

**Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»**

Кафедра «Телекоммуникационные системы»

Специальность: 6М071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Зав. кафедрой  
к.т.н., профессор Байкенов А.С.  
(ученая степень, звание, ФИО)

(подпись)


« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.


**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ  
пояснительная записка**

на тему: «Wi-Fi offload технологиясын пайдалану арқылы ұялы  
байланыс желісін босату тиімділігін талдау»

Магистрант: Муратов Н.С.  группа МТСП 14-01  
(Ф.И.О.) (подпись)

Руководитель: к.т.н., зав. кафедрой Байкенов А.С.  
(ученая степень, звание) (подпись) (Ф.И.О.)

Рецензент к.т.н., зав. кафедрой  Касимов А.О.  
(ученая степень, звание) (подпись) (Ф.И.О.)

Консультант по ВТ к.т.н., ст. препода  Демидова Г.Д.  
(ученая степень, звание) (подпись) (Ф.И.О.)

Нормоконтроль: ст. препода  Кондратович А.П.  
(ученая степень, звание) (подпись) (Ф.И.О.)

Алматы 2016

**Некоммерческое акционерное общество**  
**«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»**

Факультет: «Радиотехники и связи»

Специальность: 6М071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

Кафедра: «Телекоммуникационные системы»

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Муратову Нурсултану Сырымовичу

(фамилия, имя, отчество)

Тема диссертации «Wi-Fi offload технологиясын пайдалану арқылы ұялы байланыс желісін босату тиімділігін талдау»

утверждена Ученым советом университета №      от «      »     

Срок сдачи законченной диссертации «      »     

Цель исследования: Бұл жұмыстың басты идеясы орын алған қысымдарды тарату мүмкіндіктерін қарастырып, трафиктің бір бөлігін Femto желілерге жіберу және Wi-Fi Offload технологиясын пайдалану болып табылады.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

1. Қол жетімділіктің сымсыз желілерінің дамуы
2. Жақындағы уақытта трафиктің өсу басымдылықтары
3. Тіректі желіні жеңілдету әдістері
4. Сараптамалық бөлім

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Сурет 3.1 – Wi-Fi байланысының бірігуі .

Сурет 3.2 - Веб портал көмегімен тұлнұсканың архитектурасы

Сурет 3.3 – Архитектура EAP аутентификациясы.

Сурет 3.4 – Бөлінген PCSEF құрылымы

Сурет 3.9 – S4-тің қолдайтын EPC-дағы SGSN қолданылуымен 3G желісінің интеграцияның құрылымы

Колданылган әдибиеттер.

1. Макаренко С. И. Системы многоканальной связи. Вторичные сети и сети абонентского доступа: учебное пособие / С.И. Макаренко, В.Е. Федосеев. - СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2014. - 179 с
2. E. Dahlman et al, 3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile 2007.

**Г Р А Ф И К**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1. Информационный обзор согласно теме	05.10.2014	
2. LTE 4G Технологиясы	15.02.2015	
3. Wi-Fi Offload	02.06.2015	
4. Экспериментальная часть	12.10.2015	
5. Анализ полученных экспериментальных и расчетных данных	10.12.2015	

Дата выдач и задания \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (Байкенов А.С.)  
(подпись) (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации \_\_\_\_\_ (Байкенов А.С.)  
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению магистрант \_\_\_\_\_ (Муратов Н.С.)  
(подпись) (Ф.И.О.)

## **Аннотация**

В данной магистерской диссертации исследуется метод разгрузки сетей сотовой связи с использованием технологии WiFi offload.

Целью эксперимента являлось улучшение уровня принимаемого сигнала, увеличение скорости передачи данных и снижение уровня интерференции внутри офиса, а также разгрузка секторов основной макро сети, путем частичного перевода трафика в фемто сеть. В работе представлены статистические данные трафика передачи данных в сетях 2G/3G, наглядно показывающие улучшение радио условий при использовании Femtocети. Произведено сравнение натурального и численного эксперимента.

## **Аңдатпа**

Бұл магистрлік диссертацияда WiFi offload технологиясын пайдаланумен ұялы байланыс желілерін жеңілдету әдісі зерттеледі.

Сараптаманың мақсаты қабылданатын дабылдың деңгейін жақсарту, мағлұматтарды жөнелту жылдамдығын арттыру және кеңсе ішіндегі интерференция деңгейін төмендету, сонымен қатар трафикті фемто желіге бөлшектеп жөнелту жолымен негізгі макро желінің секторларын жеңілдету болып саналды. Жұмыста Femтожелісін пайдалану барысында радио жағдайларды жақсартуды көрнекілікпен көрсететін 2G/3G желілеріндегі мағлұматтарды жөнелту трафиінің статистикалық мағлұматтары ұсынылған. Заттай және сандық сараптаманы салыстыру іске асырылды.

## **Annotation**

In this master's thesis investigates a method for offloading cellular networks using the technology of Wi-Fi offload.

The purpose of the experiment was the improvement of the level of the received signal, increase the speed of data transmission and reduces the interference within the office, as well as unloading of the main sectors of the macro network, by partial transfer of traffic in a Femto network. The paper presents statistics of data traffic in 2G/3G networks, graphically showing the improvement of radio conditions when using Femtocети. Comparison of field and numerical experiment

## Мазмұны

Кіріспе .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1 Қол жетімділіктің сымсыз желілерінің дамуы .....	7
1.1 1Gбірінші ұрпағы .....	8
1.2 GSM .....	9
1.3 UMTS .....	10
1.4 LTE.....	11
1.5 CDMAone, CDMA2000 .....	14
1.6 Wi-Fi .....	15
2 Жақындағы уақытта трафиктің өсу басымдылықтары .....	17
2.1 Ұялы трафиктің жаһандық артуының басым факторлары .....	17
2.2 LTE 4Gтехнологиясы <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
2.3 4G технологияларын пайдаланудың өсімі.....	24
2.4 Ұялы бұлтты трафиктің өсімі .....	256
2.5 Ұялы желілердегі жаһандық трафик <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	6
2.6 Ұялы мерзім-трафик: дамуды болжамдау .....	278
2.7 Желілердің жағдайы. Желілер бойынша әлемдік қабаттау .....	31
2.8 M2M трансформациясы (машинааралық ықпал).....	33
2.9 M2M құрылғыларының желілер бойынша реттелуі .....	34
3 Тіректі желіні жеңілдету әдістері .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b> 5
3.1 WiFi offload .....	345
3.2 Келесі ұрпақ WiFi стандартының хотспоты (Hotspot 2.0) .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b> 9
3.3 RCEF ерекшеленген элементтері .....	40
3.4 Дәстүрлі GGSN қарай GTP жолдары .....	41
3.5 PCC интеграция .....	42
3.6 LTE.....	42
3.7 Хендоверлер.....	43
3.8 Wi-Fi стандарты желісіндегі 3G хендоверге арналған нұсқалар .....	46
3.9 Радиожелілердің арасындағы мобильділік. Қорытынды .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b> 9
3.10 IP-қол жетімділіктің сендірілмеген - 3GPP желісі <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> 9	
3.11 Femtoжелілер.....	50
3.12 Мекемені таңдау.....	53
3.13 Қашықтықты есептеу.....	55
3.14 UMTS арналған Волфиша-Икегами моделі.....	55
4 Сараптамалық бөлім .....	63
4.1 Сараптаманы өткізу әдістемесі.....	63
Қорытынды .....	71
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі .....	72
Ақосымшасы Пайдаланылған бағдарламалар.....	73

Б қосымшасы Пайдаланылған бағдарламалар .....	74
---	----

## Кіріспе

Ұялы байланыс технологиялары мағлұматтарды жөнелтудің әлдеқайда жоғары жылдамдығына және ұсынылатын сервистердің айтарлықтай жоғары сапасына сұраныстың тұрақты өсуі, сонымен қатар смартфондардың пайда болуынан кейін трафиктің қарқынды артуынан жылдам дамуға ие болды. iPhone, BlackBerry және Андроидтардың жаңа ұрпақтары 3G/4G желісі ұрпақтарымен бір уақытта ұялы құрылғылар арқылы ғаламторға ашық қол жеткізу тәжірибесіне ие болып, оған баға беруге мүмкіндік берді. Ұялы желілер арқылы жіберілетін ұялы дата трафик қарқынды өсіп келеді, ол ұялы байланыстың барлық ұялы операторлары үшін үлкен мүмкіндік пен қатаң жауапкершілік болып табылады. 1 мегабайттың орта бағасының айтарлықтай төмендеуі, сонымен қатар әлеуметтік желілер сервистерінің ұялы нұсқалары, Whatsapp және Instagram бағдарламалары жіберілетін ақпараттарға арналған миллиондаған терабайттар үшін есік ашты, ол күллі дүние жүзінде және Қазақстанда 3 және 4 ұрпақ желілерінің толығына алып келді.

Бұл жұмыстың басты идеясы орын алған қысымдарды тарату мүмкіндіктерін қарастырып, трафиктің бір бөлігін Femto желілерге жіберу және WiFi Offload технологиясын пайдалану болып табылады. Ол қысымды шешу мағлұматтар жөнелтуге арналған қосымша желілік технологияларды пайдалануды қарастырады, олар бастапқы кезеңде стандартты ұялы байланыс желілері арқылы жіберілуі керек, сол арқылы қаражат үнемделіп, ұялы желілер бөлшектеп босатыла бастайды. Бұл жұмыстың мақсаты ғимарат ішіндетестілі Femto желісін орнату, радио шарттардың негізгі көрсеткіштерін, мысалы RSCP, Ec/N0 және мағлұматтарды жөнелту жылдамдығын өлшеуді өткізу болып табылады. Өлшеуді тестілік жабдықтауды және Nemo Invex бағдарламалық қамтуын пайдаланумен өткізу қамтамасыз етіледі, алынған мағлұматтарды өңдеу Nemo Analyze бағдарламасын пайдаланумен іске асырылатын болады.

## 1 Қол жетімділіктің сымсыз желілерінің дамуы

Бұл бөлімде негізгі сипаттамалары 1.1. кестесінде көрсетілген сымсыз қол жетімділік технологиясының эволюциялық трендтерін сипаттау ұсынылған.

1.1 кесте – Технологиялардың негізгі сипаттамалары

Технология	Стандарт	Қол жетімділік технологиясы	DL жылдамдық	UL жылдамдық
GSM	ETSI	TDMA/FDMA	0.384	0.384
UMTS-TDD	UMTS/3GSM	CDMA/TDD	16	
UMTS W-CDMA HSDPA+HSUPA	UMTS/3GSM	CDMA/FDD CDMA/FDD MIMO	1.6 14.4	0.5 5.76
HSPA+	3GPP	CDMA/FDD MIMO	21 42 84 672	5.8 11.5 22 168
EDGE Evolution	3GPP	TDMA/FDD	1.6	0.5
LTE	GSM	OFDMA/MIMO O/SC-FDMA	100 Cat3 150 Cat4 300 Cat5 (in 20 MHz FDD)	50 Cat3/4 75 Cat5 (in 20 MHz FDD)
WLAN	3GPP	OFDM/MIMO	300 (тасымалдаушы 20 MHz бірге 4x4 конфигурациясын пайдалана отыра) немесе 600 (тасымалдаушы 40 MHz бірге 4x4 конфигурациясын пайдалана отыра)	
Wimax	802.11 (11n)	MIMO-SOFDMA	128 (тасымалдаушы 20MHz FDD)	56 (тасымалдаушы 20 MHz FDD)

1890 жылдары Попов пен Марконидің радиода өткізген алғашқы сараптамаларынан бастап қазіргі көріп отырған сымсыз коммуникацияға



дейінкөп уақыт өтті. Белгілі болғандай, дыбыстық сервистердің ұқсас жөнелтілуіне негізделген ұялы радио жүйелерінің бірінші ұрпағы (1G) 1980 жылдардың басында ғана ұсынылған. 3 және 4 ұрпақтарының технологияларының күрделілігін түсіну үшін қазіргі таңда өткен замандағы бірнеше абоненттердің қазіргі таңға дейінгі даму жолын бақылау керек, себебі қазіргі таңда жер шары халқының жартысынан астамы жаһандық ұялы жүйені пайдаланады, заманауи гаджеттер мен Ғаламтор желісіне тұрақты қол жетімділіксіз өздерінің тұрақты өмірін елестете алмайды. Ұялы стандарттардың дамуы бөлек аймақтық бірлестіктер деңгейінен бастап күрделі ұйымдардың, мысалы шамамен мыңдаған жұмысшылары бар 3GPP (3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project) қалыптасуына дейін үлкен өзгерістерді бастан кешірді [1].

Күрделі қол жетімді және тығыз елді мекенді жерлердегі желілік қабатты қамтамасыз ету мәселесі нарықтың даму деңгейі бойынша әлдеқайда өзекті болып барады. Қабатты қамтамасыз ететін жаңаша жүйелер мен шешімдер айтарлықтай қосымша табыстарға қол жеткізуге көмектеседі. Радиожелінің сапалы қабаты жаңа абоненттерді тартып, абоненттердің кетуін азайтады. Ол фактордың мәні мағлұматтарды жоғары жылдамдықпен жөнелтудің жаңа технологияларының, сонымен қатар 3G қызметтердің пайда болуымен артады [2]. Шүбәсіз, ұялы байланыс қазіргі кезеңде телекоммуникациялар индустриясындағы әлдеқайда қозғаушы күштердің бірі болып табылады. Қазіргі таңда бақыланатын желілерге сипатты өткізу жолының айтарлықтай өсімі жылжымалы байланыстың спутниктік жүйелерінің дамуы үшін маңызды шарт болып табылады. Дамыған елдерде және кейбір дамушы мемлекеттерде ұялы байланыс желілерінің ауқымы стационарлық желілерге арналған ұқсас көрсеткіштен артып түскен және ұялы байланыс тығыздығынан 100 % асқан (100 тұрғынға арналған ұялы телефондардың саны) [3].

Бұл жұмыста бағалауы Nemo Outdoor өлшеуіш кешенін және Nemo Analyze бағдарламалық қамтуын пайдаланумен іске асырылатын мекемелердегі радио қабаттарды қамтамасыз етуге арналған фемто желілерді пайдаланудың мақсаттылығын талдау өткізілетін болады.

### **1.1 1G бірінші ұрпағы**

Стандарттардың бірінші ұрпағының ең танымалы NMT (Nordic Mobile Telephone System) болып табылады. Оның соңғы ерекшелігі 1978 жылы бес скандинавиялық мемлекетпен қабылданды (Финляндия, Дания, Исландия, Швеция және Норвегия). 1G ұрпағы ұялы байланыс стандарттарының кешенін көрсетеді. NMT стандарты 453,0-457,5 МГц жиіліктер диапазонында жұмыс істеді, әрқайсысы 25 кГц бойынша 180 байланыс каналын пайдаланды. Базалық станцияның әрекет ету радиусы қысымға тәуелді түрде 5-25 км жеткізілді. 1983 жылы жаңартылған NMT-900 (біріншісі шартты түрде NMT-450 аталды) нұсқасы өңделді, ол 900 МГц жиілігінде жұмыс істеді. Осы жаңартылған стандарттың шығуы пайдаланылатын телефон аппараттарының

көлемін азайтуға, сонымен қатар кейбір жаңа сервистер енгізуге мүмкіндік берді. Соған қарамастан, біршама уақыт өткеннен соң NMT екінші жоспарға кетіп қалды, оның орынына әлдеқайда дамыған сандық стандарттар келді. Ұялы байланыстың бірінші ұрпағы олармен бәсекелес бола алмағаны түсінікті. Ұқсас сымсыз байланыстың сапасы жалпы қанағаттанарлықтай болғанына қарамастан да әңгімені оңай ақ ұстап, ашып алуға болар еді.

1G заманында мағлұматтарды жөнелту қызметтері туралы ойластыру қажеттілігі болған жоқ — ол дауыстық қоңыраулар мен басқа да қарапайым мүмкіндіктер үшін өңделген және жобаланған толығымен ұқсас жүйелер болып есептелді. Модемдер ол кезде өмір сүрген, бірақ сымсыз желі қарапайым сымды желілерге қарағанда шулар мен тозуларға айтарлықтай ұшырағандықтан, мағлұматтарды жөнелтудің жылдамдығытөмен болды. Сонымен қатар, сөйлесудің бір минутының құны 80-ші жылдары өте қымбат болды, ұялы телефон ол кездегішексіз байлық болып көрінді.

## 1.2 GSM

Еуропада 80-ші жылдардың басында ұялы телефондардың ұқсас жүйелері қарқынды өсу деңгейінде болған, әсіресе Скандинавия мен Ұлыбританияда, сонымен қатар Франция мен Германияда. Әрбір мемлекет өзінің өзіндік жүйесін дамытты, олар басқаларымен жабдықтауы мен жұмыс істеуі бойынша сәйкес келген жоқ. Ондай жағдай жағымсыз болды, себебі ұялы байланыстың әрекеттері кейбір мемлекеттердің шеңберінде шектеулі болды, бірақ жабдықтаудың әрбір түріне қатысты нарықтың шектелуі салдарынан ол ақтауды маркетинг саясатын құруға мүмкіндік берген жоқ.

Еуропада ол айтарлықтай ертерек, яғни 1982 ж. түсінілді. Еуропалық Пошта-Телеграфтық Қызметтер Конференциясында (Conference of European Posts and Telegraphs - CEPT) Groupe Special Mobile (GSM) деп аталған топ қалыптасты, олар ортақ белгідегі ұялы байланыс жүйесін дамыту мен зерттеу үшін арналған.

1989 жылы GSM тобының функциялары Еуропалық Телекоммуникациялық Стандарттар Институты арқылы (European Telecommunication Standards Institute - ETSI) жіберілді, және GSM ерекшеліктерінің I сатысы 1990 ж. жарияланды. Коммерциялық пайдалану 1991 ж. ортасында басталды, және 1993 ж. қарай 22 мемлекеттешамамен 36 GSM желілері орнықты [6]. Еуропада стандартталған GSM желілері тек еуропалық стандарт болып қалған жоқ. 200 астам GSM желілері (оның ішінде DCS1800 және PCS1900) әлемнің 110 мемлекетінде жұмыс істейді. 1994 ж. басында әлемде шамамен 1.3 миллион жазылушылар болды [18], олардың саны 1997 жылдың қазаны айына қарай 55 миллионға жетті. Қазіргі таңда GSM желілері барлық континенттерде орныққан, және GSM акронимі ендігі кезекте "Global System for Mobile communications" білдіреді.

GSM өңдеушілері сол уақытқа қарай сыналмаған құрудың сандық принципін таңдады, ондай принципке қарама-қайшыкелесі жүйелер болды,

мысалы АҚШ-та AMPS және Ұлыбританияда TACS. Оларқысу алгоритмдері мен сандық дабылдардың өңдеушілері санындағы прогрессбастапқы талаптарды қанағаттандырып, баға мен сапаға қатысты жүйені тұрақты дамытып отырады деп есептеді. GSM ұсыныстарының 8 мыңнан астам парақшалары жеткізушілердің икемділігіне және ақылдарына есептелді, бірақ сол уақытта олар стандарттаудың жеткілікті дәрежесін қамтамасыз етеді, сол арқылы бірінғай жүйенің барлық кешендерінің өзара әрекеттеріне кепілдік береді. Оған жүйеде анықталған барлық функционалдық білдіктердің жұмыстық қабілеті мен интерфейсі сипаттаумен қол жеткізілді.

1997 жылы «General Packet Radio Service» (GPRS) сервисінің пайда болуы ұялы байланыс тарихында өте ауыр кезең болды, себебі олқолданыстағы GSM желілерінемағлұматтарды үздіксіз жөнелту технологиясын ұсынды. Жаңа технологияны пайдаланумен Сіз мағлұматтар жөнелтуді сізге қажет болған уақытта ғана пайдалана аласыз – телефондық модемге ұқсайтынақымақ CSD енді жоқ десе болады. Сонымен қатар, GPRS CSD қарағанда әлдеқайда жоғары жылдамдықпен жұмыс істей алады, шамамен 100 кБит/с, ал операторлар трафикті тарифтеу мүмкіндігіне ие болды. GPRS өте керек уақытта пайда болды — ол кездері адамдар өздерінің электрондық пошталарын үздіксіз тексере бастады.

Бұл жаңалық ұялы байланыс ұрпағына бірлік қосуға мүмкіндік берді. Сол уақытта, GPRS технологиясы нарыққа шығып үлгерді, Халықаралық Электробайланыс Одағы (ITU) жаңа стандарт құрды — IMT-2000 — ол «шынайы» 3G ерекшелігін растап шықты. GPRS күші жетпейтін, стационарлық терминалдар үшін мағлұматтарды жөнелтудің 2 МБит/с жылдамдығы және ұялы телефондар үшін 384 кБит/с жылдамдығы қамтамасыз етілді.

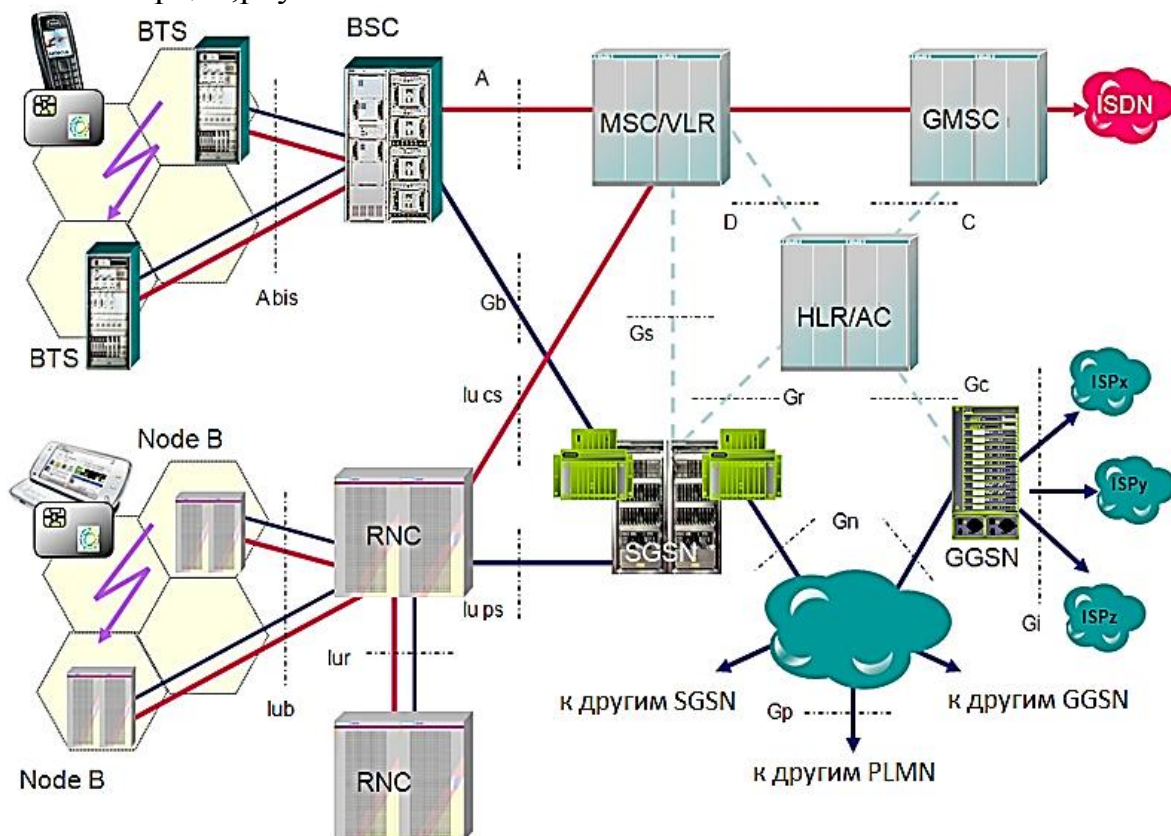
### 1.3 UMTS

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) — Еуропалықтелекоммуникациялар стандартыинститутымен (ETSI) өңделген ұялы байланыс технологиясы. Осы технологияны пайдаланатын ұялы желілерүшінші ұрпақ желілеріне тиеселі (3G желілері). UMTS желілерінің GSM желілерінен негізгі айырмашылықтарына кең сызықты дабылдардың пайдаланылуын (дабыл 5 МГц, немесе 1,6 МГц сызығын иелене алады), және каналдардың кодтық бөлінісіне көп жақтан қол жеткізу технологиясын енгізудіжатқызады (W-CDMA). Үшінші ұрпақ стандарттары 2G стандарттарының орнына келді. Бірінші кезекте олардың пайда болуы абоненттердің мағлұматтарды жылдам жөнелту қажеттілігімен негізделді. UMTS (Universal Mobile Telecommunications System –Әмбебап ұялы байланыс жүйесі) стандартыЕуропа аймағында, оның ішінде Ресейде осы ұрпақ стандарттарының арасында әлдеқайда кең таратыла бастады.

UMTS стандартын өңдеу 1992 жылы IMT-2000 стандарттау ұйымымен басталды. Соның салдарынан осы стандартты өңдеу 3GPP тапсырылды. UMTS бірінші желісікоммерциялық пайдалануға 2001 жылдың 1 желтоқсанында

Норвегияда берілді. 2010 жылдың мамыр айына қарай абоненттердің саны күллі әлем бойынша 540 миллионға жетеді.

UMTS желілері үшін мағлұматтарды жөнелтудің жылдамдығы 2 Мбит/сек дейін өзгеруі мүмкін. **HSDPA** технологиясының арқасында 2006 жылы енгізілген- High Speed Downlink Packet Access (3.5G) 14 Мбит/сек дейінгі жылдамдыққа арта түсті. UMTS осы немесе басқа басымдылықтары абоненттерге ұсынылатын қызметтердің кең тізімін беруге мүмкіндік береді: бейнеконференциялар, бейнеқоңыраулар, жоғары сапалы дыбыстық қоңыраулары, жоғары жылдамдықпен файлдарды жүктеу, желілік ойындар, ұялы коммерция, роуминг және т.б.



1.1 сурет - GSM/UMTS желілерінің архитектурасы

#### 1.4 LTE

LTE технологиясы (Long-Term Evolution) — ол үшінші ұрпақтың ұялы байланыс желілерінің дамуының негізгі бағыты. 2008 жылдың қаңтары айында ұялы байланыстың басым стандарттарын өңдеумен айналысатын Third Generation Partnership Project (3GPP) халықаралық бірлестігімен LTE стандарты бекітілді, ол кең сызықты ұялы байланыстың UMTS стандартынан кейін жүрді.

LTE базалық станциядан пайдаланушыға дейін 326,4 Мбит/с және қайтадан кері бағытта 172,8 Мбит/с жылдамдықта мағлұматтарды жөнелтудің ең жоғары жылдамдығын қамтамасыз етеді. Екінші ұрпақтың 2G желілерін салыстыра отырып, олардың GPRS технологиясы көмегімен 56-114 Кбит/с, ал EDGE технологиясымен 473,6 Кбит/с жылдамдықты қамтамасыз ете алатыны

анықталды. Үшінші ұрпақтың 3G желілері мағлұматтарды жөнелтудің 3,6 Мбит/с дейінгі жылдамдығын қамтамасыз ете алады.

GSMA халықаралық ассоциациясының мағлұматтары бойынша, әлемдегі 26 оператор алдағы екі үш жыл ішінде LTE желілерін құру жоспарлары туралы хабарлады. Олардың құрамында - Vodafone, Verizon Wireless, TeliaSonera, NTTDoCoMo және KDDI. Аналитиктердің бағалауы бойынша, коммерциялық пайдалануға 2010 жылы әлемде LTE 10 шақты желісі берілетін болады.

4G желілері LTE стандартының негізінде 700 МГц бастап 2,7 ГГц дейінгі жиіліктердің барлық ені бойынша жұмыс істеуге қабілетті.

Төртінші ұрпақтың 4G желілерінің алдыңғы, үшінші ұрпақтан басты ерекшелігі, осы технология мағлұматтарды пакетті жөнелту хаттамаларына негізделгенінде болып табылады, себебі ол кезде 3G өз құрамына каналдардың коммутациясы режимінде дыбыстық трафиктерді де, мағлұматтар пакетін де жөнелтуді біріктіреді. Телекоммуникациялардың халықаралық одағы 4G технологиясын сымсыз коммуникация технологиясы ретінде анықтайды, олекі ұялы құрылғы арасында мағлұматтар алмастыру жағдайында 100 Мбит/с дейінгі жылдамдықта желі көзінің немесе қабылдаушының қозғалуы жағдайында 1 Гбит/с дейін мағлұматтар жөнелту жылдамдығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Мағлұматтарды 4G қайта жіберу IPv6 (6 нұсқасындағы IP) хаттамасы бойынша іске асырылады. Ол егер желілердің түрлері әр түрлі болса, желілердің жұмысын айтарлықтай жақсартады. Мағлұматтарды жөнелтудің қажетті жылдамдығын қамтамасыз ету үшін 2 бастап 40 және 60 ГГц жылдамдықтары қамтамасыз етіледі.

