

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

“Radiotexnika və telekommunikasiya” kafedrası

Əlyazması hüququnda

BƏDƏLOVA GÜNAY MAARİF qızı

ALLAHVERDİYEVƏ SƏKİNƏ ASLAN qızı

CƏFƏROV EYVAZ KAZIM oğlu

HÜSEYNOV ELMİN CEYHUN oğlu

**“AZERCELL” şəbəkəsində 5G texnologiyasının tətbiqi problemlərinin analizi
mövzusunda**

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627-“Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Şəbəkələr, rabitə sistemləri və informasiyanın paylanması”

Elmi rəhbər:

t.e.n., dos. Məmmədov Əlixan Heydər oğlu

BAKI – 2023

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	3
I FƏSİL. MOBİL ŞƏBƏKƏ TEXNOLOGİYALARININ ƏSASLARI	8
1.1. Mobil rabitə şəbəkəsinin nəsilləri haqqında ümumi məlumat.....	8
1.2. 5G rabitə şəbəkəsinin ümumi xarakteristikaları.....	12
1.3. 5G şəbəkəsində istiqamətlənmiş antenanın əsas parametrləri.....	16
II FƏSİL. 5G MOBİL ŞƏBƏKƏ TEXNOLOGİYASINDA BAZA STANSİYALARININ PLANLANMASI VƏ OPTİMALLAŞDIRILMASI	21
2.1. 5G mobil rabitə texnologiyasının arxitekturası və əsas parametrləri.....	21
2.2. 5G-də rabitə əlaqəsi zamanı Handover prosesi, Massive MIMO.....	24
2.3. 5G mobil rabitə texnologiyasının baza stansiyalarının planlanması və KPI göstəriciləri.....	29
III FƏSİL. 5G MOBİL TEXNOLOGİYALARININ ANALİZİ PROSESİ	35
3.1. 5G-də şəbəkə təhlükəsizliyi probleminin araşdırılması.....	35
3.2. 5G texnologiyasının təqdim etdiyi keyfiyyət göstəriciləri və xidmətlər.....	37
3.3. 5G mobil şəbəkəsinin tətbiq olunduğu sahələr.....	41
IV FƏSİL. 5G ŞƏBƏKƏSİNİN DÜNYADA TƏTBİQ OLUNMASI	47
4.1. 5G mobil şəbəkəsinin dünyada aparılan tədqiqatların təyini və analizi.....	47
4.2. 5G- nin müsbət və mənfi cəhətləri.....	51
V FƏSİL. ALINAN NƏTİCƏLƏRƏ ƏSASƏN AZERCELL ŞƏBƏKƏSİNDƏ 5G TEXNOLOGİYASININ ŞƏBƏKƏ TEZLİYİNİN HESABATI	54
5.1. 5G şəbəkəsində data sürətinin müxtəlif konfigurasiyalara əsasən hesablanması.....	54
5.2. 5G şəbəkəsində PRB hesabatı və istifadəçilər üçün mümkün dəyərlərin orta qiyməti, danışıq rabitəsinin həyata keçirilməsi.....	58
NƏTİCƏ	68
ƏDƏBİYYAT	71

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı: Dissertasiya işinin mövzusu “Azercell” şəbəkəsində rabitə xidmətinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi yollarının araşdırılması və bu zaman yarana biləcək problemlərin həll edilməsi məsələlərinə həsr edilmişdir. 5G texnologiyası yüksək sürət, daha aşağı gecikmə vaxtı və əlverişli rabitə əlaqəsi təqdim edir. Bu texnologiya abunəçiyə istənilən nöqtədə zəng, mesajlaşma və sosial media kimi ünsiyyət vasitələrindən istifadə etməyə imkan yaradır.

Mobil şəbəkələr abunəçilərə yüksək sürətli xidmətlər təqdim edir. O hər biri ayrılmış ərazini və ya hüceyrəni əhatə edən baza stansiyalarından ibarətdir. Bu hüceyrələr birləşdirildikdə geniş coğrafi ərazidə rabitə əhatə dairəsi təmin edilir. Çoxlu sayda ötürücülərə (məsələn, mobil telefonlar və s.) bir-biri ilə və şəbəkənin istənilən yerində hətta ötürücülərdən bəziləri ötürmə zamanı birdən çox hüceyrə vasitəsilə hərəkət etsə belə, stasionar qəbuledicilər və telefonlarla əlaqə saxlamağa imkan verir. Artıq mobil şəbəkələr sürətlə bütün tətbiqlər üçün universal xidmət vasitəsinə çevrilib. Mobil genişzolaqlı xidmətlərə artan tələbat LTE və LTE-Advancedə keçidi sürətləndirdi. Baza stansiyaları hüceyrəni səs, məlumat və digər məzmun növlərinin ötürülməsi üçün istifadə oluna bilən şəbəkə əhatəsi ilə təmin edir. Müdaxilədən qaçmaq və hər bir hüceyrə daxilində zəmanətli xidmət keyfiyyətini təmin etmək üçün hüceyrə adətən qonşu hüceyrələrdən fərqli tezliklərdən istifadə edilir. [1,2]

5G (5 ci nəsil)- Bu şəbəkə 1G, 2G, 3G və 4G şəbəkələrindən sonra yeni global naqilsiz standartdır. 5G- maşınlar, obyektlər və cihazlar daxil olmaqla demək olar ki, hər kəsi və hər bir əşyanı birləşdirmək üçün nəzərdə tutulmuş yeni şəbəkə növüdür. 5G naqilsiz texnologiyası daha yüksək multi- Gbps pik məlumat sürəti, ultra aşağı gecikmə, daha çox etibarlılıq, kütləvi şəbəkə tutumu, artan əlçatanlıq və daha çox istifadəçiyə rabitə imkanları təqdim etmək üçün nəzərdə tutulub. Yüksək performans və təkmilləşdirilmiş səmərəlilik yeni istifadəçi təcrübələrini gücləndirir və yeni sənayeləri birləşdirir. 5G ilə naqilsiz genişzolaqlı bağlantılar üzərindən ötürülən

məlumatlar, bəzi təxminlərə görə, potensial pik sürəti saniyədə 20 gigabitə (Gbps) çatmaqla, multigigabit sürətlərdə yayıla bilər. Bu sürətlər naqilsiz şəbəkə sürətlərini üstələyir və 5 millisaniyədən (ms) və ya daha aşağı gecikmə təklif edir ki, bu da real vaxt rejimində rəy tələb edən proqramlar üçün çox faydalıdır. 5G daha geniş tezlik zolağı və qabaqcıl antena texnologiyası sayəsində naqilsiz sistemlər üzərindən ötürülən məlumatların miqdarını kəskin şəkildə artırmağa imkan verir. 5G şəbəkələri və xidmətləri növbəti bir neçə il ərzində mobil və internetə qoşulan cihazlara artan inamı ödəmək üçün mərhələli şəkildə tətbiq olunacaq. Ümumilikdə 5G texnologiyasının tətbiqi zamanı müxtəlif yeni tətbiqlər, istifadələr və biznes nümunələri yaradacaq. Naqilsiz şəbəkələr radio dalğaları vasitəsilə məlumat göndərən sektorlara bölünmüş hüceyrələrdən ibarətdir.

Naqilsiz texnologiyanın əvvəlki nəsilləri spektrin aşağı tezlikli zolaqlarından istifadə edirdilər. mmWave ilə məsafə və müdaxilə ilə bağlı problemləri aradan qaldırmaq üçün naqilsiz sənaye həmçinin 5G şəbəkələri üçün daha aşağı tezlikli spektrin istifadəsini nəzərdən keçirir ki, şəbəkə operatorları yeni şəbəkələrini yaratmaq üçün artıq sahib olduqları spektrdən istifadə edə bilsinlər. Aşağı tezlikli spektr daha böyük məsafələrə çatır, lakin mmWave-dən daha aşağı sürət və tutuma malikdir.

İşin məqsədi: 5G texnologiyasında daha faydalı rabitənin yaradılması, təhlükəsizlik və sosial problemləri araşdırmaq və analiz etmək işin əsas məqsədidir. Yüksək performans və təkmilləşdirilmiş səmərəlilik yeni istifadəçi təcrübələrini gücləndirir və yeni sənayeləri birləşdirir. 5G rabitəsində baza stansiyalarının düzgün planlaşdırılması və optimallaşdırılması da rabitənin düzgün və daha etibarlı olması üçün vacib amillərdəndir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri: Dissertasiya işinin məqsədi "Azercell" şəbəkəsində 5G texnologiyası qurulan zaman mümkün ola biləcək problemlərin araşdırılması və analizi prosesindən bəhs olunur.

Tədqiqat obyektı: Azercell şəbəkəsində 5G texnologiyasının tətbiqi problemləri.

- “Azercell Telecom MMC” - Radio Planlama və Optimallaşdırma” şöbəsi - Radio Planning and Optimization - RAN”.
- “Huawei Technologies Co., Ltd.”- “Azerbaijan Delivery & Service Business Department” şöbəsi -RF Engineer, Core Network.
- “Code and More”- Nəqliyyat, Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyinin təşkilatçılığı ilə Professional Elektronika və Avtomatika kursu. Elektronika mühəndisliyi bölməsi.

İşin elmi yeniliyi: 5G şəbəkəsinin tədqiqi məqsədi ilə prosesin mümkünlüyünün əsaslandırılması nəzəri və praktiki informasiyalar əsasında aparılmış və dissertasiya işində qeyd edilmişdir. Abunəçi və baza stansiyası arasında qurulan rabitə əlaqəsi zamanı yaranan problemlərin göstəriciləri qeyd olunmuş və bu zaman yaranan itkilərdən mühafizə üsulları göstərilmişdir. 5G- nin əsas göstəriciləri təhlil edilmiş və sonda qurulacaq baza stansiyaların mümkün sayının hesabı verilmişdir. Biz alınan nəticələr əsasında şəbəkədə yaratdığımız KPI nümunəsi ilə abunəçilərin danışığ və ya internet əlaqəsi quran zaman əldə olunan orta dəyərləri təqdim etmişik.

İşin əhəmiyyəti: Apardığımız tədqiqatlar nəticəsində deyə bilərik ki, dissertasiya işi müvafiq analiz edilmiş nəzəri və praktiki məlumatlardan çıxarılan nəticələr əsasında hazırlanmışdır. Bu günümüzdə rabitə sahəsi inkişaf etdiyi üçün istifadəçilərə böyük yeniliklər təqdim edir. Mövzu ətrafında işdə aparılmış laboratoriya hesabatları, optimallaşdırılma işləri və sonda əldə edilən nəticələr son illərin ədəbiyyatlarından götürülmüşdür.

İşin aprobasiyası: Magistr dissertasiyası Azərbaycan Texniki Universitetində Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü illiyinə həsr edilmiş tələbə və gənc alimlərin VII Respublika elmi-texniki konfransı zamanı “Qabaqcıl texnologiyalar və innovasiyalar” mövzusunda keçirilmiş konfransda çıxış olunmuşdur. Çıxışda təqdim olunan məqalədən ibarətdir.

İşin həcmi: Hazır olunan dissertasiya işi ümumi 75 səhifədir. İş fəsilər, yarım fəsilər, nəticə və sonda 22 ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin əsas hissəsi 60 səhifə mətndən, 24 şəkildən və 3 cədvəldən ibarətdir.

Girişdə 5G mobil rabitə şəbəkələrinin texnologiyaları haqqında ümumi məsələlər qeyd olunmuşdur. Rabitə şəbəkəsinin ümumi xarakteristikaları təqdim olunmuşdur.

Birinci fəsildə 5G mobil şəbəkələrinin xarakteristikaları, həm də mobil şəbəkələrin inkişaf prosesləri tədqiq olunmuşdur. 5G rabitəsi zamanı həyata keçən proseslər ardıcılıqla izlənmiş və işdə əks etdirilmişdir. 5G şəbəkəsində istifadə olunan antenin əsas parametrləri göstərilmişdir.

İkinci fəsildə 5G mobil şəbəkəsinin əsas parametrləri, arxitekturu, Massive MIMO və baza stansiyaların mümkün şəraitə uyğun planlaşdırılması və optimallaşdırılması haqqında tədqiqatlar qeyd edilmişdir. Planlaşdırma proqramı vasitəsilə rabitə şəbəkəsinin baza stansiyaları, tezlik planlaması aparılır. Bu stansiyalar qurulduqdan sonra qonşuluqların yaradılmasının əhəmiyyəti və hansı proseslərdən keçməli olduğu qeyd edilmişdir.

Üçüncü fəsildə 5G texnologiyalarının analizi prosesi, şəbəkə təhlükəsizliyi probleminin həlləri və 5G- nin bizə təqdim etdiyi xidmətlərin tətbiqi göstərilmişdir.

Dördüncü fəsildə 5G mobil texnologiyalarının dünyada tətbiq olunması, aparılan işlərin nəticələri, Azərbaycanda 5G sahəsində tətbiq olunacaq yeniliklər haqqında araşdırılmış və məlumatlar əks olunmuşdur.

Beşinci fəsildə əldə olunan nəticələrə əsasən 5G mobil şəbəkəsində data sürətinin mümkün qiyməti (DL,UL) və 1 istifadəçiyə düşən PRB hesabı tətbiq olunmuşdur. Bir istifadəçi danışıqı zamanı yaranan orta qiymət tapılmışdır. Danışıqda yaranan itkilər təyin edilmiş dissertasiya işində əks edilmişdir. RSRQ, RSSI, SINR qiymətləri təyin edilmiş və göstərilən qrafiklərlə qoyulan məsələ izah edilmişdir. "AZERCELL" şəbəkəsində yaratdığımız KPI şablonu vasitəsilə 1 istifadəçi üçün 1 aylıq KPI göstəriciləri nümayiş olunmuşdur.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

“Radiotexnika və telekommunikasiya” kafedrası

Əlyazması hüququnda

CƏFƏROV EYVAZ KAZIM oğlu

MOBİL ŞƏBƏKƏ TEXNOLOGİYALARININ ƏSASLARI

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627-“Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Şəbəkələr, rabitə sistemləri və informasiyanın paylanması”

Elmi rəhbər:

t.e.n., dos. Məmmədov Əlixan Heydər oğlu

BAKİ – 2023

I FƏSİL. MOBİL ŞƏBƏKƏ TEXNOLOGİYALARININ ƏSASLARI

1.1. Mobil rabitə şəbəkəsinin nəsilləri haqqında ümumi məlumat

Birinci nəsil (1G) texnologiyaları:

Mobil rabitə 1970-ci illərin sonundan etibarən uzun inkişaf yolu keçmişdir. 1G mobil şəbəkə naqilsiz texnologiyasının birinci nəslinə aiddir. 1980-ci illərdə tətbiq edilən və 2G ilə əvəz edilən mobil telekommunikasiya standartıdır. Bu iki mobil nəsil arasındakı əsas fərq ondan ibarətdir ki, 1G şəbəkələrinin audio ötürülməsi analoq, 2G şəbəkələri isə tamamilə rəqəmsal idi.

Qlobal miqyasda ən geniş şəkildə qəbul edilən 1G mobil standartları Nordic Mobil Telefon (NMT) Avropada, Qabaqcıl Mobil Telefon Sistemi (AMPS) ABŞ- da, TACS (Total Access) rabitə sistemi isə Böyük Britaniyada başlamışdır. Rəqəmsal texnologiyanın analoqdan üstün olduğunu 2G şəbəkələri 1G şəbəkələrini əvəz etdikdə əyani şəkildə görmüş olduq. Lakin bəzi yerlərdə 1G şəbəkələr 2010-cu illərə qədər fəaliyyətini davam etdirdi. İlk kommersiya mobil şəbəkəsi Yaponiyada Nippon Telegraph and Telephone (NTT) tərəfindən 1979-cu ildə əvvəlcə Tokionun metropoliten ərazisində istifadəyə verilmişdir. [3,4]

Nordic ölkələri naqilsiz texnologiyaların qabaqcılları arasında idi. Bu ölkələr birlikdə ilk dəfə 1981-ci ildə İsveçdə istifadəyə verilmiş NMT standartını tərtib etmişlər. NMT beynəlxalq rouminq xüsusiyyətinə malik ilk mobil telefon şəbəkəsi idi. 1983-cü ildə ABŞ-da Motorola DynaTAC mobil telefonundan istifadə edən Çikaqoda yerləşən Ameritech şirkəti olan ilk 1G mobil şəbəkəsi istifadəyə verildi. 1990-cı illərin əvvəlində 1G-ni 2G (GSM) mobil texnologiyaları əvəz etdi. [14]

İkinci nəsil (2G) texnologiyaları:

GSM (Mobil rabitə üçün qlobal system) 1980-ci illərin ortalarında yaradılmışdır və hələ də dünyada istifadə edilən naqilsiz rabitə texnologiyasıdır. GSM zəng xidmətindən əlavə digər xidmətləri də təqdim etmişdir. Bunlara səsli poçt,

SMS, zəng gözləmə və s. daxildir. GSM sistemi 900 MHz və ya 1800 MHz radio tezliklərində işləyir. ABŞ və Kanadada əməliyyat 850 MHz və ya 1900 MHz-dir. 900 MHz diapazonunda yuxarı bağlantı tezliyi 935-960 MHz, aşağı əlaqə tezliyi 890-915 MHz-dir. Beləliklə, hər ikisində yuxarı və aşağı əlaqə diapazonu 25 MHz-dir, o, hər biri 200 kHz olan 124 daşıyıcıya bölünür. GSM şəbəkəsindəki mobil radius antenanın hündürlüyündən, antenanın qazancından, yayılma şəraitindən və s. asılı olaraq dəyişir. GSM vaxt bölgüsü çoxlu giriş (TDMA) növündən istifadə edir. [1,3] GSM şəbəkə arxitekturasının Şəbəkə kommutasiya alt sistemi (NSS- The Network Switching Subsystem) hissəsi mobil xidmətlərin çatdırılmasını təmin etmək üçün zəngləri izləyir. Mobil operatorlar NSS-ə sahibdirlər. Şəbəkə kommutasiya alt sistemi (NSS), mobil kommutasiya mərkəzi (MSC) və ev məkanının qeydiyyatı (HLR) hissələrindən ibarətdir. Bu komponentlər zənglərin yönləndirilməsi və Qısa Mesaj Xidməti (SMS) kimi müxtəlif funksiyaları yerinə yetirir. Zəng edən abunəçinin hesab məlumatlarının autentifikasiyası və saxlanması SIM kartlar vasitəsilə mümkündür. [15,17]

Mobil telefon və NSS arasındakı məşğulluğu BSS idarə edir. O iki əsas komponentdən ibarətdir:

- 1. Baza ötürücü stansiyası (BTS- Base Transceiver Station);**
- 2. Baza stansiyasının nəzarətçisi (BSC- Base Station Controller).**

BTS abunəçinin telefonu ilə əlaqə saxlayan avadanlıqları, əsasən radio ötürücü, qəbulediciləri və antenaları özündə birləşdirir. BSC bir qrup baza ötürücü stansiyaları ilə əlaqə saxlayır və onlara nəzarət edir. [8]

GSM Evolution üçün təkmilləşdirilmiş məlumat dərəcələrinin (EDGE- Enhanced Data rates for GSM Evolution) tətbiqi ilə GPRS şəbəkəsinin məhdudluğu müəyyən dərəcədə aradan qaldırıldı. 5G sürəti 4G ilə müqayisədə on dəfəyə qədər artırır, mobil kənar hesablama işə hesablama imkanlarını şəbəkəyə, son istifadəçiyə yaxınlaşdıraraq gecikməni azaldır. EDGE- TDMA və GSM sistemlərində işləyir. O GPRS-in alt hissəsi hesab olunur. GPRS quraşdırılmış istənilən sistemə quraşdırıla

bilər. İkinci nəsil sistemin tutumu, qlobal rouminqi və keyfiyyəti yox idi və göndərilə bilən məlumatların miqdarı 3G-ə nəzərən az idi. GSM texnologiyasında sürət 1 Mbps idi. Bütün bunlar sənayenin daha çox olan sistem üzrə inkişaf etməsinə səbəb oldu. Bu üçüncü nəsil sistemlərin təkamülünün başlanğıcı idi. [2,6]

Üçüncü nəsil (3G) texnologiyaları:

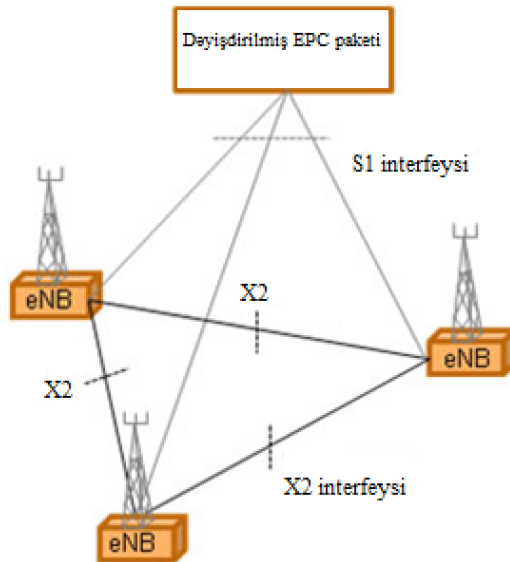
Universal Mobil Telekomunikasiya Sistemi (UMTS) üçüncü nəsil (3G) mobil rabitə texnologiyasıdır. Burada əsas standart kimi Genişzolaqlı Kod Bölməsi Çoxlu Giriş W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access)-dan istifadə edilir. W-CDMA NTT tərəfindən hazırlanmışdır. Daha yüksək məlumat sürətinə çatmaq üçün yeni giriş texnologiyası WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) hazırlanmışdır. Beynəlxalq Telekomunikasiya İttifaqının (ITU) beynəlxalq 3G standartına namizəd olaraq tanınır. UMTS 3G qlobal mobil telekommunikasiya üçün nəzərdə tutulmuş rabitə protokollarının tam yığımıdır. W-CDMA isə TDMA kimi IMT-2000 tərifinə uyğun olaraq hava interfeysidir. UMTS biri yuxarı keçid üçün 1900 MHz diapazonunda və digəri üçün 2100 MHz diapazonunda aşağı əlaqə keçidində bir cüt 5 MHz kanaldan istifadə edir. [5] Əvvəlcə UMTS standartı ilə müəyyən edilmiş xüsusi tezlik diapazonları 1885-2025 MHz-dir. UMTS şəbəkəsi üç qarşılıqlı domendən ibarətdir: Core Network (CN), UMTS Terrestrial Radio Giriş Şəbəkəsi (UTRAN) və İstifadəçi Avadanlığı (UE). UE və ya ME-də mobil telefon və USIM (Universal SIM) adlı SIM (Abunəçinin Şəxsiyyət Modulu) modulu var. UMTS şəbəkəsi üç rejimdə işləyir: **CS (circuit switched) rejimi, PS (packet switched) rejimi və CS-PS rejimi.**

1. CS rejimi UE yalnız əsas şəbəkəyə qoşulur.
2. PS rejimində UE yalnız ona qoşulur. PS domeni (VoIP- İnternet Protokolu üzərindən Səs) kimi CS xidmətləri təklif edir.
3. CS-PS rejimində mobil cihaz həm CS, həm də PS xidmətlərini təklif etmək üçün eyni vaxtda işləyə bilər.

