшін де үлкен перспективалар бар. Алайда, 3G-жетілген, жұмыс технологиясы, ал WiMAX перспективалы болса да, әлі де жеткілікті әзірленбеген. Wi-Fi технологиясы шектеулі қашықтықта жұмыс істейді, егер теориялық жағынан 200-300 м қашықтыққа қол жеткізуге болатын болса, онда үлкен саны бөгеуіл мен бөгеуіл саны бар ірі қалалар жағдайында ол әдетте 30 м шектелген және әдетте үй-жайлардың ішінде қолданылады. Осылайша, Wi-Fi байланысы үйге және кеңсеге ыңғайлы. Кең көлемді Wi-Fi желілері бар, бірақ олар өте үлкен, адамдар көп шоғырланатын бөлмелермен,



мысалы, әуежайларда, ірі қойма кешендерінде, қонақ үйлерде, көрме павильондарында бірдей шектелген.

### 2.3 WiMAX технологиясы

WiMAX технологиясы өте перспективалы технология, бірақ ол өте кең жиіліктік спектрін талап етеді. Және бұл мәселе құқықтық тұрғыда реттелмейді, WiMAX желісінің үлкен өсуіне сенім артпайды.

Бұл технология үш бәсекелестер емес және өзара толықтырушы оператор болып табылады – өйткені оларда әртүрлі базалық станциялардың қамту аймақтары бар. Wi-Fi шағын қашықтықта жұмыс істейтіні белгілі, және оны пайдалану қажет болған кезде. WiMAX технологиясы Интернет желісіне сымсыз кеңжолақты қатынау қажет болса ыңғайлы. Сонымен қатар, ол үшін ең қолайлы жол – орналасу орны мен нақты жұмыс жағдайларына байланысты, бұл үш технология – 3G, WiMAX және Wi-Fi – оңтайлы шығындар кезінде ең жақсы қамту аймағын қамтамасыз ету.

Алайда, барлық үш технологияда кемелдік дәрежесі әртүрлі екенін есте сақтаған жөн. 3G технологиясы және оны UMTS неғұрлым жетілген, сондықтан дайын бар өнеркәсіптік жабдықтар мен шешімдер, негізінде, ең бастысы, бар абоненттік терминалдар мүмкіндік беретін сервистерді жеткізу, өрістетіледі олар негізінде технологияның түпкі пайдаланушыларға. Wi-Fi технологиясы жеткілікті жетілген. Бірақ, өкінішке орай, WiMAX технологиясы туралы айтуға болмайды. Сонымен қатар, WiMAX-тің аса тиімді жиілік спектрін пайдалануға мүмкіндік береді.

WiMAX желісінің жалпы түрінде келесі негізгі бөліктерден тұрады — базалық және абоненттік станциялар, сондай-ақ бір-бірімен, жеткізуші сервистерімен және Интернетпен байланыстыратын базалық станциялар. Сонымен қатар, базалық станция мен қабылдағыш арасында тікелей көрінуді қамтамасыз ету талап етілмейді. Базалық байланыс станциялары арасында (тура көріну) орнатылады, 10-нан 66 ГГц-ке дейінгі жиіліктер диапазоны, деректер алмасу жылдамдығы 120 Мбит/с дейін жетуі мүмкін. Сонымен қатар, бір базалық станция кем дегенде провайдер желісіне сымды классикалық қосылыстарды пайдалана отырып қосылады. Алайда, провайдердің желілеріне қосылған BS саны неғұрлым көп болса, соғұрлым деректерді беру жылдамдығы және тұтастай алғанда желінің сенімділігі жоғарылайды. IEEE 802.16 стандарттары отбасының дәстүрлі стандарттары бар желілік құрылымы GSM желілеріне ұқсас (базалық станциялар ондаған шақырымға дейінгі қашықтықта жұмыс істейді, оларды орнату үшін тіректерді салу қажет емес - үйлердің төбесіне орнатуға станциялар арасындағы тікелей көріну жағдайында рұқсат етіледі).

Wi-Fi жағдайындағыдай, WiMAX екі деңгейлі ұйым болып табылады және физикалық қабат пен арнаның тіркесімі болып табылады.

Нәтижесінде келесі WiMAX мүмкіндіктерін тізімдейміз:

- IP-хаттамада негізделген, онда IP-жабдықтардың көптеген түрлері, стандартты хаттамалар мен құрылғылар интеграцияланады.
- (3-ші буын) бит/Гц, ұялы желілерде 1-1,5 немесе 1,5-2,5 (3-ші буын) спектралдық тиімділік 3-5 бит/Гц, ұялы желілерде 1-1, 5 немесе 1,5-2,5 (3-ші буын) бит / Гц.
- 2008 жылдан бастап WiMAX арзан желілік чиптері ноутбуктерге, телефондар мен тұрмыстық электрондық құрылғыларға кірістіре бастады.
- үйде интернетте 10-20 Мбит/с жылдамдықпен, ал жолда 2 Мбит/с жылдамдықпен жұмыс істеуге болады.
- WiMAX технологиясы деректерді беру үшін жасалды, сондықтан желінің топологиясы алынды, әлдеқайда оңай, қосылған ұялы желілерді масштабтау арқылы үлкен инвестициялар қажет емес.

### 2.3.1 WiMAX және LTE негізгі технологияларын салыстыру

3GPP жүйелерінің эволюциясының келесі қадамы-Long Term Evolution (LTE) жүйесі.

Олар ofdma технологиясы төмен түсетін арнада және SC-FDMA – өрлемелі арнада ерекшеленеді. Модуляция – ден 64-QAM, арна ені 20 МГц, дуплексирование TDD және FDD. Адаптивті антенна жүйелері, икемді қатынау желісі қолданылды. IP желілік архитектурасы толығымен. LTE жүйесінде WiMAX-та қолданылатын технологиялар мен әдістер қолданылады, сондықтан LTE жүйелерінің ұқсас тиімділігін күту керек (2.2 және 2.3 кесте).

Кесте 2.2 – LTE жүйелері параметрлерін 2x20 МГц жиілік жолағында WiMAX салыстыру

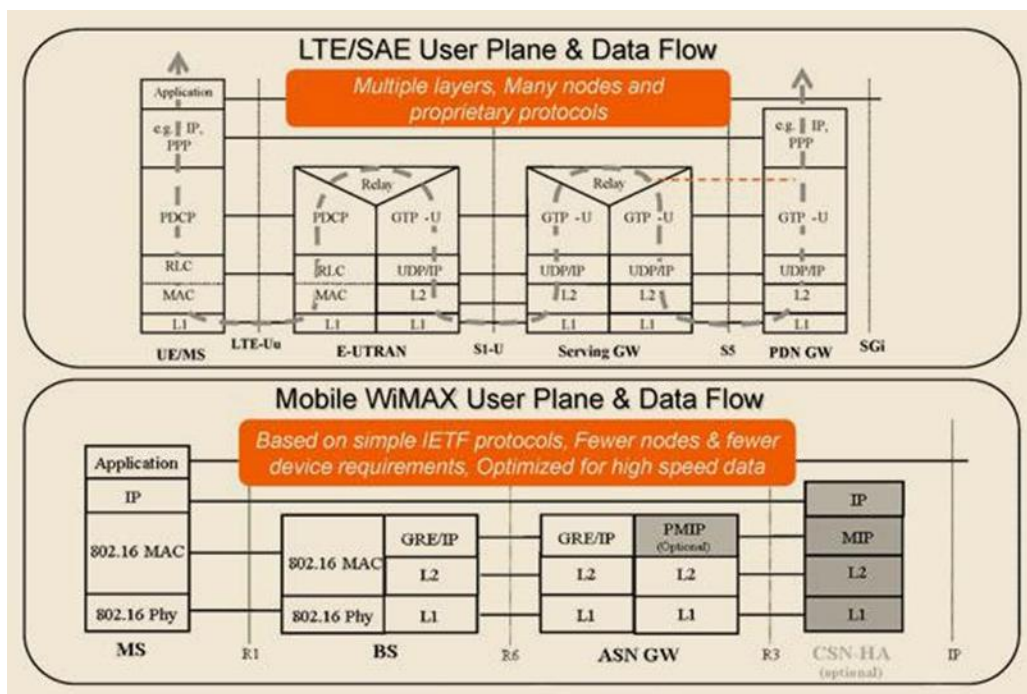
| Параметрлері                        | LTE        |            |            | WiMAX      |     |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----|
|                                     | Motorolla  | T-Mobile   | Qualcomm   |            |     |
| Төменгі каналдар                    |            |            |            |            |     |
| БС антеннасы                        | 2x2        | 2x4        | 4x2        | 2x2        | 4x4 |
| Модуляциялау және кодтау жылдамдығы | 64 QAM 5/6 | 64 QAM 5/6 | 64 QAM 5/6 | 64 QAM 5/6 |     |
| жылдамдығы Мбит/с                   | 226        | 144        | 277        | 144,6      | 289 |
| Шығыс каналдары                     |            |            |            |            |     |
| АС антеннасы                        |            | 1x2        | 1x2        | 1x2        |     |
| Модуляциялау кодтау жылдамдығы      |            | 64 QAM 5/6 | 64 QAM 5/6 | 64 QAM 5/6 |     |
| жылдамдығы Мбит/с                   |            | 50,4       | 75         | 69,1       |     |