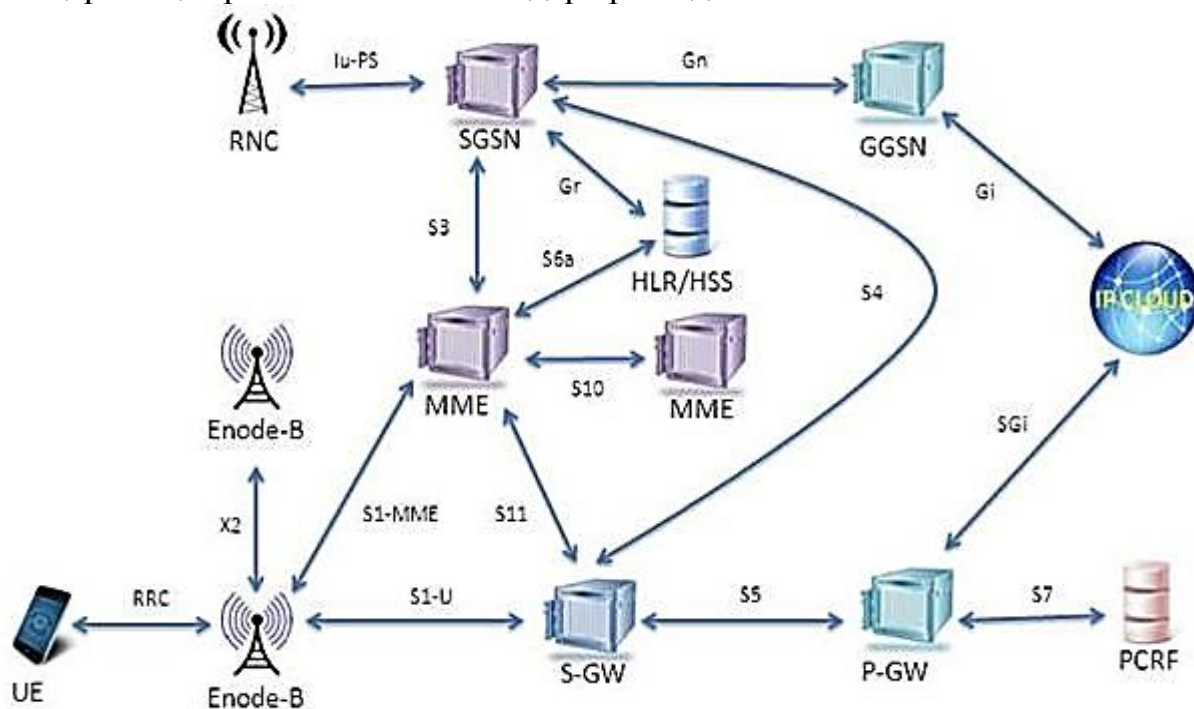
Қабылдаушы жөнелтуші жабдықтаудың құрушылары 4G үшін сандық көрсетуде сыналған қабылдау тәсілін пайдаланды – ол жиіліктерді ортогональды бөлумен мультиплекацияланған технология (OFDM). Дабылды мультиплекациялаудың ондай әдістемесі мағлұматтарды айтарлықтай өзара бөгеттерсіз және тозусыз «тығыздауға» мүмкіндік береді. Соның өзінде ортогональдықты ұстанумен жиіліктер бойынша бөлуіске асырылады: әрбір тасымалдаушы толқынның максимумы көршілестердің нөлдік мәнге ие болуынан бастап басталады. Осымен олардың өзара әрекеттесуі жоққа шығарылады, сонымен қатар жиілікті спектрі тиімді пайдаланылады – қорғаныстық «қарама-қарсы-интерференциялық» сызықтары керек емес.

Дабылды жөнелту үшін сатыны қозғалтумен модуляция пайдаланылады (PSK және оның әртүрлілігі), оның барысында уақыттың қысқасына орай көп ақпарат жіберіледі, немесе квадраттық амплитудалық (QAM), каналдың өткізгішті қабілеттілігінен жоғары ықпалды шешіп алуға мүмкіндік беретін түрі. Нақты түрі қабылдаудың талап етілетін жылдамдығы мен шарттарына тәуелді таңдалады. Дабыл жөнелту барысында көлденең ағымдардың белгілі санына бөлінеді және қабылдау барысында жинақталады. Жоғары жиілікті сенімді қабылдау мен жөнелту үшін бейімделетін антенналарды пайдалануды жоспарлайды, олар базалық станцияның астына

құрастырылады. Бірақ қала жағдайларында ондай антенналарға дұрыс бағытты анықтауда дабылдың тоқтаулары тосқауыл болуы мүмкін – оның таратылу барысында тосқауылдары пайда болады. Бұл жерде OFDM тағы бір ерекшелігі бар – тоқтауларға тұрақтылық, төзімділік (модуляцияның түрлі типтері үшін тоқтаудың өз типтері бар). Тікелей көрінудің болмауы шарттарында да жұмыс жасалуы мүмкін, себебі ол GSM стандарты жұмыстарына тосқауыл болады. OFDM кемшіліктері – доплерлік тосқауылдарға сезімталдық және электрондық кешендердің сапасына талапқойлық.

LTE (Long Term Evolution) технологиясы – 3G желілерінің дамуының логикалық жалғасы. Орта мерзімді басымдылықта ол әлемдегі ұялы байланыс жүйелерінің дамуын анықтайды. Ол технология мағлұматтарды жөнелтудің жылдамдығын ұялы желілер арасындағы байланысқа қарағанда қамтамасыз етуге (теориялық жағынан, ондаған рет) қабілетті. LTE енгізу теориялық жағынан мағлұматтарды жөнелтудің 20 МГц жиіліктер сызығында 346 Мбит/с дейінгі жылдамдығын қамтамасыз етуге қабілетті, ал LTE-Advanced технологиясын пайдалануда – 100 МГц сызығында шамамен 1 Гбит/с дейін. LTE қолданыстағы желілермен толық сәйкес: мағлұматтарды жөнелтудің қоңырауы немесе сеансы, LTE қабатында техникалы жағынан GSM/GPRS/EDGE, WCDMA, CDMA2000 желісімен жіберіле алады.

LTE әлемдегі телекомды дамытудың басты басымдылығы, бизнес басымдылығы мен байланыс операторларын дамытудың басты элементі болады. Қазіргі таңда әлемдегер оператор LTE туралы ойламасы, ол нарықтағы өз өмірін шектейді деген пікір қалыптасқан. 2008 жылдың қаңтарында ұялы байланыс стандарттарын өңдейтін (GSM, GPRS, EDGE, UMTS (WCDMA) және т.б.) Third Generation Partnership Project (3GPP) халықаралық серіктестігі LTE стандарт ретінде бекітті.



## 1.2 сурет –LTE технологиясының архитектурасы

LTE басты басымдылығы – жоғары жылдамдық. Бірақ жылдамдық UMTS де, WIMAX де бар. LTE осы технологияны айтарлықтай кең жиіліктер диапазонында енгізуге болатыны маңызды басымдылығы болып табылады. Әлемде бірнеше жиілікті диапазондар бар, оларда LTE іске асыруға болады. Ең алдымен, ол 1800 МГц және 2,6 ГГц. 900 МГц диапазонын да пайдалануға болады, бірақ қазіргі уақытта операторлардың кейбіреулері ғана оны LTE үшін қарастырады. Бастапқыда осы технологияны дамыту үшін 2,6 ГГц жиіліктері керек, бірақ ол қиындықтардың ішінде (негізінен диапазонмен арнайы пайдаланушылармен байланысты) ол диапазон пайдаланылмайды. Еуропада 800 МГц диапазоны туралы жиі айтады, теледидарлық хабарды сандық форматқа алмастырудан соң осы диапазонды жиіліктерді босатумен немесе сандық дивидендпен алмастыруға байланысты. Қазіргі кезде ол жерде 800 МГц жиіліктерінде тендерлер мен аукциондар өтеді.

LTE кеңінен енгізу осы технологияның негізінде жұмыс істейтін абоненттік құрылғылар мен операторлық жабдықтаудың болуына тәуелді екенін ерекше ескертіп өткен жөн. LTE операторлық жабдықтауының негізгі өндірушілері қазіргі таңда Ericsson, Alcatel-Lucent, Nokia Siemens Networks, Fujitsu, Motorola, Panasonic, Starent, ZTE болып табылады. Қазіргі таңда LTE қолдайтын чипсеттер мен абоненттік құрылғыларды өңдеу жоспарында белсенділік танытатын LG, Samsung, Huawei Technologies, Sandbridge Technologies, Altair Semiconductor және басқа үлкен өндірушілер болып табылады. Өндірушілер абоненттік құрылғылар сызғыштарын кеңейту жолы бойынша жүреді. Алдымен ол USB-модемдер мен PC-карталар (екі стандартты, HSDPA және LTE хаттамаларын қолдайды), одан кейін – нетбуктердегі, интернет-планшеттердегі және ноутбуктардағы енгізілген модемдер, және содан кейін ғана – новые модели коммуникаторлардың және интеграцияланған смартфондардың жаңа модельдері болып табылады.

### 1.5 CDMA one, CDMA2000

CDMA one QUALCOMM компаниясымен өңделді, ал оның коммерциялық пайдаланылуы 1995 жылы басталды (GSM - 1991 жылы). CDMA өзінің негізгі бәсекелесінен, яғни GSM бірнеше жылға кеш ұсынылғанына қарамастан, ол бірқатар басымдықтарға ие. Бірінші кезекте ол мағлұматтарды жөнелту жылдамдығына қатысты. Егер GSM шек мөлшері 9,6 кбит/с аспаса, онда CDMA мағлұматтарды жөнелту жылдамдығы 1,23 Мбит/с болады. Тағы бір маңызды ерекшелік реттеленген спектрді пайдалану болып табылады. Жабдықтау үшін ондай дабыл шу деңгейінен жоғары дабыл болып көрінетін болады. Осыған байланысты оны анықтап, идентификациялауға болады. Мұндай әдіс әскери мақсаттарда да пайдаланылады, CDMA-телефоны арқылы пайдалануға болады.

CDMA2000 UMTS еуропалық нұсқасының негізгі бәсекелесі болып табылады. CDMA2000 стандарттау бойынша нұсқаулық Third Generation Partnership Project 2 (3GPP2, CDMA дамыту тобы (CDMA Development Group)

3GPP2 кеңес сұрайды) тобымен реттемеленеді.

«W-CDMA» және «CDMA2000» стандарттары өздерінің атауларында ортақ аббревиатураға ие болатынына қарамастан, ол әр түрлі жүйелер, олар түрлі технологияларды пайдаланады. Соған қарамастан, осы сәйкес келмейтін стандарттарда жұмыс істейтін түрлі ұялы терминалдар бір бірімен «сөйлесе» алады.

CDMA2000 дамудың 2 сатысына ие: біріншісі 1XRTT, ол сонымен қатар 1X ретінде белгілі, ол мағлұматтарды жөнелтудің 144 Кбит/с жылдамдығын қамтамасыз ету үшін қалыптасқан және екінші сатыға дейін дами алады — 3XRTT (немесе 3X), ондағы жылдамдық 2 Мбит/с дейін.

Басқа эволюциялық қадам 2 стандартын CDMA2000 1X EV («EV» = «Evolution», «эволюция, даму») қарастырады. CDMA2000 1X EV-DO («Data Only» — «тек мағлұматтар») дыбыс пен мағлұматтарды жөнелту үшін түрлі жиіліктерді пайдаланатын болады. Келесі қадамда — CDMA2000 1X EV-DV («Data and Voice» — «данные и голос») стандарты бір жиілікті диапазонда дыбыс пен мағлұматтарды интеграциялау іске асырады.

### **1.6 Wi-Fi**

Wi-Fi - (ағл. Wireless Fidelity аббревиатурасы – сымсыз жоғарынақтылық) – ол заңдастырылмаған радиоканалдар арқылы сандық мағлұматтарды жөнелтудің ерекше форматы болып табылады. Wi-Fi технологиясы тұрақты дамытылуда, ол мағлұматтарды жөнелтудің үлкен ағымын қамтамасыз етеді. Соңғы кездері Wi-Fi технологияларымен барлық ноутбуктар қамтылады, көптеген ұялы телефондар, КПК, ойындар және т.б. сымсыз тышқандар қамтамасыз етіледі. Wi-Fi 1991 жылы NCR Corporation/AT&T (впоследствии — Lucent и Agere Systems) Нивегейн, Нидерландыда шығарылған. Жұмыстардың жүргізушісі мен реттемелеушісі желгілікті IEEE 802 (Institute of Electrical and Electronic Engineers) желілерін стандарттау бойынша комитет болды. 1990 жылы осы комитеттің бұйрығымен арнайы жұмыс тобы ұйымдастырылды, оның міндетіне сымсыз жергілікті желілердің толыққанды стандартын өңдеу кіргізілді. Wi-Fi - технологиясы бастапқыда қасалық қызмет көрсету үшін өңделді.

Соңғы өнімді құру үшін жеті жыл талап етілді, және тек 1997 жылы жана IEEE 802.11 стандарты кең ортаға ұсынылды. Шынында, тұтынушылар ерекше энтузиазмсыз Wi-Fi бірінші нұсқасын кездестірді – мәселе мынада: технологияны өңдеуге өте көп уақыт кетті, және презентация уақытында стандарт ескіріп үлгерді. 2 Мбит/с (ол кездері жергілікті желі үшін ол өте күлкілі болды) аспайтын төмен өткізгіштік қабілетпен қатар, байланыс сапасы ешкімді қанағаттандырған жоқ, соның өзінде жабдықтаудың бағасы бірнеше мың долларды құрай алды.

Кеңсенің, қонақ үйдің, вокзалдың немесе әуежайдың ішінде ғаламторға және жергілікті желі ресурстарына сымсыз қол жеткізу үшін қызмет олардың сапасына байланысты бағаланды. Кез-келген жағдайда, өңдеушілер технологияны жетілдіруді жоспарлаған жоқ, 1999 жылдың күзіне қарай бірден



екі ерекшелік шығарды, олар 802.11a және 802.11b деп аталды, олар 54 Мбит/с және 11 Мбит/с сәйкесінше жоғары өткізгіштік қабілетті қамтамасыз етті. Бастапқы кезеңде сатылымға Wi-Fi жабдықтаулары шығарылды, ол 802.11b сәйкес болды, және осы уақытта халықтың мойындауын күтуге көп уақыт кетпес еді. Рекордтық қысқа мерзімдерде Wi-Fi технологияларына әлемдік аренаға шығу мүмкін болды, және Ethernet сияқты жергілікті желіні ұйымдастырудың классикалық әдістеріне маңызды бәсекелестік құрды. Оған Wi-Fi жабдықтауға бағалардың кенеттен төмендеуі, және бірінші ерекшелікке тән Wi-Fi технологиясы мәселелерінен айырылуға мүмкіндік береді.

802.11a стандартын қолдайтын шынайы құрылғылар сатылымға тек 2001 жылы шығарылды, бірақ нарықтың 802.11b жабдықтауына толы болғаны соншалықты, тіпті бес рет артқан өткізгіштік қабілетке қарамастан ерекшеліктің бастапқы уақытында көлеңкеде қалады. Wi-Fi технологиялары эволюциясының келесі ағымы 2003 жылдың жазында басталды, ол кездері өңдеушілер 802.11g стандартының келесі нұсқасын аяқтады. Қазіргі уақытта заманауи жабдықтаудың көп бөлігі Wi-Fi бойынша бейімделген, олар 802.11g модульдерімен қамтылған, және соның өзінде кезекті ерекшелік шығуға дайындалуда - 802.11n. Онда 802.11a және 802.11g салыстырғандағы жоғары жылдамдықты екі есе арттыруға, сонымен қатар жаңа технологияларды енгізуге уәде береді.

## **2 Жақындағы уақытта трафиктің өсу басымдылықтары**

2019 жылға қарай «ақылды» байланыстар үлесіне әлемдік ұялы трафиктің 97 % келетін болады.

Жарияланған жыл сайынғы Cisco зерттеуінің «Визуалды желілік технологиялардың даму индексі: 2014-2019 жж. кезеңге арналған ұялы трафик бойынша жаһандық жоспар» (Cisco VNI) атауындағы мағлұматтары бойынша, ұялы трафик өсімінің басым факторлары жоғары жылдамдықты ұялы желілерге қол жетімділікті кеңейтумен байланыстыруда қуатты ұялы құрылғылар мен машинааралық байланыстардың артуы рөл атқара алады. Егер 2014 жылы әлемдік ұялы трафик 88 % 3G трафиінің кішігірім ауқымында дамыған есептеуіш және мультимедиялық сервистерді қамтамасыз ететін «ақылды» трафиктен құралса, онда 2019 жылға қарай ол көрсеткіш 97 % дейін артуы мүмкін.

«Ақылды» трафиктің өсім қарқынын күллі әлемде бақыланып отырған жағдай, яғни қарапайым телефондардан смартфондарға көшу, ноутбуктардың болуы, үлкен мүмкіндіктерге ие планшеттердің пайда болуы және машинааралық бағдарламалар санының артуы сияқты басым факторлар қолдайды. 2017 жылға қарай 3G ұялы трафиі екінші ұрпақ технологияларын басып озады және байланыстар үлесі бойынша ұялы байланыс технологиялары арасында әлемде бірінші орынға шығады. 2019 жылға қарай 3G желілері барлық ұялы құрылғылардың және байланыстардың 44 % келетін болады, ал 4G желісінде — 26 % байланыстар, оның ішінде соңғылары трафиктің 68% генерациялайтын болады.

Cisco құрамындағы VNI болжамдары бойынша, егер 2014 ж. қарай әлемдік ұялы трафиктің жылдық ауқымы 30 эксабайтты құраса, онда 2019 жылы ол көрсеткіш 292 эксабайтқа жетеді. Көрнекілік үшін:

- ол 2000 жылы генерацияланған бақыланған және ұялы IP-трафиктен 292 есе жоғары

- ол 65 триллион суреттерді жіберуге ұқсас болады (мультимедиялық хабарламалар, Инстаграмдағы суреттер), жыл бойы жер шарының әрбір тұрғынына күніне 23 сурет жіберу;

- ол 6 триллион бейнеклипті қарастыруға тең (мысалы, YouTube сервисінде), яғни, жыл бойы жер шарының әрбір тұрғынына 2 клиптен жоғары.

### **2.1 Ұялы трафиктің жаһандық өсімінің басым факторлары**

Cisco болжамдары бойынша, 2014 және 2019 жж. Аралығында ұялы трафиктің жаһандық өсімінің қарқыны бақыланатын трафик өсімінің қарқынын үш есе артатын болады. Мағлұматтарды ұялы жөнелтудің өсімін анықтайтын тенденциялардың арасында келесілерді атауға болады:

- ұялы пайдаланушылар санының өсімі. 2019 жылға қарай олардың саны 5,2 миллиардқа жетеді (2014 ж. — 4,3 млрд). 2014 ж. 7,2 млрд адамды құрайтын әлемдік халықтың шамамен 59 % ұялы байланысты пайдаланды.

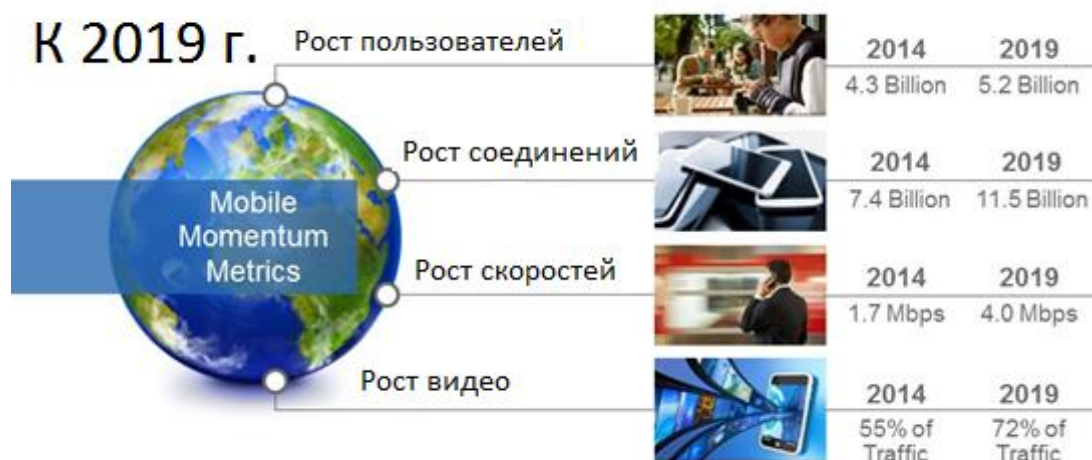
2019 жылға қарайондайлар 69 % жоғары болады (соның өзінде, біздің планетамыздың халқы 7,6 млрд адамға жетеді);

- ұялы байланыстар санының артуы. 2019 ж. қарайұялы байланыстарды орнатуға дайын құрылғылар мен байланыстардың саны 11,5 млрд жетеді (8,3 млрд жеке ұялықұрылғылар мен 3,2 млрд машинааралықбайланыстар), ол кездері 2014 ж. ол көрсеткіш 7,4 млрд құрады;

- ұялы жөнелту жылдамдығын арттыру. 2019 ж. қарай әлемнің ұялы желілеріндегі мағлұматтарды жөнелтудің орта жылдамдығы 2,4 есе артады және 4,0 Мбит/с жетеді (2014 ж. көрсеткіш — 1,7 Мбит/с);

- бейнеклиптерді ұялы жөнелтуді өсіру. 2019 ж. қарайұялы бейнеклипәлемдік ұялы трафиктің 72% құрайтын болады (2014 ж. көрсеткіш — 55 %).

## Глобальные драйверы дата трафика



Источник: Cisco VNI Global Mobile Data Traffic Forecast, 2014-2019

### 2.1 сурет – Негізгі көрсеткіштердің өзгерістерін болжамдау

«Ұялы трафик өсімінің айтарлықтай басым факторыалдағы жылдарда жоғары жылдамдықты ұялы желілерге қол жетімділікті кеңейтумен байланыстыра отырақуатты ұялы құрылғылар мен машинааралық байланыстар санының жоғары артуы болып табылады, —Cisco компаниясыныңөнімдер мен шешімдер маркетингі бойынша вице-президентіДуг Уэбстер (Doug Webster) айтқан болады. — Олұялы-бейімделген орта қоңыраулар мен мүмкіндіктердің сервис-провайдерлері үшін маңызды, онда олар инновациялар негізінде Ғаламторды қалыптастыруды жалғастыра отыра тұтынушыларға және бизнеске түрлі ұялы сервистерді ұсынады».

## 2.2 LTE 4Gтехнологиясы

### 2.2.1 WiMAXтехнологиясымен салыстырмалы талдау

Телекоммуникация әлемінде 4G технологиясы3G кейінгі келесі ұрпақ болып табыладыжәне өз құрамына IP-телефония, ғаламторға ультра-ұялыкең сызықты қол жетімділік, ұялы телевидение, бейнеконференция, бұлтты

есептеулер, жоғары сапалы онлайн ойындар сияқты қызметтерді өз құрамына енгізеді.

Коммерциялық пайдалану 4G технологиясы кандидаттар екі жүйе болды: ол бірінші 2006 жылы Оңтүстік Кореяда қолданылған MobileWiMAX стандартты және 2009 жылы Осло және Стокгольмде қолданылған алғашқы релизі LongTermEvolution стандартты екі жүйелер болды. Содан кейін 2008 жылы АҚШ-тың компания Sprint желілік MobileWiMAX кеңейе бастады. 2010 жылы, MetroPCS желілік LTE ұсынған бірінші операторы болды. Шын мәнінде, LTE және WiMAX стандарттары ұқсас. Олар екеуі де OFDM кодтау әдісін және MIMO деректер беру жүйесін пайдаланады. Екі стандарттар 20 МГц-ке дейін өткізу қабілеті және TDD-FDD дуплекстеуді қолданады. Сондай-ақ, екі байланыс жүйесі де IP протоколын пайдаланады. Демек, шын мәнінде екі технологиялар жақсы біркелкі олардың жиілік ауқымын қолдануға және салыстырмалы деректер беру жылдамдығы Интернетке тегін беріледі. Осыған қарамастан кейбір айырмашылықтар бар. Бұл айырмашылықтардың бірі, ол осы технологияның артықшылығы бола алмайды, техникалық WiMAX желілік инфрақұрылым өте қарапайым болып табылады және неғұрлым сенімді. Стандарт құрылыстың мұндай қарапайымдылығы оның деректерді беруіне ғана негізделген. Алайда, GSM және 3G - LTE инфрақұрылымды «күрделілігі» алдыңғы ұрпақтың стандарттарына үйлесімді жасауға қажет. Бұл үйлесімділігі әрине ұялы желілердің өтпелі уақыты керек.

Сонымен қатар, екі технология нұсқалары арасындағы басқа айырмашылықтар бар. Олардың бірі радио ресурстарын жоспарлау қамтуы мүмкін. Ұялы радио ресурстарын WiMAX жоспарлау абоненттің көзделген арна бүкіл спектрі бойынша бөлінеді FrequencyDiversityScheduling технология жиілік таралуына жоспарлау жүзеге асырылады. Ол орташаланған әсер рандомизации мен жиілігі-селективті сейілумен кең жолақты арна бойынша үшін қажет. LTE желілері жиілікті-селективті сейілуін жою үшін түрлі технологиясын пайдаланады. Бұл техника жиілікті-селективті жоспарлау ресурстар деп аталады - FrequencySelectiveScheduling. ChannelQualityIndicator - бұл кезде әрбір абоненттік станциясы мен тасымалдаушы жиілігі блок арна CQI сапа көрсеткіштері бар. Сондай-ақ, бұқаралық коммуникация желілерін пайдалану жиілігі қайта пайдалану факторы жоспарлауға байланысты өте маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Оның рөлі әрбір жеке базалық станция үшін қол жетімді радио жиілік пайдалану тиімділігін көрсетіп тұрады. WiMAX қайта пайдалану жиілік диапазонында негізгі құрамы үш радиожілік арналарынан тұрады. Әрбір секторда сайттар үш сектор конфигурациясын (базалық станцияның белгілі бір жиілік диапазоны) пайдаланғанда үш жиілік арналардың бірін жүзеге асыруға болады. Бұл жиіліктің қайта пайдалану коэффициенті үшке тең. Басқаша айтқанда, кеңістіктің әрбір нүктесінде радионың жиілік жолағында үштен бір бөлігі ғана бар. LTE ұялы желі жұмысының қайта пайдалану коэффициентімен іске асырылады, ол 1-ге тең. Бұл бір тасығышта LTE барлық базалық станцияда

жұмыс істейді дегенді білдіреді. Мұндай ішкі жүйе жиілік-селективті кестесін пайдалана отырып барынша азайтуға икемді жиілік жоспарын және жеке жасушаларының арасында бөгеуіл үйлестіріп отырады. Әрбір ұяшық орталығында абоненттер барлық қол жетімді арна өткізу мүмкіндігі және тек белгілі бір жиілік зона қол жетімді жасушалар жиектерінде пайдаланушылардың ресурстары болып табылады. Жоғарыда айтылған екі LTE және WiMAX желілерінің ерекшеліктері олардың негізгі сипаттамаларының бірінде үлкен қамту дәрежесіне әсер етеді. Ескере отырып, осы параметр сапасын қалаған аймағын жабу үшін базалық станциялар қажетті санымен есептеледі. Сондықтан, осы параметр тікелей LTE желілерін салу қорытынды құнына әсер етеді. LTE желісінің қорытындысы бойынша, барлық ұялы байланыс операторлары үшін айқын артықшылық болып есептеулер технологиялық WiMAX қарағанда саны бірдей базалық станциялар үшін жақсы қамту қамтамасыз ете алады.

#### 2.2.2 LTE 4G негізгі сипаттамалары

LTE технологиясының негізгі сипаттамалары мына параметрлерді қамтиды:

- қабылдаудың ең жоғарғы жылдамдығы 20 МГц арна ені 326 Мбит /с;
- максималды жүктеу жылдамдығы 20 МГц арна ені 86,4 Мбит / с;
  
- TDD және FDD жұмыс тәртібі;
- өткізу қабілеті (1.4, 2.5, 5.10, 15, және 20 МГц) әр түрлі қадаммен, 20 МГц үлкейеді;
- 6 HSPA Release салыстырғанда жиілік спектрлік тиімділігі;
- пайдаланушы жабдықты мен базалық станция арасындағы 10 мс жауап уақыты, 100 мс және енжар белсенді мемлекетке көшу кем болып табылады.

LTE технологиясы пакеттік деректер қолдайды және IP технологиялар мен IP-негізделген желісін ұсынамыз барлық мүмкіндіктерді пайдалануға оңтайландырылған. Қажетті техникалық талаптар әзірленді және халықаралық ұйым 3GPP бекітілді.

LTE технологиясы оның жарқын үлгісі болып табылады. Осы технологияның негізгі мақсаты мобильді байланыс желісіндегі жоғарғы жылдамдықты деректі жеткізуді ұсыну және мобильдік байланыста қызмет көрсету спектрін ұлғайту, қызмет көрсету үшін оператор шығынын азайта отыру негізінде үлкен өлшемді видео және дыбыстық файлдарды алмастырудан басқа, өндірушілер потокты видео сияқты қызмет көрсетумен қамтамасыз етеді. Жоспарлау аспектісінде бұл әлі де жүзеге аса қойған жоқ.