Yüksək Sürətli Aşağı Bağlantı Paket Girişi (HSDPA- High Speed Downlink Packet Access) aşağı keçiddə paket əsaslı məlumat xidmətidir. Bu texnika məlumatların sürətini təxminən beş dəfə artırmağa kömək edir. Sistemin tutumu və istifadəçi məlumat sürəti HSDPA-nın tətbiqi ilə artırılır. [8,11]

Dördüncü nəsil (4G) texnologiyaları:

LTE (Long Term Evolution) və ya E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Access Network) Təkmilləşdirilmiş Paket Sisteminin (EPS) giriş hissəsidir. Yeni giriş şəbəkəsi üçün əsas tələblər səmərəlilik, yüksək məlumat sürəti, az müddət ərzində gediş vaxtı, həmçinin tezlik və kanal genişliyinin olmasıdır. 4G sistemlərinin 20 Mbps-dən yüksək tezlik zolağı genişliyi təmin etdi və artan məşğulluğun miqdarını azaltdı. Bu texnologiyada kifayət qədər yüksək tezlik resursları tələb olunur. LTE- OFDMA (Ortoqonal Tezlik Bölməsi Çoxlu Giriş) əsasında və daha yüksək səviyyəli modulyasiya (64QAM-a qədər), genişzolağa malik standartdır (20 MHz-ə qədər). LTE giriş şəbəkəsi NodeB (eNB) adlandırılan baza stansiyalarından ibarətdir. Burada mərkəzləşdirilmiş nəzarətçi yoxdur və eNB-lər adətən X2 interfeysi vasitəsilə bir-birinə və S1 interfeysi ilə əsas şəbəkəyə qoşulur. [12,14]



Şəkil 1.1.1. LTE şəbəkəsinin nəzəri strukturu

Kəşfiyyat məlumatlarının LTE-də baza stansiyaları arasında paylanmasının səbəbi əlaqənin qurulmasını sürətləndirmək üçün tələb olunan vaxtı azaltmaqdır. Son istifadəçi üçün real vaxt məlumat sessiyası üçün əlaqə qurma vaxtı bir çox hallarda, xüsusən də onlayn oyunlarda çox vacibdir. [2,7,10]

1.2. 5G rabitə şəbəkəsinin ümumi xarakteristikaları

Telekommunikasiya hər bir istifadəçiyə ya başqa bir istifadəçi ilə və ya mobil telefonlar əsasında əlaqə saxlamağa imkan verən mobil şəbəkə texnologiyasıdır. Bu texnologiya istifadəçiyə istənilən nöqtədə zəng, mesajlaşma və sosial media kimi ünsiyyət vasitələrindən istifadə etməyə imkan verir. Sürətlə inkişaf edən elm və texnologiya dünyanı geniş miqyasda rəqəmsallaşdırmağa imkan yaratmışdır. Keçmişdən bu günə olan inkişaf bizi hal-hazırkı vəziyyətə gətirib. Gəldiyimiz nöqtədə demək olar ki, hər bir insan zamanın tələb etdiyi kimi rəqəmsal dünyanın bir üzvüdür. Xüsusilə ağıllı telefonlarla kütləvi kommunikasiya şəbəkəsinin yaradılması və dünya əhalisinin artması və bu şəbəkəyə tələbat inkişafın davamlılığını şərtləndirdi. Nəticədə qlobal rabitə və rabitə sənayesi istifadəçiləri qarşılamaq, onları daimi istifadəçilər kimi saxlamaq və şəbəkəsinə yeni istifadəçilər əlavə etmək üçün yeni nəsil telekommunikasiya şəbəkəsini təklif etdi. Zamanı hər gün daha qiymətli olan bəşəriyyət üçün indiki dördüncü nəsildən daha sürətli məlumat mübadiləsi apara bilən beşinci nəsil telekommunikasiya şəbəkəsi dediyimiz, 5G infrastrukturunu qlobal bazarda istifadəyə verilib. Hazırda ölkəmizdə istifadə edilən 4G-dən daha sürətli məlumat ötürülməsi, informasiyaya daha asan çıxış və rahatlıq kimi üstünlükləri təmin edən 5G rabitə sektorunda vacib imkanlar yaradır. [3,7]

5G şəbəkəsinin dünya üzrə tətbiqi günümüzdə daha geniş yayılmışdır. Bu texnologiya daha yüksək sürət, daha aşağı gecikmə vaxtı və daha çox bağlantı təqdim edir. Dünyada bir çox ölkələr 5G şəbəkələrini qurmaq və öz ölkələrinin ərazisində genişləndirmək üçün çalışırlar. 5G texnologiyası dünya üzrə müxtəlif sahələrdə, məsələn, sağlamlıq, avtomobil, iş və digər sahələrdə tətbiq edilir. 5G-nin nə olduğunu soruşduğumuzda, hazırda istifadə edilən rabitə cihazlarından ən son

texnologiya ilə istifadəçilərə daha sürətli və daha səmərəli ünsiyyət imkanı verən bir şəbəkə olaraq qeyd olunur. 5G texnologiyası radiotezlikləri və siqnal gücləndirmə sistemi ilə geniş istifadəçilər üçün əlçatandır. [9]

5G ətraf mühitlə sürətli məlumat mübadiləsinə imkan verir. Bu o deməkdir ki, biz ətrafımızdakı obyektlərlə heç bir gecikmə olmadan əlaqə saxlaya bilərik. Yeni texnologiya sayəsində, məsələn, sürücüsüz idarə edə bilən avtomobillərdə yeniliklər olacaq. Bu avtomobillər yolda rastlaşdıqları digər avtomobillərlə, yol sensorları, işıqforlar və bir çox başqa obyektlərlə əlaqə saxlaya biləcəklər. [20]

“Əşyaların interneti” də adlandırılan bu texnologiya məişət əşyalarına da yeniliklər gətirəcək. Məsələn, toster siz oyanmazdan əvvəl tost bişirməyə başlayacaq. Soyuducu içindəki inqrediyentləri kodlayaraq o gün bişirə biləcəyiniz yemək alternativlərini sizə təqdim edəcək. Evə qayıtmaq ərəfəsində kondisioneriniz işləməyə başlayacaq və evin temperaturu sizin istədiyiniz kimi olacaq. Bütün bunlar 5G texnologiyası çərçivəsində obyektlərin bir-biri ilə əlaqəsi sayəsində baş verəcək. Real dünya mühitinin və onun məzmununun kompüter tərəfindən dəyişdirilməsi və artırılması mənasını verən genişləndirilmiş reallıq 5G ilə gələn yüksək sürət və aşağı gecikmə xüsusiyyətləri sayəsində geniş yayılacaq. Yüksək sürət sayəsində kompüterlər canlı və ya dolayısı fiziki görünüş yaradaraq səsləri, şəkilləri və GPS məlumatlarını daha sürətli ötürə biləcəklər. Məsələn, brendlər məqsədlərinə uyğun olaraq məhsullarını artırılmış reallıq ilə tanıda biləcəklər. [6]

3-cü Nəsil Tərəfdaşlıq Layihəsi (3GPP) “Təşkilati Tərəfdaşlar” kimi tanınan yeddi telekommunikasiya standartının inkişaf etdirilməsi təşkilatını (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC) birləşdirir. 3GPP spesifikasiyası mobil telekommunikasiya texnologiyaları, o cümlədən radio çıxışı, əsas şəbəkə və mobil telekommunikasiya üçün sistemin tam təsvirini təmin edən xidmət imkanlarını əhatə edir. 3GPP spesifikasiyaları həmçinin əsas şəbəkəyə radio olmayan giriş və 3GPP olmayan şəbəkələrlə işləmək üçün imkanlar yaradır.

Beşinci Nəsil Mobil Rabitə və ya 5G (New Radio) 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) tərəfindən müəyyən edilmiş, 2018-ci ilin iyununda funksional olaraq dondurulmuş və 2019-cu ilin sentyabrına qədər tam dəqiqləşdirilmiş bir sistemdir. 3GPP təkcə hava interfeysini deyil, həm də bütün mobil sistemə imkan verən bütün protokolları və şəbəkə interfeyslərini müəyyən edir. Məsələn, zəng və bağlantıya nəzarət, mobilliyin idarə edilməsi, xidmətin təmin edilməsi və s. 3GPP əşyaların internetini birləşdirməyə artan diqqət ilə Mobil Genişzolaqlı Standartın yaradılmasına imkan yaradır. Daha etibarlı, aşağı gecikmə müddəti olan rabitəyə və enerjiyə qənaət edən güc sensorları, digər cihazlar daha aşağı qiymətə ehtiyac duyulur. [7]

5G və LTE-Advanced ekosistemi bazar ehtiyaclarına və yerli hazırlıq vəziyyətinə uyğun sürətlə qlobal şəbəkə təkamülünə imkan verəcək. 3GPP modeli köhnə 3GPP infrastrukturunu və avadanlığı ilə uyğunluğunu maksimum dərəcədə artıran və getdikcə artan sayda istifadə hallarını dəstəkləyə bilən hər yerdə geniş yayılmış ekosistemin şərtlərini çatdıran modeldir. [4]

3GPP yeddi Standartlaşdırma Orqanları (Təşkilati Tərəfdaşlar) tərəfindən onların müvafiq nəticələrinə (məsələn, standartlar) köçürülməli olan Texniki Spesifikasiyaları istehsal edir. Asiya, Avropa və Şimali Amerikadan olan 3GPP Təşkilat Tərəfdaşları 3GPP-nin ümumi siyasətini və strategiyasını müəyyən edir və aşağıdakı vəzifələri yerinə yetirirlər:

1. 3GPP əhatə dairəsinin təsdiqi və saxlanması;
2. Tərəfdaşlıq Layihəsinin Tərifinin saxlanması;
3. Texniki spesifikasiya qruplarının yaradılması və ya dayandırılması ilə bağlı qərarların qəbul edilməsi, onların əhatə dairəsinin və səlahiyyətlərinin təsdiq edilməsi;
4. Təşkilati Tərəfdaşın maliyyələşdirmə tələblərinin təsdiqi;
5. Təşkilati Tərəfdaşlar tərəfindən Layihə Koordinasiya Qrupuna verilən insan və maliyyə resurslarının ayrılması.

Onlara aid edilmiş prosessual məsələlər üzrə apellyasiya orqanı kimi fəaliyyət göstərir. Təşkilati Tərəfdaşlar və Bazar Nümayəndəliyi Tərəfdaşları (MRP) birgə aşağıdakı vəzifələri yerinə yetirirlər:

1. Tərəfdaşlıq Layihəsi Sazişinin saxlanması;
2. 3GPP tərəfdaşlığı üçün ərizələrin təsdiqi;
3. 3GPP-nin ləğvi ilə bağlı qərarların qəbul edilməsi.

Bütün əvvəlki nəsillər getdikcə daha geniş auditoriya tərəfindən istifadə olunmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. 5G daha da inkişaf edir. Bütün sənaye sektorları tərəfindən istifadəyə və avtonom sürücülük kimi vaxt üçün kritik tətbiqlərə hazırdır.

3GPP 1980-ci illərdə mobil standartların ilk mərhələsindən bəri hər on ildə bir olan təxmini nəsil irəliləyişində əsas rol oynayır. Adından da göründüyü kimi 3GPP 1998-ci ildə üçüncü nəsil mobil telefon üzərində işləməyə başladı. İlk nəsillər üçün bir sıra mobil sistemlərdən indi bütün operatorlar 800-dən çox operator tərəfindən çatdırılan LTE (4G) ilə 3GPP sistemləri təklif edir, onlardan 150-si artıq istifadəçilərinə 5G xidmətləri təklif edir. [6,7]

3GPP-də Texniki Spesifikasiya Qrupları bunlardır:

- Radio Giriş Şəbəkələri (RAN)- Radio Access Networks (RAN)
- Xidmətlər və Sistem Aspektləri (SA)- Services & Systems Aspects (SA)
- Əsas Şəbəkə və Terminallar (CT)- Core Network & Terminals (CT)

LTE və 5G işləməsi ilə 3GPP 3G-dən kənar mobil sistemlərin böyük əksəriyyəti üçün mərkəzə çevrildi. Baxmayaraq ki, bu nəsillər müzakirə olunan şəbəkə növü üçün əsas rola çevrilsələr də, 3GPP standartları üzrə real irəliləyiş xüsusi proqramlarda əldə edilmiş yeni mərhələlərlə ölçülür. 3GPP paralel olaraq bir sıra proqramlar üzərində işləyir və gələcək işlərə cari buraxılışın tamamlanmasından xeyli əvvəl başlayır. Bu qrupların işinə bir qədər mürəkkəblilik qatsa da, belə iş üsulu tərəqqinin davamlı və sabit olmasını təmin edir. [2]

1.3. 5G şəbəkəsində istiqamətlənmiş antenanın əsas parametrləri

Antenalar hər hansı bir radio qəbuledici və ya ötürücü tərəfindən onun elektrik əlaqəsini elektromaqnit sahəsinə birləşdirmək üçün tələb olunur. Antenalar bütün üfüqi istiqamətlərdə təxminən bərabər şəkildə yayılan enerji və ya radio dalğalarının bəzi istiqamətlərdə cəmləşməsi kimi təsnif edilə bilər. Bir çox digər antenalar müxtəlif istiqamətlərdə stansiyaları yerləşdirmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Antenalar qarşılıqlı təbə olduğu üçün eyni şüalanma modeli radio dalğalarının ötürülməsinə və qəbuluna da aiddir. [9,10]

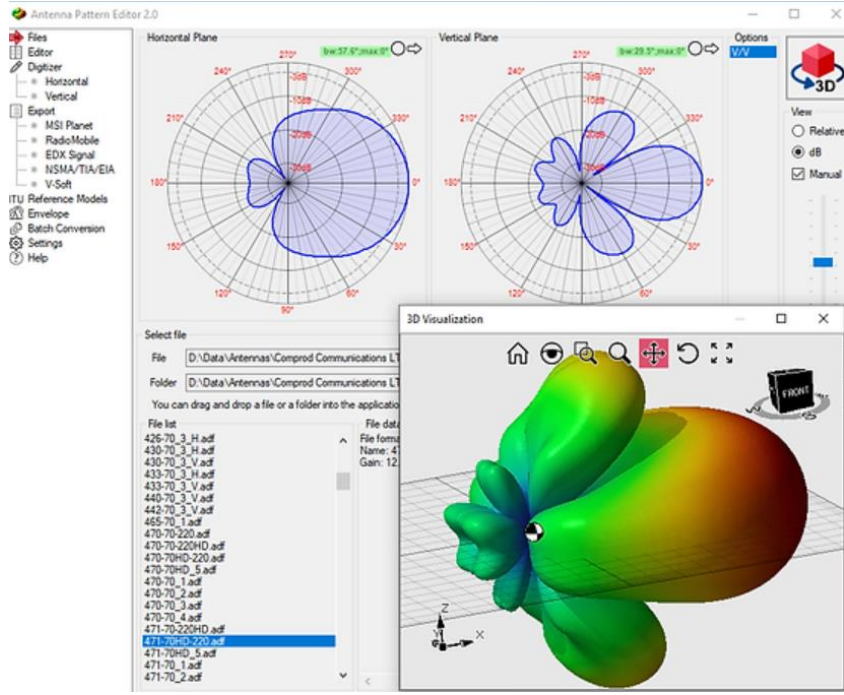
Antena azimutunu bütün şəbəkə baxımından dizayn etmək vacib xüsusiyyətdir. Əhatə dairəsi tələblərinin yerinə yetirilməsini və şəhər rayonlarında baza stansiyasının üç sektorunun azimutlarının uyğun olması təmin edilməlidir. Lazım gələrsə, bəzi tənzimləmələr həyata keçirilir. Kənd-şəhər kənarında, magistral nəqliyyat xətlərində və şəhərtrafi rayonlardakı təcrid olunmuş baza stansiyalarında əsas əhatə tələblərinə əsasən antenna azimutunu düzgün təyin edirlər. Şəhərlərdə iki qonşu sektorun üst-üstə düşən əhatə dairəsi 10%-dən çox ola bilməz. Ümumiyyətlə baza stansiyasının antenaların sektorlarının daxil edilmiş bucağı 90 dərəcəyə bərabər və ya daha çox olmalıdır. Həddindən artıq əhatə dairəsinin qarşısını almaq üçün əhalinin sıx məskunlaşdığı şəhər rayonlarında antenanın əsas hissəsinin düz istiqamətdə yönəlməsinin qarşısını almaq lazımdır. [5,8]

İstiqamətlənmiş antenna və ya şüa antenası, müəyyən istiqamətlərdə daha çox radio dalğa gücü yayır və qəbul edir. Ötürmə zamanı yüksək qazanlı antenna ötürülən gücün daha çoxunu qəbuledici istiqamətində göndərməyə imkan verir, qəbul edilən siqnal gücünü artırır. Qəbul edərkən yüksək qazanlı antenna siqnalın daha çox hissəsini əhatə edir və yenidən siqnal gücünü artırır. İstiqamətləndirici antenalar da əsas şüadan başqa istiqamətlərdən daha az siqnal göndərirlər. Bu xüsusiyyət müdaxiləni azaltmaq üçün istifadə edilə bilər. Yüksək qazanlı antenna düzəltməyin bir çox yolu var. Ən çox yayılmış parabolik antenalar, spiral antenalar, yagi antenalar və istənilən növ kiçik antenaların mərhələli massivləridir. [7]

Antenanın əlverişliliyi tez-tez bütün istiqamətlərdə bərabər şəkildə yayılan hipotetik antena, izotrop radiatora münasibətdə ifadə edilir. Bu qazanc desibellə ölçüldükdə dBi adlanır. Antenanın əlverişliliyini dBd ilə də ölçmək olar, bu yarım dalğa dipolunun maksimum intensivliyi istiqaməti ilə müqayisədə desibeldə qazandır. Yagi tipli antenalar vəziyyətində, sınaq altında olan antenada olan qazanca bərabərdir. dBi və dBd-ni qarışdırmamaq lazımdır; ikisi 2,15 dB fərqlənir, dBi rəqəmi daha yüksəkdir, çünki dipolun izotrop antena ilə müqayisədə 2,15 db qazancı var.

- dBi- izotropik antenalara münasibətdə faktiki istiqamətli antenanın (omni antena daxil olmaqla) enerji mərkəzləşdirmə qabiliyyəti kimi müəyyən edilir, “i”-“izotrop” deməkdir.
- dBd- dipol antenalara münasibətdə faktiki istiqamətli antenanın (omni antena daxil olmaqla) enerji mərkəzləşdirmə qabiliyyəti kimi müəyyən edilir, “d”-“dipol” deməkdir.

Antenanın əlverişliliyi elementlərin sayından və bu elementlərin tənzimlənməsindən asılıdır. Antenalar daha geniş tezliklərdə rezonans yaratmaq üçün tənzimlənə bilər, lakin bütün digər parametrlər bərabər olduqda, bu antenanın qazancının bir tezlik və ya bir qrup tezlik üçün tənzimləndəndən daha az olması deməkdir. Məsələn, genişzolaqlı TV antenaları vəziyyətində qazancın azalması TV ötürücü zolağında xüsusilə böyükdür. Antenanın əlverişliliyi ən vacib göstəricilərindən biridir. Bu antenanın enerjisini müəyyən bir istiqamətə mərkəzləşdirmə qabiliyyətini göstərir. [1] Aşağıdakı şəkildə antenanın istiqamətlənmə diaqramı və şüanın yayılma forması göstərilmişdir. Diaqram həm horizontal, həm də vertikal formada əks olunub. Burada şüanın əsas hissəsi siqnalın yaxşı olduğu səviyyəsini göstərir, digər arxada qalan hissələri isə istifadə olunmur. Yəni siqnalın səviyyəsi bu hissələrdə çox aşağıdır.

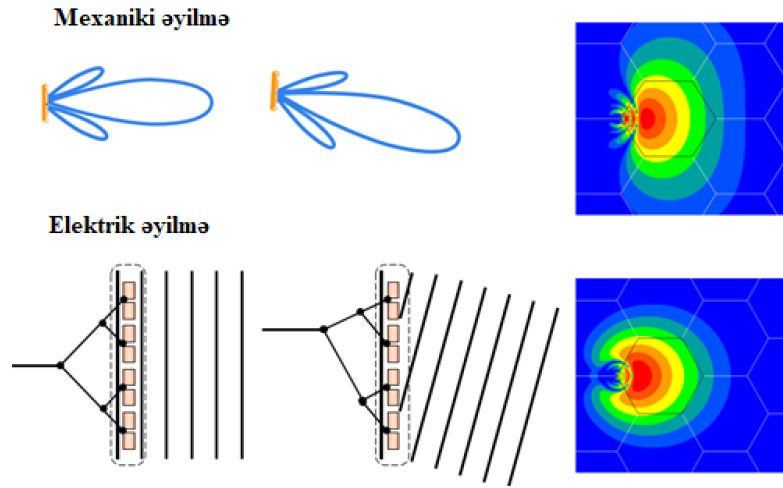


Şəkil 1.3.1. Antenanın istiqamətlənmə diaqramı və şüanın 3D görünüşü

Mexaniki aşağı əyilmə: antenanın bütün seqmentləri daxil olmaqla bütövlükdə əyildiği yerdədir.

Elektrik aşağı əyilmə: burada antenanın ayrı-ayrı seqmentlərinə verilən nəzarət siqnallarının fazasının tənzimlənməsi var.

Mobil şəbəkənin səmərəliliyi onun düzgün konfigurasiyası və radiasiya sistemlərinin tənzimlənməsindən asılıdır. Sistemin optimallaşdırılmasının ən vacib vəzifələrindən biri əyilmələrin düzgün tənzimlənməsinə və ya antenanın oxa nisbətə meylinə əsaslanır. Antenanı əyməklə biz şüalanmanı daha da aşağı (və ya daha yüksək) yönləndiririk, enerjini arzu olunan istiqamətə cəmləşdiririk. Antena aşağı əyildikdə biz onu "aşağı meyl" adlandırırıq ki, bu da ən çox istifadə olunur. Əgər meyl yuxarı olarsa (çox nadir və ekstremal hallarda), biz "yuxarı meyl" adlandırırıq. Meyl hər bir hüceyrənin yalnız onun nəzərdə tutulmuş sahəsinə cavab verməsi üçün bəzi xüsusi sahələrdə müdaxiləni və ya əhatə dairəsini azaltmaq istədiyimiz zaman istifadə olunur. Antenanın şüalanma diaqramı siqnalın həmin antena vasitəsilə bütün istiqamətlərdə necə yayılmasının qrafik təsviridir.



