TÜRKSAT

UYDU HABERLEŞMESİ 101

İMTİYAZ SAHİBİ
Türksat A.Ş.

YAZARLAR
Pro.f Dr. A. Rüstem Aslan
Prof. Dr. Nedim Sözbir
Dr. İbrahim Öz

Adres:
Yağlıpınar Mahallesi Türksat (Küme Evler) İdari Bina Apt. No:1
Gölbaşı / Ankara
Tel: +90 312 925 3000

Faks: +90 312 925 2900
E-Posta: info@turksat.com.tr
https://www.turksat.com.tr

Türksat Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme A.Ş.'nin Kurumsal Yayınıdır.
İzinsiz Kopyalanamaz ve Üzerinde Değişiklik Yapılamaz.

ÖNSÖZ

1957 yılında uzaya gönderilen insan yapımı ilk uydu Sputnik 1 ile başlayan uzayın insanlık için kullanımı macerasında 64 yıl geride kaldı. Günümüze kadar farklı büyüklükte ve farklı görevleri yerine getirmek amacıyla 8000'e yakın uydu uzaya gönderildi. Gelişen uydu üretim teknolojisi ve fırlatma maliyetlerinin düşmesi ile birlikte özellikle son yıllarda uzaya gönderilen uydu sayılarında artış yaşanmaya devam ediyor. Uydu ve fırlatma teknolojilerindeki gelişim, uydu haberleşmesinin en temel taşlarından olan yer sistemlerindeki yenilikler ve uydular üzerinden verilen hizmetlerin çeşitliliğini yakından takip etmeyi sektöre ilgi duyan herkes için önemli hale getiriyor.

İlk uydu macerasına 1994 yılında uzaya gönderilen 1B Uydusu ile başlayan Türkiye, 2004 yılında ülkemizin tek uydu operatörü Türksat'ın kurulması ile birlikte geçmiş yıllardaki tecrübeleri de arkasına alarak uydu ve uzay teknolojileri alanında önemli çalışmalara imza atmıştır. Türksat A.Ş. olarak bu tecrübe ve bilgi birikimini başta lise ve üniversite öğrencisi gençlerimiz olmak üzere uydu ve uzay teknoljilerine ilgi duyan herkesle paylaşmak amacıyla bu eseri hazırladık. Uydu ve uzay teknolojilerine giriş için bir baş ucu eseri olacağına inandığımız kitabımızın hazırlanmasında emeği geçen, yazarlarımız Prof. Dr. A. Rüstem ASLAN, Prof. Dr. Nedim SÖZBİR ve Dr. İbrahim ÖZ'e, Türksat'ın bütün başarılı çalışmalarında emeği geçen tüm çalışanlarımıza teşekkür ediyoruz.

Türksat A.Ş.

TÜRKSAT

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

HABERLEŞME, UYDULAR İLE HABERLEŞME, HABERLEŞME MİMARİLERİ 9
Haberleşme İhtiyacı ve Önemi 10
Uydu ile Haberleşme 10
Haberleşme Mimarileri 11
Uydu Haberleşmesi 14
Haberleşme Sağlanması, Kara ve Uydu Haberleşmesi 15

BÖLÜM 2

KÜTLE VE GÖREVLERİNE GÖRE UYDU TÜRLERİ İLE HABERLEŞME UYDULARI 17
Uyduların Kütlelerine Göre Sınıflandırılması 18
Görev Sınıflaması 19
Dünya Yörüngesinde Görev Yapanlar 19
Diğer Gezegenlere Seyahat Edenler 19
Uydular ve Görevleri, Haberleşme Uyduları 20
Türkiye Haberleşme Uyduları 20
Test Altyapısı 21

BÖLÜM 3

TOPLAM UZAY SİSTEMİ 23
8 Görev Elemanı+Görev Tarafları 25
Haberleşme Uydu Yapısı ve Bileşenleri 25
Test Altyapısı 26
Uzay Kesimi 27

BÖLÜM 4

UYDU YÖRÜNGELERİ VE YÖRÜNGEYE GÖRE HABERLEŞME 31
Alçak Yörünge Uyduları 33
Orta Yörünge Uyduları 33
Yer Sabit Yörünge Uyduları 33
Yüksek Yörünge Uyduları 33
LEO Haberleşme 33
Gözlem Uyduları 33
LEO Takım Uydu Sistemi 34
Küresel Navigasyon Uydu Sistemi 38
Voyager Haberleşme 39

BÖLÜM 5
HABERLEŞME GEREKSİNİMLERİ VE UYDULARIN KULLANIMI 43
Haberleşme Uydusu Görev Yükü Belirlenmesi 45
Veri Türleri ve Miktarları 46
Haberleşme ve Frekans Bantları 47
Modülasyon 48
Sürekli Dalga Modülasyonu 48
Genlik Modülasyonu 49
Açı Modülasyonu 49
Frekans Modülasyonu 49
Faz Modülasyonu 49
Genlik Kaydırmalı Anahtarlama 49
Frekans Kaydırmalı Anahtarlama 50
Faz Kaydırmalı Anahtarlama 50
Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama (QPSK) 50
Çoklama 50
Frekans Paylaşımlı Çoklu Erişim (FDMA) 51
Zaman Paylaşımlı Çoklu Erişim (TDMA) 51

BÖLÜM 6
HABERLEŞME DONANIMLARI 53
Uydu Haberleşme Terminolojisi 54
Haberleşme Modülü 55
Anten Sistemleri 56
Yan ve Yükseliş Açısı, Mesafe 57
Veriş Yer İstasyonu 58
Alıcı Yer İstasyonu 58

BÖLÜM 7
LİNK BÜTÇESİ BİLEŞENLERİ VE HESAPLAMALARI 61
Link Bütçesi Hesabı 62
Güç Birimleri: Desibel 63
Link Bütçesi Hesabı 64
Etkili İzotropik Yayılan Güç 64
Uydu IPFD 64
Eş Değer Gürültü Sıcaklığı 65
Gürültü Yoğunluğu 65

Taşıyıcı-Gürültü Yoğunluğu Oranı 65
Kayıplar 65
Uydu Haberleşme Antenlerinde Kazanç 65
Uydu Yer İstasyonu Mesafesi 65
Gürültü 66
Figure of Merit 66
Gürültü ve Kaynakları 66
Anten Gürültü Sıcaklığı 66
Örnek Link Bütçesi 67

BÖLÜM 8
ULUSLARARASI TELEKOMÜNİKASYON BİRLİĞİ 69
Organizasyon Yapısı 70
Radyo Haberleşme Sektörü 70
Frekans Koordinasyon 71
Koordinasyon Gerektiren Durumların Tespiti 71
Kapsama Alanları 71
Frekans Tahsisleri 72
Başvuru ve Frekans Koordinasyon 72
Notifikasyon Prosedürü 73
Uluslararası Frekans Kayıt Kütüğü 73

BÖLÜM 9
TÜRKSAT UYDULARI 75
TÜRKSAT-1A 77
TÜRKSAT-1B 78
TÜRKSAT-1C 79
TÜRKSAT-2A 80
TÜRKSAT-3A 81
TÜRKSAT-3USAT 82
TÜRKSAT-4A 83
TÜRKSAT-4B 84
TÜRKSAT-5A 85
TÜRKSAT-5B 86
TÜRKSAT-6A 87

SÖZLÜK 88

KISALTMALAR

ACU / *antenna control unit* Haberleşme için kullanılan anteni istenilen yere yönlendirmek için kullanılan ekipman(lar)

AIT (Center) / *assembly integration and test* Montaj birleştirme ve test (merkezi)

ALC / *automatic level control* Otomatik seviye kontrol

AM / *amplitude modulation* Genlik modülasyonu

AOCS / *attitude and orbit control system* Yörünge yönelim ve kontrol sistemi

APM / *antenna pointing mechanism* Anten odaklama mekanizması

APS / *analogue protection system* Anolog koruma sistemi

APSK / *amplitude phase shift keying* Genlik faz kaymalı anahtarlama

APT / *Asia Pasific Telecommunity* Asya Pasifik Telekomünikasyon Birliği

AR / *advice of delivery* Alma haberi

BER / *bit error rate* Bit hata oranı

BOL(satellite) / *beginning-of-life (satellite)* Ömür başlangıcı (uydunun)

BSS / *broadcast satellite service* Uydu yayın servisleri

Byte / *8 bits* Bayt (8 bit)

C/I / *carrier-to-interference ratio* Taşıyıcının girişime oranı

C/N / *carrier-to-noise ratio* Taşıyıcının gürültüye oranı

C/T / *carrier-to-noise-temperature ratio* Taşıyıcının gürültü sıcaklığına oranı

CATV / *community antenna television* Ortak antenli televizyon

CEPT / *European Conference of Postal and Telecommunications Administrations* Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Avrupa Konferansı

CMC / *communication monitoring center* Haberleşme gözlem merkezi

C/N / *carrier to noise* Taşıyıcı, gürültü oranı haberleşme şebekesi

db / *decibel Desibel (db),* sinyal şiddet birimi

dB/K / *decibel referred to 1 Kelvin* 1 Kelvin sıcaklıktaki desibel

DBS / *direct broadcast satellite* Doğrudan uydu yayıncılığı

dBW / *decibel watt* Desibel watt

DOCON / *downconverter* Alt çevirici

EIRP / *effective isotropically radiated power* Etkin izotropik yayılım gücü

FM / *frequency modulation* Frekans modülasyonu

FMA / full motion antenna Tam hareketli anten

FSS / *fixed service satellite* Sabit uydu servisi

G/T / *gain over noise temperature* Antenin kazanç eşdeğer gürültü sıcaklığı oranı (antenin alış kabiliyeti)

GEO / *geostationary orbit* Yer sabit yörünge

IBO / *input back-off* Giriş güç sınırlaması

IF / *intermediate frequency* Ara frekans

LEO / *low earth orbit* Alçak yörünge

LNA / *low-noise amplifier* Alçak gürültülü kuvvetlendirici

LNB / *low-noise block converter* Alçak gürültülü kuvvetlendirici ve frekans çevirici

OBO / *output back-off* Çıkış güç sınırlaması

PSK / *phase-shift keying modulation* Faz ötelemeli anahtarlama

QPSK / *quadrature phase-shift keying* Dörtlü faz kaydırmalı anahtarlama

SSPA / *solid state power amplifier* Katı hal güç yükseltici

SSC/ *Simulator Spacecraft* Uydu Simulatörü

TT&C / *tracking, telemetry and command* İzleme, telemetri ve telekomut

TLT/ *Test Loop Translator* Test Döngü Çeviricisi

TWT / *travelling wave tube* Yürüyen dalga tüpü

TWTA / *travelling wave tube amplifier* Yürüyen dalga tüpü güçlendiricisi

UHF / *ultra high frequency* Ultra yüksek frekans

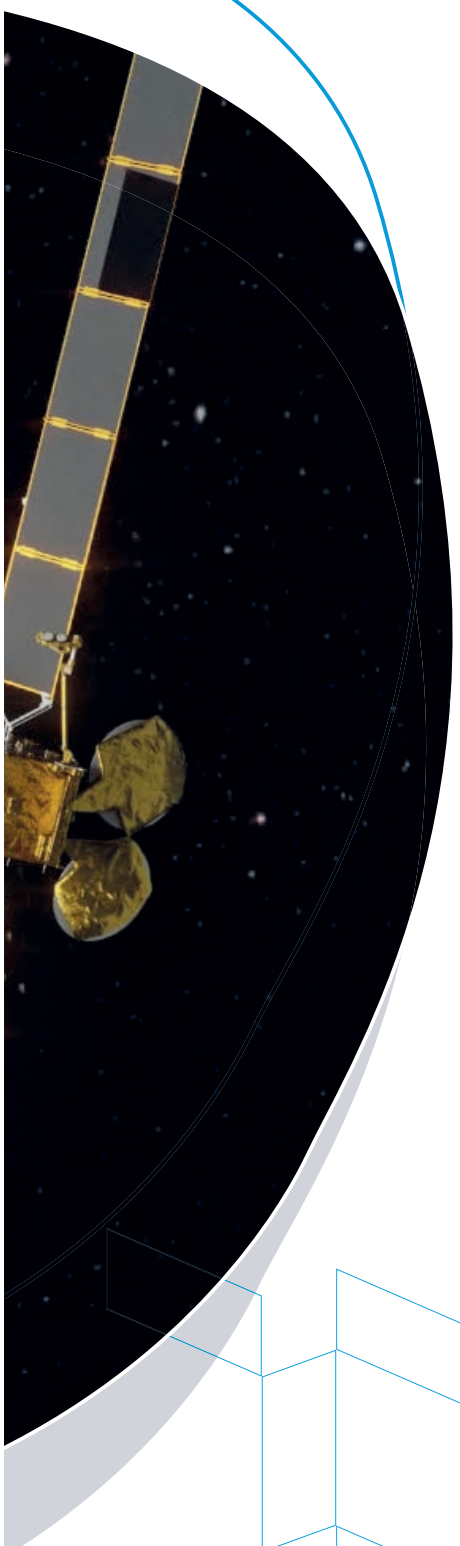
VHF / *very high frequency* Çok yüksek frekans

VSAT / *very small apperature terminal* Küçük anten ve küçük cihazlar ile uydu haberleşme imkânı sağlayan terminal

WRC / *World Radiocommunications Conference* Dünya Radyokomünikasyon Konferansı

Türksat 5A

TÜRKSAT



HABERLEŞME,

UYDULAR İLE HABERLEŞME,

HABERLEŞME MİMARİLERİ

HABERLEŞME, UYDULAR İLE HABERLEŞME, HABERLEŞME MİMARİLERİ

Haberleşme İhtiyacı ve Önemi

İnsan, var olduğundan itibaren haberleşme ihtiyacı hissetmiş, haberleşmek için çeşitli yöntemler kullanmıştır. İlk haberleşmesi bağırmak ile başlamış ve belirli bir mesafeden sonra yetersiz olduğunu görüp başka yöntemlere yönelmiştir. İnsanlar, tepeler üzerine birbirlerini gören kuleler koyarak işaretler ile haberleşme ihtiyaçlarını gidermişlerdir. Elektrik, yaygınlaşması ve kullanılabilir hâle gelmesiyle haberleşmeyi etkisi altına almıştır. 1800 yıllarda elektrikli telgraf ve telefonla, 1900 yıllarda radyo ile haberleşme sağlanmıştır. Günümüzde haberleşmede çok önemli yere sahip olan telefonlar yerini cep telefonlarına, radyo ise yerini televizyon ve internete bırakmıştır. Haberleşme, insaoğlunun önemli ihtiyaçlarından olup, uydu haberleşmesi ile haberleşme daha ucuz, erişilebilir ve hızlı hâle gelmiştir.

Uydular İle Haberleşme

İlk olarak İngiliz bilim insanı ve bilim kurgu yazarı Arthur C. Clarke'ın 1945 yılında "Wireless World" dergisinde yayımlanan makalesinde ortaya attığı fikir uydu haberleşmesi için önemli bir başlangıç olmuştur. Sputnik'in verdiği ivme ile daha sonraki yıllarda yörünge sabit uydular, yeryüzünde karasal hatların gidemediği yerlerde, kıtalar arası kablo sistemlerin devamı olarak ve televizyon/radyo yayıncılığı gibi sivil alanlarda kullanılırken askeri amaçlı da birçok uygulama hayata geçirilmiştir.

Yüksek frekans kullanan kablosuz haberleşme sistemlerinde birbirini fiziksel olarak görebilen 2 nokta arasında iletişim sağlanmaktadır. İletişim için ya birbirini gören iki noktaya ya da bu iki noktayı da görebilen üçüncü bir noktaya ihtiyaç vardır. Arthur C. Clarke bu üçüncü noktanın yerden belirli bir yükseklikte, doğru yörüngede konumlandırılmış (yer durağan (GEO) yörünge) ve bir tam turunu 24 saatte tamamlayan uydular olabileceğine işaret etmiştir. Çünkü yeryüzünün dairesel bir yapıda olması, binalar, dağlar vb. fiziksel engeller bahsettiğimiz iki noktanın birbirini doğrudan görmesini engellemektedir. Yapay uydu fikri ilk meyvesini SPUTNIK-1'in fırlatılmasıyla vermiştir. 1957 yılında SPUTNIK-1'in uzaya fırlatılmasıyla özellikle uydu haberleşmesinin getirdiği kolaylıklar ve ekonomik kazanç dikkati çekmiş, araştırma ve geliştirme faaliyetlerine verilen önemin sonucunda uzay çalışmalarında ikinci büyük adım 1969 yılında ilk insanın Ay'a ayak basmasıyla atılmıştır. Gerçek anlamda ilk aktif uydu (Explorer-1) ise NASA'nın yürüttüğü SCORE projesi kapsamında 1958 yılında yörüngeye yerleştirilmiştir. Bu anlamda uzaya gönderilen ilk uydular askeri amaçlı olarak kullanılmış ve ticari uyduların da öncülüğünü yapmıştır

1960'ların başında uydular çok güvenilir olmadığından, veri kullanımı da tam anlamı ile yapılamıyordu. Ancak uyduların üç eksende kontrol edilebilmesinin ve yüzeylerinin sabit tutulabilmesinin 1963 yılında icadı ile veri kullanımı son derece cazip hâle geldi. 1964 yılına kadar AT&T firmasının iki TELSTAR, iki RELAY ve iki SYNCOM uydusu orta yörüngede (yaklaşık 5.600 km) çalışıyordu. 1965'te, COMSAT firmasının ilk uydusu EARLYBIRD, ABD'deki Cape Caneveral üssünden GEO yörüngeye fırlatıldı. Böylelikle, küresel uydu haberleşme çağı da başlamış oldu. Uydunun Avrupa'da (İngiltere, Fransa ve Almanya gibi ülkelerde) yer istasyonları kuruldu. Bu uluslararası ortaklık, 19 ülkenin de katılımıyla, 20 Ağustos 1964'te global uydu servisi verilmesi amacıyla en büyük ve en kapsamlı uydu organizasyonu olan INTEL-

SAT (Uluslararası Haberleşme Uyduları Organizasyonu) adında yeni bir organizasyon kuruldu. Türkiye'nin 1968 yılında %1,64 hisse ile üye olduğu bu organizasyon bugün 52 haberleşme uydusundan oluşan bir filo işletmektedir. TV yayıncılığı, data ve haberleşme hizmeti vermektedir. Avrupa ülkelerinde ise TV yayıncılığı, data ve haberleşme için 1977 yılında, Avrupa Uydu Haberleşme Organizasyonu (EUTELSAT) kuruldu. Kuruluşun hizmet alanı Avrupa, Orta Doğu ve Kuzey Afrika kıtalarını içermektedir. Bugün EUTELSAT, 39 uydu ile Avrupa ülkeleri arasında TV yayıncılığı, data ve haberleşme hizmetleri vermektedir. 1979 yılında yeni nesil uyduları ve 35 ülkede kurulu olan 50 kıyı yer istasyonu üzerinden mobil iletişim servisi veren Birleşmiş Milletler Uluslararası Denizcilik Organizasyonu (INMARSAT) kurulmuştur. INMARSAT, gemicilik, uçak endüstrisi, deniz aşırı ve karasal mobil endüstrilere telefon, teleks, data ve faks ile servisleri sağlayan uluslararası bir uydu konsorsiyumu olup, mobil terminallere, deniz ve hava araçlarına telefon, teleks, data, faks, internet, elektronik posta, kısa mesaj ve acil durum çağrı (SOS) servisi vermektedir.

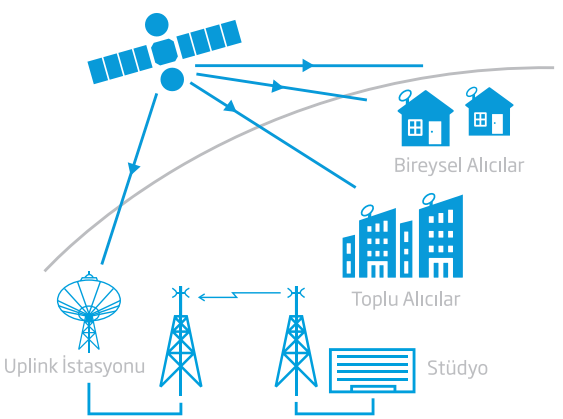
Yaşanan rekabet ve teknolojinin gelişmesi ile uydu teknolojisinde de büyük gelişmeler olmuş; haberleşme uyduları, gözlem uyduları, meteoroloji uydular, bilimsel uydular, GNPS uyduları (GPS, Galileo, GLONASS, Beidou ve IRNSS), uzay mekikleri, uzay teleskopları ve uzay istasyonları uzaya gönderilmiştir. Bu uzay araçları uzaydaki görevlerini yapmaktadır.

Türksat A.Ş. ve Savunma Sanayi Başkanılığı, Türkiye Havacılık ve Uzay Sanayi bünyesinde Ankara'da 21 Mayıs 2015 tarihinde uydu montaj entgrasyon ve test merkezi (USET) kurulmasına destek oldular. Bu tesis içerisinde iki adet entegrasyon holünün 5 tonluk iki adet uydu entegre edebilme kapasitesi mevcuttur. Titreşim Test Sistemi (max. yük 8000 kg ve max. kuvvet 289 kN sine, 266 kN random, and 578 kN shock. Frekans 5 - 2000 Hz), Akustik Test Sistemi (max. the ses basınç seviyesi 156 dB. Frekans 25 -10000 Hz), Kütle Özellikleri Ölçüm Sistemi (50- 9000 kg), Kompakt Anten Test Sistem (6000 kg. Frekans 1 GHz-200 GHz), EMI/EMC Test Sistemi (1-40 GHz) ve TVAC Test Sistemi (550 m^3, 10^{-6} mbar, Shroud sıcaklığı -180 ± 5 °C (LN_2)) uyduların testlerini yapmak için mevcuttur.

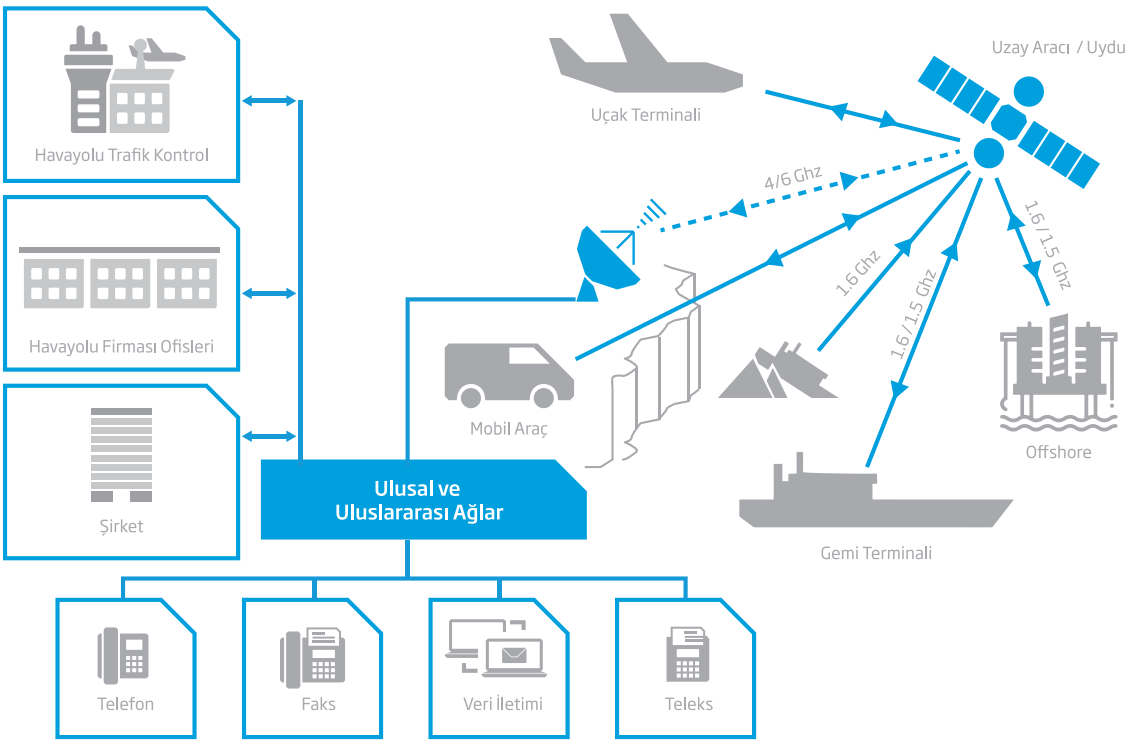
Uyduların çalıştığı ortam olan uzayın bir tanımını yapmak gerekir. Deniz seviyesinden 100 km yukarıda olduğu varsayılan Karman Hattı (Karman Line), dış uzayın başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Macar asıllı Amerikalı fizikçi Theodore von Karman, bu limiti "karman hattı" olarak açıklamıştır. Deniz seviyesinden 100 km yükseklik, atmosferin inceldiği ve oksijenin atomik seviyede olduğu bir bölgedir. Bir cismin uçabilmesi için gerekli kaldırma kuvveti bu yükseklikte sağlanamaz, bu yükseklikte uçuşun sağlanabilmesi için o yükseklikteki yörüngesel enerjiye karşılık gelen hızın aşılması gerekir. Dolayısıyla standart havacılık teknikleri ile (kanatlar) burada uçmak mümkün olmamaktadır. Hava araçları açısından bakıldığında, atmosfer denince aracın aerodinamik kuralları açısından uçabileceği en yüksek irtifa akla gelmektedir. Bu yükseklik yaklaşık 40 km'dir. Atmosferi oluşturan hava kütlesinin %99'u bu irtifanın altındadır. Bir uydunun uçabileceği en alçak irtifa ise 150 km'dir. Bu uzayın başladığı en alçak irtifa olarak kabul görmekle birlikte, uluslararası belgelerde açık olarak ifade edilmemektedir. Eliptik yörüngeli bir uydunun yere en alçak geçebileceği yükseklik ise 129 km'dir. Bugün artık birçok kişi tarafından hava ve uzay birbirinden ayrılmaz bir bütün olarak kabul edildiğinden, bu ortam hava-uzay olarak adlandırılmaktadır.

Haberleşme Mimarileri

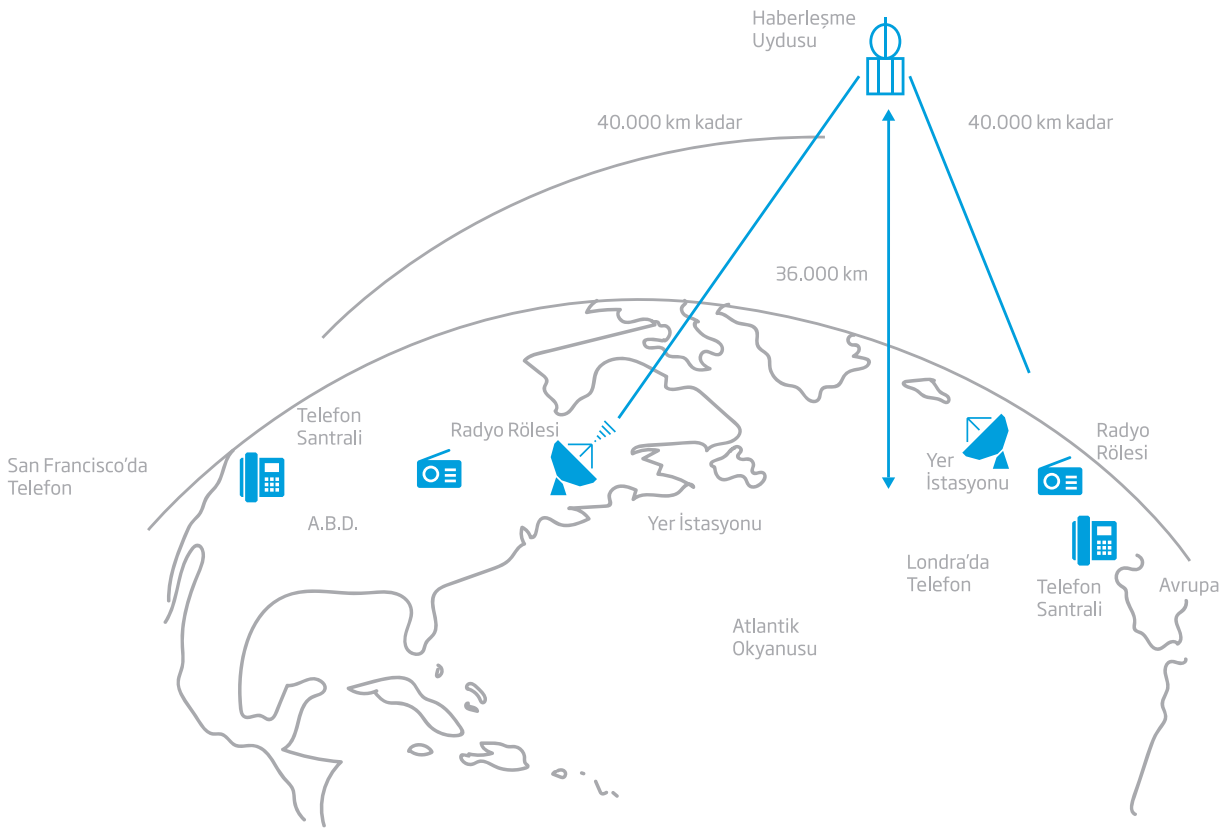
Haberleşme sistemi bir veya daha fazla uydu linki içerir. Bir çift yer istasyonu ve bir uydudan oluşan bu linklerin her biri, mikrodalga (RF) sinyalini uyduya gönderen bir verici yer istasyonu (uplink), bu sinyali uydudan alan bir alıcı yer istasyonu (downlink) ve uygun frekans ile güce sahip bir uydu sisteminden oluşmaktadır. Uydular kendi arasında link ile haberleşebilirler. Haberleşme uydusu farklı yörüngedeki uydular ile haberleşme yapabilir. Haberlşme uydusu; TV yayıncılığının yanında hareketli istasyonlarla, sabit karasal networklerle ve el terminallleri ile haberleşme yapabilir, çeşitli veriyi aktarabilir. Şekil 1.1.'de doğrudan yayın yapan bir uydu sisteminin bileşenleri, Şekil 1.2.'de uydu haberleşmesi için gerekli olan uydu ile alıcı/verici yer istasyonu ve Şekil 1.3'de uluslararası haberleşme ağı görülmektedir.



Şekil 1.1. *Doğrudan Yayın Yapan Bir Uydu Sisteminin Bileşenleri*

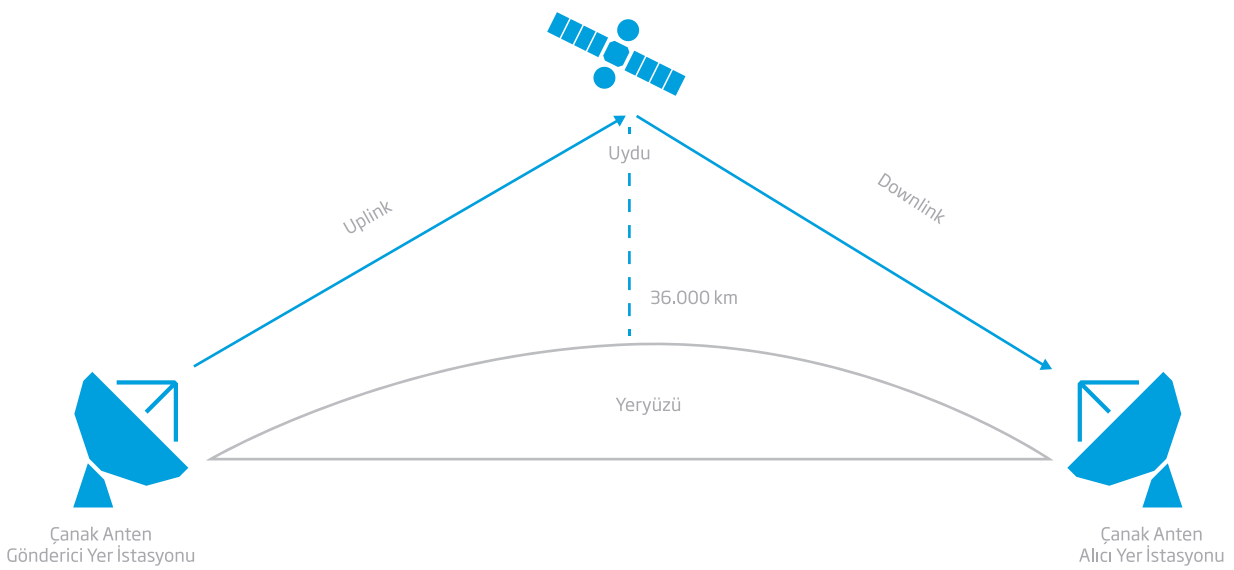


Şekil 1.2. *Uydu Haberleşmesi İçin Gerekli Olan Uydu ve Alıcı/Verici İstasyonlar*



Şekil 1.3. *Uluslararası Haberleşme Ağı*

Haberleşme uyduları ekvatordan yaklaşık 36000 km yükseklikte görev yapan uydulardır. Gönderici yani verici (uplink) ve alıcı (downlink) 36000-38000 km mesafeden yapılmaktadır. Şekil 1.4'de uydu haberleşmesi görülmektedir.

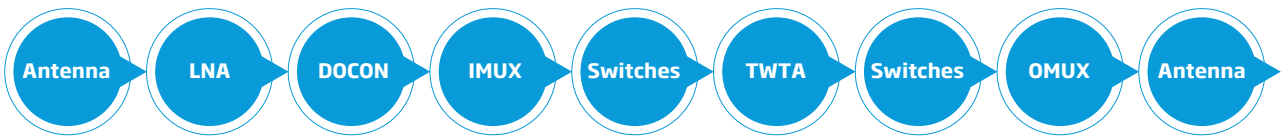


Şekil 1.4. *Uydu Haberleşmesi*

Uydu Haberleşmesi

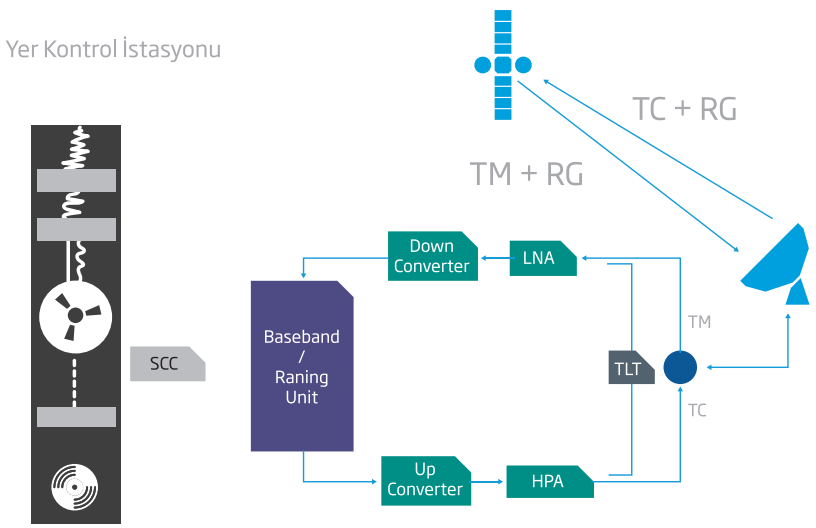
Mikrodalga sinyalleri uyduya ve yer istasyonuna atmosferik yol kayıplarından dolayı zayıflayarak ulaşır çünkü uydu yörüngesi Dünya'dan yaklaşık 36000 km uzaklıktadır. Uydu haberleşmesinde yer istasyonlarının, uyduya yeterli güçte ulaşabilmeleri için geniş açılı antenler ve yüksek güçlü mikrodalga sinyalleri kullanma ihtiyaçları vardır. Aynı zamanda yer istasyonlarının, uydudan gelen zayıf işaretleri almaları için yine geniş açıklıklı parabolik antenler kullanılır. Antenler; aşırı termal gürültülerden veya diğer mikrodalga sistemlerin interferanslarından kaçınmak için düşük gürültülü ve düşük yan lobe şeklinde olmalıdır.

Bir düşük gürültülü yükseltici, uydudan alınan çok zayıf sinyalileri kuvvetlendirmek için gereklidir. Uydu haberleşme devrelerinde işaret gürültü oranı, haberleşme kalitesinde Uluslararası Habeleşme Birliği (ITU) kriterlerine göre kabul edilebilir bir seviyede olmalıdır. Verici katı, modülatör katından gelen modüleli işareti iletim ortamına uygun olan frekansa çeviren bir üst çevirici (up-converter) birimi ve uyduya çıkış için gerekli gücü sağlayan kuvvetlendirici birimlerinden oluşur. Uydu görev yükü, dünyadaki yer istasyonundan gelen yüksek hassasiyette bu sinyalleri alır, frekansı değiştirir, RF gücünü artırarak tekrar dünya verir. LNA, Docon, Imux, Switchler, TWTA ve Omux kullanılır. LNA, düşük yükseltici olup, sinyalin RF'sini yükseltir. Docon, düşürücü olup frenaksı değiştirir. Imux, giriş çoklu pleskleyici olur, sinyali kanala verir. Switchler, sinyali redandensi yaparak yönlendirme görevi yapar. TWTA, seyahat dalga tüp yükseltici olup, RF gücünü hızlandırılmış elektronlar ile artırır. Omux, sinyalleri birleştirerek antene yönlendirir. Uydudan gönderilen RF sinyalinin yer istasyonu tarafından alınması işlemine "downlink" denir. Bir yer istasyonu alıcı sistemi, anten, feed, alıcı, alt çevirici (down-converter) ve demodülatör kartlarından oluşur. Uydu içerisinde bulunan aktarıcı (transponder), alış işareti hatasız geldiğinde otomatik olarak tepki veren ve gönderme yapan alıcı/verici cihazdır. Yer istasyonu uplink sinyali uydu transponderi tarafından alınır ve downlink istasyonuna geri gönderilir. Şekil 1.5'de düşük güçteki RF sinyalini alıp, güç artırıp yer istasyonuna geri gönderen haberleşme uydusu görev yükü ekipmanları görülmektedir.



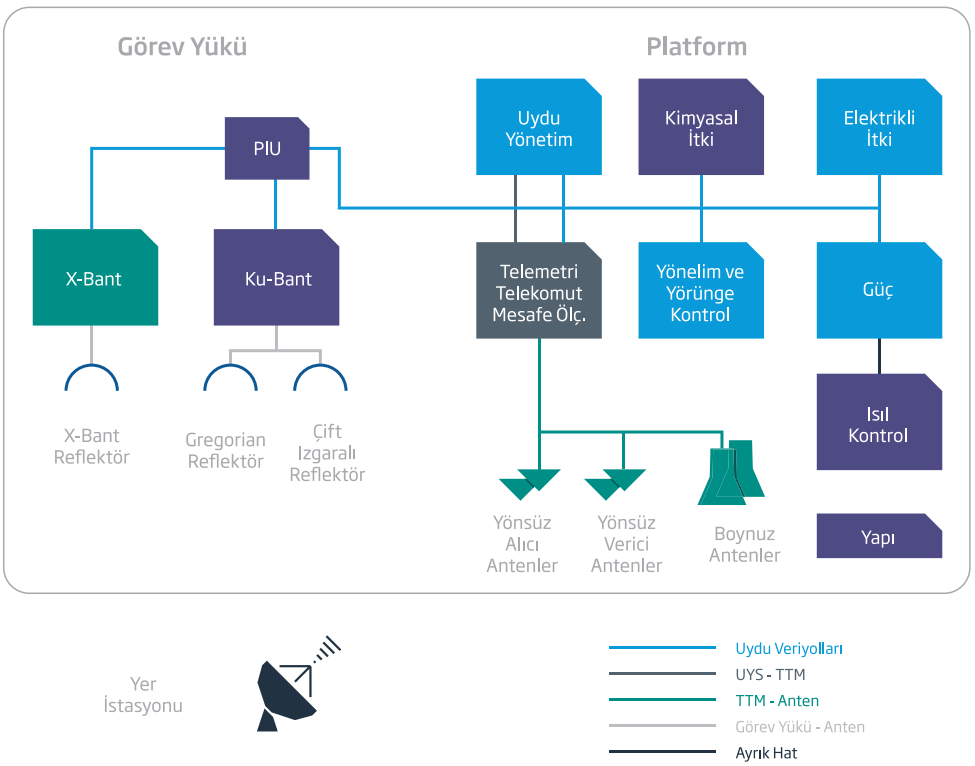
Şekil 1.5. *Haberleşme Uydusu Görev Yükü Ekipmanları*

Uydu ile telemetri, telekomut ve mesafe ölçümü yapımı yapan alt sistem bulunmaktadır. Bu alt sistemin çalışma prensibi Şekil 1.6'de görülmektedir. Bu alt sistem; yer istasyonundan aldığı komutları uydu bilgisayarına ileten ve uydu üzerindeki verileri toplayıp yere indiren telemetri ileticisinden oluşmaktadır. Ayrıca, uydu ile yer isatasyonu arasındaki mesafenin ölçülmesi görevini de yapar.