4 G толығымен және LTE... Технологиясының ерекше плюсі “ашық” интернет қолданылысы болып табылады. Жорамал бойынша мобильді байланыс желісіндегі абонент өзіне ыңғайлы құрылғы арқылы интернетке шыға алады. Бұл мобильді телефон, жеке компьютер, смартфон, ноутбук ағымдағы хабарламалармен алмасу үшін, болуы мүмкін.

### 2.2.3 LTE 4G қамтамасыз ететін мүмкіндіктер.

Технология LTE төмендегідей мүмкіндіктерді ұсынады:

- жоғарғы сезгіштік;
- жоғарғы желідегі өткізгіштік қабілеттілік;
- ТВ мобильді каналдардың көптігі;
- latency төменгі есебінен онлайн-ойындарын қолдау;
- жоғарғы интербелсенділік;
- берілгенді жүктеудің жоғарғы жылдамдығы;
- IP/IMS бойынша дыбысты жеткізу мүмкіндігі;
- жоғарғы сапалы қызмет көрсету;
- OFDMA желідегі базалық станциядағы 64QAM модуляциясымен;
- мобильдік ТВ-ға өте сапалы көрсеткіш;
- TDD және FDD профильдері;
- түгел IP e2e желі;
- канал ені 20 МГц;
- Жақсартылған антеналық қондырғылар.

Long-TermEvolution техникасы даму желісінде мобильді байланысының үшінші ұрпағы болып табылады 3G.Халықаралық ұйым 2008 жылы қаңтарда ThirdGenerationPartnershipProject 3GPP LTE техникасын UMTS-тен кейінгі ретінде ұстауға кең жолақты желідегі мобильдік байланысты бекітті.

Бұл технология деректерді беруде теориялық шындық жылдамдықтың 326,4 мбит/с –қа базалық станциядан пайдаланушыға және 172,8мбит/с –қа дейін басқа бағытқа береді. Мысал үшін 2G технологиясы шындық жылдамдықтағы деректерді беруді GPRS технологиясы көмегімен 56-114 Кбит/с, дейін ал, EDGE көмегімен 473,6 Кбит/с дейін қамтамасыз ете алады.3G технологиясы деректерді беру жылдамдығынан 3,6 Мбит/с дейін қамтамасыз ете алады.

4G желісі LTE стандарт негізінде бүкіл спектр енінде 700 МГц –тен 2,7 ГГц жиілігінде жұмыс жасай алады.

Бұл технологияны Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei, Motorola, NokiaSiemensNetworks, Fujitsu, ZTE сияқты телекоммуникациялық құрылғылардың провайдерлері тестілеуден және талдаудан өткізді.

LTE технологиясында станцияны қолдануда жабу радиусы 5 км –ден 30 км дейін жетеді.Кейде үлкен қажеттілікте 100км-ге дейін LTE технологиясында жауапты кезең өте қысқа, 50мс, интернет әсерлі жұмыс істей бастайды, басқа технологиялармен салыстырғанда, және де практикада қатты кабельдік байланыста ерекшелінбейді. Аналитектердің талдауы бойынша осы стандартты енгізсе мобильдік байланыс операторлардың деректерді беру қызмет көрсетуінің өзіндік құны 6 есе азаяды. Мобильдік интернет қолданушылардың құны да төмендейді. Сонымен қатар бұл технология ауқымды технологияның мүмкіндіктерінің сапалы мобильдік теледидар тб. ұсынады, бұл мобильдің байланыс операторлармен қосымша табыс көзі

болып табылады. Бұл жерде ескеретін жағдай, табыстың байланыстан түсетін пайда түсіп кетуі мүмкін, интернет телефонияның көмегімен еркін жүргізуге болады. Басқалай айтқанда деректерді беру жылдамдығы көтеріледі, бұл қазіргі заманғы мультимедиялық сервистердің таралуына ықпал етеді.

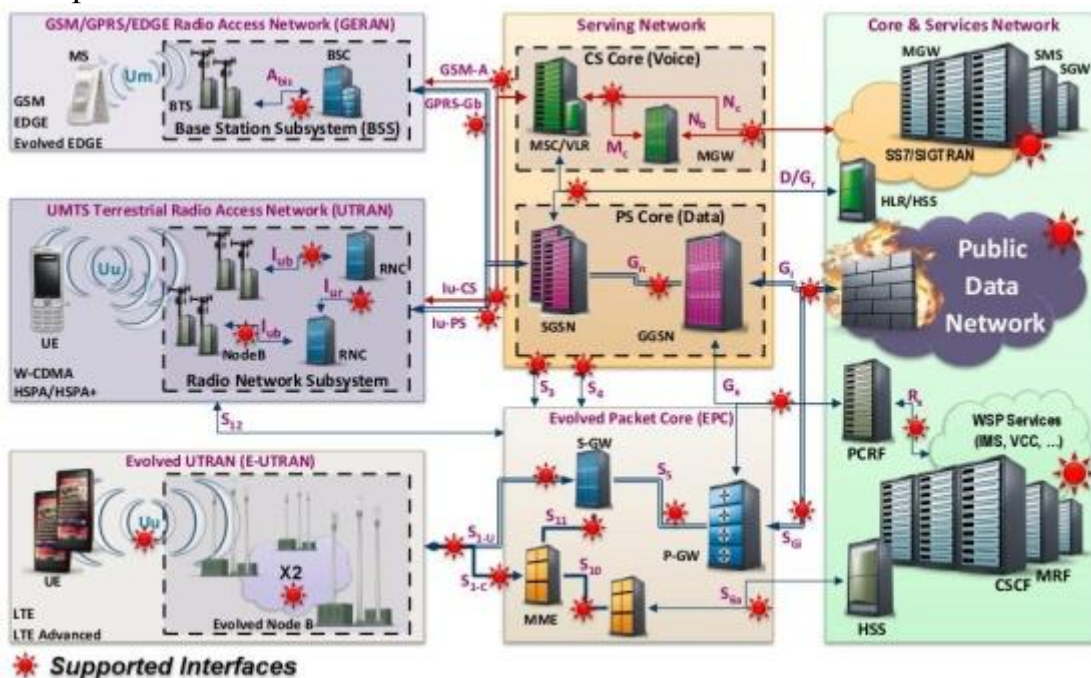
#### 2.2.4 4G Архитектура желісі

LTE технологиясы желісі өзіне желісі сымсыз жерүсті ішкі жүйесін еңгізеді, Бұл жүйе E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network), деп аталады.

Бұл ішкі жүйені eNodeB түйіндерінен тұрады.

-LTE базалық станциялары және EPC пакетті ядро (Evolved Packet Core). Бұл түйіндер қолданушы құрылғылармен UE (User Equipment) радиоалмасуды жүзеге асырады. Ол үшін OFDMA және SC-FDMA технологиясын қолдануды және қазіргі заманғы радиобайланыс әдістерін MIMO біреуден көп антеннаны қолдану арқылы.

EPC – ның негізгі функциональдық элементтері: MME – мобильдік түйінді басқару (Mobility Management Entity), сонымен қатар қолданушыларға шығысты көрсету түйіні, қызмет көрсету шлюзі SGW (Serving Gateway), және PGW (Packet Data Network Gateway) пакетті шлюз, жүйелік политика енгізу ережесі PCRF (Policy and Charging Rules Function). Қолданушылар туралы ақпарат HSS (Home Subscriber Server) сервисінде сақталады. Желі элементтері бір-бірімен стандартталған интерфейстар арқылы өзара әсерлеседі, 1.2-суретте көрсетілгендей



1.2-сурет – LTE 4G желісінің архитектурасы

eNodeB түйіні тек LTE-ның физикалық деңгейін жүзеге асырып қана қоймайды, сонымен қатар басқа да көп желілік функцияларды атқарады: радиоресурстарды басқару IP пакеттерінің бастамаларын қосу және ағымды

деректерді шифрлау , пейджингтік және кең хабарламалы хабарды беру, SGW-ге қолданбалы деректерді маршруттау.

MME түйіні EPC және UE арасындағы басқару жазықтығындағы сигнализацияны қамтамасыз етеді, және де UE-ның мобильдігін қамтамасыз етеді, оның ішінде LTE және UTRAN (UMTS) желілері GERAN (GSM) арасында роуминг кіргізе отырады.

Одан басқа PGW және E-UTRAN арасындағы шлюз SGW деректер пакетінің маршрутталуы мобильді «якорем» хэндоверлерді eNodeB желілерімен және LTE және 2G/3G желілерінің роуминг арасында қызмет етеді. Бұдан басқа, SGW UE контекстермен және UE белсенді емес бір бастама шақыруларды өздеріне арналған деректер түскендегі кезде басқарылады. PGW шлюзі UE сыртқы желі пакеттерімен байланысын қамтамасыз етеді және жүйесін саясат жүзеге асырады. 3GPP (WiMAX и CDMA2000).

Функциональный узел PCRF отвечает за управление качеством обслуживания и начислением платы за оказанные услуги связи. [2]

### **2.3 4G технологиясын пайдаланудан өсуі**

Тұтынушының сұранысы мен бизнестің сымсыз сервисімен контентін қанағаттандыру үшін көптеген провайдерлер 4G технологиясын қолдана бастайды. Олардың көмегімен сервис- провайдерлер көптеген дамыған нарықта жаңа мобильді инфрақұрылымдар пайда болды, ал кейбір дамыған аймақтарда 4G технологиясын бұрынғы 2G және 3G шешімдерін толықтырады және алмастырады.

2019 ж. қарай барлық құрылғылардың және байланыстың 26 % әлемде 4G. К тому времени число соединений 4G –ді қолдайды. 18% -ке өседі және 4 млрд жетеді (көрсеткіш 2014 г. — 459 млн).

2017 ж. қарай 3G мобильді трафигі екінші буынды технологияны басып озады және ұялы байланыс техникасы арасында бірінші орынға шығады.

2014 ж. мобильді деректерді берудің 40 % 4G байланысына тиесілі болады. 2019 ж. Қарай оның үлесі 68 % құрайды.

2014ж. айына әрбір 4G-байланысын орташа 2,2 ГБайт мобильді трафик деректерді біріктіреді. 2019 жылға қарай бұл көрсеткіш 5,6ГБайт –қа жетеді, бұл , яғни 4G технологиясын пайдаланбайтын нереациялық байланыстың трафиктік орташа көлемі 5,4есе артады. Wi-Fi-трафигінің түсуі мобильді желі трафигін көтереді.

«разгрузка» термині ұялы байланыс пен Wi-Fi ұстанатын және екірежимді құрылғымен генерацияланатын трафикке қатысты қолданылады, (ноутбукпен басқарылады) Wi-Fi желісі және аз жүздік желілермен өтеді. Wi-Fi- желісі немесе аз жүздік желісі арқылы қолданушы немесе құрылғы жүздік байланысқа ауысуда орындалады. Cisco VNI, есебінде келтірілген түсіру трафигінің болжамын публикалық ену нүктесі және тұрғын секторының Wi-Fi желісінің трафигі енгізілген.

В 2014 ж. мобильді желілердің деректерді беру бірлескен трафигі 46 % түскен, 2019 ж. қарай бұл көрсеткіш 54 %- ке жетеді.





2.2 –сурет Трафиктің динамикалық өсуі

2014—2019 жж. аралығында түсіруді есептемегенде жаһанды мобильді трафиктік деректерді жіберудің жылдық өсімі жоғары болу керек еді (65 % жүктемесіз және 57 % — жүктемемен).

LTE (VoLTE) жоғары дыбысты тасымалдау, Wi-Fi (VoWi-Fi) жоғары дыбысты тасымалдауы қуып жетеді.

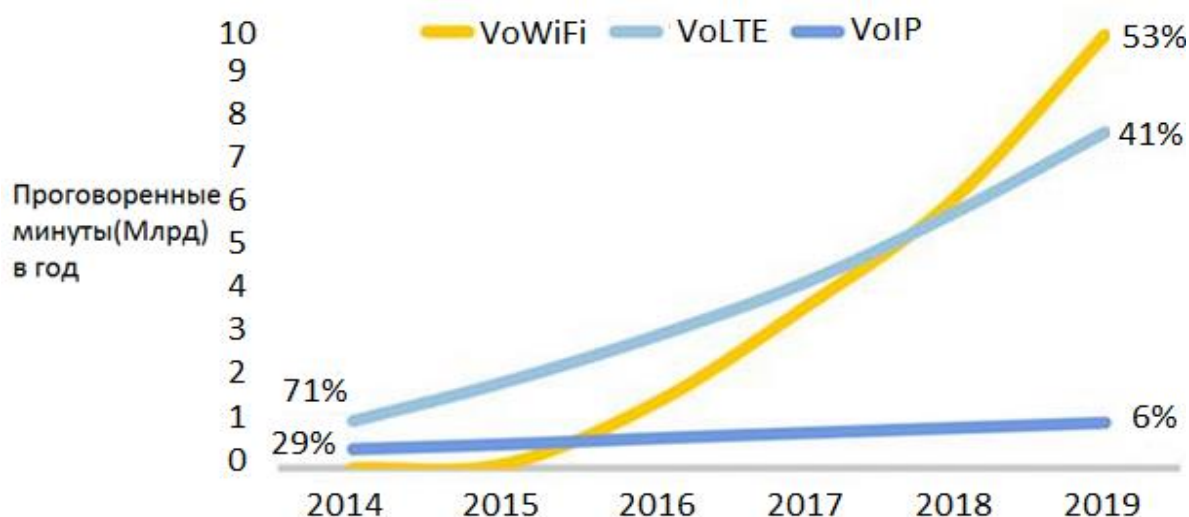
Осы жылдық зерттеулеріне мобильді желідегі көлем және стратегиялық рөлдің өсуін ескере отырып VoWi-Fi технологиясын салыстырмалы талдау және басқада дыбысты беру мобильді сервисі енгізілді. VoWi-Fi технологиясы жаңа емес, бірақ алғашқы шешімдердің кемшіліктері оның таралуына қолданушылар арасында кедергі келтірді. Қазір тек Wi-Fi-ды қолдайтын SIM-картасыз дауысты беру мүмкіндіктерін қолданатын VoWi-Fi оператор класының шешімдері пайда бола бастады, (мысалы, планшеттер). Алдағы бес жылдықта айрықша өсу потенциалына ие VoWi-Fi технологиясы қолданылуы мүмкін.

2017ж. қарай VoWi-Fi (10,8 ПБайт жылына) трафик VoLTE (10,7 ПБайт жылына) трафиктен асып түседі.

2018 ж. VoWi-Fi трафик VoLTE –ті жылына пайдаланылған минут саны бойынша қуып жетеді.

2019 ж. қарай барлық мобильді IP дауысты беру жартысынан көбі (53%) VoWi-Fi трафигіне келеді.

2019 ж. қарай Wi-Fi (1,9 млрд) қолдауымен планшеттер мен ПК саны, ұялы байланысты қолдайтын планшеттер мен ПК санынан 3,5 есе асып түседі. (542 млн).



2.3-сурет трафикті технология бойынша орналастыру

## 2.4 Мобильді бұлтты трафиктің өсуі

Netflix, YouTube, Pandora и Spotify, бұлтты қолданулар мен сервистер өздерінің жады және есептеу қуаты бойынша мобильді құрылғылар қолданушыларға шектеу қоя алады.

Айына 2 экс байт мобильді бұлтты трафик 11 есе 2014 ж өседі, 21,8 экс байтқа дейін 2019ж

2014 ж. бірлескен мобильді трафик деректері бұлтты қолданысқа 81 % келді , 2019 ж. қарай бұл көрсеткіш 90 % жетеді.

Аймақ бойынша негізгі болжамдар.

Болжау аралығында көбірек өсу қарқыны Жақын Шығыс және Африка көрсетеді. 2019ж қарай өсу қарқыны бойынша аймақтық болжам:

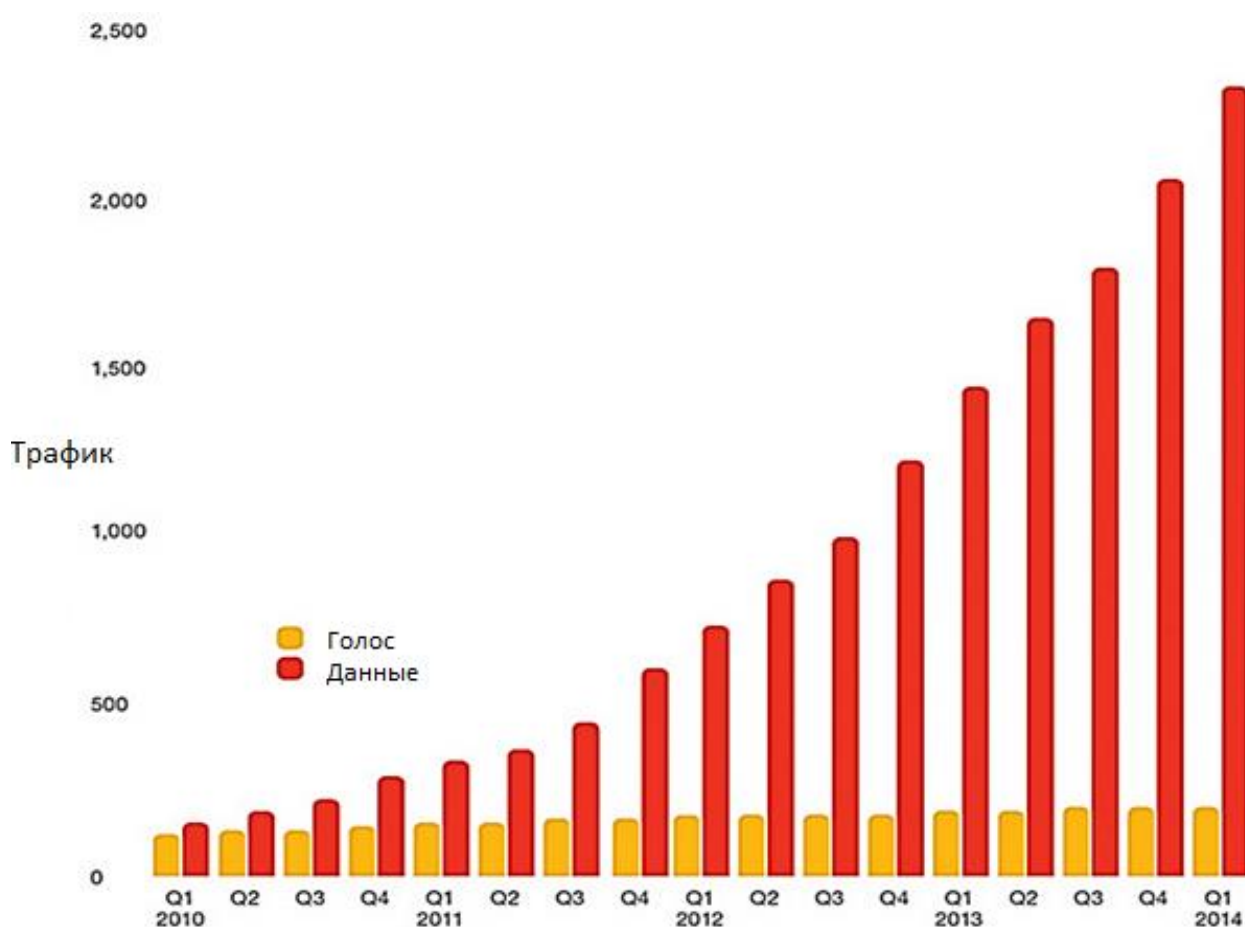
- Жақын Шығыс және Африка: орта жылдық өсімі 72 %, өсу 15,3 есе;
- Орталық және Шығыс Европа: орта жылдық өсімі 71 %, өсу 14,4 есе;
- Азиат-Тынықмұхиты аумағы: орта жылдық өсімі 58 %, өсу 9,7 есе;
- Латын Америкасы: орта жылдық өсімі 59 %, өсу 10,1 есе;
- Солтүстік Америка: орта жылдық өсімі 47 %, өсу 6,8 есе;
- Батыс Европа: орта жылдық өсімі 48 %, өсу 7,1 есе.

Мобильді трафик деректерін беру көлемі бойынша Азиат- Тынықмұхит аймағы бірінші орынға шығады. Төменде 2019жылғы трафик көлемі бойынша аймақтық болжам келтірілген:

- Азиат-Тынықмұхиты аймағы: айына 9,5 эксабайт ;
- Солтүстік Америка: айына 3,8 эксабайт ;
- Батыс Европа: айына 2,4 эксабайт ;
- Орталық және Шығыс Европа: айына 3,5 эксабайт ;
- Жақын Шығыс және Африка: айына 3,0 эксабайт;
- Латын Америкасы: айына 2,0 эксабайт .

## 2.5 Ғаламдық қозғалыстағы мобильді желілер

Кесте, сурет 2.4, деректер трафигі және дауыстық сегменттерінің айлық көлемін көрсетеді. Бұл деректер тасымалының тұрақты өсуін көрсетеді, сондай-ақ дауыстық трафик өсуінің толық тоқырауын көрсетеді. Мобильді абонеттер саны тез өсуде, сонымен қатар деректер санының өсуін ынталандырады, абонентегі деректердің орташа сомасының өсу жалғасымын ұштастырады. Ұялы телефондар сервистік қол жетімділікке арналған аспап ретінде қазір қолданылады. Дамыған ұялы нарықта дауысты шақырулар және SMS басым қызметтер ретінде саналмайды, әсіресе смартфон қолданушыларына, көпшілік күнделікті сервистарды қолданушылар мәліметтеріне негізделген. 2013 жылдың 4-ші тоқсанына қарағанда, 2014 жылдың 1-ші тоқсанындағы трафик күні көлемі 15%-ға өскен.



2.4-сурет – Ай сайынғы дауыстық және трафик күнінің өзгеруі

Және де көпген трафик нарықтарында көлемі бойынша көпеген айырмашылықтар туындайды, әртүрлі аудандармен және әртүрлі операторлармен. Бұл өлшемдер Ericsson бойынша бірнеше жыл бұрын коммерциялық желілердің кең деректер көмегімен өндірілен, бұлар барлық әлемдік аудандарды қамтып жатыр. Олар мобильді желілерді жалпы ғаламдық трафикте есептеу үшін өкілді база құрды

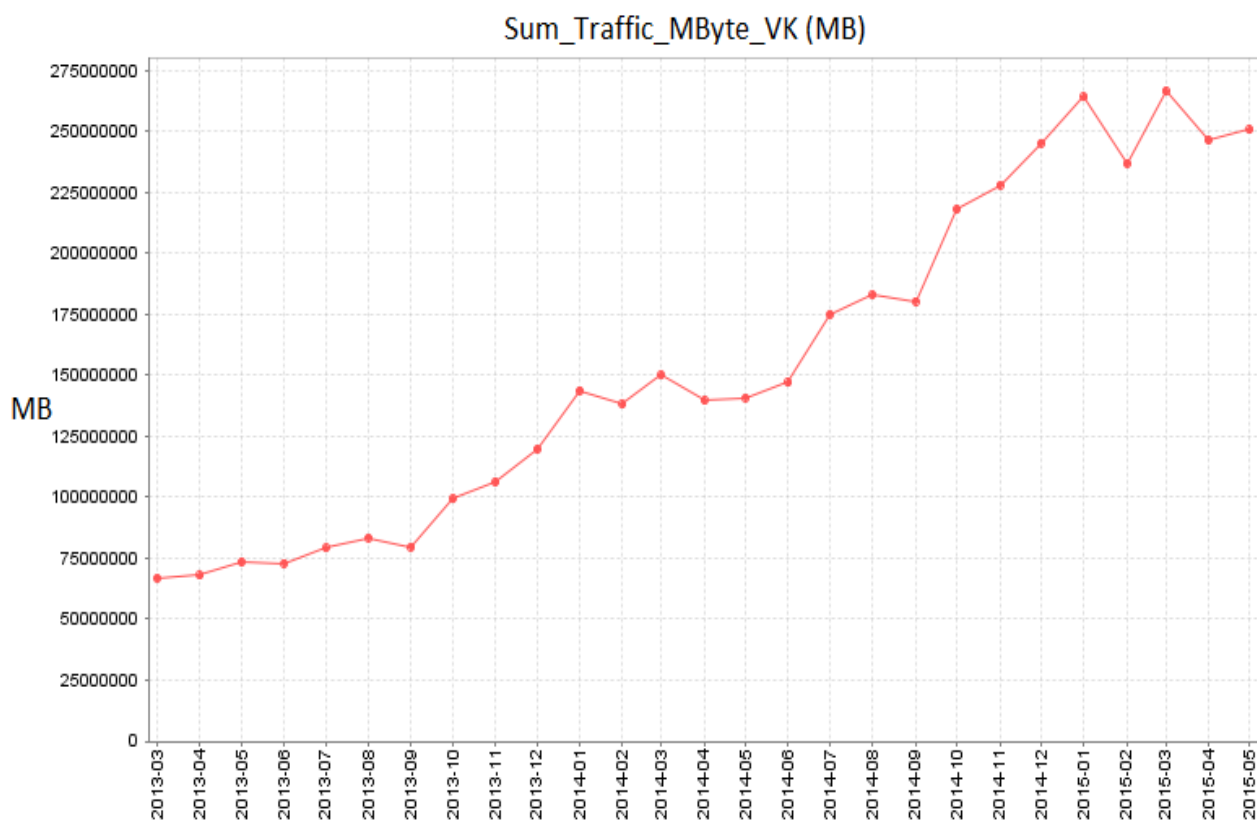
## 2.6 Мобильді күндік-трафик: даму болжамы



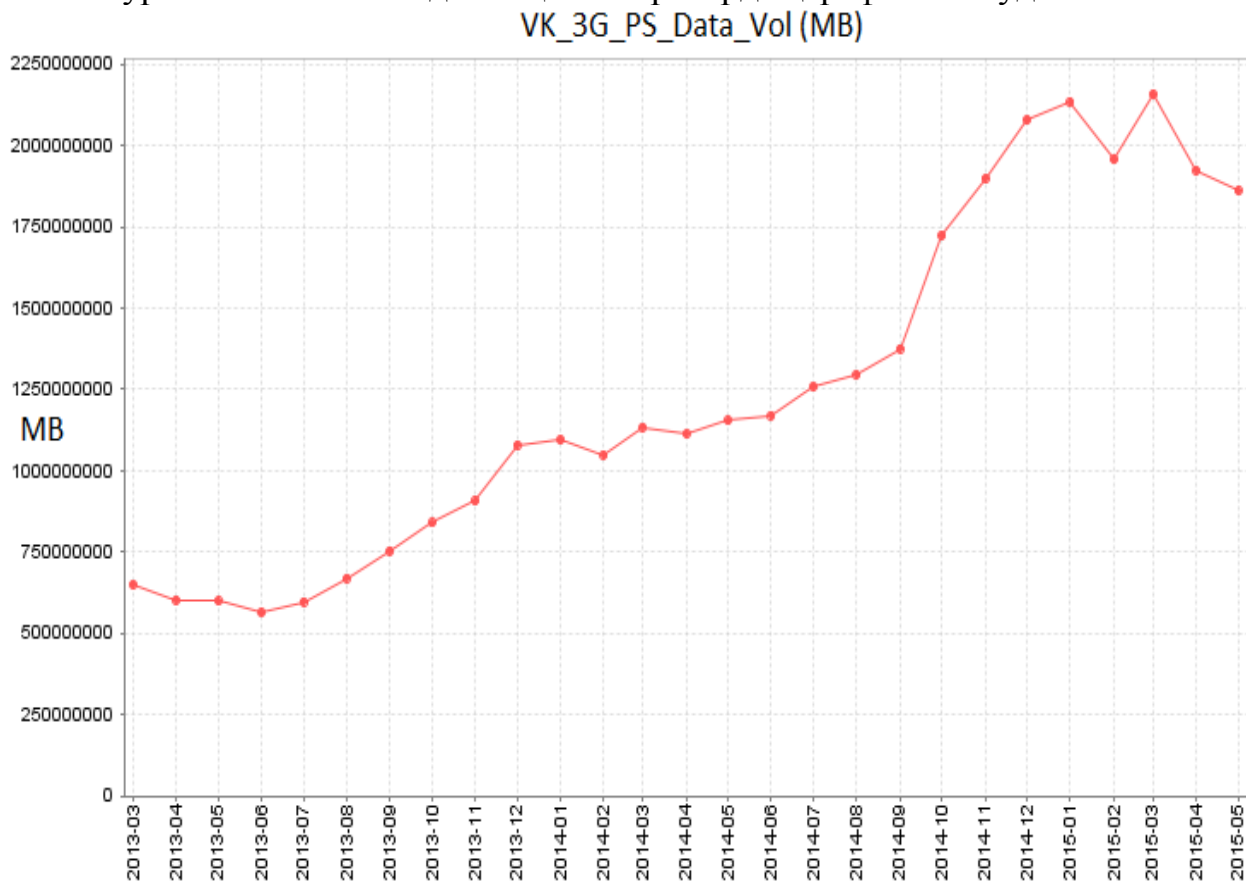
2.5-сурет – Мобильді күндік- трафиктің өсу болжамы

Жылдық орта есеппен мобильді күндік-трафиктің өсу жылдамдығының жиынтығы 45 % (2013-2019) құрайды деп күтілуде. Осылайша, мобильді күндік- трафиктің көлемі 2019 жылы 10есеге дейін өседі. Осындай өсудің негізі, смартфон қолданушылары санының көптігі болып табылады. Олар үлкен аумақтағы трафикті пайдалануы- негізі видео қарағанда өсім көбейеді. Соңғы мобильді трафик, мобильді телефондар арқылы жасалған планшет, роутерлердің ПК мобильді трафиктерін көтерді. Негізгі мобильді трафик смартфондарда жасалған. 2019 жылы смартфон пайдаланушылар саны үшеселенеді, сонымен қатар трафиктің өсу көлемі ынталандырылады. Соңғы айлық трафикте, жинақталған смартфондар, 2013-2019 жылдар аралығында 10есеге өседі.