LTE жүйелері - бұл 3G-дің революциялық жетілдіруі. LTE ауысуы CDMA жүйелерінен OFDMA жүйелеріне, сонымен қатар толық IP жүйесімен пакеттік байланысқа көшуді білдіреді. Сондықтан қолданыстағы ұялы желілерде оны жүзеге асыру технологиясы, қажеттілік кең арнадан алудың жаңа радиожиілік ресурстарын білдіреді. Кері үйлесімділік үшін қос режимді абоненттік құрылғылар қажет. Сондықтан 3G жүйесінен LTE-ге өте күрделі.

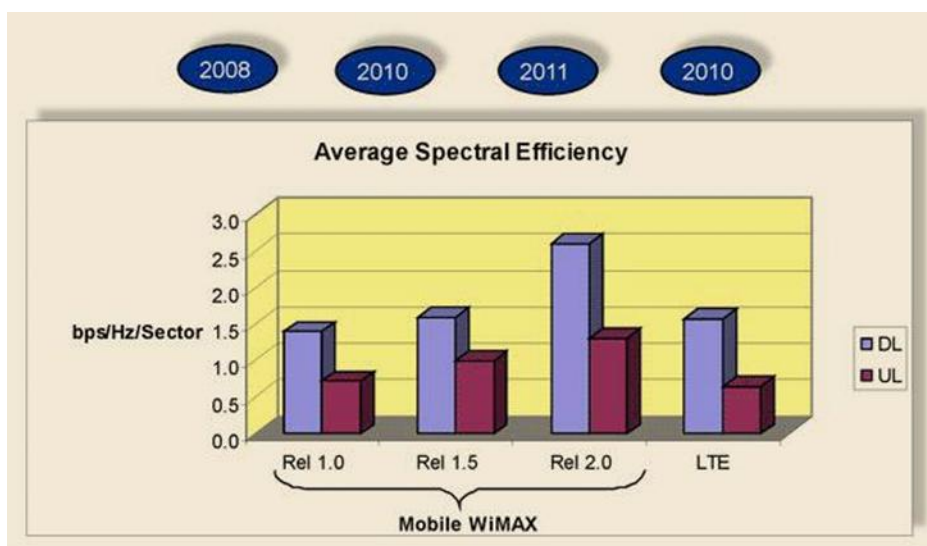
Кесте 2.3- LTE және WiMAX негізгі параметрлерін салыстыру

| Параметрлері                                    | LTE                | WiMAX              |
|---|--------------------|--------------------|
| Дуплекстеу (дуплексирование)                    | FDD и TDD          | FDD и TDD          |
| Талдау үшін жиілік диапазоны                    | 2000 МГц           | 2500МГц            |
| Каналдың ені                                    | До 20 МГц          | До 20 МГц          |
| Базадан   | OFDMA              | OFDMA              |
| Базаға  | SC-FDMA            | OFDMA              |
| спектрлік тиімділік, бит/Гц/с                   |                    |                    |
| төменгі каналдар, MIMO (2x2),                   | 1,57               | 1,59               |
| шығыс каналдары, SIMO (1x2),                    | 0,64               | 0,99               |
| ұялы телефонның максималды жылдамдығы, км / сағ | 350                | 120                |
| кадрдың ұзақтығы, Мс,                           | 1                  | 5                  |
| Антенналық жүйе                                 |                    |                    |
| Төменгі каналдар                                | 2x2, 2x4, 4x2, 4x4 | 2x2, 2x4, 4x2, 4x4 |
| Төменгі каналдар                                | 1x2, 1x4, 2x2, 2x4 | 1x2, 1x4, 2x2, 2x4 |

Табыстың спектрлік тиімділігіндегі артықшылық орналастыру желісінің өзіндік құнына (желінің өткізу қабілеттілігіне қатысты бірлігінің құнын қосқанда) болатындығын ескеріңіз. Сонымен қатар, каналдың өткізу қабілеті артып келеді, бұл операторларға қосымша қызметтерді енгізуге мүмкіндік береді. Ұялы WiMAX IP-желісін LTE-ті неғұрлым күрделі етеді (2.6-сурет).



Сурет 2.6 - WiMAX және LTE желілерінің жүйелік архитектураларын салыстыру



Сурет 2.7 - Орташа спектрлік тиімділікті салыстыру

WiMAX және LTE салыстыру қорытындылары:

- WiMAX, және LTE IMT-Advanced мақсаттарына жауап береді;
- IMT-Advanced ерекшеліктері әлі толық анықталмаған;
- IEEE 802.16 m стандарты IMT-Advanced ерекшеліктері мен талаптарын толығымен көрсетеді;

- WiMAX мобильді босату 1,5 және LTE ұқсас сипаттамалары бар.

Екі жағдайда да базадан желіде көп деңгейлі модуляциясы және кодтауы бар OFDMA қолданылады. Ең жоғарғы жылдамдық түзетуші кодтың бірдей

және жылдамдық модуляцияларының жиілігі кезінде бірдей. Екеуі де FDD және TDD екеуін де қолданады, арнаның ені 20 МГц-ке дейін дуплекстелген. Екеуі де MIMO үлкен және азайтылған кідірістердің еселіктерін пайдаланады;

- WiMAX мобильді 2.0 шығарылымының өткізу қабілеттілігі мен спектрлік тиімділігі LTE-ге қарағанда жақсы параметрлерге ие;

- WiMAX мобильді шығарылымы 2.0 1.0 және 1.5 шығарылымдарымен үйлесімді;

- 2G/3G-ден LTE-ге және ұялы WiMAX-қа желілерді түрлендіру үшін инвестициялар шамамен бірдей;

- LTE желілері үшін де, WiMAX желілері үшін де жаңа спектр қажет;

- екі желі үшін де көпрежимді абоненттік құралдар қажет.

### **2.3.2 WiMAX және Wi-Fi негізгі технологияларын салыстыру**

WiMAX және Wi-Fi желілерінің арасындағы салыстыру мен шатасу жиі болып табылады, өйткені олар екеуі де сымсыз және Интернетке қатынаумен байланысты. WiMAX Интернетке қосылуды нүктеге дейін жеткізу үшін спектрді қолданады. Әр түрлі 802.16 стандарттары тіркелген (сымсыз телефонға ұқсас) портативті коммутаторлардан қол жетімділіктің әр түрлі түрлерін ұсынады (сымсыз қосылуға балама, бұл аймақта соңғы пайдаланушының сымсыз қосылу нүктелері орнатылған).

Wi-Fi лицензиясы жоқ желіге кіруді қамтамасыз ету үшін спектр қолданылады. Wi-Fi соңғы пайдаланушы құрылғыларында көбірек танымал.