Şekil 1.6. *Telemetri, Telekomu ve Mesafe Ölçümü Alt Sistemi*

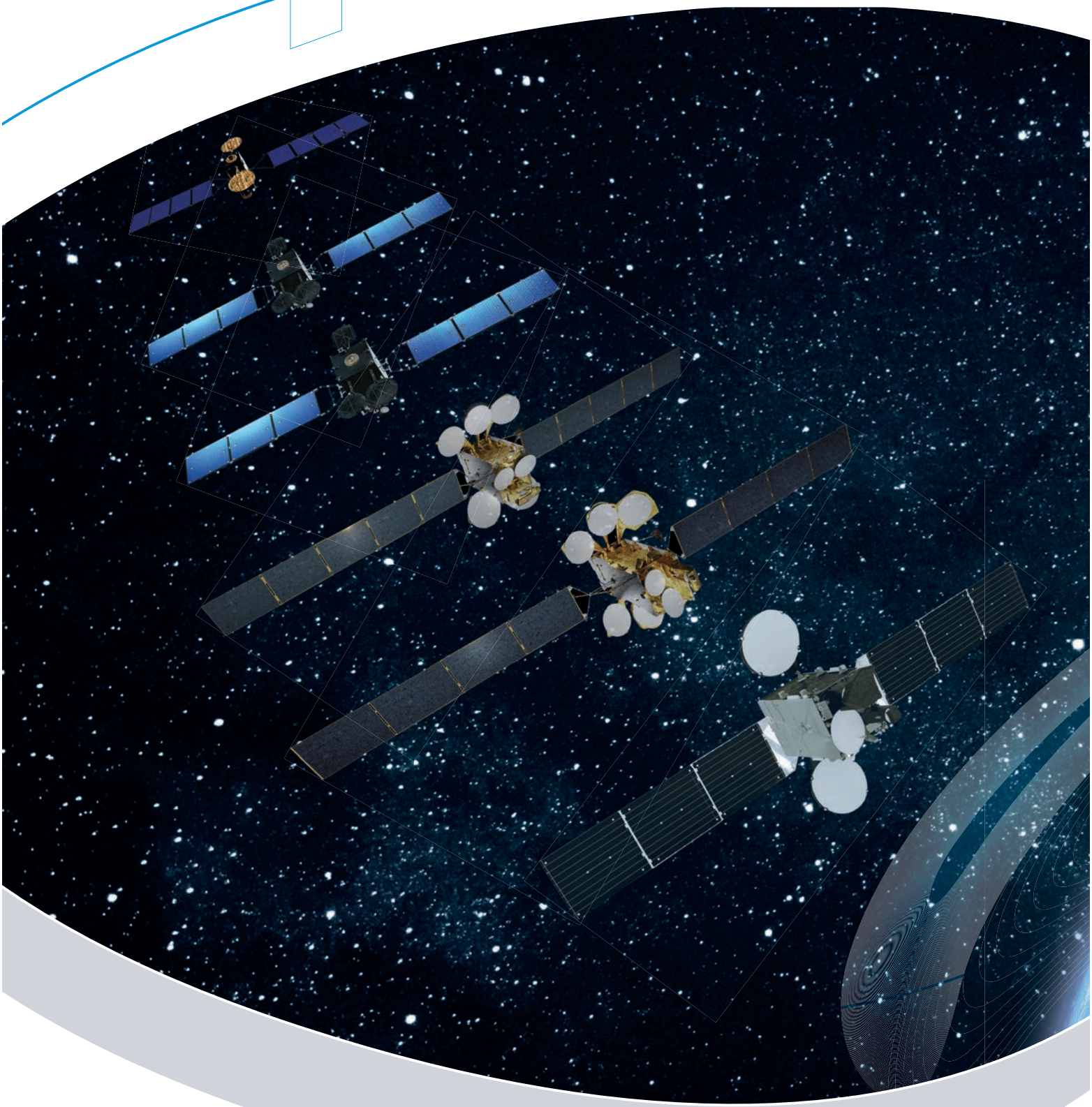
Uydu görev yükü ve platformdan oluşur. Görev yükü modülünde kullanılan frekanslar ile çalışan görev yükleri ve bunların antenleri bulunur. Platform modülünde ise uydu; yönetim, itki, yönelim ve yörünge kontrol, güç, ısıl kontrol, yapı, yönsüz alıcı/verici antenler ve boynuz antenlerden oluşur. Şekil 1.7.'de yerli olarak geliştirilen X ve Ku bantla çalışan Türksat 6A uydusunun sistem mimarisi görülmektedir.



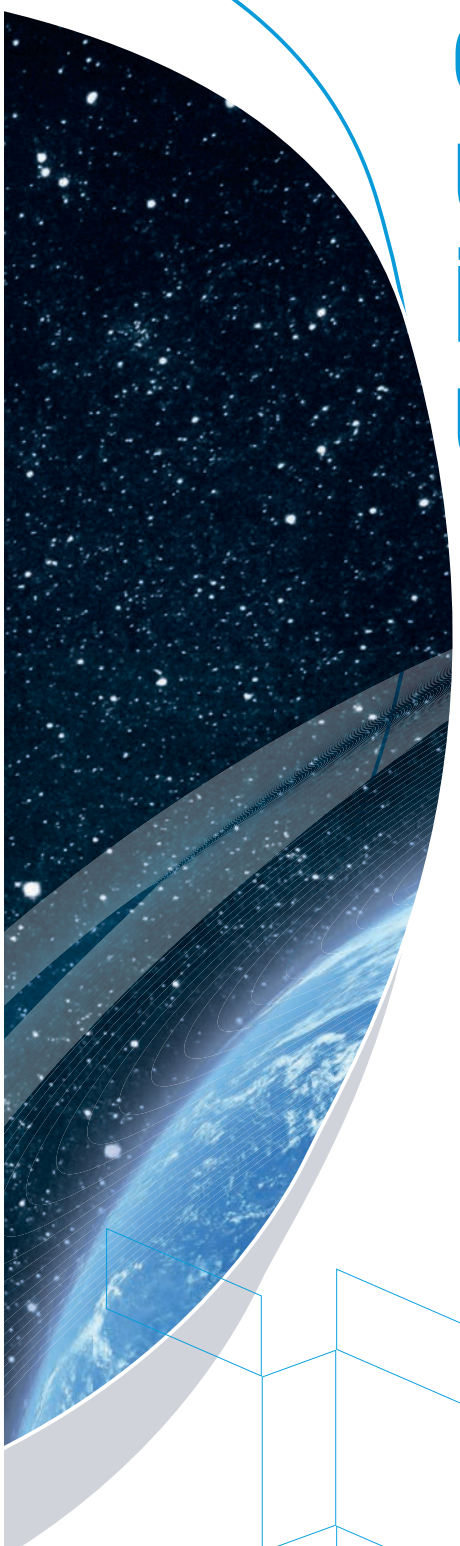
Şekil 1.7. *Türksat 6A Sistem Mimarisi*

Haberleşme Sağlanması, Kara ve Uydu Haberleşmesi

GEO haberleşme uydularında haberleşme, bir haberleşme bağlantısı (link) ile başlar. Bir iletişim bağlantısı da kaynak sinyali ile başlar. Kaynak sinyali, mikrofon tarafından elektriksel analog dalga formuna dönüştürülmüş bir insan sesi, bir TV kamera tarafından üretilen sinyal, teletip makinesi tarafından üretilen bir dizi ikili rakam (birler ve sıfırlar) veya veri terminalleri olabilir. Uzun mesafeli iletim için kaynak sinyalini orijinal biçiminde tutmak zahmetli ve pahalıdır. Genellikle bu elektriksel kaynak sinyali veya genel olarak iletişim mühendisleri tarafından adlandırıldığı gibi temel bant sinyali, sinyalin daha fazla iletim için işlendiği bir merkeze ulaşmadan önce kablonun aşağısına yalnızca kısa bir mesafe kat eder. Örnek olarak, telefon el cihazından çıkan bir ses sinyali, ilk varış yeri olan yerel anahtarlama ofisine ulaşır. Yerel bir aramaysa, sinyal alıcı tarafın telefonuna aktarılacaktır ve başka sinyal işleme olmayacaktır. Bununla birlikte eğer bu uzun mesafeli bir arama ise sinyalin en ekonomik iletim araçları kullanılarak yol boyunca işlenmesi ve güçlendirilmesi gerekir. Sinyal, mikrodalga veya uydu iletimi yoluyla havada taşınırsa, radyo frekanslarını kullanmak kaynak sinyalinden daha uygundur. Örneğin, bir ses sinyali yaklaşık 300 Hz ila 4000 Hz arasında yayılabilir ve mikrodalga sinyali $4x10^9$ Hz veya 4 GHz bandında çalışabilir. Bu nedenle, mikrodalga frekansı bandında kaynak sinyalini taşımak için bir araç gereklidir. Kaynak sinyalini bir mikrodalga frekans bandında hava üzerinden iletimler için uygun bir sinyale dönüştürme işlemi aslında modülasyon ve yukarı dönüştürmedir. Bu tür sinyal işleme, hem karasal mikrodalga iletimi hem de uydu mikrodalga iletimi için ortaktır.



Türksat Uydu Filosu



KÜTLE VE GÖREVLERİNE GÖRE UYDU TÜRLERİ İLE HABERLEŞME UYDULARI

KÜTLE VE GÖREVLERİNE GÖRE UYDU TÜRLERİ İLE HABERLEŞME UYDULARI

Uydular, kütle ve yaptıkları görevlerine göre sınıflanırlar. Her uydu bir amaç için geliştirilir ve en önemli karakteristiği kütlesidir. Bu bölümde uyduların kütlelerine ve görev amaçlarına göre sınıflandırılmaları tanıtılacaktır.

Uyduların Kütlelerine Göre Sınıflandırılması

Uyduların kütlesi, doğrudan uzaya erişim ile bağlantılı olduğundan en önemli özelliğidir. Uyduların uzaya erişim maliyetlerini belirleyen temel özellik kütlesidir. Kütle değeri yanında kütle merkezi ve kütle atalet momentleri de önemlidir. Uzaya erişimi sağlayacak fırlatma aracına (Roket) yerleşim bakımından uydunun geometrik biçimi ve hacmi de diğer iki önemli karakteristiktir. Uyduların kütlesi, geliştirilmeleri sırasında kullanılacak sistemleri de etkiler.

Uyduların kütlelerine göre sınıflandırılması farklı kurum ve kuruluşlar tarafından farklı isim ve aralıklarla tanımlanabilmekle berabe genellikle kabul gören yaklaşım Tablo 2.1' de sunulmuştur. Ülkemizin tüm haberleşme uyduları Türksat A.Ş. tarafından işletilmekte olup büyük uydu sınıfındadır. Ayrıca, uyduların kütlesi ve geliştirme süreleri ile maliyetleri arasında da bir ilişki vardır, Tablo 2.2'de kütlelerine göre uydular, geliştirme süreleri ve maliyetleri görülmektedir.

Uyduları 1 ton üstü ve altı olarak iki ana grupta ele alabiliriz. Bir ton ve üzerinde kütleye sahip uydulara "Büyük Uydular" denir. 2021 Ocak ayında yörüngesine gönderilen TÜRKSAT 5A dâhil tüm Türksat haberleşme uydularının kuru kütleleri (uydunun yakıt hariç yörüngede görevi sırasındaki kütlesi) 1 ton üzerindedir. Örneğin Alcatel (Thales) Alenia Space Industries tarafından geliştirilen Türksat 3A uydusunun kuru kütlesi 3125 kg ve toplam fırlatma kütlesi 3060 kg'dir. Japon MHI tarafından geliştirilen Turksat 4A uydusu 4935 kg, Airbus tarafından geliştirilen Turksat 5A uydusu 3200 kg'dir. Yerli olarak geliştirilen Turksat 6A uydusu ise 4200 kg olarak öngörülmüştür. Bu uyduların tümü GEO yörüngede belirlenmiş noktalarda en az 15 yıl ve üzerinde görev yapmakta olup, konumlarını korumak üzere (askı hareketi yapan bir helikopter benzeri) sahip oldukları uydu üzeri iticiler ile belli manevralar yapmak üzere kuru kütlelerinden daha fazla yakıcı-yakıt taşırlar. Bu uydular yörüngedeki konumlarını korudukları için yeryüzündeki alıcı antenlerin konumlarının değiştirilmesi gerekmez. Haberleşme uyduları dışında 50 cm altı çözünürlüklü yer gözlem uyduları, modern GPS uyduları, hava durumu uyduları, büyük teleskoplu uzay gözlem uyduları ve insan taşıyan uydular yine büyük uydu sınıfındadır.

Tablo 2.1 *Uyduların Kütlesine Göre Sınıflandırılması*

Uyduların Sınıflandırılması		
Büyük	> 1 ton	Türksat Uyduları
Orta	500 kg-1 ton	Göktürk 1
Küçük	<500 kg	
Mini	100 kg-500 kg	Göktürk 2
Mikro	10 kg-100 kg	RASAT, LAGARİ
Nano	1 kg-10 kg	Türksat 3USAT, BeEagleSAT, UBAKUSAT, PİRİSAT
Piko	0.1 kg-1 kg	İTÜpSAT1
Femto	0,01 kg-0,1 kg	TAMSAT SimpleSAT
Atto	<0,01 kg	
Zepto	<0,001 kg	

1 ton altı uyduları orta ve küçük uydular olarak iki gruba ayırabiliriz. Yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydumuz GÖKTÜRK-1 (siyah beyaz 0,5 m ve renkli olarak 2 metre çözünürlükte), Thales Alenia ana yükleniciliğinde yerli savunma sanayi şirketlerinin katkısı ile geliştirilmiştir ve kütlesi 1 tonun altındadır (yaklaşık 970 kg). 500-1000 kg arası kütleye sahip uydular Orta Kütleli Uydular olarak tanımlanırlar.

Hâlen Dünya yörüngesinde görev yapan uyduların sayıca çoğunluğu 500 kg ve altı kütleye sahip olup Küçük Uydu sınıfındadır. Küçük Uydular mini (100-500 kg arası), mikro (10-100 kg arası), nano (1-10 kg arası) ve piko uydular (1 kg altı) olarak alt sınıflara ayrılırlar. Mayıs 2021 itibarıyla yörüngede en fazla uydu 250 kg civarı kütleye sahip Starlink mini uyduları (yaklaşık 1550 adet) ile 5 kg civarı kütleye sahip (yaklaşık 475 adet) Planet Labs nano uydularıdır. Bu

uyduların görev ömürleri 5 yıl ve altında olup sık sık yeni örnekleri çoklu sayılarda benzer yörüngelere gönderilmektedir (500km civarı). Görev ömürleri dolan uydular ise ya sahip oldukları yörüngeden düşürme sistemleriyle ya da 500 km ve altı irtifaları nedeni ile doğal olarak en fazla 25 yıl içerisinde yer çekimi, güneş ve atmosferik etkiler altında Dünya atmosferine girip genellikle de tamamen yanarak yok olmaktadır. Ülkemizde İTÜ-USTTL tarafından geliştirilen ilk küp uydu 990 gr ile piko uydu sınıfında, diğer 5 küp uydu ise 4 kg ve altında olup nano uydu sınıfındadır (TÜRKSAT-3U, BeeagleSat, HavelSat, UbakuSat ve Aselsat). Bunlardan TÜRKSAT-3U Türksat sponsorluğunda geliştirilmiş olup 100 farklı mühendisimizin uzay teknolojileri ile tanışmaları ve bu alanda tecrübe kazanmaları sağlanmıştır. Milli kurumlarımız tarafında geliştirilen GÖKTÜRK-2 uydusu 394 kg ile mini kütle sınıfında ve RASAT uydumuz ise 94 kg ile mikro uydu sınıfında yerli birer örnektir. Son zamanlarda uydu bileşenlerinin aşırı küçülmesi ile yenilikçi yaklaşımlar altında 100 gr ve altı uydular için kütle sınıflamaları oluşturulmuştur. Femto uydular 100-10 gr arası, Atto uydular 10-1 gr arası ve Zepto uydular 1 gr altı sistemlere verilen sınıf adları olmuştur. Femto uydulara yerli bir örnek TAMSAT SimpleSat'tır.

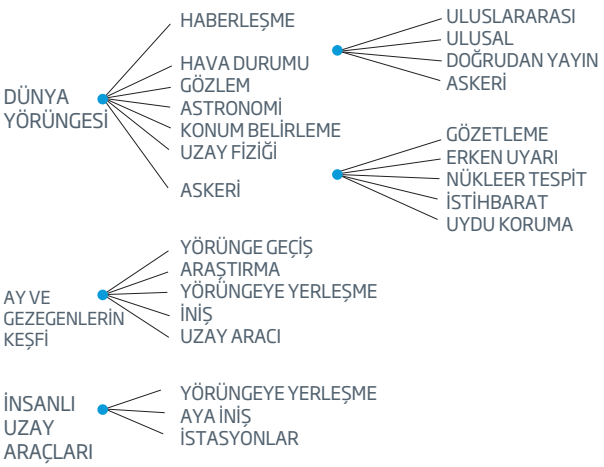
Tablo 2.2. *Kütlelerine Göre Uydular, Geliştirme Süreleri ve Maliyetleri*

UYDU	KÜTLE (kg)	MALİYET (Milyon)	SÜRE (Yıl)
Büyük	1000 kg+	$ 300 M+	10+
Orta	1000 kg+	$ 100 M+	4-6
Küçük	<500 kg+	$ 50 M	3-5
Mikro Sat	<100 kg+	$ 5-10 M	2-4
Nano Sat	1-10 kg+	$ 0.3-2 M	<2-3
Piko Sat	<1 kg+	$ 100 k	1-2
Femto Sat	<0.1 kg+	$ 10 k	<1

Uyduların kütlesi, doğal olarak hacimlerini, kullanılabilecek sistemlerin büyüklük ve kapasitelerini, uydu tarafından başarılabilecek görev kapsam ve sayısını etkilemektedir. Uydular kütle ve hacim olarak küçüldükçe fırlatma maliyetleri de azalmaktadır. Genellikle 500 kg ve daha ağır uyduların geliştirilme süreleri 3 yıl ve üzerinde (sıfırdan tasarlanıyorsa 5-10 yıl ve hatta daha uzun süreler), maliyetleri 50 milyon dolar ve üzerindedir. Uygulamada karşılaşılan değerler Tablo 2.2.'de sunulmuştur. Günümüzde 100 kg ve altındaki uydular görevlerinin zorluğu ve yenilik durumuna göre en fazla 5 yıl ve 5 milyon dolarlık bütçelerle geliştirilebilmekte, benzer nitelikte büyük uydulara göre maliyet/performans olarak büyük üstünlük sağlamaktadır. Çok karmaşık bir nano uydu 2 yıllık bir sürede her şey dâhil 1 milyon dolarlık bir bütçe ile yörüngede işletmeye alınabilmektedir. Bir GEO haberleşme uydusu fırlatma dâhil 300 milyon dolar mertebesinde bütçe gerektirmektedir.

Görev Sınıflaması

Uydular geliştirildikleri göreve göre üç ana başlık altında toplanabilirler:



A. Dünya yörüngesinde görev yapanlar

Bu uyduların ortak özelliği Dünya yörüngesinde bulunmalarıdır. Görevlerine ve görev yüklerine uygun bir Dünya yörüngesine yerleştirilirler. Aşağıdaki başlıca görevleri yerine getirirler. Bazı uydular birden fazla görevi de icra edebilirler.

a. Haberleşme uyduları: ana görevleri haberleşme yapmaktır.
b. Yer gözlem uyduları
c. Hava durumu uyduları
d. Yönelim uyduları
e. Uzay gözlem uyduları
f. Biyolojik uydular
g. Araştırma ve teknoloji gösterim uyduları
h. Uzay istasyonları
i. Askeri uydular: uzaydan keşif, gözlem ve istihbarat temel amaçları ile yukarıda belirtilen herhangi bir görevi icra ediyor olabilirler.

B. Diğer gezegenlere seyahat edenler

Bu uzay araçlarının Dünya yörüngesinde olanlardan farkı; uzayda seyahat edecek şekilde geliştirmiş olmalarıdır. Tarihsel olarak uzay sondaları olarak da adlandırılmışlardır. Bunlar planlanan faaliyet ve uydunun kapasitesine göre aşağıdaki görevleri yerine getirebilirler:

a. Geçip gidenler: Bir gezegenin yörüngesine girmeden (çekim alanına kapılmadan) geçip gidenler (fly-by). Uydular bu geçişleri sırasında sahip oldukları görev yükleri ile gezegenin uzaktan görüntülerinin alınması, gezegen çevresinin görüntülerinin alınması, farklı algılayıcılar ile çevresel ölçümler yapılması ve toplanan tüm bu görüntü, video ve/veya ölçümlerin dünyada ilgili yer istasyonuna aktarılması işlevlerini yerine getirebilirler. Bilginin aktarılması Dünya yörüngesinde görev yapan röle uyduları aracılığı ile de olabilir. Bu göreve en güzel örnek, voyager I ve II'dir .

b. Yörüngede dolananlar: Bir gezegenin çekim alanına yörüngesinde kalacak şekilde girip belirlenmiş bir yörüngede hareket eden uzay araçlarıdır.
c. Yüzeye inenler:
d. Yüzeyde gezinenler:
e. Uçucular:
f. Yüzeye çarpanlar:

Örnek olarak ABD yapımı NEAR Shoemaker uzay aracı yukarıdaki faaliyetlerin birçoğunu yerine getirmiştir.

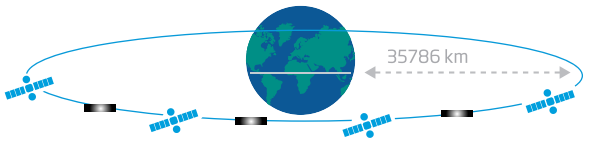
C. İnsan taşıyan ve barındıran uzay araçları

İnsan taşıyan ve barından uzay araçları için en güzel örnek uzay istasyonlarıdır. Şekil 2.1'de uluslararası uzay istasyonu görülmektedir.

Şekil 2.1. *Uluslararası Uzay İstasyonu*

Uydular ve Görevleri, Haberleşme Uyduları

Genel olarak uydular Dünya etrafında belli bir yörüngede dönen ve aldığı veriyi ve bilgiyi uydunun kapsama alanına ileten uzaydaki araçlardır. Esasında uzayda alıcısı ve vericisi olan bir modem olarakta tarif edebiliriz. Genel olarak uydular, hava tahmini, navigasyon, astronomi, uydu telefonu, uydu televizyon, askeri uydu, uydu internet ve uydu radyosu uygulamalarında kullanılmaktadır. Haberleşme amacı ile kullanılan uydular büyük uydulardır. Bu uydular, roket kullanılarak transfer yörüngeye fırlatılır ve akabinde uydu kendi ana motoru ile haberleşme yörüngesine (GEO) yerleştirilir. Uydular, bu yörüngede Dünya'nın çekim kuvveti ile Dünya'nın etrafında dönerler. Şekil 2.2.'de bir yerle durağan (GEO) yörüngede Dünya etrafında dönen uydular görülmektedir.

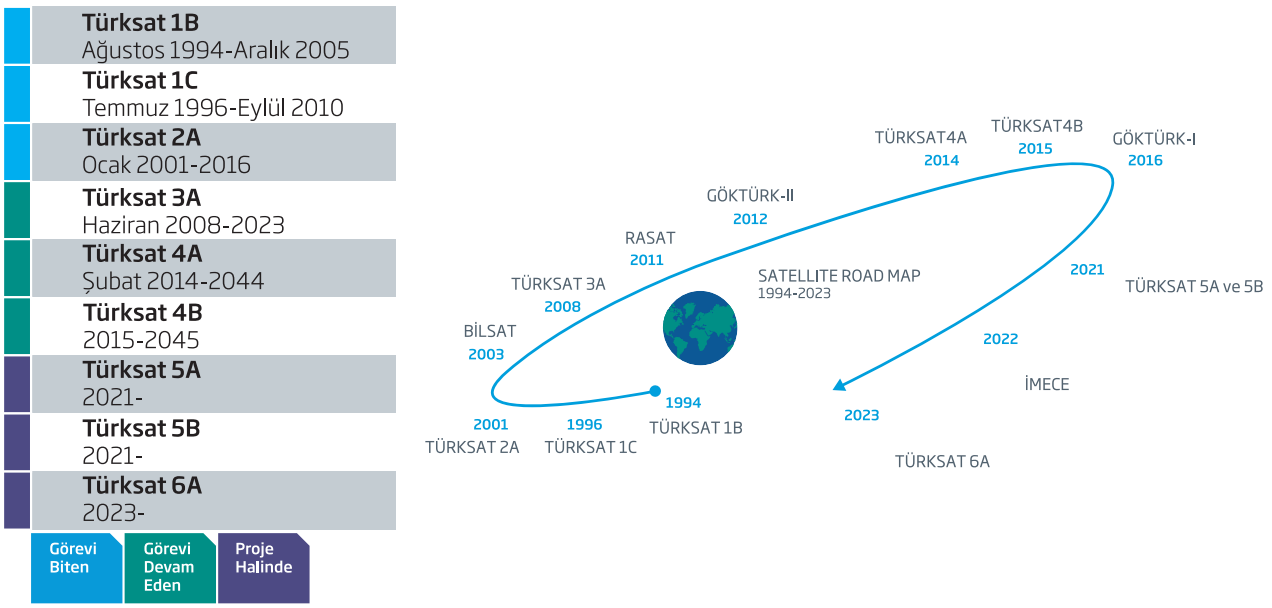


Şekil 2.2. *Yerledurağan (GEO) Yörüngede Dünya Etrafında Dönen Haberleşme Uyduları*

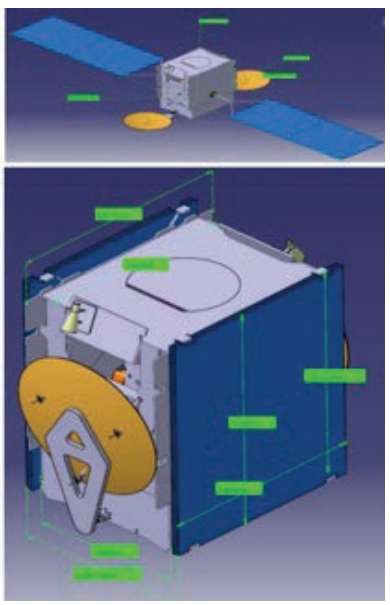
Türkiye Haberleşme Uyduları

Türkiye'nin uydu ile tanışması 1990'lı yıllarda başlamıştır. 21 Aralık 1990'da Fransız Aerospatiale firması ile Haberleşme Uyduları yaptırılması anlaşması yapılmıştır. 24 Ocak 1994'te Türksat 1A (roketin üçüncü katındaki bir arıza nedeniyle okyanusa düşmüş), 11 Ağustos 1994'te Türksat 1B haberleşme uydusu uzaya fırlatılmış ve 42° Doğu yörüngesine, Türksat 1C uydusu 10 Temmuz 1996'da 31° Doğu yörüngesine, Türksat 2A uydusu 11 Ocak 2001'de 42° Doğu yörüngesine, Türksat 3A uydusu 13 Haziran 2008'de 42° Doğu yörüngesine Ariane 5 ECA fırlatıcıyla Kourou'daki Guyana Uzay Merkezi'nden uzaya gönderilmiştir. Türksat-İTÜ iş birliği ile yaklaşık 3,2 kg amatör uydu haberleşmesinde kullanılan küp uydu (cubesat) Türksat-3U, 26 Nisan 2013 tarihinde Çin, Jiuquan'dan uzaya fırlatılmıştır. Japon Mitsubishi Elektrik ile Haberleşme Uyduları yaptırılması anlaşması yapılmış, Türksat 4A uydusu 14 Şubat 2014'te 42° Doğu yörüngesine, Türksat 4B uydusu 16 Ekim 2015'te 50° Doğu yörüngesine Kazakistan Baykonur uzay üssünden Proton M fıraltıcı ile yörüngeye yerleştirilmiştir. Fransız Airbus firması ile Haberleşme Uyduları yaptırılması anlaşması yapılmış ve Türksat 5A uydusu, 8 Ocak 2021'de 31° Doğu yörüngesine Falcon 9 roketi ile ABD'nin Florida Cape Canaveral Üssü'nden başarıyla uzaya fırlatılmıştır.. Türksat 5B uydusu 42° Doğu yörüngesine Falcon 9 roketi ile 2021 son çeyreğinde uzaya fırlatılacaktır. Ülkemizde yerli olarak geliştirilen Türksat 6A uydusu 2022 son çeyreği ve 2023 ilk çeyreği arasında 42° Doğu yörüngesine yerleştirilecektir. Türkiye haberleşme uydularını kullandığı dört adet yörünge hakkına sahiptir. Bu yörüngeler 8.5°, 31°, 42° ve 50° doğu yörüngeleridir.

Türksat A.Ş.'nin Türksat 3A, 4A, 4B ve 5A uyduları ile aktif olarak hızlı ve güvenilir bir haberleşme sağlanmaktadır. Uydu haberleşme sistemlerinde C-bandı, X-bandı, Ku-bandı ve Ka-bantlar kullanılmaktadır. Şekil 2.3.'de yörüngede olan Türksat'ın aktif ve görevi biten haberleşme uyduları ve Türkiye'nin uydu yol haritası görülmektedir. Şekil 2.4.'de ise ülkemizde yerli olarak geliştirilen Türksat 6A haberleşme uydusunun teknik özellikleri görülmektedir. 2021 yılı Haziran ayı itibariyle Dünya'nın yörüngesinde 1007 adet haberleşme, 446 adet gözlem, 97 navigasyon uydusu ile 87 adet teknoloji geliştirme ve gösterim uydularının yanı sıra farklı görevlere sahip 9 adet olmak üzere toplam 1646 ticari uydu bulunmaktadır.



Şekil 2.3. *Türksat'ın Aktif ve Pasif Haberleşme Uyduları ve Türkiyenin Uydu Yol Haritası*



Özellikler	
Yörünge	42" Doğu Yersabit
Faydalı Yük	20 adet Ku-Bant Aktarıcı (140W Çıkış) 3 adet X-Bant Aktarıcı (120W Çıkış)
Hizmet Ömrü	> 15+1 yıl
Güvenilirlik	> %80 (15. Yıl Sonu)
Fırlatma Uyumluluğu	Ariane V Proton M Space X
	~1800 kg kuru ~4200 kg ıslak
Azami Güç Üretimi	12kW 8 kW (Ömür Sonu)

Şekil 2.4. *Türksat 6A haberleşme Uydusunun Teknik Özellikleri*

Uydu görev yükü modülünde kullanılan frekanslar ile çalışan görev yükleri ve bunların antenleri bulunur. Platform modülünde ise uydu yönetim, itki, yönelim ve yörünge kontrol, güç, ısıl kontrol, yapı, yönsüz alıcı/verici antenler ve boynuz antenlerden oluşur.

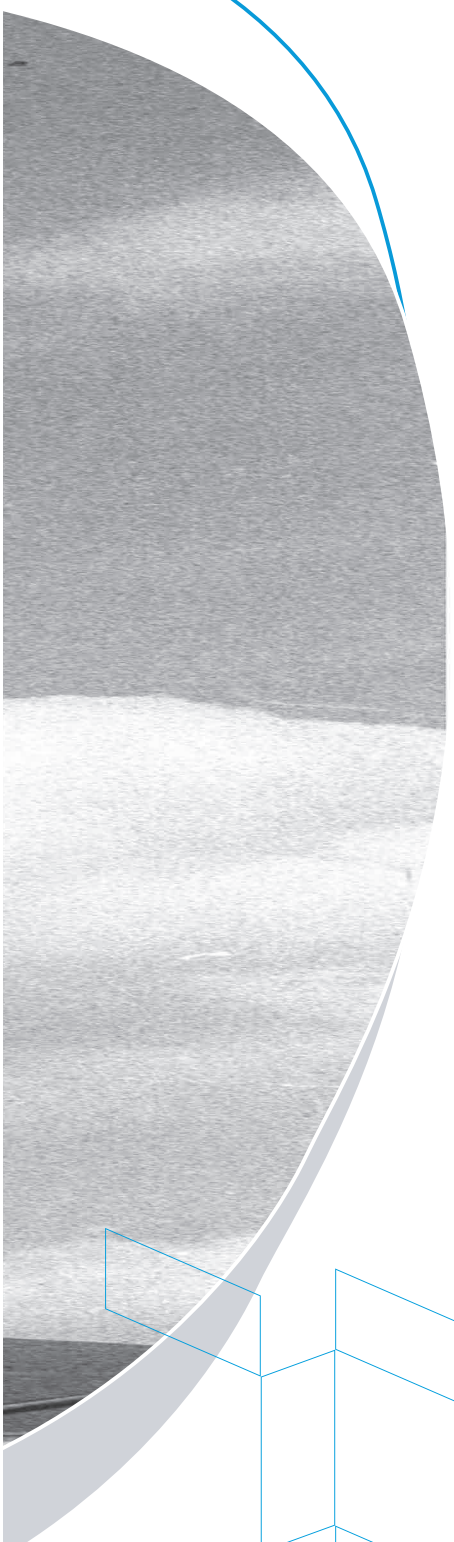
Test Altyapısı

Türksat A.Ş. ve Savunma Sanayi Başkanılığı, Türkiye Havacılık ve Uzay Sanayi bünyesinde Ankara'da 21 Mayıs 2015 tarihinde Uydu Montaj Entgrasyon ve Test Merkezi (USET) kurulmasına destek oldular. Bu tesis içerisinde iki adet entegrasyon holü, 5 tonluk iki adet uydu entegre edebilme kapasitesi mevcuttur. Titreşim Test Sistemi (max. yük 8000 kg ve max. kuvvet 289 kN sine, 266 kN random, and 578 kN shock. Frekans 5 - 2000 Hz), Akustik Test Sistemi (max. the ses basınç seviyesi 156 dB. Frekans 25 -10,000 Hz), Kütle Özellikleri Ölçüm Sistemi (50- 9000 kg), Kompakt Anten Test Sistem (6000 kg. Frekans 1 GHz-200 GHz), EMI/EMC Test Sistemi (1 -40 GHz) ve TVAC Test Sistemi (550 m^3, 10^{-6} mbar, Shroud sıcaklığı -180 ± 5 °C (LN_2)) uyduların testlerini yapmak için mevcuttur.

AKA-1 Anteni,
23 Nisan 1979

TÜRKSAT

TOPLAM UZAY SİSTEMİ



TOPLAM UZAY SİSTEMİ

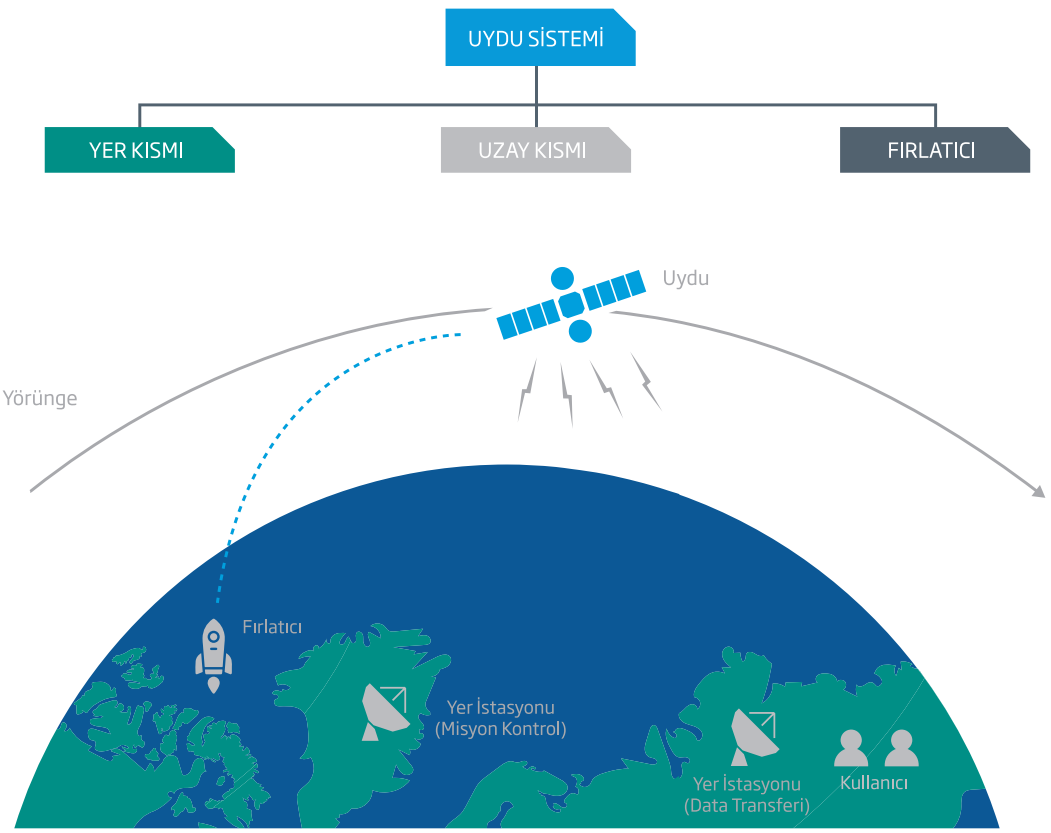
Bir uzay aracı sistemi birbiri ile ilişkili temel üç bileşenden oluşur, Şekil 3.1'de Uzay aracı sistemlerinin temel bileşenleri görülmektedir.

i. Uzay kesimi
ii. Yer kesimi
iii. Uzaya erişim kesimi

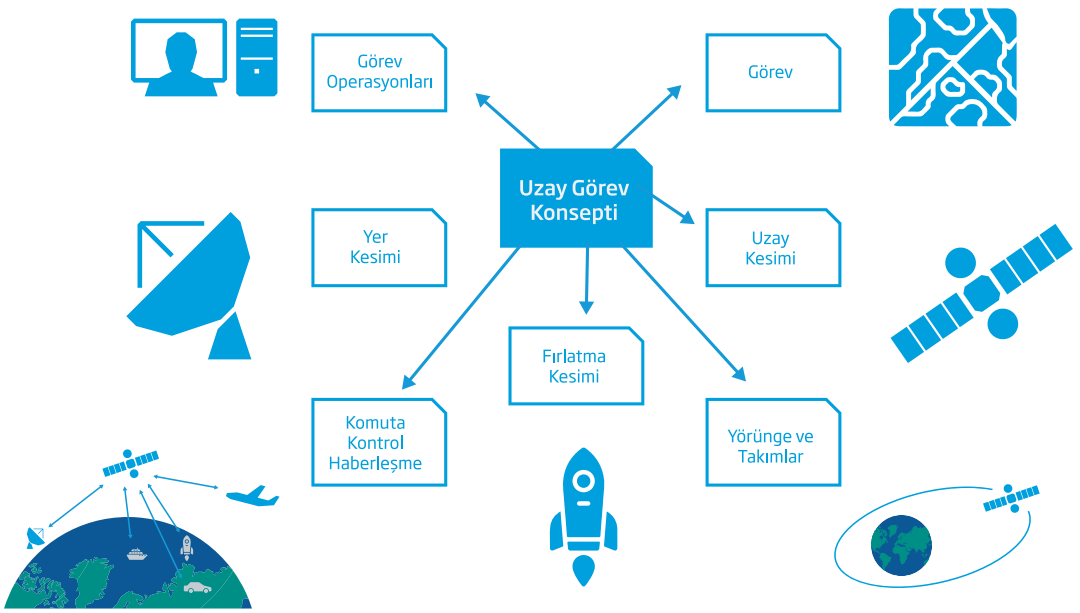
Uydu Sistemleri üç kısımdan oluşur. Bunlar uydunun bulunduğu uzay kesimi, yer kesimi ve fırlatıcı kısımlarından oluşur. Yörüngedeki uydu yer istasyonu ile görev (misyon) kontrolü ve veri tarasferi yapılmaktadır. Ayrıca uydu hizmetlerinin kullanıcılar tarafından kullanılması sağlanmaktadır.

Uzay kesimi, uzayda konuşlanmış veri toplayan ya da ileten sistemdir. Uzaya erişim kesimi uzay kesimini (uydu ya da uzay aracı) uzayda görev yapacağı yere götüren sistemdir. Hâlen roket sistemlerinden oluşmaktadır. Yer kesimi uzay kesiminin topladığı bilgiyi alıp son kullanıcı-ya(lara) ileten ve yerde bulunan sistemdir.

Toplam uzay sisteminin (uzay görev mimarisi) sekiz görev bileşeni ve görev tarafları söz konusudur, Şekil 3.2 'de Uzay görev mimarisi görülmektedir.



Şekil 3.1. *Uzay Aracı Sisteminin Temel Bileşenleri*



Şekil 3.2. *Uzay Görev Mimarisi*

8 Görev Elemanı + Görev Tarafları

1. KONU: uydunun gözlemlediği (pasif) ya da etkileştiği (aktif ya da kontrol edilebilir) özne.
2. Uzay kesimi, GÖREV YÜKÜ: (özneyi gözlemleyen/etkileşen) uydu üzeri donanım/yazılım. Görevi yerine getirmek için kullanılan donanım/yazılım.
3. Uzay kesimi, UZAYARACI (SC) BUS: Görev yüklerini destekleme için kullanılan tüm diğer alt sistemler.
4. YER KESİMİ: Uydu ile haberleşme ve uydunun kontrolünü sağlamak üzere kullanılan tüm haberleşme donanımları ve altyapıları.
5. GÖREV OPERASYONLARI: Uydu görevlerini gün be gün yerine getirmek üzere takip eden insanlar ve bilişim altyapıları.
6. KOMUTA, KONTROL ve HABERLEŞME MİMARİSİ: Uzay görev mimarisinde tüm bileşenlerin nasıl birbirleri ile haberleştiklerinin kurgusu.
7. YÖRÜNGE: Uydunun uzayda görevini ifası sırasında izlediği yol (birden fazla uydu olması durumunda uydu takımları farklı uyumsuz ya da uyumlu yörüngelerde olabilirler).
8. FIRLATMA KESİMİ: Uyduyu uzaydaki konuma götüren donanım.

• Üsttekilerin tümü makul bir maliyet ile son kullanıcının ihtiyaçlarını ve görev amaçlarını karşılamak üzere birlikte çalışmalıdır.
• Son kullanıcı: Uzay aracının ürettiği ya da yaydığı veriyi gerçekte kullanan kişiler ya da donanımdır.
• Görev kavramı: son kullanıcının ihtiyaçlarını karşılamak üzere görev bileşenlerinin nasıl birlikte çalışacağının tanımı.

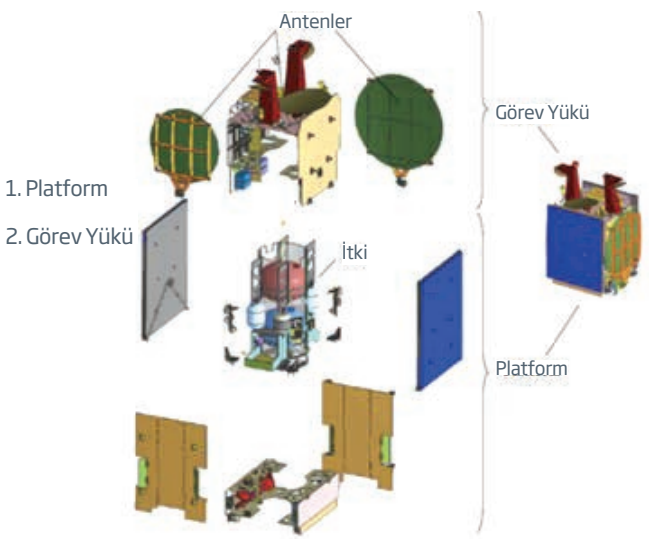
Haberleşme Uydu Yapısı ve Bileşenleri

Haberleşme uyduları iki ana modülden oluşur. Bu modüller platform ve görev yükü (payload) modülleridir. Görev yükü haberleşmeyi sağlayan elektronik ekipmanaların bulunduğu modüldür. Payload yani görev yükü tekrarlayıcı (repeater ve anten) kısmından oluşur. Platform ise haberleşme sistemini taşıyan ve destekleyen modüldür. Bu modülün görevi uyduyu yörüngede tutmaktır. Bu modül elektrikli güç, telemetri, telekoment ve mesafe ölçümü, yükseklik ve yörünge kontrolü, itki, ısıl kontrol ve yapı alt sistminden oluşur. Şekil 3.3.'te platform ve görev yükü (payload) modülleri görülmektedir. Görev yükü modülleri kuzey Şekil 3.4.'te Haberleşme uydusu görev yükü(payload) alıcı ve vericisi, Şekil 3.5'te haberleşme uydusu panelleri görülmektedir. Alıcının yüksek hassasiyette olması, vericininde yüksek güç RF değerlerine sahip olması istenir.

