

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

SONA MAHİR qızı BƏNDALİYEVA
SALEH ŞƏRİF oğlu NƏBİYEV
YAQUT ŞİRİN qızı SALMANOVA

RADİOYAYIM TRANSİVERİNİN GÜCLƏNDİRİCİ
KASKADLARININ İŞLƏNMƏSİ
mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060632– “İnformasiya texnologiyaları və sistemləri mühəndisliyi”

İxtisaslaşma : İnformasiya texnologiyaları və telekommunikasiya sistemləri

Elmi rəhbər:

f-r.e.n., dos. Əhmədova S.R.

BAKI-2023

MÜNDƏRİCAT

İxtisarların siyahısı.....	3
GİRİŞ.....	4
I FƏSİL. QƏBULEDİCİ - ÖTÜRÜCÜ RADİOKOMPLEKSLƏR.....	7
1.1.Qəbuledici-ötürücülər haqqında ümumi məlumat.....	7
1.2.Qəbuledici-ötürücü radiokomplekslərinin məqsədi və əsas funksiyaları....	8
1.3.Qəbuledici-ötürücü radiokomplekslərin strukturu.....	10
1.4. Qəbuledici-ötürücü radiokomplekslərin qurğusu.....	12
II FƏSİL. ANTENALARIN ƏSAS PARAMETRLƏRİ VƏ XARAKTERİSTİKASI.....	15
2.1. Antenaların istiqamət diaqramı və funksional elementlərinin işləmə prinsipi.....	15
2.2. Ötürücülərin işləmə prinsipi.....	16
III FƏSİL. RADİOYAYIM TRANSİVERİNİN GÜCLƏNDİRİCİ KASKADLARININ TEXNOLOGİYALARININ ANALİZİ.....	18
3.1. Mikrodalğalı stratosfer rabitəsinin analizi.....	18
3.2. Mikrodalğalı stratosfer rabitə texnologiyası.....	19
IV FƏSİL. HESABAT.....	32
4.1. Riyazi hesablamalardan istifadə edərək radioyayım transiverinin gücləndirici kaskadlarının qiymətləndirilməsi.....	32
4.2. Rabitə xətlərində itkilərin hesablanması.....	32
4.3. Radio Dalğalarının yayılması xüsusiyyətlərinin təyin olunması.....	34
4.4. Antenanın Ekvivalent Səs Temperaturunun qiymətləndirilməsi.....	43
Nəticə.....	48
İstifadə olunmuş ədəbiyyatların siyahısı.....	49

İxtisarlarnın siyahısı

IP- Səsli video trafik

ATM – Verilənlərin ötürülməsinin asinxron vasitəsi

GEO - Geostasionar peyklər

LEO - Aşağı orbitli peyklər

FCC - Federal Rabitə Komissiyası

SSI – Əlavə təhlükəsizlik gəlirləri

QÖRK - Qəbuledici-ötürücü radiokompleksləri

RRL – Radio rekombinasiya xətti

RTDK - Radiotezliklər üzrə Dövlət Komissiyası

İD - İstiqamət diaqramması

Sg - Effektiv sahə

İTƏ - İstiqamətli təsir əmsalı

PƏ – Performans əmsalı

AGM- Antenanın giriş müqaviməti

MM - Millimetr

GS – Giriş sxemi

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı. Son zamanlar radiodalğalar vasitəsilə stratosfer yüksəkliyi platforması üçün qəbuledici-ötürücü radio kompleksinin inkişaf etdirilməsi məsələlərinə xüsusi diqqət yetirilir. Çoxsaylı görülən işlərlə müqayisədə yerin suni peyklərinin imkanları xeyli dərəcədə məhduddur. Dirijabl da digər cihazlarla yanaşı, IP-nitq görünən trafiki IP-nin təşkili üçün güclü ATM kommutatorlarının da yerləşdirilməsi nəzərdə tutulur. Bundan başqa mobil video rabitənin təşkili imkanlarına da baxmaq aktual məsələlərdəndir.

Bir dirijabl diametri 500 km-dən çox olan əraziyə xidmət etməyə qadirdir. Mobil abonentlər 64 kbit/san sürətlə rəqəmsal telefonlaşma, faksimal məlumatlar və elektron poçtları məlumatları ötürmə imkanına malik olacaqlar.

Bir dirijablın cihazlarından eyni zamanda istifadə edənlərin sayı 400000 ola bilər. Qeyd edilmiş istifadəçilər videokonfranslara 256Kbit/san, internetə isə 1...12 Mbit/san sürəti ilə daxil olmaq imkanlarına da malik olacaqlar.

İnterfeys stansiyaları qoşulmuş abunəçilərə 45 Mbit/san və ya 155 Mbit/san sürətlə müxtəlif informasiya tutumlu radiokanallar vasitəsilə müxtəlif tipli məlumatlar ötürüləcək.

Buna oxşar göstəricilər güclü fiber-optik rabitə xətləri üçün də xarakterikdir.

Həm peykin, həm də yerüstü sistemlərin çatışmayan cəhətləri olduğu kimi üstün cəhətləri də vardır. Məsələn, geostasionar peyklər (GEO) səmanın eyni nöqtəsində "dayanmaq" kimi mühüm xüsusiyyətə malikdirlər. Bu da orbitin çox yuxarıda olması, siqnalların yayılmasının gecikmələri və zəifləməsi nəticəsində baş verir. Bu baxımdan, aşağı orbitli peyklər (LEO) daha cəlbedicidir, lakin bunun üçün peyklərdən ibarət bütöv bir qrup yaratmaq lazımdır.

Peyk rabitə sistemləri yerüstü sistemlərə nisbətən böyük üstünlüklərə malikdirlər: böyük yüksəklik bucağı və abunəçilərin birbaşa görmə zonası.

Abunəçilərin çoxu müasir şəhərlərdə yaşayırlar, onlar rabitə üçün (daha çox məlumat tutumuna görə) ifrat yüksək tezliklərdən istifadə edirlər.

Müasir dövrümüzdə müxtəlif layihələr işlənib hazırlanmışdır. Bunlardan biri də stratosfer qovşaqları adlanır. Stratosfer qovşaqları - stratosferdə uçan və peyk

rabitəsinin analoqu kimi xidmət edən ixtisaslaşmış təyyarələrdir. Peyklərlə müqayisədə onların əsas üstünlüyü sürətli yerləşdirmə və hündürlüyün nisbətən aşağı olmasıdır. Bu Sky Station Beynəlxalq layihəsidir.

Sky Station sisteminin əsasını təxminən 21 km hündürlükdə xidmət göstərən stratostat təşkil edir. Rabitə ilə effektiv şəkildə əhatə olunan ümumi ərazi təxminən 19.000 kvadrat kilometrdir. Uzunluğu 157 metr və diametri 62 metrdir. Qurğu günəş panelləri ilə işləyir, istehlak olunan elektrik enerjisi isə təxminən bir meqavatdır. Stratosfer şarının mövqeyi havadan işləyən maye kimi istifadə edən ion mühərriki tərəfindən idarə olunur. Planlaşdırılan xidmət müddəti 10-12 ildir.

Tipik rabitə kanalı mobil cihazlar üçün 64 kbit/san-dən 2,048 Mbit/s, stasionar istifadəçilər üçün isə 155 Mbit/s-ə qədər ötürmə sürətini təmin edəcək. Bu halda, siqnalın gecikməsi 0,5 ms-dən çox olmayacaq (geostasionar peyklər üçün 250 ms-ə qarşı), bu, məsələn, real vaxt xidmətləri (adi və İP telefoniya, videokonfrans) üçün vacibdir. Siqnal 600 MHz enlikli zolaqda təxminən 47 QHz diapazonu, “yer-stratostat” kanalları üçün isə 47,9-48,2 QHz diapazonu istifadə olunacaq.

Məhz bu diapazonlar 1997-ci ilin oktyabrında Ümumdünya Radiotezliklər Konfransının (WRC-97) qərarı ilə stratosfer rabitəsinə təyin edildi. Radio resurslarından istifadə ilə bağlı beynəlxalq siyasətə cavabdeh olan mötəbər qurumun qərarı ABŞ Federal Rabitə Komissiyasının (FCC) də bu yaxınlarda qəbul etdiyi hökmü təkrarlayır.

Sky Station kanalları bu gün məlum olan bütün telekommunikasiya xidmətləri üçün istifadə edilə bilər: telefon və video rabitə, İnternetə çıxış, televiziya (o cümlədən interaktiv) və s. Eyni zamanda, SSI hesablamalarına görə, bir istifadəçi üçün mobil kanalın bir dəqiqəsinin qiyməti çox ucuz başa gələcək. Stratosfer rabitəsi üçün təcrübə olaraq 47,2-47,5 QHz (aşağı əlaqə), 47,9-48,2 QHz (yuxarı əlaqə) tezlikləri ayrılmışdır. Buna görə də, bu dissertasiya işində qəbuledici-ötürücü radiokomplekslərin (QEÖK) əsas parametrlərini müəyyən etmək üçün rabitə diapazonunun müvafiq hesablamaları aparılmışdır. Bu inkişafın əsas xüsusiyyəti kommunikasiya sistemlərində hələ mənimsənilməmiş millimetr dalğalarının istifadəsidir.

İşin məqsədi. Radioyayım transiverinin gücləndirici kaskadlarının tətbiq sahələrinin müəyyənləşdirilməsi, onların təhlil edilməsi ilə qarşılıqlı analizidir. Dissertasiya işində qəbuledici-ötürücü radiokomplekslərin parametrlərinin və əsas xüsusiyyətlərinin təhlilinin aparılması nəzərdə tutulmuşdur.

Tədqiqat obyektı. “Azerconnect MMC” - “Şəbəkə Monitorinqi Mərkəzi” şöbəsi - Network Monitoring Center - NMC”, “Azercell MMC” - Radio Planlama və Optimizasiya” şöbəsi - Radio Planing and Optimization – RAN”

İşin elmi yeniliyi. Radioyayım transiverinin gücləndirici kaskadlarının əsas xüsusiyyətlərinə və bort rabitə alt sistemi üçün sərf olunan gücün bölüşdürülməsi imkanlarına əsaslanaraq bəzi kəmiyyətlərin və keyfiyyət göstəricilərinin müqayisəli təhlili aparılmışdır. Ötürücü ilə kosmik gəminin bort antenaları arasındakı xətlərdə yüksək tezlikli enerji itkilərinin qiymətləndirilməsi təhlil edilmişdir.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, 4 fəsildən, nəticədən, 25 sayda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin əsas hissəsi 40 səhifə mətndən, 19 şəkildən ibarətdir. İşin ümumi həcmi 50 səhifədir.

Birinci fəsildə Radioyayım transiverinin gücləndirici kaskadlarının əsas xüsusiyyətləri haqqında ümumi məlumatlar verilmiş, eləcə də ötürücü ilə kosmik gəminin bort antenaları inkişaf konsepsiyasının təhlili aparılmış və Radioyayım transiverinin istifadə olunan texnologiyaları müəyyən edilmiş və araşdırılmışdır.

İkinci fəsildə Radioyayım transiverinin gücləndirici kaskadlarının arxitekturası, əsas elementləri və onların işləmə prinsipi, əsas kəmiyyətləri və bu kəmiyyətlərin göstəriciləri tədqiq olunmuşdur.

Üçüncü fəsildə Radioyayım texnologiyalarının təhlükəsizlik məsələləri ilə yanaşı bu texnologiya üzərində dünya ölkələrində aparılan tədqiqat işləri və nəticələri analiz edilmişdir.

Dördüncü fəsildə Riyazi hesablamalardan istifadə edərək Radioyayım transiverinin gücləndirici kaskadlarının qiymətləndirilməsi aparılmış, effektivliyin hesablanması üçün əsas parametrləri aydınlaşdırılmış, effektivliyi hesablanmış, keyfiyyət parametrləri hesablanmış və onların optimal qiymətləri müəyyənləşdirilmişdir.

I FƏSİL. QƏBULEDİCİ - ÖTÜRÜCÜ RADİOKOMPLEKSLƏR

1.1. Qəbuledici-ötürücülər haqqında ümumi məlumat

Qəbuledici-ötürücü radiokomplekslər (QÖRK) geniş yayılmışdır və simsiz rabitənin bütün sahələrində istifadə olunur. QÖRK istifadə olunan tezliyə görə QD, OD, UQD və genişzolaqlı ifrat yüksək tezliklərə ayrılırlar, həmçinin təyinatına görə: radio və televiziya yayımı üçün, RRL üçün, peyk rabitəsi üçün və s. Hazırda sənaye tərəfindən mənimsənilən yuxarı tezlik 45 QHs-ə yaxınlaşır.

Bildiyiniz kimi, rabitə tezliyi nə qədər yüksəkdirsə, tezlik diapazonu daha genişdir, lakin eyni ötürücü gücündə rabitə diapazonu azalır. Rabitə diapazonunu artırmaq üçün ya ötürücünün gücünü artırmaq, ya da yüksək istiqamətli ötürücü və qəbuledici antenalardan istifadə etmək lazımdır. Beləliklə, QÖRK-ni işləyib hazırlayarkən radorabitə sistemləri üçün bir-birini istisna edən tələbləri nəzərə almaq və həll etmək, həmçinin məlumatların qəbulu və ötürülməsi avadanlığının konkret məqsədinə uyğun olan rabitə texnologiyasından istifadə etmək lazımdır.

Qəbuledən-ötürən radio kompleksləri (QÖRK) adətən iki hissədən ibarətdir: qəbul yolu və ötürücü yol.

Qəbul yolu qəbuledici antenadan başlayır, daha sonra rabitə xəttində itkiləri azaltmaq üçün ultra yüksək tezliyi (47,2 -48,2 QHs) 950-1750 MHs daha aşağı tezlikə çevirmək üçün aşağı səs-küylü giriş gücləndiricisi və ara tezlik gücləndiricisi qəbuledici avadanlıqla başlayır.

Ötürmə yolu ötürmə avadanlığından, ara tezlik gücləndiricisindən, güc gücləndiricisindən və ötürücü antenadan ibarətdir.

Bəzi radio rabitə sistemlərində qəbul yolu və ötürmə yolu yalnız tezlik və qütbləşmədə deyil, kanalın ayrılması ilə qəbul və ötürmə üçün bir antenaya malikdir.

Əsas QÖRK cihazlarından biri iş prinsipi istifadə olunan rabitə texnologiyasından, tezlik diapazonundan və siqnalların kodlaşdırılması və dekodlanması üsullarından asılı olan siqnal modulyatoru və demodulyatorudur.