Болжанған мәліметтер шынайы оператордың статистикалық мәліметтерімен қарастырылады. Бұл 2012 -2015 аралығында ҚР –ның желідегі операторларымен анализ жүргізгеннен соң расталды. GSM және UMTS желісіндегі трафикке көрсеткіштік баға жатады. Мәліметтер PRS (Performance Report System) программасын қолданып, Huawei компаниясынан алынған.



2.6-сурет– GSM желісіндегі нақты оператордың трафиктік өсудинамикасы



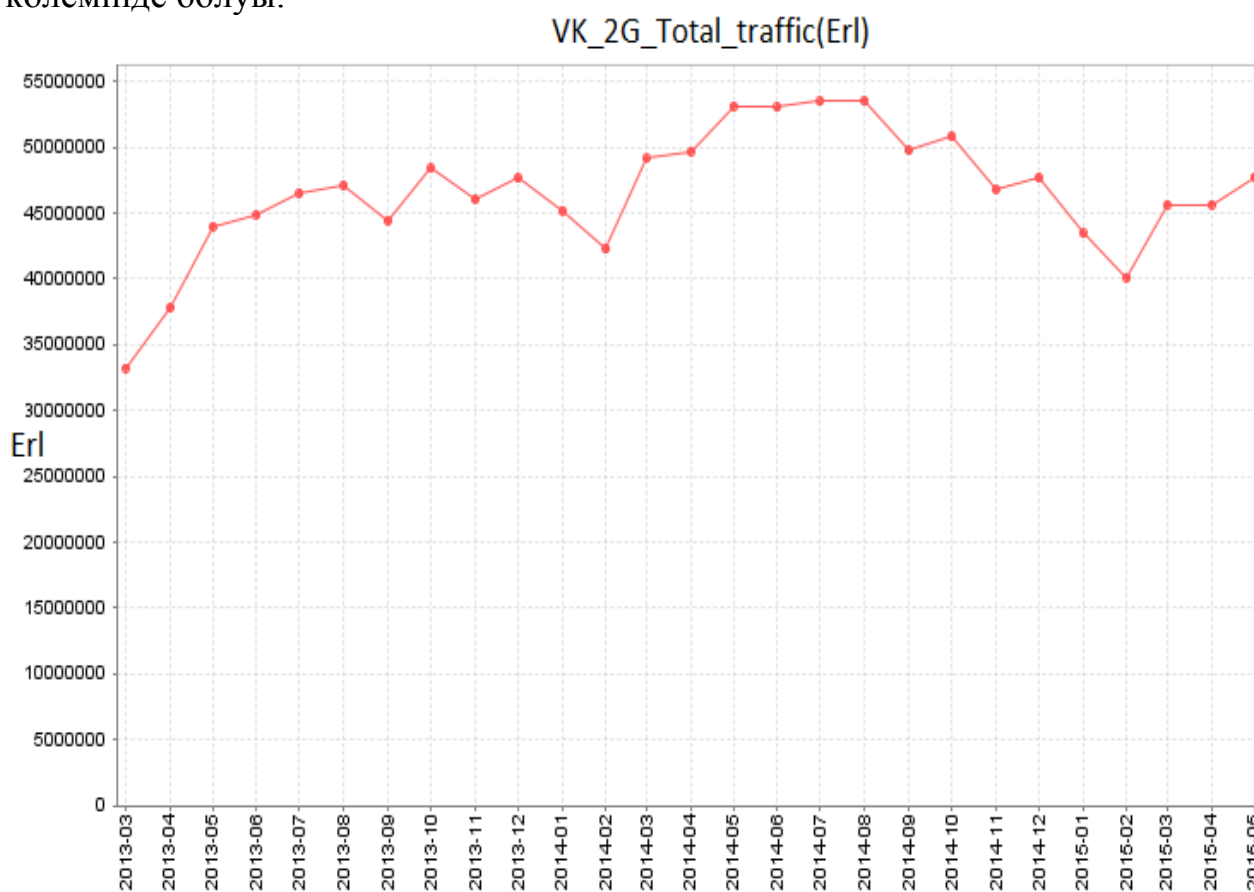
2.7-сурет – UMTS желісіндегі нақты оператордың трафиктік өсудинамикасы

GSM желісінде барлық бақылау кезеңінде мобильдік мерзімінің өсуі кестеден көрініп тұр. 2015 жылдың сәуір, мамыр айларында трафиканың орта айлық мөлшері 1 айда ауқымы 250 терабайтқа бөлінеді.

3G желісінде де ұқсастық тенденция байқалады, берілетін мәліметтер көлемі бақылау кезеңінен бастап өскен және ағымдағы уақыты 2Тетабайт мөлшеріне жетті.

Осы уақытта дауысты трафик өзінің ең көп шамасына жетті және ұзақ уақыт белгіленген деңгейде тұрады, ал жақын келешекте болжамға сәйкес тек қана азаю болады. Whatsapp, қосымшасы бар дауыстық сервистің жіберілуі осыған себепші болады, сондай-ақ VoLTE (дауыс LTE) технологиясының қолданылуы.

Соңғы жылдары SMS сервисінің ұсынушы едәуір төмендетілімі тіркелген. Бұның себебі, әлеуметтік желінің танымас болуы, сондай-ақ үлкен көлемінде болуы.



2.8- Сурет дауыстық трафиктің динамикалық өзгеруі

Көрсетілген кезеңде мобильдік трафик мерзімінің жылдам өсуі білінеді, белгіленген трафик мерзіміне қарағанда 2013және 2019 жылдар аралығында орта айлық жылдамдық жиынтығының соңғы өсуі 25% құрайды. Жалпы трафик биік болады. 2013 жылы барлық трафикте мобильдік трафик мерзімі 5% құрайды. Ал 2019 жылы 12% құрайды деп күтілуде.

Атап айтқанда, әр түрлі желілерді қолданатын тұтынушылардың арасында айырмашылық бар. Трафика мерзімінің мөлшерлі бөлігі тұтынушылардың шектеулі есебімен туындайды. Мынандай факторлар ,

операторларымен,трафиктік жоспарымен трафиканың шектеулі көлемі, сондай- ақ мөлшері және клиент пайдаланып отырған тұтынушы құрылғысының экранына рұқсат көрсетілімдертрафика көлеміне әсер етеді. 2013 және 2019 жылдар арасында смартфон трафика көлемі 10есе өседі.



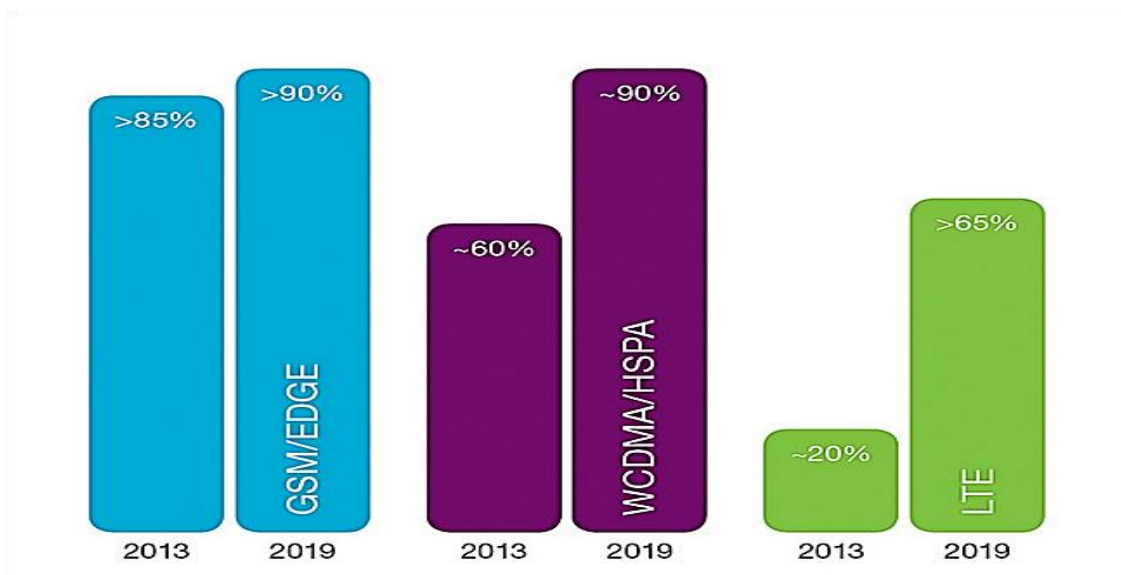
2.9-сурет. Смартфондардың нұсқаның сандық көрсеткіштері

### 2.7 Желі жағдайы. Желі бойынша әлемдік толықтыру

Станция жиынтығының мөлшері көбейгендігінің әсерінен, әлемде тұрғындардың мобильдік желіні толықтыру дәрежесі үнемі өсуде. GSM/EDGE технологиясы кең көлемінде таратылғандықтан, әлемдік тұрғындардың 85% толықтырады, GSM/EDGE бірақ та осы желімен толықтырылмаған аз тұрғындары бар аумақтар әлі де бар.

2013 жылдың соңында WCDMA/HSPA әлемдік тұрғындардың 60 % көлемінде толықтырады. 2012 жылға қарағанда 10% артық. Ары қарай, қол жетімді смартфонға және заңнамалық талаптарға сәйкес қосылуға әлі рұқсат берілмегендерге WCDMA/HSPA кеңейуі интернетке қосылу сұранысының өсуімен ынталандырады.

2013 жылдың соңында LTE желісі әлемдік тұрғындардың 20% толықтырады. 2012 жылмен салыстырғанда екі есеге көбейді. 2019 жылға қарай LTE желісімен толықтыру 65 % артық есені құрайды.



2.10-сурет. –Әлемдік әртүрлі технологиялардың орынын толтыру

2.7.1 LTE Advanced (LTE-A).операторларға LTE көтергіштік жиелік агрегация маңызды болып бара жатыр. 2013 жылы LTE-A енгізілген Оңтүстік Корея және Австралияның кейбір операторларының соңына ілесіп орта Азияда да осы желінің енгізілуіне қадам жасалды.2013 жылы алғашқы мақсат 2x10 мГц жиелік агрегациясын 20 мГц ауқымды бір жолаққа жеткізу, 150 Мбит/с секіріс жылдамдығын өсіруге мүмкіндік берді.Енді операторлар жылдамдықты 300Сбит/с жеткізуге ұмтылуда.

2.7.2LTE Broadcast.LTE Broadcast сапалы деңгейі бар бейне контентті нәтижені ұсынып , бейнесервиске сұранысы өсіп келе жатыған тұтынушыларға жауап болады. LTE Broadcast бір уақытта LTEBroadcast мәліметтерінің бір тасқыны арқылы бірнеше тұтынушыларға медиаконтентана ұсынуымен нәтижеге қол жеткізеді.

Сондай-ақ ,LTE Broadcast әр түрлі контент талабын қанағаттандыру үшін операторларға тасқын жылдамдығын беруге мүмкіндік береді , демек, контекст сапа деңгейін анықтау үшін (мысалы, кескінін реттеуге рұқсат).Қоғамдық орында, мысалы, стадионда абонент тығыздығы жоғарғы деңгейге дейін жетеді және сенімді , тұрақты байланысты тұтынушыларға тұрақты ұсынуға контент трансляциясы іске қосылған әдіс болып табылады. LTE Broadcast Кореяда іске қосылды, Америка құрама штаттарында, Австралияда, Германгияда және Нидерландияда нәтижелі сауалнама жүргізілді.

2.7.3 Mobile HD voice. HD voice дауысты қоңыраулардың сапасын жақсартады, көбірек табиғи дауысты ұсынады, анықтығы және дауысты тануға жақсы, сондай-ақ құрылғыда шуылды қосымша жояды.

HD voice қолдану жоғарғы қызмет ету аясын және желіге қосылу әдісін талап етеді және GSM, CDMA, WCDMA и LTE желісінде пайдалануға мүмкін.



Алғашқы рет бұл сервис 2009 жылы қаңтарда қолданылды. Ал қазіргі уақытта HD 71 елде 100 операторлармен іске қосылған. Көбі WCDMA желісінде іске қосылған кейбіреуі GSM және LTE (VoLTE) желісінде. 2013 жылы 29 жаңа операторлар HD voice –ты іске қосты, бірнеше нарықтықта сервис пен операторлар арасындағы оперативтік сәйкестігін анықтауда. Операторлар үшін дауыстық сервисің сапасын жақсартуының маңыздылығын жаңа іске қосылғандар анықтап көрсетті.

HD технологиясымен сәйкес келетін телефондарының мөлшерінің өсуі іске қосылған құрылғы көлемінің өсуіне байланысты. Қазіргі уақытта аз дегенде 329 құрылғы бар.

2.7.4 Voice over LTE (VoLTE). VoLTE LTE тұтынушыға жоғарғы сапалы дауысты және бейне байланысын ұсынады, сондай-ақ кеңейтілген мультимедиялық қызметтер саны бәрі бір уақытта LTE сервисі мерзімін пайдалануымен қатар VoLTE аудио спектрға жиелік ауқымын кең көлемде ұсына алады, дауыс қоңырауының сапасын жақсарту үшін: абонент шақыруға өтініш беруден бастап адресатқа қоңырау барғанға дейін уақыты 0,25 секунды, 3G 5 секундысымен салыстырғанда. Осы сервис үшін LTE қолдайтын смартфондар талап етіледі. 2012 жылы тамыз айында алғашқы VoLTE коммерциялық желі іске қосылған, осындай үш желі іске қосылған, әртүрлі смартфонды пайдаланатын миллион тұтынушы бар. 2014 жылы Азияда және солтүстік Америкада VoLTE технологиясын енгізу жоспарланған.

## **2.8 Трансформация M2M (машина аралық ықпал жасау)**

Машина аралық коммуникация, құны төмендетілуі, толықтырудың жақсаруы, радио техникалық жақсы болуы, заңнамалық қызметтер және M2M құрылғының қолданылуы көлемінің өсуіне байланысты жақсы дамуға.

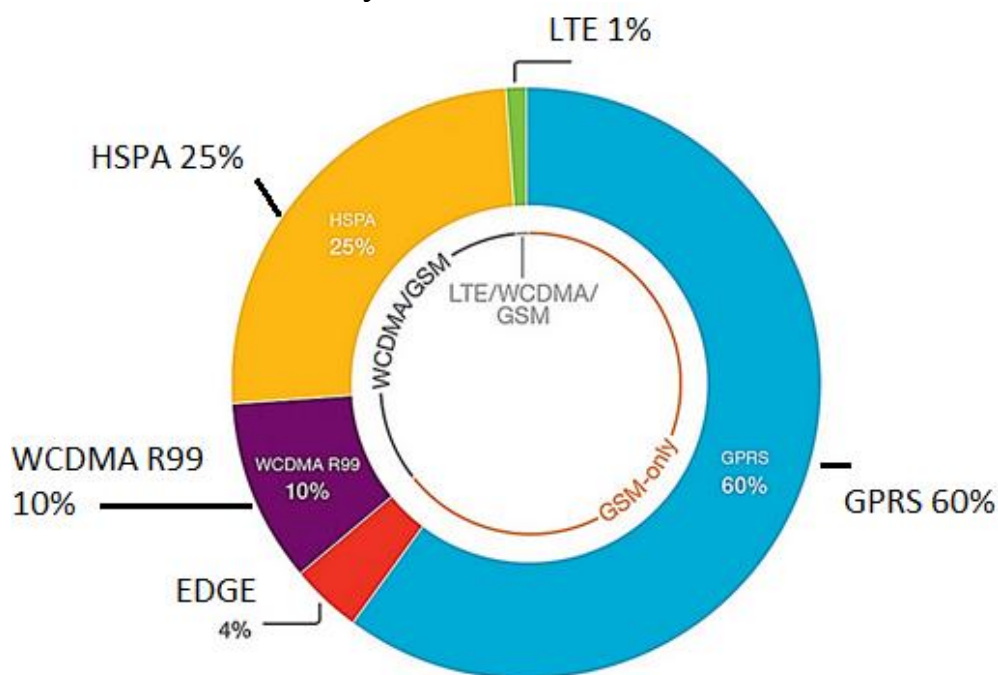
2013 жылдың соңында активті қолданыста M2M мобильдік құрылғыны 200 млн болды. Осы есеп 2019 жылға қарай 3-4 есеге өседі. Трафик көлемінде M2M құрылғының орта үлесің өлшенген Ericsson желі арасында 0,2% құрайды, бірақ-та машина аралық 20% өсуі мүмкін.

Оның желіге ықпал етуін жақсы түсіну үшін M2M құрылғының сипаттамасын мұқият меңгеру қажет. Желі арқылы мәліметтерді арзан және нәтижелі берілуін қамтамасыз ету әлемде халықаралық M2M роуминг құру мүддесі болып табылады. Құрылғыда роуминг мәліметтері бойынша M2M трафика үлесі едәуір жоғары 15% аумағында автокөліктерді бақылау және көлік құралдарды бақылау жүйесіне жұмсалатын M2M трафик роумингімен түсіндіруге болады.

Басқа құрылғы түрлерімен салыстырғанда, M2M құрылғының көбіне тек қана в GSM (GSM-only) жұмыс жасап тұр. Қазіргі уақытта Солтүстік Америкада барлық құрылғы деуге болады, 3G және 4G, қолдайды, ал жалғыз жұмыс жасап тұрған 2G – ол M2M құрылғы 2-3 жылдан кейін осындай жағдай Батыс Европада болды. Бұның себебінің біреуі GSM жұмыс жасап

тұрған M2M арзан модулі, өз кезінде, абоненттер үшін арзанға шығады. Екінші себеп: M2M көбі жоғарғы жылдамдықты талап етпейді. Үшінші: M2M ұзақ өмірлік циклдар мен жиі ерекшеленеді. Ақылды есептігі, мысалы, 20 жылға дейін жұмыс жасай алады, сол уақытта 2-3 жыл сайын смартфондар ауыстырылады, M2M құрылғының ұзақ жұмыс жасауын есепке алып, радиотехникасымен жаңарту инвестициясында болашақта осындай құрылғымен қамтамасыз ету қажет.

Кестеде көрсетілгендей (2.11 сурет) M2M құрылғыда тек қана GSM 64% жұмыс жасап тұр. Осы мәліметтер барлық әлем бойынша соңғы жылдары қолданыста болған барлық құрылғы есебінің негізі болып табылады. 2G, 3G немесе 4G жұмыс жасап тұрған M2M құрылғыда есепке алынған, M2M құрылғыны желі бойынша бөлу.



2.11- сурет Пайдаланылған әртүрлі технологияларды бөлу

### 2.9 M2M құрылғысын желі бойынша бөлу

Соған қарамастан, GSM желісінде жұмыс жасап тұрған M2M құрылғы саны өседі, 2019 жылы осы желідегі үлесі 30% төмендейді, 2016 жылы 3G, 4G барлық M2M құрылғылары үшін негізгі желі болады деп күтілуде. LTE жұмыс жасап тұрған құрылғы үлесі қазіргі уақытта 1% -дан, 2019 жылы 20% артық өседі және осы жылы 40% артық жіберілген мәліметтер үшін жауап береді. Қазіргі кезде машина аралық ықпал жасау байтында 0,1% жалпы мобильдік трафика құрайды. LTE M2M құрылғылары және одан да мықты процессорлар мынадай құрылғыларға: тұрмыстық техника, автокөлік және билбордқа қосылса мына үлес өсе береді.

### 3 Тірек байланысын жеңілдету әдістері

### 3.1 WiFi offload

3GPP стандарттары (The Third-Generation Partnership Project) екі типті WiFi- түрі және коммерциялық емес 3GPP IP болып бөлінеді.

-Қол жетімді WiFi стандартына сенімсіздік.

-Қол жетімді WiFi стандартына сенімділік.

3GPP Release 6 (2005 жылы) сенім артылмаған қол жетімді Wi-Fi сипаттамаларының жұмысы ерте кезеңдерде енгізілді. Қол жетімділіктің дәл осы түрі кез-келген WiFi құрылғысына қол жетімділікті қосады, яғни қай операторлармен қадағаланбағандарын (қоғамдық ашық хотспот, үйдің абонентін бағдарлаушы Wi-Fi және т.б.) және жеткіліксіз деңгей қауіпсіздігі (аутентификация, шифрлау және т.б.).

Сенімді қол жетімділік Wi-Fi арнасы үлгісіне қатысты болады, яғни шифрлау радиоканалының қажеттілігінде оператордың өзімен құрылған және аутентификацияның мықты түрлерімен қолданылған. Дәл осы 3GPP IP түрі емес, бұл қол жетімділік LTE-дан бастап 3GPP Release 8 (2008 жылы) жарыққа шықты. Алайда көпшілік заманға сай дизайнер Wi-Fi оффлоадасында сенімді моделдерге негізделген. Қазіргі уақытта 3GPP пакетті ядролық 2G және 3G байланыстарын біріктіру жөнінде кеңес бермейді. Алайда, құжатта көрсетілгендей, бұндай қол жетімділік пакетті ядро LTE EPC (Evolved Packet Core) байланысында біріккен.

Бүгінгі көпшілік ұялы байланыстар 3G – га негізделген және елеулі түрде бұл құжат біріктіру тәсілінің мүмкін болатын, сенімді 3GPP IP байланысындағы ұялы пакет ядросымен 3G (MPC/Mobile Packet Core) бірге архитектуралық қажеттілік, тәртіп және баға құрылымдарының (PCC/Policy & Charging Control) тәсілдерін сипаттайды. Алайда, “сенімді 3GPP IP емес қол жетімділік” термині тек LTE EPC –ге берілген, бұл 3G құжатының таралуын есепке алудағы мақсаты, Wi-Fi желісін сипаттап, мобильді операторларды қадағалау үшін.

3GPP 24.302 құжаты келесідей анықтама береді: “Сенімді 3GPP емес IP қол жетімділігіне қолданушының коммуникациялық құрылғы аралығына және EPC пакетті ядролық байланысына қауіпсіз болып келеді”. Бұл анықтама заманға сай SP Wi-Fi архитектурасын EAP (Extensible Authentication Protocol) қолданушысы бойынша қолданылады және IEEE 802.1x аутентификациясы, сонымен қатар IEEE 802.11i көмегімен шифрлау радиоканалын және валюталық арна бақылауы мен пайдаланушы ақпаратының қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін DTLS (Datagram Transport Layer Security) –ды ұтымды пайдалануды қажет етеді. Барлық сипатталған компоненттер SP Wi-Fi шешімінде бар, осыларды пайдалануды сенімді 3GPP емес деп қарауға болады.

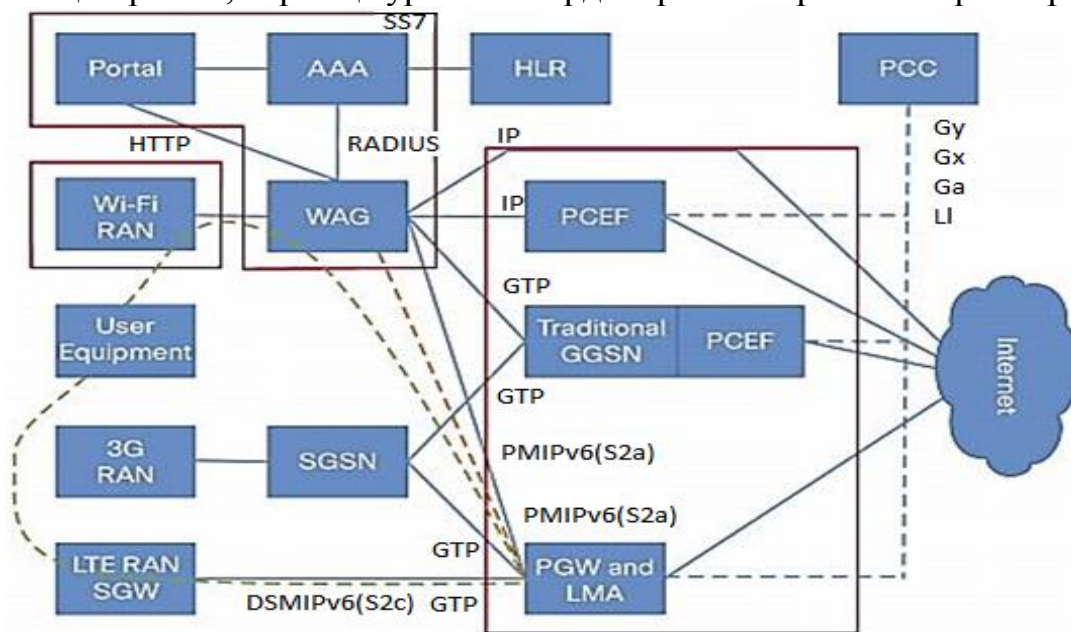
Берілген құжат алдымен 3GPP жобасында қарастырылады, содан соң 3GPP үлгісінде қалай анықталатындығын EPC біріктіру архитектурасындағы эволюциясында сипаттайды.

3GPP ерекшелігінде Wi-Fi байланысы тек Wi-Fi қол жетімділік

байланысы ретінде қарастырылады. Ешбір Wi-Fi желісінің құрылымдық дерегі ерекшеленбейді.

Берілген құжат Wi-Fi желісін қол жетімділік және шлюз компоненттеріне бөледі. Оффлоада ұялы мәліметі Wi-Fi байланысы үшін 3 бөліктен тұрады: 1) Радио қолжетімділік байланысы Wi-Fi үлгісіне (Wi-Fi RAN); 2) Wi-Fi қолжетімділігіндегі шлюз (WAG/ WiFi Access Gateway) және қажетті қосалқы жүйелер (сондай-ақ берілген құжат 3GPP WAG емес –тің кіріспесі үшін 3GPP TS 23.234 анықтамасын кеңейтеді); 3) ұялы байланыс ядролық пакетін біріктіру элементтері.

3.1 –ші суретте 3G элементтерінің қалай біріктірілгені көрсетілген, сонымен қатар LTE, барлық суреттемелерді берілген жұмыста көрсету үшін.



3.1-сурет Wi-Fi байланысының бірігуі

Егер Wi-Fi желісін ұялы мәліметтер оффлоада қозғалысы үшін қолданса, онда келесі тапсырмаларды шешу қажет:

а) түп нұсқаландыру :қамтамасыз ету үшін, тек қана авторизацияланған пайдаланушылар байланысқа қол жетімділікті ала алады.

б) PCC: дұрыс биллингацияны қамтамасыз ету үшін, (QoS) сапасының қызметі және трафик саясатын қолдану, қай Wi-Fi қол жетімділік байланысына қалыптасқандағы. Негізінде бұл барлық жағынан 3GPP PCC- ге сәйкес болу керек.

в) IP-сессиясының үздіксіздігі: қозғалыс арасындағы әр түрлі байланысын қол жетімділікке(3G>Wi-Fi, Wi-Fi>3G Wi-Fi байланысына ішіндегі нүктелер арасында) үздіксіз қызмет ету қамтамасыз етіледі.