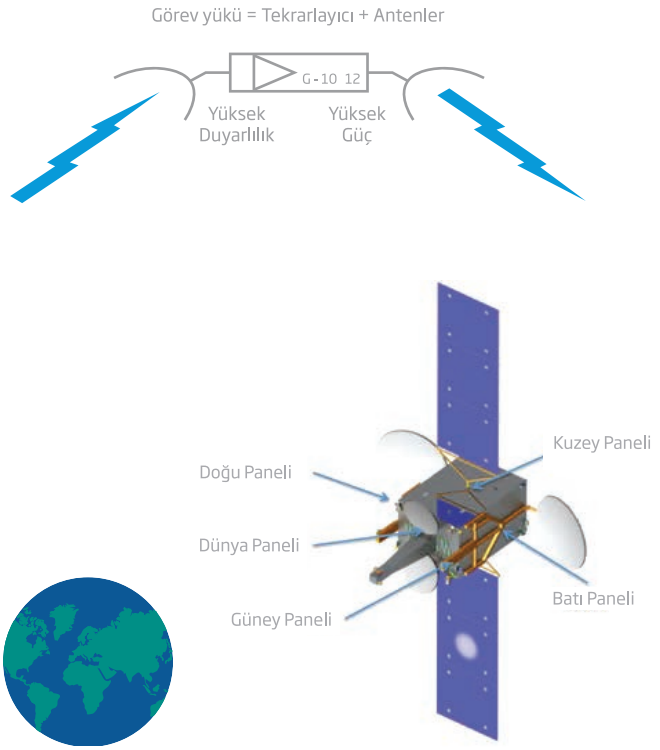
Görev yükü modülünde kullanılan frekanslar ile çalışan görev yükleri ve bunların antenleri bulunur. Platform modülünde ise uydu yönetim, itki, yönelim ve yörünge kontrol, güç, ısıl kontrol, yapı, yönsüz alıcı/verici antenler ve boynuz antenlerden oluşur. Bir önceki bölümde Şekil 1.7.'de yerli olarak geliştirilen X ve Ku bantla çalışan Türksat 6A uydusunun sistem mimarisi görülmektedir.

Test Altyapısı

Türksat A.Ş. ve Savunma Sanayi Başkanılığı, Türkiye Havacılık ve Uzay Sanayi bünyesinde Ankara'da 21 Mayıs 2015 tarihinde Uydu Montaj Entgrasyon ve Test Merkezi (USET) kurulmasına destek oldular. Bu tesis içerisinde iki adet entegrasyon holü, 5 tonluk iki adet uydu entegre edebilme kapasitesi mevcuttur. Titreşim Test Sistemi (max. yük 8000 kg ve max. kuvvet 289 kN sine, 266 kN random, and 578 kN shock. Frekans 5 - 2000 Hz), Akustik Test Sistemi (max. the ses basınç seviyesi 156 dB. Frekans 25 -10000 Hz), Kütle Özellikleri Ölçüm Sistemi (50- 9000 kg), Kompakt Anten Test Sistem (6000 kg. Frekans 1 GHz-200 GHz), EMI/EMC Test Sistemi (1 -40 GHz) ve TVAC Test Sistemi (550 m^3, 10^{-6} mbar, Shroud sıcaklığı -180 ± 5 °C (LN_2)) uyduların testlerini yapmak için mevcuttur.

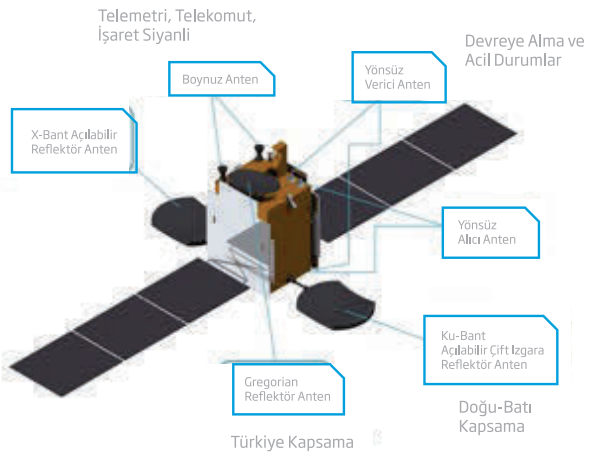


Şekil 3.3. *Platform Ve Görev Yükü (Payload) Modülleri*



Şekil 3.5. *Haberleşme Uydusu Panelleri*

Haberleşme uydularında açılabilir reflector anten, çift ızgaralı reflector anten Gregorian reflector antenler haberleşme amacı ile kullanılır. Telemetri telekomut ve işaret sinyali için boynuz anten, yönsüz verici ve alıcı antenler bulunur. Ku ve X bant haberleşmesi yapan bir uydu ve antenleri Şekil 3.6'da görülmektedir.



Şekil 3.6. *Ku Ve X Bant Haberleşmesi Yapan Bir Uydu ve Antenleri*

Uzay Kesimi

Uydular görevlerine göre değişiklik gösterebilmekle birlikte genel olarak aşağıdaki alt sistemlerden oluşurlar; Uydunun görev yüklerinin bulunduğu bölüm görev yükü modülü, görev yükünü destekleyen tüm diğer alt sistemler ise hizmet modülü (bus, platform) olarak da adlandırılır. Bu tanımlama özellikle haberleşme uyduları için yapılır.

Görev yükleri:

Uydunun görevini yerine getirmek için kullandığı donanımdır. Uydunun görev(ler)ine göre aşağıdakiler olabilir:

a. Haberleşme uyduları için aktarıcılar (transponder)

b. Yer gözlem uyduları için ilgili dalga boyunda çalışan yer gözlem sensörleri (kamera, SAR, ısıl kamera, ...)

c. Konum belirleme uyduları için atomik saat ve konum ölçüm cihazları

d. Uzay gözlem uyduları için uzay teleskopları, görüntüleyici ve spektrometreler

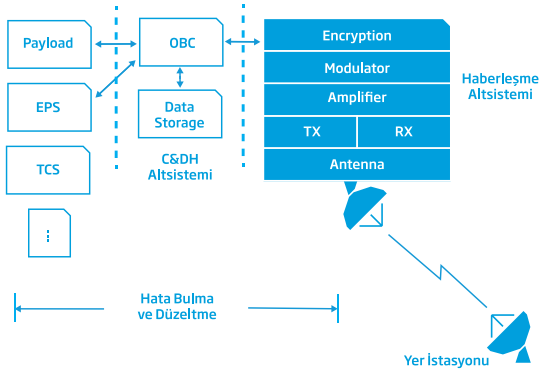
e. Hava durumu uyduları için farklı dalga boylarında geniş alan görüntüleme ve algılaması yapan algılayıcılar, uzay ortamı ve güneş etkinliklerini gözleyen/ölçen aygıtlar

Uydu komut ve veri yönetim alt sistemi (UKVYS)

Genel olarak uydular veri toplama robotlarıdır. Görev yükleri ve uyduya yayılmış algılayıcıları aracılığı ile farklı verileri toplar ve depolarlar. Görev yüklerinin topladığı genellikle büyük boyutlu (mega ya da gigabytelar) veriye; görev yükü verisi, alt sistemlerin çalışma durumunu belirten görece küçük boyutlu verilere (kilo ya da megabyte) ise uydu sağlık verisi denir. UKVYS başlıca uydu bilgisayarı ve depolama birimlerinden oluşur. Haberleşme sistemi ile yakın ilişkili çalışır. Yer istasyonundan gelen komutları haberleşme sisteminden alır. Gerekirse işler ve icra eder. Uydunun topladığı verileri haberleşme sistemi üzerinden yer istasyonuna aktarır. UKVYS genellikle uydunun tüm alt sistemlerini yönetir. Eğer diğer alt sistemlerin kendi bilgisayarı varsa (YBKS bilgisayarı gibi) o bilgisayara temel komutlar iletir ve ilgili alt sistem verilerini alır. Uydu alt sistemleri arasında iletilen bilgi büyüklüğü ve iletim hızına göre farklı haberleşme arayüzleri kullanılır (canbus, spacewire, MILSTD 1553, I2C, SPI, UART, LVDS gibi). Verilerde oluşabilecek olası hataları tespit ve düzeltme için yazılım ve donanım tabanlı hata tanılama ve düzeltme işlemleri (EDAC) uygular.

Temel Haberleşme Mimarisi

Bir haberleşme uydusu için temel haberleşme mimarisi şekil 3.7'de görülmektedir. Uydu Yönetimi, Haberleşme ve diğer alt sistemler görülmektedir.



Şekil 3.7. *Uydu Yönetimi, Haberleşme ve Diğer Alt Sistemleri*

Haberleşme alt sistemi:

Uydunun dış dünya ile arayüzü olan alt sistemdir. Yer istasyonundan gelen komutları antenleri aracılığı ile alır ve uydu bilgisayarına iletir. Uydu bilgisayarının ilettiği verileri yine haberleşme elektroniğine bağlı verici antenleri ile yer istasyonuna aktarır. UKVYS ile Haberleşme sistemi ve diğer alt sistem ilişkileri, şekilde gösterilmiştir.

Yönelim belirleme ve kontrol alt sistemi (YBKS)

Uydunun görevlerini yerine getirebilmesi için görev yüklerinin istenilen konuma bakması gerekmektedir. Bunun için uydunun mevcut konumunun gerekli hassasiyet ile bilinmesi gereklidir. Uydunun yörünge konumu TLE değerleri ile belirlenebilir. Ancak görev yüklerinin (kamera gibi) istenilen konuma yönlendirilmesi, güneş panellerinin en fazla enerjiyi sağlamak üzere Güneş'e olası en dik açı ile baktırılması ve uydu haberleşme antenlerinin yer istasyonuna en büyük kazanç sağlayacak şekilde yönlendirilmesi için uydunun hassas bir şekilde ilgili doğrultulara döndürülmesi gerekmektedir. Bunun için de önce uygun algılayıcılar (manyetik alan sensörü, güneş sensörü, ufuk sensörü, yıldız izler gibi) ile uydu görev yükleri, güneş panelleri ve antenlerinin mevcut konumunun belirlenmesi gerekir. Uygun hassasiyet ile yapılan belirleme sonrası ilgili sistemler hedef koordinatlara eyleyicilerle (tepki tekerleri, manyetik burucular, itici roketler gibi) uygun hassasiyetle döndürülürler. Belirleme ile döndürme arasındaki ilişki YBKS bilgisayarı tarafından uygun algoritmalar ve filtreler kullanarak yapılır.

Elektrik güç alt sistemi:

Uydunun tüm sistemlerinin çalışması için gerekli elektrik enerjisini sağlar. Güç sağlama, güç depolama, güç yönetim, dağıtım ve kontrol birimlerinden oluşur. Güç kaynağı

uydunun içerisinde taşınan ya da dış bir sistem olabilir. Halen tek dış enerji kaynağı güneştir. İç kaynaklar, tekrar doldurulamayan ya da şarj edilebilir pil teknolojileri, yakıt pilleri ya da nükleer sistemler olabilir. Dünya yörüngesinde hemen hemen tüm uzay araçları güneş enerjisini kullanmaktadır. Güneş hücreleri ile kaplanmış güneş panelleri, uydu sistemlerine gerekli gücü sağlamakta güneş olmayan zamanlarda sistemlere elektrik sağlamak üzere de pilleri şarj etmektedir.

Elektrik güç sistemi (EPS), belirtilen voltaj bandı içinde tüm veri yolu ve yük ekipmanlarına güç üretir, depolar, koşullar, kontroller ve dağıtır. Tüm güvenilir arızalarda güç sistemi bileşenlerinin korunması da dâhildir. En yaygın kullanılan güç sisteminin temel bileşenleri şunlardır: (1) güneş dizisi, (2) güneş dizisi sürücüsü, (3) pil, (4) pil şarjı ve deşarjı regülatörler, (5) veri yolu voltaj regülatörü ve (6) anahtarlar, sigortalar ve dağıtım kayışı.

Yapı ve mekanizmalar alt sistemi:

Yapısal elemanlar bir uzay aracının omurgasını oluşturur. Fırlatma ve yörünge içi yükler altında uzay aracının genel mekanik bütünlüğünü sağlar. Ayrıca yapı, uzay aracı konfigürasyonunun tüm görev aşamalarında değişmemesini sağlayarak antenler, reflektörler, sensörler ve optik aletler gibi bileşenlerin birbirlerine göre konumlarını sabit tutar.

Isıl koruma ve kontrol alt sistemi:

Isıl kontrol alt sisteminin görevi tüm uzay aracı bileşenlerinin, alt sistemlerinin, mühendislik ekipmanlarının, görev yüklerinin ve toplam uçuş sisteminin sıcaklıklarını uzay aracının tüm ömrü boyunca tüm görev kipleri için güvenli çalışma ve hayatta kalma seviyelerinde tutmaktır. Diğer tüm alt sistemler gibi uzay aracı termal kontrol alt sistemi de herhangi bir uzay aracının güvenilir çalışmasını ve uzun süreli hayatta kalmasını sağlamak için hayatidir. Termal kontrol süreci genellikle aracın farklı elemanları arasında ve araç ile termal radyasyonun etkili olduğu uzay ortamı arasında kontrollü ısı değişimini içerir.

İtki alt sistemi:

Uydular üzerinde bulunan farklı boyutlardaki roket motorlarına itici adı verilir. İtki değerleri uyduları yörüngeye ulaştıran roket motorlarına göre oldukça düşük olup ifa edecekleri göreve göre 1mN'dan yüzlerce Newton'a kadar olabilir. Enerji kaynakları (yakıcı ve yakıt malzemeleri) kimyasal, elektrik ve nükleer olabilir. Uydu üzeri iticiler aşağıdaki amaçlarla kullanılır:

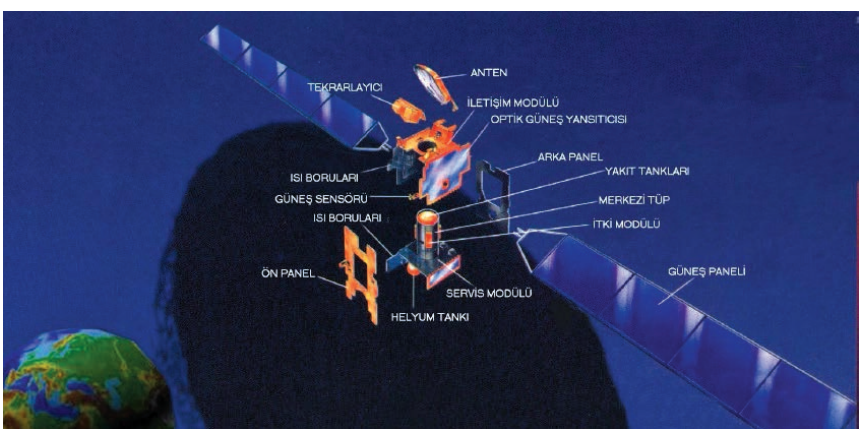
a. Uyduların istenilen hedefe-doğrultuya döndürülmeleri,

b. Uydu üzerindeki elektromekanik döndürücülerin momentum doyması probleminin çözülmesi,

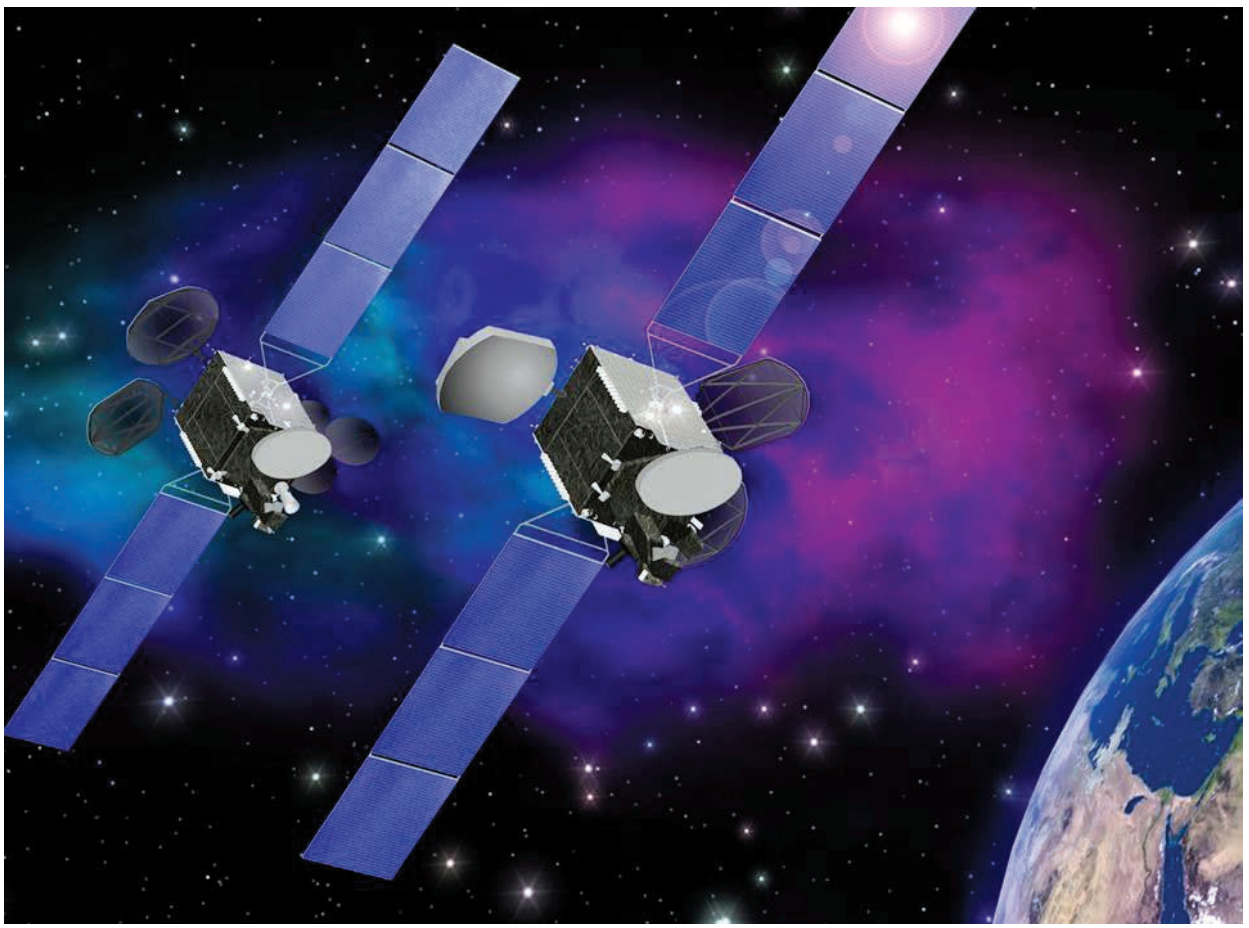
c. Uyduların transfer yörüngesinden nihai yörüngelerine seyahatlerinin sağlanması (yörünge irtifa ve düzlem değiştirme işlemleri).

Yörüngeden düşürme alt sistemi:

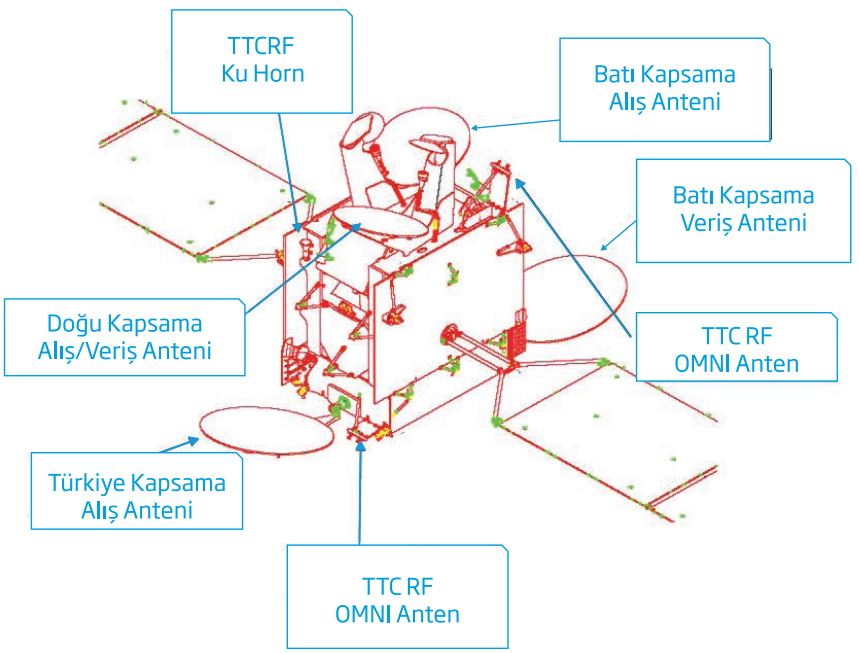
Yer eş zamanlı sabit yörüngede (GEO) bulunan haberleşme uydularının ömürlerinin bitmesini takiben konumlarına yeni faal uydu yerleştirmek üzere çöp yörüngesine gönderilmeleri üzerlerinde bulunan itki sistemleri ile yapılır. Ancak son yıllarda yere yakın yörüngede hızla artan uydu sayıları, uyduların görevlerinin bitmesi sonrasında yörüngede kalmayarak yeryüzüne doğru yönlendirilmesi ve atmosferde oluşan sürtünme ile yanarak yok olmasını tavsiye ve zorunlu kılmıştır. Bu amaçla aerodinamik sürüklemeyi arttırmaya yönelik ek alt sistemler geliştirilmiş ve denenmiştir.



Türksat 1B Uydusunun Altsistemleri



Haberleşme Uyduları (Türksat 4A, Türksat 4B) Genel Görünümü



Haberleşme Uydusu (Türksat 3A) Genel Anten Görünümü

Türksat 4A,
14 Şubat 2014

UYDU YÖRÜNGELERİ VE YÖRÜNGEYE GÖRE HABERLEŞME

UYDU YÖRÜNGELERİ VE YÖRÜNGEYE GÖRE HABERLEŞME

Uyduların Dünya etrafında dönerken izledikleri yola yörünge denir. Yörünge yükseldikçe uyduların ömrü artar. Uyduların tasarımı yapılırken hangi amaç ile kullanılacağı yani misyonu, uzaydaki ömrü, üzerindeki elektronik cihazların ve bunların ömürleri, güç sistemleri ve diğer yardımcı sistemler göz önüne alınarak tasarlanır.

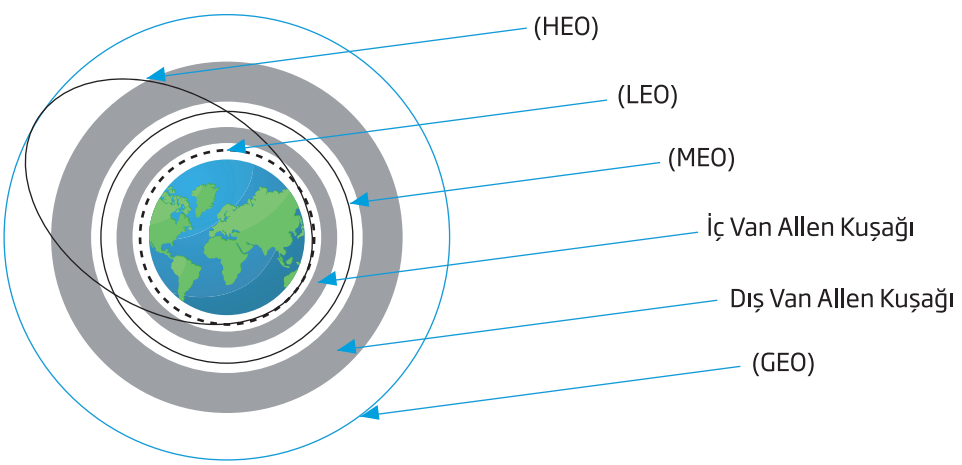
Uydu; bir fıraltıcı ile fırlatıldıktan sonra dünyanın çevresinde dönmesinden oluşan merkezkaç kuvvet ile yeryüzünün çekim kuvvetinin dengelenmesinden dolayı yörüngesinde kalır. Dünya'ya yakın yörüngelerdeki uydular Dünya'nın çekim kuvvetine daha fazla maruz kalacağından bu kuvveti dengelemek için uydunun daha hızlı dönmesi gerekir. Bu nedenle Dünya'ya yakın olan uydular hızlı, uzak olan uydular ise yavaş dönerler.

Bugün uydular; özellikle haberleşme, görüntü, uzaktan algılama ve seyrüsefer sistemleri olmak üzere çok geniş alanlarda faaliyet göstermektedir. Bu görevleri icra eden uyduların yerleştirildiği yörüngeler, icra edecekleri görevin özelliklerine bağlı olarak, farklılıklar göstermektedir.

Gemiler, araçlar, uçaklar, el terminalleriyle haberleşme, TV ve Radyo yayıncılığı gibi mobil uygulamalarda kullanılırlar. Bu hizmetleri, yeryüzünde belirli bir bölgeye sağlamaktan sorumludurlar. Uydu yayınları istenen bir alana odaklandığında en verimli şekilde yayın yapar. Alana odaklandığında, emisyonlar belirlenen alanın dışına çıkmaz ve böylece diğer sistemlere göre daha az parazitleme oluşur. Bu, daha verimli spektrum kullanımına yol açar.

Uydu kullanımında anten modelleri oldukça önemlidir. Belirlenen coğrafi alanı en iyi şekilde kapsayacak türde tasarlanmalıdır. Uydular, kullanım ömrü boyunca kısa ve uzun vadeli etkiler göz önünde bulundurularak tasarlanırlar. Yer istasyonu, uydu yörüngesinden saparsa ve dış kuvvetlerden herhangi bir sürüklemeye maruz kalırsa kontrol edebilecek bir konumda olmalıdır.

Uyduların; habeleşme uyduları, askeri uydular, gözlem uyduları, navigasyon uyduları, metroloji uyduları, bilimsel araştırma uyduları gibi çeşitleri vardır. Şekil 4.1'de Uydu yörüngeleri görülmektedir. Tablo 4.1. Uydularda kullanılan frekanslar görülmektedir.



Şekil 4.1'de Uydu Yörüngeleri

Alçak Yörünge Uyduları (Low Earth Orbit - LEO)

Yeryüzünden 200-3000 km yükseklikte yörüngeye yerleştirilir. Kapsama alanları olup, küçük bir kapsama alanına sahiptir. Global bir hizmet için çok sayıda LEO uydu kullanılmaktadır (SpaceX 358, Planet Labs, Inc. 246, Spire Global Inc. 89, Iridium Communications, Inc. 78, OneWeb Satellites 74 uyduya sahip). LEO uydular atmosfer etkilerine maruz kaldıklarından ömürleri kısadır. Yörüngede kalabilmek için oldukça hızlı hareket ederler, bu nedenle kapsama alanları 10-15 dakika içinde değişir.

Orta Yörünge Uyduları (Medium Earth Orbit- MEO)

Orta yörünge uyduları, 2500 ila 19000 km yükseklikte bulunan uydulardır. Alçak Yörünge Uyduları (LEO) ile Yer Durağan Yörünge Uyduları (GEO) arasında bulunan yörüngede hareketlerini sürdürür. Bu yörüngede bulunan uydular GPS hizmetleri gibi yer-konum belirleme için kullanılır.

Yer Sabit Yörünge Uyduları (Geostationary Earth Orbit-GEO)

Geosynchronous (Geostationary) Yer Durağan Yörünge Uyduları yani haberleşme uyduları (hava durumu uyduları da vardır) yeryüzünden 35786 km (yaklaşık 36000 km) yükseklikte Ekvator düzleminde olan uydulardır. Haberleşme amacıyla kullanılan uyduları çok yüksek alıcı-verici anten modemlere benzetebiliriz. Dönme periyotları Dünya'nın dönüş periyoduna eşittir ve dolayısıyla yeryüzündeki bir gözlemciye göre durağan görünmektedir. Bir uydunun kapsama alanı Dünya'nın 1/3'ü kadardır. Yere göre sabit olmaları nedeni ile TV/radyo yayıncılığı, internet, data transferi hizmetleri için oldukça elverişlidir. Kutup bölgeleri GEO uydular tarafından kapsanmaz ancak bu kısımda nüfusun az olduğu düşünüldüğünde büyük bir dezavantaj değildir. Ayrıca sadece üç GEO uydu ile dünyanın büyük çoğunluğu kapsanabilmektedir. Ancak 36000 km gibi bir yükseklikte haberleşme amacı ile kullanıldığı için sinyaller yüksek gecikme ve yol kaybına uğrar. Yüksek gecikme değerleri, gecikmeye duyarlı uygulamalar için GEO uyduları elverişsiz kılmaktadır. Ekvator düzleminde yatan Dünya'nın çevresinde olası yalnızca tek bir coğrafi yörünge vardır. Her 24 saatte bir yörüngeyi tamamlarlar. Bu, uydunun Dünya'daki bir noktaya göre sabit görünmesine neden olarak bir uydunun Dünya yüzeyindeki belirli bir alana sürekli kapsama sağlamasına izin verir. GEO uydusunun basit yer istasyonu takibi, neredeyse sabit aralık ve çok küçük frekans kayması avantajları vardır. 250 milisaniye düzeyinde iletişim gecikmesi, büyük boş alan kaybı ve kutup kapsama alanı olmaması ise dezvantajıdır. Tablo 4.2. Uydu yörüngesine göre dönme periyodu ve iletişim süresi görülmektedir.

Yüksek Yörünge Uyduları (High Eliptical Orbit-HEO)

Yüksek yörünge uyduları (HEO), Dünya'ya uzaklıkları en fazla değişen uydulardır. Yörüngesel hareketi sırasında bir kutup bölgesi üzerinde dünyaya çok yaklaşırken, diğer bir kutup bölgesinde ise Dünya'dan çok uzak bir noktadan geçer. Bu tip uydular, diğer uyduların erişemediği kutup bölgelerinde etkilidir. Kutuplara yakın olan ülkeler bu uyduları kullanır (Rusya gibi). Daha çok bilimsel çalışmalar ve bölgede bulunan iş istasyonlarının iletişimi için kullanılır.

LEO Haberleşme

Gözlem Uyduları

Gözlem uyduları önemli bir uzay uygulaması olup, kullanılmasının temel amacı askeri keşifler için kamera ile gözlem yapmaktır. Bir diğer amacı hava durumu tahminlerini yapabilmek ve uzaydan gelen bazı olayları gözlemleyebilmektir. Gözlem uydularında optic sensör, pasif ve aktif mikrodalga sensörler kullanılır. Orta ve çok yüksek bir yer görüntüsü elde etmek mümkündür. Gözlem uyduları ile 5 ila 30 m arasında büyük alan izleme ve detaylı görüntüleme için 0,5 ila 3 m arasında yapılır.

Tablo 4.1 Uydu Yörüngesine Göre Dönme Peryodu ve İletişim Süresi

Uydu Tipi	Yeryüzüne Uzaklık (km)	Dünya Peryodu (h)	Haberleşme Süresi
LEO	2 000 km'ye kadar	1,5-2 h	5-20 dak.
MEO	2500-19000	5-12 h	2-4 h
GEO	35786	Yaklaşık 24 h	Devamlı

LEO Takım Uydu Sistemi

Yakın zamanda hayatımıza girecek olan sürücüsüz, yüksek internet hızı kullanan, birbiriyle sürekli iletişim hâlinde olan araçlar, IoT (Internet of Things [Nesnelerin İnterneti]) ve geniş bant internet ihtiyaçlarının ortaya çıkmasıyla birlikte daha yüksek hızlarda internet sağlayan ve daha az maliyetli LEO takım uydu sistemleri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca küçük boyutlu olan yüzlerce uydunun aynı anda atılabilmesi, uydu imalatı ve yörüngeye yerleştirme maliyetlerinde (tekrar kullanılabilen roketler) ciddi düşüşler yaşanmasıyla LEO'ya (~1200 km) büyük yatırımlar yapılmaktadır. LEO takım uydu sistemindeki uydular yaklaşık olarak 500-1500 km yüksekliğe sahip farklı yörüngelerdeki düzlemlere yerleştirilmiştir. Kapsama alanları dardır, küresel hizmet sağlayabilmesi için çok sayıda LEO uydu kullanılması gerekmektedir. Bu uydular Dünya etrafındaki bir turunu 90 ila 120 dakika arasında tamamlarlar ve oluşturdukları küçük uydu ayakizleri (kapsama alanları) sayesinde frekansların tekrardan kullanılmasına izin verirler. Sistemde genel olarak Ku-Bant ve Ka-Bant frekans bantları üzerinden bir kullanım vardır. Yörüngede kalabilmek adına hızlı hareket ederler, kapsama alanları yaklaşık 10-15 dk. içerisinde değişir. (hız yaklaşık 27500 km/h.) Uyduların kapsama alanları hızlı değiştiği için sürekli olarak uydular arası el değiştirme gerçekleşmektedir. Bazı sistemler, aynı yörüngedeki uydular arasındaki iletişimi sağlamak için ISL hattını kullanır. Atmosfer etkilerine maruz kaldıklarından dolayı bu yörüngedeki uyduların ömürleri kısa olup yaklaşık beş ila sekiz yıldır. Şekil 4.2'de LEO Takım Uydu Sistemi görülmektedir.

Şekil 4.2 LEO Takım Uydu Sistemi

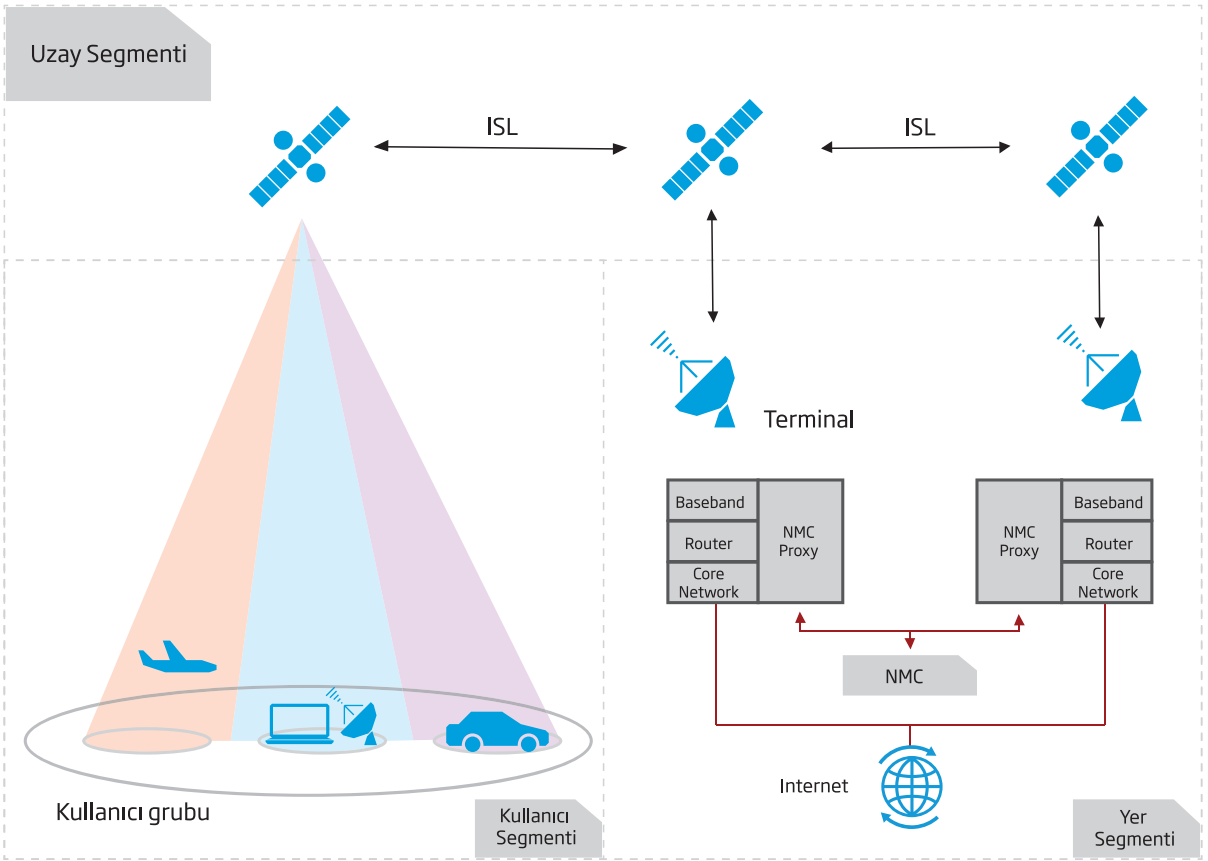
ITU (International Telecommunication Union (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği)), FCC (Federal Communications Commission (Federal İletişim Komisyonu) tarafından belirlenen standartlar ve öneriler kullanılarak bu sistemler işletilmekte olup bu sistemi yapmak isteyen firmalar ayrıca frekans ve yörünge tahsisinde de bu kuruluşlara başvurmak zorundadır. LEO uyduların Dünya'ya yakın olmalarının avantajı, kullanılan antenlerin ve diğer uydu ekipmanlarının büyük olmasına gerek duyulmamasıdır. En önemli avantajlarından biri de bu uyduların gecikme sürelerinin 20 ms civarına inmesidir. LEO'daki uyduların bir başka özelliği de yüksek sistem kapasitesini sağlamasıdır. Yeni teknolojilerle geniş bantta tek noktaya 250 Mbps yüksek veri hızı sağlanabilmekte ve takım uydu sisteminin toplam kapasitesi 2 Tbps seviyelerine çıkabilmektedir.

Şekil 4.3. ISL (Inter Satellite Link [Uydular Arası Bağlantı]) Kullanan LEO Takım Uydu Sistem Mimarisi görülmektedir. Uydular, dünya yüzeyinin maksimum kapsama alanını elde etmek için yörüngeler boyunca yerleştirilir. Örnek sistemde, bitişik olan ancak uyduları zıt yönlerde hareket eden iki yörünge bulunur. Sonuç olarak, ağı iki parçaya bölen bir ters yönde dönen düzlem görünür: güneyden kuzeye hareket eden uydular ve kuzeyden güneye hareket eden uydular şeklindedir. Şekil 4.4'de örnek Takım Uydu Yapısının Ekvatoral Düzlemden Görünümü görülmektedir.

LEO takım uyduları ISL'ler sayesinde birbirine bağlanmaktadır. Özellikle, intra-orbital ve inter-orbital bağlantılar olarak ikiye ayrılır; birincisi aynı yörüngelerdeki ardışık uyduları bağlarken ikincisi farklı yörüngelerdeki iki uyduyu bağlar.

İletişim kurulduğunda kullanıcıdan kullanıcıya gecikmeyi azaltır; oldukça uzak olan iki konum arasında veya ağı iki parçaya bölen bir ters yönde dönen düzlemden geçmesi ile gerçekleşir. LEO takım uydu sistemlerinden uydu arası bağlantılar ile ilgili olarak, Globalstar, Skybridge, OneWeb tasarımlarında ISL'leri uygulamamış olup Telesat ve Starlink sistemleri ISL hatlarından yararlanacaktır.

ISL'lerin kullanımı, herhangi bir karasal altyapı kullanmayan iletişimleri uygulamaya yöneliktir. Bununla birlikte, karasal ağ geçitlerinin kullanımı hâlâ uydulardaki daha az sayıda hesaplama işlemleri ve uydu ekipmanları kullanımı gibi bazı avantajlar sunmaktadır. Örneğin ağ geçitleri uydular tarafından kullanılan yönlendirme tablolarını hesaplamak için kullanılabilir.



Şekil 4.3 ISL Kullanan LEO Takım Uydu Sistem Mimarisi

LEO takım uydu sistemlerinden Globalstar sisteminin de benimsediği uyduların daha geniş bir kullanımı olan "bükülmüş boru (bent pipe)" modudur. Ana işlevleri, kullanıcı sinyallerini yerdeki ağ geçitlerine yönlendirmektir. Sonuç olarak, operatör hizmetin açıldığı her kapsama alanı için bir tane olmak üzere birçok ağ geçidi oluşturmak zorundadır.

ISL'lerle birlikte takım uydu sistemleri için bir diğer önemli konu, çoklu kapsama sağlayabilmektir. Radyo ve sinyal yayılımı bakış açısından, özellikle kullanıcı ve uydu arasında bazı engeller mevcut olsa da, gerçek zamanlı bağlantıyı sağlamak için tek bir uydu yeterli olmayabilir. Şekil 4.5.'te Çoklu Kapsama Alanı görülmektedir.

LEO takım uyduları ISL'ler sayesinde birbirine bağlanmaktadır. Özellikle, intra-orbital ve inter-orbital bağlantılar olarak ikiye ayrılır; birincisi aynı yörüngelerdeki ardışık uyduları bağlarken ikincisi farklı yörüngelerdeki iki uyduyu bağlar.

İletişim kurulduğunda kullanıcıdan kullanıcıya gecikmeyi azaltır; oldukça uzak olan iki konum arasında veya ağı iki

Şekil 4.4 Örnek Takım Uydu Yapısının Ekvatoral Düzlemden Görünümü.

parçaya bölen bir ters yönde dönen düzlemden geçmesi ile gerçekleşir. LEO takım uydu sistemlerinden uydu arası bağlantılar ile ilgili olarak, Globalstar, Skybridge, OneWeb tasarımlarında ISL'leri uygulamamış olup Telesat ve Starlink sistemleri ISL hatlarından yararlanacaktır.