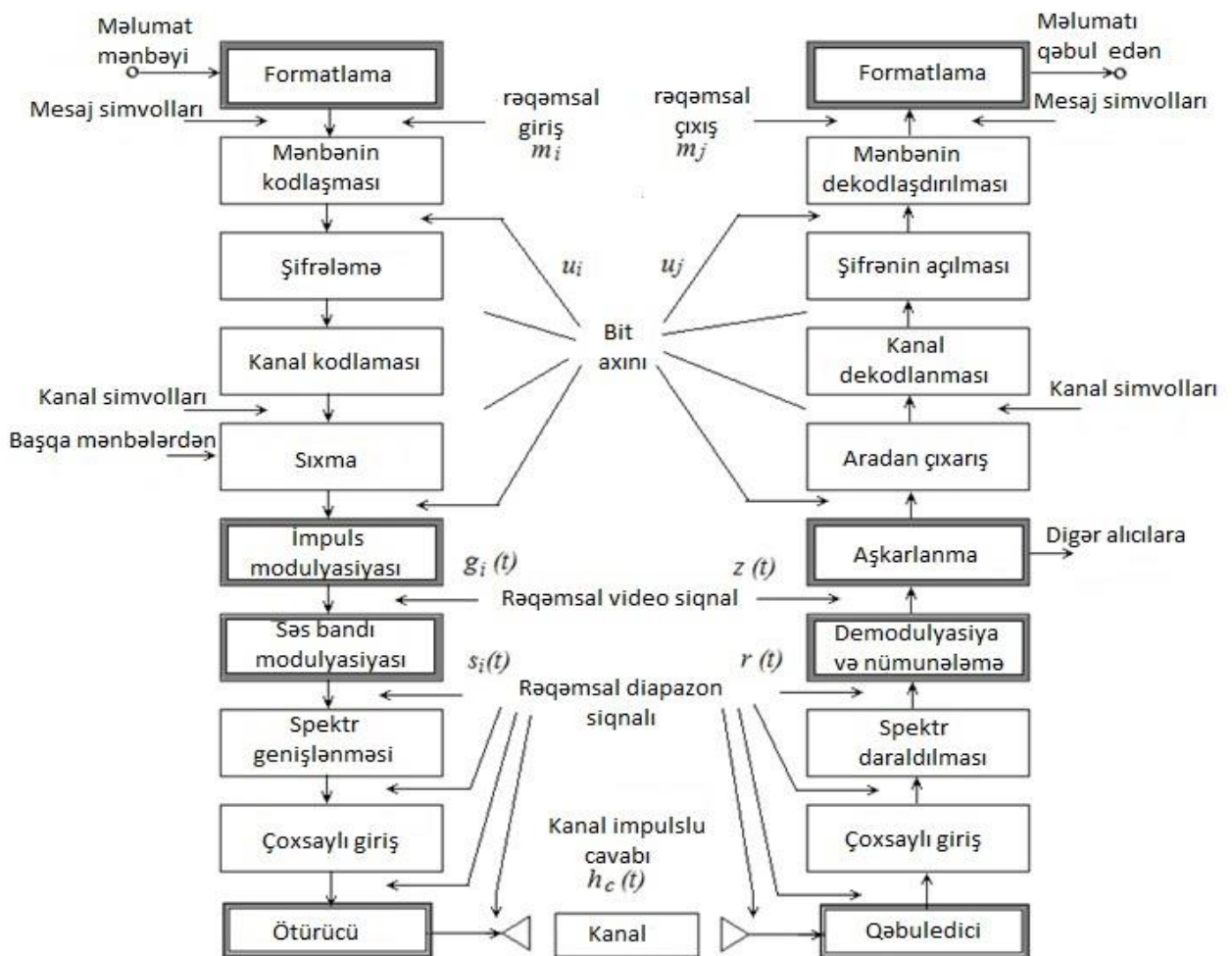
Başqa bir vacib QÖRK cihazı ötürmə-qəbul antenasından istifadə edərkən polarizatorudur. Nəzərə almaq lazımdır ki, bu seçim avadanlığın çəkisinin azaldılmasını

təmin edir, lakin polarizatorun dəqiq işləməsini , yuxarı və aşağı axın kanallarının tezliklərinin daha dəqiq ayrılmasını tələb edir.

1.2. Qəbuledici-ötürücü radiokomplekslərinin məqsədi və əsas funksiyaları

QÖRK-nin əsas məqsədi, hər biri antenalardan, qidalandırıcı xətlərdən, ötürücü ilə güc gücləndiricisindən və qəbuledici qurğu ilə aşağı səs-küylü qəbuledici gücləndiricidən ibarət kompleks olan radio ötürücü və radio qəbuledici qurğulardan istifadə edərək rabitə kanallarının təşkilidir. .

Əgər ötürmə-qəbul yolunun strukturunu nəzərdən keçirsək, onda onun tam blok diaqramı şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Tipik rəqəmsal rabitə sisteminin funksional diaqramı

Blok diaqramların sol hissəsi ötürücüdə mərhələlərlə, sağ hissəsi isə qəbuledicidə baş verən bütün prosesləri əks etdirir. Ötürücüdə , baş verən siqnalın işlənməsi mərhələləri əsasən qəbuledicinin siqnal emal addımlarının əksidir.

Ayrılmış bloklar ötürücü sistemi üçün məcburidir. Qalan bloklar isə ötürücü kompleksin mürəkkəbliyindən asılıdır və həm kommunikasiya texnologiyalarından, həm də istifadə sahəsindən asılıdır.

Giriş məlumatı ikili rəqəmlərə (bitlərə) çevrilir, bundan sonra bitlər rəqəmsal mesajlara və ya mesaj simvollarına qruplaşdırılır. Hər bir belə simvol (m_i , burada $i=1, \dots, M$) M elementi olan sonlu əlifbanın elementi hesab edilə bilər.

Buna görə də $M=2$ üçün mesaj simvolu binardır. Kanal kodlaşdırmasından (səhvlərin düzəldilməsi kodları) istifadə edən sistemlər üçün mesaj simvollarının ardıcılığı kanal simvolları (kod simvolları) ardıcılığına çevrilir, hər bir kanal simvolu u_i ilə işarələnir. Mesaj simvolları və ya kanal simvolları bir və ya bir neçə bitdən ibarət ola bildiyi üçün belə simvolların ardıcılığı bit axını adlanır.

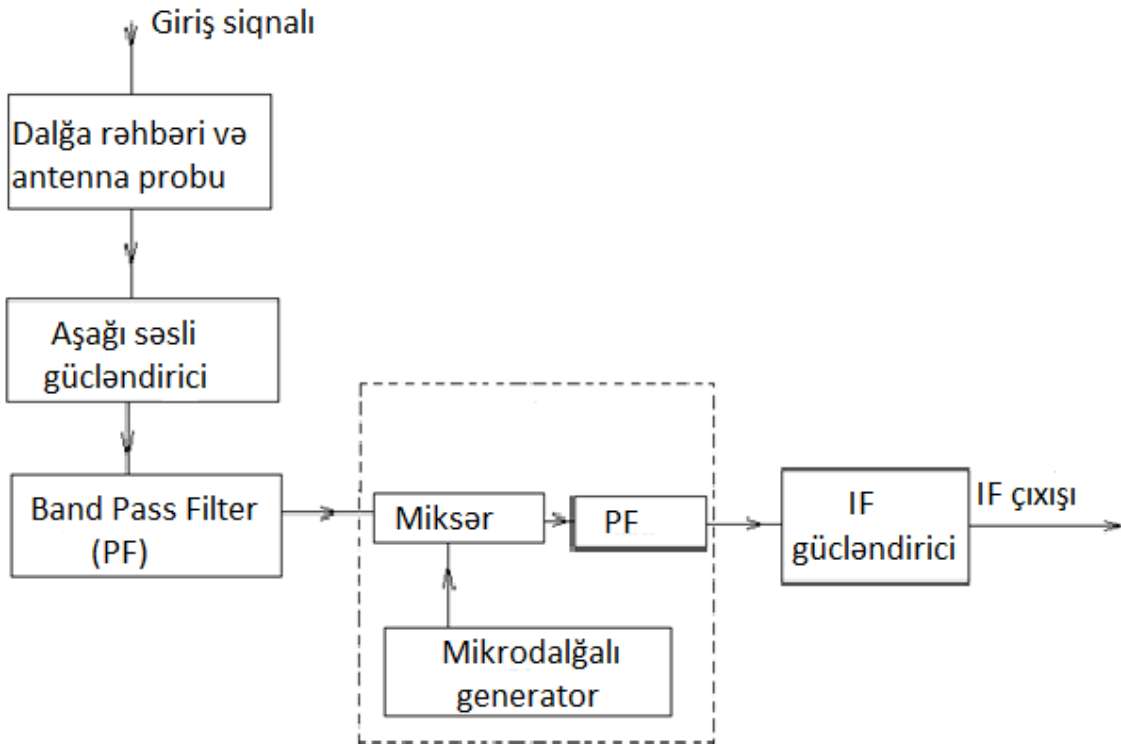
Şəkil 1- doqquz qrupa bölünmüş əsas siqnal emal funksiyalarını (siqnal transformasiyası kimi qəbul edilə bilər) göstərir.

1. Mənbənin formatlaşdırılması və kodlaşdırılması
2. Videosiqnalların ötürülməsi
3. Zolaq siqnalının ötürülməsi
4. Düzəldirmə
5. Kanal kodlaşdırılması
6. Sıxlaşdırmaq və çoxlu giriş
7. Yayılmış spektr
8. Şifrələmə

QÖRK üçün əsas tələblər ayrılmış tezliklərin səmərəli istifadəsi və kodlaşdırma, modulyasiya və rabitə texnologiyalarından asılı olan etibarlı, yüksək keyfiyyətli rabitənin təşkilidir.

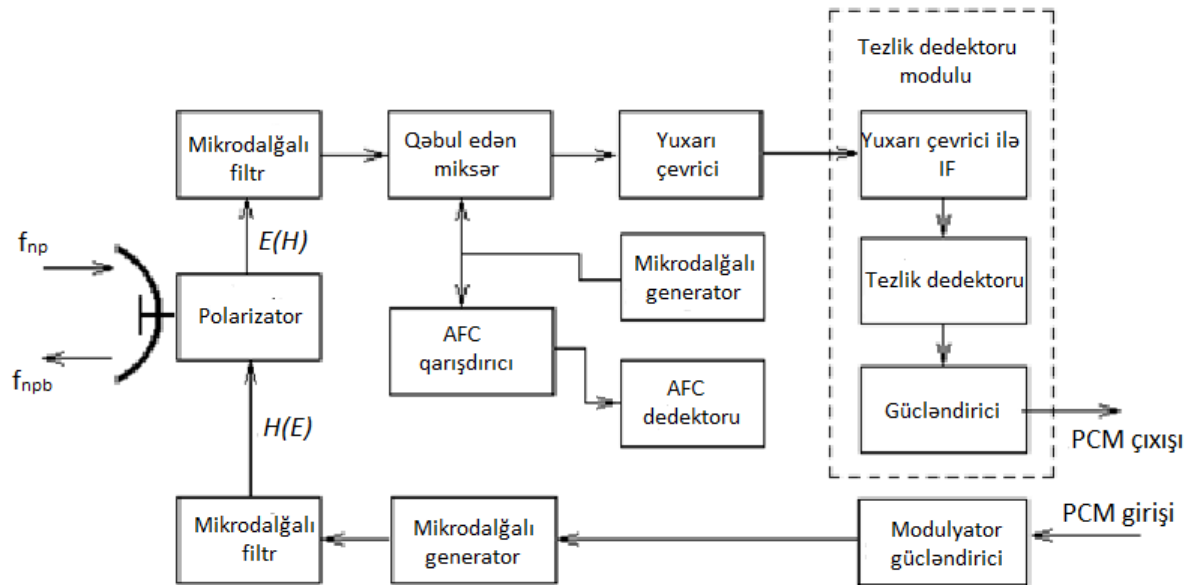
1.3. Qəbuledici-ötürücü radiokomplekslərin strukturu

Əvvəldə deyildiyi kimi, QÖRK -nin əsas cihazları ötürücü və qəbuledici radio kompleksləridir. Ötürücü radio kompleksi güc gücləndiricisi və ötürücü antenadan ibarətdir. Qəbul edən radio kompleksi qəbuledici antenadan və aşağı səs-küylü gücləndiricidən ibarətdir.



Şəkil 2. Sadələşdirilmiş qəbuledicinin quruluşu

Şəkil 2-də bir antenanın həm qəbul, həm də ötürmə üçün xidmət etdiyi SPR strukturunu göstərir.



Şəkil 3. Qəbuledici-ötürücü radiokompleksin struktur sxemi

Belə bir QÖRK -nin blok diaqramı Şəkil 3-də göstərilmişdir. Bura aşağıdakı funksional bölmələr daxildir:

- 1 - 300 mm diametrlı parabolik iki güzgülü antena;
- 2 - dalğa ötürücü zolaq qəbulediciləri;
- 3 - polarizasiya ayırıcısı (üfüqi E və şaquli H);
- 4 - ötürücü mikrodalğalı filtrlər;
- 5 - qəbuledici kanal qarışdırıcısı;
- 6 – yerli osilatorun dördüncü harmonikasında işləyən; Schottky maneəsi olan diodlarda AFC kanal qarışdırıcısı
- 7 - varaktor tezliyinin tənzimlənməsi ilə Qann dioduna əsaslanan mikrodalğalı generator;
- 8 - silikon bipolyar tranzistorlar üzrə ilkin IF;
- 9 - dielektrik rezonator tərəfindən stabilləşdirilmiş tranzistorlu mikrodalğalı generator;
- 10 - AFC kanalının tezlik detektoru;
- 11- ötürücü modulyatorun video gücləndiricisi;
- 12- tezlik detektoru modulu

Bu modul vahid fiberglas çap dövrə lövhəsində hazırlanmışdır və avtomatik qazanc nəzarəti 13 olan əsas **IF** (aralıq tezlik gücləndiricidən), detunlaşdırılmış sxemlərdə tezlik detektorundan 14 və video gücləndiricidən 15 ibarətdir.

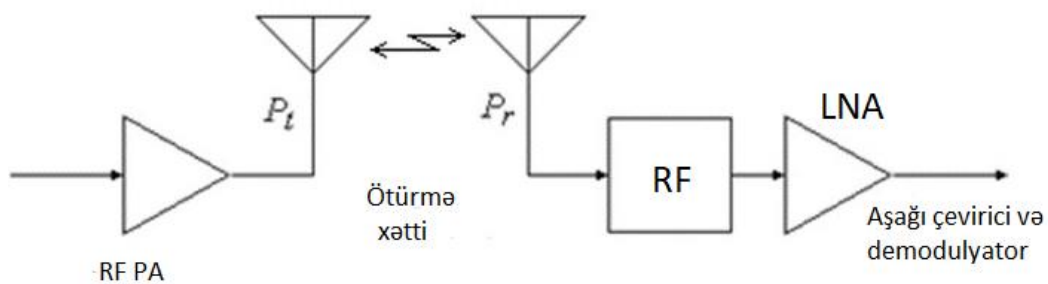
İkinci dərəcəli enerji təchizatı 16, +60 V sabit gərginliyin stansiyanın funksional bölmələrini gücləndirmək üçün lazım olan +12 V, -12 V və +5 V sabitləşdirilmiş gərginliyə çevrilməsini təmin edir.

Parabolik antena, ötürücülər və ikincil enerji mənbəyi struktur olaraq diametri 300 mm və uzunluğu 250 mm olan möhürlənmiş silindrik konteynerə yerləşdirilir. PPS-nin kiçik çəki və ölçü xüsusiyyətləri əksər hallarda xüsusi dirəklər strukturlarının tikintisindən imtina etməyə imkan verir.

1.4. Qəbuledici-ötürücü radiokomplekslərin qurğusu

QÖRK -nin əsas elementləri bunlardır: antenalar, qəbuledicilər və ötürücülər.

Ötürmə xətti radio tezliyi (RT) güc gücləndiricisi (GG) olan radio ötürücünü ötürücü antena ilə birləşdirir. Qəbuledicidə antena aşağı səs-küylü gücləndiricinin (SKG) girişinə qoşulur. Gücləndirilmiş qəbul edilmiş siqnal aşağı çeviriciyə verilir və demodulyasiya edilir (Şəkil 4).



Şəkil 4. Rabitə kanalı və qəbuledici elementlər

Bu dissertasiyanın bir xüsusiyyəti mikrodalğalı sobada, 40-dan 50 QHs-ə qədər inkişaf etməmiş tezliklər bölgəsində millimetr diapazonunda simsiz rabitənin təşkili imkanlarının öyrənilməsi və hesablanmasıdır. Hazırda 40,5-43,5 QHs millimetr dalğa uzunluğu diapazonu inkişafın mürəkkəbliyinə görə praktiki olaraq inkişaf

etdirilməmişdir. Eyni zamanda, bu diapazonda ayrılmış 3 Hs kanal genişzolaqlı siqnaldan istifadə etməyə imkan verir və bununla da kanalın genişliyini və məlumat ötürmə sürətini artırır.

Bu cür sürətlər bu günə qədər yalnız fiber optik sistemlərdə mövcud olmuşdur. Bununla belə, millimetr diapazonunda işləyən avadanlıqlar müxtəlif rəqəmsal rabitə xidmətlərini, o cümlədən Triple Play xidmətlərini - İnternetə çıxışı, IP üzərindən TV yayımını (IPTV, HD-IPTV) həyata keçirməyə imkan verən universal simsiz yüksək sürətli şəbəkələr qurmağa imkan verir); tələb üzrə video VoD (Video on Demand); IP telefoniya (VoIP).

Radiotezlik spektrindən istifadənin səmərəliliyinin artırılması zərurətini nəzərə alaraq və 40,5-43,5 QHs diapazonunda müasir sistem və texnologiyaların tətbiqinin vacibliyini dərk edərək, 2008-ci ilin aprelində Radiotezliklər üzrə Dövlət Komissiyası (RTDK) radiotezliklərin sadələşdirilməsi barədə mülki məqsədlər üçün stasionar simsiz çıxışın radioelektron vasitələri ilə istifadə üçün 40,5 - 43,5 QHs radiotezlik diapazonunun ayrılması qərarı qəbul etmişdir .