### 3 Есептеу бөлімі

IEEE 802.16 стандарты [1] WiMAX технологиясын сипаттайды (Микротолқынды қол жетімділік үшін бүкіләлемдік өзара әрекеттесу). WiMAX - бұл көптеген құрылғыларға: жұмыс станцияларынан және ноутбуктардан ұялы телефондарға дейін кең қашықтықтағы кең жолақты сымсыз байланысты ұсынуға арналған телекоммуникациялық технология. Жалпы алғанда, WiMAX желісі базалық және абоненттік станциялардан тұрады. Сонымен қатар, базалық станциялар Интернет шлюзі ретінде де қызмет етеді. [2]. Станциялар арасында мәліметтер алмасу үшін 1,5-тен 11 ГГц-ге дейінгі радиотолқындардың микротолқынды диапазоны қолданылады. Идеал жағдайда, деректер алмасу жылдамдығы 70 Мбит / с жетуі мүмкін және ол таратқыш пен қабылдағыш арасында тікелей көрінуді қажет етпейді [2].

Бір радиожилікте (арнада) жұмыс істейтін жүздеген абоненттік станцияларды (SS - абоненттік станция) бір базалық станцияға (BS - негізгі станция) қосуға болады. Әр SS-де деректер ортасына қатынауды қажет ететін көптеген қосымшалар жұмыс істей алады. Бұл қосымшаларда байланыс сапасына мүлдем басқа талаптар болуы мүмкін (өткізу қабілеті, кідіріс және т.б.). Мысалы, VIP (желі арқылы дауыс беру) қосымшалары кең өткізу қабілеттілігін қажет етпейді, бірақ жіберушіден алушыға пакеттік жеткізілімнің транзиттік кешігуі өте маңызды. FTP клиенті, өз кезегінде, кідіріс маңызды емес, бірақ өткізу қабілеті маңызды.

Бір BS-ге қосылған барлық SS-лер бір радиоарнада жұмыс істейтіндіктен, барлық таратқыштар мен қабылдағыштардың жұмысын үйлестіруге мүмкіндік беретін хаттама қажет. Сонымен бірге, қосымшалар радиоарналарға қол жетімді болуы керек, олардың әрқайсысына қызмет көрсету сапасының реттелген деңгейіне кепілдік берілуі керек, сонымен қатар жалпы қабылданған ағылшын тіліндегі «QoS» термині - Қызмет көрсету сапасы. WiMax желісін басқару жүйесінде қызмет көрсету сапасын QoS Scheduler деп аталатын ішкі жүйе басқарады.

#### 3.1 IEEE 802.16 QoS моделінің сипаттамасы

IEEE 802.16 стандарты [1] ашық жүйенің өзара байланысы (OSI) моделінің физикалық және байланыс қабаттарын сипаттайды. QoS Жоспарлағыш - MAC ішкі қабатының модульдерінің бірі (MAC - ағылшынша. Media Access Control - ашық жүйелердің өзара әрекеттесу моделіндегі деректерді беру ортасына қол жеткізуді басқарудың қосымша қабаты).

Бастапқыда WiMAX желілері операторлық деңгейдегі желілер ретінде қарастырылғандықтан, оларда QoS беру мәселесі бірінші кезектегі мәселе болып

табылады. IEEE 802.16 стандарты қызмет көрсету мәселелерін белгілі бір қызмет ағынымен байланыстырады.

Сервистік ағын - бұл нақты бағдарламамен байланысты мәліметтер ағыны. Әрбір ағынның өзіндік QoS қызмет көрсету класы бар, ал абонентке қажетті өткізу қабілеті - 16 биттік CID (Connection Identifier) сәйкестендіргіші тағайындалған сәйкес виртуалды арна беріледі. QoS қызмет көрсету класы әр абоненттік терминал үшін орнатылуы мүмкін немесе пайдаланушылар топтары үшін MAC-, IP-адресстер және т.б. бойынша белгіленеді. Бес QoS қызмет көрсету сыныбы бар:

- UGS (Unsolicited Grant Service) бірінші талабы бойынша қол жеткізу сыныбы, бұл кезде абоненттік станцияда алдын ала келісілген (желіге қосылған кезде) тіркелген тарату жылдамдығы дереу беріледі. Дестелерді коммутациялаудың қолданылуына қарамастан, бұл класс үздіксіз байланыс арнасын эмуляциялауға мүмкіндік береді және арналар коммутациясы сияқты, дәстүрлі телефонияда талап етілетін тұрақты тарату жылдамдығын қамтамасыз етеді;

- бұл жағдайда абоненттік станция САПАНЫҢ жоғалуынсыз ауыспалы жылдамдықпен кідіріске сезімтал ақпаратты беретін RT-VR (Real-Time Variable Rate) нақты уақыт режимінде деректерді беретін ауыспалы жылдамдықпен қатынау класы. Осылайша, айнымалы қысумен бейне ақпарат берілуі мүмкін;

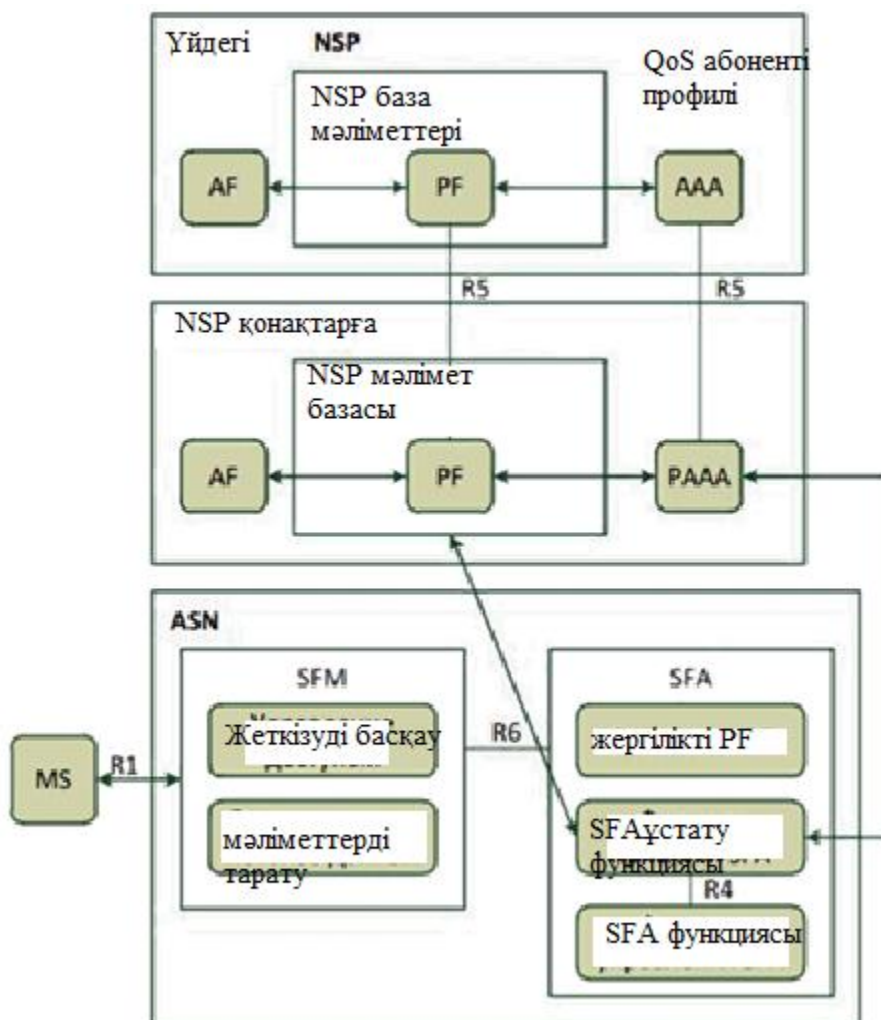
- NRT-VR (Non-Real-Time Variable Rate) нақты уақыт режимінде деректерді жібермей, ауыспалы жылдамдықпен қатынау класы кідіріске сезімтал емес, бірақ кепілді жылдамдықты талап ететін ақпаратты беру үшін пайдаланылады. Мысалы, Бұл сынып файлдарды (ftp, HTTP протоколдары);

- қазіргі уақытта BE (Best Effort) жылдамдығының ең жоғары мүмкіндігі режимінде қатынау класы тасымалдау жылдамдығына және кідіріс уақытына сыни емес деректерді беру үшін пайдаланылады. Көбінесе осы сынып үшін пайдаланылады деректер интернетте;

- деректерді беру үшін қосымшаларды нақты уақыт алғаш аралық арасындағы UGS және RT-VT бесінші кеңейтілген сыныпқа кіру айнымалы жылдамдықпен деректерді нақты уақыт режимінде on-line ERT-VR (Extended Real-Time Variable Rate), тұрақты жылдамдығын ұстап, мысалы, дауыс беру кезінде үзіліс паузаны басу арқылы қамтамасыз ету;

QoS инфрақұрылымына келесі элементтер кіреді:

- қызмет белгілей отырып, қосылыстар;
- жеткізу қызметтері: UPS, RT-VR, ERT-VR, NRT-VR;
- әрбір абонент үшін жеке талап етілетін QoS параметрлерін қамтамасыз ету модульдері;
- рұқсат саясаты негізінде қатынауды басқару модульдері;
- статикалық немесе динамикалық сервис ағындарын құру қызметтері.