ISL'lerin kullanımı, herhangi bir karasal altyapı kullanmayan iletişimleri uygulamaya yöneliktir. Bununla birlikte, karasal ağ geçitlerinin kullanımı hâlâ uydulardaki daha az sayıda hesaplama işlemleri ve uydu ekipmanları kullanımı gibi bazı avantajlar sunmaktadır. Örneğin ağ geçitleri uydular tarafından kullanılan yönlendirme tablolarını hesaplamak için kullanılabilir. LEO takım uydu sistemlerinden Globalstar sisteminin de benimsediği uyduların daha geniş bir kullanımı olan "bükülmüş boru (bent pipe)" modudur. Ana işlevleri, kullanıcı sinyallerini yerdeki ağ geçitlerine yönlendirmektir. Sonuç olarak, operatör hizmetin açıldığı her kapsama alanı için bir tane olmak üzere birçok ağ geçidi oluşturmak zorundadır.

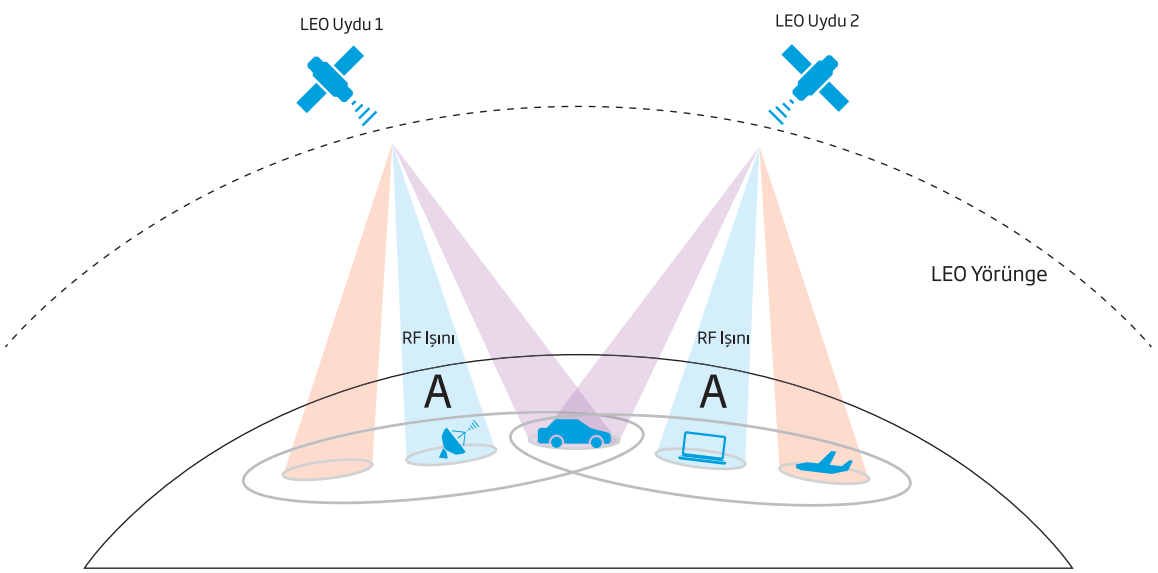
ISL'lerle birlikte takım uydu sistemleri için bir diğer önemli konu, çoklu kapsama sağlayabilmektir. Radyo ve sinyal yayılımı bakış açısından, özellikle kullanıcı ve uydu arasında bazı engeller mevcut olsa da, gerçek zamanlı bağlantıyı sağlamak için tek bir uydu yeterli olmayabilir. Şekil 4.5'te Çoklu Kapsama Alanı görülmektedir.

Bazı takım uydu sistemleri bu sorunu çok yollu teknikler kullanarak gidermektedir: Bir uydu tarafından sinyal almak yerine, sinyal iki veya daha fazla uydu tarafından alınır ve net bir sinyali geri kazanmak için birleştirilir. Yeni bir uydu kullanıcı tarafından görülebildiğinde, sinyal katkısı ise yeni gelen sinyaller kademeli olarak eklenir.

LEO takım uydu sistemi ve klasik hücresel ağlar arasındaki temel farklardan biri takım uyduların yüksek hareketliliğidir. Uyduların hareketi, aktarımın ana nedenidir. Uydu aktarımı ve Hücre aktarımı ile bu aktarım gerçekleştirilir. Bir kullanıcı bir uydunun kapsama alanının sınırındaysa, tek bir uyduyla bağlantıya geçme süresi son derece az olabilir. Bu nedenle, genel olarak, takım uydular, ayak izlerinin üst üste geleceği ve bireysel bir uyduyla bağlantı sürelerinin az olmayacağı şekilde tasarlanmıştır.

Doppler kayması, uydunun ilerlemesinden kaynaklanan sinyalin erken ya da gecikmeyle gelmesinden meydana gelen frekans kaymalarıdır. Yer istasyonuna yaklaşan uydunun frekansı artar, uzaklaşırken ise azalır çünkü kaynak uydu vericisi yere göre çok hızlı hareket etmektedir ve gönderdiği sinüs işaretlerin arası uzaklaşırken gerilen bir yay gibi araları açılır, yaklaşırken ise daralan yay gibi çoğalır. Bu da gönderilen elektromanyetik dalganın frekansına etki eder. LEO uyduları hızlı hareket ettiğinden LEO uyduları ile yer istasyonları arasındaki iletişimde belirgin Doppler kayması oluşur. Yakın geçiş yapan uydularda yer istasyonu ile arasındaki uzaklığın artması sonucunda frekansta düşme olur ve istasyona yaklaşması ile frekansta yükselme olur.

LEO takım uyduları tarafından kullanılan RF spektrumunun koordinasyonu zordur. Bunun sebebi, çoğu



Şekil 4.5 Çoklu Kapsama Alanı

durumda GEO'lara müdahale etmekten kaçınmaları ve spektrumlarını diğer LEO'larla paylaşmaları gerekmesindendir. Bu tür paylaşımlar teknik ve operasyonel açılardan son derece zordur ve etkilenen LEO'lar için mevcut kapasite miktarı üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir.

LEO takım uydu sistemlerinde kullanılan uydular; 500 kg'nin altında kütleye, yaklaşık olarak 1-3 m^3 boyuta, esnek kapsama, güç ve bağlantı özellikli yazılım tanımlı görev yükü (payload), atmosferik sürüklenme ve iç Van Allen kuşağından gelen radyasyona bağlı olarak yaklaşık beş ila sekiz yıl ömüre sahiptir.

Kullanıma bağlı olarak (örn. LEO downlink, MEO uplink vb.), yer istasyonunun kurulumu farklılık gösterir, ancak ana bloklar aynı kalır. LEO takım uydularında daha yüksek frekanslarda çalışan bağlantılar daha yüksek atmosferik zayıflama nedeniyle bozulur ve zayıflar, bu da kesintilere neden olduğundan dolayı QoS (Quality of Service (Servis Kalitesi)) seviyelerini korumak için ek yer istasyonlarına ihtiyaç duyulabilir. Yer istasyonlarının kurulumu için ana parametreler; çalışma frekansı(RX/TX), anten boyutu (EIRP, G/T'yi etkiler), uplink zincirinin kullanılabilirliği, uplink zinciri TX gücü (darbe EIRP), izleme ve takip özelliğidir.

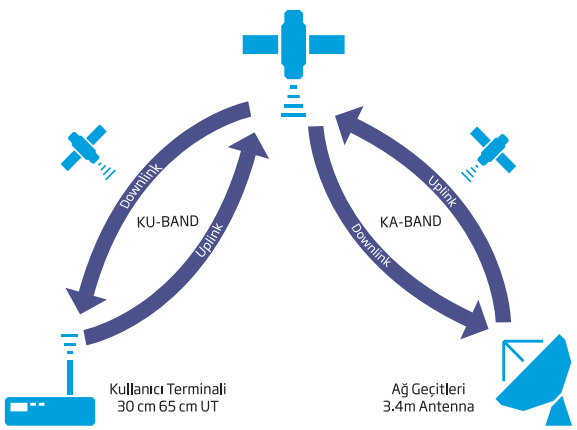
Yer terminallerinde kullanılan geleneksel antenler uyduya göre belirli bir açı ve konumda çalışmaya duyarlıdır. Bu antenler sabit bir konuma sahip oldukları için GEO uydular için uygundur, ancak sürekli hareket eden bir LEO uydu, antenin sinyali aramak için mekanik olarak sürekli yönlendirmesi gereken karmaşık yer terminallerine sahip olmalıdır. Faz dizili anten (phased array antenna) ise sürekli değişen uydular arasında geçiş yapabilen düz şekilli ve basit kurulumlu elektronik olarak yönlendirilmiş antendir. Bu teknoloji maliyetlerinde bir düşüş görüldüğü için yer istasyonlarında kullanılması öngörülmektedir.

OneWeb, SpaceX, Telesat gibi şirketlerin ardından son olarak Amazon LEO takım uydu sistemi için FCC'ye başvurdu. Bu sistemlerin artışıyla birlikte FCC hâlihazırda 10000'den fazla uyduyu lisanslamayı kabul etti. Tablo 4.2'te Mevcut LEO Takım Uydu Sistemleri ve Güncel Durumları görülmektedir.

Tablo 4.2 Mevcut LEO Takım Uydu Sistemleri ve Güncel Durumları

TAKIM UYDU SISTEMI	Şirket	Kullanım Amacı	Planlanan Uydu Sayısı	Proje Başlangıç Tarihi	İrtifa (km)	Frekans Bantı	ISL
Boeing	Boeing	Broadband	1396-2956	2016	1200	V(40-75 GHz)	ISL bağlantısı yok
LeoSat	Thales	Broadband	78-108	2015	1400	Ka(26.5-40 GHz)	Optik bağlantı
OneWeb	OneWeb, Airbus	Broadband	720-1980	2015	1200	Ku(12-18 GHz) Ka(26,5-40 GHz)	ISL bağlantısı yok
Starlink	SpaceX	Broadband	4425-11943	2015	550-1325	Ku(12-18 GHz) Ka(26.5-40 GHz)	Optik Bağlantı
Telesat	Airbus	Broadband	117-512	2016	1000-1248	Ka(26,5-40 GHz)	Optik Bağlantı
Project Kuiper	Amazon	Broadband	3236	2019	590-610-630	-	-

OneWeb takım uydu sistemi Ku ve Ka bandında çalışan 18 dairesel yörüngede, 1200 km irtifada, 87 derecelik eğim açısında 720 uydudan oluşmaktadır. Uydularda crosslink bağlantı yoktur. Bu uyduların yaklaşık kütlesi 145 kg olup veri aktarım hızının 1341,1 Mbps, sistem kapasitesinin 1,6 Tbps, gecikme süresinin 50 milisaniyeden daha düşük olması hedeflenmiştir. Kullanıcı için Ku Bant, gateway iletişimi için Ka Bant kullanılacaktır. Kullanıcı haberleşmesinde, downlink için 10,7-12,7 GHz frekansı, uplink için ise 12,75-14,5 GHz frekansı kullanılacaktır. Gateway haberleşmesi için ise downlink için 17,8-20,2 GHz frekansı, uplink için 27,5-30 GHz frekansı kullanılacaktır. OneWeb ile Airbus ortak bir girişim aracılığıyla uyduları inşa etmektedir. Bharti Global,Eutelsat and Soft Bank ve İngiltere Devleti ortaklı OneWeb, interneti dünyadaki herkes için erişilebilir hâle getirebileceğini öngörmektedir.
Şekil 4.6'da Oneweb sistemi görülmektedir.



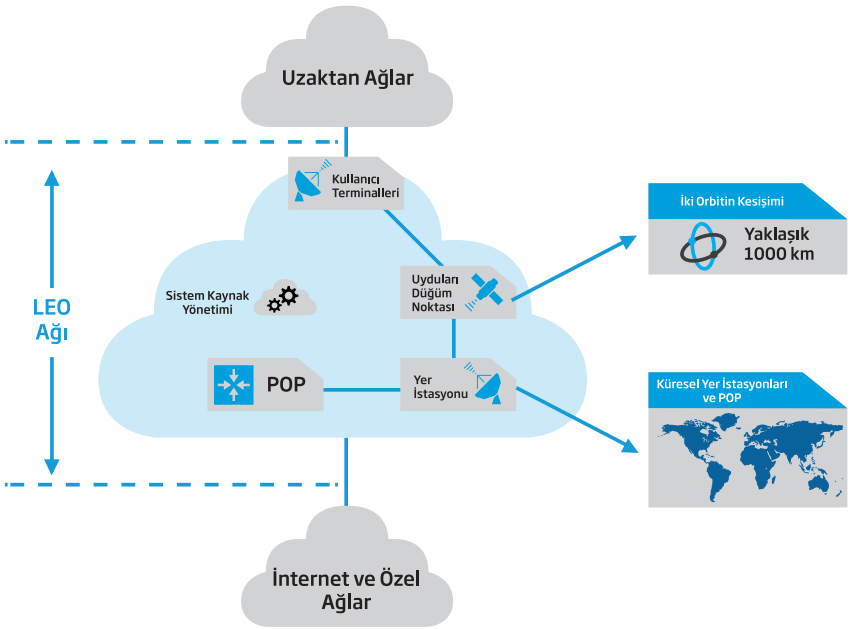
Şekil 4.6 Oneweb Sistemi

Space X sahip olduğu Starlink, birçok yörüngeye set halinde gönderilecek 4.425 uydudan oluşmaktadır. Sistemin planlanan ilk aşamasında 1.600 uydu yörüngelerine yerleştirilecektir. 1600 uydu, 1150 km irtifada 53 derecelik eğim açısında 32 adet yörüngede yer alacak olup diğer 2825 uydu ise ikinci aşamada farklı yörüngelere yerleştirilecektir. 1600 uydu, 1110 km irtifada 53,8 derecelik eğim açısında 32 adet yörüngeye, 400 uydu 1130 km irtifada 74 derecelik eğim açısında 8 yörüngeye, 375 uydu 1275 km irtifada 81 derecelik eğim açısında 5 yörüngeye, 450 uydu 1325 km irtifada 70 derecelik eğim açısında 6 yörüngeye eşit bir şekilde yerleştirilecektir. Bu uyduların yaklaşık kütlesi 386 kg olup veri hızı 2682,1 Mbps, sistem kapasitesi 23,7 Tbps, gecikme süresi 30 milisaniyeden daha düşük olması hedeflenmiştir. Uyduların sürekli olarak iletişimde kalması ve girişim etkilerini hafifletmesi için uydular arasında optik bağlantılar ISL hattı kullanılacaktır. Kullanıcı haberleşmesi için Ku Bant, gateway haberleşmesi için ise Ka Bant kullanacaktır. Kullanıcı haberleşmesinde; downlink için 10,7-12,7 GHz, uplink için 14,0-14.5 GHz frekanslarını kullanacaktır. Gateway haberleşmesinde ise downlink için 17,8-19,3 GHz, uplink için 27,5-30 GHz frekanslarını kullanacaktır.

Telesat sisteminde Ka Bant takım uyduları iki farklı yörünge kümesine yerleştirilecektir. En az 117 adet uydudan oluşmaktadır. 1'inci yörünge kümesinde 6 adet dairesel (kutupsal) yörünge olup bu yörüngelerde toplamda en az 72 uydu bulunmaktadır. Bu yörüngedeki uydular 1000 km irtifada 99,5 derecelik eğim açısı ile yerleştirilecektir. 2'inci yörünge kümesinde ise altı adet eğimli kutupsal yörünge vardır. Bu yörüngelerde en az 50 uydu, 1200 km irtifada 37,4 derecelik eğim açısı ile yerleştirilecektir. Kutupsal yörüngeler küresel kapsama alanı sağlarken, eğimli kutupsal yörüngeler nüfus yoğunluğunun olduğu bölgelerde kapsama alanı sağlar. Birbirine yakın uydular; aynı yörüngedeki uydular, farklı yörünge kümelerindeki birbirlerine yakın yörüngelerdeki uydular arasında optik bağlantılar kurarak kendi aralarında iletişim kurabilirler. Şekil4.7'de Telesat uydu ağı topolojisi görülmektedir.

Küresel Navigasyon Uydu Sistemi

Pahalı bir yatırım olan ve sabit olmayan takım uydularından oluşur. Uydu tabanlı navigasyon için bu yatırım dünya çapında birkaç devlet tarafından yapılmıştır. Dünyanın ana uydu tabanlı navigasyon sistemleri şu şekilde listelenmiştir. Dünya çapında askeri olmayan kullanıcılar, GNSS (Global Navigation Space System) bağlı ülkeler GNSS'ye bağımlı olarak sınıflandırılabilir. GNSS alıcıları genellikle bir cep telefonu gibi genel amaçlı cihazlar (araçlarda kullanım için özel olarak tasarlanmış ve genel bir dijital harita, bir rota içeren amaçlı mikro işlemci optimizasyon algoritması, bir harita eşleştirme algoritması (kullanıcının bir yoldaki konumu, ilgi çekici yerlerin veritabanları, bir dokunmatik ekran vb.) Uydu ile navigasyonun çekici kılan özellikleri şunlardır: Tek bir sistem dünyanın herhangi bir yerinde çalışır. Uzay altyapısı, askeri veya yüksek değerli ticari sözleşmelerle finanse edilir ve ücretsizdir. Hassaslık, cep telefonu tabanlı tekniklerdeki 50 m ila 1 km'ye kıyasla metre aralığındadır. GPS sistemi yalnızca alıcıdır. Cospas-Sarsat sistemi kullanıcının acil durum mesajını iletir. GPS'in yalnızca alıcı özelliği, kullanıcıların gizliliğinin korunduğu anlamına gelir.



Şekil 4.7 Uydu Ağı Toplojisi

Örneğin, bir kullanıcıyı bulmak için cep telefonu ağını kullanmaktan farklı olarak konumu mobil ağ tarafından bilinir. ABD'nin kullandığı GPS (Global Positioning System), dünya çapında kesintisiz hizmet sağlamak için minimum 24 uyduya sahiptir. Her bir uydu, 20000 km yükseklikte yaklaşık 12 saatte Dünya etrafında dönerler. Bazı yayınlar şifrelenmiştir ve askeri kullanıcılar için özel frekanslarda yapılır. Rusya'nın kullandığı sistem GLONASS'tır. GLONASS, her 11 saat 15 dakikada bir Dünya yörüngesinin yaklaşık 19000 km yukarısındaki uydularla GPS'e benzer bir prensipte çalışır. Dünya çapında kesintisiz bir hizmet için 24 uyduya ihtiyaç vardır. Bazı yayınlar şifrelenmiştir ve askeri kullanıcılar için özel frekanslarda yapılır. Avrupa'nın Galileo sistemi 2014'te sınırlı olarak hizmete girdi ve tamamlanması bekleniyor. Galileo, GPS'e benziyor ve nihai 30 uydu, Dünya'nın 23000 km yukarısında her 14¼ saatte bir yörüngede dönüyor. Küresel kapsama sistemleri arasında benzersiz bir şekilde Galileo, bazı yayınlar şifrelenerek ve abonelik tabanlı kullanıcılara yönelik özel frekanslarla ticari bir temelde çalışacaktır. Çin'in BeiDou-2 (veya Compass), 2011'in sonlarında Çin ve çevresindeki bölgelere konum, zamanlama ve navigasyon hizmetleri sunmaya başlamış ve küresel kapsama alanını hedeflemiştir.Burada coğrafi konum, yer eşzamanlı ve GPS benzeri yörüngelerin bir karışımını kullanır. Bazı yayınlar şifrelenecek ve askeri kullanıcılara yönelik özel frekanslarda olacaktır. India: IRNSS, Güney Asya bölgesi üzerinden GPS tipi sinyaller sunmak için yedi uydu GEO yörüngede çalışacaktır. Japonya'nın QZSS uydu sistemi, üç GEO uydu ile GPS tipi sinyaller ve ayrıca Japon bölgesi üzerinden bazı mesajlaşma hizmetleri sağlayacaktır. İlk uydu 2010 yılında fırlatılmıştır. Uluslararası Cospas-Sarsat, şu anda on iki uydu ile özel Cospas-Sarsat acil durumlar için hizmet vermektedir.

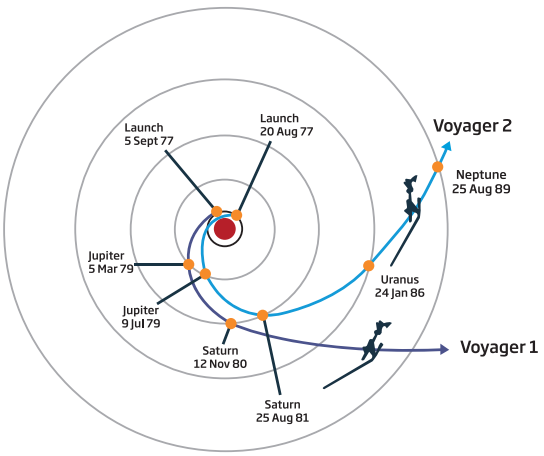
Voyager Haberleşme

İki Voyager uzay aracının ve Derin Uzay Ağı (DSN) yer sisteminin verileri nasıl aldığı ve ilettiğini açıklamaktadır. Voyager Yıldızlararası Görev (VIM), 1990'larda başladı ve 2010'larda devam ediyor. Voyager uzay aracı, Kaliforniya, Pasadena'daki Jet Tahrik Laboratuvarı'nda (JPL) tasarlandı ve inşa edildi. Fırlatmalardan sonra 30 yıldan fazla bir süre sonra boyutları çok küçültülmüş olan uçuş ekibi de JPL'de bulunuyor.

İki Voyager uzay aracı, uzun vadeli (1977–2025) keşif görevine devam ediyor. Voyager uzay aracı, dış gezegenleri (Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün) keşfettikten sonra, Güneş Sisteminin kenarına ulaştı ve son hedefleri olan yıldızlararası uzaya doğru ilerlemeye devam ediyor. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (NASA'nın) gezegenler arası keşif çabasının sonucu olarak uzayda daha önce hiç karşılaşılmamış bölgelerden geçiyorlar.

Voyager 1 ve Voyager 2, Dünya, Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'ün benzersiz bir hizalanmasının "Büyük Tur" fırsatı sunduğu her 176 yılda bir gerçekleşen 3 yıllık dönem içinde 1977'de başlatıldı. Her iki uzay aracı da Jüpiter ve Satürn ile yakın karşılaşmalar yaşadı.

Voyager 1 (ikinci fırlatılan) önce Satürn'e ulaştı ve bilimsel açıdan ilginç ve yüksek öncelikli Titan'ı başarılı bir şekilde taradı sonra biraz Satürn'ün "altından" geçti ve yaklaşık 35 derecelik bir açıyla ekliptik düzlemin "yukarısına" yön değiştirildi. Bu, daha sonra gelen Voyager 2'yi (ilk fırlatılan) Titan yükümlülüğünden kurtararak Uranüs ve Neptün'e hedef alınmasına izin verdi. Voyager 2, Neptün'den ayrıldı ve ekliptik yaklaşık 48 derece güneye yöneldi. Voyager uçuş yolları Şekil 4.8.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.8 Voyager Uçuş Yolu

Bu bölümün geri kalanı, Ocak 1990'da başlayan mevcut görev aşaması 1 olan Voyager Yıldızlararası Misyonu'na (VIM) odaklanmaktadır. VIM, NASA'nın Uzay Bilimleri İşletmesi 2000 Stratejik Planında tanımlanan belirli bilim hedeflerine ulaşmak için kritik öneme sahiptir. Tek hedef o yılki planda "değişen Güneşimizi ve Güneş Sistemindeki etkilerini anlamak" idi. Bir düzine yıl sonra Voyager görevi, dış heliosferi keşfetmeye devam eden tek görevdi. Voyager uzay aracı, Güneş tarafından yıldızlararası ortamdan oyulmuş uçsuz bucaksız bölgenin en uzak noktalarında ve sonunda meydana gelen olayları anlamamıza katkıda bulunmak için ideal olarak yerleştirilmiş yörüngelerde kalır.

2000 yılında tanımlanan diğer Stratejik Plan hedefleri; "Galaksilerin, yıldızların ve gezegenlerin nasıl oluştuğunu, etkileşime girdiğini ve evrimleştiğini öğrenmek" ve "Güneş Sistemimizdeki egzotik uzay ortamlarını doğa bilimleri laboratuvarları olarak kullanmak ve Güneş Sisteminin dış sınırını geçmek idi. galaksimizin yakın çevrelerini keşfetmek. "Voyager uzay aracı, gerçekleştirilebilecek konumdaki tek araç. Galaksimizin yakın çevrelerini keşfetme hedefi. Voyager'ların uzun ömürlülüğü, onları uzun vadeli Güneş rüzgârı varyasyonlarını incelemek için ideal platformlar hâline getiriyor. Mesafeleri onları Güneş rüzgârının, şokların ve kozmik ışınların evrimini incelemek için ideal kılar. Voyager verilerinin yorumlanması, bunları Dünya yörüngesindeki uzay aracından (IMP 8, WIND, ACE, SAMPEX ve IBEX) ve tutulumun güney ve kuzeyine seyahat eden Ulysses'ten gelen verilerle karşılaştırma yeteneği ile büyük ölçüde geliştirildi.

Dört ve beş yıl önce fırlatılan Voyagers and Pioneers 10 ve 11, Samanyolu'na yolculuklarında Güneş Sistemimizin yer çekiminden kaçan ilk dört uzay aracıdır. Daha iyi lansman tarihleri ve hız avantajı nedeniyle, Gezginler artık Öncüleri geride bırakıyor ve belirli kilometre taşlarına ulaşıyor. İlk Voyager 1, Pioneer 10'dan önce Pioneer 10'dan önce, Plüton'un yörüngesi Neptün'ün içindeyken yaklaşık 29 astronomik birimde (AU), 1988'de Plüton'un yörüngesini geçti. Pioneer 11, Voyager 2'nin 1986 karşılaşmasından hemen önce Uranüs'ün yörüngesini geçmesine rağmen, Voyager 2, Pioneer 11'in Neptün'ün yörüngesini geçmeden önce 1989'da Neptün'le karşılaştı. Voyager'ların her birinde aşağıdaki ekipmanlar bulunmaktadır:

1. Plazma spektrometresi (PLS), plazma iyonlarının hızını, yoğunluğunu ve basıncını ölçer,
2. Düşük enerjili yüklü parçacıklar (LECP) deneyi, onlarca kilo elektron volt (keV) ila mega elektron volt (MeV) aralığında elektronları, protonları ve daha ağır iyonları ölçer,
3. Kozmik ışın sistemi (CRS), 3 ila 30 MeV aralığında kozmik ışın elektron ve çekirdek enerjilerini ölçer.
4. Üç eksenli akı kapısı manyetometresi (MAG), gezegensel ve gezegenler arası manyetik alanlar.
5. Plazma dalga sistemi (PWS), düşük radyo frekansı elektron yoğunluğu profillerini ve plazma dalgası-parçacık etkileşimlerini gözlemler,
6. Gezegensel radyo astronomi (PRA) deneyi, Jüpiter ve Satürn'den gelen radyo emisyon sinyallerini inceledi.
7. Ultraviyole spektrometre (UVS), ultraviyole spektrumundaki atmosferik özellikleri ölçer.
8. Görüntüleme bilimi sistemi (ISS) bir dar açılı, uzun odak uzunluklu kamera ve bir geniş açılı, kısa odak uzunluklu kamera içerir,
9. Emisyon yoğunluğu verilerini toplamak için kullanılan fotopolarimetre sistemi (PPS), 220-730 nanometre (nm) spektral bölgedeki sekiz banttan biri için bir polarizör ve bir filtre içerir.
10. Kızılötesi interferometre spektrometresi (IRIS) ve radyometre, yerel ve küresel enerji dengesini ve gezegenlerin, uyduların ve halkaların dikey sıcaklık profillerini ölçer.

Uzay aracı ve ekipmanları genel olarak sağlıklı olarak çalışmaktadır. İki istisna dışında, araçlar iyi çalışır ve hepsi

sonlandırma şoku ile heliopozun ötesinde beklenen ortamlarda gözlemlere devam etme hassasiyetine sahiptir. Voyager 1'deki PLS artık yararlı veriler döndürmüyor. Voyager 2 MAG deneyinde, uzay aracı ve diğer araçların ürettiği gürültüyle ilgili devam eden bir sorun vardı ve güvenilir analizler yapıldı. Ancak 2001'de ve yine 2013'te güneşe yaklaşırken manyetik alan gücündeki artış bu sorunu daha kolay anlaşılır hâle getirdi.

VIM üç farklı aşamadan oluşur: sonlandırma şoku, heliosheath keşfi ve yıldızlararası keşif. İki Voyager uzay aracı, plazma parçacıklarının genişleyen süpersonik Güneş rüzgârında bulunanların hâkimiyetinde olduğu, Güneş'in manyetik alanı tarafından kontrol edilen bir ortamda VIM'i çalıştırmaya başladı. Bu, sonlandırma şok aşamasının karakteristik ortamıdır. Güneş'ten biraz uzakta, süpersonik Güneş rüzgârı, yıldızlararası rüzgâr tarafından daha fazla genişlemekten geri tutulur. Bu yıldızlararası rüzgâr/Güneş rüzgârı etkileşiminin bir sonucu olarak bir uzay aracının karşılaştığı ilk özellik, Güneş rüzgârının süpersonikten yavaşladığı sonlandırma şokudur. Ses altı hız, plazma akış yönünde ve manyetik alan oryantasyonunda büyük değişiklikler meydana gelir.

Sonlandırma şokundan geçiş, sonlandırma şok aşamasını sona erdirdi ve heliosheath keşif aşamasına başladı. Voyager 1, Aralık 2004'te 94 AU'da sonlandırma şokunu geçti ve Voyager 2, Ağustos 2007'de 84 AU'da geçti. Sonlandırma şokundan geçtikten sonra, her bir uzay aracı hâlâ Güneş'in hâkim olduğu heliosheath ortamında çalışıyordu. Helyosheath'in kalınlığı belirsizdi, onlarca astronomik birim kalınlığında olduğu tahmin ediliyordu ve kat edilmesi birkaç yıl sürdü.

Heliosheath keşif aşaması, Güneş'in manyetik alanının ve Güneş rüzgârının dış uzantısı olan heliopozdan geçişle sona erer. Voyager 1, heliopozdan geçişini tamamladı, böylece yıldızlar arası rüzgârın hâkim olduğu bir ortamda çalışan uzay aracı ile yıldızlararası keşif aşamasına başladı. Bu yıldızlararası keşif, nihai hedeftir. Voyager'lar diğer yıldızları geçecek. Yaklaşık 40000 yıl içinde Voyager 1, Camelopardalis takımyıldızındaki bir yıldız olan AC + 79 3888'den 1,6 ışık yılı (9,3 trilyon mil) uzaklıkta olacaktır. Yaklaşık 296000 yıl içinde Voyager 2, Sirius'tan 4,3 ışık yılı (25 trilyon mil) geçecektir. İki Voyager, heliopoza ulaşan ve o bölgeden bilim gözlemlerini geri döndüren ilk operasyonel uzay aracıydı. VIM süresi, öncelikle iki radyoizotop termoelektrik jeneratöründen (RTG'ler) ve telemetri bağlantı kapasitesinden gelen uzay aracı elektrik gücünün azalmasıyla sınırlı olacaktır. Tablo 4.3.'de Voyager 1 ve 2 için ömür tahminleri görülmektedir.

Tablo 4.3 Elektrik Gücü, Telekomünikasyon ve Hidrazin (Yönelim Kontrolü İçin) İçin Ömür Tahminleri

	Voyager 1	Voyager 2
Elektrik gücü	2023	2023
Telemetri link kapasitesi		
7200 bps,70/34 m HEF panel (Yüksek verimli anten)	1994	1998
1400 bps, 70 m	2007	2011
160 bps, 34 m HEF anten	2024	2029
40 bps, 34 m HEF anten	2050	2057
Yönelim Kontrol için Hidrazin Yakıtı	2040	2048

Voyager 1, üç bölgedeki istasyonlar tarafından izlenebilir. Ekliptiğin çok güneyindeki Voyager 2 ile, kuzey yarım küre istasyonlarından görünmez, bu nedenle telekomünikasyon bağlantısı yalnızca Canberra üzerinden sağlanır. Tablo; Goldstone, California'daki iki Derin Uzay İstasyonu boyutu için telemetri veri hızı limitlerini göstermektedir. Voyager 1 ve Voyager 2 için Canberra, Avustralya yakınında. İspanya, Madrid yakınlarındaki üçüncü tesisin sınırları Voyager 1 için Goldstone'dakilere benzer.

Voyager projesi, verimliliği artırmak ve kamu yatırımlarının geri dönüşünü iyileştirmek için süreçleri sürekli olarak gözden geçiriyor, güncelliyor ve birleştiriyor. Voyager, VIM sırasında, uçuş ekibi kadrosunu, 1989'da yaklaşık 300'den 2002'de 10'a, yüzde 97 oranında azalttı. O zamandan bu yana azalan personel, rutin olmayan faaliyet planlama, uygulama ve analiz ve anormallik yanıtı.

VIM telemetri hızının veri türlerine tahsisleri aşağıdaki gibidir: (Saniyede 160 bit (bps) veya 600 bps'de farklı veri türleri araya eklenir.) 1. Kasete 7200 bps veya 1400 bps'de kaydedilen verilerin kayıttan yürütülmesi ses kayıt cihazı 2. 160-bps gerçek zamanlı alanlar, parçacıklar ve dalgalar; UVS alt kümesi; mühendislik 3,40 bps gerçek zamanlı mühendislik verileridir.

Türksat Gölbaşı
Yerleşkesi

TÜRKSAT

HABERLEŞME GEREKSİNİMLERİ VE UYDULARIN KULLANIMI

HABERLEŞME GEREKSİNİMLERİ VE UYDULARIN KULLANIMI

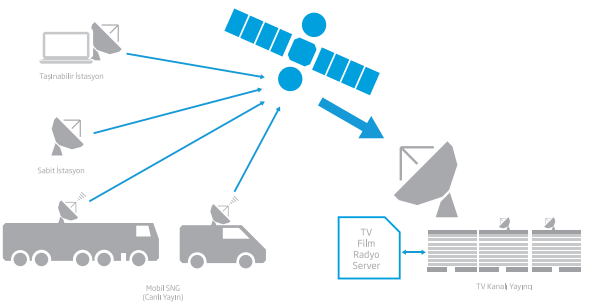
Haberleşme, insanlık tarihi kadar eski olan bir ihtiyaçtır. İlk olarak insanlar arasında başlayan haberleşme, devletlerin ortaya çıkmasıyla gelişmiş ve kurumsallaşmıştır. Haberleşme tarih içerisinde her dönemde çeşitli şekillerde sağlanmıştır. Haberleşmenin uydular aracılığıyla sağlanması ise 1960'lı yıllardan itibaren başlamış ve zaman içinde gelişmiştir.

Haberleşme uyduları üzerinden yapılan iletişim görev yükü (payload) vasıtasıyla gerçekleştirilir. Uydu tasarımı sırasında ihtiyaçlara göre görev yükü tanımlanır. Haberleşme uyduları temel olarak;

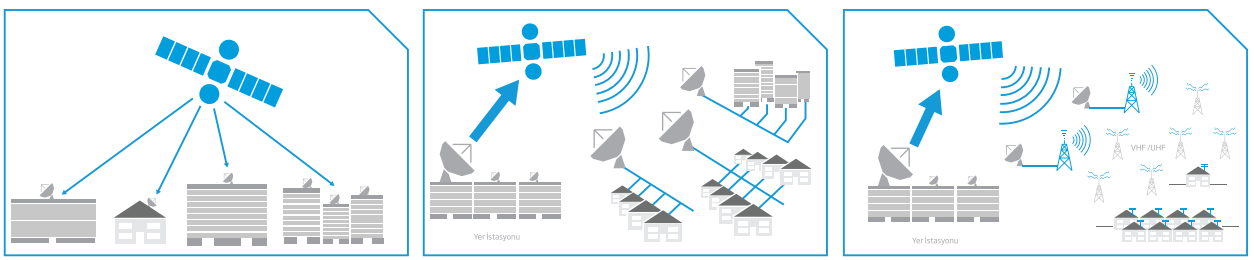
- Televizyon ve radyo yayıncılığı
- Veri iletimi

amacıyla kullanılır.

Şekil 5.1., 5.2. ve 5.3.'te haberleşme uyduları üzerinden sağlanan hizmetler gösterilmiştir.

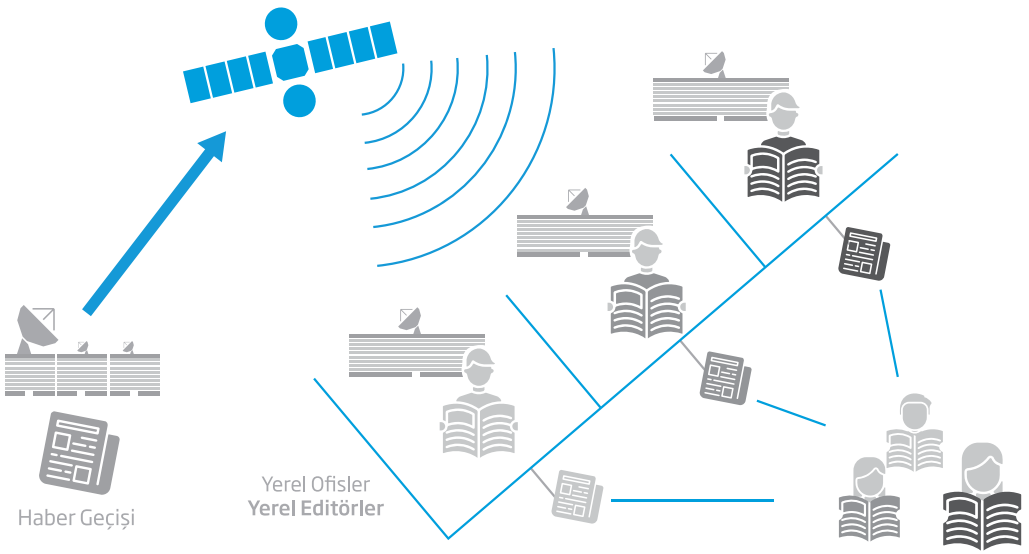


Şekil 5.2 Uydu Üzerinden Canlı Yayın İletimi



a) b) c)

Şekil 5.1 a) Doğrudan Evlere Tv ve Radyo Yayını
b) Siteler Ve Kablo Tv Dağıtım Merkezlerine Tv ve Radyo Yayını
c) Karasal Dağıtım Kulelerine Tv ve Radyo Yayını



Şekil 5.3 Uydu Üzerinden Veri İletimi

Haberleşme Uydusu Görev Yükü Belirlenmesi

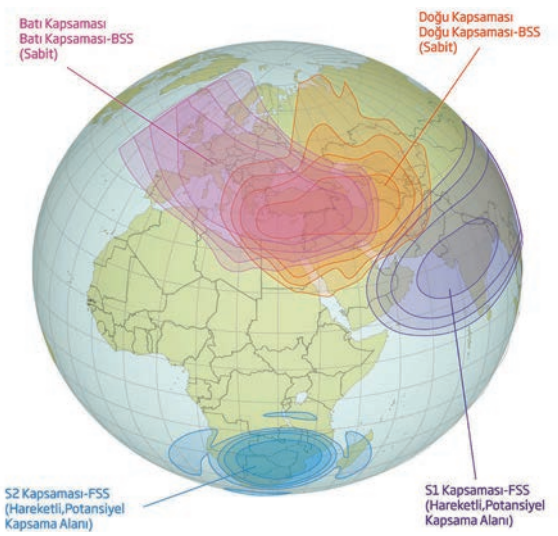
Uydu işletmecisi, uydunun ana kullanım amacını belirledikten sonra, müşteri talepleri, mevcut ve hedef pazar alanları, gelişen teknoloji ile (8K TV yayıncılığı, Ka bant internet vb.) gelecekte ihtiyaç duyulacak alanları da belirler. Bu çerçevede uydu kapsama alanı, uydu frekans bantları, yansıtıcı sayısı, görev yükü güç ihtiyacı ve genel olarak görev yükü tanımlanmış olur.

Uydu işletmecileri uydu ömrü boyunca sağlamayı planladıkları servisleri dikkate alarak, uydunun kapsama alanlarını ve frekans bantlarını ve uydunun kapsitesini (kullanılacak bant genişliğini) belirler. Belirlenen bu kapsama alan ve frekans bantlarının uydu işletmecisinin Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'ne (ITU) kayıt edilmiş veya başvuruları yapılmış olanlar dikkate alınarak yapılır.

Şekil 5.4.'te Türksat uydularının cazibe merkezi olan 42 derece doğu boylamından uydunun dünyayı görüşü ve ihtiyaca göre belirlenecek muhtemel kapsama alanları gösterilmiştir.

Belirlenen bu bölgelere yapılacak olan yayının televizyon yayını veya veri haberleşmesi olarak planlanması durumuna göre güç değerleri hesaplanır ve uydu görev yükü belirlenir. Uydu görev yükü haberleşme uydularında genelde televizyon yayınları için yansıtıcı sayısı ile Ka bant veri haberleşmesi için Gigabit/saniye ile ifade edilir.

Bir haberleşme uydusunun boyutları, fırlatıcı aracın gücü, uydunun yaşamı (15 -30 yıl arasında değişmektedir) süresince sisteme enerji verecek güneş pilleri ve yakıtı taşıma kapasitesiyle sınırlıdır.



EURASIASAT-1/TÜRKSAT-2A uydusu kapsama alanları

Şekil 5.4 42 Derece Doğu Boylamından Dünya'nın Görünüşü ve Planlanan Kapsama Alanları

Uydunun üç eksendeki stabilizasyonu da uydunun kendi ekseni etrafında döndürülmesi ile veya üç ekseninde bulunan küçük roketlerin ateşlenmesi ile sağlanır. Ayrıca bu amaçlar için kullanılacak verileri üreten güneş ve dünya senyörleri de bu alt sistemde bulunmaktadır.