Belə ki, Komissiya hər bir konkret istifadəçi üçün radio elektron vasitələrdən (RƏV) -dən istifadə üçün 40,5 - 43,5 QHs radiotezliklərinin istifadəsi üçün Radiotezliklər üzrə Dövlət Komitəsinin ayrıca qərarlarının verilməsi zərurətini ləğv edib.

Rabitə kanalı antenalarla başladığı üçün antenaları nəzərdən keçirək və mikrodalğalı rabitə üçün uyğun antena növlərini seçək.

Siqnalları qəbul edərkən qəbuledici antena ən vacib funksiyalardan birini oynayır. Antenalar radiodalğaların diapazonuna, tətbiqinə, fərdi xüsusiyyətlərin ümumiliyinə (zolağın genişliyi, şüalanma nümunələri və s.) və iş prinsipinə görə təsnif edilir. Antenaların formasını, əsas xüsusiyyətlərini və tətbiqini böyük ölçüdə müəyyən edən iş prinsipinə görə təsnif etmək ən məqsədəuyğundur.

Buna görə antenaları *üç qrupa* bölmək olar.

1. Xətti antenna - eninə ölçüləri dalğa uzunluğundan çox kiçik olan, sistemin oxu boyunca dəyişən cərəyanlarla hərəkət edən şüalanma sistemi. Mikrodalğalı diapazonda istifadə olunan xətti antenalara vibratorlar daxildir.

2. Anten qəfəsi - müəyyən bir şəkildə yerləşən və bir generator və ya bir neçə koherent

generator tərəfindən həyəcanlanan eyni tipli radiatorlar sistemi. Tipik anten massivləri bunlardır: rejissor antenası, yuva antenası, yarım dalğalı simmetrik vibratorlardan səth antenaları və s.

3.Diyafram antena - onun çıxışı radiasiya (qəbul edilən) elektromaqnit enerjisinin bütün axınının keçdiyi müəyyən bir səth kimi təmsil oluna bilməsi ilə xarakterizə olunan bir cihaz. Bu səth diyafram və ya açılış adlanır. Açılış ölçüləri adətən dalğa uzunluğundan daha böyükdür. Apertura antenalarına akustik tipli sistemlər - buynuzlar, optik tipli antenalar - güzgülər və linzalar, həmçinin səth dalğası antenaları daxildir.

II FƏSİL. ANTENALARIN ƏSAS PARAMETRLƏRİ VƏ XARAKTERİSTİKASININ ÖLÇMƏ DƏQİQLİYİNİN TƏDQIQI

2.1. Antenaların istiqamət diaqramı və funksional elementlərinin işləmə prinsipi

1. İstiqamət diaqramı (İD).

2. Əsas istiqamətin eni. İstiqamət diaqramması nümunəsi maksimum radiasiyanın bir neçə istiqamətinə malik ola bilər. Onlardan ən böyük dəyərə malik olan biri əsas adlanır. İşçi olan əsas istiqamətin eni radiasiya nümunəsinin genişliyini xarakterizə edir.

3. Effektiv sahə (Sg) - qəbuledici antenanın enerji topladığı sahənin ölçüsünü xarakterizə edən rəqəm: $S_g = S_{\text{a}} \cdot C_i$, burada $C_i < 1$ - açılış səthinin istifadə əmsalı; S_{a} - antenanın açılış səthi.

4. İstiqamətli təsir əmsalı (İTƏ) - eyni məsafədə verilmiş istiqamətdə eyni sahə gücünü yaradan istiqamətli və istiqamətsiz antenaların şüalanma güclərinin nisbəti ilə müəyyən edilən ədəd.

Bəzən İTƏ (istiqamətlənmiş təsir əmsalı) əvəzinə antenanın güclənmə əmsalının (GƏ) məhsulu olan antenanın faydalı hərəkət əmsalını (AFHƏ) istifadə etmək daha rahatdır. Antenanın səmərəliliyi birliyə yaxın olduğundan, böyük bir səhv olmadan, istiqamət faktorunun və qazanc faktorunun bir-birinə bərabər olduğunu güman edə bilərik.

5. Antenanın giriş müqaviməti (AGM) antenanın mikrodalğalı yolu ilə uyğunluğunu müəyyən edən ekvivalent dəyərdir. Ümumiyyətlə, $Z_{\text{giriş}} = R_a + jX_a$, burada $R_a = R_n + R_j$: - aktiv komponent; R_n - istilik itkilərini xarakterizə edən itki müqaviməti; R_j - radiasiyanın təsirini xarakterizə edən radiasiya müqaviməti; X_a - antenadan əksini xarakterizə edən reaktiv komponentdir.

Tipik olaraq, antenanın daimi dalğa nisbəti $C_{\text{st}} < 1.5$ -dən çox deyil. Bu şəraitdə $X_a < R_a$ və antenanın giriş empedansı təqribən AGM təchizatı yolunun dalğa empedansına bərabərdir.

6. Antenanın faydalı hərəkət əmsalını (AFHƏ) şüalanan gücün $P_{\text{a}} + P_{\text{p}}$

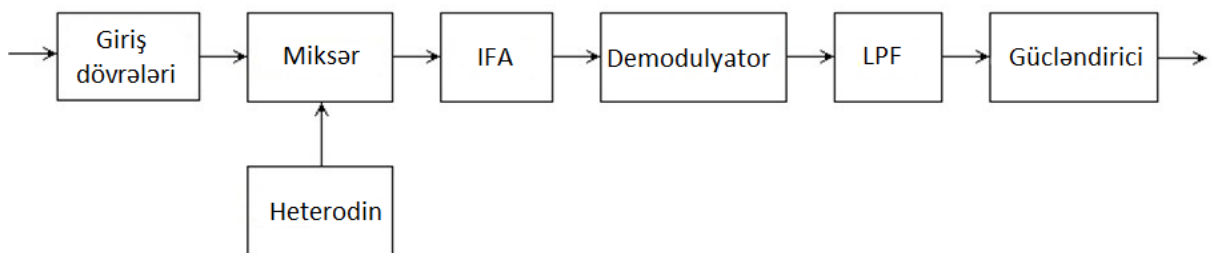
antenasına verilən ümumi gücə nisbəti ilə müəyyən edilir.

7. Antenanın işləmə tezliyi diapazonu bütün antena parametrlərinin dəyərləri göstərilənlərdən kənara çıxmır. Bant genişliyini təyin etmək üçün ən ümumi meyar giriş empedansıdır.

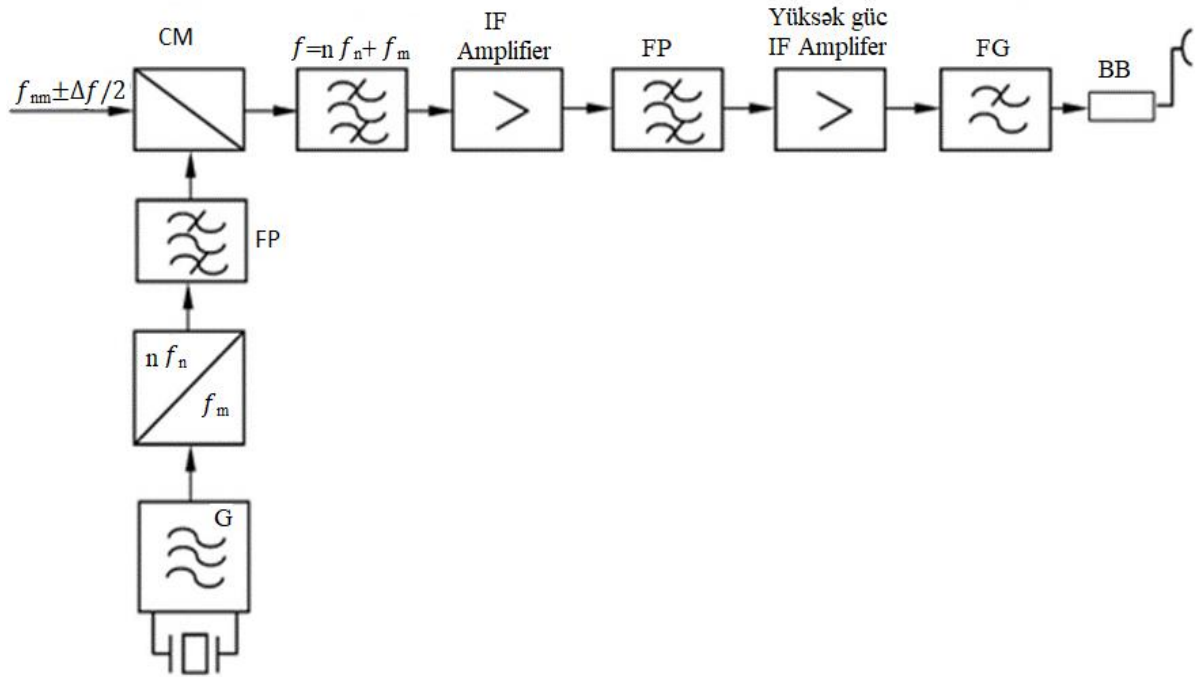
2.2. Ötürücülərin işləmə prinsipi

Peyklərəarası və digər rabitə sistemləri də daxil olmaqla, ultra genişzolaqlı və tıxacın qarşısını alan sistemlər millimetr dalğalarında işləyə bilər. Bu diapazonlarda rabitəli radio ötürücülər superheterodin sxeminə uyğun olaraq qurulur.

Adətən birinci mərhələ bir qarışdırıcıdır, aşağı səs-küylü radiotezlik gücləndiriciləri nisbətən nadir hallarda istifadə olunur, yalnız millimetr diapazonunun uzun dalğalı hissəsində. Belə qəbuledicilərin giriş sxemləri (GS) giriş signalının tələb olunan tezlik diapazonunu təcrid etmək, müdaxiləni süzmək, mikserə yerli osilator enerjisini vermək və yerli osilatorun (GS) səs-küyünü boğmaq funksiyalarını yerinə yetirir. GS üçün əsas tələb giriş signal itkilərinin kiçik olmasıdır.



Şəkil.5 . Millimetr qəbuledici quruluşu



Millimetr diapazonunun uzun dalğalı hissəsində GS -lər tez-tez dalğa ötürücülərində və mikrozolaqlı xətlərdə (MZX) yerinə yetirilir və itkiləri azaltmaq üçün dalğa yolunun həndəsi uzunluğu son dərəcə azaldılır. Əsasən fərqli GS(giriş sxemi) sinfi də geniş istifadə olunur - kvazi-optik interferometrlər müxtəlif tezliklərin və polarizasiyaların tezlik filtrləri və siqnal ayırıcıları kimi fəaliyyət göstərir.

Yarımkəçirici gücləndiricilər (YG) millimetr diapazonu qəbuledicilərinin girişində istifadə edilə bilər, lakin bu halda ciddi texniki çətinlik tələb olunan gücün nasos generatorlarının yaradılmasıdır.

Millimetr diapazonlu qarışdırıcıların ən çox istifadə olunan qeyri-xətti elementləri kalium arsenidli ŞBD (Şotki baryerli diod)-lərdir. Onlar həm tək dövrəli qarışdırıcı sxemindən, həm də iki diondan istifadə edirlər: balanslaşdırılmış, subharmonik və itələyici. Balanslaşdırılmış mikserlərlə yerli osilatorun Amplitud səs, səs-küyünün azaldılması sayəsində aşağı tezlikli Aralıq tezliyin gücləndiricisi və ya aşağı bant genişliyi ilə ATG istifadə edilə bilər. Geterodin kimi, kiçik vakuum cihazlarından: əksedirici klistronlardan, əks dalğa lampalardan, Hann diodlarından və varikaplardan istifadə edilir. Varikap tezlik çarpanlarının istifadəsi ilə 100-250 QHs tezliklərdə 5-20 mVt geterodin gücü əldə etmək mümkündür.

III FƏSİL. RADİOYAYIM TRANSİVERİNİN GÜCLƏNDİRİCİ KASKADLARININ TEXNOLOGİYALARININ ANALİZİ

3.1. Mikrodalğalı stratosfer rabitəsinin analizi

Layihələrin əksəriyyətinə 20 km-dən çox hündürlüyə qalxa bilən tam avtonom pilotsuz dirijablın yaradılması daxildir. Atmosferin bu təbəqələrinin seçimi (əks istiqamətlənmiş sürətlərlə hava axınlarını ayıran dövriyyə fasiləsi zonası) bir sıra hallarla müəyyən edilir.

Hündürlüyün artması ilə küləyin sürəti artır və təqribən 10 km yüksəklikdə maksimuma (30 m/s-dən çox) çatır, sonra isə təxminən 20 km yüksəklikdə külək minimuma enir (təxminən 10 m/s). Bu yüksəkliklərdə üstünlük təşkil edən küləklərin cüzi sürəti ilə yanaşı, onların istiqamət üzrə nisbi sabitliyi də qeyd olunur. Güman edilir ki, stratosfer dirijablarının istismarı zamanı əsas uçuş rejimi yer səthinin müəyyən nöqtəsi üzərində süzülərək təxminən $1 \times 1 \times 1$ km ölçüdə “kub” daxilində yerində qalacaq.

Belə stratosfer dirijabları əslində Yerın aşağı orbitli geostasionar peyklərinə çevrilir və bununla əlaqədar olaraq onlara geostasionar stratosfer platformaları (GSP) deyilir. Uçuşun idarə edilməsi və təyyarə sistemlərinin istismarı idarəetmə mərkəzindən əsasən avtomatlaşdırılmış rejimdə həyata keçirilməlidir. Hava gəmisinin avtonom uçuşunun təxmini müddəti 3 aydan 10 aya qədərdir.

Mühərriklərin və avadanlıqların istismarı üçün enerji təchizatı günəş panellərindən alınan enerjinin yığılması hesabına həyata keçirilir. Qütb enlikləri üçün (qütb gecəsi problemi) yığcam nüvə reaktorundan istifadə imkanları nəzərdən keçirilir. Layihələrin praktiki həyata keçirilməsi enerji təchizatı texnologiyalarının mükəmməl olmaması və stratosfer dirijabının gövdəsini qurmaq üçün lazımi materialların olmaması səbəbindən təxirə salındı.

Bu məqsədlər üçün kifayət qədər böyük bir aparatın lazımi möhkəmliyini və sərtliyini təmin etmək üçün yüngül struktur materialları tələb olunur: bir neçə ton faydalı yükü təxminən 20 km hündürlüyə qaldırmaq üçün bir dirijablın tələb olunan

həcmi yüz minlərlə kubmetrdir. Helium və ya hidrogen və bir dirijablin xətti ölçüləri bir neçə yüz metrə çatır.

Yüksək xüsusi gücü və aşağı qaz keçiriciliyi olan qabıq materialları da tələb olunur. 1980-1990-cı illərin enerji (günəş enerjisinin saxlanması və bərpaedici enerji elementləri, məsələn, hidrogen yanacaq elementləri) və materialşünaslıq (kompozit və polimer materiallar, fotovoltaiq plyonkalar) sahələrində əldə edilən nailiyyətlər mövcud problemləri həll etməyə imkan verdi və 2003-2004-cü illərdə . 2 ilə 5 tona qədər yük daşıyan stratosfer hava gəmilərinin prototiplərinin sınaqları haqqında ilk məlumatı aldı. Aparıcı aerokosmik şirkətlərin 2010-cu ilə qədər stratosferik pilotsuz dirijabl yaratmaq yarışını elmi və texnoloji inqilabın yeni dalğasının başlanğıcından xəbər verir.