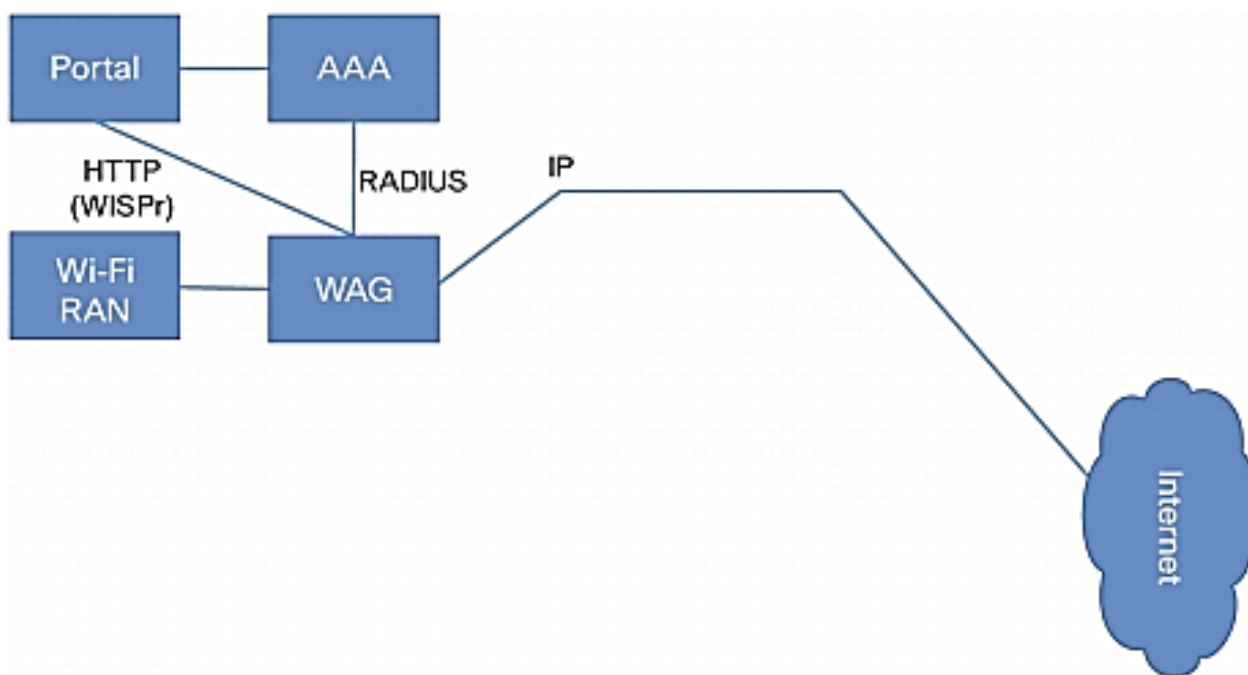
3.1.1 Түп нұсқаландыру. Пайдаланушы қолжетімділікті Wi-Fi стандарттық байланысын пайдалану үшін көптеген түпнұсқалық тәсілдерді қолдануға болады .Түпнұсқа тәсілін таңдауда үздіксіз қолдану байланысын пайдалануда ыңғайлы.Қарапайым және түпнұсқа тәсілінің мөлдірлігі, бұл соңғы

пайдаланушы үшін , көбінесе пайдаланушының байланысқа қосылғандығын айқындайды.

Түп нұсқалық тәсіл пайдаланушыны және пайдаланушы құрылғысының түрін анықтап, дәл қай желі түрін пайдаланғанын анықтайды(пайдаланушы SIM-картамен немесе картасыз, жекеменшік ұялы операторлық абонеттермен, байланыстағы пайдаланушы қонақ және тб).

Қазіргі заманғы Wi-Fi желісі орта есеппен 2 түрлі түпнұсқа бар, бұл барлық қызметтер Wi-Fi қызметтерін жиі пайдаланушылар үшін барлық мүмкіндіктер ыңғайлы жасалған. Бірінші тәсіл - түпнұсқа веб- портал арқылы бұл оператормен жиі контракт жоқ пайдаланушыға қол жетімділікті береді(талондар, уақытқа байланысты қол жетімділікті, SMS арқылы төлем және тб ). Екінші тәсіл- EAP көмегімен түпнұсқа , бұл қолжетімділік қызмет мөлдірлігін қамтамасыз ету және жекеленген абонент ұялы операторлар SIM картамен немесе сертификаттар үшін жай қолжетімділік.

3.1.2 Веб- портал арқылы түпнұсқа. Веб-түпнұсқасы (L3 OSI/ISO) байланысының үшінші деңгейінде құрылған және HTTP –ді пайдаланушы қолжетімділігіне қалай рұқсат алу үшін пайдаланады. WISPr стандарты (Wireless Internet Service Provider) осымен қоса HTTP-коммуникациясы веб-порталмен автоматты түрдегі түпнұсқаны пайдаланушы құрылғысын, кез келген пайдаланушы емес болу керек, 3.2- сурет

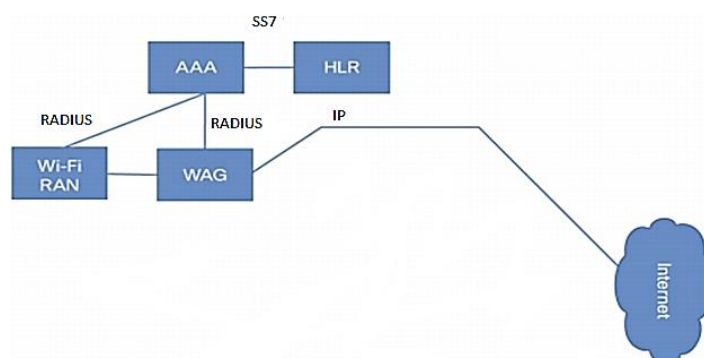


3.2 - сурет Веб-портал көмегімен түпнұсқаның архитектурасы

Бұл әдіс Wi-Fi желісінде WAG-та қолданылады, ол барлық белгісіз қолданушыларға арналған IP-коммуникацияларды блоктайды және барлық HTTP-сессияларын басқа веб-порталға жібереді. Веб-портал қолданушыларының байланыс аясы бойынша хабарламаларға жауап береді және AAA-фазасын енгізеді. WAG-тың логинынан соң бұл туралы AAA-сервер

арқылы хабарланады. Осы кезден бастап қолданушы белгілі болады және AAA-ның көшінде орналасады. WAG бұл қолданушыға мәліметтерді жіберуге және алуға мүмкіндік береді. Әдетте IEEE 802.11 MAC қолданушының профилі және қолданушының аутентификациясымен бірге AAA-сервердің көшінде тұрады. Егер қолданушы Wi-Fi-дың аясынан кетіп қалып, қайтадан шықса қолданушы қондырғысы MAC-адрес бойынша WAG-тың шлюзы арқылы танылады және автоматты түрде AAA-дағы кәшталған жазба бойынша аутентификацияланады. Сондықтан қолданушыға үнемі веб-порталға кіріп, Wi-Fi желісі жоғалған соң аутентификация орындаудың қажеті жоқ. Бұндай MAC-адрестің кәштануы TAL(Transparent Automatic Logon)деп атайды, WAG екінші деңгейінде қосылады.

SIM-карталы қондырғылар SIM мәліметтерін EAP хабарламасының ішінде хабарлармен бөлісу үшін пайдаланады, және бұл хабарлар AAA-сервер арқылы үйге HLR(Home Location Register) проксиаланады. Қолданушының мобильді операторына фактілік аутентификациясы үшін. Бұндай жағдайда мәліметті энкапсуляциялау үшін SIM-картаның типіне және HLR-ның мүмкіндіктеріне байланысты EAP-SIM (RFC 4186) және EAP-AKA (RFC 4187) әдістері қолданылады. Мұндай әдіс AAA-сервер мен HLR мен HSS (Home Subscriber Server) арасын қосуды қамтамасыз етуді талап етеді, 3.3. сурет.



3.3 сурет - Архитектура EAP-аутентификации

SIM-картасыз қондырғылары бар қолданушылар үшін оператор арнайы сертификаттар пайдалануға болады. (EAP-TLS(Transport Layer Security) үшін неше басқа ұқсас әдістер үшін.

EAP негізінде аутентификациялау радиоканал бөліміндегі қауіпсіздікке біршама артықшылықтар береді. Бұл жағдайда аутентификация екінші деңгейде орындалады және EAP хабарлары радиохабарламалардың шифр кілті 802.11i стандартымен келістіру үшін пайдаланылуы мүмкін. Мұндай жол сымсыз желінің қауіпсіздігінің өте жоғарғы деңгейін қамтамасыз етеді.

### 3.2. Келесі буын Wi-Fi кіру нүктесі стандартты.

2010 жылы, Cisco және басқа да салалық буынның қосылу нүктесінің стандарттарын әзірлеу үшін арнайы топ құрылды(Келесі ұрпақ ыстық нүктесі жұмыс тобының) ұйым СКА ( сымсыз кеңжолқты альянс). мақсаты ортақ

стандарттар топ Hotspot 2.0 деп аталады, және ол бағдарламаларға ұқсас 3G желілерін енгізілген пайдаланушы тәжірибесін қамтамасыз етеді, сондай-ақ үлгі шлюз wifi-роуминг құра алар еді құру бағытында өнеркәсіпті бағыттау болды. осы топтың жұмыс нәтижесі операторлары мен 2012 жылдың жазында іске қосылды Passpoint ( WiFi Сертификат Passpoint ) сертификаттау бағдарламасы үшін ұсынымдар әкелді Wifi Альянсқа . Бұл бағдарлама сертификаттау желі ,және пайдаланушы Wi-Fi жабдығы , операторлар мен жабдықтарды өндірушілер үшін аутентификация мен роуминг өзара іс-қимылын қамтамасыз ету үшін алады .

SP Wi-Fi шешім Cisco-дан функционалдық NG Hotspot операторларға жақсы басқару мүмкіндік береді және олардың монетизациялау операторлық сыныбы .

Үш негізгі архитектура желісі компоненттері Хотспот стандарттарға WiFi келесі ұрпақтарға оқшалауға болады:

-IEEE802.11u;

-Wi-Fi Protected Access 2 (WPA 2) Enterprise;

-EAP-аутентификация.

3.2.1 Қысқаша түйіндеме аутентификацияның WiFi желісінде. Ескере отырғанда аутентификация екі осы әдістерді толықтыратын мүмкіндіктерін, олардың желілерінде веб портал арқылы желіге кіру WiFi әдетте EAP және 802.1x түпнұсқалықты растау ретінде пайдаланылатын стандарт, және аутентификациясын жаю ұялы байланыс операторларын.

Қонақ желіге қатысты пайдаланушылардың және қызмет ұсынушыдан ешқандай қатысы кім тарту үшін пайдаланылатын веб-порталы арқылы түпнұсқалық растамасы.Осындай схема дәстүрлі ортақ өтініштер үшін мүмкіндік береді ,мысалы пластикалық карталармен төлемдер,талондар смс-парольдер. Бұл WiFi желілерінде қосымша табыс әкеледі.

EAP- аутентификация негізінен оператордың SIM картасымен құрылғыларға бағытталған. Бұл модель сіздің бөлігінде жігер жұмсамай ашық аутентификациясын және қауіпсіз байланыспен қамтамасыз етеді(бірінші рет ғана таңдау қажет немесе индетификаторды дұрыс желісін таңшеуге WiFi – стандарты содан кейн бұл профиль автоматы түрде пайдаланатын болады). Нақты өмірде EAP-SIM және EAP-AKA әдісін қолдану Wi-Fi желісі пайдаланушылар пайдалану айтарлықтай жоғары деңгейге әкеледі және, осылайша, ұялы байланыс операторы үшін WiFi ұялы желілерден шығыс деректер трафик (offload) экономикаларының айтарлықтай жоғары деңгейін қамтамасыз етеді.

Сертификатталған Passpoint пайдаланушы құрылғылардың келуімен, операторлар айтарлықтай тіпті одан да көп желіге қатынау Wi-Fi жеңілдету мүмкін. IEEE 802.11u қолдау бар құрылғылар желіге Wi-Fi қосылу пайдаланушы кез келген экспозиция қажет емес (дәстүрлі айырмашылығы, SSID атауын және таңдау қажет тб.). Оператораралық (WRX / WLAN Роуминг Интер-Exchange) пайдаланушы шетелдік желісінде орналасқан тіпті егер

802.11u автоматты түрде дұрыс SSID атауын таңдау үшін құрылғыны қосу NG Hotspot ұсынымдары негізінде келісімдер роуминг (бірақ үй пайдаланушының операторымен роуминг келісімі бар, сондай-ақ 802.11u қолдайды).

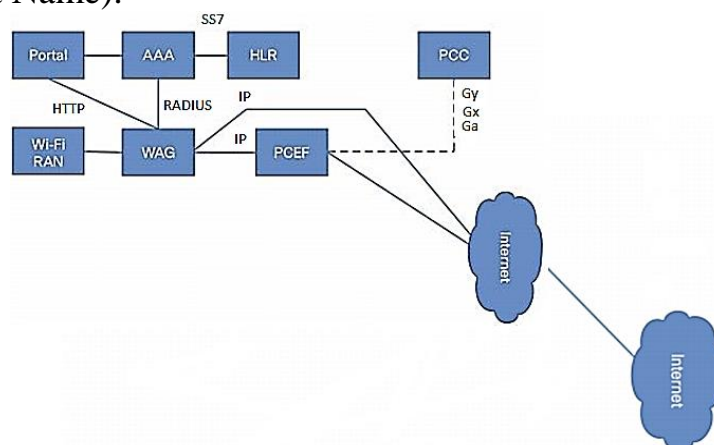
### 3.3 PCEF-тің бөлінген элементтері

PCEF бөлінген қолдану сценарийіндегі шлюз WAG берілген қолданушы трафикті PCC-мен интеграция жасау үшін PCEF-қа жіберуге дайындалады. Сол уақытта саясат бойынша қадағалауды қажет етпейтін трафик (қонақ тұтынушылардың трафигі қайта сату схемасындағы трафик, бір пайдаланылатын ваучер қолданушылардың трафигі) ғаламторға тікелей бағыт алуы мүмкін, 3.4 сурет.

PCEF үшін идентификатор қолданушымен және соған сәйкес PCEF арқылы өтетін берілген ағынның арасындағы байланысты таба білу керектігін ескере отырып, онда қолданушының идентификаторын IP-адрес тіркелушімен үйлестіретін механизмнің талабы туындайды (бөлек берілген пакеттер белгілі бір қолданушының берілген ағынымен байланысуы үшін және соған сәйкес дайындалуы үшін). Әдетте RADIUS-хабарламасының прокси функциясы қолданушылық сессияның ақпараттық базасының құрылуы үшін атрибуттарға негізделіп, аккаунттингтағы хабарламаларды қосып, белгілі бір қолданушының қолжетімділік шлюзынан өтіп PCEF-та қолданылады.

Егер бұл берілген модель қолданылса онда PCEF-қа керекті міндеттелген ақпарат құрамына қолжетімділік шлюзынан RADIUS-хабарлама кіретінін немесе керекті атрибуттар хабарламаға қосылатын AAA-сервері арқылы проксиланатынын операторға кепілдік беруі тиіс. Қолданушылық сессияның IP-адресінің толығы әдетте талап етеді:

- IMSI (International Mobile Subscriber Identity);
- MSISDN (Mobile Station International Subscriber Directory Number);
- APN (Access Point Name).



3.4 сурет. Бөлінген PCEF құрылымы

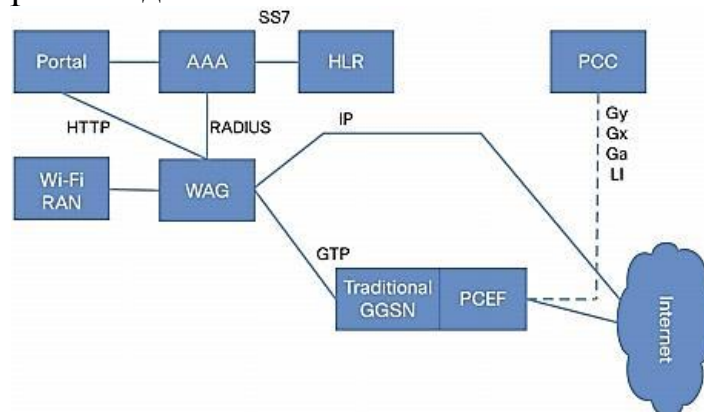


### 3.4 Дәстүрлі GGSN бағытындағы GTP туннелдері

Егер PCEFGGSN интегралдық бөлігі болып табылса GTP туннеліндегі Wi-Fi сессиясының қайта салу құралы (мәліметтерді жіберудегі пакеттік хаттама, PDP-контекст) PCC Интеграциясы үшін ең үздік шешімді ұсынуы мүмкін. Бұл жағдайда оператордың мобильдік абонентіне жатпайтын және бұлай GGSN-да дайындалмайтын трафик Ғаламторға тікелей қайта бағытталады, 3.5 сурет.

Бұл берілген шешімнің түрі WAG-та GTP-дің қолдауын талап етеді. Сондай-ақ PCC оператор жүйесі үшін міндеттелген PDP-контекстінің сұранысындағы талап етілетін атрибуттардың қолжетімділігін қамтамасыз ету маңызды. Жоғарыда айтылғандай бұл атрибуттарға әдетте IMSI, MSISDN, QoS, APN профилі кіреді.

Тіпті барлық сессиялар (3G и Wi-Fi) GGSN-да бақыланатынына қарамастан берілген шешім 3G и Wi-Fi радио желісінің арасындағы IP-сессияның мөлдір хендоверін қолдамайды. Бұл Wi-Fi және 3G PDP контекстінің жеке сессиясы болып табылатынынан және тұтынушылық қондырғының оларды бірмезетте аша алатынынан болады. Өкінішке орай 3G PDP стандарты бір GGSNPDP-контекстінің екеуінде таңдалғанына кепілдік беретін механизмді ұсынбайды.



3.5 сурет – Дәстүрлі GGSN-дағы GTP құрылымы

### 3.5 PCC Интеграция

PCC интеграциясын орындау кезінде келесілерді түсіну қажет:

- 3G үшін қажетті және сипатталған параметрлер қолданылады. Кейінірек LTEEPC-да біріктіруді қамтамасыз ететіні көрсетіледі;

- Ең маңыздысы, WAG тарификация үшін қажетті барлық ақпаратты қамтамасыз етуі мүмкін;

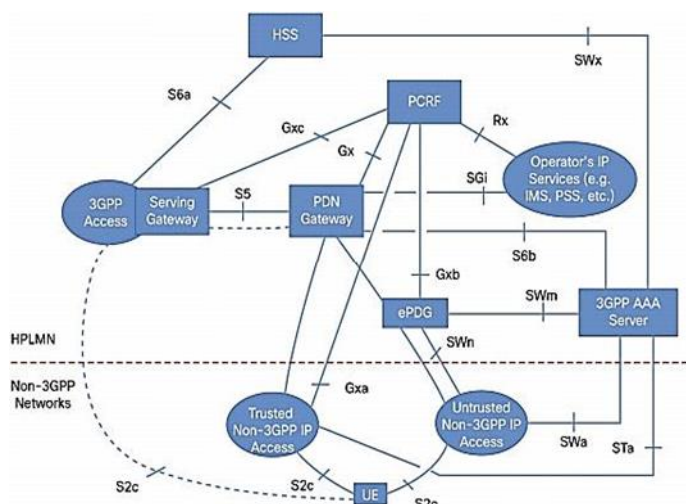
- PCEF әдетте оператор ұялы абоненттері болып табылмайтын трафик пайдаланушыларына қызмет көрсетпейді (SIM-абоненттері емес). Бұндай трафик тікелей Интернетке жіберіледі. Егерде осындай тәртіптер мен тарификация функцияларын қолдану қажет болған жағдайда, ол әдетте WAG және Wi-Fi желілерімен қамтамасыз етілетін жүйелерінде жүзеге асырылады.

### 3.6 LTE

Сессиялы хендовер – Wi-Fi-оффлоада құрылымының үшінші функциясы көрсетілмес бұрын LTE-дағы РСС интеграциясының сценарийі көрсетіледі. Бұл тұтынушылық сессияның мобильділігімен және олардың орталық бақылауымен терминациясымен келісуге мүмкіндік береді.

3GPP TS 23.402 EPC-мен IP-қолжетімділік желісінің 3GPP емес сенімді және сенімсіз интеграциясын суреттейді. Стандарт Wi-Fi желісінің қолжетімділік желісінің 3GPP негізіндегі кез-келген желі ретінде өткізілетін болып табылады. Бұл операторларға интеграция үшін EPC стандартты компоненттерін қолдануға және қолжетімділіктің әр түрінің арасындағы интероперабельділігінің жақсы деңгейіне кепілдік беруіне көмектесуіне мүмкіндік береді.

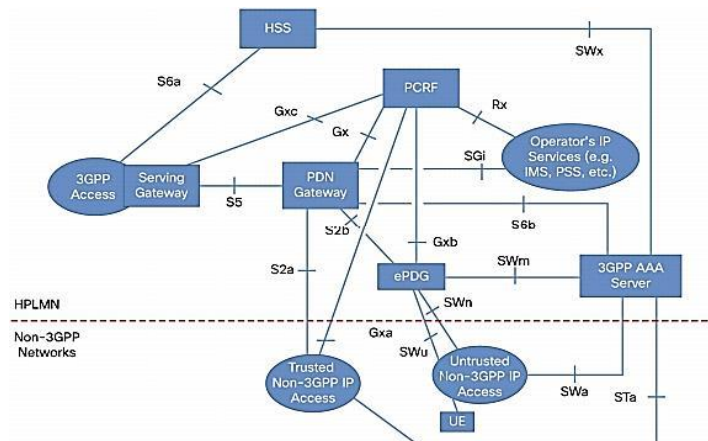
Жоғарыда айтылғандай, құжат құрылымның сенімді бөлігінде концентрирланады. Wi-Fi трафигінің EPC-ға жіберілуінде екі интерфейс анықталған, және екеуіде мәліметтердің пакеттерінің шлюзында Wi-Fi сессиясын терминдайды(P-GW/Packet Gateway), 3.6 сурет.



3.6 сурет–EPC мен IP-қолжетімділігіндегі S2c опциясы 3GPP-емес интеграция үшін 3GPP-құрылымы

S2c интерфейсі екі жақты мобильдік IPv6 хаттамасында негізделген (DSMIPv6/Dual-Stack Mobile IPv6) және тұтынушының құрал жағында арнайы қолдауды талап етеді. DSMIPv6 тұтынушының қондырғысынан немесе қондырғысына жіберетін барлық трафик қолданылатын P-GW және тұтынушылық қондырғысының арасында туннельдік байланыс туғызады. P-GW оның қондырылу процесіндегі туннель үшін виртуалды IP-адрестің тағайындалуына жауап береді. Сол IP-пулдағы LTE-сессиясында қолданылатын сол IP-адрес болып табылады. Барлық трафиктер тұтынушының қондырғысына немесе қондырғысынан туннель арқылы өтетінін ескерсек, онда P-GW тұтынушының трафигінің толық суретін алады

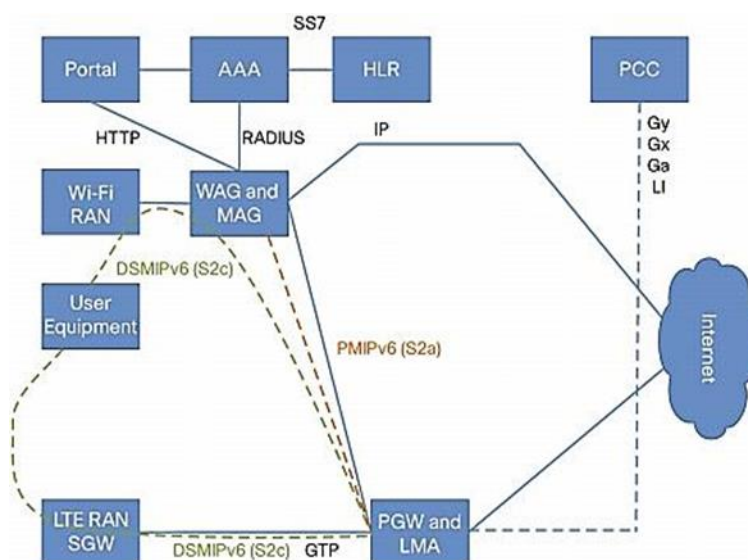
және PCC функциясын немесе LTE-сессиясымен жасалатын басқада талап ететін функцияларды қолдана алады, 3.7 сурет.



3.7 сурет– EPC мен IP-қолжетімділігіндегі 3GPP-емес интеграция үшін 3GPP-құрылымы. S2a опциясы

3.7 суретте көрсетілген басқа құрал Wi-Fi желісінен EPC-ға жіберілетін трафикке арналған S2a интерфейсінің таңдауы туралы айтады. Бұл интерфейс PMIPv6 хаттамасына негізделген (Proxi Mobile IP v6). Сондай-ақ S2c сияқты бұл интерфейс P-GW-да терминдалады және тұтынушылық трафиктің толық суретінің алынуын қамтамасыз етеді. Бұл екі суреттелген интерфейсдің арасындағы айырмашылық PMIPv6-тің тұтынушылық құралда қандай да бір өзгерістің енгізілуін талап етпейтінінде. в доверенной неIP-желісінің сенімсіз 3GPP-емес WAG клиент үшін мобильдік IP(Mobile IP) функцияларын мөлдір көрсетеді. WAG туннель құрады және P-GW-дан IP-адрес сұрайды және бұл IP-адресті Wi-Fi сессиясымен байланыстырады. Бұндай жағдайда тұтынушылық қондырғы P-GW пулынан IP-адрес алады және бұл тұтынушы қондырғысындағы Wi-Fi радиоинтерфейсындағы физикалық түрде қолданылатын виртуалды адрес емес IP-адрес болып табылады, 3.8 сурет.

Интеграция әдісі үшін көрсетілген: S2a және S2c арқылы. Әрбір әдістің қоданылуында онда әртүрлі нұсқаулықтар. S2c негізіндегі модель қолданушының құралына өзгерістің енгізілуін талап етеді. Бұл әдіс мобильді желіні қолданғанда клиенттің қондырғысына арнайы қамтамасыз ету бағдарламасын қосуын талап ететіндіктен тривиальды болмайды(бұл арнайы DSMIPv6 қолдйтын жүйе болуы мүмкін). Мобильдік оператор үлкен мобильдік қондырғыда және операциялық жүйеде қандай бағдарламаның жұмыс жасай алатындығын және ПО мәліметтерінің жаңа нұсқаларының жүктей алуын қамтамасыз етеді. Сондай-ақ қолданушыларға ПО-мен қалай жұмыс жасау керектігін түсіндірген маңызды.



3.8 сурет– LTE құрылымы

S2a интерфейсіні қолдануындағы жүйе клиенттің ПО-сындағы арнайы керекті қолданулардың мәселелерін айналып өтеді. Тұтынушының қондырғысындағы сессиялық хендовер мен Wi-Fi активациясының бақылауын оператор жоғалтып алатын жағдайда болады. Бұндай бақылауды жоғалтып алу 3GPP желісінен Wi-Fi-ға қайта қосылу желісінен немесе керісінше процесіндегі клиенттің қондырғысында қайталанбас әрекеттердің орын алуына әкеп соғуы мүмкін. 3.14 суретте 3GPP-да анықталғандай желіге кіретін жол көрсетілген. IP-қолжетімділік 3GPP-емес желісінде сенімді бұл желінің бөлігі ретінде Wi-Fi мен WAG арасындағы желі көрсетілген. Толығырақ суреттеу үшін Call Flow 3GPP TS 23.402 қараңыз.

### 3.7 Хендоверлер

Мобильді жүйе мен Wi-Fi радиоинтерфейсінің арасындағы хендовер. Хендовердің әр түрі әдістерінің анализінен бұрын, бұл мәтіндегі сөздермен танысып алған маңызды. Әсіресе, сессия хендоверінің не екенін және мобильді оператордың талабына байланысты хендовердің қандай түрін қолдануға болатынын түсінген абзал.

Мобильді жүйеде хендовер ең маңызды процедуралардың бірі болып табылады- қолданушы бір радиостанциядан екіншісінің жұмыс жасау аймағына ауысқанда қолданылады.(Мобильді негізгі станциялар немесе Wi-Fi стандартының нүктелері туралы әңгімеде көп қолданылады.) Бүгінгі күні хендовердің бірнеше түрі қолданылады. Мобильді оператор жүйесінде белгілі бір хендовердің түрін таңдау шешімнің архитектурасының қиындығы мен қолданушының үмітінің арасындағы тиісті балансты білдіреді. Хендовер түрлері:

- IP-адрестің тұрақсыз қолдауымен(хендовердің жүйесімен байланысына қарай)
- IP-адрестің тұрақты қолдауымен(IP-хендовер)

- Сессиялық хендовер(мөлдір хендовер)

IP-адресінің тұрақсыз қолдауымен хендовер: қолданушы Wi-Fi стандартының жүйесіне қосылғанда, ол аутентифициралады және Wi-Fi жаңа IP – адрес алады. Қолданушының барлық жаңа коммуникациялары бұл жаңа қабылданған IP – адресіне негізгі көз ретінде қолдана алады. Барлық бұрын қондырылған TCP және UDP 3G жүйесімен жалғастырыла алады. Егер қолданушының қондырғысында орналасқан логика 3G интерфейстің істен шыққанын білдіртсе,(мысалы Wi-Fi жүйесі бар, бірақ қондырғы 3G пакетті мәжбүрлі түрде өшіруі мүмкін), ондай жағдайда қондырылған байланыстар автоматты түрде Wi-Fi желісіне қосылады, бірақ жаңа IP-адресімен.

IP-адресінің тұрақты қолдауымен хендовер: Wi-Fi стандартты желісіне қосылғанда, оған 3G немесе LTE желісінде тағайындалған IP-адрес беріледі. Егер қондырылған TCP немесе UDP байланысы физикалық интерфейспен байланысты болса (қолданушының қондырғысындағы TCP немесе UDP әдеттегі моделін ескере отырып), ондай жағдайда байланыстар бәрібір Wi-Fi арқылы қайта қондырылады, тіпті бір IP-адреспен бірнеше желіге.