Görev yükü (payload) haberleşme uydularında, uydunun taşıdığı sinyal aktarma sistemidir. Yer sistemlerindeki mikrodalga tekrarlayıcı istasyonlarıyla aynı çalışma ilkesine sahiptir. Yer istasyonlarından gelen sinyaller anten tarafından alınır ve düşük gürültülü amplifikatörle yükseltilip frekansları değiştirilerek tekrar Dünya'ya gönderilir. Bu iş uyduda yansıtıcılar (transponderlar) aracılığı ile yapılır.

Uydu haberleşmesi, bir noktadan diğer noktaya, bir noktadan çok noktaya veya yayın (broadcast) şeklinde olabilir. Haberleşme uyduları, günümüzde telefon haberleşmesinde, televizyon ve radyo programlarının dağıtımında, bilgisayar haberleşmesinde, denizcilik haberleşmesinde, acil durum haberleşmesinde, askeri amaçlı haberleşmede etkin olarak kullanılmaktadır. Bu işlevleriyle uydu haberleşmesi, insanlar arasındaki ilişkilerin gelişmesine, değişik kültürlere sahip ülkelerin birbirleriyle yakınlaşmalarına ve haberleşme ortamı olmayan alanlar için imkan sağlayarak katkıda bulunmaktadır.

Haberleşme uydularının temel yapısını açıklayan yukarıdaki bilgiler ışığında uydu haberleşmesinin temel özellikleri söyle özetlenebilir:

1. Uydu linkleri coğrafi yapıdan ve uzaklıktan bağımsız olarak, uydunun kapsama alanına girmesi koşuluyla iki nokta arasındaki haberleşmeyi sağlar.

2. Dünya üzerindeki bir bölgenin uydunun kapsama alanına girebilmesi için uydu üzerindeki antenin sinyal huzmesinin kapsama alanı içerisine de girmesi gerekir.

3. Uydular, yer istasyonlarından aldıkları sinyalleri kuvvetlendirip frekanslarını değiştirerek tekrar Dünya'ya gönderirler.

5. İlk uydularda L,S, ve C frekans bantları kullanılmasına rağmen, daha sonra Ku FSS, BSS, new Ku ve Ka bantları kullanılmaya başlanmıştır.

6. Yere eş zamanlı yörüngedeki haberleşme uydularının radyal hızı Dünya'nın dönüş hızına eşit olduğundan, uydu yayını sürekli aynı bölgelere yapılmakta ve uydu sabit antenler ile sürekli takip edilebilmektedir.

7. Uydu Dünya'mızdan çok uzak bir yörüngeye yerleştirilmiş olduğundan, yüksek orandaki serbest uzay kaybının yer istasyonlarında kullanılacak;

a) Gürültüye ve interferansa karsı duyarlılığı çok zayıf olan yüksek kazançlı antenler,

b) Kendi iç gürültüleri oldukça düşük olan çok duyarlı alıcılar,

c) Gücü yüksek vericiler yoluyla giderilmesi gerekmektedir.

8. Haberleşme uyduları çoklu girişe olanak tanımaktadır. Çoklu giriş, çeşitli yer istasyonlarının kendi taşıyıcılarını aynı anda tek bir uydu transpondera gönderilebilmeleri anlamını taşır. Böylece uydunun kapsama alanı içerisinde bulunan bir yer istasyonu, çeşitli yer istasyonlarından çıkan taşıyıcıları tek bir yansıtıcı üzerinden alabilir.

9. Uydu haberleşmesinde propagasyon gecikmesinin (iki istasyon arasında uydu yörüngesinin uzaklığından kaynaklanan yaklaşık 275 milisaniyelik süre) neden olabileceği birbirini takip eden transmisyonun kalitesindeki aşırı bozulmalar, iki uçta kullanılacak olan yankı bastırıcılar yada yankı yok ediciler ile önlenebilir.

Veri Türleri ve Miktarları

Veri iletimi için pek çok ortam kullanılır. Bu ortamları, bakır tel, cam lifler, hava olarak sıralayabiliriz. Bakır teller kullandığımızda veri elektrik akımı kullanarak, cam lifler üzerinde ışık yardımı ile havada ise radyo dalgaları, mikrodalga ya da kızılötesi ışınlar ile aktarılır. Doğal olarak her ortamda o ortamın özelliklerine uygun bir kodlama yapılması gerekir.

Radyo ve televizyon yayınlarında olduğu gibi elektromanyetik radyasyon, bilgisayar verisi aktarmak için de kullanılır. Elektromanyetik radio dalgalarını kullanarak aktarım yapılan ağlara radyo frekansında (RF) çalışıyor denir. RF üzerinden yapılan aktarımlarda iki birim arasında fiziksel bir bağlantı olması gerekmez, her bir birimde bir anten olması yeterlidir. Bu nedenle, bu tip haberleşmeye telsiz (wireless) haberleşme denir. RF ağlarında sinyalin aktarılacağı alanın büyüklüğüne bağlı olarak farklı boyutlarda antenler kullanılır. Kilometrelerce uzağa yapılan bir aktarım için bir kaç metrelik anten gerekirken bir bina içindeki aktarım için bilgisayara sığan bir anten yeterli olur.

İletişim terimi; bilgiyi elektriksel yollarla göndermeye, almaya, işlemeye karşılık gelir. İletişimin amacı; herhangi bir biçimdeki bilginin zaman ve uzay içinde kaynak olarak adlandırılan bir noktadan, kullanıcı denilen başka bir noktaya aktarılmasıdır. Bugün telefon, radyo, televizyon gibi elektriksel iletişimin çeşitleri, günlük yaşantımızın vazgeçilmez birer parçası olmuşlardır. Elektriksel iletişimin diğer bazı önemli örnekleri şu şekilde sıralanabilir; radar, telemetre dizgeleri, bilgisayarlar arası bilgi aktarımı, askeri amaçlar için kullanılan telsiz. Bu liste istendiği kadar genişletilebilir. Elektronik devre öğeleri teknolojisindeki yeni ilerlemelere bağlı olarak önümüzdeki yıllarda iletişim dizgelerinde de önemli gelişmelerin olması kaçınılmazdır.

Haberleşme uyduları üzerinden iletilen tüm servisler veri olarak tanımlanabilir. Televizyon ve radyo yayınları aslında belirli formatta sıkıştırılmış dijital verilerden oluşmaktadır.

Haberleşme uydularından yapılmakta olan televizyon yayınları genel olarak SMTP ve ITU birliği (The Society of Motion Picture Technicians and Engineers ve The International Telecommunications Union) sayısal TV standartlarına göre yapılmaktadır. Bu standartlaşma sayesinde video ve ses teknolojileri ile sayısal sinema ilişkilerinde sınırlar çizilmiş, sinema ve TV arasındaki içerik dönüşüm teknik altyapısı belirlenmiştir. Dijital TV yayıncılığında, Standart Definition (SD), high defininition (HD), ultra high definition 4K ve 8K formatları yaygın olarak kullanılmaktadır.

Haberleşme uyduları üzerinden internet servisi günümüzde 100 Mbps hızlarına çıkabilmekte olup, kullanıcının talebine göre farklı hızlarda paylaşımlı veya paylaşımsız olarak pazarda sunulmaktadır.

Haberleşme Frekans Bantları

Uydu frekans bantlarının kolaylıkla ifade edilebilmesi için çeşitli şekillerde tanımlamalar geliştirilmiştir. Uyduların artan kullanımı, sayısı ve boyutu nedeniyle yoğun kullanım, alt frekans bantlarında ciddi bir sorun hâline gelmiştir. Daha yüksek bantların kullanılabilmesi için yeni teknolojiler geliştirilmektedir.

Aşağıda uydu haberleşmesinde kullanılan frekans bantları ve kullanım alanları yer almaktadır:

• L-Bant (1-2 GHz); Global Konumlandırma Sistemi (GPS) taşıyıcıları ve Iridium gibi uydu cep telefonları, Deniz, kara ve havada iletişim sağlayan INMARSAT, WorldSpace uydu radyosu.

• S-Bant (2-4 GHz); Hava durumu radarı, yüzey gemi radarı ve bazı iletişim uyduları, özellikle ISS ve Uzay Mekiği ile iletişim için NASA'nın uyduları.

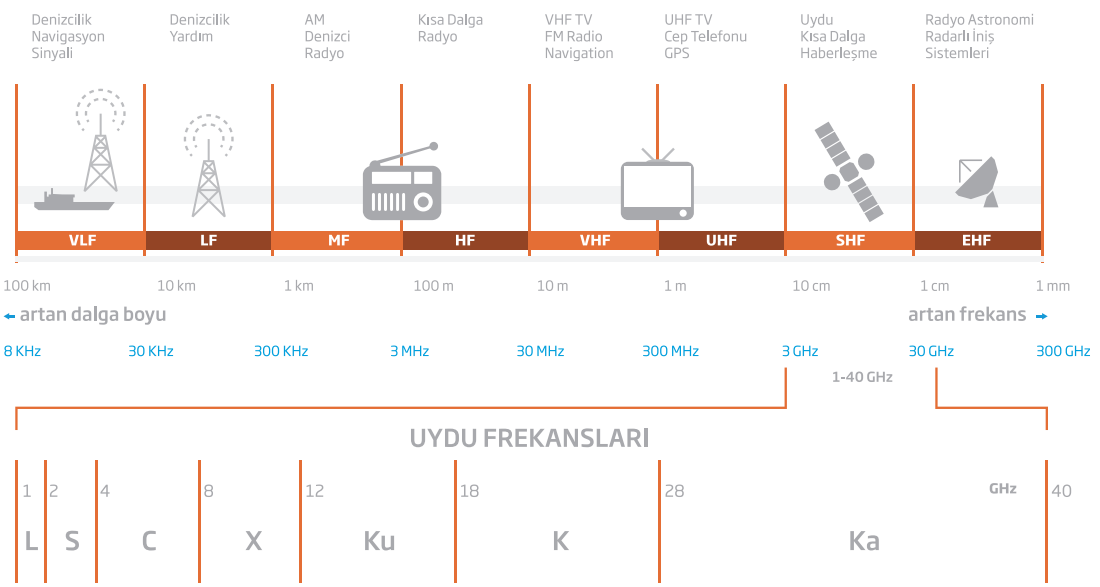
• C-Bant (4-8 GHz); öncelikle uydu iletişimi, tam zamanlı uydu TV ağları veya kısa süreli uydu yayın geçişleri için kullanılır. Tropikal yağışa maruz kalan alanlarda yaygın olarak kullanılır, çünkü yağmur bandına Ku bandından daha az duyarlıdır.

• X-Bant (8–12 GHz); Öncelikle askeri amaçlarda kullanılır. Sürekli dalga, darbeli, tek polarizasyon, çift polarizasyon, sentetik diyafram radarı ve fazlı diziler dâhil radar uygulamalarında kullanılır. X-bant radar frekansı alt bantları; sivil, askeri ve devlet kurumlarında hava izleme, hava trafik kontrolü, deniz gemi trafik kontrolü, savunma izleme ve kolluk kuvvetleri için araç hızı tespiti için de kullanılır.

• Ku-Bant (12-18 GHz); uydu iletişimi için kullanılır. Avrupa'da, Ku-band downlink, doğrudan yayın uydu hizmetleri için 10,7 GHz'den 12,75 GHz'e kullanılır.

• Ka-Bant (26–40 GHz); Haberleşme uyduları, 27,5 GHz ve 31 GHz bantlarında yer uydu hattı ve askeri uçaklarda yüksek çözünürlüklü, yakın mesafeli hedefleme radarları için kullanılır.

Şekil 5.5'de Uydu haberleşmede kullanılan frekanslar , bantlar ve kullanım alanları ve Tablo 5.1 'de uydu haberleşme frekans bant tablosu görülmektedir.



Şekil 5.5 Uydu Haberleşmesi Frekans Bantları ve Kullanım Alanları

Türksat uydularında, C, X, Ku ve Ka bant yansıtıcılar bulunmaktadır.

Tablo 5.1 Uydu Haberleşme Frekans Bant Tablosu

Band Frekans		Mevcut Spektrum	Tipik Uygulama
L	1.5-1.6 GHz	50 MHz	Mobil Uydu Haberleşmesi
S	2.5 GHz	70 MHz	Mobil Uydu Haberleşmesi
C	4-6 GHz	500 MHz	Telefon/data/DTH
X	7-8 GHz	30 MHz	Askeri/ Besleyici bağlantılar
Ku	10-14 GHz	2 GHz	DTH/Data
Ka	20-30 GHz	2 GHz	Geniş Band Uygulamaları
Q/V	37.5-40.5 GHz	3 GHz	Geniş Band Uygulamaları
W	71-74 GHz	3 GHz	Geniş Band Uygulamaları

Modülasyon

Modülasyon, bildiri işaretini iletime daha uygun bir biçime sokmak için yapılır. Bir bilgi sinyalinin, yayılım ortamında iletilebilmesi için, ortam içerisinde rahatlıkla hareket edebilen başka bir taşıyıcı sinyal üzerine aktarılması olayına "modülasyon" adı verilir. Modülasyon yöntemlerinin amacı, bilgi sinyalini var olan bir haberleşme kanalına uydurmaktır. Bu yüzden modülasyon türü; mevcut gürültü, bant genişliği ve verici gücüne bağlı olarak seçilir. Periyodik bir işaretin (taşıyıcı), herhangi bir özelliği, bildiri işaretine (modülasyon işaretine) bağlı olarak değiştirilir. Elde edilen işarete "modülasyonlu işaret" denir.

Haberleşme sistemlerinde, bir sinyalin transmisyonu için kullanılacak olan antenin minimum uzunluğu, işaretin dalga boyunun en az dörtte biri olmalıdır. O hâlde anten uzunluğunun, pratikte gerçekleştirilebilecek bir boyda olması için, işaretin frekans spektrumu değiştirilmelidir.

Bir haberleşme sisteminde, aktarılan sinyaller iletim ortamının özelliklerine bağlı olarak zayıflamakta ve gürültü adı verilen istenmeyen bozucu etkenlerin tesirinde kalmaktadır. Bu önemli problemi çözmek için en uygun yol, işareti iletileceği ortamın özelliklerine uyan, gürültüden etkilenmeyecek bir biçime dönüştürmektedir.

Modülasyon, bilgi iletim sisteminin verimliliğini arttırmak amacıyla yapıldığından, taşıyıcı sinyal seçilirken bu sinyalin yayılım kanalı için ne kadar uygun olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. İşte yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı işaretin spektrumu daha uygun bir yere kaydırılır. Bu kaydırma işleminde; taşıyıcı dalga adı verilen ve genellikle yüksek frekanslı sinüzoidal (analog) veya dikdörtgen darbe katarı (dijital) biçiminde işaretlerden yararlanılır. Kabaca, iletilecek işaretin bir taşıyıcı dalga yardımı ile iletim işlemine "modülasyon" adı verilir.

Modülasyon işlemi sınıflandırılırken, iki farklı bakış açısı kullanılabilir. Bunlar modülasyonda kullanılan taşıyıcı dalga ve bunu modüle eden bilgi sinyalidir. Bu noktada şu şekilde bir sınıflandırma yapılabilir:

a. Taşıyıcı Dalga tipine göre

• Sürekli Dalga Modülasyonu (Continuous Wave Modulation)

• Darbe Modülasyonu (Pulse Modulation)

b. Bilgi Sinyali tipine göre;

• Analog Modülasyon

• Sayısal (Dijital) Modülasyon

Bunlardan darbe modülasyonu, genellikle sayısal haberleşmede kullanılır.

Tablo 5.2 Bilgi ve taşıyıcı sinyale göre modülasyon türleri görülmektedir.

Tablo 5.2 Bilgi ve Taşıyıcı sinyale göre modülasyon türleri

		Taşıyıcı Sinyal	
		Sürekli Dalga Mod.	Dalga Mod.
Bilgi Sinyal	Analog	AM FM PM	PAM PPM PDM
	Dijital	ASK FSK PSK	PCM

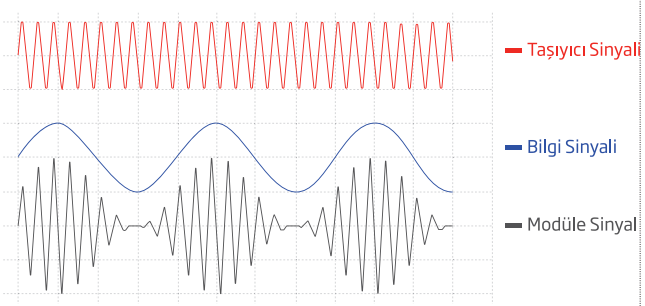
Sürekli Dalga (Analog) Modülasyonu

Sürekli dalga modülasyon tipinde taşıyıcı olarak, belirli bir frekansta sinüzoidal bir dalga kullanılır. Sürekli dalga modülasyonu özellikle, konuşma, müzik veya resim gibi zamanın sürekli bir fonksiyonu olarak değişen analog işaretlerin iletimi için uygun olmaktadır ve kullanılmaktadır.

Genlik Modülasyonu (Amplitude Modulation - AM)

Tarihsel olarak kullanılan en eski modülasyon tekniğidir. Genlik modülasyonunda, taşıyıcının genliği bilgi sinyaline uygun olarak değiştirilir.

Şekil 5.6'da genlik modülasyonu (AM) görülmektedir.



Şekil 5.6 Genlik Modülasyonu (AM)

Genlik modülasyonun üç türü vardır:

1. Tam genlik modülasyonu (FAM)

2. Çift yan bantlı bastırılmış taşıyıcı genlik modülasyonu (DSBSC-AM)

3. Tek yan bantlı genlik modülasyonu (SSB-AM)

Açı Modülasyonu

Bu modülasyon tekniği, daha fazla bant genişliği gerektirmesine karşın daha üstün gürültü özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. İki türü vardır;

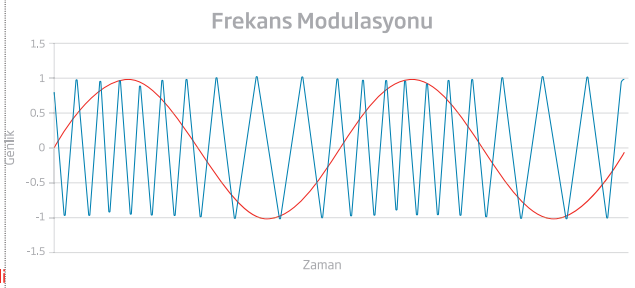
• Taşıyıcının frekansı (wct) bilgi sinyaline uygun olarak değiştirildiğinde oluşan modülasyona "Frekans Modülasyonu (FM)" denir

• Taşıyıcının fazı (φc) bilgi sinyaline uygun olarak değiştirildiğinde oluşan modülasyona "Faz modülasyonu (PM)" denir.

Frekans Modülasyonu (Frequency Modulation - FM)

İlk olarak 1920'lerde ortaya çıkmış ve matematiksel analizi ise ilk olarak Bell Telefon Laboratuarları'nda çalışan ünlü matematikçi John R. Carson tarafından gerçekleştirilmiştir. Frekans modülasyonunda, taşıyıcının frekansı bilgi sinyalinin genliğine orantılı olarak modüle edilir.

Şekil 5.7'de frekans modülasyonu (FM) görülmektedir.

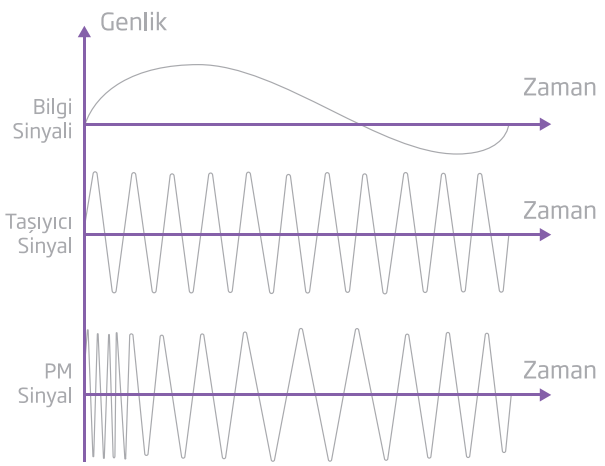


Şekil 5.7 Frekans Modülasyonu (FM)

Faz Modülasyonu (Phase Modulation - PM)

FM modülasyonuna çok benzediği için çoğunlukla "Dolaylı (indirect) FM" olarakta bilinir. Taşıyıcı sinyalin faz açısı, bilgi sinyaline uygun olarak modüle edilir.

Şekil 5.8'de faz modülasyonu (PM) görülmektedir.

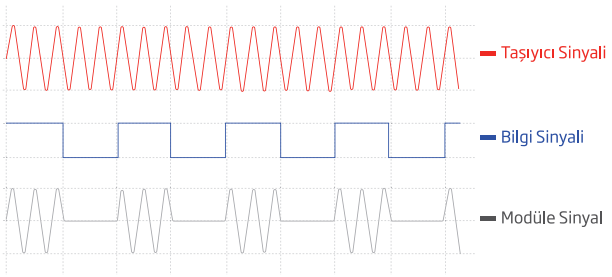


Şekil 5.8 Faz Modülasyonu (PM)

Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (Amplitude Shift Keying - ASK)

İkilik mantıkla kodlanmış, "Sıfır (0) ve Bir (1)"lerden oluşmuş bir bilgi sinyalinin sinüzoidal bir taşıyıcının genliğine bindirilmesi tekniğidir. Klasik Genlik Modülasyonuna benzer. Tek fark bilginin sayısal (dijital) bir sinyal olmasıdır. Özellikle PCM kodlanmış temel bant sinyallerin iletilmesinde kullanılır.

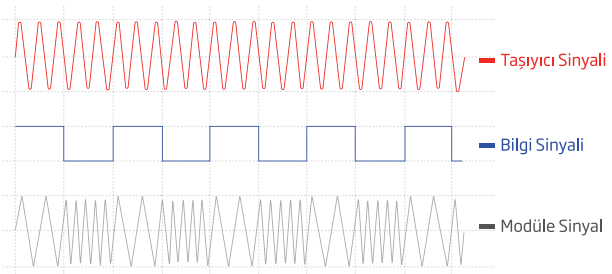
Şekil 5.9 'da genlik kaydırmalı anahtarlama (Amplitude Shift Keying - ASK) görülmektedir.



Şekil 5.9 Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (Amplitude Shift Keying – ASK)

Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (Frequency Shift Keying – FSK

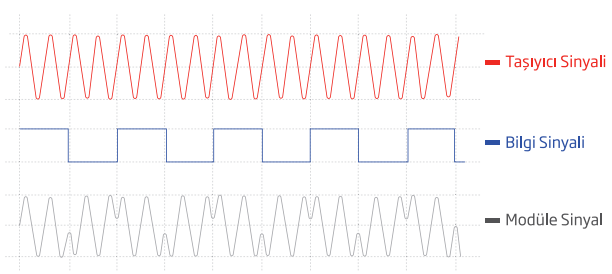
İkilik mantıkla kodlanmış, "Sıfır (0) ve Bir (1)'lerden oluşmuş bir bilgi sinyalinin sinüzoidal bir taşıyıcının frekansına bindirilmesi tekniğidir. Klasik Frekans Modülasyonuna benzer. Tek fark bilginin sayısal (dijital) bir sinyal olmasıdır. Şekil 5.10 'da frekans kaydırmalı anahtarlama (Frequency Shift Keying – FSK) görülmektedir.



Şekil 5.10 Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (Frequency Shift Keying – FSK)

Faz Kaydırmalı Anahtarlama (Phase Shift Keying – PSK)

İkilik mantıkla kodlanmış, "Sıfır (0) ve Bir (1)'lerden oluşmuş bir bilgi sinyalinin sinüzoidal bir taşıyıcının fazına bindirilmesi tekniğidir. Klasik Faz Modülasyonuna benzer. Tek fark bilginin sayısal (dijital) bir sinyal olmasıdır. Şekil 5.11'de faz kaydırmalı anahtarlama (Phase Shift Keying – PSK) görülektedir.



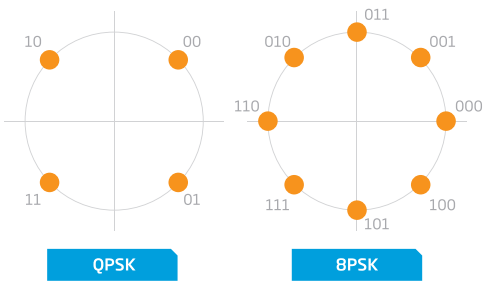
Şekil 5.11 Faz Kaydırmalı Anahtarlama (Phase Shift Keying – PSK)

Genelde PSK'de ikilik 0 ve 1 için biri birinden rahatça ayırt edilebilir iki faz açısı kullanılır. Buna en iyi yaklaşım ikilik bir sinyal için biri birine (180°) zıt fazlı açılar kullanmaktır. Örneğin pratikte 0 için 0° ve 1 içinde π (180°) sıklıkla kullanılır.

QPSK (QUADRATURE PHASE SHIFT KEYING)

Binary sayılarla kodlanmış bir data katarının faz kaydırılarak ifade edilişi PSK formunun en basit halidir. BPSK modulasyonunda Binary kaynak 180 derecelik faz farkıyla şekillendirilir. BPSK'de her bit 0 ve 180 derece olmak üzere iki fazın birine kodlanır. QPSK'de iki kanal aynı anda modülasyona girer ve bitler ikili olarak 0, 90, 180 ve 270 derece olmak üzere dört fazın birine kodlanır. Bu da QPSK modulasyonunun BPSK ye göre avantajlarından biri olup aynı güç etkinliğini BPSK'dekinin yarısı kadar bir band aralığında gösterebilme olanağı sağlar.

QPSK uydu data transmisyonu ve IBS, IDR sistemlerinin önemli bir parçasıdır. Dört faz modülasyonda (QPSK) bir taşıyıcı 0 ve 180 derecelik vektörlerle, diğer taşıyıcı 90 ve 270 derecelik vektörlerle ifade edilir. İki kanal birbirinden bağımsızdır.



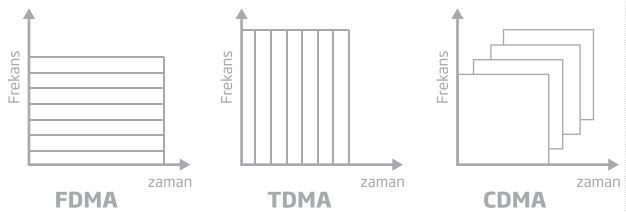
Şekil 5.12 QPSK ve 8PSK Modülasyonu Kümeleşme Diyagramı

Sekiz faz modülasyonda (8PSK) bir taşıyıcı 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270 ve 315 derecelik vektörlerle , kodlanır. QPSK ve 8PSK uydu yayıncılığında (televizyon ve veri iletimi) en yaygın kullanılan modülasyon teknikleridir. Şekil 5.12 'de QPSK ve 8PSK modülasyonu kümeleşme diyagramı görülmektedir.

Çoklama (Multiplexing)

Uydu sistemlerinde veri sinyali erişim tekniğine göre oluşan taşıyıcı yapılarına göre çeşitlenmektedir. Çoklu erişim, bir uydunun aynı transponderına birkaç yer istasyonunun erişebilmesidir. Bu özellik herhangi bir yer istasyonunun taşıyıcısının uydunun kapsama alanı içindeki diğer birçok yer istasyonları tarafından alınabilmesini sağlar. Bu, sinyal gönderen bir yer istasyonuna birçok yer istasyonunun alacağı sinyalleri gruplayabilme kolaylığı sağlar.

Transponder paylaşım şekillerinden, ses kanalı tahsisine göre çoklu erişim, iki değişik yaklaşımla tanımlanır. Birinci yaklaşım iki kategoride incelenebilir; önceden atanmış çoklu erişim (pre-assigned multiple access), isteğe bağlı atanmış çoklu erişim (DAMA). İkinci yaklaşımda ise üç değişik kategoride incelenebilir; frekans bölümlü çoklu erişim (FDMA), zaman bölümlü çoklu erişim(TDMA), kod bölümlü çoklu erişim (CDMA). Şekil 5.13'de çoklama sistemleri görülmektedir.



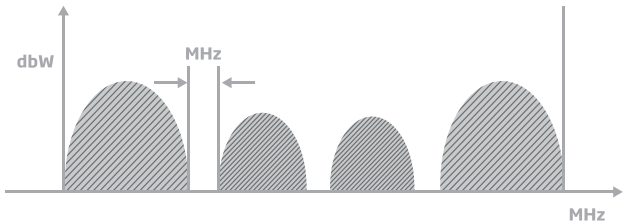
Şekil 5.13 Çoklama Sistemleri

FDMA (Frequency Division Multiple Access) - Frekans Paylaşımlı Çoklu Erişim

FDMA, uydu kaynaklarının ortaklaşa kullanılabilmesi için her alıcı yer istasyonuna değişik frekans verilmesi metoduyla çalışır. Bu sistem uluslararası haberleşmede kullanılmaktadır. Böyle bir sistemin bir kötü tarafı, birçok sinyalin aynı anda transponder kullanımıyla ve uydu transponderının non-linear özelliğinden kaynaklanan intermodulation etkisiyle oluşan enterferans gürültüsüdür. FDMA değişik modülasyon-multiplexing teknikleri (FDM-FM, TDM-PSK ve SCPC) kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu metotlardan en çok kullanılanı taşıyıcıların, frekans bölümlü çoklanmış baseband sinyaliyle modüle edildiği FDM-FM metodudur. TDM-PSK metodunda ise, zaman bölümlü çoklanmış baseband sinyali taşıyıcıları PSK modüle eder. SCPC, her telefon kanalı için bir RF taşıyıcı kullanır. Bu metotta hem PSK hem FM modülasyon tipleri kullanılır. Bu az sayıda kanal işleten yer istasyonları için uygun bir çözümdür.

FDMA sisteminde her taşıyıcıya birbirini karıştırmayacak şekilde frekans tahsisi yapılır, ve bu taşıyıcıların yükseltici kaynaklı intermodülasyon bileşenleri nominal bir seviyede tutulmaya çalışılır. Bu konuda uydu transponderlarındaki kazanç yer terminallerinin kazancından daha önemli hâle gelmektedir.

Şekil 5.14 'de FDMA sisteminde bir uydu transponderının frekans planı görülmektedir.



Şekil 5.14 FDMA sisteminde bir uydu transponderının frekans planı

TDMA(Time Division Multiple Access) Zaman Paylaşımlı Çoklu Erişim

TDMA konusuna girmeden önce kısaca Çoğullama bilgisine değinmek gerekir. Çoğullama, bilginin (ses ya da veri) aynı iletim ortamında birden çok kaynaktan birden çok varış yerine iletilmesidir. İletimler aynı ortamda gerçekleşir ancak mutlaka aynı zamanda gerçekleşmeleri gerekmez. İletim ortamı, metalik tel çifti, koaksiyel kablo, mikrodalga radyo, uydu radyo ya da fiber optik kablo olabilir. Çoğullama gerçekleştirmenin birden çok yolu vardır ancak en yaygın iki yöntem, frekans bölmeli çoğullama(FDM) ve zaman bölmeli çoğullamadır(TDM).

TDMA tekniğinde; network içindeki tüm istasyonlar farklı zaman dilimlerinde (Time Slot) aynı frekans kanalını kullanarak uyduya ulaşırlar. Remote istasyonların bu paylaşımı tek başlarına yapmaları mümkün değildir. İstasyonların hangisinin hangi zaman dilimi içinde bu frekans kanalını kullanıp gönderim yapacağına kontrol istasyonu (HUB, Master) karar verir. TDMA Frame süresi networklere göre değişmekle birlikte, tüm istasyonların iletimine olanak sağlayacak bir turu ifade eder.

Türksat Gölbaşı
Yerleşkesi

TÜRKSAT

HABERLEŞME DONANIMLARI

HABERLEŞME DONANIMLARI

Uydu, iki nokta arasındaki her türlü coğrafi şartlardan bağımsız olarak kesintisiz, sürekli ve güvenli bir haberleşme ortamı oluşturur.

Sinyallerin yeryüzünden uplink ekipmanları ile güçlendirilerek antenler aracılığı ile uyduya yönlendirilmesi ve bu sinyallerin uydu tarafından alınarak güçlendirilmesinden sonra yeryüzündeki anten ve yer ekipmanları ile alınması, uydu haberleşmesinin temelini oluşturmaktadır. Kullanılan uydu teçhizatlarının kurulumu ve diğer karasal şebekelere entegrasyonu çok kısa sürelerde gerçekleştirilmektedir.

Bu nedenle uydu haberleşmesi etkin, güvenilir bir haberleşme yöntemidir.

Uydu Haberleşme Terminolojisi

Uydu haberleşmesi temel olarak uplink (yukarı yön) zinciri ve downlink (aşağı yön) zinciri olarak iki ana kısımdan oluşur.

Uplink zincirinin Şekil 6.1.'de görüldüğü üzere çalışma prensibi şu şekildedir:

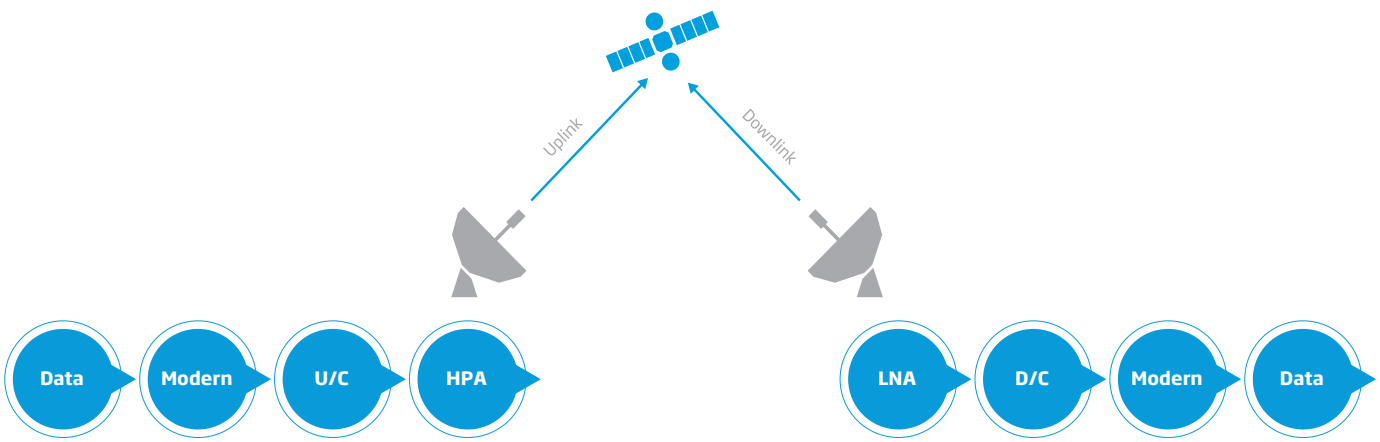
• Kameradan görüntü, mikrofondan ses veya internet datası dijitale dönüştürüldükten sonra verileri alan modeme (modülatör) gönderilir ve Orta Frekans (IF) aralığında (70-140 Mhz) modüle edilmiş bir sinyale dönüştürülür.

• Modülatörler, IF olarak gelen sinyali, QPSK, 8PSK, FM gibi formatlarda modüle ederler.

• IF, modüle edilmiş verileri taşıyan sinyal uyduya iletilecek olan daha yüksek bir frekansa "yukarı konvertör" vasıtasıyla dönüştürülür.

• Gürültüler, bir bant geçiren filtre ya da başka yollarla sinyalden çıkarılır ve sinyal güçlendirilmek için bir TWTA(Travelling Wave Tube Amplifier) ya da SSPA (Solid State Power Amplifier) yükselticisinde yükseltilir.

• Güçlü ve uyduya gönderilecek durumda olan sinyal, dalga kılavuzundan anten feed kısmına iletilir.



Şekil 6.1 U/L (uplink) ve D/L (downlink) Zinciri

• Yer anteni uyduya yönlendirilmiş olduğundan sinyal uyduya iletilir.

Downlink zincirinin Şekil 6.1.'de görüldüğü gibi çalışma prensibi şu şekildedir:

• Uydu veri içeren bir sinyali uyduya yönlendirilmiş bir yer antenine iletir.

• Sinyal, uydu çanağından alınır.

• Alınan sinyal LNA (Düşük Gürültü Yükseltici) sayesinde yükseltilir.

• DoCon'a (Aşağı Dönüştürücü) ile frekansı düşürülür.

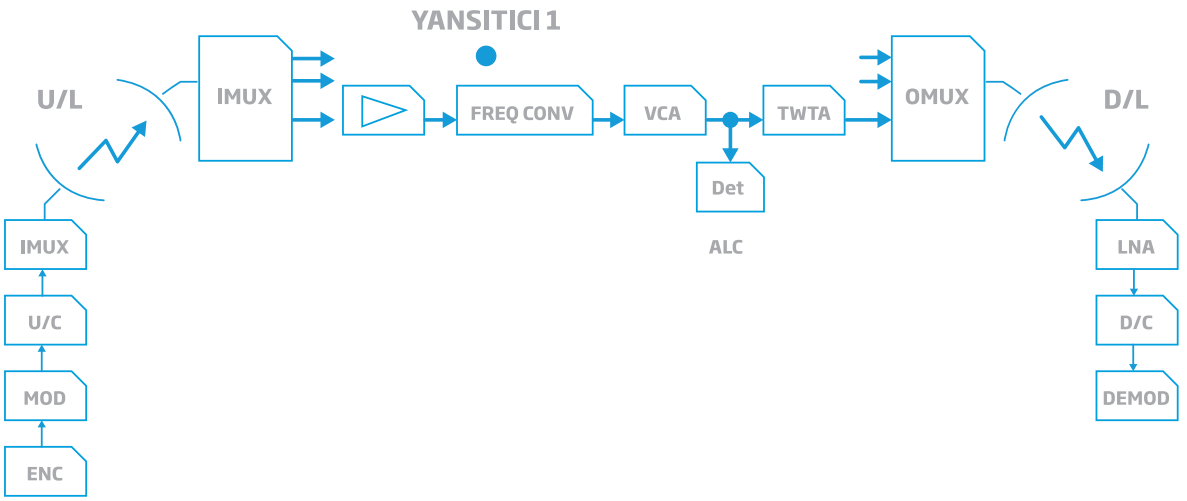
• Demodulatör bu sinyali çözer ve bir veri sinyaline dönüştürülür.

• Elde edilen veri tipine göre (video, ses, internet datası) ilgili cihaza (ekran, hoparlör, router) gönderilir.

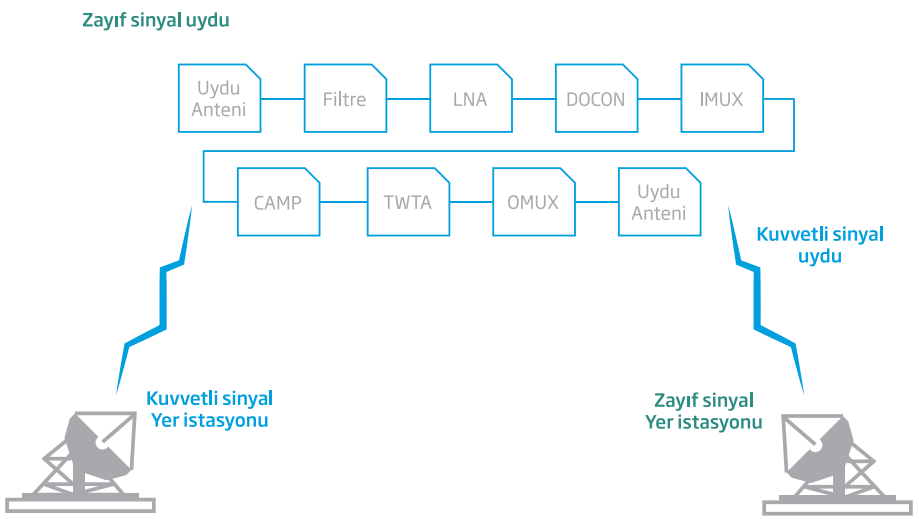
Şekil 6.2. ise uydu haberleşmesinde bir veririn baştan sona geçtiği adımları göstermektedir.

Haberleşme Modülü (Görev yükü)

Haberleşme uydularında, iletişim modülü ve antenler uydu misyonuna yönelik çalıştıkları için görev yükü olarak adlandırılır. Haberleşme uydularında görev yükü temel olarak yer istasyonlarından gönderilen ve iletilmesi istenilen veriyi taşıyan elektromanyetik dalgaların uyduda alış antenleri ile alınması, iletişim modülünde kanallara ayrılarak güçlendirilmesi ve tekrar birleştirilerek veriş antenleri ile belirlenen kapsama alanlarına iletilmesi sayesinde uydu haberleşmesinin sağlanması görevini yürütür.



Şekil 6.2 Uydu Haberleşme Linki

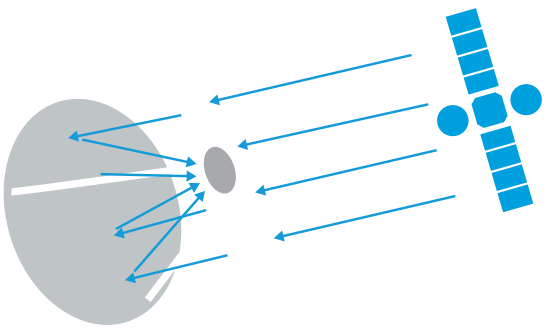


Şekil 6.3 Görev Yükü Mimarisi

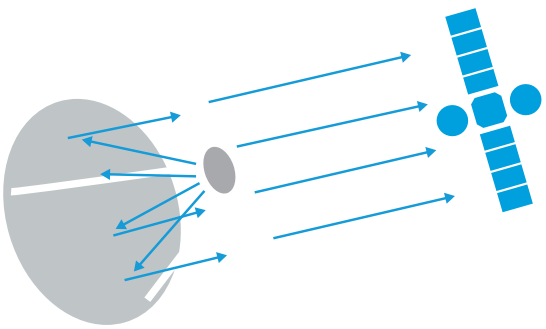
Görev yükü içerisinde yer alan tekrarlayıcı yapısı ise belirli bir frekans aralığı kullanılarak uyduya gelen sinyalin alınıp, güçlendirilip; frekansının uydu alış frekansına indirilmesi suretiyle kapsama alanında belirlenen bölgelere inişinin sağlandığı uyduda bulunan elektronik ekipmanların bütünüdür. Şekil 6.3.'te görüldüğü gibi tekrarlayıcı alt sistemi ve antenler, haberleşme uydularının iletişim görevlerini gerçekleştirmesini sağlayan Görev Yükü (Payload) olarak adlandırılan sistemi oluştururlar.