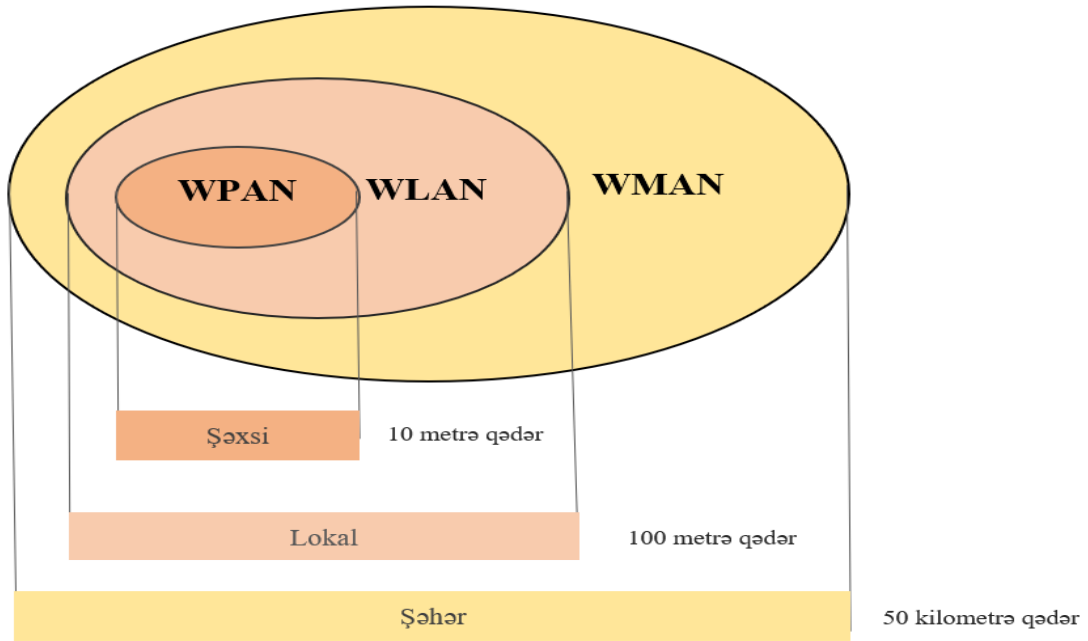
3.2. Mikrodalğalı stratosfer rabitə texnologiyası

Simsiz texnologiyalar iki və ya daha çox nöqtə arasında məftillərlə əlaqə tələb etmədən məlumat ötürmək üçün istifadə olunan informasiya texnologiyalarının alt sinfidir. Məlumat ötürmək üçün infraqırmızı radiasiya, radio dalğaları, optik və ya lazer şüalanması istifadə edilə bilər.

Hal-hazırda bir çox simsiz texnologiya var. Hər bir texnologiya onun əhatə dairəsini müəyyən edən müəyyən xüsusiyyətlərə malikdir.

Simsiz texnologiyaların təsnifatına müxtəlif yanaşmalar mövcuddur.

Diapazona görə ayırmaq olar:



Şəkil 6. Aralığın təsnifatı

WPANS: Simsiz Şəxsi Sahə Şəbəkələri

- Wireless Personal Area Networks (WPAN - Wireless Personal Area Networks). Texnologiya nümunələri Bluetooth-dur.
- Simsiz Lokal Şəbəkələr (WLAN - Simsiz Lokal Şəbəkələr). Texnologiyaların nümunələri - Wi-Fi.
- Simsiz metropoliten şəbəkələri (WMAN - Wireless Metropolitan Area Networks). Texnologiyaların nümunələri - WiMAX

İndiki iki simsiz şəxsi şəbəkə texnologiyası İnfra Qırmızı (IR) və Bluetooth (IEEE 802.15). Onlar cihazların 30 fut (təxminən 10 m) radiusda əlaqə saxlamasına imkan verir. IR rabitəsini qurmaq üçün qurğular görmə səviyyəsində olmalıdır. Onların əlaqəsi olduqca kiçik bir məsafə ilə xarakterizə olunur.

WLANS: Simsiz yerli şəbəkələr

WLANS universitet şəhərçiyi və ya kitabxana kimi müəyyən ərazinin və ya məkanın istifadəçilərinə şəbəkə yaratmaq və İnternetə daxil olmaq imkanı verir. Müvəqqəti şəbəkə məhdud sayda istifadəçi ilə və ötürücü olmadan yaradıla bilər, bu şərtlə ki, onların İnternet resurslarına çıxışı lazım deyil.

WMANS: Simsiz Metropolitan Ərazi Şəbəkələri

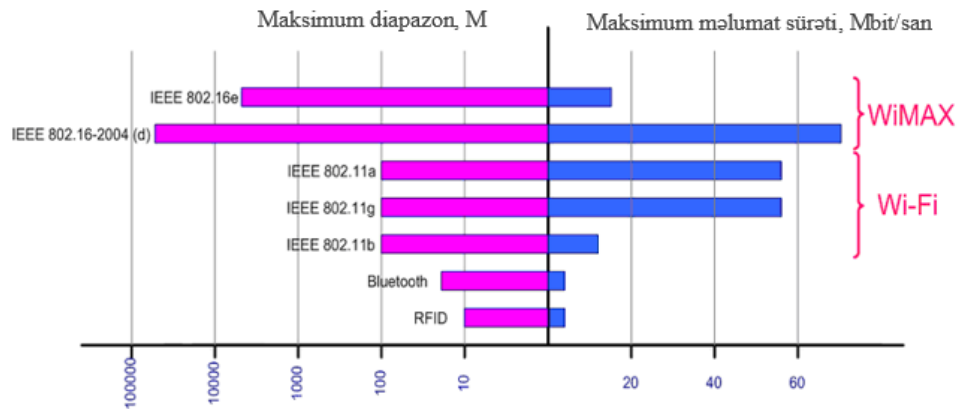
Bu texnologiya şəhərdə bir neçə şəbəkəni, məsələn, şəhər binalarını birləşdirməyə imkan verir ki, bu da kabel bağlantısına əla alternativdir.

Həmçinin, bəzi mənbələrdə 10 minə qədər işləyən qlobal simsiz şəbəkələr (WWANS) fərqlənir. km.

WWANS: Simsiz Geniş Sahə Şəbəkələri

Bu tip şəbəkə peyk və ya anten rabitə sistemləri vasitəsilə müxtəlif şəhərləri və ölkələri birləşdirir. Onlara 2G sistemləri (ikinci nəsil sistemlər) deyilir.

Təsnifatın qısa, lakin qısa yolu simsiz texnologiyaların iki ən əhəmiyyətli xarakteristikasını eyni vaxtda iki oxda göstərməkdir: maksimum məlumat ötürmə sürəti və maksimum məsafə.



Şəkil 7. Diapazon və maksimum məlumat sürəti üzrə təsnifat

Tətbiq sahəsinə görə ayırd etmək olar:

- Korporativ (departament) simsiz şəbəkələr - şirkətlər tərəfindən öz ehtiyacları üçün yaradılmışdır.

- Daşıyıcı simsiz şəbəkələr - pullu xidmətlərin göstərilməsi üçün telekommunikasiya operatorları tərəfindən yaradılmışdır.

Simsiz şəbəkələrin təsnifatı ilə birlikdə bu sahədə fəaliyyət göstərən əsas standartları nəzərə almaq lazımdır.

802.11 standartı ilk dəfə 1990-cı illərdə ortaya çıxdı. Elektronika və Elektrik İnstitutu tərəfindən hazırlanmışdır. İndi simsiz şəbəkələr dünyasında aparıcı texnologiyadır. FHSS (tezlik atlamalı yayılma spektri) və ya DSSS (birbaşa ardıcılıqla yayılma spektri) istifadəsi 2,4 QHz kanalda 1 ilə 2 Mbit / s sürətlə məlumat ötürülməsini təmin edir.

802.16-2004 (802.16d və sabit WiMAX kimi də tanınır).

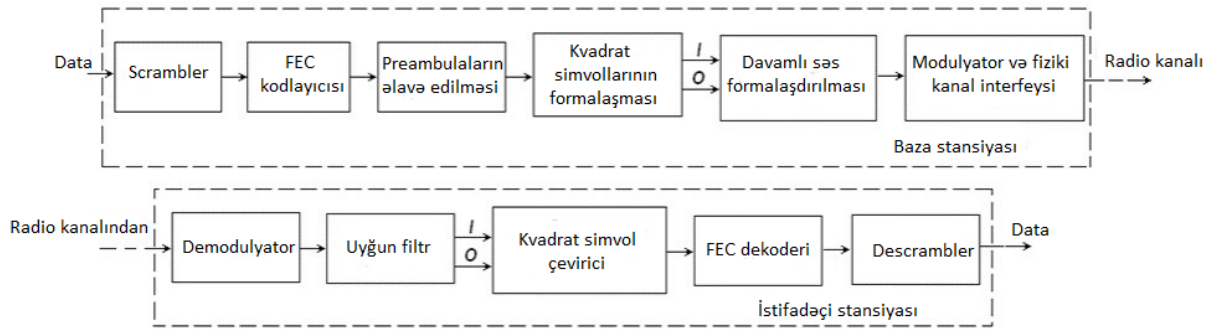
Spesifikasiya 2004-cü ildə təsdiq edilmişdir. Ortoqonal tezlik multipleksasiyası (OFDM) istifadə olunur, görmə xətti olan və ya olmayan ərazilərdə sabit giriş dəstəklənir. İstifadəçi cihazları açıq və daxili qurğular üçün stasionar modemlər, həmçinin noutbuklar üçün PCMCIA kartlarıdır. Əksər ölkələrdə 3,5 və 5 QHs diapazonları bu texnologiya üçün qorunur. WiMAX Forumunun məlumatına görə, artıq sabit versiyanın təxminən 175 tətbiqi mövcuddur. Bir çox analitik onu rəqib və ya tamamlayıcı DSL simli genişzolaqlı texnologiya kimi görür.

02.16-2005 (802.16e və mobil WiMAX kimi də tanınır). Spesifikasiya 2005-ci ildə təsdiq edilmişdir. Bu, sabit giriş texnologiyasının (802.16d) inkişafında yeni mərhələdir. Mobil istifadəçiləri dəstəkləmək üçün optimallaşdırılmış versiya təhvil-təslim və rouminq kimi bir sıra xüsusi funksiyaları dəstəkləyir. Ölçəklənən OFDM girişi (SOFDMA) istifadə olunur, əməliyyat görmə xətti ilə və ya olmadan mümkündür.

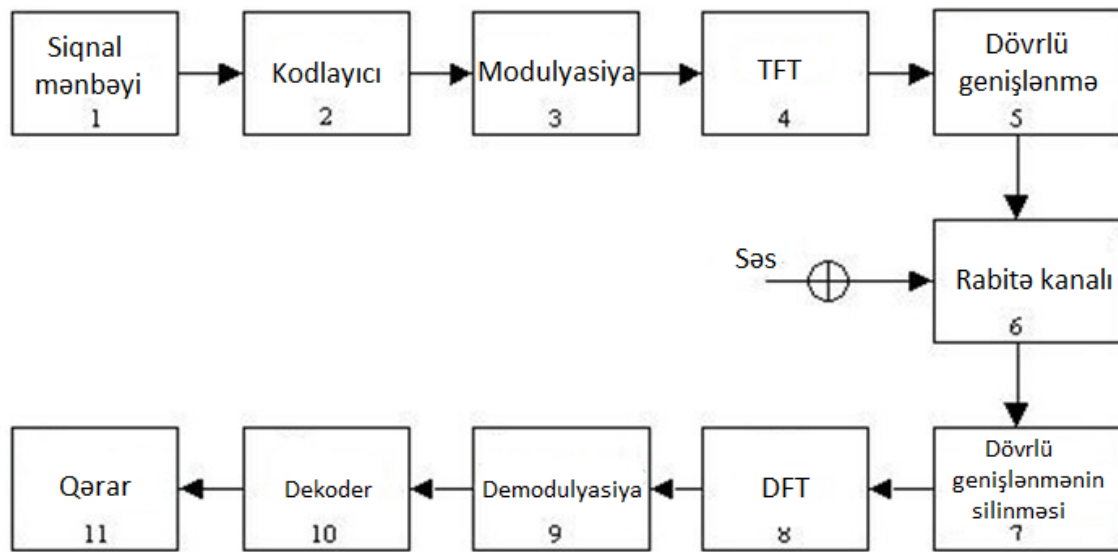
Mobil WiMAX şəbəkələri üçün planlaşdırılmış tezlik diapazonları aşağıdakılardır: 2.3; 2.5; 3,4-3,8 GHz. Dünyada bir neçə pilot layihə həyata keçirilib və bu yaxınlarda Sprint operatoru milli miqyaslı layihənin başladığını elan edib. 802.16e rəqibləri üçüncü nəsil mobil texnologiyalardır (məsələn, EV-DO, HSPA). IEEE 802.16 standartının WirelessMAN-SC metodu nöqtədən çox nöqtəyə (mərkəzdən çoxluya) arxitekturaya malik şəbəkələrin 10-66 QHs diapazonunda işini təsvir edir. Bu, iki istiqamətli sistemdir, yəni. aşağı və yuxarı axını təmin edilir. Bu halda, kanalların genişzolaqlı (25-28 Mhz-ə qədər) olduğu və ötürmə sürətinin yüksək olduğu (məsələn, 120 Mbit / s) olduğu qəbul edilir.

Kanal kodlaşdırması

Məlumatların emalı yolu və IEEE 802.16 standartında radio kanalı vasitəsilə ötürülmək üçün çıxış siqnalının formalaşması müasir telekommunikasiya protokolları üçün kifayət qədər ümumidir (Şəkil 8.) və aşağı və yuxarı bağlantılar üçün demək olar ki, eynidir.



Şəkil.8. IEEE 802.16 standartında çıxış siqnalının yaradılması yolu



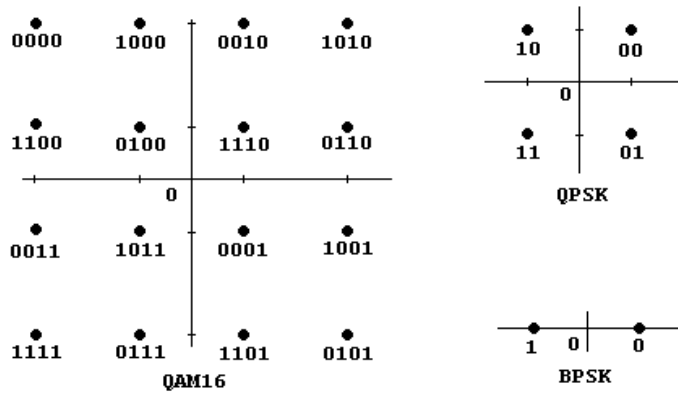
Şəkil.9 Qəbuledicinin və ötürücünün struktur diaqramı

Daxil olan məlumat axını şifrələnmişdir. Şifrələnmiş məlumatlar səhvləri düzəldən kodlarla (FEC kodlaşdırması) daha da qorunur. WirelessMAN-SC metodu hər tezlik kanalında tək daşıyıcı modulyasiya sxemindən istifadə edir.

Üç növ kvadrat amplituda modulyasiyasına icazə verilir: 4-yollu GPSK, 16-yollu QAM (bütün cihazlar üçün tələb olunur) və 64-QAM (istəyə görə).

Kodlanmış məlumat blokları standartda verilmiş cədvəllərə uyğun olaraq modulyasiya simvollarına çevrilir (hər 2/4/6 bit bir GPSK/16-QAM/64-QAM simvolunu müəyyənləşdirir) - hər 2/4/6 bit qrupu fazadaxili (I) kvadrat (O) koordinatları təyin edilmişdir.

Bundan əlavə, I və Q kanallarındaki diskret dəyərlərin ardıcılığı sinus-kvadrat filtri vasitəsilə davamlı (hamarlanmış) siqnalara çevrilir.



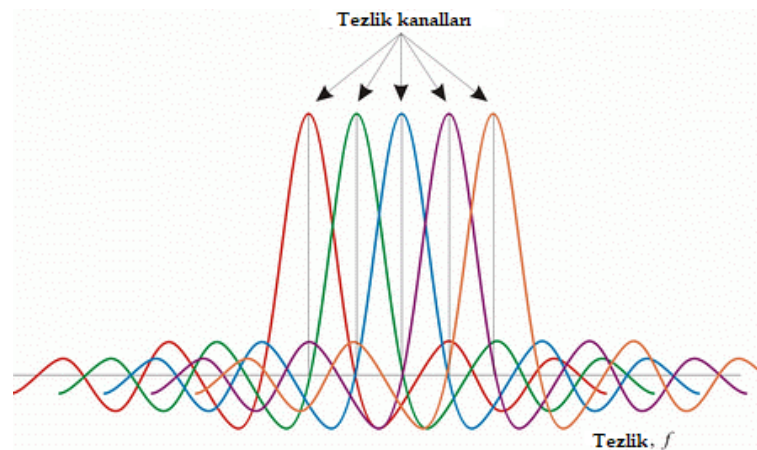
Şəkil.10. BPSK, QPSK və QAM kodlaşdırma sxemləri

Ümumi siqnal sürətli Furiye çevrilməsi (SFT, FFT) istifadə edərək hesablanır. SFT alqoritmlərinin rahat işləməsi üçün nöqtələrin sayının $2m$ -ə uyğun olmalıdır. Buna görə də, daşıyıcıların sayı minimum $N_{FFT} = 2^m$ sayına bərabər, N -dən böyük seçilir. IEEE 802.16 standartının OFDM rejimində $N = 200$ olduqda müvafiq olaraq, $N_{FFT} = 256$ olur. Bunlardan 55-i ($k = -128 \dots -101$ və $101 \dots 127$) kanalın tezlik diapazonunun sərhədlərində qoruyucu intervalı təşkil edir. Kanalın mərkəzi tezliyi ($k=0$) və qoruyucu intervalların tezliyi istifadə edilmir (yəni onlara uyğun gələn siqnalların amplitudaları sıfıra bərabərdir). Qalan 200 informasiya daşıyıcısıdır.