Сурет 3.1 - WiMAX жүйесіндегі QoS қолдауы

IEEE 802.16 стандарты QoS инфрақұрылымын негізгі желілерде қолдайды (және тек BS және AC емес), желіде әр түрлі QoS талаптары бар абоненттерге тиімді қызмет көрсету үшін қосымша функционалды элементтер қажет: саясатты басқару модульдері (PF - Policy Function), қол жеткізуді басқару (AC - Admission Control), қызмет ағындарын авторизациялау (SFA - Service Flow Authorization). Жұмыс стратегиясын басқару модулі тиісті деректер қорымен бірге NSP жатады. AAA инфрақұрылымы әрбір пайдаланушының QoS-тың белгілі бір деңгейлерімен жұмыс істеу құқығын анықтау және абонент жұмысының тиісті стратегиясын құру үшін жұмыс стратегияларын басқару модульдерімен бірге жұмыс істейді. Қызмет көрсету ағындарын авторизациялау модулі әдетте ASN шлюзінде орналастырылады және абоненттерді желіге қосу процесінде және қызмет көрсету ағындарын басқару үшін жұмыс стратегияларын басқару модулінен алынған ақпаратты пайдаланады.

QoS профильдері жүктелгеннен кейін сервистік ағындарды авторизациялау модулі алдын ала дайындалған сервистік ағындарды жасайды,



қабылдайды және іске қосады. Сонымен қатар, қос пайдаланушы профилін жүктеу мүмкін болмаған жағдайда, жұмыс стратегияларын басқару модулі алдын ала дайындалған ретінде одан әрі пайдаланылатын жаңа сервистік ағындарды құруға бастамашылық ете алады.

### 3.2 WiMax желісін модельдеу

Сонымен қатар, WiMAX базасында модельдеу жүйесін жүзеге асырамыз және OPNET Modeler 14.0 (Optimized Network Engineering Tools) бағдарламалық өнімін пайдалана отырып, оның сапа параметрлерін бағалаймыз.

OPNET Modeler-дискретті оқиғалар мен күйлерді модельдеудің қуатты Имитациялық ортасы. Ол TCP/IP, гипермәтін беру хаттамасы (HTTP), асинхронды беру технологиясы (ATM) және FrameRelay, IP-QoS, 802.11 (Wi-Fi), ZigBee және т. б. сияқты желілік технологиялар мен байланыс хаттамаларының кітапханаларын қамтиды. Бұл кітапханалар блоктарды желі модельдерін құру үшін жеткізеді. OPNET Modeler қол жетімді көптеген модульдердің бірі-сымсыз модуль. Бұл функция Имитациялық модельдеу және сымсыз желілерді талдау үшін ортаны кеңейтеді.

OPNET Modeler 14.0 ортасында үлгіні құру үшін сізге 3.1 кестеде көрсетілген параметрлері бар жоба, сымсыз ЛВС құру қажет.

Кесте 3.1 – ЛВС сымсыз параметрлері

|                     |                       |              |
|---------------------|-----------------------|--------------|
| Initial Topology    | Create empty scenario | Click Next   |
| Network Scale       | Office                | Click Next   |
| Size                | 100 m x 100 m         | Click Next   |
| Model Family        | Wireless LAN          | Click Next   |
| Review check values |                       | Click Finish |

Келесі компоненттерден тұратын сымсыз LBS моделін аламыз:

- 1 Ethernet-server;
- 1 базалық станция;
- 4 кіру нүктесі.

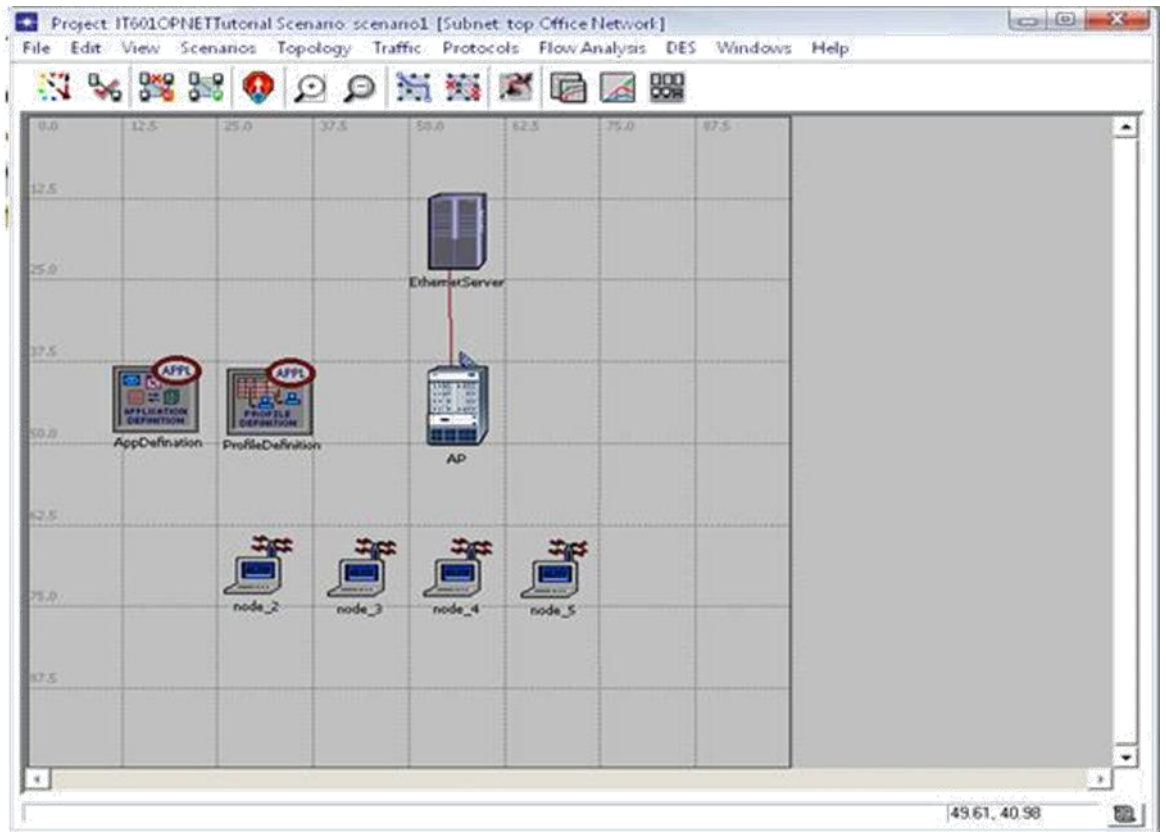
Модельденген желі параметрлері:

Жиілік диапазоны-5 МГц;

Антеннаның биіктігі 1,5 м;