Şəkil 1.3.2. Antenanın mexaniki və elektrik əyilməsi

Biz baza stansiyasının ötürmə gücünü, antenanın hündürlüyünü, mobil əhatə dairəsini və radio ötürülməsi mühitini nəzərə alaraq antenanın aşağı meylini təqdim edə bilərik.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

“Radiotexnika və telekommunikasiya” kafedrası

Əlyazması hüququnda

BƏDƏLOVA GÜNAY MAARİF qızı

**5G MOBİL ŞƏBƏKƏ TEXNOLOGİYASINDA BAZA STANSİYALARININ
PLANLANMASI VƏ OPTİMALLAŞDIRILMASI**

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627-“Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Şəbəkələr, rabitə sistemləri və informasiyanın paylanması”

Elmi rəhbər:

t.e.n., dos. Məmmədov Əlixan Heydər oğlu

BAKİ – 2023

II FƏSİL. 5G MOBİL ŞƏBƏKƏ TEXNOLOGİYASINDA BAZA STANSİYALARININ PLANLANMASI VƏ OPTİMALLAŞDIRILMASI

2.1. 5G mobil rabitə texnologiyasının arxitekturası və əsas parametrləri

5G yeni nəsil mobil şəbəkələr üçün əsas olacaq naqilsiz standartdır. 5G operatorlara istifadəçilər üçün görünməmiş rabitə xidmətləri təqdim etməyə və yenilikləri kəşf etməyə imkan verir. 5G xüsusi xidmətlərdən istifadə etməklə yeni gəlir axınları yaradır. Mobil şəbəkə trafiki yeni mobil texnologiyalar sayəsində hər gün artmaqda davam edir. 5G NR bizim smartfonlarımızı, avtomobillərimizi, sayğaclarımızı, cihazlarımızı və s. birləşdirmək imkanına malikdir. Burada gecikmə çox az, etibarlılıq və təhlükəsizlik səviyyələri ilə digər texnologiyalara nəzərən daha yüksəkdir. [2] 5G planlaması cari 4G-dən daha yüksək tutuma yönəlib, mobil genişzolaqlı istifadəçilərin daha yüksək sıxlığına imkan verir və cihazdan cihaza, ultra etibarlı və kütləvi maşın rabitəsini dəstəkləyir. Tədqiqat və təkmilləşdirmə, həmçinin Əşyaların İnternetinin daha yaxşı tətbiqi üçün 4G avadanlığından daha az gecikmə və daha az batareyə istehlakı məqsədi daşıyır. [1] Məsələn, özünü idarə edən avtomobillər, qabaqcıl oyun proqramları və çox etibarlı, yüksək sürətli məlumat bağlantısı tələb edən canlı yayım mediası kimi texnologiyalar 5G bağlantısından böyük fayda görəcək. Süni intellekt, Əşyaların İnterneti (IoT) və avtomatlaşdırma kimi yeni texnologiyaların ortaya çıxması ilə birlikdə internetə giriş tələbi yaradılan məlumatların həcmnin kütləvi artmasına səbəb olur. Gələcək onillikdə həcmilər bir neçə yüz zettabayt artacaq. Mövcud mobil infrastruktur belə yüksək məlumat yükü üçün nəzərdə tutulmayıb və təkmilləşdirmə tələb olunur. [8] Eyni zamanda, yüksək sürəti, kütləvi tutumu və aşağı gecikmə müddəti ilə 5G buludla əlaqəli trafikə nəzarət, dron çatdırılması, video söhbət kimi bir neçə tətbiqi dəstəkləməyə və genişləndirməyə kömək edə bilər. Qlobal ödənişlər, fəvqəladə hallar, distant təhsil və mobil işçi qüvvəsinə qədər 5G-nin faydaları və tətbiqləri sonsuzdur. O iş dünyasını, qlobal iqtisadiyyatı və insanların həyatını dəyişdirmək potensialına malikdir. [15,16]

"Non-Stand Alone" (NSA) və "Stand-Alone" (SA) arxitekturası

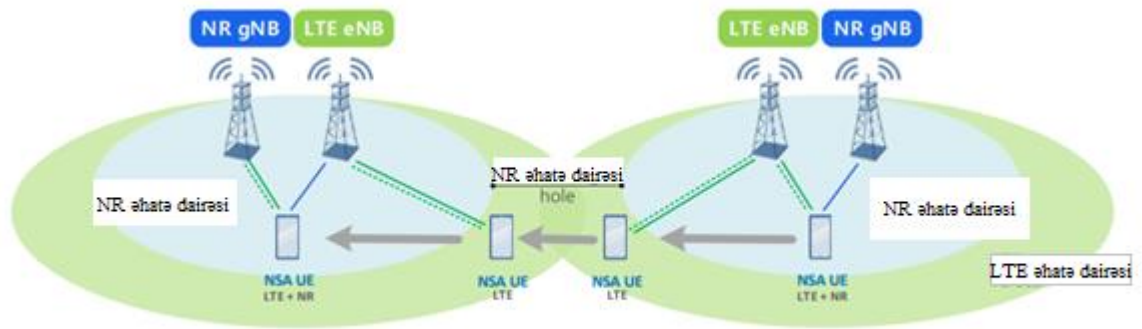
5G qeyri-müstəqil və müstəqil şəbəkə arxitekturasını (NSA, SA) iki rejim arasında əməkdaşlığı həyata keçirmək üçün Əsas Xidmət Razılaşması (MSA- The Master Service Agreement) texnologiyasından istifadə edir. 5G müstəqil şəbəkə arxitekturasından istifadə edir. NG-RAN-ın əsasını gNB təşkil edir ki, burada g-5G və NB isə B Node deməkdir. Radio ötürücüyə istinad etmək üçün 3GPP tərəfindən müəyyən edilmiş addır. gNB daha sonra F1 interfeysi ilə əlaqələndirilmiş gNB-Mərkəzi Vahid (gNB-CU) və bir və ya daha çox gNB- Paylanmış Vahidlərə (gNB-DU) bölünə bilər. Giriş və əsas şəbəkələr arasında istinad nöqtəsi Yeni nəsill (Network Generation) adlanır. Bu istinad nöqtəsi aşağıda göstərildiyi kimi bir neçə interfeysdən (əsasən N2, N3) ibarətdir. 5G üçün iki yerləşdirmə variantı müəyyən edilmişdir:

1. NSA arxitekturası

5G Radio Şəbəkələrinin nəzarət signalını 4G Nüvəsinə bağlayır. NSA arxitekturasında (5G) NR baza stansiyası (en-gNB məntiqi qovşağı) X2 interfeysi vasitəsilə (4G) LTE baza stansiyasına (məntiqi node- eNB) qoşulur. NSA 4G şəbəkəsi üzərində qurulmuş 5G xidmətidir. NR texnologiyasını şəbəkə dəyişdirilmədən əlçatan edir. Bu konfigurasiyada yalnız 4G xidmətləri dəstəklənir, lakin onlar 5G- nin təklif etdiyi imkanlardan (daha az gecikmə və s.) istifadə edirlər. [6,8]

İstehlakçılara 5G-ni aktivləşdirən cihazlarla əsasən yüksək sürətli bağlantı təmin etmək istəyən Mobil şəbəkə operatorları (MNO- Mobile Network Operator) üçün qeyri-müstəqil bir arxitektura (NSA) ən istifadə olunandır, çünki bu onlara mövcud şəbəkə investisiyalarından nəqliyyat və mobil əsasda istifadə etməyə imkan verir. Bu proqram təminatı ilə müəyyən edilmiş şəbəkədən (SDN- Software Defined Networking) istifadə edərək virtuallaşdırma tətbiq etməklə şəbəkə əməliyyat xərclərini azaltmaq söyləri ilə birləşdirilə bilər. 5G istiqamətində bu ilkin addımlar MNO-lara daha sürətli məlumat sürəti təmin edən 5G xidmətləri təklif etməyə və

əlavə gəlir axını əldə etməyə imkan verir. NSA-da NR ümumiyyətlə orta diapazonlu və ya yüksək diapazonlu daşıyıcılardan istifadə edəcək, çünki aşağı diapazon əsasən LTE tərəfindən tutulmuşdur. Şəkil 2.1.1- də göstərildiyi kimi aşağı və orta zolağın əhatə dairəsi fərqi görə NR hüceyrələri arasında boşluqlar mövcud ola bilər. NSA arxitekturasında UE 5G əhatə dairəsində olduqda nəzarət müstəvisinin əsası kimi LTE şəbəkəsinə qoşulur və həm LTE, həm də NR üçün istifadəçi yüklərini birləşdirir. Orta zolaqdan istifadə edən NR əhatə dairəsi daha kiçik olduğundan LTE-dən fərqli olaraq, UE 5G şəbəkəsində əlaqəni buraxır və şəbəkəyə qoşulma proseduruna başlayır. 5G əhatə dairəsindən yalnız LTE əhatə dairəsinə keçərkən UE əhatə olunmuş olan başqa bir hüceyrəyə keçdikdə həm LTE, həm də NR ilə EN-DC-ni iş salır. Mövcud LTE infrastrukturundan istifadə edən NSA arxitekturası məhdud 5G xidmətləri təqdim edir.

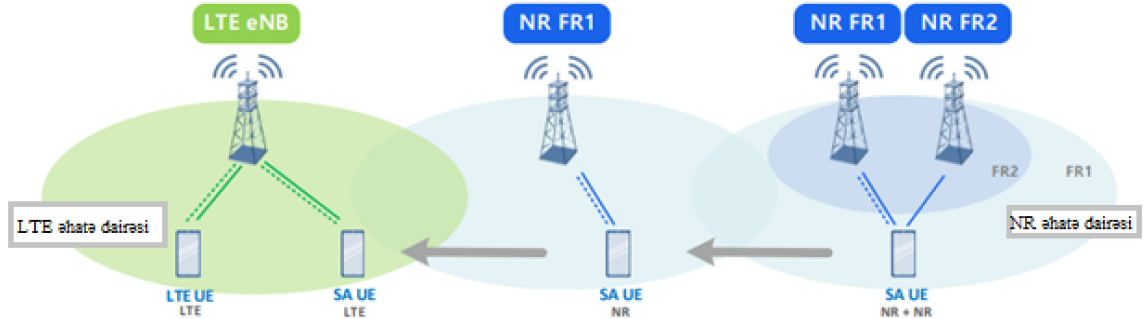


Şəkil 2.1.1. NSA arxitekturası ilə birbaşa rabitə əlaqəsi

2. SA arxitekturası

5G-ni birbaşa 5G əsas şəbəkəsinə birləşdirir və nəzarət siqnalizasiyası ümumiyyətlə 4G şəbəkəsindən asılı deyil. 4G ilə heç bir əlaqə olmadan 5G xidmətinin tamamilə müstəqil şəkildə işləməsinə imkan yaradır. Əgər 5G-də iki tezlik, FR1 və FR2 varsa, şəbəkə istifadəçisi (UE-User) bu arxitekturdan istifadə edərək hər iki yolda istifadəçi yükünü birləşdirə bilər. UE 5G-dən çıxdıqda əhatə dairəsinə və Şəkil 2.1.2-də göstərildiyi kimi 4G əhatəsinə daxil olduqda, gNB təhvil və ya yönləndirməni həyata keçirir. UE əvvəllər təyin edilmiş İnternet Protokolunu (IP- İnternet Protocol) qoruyarkən 5G bağlantısını buraxaraq LTE şəbəkəsinə qoşula

bilər. Əgər UE tərs istiqamətdə hərəkət edərsə, LTE-dən təhvil və ya yönləndirmə NR də qüsursuz xidmət üçün həyata keçirilir. 5G-ə xüsusi xidmətlər yalnız SA arxitekturasında mövcuddur. [15,18,20]



Şəkil 2.1.2. SA arxitekturası ilə birbaşa rabitə əlaqəsi

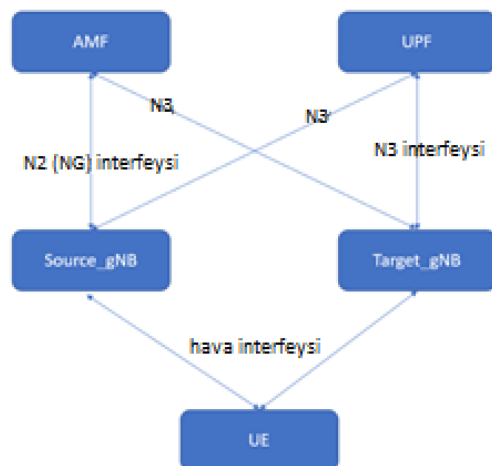
5G ilə birləşdirilmiş xüsusi xidmətlər digər xüsusiyyətlər zavod avtomatlaşdırılması, ağıllı şəhərlər, avtonom sürücülük kimi müxtəlif biznes istifadə hallarına imkan verir. Bu yolla operator yeni gəlir axınlarını təmin edə bilər. 5G RAN təkə yenilikçi 5G xidmətləri təklif etmək üçün deyil, həm də inkişaf etməkdə olan bazara tez bir zamanda müraciət edərək biznesi inkişaf etdirmək potensialı yaradır. “Samsung” şirkəti 5G-nin tətbiqinə rəhbərlik edib, ilk gündən və istənilən operatorun 5G ehtiyaclarını dəstəkləməyə hazırdır. [6]

2.2. 5G-də rabitə əlaqəsi zamanı Handover prosesi, Massive MIMO

Mobillik (Handover) hər bir telekommunikasiya nəslinin vacib xüsusiyyətlərindəndir. 5G texnologiyasında da əsas parametrlərdən biridir. Əsas handover proseduru istənilən şəbəkələrdə eynidir. Yəni UE qonşu hüceyrə PCI ilə ölçmə hesabatını və mənbə hüceyrəyə signal gücünü bildirir, mənbə hüceyrəsi ən yaxşı hədəf hüceyrəyə handover proseduruna başlamaq imkanına malik olduğunu bildirir. Beləliklə, Handover prosesi başlayır. Handover prosesi mobil stansiyanın (dedicated modda) hərəkəti zamanı onun bir ötürücü stansiyanın əhatəsindən uzaqlaşaraq, digər bir ötürücü stansiyanın əhatəsinə daxil olması prosesidir. Əgər keçid uğurlu olarsa, Handover prosesi baş vermişdir. Bu LTE-də S1 Handoverinə çox bənzəyir. NG təhvil də inter gNB və Intra AMF Handover adlanır. Giriş və Mobililik

İdarəetmə Funksiyası- (AMF- The Access and Mobility Management Function) idarəetmə müstəvisi şəbəkə funksiyalarından biridir. 5G AMF İdarəetmə Planı ilə davam edən 4G MME-nin təkamülüdür. Mobility Management Entity (MME) LTE üçün standartlarla müəyyən edilmiş Təkmilləşdirilmiş Paketin Əsası (EPC- Evolved Pack Core) proqramının əsas komponentidir. O LTE şəbəkəsi üçün mobillik zamanının idarə edilməsini təmin edir və abunəçinin autentifikasiyasını, rouminqi və digər şəbəkələrə ötürülməsini dəstəkləyir.

NG handover X2 interfeysi mənbə gNB və Hədəf gNB arasında mövcud olmadıqda və ya X2 interfeysi olduqda, gNB konfigurasiyasında məhdudiyyət olduğu zaman baş verir. NG (N2) Təhvil verilməsi həm eyni tezlik daxili Handover, həm də tezliklər arası Handover ola bilər. Aşağıdakı şəkildə 5G-də NG handover arxitekturası verilmişdir. [7,12]



Şəkil 2.2.1. 5G handover arxitekturası

İstifadəçi müstəvisi funksiyası – (UPF- User Plane Function) 3GPP 5G arxitekturasına aiddir. Bu 4G LTE sistemində Xidmət-Paket Şlüzünün oynadığı rollara bənzəyir. UPF istifadəçi təyyarəsinin işini asanlaşdırmaq üçün xüsusiyyətləri və imkanları dəstəkləyir. Nümunələrə aşağıdakılar daxildir: paketlərin yönləndirilməsi, məlumat şəbəkəsinə qarşılıqlı əlaqə və siyasətin tətbiqi. [9]

Aşağıdakı təsvirlərdə belə görünə bilər ki, Xn-əsaslı Handover, N2 Handover daha sadədir (daha az mesaj). Bununla belə yadda saxlamaq lazımdır ki, Xn-əsaslı

təhvil-təslim zamanı NG-RAN daxilində qarşılıqlı əlaqələri göstərmirik. [5] Bu 3GPP TS 38.300 spesifikasiyasında müəyyən edildiyi kimidir. 5G NR şəbəkəsi NG RAN (Next Generation Radio Access Network) və 5GC (5G Core Network) şəbəkələrindən ibarətdir. Göstərildiyi kimi NG-RAN gNB-lərdən (yəni 5G Baza stansiyaları) və ng-eNB-lərdən (yəni LTE baza stansiyalarından) ibarətdir. [12]

5G NR şəbəkə arxitekturasında istifadə olunan interfeyslər bunlardır:

➤ **Xn interfeysi**

gNB-gNB arasında, (gNB)-(ng-eNB) və (ng-eNB)-(ng-eNB) arasında. Xn NG-RAN qovşaqları arasında şəbəkə interfeysidir. Xn-U Xn İstifadəçi Planı interfeysi, Xn-C isə Xn İdarəetmə Planı interfeysi deməkdir.

İdarəetmə müstəvisinin funksiyaları aşağıdakılardır:

-interfeysin idarə edilməsi və səhvlərin idarə edilməsi (məsələn, quraşdırma, sıfırlama, silmə, konfigurasiya yeniləməsi);

-əlaqəli rejimdə hərəkətliliyin idarə edilməsi (təslim prosedurları, sıra nömrəsi statusunun ötürülməsi, UE kontekstinin axtarışı);

-ikili əlaqə funksiyaları (ikinci qovşaqların əlavə edilməsi, yenidən konfigurasiya, modifikasiya, buraxılış və s.).

İstifadəçi müstəvisi funksiyaları aşağıdakılardır:

-Məlumatların ötürülməsi;

-Rabitə əlaqəsinin yardılmasına nəzarət. [9]

➤ **NG interfeysi**

Bu interfeys 5G baza stansiyaları arasında mövcuddur (məsələn, gNB və ng-eNB). NG interfeysi NG-RAN və 5GC arasında siqnal məlumat mübadiləsini dəstəkləyir. NG-RAN qovşaqlarının müxtəlif istehsalçılar tərəfindən təchiz edilmiş AMF-lərlə qarşılıqlı əlaqəsini müəyyən edir. Bu gələcək texnologiyanın tətbiqini

asanlaşdırmaq üçün NG interfeysi Radio Şəbəkəsi funksionallığı və Nəqliyyat Şəbəkəsi funksionallığının ayrılmasını müəyyən edir.

➤ **E1 interfeysi**

gNB-CU-CP və gNB-CU-UP arasında nöqtədən-nöqtəyə interfeysdir. E1 interfeysi son nöqtələr arasında signal məlumatlarının mübadiləsini dəstəkləyir. Radio Şəbəkə Qatını və Nəqliyyat Şəbəkəsini bir-birindən ayırır. Bu UE ilə əlaqəli məlumatların və UE ilə əlaqəli olmayan məlumatların mübadiləsinə imkan verir. [3]

➤ **F1 və F2 interfeysi**

5G RAN və 5GC arasında istifadə olunan bu 5G NR interfeyslərinin funksiyalarını və yerlərini əhatə edir. Həmçinin idarəetmə müstəvisi və istifadəçi müstəvisi funksiyalarına əsasən F1-C və F1-U-ya bölünür.

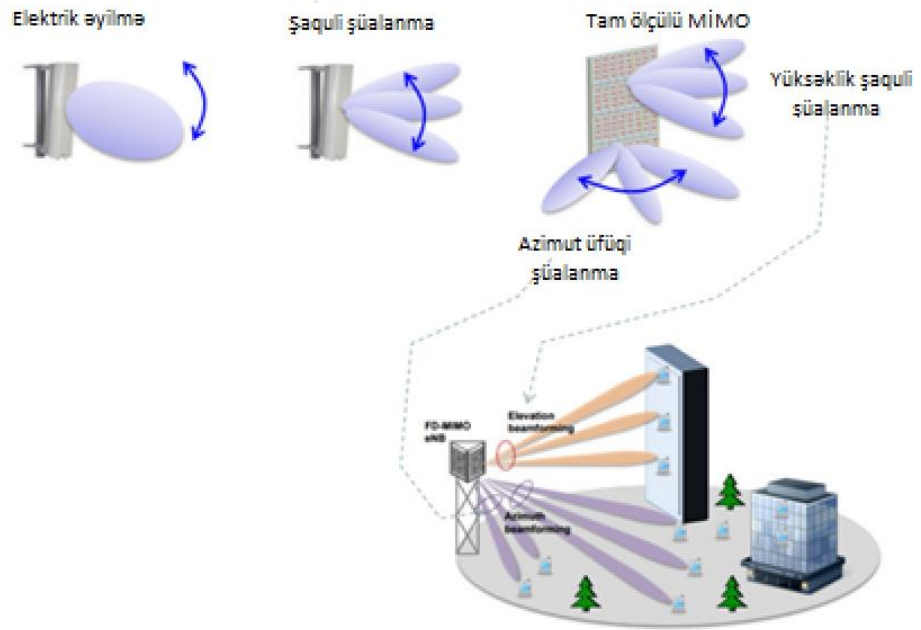
-F1 interfeysi müxtəlif istehsalçılar tərəfindən təchiz edilmiş gNB-CU və gNB-DU-nun qarşılıqlı əlaqəsini müəyyən edir.

-F1 interfeysi UE ilə əlaqəli və qeyri-UE ilə əlaqəli məlumatların mübadiləsinə imkan verir. F2 interfeysi 5G NR fiziki təbəqəsinin aşağı və yuxarı hissələri arasında yerləşir. O, həmçinin idarəetmə müstəvisi və istifadəçi müstəvisi funksiyalarına əsasən F2-C və F2-U-ya bölünür.

5G (NR) - Massive MIMO

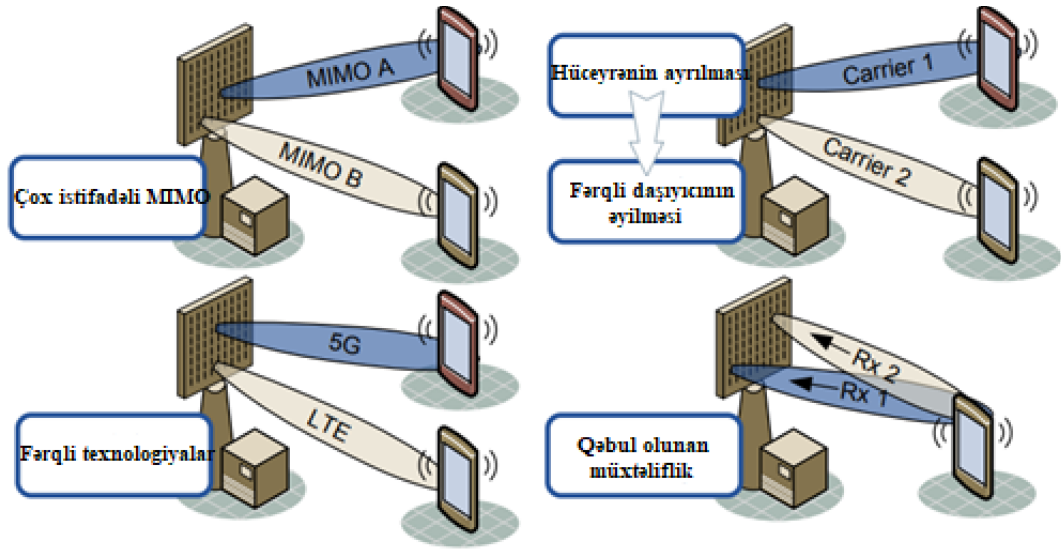
Multiple Input Massive (böyük miqyaslı) MIMO, çox sayda antena istifadə edən bir sıra antenalar sistemidir. Buna Large Scale MIMO (geniş ölçülü) də deyilir. Massiv MIMO istifadə etdiyimiz zaman qəbuledici alqoritmini necə tərtib etdiyimizdən asılı olaraq anten sayı fərqli ola bilər. Normal MIMO-dan istifadə edən adi LTE-də, MIMO-da antenanın maksimum sayı indiyə qədər 8 x 2 və ya 4 x 4-dür və bu yaxınlarda hətta 8 x 8 qeyd olunur. Anten massivindən ötürülən enerjinin böyük hissəsi çox dar sahəyə yönəldilir. Daha çox antena istifadə etdikcə şüa eni məhdudlaşır. Bu da rabitəni yaxşılaşdırır. Əsas üstün cəhəti müxtəlif istifadəçilər üçün şüalar arasında daha az müdaxilə olacaq, çünki şüaların hər biri çox kiçik bir

sahəyə yönəldiləcək. Mənfi cəhəti isə istifadəçinin dəqiq yerini tapmaq və şüanı istiqamətləndirmək üçün çox mürəkkəb alqoritm tətbiq etmək lazım gəlir. Biz 5G-də çox yüksək tezlikli (mm Dalğa) signaldan istifadə edəcəyik. Yüksək tezlik o deməkdir ki, tək antenanın ölçüsü çox kiçik və apertura (enerji qəbulu sahəsi) çox kiçik olacaqdır. Abunəçiyə qarşı dar şüalardan istifadə məlumat bağlantısını gücləndirir. İstifadəçilərə müdaxiləni azaldır. Bu da sistemin işini daha da asanlaşdırır. [6,9]



Şəkil 2.2.2. Antena massivlərinin abunəçilərə daha dar şüalar yaratmaq üçün istifadə olunması

Multi User MIMO (U-MIMO) – nun miqyası daha böyükdür və yerləşdirmə zamanı daha çox yayılır. UE və ötürücü antenası arasındakı məsafə 5G şəbəkəsi ilə müqayisədə çox qısa olur. Beləliklə 5G üçün MU-MIMO-nun real tətbiqi daha çətindir.