OFDM-in ikinci prinsipinə uyğun olaraq, kanal parametrlərini dəqiq müəyyən etmək üçün bütün stansiyalara yaxşı məlum olan modulyasiya metodu və ötürülən siqnal adlanan pilot daşıyıcı tezlikləri lazımdır. OFDM metodu səkkiz pilot tezlikdən (müxtəlif işarələrlə 88, 63, 38, 13 indeksləri ilə) istifadəni nəzərdə tutur. Qalan 192 daşıyıcı hər birində 12 daşıyıcı olan 16 alt kanala bölünür və hər bir alt kanalda tezliklər ardıcıl deyil. Məsələn, 1-ci alt kanal -100, -99, -98, -37, -36, -35, 1,2,3,64,65,66 indeksli daşıyıcılardan ibarətdir. Alt kanallara bölünmə zəruridir, çünki WirelessMAN-OFDM rejimi (isteğe bağlı olaraq) hamısında 16 deyil, bir, iki, dörd və səkkiz alt kanalda işləmək imkanı verir - OFDMA çoxlu giriş sxeminin bir növ prototipidir. Bunun üçün hər bir alt kanalın və hər bir alt kanal qrupunun öz indeksi var (0-dan 31-ə qədər).

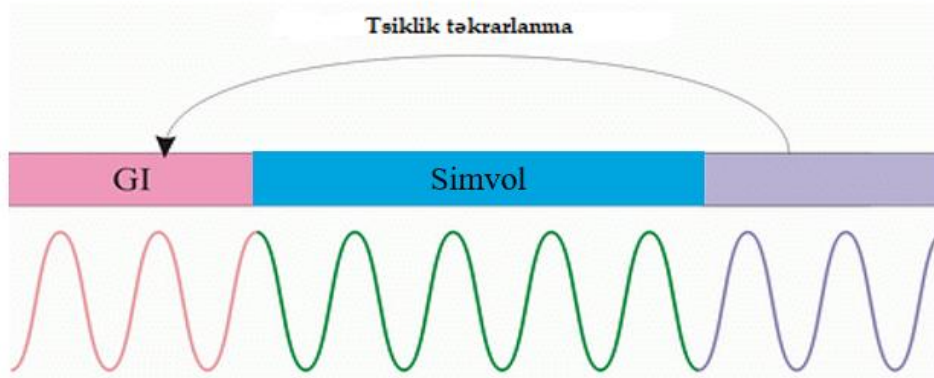
Kanalların tezlik bölgüsü ilə, fərdi kanalın eni, bir tərəfdən, fərdi kanal daxilində siqnal təhrifini minimuma endirmək üçün kifayət qədər dar, digər tərəfdən isə tələb olunan ötürmə sürətini təmin etmək üçün kifayət qədər geniş olmalıdır. Bundan əlavə, alt kanallara bölünmüş kanalın bütün kanal genişliyindən qənaətli şəkildə istifadə etmək üçün, tezlik alt kanallarının mümkün qədər sıx yerləşdirilməsi və eyni zamanda kanallararası interferensiyanın qarşısını almaq üçün kanalların bir-birindən tamamilə müstəqilləşdirilməsi lazımdır. Yuxarıdakı tələblərə cavab verən tezlik kanalları ortoqonal adlanır. Bütün tezlik alt kanallarının daşıyıcı siqnalları (daha doğrusu, bu siqnalları təsvir edən funksiyalar) bir-birinə ortoqonaldır.

Tezlik altkanallarının özləri bir-birini qismən üst-üstə düşə bilsələr də, daşıyıcı siqnalların ortoqonallığı kanalların bir-birindən tezlik müstəqilliyinə və nəticədə kanallararası interferensiyanın olmamasına zəmanət verir .



Şəkil 11. Ortoqonal daşıyıcılarla tezlik kanallarının üst-üstə düşməsi.

Genişzolaqlı kanalın ortoqonal tezlikli alt kanallara bölünməsinin nəzərdən keçirilən üsulu ortoqonal tezlik bölgüsü multipleksasiyası (OFDM) adlanır. OFDM-in əsas üstünlüklərindən biri yüksək ötürmə sürətinin effektiv çoxyollu müqavimətlə birləşməsidir. Daha dəqiq desək, OFDM texnologiyası özü çox yollu yayılmanı aradan qaldırmır, simvollararası interferensiyanın təsirini aradan qaldırmaq üçün ilkin şərtlər yaradır. Fakt budur ki, OFDM texnologiyasının tərkib hissəsi qoruyucu intervaldır (Guard Interval, GI) - simvolun əvvəlinə əlavə edilmiş simvolun sonunun tsiklik təkrarıdır (şəkil 4).



Şəkil 12. Mühafizə intervalı GI.

Mühafizə intervalı artıq məlumatdır bu mənada ki, faydalı (informasiya) ötürmə sürətini azaldır, lakin simvollararası interfersiyanın baş verməsindən qorunma funksiyasını yerinə yetirir. Bu artıq məlumat ötürücüdə ötürülən simvola əlavə edilir və simvol qəbuledicidə qəbul edildikdə atılır.

OFDM texnologiyası ilə qoruyucu intervalın müddəti simvolun özünün müddətinin dördüdə birini təşkil edir. Bu halda, simvolun özünün müddəti 3,2 mks, qoruma intervalı isə 0,8 mks təşkil edir. Beləliklə, simvolun qoruma intervalı ilə birlikdə müddəti 4 mks təşkil edir.

Əsas mobil rabitə standartları hazırda 4G adlanan yüksək kanal genişliyi və aşağı gecikmə ilə hazırlanır və səs xidmətləri ilə İP şəbəkələri üzərində qurulur. GSM/UMTS və AMPS/TIA (CDMA2000 daxil olmaqla) üçün dünya üzrə 4G-yə keçid 3GPP Uzunmüddətli Təkamül cəhdidir. 4G sistemləri üçün mövcud hava interfeysləri WiMAX-a bənzər Uplink üzərindən aşağı əlaqə OFDMA və müxtəlif OFDM metodologiyalarının lehinə atılır.

Pilot daşıyıcılar BPSK ilə modulyasiya olunur.

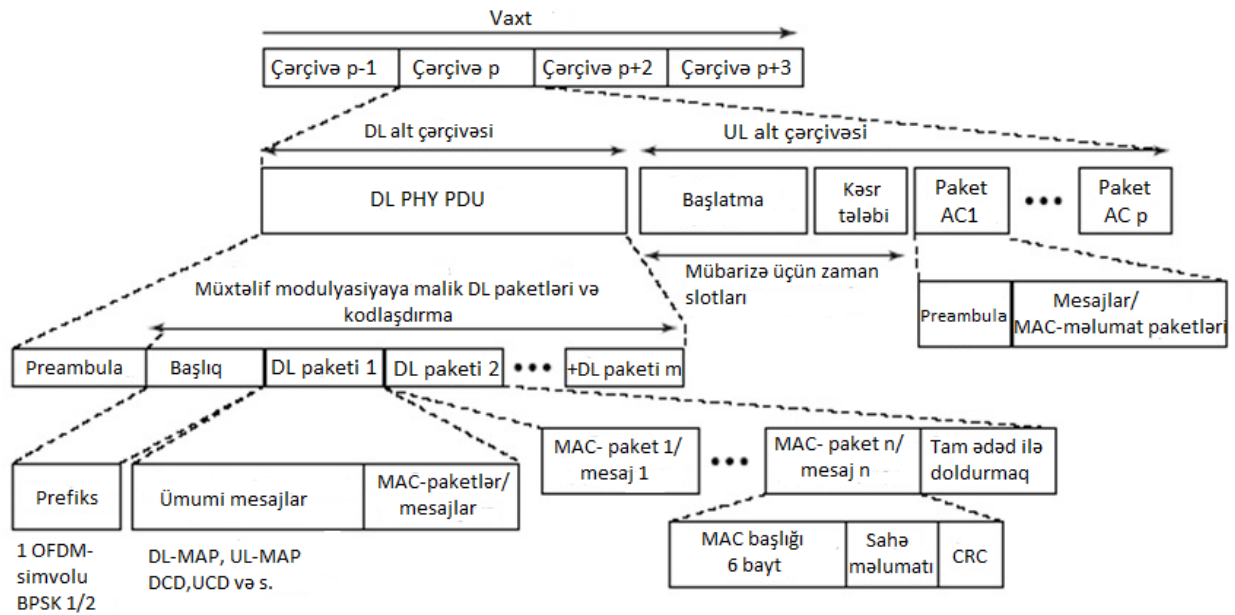
Tərsinə cəld Furye çevrilməsi vasitəsi ilə modulyasiya simvollarını təyin etdikdən sonra radiosiqnalın özü hesablanır və ötürücüyə ötürülür. Qəbul edərkən bütün prosedurlar tərs qaydada həyata keçirilir. "Nöqtədən çox nöqtəyə" arxitekturasına malik şəbəkələr üçün fiziki səviyyədə OFDM rejimində ötürücü çərçivə

strukturu SC rejimindən əsaslı şəkildə fərqlənir. Yüksək tezlikli regionda olduğu kimi, informasiya mübadiləsi kadrının (freymlərin) ardıcılığı vasitəsilə baş verir. Hər bir kadr (şəkil 6) iki alt kadrə bölünür - azalan (DL - BS-dən AS-ə qədər) və artan (UL - AS-dan BS-ə qədər). Yuxarı və aşağı axın kanallarına ayrılması - həm vaxt (TDD), həm də tezlik (FDD) kimidir. Sonuncu halda, DL və UL eyni vaxtda, müxtəlif tezlik diapazonlarında yayımlanır.

Azalan alt kadrə preambula, çərçivəyə nəzarət başlığı (FCH) və məlumat paketlərinin ardıcılığı daxildir. Azalan kanalda preambular - sinxronizasiya üçün nəzərdə tutulmuş iki OFDM6 simvolunun (uzun preambula) paketidir. Birinci OFDM6 simvolu indeksləri 4-ə bölünən daşıyıcılardan istifadə edir, ikincisi yalnız cüt daşıyıcılardan istifadə edir (modulyasiya - QPSK).

Preambuladan sonra çərçivəyə nəzarət başlığı - BPSK modulyasiyası ilə bir OFDM6 simvolu və standart kodlaşdırma sxemi (kodlaşdırma dərəcəsi - 1/2) gəlir. O, DL6 alt çərçivəsindəki ilk (və ya bir neçə ilkin) paketlərin profilini və uzunluğunu təsvir edən Azalan Kadr Çərçivə Prefiksini (DLFP) ehtiva edir.

Birinci paketə yayım mesajları daxildir (bütün AS-lər üçün nəzərdə tutulub) - DL-MAP, UL-MAP paket yeri xəritələri, aşağı/yuxarı keçid DCD/UCD deskriptorları, digər xidmət məlumatları. Hər bir paketin öz profili (kodlaşdırma sxemi, modulyasiya və s.) var və OFDM6 simvollarının tam sayı üzərində ötürülür. Birinci pakətdən başqa bütün paketlərin başlanğıc nöqtələri və profilləri DL-MAP-də var.



Şəkil 13. Zaman dupleksləmə ilə OFDM çərçivələrinin strukturu.

Bunun ardınca baza stansiyası tərəfindən ötürülmə üçün müəyyən abunəçi stansiyalarına təyin edilmiş vaxt intervalları gəlir. Bu intervalların paylanması (başlanğıc nöqtələri) UL-MAP mesajında var. Vaxt intervalında olan SS qısa bir preambulanın ötürülməsi ilə yayıma başlayır (bir OFDM6 simvolu, yalnız cüt daşıyıcılardan istifadə edir). Bundan sonra MAC səviyyəsində formalaşan faktiki məlumat paketi gəlir.

OFDM çərçivələrinin uzunluğu 2,5; 4; 5; 8; 10; 12,5; və 20 ms. Ola bilər. Baza stansiyası tərəfindən təyin edilmiş kadr (freym) müddəti dəyişdirilə bilməz, çünki bu halda bütün AS-lərin yenidən sinxronizasiyası tələb olunacaq.

Əlaqənin yaradılması sorğusu əlavə "konsentratlaşdırılmış" sorğu rejimi (Region-Focused) istisna olmaqla, IEEE 802.16 standartında ümumi qəbul edilmiş sorğudan fərqlənir. O, yalnız ayrı-ayrı subkanalları idarə edə bilən stansiyalar üçün nəzərdə tutulub. Bu rejimdə mübahisə intervalları daxilində (UL-MAP-də göstərilmişdir) SS hər biri dörd daşıyıcıdan ibarət olan 48 alt kanaldan birində qısa 46 bitlik kodu ötürə bilər. Ümumilikdə səkkiz kod var. Kodlar və alt kanallar cədvəli IEEE 802.16 standartının mətnində verilmişdir. AC kodu və kanal nömrələrini isə təsadüfi seçilir.

Kod mesajını aldıqdan sonra BS SS-yə "normal" giriş sorğusu (MAC6 sorğu başlığı) göndərmək üçün interval verir (əgər mümkündürsə). Bununla belə, digər mexanizmlərdən fərqli olaraq, UL6MAP-dəki BS onu tələb edən stansiyanın identifikatorunu göstərmir, lakin sorğu kodunun, alt kanalın nömrələrini və sorğunun ötürüldüyü giriş intervalının sıra nömrəsini verir. Bu parametrlərə əsasən, SS ötürmə bant genişliyini tələb etmək üçün intervalın onun üçün nəzərdə tutulduğunu müəyyən edir. 46 bitlik giriş sorğusu kodunun ötürülməsi anının seçimi konkrut kanalına daxil olmaq üçün yuxarıda təsvir edilmiş alqoritmə uyğun olaraq təsadüfi baş verir.

WirelessMAN-OFDMA rejimi (bundan sonra OFDMA adlanacaq), adından da göründüyü kimi, ortoqonal daşıyıcıları bölməklə çoxlu giriş metodudur. Əvvəlki nəşrdə müzakirə ediləndən fərqli olaraq, biz yalnız modulyasiya mexanizmindən deyil, həm də kanalın ayrılması üsulundan danışırıq. Bu mexanizm artıq kifayət qədər yaxşı məlumdur, xüsusən də DVB rəqəmsal televiziya sistemlərində (yerüstü, kabel və peyk) geniş tətbiqini tapmışdır. Bir məntiqi OFDMA kanalı, adətən fiziki kanalın bütün mövcud bant genişliyinə paylanan sabit daşıyıcılar dəsti tərəfindən formalaşır. Sadələşdirilmiş formada, bu mexanizmdə istəyə bağlı olaraq OFDM rejimində istifadə olunur (kanalın 16 alt kanala bölünməsinə xatırlayın).

Modulyasiya simvollarının formalaşması baxımından OFDMA OFDM-ə bənzəyir: OFDMA simvolu simvollararası interferensiyanın qarşısını almaq üçün nəzərdə tutulmuş faktiki məlumat ötürmə zonasını və ondan əvvəlki qoruyucu intervalı (simvolun ilkin fraqmentini təkrarlayır) ehtiva edir. Simvolun özü modulyasiya edilmiş ortoqonal daşıyıcıların toplusudur. OFDMA rejimində OFDM-dən daha çox daşıyıcı var - müvafiq olaraq 256 əvəzinə 2048 və alt kanalların sayı şəbəkəni təşkil etmək üçün kifayət edir: müxtəlif rejimlərdə hər birində 32-dən 70-ə qədər, 24 və ya 48 məlumat daşıyıcısı var. 2048 daşıyıcının hamısı istifadə edilmir - təxminən 200 alçaq və 200 yüksək tezlik kanal qoruyucu intervalını təşkil edir və modulyasiya edilmir. Kanalın mərkəzi tezliyi (tezlik indeksi 1024) də istifadə edilmir. Bundan əlavə, daşıyıcıların bəziləri məlumat ötürmək üçün deyil, rəsmi məqsədlər üçün nəzərdə tutulmuş pilotdur. Pilot daşıyıcıların və qoruyucu interval tezliklərinin dəqiq sayı aşağıda təsvir olunan

OFDMA rejimlərindən asılı olaraq bir qədər dəyişir. Sistem saati həmişə BW fiziki kanal bant genişliyinin $8/7$ -dir. Fiziki kanalın eni göstərilməyib (standartda "ən azı 1 MHz" deyilir), lakin real tətbiqlərdə 5 MHz-dən az olan kanalların effektiv olması ehtimalı azdır.