Anten Sistemleri

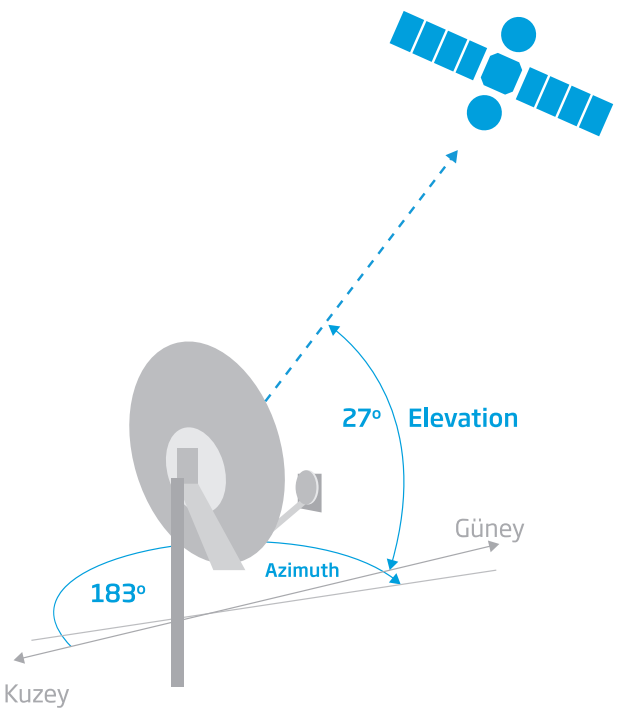
Bu bölümde uydu yer istasyonu (çanak anten) antenlerinden bahsedilecektir. Antenlerin fonksiyonu güç kuvvetlendiricisinden (HPA, SSPA) gelen sinyali uyduya Şekil 6.4. "a)"daki gibi yönlendirmektir. Antenlerin diğer fonksiyonu Şekil 6.4. "b)"deki gibi ise uydudan gelen sinyalleri toplayıp feed in üzerinde odaklamaktır.

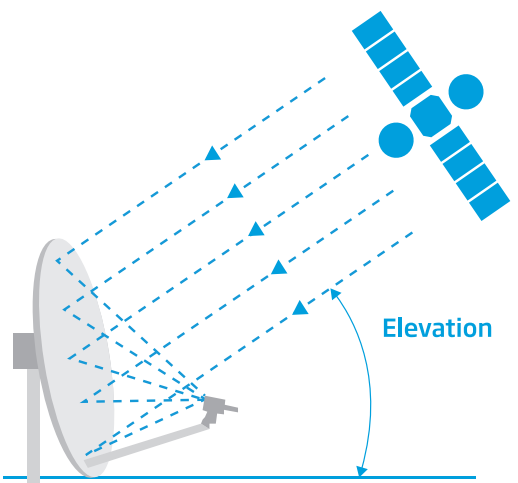


Şekil 6.4a Antenlerin Fonksiyonel Gösterimi



Şekil 6.4b





Şekil 6.5 Yan Ve Yükseliş Değerlerinin Fiziksel Gösterimi

Antenler genel olarak kullanım amacına yönelik tasarımları dikkate alındığında;

1. Simetrik veya Eksen-Simetrik Antenler
2. Offset Antenler
3. Çift Reflektörlü Antenler
4. Cassegrain antenler

olarak sınıflandırabilirler.

Cassegrain ve Gregorian antenler genel olarak oldukça büyük çaplı parabolik reflektör anten tipleridir ve bu anten modelleriyle yüksek kazançlar elde edilmektedir.

Yan ve Yükseliş Açısı, Mesafe (Azimuth, Elevation, Range)

Haberleşme uydularına yeryüzünden anten yönlendirilirken ve ayar yapılırken, yer anteninin yan ve yükseliş açılarını bilmek gerekir. Bu açılar doğru şekilde ayarlandığında anten uyduya yönlendirilmiş olur.

Şekil 6.5'da yan (azimuth) ve yükseliş (elevation) değerlerinin fiziksel gösterimi görülmektedir. Yan (Azimuth); yatay düzlemde tanımlanan açıdır. Antenin bulunduğu noktadan kuzey kutup noktasına çizilen doğru ile yine anten noktasından subsatellite noktasına çizilen doğru arasında kalan açıdır. Açı saat yönünde artar.

Azimuth 0 = Kuzey doğrultusudur.

L: İstasyon ile uydunun boylamları farkı (mutlak değer)

l: istasyonun enlemi

a=arctan(tan L /sin l) olmak üzere

Azimuth açısı (A);

A= 180-a (uydu boylamca yer istasyonunun doğusunda ise)

A= 180+a (uydu boylamca yer istasyonunun batısında ise)

Yükseliş (Elevation); düşey düzlemde tanımlanan açıdır. Yatay düzlemden yükselme açısıdır.

Elevation 0 = yatay eksendir.

L: İstasyon ile uydunun boylamları farkı (mutlak değer)

l: İstasyonun enlemi

Elevasyon açısı (E)

Cosϕ=Cos l.CosL olmak üzere

$$E = arctan\left[\frac{\cos\varphi - \frac{Re}{Re+Ro}}{\sqrt{1-(\cos\varphi)^2}}\right]$$

R_e: 6378,144 km

R_0=35787 km

Örnek:

Türksat 4A: 42^{0}E boylamındadır.

Ankaradaki: 40^0 N ve 33^{0}E'te bulunan bir istasyon için azimut, elevasyon ve polarizasyon açılarını hesaplayınız.

Cevap:

Azimuth:166,16 derece

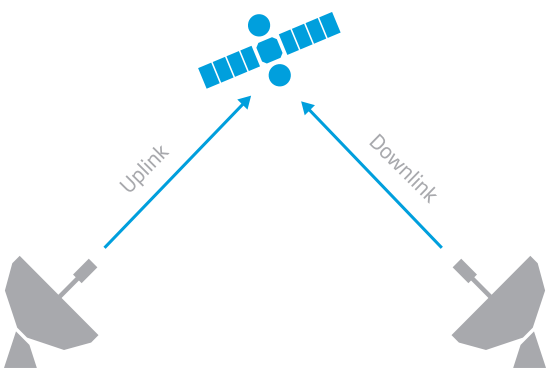
Elevasyon: 42,79 derece

Polarizasyon :10,56 derece (CCW)

Link mesafesi: 37570,53 km

Uydu U/L Ve D/L (Alış / Veriş) Yer İstasyonu

Uydu Haberleşme sistemi bir veya daha fazla uydu linki içerir. Bu linklerin her biri bir çift yer istasyonu ve bir uydudan oluşmaktadır. Bu linklerin her biri, mikrodalga sinyalini uyduya gönderen (uplink)bir verici yer istasyonu, bu sinyali uydudan alan (downlink) bir alıcı yer istasyonu ve uygun frekans ve güce sahip bir uydu sisteminden oluşmaktadır. (Şekil 6.6.) Bir uydu yer istasyonu feed özelliğine göre aynı anda alış ve veriş yapabilmektedir.



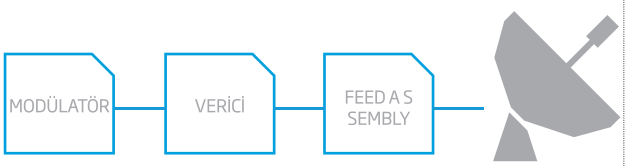
Şekil 6.6 Uydu Uplink/ Downlink

Uydu linkinde radyo sinyalleri ile gürültü arasındaki ilişkiyi inceleyelim: Mikro dalga sinyalleri uyduya ve yer istasyonuna atmosferik yol kayıplarından dolayı zayıflayarak ulaşır çünkü uydu yörüngesi dünyadan 35780 km uzaklıktadır. Uydu haberleşmesinde yer istasyonlarının uyduya yeterli güçte ulaşabilmeleri için geniş açıklıklı antenlere ve yüksek güçlü mikrodalga sinyalleri kullan-

ma ihtiyaçları vardır. Aynı zamanda yer istasyonlarının, uydudan gelen zayıf işaretleri almaları için yine geniş açıklıklı parabolik antenler kullanılır. Antenler; aşırı termal gürültülerden veya diğer mikrodalga sistemlerin interferanslarından kaçınmak için düşük gürültülü ve düşük yan lobe şeklinde olmalıdır. Bir düşük gürültülü yükseltici, uydudan alınan çok zayıf sinyali kuvvetlendirmek için gereklidir. Uydu haberleşme devrelerinde C/N (işaret gürültü oranı) haberleşme kalitesinde ITU kriterlerine göre kabul edilebilir bir seviyede olmalıdır.

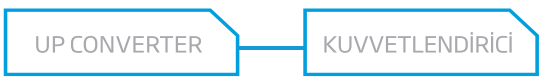
Verici Yer İstasyonu (Uplink)

Yer istasyonundan uyduya erişim işlemine temel olarak uplink denir. Bir yer istasyonunun verici sistemi; anten, modülatör, verici, feed ve anten elemanlarında oluşmaktadır. Şekil 6.7 Uplink ve Şekil 6.8 Uplink U/C ve kuvvetlendirici görülmektedir.



Şekil 6.7 Uplink

Verici katı, modülatör katından gelen modüleli işareti iletim ortamına uygun olan frekansa çeviren bir up converter (üst çevirici) birimi ve uyduya çıkış için gerekli gücü sağlayan güç kuvvetlendirici birimlerinden oluşur.



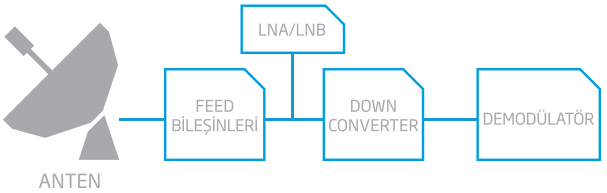
Şekil 6.8 Uplink U/C ve Kuvvetlendirici

Uyduya veriş ve uydudan alışta anten kazancının da büyük etkisi vardır. Genellikle parabolik antenlerin modifiye edilmiş bir şekli olan Cassegrain antenler kullanılır. Feed sisteminin özelliğine göre bir anten hem uyduya veriş hem uydudan alış yapabilir.

Alıcı Yer İstasyonu (Downlink)

Uyduya gönderilen bir mikrodalga sinyalinin yer istasyonu tarafından alınması işlemine "downlink" denir. Bir yer isyasyonu alıcı sistemi, anten, feed, alıcı ve demodülatör kartlarından oluşur.

Şekil 6.9' Downlink görülmektedir.



Şekil 6.9 Downlink

Anten ve feed ikilisinden gelen RF sinyalinin, düşük gürültülü bir yükselteç (amplifier) veya düşük gürültülü blok çeviriciden geçerek, atmosferik yol alma sırasında sinyalin gürültü gücünü artıran gürültü bileşenleri bastırılır. RF sinyali alt çevirici (=down converter) birimine daha düşük frekanslı IF (=intermediate frequency) sinyaline dönüştürülür. Uygun bir demodülatör ile demodüle edilen taşıyıcı sinyalden asıl bilgiyi (ses, görüntü ve data) içeren "Baseband" sinyali elde edilir.

Türksat 5A
Kapsama Alanları

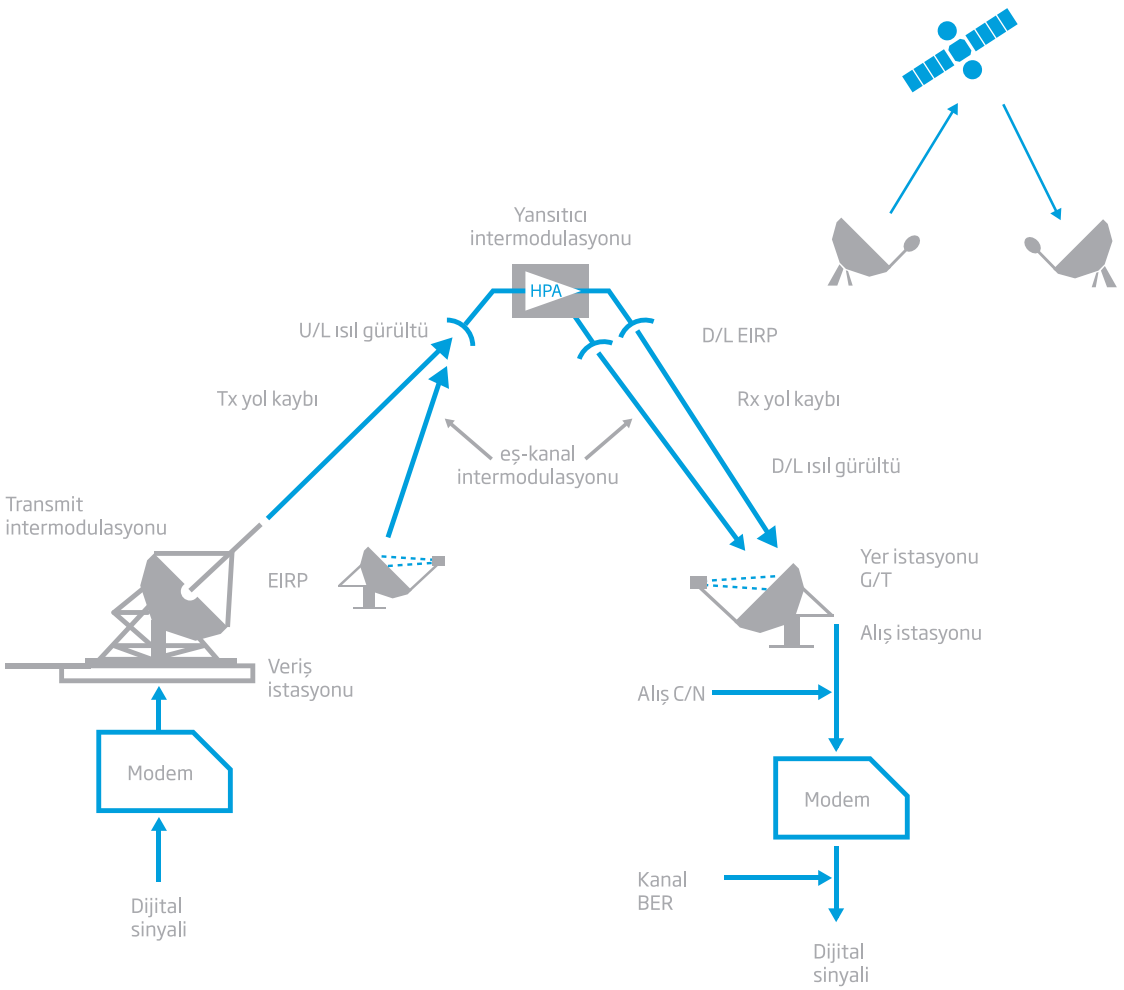
TÜRKSAT

LİNK BÜTÇESİ BİLEŞENLERİ VE HESAPLAMALARI

LİNK BÜTÇESİ BİLEŞENLERİ VE HESAPLAMALARI

Link Bütçesi Hesabı

Link bütçesi, kurulacak olan uydu devresi için uplink (uyduya çıkı hattı) U/L istasyon parametreleri, uydu transponder parametreleri, downlink (uydudan iniş hattı) D/L istasyon parametreleri ve dış etkenlerin göz önünde bulundurulması ile devrenin çalışıp çalışmayacağı ve kullanılması gereken U/L - D/L istasyon anten çapı ve HPA gibi hat elemanlarının özelliklerinin hesaplanmasıdır. Şekil 7.1 Uyduya çıkış hattı U/L ve uydudan iniş hattı D/Lgörülmektedir.



Şekil 7.1 Uyduya Çıkış Hattı U/L Ve Uydudan İniş Hattı D/L

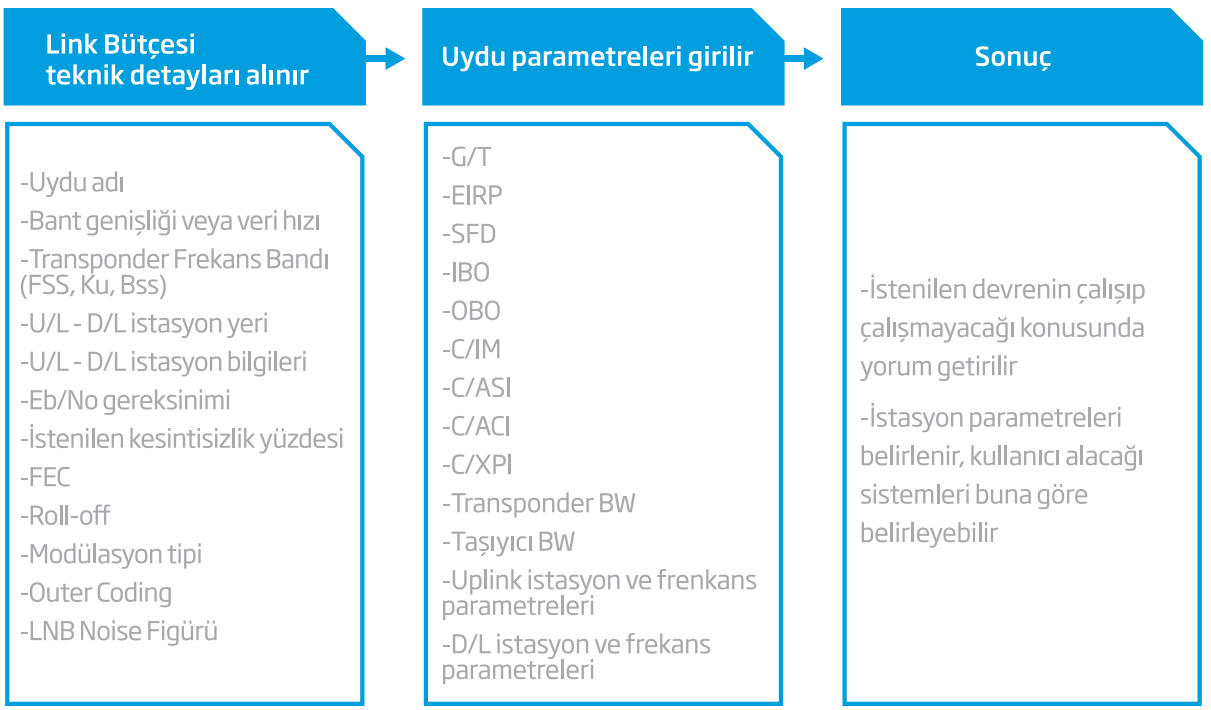
Link bütçesi hesaplamaları, maksimum band genişliği için optimum modülasyon / kodlama şeması, istenilen band genişliği için ne kadar güce ihtiyacın olduğu (ne kadarlık BUC veya HPA kullanılmalı), U/L – D/L anten çapının ne kadar olması gerektiği hakkında bilgi verir.

Uydu link bütçesi hesaplamalarında taşıyıcı teknik parametreleri (bant genişliği veya veri hızı), transponder bandı (Ku, FSS, BSS, Ka), çıkış ve iniş istasyon bilgileri, Eb/N_0 değeri, FEC, modulasyon tipi, LNB ve kesintisizlik yüzdesi gibi değerleri dikkate alınır. Uydu tarafında, EIRP, G/T, SFD, IBO, OBO, C/IM, C/ACI, C/ASI, C/XPI, transponder

Güç birimleri: Desibel

Link bütçesi hesaplamaları yapılırken Logaritmik ölçek kullanılır. Bunun sebepleri; haberleşme sistemleri için yapılan hesaplamalarda rakamların büyüklüğü veya küçüklüğü, büyüklükleri karşılaştırmada kolaylık ve işlem kolaylığı olarak sayılabilir.

Desibel (dB), belirli bir referans güç ya da miktar seviyeye olan oranı belirten, logaritmik ve boyutsuz bir birimdir.



Şekil 7.2 Link bütçesi için gerekli bilgiler, parametreler

bant genişliği, taşıyıcı bant genişliği U/L ve D/L frekansları kullanılır. Hesaplamalar sonucunda istenen devrenin çalışıp çalışmayacağı belirlenir. Yer istasyonu ekipmanlarının özellikleri değiştirilerek devre performansı artırılır veya yatırım maliyetleri düşürülebilir.

Şekil 7.2.'de bir uydu link bütçesi hesaplaması yapılırkem gereken isterler, parametreler ve elde edilmek istenen sonuçlar görülmektedir. İstenen teknik parametreler sağlıklı hesaplama yapılması için kullanılır. Bazı durumlarda eksik parametreler yerine tipik genel değerler kullanılabilir.

$dB=10\log_{10}(P_o/P_i)$

Burada $\log_{10}$: Değerin 10 tabanında logaritması, (P_0: Çıkış gücü, P_i : giriş gücü;

dBW: 1 Watt'a göre gücü, dBm: 1 mW'a göre gücü, dBi: İstotropik antene göre anten kazancını gösterir.

Link Bütçesi Hesabı

Link bütçesi, kurulacak olan uydu devresi için uplink (uyduya çıkı hattı) U/L istasyon parametreleri, uydu transponder parametreleri, downlink (uydudan iniş hattı) D/L istasyon parametreleri ve dış etkenlerin göz önünde bulundurulması ile devrenin çalışıp çalışmayacağı ve kullanılması gereken U/L – D/L istasyon anten çapı ve HPA gibi hat elemanlarının özelliklerinin hesaplanmasıdır. Tablo 7.1'de en sık kullanılan enerji birimleri ve çevrimleri tablosu görülmektedir.

Tablo 7.1 En sık kullanılan enerji birimleri ve çevrimleri

	Referans	Çevrim
dBm	1 mili Watt	dBm=dBW+30
dBW	1 Watt	dBW=dBm-30
dBV	1 Volt	dbV=dBm+2,2

Örnek:

80 W, 150 W ve 1000 W dBW olarak ifade ediniz. 56 dBW kaç Wattır?

Çözüm:

10log(P) = > 19,031 dBW, 21,761dBW, 30 dBW, 56dBW=398107 W

Tanımlar

Link bütçesi hesaplamalarında kullanılan sık kullanılan terimler ve açıklamaları şöyle sıralanabilir.

EIRP : "effective isotropically radiated power": Etkin izotropik yayılım gücü

G/T : "gain over noise temperature": Antenin kazanç eşdeğer gürültü sıcaklığı oranı

(antenin alış kabiliyeti)

C/I : "carrier-to-interference ratio": Taşıyıcının girişime oranı

C/N : "carrier-to-noise ratio": Taşıyıcının gürültüye oranı

C/T : "carrier-to-noise-temperature ratio": Taşıyıcının gürültü sıcaklığına oranı

Etkili izotropik yayılan güç

Etkili izotropik yayılan güç (EIRP), eş değer gönderme gücü olarak tanımlanır. Antenden yayılan toplam güce ve antenin gönderme kazancına bağlıdır.

Çıkış hattı U/L efektif etkin güç aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$EIRP = P_T G_T$, $EIRP_{dBW} = 10 \text{ Log } (P_T) + G_T dBi - L$

P_T: Yer istasyonu güçlendirici (HPA, SSPA vb.) gücü, G_T: Anten kazancı, L: kayıplar

İniş çıkış hattı efektif etkin güç aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$EIRP_{dBW} = 10 \text{ Log } (P_R) + G_R dBi - L$

P_R: Uydu güçlendirici (TWTA vb) gücü, G_R: Uydu anteni kazancı, L: Kayıplar

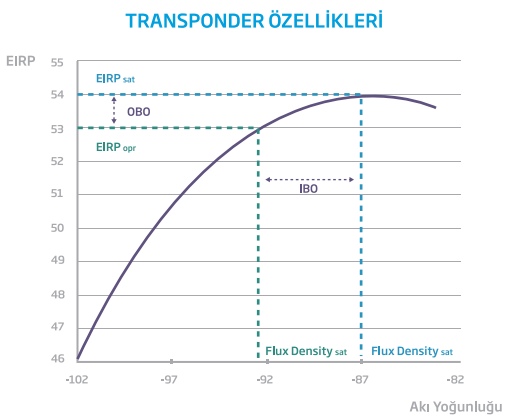
Uydu Akı yoğunluğu (IPFD)

Yer istasyonundan gönderilen sinyal EIRP değeri uyduya eriştiğinde kayıplar neticesinde olukça zayıf hâle gelir. Burada sinyal uydu akı yoğunluğu (input power flux density) ile ölçülür. Uydu akı yoğunluğu (IPFD veya SFD (Satellite Flux Density);

$IPFD_{dBW/m2} = EIRP_{dBW} - 20 \log (D) - 71dB$

Burada IPFD: Akı yoğunluğu dbW/m^2, D: uydu yer istasyonu mesafesi (km) ve 71dB: 10 log($4\pi 10^6$)

Şekil 7.3.'te tipik olarak bir haberleşme uydusunun uyarılma seviyesi (flux density) ye bağlı olarak verdiği EIRP grafiği görülmektedir. Bu eğri transponder kazanç ayarına göre değişmektedir.



Şekil 7.3 Bir Uydu Yansıtıcısını Akı Yoğunluğuna Karşı Oluşturduğu EIRP Değeri

Örnek:

Bir yer istasyonu anteninin kazancı 30 dB olup 10 Watt'lık HPA bağlanmıştır.

a) Anten EIRP değerini hesaplayınız (kayıpları ihmal ediniz),

b) Bu sinyalin uydu anteninde oluşturduğu akı yoğunluğunu uydu yer istasyonu mesafesini 36500 km alarak hesaplayınız.

Çözüm:

a) EIRP=30+10log(10)= 40 dBW

b) SFD = 40-20 log(36500) -71 = -122,2 dBW/m^2

Gönderme gücü ve bit enerjisi

Yer istasyonu vericilerinde kullanılan yüksek güç yükselteçleri ve uydu transponderlerinde kullanılan ilerleyen dalga tüpleri, doğrusal olmayan aygıtlardır. Kazançları (çıkış gücü-giriş gücü oranı), giriş sinyal düzeyine bağlıdır.

Eş değer gürültü sıcaklığı

Yeryüzü mikrodalga sistemlerinde, bir alıcıda ya da alıcı içindeki bir bileşende meydana gelen gürültü, gürültü parametresi ile ifade edilir.

Gürültü yoğunluğu

Basit bir biçimde ifade etmek gerekirse, gürültü yoğunluğu, 1 Hz'lik bant genişliğine normalleştirilmiş toplam gürültü gücü ya da 1 Hz'lik bant genişliğinde mevcut gürültü gücüdür.

Taşıyıcı- gürültü yoğunluğu oranı

"Ortalama geniş bant taşıyıcı gücü-gürültü yoğunluğu" oranıdır. Geniş bant taşıyıcı gücü, taşıyıcı ile bu taşıyıcıya karşılık gelen yan bantların toplam gücüdür.

Kayıplar

Uydu sinyalinin hem çıkış hattında hem de iniş hattında; boş uzay zayıflatması, troposferdeki gazlar, su (yağmur, bulut, kar ve buz) ve iyonosfer nedeniyle zayıflar ve kayıplar oluşur.

Boş uzay kaybı (free space loss) Ku bant up-linkte ortalama 206 dB sinyal zayıflaması olurken Ku bant down-linkte 204 dB civarında kayıp olmaktadır. Serbest uzay kaybı frekansa göre değişmektedir.

Yağmur zayıflaması en az C-band'da (4/6 GHz) iken Ku-band'da (14/12 GHz) daha fazla etkilidir. Frekans yükseldikçe yağmur etkisi artacaktır. Besleme kayıpları verici ile anten ve alıcı ile anten arasındaki bağıntıdan kaynaklanan kayıplardır. Bu kayıp dalga kılavuzu bağlantılarından, filtrelerden veya koaksiyel kablolardan kaynaklanabilir. Anten odaklama kayıpları idealde; antenler yönlendirilirken azami kazanç yönleri birbirine bakacak şekilde yönlendirilirler. Ancak gerek yer istasyonu gerek uydu bu azami doğrultudan sapabilir. Bu durumda alıcıya ulaşan işarette azalma meydana gelir. Genelde 1 dB'nin altındadır. Kutuplama (polarizasyon) kayıpları vericinin, alınan işaretin kutuplama yönüyle tam olarak yerleştirilemediği zaman oluşan kayıptır. İki düzlem arasındaki açıya bağlıdır. Gürültü, alıştaki istenen sinyalde bozulmaya neden olan her türlü enerjidir. Elektronik teçhizatlar ile çevredeki diğer vericiler yine gürültü kaynağıdır ve transmisyonlarda zayıflamaya neden olurlar.

Uydu Haberleşme Antenlerinde Kazanç

A_{eff} Anten Etkin Açıklığı : Bir antenin kendisine ulaşan sinyallerin gücünü toplayabildiği alandır.

$A_{eff} = \eta A = \eta\pi(d/2)^2$

Burada , η:anten verimi, $\eta < 1$, d=Anten çapı (m)

Antenin kazancı ise;

$G = 4\pi A_e/\lambda^2$

Burada; λ: dalgaboyu (m)

Anten kazancının dBi olarak değeri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

GdBi = 10logη + 20logf + 20logd + 20,4dB

Burada; f: yayın yapılan frkans (GHz), d: anten çapı (m), η :anten verimi

Örnek:

Bir antenin çapı 2,4 m ve verimi %65'dir. 17,5 GHz, 14,2 GHz, 11,3 GHz ve 10,9 GHz için anten kazancını hesaplayınız.

Çözüm:

G_{dBi} = 10logη + 20logf + 20logd + 20.4dB ise

17,5 GHz- > 50,99 dB, 14,2 GHz- > 49,18 dB, 11,3GHz- > 17,19 dB, 10.9 GHz- > 46,88 dB

Uydu Yer İstayonu Mesafesi

Haberleşme uydusu ve yer isyasyonu arasındaki mesafe aşağıdaki şekilde hesaplanır.

D = {r2 +S2-2rS(CosC)}$^{1/2}$

Burada: C=Cos^{-1}{cosθ_l cos(θ_s-θ_e)}

θ_i:Yer istasyonunun enlemi, θ_s:Uydunun boylamı, θ_e:Yer istasyonunun boylamı

r=Ekvatorda dünyanın yarıçapı (6378,14 km), S=Yer sabit yörünge yarıçapı (42164,57 km),

Serbest Uzay Kaybı (free space loss)

Bir sinyalin uydudan yere veya yerden uyduya giderken uğradığı kayıp;

Lo= 20*log(f) + 20*log (D) + 92,5dB

Burada; f: frekans (GHz), D: mesafe (km), 92,5 dB sabit değer olarak alınır.

Örnek:

17,5 GHz, 14,2 GHz, 11,3 GHz ve 10,9 GHz'teki uydu sinyalleri için serbest uzay kaybını hesaplayınız (D=36000 km)

Çözüm:

Yukarıdaki formül kullanılarak serbest uzay kayıpları; 208,49 DB, 206,67dB, 204,69dB, 204,37dB olarak hesaplanır.

Gürültü

Gürültü, alıştaki istenen sinyalde bozulmaya neden olan her türlü enerjidir. Alış antenlerinin görüşü içinde olan, radyasyon yapan her türlü varlıktan gürültü kapar (örneğin dünyanın kendisinden, galaktik ve kosmik kaynaklardan, atmosferdeki gazlardan, yağmurdan gibi). Bunların yanı sıra elektronik teçhizatlar ile çevredeki diğer vericiler, yine gürültü kaynağıdır ve transmisyonlarda zayıflamaya neden olurlar. Aynı şekilde enerji absorbe eden tüm zayıflatmalar termal gürültü üretimine neden olur.

Figure of Merit (G/Ts)

Figure of merit, anten kazancının sistemdeki gürültüye oranıdır. EIRP transmiyon için G/T alış için kullanılır. Aşağıdaki şekilde hesaplanır. Şekil 7.4 EIRP ve G/T gösterimi görülmektedir.

G/Ts dBi/K = 10log G_r – 10log T_s

Burada; G_r: alış anten kazancı, T_s: sistem gürültü sıcaklığı

(Uydu sistemlerinde gürültü T_s ile gösterilir.)

Gürültü ve Kaynakları

Noise Power Spectral Density N_0 (W/Hz)

Belli bir band genişliğindeki toplam gürültü N olarak gösterirsek:
N_0=N/B

Herhangi bir pasif sistemin sıcaklığı gürültü kaynağı benzeri gürültü üretir:

N=kBT

T=N/kB= N_0/k (k=1.3806x10^{-23} W/K H

Anten Gürültü Sıcaklığı (AGS);

Yaklaşık olarak büyük antenler için 10 K

Yaklaşık küçük antenler için 100 K

Bir Uydu Yayınını Etkileyen Faktörler

Haberleşme uyduları yayın yaparken sinyalleri etkileyen birçok faktör verdır. Bu faktörlerden en önde gelenleri;

• Anten Kazancı, Yükseltici Gücü
(Verici Yer İstasyonu)

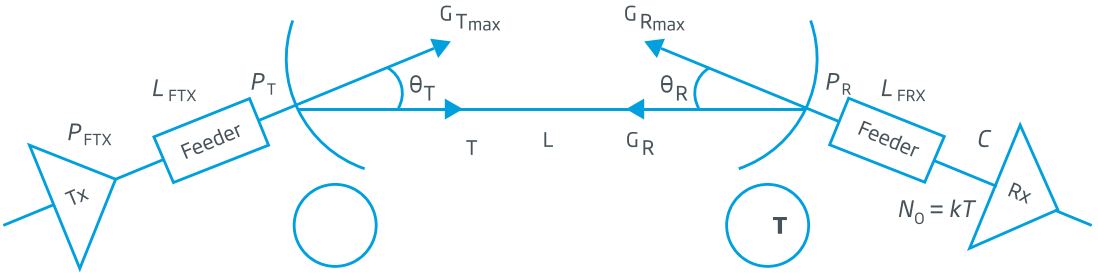
• Yol Kaybı, Yağmur Zayıflatması (Uplink)

• G/T, EIRP, SFD, Yükseltici Karakteristiği (Uydu)

• Yol Kaybı, Yağmur Zayıflatması (Downlink)

• Anten Kazancı, LNA/LNB Gürültü Sıcaklığı, Diğer Ekipmanlar (Alıcı yer istasyonu)

Link Bütçesi'nde verici istasyonunun performansını EIRP belirlerken, alıcı istasyonunun performansını G/T <<figure of merit>> belirler.



Şekil 7.4 EIRP ve G/T Gösterimi

Alıcıya ulaştırılmak istenen işaret, vericiden çıkmadan önce modüle edilir, frekansı yükseltilir ve son olarak gücü yükseltilir. Alıcı kısımda; düşük gürültülü yükselteç ile işaret alınır, sonra frekansı düşürülür ve son olarak demodüle edilir.

Örnek Link Bütçesi

Türksat-4A uydusunun 36 MHz lik yansıtıcısına çıkılan sinyal ve dönüşü ile alakalı ayrıntılı link bütçesi Tablo 7.2'de verilmiştir.

Haberleşme uydusu yansıtıcısına ait teknik parametreler (IPFD (SFD), yansıtıcı bant genişliği, EIRP, IBO, OBO) gibi parametreler kullanılarak yer istasyonunun uyduya erişmesi için gerekli HPA gücü taşıyıcının iniş gücü Eb/N_0 parametreleri hesaplanmıştır.

Tablo 7.2 Türksat 4A uydusunun link bütçesi

Uplink			Downlink			UPLINK RESULTS		
Satellite Parameters			Satellite Parameters			Azimuth	180	degree
Satellite Name	Türksat-4A		Satellite Name	Türksat-4A		Elevation	73,84	degree
Longitude	42	East	Longitude	42	East	Antenna Gain	49,36	dB
G/T	6	dB/K	Transponder EIRP	43	dBW	Distance E/S to Sat.	36000,7	km
SFD	-102	dBW/m^2	Transponder Bw	30	MHz	Free Space Loss	206,85	dB
IBO	3	dB	OBO	3	dB	Uplink Flux Den.	-108	dBW/m^2
Transponder Bw	36	MHz				Uplink EIRP	54,13	dBW
Losses and Margin	3	dB	Earth Station Parameters			Uplink C/N	3,3	
			Longitude	69	East	HP A power req.	4,77	dBW
			Latitude	2	North	HP A power req.	3	W
			Earth Sta. Name			DOWNLINK RESULTS		
Earth Station Parameters			Antenna Diameter	1,5	m	Azimuth	266,08	degree
Earth Stat. Name			Efficiency	0,7		Elevation	58,38	degree
Longitude	42	East	D/L Frequency	11	GHz	Antenna Gain	42,8	dB
Latitude	13,8	North	Ant. Noise Figure	40	K	Distance E/S to Sat.	36599,9	km
Uplink Iso-contour	0	dB	LNB Noise Figure	1,1	dB	Free Space Loss	204,6	dB
Antenna Diameter	2,4	m	D/L Iso-contour	0	dB	LNB Noise Temp.	83,59	K
Aperture Efficiency	0,65		Carrier Bandwidth	30	MHz	Earth Station G/T	21,96	dB/K
Uplink Frequency	14,5	MHz	Total Bit rate	45	Mbps	Carrier EIRP	40	dBW
Carrier Bandwidth	36	MHz	Losses and margin	0	dB	C/N	11,19	dB
						C/No	85,96	dBHz
						Eb/No	9,43	dB

Türksat 4B,
16 Ekim 2015

ULUSLARARASI TELEKOMÜNİKASYON BİRLİĞİ (INTERNATİONAL TELECOMMUNİCATİONS UNİON, ITU)

ULUSLARARASI TELEKOMÜNİKASYON BİRLİĞİ (INTERNATİONAL TELECOMMUNİCATİONS UNİON, ITU)

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union, ITU); Birleşmiş Milletler'in bilgi ve iletişim teknolojilerinden sorumlu ana uzmanlık kuruluşudur.

17 Mayıs 1865 yılında, Osmanlı İmparatorluğu'nun da aralarında bulunduğu 20 Avrupa ülkesi tarafından Uluslararası Telgraf Birliği adı ile Paris'de kurulan Birlik dünyanın en eski uluslararası kuruluşudur. Birlik 1934 yılında Uluslararası Telekomünikasyon Sözleşmesi'nin yayınlanması ile bu günki adını almış ve 1947 yılında Birleşmiş Milletler'in bir uzmanlık kuruluşu hâline gelmiştir.

Birlik, faaliyetlerini radyokomünikasyon, telekomünikasyon kalkınma ve telekomünikasyon standardizasyon olmak üzere üç ana sektörde yürütmektedir. Türkiye, birliğin en önemli karar organı olan Konsey'de, Batı Avrupa Bölgesi'nde (B Bölgesi) yer alan sekiz üye ülkeden biridir.

TÜRKSAT A.Ş. 2004 yılında kuruluşundan itibaren Radyokomünikasyon Sektörü üyesi olarak Birlik çalışmalarına aktif olarak katılım sağlamaktadır.

Organizasyon Yapısı

ITU "Bilgi iletişim teknolojilerinin faydalarını tüm dünyaya sunmak" misyonunu üç sektörü aracılığı ile gerçekleştirmektedir; Radyo İletişim Sektörü (ITU-R), Telekomünikasyon Standartlaştırma Sektörü (ITU-T) ve Telekomünikasyon Geliştirme Sektörü (ITU-D).

Radyo Haberleşme Sektörü (Radiocommunication Sector, ITU-R)

Radyokomünikasyon Sektörü, doğal bir kıt kaynak olan frekans spektrumu ve uydu yörüngelerinin küresel anlamda yönetiminde hayati rol oynamaktadır. Zira sabit ve mobil haberleşme, yayıncılık servisleri, amatör servisler, uzay araştırmaları, acil durum haberleşme, küresel konumlandırma sistemleri, çevresel izleme gibi gün geçtikçe artan sayıda hizmet bu doğal kıt kaynağa ihtiyaç duymaktadır.

ITU-R'nin misyonu; tüm radyokomünikasyon hizmetleri için radyofrekans spektrumunun ve uydu yörüngelerinin rasyonel, adil, etkin ve verimli kullanımını sağlamaktır. Bu misyonu yerine getirirken, ilgili tüm tarafları dikkate alarak mevcut ve yeni radyohaberleşme sistemlerinin uyumlu bir şekilde geliştirilmesi ve verimli çalışması için koşullar yaratmayı amaçlamaktadır.

Temel amaçlardan biri, radyokomünikasyon sistemlerinin çalışırken birbirlerine enterferans oluşturmamasını sağlamaktır. Bunu yaparken, Radyo Regülasyon (Radio Regulations), Bölgesel Anlaşmalar esas alınmaktadır. Buna ilave olarak, tavsiye kararları (recommendations) radyo sistemlerinin performans ve kalite standartları ITU-R çalışmaları neticesinde belirlenmektedir.

ITU-R, uzay sistemleri ve yer istasyonlarının detaylı koordinasyonu ve kayıt altına alınması işlemlerini yönet-

mektedir. Bu çerçevede temel rolü, idarelerin frekans tahsis bildirimlerini resmi olarak koordine etmek ve Temel Uluslararası Frekans Kayıtları'nın (Master International Frequency Register, MIFR) kaydını sağlamaktır. Söz konusu kayıtlar referans kayıtlar olduğundan, doğru ve güncel kayıt tutulması önem arz etmektedir.

Frekans Koordinasyon

ITU, tüm üye ülkelerin radyo frekanslarından ve geo-senkron yörüngelerden faydalanabilmesi için geo-senkron yörüngelerin ve frekansların bir kısmını üye ülkeler arasında paylaştırmıştır. Ancak spektrumun çok az bir band genişliği ile servis tipi bu planlama içinde yer almış ve büyük bir kısmı plansız bandda kalmıştır. Pazar ihtiyaçlarına uygun telekomünikasyon hizmeti sunmak isteyen idareler daha fazla sayıda servis tipi ile farklı kapsama alanlarında plansız bandlarda kullanım hakkı elde edebilmek için ITU düzenlemeleri çerçevesinde başvuru yaparak frekans koordinasyon faaliyetleri sonucunda yörünge ve frekans kullanım hakkı kazanmaktadır. ITU, spektrumun kullanımında ilk başvuran kullanım hakkını alır (first come-first served) prensibini başlangıç noktası olarak almış olmakla beraber uydu şebekesinin kullanımı ile ilgili uyulması zorunlu birçok esası da belirlemiştir.