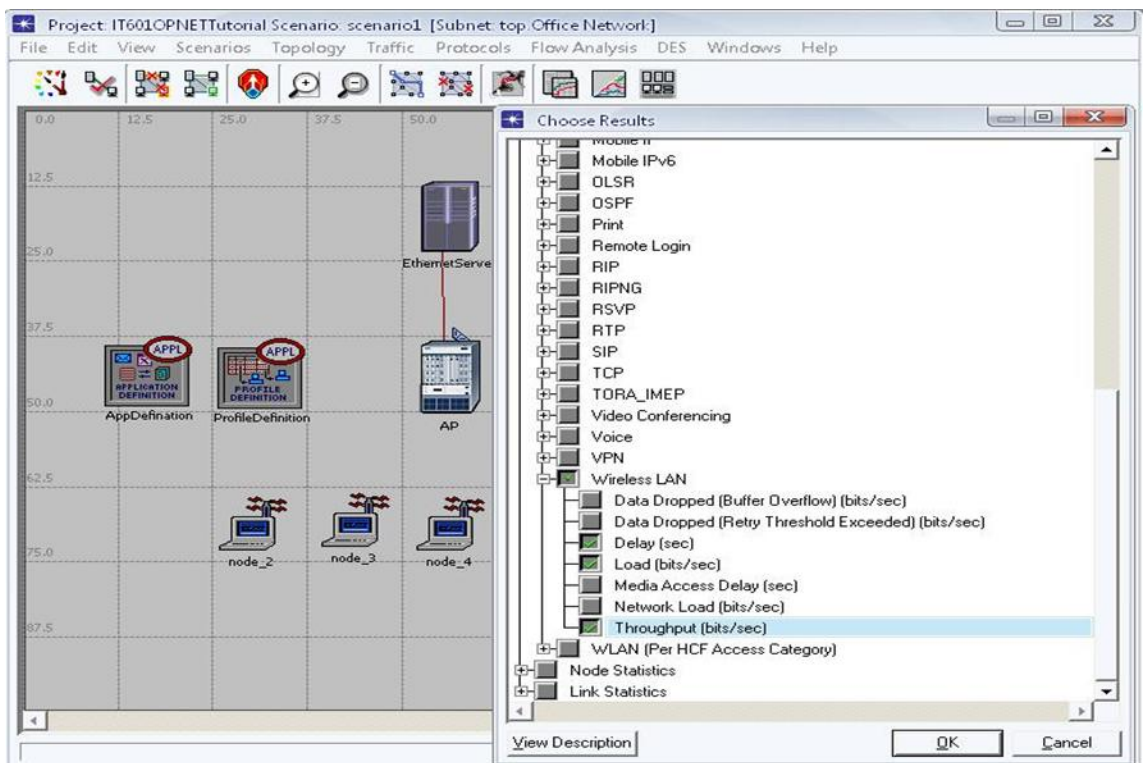
64QAM <sup>3</sup>/<sub>4</sub> модуляциясы; кезек ұзындығы 50 пакеттер; модельдеу ұзақтығы

100 с.



Сурет 3.2 - Модель түрін таңдау

Желі құрауыштарын баптауды жүзеге асырамыз және QoS параметрлерін орнатамыз.



Сурет 3.3 - QoS параметрлерінің конфигурациясы

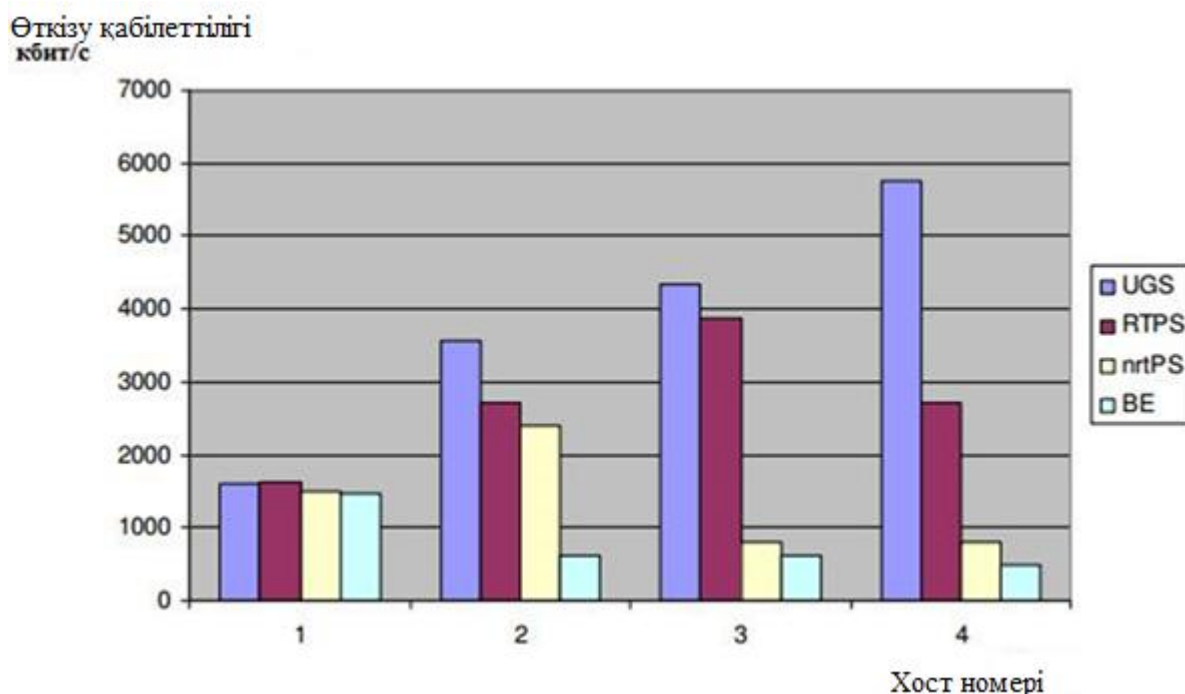
### 3.2.1 Модельдеу нәтижелерін өңдеу

Сценарийді тестілеу, 4-тегі хост трафикті тудыратын және жоғары бағыттағы ресурстар үшін бәсекелесетін бір BS-ке қосылған. Әрбір бастапқы түйінде UGS трафигін (дауыс және бейне), rtPS типін және nrtPS трафикті және BE трафикті (Интернет) еліктейтін трафик бар.

Қозғалыс кезінде әртүрлі трафикті пайдалану нәтижелері 3.4-суретте келтірілген. QoS сыныптарының параметрлері 3.2 кестеде келтірілген.

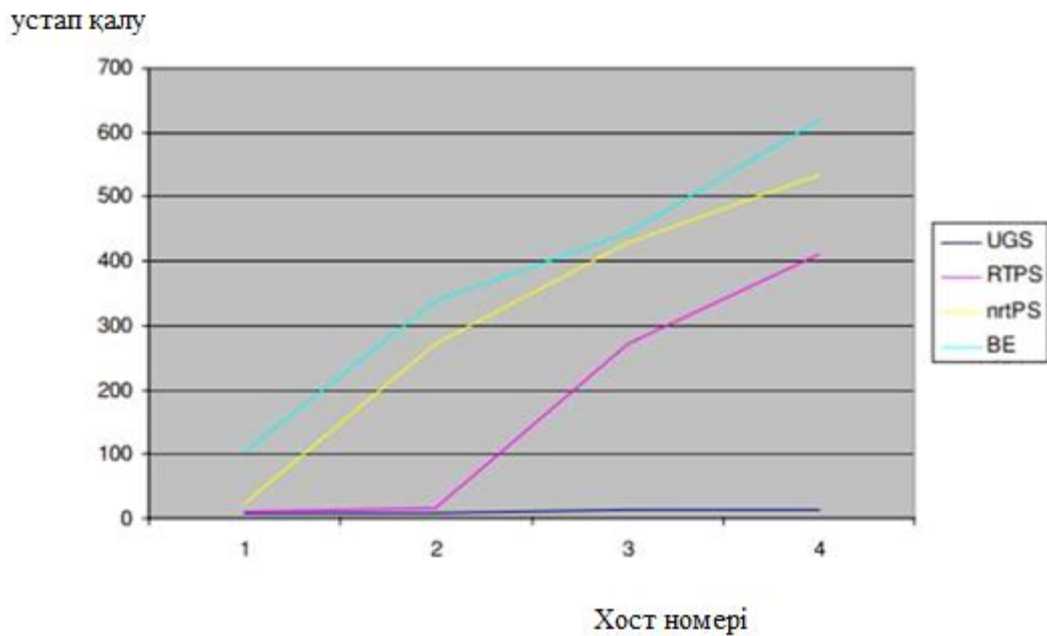
Кесте 3.2- QoS класының параметрлері

| Qos класф | Беру жылдамдығы | пакет мөлшері, Байт |
|-----------|-----------------|---------------------|
| BE        | 1Mbps           | 512 to 1024         |
| UGS       | 1Mbps           | 300                 |
| rtPS      | 1Mbps           | 200 to 980          |
| nrtPS     | 1Mbps           | 256 to 1024         |