Formalaşma üsulu, OFDM simvollarının strukturu və OFDMA-da kanal kodlaşdırma mexanizmi OFDM üçün təsvir edilənlərə bənzəyir. Kanalın kodlaşdırılmasına təsadüfiləşdirmə, səhvlərin düzəldilməsi kodlaşdırması, yerdəyişmə və modulyasiya daxildir. Təsadüfiləşdirmə üsulu OFDM ilə demək olar ki, eynidir, yalnız psevdo təsadüfi ardıcılıq generatorunun (RSP) başlanğıc vektorunun formalaşdırılması üsulları fərqlidir.

OFDMA-da səhvlərin düzəldilməsi kodlaşdırması məcburi olaraq yalnız konvolyusiya kodlayıcısını təmin edir - OFDM-də olduğu kimi və eyni kodlaşdırma dərəcələri dəsti ilə. Reed-Solomon kodlayıcısı yoxdur. İstəyə bağlı olaraq, blok və konvolyusiya turbo kodlarının istifadəsi təmin edilir. Yerdəyişmə üsulu da demək olar ki, eynidir.

Aşağı keçiddə birinci simvol preambuladır. Preambula simvollarındaki daşıyıcılar istifadə olunan seqmentdən (PUSC rejimində) və MAC səviyyəsində təyin olunan IDcell dəyişənindən asılı olaraq xüsusi psevdo-təsadüfi kodla BPSK tərəfindən modulyasiya olunur. Preambulada bütün kanalın hər üçüncü daşıyıcısı modulyasiya edilir (daşıyıcı qoruyucu intervalları və mərkəzi olan istisna olmaqla) və ilkin yerdəyişmə [0..2] əlavə olaraq göstərilir. Preambula tipini tanıyan SS dərhal IDcell dəyişəninin dəyərini və BS iş rejimini müəyyən edir.

Preambulanın ardınca FCH çərçivə başlığı və DL-MAP aşağı əlaqə kanalının xəritəsini daşıyan iki simvol gəlir. Başlıq QPSK tərəfindən kodlaşdırma dərəcəsi $1/2$ ilə yayımlanır. O, istifadə ediləcək seqmentləri və çərçivə başlığından dərhal sonra yayımlanan DL-MAP aşağı əlaqə xəritəsinin parametrlərini (uzunluq, istifadə olunan kodlaşdırma metodu və təkrarların sayı) təyin edən aşağı əlaqə prefiksini (DL Frame

prefiksi) ehtiva edir. Başlıqda bayraq da istifadə olunur, onun qəbulu əvvəlki çərçivəyə nisbətən yüksələn alt çərçivədə konkrudent sahəsinin yerinin dəyişdirilməsini bildirir.

FUSC rejimi fiziki kanalın bütün diapazonunun (bütün mümkün daşıyıcıların) istifadə edildiyini bildirir. Bunlar 1702 daşıyıcı məlumat tezliyi və qoruyucu intervaldır (diapazonun yuxarı və aşağı hissəsində müvafiq olaraq 173 və 172 daşıyıcı). 1024 indeksli mərkəz tezliyi istifadə edilmir.

WiMAX şəbəkələri həm sabit, həm də mobil istifadəçilərə xidmət göstərmək üçün nəzərdə tutulub. WiMAX aşağıdakı mobillik növlərini dəstəkləyir:

- 1) sabit (fixed). Bu halda, xidmət aldığı istifadəçinin mövqeyi, məsələn, konkret xana operatorla razılaşdırılır. Bunun üçün binanın xaricində baza stansiyasına yönəldilmiş antenası olan istifadəçi terminalları uyğun gəlir.
- 2) Hərəkətli (nomadic), yəni. dəyişən yerlə. İstifadəçi operatorun əhatə dairəsini təmin etdiyi istənilən yerdən operatorun şəbəkəsinə qoşulmaq imkanına malikdir. Bir seans ərzində istifadəçi hərəkətsiz olmalıdır.
- 3) mobil (portable). İstifadəçi müəyyən edilmiş sessiyanı itirmədən 5 km/saat sürətlə hərəkət etmək imkanına malikdir

IV. FƏSİL. HESABAT

4.1. Riyazi hesablamalardan istifadə edərək radioyayım tranferinin gücləndirici kaskadlarının iymətləndirilməsi

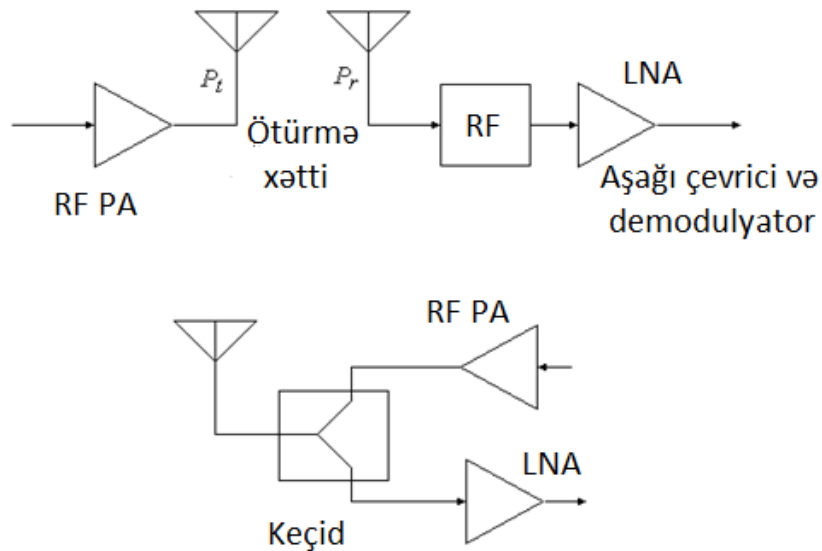
Stratosfer yüksək hündürlük platformasının (SVP) SPR ilə istifadəçinin mobil telefonu arasında rabitə kanalının hesablanması rabitə xətlərində enerji itkilərinin hesablanması ilə başlamalıdır. Bunun üçün rabitə kanalının aşağıdakı parametrlərini təyin edəcəyik.

1. Rabitə diapazonu 20-28 km.
2. Rabitə tezliyi
 - aşağı əlaqə tezlikləri 47,5-47,8 QHz
 - yuxarı əlaqə tezlikləri 48,9-48,2 QHz
3. Mobil telefon ötürücü gücü - 1W,
4. Qəbuledicinin həssaslığı - 1 MV

4.2. Rabitə xətlərində itkilərin hesablanması

Hesablamalar üçün məsafədən və rabitə tezliyindən asılı olaraq siqnal gücünün zəifləməsinin asılılığı üçün məşhur düsturdan istifadə edirik.

Ötürmə xətti radio tezliyi (RF) güc gücləndiricisi (PA) olan radio ötürücünü ötürücü antenna ilə birləşdirir. Qəbuledicidə antenna aşağı səs-küylü gücləndiricinin (LNA) girişinə qoşulur. Gücləndirilmiş qəbul edilmiş siqnal aşağı çeviriciyə verilir və demodulyasiya edilir (Şəkil 14). Şəkildə göstərilən əlaqə diaqramına baxaq.



Şəkil 14. Qəbuledicinin elementləri

Fərz edək ki, RF ötürücü gücləndirici şəkildə göstərildiyi kimi izotrop ötürücü antenaya P_T vatt gücü çatdırır. Antenadan r məsafədə ölçülən şüalanan güc sıxlığı ρ , Wt/m^2 və ya çıxan elektromaqnit enerji axını düsturla müəyyən edilir:

$$\rho = \frac{P_T}{(4\pi \cdot r^2)}, \quad (4.2.1)$$

İstiqamətli antenna şüalanan gücü müəyyən bir istiqamətdə cəmləşdirir.

Effektiv diyaframı A olan qəbuledici antenna və hər yönlü antennadan r məsafəsində olan qəbuledici antenna P_R gücünü alır, aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$P_r = \rho \cdot A = \frac{P_T \cdot A}{(4\pi \cdot r^2)}, \quad (4.2.2)$$

Antenalar və radiasiya ilə bağlı digər təlimatlardan belə nəticə çıxır ki, antenna qazancı G antenanın aparaturası və radio siqnalının dalğa uzunluğu λ ilə bağlıdır:

$$G = 4\pi A / \lambda^2 \quad (4.2.3)$$

Burada

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4.2.4)$$

Burada $c - 3 \cdot 10^8$ m/c - işığın yayılma sürəti; f ötürmədə daşıyıcının tezliyidir.

İdeal çox yönlü antenalar $G=1$; buna görə də aşağıdakı nəticəni əldə edirik:

$$A = \frac{\lambda^2}{4 \cdot \pi} \quad (4.2.5)$$

4.3. Radio Dalğalarının Yayılması Xüsusiyyətləri

(3.3.1)-(3.3.6)-dan hər birindən məsafələrdə yerləşən vahid qazancı ($G = 1$) olan çoxistiqamətli ötürücü və qəbuledici antenalar üçün boş məkanda ötürmə itkisini (və ya yayılma itkisini) hesablamaq üçün r metrlelə ifadə olunan düstur əldə etmək olar.

$$\frac{P_R}{P_T} = \left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot r} \right)^2 = \left(\frac{c}{4 \cdot \pi \cdot r \cdot f} \right)^2 \quad (4.3.1)$$

Ötürücü antenanın qazancı ilə bir-birindən r metr ayrılmış iki antena üçün

$$G_T = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{\lambda^2} \quad (4.3.2)$$

$$G_R = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{\lambda^2} \quad (4.3.3)$$

Sərbəst məkanın yayılma itkisi düsturu aşağıdakı formanı alır:

$$\frac{P_R}{P_T} = G_T \cdot G_R \cdot \left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot r} \right)^2 \quad (4.3.4)$$

(3.4.4)-dən sərbəst fəzada yayılma itkisi üçün ifadə alırıq (L_f , dB):

$$\begin{aligned} L_f &= 10 \cdot \lg \frac{P_R}{P_T} = 10 \lg G_T + 10 \lg G_R + 10 \lg \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 = \\ &= 10 \lg G_T + 10 \lg G_R + 20 \lg \left(\frac{c/f}{4\pi r} \right). \end{aligned} \quad (4.3.5)$$

$$L_f [dB] = 10 \lg G_T + 10 \lg G_R - 20 \lg f - 20 \lg r + 147,56 \text{ dB} \quad (4.3.6)$$

İzotrop antenalar üçün və görmə xəttində (LOS) maneələr olmadıqda, əsas ötürmə itkisi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$L_f [dB] = 27,56 - 20 \lg f [MHz] - 20 \lg r [m] \quad (4.3.7)$$

Əsas görmə xətti (LOS) yayılma itkisi üçün bu nisbətlərdən məsafənin hər ikiqat artması və radio tezliyinin hər ikiqat artması üçün alınan güc (ötürülmüş gücə nisbətən) 6 dB azalır.

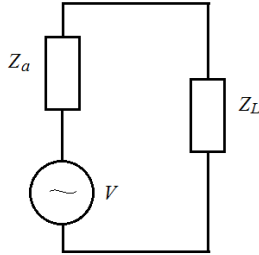
Bir qamçı antenasından istifadə edərkən induksiya edilmiş gərginlik V , V/m sahə gücü E ilə aşağıdakı kimi əlaqələndirilir:

$$V = E\lambda/\pi, \quad (4.3.8)$$

Uyğun çıxışı olan bir sistemdə əlavəyüklənmə müqavimətinə R_L verilən maksimum güc P_R , W/m²

$$P_R = V^2 / (4 \cdot R_L), (4.3.9)$$

Güman edilir ki, antenanın yaratdığı ekvivalent gərginlik V-dir. Giriş yükünün əlavəyüklənmə müqaviməti Z_a Z_L -ə ümumi əlavəyüklənmə müqavimətinə bərabərdir, R_L isə şəkildə (15) göstərildiyi kimi Z_L müqavimətidir.



Şəkil 15. Antenanın ekvivalent dövrəsi

Beləliklə, alınan güc kvadrat metr başına vatt ilə ifadə edilə bilər.

Yuxarıdakı düsturlara əsasən:

$$P_R = \frac{V^2}{4R_L} = \frac{(E \cdot \lambda / \pi)^2}{4R_L} = \frac{E^2 \cdot \lambda^2}{4\pi^2 \cdot R_L},$$

1 Vt-a nisbətən desibellə ifadə olunan P_R gücünü təyin edək:

$$P_R [dBVt] = 10 \lg E^2 [B^2] + 10 \lg \left(\frac{\lambda}{\pi} \right)^2 [dB] + 10 \lg \frac{1}{4R_L} \cdot R_L \left[\frac{1}{\text{om}} \right]$$

Standart yük müqaviməti $R_L=50$ Om olduğu halda:

$$10 \lg [1/(4R_L)] = -23dB \text{ beləliklə,}$$

$$P_R [dBVt] = 10 \lg E^2 [mkVt^2] - 10 \lg (10^6) 2 + 10 \lg \left(\frac{\lambda}{\pi} \right)^2 - 23dB$$

1 mVt-a nisbətədə desibellə ifadə olunan güc PR düsturu belədir:

$$P_R[dBVt] = 10 \lg E^2 [mkV^2] + 10 \lg 1000 - 10 \lg(10^6)^2 + 10 \lg \left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^2 - 23dB$$

$$P_R[dBm] = E[dBmkV] - 113dBm + 10 \lg \left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^2$$

Və ya f əlaqəsindən istifadə edərək radiotezliyə keçərək əldə edirik

$$P_R[dBm] = E[bDmkV] - 113dBm + 10 \lg(3 \cdot 10^8 / f\pi)^2$$

$$P_R[dBm] = E[dBmkV] + 46,6dBm - 20 \lg f [Hz]$$

$$P_R[dBm] = E[dBmkV] + 46,6dBm - 120dB - 20 \lg f [Hz]$$

$$P_R[dBm] = E[dBmkV] - 73,4 - 20 \lg f [MHz]$$

Qəbul edən antena ilə bağlı VSP parametrlərinin hesablanması

Effektiv izotrop şüalanan güc

20 km-dən 30 km-ə qədər məsafə

Rabitə tezliyi f_n - 47,2-47,5 QHz

f_v - 47,9-48,2 QHz

Effektiv güc - 1 kVt

Stratosfer platformasının ötürücü antenasının diametri 1 m-dir.

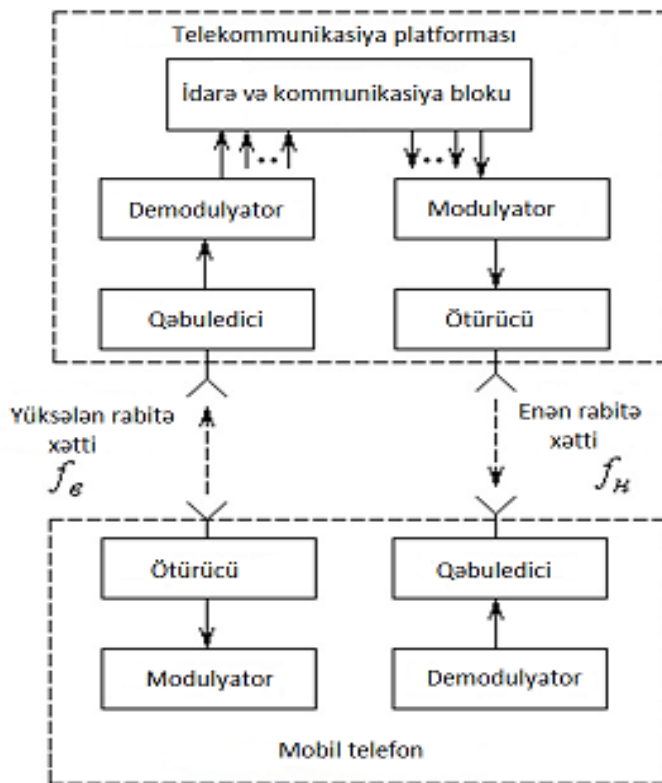
Stratosfer platformasının qəbuledici antenasının diametri 12 m-dir.