Сессиялық хендовер: бұл берілген түр IP-хендовер сияқты, бірақ ол шын уақыттың орталық жүйесімен жұмыс істеуге мүмкіндік беретін белгілі бір уақыт аралығында болу керек. Мысалы бұрын қондырылған сокетті пайдалана отырып, орталық трафик үшін UDP және орталық сессияның бақылау хабарламаларының алмасуы үшін TCP бұл процесті үздіксіз немесе қызмет деңгейіндегі деградацияны жалғастыру қолданушыға Wi-Fi мен 3G желісіне қосылғанда белгілі болады. (Бір IP-адресі қолданатын жедел хендоверді жүзеге асырудың негізгі идеясы мынада: қондырғының буферизациясының өзіндік механизмдері 3G-ден Wi-Fi-ға немесе керісінше UDP және TCP сокеттері ауысқанда кері қондырылуға кеткен уақытты өтеуге үлгеру керек.

Шовсыз қондырғыны тек қолданушының қондырғысымен ара-қатынас болған жағдайда ғана алуға болатынын білген жөн. Ол үшін клиенттің қондырғысындағы программаларға модернизация жасау керек. Ең болмағанда, TCP және UDP сокеттері үшін физикалық интерфейсін құрылымы үшін интерфейс адаптерінің виртуалды құрылуына ПО жүргізілуі керек.

3GPP Wi-Fi стандартының сенімді желісі үшін тек LTE құрылымы ретінде хендоверлердің механизмін белгілейді.

3.7.2 S2a негізіндегі хендовердер ( клиентсіз/clientless). S2a интерфейсі үшін хаттама ретіндегі PMIPv6 артықшылығы бұл хаттама желіні қамтамасыз ететін IP-трафиктің мобильділігі үшін жасалған. Бұл жолмен клиент жағынан жақсартусыз әртүрлі қолжетімділік түрлерінің арасындағы IP-адрес хендоверін қамтамасыз ете алады. Берілген дизайнда P-GWIP-адрес және PMIPv6-қайта қосылумен тағайындалған немесе хендовер керек болған жағдайда әртүрлі қолжетімділіктің шлюздарының арасындағы GTP-туннелдерінің сессияның бекітуі мен бақылауына жауап береді. Бұндай қолжетімділіктің шлюздары мобильді IP-өрімінің барлық функцияларын

қамтамасыз етуі үшін MAG (Mobile Access Gateway) функциясын қолдауы қажет.

Бірақ S2a негізіндегі хендовер клиентсіз орындалады, Wi-Fi мен 3G арасындағы хендовердің негізгі мәселелері қолданушының қондырғысындағы екі радиоинтерфейстың болуында және хендовердің орындалуы туралы шешімді қабылдайтын қолданушының қондырғысының ролінде жатырғанын есте сақтаңыз. Бұл екі фактор әсерінен желі ешқандай жағдайда қолданушының қондырғысы дұрыс радиоинтерфейсты қоданып тұрғанына өздігінен кепілдік бере алмайды. Интерфейстың дұрыстығын анықтау оператордан операторға ауысуы мүмкін.

Сондай-ақ қолданушының қондырғысындағы желі TCP/IP уақыт өте IP-адреске ие болатын екі физикалық радиоинтерфейспен байланысты болуы керек. Бұған орай бірнеше желілердің имплементациясының нұсқауларында кейбір бағдарламалардың TCP/IP сокеттары қандай да бір физикалық интерфейсмен байланыста болуы мүмкін. Бұндай жағдайда қолданушының қондырғысы немесе бағдарламасы интерфейснің арасында қайта қосылса онда бағдарламаның сессиясы үзілуі мүмкін және жаңа интерфейс арқылы сессияның қайта қондырылуын талап етеді.

PMIPv6 негізіндегі барлық көрсетілген тәуелсіздіктерін ескере отырып, құрылым қолданушының қондырғысының(қолданушының құралынсыз) барлық түріне кепілдік бере алмайды. Бұндай жағдай қолданушының қондырғысындағы виртуалды адаптерді пайдаланатын жақсы жоспарланған менеджер байланысы көмегі арқылы жақсарылады(мұндай менеджер арнайы мобильді бағдарламаның жиі бөлігі болып табылады, Wi-Life.ru ).

3.7.3 S2c негізіндегі хендоверлер (клиенттің қатысуымен/client-based). S2c интерфейсін үшін 3GPP IETF-да жасалған сессияның нүктелерінде жұмыс жасайтын қолданушының қондырғысымен P-GW арасындағы DSMIPv6 хаттамасын қолданады. 3GPP-емес желісінде тұрып, мобильдік қондырғы P-GW-ға сәйкес келетін DSMIPv6 құрады және оған кейінірек бағдарламалық коммуникациясы үшін виртуалды IP-адрес тағайындалады. 3GPP желісі ретінде қарастырылады, және осындай жағдайда қолданушының қондырғысына DSMIPv6-туннелін 3GPP желісіне қосудың қажеті жоқ.

Клиенттің қондырғысындағы хендовер клиенттік ПО барлық физикалық интерфейснің артын бір виртуалды адаптермен жабатындықтан TCP жәнеUDP сессиясын қайта қондыруынсыз мөлдір сервис алудың мүмкіндігін ұсынады және TCP/IP кері жіберудің қажеті жоқ.

### 3.8 Варианты для хендовера из 3G в сети стандарта Wi-Fi

Бірақ бұл жақ стандартталмаған, қолданысқа ие үш дизайн 3Gмен Wi-Fi желісін хендовермен қамтамасыз етеді. Бұның бәрі желіде P-GW болса ғана құрылады, сонымен тікелей болмаса да, мобильдік желіні EPC-ға дейін жаңғыртуды талап етеді.

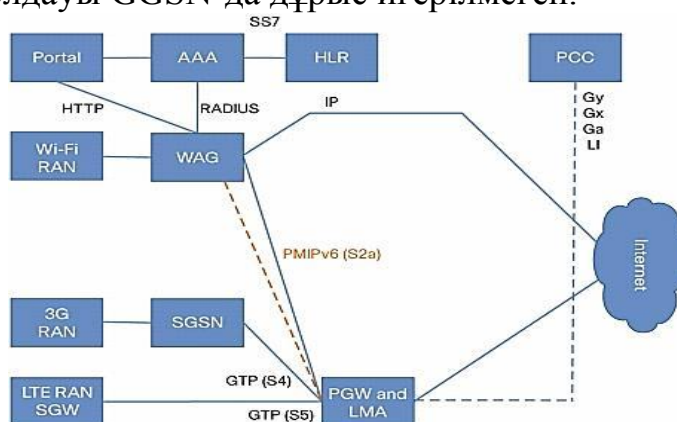
3G желіні EPC-ға SGSN мен қолданып S4 –тің қолдануымен интеграциялау бірінші нұсқаға кіреді, 3.9.сурет.

Бұл опция P-GW қолдануының мүмкіндігіне негізделіп құрылады. Ол 3G-дің S2a хендовер түрімен қосылу басқарып отырады.

Тұтынушының құралын S2c қолдауымен қолдану екінші нұсқа болып табылады. Бұндай құрылғылар DSMIPv6-туннелын P-GW-ға әр түрлі желі арқылы, оның ішінде 3G арқылы аша алады. Сонымен 3G желісі EPC-нің ішіне интеграцияланбаған. Бірақ тұтынушылық сессия P-GW-ге кіреді және P-GW оны барлық желіде қадағалайды.

Бұл тәсіл полисинг пен тарификация жүйелерін LTE стандарттарына модернизацияны талап етеді. Сонымен қатар P-GW-да 3G QoS параметрлері бұл сценарийде көрінбейді.

Дәстүрлі 3G GGSN S2a-интерфейсін қолдану үшінші нұсқа болып табылады. Бұл жерде 3G қосылуы PMIPv6 P-GW-ға сияқты өтеді және сол жерде тіркеледі. Бұл нұсқа өте көп пайдаланыла бермейді, өйткені MAG функционалының қолдауы GGSN-да дұрыс игерілмеген.



3.9 сурет - S4-тің қолдайтын EPC-дағы SGSN қолдануымен 3G-желісіндегі интеграцияның құрылымы

### 3.9 Радиожелілер арасындағы ұтқырлық

Көрсетілгендей, бұл жердегі радиожелілер арасындағы хендовер - оңай шаруа емес. Бүгінде стандарттар бар және жетілуде, өсіп келе жатқан өнеркәсіп тәжірибесін көретеді. Алайда, толық жабдықталған мөлдір хендоверлер әлемдік желілерде кеңінен таралуына мүмкіндік алмады.

Негізгі проблема пайдаланушы жабдықтарында жатыр. Сондай-ақ, стек TCP / IP жүзеге асыру әр түрлі болады. Желіге қосылу және желіден айыру,

түрлі өндірушілердің қабылдау құрылғылары және әр түрлі типтегі құрылғылар мәселелері әр түрлі болады. Жалпы алғанда клиенттің қондырғысының жүйесі драйвер дәрежесіндегі бағдарламалық қамтамасыз ету модификациясына жабық болу тенденциясы бар және сондықтан операторларға жиі тиісті бағдарламаны қондыруға рұқсат етпейді. 3GPP және басқа да стандартизация институттары (WBA/Wireless Broadband Alliance, OMA/Open Mobile Alliance) байланыс менеджерімен және орталықтандырылған саяси оффлоада трафигімен бұл мәселені шешумен айналысады( ANDSF/Access Network Discovery and Selection Function негізінде), бірақ бұл кеңірек бейімделу үшін көп уақыт талап етеді.

### **3.10 Сенімсіз 3GPP-емес IP-қолжетімді желісі**

Бірінші 3GPP стандарттары Wi-Fi желісі бойынша Wi-Fi желісін сенімсіз желі ретінде көрсетті. Оның көп себептері болған. EAP-аутентификациясы болмаған, олар шифрлай алмаған және көбінесе бөтен провайдерлерге тиесілі болған. Осылайша стандарт пайдаланушының қауіпсіздік механизмдері пайдаланушының және пакет негізі арасында тікелей енгізілгенін талап етті.

Жалпы алғанда сәуле қолданушылар қай желіге қосылса сол желіні қолдануға рұқсат беріп отыр. Желіге қосылғаннан кейін клиенттік ПО IP Ses туннелін пакеттік негізіне ашады, сол кезде туннель аутентификацияны өткізеді және IP-адресін алады. Сосын бар трафик пакет негізіне жіберіледі. PCC үшін бар функция қолданыстағы пакетті негізінде алынады. Осы желіні жүзеге асыру үшін стандартты TTG пакетінің функциясы енгізіледі. TTG IP Ses-тің туннельдерінің терминациясына және трафиктің IP Ses туннельдерінен GTP туннельдеріне дәстүрлі GGSN-ға ауысуына жауап береді. LTE-құрылымында бұл функция ePDG функцияларына жатады.

### **3.11 Femto желісі**

Фемтосота дегеніміз (ағылшынша- Femtocell) оператор желісіне кез-келген кеңірек интернет каналы арқылы қосылатын қуаты аз ұялы байланыстың шағын (үйдің, кеңселік, indoor-қаптамасына қызмет ететін) базалық станциясы. Фемтосотаның қызметі-ұялы байланыстың қаптамасын өз әрекетінің радиусында қамтамасыз ету.

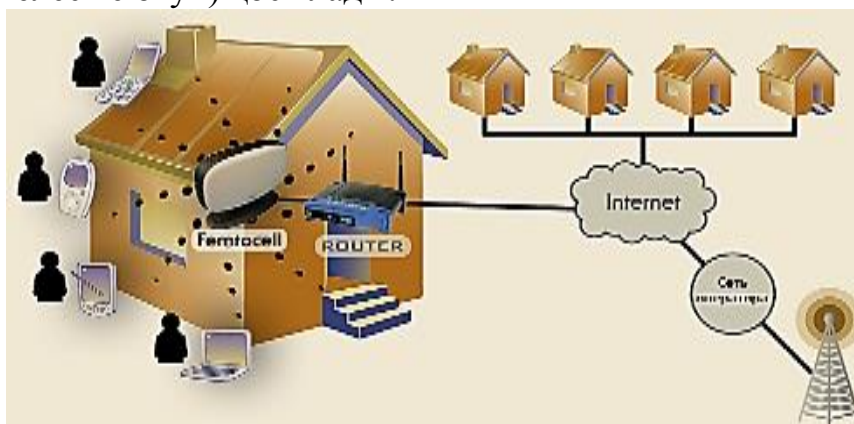
Фемтосота қарапайым сымсыз роутерге ұқсайды, бірақ айырмашылығы лицензияланған диапазон жиілігінде жұмыс жасайды және соған байланысты сізге тек байланыс операторы арқылы ұсынылады. Сонымен қатар мобильді телефон тек бір ұялы байланыс операторымен жұмыс істей алады, осыған байланысты үйіңіздегі барлық ұялы байланысты қолданушылардың осы операторға қосылуына тура келеді. Ал бұл өте қолайсыз!



Фемтосотаның әрекет ету радиусына түсу арқылы (егер бұрмалауда тыйым салынбаған болса) мобильді телефоныңыз бірден оған тіркеледі. Және телефоныңызға қосылғанын растайтын SMS-хабарлама келеді. Сіз бұрынғыша қоңырау қабылдап, қоңырау шала аласыз, тез жылдамдықтағы 3G интернетін де қолдана аласыз, тек бұл кезде фемтосотадан кеңауқымды интернет каналы арқылы шифрленген күйде ұялы оператордың шлюзіне дейін белгі беріледі.

Фемтосота –өздігінен реттелетін құрылғы, кеңауқымды интернет каналына қосылған бойда ол автоматты түрде оператордың фемтосот шлюзіне қосылып, қорғалған IPSec туннельді қосылуын қамтамасыз етеді, бұрмалау әрекетін қабылдап, 10 минут ішінде жұмысқа дайын болады. Фемтосотада технологиялық SIM-карта орнатылған, ол аутентификацияға жауап береді (дәл соның өзінде кілттер жазылған), сондықтан қарапайым SIM-картаны орнатуға тырыспаңыз, ол жұмыс істемейді.

Бұдан басқа құрылғы эфирді сканерлеп, көрші фемтосоталарды және базалық оператор станцияларын анықтайды, содан кейін автоматты түрде оларды өзіне көшіреді. Макросота әрекетінің аумағына өткенде хендоверге (хендовер-байланыстан ажырамай абоненттің бір базалық станциядан келесіге өтуі) қосылады.



Сурет 3.10 – Фемтосетті ұйымдастырудың мақсаты

Фемтосеттің екі жұмыс істеу түрі бар-ашық және қорғалған түрде. Бірінші жағдайда, әрекет ету радиусының аумағындағы кез-келген құрылғы мобильді телефонды қолдана алады. Қорғалған күйінде тек анықталған фемтосотаға тіркелген SIM-карталарға жұмыс істеуге рұқсат беріледі.

Бір шағын базалық станцияның қаптамасының ауданы ғимараттың геометриясы мен қабырғаның материалына байланысты 100-200 кв.м. тең. Бұл пәтер немесе шағын кеңсе. Керек жағдайда бірнеше фемто-нүктелер орнатуға және әрекет ету радиусын үлкейтуге болады.

Фемтосоттың модельді қатары:

- 4-8 үйде қолдануға арналған каналды құрылғы (HomeFemto);
- 8-32 шағын және орта бизнеске арналған каналды құрылғы (EnterpriseFemto);
- 16-32 ғимараттан тыс қолдануға арналған каналды құрылғы (OutdoorFemto).

Қанша канал болса, сонша абонент бір уақытта қоңырау қызметін немесе 7.2 Мбит/с жылдамдыққа дейінгі интернетті қолдана алады.

Негізгі артықшылығы- кез-келген кеңауқымды интернет каналы арқылы ұялы байланыс операторы желісіне қосылуы. Бұл фемтосот арқылы ұялы байланыс жоқ жерлерден мысалы, жерастында орналасқан кафе немесе мейрамханалардан, цоколді қабатта орналасқан кеңсе және алыс жоғалған аймақтардан қаптама ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Фемтосотаның функционалы арқылы арнайы шарттарда тарификация аймағын ұйымдастыруға— бұл аймақтар үшін оператор қоңыраулар мен трафиктерге жеңілдіктер ұсынады.

Белгі беру әлсіз жерлерде фемтосотаның әрекет ету радиусы арқылы тұрақты байланыс пен біртекті қаптама пайда болып, соған сай ұялы телефонның сәулелену қуаты азайып, қуаттандырғыштың жұмыс уақыты 1 ден артады.

Корпоративті тұтынушылар үшін шағын-АТС функционалының ұйымдастырылуының мүмкіндігі қызық болып келеді.

Шындығы мен қолайсыздығы бар:

- фемтосота тек 3G желісінің қолдауына негізделген және егер сыртқы макросота болмаса байланыс үзіледі;

- егер мобильді телефонда 3G болмаса ол фемтосотаға қосылмайды.

Егер оператор дауыстық және интернет трафикке жеңілдік берсе фемто-нүктелерге деген қызығушылық бірінші корпоративті тұтынушыларда пайда болуы мүмкін деп қорытындылауға болады. Келешекте "ақылды үй" иелеріне де құрылғыны басқару үшін микро-sim-картасы бар күйінде пайдаға асуы мүмкін.

Әрине, "үй соталарын" күшейту ең біріншіден оператордың өзіне тиімді, бұл абоненттер көп қолданатын аймақтарда қосымша мекен-жайлы құттының пайда болуын қамтамасыз ететін байланысты орнатады.

Егер базалық станцияны тіркеуге шамамен 18 ай кетсе, онда фемто-базаны тіркеу жеңілдетілген және 3 айға дейін қысқартылған. Сонымен жедел түрде орната аламыз.

Бірақ жеңілдетілген тіркеудің кемшілігі-тек ғимарат ішінде және 100 мВт қуатына дейін қысқартылған түрде қолдануға мүмкіндік береді. Мәскеу үшін шектеу тіпті қысқартылған-3G желісінің және ПРО жүйесінің жұмыс істеу жиілігіне және жиі орналасуына байланысты 25 мВт.

Бір дауыстық байланыс үшін каналдың ені 70-75 Кбит/с болуы тиіс. 4 адамның бір мезгілде сөйлесуі үшін 300 Кбит/с керек, ал 8 адамға— 600 Кбит/с. Интернет желісіне жылдам 3G желісімен 7.2 Мбит/с қосылуға каналдың ені сәйкес 7.2 Мбит/с кем емес болу керек.

Және бұл интернетке қосылатын ең жоғары жылдамдық екенін және барлық фемто-нүктеге қосылған тұтынушыларға осы жылдамдықтың бөлінетінін естен шығармау керек.

Егер кеңауқымды интернет каналы жеткіліксіз өткізгіштік қасиетке ие

болса және активті трафикті қамтамасыз ететін компьютер желісі болса, шектелген роутердегі артықшылықтарды дұрыс қою керек. Әйтпесе бұрмалаудың аяқталған кезінде дауыс дұрыс таралмай, қоңыраулар кедергіге ұшырайды.

Фемтосотаның кең ауқымды интернет каналының жақсы жұмыс істеуі үшін келесі талаптар орындалуы керек - шлюзге дейінгі кедергі 100 мс ден аспауы, жиілік-50 мс ден аспауы, пакеттер жоғалуы 1,5% ден аспауы. Бұл параметрлерді ring командасының көмегімен іске асыруға болады.

Қазіргі заманда адам көп уақытын ғимарат ішінде (орташа есеппен 80% нен 20% ға дейін) өткізеді деген негізге сай ғимарат ішінде қаптаманың қамтамасыз етілуі маңызды болып табылады. Құрылыс кедергісінен пайдалы дабылды жоғалтпайтын жеңіл қосылуға болатын фемтосота болуы маңызды, макросоттың әлсіздігі 16 мен 21 dB аралығында болуы керек. Фемтоны қолданғанда жиілік пен аумаққа байланысты қиындық болмауы қажет, негізгі қызмет ету аймағы 200 метрден аспайды, ал кіші шығу қуаты негізгі желіде интерференция туғызбайды.

Фемтосотаны эксплуатацияға қосу әрекеті өте оңай, бұл да оның артықшылығы және келесі әрекеттерден тұрады:

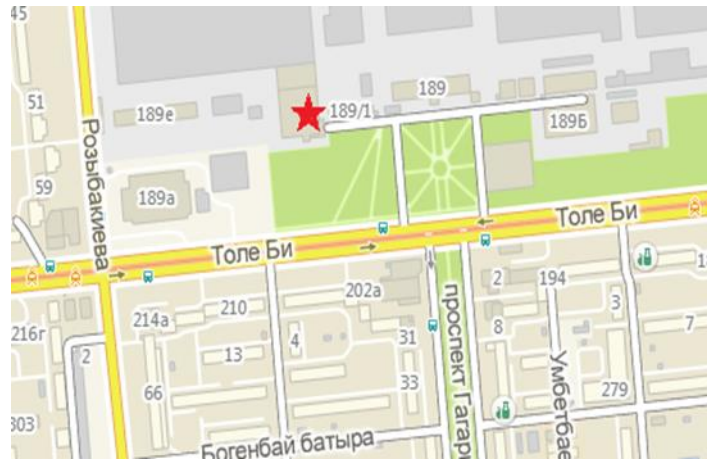
- сатып алу және тіркелу;
- қуат көзіне және интернет желісіне қосылу ;
- өзіндік бұрмалау әрекеті;
- желінің тексерілуге қосылуы (Access Controller).

Қолданылуының жеңілдігіне қарамастан жоғарғы дәрежеде қызмет көрсетуі үшін сотаның орнату аймағын қаптамасының жақсы қамтамасыз етілуі мақсатында дұрыс таңдау қажет. Бұл жерде бірбағытты антенна желілері қолданылатын орталықтандырылған кеңседе орнату ыңғайлы болады.

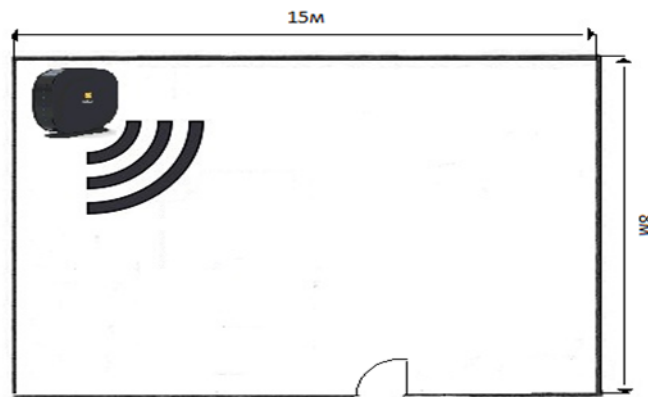
### **3.12 Үй-жайларды таңдау**

Жұмыс фемто-нүктесінің жетімділігінің есебі Алматы қаласы Төле би 189д көшесінде орналасқан жаттығу залы ғимаратында жүзеге асырылатын болады. Байланыс сапасы ашық ғимараттарға қарағанда жабық ғимараттарда әлдеқайда нашар өйткені жаттығу залы жертөле ғимараты болып саналады және ұялы байланыс операторларының байланыс сапасы өзінің орналасқан жеріне байланысты азаяды өйткені жақын базалық станциядан ғимаратқа жеткенше сигнал әлсірейді. Есеп жабық ғимаратта жүргізіледі, бір фемто-нүктесінің қолжетімділігі арқылы. Есеп жүргізілетін ғимараттың көлемі 15x8 м және ауданы 120 м<sup>2</sup>.

Ғимараттың орналасқан жері төменде картада берілген:



3.11 сурет – Базалық станцияның орналасқан ауданы



3.12 сурет – Фемто-нүктесінің орналасуының көрнекті сызбасы

Екі фемто-нүктесін салыстырайық, бұлар: Huawei ePico3801 және Билайн “Smartbox”. Негізгі параметрлерді жеңіл салыстыру үшін мен оларды кестеге енгіздім.

3.1 кесте - Huawei ePico3801 және “Билайн Smartbox” негізгі параметрлері

Негізгі параметрлері	Huawei ePico3801	Билайн “Smartbox”
Жиілік диапазоны	UMTS: қабылдау 1920-1980МГц; жіберу 2110–2170МГц	UMTS: 1900 – 1960 мГц, 2100 – 2160 мГц

*2.1 кестенің жалғасы*

Берілу күші	10мВт макс	10мВт макс
Арна ені	5 МГц	5 МГц + Автовыборполосы 20/40 МГц
Дауыстық арналар	Бірмезеттегі 4 арна	Бірмезеттегі 4 арна

HSPA деректерді беру:	Беру - 7,2 Мбит/с; қабылдау - 1,4 Мбит/с	Беру - 14,2 Мбит/с; қабылдау - 4 Мбит/с
HSPA деректерді беру:	Беру - 7,2 Мбит/с; Қабылдау - 1,4 Мбит/с	Беру - 14,2 Мбит/с; Қабылдау - 4 Мбит/с
Ethernet интерфейсі	10/100 RJ-45 Ethernet	10/100 RJ-45 Ethernet
Антенна	Кіріктірілген, барлық бағыттағы доғал диаграмма	Антенна 2x2
Электр қуаты	Ішкі адаптер 100 -240В, 50-60 Гц АС	Ішкі адаптер 100 -240В, 50-60 Гц АС
Тұтыну	+6В DC, 2,5А макс	+6В DC, 2,5А макс
Тұрақты температура	0С-тан 40С-қа дейін	0С-тан 50С-қа дейін
Сақтау температурасы	-20С-тан +60С-қа дейін	-20С-тан +60С-қа дейін
Мүмкін болатын ылғалдылық	90%	Белгісіз
Өлшемдер	ені 38 мм, биіктігі 83 мм, тереңдігі 132 мм	235x35x172 мм
Салмақ	180г(электрмен жабдықтау жоқ)	160г
Қауіпсіздігі	IPSec	IPSec

Кестеден екі базалық станциялардың параметрлері шамамен ұқсас екендігін көруге болады, бірақ Билайн “Smartbox” сондай-ақ ұялы қамтудан басқа қамтуды қамтамасыз етеді, өйткені клиенттік базаның ұлғаюына аз емес көңіл бөледі. Менің таңдауым Билайн “Smartbox” , өйткені бұл жабдық сымсыз желі сапасын құру үшін барлық арыздарға сәйкес келеді және маңызды сапасы ұялы желінің құрылуы үшін.

### 3.13 Қашықтықты есептеу

Әуе кеңістігінде сигналдың таралуына қарай оның бастапқы қуаты жоғалады. Бос кеңістікте сигналдың жоғалу коэффициенті (әлсіреу коэффициенті) кеңістікте кедергісіз өтетін қуаттың жойылуын өлшейді. Сондықтан сымсыз байланыстың қажетті сапасын қамтамасыз ету үшін әр түрлі жылдамдықты диапазондарда мәліметтердің берілуі соңғы қолданушыға қабылдағыш пен таратқыштың арасындағы қашықтықтың шамамен қандай болатынын түсіну маңызды.

Бос кеңістікте жоғалудың мағынасы тікелей екі факторға байланысты: біріншісі – радиосигнал жиілігі, екіншісі – сымсыз берілген байланыстың арақашықтығы. Бұл екі фактордың арақатынасын келесідей формуламен көрсетеміз:

$$L = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + K \quad (3.1)$$

Мұндағы

$L$  – бос кеңістіктегі жойылу, дБ;

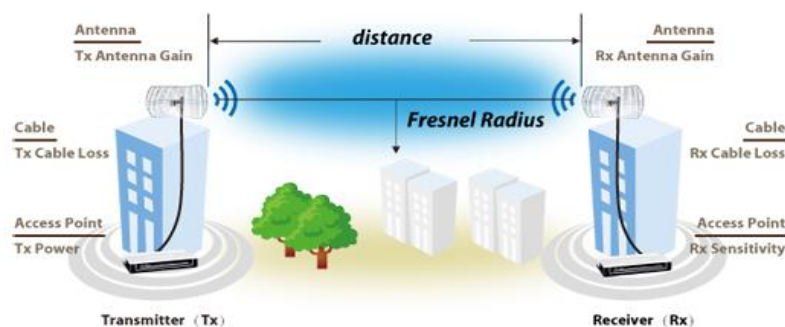
$d$  – қабылдағыш пен қолжетімділік нүктесінің арақашықтығы, км;

$f$  – берілу жиілігі, МГц;

$K$  – бірлік өлшеу арақашықтығы мен сигналдың берілу жиілігінің түзету коэффициенті.