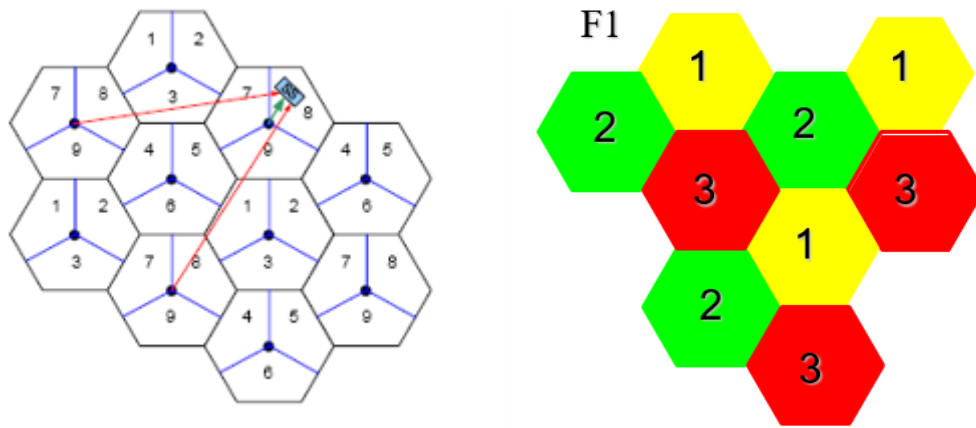
Şəkil 2.2.3. Multi User Massive MIMO- nun tətbiqi

Şüanın cihaza doğru yönəldilməsi məsələsi sürətlə hərəkət edən cihaz üçün əhəmiyyətli bir problemdir. Buna görə də Multi User MIMO- nun istifadəsi rabitə keyfiyyətini artırmaq qabiliyyətinə malikdir. [17,22]

2.3. 5G mobil rabitə texnologiyasının baza stansiyaların planlanması və KPI göstəriciləri

Baza stansiyaları qurulmazdan öncə tezliklər planlanır. Stansiyalar qurulmazdan əvvəl ərazini lazımi avadanlıqlar ilə test edilməli, stansiyanın qurulması üçün uyğun yer seçilməlidir. İlk olaraq ötürücü stansiyanın yerləşdiyi nöqtə təyin edilir. Daha sonra planlaşdırılan ötürücü stansiyalarının bir-birinə maneə (İnterference) törətməməsi üçün onların tezlikləri bir-birinə nəzərən planlaşdırılır. Məsələn, 2 ötürücü stansiyanın tezliklərini bir-birindən mümkün qədər aralı seçmək lazımdır. Məsələn, biz kiçik bir qəsəbəni şəbəkə ilə təmin etmək istəyiriksə, orada fərqli tezlik aralığından istifadə etməliyik. Tezlik aralığı nə qədər böyük olarsa interferensiyanın yaranması ehtimalı o qədər az olar. BSC (Base Station Controller) mobil stansiyalar ilə əlaqədə olan BTS-ləri (Base Transceiver Station) idarə edir. Mobil telefonların stansiyalar arasında keçid etməsi prosesi məhz buradan idarə edilir. (Handover prosesi). BSC bir qrup baza ötürücü stansiyaları ilə əlaqə saxlayır və onlara nəzarət edir. [10]

Tezliyin planlanması zamanı hər bir hüceyrə üçün təkrar olmayan tezlik resurslarından istifadə etmək lazımdır. Hər bir mobil operatorlara dövlət tərəfindən müəyyən tezlik aralıqları təqdim olunur və ancaq həmin aralıqdan istifadə edə bilər. Bu zaman müdaxilənin təsirini hərtərəfli şəkildə azaltmaq mümkündür. Aşağıdakı şəkildə hər bir hüceyrə üçün müxtəlif tezliklərdən istifadənin əhəmiyyəti qeyd edilib. Təkrar tezlik istifadə edilən zaman mümkün qədər uzaqda qoyulması lazımdır ki, interferensiya problemi yaranmasın. [7,9]



Şəkil 2.3.1. Tezliyin təkrar istifadəsi rejimi

2G-dən 5G-ə qədər hər bir telekommunikasiya texnologiyasında Qonşu əlaqəsi (Neighbor relation) və ya Qonşu planlaşdırması (Neighbor planning) vacib fəaliyyətdir. Qonşularla əlaqə məlumatı mobil cihaz istifadə rejimində olarkən hüceyrənin yenidən seçilməsi və mobillikdə olan zaman təhvil verilməsi üçün çox vacibdir. Bəzən qonşuların konfigurasiyası itirilir və şəbəkə sürücüsü testləri zamanı müəyyən edilir. Texnologiya inkişaf etdikcə 2G qonşu olaraq 3G qovşağına sahib olmağa başlayır və 4G-dən Mobililik idarəsi üçün 3G, 2G-dən istifadə etməyə başlayır. Qonşu münasibətlərinin konfigurasiyasını Huawei U-Net, Atoll, SmartRNO kimi planlama proqramlarında etmək mümkündür. UE köməkçisi və X2 qonşu yeniləmə prosedurları zamanı şəbəkə tətbiqindən istifadə edərək avtomatik olaraq qonşu əlavə edir. [12]

Avtomatik Qonşu Münasibətləri (ANR) avtomatik olaraq qonşuluq münasibətlərini əlavə edə və saxlaya bilər. Bununla belə ANR funksiyası UE-nin

ölçmələrinə əsaslanır, ona görə də bütün şəbəkədəki trafik yükü ilə sıx bağlıdır və handover prosesinə əlavə vaxt gecikməsi təqdim olunur. İlk qonşuluq münasibətləri konfigurasiya edildikdən və UE-lərin sayı artdıqdan sonra ANR itkin qonşu hüceyrələri aşkar etmək və qonşuluq əlaqələri əlavə etmək, handover və digər performansını yaxşılaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. 5G Şəbəkələrində xüsusi hüceyrələrin qara siyahıya salınması və ya boş rejimində hüceyrənin yenidən seçilməsini etmək üçün və xüsusi hüceyrəyə enerji çıxışının tətbiqi üçün hüceyrəyə xüsusi qonşu münasibəti tələb olunur. Bildiyimiz kimi 5G NR üçün iki növ yerləşdirmə ola bilər. Stand Alone (SA) və Non Stand Alone (NSA) rejimi. Beləliklə yuxarıdakı yerləşdirmə rejiminə əsasən aşağıdakı qonşuluq münasibətlərini təsnif etmək mümkündür. [6,7,8]

Baza stansiyaları qonşu xanaları kimi konfigurasiya edildikdə, ilk növbədə xarici hüceyrələr əlavə edilməlidir. Yəni qonşu hüceyrələr yalnız müvafiq hüceyrə məlumatı əlavə edildikdən sonra konfigurasiya edilə bilər.

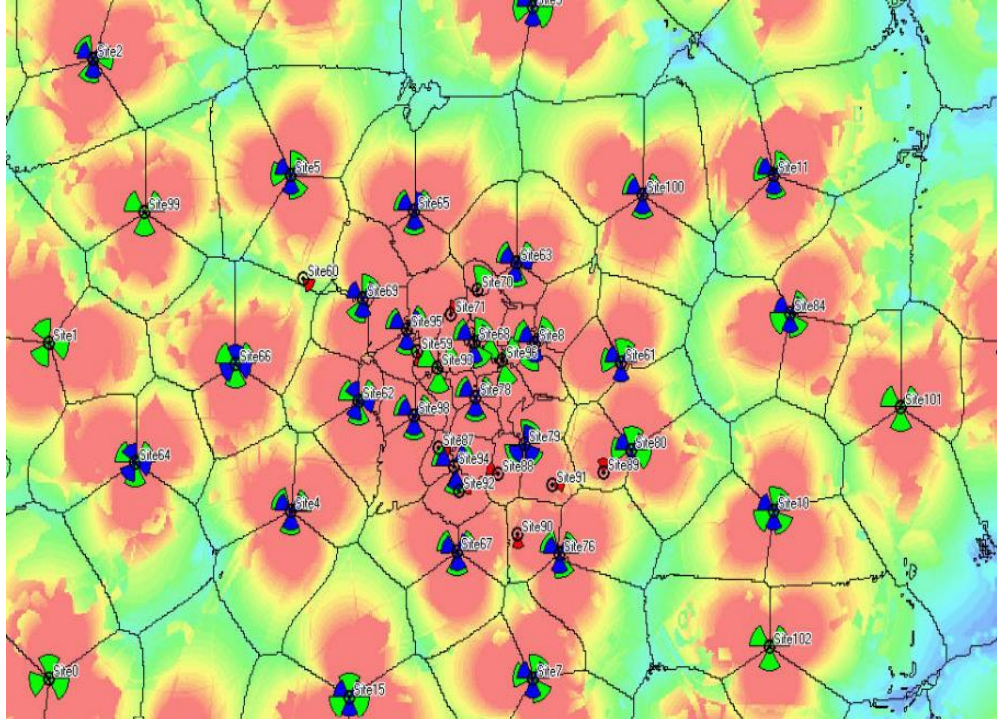
1. Stand Alone (SA) rejimində qonşuluq əlaqələri

- *NR – NR qonşuları:* NR hüceyrəsi tezlik daxili qonşu (eyni tezlikdə işləyən) və ya tezliklərarası qonşu (müxtəlif tezlikdə işləyən) kimi başqa bir NR hüceyrəsinə malik ola bilər.
- *NR – LTE qonşuları:* Operator həm 4G, həm də 5G şəbəkələrini yerləşdirmiş ola bilər, sonra LTE hüceyrəsi qonşu kimi istifadə edilə bilər.

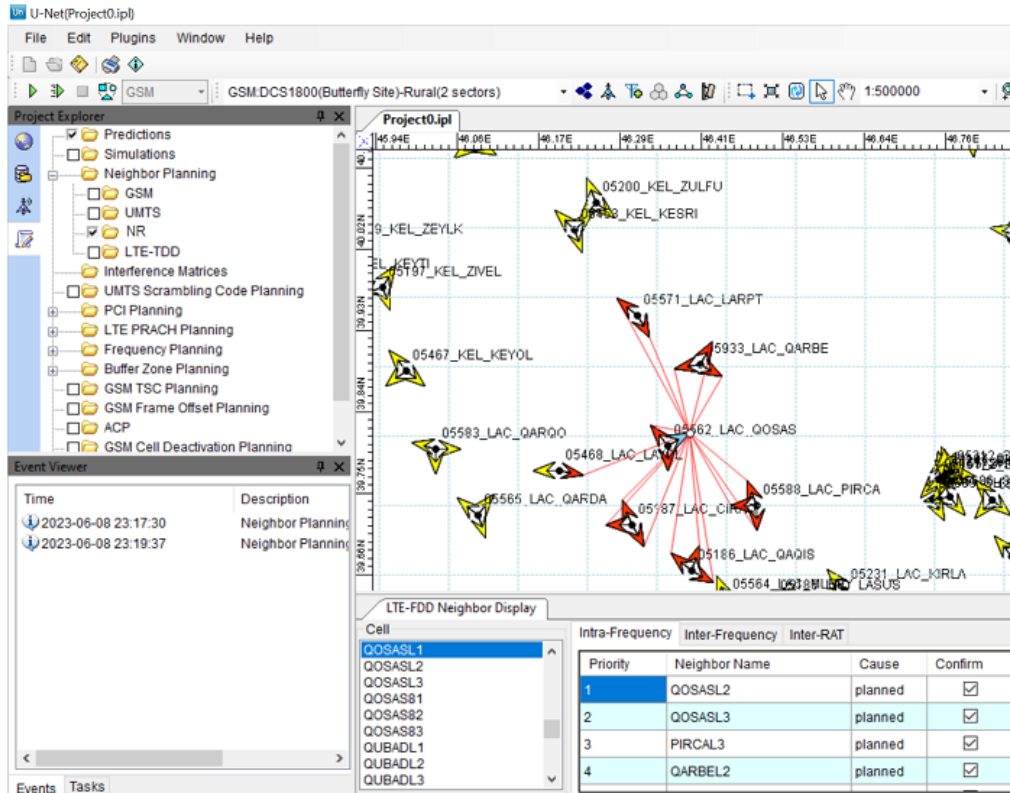
2. Non-Stand Alone (SA) rejimində qonşuluq əlaqələri

- *LTE-LTE qonşuları:* LTE hüceyrəsi tezlikdaxili qonşu və ya tezliklərarası qonşu kimi başqa bir LTE hüceyrəsinə sahib ola bilər.
- *LTE – NR qonşuları:* LTE hüceyrəsi NR hüceyrəsinə malik ola bilər, onu X2 interfeysi vasitəsilə əsas Xidmətə Nəzarət Şlüzü ilə (SCG- Service Control Gateway) ikinci qovşaq əlavə etmə proseduru etmək olar.
- *NR - NR qonşuları:* NR ilə NR hüceyrə qonşu əlaqəsi əsas hüceyrəni dəyişdirmək üçün istifadə edilə bilər. Bu əsas hüceyrə dəyişikliyi gNBdaxili və

ya gNB arası ola bilər. Şəbəkənin planlaşdırılması təlimatı olaraq, ən azı qonşu NR gNB sektorları ilə qonşuluq əlaqəsi müəyyən edilməlidir. [12]



Şəkil 2.3.2. U-Net proqramı vasitəsilə baza stansiyalarında şüanın yayılması



Şəkil 2.3.3. U-Net proqramı vasitəsilə baza stansiyaların planlanması

Radio şəbəkəsinin planlaşdırılması sahəsində Huawei peşəkar məhsulu olan GENEX U-Net, uzun illərdən bəri radio şəbəkəsinin planlaşdırılması sahəsində şəbəkə öncəsi planlaşdırma və ətraflı planlaşdırma mərhələlərinə aiddir. Bu proqram şəbəkənin planlaşdırılmasının səmərəliliyini effektiv şəkildə artırır və planlaşdırma çətinliklərini azaldır. GSM, UMTS, CDMA, LTE FDD/TDD, NR-1 dəstəkləyir. Planlaşdırma simulyasiyasını həyata keçirmək üçün canlı şəbəkə məlumatlarından tam istifadə etmək lazımdır.

Qonşu hüceyrə, tezlik, şifrələmə kodu və PCI kimi şəbəkə resurslarının planlaşdırılmasına dəstək olan GENEX U-Net məlumatları və yük statistikası kimi canlı şəbəkə məlumatlarının idxalını və təqdim edilməsini dəstəkləyir və bu cür məlumatlar əsasında simulyasiya həyata keçirərək planlaşdırmanın səmərəliliyini və dəqiqliyini xeyli yaxşılaşdırma bilər. GENEX U-Net müxtəlif planlaşdırma və simulyasiya üçün iki növ yük xəritəsi təqdim edir. [11]

"Azercell" artıq paytaxt Bakının şəhər mərkəzində və Fəvvarələr Meydanı ərazisində 5G sınaq zonasını təqdim etmişdir. Bu il 5G şəbəkəsi daha da genişlənərək, Qarabağda başqa digər rayonlarımızda 5G şəbəkəsindən istifadə mümkün olacaq və əlbəttə bu şəbəkədən istifadə etmək üçün mobil telefonlar da bu xidməti dəstəkləməli olacaq. Artıq rayonlarımızda da 5G baza stansiyalarının qurulma prosesi başlanmışdır. Lazımi tədbirlər bitdikdən sonra isə həmin stansiyalar tezliklə istifadəçilərə 5G xidmətlərini təqdim edəcək.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

“Radiotexnika və telekommunikasiya” kafedrası

Əlyazması hüququnda

ALLAHVERDİYEVA SƏKİNƏ ASLAN qızı

5G MOBİL TEXNOLOGİYALARININ ANALİZİ PROSESİ

mövzusunda

MAGİSTR LİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627-“Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Şəbəkələr, rabitə sistemləri və informasiyanın paylanması”

Elmi rəhbər:

t.e.n., dos. Məmmədov Əlixan Heydər oğlu

BAKİ – 2023

III FƏSİL. 5G MOBİL TEXNOLOGİYALARININ ANALİZİ PROSESİ

3.1. 5G-də şəbəkə təhlükəsizliyi probleminin araşdırılması

Mobil şəbəkə operatorları (MNO- Mobile Network Operation) 5G-nin yayılması ilə şəbəkələrdə növbəti təkamülün əsasını qoyurlar. 5G mobil genişzolaqlı təcrübə təklif etməklə və biznes və sənayelərin kütləvi rəqəmsallaşmasına imkan verir. 5G şəbəkələri milyardlarla cihaz və əşyaların interneti və ya IoT, o cümlədən yüksək dəqiqlikli video cihazları, özünü idarə edən avtomobillər və ağıllı şəhərlər arasında yeni yüksək sürətli xidmətlər seriyasını təqdim edir. Bu xidmətlərin növbəti onillikdə bir neçə mərhələdə təkamül edəcəyi gözlənilsə də, əgər dizaynla zəruri təhlükəsizlik imkanları qurulmasa, mobil şəbəkələr 5G-yə hazır olmayacaq. 5G təkamülünün ilkin mərhələləri daha yüksək çeviklik, səmərəlilik və açıqlıq təmin etmək üçün daha yüksək məlumat sürəti, gecikmənin təkmilləşdirilməsi və mobil şəbəkələrin funksional yenidən dizaynı ətrafında qalacaq. Bu təkmilləşdirmələr operatorlar üçün gəlir imkanları yaratsa da, aşağı qiymətli, aşağı gücə malik, təminatlı IoT sensorlar, həm operatorlar, həm də son istifadəçilər üçün artan təhlükəsizlik riskləri yaradacaq. İnkişaf etməkdə olan 5G şəbəkələri üçün düzgün təhlükəsizlik yanaşmasının yaradılması çox vacibdir. 2021-ci ilin yanvar ayında onu müşayiət edən İcra Planı qeyd edildi. 5G-nin Təhlükəsizliyi üzrə Milli Strategiya və İcra Planı ABŞ-ı təhlükəsiz və etibarlı 5G-nin inkişafı, tətbiqi və idarə edilməsini davam etdirmək üçün təchiz olunduğumuza əmindir. Kibertəhlükəsizlik üzrə aparıcı federal agentlik olaraq CISA, 5G-nin dörd say xəttini Təhlükəsizləşdirmək üçün Milli Strategiyadan irəli gələn strateji risklərin azaldılması təşəbbüsləri vasitəsilə bu yeni yaranmaqda olan kritik infrastrukturun tətbiqini formalaşdırmağa kömək edir. Unikal səlahiyyətləri vasitəsilə Agentlik əhəmiyyətli 5G risklərini azaltmaq üçün müvafiq siyasət, hüquqi, təhlükəsizlik və təhlükəsizlik çərçivələrinin mövcud olmasını təmin etmək üçün idarələrarası, sənaye və beynəlxalq tərəfdaşlarla işləyir. Bütün 16 sektorda kritik infrastruktur sistemləri Milli Kritik Funksiyaların (NCFs- National Critical Functions) işləməsi üçün İKT-yə (yerləşdirildikdə 5G komponentləri daxil edilir) etibar edir və 5G-nin təhlükəsizliyini Agentlik üçün prioritet təşkil edir. [3]

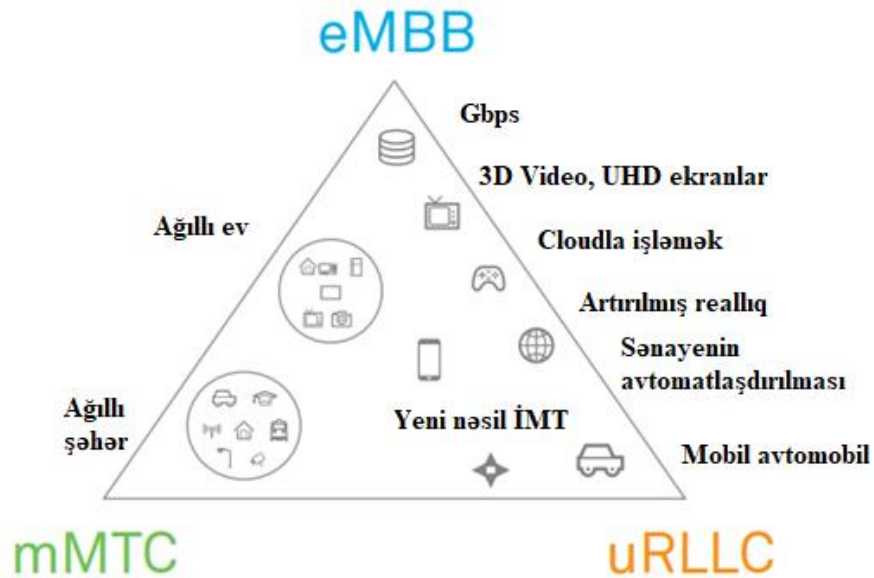
Agentlik 5G-nin tətbiqi ilə bağlı müşayiət olunan riskləri və problemləri müvafiq qaydada idarə etmək, dizayn mərhələsində onun təhlükəsizliyini və dayanıqlığını artırmaq və etibarsız 5G şəbəkəsindən milli təhlükəsizlik riskini azaltmaq üçün qurumlararası, sənaye və beynəlxalq tərəfdaşlarla işləyir. 5G-nin tətbiqi təhlükəsizliyi artırmaq və daha yaxşı istifadəçi təcrübəsi yaratmaq üçün imkanlar təqdim etsə də, nəzərə alınmalı olan bir neçə risk var. 5G naqilsiz şəbəkələrin əvvəlki nəsillərinə nisbətən daha çox İKT komponentlərindən istifadə edəcək. Bələdiyyələr, şirkətlər və təşkilatlar potensial olaraq şəbəkə zəifliklərini artıraraq, öz yerli 5G şəbəkələrini qura bilərlər. Düzgün yerləşdirilməmiş, konfigurasiya edilmiş və ya idarə olunan 5G avadanlığı və şəbəkələri pozulmaya qarşı həssas ola bilər. Etibarlı qurumlar tərəfindən təmin edilən 5G avadanlığı, proqram təminatı və xidmətlər şəbəkə aktivlərinin pozulmasının zəifliklərini artırır və məlumatların məxfiliyinə, bütövlüyünə və əlçatanlığına təsir göstərə bilər. 5G naqilsiz şəbəkələrin əvvəlki nəsillərinə əsaslanır və hazırda bəzi köhnə zəiflikləri ehtiva edən 4G LTE şəbəkələri ilə inteqrasiya olunur. Etibarsız təchizatçılar tərəfindən təsadüfi və ya zərərli şəkildə daxil edilmiş bu boşluqların bəziləri əlavə təhlükəsizlik təkmilləşdirmələrinin inteqrasiyasına baxmayaraq, 5G avadanlığına və şəbəkələrinə təsir göstərə bilər. 5G bazarında məhdud rəqabət etibarsız təchizatçıların daha çox özəl həlləri ilə nəticələnir. Birlikdə hazırlanmış standartların inkişafına baxmayaraq, Huawei kimi bəzi şirkətlər öz texnologiyalarına xüsusi interfeyslər qururlar. Bu müştərilərin digər avadanlıqlardan istifadə seçimlərini məhdudlaşdırır. Digər texnologiyalar və xidmətlərlə qarşılıqlı əlaqənin olmaması etibarlı şirkətlərin 5G bazarında rəqabət aparmaq imkanlarını məhdudlaşdırır. [9,10]