Mobil abunəçinin ötürücü antenası izotrop antenadır, ötürücü gücü 1 Vt-dir.

Mobil abunəçinin qəbuledici antenası izotrop antenadır, ötürücü gücü 1 mKvtdır.

İstifadəçinin stratosfer yüksək hündürlük platformasında yerləşən PPR-nin əsas parametrlərini qazanc = 1 olan izotrop pin tipli antennaya malik olması şərti ilə müəyyən edin:

- qəbuledici antenanın diametri;
- qəbuledicinin həssaslığı;
- ötürücü antenanın ölçüsü;
- ötürücü gücü.

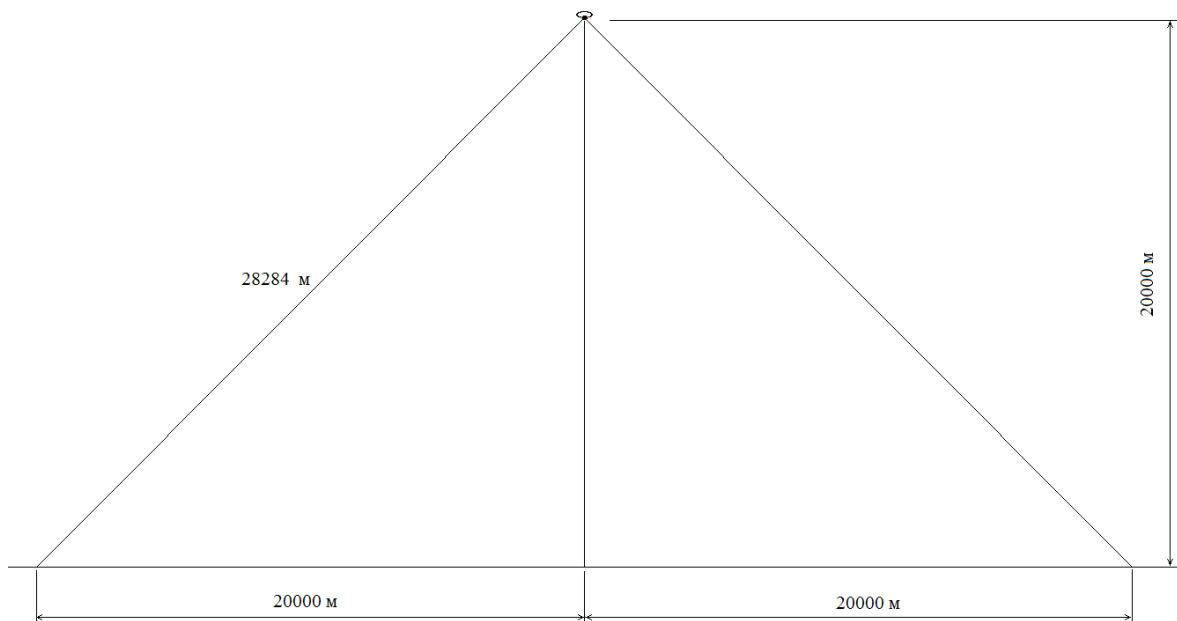


Şəkil 16. Yüksək hündürlükdə stratosfer platformasının mobil rabitə kanalı

Cib telefonu kiçik ölçülü ötürücüdür. Transmissiya 47,2 - 48,2 QHz tezlik diapazonunda həyata keçirilir. Radiasiya gücü, "mobil radiotelefon - SVP" rabitə kanalının vəziyyətindən çox asılı olan dəyişən bir dəyərdir, yəni qəbul nöqtəsində baza

stansiyasının siqnal səviyyəsi nə qədər yüksək olarsa, cib telefonunun radiasiya gücü bir o qədər aşağı olar. Maksimum güc 0,125-1 Vt aralığındadır. Belarusiya və Rusiyada elektromaqnit şüalanmasının müvəqqəti icazə verilən səviyyələrinə görə, cib telefonu istifadəçiləri üçün axının sıxlığı (AS) 100 mkVt/sm²-dən çox olmamalıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, təbii şəraitdə yüksək tezlikli radiasiya axınının sıxlığının dəyəri yoxa çıxacaq dərəcədə kiçikdir və cəmi 10-15 mkVt/sm² təşkil edir.

Biz güman edirik ki, stratosfer dirijabl yer səthindən 20 km yüksəklikdə geostasionardır. Stratosfer dirijablının icazə verilən hərəkət sahəsi tərəfləri 1 km olan bir kubdur. Mobil abunəçilər üçün ən yaxın xidmət sahəsi VSP-nin "asıldığı" mərkəzi nöqtədən 20 km radiusdadır. Bu, yamacı olan böyük bir metropolun ərazisi ilə əlaqəni təmin etmək üçün kifayətdir.



Şəkil 17. VSP-nin yerləşmə sxemi

"Mobil telefon-SVP" rabitə xətlərində enerji balansının hesablanması mərhələləri

Məlumat ötürmə sürəti ötürücü gücü -12 dBW və qəbuledicinin həssaslığı -94 dBW ilə 1Mb/s təşkil edir. Açıq havada radiokörpünün diapazonu 30 km-ə qədərdir,

Hazırda 47,2-48,2 QHs millimetr dalğa uzunluğu diapazonu inkişafın mürəkkəbliyinə görə praktiki olaraq inkişaf etdirilməmişdir. Və eyni zamanda, bu diapazonda ayrılmış 300 MHz kanal genişzolaqlı siqnaldan istifadə etməyə imkan verir və bununla da kanalın bant genişliyini və məlumat ötürmə sürətini artırır.

Mərhələ 1. 20-30 km xətlərdə itkilərin hesablanması.

İzotrop radiator bütün istiqamətlərdə bərabər şüalanma kimi müəyyən edilir. Bir reflektordan istifadə edərək, izotrop emitent bütün enerjisini dar bir şüaya cəmləyə bilər ki, bu da şüanın digər ucunda olan bəzi uzaq müşahidəçiyə daha böyük çıxış gücü ilə izotrop mənbə kimi görünə bilər. Beləliklə, peyk tərəfindən Yerə ötürülən siqnalın gərginliyinin (gücünün) ölçüsü kimi effektiv izotrop şüalanan güc (EİŞG) anlayışı istifadə olunur. EİŞG bir vatta və şüanın mərkəzindəki zirvələrə nisbətən desibellə ölçülür (dBVt). Bu dəyər şüanın mərkəzindən uzaqlaşdıqca loqarifmik şəkildə azalır. İstənilən peyk üçün EİŞG dəyəri bərabər EİŞG dəyərlərinə malik konturların göstərildiyi müvafiq xidmət sahəsi xəritələrindən əldə edilə bilər.

Astra sistemi kimi yarı Birbaşa Peyk Yayımı orta gücə malik peyklər üçün EİŞG -nin nominal dəyəri 52 dBVt-dir. Yüksək Güclü Birbaşa Peyk Yayım (DBS) peykləri 60 dBVt-dən çox EİŞG dəyərinə malikdir.

Stratosfer yüksək hündürlük platformasının EİŞG - 10 dBVt-a bərabər alınacaqdır.

Buna görə də, belə bir EİŞG dəyərini antenanın onu "gördüyü" vattda hesablamaq mümkündür. (tapmaq üçün) $EİŞG = 10 \log(\text{effektiv güc})$ effektiv güc = $10(EİŞG / 10) = 1049 / 10 = 79432,823 \text{ Vt} = 79,4 \text{ kVt}$

Mərhələ 2. Rabitə xəttinin uzunluğu 20-28,284 km-dir.

Rabitə xətlərinin uzunluğu aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$l = \sqrt{h^2 + r^2},$$

burada h VSP-nin hündürlüyü, r isə xidmət sahəsinin radiusudur. Bu parametrlərin hər ikisi 20 km-ə bərabərdir.

$$l = 28,284 \text{ km.}$$

Beləliklə, sonrakı hesablamalar üçün maksimum uzunluğu 30 km-ə bərabər götürəcəyik. Minimum = 20 km.

Mərhələ 3. Dalğa uzunluğu

Bir çox ifadələrdə hesablamaları sadələşdirmək üçün tezlik əvəzinə dalğa uzunluğu daha çox istifadə olunur. Tezliyin dalğa uzunluğuna çevrilməsi aşağıdakı kimi həyata keçirilir:

$$\lambda = c / f,$$

burada c - işıq sürəti ($2,998 \times 10^8$ m/s);

f – tezlik, Hs.

Aşağı kanalın mərkəzi tezliyi $f_a = 47,35$ QHs, yuxarı kanal isə, $f_y = 48,05$ QHs

$$\lambda_a = 2,998 * 10^8 / 47,35 * 10^9 = 0,00633 \text{ m} = 6,33 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = 2,998 * 10^8 / 48,05 * 10^9 = 0,00624 \text{ m} = 6,24 \text{ mm}$$

Mərhələ 4. Siqnalın boş məkanda keçməsi zamanı itkilər

Sərbəst məkan itkisi LFS və ya yol itkisi mikrodalğalı siqnalların Yerə doğru hərəkət edərkən zəifləməsini ifadə edir və şüaların fərqliliyi ilə əlaqədardır. Yol itkisi tezliyə görə artır və antenanın yüksəlmə bucağı (yüksəklik bucağı) nə qədər aşağı olarsa o qədər artır.

İtkilərin dəyərinin hesablanması üçün ifadə:

$$Lfs = 20 \log [(4000 \pi D) / \lambda], \text{ dB}$$

burada $\pi = 3,14159$ D - yolun uzunluğu, km; λ - dalğa uzunluğu, m.

Xidmət sahəsinin mərkəzində $D = 20$ km:

$$Lfs_a = 20 \log [(4000 * 3,14 * 20) / 0,00633] = 151,97 \text{ dB}$$

$$Lfs_y = 20 \log [(4000 * 3,14 * 20) / 0,00624] = 152,1 \text{ dB}$$

Xidmət sahəsinin kənarında $D= 30$ km:

$$Lfs_a = 20 \log [(4000 * 3,14 * 30) / 0,00633] = 195,5 \text{ dB}$$

$$Lfs_y = 20 \log [(4000 * 3,14 * 30) / 0,00624] = 195,6 \text{ dB}$$

Mərhələ 5. Qəbuledici sistemin səs-küy temperaturunun müəyyən edilməsi

Qəbuledici sistemin ümumi səs-küy temperaturunu təyin etmək üçün istifadə olunan əsas ifadə

$$T_{sys} = TLNB + (1 - \sigma) TC + \sigma TA \quad (1)$$

və ya sönüm dəyərindən istifadə edərək onun ekvivalent ifadəsi:

$$T_{sys} = TLNB + (1 - 10^{-0,1A_{feed}}) TC + 10^{-0,1A_{feed}} TA \quad (2)$$

burada T_{sys} qəbuledici sistemin ümumi səs-küy temperaturudur, K;

TA açıq səma şəraitində və ya müəyyən bir zaman faizi üçün antenanın ekvivalent səs-küy temperaturudur, K;

TLNB LNB bölməsinin ekvivalent səs-küy temperaturudur, K;

TC - keçid (dalğa ötürücü) komponentlərinin fiziki temperaturu, K;

σ - nisbi keçiricilik;

A_{feed} , qidalandırmanın zəifləməsi və ya əlavə etmə itkisi faktorudur.

LNB -nin Ekvivalent səs-küy temperaturu

(1), (2) ifadələrindəki TLNB-nin birinci komponenti qəbuledici sistemin ümumi səs-küy temperaturunda əsas komponent olan ekvivalent səs-küy temperaturu şəklində ümumi LNB-nin səs-küy amilidir. Səs-küy faktoru desibellərdə güc nisbəti kimi ifadə edilirsə, o zaman səs-küy əmsalına çevrilir. LNB-nin səs-küy performansını Kelvin dərəcəsinə ekvivalent səs-küy temperaturu və ya daha çox desibellərdə səs-küy rəqəmi əmsalı ifadə edilə bilər. Sonuncu halda, qəbuledici sistemin ümumi səs-küy temperaturunu hesablamaq üçün ifadədən istifadə edərək səs-küy rəqəmini ekvivalent

səs-küy temperaturuna çevirmək lazımdır:

$$TLNB = 290 (10(NF / 10) - 1) \quad (3)$$

burada TLNB səs-küyün temperaturudur, K; NF LNB səs-küy faktorudur, dB.

Ümumiyyətlə, tezlik nə qədər yüksək olsa, aşağı səs-küy rəqəmlərinə nail olmaq bir o qədər çətindir. Ku-diapozonu üçün aşağı qiymətli LNB-lərin səs-küy rəqəmləri 1,2 - 1,5 dB-dir. Yüksək elektron hərəkətlilik tranzistorlarına (HEMTs) əsaslanan cihazlarda səs-küy rəqəmlərinin aşağı dəyərləri əldə edilə bilər. Bu cür cihazlar üçün Ku - diapazonunda səs-küy rəqəminin nominal dəyərləri 0,8 - 1,0 dB-dir.

$$NF = 0,5 \text{ dB}$$

$$FLNB = 10^{0,7 / 10} = 1,1749$$

$$TLNB = 290 * (FLNB - 1) = 290 * 0,1749 = 50,721 \text{ K}$$

4.4. Antennanın Ekvivalent Səs Temperaturunun qiymətləndirilməsi

TA antenasının ekvivalent səs-küy temperaturunu daha ətraflı nəzərdən keçirək. Bu, bir çox amillərlə antenanın ölçüsü, yüksəklik bucağı (yeri), səs-küyün xarici mənbələri və atmosferdə siqnalın yayılması şərtləri müəyyən edilir. Aydın səma şəraitində əsas səs-küy komponenti fon səs-küyüdür, çünki siqnalın yayılmasına atmosfer təsirini (yağış və s.) nəzərə almadan bu səslər əslində antenna girişinə daxil olan bütün səsləri təmsil edir, istehsalçılar tez-tez bir sıra diapazon üçün cədvəl tərtib edirlər. Buraya qalaktik fon səs-küyü ilə daxil olan nisbətən kiçik komponent də daxil ola bilər. Ümumi antena səs-küyünün üç əsas komponenti var. Antenanın səs-küyünün temperaturu fon səs-küyü ilə müəyyən edilir (TANT) - antenanın diametri nə qədər kiçik olarsa, onun radiasiya nümunəsi bir o qədər genişdir və isti yer səsini tutan yan lobların yayılması bir o qədər çox olur və buna görə də fon səs-küyü bir o qədər çox toplanır. Həmçinin, aşağı hündürlük açılarında kiçik antenaların yan lobları (xüsusilə birinci yan lob) daha böyük antena loblarına nisbətən daha çox fon səs-küyünü qəbul edəcək. Buna görə, müəyyən bir yüksəklik açısına təyin edildikdə, daha kiçik diametrlili bir anten daha "səs-küylü" bir cihaz olacaqdır. Arxa fon səs-küyü, bununla belə, antena qazancını azaltmaqla, antena güzgüsünün natamam (qeyri-kafi) şüalanması ilə azaldıla

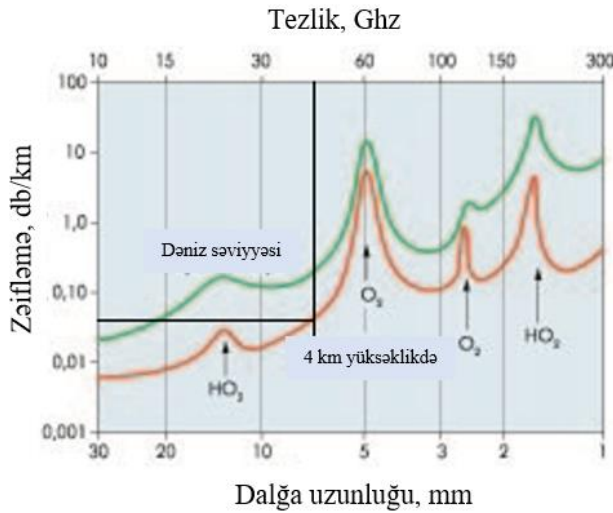
bilər. Beləliklə, bu amil antenanın səmərəliliyini müəyyən edir. Birbaşa fokuslu antena tərəfindən aşkar edilən fon səs-küyünün miqdarı ofset antenası tərəfindən aşkar edilən səs-küylə müqayisədə böyük olacaq (müxtəlif ölçülərdən asılı olaraq). Bunun səbəbi birbaşa fokuslu antenada birbaşa siqnal yolunda quraşdırılmış qidalanma başlığının Yer in temperaturuna bərabər temperaturda "görməsi" və əlavə səs-küy salmasıdır.