Егер арақашықтық километрмен өлшенсе, жиілік мегагерцте өлшенеді, сонда формула келесі түрде беріледі:

$$L = 20 \lg(d) + 20 \lg(f) + 32.44 \quad (3.2)$$



3.13 сурет – тікелей көрініс мысалы

### 2.3.1 2100 МГц жиіліктегі есептеу

Сигналдың тоқтап қалуының қосымша теңдеуінен шығару, бос кеңістіктегі жойылу келесі теңдеу көмегімен есептеуге болады:

$$L = P_{npd} + G_{npd} + G_{npm} - \gamma - a \quad (3.3)$$

Мұндағы

$L$  – бос кеңістіктегі жойылу, дБ;

$P_{npd}$  – таратқыш қуаты, дБм;

$G_{npd}$  – беріліс кезінде антеннаның күшейтілуі, дБи;

$G_{npm}$  – сигнал қабылдау кезіндегі күшейткіш, дБи;

$\gamma$  – қабылдағыш сезімталдылығы, дБм;

$a$  – сигналдың тоқтап қалу қоры, дБ.

$$L = 10 + 12 + 10 + 66 - 10 = 88$$

мұндағы

$$P_{npd} = 10 \text{ дБм};$$

$$G_{npd} = 12 \text{ дБи};$$

$$G_{npm} = 10 \text{ дБи};$$

$$\gamma = -66 \text{ дБм};$$

$$a = 10 \text{ дБ}.$$

Еркін кеңістікте жоғалудың мағынасы тікелей екі факторға тәуелді: бірінші – радиосигнал жиілігі, екінші – сымсыз берілу арақашықтығы. Осы екі фактордың ара қатынасы келесі формуламен анықталады:

$$L = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + K \quad (3.1)$$

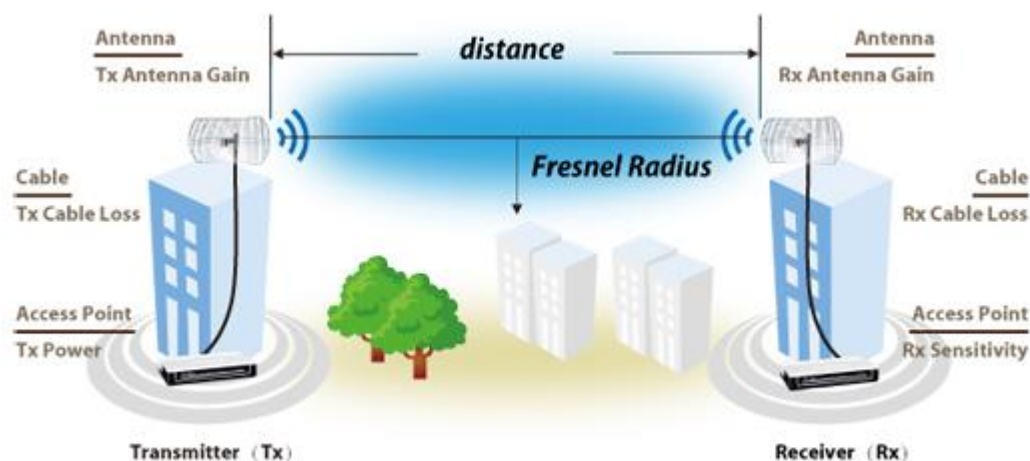
Мұндағы  $L$  – еркін кеңістікте жоғалу, дБ;  
 $d$  – қолжетімділік нүктесі мен қабылдағыштың арасындағы арақашықтық, км;

$f$  – берілу жиілігі, МГц;

$K$  – белгі берудің арақашықтығының және жиілігінің өлшеу бірлігіне тәуелді түзетуші коэффициенті

Егер арақашықтық километрмен, жиілік мегагерцпен өлшенсе, онда формула келесі түрде болады:

$$L = 20 \lg(d) + 20 \lg(f) + 32.44 \quad (3.2)$$



Сурет 3.13 – тікелей көріну үлгісі

### 2.3.1 2100 МГц жиіліктегі есептеу

Қосалқы теңдеуге сүйене отырып белгінің тоқтап қалуын, еркін кеңістікте жоғалуын келесі теңдеудің көмегімен есептеуге болады:

$$L = P_{npd} + G_{npd} + G_{nrm} - \gamma - a \quad (3.3)$$

Мұндағы  $L$  – еркін кеңістікте жоғалу, дБ;

$P_{npd}$  – таратқыш қуаты, дБм;

$G_{npd}$  – берілу кезінде антеннаның күшейтілуі, дБи;

$G_{nrm}$  – белгіні қабылдау кезінде антеннаның күшейтілуі, дБи;

$\gamma$  – қабылдағыш сезімталдығы, дБм;

$a$  – белгінің тоқтап қалу қосымшасы, дБ.

$$L = 10 + 12 + 10 + 66 - 10 = 88$$

Мұндағы  $P_{\text{прд}} = 10$  дБм;

$G_{\text{прд}} = 12$  дБи;

$G_{\text{прм}} = 10$  дБи;

$\gamma = -66$  дБм/2;

$\alpha = 10$  дБ.

$\alpha$  коэффициенті әдетте 10 дБ-ға тең болып алынады. 10 децибельдік қосымша күшейткіш бойынша инженерлік есеп үшін жеткілікті болып саналады.  $\alpha$  коэффициенті, қабылдағыш сезімталдығының температуралық дрейфі және таратқыштың шығыс қуаты; әртүрлі атмосфералық құбылыстар (тұман, қар, жаңбыр); антенна қабылдағыштың, антенді-фидерлік даңғыл жолмен таратқыштың келісілмеуі сияқты факторларды ескереді.

(3.1) және (3.2) теңдеулерінің көмегімен қолжетімділік нүктесі мен қабылдағыштың арасындағы белгілі бір жылдамдықта берілуі мүмкін болатын арақашықтығын есептеу:

$$d = 10^{\left(\frac{L}{20} - \frac{3}{20}\right)} \quad (3.4)$$

$$d = 10^{\left(\frac{88}{20} - \frac{32.44}{20}\right) \lg 2100} = 0,103$$

Мұндағы  $L$  – еркін кеңістікте жоғалу, дБ;

$d$  – қолжетімділік нүкте мен қабылдағыштың арасындағы арақашықтық, км;

$f$  – берілу жиілігі, МГц;

2.3.2 1800 МГц жиіліктегі есеп

1800 МГц жиілікте еркін кеңістікте жоғалудың мағынасы, арақашықтық километрмен, жиілік мегагерцпен өлшенеді, келесі формуламен есептелінеді:

$$L = 20 \lg (d) + 20 \lg (f) + 32.44 \quad (2.5)$$

$$L = 20 \lg (0,104) + 20 \lg (1800) + 32.44 = 77,717$$

2.3.3 900 МГц жиіліктегі есеп

900 МГц жиіліктегі еркін кеңістікте жоғалу мағынасы, арақашықтық километрмен, жиілік мегагерцпен өлшенеді, келесі формуламен есептелінеді:

$$L = 20 \lg (0,104) + 20 \lg (900) + 32.44 = 71.696$$

Берілу кезіндегі әр жылдамдықта қабылдағыш белгілі бір сезімталдыққа ие болады. Аз жылдамдық үшін (мысалы, 1-2 Мегабит) сезімталдық аз: -90 дБм-дан -94 дБм-ге дейін. Үлкен жылдамдықтар үшін сезімталдық біршама жоғары болады. Алдағы есептер үшін кестені қолдану керек.



Кесте 3.2 - Мәлімет тарату жылдамдығынан қабылдағыш сезімталдығының тәуелділігі

Берілу жылдамдығы, В	Сезімталдығы, $\gamma$
54 Мбит/с	-66 дБм
48 Мбит/с	-71 дБм
36 Мбит/с	-76 дБм
24 Мбит/с	-80 дБм
18 Мбит/с	-83 дБм
12 Мбит/с	-85 дБм
9 Мбит/с	-86 дБм
6 Мбит/с	-87 дБм

### 3.14 UMTS үшін Волфиша-Икегами өрнегі

Белгінің таралу жоғалуы сәйкес жер түрі үшін, радиобелгінің деңгейі осы жердің ғимарат биіктігі, көшелердің ені, түрінің тұрақсыздығынан едәуір өзгеретінін көрсетеді. WIM үлгісі қалалық ортада белгінің басылуын есептеу кезінде қолданылады.

Антенна базалық станциясы жоғарыда, сондай-ақ қалалық құрылыстың төбесінен төмен деңгейлі сызықта орналасқан кезде қолданыла алады. Эмпирикалық факторлардың жиынтығына, ескерілетін есептік формуламен базалық станция және жылжымалы станция антенналарының биіктігі, жергілікті көшелердің ені, көрші ғимараттардың арақашықтығы, осы ғимараттардың биіктігі және радиобелгінің таралу бағытына қатысты көшелердің бағдарлануы кіреді.

WIM үлгісінде LOS (тікелей көрініс) және NLOS (non-line-of-sight, яғни тікелей емес көрініс). LOS жағдайында, егер радиобелгінің таралуы қабылдағышта және берілуде тікелей көрінісінде кедергі болмаса, онда WIM-үлгі мына теңдеумен анықталады:

$$L_{LOS} = 42.64 + 26 \cdot \lg d_{km} + 20 \cdot \lg f_{MHz}, \quad d_{km} \geq 0,02 \quad (3.5)$$

Потери в свободном пространстве:

$$L_{fs} = 32.45 + 20 \cdot \lg d_{km} + 20 \cdot \lg f_{MHz}$$

$$L_{LOS} = L_{fs} + 10,19 + 6 \cdot \lg d_{km} = L_{fs} + 6 \cdot \lg(50 \cdot d_{km}) = L_{fs} + 6 \cdot \lg\left(\frac{d_{km}}{20}\right)$$

Мұндағы,  $d_{km}$  – километрдегі радиус жабынуы.

NLOS WIM-де қолданылатын параметрлер:

$h_b$ - базалық станция антеннасының биіктігі (жерден 40-50 м);

$h_m$ - абонент антеннасының биіктігі (жерден 1-3 м);

$h_B$ - ғимарат биіктігі;

$\Delta h_b = h_b - h_B$ - төбе деңгейінен базалық станция антеннасының биіктігі;

$b$ - Ғимараттар арасындағы қашықтық (20-50 м);

$\omega$ -көшелер ені (әдетте  $b/2$ );

NLOS WIM жағдайында бірнеше нұсқасын қарастырып көрейік.

$\Delta h_b > 0$ :

$$L_{NLOS} = 69.56 + 38 \cdot \lg d_{km} + 26 \cdot \lg f_{MHz} - 10 \cdot \lg \omega - 9 \cdot \lg b + 20 \lg \Delta h_m - 18 \cdot \lg(1 + \Delta h_b) + L_{LOS} \quad (2.13)$$

$\Delta h_b \leq 0, d_{km} \geq 0,5$

$$L_{NLOS} = 69.56 + (38 + 15|\Delta h_b/h_b|) \cdot \lg d_{km} + 26 \cdot \lg f_{MHz} - 10 \cdot \lg \omega - 9 \cdot \lg b + 20 \lg \Delta h_m + 0.8 \cdot \lg |\Delta h_b| + L_{LOS}$$

$\Delta h_b \leq 0, d_{km} < 0,5$ :

$$L_{NLOS} = 69.56 + (38 + 15|\Delta h_b/h_b|) \cdot \lg d_{km} + 26 \cdot \lg f_{MHz} - 10 \cdot \lg \omega - 9 \cdot \lg b + 20 \lg \Delta h_m + 0.8 \cdot \lg |\Delta h_b| \cdot (d_{km}/0,5) + L_{LOS}$$

Қабылдағандай, қалалық аудандар әртүрлі биіктікті ғимараттармен салынған. Көшелердің ені және барлық ғимараттардың арасындағы қашықтық әртүрлі шектеулерде ауытқиды. Сондықтан WIM сияқты үлгілерді есептеуде бірнеше шарттарды қабылдаймыз:

а) Тұрғын ғимараттағы қатардың биіктігі 3 м-ге тең болып алынады;

б) Бірқатарлы тұрғын ғимараттарда жазық емес шатырлардың биіктігі 2 м-ге тең болып алынады;

в) Бірқатарлы ғимараттардың және басқаларының арасындағы қашықтық 5 м-ден төмен болмайды;

г) Салынған бірқатарлы үйлердің көшелерінің ені 15 м-ден төмен емес;

д) Көпқатарлы ғимараттардың және басқаларының арасындағы қашықтық 30 м-ге тең;

е) Салынған көпқатарлы ғимараттардың көшелерінің ені 20 м-ге тең;

ж) Кеңсе, оқу орындарындағы қатар биіктігі 3,5 м;

з) Өнеркәсіп орындарындағы қатардың биіктігі 7,5 м-ге тең;

Бұдан шыға отырып, түрлі ғимараттармен базалық станция антеннасының орналастыруы болып жатқан аймақта ауданның салыну процентін білу керек. Бұл негіздеуде берілген тапсырма бойынша ғимараттардың орташа биіктігі, сонымен қатар ғимараттардың арасындағы орташа қашықтық және барлық ауданның көшелерінің орташа ені анықталады.

Базалық станция антеннасы орналасатын жерде ғимарат биіктігін орталаудың қажеті жоқ. Тапсырмаға сәйкес базалық станция антеннасының орналасу биіктігін және берілген ғимараттың биіктігін біле отырып,  $\Delta h_b$  – шатыр деңгейінен базалық станция антеннасының биіктігін анықтауға болады.

$$\begin{aligned}
 h_b &= 25 \text{ м}; \\
 h_m &= 1.5 \text{ м}; \\
 h_B &= 19 \text{ м}; \\
 \Delta h_b &= h_b - h_B = 25 - 19 = 6 \text{ м}; \\
 b &= 20 \text{ м}; \\
 \omega &= 10 \text{ м}; \\
 \Delta h_m &= h_B - h_m = 29 - 1.5 = 28.5 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

LOS:

$$d_{km} = 10^{\frac{L_P - 42.64 - 20 \cdot \lg f}{26}}$$

NLOS:

$$d_{km} = 10^{\frac{L_P - 69.55 - 26 \cdot \lg f + 10 \cdot \lg \omega + 9 \cdot \lg b - 20 \cdot \lg \Delta h_m + 18 \cdot \lg(1 + \Delta h_b)}{38}}$$

1) БС-дан МС-ға қарай:

$$\begin{aligned}
 f_0 &= 2100 \text{ МГц} \\
 \text{Солтүстік} &- 0^\circ:
 \end{aligned}$$

LOS:

$$d_{km} = 10^{\frac{138.2 - 42.64 - 20 \cdot \lg(2100)}{26}} = 13.129 \text{ км}$$

NLOS:

$$d_{km} = 10^{\frac{138.2 - 69.55 - 26 \cdot \lg(2100) + 10 \lg(10) + 9 \lg(20) - 20 \lg(28.5) + 18 \lg(1 + 6)}{38}} = 0,547 \text{ км}$$

Оңтүстік-шығыс:- 120°:

LOS:

$$d_{km} = 10 \frac{128.2 - 42.64 - 20 \cdot \lg(2100)}{26} = 5.415 \text{ км}$$

NLOS:

$$d_{km} = 10 \frac{128.2 - 69.55 - 26 \cdot \lg(2110) + 10 \lg(10) + 9 \lg(20) - 20 \lg(28.5) + 18 \lg(1 + 6)}{38} = 0,247$$

км

Оңтүстік-батыс: - 240°:

LOS:

$$d_{km} = 10 \frac{132.2 - 42.64 - 20 \cdot \lg(2100)}{26} = 7.717 \text{ км}$$

NLOS:

$$d_{km} = 10 \frac{132.2 - 69.55 - 26 \cdot \lg(2100) + 10 \lg(10) + 9 \lg(20) - 20 \lg(28.5) + 18 \lg(1 + 6)}{38} = 0,38$$

км

2) МС-тен БС-ға қарай:

$f_0 = 1910$  МГц

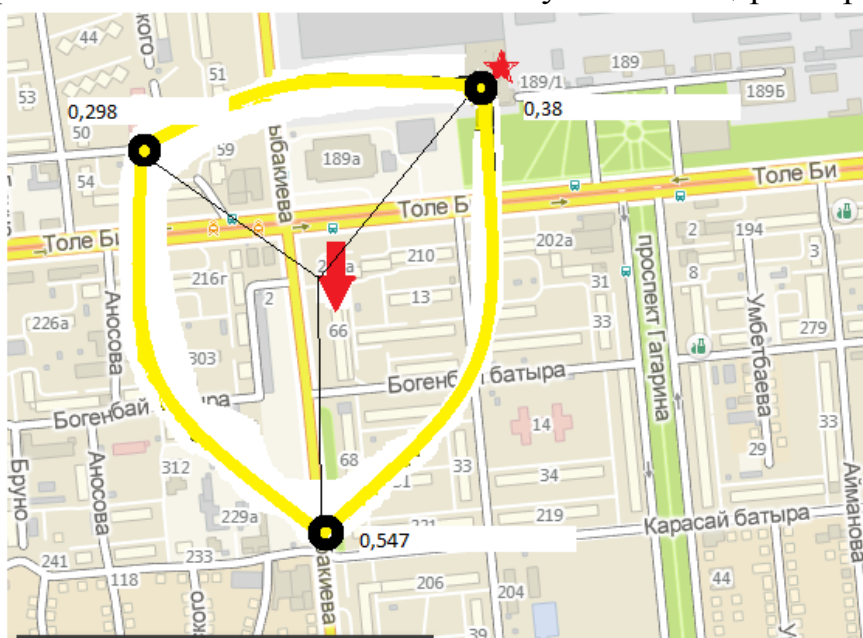
$$d_{km} = 10 \frac{156.7 - 69.55 - 26 \cdot \lg(1910) + 10 \lg(10) + 9 \lg(20) - 20 \lg(28.5) + 18 \lg(1 + 6)}{38} = 1,79$$

км

Есептің нәтижелерін кестеге енгізейік  
 Кесте 3.4 - UMTS үшін Волфиша-Икегами үлгілерінің есептерінің нәтижелері (WIM)

СП-ға қатыста БС секторының бағытталуы, бұршақ	L <sub>p,дБ</sub> таралуының кезінде		БС және МС, км арасындағы қашықтық	МС және БС, км арасындағы күту қашықтығы
	БС- МС	МС- БС		
Сектор А - 0°	138.30	156.80	0.55	1.79
Сектор В - 120°	128.30		0.30	
Сектор С - 240°	132.30		0.38	

Жүргізілген есеп бойынша БС жабыну аймағын қарастырайық



Сурет 3.14 –БС жабыну аймағы,Волфиша-Икегами (WIM)үлгісі көмегімен есептелген, сонымен қатар фемтосот орналасқан жаттығу залы БС-тен өте алыс жерде орналасқан

#### 4 Тәжірибелік бөлім

##### 4.1 Тәжірибенің жүргізілу әдістері

Тәжірибенің мақсаты: фемто желідегі трафиктің бөлшектік аударылымы жолымен қабылдауыш сигналдың деңгейінің жақсаруы, мәліметтердің берілу жылдамдығының өсуі және кеңсе ішіндегі интерференция деңгейінің төмендеуі, сонымен қатар негізгі үлкен желідегі сектордың жеңілдеуі болып табылатын.

Бастапқыда орнату және базалық станциядағы бақылаушылар жөнделді(BSC), ядролық желідегі бірігу орындалды(NS)



Сурет4.1 – Бақылаушының алдыңғы бөлігі  
Бұдан кейін ғимарат аумағына 4 фемто соты орнатылды.



Сурет 4.2 - Ip-Access фемто соты

Өлшеу өлшеуіш кешені Nemo Outdoor қолданылуымен өтті, яғни құрамына мыналар кірді:

- Nokia C5 екі телефоны;
- GPS қабылдағыш;
- Nemo Invex программамен қамтамасыз етілген ноутбук және Nemo Analyze.



а



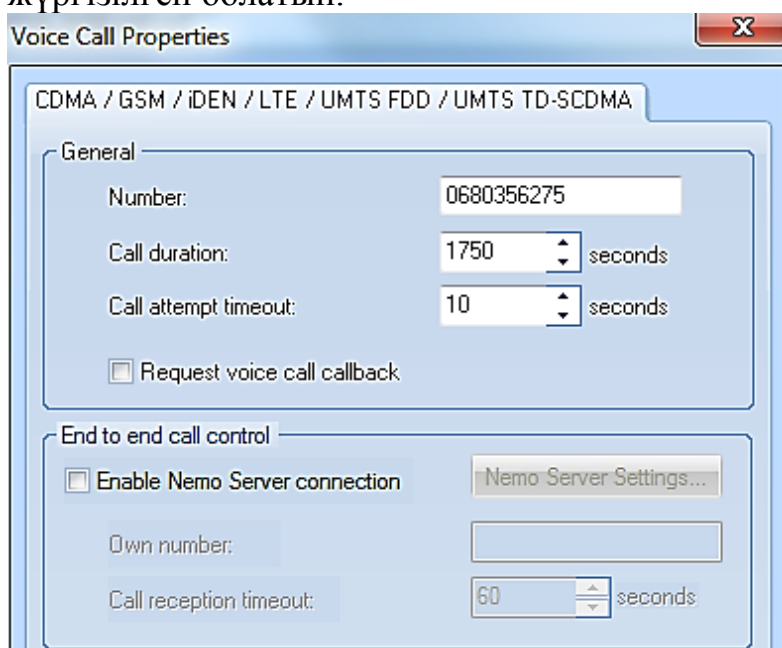
б



в

Сурет 4.3 - Nemo Outdoor өлшеуіш жиынтық: а- Nokia C5 телефон; б - GPS қабылдағыш; в – ПО орнатылған ноутбук

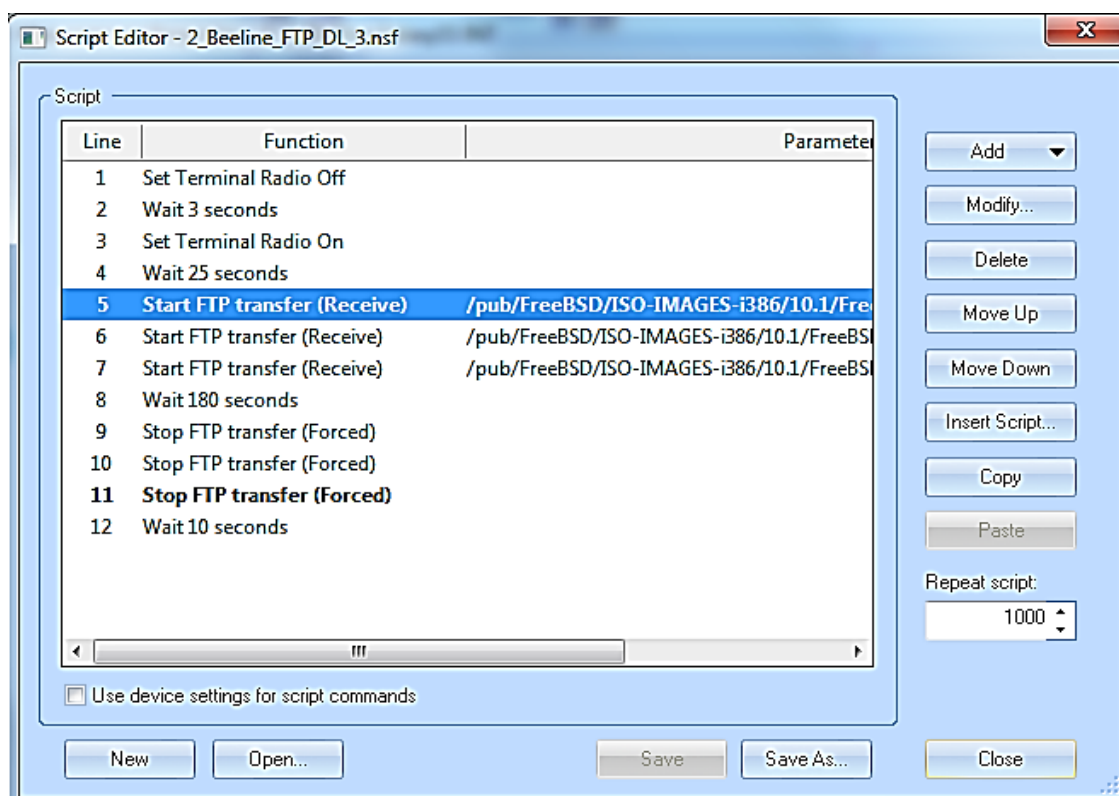
Орнатудан кейін және фемто сотты күйге келтіру, бірақ оларды жіберуге дейін ғимарат ішінде өлшеу жүргізілді, қызмет ететін макро соттар, RSCP( received signal code power), белгі/шуыл қатынасымен  $E_c/N_0$  Қызмет етуші сигналдар деңгейімен және мәлімет берілу жылдамдығы анықталды. Қосымша фемто сотты эфирге жібергеннен кейін алдағы салыстырмалы талдау көрсеткіштері үшін қызмет етуші секторлардың статикалық мәліметтері жиналған болатын. Өлшеу жіберілгеннен кейін қайтадан ғимарат ішіндегі радио шарттардың жақсаруын растау мақсатымен жүргізілген болатын.



Сурет 4.4 –Nemo InVex программасының скриншоты. Дыбыстық шақырудың сценариінің жазылуы

Сынақтамалық мобильдік станциялар, Nemo Index қызмет ету программасына қосылған және UMTS желісіне ықтиярсыз тіркелген болатын. Сынақтамалық номерге дыбыстық қоңырау 1750 секунд ұзақтықпен сценарий жазылған болатын. Мұншама қосылу ұзақтығы орнатылған шақырулар орнықтылығын бағалау үшін керек, сонымен қатар 1750 секунд (30 мин) уақыт өткеннен кейін автоматты түрде қоңырау үзіледі, себебі желіде параметрлер орнатылған. Осы сценарийдан кейін 10 секунд үзіліс болады және алгоритм қайта қайталанады.

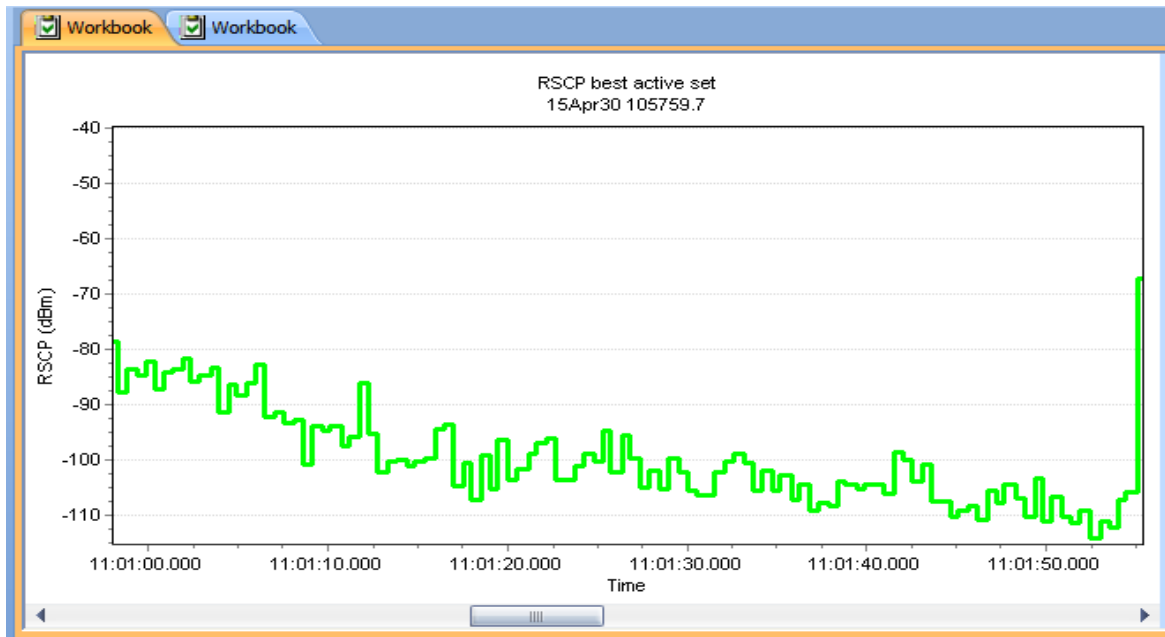
Мәліметтің берілу жылдамдығы сынақтамасы үшін сонымен қатар ftp қолжетімділік серверінен файлдарды жүктеу сценарийі жазылды. Барынша жылдамдыққа жету үшін жүктеу бір мезетте бірнеше жерден жүргізілді. Осы жағдайда белсенді сатының ұзақтығы (мәлімет жүктеу) 180 секундті құрады. Содан кейін орнатылған сессиялар айырылады, 10 секунд кідіріс және сынақтама телефондардың радио үлгісінің қайта жүктелуі болады. Содан кейін сценарияның қайта жіберілуі болады.