2G, 3G, 4G və indi isə 5G bütün nəsillərdə mobil şəbəkə təhlükəsizliyi həmişə şəbəkə idarəetməsi və əməliyyatlarının ən vacib tərəflərindən biri olmuşdur. Şəbəkə operatorları yalnız abunəçilərinin məlumat məxfiliyini qorumaq üçün deyil, həm də şəbəkələrinin müxtəlif təhlükəsizlik təhdidlərinə qarşı təhlükəsiz qalmasını təmin etmək üçün möhkəm təhlükəsizlik tədbirlərinin qəbuluna və həyata keçirilməsinə diqqət yetirməyə davam edir. İndi biz 5G dövrünün növbəti mərhələsinə qədəm

qoyuruq, burada şəbəkələr çoxlu sayda yeni qurğular, xidmətlər və biznes tətbiqlərinə imkan verir. Bununla da sürətli texnologiya inkişafı həm də daha mürəkkəb təhlükəsizlik çərçivəsini tələb etməyə meyllidir. [5,7,9]

3.2. 5G texnologiyasının təqdim etdiyi keyfiyyət göstəriciləri və xidmətlər

5G texnologiyası artıq mobil telefon əlaqələrini yenidən formalaşdırır və təkmilləşdirir. 5G şəbəkələrinin yüksək sürətli və aşağı gecikmə müddəti sayəsində milyardlarla cihaz və bir-birinə bağlanır. Bununla belə, böyük potensial və qeyri-məhdud əlaqə bir çox təhlükəsizlik problemlərini ortaya çıxarır və 5G uğuru üçün təhlükəsizlik imkanları əsasdır. Beşinci nəsil mobil rabitə sistemi əvvəlki sistemlərdən daha yüksək təhlükəsizlik tələblərinə malikdir. İstehsal, səhiyyə və 5G IoT bazarı kimi müəssisələr üçün daha əhəmiyyətli imkanlar açdığı üçün təhlükəsizlik pozuntuları üçün boşluqlar da açıb. 5G-nin gələcək təhlükəsizlik təsirlərinə işıq salmazdan əvvəl gəlin 5G təhlükəsizliyini və 5G şəbəkə texnologiyasında potensial təhlükəsizlik təhdidlərini araşdıraq. 5G üç növə bölünən aşağıdakı xidmətləri nümayiş etdirir:



Şəkil 3.2.1. 5G-nin 3 növ tətbiq modeli

➤ **Təkmilləşdirilmiş Mobil Genişzolaqlı (eMBB- Enhanced Mobile Broadband):**

Təkmilləşdirilmiş Mobil Genişzolaqlı rabitədə daha yüksək məlumat dərəcələri müəyyən edilir. Aşağı bağlantı üçün açıq havada 50 Mbit/s-ə qədər və daxili məkanda 1 Gb/s təklif olunur, bu dəyərlərin yarisı yuxarı keçid üçün mövcuddur. Bir sıra nümunə araşdırmaları nəzərdən keçirilir, bunların arasında aviasiya da var - burada eMBB hava uçuşuna 1,2 Gbps bit sürətini çatdırmağa kömək edir. [6] eMBB 5G-nin üstünlüklərini geniş ictimaiyyətə təqdim edir, çünki əvvəllər çətin şərtlərdə daha yüksək keyfiyyətli xidmət (QoS) internetə çıxış təmin edə bilər.

➤ **Kütləvi Maşın tipli Rabitələr (mMTC- Massive Machine-Type Communications):**

Bu çoxlu sayda cihazları birləşdirmək üçün istifadə olunur və IoT sənayesini dəyişdirəcəyi gözlənilir. O ağıllı şəhərlərin və digər IoT tətbiqlərinin tələblərinə cavab vermək məqsədi daşıyır.

➤ **Ultra Etibarlı və Aşağı Gecikmə Rabitələri (URLLC- Ultra-Reliable and Low Latency Communications):**

Bu konsepsiyayı avtonom avtomobillər və uzaqdan cərrahiyyə kimi xidmətlər üçün kritik kommunikasiyaları dəstəkləmək üçün bir yol kimi düşünməyə kömək edə bilər. Bunlar məlumat ötürülməsində mümkün qədər az gecikmənin olması və əlaqələrin mümkün qədər etibarlı olması lazım olduğu vəziyyətlərdir. [4]

Bunlardan başqa aşağıdakı xidmətləri də təqdim etmək olar.

➤ **Kütləvi Əşyaların İnterneti (mIoT- Mobile Internet of Things):**

Bir neçə ssenari 5G sisteminin cihazların çox yüksək trafik sıxlığını dəstəkləməsini tələb edir. Əşyaların Kütləvi İnterneti tələblərinə 5G müddətində gözlənilən IoT cihazları və xidmətlərinin geniş spektrinə aid olan əməliyyat aspektləri daxildir.

➤ **Çevik şəbəkə əməliyyatları:**

Bunlar 5G sistemi tərəfindən təklif olunan bir sıra xüsusiyyətlərdir, aşağıdakı bölmələrdə ətraflı təsvir edilmişdir. O, şəbəkənin kəsilməsi, şəbəkə imkanlarının ifşası, miqyaslılıq və müxtəlif mobillik, təhlükəsizlik, səmərəli məzmun çatdırılması, miqrasiya və qarşılıqlı işləmə kimi aspektləri əhatə edir. Yuxarıda təsvir edilən müxtəlif istifadə kateqoriyaları ilə əlaqəli tələblərin bu müxtəlifliyi 5G sisteminin (5GS) yeni bazarlar toplusu üçün faydalı olmasına imkan verir. O cümlədən: avtomobil, dəmir yolu və dəniz rabitəsi; nəqliyyat və logistika; diskret avtomatlaşdırma; elektrik paylanması; ictimai təhlükəsizlik; sağlamlıq və sağlamlıq; ağıllı şəhərlər; media və əyləncə. [19,21,23]

Bu modellərin əsas məqsədi yerləşdirilən şəbəkələr üzərində istifadəçi etibarını yaratmaq və qazanmaqdır. Bundan əlavə şəbəkənin keyfiyyəti aşağıdakı kateqoriyalara əsasən təsnif edilə bilər:

- Xidmətin Keyfiyyəti (QoS) və Təcrübənin Keyfiyyəti (QoE);
- Şəbəkə Performansı.

Əslində gələcək 5G şəbəkələri müxtəlif tələblərə əsaslanaraq maksimum xidmət keyfiyyətini (QoS) təmin etməyi təmin edir. Bundan əlavə QoS-in müxtəlif nümunələri üzərində müxtəlif növ üstünlüklər təklif edir. [13]

5G NR QoS Keyfiyyət göstəricisi: Xidmətin keyfiyyəti (QoS) xidmətdən istifadə etmək istəyən istifadəçilər üçün xidmətin səmərəliliyini və davranışını hesablamaq üçün istifadə olunur. Bu qiymətləndirmə məqsədi ilə mövcudluq, məlumat sürəti, titrəmə, ötürmə qabiliyyəti və s. kimi bir neçə QoS göstəriciləri mövcuddur.

5G QoS Parametrləri: QoS axını səviyyəsi şəklində təmsil olunur. Hər bir QoS axını paketi QoS axını identifikatoru (QFI) tərəfindən unikal şəkildə müəyyən edilir. 4G vəziyyətində onun radio daşıyıcıları və EPC arasında xüsusi əlaqəsi var. Eynilə 5G QoS axınları məlumat radiosu daşıyıcıları və giriş şəbəkələri arasında birləşdirilir. Ən əsası 5G QoS sisteminin dizaynı aşağıdakı QoS axını kateqoriyalarına təsnif edilir.

- **Zəmanətsiz Bit Rate (GBR) QoS Axınları**

- Kritik QoS axını
- Zəmanətli Bit dərəcəsi (GBR) QoS axınları

5G sistemində QoS axınında iki və ya daha çox Xidmət Məlumatı Axını (SDF) tətbiq olunur. Bu siyasətlər İnkişaf etmiş Paket Sistemi (EPS) daşıyıcısı kimi eyni QoS axını arasında paylaşılır. QoS xüsusiyyətləri, İstifadəçi Avadanlıqları (UE) və İstifadəçi Planı Funksiyası (UPF) arasında QoS axınının çatdırılmasını qəbul edən paket yönləndirməsini müəyyən edir. Daha sonra aşağıdakı xüsusiyyətlərdə təmsil olunur:

- Maksimum dəyər Ölçüsü (Gecikmə üçün kritik GBR)
- Ortalama Pəncərəsi (Gecikmə üçün kritik GBR / GBR)
- Ümumi Parametrlər (ilkin səviyyə, paket gecikmə büdcəsi və s.)

5G Şəbəkəsinin Əsas Parametrləri

- MIMO - Geniş MIMO, MU-MIMO.
- Xüsusi sahə – Şüaların Modelləşdirilməsi, Yayılma Modelləşdirilməsi.
- Kanal Modeli – Yayılma, SISO, Fading.
- Daşıyıcı Tezlik- mm-lik dalğalar təxminən 3 ilə 300 GHz tezlikləri arasındadır.
- Antenna massivi – Tx şüası, Rx şüası, Tx/RX şüaları.
- Hava İnterfeysi – Yüksək məlumat sürəti, Tezlik və İstiqamətli zənglər.
- Şüa əmələ gətirmə – Şüaların sürətləndirilməsi və İdarə Edilməsi.
- Antenanın ölçüsü – 824 MHz – 5 GHz tezliyində olan kiçik antenalar.
- Baza Stansiyasının Sıxlığı – Kiçik hüceyrələrin texnologiyası və yerləşdirilməsi.
- Nüfuz etmə - mm-dalğa divarlara və bərk materiallara daxil olmayan.
- İstifadəçi və idarə paneli – Bölünmüş arxitektura (SDN-Split arxitektura).
- MAC istiqaməti – Direktiv RTS, CTS, Multihop MAC, DMAC, DNAV.
- Təsadüfi giriş - Asinxron və Sinxron Siqnal.
- Çoxlu giriş - GFDM, SCMA, SDMA, UPMC, FBMC, IDMA.
- Radio Şəbəkəsi – Sayta Xüsusi Yayılma və İstifadəçi Mərkəzli Əməliyyatlar.
- Məlumat ötürmə sürəti – Gbps kimi göstərilən saniyədə bitlərin sayı.

- Sıxlıq- Müxtəliflik – Baza Stansiyasının Müxtəlifliyi və Bağlantı- Şəbəkə Tutumu.
- Cloud RAN – Ultra sıx şəbəkəni idarə etmək üçün paylanmış BS-dən istifadə edir.
- Antena massivi– Kiçik dairəvi/altıbucaqlı/planlayıcı-seqmentli antenaların toplusu. [14,17]

3.3. 5G mobil şəbəkəsinin tətbiq olunduğu sahələr

5G imkanları biznes üçün innovasiyaları və təkmilləşdirilmiş müştəri təcrübələrini dəstəkləyə bilər. Burada diqqət yetirilməli olan bəzi sahələr var.

1. Avtonom mobillik həlləri: Əvvəllər avtomobillər nəqliyyat vasitəsinə məlumat göndərmək və qəbul etmək üçün lazım olan vaxtın uzunluğuna görə etibarlı hesab edilmirdi. Bununla belə, 5G-nin aşağı gecikməsi o deməkdir ki, biz avto nəqliyyat vasitələrinə saniyənin 1/1000-də məlumat göndərən və qəbul edən ötürücülər və sensorlarla əlaqəli yollarla avto nəqliyyat vasitəsi ilə idarə olunan avtomobillərin daha adi hala çevrildiyini görə bilərik. Qısaldılmış vaxt süni intellekt və radar texnologiyasının gördüklərini (digər avtomobillər, piyadalar, dayanma nişanları) şərh etməsi və avtomobili buna uyğun idarə etməsi üçün çox vacibdir.

2. Ağıllı fabriklər: 5G mobil şəbəkələri istehsalçılar üçün ağıllı fabriklər yaratmaq üçün böyük imkan yaradır. 5G Əşyaların İnternetini dəstəkləyir, yəni fabriklər real vaxt rejimində məlumatları avtomatik toplamaq üçün kameralar və sensorlar kimi bir neçə minlərlə ağıllı cihazı naqilsiz birləşdirə bilər. Fabriklər əməliyyatları daha səmərəli və qənaətcil etmək üçün bu məlumatları təhlil edə və emal edə bilər. Məsələn, ağıllı sensor texnologiyası avadanlığın həyat dövrləri haqqında dəqiq proqnozlar verə, planlaşdırma qərarlarını məlumatlandırma və maşınların nə vaxt texniki xidmətə ehtiyacı olduğunu təxmin edə bilər. [19]

3. Virtual reallıq: Virtual reallıq və artırılmış reallıq texnologiyası (VR/AR) mobil telefonlara, qulaqlıqlara, ağıllı eynəklərə və digər qoşulmuş cihazlara canlı görüntülərə rəqəmsal örtüklər əlavə etməyə imkan verir. VR/AR-da idarə olunan texniki xidmət, təmir, sənaye obyektlərində əməliyyatlar, iş yerində təlim, satış və

marketing və real vaxt əməkdaşlıq daxil olmaqla bir çox istifadə halları var. 5G mobil texnologiyasının aşağı gecikmə müddəti və yüksək ötürmə qabiliyyəti VR/AR-ı daha çox biznes və istifadə halları üçün əlçatan edəcək. 2023-cü il və bundan sonra 5G Geniş tezlik zolağı genişliyi və ultra-aşağı gecikməsi ilə digər mobil rabitə texnologiyalarının əvvəllər həyata keçirə bilmədiyi, hətta çox dəyərli domenlərə, məsələn, rəqəmsal 3D robot idarəçiliyinə və daha çoxuna daxil ola bilər. Bu tamamilə yeni bir bazar imkanı yaradır. Son zamanlarda 5G-in imkanlarından istifadə edərək müxtəlif oyun, təhsil və sənaye tətbiqləri start almışdır. Bu 5G-in avtomobil, mühəndislik, istehsalat və əyləncə sənayesində inkişafı və sürətləndirməsinin başlanğıcıdır və nəticədə bizim işləmə və yaşama tərzimizi dəyişdirəcəkdir.

4. Ağıllı şəhərlər: Ağıllı şəhərlər real vaxt rejimində yükdən, insanlardan və infrastrukturdan məlumat toplamaq üçün IoT cihazlarından istifadə edir. Bu məlumatları təhlil edərək, şəhər planlaşdırıcıları daha yaxşı məlumatlı qərarlar qəbul edir, emissiyaları azaldır, ictimai xidmətləri yaxşılaşdırır. 5G-nin ortaya çıxması dünyanın böyük şəhərlərinin həqiqətən bir-birinə bağlanması üçün əhəmiyyətli ola bilər.

5. Səhiyyə: 5G şəbəkələri səhiyyə texnologiyasına böyük dəyər əlavə edə bilər. Məsələn, aşağı gecikmə real vaxt məlumatlarını HD video üzərindən paylaşmağa imkan verəcək və potensial olaraq uzaqdan əməliyyatı daha adi hala gətirəcək. Real vaxt rejimində monitorinq xəstələr üçün getdikcə daha çox fərdiləşdirilmiş səhiyyə ilə nəticələnəcək və həkimlərə xəstəliyin əlamətlərini daha erkən aşkar etməyə kömək edəcək. 5G səhiyyə xidmətlərindən istifadə halları həkimlərə və xəstələrə daha çox əlaqə saxlamağa imkan verəcək. Geyinilə bilən cihazlar, xəstədə simptomlar hiss etdikdə tibb işçilərini xəbərdar edə bilər, məsələn, cihaz tərəfindən toplanmış məlumatların tam qeydi ilə gələn xəstəyə hazır olmaq üçün ER kardioloqlarından ibarət komandanı avtomatik xəbərdar edir.

6. Ətraf mühit: 5G-nin qlobal emissiyaları azaltmağa kömək etmək potensialı var. 5G-nin üstünlüklərindən biri ötürmələrin səmərəliliyi və əvvəlki şəbəkələrlə müqayisədə istifadə etdiyi aşağı enerjidir. O həmçinin emissiyaların, havanın

keyfiyyətinin, suyun keyfiyyətinin və digər ekoloji göstəricilərin real vaxt rejimində monitorinqini dəstəkləyəcək. 5G həmçinin elektrik nəqliyyat vasitələrinin inkişafı, ağıllı bina, ağıllı şəbəkə layihələri və uzaqdan işləməyə kömək edəcək, bunların hamısı resurslardan səmərəli istifadə və çirklənməni azaltmaqla planetə fayda verəcəkdir.

7. IoT- "Əşyaların İnterneti": IoT 1999-cu ildə ortaya çıxdıqda əsasən konseptual idi. İki onillikdən sonra ev termostatlarından tutmuş ağıllı şəhər sensorlarına qədər hər şey IoT texnologiyasından asılıdır. İndi 5G və IoT bir neçə il əvvəl qeyri-mümkün görünən tətbiqləri işə salmağa hazırdır. 5G-nin aşağı gecikmə və yüksək şəbəkə tutumu IoT genişlənməsi üçün ən böyük məhdudiyyətləri aradan qaldırmağa kömək edir. Cihazlara demək olar ki, real vaxt rejimində hiss etmək və cavab vermək imkanı verən 5G və IoT, demək olar ki, hər bir sənaye və istehlakçıya təsir edəcək təbii bir birləşmədir. [14]

8. Genişzolaqlı Mobil Xidmət: Təkmilləşdirilmiş mobil xidmət 5G şəbəkəsinin istifadəyə verilməsinin ilkin təsirlərinin ən çox nəzərə çarpanlarından biridir. ABŞ-ın bütün əsas naqilsiz operatorları, eləcə də bir çox kiçik rabitə xidməti təminatçıları, buferləşdirmə olmadan yüksək dəqiqlikli axın videosu kimi genişzolaqlı xidmətlər təqdim edəcəkdir. Şəbəkə tutumunun əhəmiyyətli dərəcədə artması ilə 5G-nin istifadə artımları zamanı ləngimələri də azaldacağı proqnozlaşdırılır - məsələn, idman həvəskarları böyük oyun zamanı hələ də yayımlaya bilirlər.

9. Edge Computing: Bulud- 5G şəbəkələrinə keçidlə müəssisələr tətbiqin ehtiyaclarına əsasən daha çox məlumatın işlənməsinə və düzgün yerdə saxlanmasına imkan verən strateji cəhətdən paylanmış hesablama gücündən yararlanma bilər. Ağıllı kənar hesablama 5G-nin ultra aşağı gecikmə, IoT və AI texnologiyalarının konvergensiyasında işləyir. Cihazlar və proqramlar potensial olaraq minlərlə mil uzaqlıqdakı mərkəzləşdirilmiş məlumat mərkəzinə daxil olmağa ehtiyac olmadan kənar bulud hesablama resurslarından istifadə edə bilər. 5G kənar hesablama daha geniş yayıldıqca, sənayelər məlumatların istifadəsini kəskin şəkildə genişləndirə və

anlayışlara daha sürətli - çox vaxt dərhal və avtonom şəkildə hərəkət edə biləcəklər. [3,4]

10. Pərakəndə satış: 5G pərakəndə tətbiqləri üçün müştəri təcrübəsi geniş olacaq. Gələcəkdə mağazalar artıq yığılmış rəflərin bugünkü koridorlarına bənzəməyə bilər. Təsəvvür edin ki, daha çox sərgi salonuna bənzəyir, siz fiziki mağaza ilə alış-veriş etməkdənsə, virtual səbətə əşyalar əlavə etməyə imkan verir. Mağazalar həmçinin real vaxt rejimində ehtiyatı idarə etmək üçün 5G-dən istifadə edə bilər. İstehlakçılar hətta ənənəvi kassa xətti əvəzinə səbətinizə nə qoyduğunuzu izləyən kassirsiz mağazalar kimi dəyişiklikləri görə bilirdilər. [5,7,8]

11. İstehsalat: Zavod mərtəbələri 5G, AI və IoT-nin konvergeniyası ilə tamamilə dəyişdiriləcək. Xərcləri idarə etməyə və dayanma müddətini minimuma endirməyə kömək edən proqnozlaşdırıcı texniki xidmətdən əlavə, fabriklər misli görünməmiş dəqiqliklə sənaye proseslərini idarə etmək və təhlil etmək üçün 5G-dən də istifadə edəcəklər. 5G tərəfindən təmin edilən bağlantının gücləndirilməsi ilə istehsalçılar həmçinin ənənəvi keyfiyyət təminatı proseslərini dəyişdirər, onları sensor texnologiyası və süni intellektlə sadələşdirə bilərlər. [8]

12. Logistika: Logistikada inventarın uçotunu aparmaq bahalı və çətindir. 5G nəqliyyat vasitələri arasında, eləcə də nəqliyyat vasitələri ilə infrastrukturun özü arasında daha geniş rabitə potensialı təklif edir. [9]

13. Kənd təsərrüfatı: Əkinçilik sahəsində 5G-ni dəstəkləyən ağıllı sensorların yerləşdirilməsi bizə real vaxt rejimində torpağın vəziyyəti, temperaturu və rütubət kimi məlumatları toplamağa kömək edəcək. Bunun əsasında məhsulu yaxşı vəziyyətdə saxlamaq və məhsuldarlığı artırmaq əlverişli olacaq. 5G-nin kənd təsərrüfatını yaxşılaşdırmaq üçün mövcud texnologiyalarla yanaşı, etibarlı həllərin yaradılmasında vacib rol oynayacağı gözlənilir. Təsərrüfatdan tutmuş istehsalçıya qədər bütün kənd firmaları öz bizneslərini inkişaf etdirməyə kömək edəcək yeni alətlərə malik ola olacaqlar. 5G-yə imkan verən uzaqdan işləmə kənd sakinlərinə daha yaxşı iş və təlim əldə etməkdə kömək edə bilər və turizmi ziyarətçiləri cəlb

etmək üçün yeni üsullarla inkişaf etdirə bilər. Yaxın zamanda Azərbaycanda da 5G ilə çalışan bir çox kənd təsərrüfatı avadanlıqları olacaq, bu da fermerlərin işini rahatlaşdırır, məhsuldarlığın artmasına səbəb olur.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

“Radiotexnika və telekommunikasiya” kafedrası

Əlyazması hüququnda

HÜSEYNOV ELMİN CEYHUN oğlu

5G ŞƏBƏKƏSİNİN DÜNYADA TƏTBİQ OLUNMASI

mövzusunda

MAGİSTR LİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627-“Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika mühəndisliyi”

İxtisaslaşma: “Şəbəkələr, rabitə sistemləri və informasiyanın paylanması”

Elmi rəhbər:

t.e.n., dos. Məmmədov Əlixan Heydər oğlu

BAKİ – 2023

IV FƏSİL. 5G ŞƏBƏKƏSİNİN DÜNYADA TƏTBİQ OLUNMASI

4.1. 5G mobil şəbəkəsinin dünyada aparılan tədqiqatların təyini və analizi

Global operatorlar 2019-cu ilin əvvəllərində yeni 5G şəbəkələrini istifadəyə verərək işə salmağa başlamışdılar. Həmçinin bütün əsas telefon istehsalçıları 5G- ni dəstəkləyən telefonları ticarətləşdirir. Yaxın zamanda daha çox insan 5G-ə daxil olmaq imkanına malik ola bilər. 5G 60-dan çox ölkədə tətbiq edilib və artmaqda davam edir. 4G ilə müqayisədə daha sürətli bir tətbiq və qəbul prosesi görürük. İstifadəçilər yüksək sürətlər və aşağı gecikmələr haqqında çox maraqlanırlar. Lakin 5G bu faydaları missiya-kritikal xidmətlər, təkmilləşdirilmiş mobil genişzolaq və böyük IoT üçün imkan da təmin edir. Hər kəsin 5G-ə daxil olacağı vaxtı öncədən bilmək çətindir, lakin 5G-in ilk ilində böyük bir sürətlənmə prosesini aydın görürük və daha bir çox ölkənin 2023-cü ildən 5G şəbəkələrini istifadəyə verəcəyini bildirmək mümkündür.