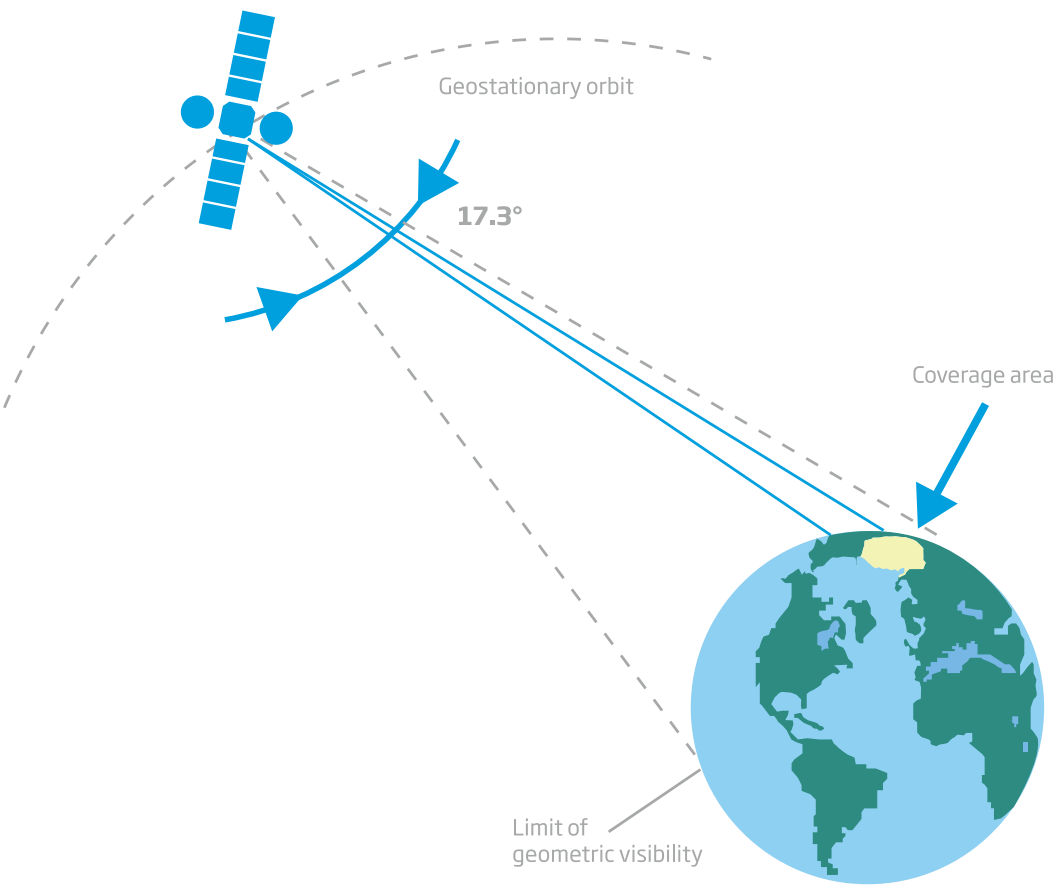
Koordinasyon Gerektiren Durumların Tespiti

ITU düzenlemelerine göre başvurusu yapılan bir uydunun koordinasyon yapması gereken uydu şebekelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler (38) :

- Koordinasyon Yayı
- ΔT/T Analizi
- C/I Yaklaşımı

Kapsama Alanları

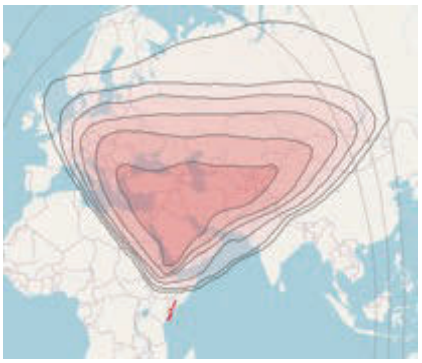
Dünya üzerinde görebildikleri tüm bölgelere servis vermek amacıyla uydular günümüzde çoğunlukla global kapsama alanlarına sahip olacak şekilde tasarlanmaktadır. Uluslararası trafiği taşımak üzere düşünülen bu sistemler bölgesel ve yerel uygulamalar için de kullanılabilmektedir.
Şekil 8.1'de Yer Sabit Yörüngedeki bir uydunun kapsama alanı ve Şekil 8.2'de ise kapsama alanı örnekleri görülmektedir.



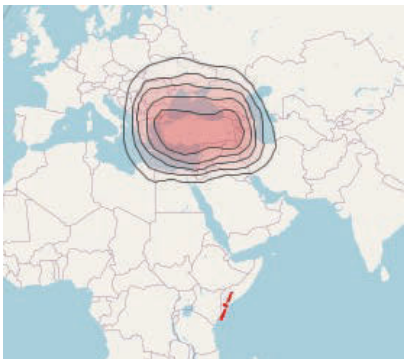
Şekil 8.1. Yer Sabit Yörüngedeki Bir Uydunun Kapsama Alanı

Global Kapsama Alanı

Bölgesel Kapsama Alanı



Ulusal Kapsama Alanı



Şekil 8.2. Uydu Şebekeleri Kapsama Alanı Örnekleri

Frekans Tahsisleri

1906 yılında yapılan Berlin Uluslararası Telsiz Konferansı'nda ilk Radyo Regülasyon ortaya çıkmıştır. Radyo temelli sistemlerin giderek artması neticesinde farklı servislerin birbirini etkilemeden çalışmasını sağlamak üzere Frekans Tahsis Tablosu oluşturulmuş ve uyulması zorunlu hâle getirilmiştir.

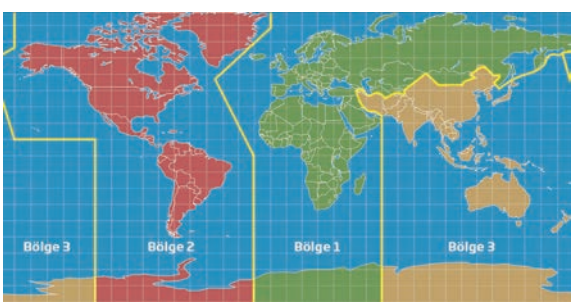
RR Madde 5, spektrumun 9 kHz den 400 GHz'e kadar olan frekans bandının servislere ve bölgelere tahsisi ve koşullarının düzenlendiği Frekans Tahsis Tablosu (The Table of Frequency Allocations) düzenlenmiştir. ITU frekans tahsisi için öncelikle dünyayı 3 farklı bölgeye (Region1, 2, 3) ayırmıştır.

1. Bölge: Avrupa, Afrika, Orta Doğu, Basra Körfezi'nin batısı, Irak ve eski Sovyetler Birliği.

2. Bölge: Güney ve Kuzey Amerika,

3. Bölge: Asya'da eski Sovyetler Birliği dışında kalan ülkeler, İran ve doğusu ile Okyanusya (Avustralya ve Yeni Zellanda)

Frekans Tahsis Tablosunda birçok frekans bandına bir veya daha fazla sayıda servisin tahsis edildiği görülür. Tablodan da görüleceği üzere bazı servisler ITU Bölgeleri'nin bir veya ikisinde kullanılabileceği gibi bazıları üç bölgede de kullanabilmektedir. Ancak bazı servisler için dipnotlarda söz konusu servisin kısıtlamaları veya bazı ülkelerde kullanılmaması gibi ilave bilgiler de verilmektedir



Şekil 8.3. ITU Bölgeleri

Tahsisler, birincil öncelikli (primary), izin verilmiş (permitted) ve ikincil öncelikli (secondary) olmak üzere üç katagoride yapılır.

• Birincil öncelikli (Tabloda büyük harflerle belirtilen servisler) ve izin verilmiş servisler eşit haklara sahiptir ancak frekans planlanması aşamasında birincil servisler izin verilmiş servislere göre frekansları seçme hakkına sahiptir.

• İkincil öncelikli servisler (Tabloda küçük harflerle belirtilen servisler) birincil öncelikli ve izin verilmiş servisler üzerinde enterferansa neden olamaz ve onlardan aldığı enterferans için koruma talep edemez. Bu servisler sadece kendisinden sonra tahsis edilmiş ikincil öncelikli servislerden koruma talep edebilir. (bakınız Şekil 8.3).

Başvuru ve Frekans Koordinasyon

Teknolojik gelişmeler, uydu planlamaları ve stratejik hedefler doğrultusunda uydu şebeke başvuruları yapılmaktadır. Başvuruda kullanılan teknik parametrelerin başlıcaları şu şekildedir:

• Orbital pozisyon
• Frekans aralığı
• Servis alanı ve kazanç eğrileri grafikleri
• Polarizasyon türü ve açısı
• Bant genişliği
• Taşıyıcını maksimum gücü / güç yoğunluğu
• Anten boyutu
• Anten kazancı
• Anten yayılım desenleri (antenna pattern)
• Anten hüzme genişliği
• Minimum / Maksimum anten yükselme açısı
• Taşıyıcı Modülasyonu

- Emisyon sınıfı
- Eşdeğer hat gürültü sıcaklıkları

Başvuruda belirtilmesi zorunlu parametreler RR Appendix 4'de düzenlenmiştir. ITU-R tarafından geliştirilen yazılımlar (ITU-R Space Software) kullanılarak belirlenen parametreler doğrultusunda hazırlanan uydu şebeke dosyalarının ITU'ya gönderilmesi ile başvuru gerçekleştirilmiş olur.

Koordinasyon süreci RR Madde 9'da düzenlenmektedir. ITU-BR tarafından başvurunun RR ve ROP hükümlerine uygunluğu incelenir ve akabinde 2 haftada bir yayınlanan BR-IFIC'de (International Frequency Information Circular) "Coodination Request, CR/C" bölümünde yayınlanır. Başvurunun uygun bulunması durumunda söz konusu uydu şebekesinin başvuru tarihi koruma tarihidir (date of protection). Uygun bulunmaması durumunda uygunsuzluk giderilmesi amacıyla başvuran idareye gönderilir. Bu durumda uygunsuzluğun giderildiği tarih koruma tarihidir. Koruma tarihi, ITU'ya başvurusu yapılmış ve aynı bantlarda çalışması planlanan uydu şebekelerinin birbirlerine göre önceliğini belirler.

Diğer ülke idareleri ve operatörler tarafından daha önce başvurusu yapılmış ve/veya kayıt altına alınmış şebekeler üzerindeki etkisi incelenerek RR prosedürlerine göre etkilenen öncelikli uydu şebekeleri tespit edilir ve bu tespitler aynı CR/C'nin ilgili kısmında yayınlanır.

Koordinasyon bilgilerinin ITU-BR IFIC'de yayınlanmasından itibaren dört ay içerisinde ITU'nun belirlediği enterferansa uğrama ihtimalleri olan şebeke sahibi idareler ve yaptıkları analizler neticesinde enterferansa uğrayabilecekleri sonucuna varan diğer idareler itirazlarını şebeke sahibi idareye ve itirazlarının bir kopyasını da ITU-BR'ye göndermeleri gerekmektedir. Belirtilen sürede böyle bir yorum göndermeyen idarelerin planlanan uydu şebekesine itirazlarının olmadığı kabul edilir. Başvurusu yapılan uydu şebekesi ile bu uydu şebekeleri arasında koordinasyon yapılması ve onay alınması gerekmektedir.

Başvurulan şebekelerin Uluslararası Frekans Kayıt Kütüğü'ne (MIFR) kayıt edilerek yörünge ve frekans kullanım hakkının kazanılması için belirli süre içerisinde ITU düzenlemeleri ile belirlenen gereksinimlerin yerine getirilmesi gerekmektedir. Buna göre plansız bant frekanslarında (C, X, Ku, Ka, EHF ve Q/V) resmi başvuru tarihinden itibaren 7 yıl, planlı bant frekanslarında (AP30/30A, 30B) resmi başvuru tarihinden itibaren 8 yıl içerisinde koordinasyon faaliyetlerinin tamamlanması ve başvurulan parametrelere uygun özellikte bir uydunun ilgili yörüngede kullanıma alınarak en az 90 gün boyunca kullanılması gerekmektedir. Uydu şebekesinin kapsama alanı, frekansları gibi karakteristikler ve uydu şebekesinin üzerinde çalıştırılacağı uydunun teknik özellikleri uyumlu olmalıdır. Onay alınması gereken ülkeler ve şebekeler doğrudan koordinasyon bilgilerinin içeriğine göre belirlendiği için uydu şebekesinin özellikleri ile örtüşmeyen bir uydunun kullanılması daha önceden hesaplanmamış yeni enterferanslara neden olabilir.

Uydu şebekesinin koordinasyon süreci içerisinde idarelerin bildirmeleri zorunlu olan bir bildirim de niyet mektubudur (Due Diligence/Resolution 49 Form). "Due diligence" söz konusu şebekenin gerçekten kullanıma geçileceğine dair bir bildirimdir. "Due diligence" formu içinde uydu şebekesinin kimlik bilgileri ile uydu üreticisi ve fırlatma işlemini gerçekleştirecek firmalar ve bu firmalar ile yapılan sözleşmeler hakkında bazı bilgiler ITU'ya bildirilir.

Notifikasyon Prosedürü

Bir uydu şebekesinin kullanım hakkının elde edilebilmesi için onay alınması gereken tüm idarelerle gerekli koordinasyon çalışması tamamlanır ve anlaşmaya varılan değerler üzerinden başvuru parametreleri güncellenerek ITU'ya notifikasyon bilgileri (Notification) gönderilir.

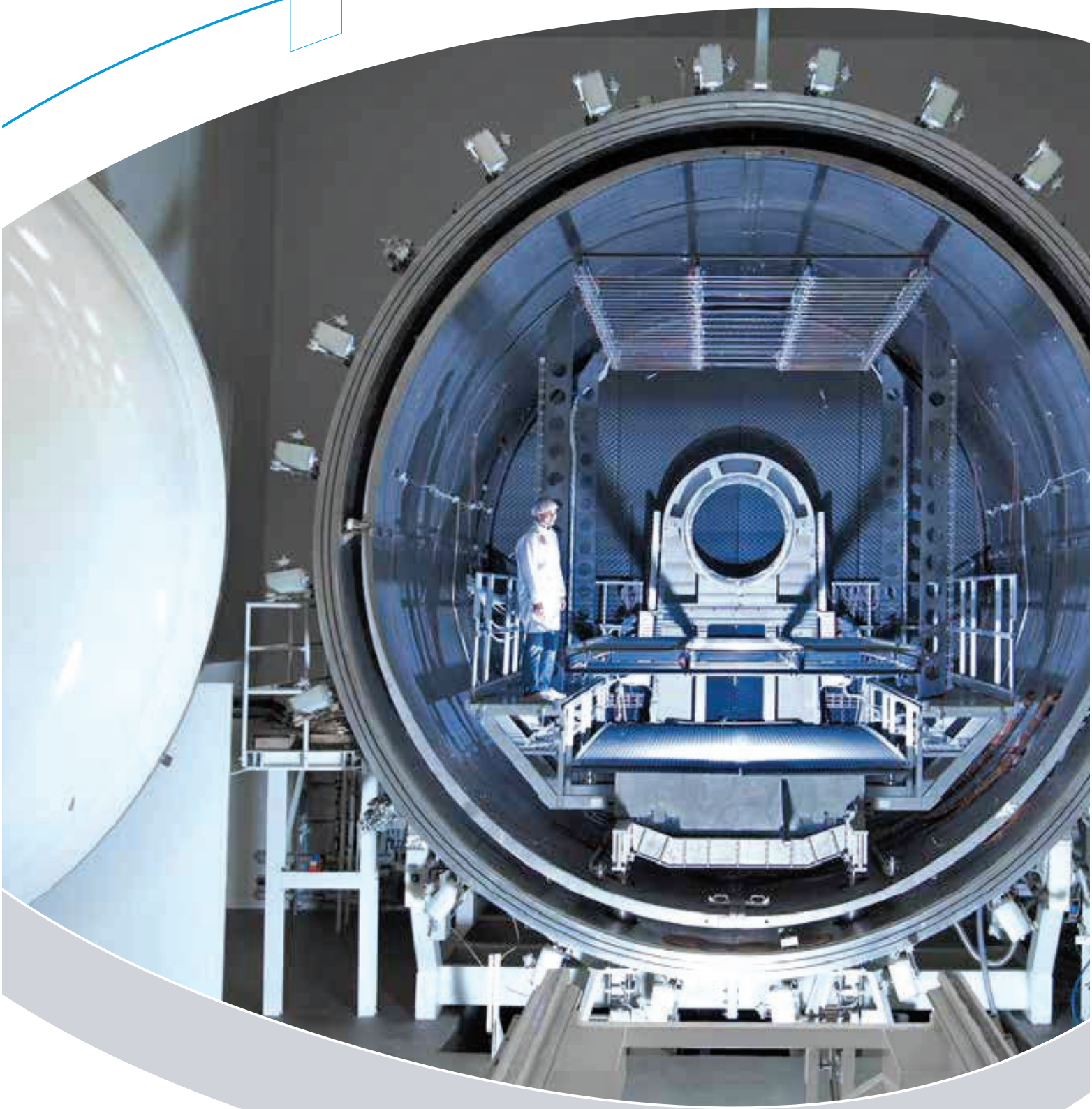
ITU'nun yapacağı bir dizi teknik ve düzenleyici kontrollerin ardından koordinasyonun tamamlandığı ve uydu şebekesinin hizmete alındığının belirlenmesi ile birlikte ilgili tahsisler Uluslararası Ana Frekans Kütüğü'ne (MIFR) kaydedilir. Böylelikle MIFR kütüğüne giren uydu şebekeleri uluslararası platformda tanınmış ve koruma altına alınmış olur. Notifikasyon süreci RR Madde 11'de düzenlenmektedir.

Uluslararası Frekans Kayıt Kütüğü (MIFR)

Uluslararası Frekans Kayıt Kütüğü, ITU tarafından yürütülen uzay ve karasal frekans tahsislerini içeren resmi veritabanıdır. RR Madde 11 uyarınca ITU'ya bildirilen frekans tahsislerini ayrıntılarıyla birlikte içermektedir.

MIFR'de, RR 11.31 kapsamında olumlu bir bulgu ile kaydedilen herhangi bir frekans ataması, uluslararası tanınma hakkına sahiptir. Bu tanınma, diğer idareler kendi tahsislerine hak kazanırken zararlı enterferansı önlemek için bu kayıtlı tahsisleri dikkate almak zorunda olduğu anlamına gelmektedir.

Bir frekans tahsisi, Frekans Tahsis Tablosu veya RR diğer hükümlerine uygun olmadığında, uygun olmayan bir atama olarak bilinir ve yalnızca bildirimde bulunan idarenin RR 4.4'e göre çalıştırılacağını belirtmesi durumunda bilgi amacıyla kaydedilir.



USET,
21 Mayıs 2015

TÜRKSAT

TÜRKSAT UYDULARI

TÜRKSAT UYDULARI

Türksat AŞ, uydular üzerinden haberleşme hizmetlerini gerçekleştiren önde gelen uydu operatörlerinden biridir. Ulusal egemenlik kapsamındaki uydu yörünge pozisyonlarının işletme yetkisine sahip olan Türksat, sahip olduğu kablo platformu üzerinden de yurtiçi abonelerine kablo TV ve internet hizmeti vermektedir. e-Devlet Kapısı'nın altyapısını ve kamu kurumları ile entegrasyonunu üstlenen Türksat, genişbant VSAT projeleriyle uydularımızın etkin biçimde kullanılmasına öncülük etmektedir. Haberleşme uydularımız hakkında özet, Tablo 9.1'de verilmiştir.

Her açıdan gelişmiş Türkiye'nin, çağımızın modern olanak ve avantajlarından yararlanmasının kaçınılmaz bir gerçek olduğu ilkesinden yola çıkarak, 1989 yılında anahtar teslimi proje ile Türkiye'nin ilk "Milli Haberleşme Uyduları Sistemi" için uluslararası ihaleye çıkılmıştır. Bu ihaleye çeşitli firmalar katılmış ve yapılan incelemeler sonucunda Fransız Aerospatiale (Alcatel Espace) firması ile 21.12.1990 tarihinde sözleşme imzalanmıştır. İlk nesil TÜRKSAT projesi; anahtar teslimi bir proje olup, 2 adet haberleşme uydusunun yapımını, bu uyduların ARIANE 4 roketleri ile uzaya çıkarılmasını, yörüngeye yerleştirme işleminin icrasını, yörünge testlerini, ana ve yedek yer istasyonlarının inşasını, istasyonlardaki her türlü elektronik ve lojistik donanımın sağlanmasını, Türksat personelinin eğitimini, sigorta ve finansman hizmetlerini içermektedir.

Tablo 9.1. Görevi Biten, Kullanımda Olan ve Fırlatılması Planlanan Uydularımız

UYDU	Fırlatma	Fırlatma Yeri	Roket	Kütle	Durum
TÜRKSAT-1A	24.01.1994	Guyana Kourou	Ariane 4	1743 kg	Başarısız fırlatma
TÜRKSAT-1B	10.08.1994	Guyana Kourou	Ariane 4	1743kg	Görevi bitti
TÜRKSAT-1C	10.07.1996	Guyana Kourou	Ariane 4	1747 kg	Görevi bitti
TÜRKSAT-2A	10.01.2001	Guyana Kourou	Ariane 4	3530 kg	Görevi bitti
TÜRKSAT-3A	13.06.2008	Guyana Kourou	Ariane 5 ECA	3125 kg	Kullanımda
TÜRKSAT-4A	14.02.2014	Baykonur	Proton-Breeze M	4835 kg	Kullanımda
TÜRKSAT-4B	16.10.2015	Baykonur	Proton-Breeze M	4980 kg	Kullanımda
TÜRKSAT-5A	08.01.2021	Cape Canaveral	Falcon 9	3500 kg	Kullanımda
TÜRKSAT-5B	19.12.2021	Cape Caneveral	Falcon 9	4500 kg	Fırlatıldı
TÜRKSAT-6A	2023 plan	TBD	TBD	4200 kg	Üretim/test

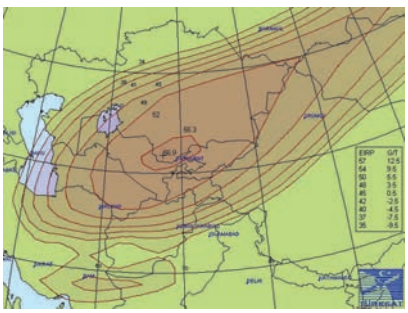
TÜRKSAT-1A

Tablo 9.2. Türksat 1A Uydusunun Künyesi

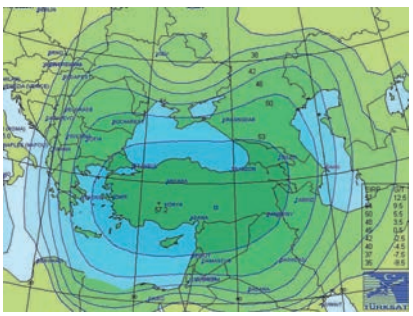
Görev Türü	Haberleşme Uydusu
Fırlatma Tarihi	Başarısız 24.01.1994
Taşıyıcı Roket	Ariane IV
Fırlatma Yeri	Kourou, Fransız Guyanası
Görev Süresi	10 yıl
Üretici(ler)	Aerospatial Espace
Platform	Spacebus 2000
Kütle (kg)	1775 kg
Güç (kW)	2900 Watt
Frekans Bantları	Ku
Yörünge	----

İlk uydumuz TÜRKSAT 1A'nın fırlatıcı roketin 2. kademedeki arızası nedeni ile fırlatmadan 12 dakika 12 saniye sonra Atlas Okyanusu'na düşmesinin ardından TÜRKSAT 1B uydusu, 42.0° East (Doğu) yörüngesine 11 Ağustos 1994 tarihinde başarıyla yerleştirilmiştir.

TÜRKSAT-1B uydusunun 3 kapsama alanı aşağıda görülmektedir.



Asya



Türkiye

Avrupa

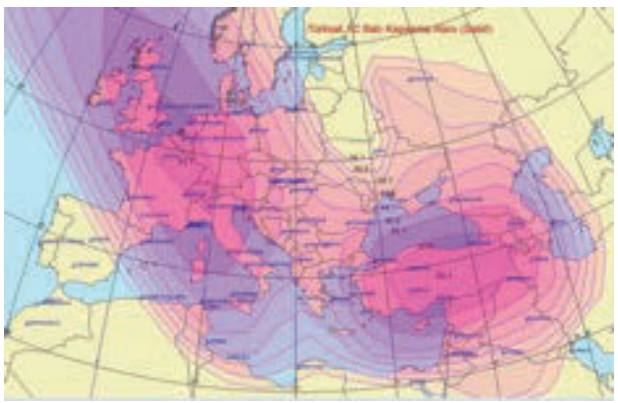
İlk uydumuzun kaybedilmesiyle birlikte sözleşmenin sigorta maddelerine uygun olarak Aerospatiale firması, yeni bir uydunun üretimine başlamıştır. TÜRKSAT 1C adını alan uydumuz 10 Temmuz 1996 tarihinde uzaya fırlatılmış, 31.0° E yörüngesine yerleştirilmiştir. TÜRKSAT 1C'nin yörünge testlerinin yapılmasının ardından, TÜRKSAT 1B'ye göre daha geniş kapsama alanlarına sahip olması nedeniyle TÜRKSAT 1B ve 1C uydularının yörünge pozisyonları değiştirilmiş ve 27 Eylül 1996'dan itibaren TÜRKSAT 1C 42.0° E ve TÜRKSAT 1B 31.0° E pozisyonlarında hizmet vermeye başlamışlardır.

TÜRKSAT-1B

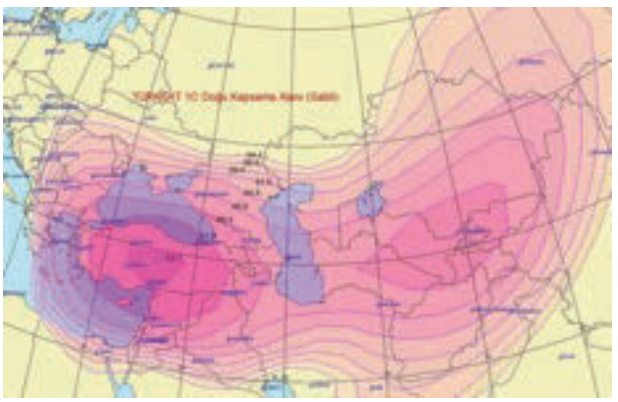
Tablo 9.3. Türksat -1B Uydusunun Künyesi

Görev Türü	Haberleşme Uydusu
Fırlatma Tarihi	10.08.1994
Taşıyıcı Roket	Ariane IV
Fırlatma Yeri	Kourou, Fransız Guyanası
Görev Sonu	Eylül 2005
Üretici(ler)	Aerospatial Espace
Platform	Spacebus 2000
Kütle	1743 kg
Güç	2900 Watt
Frekans Bantları	Ku
Kapsama Alanı	Türkiye, Asya, Avrupa
Yörünge	42° Doğu boylamı ve 31° Doğu boylamı

TÜRKSAT-1C uydusu kapsama alanları aşağıda görülmektedir.



Batı



Doğu

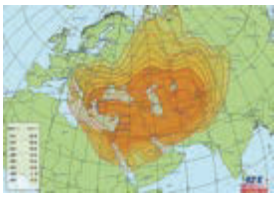
İlk nesil haberleşme uydularının başarılı işletilmesi ve ihtiyaç değerlendirmesi nedeniyle Türk Telekom AŞ ve uydu üreticisi Alcatel Space, 1996 yılında Euraisasat SAM adında ortak bir şirket kurarak ikinci nesil haberleşme uydusu TÜRKSAT-2A (diğer adı Eurasiasat-1) üretilmeye başlandı. Bu uydunun 10 Ocak 2001 tarihinde fırlatılıp 42°Doğu boylamına yerleştirilmesi ile aynı lokasyonda iki uydu çalışmaya başladı. Hareketli kapsama alanları S1 ve S2 ile 42°Doğu boylamından dünyanın görünen yüzünden seçilen hedef bölgeye yayın yapma imkânı elde edildi.

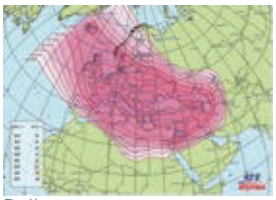
TÜRKSAT-1C

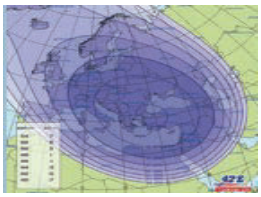
Tablo 9.4. Türksat -1C Uydusunun Künyesi

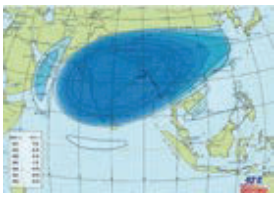
Görev Türü	Haberleşme Uydusu
Fırlatma Tarihi	10.07.1996
Taşıyıcı Roket	Ariane IV
Fırlatma Yeri	Kourou, Fransız Guyanası
Kapsama Alanı	Türkiye, Batı, Doğu
Görev Sonu	Eylül 2010
Üretici(ler)	Aerospatial Espace
Platform	Spacebus 2000
Kütle	1747 kg
Güç	2800 Watt
Frekans Bantları	Ku
Kapsama Alanı	Batı, Doğu
Yörünge	42°Doğu boylamı ve 31°Doğu boylamı

TÜRKSAT-2A uydusu kapsama alanları aşağıda görülmektedir.


Batı


Doğu


S1 hareketli


S2 hareketli

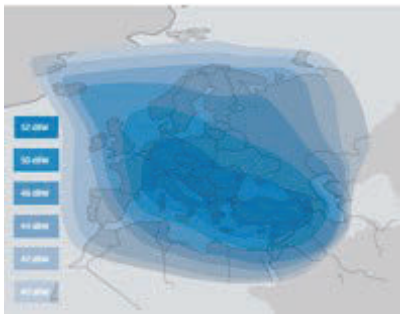
İlk nesil haberleşme uydularının ömür sonlarına yaklaşılması nedeniyle Türk Telekom AŞ'den ayrılan ve yeni kurulan Türksat Uydu Haberleşme ve Kablo Tv AŞ'de 3. nesil haberleşme uyduları temini çalışmaları başladı. Haberleşme uyduları konusunda elde edilen birikimi değerlendirmek ve daha ileriye taşımak maksadıyla uydu temini ile birlikte teknoloji transferi programı başlatıldı. Bu kapsamda uydu tasarım tecrübesi kazanmak maksadıyla Alcatel Alenia Space firmasında mühendisler görevlendirildi ve bu personel gelecekte Türkiye'nin ihtiyacı olan uyduların tasarımı ve uydular hakkında eğitim aldılar.

TÜRKSAT-2A

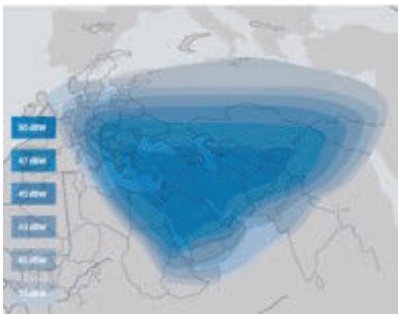
Tablo 9.5. Türksat-2A Uydusunun Künyesi

Görev Türü	Haberleşme Uydusu
Fırlatma Tarihi	10.01.2001
Taşıyıcı Roket	Ariane IV
Fırlatma Yeri	Kourou, Fransız Guyanası
Görev Sonu	Eylül 2016
Üretici(ler)	Alcatel Alenia Space
Platform	Spacebus 2000
Kütle (kg)	3535 kg
Güç	9000 Watt
Frekans Bantları	Ku-BSS, Ku-FSS
Kapsama Alanı	Batı, Doğu ve 2 adet hareketli anten ile 42°Doğu boylamından görülebilen bölgeler.
Yörünge	42°Doğu boylamı

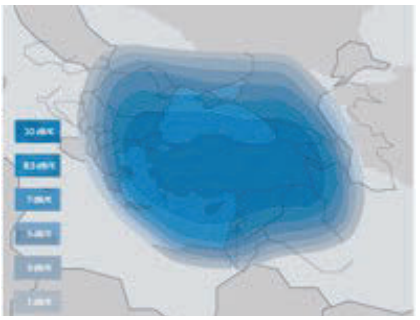
TÜRKSAT-3A uydusu kapsama alanları aşağıda görülmektedir.



Türksat 3A Batı Kapsama Alanı



Türksat 3A Doğu Kapsama Alanı



Türksat 3A Türkiye Kapsama Alanı

Türksat AŞ, Stratejik Planı çerçevesinde 4. nesil haberleşme uyduları programı ile 2011 yılı mart ayında Japon Melco firması ile iki adet uydu temini ve 3. nesil uydularla başlayan yerli uydu üretim becerisi kazanma faaliyetinin devamı olarak uydu üretim tecrübesi kazanma kapsamında fiili olarak üretim tekniklerini öğrenme ve testlere katılma eğitimini içeren sözleşme imzalandı. Bu kapsamda üretilen TÜRKSAT-4A ve TÜRKSAT-4B uyduları 2014 ve 2015 yılında fırlatıldı.

TÜRKSAT-3A

Tablo 9.6. Türksat-3A Uydusunun Künyesi

Görev Türü	Haberleşme Uydusu
Fırlatma Tarihi	13.06.2008
Taşıyıcı Roket	Ariane 5 ECA
Fırlatma Yeri	Kourou, Fransız Guyanası
Görev Süresi	20 yıl
Üretici(ler)	Thales Alenia Space
Platform	Spacebus 4000 B2
Kütle	3125 kg
Güç (kW)	6,5 kW
Frekans Bantları	Ku
Kapsama Alanları	Türkiye, Doğu, Batı
Yörünge	42°Doğu boylamı

TÜRKSAT-3USAT

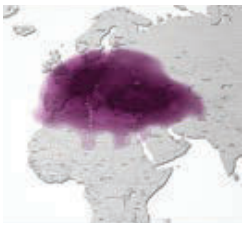
Türksat AŞ alçak yörüngeye deneysel uydu göndermek ve Ar-Ge uydu tasarım direktörlüğü ile üniversiteler arasında işbirliğini geliştirmek, gerçek uydu üzerinde nitelikli insan gücü yetiştirmek, birlikte düşük maliyetli küp uydu geliştirerek tecrübe artırmak ve bu alanda öğrencilerde farkındalık oluşturmak maksadıyla TÜRKSAT-3USAT küp uydu projesini başlatmıştır. TÜRKSAT-3USAT uydusu, İTÜ ARITEKNOKENT AŞ ve TÜRKSAT AŞ arasında 29 Kasım 2010'da imzalanan protokol kapsamında, İTÜ öğretim üyeleri ve İTÜ öğrencileri ile birlikte geliştirilmiş, yaklaşık 3 kilogram kütlesinde, 10x10x34 cm boyutlarında bir nano uydudur. Uydunun görev yükü VHF/UHF bantlarında çalışan iki adet doğrusal tekrarlayıcı ve bir adet kameradır. Amatör telsizcilikte kullanılma özelliğine sahip küp uyduya YM2RTU çağrı kodu verilmiştir.

TÜRKSAT-3USAT

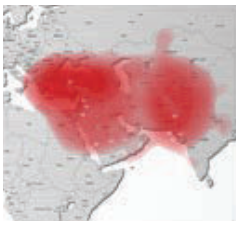
Tablo 9.12. Türksat-3USAT Künyesi

Görev Türü	Amatör Telsizcilik
Planlanan Fırlatma	26.04.2013
Taşıyıcı Roket	Long March, LM2D
Fırlatma Yeri	Jiuquan Fırlatma Merkezi
Görev Süresi	6 ay
Üretici(ler)	İTÜ Arıkent AŞ, Türksat AŞ
Kütle	3 kg
Güç	3 Watt
Frekans Bantları	UHF/VHF (çağrı kodu YM2RTU)
Yörünge	Alçak yörünge (~635 km)

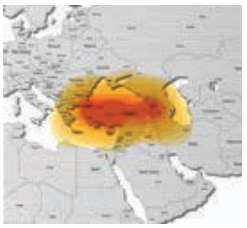
TÜRKSAT-4A uydusu kapsama alanları aşağıda görülmektedir.



Batı



Doğu



Türkiye

Afrika Ku

Avrupa Ka

TÜRKSAT-4A

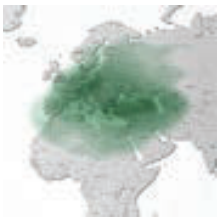
Tablo 9.7. Türksat-4A Uydusunun Künyesi

Görev Türü	Haberleşme Uydusu
Fırlatma Tarihi	14.02.2014
Taşıyıcı Roket	Proton Breeze
Fırlatma Yeri	Baykonur, Kazakistan
Görev Süresi	30 yıl
Üretici(ler)	Mitsubishi Electric Corporation
Platform	DS2000
Kütle	4935 kg
Güç (kW)	7,7 kW
Frekans Bantları	Ku-FSS, Ku-BSS, Ka
Kapsama Alanları	Ku-Bant BSS Kaplama Alanları; Türkiye, Doğu (Türkiye, Ortadoğu, Asya) ve Batı (Türkiye, Kuzey Afrika, Avrupa) Ku-Bant FSS/Ka-Bant Kapsama Alanları; Afrika, Türkiye ve Almanya
Yörünge	42°Doğu boylamı

TÜRKSAT-4B uydusu kapsama alanları aşağıda görülmektedir.

Türkiye

Doğu



Batı

Ka bant

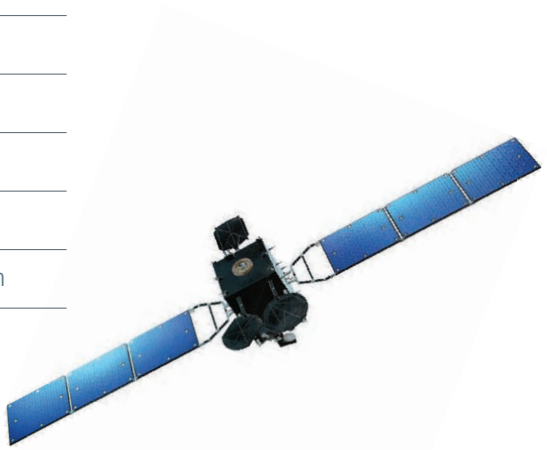
C Bant

Gelişen ve genişleyen haberleşme uyduları sektörünü takip eden Türksat AŞ beşinci nesil haberleşme uyduları programını başlatmış ve 2017 yılında Airbus firması ile iki adet uydu yapımı için anlaşma imzalamıştır. Bu uydu temininde de teknoloji transferine önem verilmiş ve Türksat personeli uydu tasarım ve üretim eğitimi için Airbus firması tesislerine gönderilmiştir.

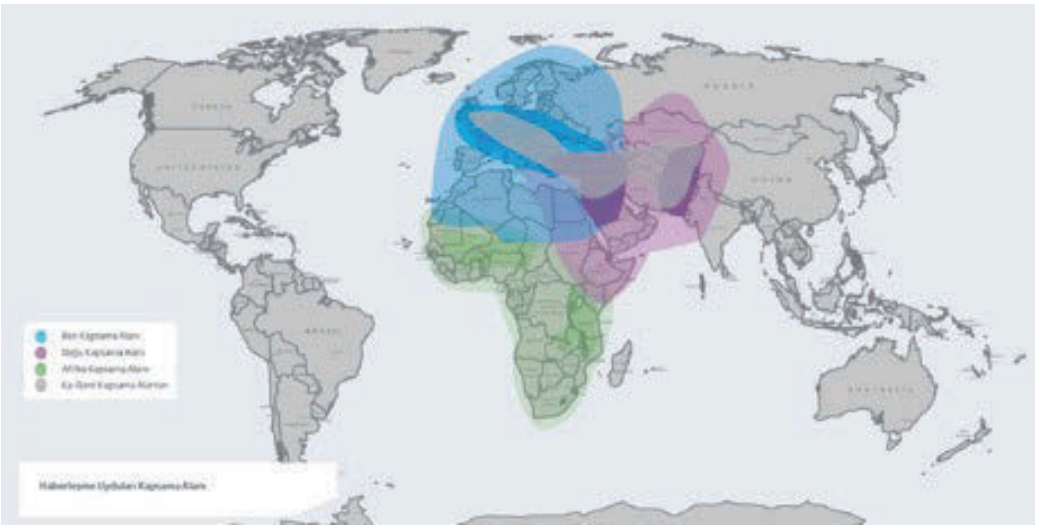
TÜRKSAT-4B

Tablo 9.8. Türksat-4B Uydusunun Künyesi

Görev Türü	Haberleşme Uydusu
Fırlatma Tarihi	16.10.2015
Taşıyıcı Roket	Proton Breeze
Fırlatma Yeri	Baykonur, Kazakistan
Görev Süresi	30 yıl
Üretici(ler)	Mitsubishi Electric Corporation
Platform	DS2000
Kütle	4980 kg
Güç (kW)	7,7 kW
Frekans Bantları	K,Ka,C
Kapsama Alanları	Ku-Bant BSS Kaplama Alanları; Türkiye, Doğu (Türkiye, Ortadoğu, Asya) ve Batı (Türkiye, Kuzey Afrika, Avrupa) C-Bant Kapsama Alanları (Afrika ve Türkiye), Ka-Bant Kapsama Alanları;Türkiye, Orta Asya ve Avrupa üzerinde spot kapsama alanları
Yörünge	50°Doğu boylamı



TÜRKSAT-4B uydusu kapsama alanları aşağıda görülmektedir.



TÜRKSAT-5A

Tablo 9.9. Türksat-5A Uydusunun Künyesi

Görev Türü	Haberleşme Uydusu
Fırlatma Tarihi	8.01.2021
Taşıyıcı Roket	Falcon 9
Fırlatma Yeri	Cape Canaveral
Görev Süresi	31 Yılın Üzerinde
Üretici(ler)	Airbus
Platform	EOR3000
Kütle	3200 kg
Güç (kW)	12 kW
Frekans Bantları	Ku
Kapsama Alanları	Ku-Bant BSS Kaplama Alanları;
Yörünge	31°Doğu boylamı

TÜRKSAT-5B

Tablo 9.10. Türksat-5B Uydusunun Künyesi

Görev Türü	Haberleşme Uydusu
Planlanan Fırlatma	19.12.2021
Taşıyıcı Roket	Falcon 9
Fırlatma Yeri	Cape Canaveral
Görev Süresi	30 yıl
Üretici(ler)	Airbus
Platform	EOR3000
Kütle	4500 kg
Güç (kW)	12 kW
Frekans Bantları	Ku,Ka
Kapsama Alanları	Ku-Bant BSS Kaplama Alanları;
Yörünge	42°Doğu boylamı

Türksat-3A programı ile başlayan ve Türksat-4A/4B programı ile devam eden yerli haberleşme uydusu tasarım ve üretim hedefinin bir gereği olarak Türksat-6A uydu yerli projesi, önce Ar-Ge ve uydu tasarım direktörlüğü çalışanlarının konsept tasarım ve değişik adlar altında uydu tasarlama ve geliştirme çalışmaları ile başlamıştır. Türksat-6A uydusunun üretim ve testlerinin Türksat-4A/4B projesi kapsamında yapılan USET (uydu sistemleri entegrasyon ve test merkezi) tesislerinde yapılması için Ulaştırma ve Altyapı bakanlığı, Türksat AŞ, Tübitak Uzay, Türk Uçak Sanayi AŞ ve Ctech'in katılımı ile yerli uydu üretim sözleşmesi imzalanmıştır.