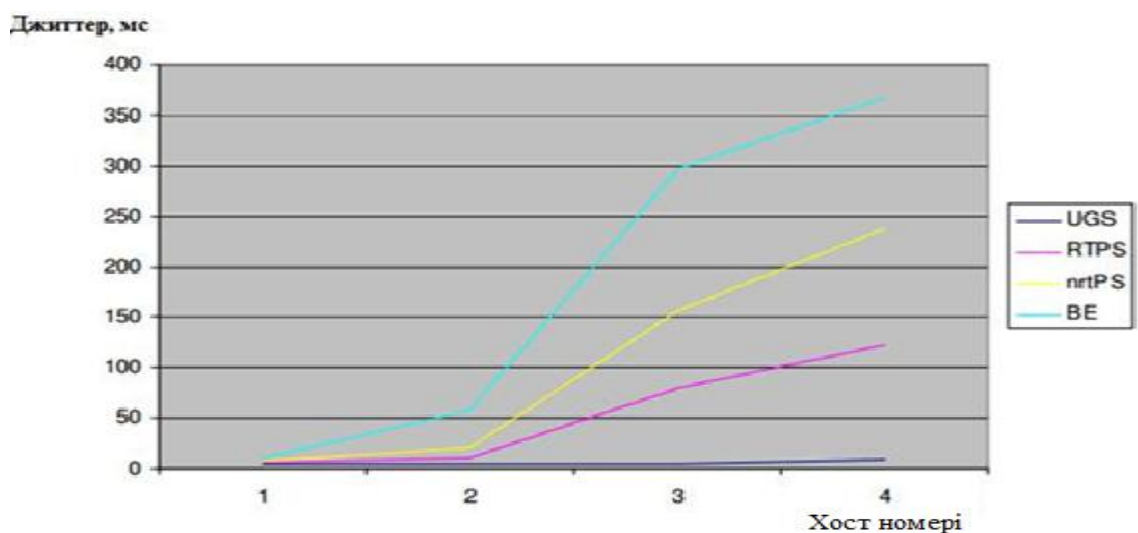
Сурет 3.4 - QoS кластары үшін өткізу қабілеттілігінің мәні

Алынған мәндер UGS типті кластағы трафиктің жоғары пакеттік өткізу қабілеті бар BE класымен салыстырғанда ең аз өткізу қабілеттілігін көрсетеді. Осылайша, UGS типті пакеттерге BE типті пакеттерге қарағанда жоғары сапалы қызмет көрсетіледі деп айтуға болады.



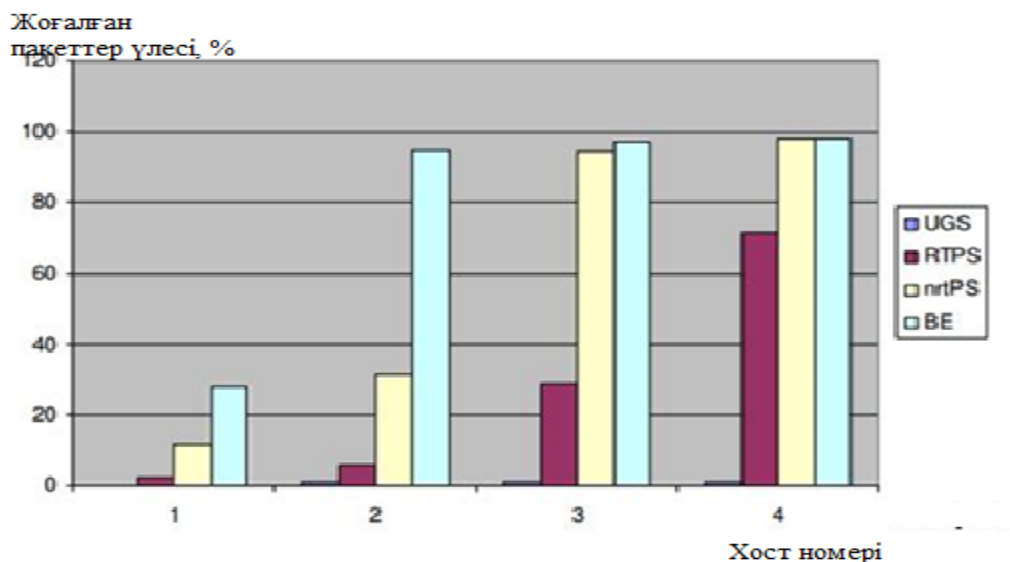
Сурет 3.5 - Кешіктіру параметрлері

Сонымен қатар, әр түрлі қызмет көрсету класстары үшін өткізу қабілеті артады, демек, дестелерді тарату кідірісі артады. Өйткені өткізу қабілеті бөлінеді барлық иелері ұлғайған кезде олардың саны, осылайша, азайту өткізу қабілеті, олардың әрқайсысы үшін және, демек, соғұрлым жоғары басымдығы болады трафик сынып тұрғысынан анықталады.



Сурет 3.6 - Джиттер параметрлері

Нәтижелерді кідіріс пен дірілдеу тұрғысынан талдай отырып, UGS сияқты трафик класы үшін мәндер әрдайым ақылға қонымды және айтарлықтай төмен мәндерде сақталатыны анық. Трафиктің қалған сыныптарына келетін болсақ, абоненттер санының ұлғаюымен, кідіріс пен джиттердің мәні, күтілгендей, айтарлықтай өсті.

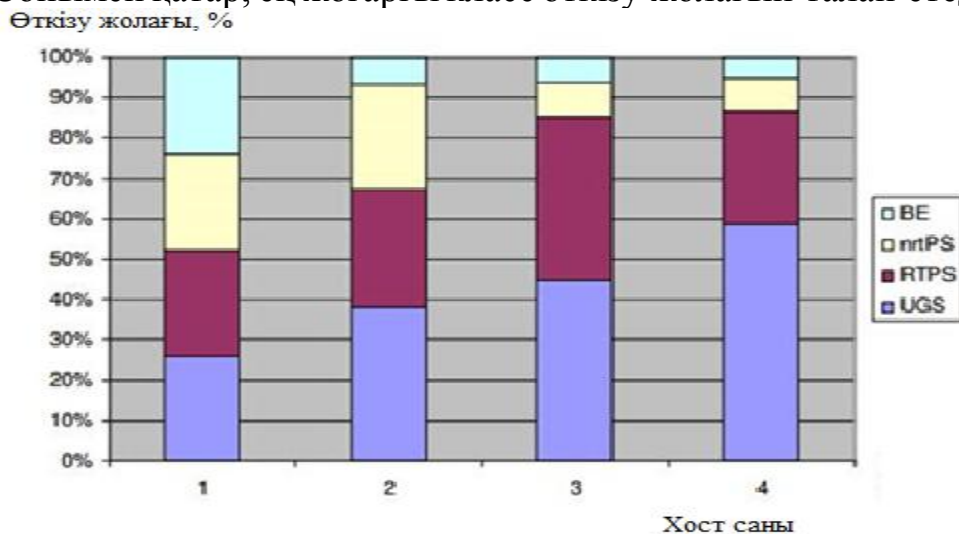


Сурет 3.7 - Жоғалған пакеттердің үлесі

Бұл нәтижелер пакеттерді жоғалту, онда қызмет көрсету класы үлгідегі UGS дерлік өзгеріссіз қалады, ал қалған сыныптар қызметтер бар пакеттерді жоғалту айтарлықтай үшін алгоритмдер приоритетизации. 4 түрлі сыныптағы жағдайды моделдеу кезінде кідіріс параметрлерінің артуы және пакеттердің жоғалуы хост санының артуына байланысты болады.