1. Çin- 5G texnologiyasını ilk tətbiq edən ölkələrdən biri Çindir. Son iki il ərzində Çin əhəmiyyətli təqdimatlar və 5G həllərinin böyüməsi sayəsində 5G innovasiyaları yarışında ön sıralardadır. Ölkə 961.000 5G baza stansiyası və 365 5G terminal bağlantısı qurdu və 128 milyon 5-ci nəsil telefon göndərdi. Çinin Sənaye və İnformasiya Texnologiyaları Nazirliyinin (MIIT) məlumatına görə təhsil, nəqliyyat və səhiyyə də daxil olmaqla müxtəlif sahələrdə 10.000-dən çox 5G tətbiqi var.

2. Cənubi Koreya- Cənubi Koreya 2018-ci ildə 5G-ni qəbul edən ilk ölkələrdən biri olub. İki il sonra 2020-ci ilin sentyabrında ölkənin 5G abunəçilərinin sayı 9 milyonu ötüb və bu rəqəmin 2025-ci ilə qədər 40 milyona çatacağı gözlənilir. Cənubi Koreyalı mobil istifadəçilərin yalnız dördüdə biri dünyanın ən sürətli orta internet bağlantısına malik ölkə olmasına baxmayaraq, 5G-yə abunə olub. Cənubi Koreya telekommunikasiya operatorları bu ilin sonuna qədər millimetr dalğalı 5G və 5G şəbəkələrinin müstəqil versiyaları kimi innovativ 5G texnologiyalarını kommersiyalaşdırmaq üçün 22 milyard ABŞ dolları sərmayə qoymağı planlaşdırır.

[3]

3. ABŞ- ABŞ 5G sənayesində ən böyük ölkələrdən biridir. Ericssonun son hesabatına görə 2026-cı ilə qədər təxminən 195 milyon 5G abunəsi gözlənilir və bu texnologiya 2029-cu ilə qədər ABŞ-ın ümumi mobil bazarının 71,5 faizini təşkil edəcək. Mobil Telekommunikasiya Sənayesi Assosiasiyası (CTIA) 5G texnologiyasının sürətli artımının yarada biləcəyini proqnozlaşdırır. AT&T, T-Mobile və Verizon kimi mobil operatorlar səylərini 2021 və 2022-ci illərdə orta zolaqlı 5G yerləşdirmələrinə yönəldirlər. [9]

5G şəbəkəsində süni intellekt üçün bir çox imkanlar var. Ericsson tərəfindən tədqiqat edilən 132 mobil şirkətin 50%-dən çoxu iki il əvvəl AI-nı 5G şəbəkələrinə inteqrasiya etməyə planladığını bildirib. AI-nın inteqrasiyasının əsas məqsədləri xərcləri azaltmaq, performansını yaxşılaşdırmaq və yeni gəlir axınları yaratmaqdır. Mobil telefonları gücləndirən əsas alqoritmlər 1990-cı illərdən bəri eyni qalıb, həmçinin ölçüsü azalmasına baxmayaraq. Nəticə olaraq 5G sistemləri enerji istehlakı və məlumat sürəti gözləntilərini ciddi şəkildə aşır. [4,5,7]

4. İspaniya- Pandemiyadan sonrakı bərpa strategiyasının bir hissəsi olaraq, İspaniya rəqəmsallaşma təşəbbüslərini artırmaq üçün təxminən 171 milyard ABŞ dolları vəd etdi. İspaniyanın çoxmillətli telekommunikasiya şirkəti bəyan edib ki, 2022-ci ilə qədər ölkə əhalisinin 90%-i 5G-yə çıxış əldə edəcək. Təşkilat artıq İspaniya əhalisinin 80%-nə ölkə üzrə 1300 şəhər və şəhərdə mövcud olan 5G xidmətləri təqdim edir.

5. Böyük Britaniya- Hələ 2019-cu ildə 5G telefonlarının mövcudluğu səbəbindən qəbulun artmasına baxmayaraq, 5G şəbəkələri Böyük Britaniyanın mobil operatorları tərəfindən kommersiyalaşdırılırdı. Böyük Britaniyanın London, Edinburq, Belfast, Kardiiff, Birmingem və Mançesterdə ilk 5G xidməti 2022-ci ilə qədər bütün ölkəyə çatmaq məqsədi ilə həmin ilin may ayında istifadəyə verildi. Böyük Britaniyanın ikinci ən böyük telekommunikasiya operatoru olan 180 şəhərdə 5G xidmətlərini uğurla istifadəyə verib. [12]

6. Kanada- 5G Kanadada nisbətən yeni texnologiyadır, lakin telekommunikasiya şirkətləri hələ də şəbəkə əhatəsini mümkün qədər tez artırmağa çalışırlar. Ölkədə mobil yükləmə sürətləri müntəzəm olaraq dünyada ilk onluğa daxil olur, lakin yeni 5G texnologiyası şəbəkənin sürəti 4G ilə müqayisədə 205% artırır. Kanadada 5G-nin genişlənməsi texnoloji nailiyyətlərlə ayaqlaşmaq cəhdində innovasiyaları sürətləndirmək ehtiyacının artması ilə əlaqədardır. [20]

7. Avstraliya- Avstraliyanın ən böyük telekommunikasiya şirkəti Telstra ölkə əhalisinin 41%-ni əhatə edən 2000-dən çox 5G baza stansiyası quraşdırıb. Avstraliyada 5G xidmətləri göstərmək üçün telekommunikasiya şirkəti əhalinin 75%-ni əhatə etmək niyyətindədir. Bundan əlavə Avstraliyada 283,56 Mbps median 5G yükləmə sürəti var ki, bu da dünyanın ən yaxşı mobil sürətlərindən biridir.

8. Səudiyyə Ərəbistan- Səudiyyə Ərəbistanı əslində 5G-də liderdir. Ölkə 2030-cu ilə qədər 45 milyon yeni IoT cihazının 5G tərəfindən dəstəklənəcəyini və 12 milyard ABŞ dolları dəyərində bir bazar yaratacağını gözləyir. rəqəmsal infrastrukturunu təkmilləşdirmək üçün özəl müəssisələrlə işləyir və median sürəti 370,12 Mbit/s olan Saudi Telecom indi ən geniş 5G əhatə dairəsinə malikdir.

9. İtaliya- Son iki il ərzində 5G İtaliyada əhəmiyyətli bir iştirak nümayiş etdirdi. Müxtəlif şəbəkə operatorları həm sakinlərə, həm də şirkətlərə xidmətlər göstərdilər və TIM Roma, Milan, Turin və Florensiyada 5G xidmətlərini işə saldı.

10. Finlandiya- Dünyada 5G-ni təqdim edən ilk ölkə Finlandiya bu siyahıya layiqli yer tutur və şəbəkənin qabaqcıllarından biridir. 5G-ni Avropada qabaqcıl tezlik diapazonları kimi təyin edilmiş 0 MHz, 3,400–3,800 MHz və 26 GHz daxil olmaqla, müxtəlif tezlik diapazonlarında əlçatan etdi. Finlandiyanın Elisa telekommunikasiya şirkəti 100 yerdə 5G şəbəkəsinə malikdir və ölkə əhalisinin təxminən 50%-ni əhatə edir. 109 bələdiyyəyə yayılan 3000 mobil şəbəkə operatoru ilə 2020-ci ilin sonunda 1,8 milyondan çox Finlandiya evinin yüksək sürətli 5G texnologiyasına çıxışı olub. [16,18]

5G texnologiyasının yayılması və inkişaf etməsi aşağıdakı təchizatçıların işləri ilə bağlıdır:

➤ **Verizon**

Verizon kommertiya baxımından 5G-ni aktivləşdirən smartfonla kommertiya 5G mobil şəbəkəsini işə salan dünyada ilk şirkətdir. O sərfl olunan vaxtı və xərcləri azaltmaq üçün geniş miqyaslı hesablama imkanlarından istifadə edərək, 5G-ni dəstəkləmək üçün AWS bulud xidmətlərindən istifadə edib. 2023-cü ildə kibertəhlükəsizlikdən bir çox təhdidlər gözlənilir. Verizonun 2022-ci il Data Breach Investigation Report-una əsasən, məlumatların 25%-i təhlükə yaradır, lakin 5G bunu nəqli dəyişdirə bilər. 5G kibertəhlükəsizlik beynəlxalq mobil abunə kimliyi vasitəsi ilə şəbəkə təhlükəsizliyini artırır. Bütün trafik məlumatları birləşdirilir, qorunur, şifrələnir və birlikdə iştirak etmə təlimatına riayət edir. AI və IoT-un qəbulu, 5G təhlükəsizliyi ilə dəstəklənə bilər, daha yaxşı bir əsas təmin edir. Bundan başqa paket yoxlaması, kompüter şəbəkəsi üzərində köçürülən məlumatların dərinlikli araşdırılmasını həyata keçirir. Bundan başqa şəbəkə virtualizasiyası, hardware və software resurslarını bir bütün kimi birləşdirir.

➤ **Ericsson**

Ericsson xidmət təminatçılarına informasiya və kommunikasiya texnologiyalarının aparıcı təchizatçılarından biridir. 5G şəbəkə imkanları bazara daxil olduqca və aşağı gecikmə ilə əlaqə yarandıqda, Ericsson müəssisə müştəriləri üçün yüksək dəyərli istifadə hallarını təqdim etmək üçün bu üstünlükləri kənara çıxarmalı oldu. Şirkət hesablama qabiliyyətini birbaşa müştərilərin müəssisələrinə çatdırmaq üçün istənilən sayda AWS xidmətləri, alətləri və infrastrukturunu təklif edən tam idarə olunan həllər ailəsi olan AWS Outposts-dan istifadə edir.

➤ **Nokia**

Nokia 1865-ci ildə Finlandiyada qurulmuş telekommunikasiya şirkətidir. Orange Jordan bütün ölkə ərazisində tətbiqi üçün Nokianın 5G Radio Access Network (RAN) avadanlığının vacibliyini vurğuladı. Nokia enerjiyə qənaət edən 5G RAN avadanlığı

təmin etmişdir. Müqaviləyə yüksək RF bant genişliyi dəstəyi ilə ən son nəsil kütləvi MIMO radioları daxildir. Bundan başqa Nokia bir baza stansiyasına eyni vaxtda bütün texnologiyalarını işlətməyə imkan verən RAN həllini təmin edəcək. [4,6,8]

➤ **Huawei**

Qlobal 5G-nin şəbəkə, yerləşdirmə, ekologiya və təcrübədə inkişafı təxəyyüldən kənarıdır. Fərdlər, ailələr və ya hər bir təşkilat üçün 5G misilsiz dəyər yaradır. Biz 5G innovativ tətbiqlərinə diqqət yetirmək, 5G sistemini inkişaf etdirmək və kommersiya uğurunu sürətləndirmək üçün müştəriləri və tərəfdaşları ilə sıx əməkdaşlıq edir.

➤ **T-Mobile**

T-Mobile US (TMUS) Amerikanın naqilsiz şəbəkə operatorudur. Səs ilk növbədə mobil telefonları bu qədər populyar əsasını təşkil edir və onlar bir neçə nəsildən sonra hər şeyi mənimsəmişlər. T-Mobile texnologiyasının prezidenti Neville Rey demişdir: "Görünür, biz həmişə səsi gələcək nəsil texnologiya ilə birlikdə gətirməyi unuduruq". "Biz bunu dəfələrlə etmişik." Səsin məlumatdan daha sərt olmasının bir səbəbi çox maneənin olmamasıdır. Ardıcıl bir əlaqə tələb edir və məlumat ötürərkən məqbul olan nasazlıqlara dözmür. Əgər işləmirsə, insanlar bunu görəcəklər. T-Mobile ilk olaraq 5G qeyri-müstəqil (NSA) kimi LTE tələb etməyən milli 5G müstəqil (SA) şəbəkəsi ilə qapıdan çıxdı. Lakin o, səs xidmətləri üçün LTE-yə etibar etməkdən tamamilə imtina etmək istərdi.

➤ **Samsung**

Samsung 5G texnologiyası üzrə tədqiqatlara 2011-ci ildən başlayıb. Samsung 5G cihazlarının geniş istifadəsindən birinə sahib olsa da, yalnız doqquz Samsung telefonları hazırda mövcud olan yeganə 5G xidməti olan Airtel 5G Plus ilə uyğun gəlir. [17]

4.2. 5G-nin müsbət və mənfi cəhətləri

5G gündəlik həyatımızın bir çox problemlərini həll etmək üçün kifayət qədər potensiala malik bir çox inkişaf etmiş xüsusiyyətlərə malikdir. 5G texnologiyası dövlət üçün idarəetməni asanlaşdırır, tələbələr üçün kursları, dərsləri və materialları

onlayn olaraq təqdim edir. 5G- nin aşağıda bir sıra üstün və mənfi cəhətləri haqqında məlumat verilmişdir. [4,8]

5G-nin müsbət cəhətləri:

- 5G-nin üstünlükləri arasında ən önəmlisi yüksək sürətdir. Yükləmə sürətində böyük irəliləyişlə 1 Gbps-dən çox olacağı gözlənilir. Gündəlik həyatımızın çox hissəsini internet üzərindən keçirdiyimizi nəzərə alsaq, bu sürətli texnologiyanın nə qədər sərfəli olduğu göz qabağındadır. Şəbəkə enerjisindən istifadədə təxminən 90% azalma və bütün dünyada vahid, fasiləsiz və ardıcıl əlaqəni təmin etməyin mümkün olması da vacib cəhətlərdən biridir.
- 5G texnologiyası daha geniş əhatə dairəsi təmin edir. Bu xüsusiyyət ilə xüsusilə kənd yerlərində tez-tez yaşanan əhatə dairəsi problemlərinin həlli gözlənilir. Kənd müəssisələrinin rəqəmsal bazarda rəqabətdə iştirak edə bilməsi və regional iqtisadiyyatların gücləndirilməsi nəzərdə tutulur.
- Smartfonların ən böyük problemlərindən biri də qısa batareya ömrüdür. 5G ilə mobil cihazların enerji istehlakını azaltmaq və batareyanın ömrünü 10 ilə qədər uzatmaq hədəflənir. Bundan əlavə, telefonları ayda bir dəfə doldurmağın kifayət edəcəyi düşünülür.
- On minlərlə insanın iştirak etdiyi tədbirlərdə kəsintisiz və super sürətli interneti təcrübədən keçirmək mümkün olacaq. Canlı yayımlar və internet zənglərində tez-tez rast gəlinən kəsintilər tamamilə aradan qaldırılacaq. 5G-nin imkanları genişdir. O səhiyyə, nəqliyyat, kənd təsərrüfatı, ictimai təhlükəsizlik və bir çox digər sahələrin inkişafına təkan verəcək. [18]

5G-nin mənfi cəhətləri:

Baxmayaraq ki, 5G texnologiyası bütün radio signal problemlərini və mobil dünyanın çətinliklərini həll etmək üçün tədqiq edilmişdir, lakin bəzi təhlükəsizlik səbəbi və bəzi coğrafi bölgələrin əksəriyyətində texnoloji inkişafın olmaması səbəbindən aşağıdakı çatışmazlıqlara gətirib çıxara bilər. [9]

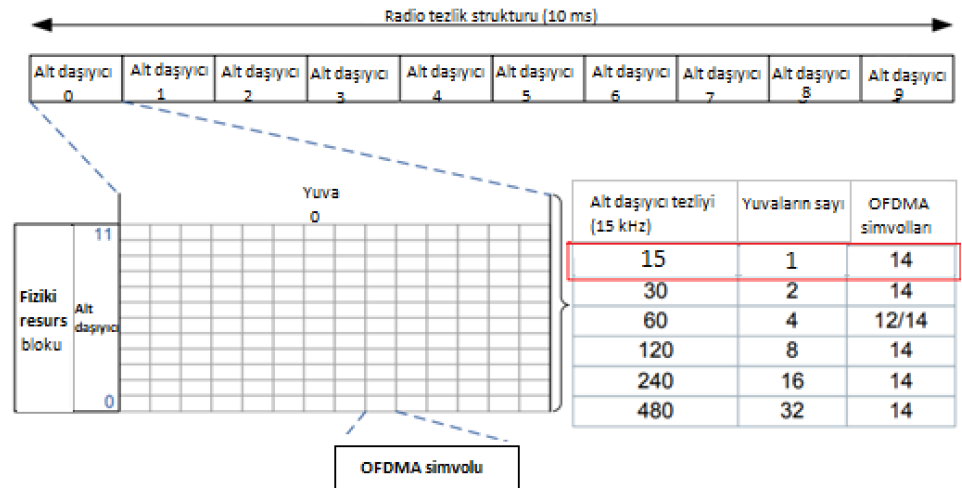
- Yalnız ən son mobil cihazlar bu texnologiyayı dəstəklədiyi üçün 5G texnologiyasının yayılması uzun zaman alır. Bundan əlavə, bir çox yeni infrastrukturlar yaradılmalı olduğu üçün ölkələr bu məsələyə ciddi büdcə ayırmalıdırlar.
- 5G texnologiyasının təhlükəsizlik problemlərinə görə kiberhücumlara qarşı həssas olduğu düşünülür. Proqram təminatına əsaslanan şəbəkə olduğuna görə proqram təminatı risklərinin yüksək olması ilə bağlı narahatlıqlar var. Bildirilir ki, proqram təminatının hazırlanması proseslərində baş verə biləcək boşluqlar bütün şəbəkəni təhdid edə bilər.
- 5G texnologiyasının tətbiqi ilə əhatə dairəsini genişləndirmək üçün baza stansiyalarının daha tez-tez məsafələrdə quraşdırılmasına ehtiyac var. Bəzi insanlar 5G-nin zərərli olduğunu bildirir. Baza stansiyalarının radiasiya xüsusiyyəti insanları narahat edir. Amma narahatlığa bir səbəb yoxdur. Elmi araşdırmalara əsasən təsdiq edilmişdir ki, insana zərərli təsiri yoxdur. Amma infrastrukturun inkişafı yüksək xərc tələb edir.
- 4G-nin onillik istifadəsindən sonra belə, dünyada 4G əhatə dairəsi zəif olan uzaq və kənd yerləri var. 5G yeni başlayır, ona görə də onun əhatə dairəsi bir neçə böyük şəhərdən kənarında mövcud deyil. 5G-nin 4G ilə oxşar əhatə səviyyəsinə çatması bir neçə il çəkəcək və hər birinin öz sürəti və ötürmə genişliyi olan müxtəlif tətbiqlərə (yüksək, orta və aşağı diapazon 5G) sahib olacaq. [20]

V FƏSİL. ALINAN NƏTİCƏLƏRƏ ƏSASƏN AZERCELL ŞƏBƏKƏSİNDƏ

5G TEXNOLOGİYASININ ŞƏBƏKƏ TEZLİYİNİN HESABATI

5.1. 5G şəbəkəsində data sürətinin müxtəlif konfigurasiyalara əsasən hesablanması

5G şəbəkə texnologiyasında istifadə olunan struktur hər biri 1 ms alt kadrından ibarət olan 10 ms kadr müddətinə əsaslanır. 10 ms çərçivəsində abunəçilər yuxarı və aşağı keçid istiqamətləri üçün bir və ya daha çox Fiziki Resurs Blok (PRB- Physical Resource Block) ayrıla bilər. Bu PRB son nəticədə abunəçiyə hava interfeysi üzrə istifadəçi danışıqını göndərməyə və qəbul etməyə imkan verir. Hər bir slot 14 radio simvolundan ibarətdir. Resurs bloku fiziki resurs blokları adlanan və kanalın genişliyi boyunca 0- dan nömrələnən 12 ardıcıl alt daşıyıcıdan ibarətdir.



Şəkil 5.1.1. 5G şəbəkə texnologiyasının tezlik strukturu (15KHz)

Qeyd edək ki, 15 KHz intervalına əsaslanan sadəcə bir nümunədir. 5G – nin istifadə olunan çoxsaylı variantları mövcuddur.

5G mobil şəbəkəsi yüksək ötürmə qabiliyyətinə malikdir. 5G maksimum 20 Gbit/s məlumat sürətini əldə etməyə imkan yaradır. Gələcəkdə bu sürət 6G şəbəkəsi ilə daha da artacaq.

OFDMA bir ötürmə mühiti (məsələn, naqilsiz şəbəkə) üzərindən birdən çox terminal (ötürmə kanalının sonundakı istənilən cihaz, məsələn, kompüter və ya telefon) arasında məlumatların ötürülməsi üçün yaradılmış qaydalar toplusuna əməl edir.

OFDM naqilsiz tutumu və səmərəliliyi artırmaq üçün texnologiyadır. OFDM mobil şəbəkə və yayım mediası kimi sahələrdə və Wi-Fi- in əvvəlki versiyalarında istifadə edilmişdir. OFDMA əslində birdən çox istifadəçi üçün OFDM növüdür. O həm vaxt domenində, həm də tezlik domenində ayrılır, birdən çox istifadəçiyə imkan verir, hətta geniş şəkildə müxtəlif istifadə nümunələri və ya məlumat yükləri olanlar. Müqayisə üçün OFDM yalnız ardıcıl olaraq ayıra bilər. Əvvəlki Wi-Fi standartları aşağı sıxlıqlı vəziyyətlərdə internetə baxmaq və e-poçt üçün nəzərdə tutulmuşdu. Bugünkü istifadəçilər daha çox parametrlərdə daha çox məlumat tələb edən funksiyaları yerinə yetirirlər. Müştərilər ötürmələri başa çatdırmaq üçün növbə yaratmalı olduğundan, eyni vaxtda sorğuların səbəb olduğu şəbəkə sıxlığı yavaşlamalara səbəb olur. OFDMA eyni vaxtda birdən çox istifadəçini yerləşdirmək və bant genişliyini daha səmərəli şəkildə trafik problemini həll edir. [9]

OFDMA texnologiyası məlumatların radio dalğaları boyunca göndərildiyi hər yerdə tətbiq oluna bilər, o cümlədən:

- WiMAX kimi tanınan IEEE 802.16 simsiz standartının mobillik rejimi;
- Simsiz LAN (WLAN) standartı IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6);
- IEEE 802.20 mobil simsiz metropolitan ərazi şəbəkəsi (WMAN) standartı;
- 3GPP Long-Term Evolution (LTE) dördüncü nəsil mobil genişzolaqlı standartın (4G) aşağı bağlantısı.

5G mobil şəbəkəsindən istifadə edən abunəçi neçə saniyə ərzində Downlink və Uplink əməliyyatlarının həyata keçirilməsi proseslərini əhatə edəcək və bunun üçün aşağıdakı cədvəldən istifadə olunur (Cədvəl 5.1).

Zaman bölgüsü dupleks (TDD- Time Division Duplex) dupleks rabitə bağlantılarına aiddir, burada yuxarı əlaqə eyni tezlik diapazonunda müxtəlif vaxt

boşluqlarının ayrılması ilə aşağı keçiddən ayrılır. Bu yuxarı və aşağı bağlantı məlumatlarının ötürülməsi üçün asimmetrik axını təmin edən bir ötürmə sxemidir. İstifadəçilərə yuxarı və aşağı keçid ötürülməsi üçün vaxt intervalları ayrılır.