TÜRKSAT-6A

Tablo 9.11. Türksat-6A Uydusunun Künyesi

Görev Türü	Haberleşme Uydusu
Planlanan Fırlatma	2023
Taşıyıcı Roket	
Fırlatma Yeri	
Görev Süresi	16 yıl
Üretici(ler)	Tübitak Uzay, TUSAŞ, C2Tech
Kütle	4200 kg
Güç (kW)	12 kW
Frekans Bantları	Ku
Kapsama Alanları	Ku-Bant BSS Kaplama Alanları;
Yörünge	42°Doğu boylamı

SÖZLÜK

A

aktarıcı / *transponder*
Yerden gelen sinyalin frekansını değiştiren ve gücünü arttıran uydu üzerindeki cihaz.

alt çevirici / *down converter*
Alçak frekansa dönüştüren frekans değiştirici.

amatör bantlar / *amateur bands*
Amatörlerin çalışma yapabildikleri frekans aralıkları.
analog veri kanalı / analog data channel
Veri işaretleri için bir ses bandındaki kanal, girişte kipleyici ile çıkışta kip çözücüden oluşan yol.

anten / *antenna*
1- Elektrik sinyallerini (voltaj ve akım) elektromanyetik dalgalara ya da elektromanyetik dalgaları elektrik sinyallerine dönüştürmek için kullanılan araç.
2- Uydudan gelen mikrodalga sinyalleri üzerinde toplayıp feed sistemine odaklayan pasif cihaz.

anten kontrol ünitesi / *antenna control unit*
Haberleşme için kullanılan anteni istenilen yere yönlendirmek için kullanılan ekipman.

B

bakış açısı / *look angle*
Çanak antenin uyduya baktığı açı.

bant / *band*
Spektrumda belli bir frekans aralığını içine alan bölge.

bant genişliği / *bandwidth*
Frekans spektrumunda tanımlanmış frekans aralığı.

besleyici / feeder
Uydu anteninde bulunan sinyalin giriş ve çıkışında kullanılan cihaz.

birleştirici / *combiner*
İki veya daha fazla işareti birleştirmek için kullanılan alet veya sistem.

bit / *bit*
İkili düzende her bir rakama (0 veya 1) bit denir.
bit hata oranı / bit error rate
Bir örnekteki bit hatalarının sayısı nın örnekteki bitlerin toplam sayı- sına bölünmesiyle elde edilen orta- lama.

Ç

çapraz modülasyon / *cross-mo- dulation*
Aynı ortamda iletilen iki işaretin birbirini modüle ederek istenmeyen yeni karışma işaretlerinin meydana gelmesi.

çok düşük frekans / *very low frequency*
3 ile 30 kHz arasındaki frekans aralığı.

çok yüksek frekans / *very high frequency*
30 ile 300 MHz arasındaki frekans ara- lığı.

D

dairesel polarizasyon / circular polarization
Yayılma esnasında doğrultusu düzgün bir şekilde dönen elektromanyetik dalganın polarizasyonu.

dalga kılavuzu / *waveguide*
İçinden sinyallerin geçtiği içi, boş kablo/boru.

dar bant / *narrow band*

demodülasyon / demodulation
Bir taşıyıcı üzerine bindirilen bilgi sinyalinin geri alınma işlemi.

detay frekans planı / *allotment*
Genel frekans planına uygun olarak belirli bir frekans aralığının ülke geneli veya bölgesel olarak belirli şartlar dahilinde karasal ve uzay telsiz haberleşme hizmetine mahsus kullanımını sağlamak üzere Millî Frekans Planı'na işlenmesi.

dışmerkezlilik / *eccentricity*
Eliptik bir yörünge için yörüngenin şeklini belirleyen sabit.

doğrudan erişim / *direct access*
1- Veri saklama ortamında erişilmek istenen tutanağın, bir önce erişilen

düşük frekans / *low frequency*
30 ve 300 Khz arasındaki frekans aralığı.

E

eko bastırıcı / *echo canceller*
Uydu üzerinden yapılan telefon haberleşmesinde kullanılan devrelerdeki yankının engellenmesi.

elektromanyetik uyumluluk / *electromagnetic compatibility*
Elektrikli ve elektronik aygıtların yaydıkları ışınımların belirli girişim ve yayılım limitleri altında kalmasını ve aynı ortamı paylaşan elektrikli veya elektronik aletlerin birbirlerini olumsuzca etkilemeden çalışmalarını sağlayan teknikler.

elektronik haberleşme / *electronic communication*
Elektriksel işaretlere dönüştürülebilen her türlü işaret, sembol, ses, görüntü ve verinin kablo, telsiz, optik, elektrik, manyetik, elektromanyetik, elektrokimyasal, elektromekanik ve diğer iletim sistemleri vasıtasıyla iletilmesi, gönderilmesi ve alınması.

elektronik haberleşme altyapısı / *electronic communication infrastructure*
Elektronik haberleşmenin, üzerinden veya aracılığıyla gerçekleştirildiği anahtarlama ekipmanları, donanım ve yazılımlar, terminaller ve hatlar da dahil olmak üzere her türlü şebeke birimleri, ilgili tesisleri ve bunların bütünleyici parçaları.

elektronik haberleşme altyapısı işletimi / *electronic communication operation*
Elektronik haberleşme tesislerinin kurulması, kurdurulması, kiralanması veya herhangi bir surette temin edilmesiyle bu tesisin diğer işletmecilerin veya talep eden gerçek veya tüzel kişilerin kullanımına sunulması.

elektronik haberleşme hizmeti / *electronic communication service*
Elektronik haberleşme tanımına giren faaliyetlerin bir kısmının veya tamamının hizmet olarak sunulması.

elektronik haberleşme sektörü/ *telecommunications industry*
Elektronik haberleşme hizmeti verilmesi, elektronik haberleşme şebekesi sağlanması, elektronik haberleşme cihaz ve sistemlerine yönelik üretim, ithal, satış ve bakım - onarım hizmetlerinin yürütülmesi ile ilgili sektör.

elektronik haberleşme şebekesi/ *electronic communication network*
Bir veya daha fazla nokta arasında elektronik haberleşmeyi sağlamak için bu noktalar arası bağlantıyı teşkil eden anahtarlama ekipmanları ve hatlar da dahil olmak üzere her türlü iletim sistemleri ağı.

elektronik haberleşme şebekesi sağlanması / *provision of electronic communication network*
Elektronik haberleşme şebekesi kurulması, işletilmesi, kullanıma sunulması ve kontrolü.

en yüksek veri hızı / *maximum data rate*
Bir sayısal veri iletim ortamının taşıyabileceği en büyük veri hızı.

enterferans / *interference*
Frekans karışıklığına sebep olma.

erişim / *access*
Elektronik haberleşme şebekesi, altyapısı veya hizmetlerinin diğer işlet-mecilere sunulması.

erişim ağı / *access network*
Aboneler ile omurga ağ arasında yer alan ve abonelerin omurga ağa erişi- mini sağlayan ara ağ.

eş doğrultulu / *colinear*
Aynı doğrultuya gelen (cisim, uzay aracı, gök cismi vb.) anlamında kul- lanılan terim.

eş konumlu / *co-located*
Aynı boylamda çalışan uydular için kullanılan terim.

eş yerleştirme / *co-location*

etkin uydu / *active satellite*
Yörüngede haberleşmesine devam eden uydu.

F

frekans / *frequency*
1- Periyodik bir işaretin bir saniye- deki tekrarlanma sayısı. Birimi Hz (Hertz).
2- Elektromanyetik dalgaların sani- yede yaptığı salınım sayısı, kendile- rini tekrarlama sıklığı.

frekans bantları / *frequency band Frekans* ekseninin, alçak frekans, orta frekans, çok yüksek frekans, sü- per yüksek frekans ve en yüksek fre- kans şeklinde tanımlanan bantları.

frekans planı / *frequency plan*
Uydu kapasitesinin kullanım türünü ve parametrelerini gösteren plan.

frekans tahsisi / *assignment*
Detay frekans planına uygun olarak bir telsiz istasyonuna frekans veya frekans kanalları, çıkış gücü, yayın süreleri de dahil belirli şartlar altın- da kullanmak üzere izin verilmesi.

G

genel frekans planı / *allocation*
ITU tarafından dünya genelinde ta- nımlanan frekans bölgelerine göre yapılan frekans planlarına uygun olarak belirli bir frekans bandının bir veya daha çok sayıda karasal ve uzay telsiz haberleşme hizmetleri ile radyo astronomi hizmetleri tarafın- dan belli şartlar dahilinde kullanıl- ması amacıyla Millî Frekans Planı'na işlenmesi.

geniş bant / *broadband*
Yüksek hızlı veri transferi teknoloji- sinin genel adı.

gerçek ayrıklık / *true anomaly* Yörüngesindeki bir uydu için bulun- duğu konum ile yer beri doğrultusu arasındaki açı.

gölgelenmek / *eclipse*
Uydunun Dünya'nın gölgesinde kala- rak güneş ışınlarını alamaması.

görev yükü / *payload*
Uydu üzerinde asıl görevi icra etmek üzere kullanılan donanım ve ilgili aksamı. Haberleşme uyduları için anten ve tekrarlayıcı sistemleri içeren haberleşme görevi faaliyetlerini yerine getiren ana sistem.

güneş kesintisi / *solar outage* Güneş ve uydunun aynı hizaya gele- rek, güneş ışınlarının yer istasyonu antenine aynı eğimde gelmesi nede- ni ile sinyalin bozulması.

gürültü / *noise*
İstenmeyen elektrik sinyali.

gürültü katsayısı / *noise figure* Bir sistemde işaret eklenen gürültü- nün miktarını gösteren sayı. İdeal bir kuvvetlendiricide bu sayı 0 db'dir.

gürültü sıcaklığı / *noise temper- ature*
Bir sistemde işarete eklenen gürül-

H

haberleşme / *communication* İletişim; kişiler veya kişiler ile tek- nik cihazlar arasındaki bilgi ve ha- ber aktarımı.

haberleşme kanalı / *communication channel*
Mesaj işaretini vericiden alıcıya göndermek (aktarmak) için kullanılan / fiziksel bir iletim ortamı.

hareketli kapsama alanı / *stee- rable beam*
Uydu üzerindeki hareketli antenler yardımı ile elde edilen değişken kap- sama alanı.

hüzme genişliği / *beamwidth*
Anten görüş açısı.

I

ışın / *beam*
Uydu yayın alanı, uydu ışınlarının yeryüzünde yansıdığı alan.

İ

iletim / *transmission*
Bir bilginin bir ya da birkaç uzak yerde elde edilmesinin sağlanması.

iletişim / *communication*
Bir yerden, bir kişiden, bir maki- neden bir başkasına, herhangi bir ortamdan yararlanarak bilgi gön- derme.

iletişim ucu / *communication ter- minal*
Bir veri iletişim ortamında veri gi- riş-çıkışını sağlayan donanım birimi ya da donanım birimleri topluluğu.

itici / *thruster*
Uydu operasyonlarında kullanılan, uydu üzerindeki küçük motorlar.

izleme / *tracking*
Gönderici veya alıcının isteği üzeri- ne bir gönderinin akıbetinin işlem gördüğü süreçler itibarıyla otomas- yon sistemi üzerinde araştırılması.

kablo-tv sistemi / *cable-tv*
TV işaretlerinin kablo yardımı ile dağıtıldığı sistem.

kanal / *channel*
Verilerin iletildiği yol.

kapsama alanı / *coverage map*
Uydu yayınlarının izlenebildiği alan.

K

kavramsal veri modeli / *concep- tual data model*
Veri işleme donatımı ve yazılımdan bağımsız olarak kurulan veri modeli

kazanç / *gain*
Sinyale katılan ilave güç.

kılavuz / *beacon*
Uydunun yerden takibi için göndermiş olduğu kılavuz sinyal.

klark kuşağı / *clark belt*
Durağan uyduların bulunduğu, yerden yaklaşık 36.000 km yükseklikte ve ekvatorun tam üstünde yer alan hayali kuşak.

kod bölmeli çoklu erişim / *code division multiple access (CDMA)*
Geniş spektrum modülasyonu ve girişimi engelleyici kodları kullanan dijital haberleşmeler için yapılan çoklu girişim planı olup kullanıcılara her zaman cevaplayıcının bant genişliğinin tamamını kullanabilme imkânı tanır.

kontrol penceresi / *control window*
Bir uydunun haberleşme yaptığı ve manevralarla içinde tutulduğu enlem ve boylam olarak tanımlanan pencere.

kullanım hakkı / *right of use Frekans*, numara, uydu pozisyonu gibi kıt kaynakların kullanılması için verilen hak.

kuvvetlendirici / *amplifer*
Sinyalin mevcut gücünü yükselten cihaz.

küresel konumlama sistemi / *global positioning system*
Düzenli olarak kodlanmış bilgi yol layan bir uydu ağıdır ve uydularla arasındaki mesafeyi ölçerek dünya üzerindeki kesin yeri tespit etmeyi mümkün kılar.

M

mikrodalga erişimi için dünya genelinde uyumluluk / *worldwide interoperability for microwave access*
50 km'ye kadar etki alanında, sani- yede 75 megabit hıza ulaşabilen bir çeşit kablosuz ağ standardı.

N

noktadan noktaya / point-to-point Bir kullanıcı veya ağdan, tuydu hat- tı vasıtasıyla diğer bir ağa bağlantı

P

platform / *platform*
Uydu üzerinde payload dışında ka- lan termal kontrol, yörünge kontrol ve enerji alt sistemleri gibi destek sistemlerini içeren sistem.

polarizasyon / *polarization*
Bir elektromanyetik dalganın elek- trik alan vektörünün doğrultusu.

R

radyo / *radio*
Elektrik dalgalarının özelliğinden yararlanarak seslerin iletilmesi sis- temi.

radyo frekansı ile tanımlama / *radio frequency identification*
Etiket taşıyan bir nesnenin hareket- lerinin izlenebilmesine imkan veren, radyo frekansları ile çalışan tekno- lojiye verilen genel ad.

S

salınımlı yörünge / *inclination orbit*
Uyduya kuzey-güney manevraları- nın yaptırılmaması.
geliyormuşçasına sunulduğu deposu.

sapma (ekseni) / *yaw*
Uydunun yönelimin tanımında kul- lanılan üç eksenden biri.

sayısal / *digital*
0 ve 1'den oluşan ikili sayıları tem- sil eden bağımsız elektronik ya da optik titreşimler aracılığıyla bilgiyi depolama, işleme ve iletme yöntemi.

sayısal yayın / *digital broadcast*
Bilgilerin ikili sayılara dönüştürülerek iletilmesi.

sıkıştırma / *compression*
Sıkıştırma tekniği uygulanarak kullanılan bant genişliğini azaltma işlemi.

sıradan erişim / sequential access
Düzenlenmiş bir ögeler kümesin- deki ögelerin, birincisi okunduktan sonra ikincisinin, sonra üçüncüsü nün ve benzer biçimde sırayla öteki lerin okunduğu erişim biçimi.

sinyal çözücü / *decoder*
Kodlanmış sinyali çözen cihaz.

sinyal izdüşümü / *footprint*
Bir uyduya ait verici antenin yeterli güçte yayın yaptığı yeryüzü alanı.

sinyal kodlayıcı / *encoder*
Sinyal kodlama işlemi yapan cihaz.

soğurma bandı / *absorption band* Maddenin fiziksel özellikleri gereği soğurma katsayısının görece maksi- mum olduğu frekans bandı.
spektrum / spectrum
1- Sinyalin görsel halde gösterilme işlemi.
2- Elektronik haberleşme amacıyla kullanılan, frekansı 9 kHz-3000 GHz arasında olan ve uluslararası düzen- leme yapılması halinde 3000 GHz'in üzerindeki frekanslar da dahil ol- mak üzere elektromanyetik dalgala- rın frekans aralığı. süper yüksek frekans / super high frequency 3 ile 30 GHz arasındaki frekans aralığı.

süzgeç / *filter*
Girdi olarak verilen gereç, veri ya da imleri, belirtilmiş ölçütlere göre ayı- ran herhangi bir aygıt ya da dizge.

Ş

şebeke / *network*
Ülke çapında yaygınlaştırılmış ula- şım ve iletişim örgüsü, ağ.

R

takip / *tracking*
Uydudan gelen sinyaldeki bozulmayı minimize edecek şekilde takip etmek.

taşıyıcı / *carrier*
Haber işaretinin modülasyonla üzerine bindirildiği dalga.

taşıyıcı dalga / *carrier wave*
Radyo haberleşmesinde, bilgi sinyalini uzak mesafelere göndermek için üzerine bindirilen yüksek frekanslı dalga.

telekomünikasyon / *telecommunication*
Haber, yazı, resim, sembol veya her çeşit bilginin tel, radyo, optik vb. elektromanyetik sistemlerle iletil-

U

ultra yüksek frekans / *ultra high frequency (UHF)*
300 MHz ile 3 GHz arasındaki frekans aralığı.

uydu / *satellite*
Kablodan bağımsız haberleşme sağlayan cihaz.

uydu alıcısı / *satellite receiver*
Uydu yayınlarını çözen alıcı cihaz.

uydu duruş kontrolü / *attitude control*
Uydunun güneşe ve yere göre duruş konumunun kontrolü.

uydu haberleşme gözlem merkezi / *satellite communication monitoring cente*r
Uydu üzerinden yayın yapan taşıyıcıların belirlenen parametreler çerçevesinde kesintisiz, güvenilir ve kaliteli bir şekilde yayınlarına devam edebilmeleri için 7/24 esasına göre denetim ve takibinin yapıldığı merkez.

uydu kontrol merkezi /*satellite control center*
Uyduların gözlem kontrol ve yörünge operasyonlarının yapıldığı merkez.

uydu mobil uplink araç / *satellite mobile uplink vehicle*
Uydu üzerinden mekanandan ba- ğımsız (farklı bölgelerden) yayın yapabilen, üzerine uplink sistemleri montaj edilmiş özel araç.

uydudan iniş hattı / *downlink*
Uydu-yer bağı.

uyduya çıkış hattı / *uplink*
Yer-uydu bağı.

uzay kesimi / *space segment*

Ü

üst çevirici / *up converter*
Yüksek frekansa kans değiştirici.

V

veri / *data*
Olgu, kavram veya komutların, ile- tişim, yorum ve işlem için elverişli biçimli gösterimi.

veri iletişim / *data communication*
Bir bilgisayarla, uzakta, bir uç ba- şındaki kullanıcı ya da başka bir

veri toplama uydusu / *data collection satellite*
Veri edinme platformlarından gelen ölçümleri derleyip, yerdeki bir ya da daha çok sayıdaki veri işleme mer- kezine yönlendiren uydu.

Y

yansıtıcı / *reflector*
Üzerine gelen sinyali yansıtan pasif eleman.

yarı asal eksen uzunluğu / *semi- major axis length*
Uydunun eliptik yörüngesinin yarı asal eksen uzunluğu.

yarı kübik anten / *parabola antenna*
Uydu antenlerinde kullanılan çanak antenlerin kesit şekli. Parabole paralel olarak gelen ışınlar odak noktasında toplanır.

yer istasyonu / *earth station*
Yayın amaçlı uyduya sinyal gönderip alan istasyon, terminal.

yerberi / *perigee*
Uydunun yörünge düzleminde hareketi sırasında yere en yakın olduğu nokta.

yerberi açıklığı / *argument of perigee*
Yörüngesindeki bir uydu için yükse- liş düşümü ile yerberi noktası arasındaki açı.

yere eş zamanlı yörünge (yer sa- bit yörünge) / *geosynchronous orbit*
Ekvator düzlemi üzerindeki uydu hızının dünyanın dönüş hızına eşit olduğu yörünge.

yeröte / *apogee*
Uydunun yörünge düzleminde hareketi sırasında yerden en uzak olduğu nokta.

yeröte itki motoru / *apogee boost motor*
Uydunun yersabit yörüngeye yerleştirilmesi için kullanılan motor.

yönlü anten / *directed antenn*a
Elektromanyetik enerjiyi belirli bir yönde diğer yönlere göre daha etkin olarak yayan ya da alan anten.

yönsüz anten / *undirected antenna*
Elektromanyetik enerjiyi uzayda kendinden eşit uzaklıktaki noktala- ra eşit olarak yayan ya da noktalar- dan eşit olarak alan anten.

yörünge eğikliği / *inclination*
Uydu yörünge düzleminin ekvator düzlemi ile yaptığı açı.

yunuslama ekseni / *pitch*
Uydunun yöneliminin tanımında kullanılan üç eksenden biri.

yuvarlama ekseni / *roll*
Uydunun yöneliminin tanımında kullanılan üç eksenden biri.

yüksek frekans / *high frequency*
3 ve 30 MHz arasındaki frekansların bütünü.

yükseliş düğümü / *ascending node*
Uydunun yörünge düzleminde hareket ederken ekvator düzleminin güneyinden kuzeyine geçtiği nokta.

yükselme açısı / *elevation angle*
Uyduya bakan antenin düşey doğrultuda yaptığı açı.

Z

zayıflatma / *attenuation*

KAYNAKÇA

1. BÖLÜM

Uydu Haberleşmesi, T.C. Millî Eğitim Bakanliği, 2013, Ankara

D. Roddy, "Satellite Communication", Fourth Edition, McGraw Hill, 2006.

B. N. Agrawal, "Design of Geosynchronous Space Craft", Prentice Hall, 1986.

Wilbur L.Pritchard, Hendri G. Suyderhoud, Robert A. Nelson, "Satellite Communication Systems Engineering", Prentice Hall/Pearson, 2007.

Bruce R. Elbert, "Satellite Communication Applications", Hand Book, Artech House Bostan London, 1997.

. Emanuel Fthenakis, "Manual of Satellite Communications", McGraw Hill, 1984.

Robert G. Winch, "Telecommunication Transmission Systems", McGraw-Hill, 1983.

M. Richharia, "Satellite Communication Systems-Design Principles", Macmillan, 2003.

2. BÖLÜM

Elements of Spacecraft Design, Charles D. Brown, AIAA Education Series, 2003.

Space Vehicle Design, Michael D. Griffin, James R. French, AIAA Education Series, 2004

Handbook of Space Technology, Wilfried Ley/Klaus Wittmann/Willi Hallmann (Editors), Wiley, 2009.

https:// solarsystem.nasa.gov/missions/voyager-1/in-depth/ .

https:// solarsystem.nasa.gov/missions/near-shoemaker/in-depth/.

3. BÖLÜM

Elements of Spacecraft Design, Charles D. Brown, AIAA Education Series, 2003

Space Mission Engineering: The New SMAD (Space Technology Library, Vol. 28) Paperback – July 29, 2011 by 65 Authors from the Astronautics Community, James R. Wertz, David F. Everett, Jeffery J. Puschell (Editors)

International Handbook of Space Technology, Malcolm Macdonald, Viorel Badescu, Editors, Springer Praxis Books Astronautical Engineering, ISBN 978-3-642-41101-4 (eBook), 2014

Handbook of Space Technology, Wilfried Ley/Klaus Wittmann/Willi Hallmann (Editors), Wiley, 2009

Space Vehicle Design, Michael D. Griffin, James R. French, AIAA Education Series, 2004

4. BÖLÜM

K. Umapathy , Satellite Communication.

C. Robert Welti , Satellite Basics For Everyone, Iuniverse, Inc. Bloomington, 2012.

Dennis Roddy, "Satellite Communication", Fourth Edition, McGraw Hill, 2006.

Wilbur L.Pritchard, Hendri G. Suyderhoud, Robert A. Nelson, "Satellite Communication.

Systems Engineering", Prentice Hall/Pearson, 2007.

N. Agarwal, "Design of Geosynchronous Spacecraft", Prentice Hall, 1986.

Jun Xu1, Gengxin Zhang, "Design and Transmission Performance Analysis of Satellite Constellation for Broadband LEO Constellation Satellite Communication System Based On High Elevation Angle"

Y. Fun Hu ,Gérard Maral , Erina Ferro, "Satellite Constellation Design for Network Interconnection Using Non-GEO Satellites"

Afonso Ferreıra, Jérôme Galtıer, Paolo Penna "Topological design, routing and hand-over in satellite networks"

Web Sitesi: https://aerospace.csis.org/aerospace101/popular-orbits-101/

Space Partnership White Paper "Comparison of GEOs and LEOs, and the Planned Aurora IV and OneWeb Systems, for Alaska"

Web Sitesi: https://blog.bliley.com/5-faq-answers-new-space-LEO-satellite-constellations

Inigo del Portillo, Bruce Cameron, Edward Crawley, "Ground Segment Architectures for Large LEO Constellations with Feeder Links in EHF-bands"

"Satellite-Based ADS-B for Lower Separation-minima Application Preliminary Ground Segment Architecture Impact Analysis"

Web Sitesi: https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_constellation

Web Sitesi: https://spacenews.com/oneweb-plans-april-launch-break-to-tweak-satellite-design/

Web Sitesi: https://www.prnewswire.com/news-releases/hughes-and-oneweb-announce-global-distribution-partnership-for-low-earth-orbit-satellite-service-301019416.html

Web Sitesi: https://spacenews.com/musk-were-not-spinning-off-starlink/

Web Sitesi: https://spacenews.com/telesat-LEO-manufacturing-decision-bumped-to-2020/

Web Sitesi: https://spacenews.com/amazon-planning-3236-satellite-constellation-for-internet-connectivity/

Vignan Velivela, "Small Satellite Constellations: The Promise of 'Internet for All"

Web Sitesi: https://www.oneweb.world/assets/news/media/OneWeb-Introduction-May2019.pdf

Web Sitesi: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0a/0E/R0A0E0000B90001PDFE.pdf

Inigo del Portillo, Bruce G. Cameron, Edward F. Crawley "A technical comparison of three low earth orbit satellite constellation systems to provide global broadband"

Bruce R. Elbert, "Satellite Communication Applications", Hand Book, Artech House Bostan London, 1997.

Emanuel Fthenakis, "Manual of Satellite Communications", McGraw Hill, 1984.

Robert G. Winch, "Telecommunication Transmission Systems", McGraw-Hill, 1983.

M. Richharia, "Satellite Communication Systems-Design Principles", Macmillan, 2003.

Malcolm Macdonald,Viorel Badescu Editors,The International Handbook of Space Technology, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.

Deep Space Communications,Edited by Jim Taylor , Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology, October 2014

5. BÖLÜM

https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/uydu-haberlesme-hizmetlerinde-frekans-band-kullanimi-belgesi-5b6d7231d64f4.pdf

https://www.esa.int/Applications/Telecommunications_Integrated_Applications/Satellite_frequency_bands

https://www.ses.com/sites/default/files/2017-03/earth_station_verification.pdf

https://www.asiasat.com/technology/technical-support/carrier-lineup-testing

https://www.omniaccess.com/archivos/6046

Maral, Gerard., ve Michel Bousquet. Satellite communications systems. Birleşik Krallık: Wiley, 2002.

ITU, Handbook on Satellite Communication. Cenevre: ITU, 1998.

Elbert, R. Bruce, The Satellite Communication Applications Handbook. Boston: Artech House, INC., 2004.

D. Roddy, Satellite Communications Third Edition, Mc Graw-Hill Telecom Engineering.

C. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, 1997.

Evans, B.G. (200). Satellite Communication Systems, 3rd

Edition, The Institution of Engineering and Tech.

Maini, A.K., Agrawal, V. (2011). Satellite Technology: Principles and Applications 2nd Edition, Wiley.

Higgins, J. (2013). Introduction to SNG and ENG Microwave, Focal Press.

Braun, Theresa M. 2012. Satellite Communications Payload and Systems, John Wiley & Sons, Ltd. Cilt. 1, s.15

6. BÖLÜM

https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/uydu-haberlesme-hizmetlerinde-frekans-band-kullanimi-belgesi-5b6d7231d64f4.pdf

https://www.esa.int/Applications/Telecommunications_Integrated_Applications/Satellite_frequency_bands

https://www.ses.com/sites/default/files/2017-03/earth_station_verification.pdf

https://www.asiasat.com/technology/technical-support/carrier-lineup-testing

https://www.omniaccess.com/archivos/6046

Maral, Gerard., ve Michel Bousquet. Satellite communications systems. Birleşik Krallık: Wiley, 2002.

ITU, Handbook on Satellite Communication. Cenevre: ITU, 1998.

Elbert, R. Bruce, The Satellite Communication Applications Handbook. Boston: Artech House, INC., 2004.

D. Roddy, Satellite Communications Third Edition, Mc Graw-Hill Telecom Engineering.

C. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, 1997.

Evans, B.G. (200). Satellite Communication Systems, 3rd Edition, The Institution of Engineering and Tech.

Maini, A.K., Agrawal, V. (2011). Satellite Technology: Principles and Applications 2nd Edition, Wiley.

Higgins, J. (2013). Introduction to SNG and ENG Microwave, Focal Press.

Braun, Theresa M. 2012. Satellite Communications Payload and Systems, John Wiley & Sons, Ltd. Cilt. 1, s.15

7. BÖLÜM

https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/uydu-haberlesme-hizmetlerinde-frekans-band-kullanimi-belgesi-5b6d7231d64f4.pdf

https://www.esa.int/Applications/Telecommunications_Integrated_Applications/Satellite_frequency_bands

https://www.ses.com/sites/default/files/2017-03/earth_station_verification.pdf

https://www.asiasat.com/technology/technical-support/carrier-lineup-testing

https://www.omniaccess.com/archivos/6046

Maral, Gerard., ve Michel Bousquet. Satellite communications systems. Birleşik Krallık: Wiley, 2002.

ITU, Handbook on Satellite Communication. Cenevre: ITU, 1998.

Elbert, R. Bruce, The Satellite Communication Applications Handbook. Boston: Artech House, INC., 2004.

D. Roddy, Satellite Communications Third Edition, Mc Graw-Hill Telecom Engineering.

C. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, 1997.

Evans, B.G. (200). Satellite Communication Systems, 3rd Edition, The Institution of Engineering and Tech.

Maini, A.K., Agrawal, V. (2011). Satellite Technology: Principles and Applications 2nd Edition, Wiley.

Higgins, J. (2013). Introduction to SNG and ENG Microwave, Focal Press.

Braun, Theresa M. 2012. Satellite Communications Payload and Systems, John Wiley & Sons, Ltd. Cilt. 1, s.15

8. BÖLÜM

https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx

ITU Kuruluş Yasası

World Radiocommunication Seminar (WRS), R15-WRS18-SP-0001, ITU and ITU-R Basics and Facts

https://www.itu.int/en/ITU-R/information/Pages/default.aspx

ITU-R Study Groups Brochure

BTK WRC-19 Sunum

WRC-19 Report of the Director on the activities of the Radiocommunication Sector

Report by the Radio Regulations Board to WRC-19 Resolution 80 (Rev. WRC-07)

World Radiocommunication Seminar (WRS), R15-WRS18-SP-0005, WRC

https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/RA/Pages/default.aspx

https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/RRB/Pages/default.aspx

https://www.itu.int/en/ITU-T/about/Pages/default.aspx

https://www.itu.int/en/ITU-D/Pages/About.aspx

ITU-R Radyo Regülasyonu

World Radiocommunication Seminar (WRS), R15-WRS18-SP-0003, Radio Regulations

ITU-R Uygulama Kuralları

ITU Resolution ITU-R 1-8

https://www.itu.int/pub/R-REC

https://www.itu.int/pub/R-REP

https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/index.html

https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/comm-subcomms.html

https://www.unoosa.org/oosa/en/aboutus/index.html

https://itso.int/about-us/

ITSO Sözleşmesi

https://www.eutelsatigo.int/en/about/background/

EUTELSAT IGO Sözleşmesi

https://www.esoa.net/about/

https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/2019/Pages/reg-prep.aspx

https://www.btk.gov.tr/cept

http://atu-uat.org/

https://www.citel.oas.org/en/Pages/default.aspx

https://www.apt.int/APTAPG

http://www.asmg.ae

http://www.en.rcc.org.ru

World Radiocommunication Seminar (WRS), R15-WRS18-C-0016, The Notification And Recording of Frequency Assignments in the Space Services

World Radiocommunication Seminar (WRS), R15-WRS18-C-0031, Bringing Into Use And Suspension of Space Services Frequency Assignments Recorded in the Master International Frequency Register and Not Subject to A Plan

https://www.itu.int/en/ITU-R/space/plans/Pages/MIFR.aspx

World Radiocommunication Seminar (WRS), Presentation Coordination between GSO Networks: DT/T examination exercise using GIBC Appendix 8 software / Radio Regulations Appendix 8

Handbook On Satellite Communications

ITU Recommendation ITU-R S.740

TÜRKSAT 5A uydusu bir yer sabit (Jeosenkron) haberleşme uydusu olarak; TV yayıncılığı, veri haberleşme hizmetleri olmak üzere geniş bir kapsama alanında ülkemizin uydu haberleşme ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Çok daha geniş coğrafyalara uydu haberleşme hizmeti verebilme imkanına olanak sağladığından Türkiye'yi bu alanda bir adım öne taşıyan 5A sayesinde ülkemiz, Yeni Ku bant olarak adlandırılan frekans bandını ilk kullanan ülkelerden biri olmuştur.

Gelecek nesil Türksat uydularında ticari olarak kullanılabilecek yeni frekans haklarının kazanılmasını sağlayacak olan 5A Türksat filosunun hizmet veren en güçlü uydusu olarak Türkiye'nin derin uzay çalışmalarına da katkı sunacaktır.

Kullanım ömrü 31 yılın üzerinde hesaplanan Türksat 5A sayesinde bulunduğu yörüngeye daha önceki uydulara göre çok daha uzun bir süre yeni bir uydu göndermek durumunda kalınmayacak ve milli kaynaklarımız çok daha verimli kullanılmış olacaktır. Dolayısıyla bu uydumuz, sadece vereceği hizmetle değil, aynı zamanda stratejik mahiyetiyle de bizim için son derece önemlidir.

5A Türksat uydu filosunun elektrikli itki sistemli ilk uydusu olma özelliğini taşımaktadır. Elektrikli itki sistemi ticari uydularda son dönemde kullanılmaya başlanmış bir teknolojidir. Elektrikli itki sistemi uydular, kimyasal itki sistemi kullanılan uydulara göre önemli ölçüde kütle avantajı getirmektedir. Uydunun yörüngeye çıkma ve yörüngedeki manevraları için ihtiyaç duyulan yakıt kütlesi yerine elektrikli itki sistemine sahip uydularda kimyasal yakıt yerine daha fazla haberleşme sistemi uyduya yerleştirildiğinden daha yüksek kapasiteli uydu haberleşmesi elde edilebilmektedir.

28 Haziran 2021 tarihinde yörüngesindeki görevine başlayan Türksat 5A Türkiye'nin aktif dördüncü haberleşme uydusu olarak hizmet vermektedir.

Türksat 5A Künyesi

Uydu Adı	Türksat 5A
Üretici Firma	Airbus DS
Taşıyıcı Roket	Falcon 9
Fırlatma Tarihi	8 Ocak 2021
Hizmete Başlama Tarihi	28 Haziran 2021
Yörünge	31 Derece Doğu
Platform	E3000-EOR
Kapsama Alanı	Türkiye, Ortadoğu, Avrupa, Kuzey Afrika ve Güney Afrika
Ağırlık	3.400 kg
İtki Sistemi	Elektrikli

TÜRKSAT 5B Sabit Uydu Servis (FSS) sınıf uydulara göre en az 20 kat fazla kapasite verimliliği bulunan Yüksek Verimli (High ThroughputSatellite- HTS) sınıfı kategorisinde olan TÜRKSAT-5B uydusu; Orta Doğu'nun tamamı, Basra Körfezi, Kızıldeniz, Akdeniz, Kuzey ve Doğu Afrika, Nijerya, Güney Afrika ve yakın komşu ülkelerini içeren geniş bir kapsama alanında hizmet verecektir. Türksat 5B sayesinde; frekansın tekrar kullanımı ve çoklu hüzme kapsama konseptlerinin kullanıldığı Ka-Bant faydalı yükü ile toplamda 55 Gbps'den daha fazla veri iletim kapasitesi sağlanmış olacak, hâlihazırdaki mevcut Ka-bant veri iletim kapasitesi 15 kattan fazla artacaktır. Türksat 5B'nin uzaydaki kapasitenin uydu haberleşmesinin kullanıldığı özellikle denizcilik gibi ticari sektörlerde etkin bir biçimde kullanılması planlanmaktadır.

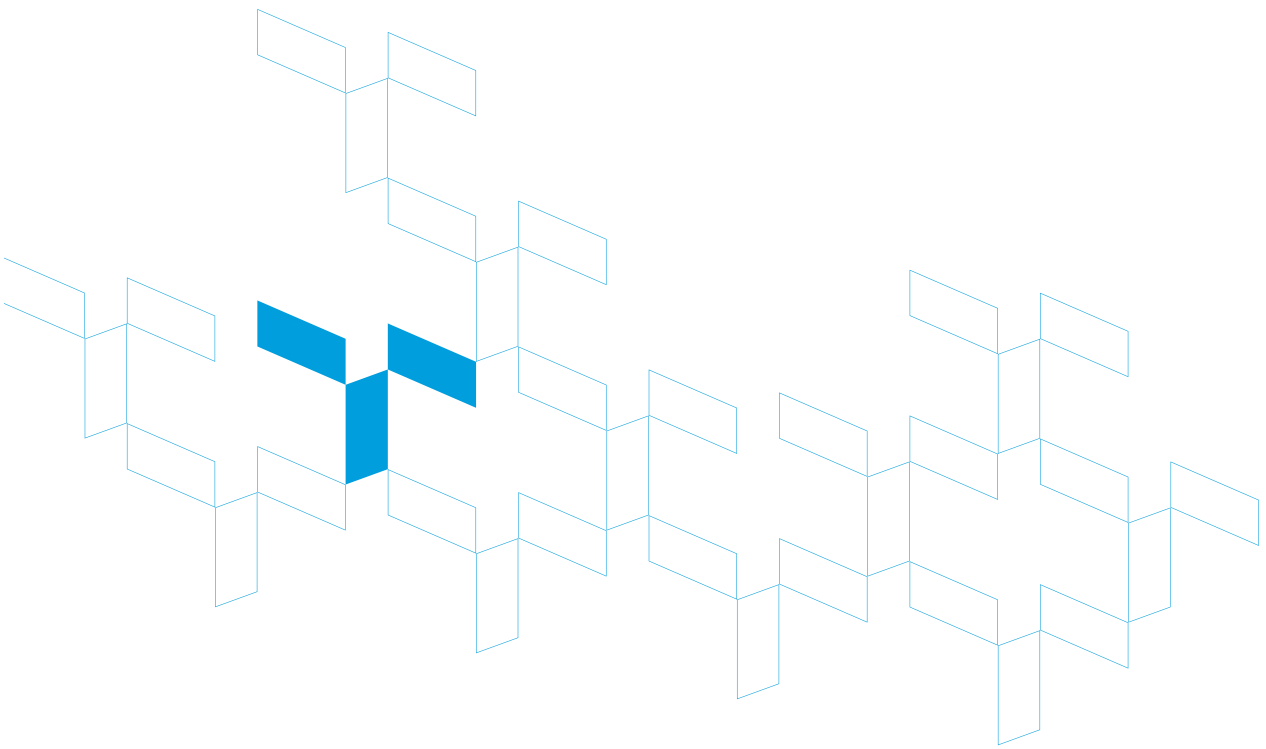
TÜRKSAT 5B uydusunun sağlayacağı özellikle yüksek veri kapasitesiyle Türkiye'nin karasal altyapıyla erişilemeyen yerlerine ulaşılabilecek ve internet altyapısı kurulabilecektir. Bu sayede TÜRKSAT 5B uydusu sunacağı geniş bant veri kapasitesiyle oldukça geniş bir coğrafyada ve yüksek bir popülasyona ticari servisler sunacaktır.

Ülkemizin geçmiş ve mevcut uydu filosundaki faydalı yük kapasitesi en güçlü uydusu olan TÜRKSAT 5B; 4,5 ton fırlatma ağırlığına ve 15 kW güç kapasitesine sahip olup, yeni nesil elektrikli itki sistemi barındırmaktadır. 42° Doğu yörüngesinde kullanıma alınmasıyla TÜRKSAT 5B, şu anda aynı yörüngede hizmet veren ve yayıncılığın yükünü taşıyan TÜRKSAT 3A ve TÜRKSAT 4A uydularının yedekliliğini sağlayacak, Ku-bant kapasitesini de artıracaktır. Ayrıca 37 yıllık manevra ömrüyle 42° Doğu yörüngesindeki ilgili frekans ve yörünge kullanım haklarının korunması temin edilecektir.

TÜRKSAT 5A ve TÜRKSAT 5B uyduları sayesinde TÜRKSAT A.Ş. haberleşme uydusu filosundaki aktif uydu sayısı 5'e çıkacak (%66 artış), ömrünü tamamlamış uydularla birlikte toplam haberleşme uydusu sayısı ise 8'e ulaşmış olacaktır.

Türksat 5B Künyesi

Uydu Adı	Türksat 5B
Üretici Firma	Airbus DS
Platform	E3000-EOR
Yörünge	42 Derece Doğu
Fırlatma Tarihi	19 Aralık 2021
Hizmete Başlama Tarih	2022
İtki sistemi	Elektrikli
Ku-Band /	1040MHz
Ka-Band Kapasitesi	>55 Gbps
Ağırlık	4.516 kg

TÜRKSAT

TÜRKSAT