Алынған нәтижелердің ішінен, QoS сапасының ең жоғары класы жоғары өткізу қабілетін қажет етеді және пакеттерді жоғалтудың неғұрлым жоғары пайызы бар.

Сонымен қатар, ең жоғарғы класс өткізу жолағын талап етеді (3.8 сурет).



Сурет 3.8 - Басымдыққа байланысты өткізу жолағын бөлу үлесі

### 3.3 Жобалаушының көмегімен QoS параметрлерін модельдеу

Жоспарлаушының міндеті - әрбір қосымшаның орнатылған байланыс сапасының параметрлеріне сәйкес жұмыс істейтін қосымшалар арасында радиоарналар жолағын бөлу. Бөлу арна азайтатын бөлу кадрларды каналдық деңгейдегі, яғни қалыптастыру трафик.

Жоспарлаушының кіріс деректері:

- 1) сервистік ағындардың тізімі және QoS олардың параметрлері,
- 2) радиоарнаның физикалық сипаттамалары,
- 3) пакеттер кезектерінің өлшемдері (толтырылуы).

Шығыс деректері UL-MAP және DL-MAP типті карталар болып табылады, оларды қандай сервистік ағындардың деректері және тиісінше шығыс және төмен түсетін кадрдың қандай мөлшерде толтыратынын сипаттайды.

Әзірленген жоспарлаушы базалық станцияда нақты орналасқан, сондықтан базадан абоненттік станцияларға (Downlink) күте отырып, мәліметтер кезегі туралы толық ақпарат бар, бірақ абоненттік станцияларда (Uplink) орналасқан кезектер туралы ақпарат жоқ. Алайда, базалық станцияның жоспарлаушысы төмен түсетін кадр да, жоғары түсетін кадр да жоспарлауы тиіс. Ол үшін стандартты механизм – Bandwidth Request жоғары кадрда жолақтың бөлінуінің абоненттік станцияларынан сұрау қарастырылған.

QoS жоспарлаушысы кезекті кадр жіберу алдында іске қосылады.

Жалпы және жалпы жоспарлаушының жұмысын келесідей сипаттауға болады:

- 1) радиоарна туралы өзекті ақпарат алу;
- 2) қосылған абоненттік станциялар туралы өзекті ақпарат алу;
- 3) қолданыстағы сервистік қызметтер туралы өзекті ақпарат алу; ағындар;
- 4) деректер кезектерінің ағымдағы жай-күйі туралы ақпарат алу (тікелей, төмен түсетін ағындар үшін кезектердің толтырылуы және жоғары түсетін ағындар үшін жолақтың сұраулары));
- 5) алынған деректер негізінде DL-MAP және UL-MAP берген кадр жоспарын орындау.

QoS жоспарлаушымен жұмыс істеу барысында тесттік ортаның қажеттілігі, симуляторды әзірлеу, нақты жақындатылған жағдайларда сервистің сапасын басқару процестерін зерттеуге мүмкіндік береді.

Симулятордың мақсаты - WiMax стандартында қызмет көрсету сапасына сәйкес деректерді беру үшін базалық және абоненттік станциялардың өзара әрекеттесуінің толық жабық циклін модельдеу болып табылады.

Симулятор жұмыс жоғары және төмен тұрған деңгейлерді (qos модуліне қатысты) абстракциялайды, барлық компоненттер стегін толық іске асырмай QoS алгоритмдерін тестілеу мен баптауды қамтамасыз етеді.

Симулятор функцияларына жатады:

- базалық станция параметрлерін орнату;

- бір типті массивпен статикалық режимде, яғни базалық және абоненттік станцияларды инициализациялау кезінде сервистік ағындар мен қосылыстарды беру;
- динамикалық режимде сервистік ағындар мен бір типті массивпен қосылыстарды беру;
- әрбір SS станциясы үшін статикалық және динамикалық режимдерде модуляция картасын беру;
- BS және SS әрбір қосылу үшін кезектерді толтыруды модельдеу (жоғарғы деңгейден пайдаланушы деректерін абстрагирлеу);
- BS және SS деректерді жіберу радиointерфейсі бойынша модельдеу, яғни пакеттерді фрагментациялаусыз физикалық деңгейдегі драйвер жұмысын модельдеу;
- пакеттерді фрагментациялауды есепке ала отырып, BS және SS деректерді жіберу радиointерфейсі бойынша модельдеу;
- QoS параметрлерін, модуляция картасын және кезектердің жүктелуін ескере отырып, әрбір келесі фрейм үшін симулятордың сұрауы бойынша DL-MAP жоспарлаушы QoS карталарын қалыптастыру;
- QoS параметрлерін, модуляция картасын және абоненттік станциялардан жолақ сұрауларын (BR – bandwidth request) ескере отырып, әрбір келесі фрейм үшін симулятордың сұрауы бойынша ul-MAP жоспарлаушы qos карталарын қалыптастыру;
- QoS параметрлері мен деректер кезектерінің жүктелуі негізінде абоненттік станциялардан BR-жолақтың сұраныстарын моделдеу;
- оқиғалар журналы BS, SS және жалпы симулятордың жеке мәнін жүргізу;
- берілген DL-MAP және UL-MAP шектеулерге сәйкестігін верификациялау (стандарт шарттары мен ережелерінің, QoS параметрлерінің сақталуын, кезектердің толтырылуын қайта бақылау және т. б.);
- желі өнімділігінің мониторингі (белгілі бір уақыт ішінде өткізу қабілеті, арнаны пайдалану %).

### **3.4 Жолдың профилін анықтау және антенналардың биіктіктерін анықтау**

Жолдарды орнатудың бастапқы қадамы болып жолды таңдау және аралық стансалардың орналасуы, санын анықтау болып табылады. Бұл жұмыстың барысында орнатылатын жолдардың жұмысының тұрақтылығы, олардың қолданысының және құрылымдардың бағалары анықталады.

Есептеу жұмысында мына пролетте қолданылатын радитехникалық құрылғылардың параметрлері қолданылады.

Аппаратураның негізгі техникалық сипаттамалары:

Трафиктің нұсқасы: E1 / T1

Таратқыштың қуаты мВт: 400,0

Радиотехнология: OFDM 256 FFT  
 Жиілік диапазоны: 3.4250-3.6250 ГГц  
 Модуляцияның түрі: BPSK, 16QAM, QPSK, 64 QAM  
 Дуплекстік тәсіл: TDD  
 Пролет ұзындығы  $R_0$ , км: 10,0

Жолдың сапалы параметрлерін анықтау үшін екі станса аралығының көлденең қимасын тұрғызамыз. Пролеттің көлденең қималары әр аралықтағы жер рельефін толық сипаттайды. Берілген нормалар, олардың сапа көрсеткіштері үшін, кезінде жолдарының есептеулері үшін негізгі жұмыс документтері болып табылады.

Көлденең қиманы тұрғызу үшін тігінен және көлденең әртүрлі масштабтарды қолдана отырып координаттың тікбұрышты жүйесінде жүргізіледі. Жер бетіндегі бөгеуілдердің биіктері метрмен, ал радиореле стансалардың ара қашықтығы километрмен өлшенеді. Осылайша, көлденең қимадағы биіктіктер Жер центрі бойынша өтетін сызық арқылы емес (яғни жер радиусы арқылы), тігінен жүргізіледі (ордината осі бойынша) және олардың есептеулері көлденең қиманың сызығы бойынша емес, ал шартты нөлдік деңгей немесе теңіз деңгей сызығына саналатын жер бедерінің сызығы бойынша жүргізіледі. Байланыс радиореле жолдарындағы жер бедерінің ең биік және ең төмен нүктелері топографиялық карта көрсеткіштері арқылы анықталады.