Aşağıdakı Cədvəldə (5.1.1) TDD Aşağı bağlantı əlaqəsi (DL- Downlink), Yuxarı bağlantı əlaqəsi (UL- Uplink) alt daşıyıcı konfigurasiyası göstərilmişdir. Müxtəlif DL/UL konfigurasiyaları məlumat sürətinə və ümumi link büdcəsinə təsir edir.

Cədvəl 5.1.1

U/D Nisbəti	Alt daşıyıcı nömrəsi	DL-to-UL Keçid nöqtəsinin dövrüliyi	UL/DL Konfigurasiya
3:01	0	5 ms	0
	1	5 ms	1
2:02	2	5 ms	2
	3	10 ms	3
1:03	4	10 ms	4
	5	10 ms	5
3:06	6	5 ms	6
	7		
2:07	8		
	9		
1:08	0		
	1		
5:03	2		
	3		

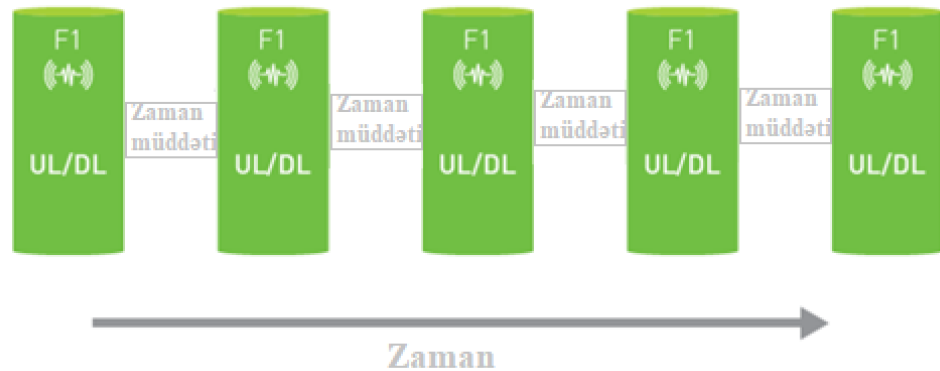
Tezlik bölgüsü dupleks (FDD- Frequency Division Duplex) iki ayrı tezlik diapazonuna və ya kanala ehtiyac duyur. Ötürücü və qəbuledici kanalları ayırmaq üçün kifayət qədər qoruyucu bant lazımdır ki, onlar bir-birinə mane olmasın və aydın və fasiləsiz ötürməni təmin etsin. Böyük bir qoruyucu band tutuma təsir göstərmir. UL /DL tutumu üçün tezlik bölgüsü sistemin ehtiyaclarına əsasən əvvəlcədən

müəyyən edilir ki, hər iki istiqamətdə eyni olsun. Tutumu dinamik olaraq dəyişmək mümkün deyil. FDD ilə davamlı ötürmə və yüksək performans təmin edilir.



Şəkil 5.1.2. FDD sistemləri zamanı DL-UL prosesinin əks olunması

TDD sistemləri həm ötürmə, həm də qəbul üçün bir tezlik diapazonundan istifadə edir. Sistem eyni bandı paylaşır və ötürmə və qəbul əməliyyatları üçün alternativ vaxt intervalları təyin edir. Köçürülən hər hansı bir məlumat 1 bayt uzunluğunda və ya çox baytdan ibarət ola bilər. Şəbəkə ehtiyaclarından asılı olaraq vaxt intervalları dinamik olaraq ayrılır və uzunluğu dəyişə bilər. UL və DL ötürücülərinin toqquşmamasını təmin etmək üçün mühafizə müddəti lazımdır. UL/DL-də imkanların dəyişdirilməsi şəbəkənin işini pisləşdirir.

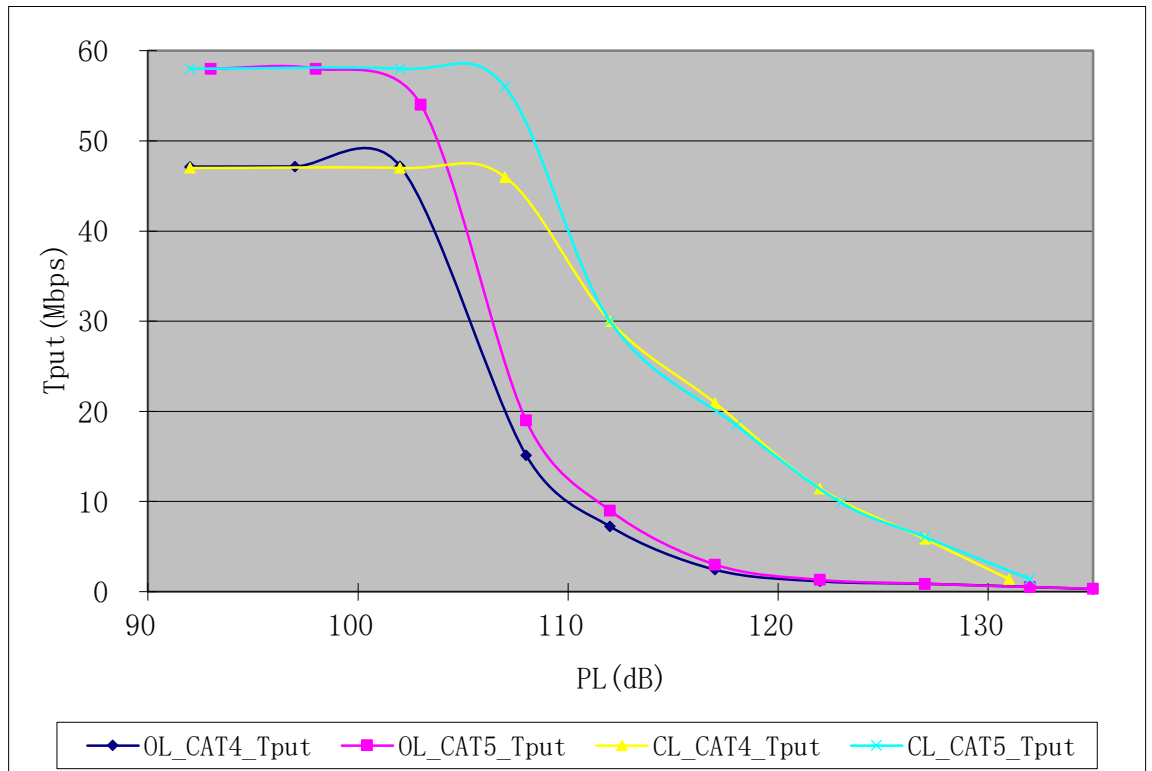


Şəkil 5.1.3. TDD sistemləri zamanı DL-UL prosesinin əks olunması

5.2. 5G şəbəkəsində PRB hesabı və istifadəçilər üçün mümkün dəyərlərin orta qiyməti, danışıq rəqiblərinin həyata keçirilməsi

Bütün xəta tətbiq səviyyəsində və ya MAC qatında UE ötürmə qabiliyyətinin aşağı olduğunu və ya çox dəyişdiyini göstərir. Ötürmə qabiliyyətinin dəyişməsi Netmeter və digər alətlərin ötürmə qabiliyyətinin ölçülməsi funksiyasından istifadə etməklə birbaşa aşağı ötürmə qabiliyyəti müşahidə oluna bilər. Xarici sınaqda pik ötürmə qabiliyyəti ilkin dəyərdən 5%-dən çox kiçikdir. Stasionar sınaqda eyni yol itkisi altında orta ötürmə qabiliyyəti əsas dəyərdən 10%-dən çox kiçikdir. Digər rəqiblərlə müqayisədə eyni yol itkisi altında ötürmə qabiliyyəti 5%-dən məhsuldarlığın dəyişməsi çox aşağıdır. [8,12]

UE sabit olduqda, Referans Sinyalının Qəbul Gücü (RSRP) 6 dB-dən çox dəyişir və ya ötürmə qabiliyyəti 30% -dən çox dəyişir. Ötürmə qabiliyyəti kəskin şəkildə azalır. UL və DL ötürmə qabiliyyətinə istinad əyriləri növbəti səhifədə verilmişdir. Aşağıda istifadəçi danışan zaman üçün istifadə oluna bilən UL ötürmə qabiliyyəti testinin əsas dəyəri verilmişdir.



Şəkil 5.2.1. 20 MHz geniş tezlik zolağında ötürmə qabiliyyəti

Hər UE-nin yuxarı keçid qabiliyyəti və ötürmə qabiliyyəti fərqlidir.

Cədvəl 5.2.- də laboratoriya testi zamanı tək bir hüceyrədə 20 MHz tezlik zolağı genişliyində Ümumi Doğrulama Texnologiyası (CAT- Common Authentication Technology) CAT5 UE üçün sönən kanalda ötürücülük qabiliyyətinin Sıqnalda Səs Nisbətinə (SNR) nisbətini təsvir edir. Əsas göstərici müxtəlif UE-lər arasında təxminən 5% dəyişir. Radio bloklarının (RB) sayı tezlik zolağı genişliyinə görə artır və azalır. Müqayisə müxtəlif kateqoriyalı UE-lərin maksimum imkanlarına əsaslanır. [20]

Cədvəl 5.2.2

Kanal genişliyi	Yüksək ötürmə sürəti Mbit/san)		
	CAT3	CAT4	CAT5
1.4 MHz	7.019	7.019	7.019
3 MHz	21.126	21.126	21.126
5 MHz	36.073	36.073	36.073
10 MHz	73.104	73.104	73.104
15 MHz	102	109.712	109.712
20 MHz	102	149.855	149.855

RSSI – Qəbul edilmiş Sıqnalın Gücü Göstəricisi: Daşıyıcı ölçmə tezlik zolağında antena portu üçün istinad simvollarını qeyd edən yalnız OFDM simvollarında müşahidə edilən orta ümumi qəbul edilmiş gücü ölçür. RSSI daşıyıcısının ümumi qəbul edilmiş gücünə ortaq kanaldan xidmət edən və xidmət etməyən hüceyrələrdən, bitişik kanal müdaxiləsindən, termal səs-küydən və s. enerji daxildir. [5]

RSRP – Qəbul edilmiş Sıqnalının Gücü: RSRP RSSI ölçmə növüdür, aşağıdakı kimi onun bəzi tərifləri və bəzi təfərrüatlar da var. Bu tam tezlik zolağı genişliyi və

dar zolaq üzərində yayılmış LTE Referans Siqnallarının gücüdür. RSRP/RSRQ aşkar etmək üçün minimum -20 dB SINR tələb olunur.

RSRQ – Qəbul edilmiş Siqnalının Keyfiyyəti: Keyfiyyət həmçinin RSSI və istifadə olunan Resurs Bloklarının sayını (N) nəzərə alaraq $RSRQ = (N \times RSRP) / RSSI$ eyni tezlik zolağı genişliyi üzərində ölçülür. RSRQ ölçmə növüdür və qəbul edilən istinad siqnalının keyfiyyətini göstərir. RSRQ ölçülməsi RSRP etibarlı təhvil və ya hüceyrənin yenidən seçilməsi barədə qərar qəbul etmək üçün kifayət etmədikdə əlavə məlumat verir. [20]

Eyni tezlik zolağı üzərində ölçülməlidir:

Darzolaqlı N = 62 Alt Daşıyıcı (6 Resurs Bloku)

Genişzolaqlı N = tam tezlik zolağı (100 Resurs Blok / 20 MHz-ə qədər)

RSRQ hesabat aralığında RSSI-nin ölçüldüyü Fiziki Resurs Bloklarının (PRB) sayıdır, adətən sistemin ötürmə genişliyinə bərabərdir. RSSI hüceyrədaxili güc, müdaxilə və səs-küy daxil olmaqla, təmiz geniş diapazonlu gücün ölçülməsidir. RSRQ hesabat diapazonu -3...-19,5dB arasında müəyyən edilmişdir.

$RSSI = \text{genişzolaqlı güc} = \text{səs-küy} + \text{xidmət edən hüceyrə gücü} + \text{müdaxilə gücü}$

Beləliklə, səs-küy və müdaxilə olmadan biz 100% DL PRB fəaliyyətinə sahibik.

RSRP- hesab edilən ölçmə tezlik zolağı genişliyi daxilində bütün Referans Siqnal simvolları üzrə qəbul edilən güc səviyyələrinin orta hesabla 1 Resurs Element (RE-Resource Element) qəbul edilmiş gücüdür. RSSI bütün tezlik zolağı genişliyi üzərində ölçülür. RSSI üzrə RB-lərin sayı ölçülür və tezlik zolağının enindən asılıdır. Yuxarıda göstərilənlərə əsasən, yüklənmə anında göstəricilər aşağıdakı kimidir:

$$RSRP \text{ (dBm)} = RSSI \text{ (dBm)} - 10 \times \log(12 \times N) \quad (5.2.3)$$

Beləliklə, bizdə:

$$RSRQ = RSRP / (RSSI/N) \quad (5.2.4)$$

Burada N = PRB sayıdır (Fiziki Resurs Blokları).

RSSI = səs-küy + xidmət edən hüceyrə gücü + RS simvolu zamanı müdaxilə gücü

Beləliklə, bizdə RSRQ mobil enerjiyə xidmət göstərməkdən və Tx antenalarının sayından asılıdır.

Hüceyrə gücünün RSRQ-yə təsiri:

$$1Tx \text{ üçün } RSRQ = N / 12N = -10,8 \text{ Db} \quad (5.2.5)$$

$$DTX \text{ nəzərə alınmaqla } 2Tx \text{ üçün } RSRQ = N / 20N = -13 \text{ dB}$$

Çünki RSRP 1 resurs elementi üzərində ölçülür və hər resurs bloku üçün RSSI 12 resurs elementi üzərində ölçülür. [17]

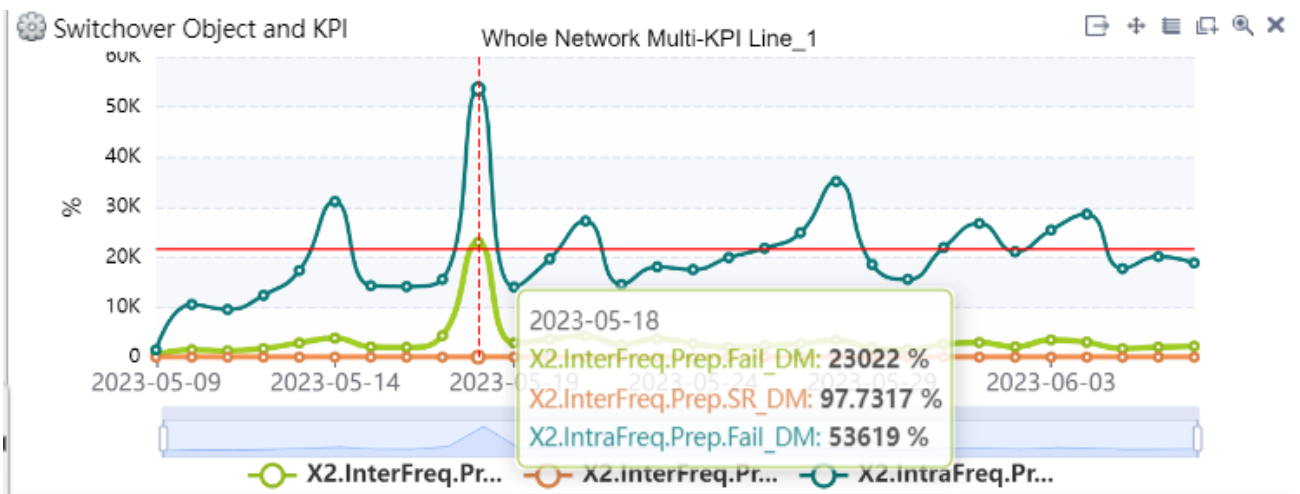
SINR (Signal to Interference & Noise Ratio) siqnal keyfiyyətini ölçür. Arzuolunmaz müdaxilə və səs-küylə müqayisədə tələb olunan siqnalın gücüdür. İnterferensiya olan ərazidə SINR aşağı düşür, bu isə rabitənin aşağı olduğunu göstərir. Aşağıdakı şəkildə istifadəçinin servis məlumatları, yəni hansı baza stansiyasından xidmət aldığını görə bilərik.

TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
19:52:07		-	-			-200	-	-	18
19:52:25	HD4G	45008	1884-1	202	1850	-75	-6	4G	

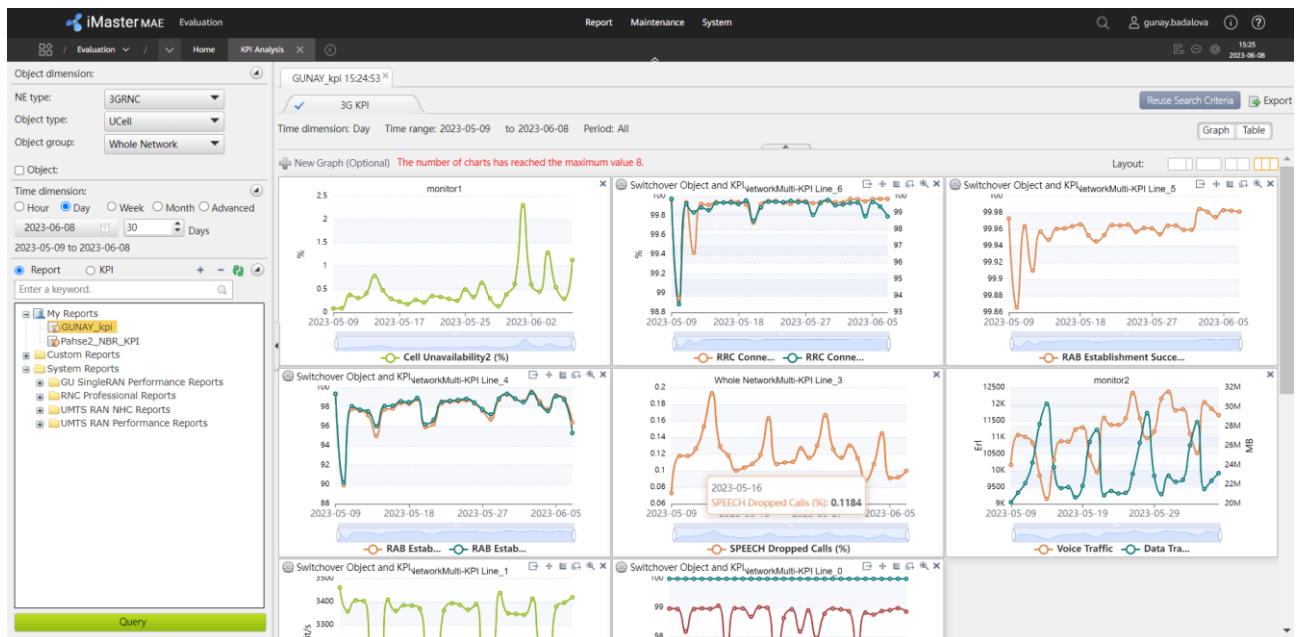
Şəkil 5.2.2. İstifadəçinin qəbul etdiyi servis parametrləri

Biz yaratdığımız KPI şablonu vasitəsilə istifadəçilər üçün 1 aylıq KPI göstəriciləri verilmişdir:

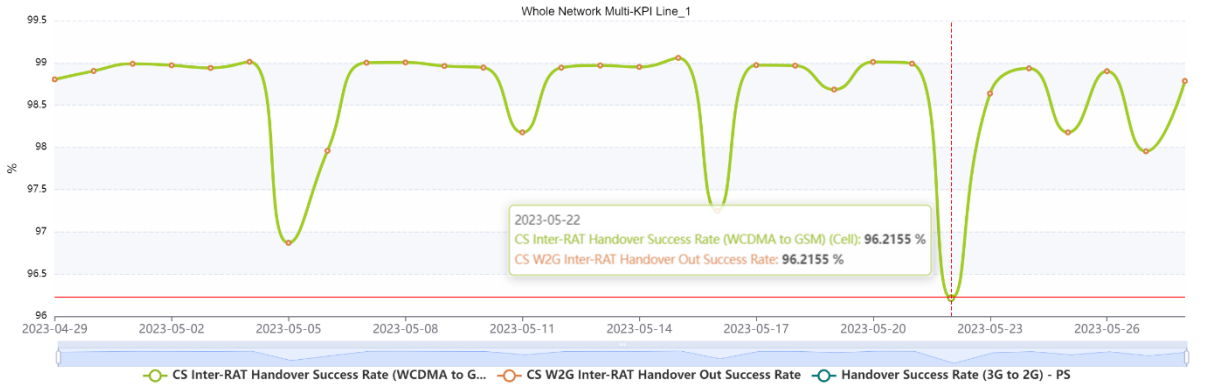
Burada görürük ki, zəng zamanı uğurlu bağlantı alınıb və baza stansiyası 97.7317%-lik dəyər ilə çalışır. 100% ən maksimal dəyərdir və bu dəyəri normal şəbəkədə almaq mümkün deyil, hər zaman müəyyən itkilər olur, amma bunu müəyyən qədər aradan qaldırmaq mümkündür. Şəbəkə mühəndisləri tərəfindən optimallaşdırma (şəbəkənin yaxşılaşdırılması) işləri nəticəsində mümkün olan parametrlərin dəyişdirilməsi ilə əldə etmək mümkündür.