Antenanın səs-küy temperaturu bir çox dəyişən amillərdən asılı olduğundan, istehsalçının sənədləri tələb olunan parametrlər üçün dəyərlər təmin etməsə, hesablamağa etibar etmək yaxşıdır. Aydın səma şəraitində antena səsini təxmini dəyərini hesablamaq üçün hündürlük bucağı və antenanın diametrini nəzərə alan ifadə (10) istifadə edilə bilər.

$$T_{ANT} = 15 + 30 / D + 180 / EL , K (4)$$

Burada D antenanın diametri, m; EL antenanın yüksəlmə bucağı, dərəcədir.

Kosmik və ya qalaktik səs-küy komponenti fon kosmik səs-küydür, onun miqyası əsasən "böyük partlayışdan" qalıq şüalanma səviyyəsi ilə müəyyən edilir. O kiçik bir səs-küy temperatur dəyərində malikdir (təxminən 2,7 K). Bu komponent fon səs-küyü komponentlərinin hesablanmasında olan xəta ilə müqayisədə nisbətən kiçikdir və praktiki hesablamalarda buraxıla bilər. İstənilən halda, antena səs-küyü istehsalçının sənədlərində necə müəyyən edildiyindən asılı olaraq, daxil edilə bilər. Atmosferin yayılması şəraitinin komponentləri aşağı keçidin yayılması şəraitinin iki əsas təsiridir. Birincisi, əsasən aydın səmada baş verən su buxarı və oksigen tərəfindən siqnalın atmosfer qazlı udulması. Absorbsiya miqdarı mütləq rütubətdən və ya su buxarının sıxlığından, kvadrat metrə qramla ölçülən antenanın yüksəklik bucağından və istifadə olunan siqnal tezliyindən asılıdır. 7,5 GHz-dən aşağı tezliklərdə bu dəyər nisbətən kiçikdir. Avropa üçün atmosferin udulmasının nominal dəyərləri şəkil 18-də verilmişdir.



Şəkil 18. Atmosfer oksigeninə və suyunə görə havada siqnalın zəifləməsi (BTİ-R P.676-5 tərəfindən tövsiyə edildiyi kimi)

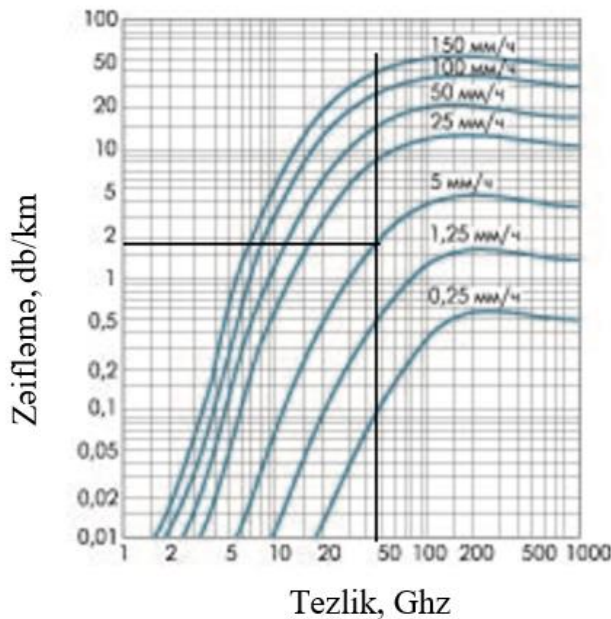
Təxminən 48,5 QHs tezliyində zəifləmə 0,05 dB/km təşkil edir. 20 km-də zəifləmə 1 dB, ra 30 km-dir. 1,5 dB olmalıdır.

Yerin müxtəlif sahələri üçün hər hansı bir siqnal yolunun yamacı və tezliyi üçün xüsusi dəyərlər müvafiq proqram təminatından istifadə etməklə asanlıqla hesablanabilir.

Yayıma şəraitinin təsirinin ikinci komponenti çöküntülərdə siqnalın zəifləməsidir. Siqnal yuxarı keçid boyunca yayıldıqda, peykin göyertəsindəki qəbuledici isti Yerdən gələn kifayət qədər sabit, lakin yüksək səs-küy temperaturunu "görəcək". Onun dəyəri təxminən 290 K-dir, buna görə də yağışdan istilik enerjisinin əlavə radiasiyası az təsir göstərəcəkdir. Siqnal rabitə xətti boyunca yayıldıqda, qəbuledici nisbətən aşağı səs-küy temperaturu olan səmaya yönəldilir. Buna görə də, yağışın gətirdiyi əlavə istilik səsi, qəbuledici sistemin ümumi səs-küyündə, xüsusən də qəbuledici (LNB) Ku- və Ka-bandında işləyən aşağı səs-küylü bir cihazdırsa, artıq əhəmiyyətsiz olmayacaqdır. S və C zolaqlarında yağışın təsiri və atmosferdəki zəifləmə əhəmiyyətsizdir. Yağışlar nəinki birbaşa siqnalı zəiflədir (bu fenomen yağışın azalması adlanır), həm də aralıq mühitin temperaturu Yerin temperaturuna yaxınlaşdığından qəbuledici sistemin səs-küy temperaturunun artmasına səbəb olur. Qəbuledici sistem səs-küyündəki bu artımın təkə yağışın sönməsi nəticəsində deyil, zəifləmənin də nəzərə alınması vacibdir. Bu iki komponentin birləşməsi aşağı əlaqənin

deqradasiyası (DND) adlanır.

Siqnalın yayılması şərtlərinin təsiri 8 QHs-dən yuxarı tezliklərdə əhəmiyyətlidir. Yağış, qar, duman və ya bulud örtüyü mikrodalğalı siqnalı zəiflədəcək və səpələyəcək. Zəifləmənin miqdarı yağıntının intensivliyindən daha çox su damcılarının ölçüsündən (dalğa uzunluğuna nisbətən kub vahidlərində) asılıdır. Şiddətli yağışla damcılar böyüyür, buna görə də bu amillər adətən əlaqəli olur. Bir qayda olaraq, bütün yağıntı formalarında fiziki mühitin temperaturu 260 K qəbul edilir. Buludlu və aydın səma altında 280 K dəyəri istifadə olunur. Hər hansı bir yerüstü siqnal yolu və siqnalın mövcudluğu üçün xüsusi dəyərlər müvafiq proqramdan istifadə etməklə hesablanabilir. Orta il üçün 99,7% (ən pis ay üçün 99%) siqnal mövcudluğu ilə Avropa üçün nomina



Şəkil 19. Yağıntıların zəifləmə səviyyəsi

5 mm/saat yağıntı 48,2 QHs rabitə tezliyi ilə respublika üzrə orta göstəricidir, zəifləmə təxminən 2 dB/km təşkil edir. 20 km-də zəifləmə 40 dB, 30 km-də isə 60 dB-dir.

Qəbuledici sistemin ümumi temperaturunun hesablanması:

$$T_{ANT} = 15 + 30/D + 180/EL = 15 + 30/0,9 + 180/(-15,907) = 15 + 33,33 - 11,315 = 37,015 K$$

$$TTOT = TLNB + TANT = 50,721 + 37,015 = 87,736 K$$

Addım 6: Səs-küy bant genişliyinin hesablanması

$$NB = 10 \log (BW), \text{ dBHs}$$

BW – qəbuledici bant genişliyi, Hs.

$$BW = 30 - 0,5 = 29,5 \text{ Mhs} = 0,0295 * 10^9 \text{ QHs.}$$

$$NB = 10 \log (0,0295 * 10^9) = 10 * 7,4698 = 74,698 \text{ dB}$$

Mərhələ 7. Qiymətləndirilmiş keyfiyyət amili

G/T ümumi antenna qazancının qəbuledici sistemin ümumi səs-küy temperaturuna nisbətidir. Nominal keyfiyyət faktoru G / T_{nom} müəyyən bir yüksəklik bucağı üçün əldə edilə bilən maksimum amildir. Bu, qəbuledicinin ekvivalent səs-küy temperaturu (yəni LNB) komponentlərindən, quraşdırılmış polarizatorların çarpaz səs-küyündən və dalğa ötürücü komponentlərindən əldə edilən antenna səs-küyü temperaturu amilinə bölünmüş ümumi antena qazancını (antenanın qazancı minus çarpaz əlaqə itkisini) ehtiva edir. (məsələn, OMT polarizasiya ayırıcısı) və aydın səma şəraitində antenanın aşağı səs-küy temperaturu. Riyazi olaraq bu (11) düsturu ilə ifadə edilir. Buraya əməliyyat marjaları daxildir: uyğunsuzluq, yaşlanma, müəyyən bir müddət ərzində yağış şəraitində antenna səs-küyünün artması səbəbindən antenna itkisi üçün kənarlar.

Nəticələr

1. Hesablamalar göstərir ki, stratosfer rabitəsi üçün ayrılmış 47 QHs tezliyi bir neçə on kilometrlik yaxın zonanın məsafələrində mövcud rabitə sistemləri ilə müqayisədə böyük itkilərə malikdir. Ona görə də bu rəqəm 450 MHs-dən 5,8 QHs-ə qədər mövcud rabitə sistemlərinin hesablamalarını göstərir.

2. Təhlil göstərir ki, yaxın zona üçün stratosfer dirijabllarında rabitə üçün ən uyğun tezlik 900 MHs-dir. Birincisi, rabitə diapazonu təxminən 35 km-dir, ikincisi, 4G texnologiyaları hazırlanmışdır.

3. Ötürücü ilə kosmik gəminin bort antenaları arasındakı xətlərdə yüksək tezlikli enerji itkilərinin qiymətləndirilməsi (adətən bu itkilər 1 dB-dən -3 dB-ə qədər dəyişir).

4. Atmosferdə radiodalğaların udulması ilə bağlı siqnalın yayılma yolu boyunca güc itkilərinin qiymətləndirilməsi aparılmış və zenit zəifləməsi yerli üfüqdən yuxarı yer stansiyasından kosmik gəminin görmə xəttinin minimum yüksəklik bucağının sinusuna bölünmüşdür (adətən bu bucağın 10 dərəcə olduğu qəbul edilir).

5. Yer stansiya antenasının diametrinin seçilməsi və onun kosmik gəmiyə yönəldilməsi xətasının qiymətləndirilməsi aparılmışdır. Avtomatik izləmə rejimi istifadə olunarsa, işarə xətası müvafiq tənliyə uyğun olaraq hesablanan yer stansiya antenasının şüa eninin 10%-i kimi qəbul edildiyi müəyyən olunmuşdur.

İstifadə olunmuş ədəbiyyatların siyahısı

- 1.** Bhalla, M.R.; Bhalla, A.V. Generations of mobile wireless technology: A survey. *inf. J. Comput. Appl.* 2010, 5, 26-32.
- 2.** Mehta, H.; Patel, D.; Joshi, B.; Modi, H. 0G to 5G mobile technology: A survey. *J. Basic Appl. Eng. Res.* 2014, 5, 56-60.
- 3.** Sharma, V.; Choudhary, G.; You, I.; Lim, J.D.; Kim, J.N. Self-enforcing Game Theory-based Resource Allocation for LoRaWAN Assisted Public Safety Communications. *J. Internet Technol.* 2018, 2, 515-530.
- 4.** Al-Namari, M.A.; Mansoor, A.M.; Idris, M.Y.I. A brief survey on 5G wireless mobile network. *inf. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 2017, 8, 52-59.
- 5.** Agiwal, M.; Roy, A.; Saxena, N. Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey. *IEEE Commun. Surv. Tutorials.* 2016, 18, 1617-1655.
- 6.** Buzzi, S.; Chih-Lin, I.; Klein, T.E.; Poor, H.V.; Yang, C.; Zappone, A. A survey of energy-efficient techniques for 5G networks and challenges ahead. *IEEE J. Sel. Areas Commun.* 2016, 34, 697-709.
- 7.** Prasad, K.S.V.; Hossain, E.; Bhargava, V.K. Energy efficiency in massive MIMO-based 5G networks: Opportunities and challenges. *IEEE Wirel. Commun.* 2017, 24, 86-94.
- 8.** Kiani, A.; Ansari, N. Edge computing aware NOMA for 5G networks. *IEEE Internet Things J.* 2018, 5, 1299-1306.
- 9.** Timotheou, S.; Krikidis, I. Fairness for non-orthogonal multiple access in 5G systems. *IEEE Signal Process. Lett.* 2015, 22, 1647—1651.
- 10.** Niu, Y.; Li, Y.; Jin, D.; Su, L.; Vasilakos, A.V. A survey of millimeter wave communications (mmWave) for 5G: Opportunities and challenges. *IEEE Wirel. Commun.* 2015, 21, 2657-2676.
- 11.** Qiao, J.; Shen, X.S.; Mark, J.W.; Shen, Q.; He, Y.; Lei, L. Enabling device-to-device communications in millimeter-wave 5G cellular networks. *IEEE Commun. Mag.* 2015, 53, 209-215. 92
- 12.** Ramesh, M.; Priya, C.G.; Ananthakirupa, V.A.A. Design of efficient massive MIMO for 5G systems - Present and past: A review. In *Proceedings of the International Conference on Intelligent Computing and Control (I2C2), Coimbatore, India, 23-24 June 2017; PP- 1-4.*

- 13.** Khurpade, J.M.; Rao, D.; Sanghavi, P.D. A survey on IOT and 5G network. In Proceedings of the 2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology (ICSCET), Mumbai, India, 5 January 2018; pp. 1-3.
- 14.** Bega, D.; Gramaglia, M.; Banchs, A.; Sciancalepore, V.; Costa-Pérez, X. A machine learning approach to 5G infrastructure market optimization. *IEEE Commun. Mag.* 2019, 19, 498-512.
- 15.** Abrol, A.; Jha, R. K Power optimization in 5G networks: A step towards GrEEEn communication. *IEEE Commun. Mag.* 2016, 4, 1355—1374.
- 16.** Aljohani M., Alam T. (2017) Real Time Face Detection in Ad Hoc Network of Android Smart Devices. In: Sahana S., Saha S. (eds) *Advances in Computational Intelligence. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 509.
- 17.** French, A. M., & Shim, J. P. (2016). The Digital Revolution: Internet of Things, 5G, and Beyond. *Communications of the Association for Information Systems*, 38(1), 40.
- 18.** Holma, H., Toskala, A., & Nakamura, T. (2020). *5G Technology: 3GPP New Radio*. John Wiley & Sons.
- 19.** Navarro-Ortiz, J., Romero-Diaz, P., Sendra, S., Ameigeiras, P., Ramos-Munoz, J. J., & Lopez-Soler, J. M. (2020). A survey on 5G usage scenarios and traffic models. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.
- 20.** Kim, Y. M., Jung, D., Chang, Y., & Choi, D. H. (2019). Intelligent micro energy grid in 5G era: Platforms, business cases, testbeds, and next generation applications. *Electronics*, 8(4), 468.
- 21.** Khan, M. S. A. (2019). *Scope of Blockchain Technology in Energy Sector*.
- 22.** M. H. Həsənov. Optik telekommunikasiya sistemlərinin müasir texnologiyaları. Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti. - Bakı: "Ecoprint", 2017. – 412 s. 93
- 23.** B.Q. İbrahimov. Elektrik rabitə nəzəriyyəsi. Ali məktəblər üçün dərslik. - Bakı, 2016. - 382 s.
- 24.** Bayram G. İbrahimov, Mehman H. Hasanov. Researches methods for increasing the throughput of fiber-optical communication networks based on optical spectral technology. International scientific conference "2021 systems of signals generating and processing in the field of on board communications", 16-18 march 2021. Moscow.
- 25.** İbrahimov B.G., Hasanov M.H, Humbatov S.H. - Study and analysis of nonlinear effects in optical systems using spectral technologies. 20-21 march, 2019 Moscow.