Сурет4.5 –Nemo InVex программасының скриншоты. Жүктеу жылдамдығы сынақтамасы үшін сценарияның жазылуы

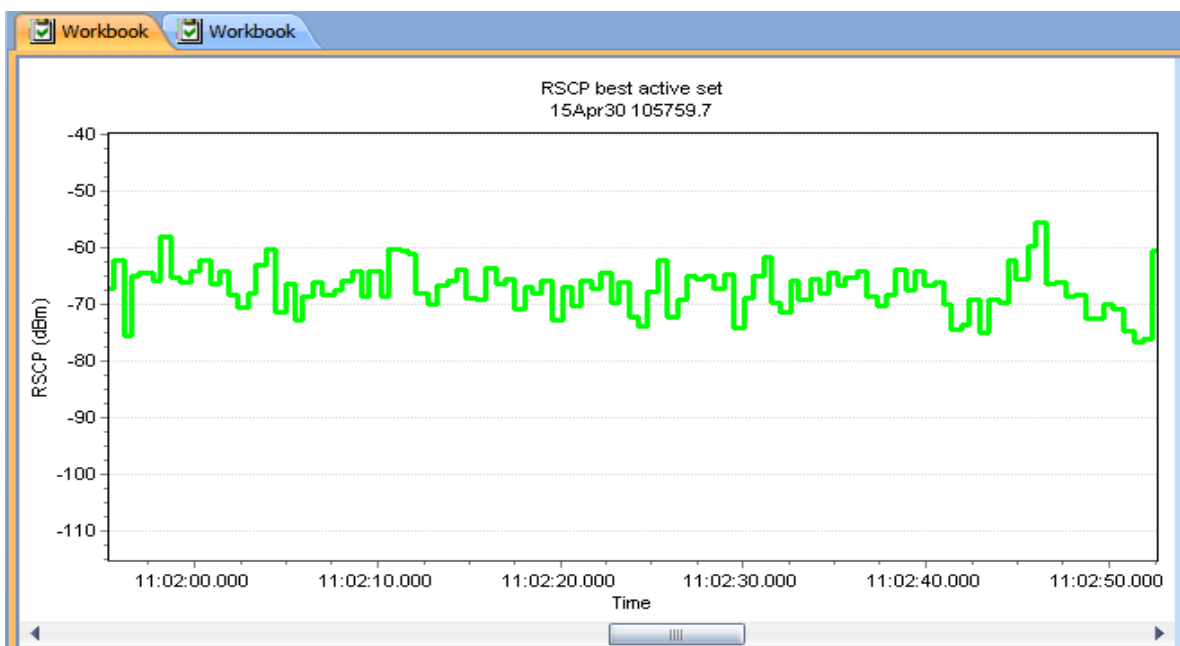
Тәжірибенің екінші кезеңі алынған нәтижелердің қайта өңделуінен тұрды. Бағада UMTS желісінің негізгі көрсеткіштері болды, (RSCP) сияқты қабылдауыш сигналдың деңгейі, белгі/шуыл қатынасы (Ec/N0) және мәліметтің берілу жылдамдығы (Application throughput downlink). Фемто секторлардың қосылуына дейін және қосылуынан кейінгі алынған өлшеулерінің мағыналары салыстырылды. Салыстыру кестесіне көшірілген қарастырылып жатырған белденің максималды және минималды мағыналары бағаланады. Мәліметтердің қайта өңделуі үшін Nemo Analyze программалық қамтамасыз ету қолданылды.



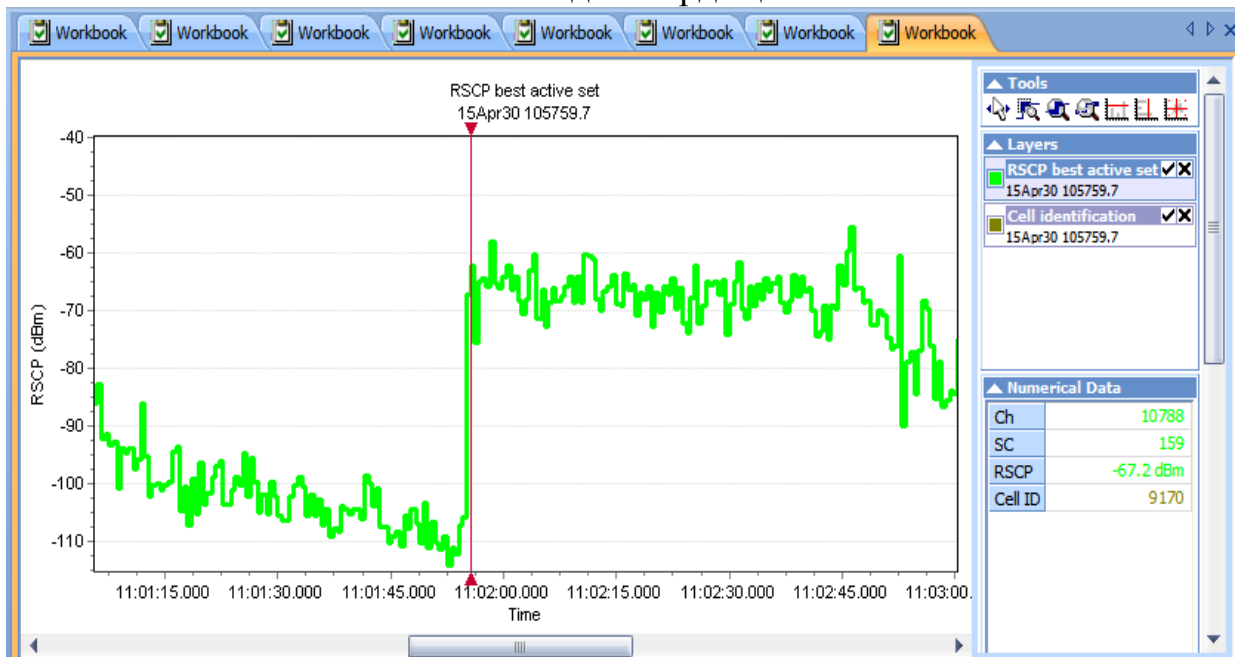


Сурет 4.6 –Nemo Analyze программасының скриншоты. Фемто қосылуына дейінгі RSCP индикатордың мағынасы

Ғимараттың ішінде тұрып және маңызды желі секторларымен қызмет етіп, RSCP –ның орташа деңгейі -100dBm орта мағынасын иемденді. Бұл дыбыстық сияқты сервистердің беруі үшін жеткіліксіз болып табылады (тілдің нашар сапасы, анық еместігі, металдық дыбыстың әсері және орнатылған қосындының үзіліп кетуінің мүмкін болуы), сондай-ақ мәліметтің берілуі үшін (шартталған жоғары деңгейдегі кедергінің төмен жылдамдықтары және пайдалы сигналдың әлсіз деңгейі). Ұқсас шарттарда (ғимараттың ішінде орналасу), бірақ фемто желінің қуаттандырылған секторларымен RSCP деңгейі -65 dBm-ге дейін жақсарды.

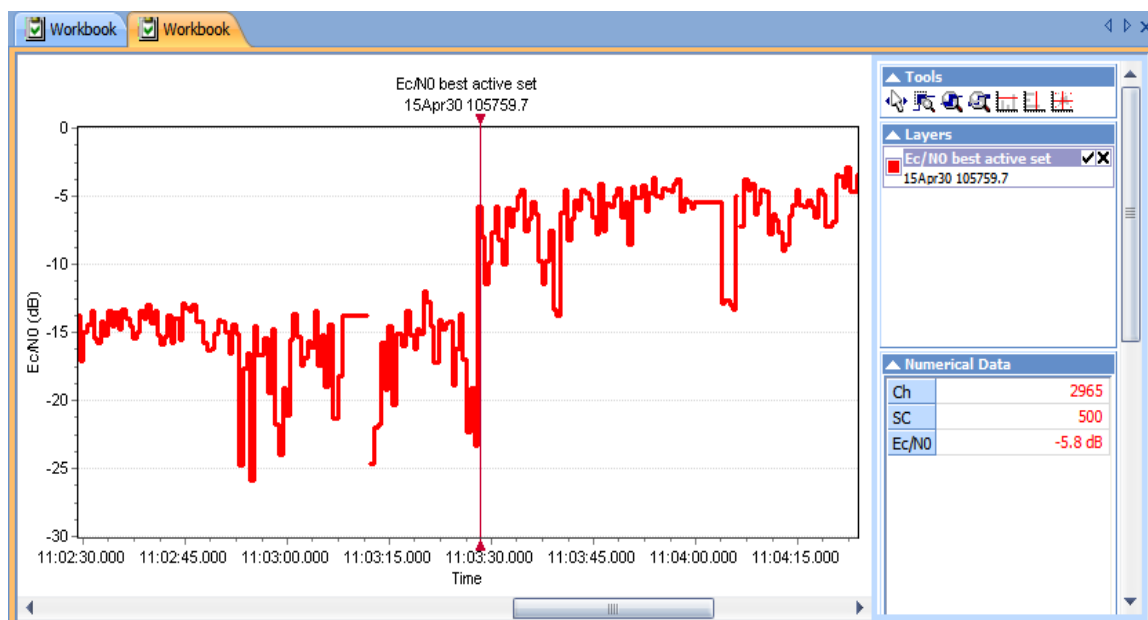


Сурет 4.7 – Nemo Analyze программасының скриншоты. Фемто қосылуынан кейінгі RSCP индикатордың мағынасы



Сурет 4.9 – Nemo Analyze программасының скриншоты. RSCP индикаторының салыстырмалы мағынасы (фемтоның дейінгі және кейінгі қосылуы)

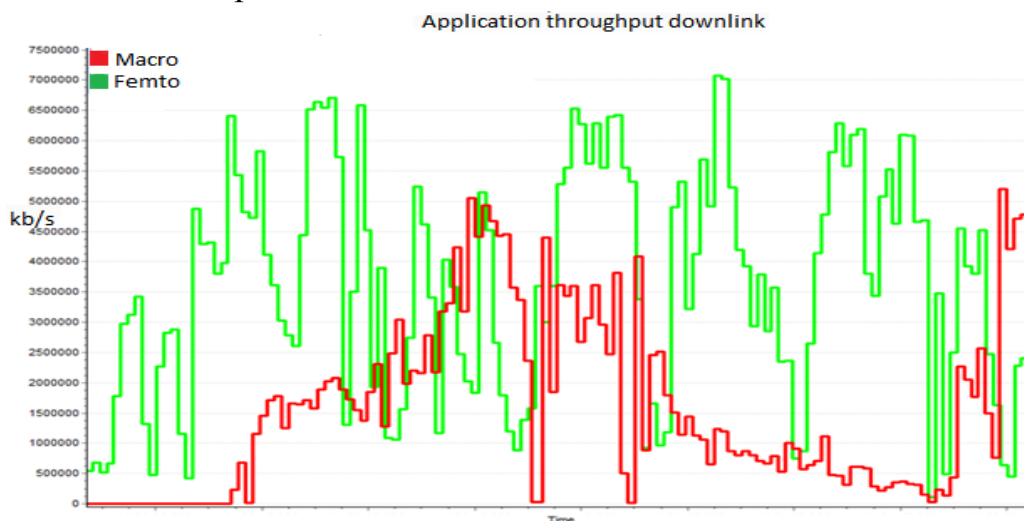
Салыстырмалы суреттен RSCP деңгейінің жақсаруы көрініп тұр, орта мағынасында -95 dBm -65 dBm-ке дейін фемто күшейтілуі кезінде және (НО) мобильді станциясының соған қарай өтуі. 30 dBm-де жақсаруы анықталды.



Сурет 4.9 – Nemo Analyze программасының скриншоты. Ec/N0 индикаторының салыстырмалы мағынасы (фемтоның дейінгі және кейінгі қосылуы)

Ұқсас жағдай пайдалы белгі/шуыл қатынасымен бақыланды. Ec/N0 мағынасы -15 dB тен -5 dB-ға дейін өзгерді, жақсаруы 10 dB-ны құрады. Радио

шарттардың жақсаруы қарастырылып отырған ғимараттың ішінде оңтайлы кейіпте берілетін қызмет сапасында көрінді және орташа жүктеу жылдамдығының өсу ерекшелігі байқалды.. Ол графикте, Downlink бағытталуындағы жүктеу жылдамдығы суреттелуінде анық көрініп тұр (application throughput downlink), фемто жіберілуіне дейінгі орташа жылдамдық 900 kbit/s-ті құрады, содан кейін берілген мағынасы 4 Mbit/s-қа дейін, яғни 4 есе көбірек өсті.



Сурет 4.10 – Nemo Analyze программасының скриншоты. Мәлімет берілу жылдамдығының салыстырмалы мағынасы (фемтоның дейінгі және кейінгі қосылуы)

Сонымен қатар ішкі сайттар, қарастырылып жатқан ғимараттың ішінде орналасқан абоненттерге жұмсалмайтын ресурстар жеңілдетілді, көшелердегі жабын жақсарды(outdoor coverage).

Кесте 4.1 – Мәліметтердің орташалану қорытындысы

Желі	Eс/N0(dB)			RSCP(dBm)			Applicationthroughput downlink(kbps)		
	Орт	Макс	Мин	Орт	Макс	Мин	Орт	Макс	Мин
Макро	-15	-13	-25	-95	-65	-115	928	5568	0
Фемто	-5	-3	-12	-65	-50	-82	4024	7312	0

Тәжірибенің нәтижесі ғимараттың ішінде радио шарттардың жақсаруын көрнекі дәлелдеді, және нәтиже бойынша, ұялы оператор қызметінің ұсынылған сапасының жақсаруы. RSCP қабылдауыш сигналы деңгейінің орташа мағынасы 30 dBm-ге жақсарды, мәлімет берілу орташа жылдамдығының 4 есеге, яғни, 928 kbps-дан 4 Mbps-ге дейінгі өсімі айқындалды. Сондай-ақ макро желіден фемто желіге трафиктің бөліктерінің аударылымы жүзеге асырылды, тірек желі жеңілдетілді.

Сонымен қатар фемто желісінің өзгермелі түйін санымен тәжірибе жүргізілді және «помещение-помещение» режимінде берілу жылдамдығына есептеу жүргізілді, жабық абоненттік топ (CSG) – FAP). Фемто желісінің саны

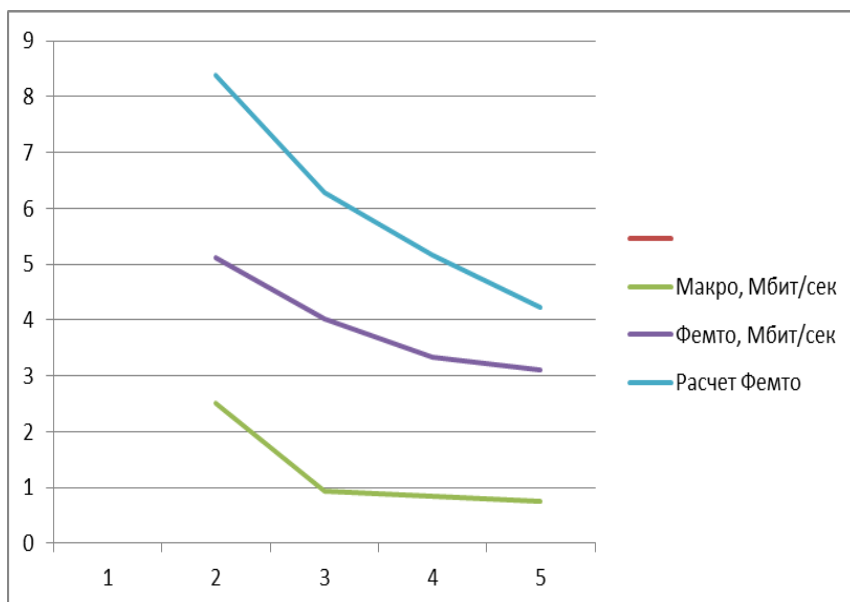
2-ден 8-ге дейін. J— жалпы саны FAPs; j— кедергі көлемі көршілес FAPs=1-3 Дб-тен. 1Дб алынды. I –кедергі көлемі MBSs = 1-4 Дб. L—жалпы саны MBSs. I=0.

$$C_{SSA\_CSG\_indoor\_i} = B_{tN} \log_2 \left( 1 + \frac{S_F}{kTB_{tN} + \sum_{j=1, j \neq i}^J I_j + \sum_{l=1}^L I_l} \right) \quad (4.1)$$

Мұндағы  $B_{tN} = B_t/N$  — өткізу жолағы, N қолданатын санына келтірілген, қызмет етуші FAP; S — сигнал күші FAP орнында, MS-қолданушы бар;  $kTB_{tN}$ —жылулық шуыл, k — Больцман коэффициенті, T — температура, К; j— кедергі көлемі көршілес FAPs  $j \in (1:J)$  номерлерімен, мұндағы J— жалпы саны FAPs; I—кедергі көлемі MBSs (1:L) сандарымен, мұндағы L—жалпы саны MBSs, N-15 абоненттер, I=1 Db.

Кесте 4.2 Берілу жылдамдығы

Тип сети	Число Фемто-сот	2	4	6	8
Макро, Мбит/сек		2,504	0,929	0,854	0,756
Фемто, Мбит/сек		5,122	4,024	3,332	3.111
Расчет Фемто		8,385	6,274	5.166	4,215



Сурет 4.11- Әр түрлі режимдегі берілу жылдамдығы және аналитикалық есеп. Берілудің жылдамдық бойынша сандық есебі заттай эксперименттің нәтижесін растайды. Жабық ғимарат үшін берілу жылдамдығы Фемто желісін қосқан кезде ұлғаяды. Заттай экспериментпен айырмашылығы 38 % -ды құрайтыны, ғимараттағы және көшедегі ұялы байланыс абоненттерінің әсер етуін есепке алмаумен түсіндіріледі.

#### Қорытынды

Мәлімет берілу трафигінің қарқынды өсуі, Cisco және Ericsson компанияларының болжамы бойынша тек жеделдетілетін болады, және 2019 жылға қарай аз мөлшермен 10 есеге ұлғаяды, операторларды бүкіл әлемге байыпты мәселенің алдына қояды: желілердің тұрақты және мағыналы ұлғаюы керек. Бірақ жиілік қорының тапшылығынан және үлкен қаржы жұмсалымынан, негізгі желілердің жеңілдеуінің балама тәсілдерін қарастыру және енгізу қажет. Олардың кейбіреулері берілген жұмыста қарастырылған болатын. Олардың арасында Wifi offload технологиясы және Femto желісі бар. Берілген технологиялар бөлек қарастырылуы мүмкін, бірақ пайда болатын шақыруды жеңу үшін барлығын бірге қарастырған жөн болады.

WiFi offload-дың негізгі артықшылығы лицензияланбаған жиіліктік спектрдің қолдану мүмкіндігі, сонымен қатар Wifi оператордың кең тараған түрімен келісім жасау мүмкіндігі болып табылады. Бұл интерференциялық көріністі жақсартады және негізгі желінің ұлғаюына шығынды азайтады. Femto желісі ғимарат ішіндегі жабынудың сұрақтарын шешеді, маңызды болып табылатын, мысалы абоненттердің дәл ғимараттарда орналасуының көпшілік уақыт проценті сияқтылар. Қолдану қарапайымдылығы, жиіліктің жоспарлау үдерісін талап етпейді, көршілер тізімі және басқа да параметрлер берілген технологиялардың бағалы қасиеттері болып табылады, сонымен

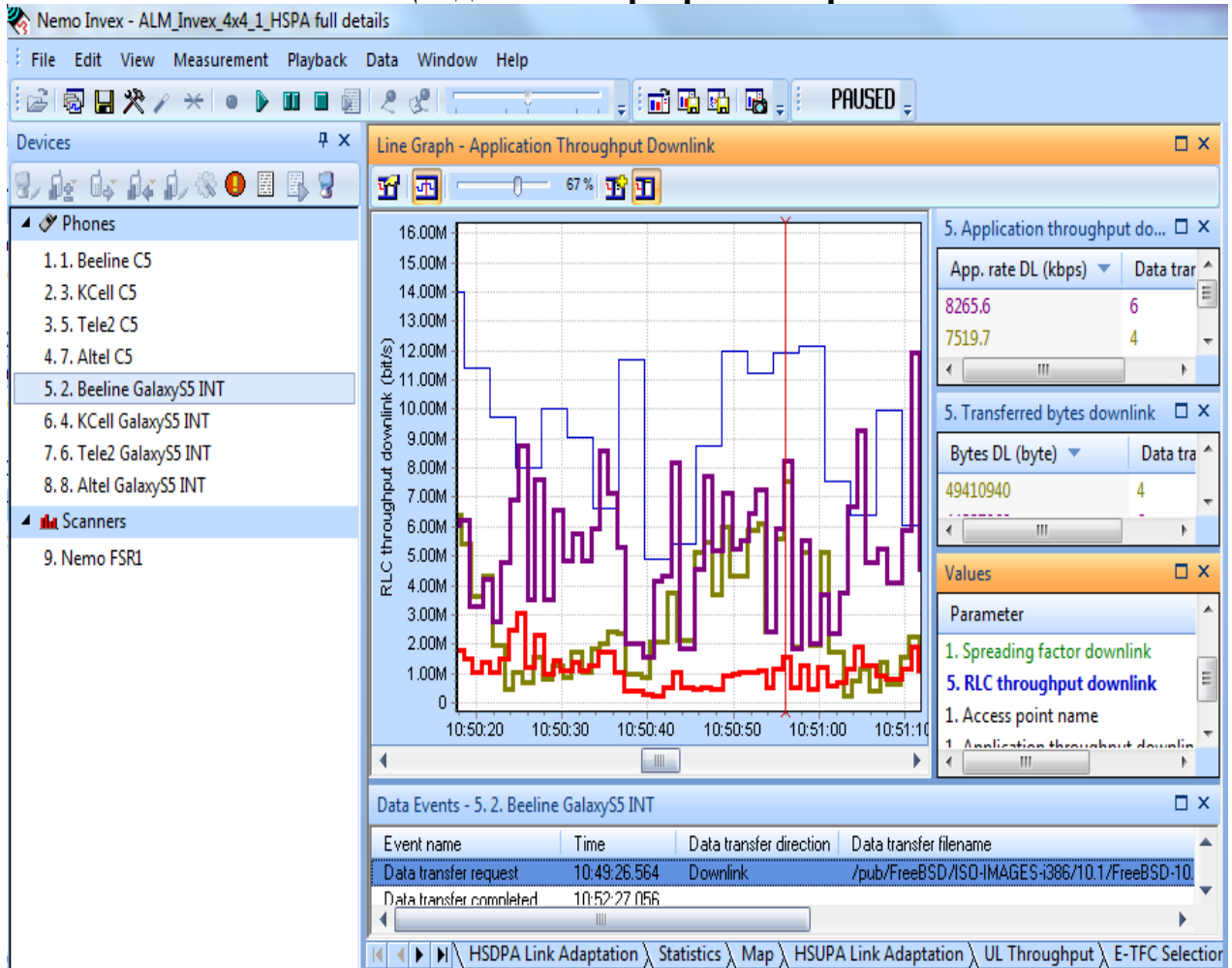
қатар біріншісін жеңілдете отырып, айтарлықтай трафикті Femto негізгі желісінен аударуға мүмкіндік беремін.

Тәжірибелік бөлімде 4 сектордан тұратын сынақтама Femto желісі жіберілген болатын. RSCP қабылдауыш пайдалы сигналдың,  $E_c/N_0$  сигнал/шуыл қатынасы, сонымен қатар ғимарат ішіндегі мәлімет берілудің жылдамдығы Femto желіні жібергенге дейінгі және кейінгі деңгейдің өлшеуі жүргізілді. Алынған нәтижелер қарастырылған көрсеткіштердің айтарлықтай жақсаруын көрсетті, мысалы RSCP-ның деңгейі орта мағынамен -95dBm-дан -65dBm-ге дейін, ал жүктеу жылдамдығы 928 kbps-дан 4Mbps-ге дейін 4 есеге өсті. Ішкі секторларды трафик бөліктерінен сынақтама желіге аудару жолымен жеңілдету мүмкін жағдайға айналды, сонымен қатар соншама бағалы ресурстар сақталып және жабыну ұлғайып негізгі желінің көрсеткіштері жақсарды. Сонымен жұмыстың бастапқысында қойылған тапсырмалар мен мақсаттар қол жеткізді. Мәліметтер жиынтығы Nemo Inveх программасының қолданылуымен жүргізілді, алынған нәтижелердің өңделуі Nemo Analyze программалық қамтамасыз етуімен жүзеге асырылды. Шынайы оператордың статикалық мәліметтері PRS Huawei программасының қолдануымен жиналған болатын.

#### Қолданылған әдебиеттер

- 1 E. Dahlman et al, “3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband”, Academic Press, Oxford, UK, 2007
- 2 Иванов В.И., Гордиенко В.Н. и др. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / Под ред. В.И. Иванова. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003.
- 3 Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Дмитриев В.И. Системы мобильной связи. - СпбГТУ.-Спб.,1999
- 4 Вишневский В.М., Широкополосные и др. Беспроводные сети передачи информации / Учебник / Под ред. В.М.Вишневского - М.: Техносфера, 2005.
- 5 CDMA: прошлое, настоящее и будущее / Под ред. Проф. Л.Е.Варакина и проф. Ю.С. Шинакова.-М.:МАС.-2003.
- 6 Cisco: в ближайшие 5 лет мобильная передача данных может вырасти почти в 10 раз // Интернет-страница компании «Cisco Systems, Inc.», URL: <http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2015/02/020515a.html> (дата обращения: 27.02.2015)
- 7 Архитектура оффлоада трафика мобильных данных через сети стандарта Wi-Fi // Интернет-страница проекта «Wi-Life.Team», URL: <http://www.wi-life.ru/stati/wi-fi/texnicheskie-stati/mobile-data-offload-architecture-via-sp-wifi> (дата обращения: 15.05.2015)
- 8 Коньшин С.В. Подвижные телекоммуникационные радиосистемы: Учебное пособие. - Алматы: АИЭС, 2003.
- 9 Lee W.C. Y. Mobile cellular telecommunications systems. - Howard W. Sam's & Co., 1989.
- 10 Masaharu Hata. Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services// IEE Tr. VT-29. - №3. - 1980. - P.
- 11 Лившиц Б.С., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика М.: Связь, 1979.
- 12 ETSI Recommendation ETS 300 527, “Handover procedures (GSM 03.09)”, February 1995.
- 13 Быков Р.Н. Исследование возможности разгрузки сетей сотовой связи с использованием технологии WiFiOffload и Femto сетей // Международный Научно-Педагогический Журнал.- Алматы: ВШК №4, 2014г.

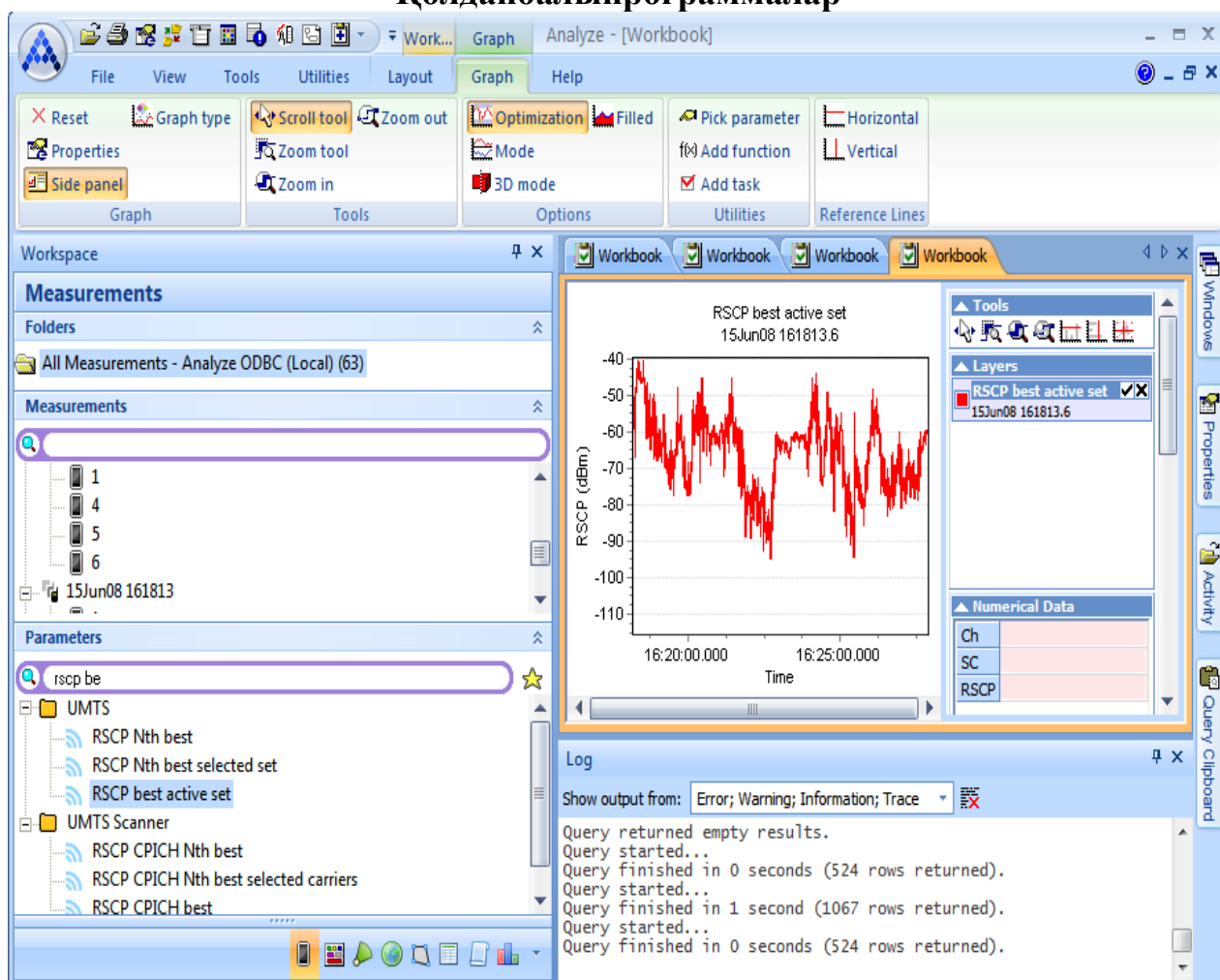
## А салыну Қолданбалы программалар



Сурет А.1 - NemoInveX программасының терезесінің скриншоты



## Б салыну Қолданбалы программалар



СуретБ.1 - NemoAnalyze программа терезесінің скриншоты