Пролет көлденең қимасын тұрғызу үшін биіктіктер күрт өзгертін жердегі нүктелер үшін Жер бедерін есептеу керек.

Жер бедерінің қисықтығын есептеу мына формула бойынша жүргізіледі:

$$y = \left( \frac{R_0^2}{2 \cdot a} \right) \cdot k(1 - k) \cdot 10^3, \quad (3.1)$$

мұндағы  $k = \frac{R_i}{R_0}$  - пролет үшін салыстырмалы координата;

$a = 6370 \cdot 10^3$  м – жердің радиусы;

$R_0$  – пролет ұзындығы;

$R_i$  – нүктеге дейінгі қашықтығы.

Сонымен, әр нүкте үшін  $y$  есептеліп, алынған нүктелер арқылы жер бедері қисықтық салыстырмалы радиусы тұрғызылады.

$$k_2 = \frac{15}{30} = 0.50,$$

$$y = 1.96 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2} = 1.960 .$$

Антенна биіктігін есептеу критеріі болып радиотолқын субрефракциясы Френель ең кіші зонасының бөгеуілдерінің экрандалуының жоқ болуы болып табылады.



Френель ең кіші аймағы радиусы былай есептеледі:

$$H_0 = \sqrt{R_0 \cdot \lambda \cdot k \cdot \frac{(1-k)}{3}}, \quad (3.2)$$

мұндағы  $\lambda$  – толқын ұзындығы;

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (3.3)$$

мұндағы  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – жарықтың жылдамдығы;  
 $f$  – орта жиілік.

Бұдан алатын өрнектер, м:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{3,425 \cdot 10^9} = 0,0550 .$$

Бөгеуілдер үшін:

$$H_0 = \sqrt{30000 \cdot 0,055 \cdot 0,5 \cdot \frac{(1-0,5)}{3}} = 6,770 .$$

Қиылысқан пролеттегі сәуле Френель зонасының ең кіші радиусына  $H_0$  тең болу керек.

Пролет ұзындығы шамамен 50 км ден аз болған кезде стандартты ауытқу былай анықталады:

$$\sigma_{R_0} = \left( 10 \cdot 10^{-8} + \frac{\bar{g}}{3,1} \right) \cdot \left( \frac{1}{y} - 1 \right) + \frac{\sigma}{y},$$

мұндағы  $g$  – диэлектрик өткізгіштік ( $-7,0 \cdot 10^{-8}$  1/м) градиенттік вертикал;  
 $\sigma$  – диэлектрик өткізгіштік ( $9,0 \cdot 10^{-8}$  1/м) градиент вертикал  
 стандартты ауытқуы;

$$y = 0.65 .$$

$$\sigma_{R_0} = \left( 10 \cdot 10^{-8} + \frac{-7 \cdot 10^{-8}}{3.1} \right) \cdot \left( \frac{1}{0.65} - 1 \right) + \frac{9 \cdot 10^{-8}}{0.65} = 1.801 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-1} .$$

Рефракция бар кездегі сәуле:

$$H_{(g+\sigma)} = H(0) - \Delta H_{(g+\sigma)}, \quad (3.4)$$

мұндағы  $H(0)$  – рефракция болмаған кездегі сәул;  
 $\Delta H_{(g+\sigma)}$  – рефракция есебімен сәулені жетілдіру.

Сонда рефракция жоқ кездегі сәуле (осы жағдай үшін пролеттің көлденең қимасы тұрғызылған):

$$H_{(g+\sigma)} = H_0 - \Delta H_{(g+\sigma)}, \quad (3.5)$$

$$H(0) = H_0 - \Delta H_{(g+\sigma)}, \quad (3.6)$$

$$\Delta H_{(g+\sigma)} = -\frac{R_0^2}{4}(g + \sigma_{R0}) \cdot k(1-k). \quad (3.7)$$

Бөгеуілдер үшін, м:

$$\Delta H_{(g+\sigma)} = -\frac{30000^2}{4}(-7 \cdot 10^{-8} + 1.801 \cdot 10^{-7}) \cdot 0.5(1-0.5) = -0.688 .$$

( $g = 0$ ) үшін радиотолқындардың рефракциясы жоқ кездегі сәуле көлемі анықталады.

Бөгеуілдер үшін, м:

$$H(0) = 6.77 + 0.688 = 7.458 .$$

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыста сымсыз желіде қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету мәселелері қарастырылды. LTE желісін модельдеу арқылы QoS қызмет көрсету сапасының параметрлеріне талдау жүргізілді, абоненттердің санына байланысты кідіріс кестесі, пакеттер птери, джиттера келтірілген. Таңдалған симулятор архитектурасы жоспарлаушының жұмысын нақты жағдайға жақындағанда тексеруге мүмкіндік береді. Өткізу жолағы ұлғайған кезде жоғалған пакеттердің саны азаяды. Жоғалған пакеттердің ең жоғары мәні 600 кбит құрайды, әр кезеңде пакет жоғалуы Tm виртуалды интерфейсінен желі қабатынан ағып жатқан көптеген ағындардың баяу өңделуіне байланысты болады.

Wi-Fi желілеріндегі деректерді қорғау технологиялары келтірілді.

Жолдың профилін анықтау және антенналардың биіктіктерін анықталды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: AirInterface for Broadband Wireless Access Systems. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5062485&isnumber=5062484>. С.54-59.
- 2 WiMAX // Википедия – свободная энциклопедия <http://ru.wikipedia.org/wiki/WiMAX>.
- 3 Развертывание сетей WiMAX. <http://bestreferat.ru/referat-141911.html>. С.115-120.
- 4 А.В. Рашич. Сети беспроводного доступа. <http://bib.convdocs.org/v31957/?download=1#1>. С.45-52.
- 5 Д. Молта. Обеспечение QoS в беспроводных ЛВС. [http://www.ccc.ru/magazine/depot/05\\_05/read.html?0102.htm](http://www.ccc.ru/magazine/depot/05_05/read.html?0102.htm) с.4-9.
- 6 С. Сюваткин, В.И. Есипенко WiMAX - технология беспроводной связи: теоретические основы, стандарты, применение. Санкт-Петербург. 2005 - 257 с.
- 7 В. Вишневецкий, С. Портной, И. Шахнович. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. Техносфера, 2009. 458с.
- 8 А. Весоловский, Н. Кшиштоф. Системы подвижной радиосвязи. Горячая линия - Телеком, 2006. 215с.
- 9 В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, Ю.А. Распаев. Сети и системы радиодоступа. Эко-Трендз, 2005. С.85-101.
- 10 Маковеева, Шинаков. Системы связи с подвижными объектами. Радио и связь, 2002. С.25-28.
- 11 А.С. Гринберг, В.М. Шестаков. Информационные технологии моделирования процессов управления экономикой Издательство: Юнити-Дана, 2003 г. С.63-68.
- 12 «Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. Практическое руководство по изучению, разработке и использованию беспроводных ЛВС стандарта 802.11» / ПеджманРошан, Джонатан Лиэри. – М.: CiscoPress Перевод с английского Издательский дом «Вильямс», 2004. 445с.
- 13 Е.В. Бортников. Моделирование процесса обеспечения качества сервиса в беспроводных сетях стандарта IEEE 802.16. Томск 2011 с.92-95. <http://www.tusur.ru/export/sites/ru.tusur.new/ru/science/events/session/211.pdf>
- 14 «Анатомия беспроводных сетей» / Сергей Пахомов. – Компьютер-Пресс, №7, 2002 с.50-53.
- 15 «Беспроводные сети. Первый шаг» / Джим Гейер. – М.: Издательство: Вильямс, 2005. 245с.
- 16 «Секреты беспроводных технологий» / Джек Маккалоу. – М.: ИТ-Пресс, 2005.с. 85-89.
- 17 В.В. Бартнев, Г.В. Болотов, Спутниковая связь – М.: Радио и связь, 1997.
- 18 Кислицын А.С., Корпоративные спутниковые информационные сети на основе VSAT – технологии. Методологии построения – М. Радиотехника, 2007.