Şəkil 5.2.3. İdeal və real vəziyyətlərdə uğurlu KPI göstəriciləri

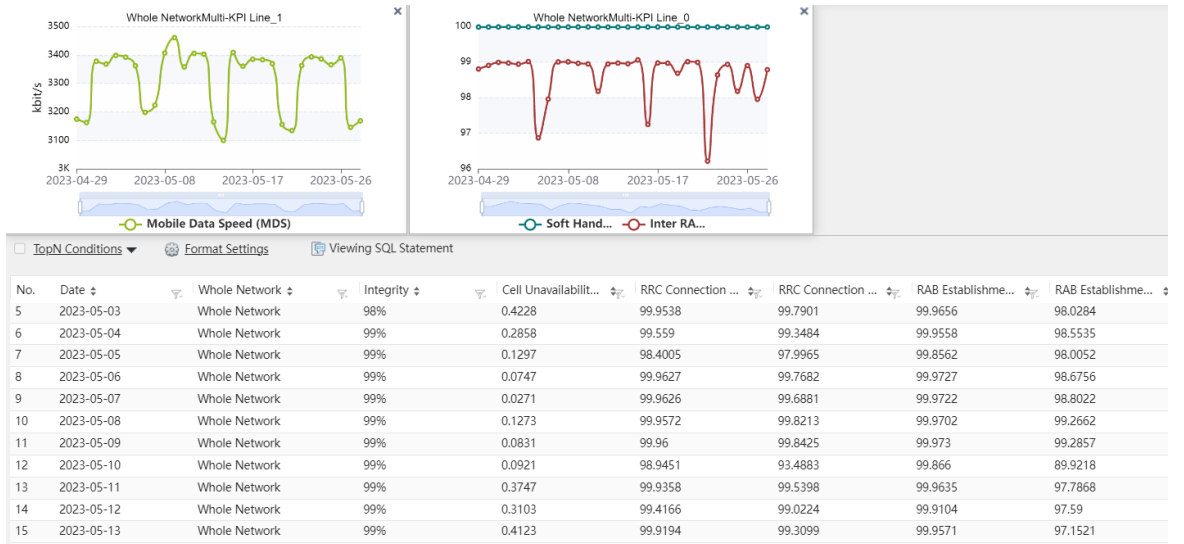


Şəkil 5.2.4. Şəbəkədəki KPI göstəricisiləri



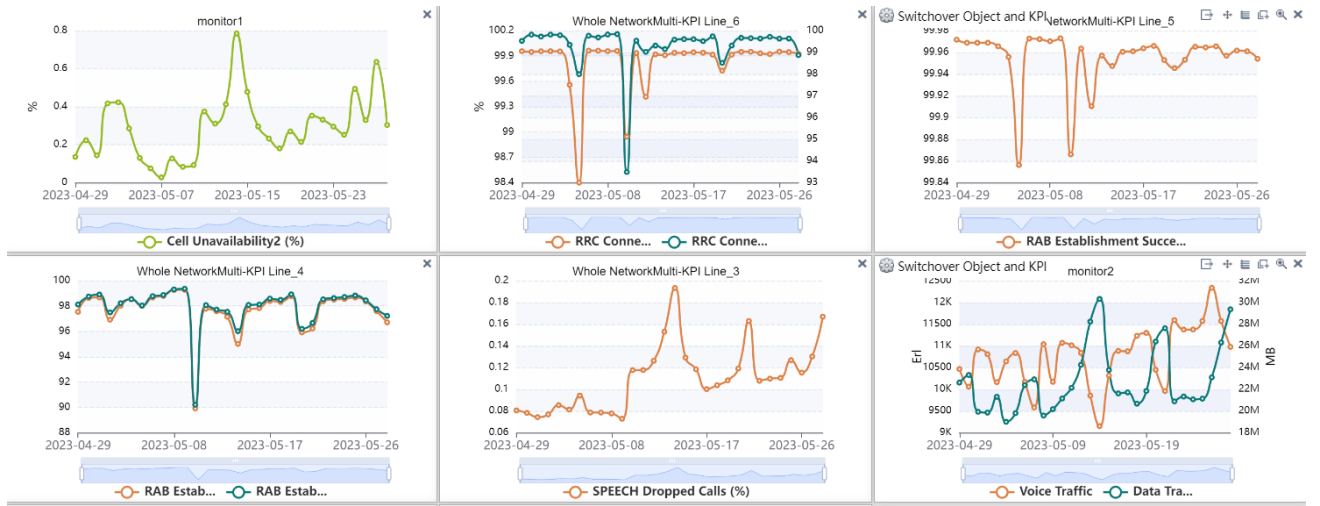
Şəkil 5.2.5. Şəbəkədə KPI göstəricisi (Handover Success Rate)

Bütün şəbəkədəki 1 aylıq nəticələr əks olunmuşdur.



Şəkil 5.2.6. Bütün şəbəkədəki stansiyaların bağlantı dəyərləri

Aşağıda isə bütün əsas parametrləri, zəng pozuntularını, itkiləri mümkün qoşulmaların orta qiymətini görə bilərik:



Şəkil 5.2.7. Rabitə zamanı yaranan yük traffiklərinin göstəriciləri

5G üçün SSB Blok hesabı aşağıda verilmişdir:

Cədvəl 5.2.3

Range of frequencies (MHz)	SS block frequency position SS_{REF}	GSCN	Range of GSCN
0 – 3000	$N * 1200 \text{ kHz} + M * 50 \text{ kHz}$, $N = 1:2499$, $M \in \{1,3,5\}$ (Note)	$3N + (M-3)/2$	2 – 7498
3000 – 24250	3000 MHz + $N * 1.44 \text{ MHz}$, $N = 0:14756$	7499 + N	7499 – 22255
24250 – 100000	$24250.08 \text{ MHz} + N * 17.28 \text{ MHz}$, $N = 0:4383$	22256 + N	22256 – 26639

Tezlik qrupu: n78, TDD3500 zolağı;

Tezlik zolağı: 100Mhz;

Resurs Blok sayı: 312;

SSB SCS: 30kHz (3GPP standartına əsasən);

Mərkəzi Tezlik: 3450Mhz $[(3400+3500)/2]$

$$\text{GSCN: } 7499 + 312 = 7811$$

N: 312

$$\text{GSCN: } 7499 + 312 = 7811$$

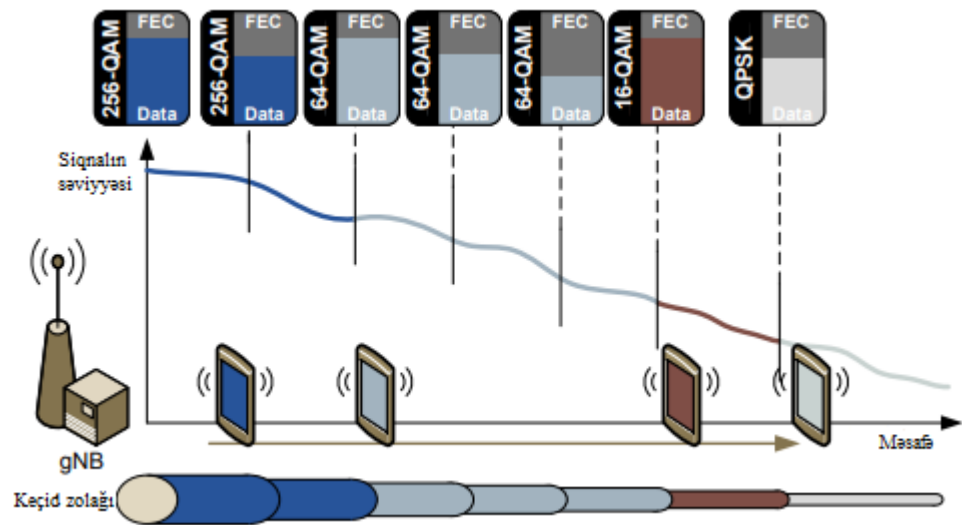
$$\text{SSB Tezlik qrupu 1} = 3000 + 312 * 1,44 = 3449.28 \text{ Mhz}$$

Beləliklə, SSB Tezlik qrupu dəyəri 3449.28 Mhz qəbul edilmişdir.

Enter the 5G NR GSCN*	7811
5G SSref (SSB) Frequency, MHz	3449.28
ARFCN for GSCN frequency	629952

Şəkil 5.2.8. SSB Blok hesabı

Siqnalın sürəti, səs-küy nisbəti isə şəkildəki kimidir. Burada bəzi itkilərin baş verdiyi görünür. Şəbəkədə bəzi parametrlərin (məsələn SINR və s.) dəyişdirilməsi nəticəsində müəyyən qədər itkidən uzaqlaşmaq olar.



Şəkil 5.2.9. İstifadə olunan modulyasiya növləri

Mobil telefon baza stansiyasından uzaqlaşdıqca siqnal səviyyəsi və keyfiyyəti aşağı düşür. gNb modulyasiya texnikasını və uyğun olaraq xətalərin düzəldilməsi səviyyəsini dəyişə bilər. 256 QAM və 64 QAM- da siqnal səviyyəsi yüksək keyfiyyətlidir. Qəbul edilən siqnalda kiçik dəyişiklikləri aşkar etməlidir. 16 QAM ilə dəyişiklikləri aşkar etmək daha asandır və 64 QAM mümkün olmadıqda 16 QAM istifadə edilə bilər. Əgər 16 QAM uyğun deyilsə, bu zaman QPSK-dan istifadə olunur. 256 QAM-dan QPSK-ya doğru gəldikdə zolaq tezliyi azalır. Bunun qarşısını almaq üçün gNb abunəçiyə daha çox resurslar ayıra bilər.



Şəkil 5.2.10. Parametrlərin orta dəyərləri

Beləliklə SINR-in optimallaşdırılması daha çox baza stansiyasının tutumuna gətirib çıxarır, daha yüksək səviyyəli QAM modulyasiyasına (daha çox spektral cəhətdən səmərəlidir) imkan verir, nəticədə daha yüksək pik məlumat sürəti, daha az endirilən zəng və nəticədə müştəri məmnuniyyətinin artması ilə nəticələnir.

NƏTİCƏ

Tədqiqat işi 5G şəbəkəsi qurulan zaman yarana biləcək problemləri araşdırılıb, həlli yollarının aydınlaşdırılmasına həsr olunmuşdur. İlk öncə 5G şəbəkə texnologiyasının arxitekturu haqqında məlumat verilmiş daha sonra tələb olunan lazımi avadanlıqların parametrləri araşdırılmış və müsbət, mənfi cəhətləri göstərilmişdir. Nəticədə yeni nəsillə şəbəkə qurulması zamanı müəyyən təkliflər irəli sürülmüşdür.

Mobil rabitə texnologiyalarının inkişaf xətti, birinci nəsildən başlayaraq beşinci nəsillə qədər baxılmışdır. Buna görə də texnologiyalara aid standartlar göstərilmişdir. Bütün standartlara baxdığımızda inkişafın bazasında məhdud olan tezlik spektrinin daha verimli istifadə olunacağına gözləntisi aydın göstərilir.

Hesabatda PRB dəyərlərinin ümumi qiymətinin sadə riyazi modeli təqdim olunmuşdur. Əldə olunmuş nəticələr, mobil şəbəkənin müxtəlif parametrləri, şəbəkə planlaşdırılması və optimallaşdırılması zamanı əhatə dairəsinin müəyyənləşdirilməsində istifadəçi rolunu oynayır. Mobil rabitənin düzgün çalışması üçün şəbəkə planlaşdırılmasının əhəmiyyəti çox böyükdür. Bu avadanlıqların qurulması, baza stansiyaların optimallaşdırılması, parametrlərin tətbiqi kimi məsələlərlə bağlıdır. Biz 4G və 5G texnologiyalarında MIMO antenna sistemlərinin istifadə olunduğunu bilirik. Bu da istifadəçiyə daha sürətli məlumatı tez bir zamanda əldə etmək imkanı yaradır.

Əldə olunan nəticələrə əsasən müxtəlif şəhər və ya kənd yerlərində rabitə əlaqəsinin yayılması prosesini müxtəlif modelləri araşdırmaq, baza stansiyasının uyğun ərazidə quraşdırmaq və sayını təyin etmək mümkün olacaq.

Hesabata nəzərən bildirmə bilirik ki, 5G şəbəkəsində hansı siqnal səviyyəsi və siqnalların keyfiyyət göstəricilərinin uyğun dəyərləri neçə olmalıdır. Bu göstəricilər SS-RSRQ, SS-RSRP, SS-SINR qiymətlərinin qəbul olunmuş dəyərlərdən zəif olması şəbəkənin işinə çox təsir edir. Bu parametrlərin dəyərləri bir- birindən asılıdır. Yəni

RSRQ aşağı düşəndə bu nəticə SS-SINR və SS-RSRP- nin də zəifləməsinə səbəb olur.

Ümumiyyətlə şəbəkənin zəif olmasının əsas səbəblərindən biri baza stansiyasının uzaq məsafələrdə qurulmasından, stansiyaların bir-birini izləməməsindən asılıdır. Şəbəkənin işinə hava şəraiti də təsir edir. Bu zaman interferensiya yaranar və abunəçilərin istifadə imkanları azalar. 5G (gNodeB- 5G baza stansiyası) mümkün qədər yaxın olmalıdır. Şəbəkə planlandıqdan sonra avadanlıqlar sahəyə göndərilir və artıq baza stansiyasının qurulma prosesini həyata keçirirlər. Bundan sonra isə şəbəkədə mütləq şəkildə Qonşuluqlar tanınmalıdır, əks halda şəbəkənin çalışması mümkün olmayacaq və şikayətlər artacaq. KPI dəyərləri daim nəzarətdə saxlanılmalı, hər hansı bir problem yaranarsa, mühəndislər tərəfindən müdaxilə olunmalıdır.

5G şəbəkəsinin müxtəlif parametrlərini, göstəricilərini nəzərdən keçirdik. Mümkün olan problemlər haqqında həlləri təqdim etdik. Əlbəttə ki, şəbəkəni qüsursuz şəkildə hazırlamaq mümkün deyil, amma optimallaşdırma ilə bu itkiləri hiss edilməyəcək qədər azalda bilərik. Şəbəkədə olan KPI dəyərlərini müqayisəli təhlil etdik. Nəticədə 1 ay ərzində olan KPI- lərə əsasən orta dəyər 99.2857% uğurlu bağlantı əldə edilmişdir. 5G- dən sonra növbəti nəsil 6G texnologiyaları da bəzi ölkələrdə artıq sınaq mərhələsindədir. Əldə edilmiş nəticələr aşağıda göstərilmişdir:

1. Mobil şəbəkənin müxtəlif parametrləri, şəbəkə planlaşdırılması və optimallaşdırılması zamanı əhatə dairəsinin müəyyənləşdirilməsində istifadəçi rolunu oynayır.
2. Baş verə biləcək əsas problemlərdən biri baza stansiyaların uyğun olmayan yerlərdə qurulmasıdır ki, bu şəbəkənin xidmət prosesinə mənfi təsir göstərir.
3. Praktiki təcrübələrə əsasən əgər məlumatlar düzgün konfigurasiya edilməyə, sahədə avadanlıqların qurulması zamanı hər hansı bir problem baş verərsə stansiya düzgün çalışmayacaq. Baza stansiyası aktiv olduqdan sonra qonşular tanınmazsa, bu halda da şikayətlərin sayı arta bilər.

4. Bütün qeyd etdiyimiz problemlər ixtisaslaşmış mühəndislər tərəfindən daima nəzarətdə saxlanılır. Hər hansı bir problem olduğu zaman şəbəkəyə müdaxilə edərək onu ardan qaldırırlar.
5. 5G texnologiyası daha geniş əhatə dairəsi təmin edir. Bu xüsusiyyət ilə xüsusilə kənd yerlərində tez-tez yaşanan əhatə dairəsi problemlərinin həlli gözlənilir.
6. On minlərlə insanın iştirak etdiyi tədbirlərdə kəsintisiz və yüksək sürətli interneti təcrübədən istifadə edə biləcək. Canlı yayımlar və internet zənglərində tez-tez rast gəlinən kəsintilər tamamilə aradan qaldırılacaq. 5G-nin imkanları genişdir. O səhiyyə, nəqliyyat, kənd təsərrüfatı, ictimai təhlükəsizlik və bir çox digər sahələrin inkişafına təkan verəcək.

ƏDƏBİYYAT

1. John Wiley. Advanced cellular network planning and optimization 2G/2.5G/3G... Evolution to 4G. pp-544s
2. Chris Johnson. 5G New Radio in Bullents. 1 st edition. 2019. England. 590 s. pp 200. – 440s.
3. Schiller JH. Mobile communications. Essay: Pearson Education, 2003. pp. 1-5.
4. M. H. Həsənov. Optik telekommunikasiya sistemlərinin müasir texnologiyaları. Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti. - Bakı: "Ecoprint", 2017. - 420 s.
5. Hughes CJ,Appleby MS. Definition of a cellular mobile radio system. Communications, Radar and Signal Processing, IEEE Proceedings F,Cilt.132,1985,s. pp- 416-424.
6. Cambridge University Press & Assessment. Steven W. Ellingson Radio Systems Engineering. 2009.
7. M. H. Həsənov. Optik telekommunikasiya sistemlərinin müasir texnologiyaları. Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti. - Bakı: "Ecoprint", 2017. - 412 s.
8. Mehta. H., Patel. D., Joshi. B., Modi. H.,1G to 5G mobile technology: A survey. J. Basic Appl., Eng. Res. 2014, 5, pp. 56-78.
9. Huurdeman,AA. The worldwide history of telecommunications. John Wiley & Sons,2003.
10. 5G; System Architecture for the 5G System (3GPP TS 23.501 version 15.2.0 Release 15) 218s.
11. Zaki Y. Future mobile communications: LTE optimization and mobile network virtualization. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2012. pp. 100-215.
12. Darıcı A.3. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri, Telekommünikasyon Kurumu Sektörel Araştırma ve Stratejileri Dairesi Başkanlığı, 2015.pp- 125-130.
13. Cagenius, Torbjörn, Anders Ryde, Jari Vikberg, and Per Willars. 2018. "Simplifying the 5G ecosystem by reducing architecture options." Ericsson Technology Review, Ericsson, November 30. Accessed 2020-12-28.

14. 5G; Procedures for the 5G System (3GPP TS 23.502 version 15.2.0 Release 15) 2018. 284 s.
15. B.Q. İbrahimov. Elektrik rabitə nəzəriyyəsi. Ali məktəblər üçün dərslik. - Bakı, 2016. - 382 s.
16. Michele Polese, “Performance Comparison of Dual Connectivity and Hard Handover for LTE-5G Tight Integration in mmWave Cellular Networks”, University of Padova, 2015/2016.-218s.
17. Chung-Nan Lee, Ming-Feng Lee, Jian-Min Wu and Wei-Chieh Chang, “A Feasible 5G Cloud-RAN Architecture with Network Slicing Functionality”, 2018 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC).
18. Martin Sauter. From GSM to LTE. An Introduction to mobile networks and mobile broadband. 2011. pp- 100-257s.
19. Liu, Guangyi, Yuhong Huang, Zhuo Chen, Liang Liu, Qixing Wang, and Na Li. 2020. "5G Deployment: Standalone vs. Non-Standalone from the Operator Perspective." IEEE Communications Magazine, vol. 58, no. 11, pp. 83-89, November. doi: 10.1109/MCOM.001.2000230. Accessed 2021-04-12.
20. Samsung. 2017. "4G-5G Interworking." White paper, Samsung, June. Accessed 2020-12-28.
21. David Soldani, Y. Jay Guo, Bernard Barani, Preben Mogensen, ChihLin I and Sajal K. Das, “5G for Ultra-Reliable Low-Latency Communications”, 02 April 2018.
22. Dissertasiya işinin mövzusu üzrə çap olunan məqalə: Bədəlova Günay Maarif qızı, Allahverdiyeva Səkinə Aslan qızı, Cəfərov Eyvaz Kazım oğlu, Hüseynov Elmin Ceyhun oğlu - “5G Şəbəkə texnologiyasının quraşdırılması zamanı yarana biləcək problemlərin analizi”. Azərbaycan xalqının Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü il dönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda VII Respublika elmi-texniki konfransı, Bakı, 25-26 may 2023-cü il.

İxtisarlər

GSM- 2G The Global System for Mobile Communication- (Mobil rabitə üçün Qlobal sistem)

UMTS- 3G Universal Mobile Telecommunications System- (Universal Mobil Telekomunikasiya Sistemi)

LTE- 4G Long-Term Evolution- (Uzun müddətli təkamül)

NR- 5G New Radio- (Yeni Radio)

NMT- Nordic Mobile Telephony- (Nordic Mobil Telefon)

AMPS- Advanced Mobile Phone System - (Qabaqcıl Mobil Telefon Sistemi)

FDMA - Frequency Division Multiple Access- (Kanalların tezliyə nəzərən paylanması)

TDMA - Time Division Multiple Access- (Kanalların zamana nəzərən paylanması)

MSC- Mobile Switching Center- (Mobil Kommutasiya Mərkəzi)

HLR - Home Location Register- (Əsas məkanın qeydiyyatı)

NSS- Network Switching Subsystem- (Şəbəkə kommutasiya alt sistemi)

SMS - Short Message Service- (Qısa Mesaj Xidməti)

BTS- Base Transceiver Station- (Ötürücü baza stansiyası)

BSC- Base Station Controller- (Ötürücü baza stansiyasının nəzarətçisi)

EDGE- Enhanced Data rates for GSM Evolution- (GSM Evolution üçün təkmilləşdirilmiş məlumat dərəcələri)

GPRS- General Packet Radio Services- (Ümumi Paket Radio Xidmətləri)

W-CDMA - Wideband Code Division Multiple Access- (Genişzolaqlı Kod Bölməsi Çoxlu Giriş)

ITU- International Telecommunication Union- (Beynəlxalq Telekomunikasiya İttifaqı)

CN- Core Network (Əsas Şəbəkə)

UTRAN- UMTS Terrestrial Radio Access Network- (UMTS Yerüstü Radio Giriş Şəbəkəsi)

UE- User Equipment- (İstifadəçi Avadanlığı)

USIM- User Subscriber Identity Module- (Universal SIM)- (SIM Abunəçinin Şəxsiyyət Modulu)

CS- Circuit Switch- (Dövrə Açarı)

PS- Packet Switch- (Paket Açarı)

HSDPA- High Speed Downlink Packet Access- (Yüksək Sürətli Aşağı Bağlantı Paket Girişi)

E-UTRAN- Evolved Universal Terrestrial Access Network- (Təkmilləşdirilmiş Paket Sisteminin Giriş Şəbəkəsi)

OFDMA- Orthogonal Frequency- Division Multiple Access- (Çoxlu Girişə sahib Ortoqonal Tezlik Bölməsi)

IoT- Internet of Things- (Əşyaların İnterneti)- Bütün elektron əşyaları şəbəkəyə qoşmaq üçün texnologiyadır.

3GPP- The 3rd Generation Partnership Project- (3-cü Nəsil Tərəfdaşlıq Layihəsi)

RAN- Radio Access Networks- (Radio Giriş Şəbəkələri)

SA- Services & Systems Aspects- (Xidmətlər və Sistem Aspektləri)

CT- Core Network & Terminals- (Əsas Şəbəkə və Terminallar)

EMF- Electromagnetic Fields- (Beynəlxalq Elektromaqnit Sahələri)

IMT- International Mobile Telecommunications- Advanced- (Beynəlxalq Mobil Telekomunikasiya)

PRB- Physical Resource Block- (Fiziki Resurs Blok)

NSA- Non- StandAlone architecture- (Qeyri-müstəqil arxitektura)

SA- Stand Alone architecture- (Müstəqil arxitektura)

MNO- Mobile Network Operator- (Mobil şəbəkə operatorları)

CUPS- Control and User Plane Separation of Evolved Packet Core- (İdarəetmə və İstifadəçi şəbəkəsinin ayrılması)

Handover- (Mobillik)

NG RAN -Next Generation Radio Access Network- (Növbəti Nəsil Radio Giriş Şəbəkəsi)

5GC- 5G Core Network- (5G Əsas Şəbəkəsi)

MIMO- Multiple Input and multiple Output- (Kütləvi Giriş və Kütləvi Çıxış)

Neighbor Planning- (Qonşu planlaşdırması)

ANR- Automatic Neighbor Relation- (Avtomatik Qonşu Münasibətləri)

MWF- Mobile and Wireless Forum- (Mobil və Naqilsiz Forum)

CISA- Cybersecurity and Infrastructure Security Agency- (Kibertəhlükəsizlik və İnfrastruktur Təhlükəsizliyi Agentliyi)

NCFs- Network Control Facility- (Milli Kritik Funksiyalar)

eMBB- Enhanced Mobile Broadband- (Təkmilləşdirilmiş Genişzolaqlı Mobil)

CC- Call Control- (Zənglərə Nəzarət)

URLLC- Ultra Reliable and Low Latency Communications- (Ultra Etibarlı və Aşağı Gecikmə Rabitələri)

MiIoT- Mobile Internet of Things- (Kütləvi Əşyaların İnterneti)

QoS- Quality of Service- (Xidmət Keyfiyyətinin göstəricisi)

QoE- Quality of Experience- (Təcrübənin Keyfiyyət göstəricisi)

UPF- User Plane Function- (İstifadəçi Planı Funksiyası)

RSRP- Reference Signal Received Power- (Qəbul edilən siqnalın gücü)

SINR- Signal to Noise Ratio- (Səs-küy nisbəti)

RSRQ-Reference Signal Received Quality- (Qəbul olunan siqnalın keyfiyyəti)

VR/AR- Virtual Reality and Augmented Reality- (Virtual reallıq və artırılmış reallıq texnologiyası)

KPI- Key Performance Indicator- (Əsas fəaliyyət göstəriciləri)

SSB Block Frequency- (Sinxronizasiya siqnalı bloku)

GSCN- Global Synchronization Channel Number- (Qlobal Sinxronizasiya Kanalının Nömrəsi)