T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

UYDU HABERLEŞMESİ

Ankara, 2013

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR ii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 3
1. UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİ 3
1.1. Uydu Haberleşmesine Giriş, Tarihçe, Frekans Spektrumu 3
1.2. Uydu Haberleşme Sistemlerinin Temel Blokları 7
1.3. Uydu Uzay Ortamının Tanımlanması 9
1.4. Yörünge Tipleri, Leo, Meo, Heo, Geo, Geosenkron Yörüngeler Bu Yörüngelerde Çalışan Uydular 9
1.5. Yörüngesel Mekanik, Yörünge Elemanları 12
UYGULAMA FAALİYETİ 13
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 15
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 17
2. UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİ HESAPLAMALARI 17
2.1. Yere Göre Durağan Yörüngede Kapsama Açısı ve Uyduya Olan Mesafenin Hesaplanması, Uydu Tutulması 17
2.2. Uydu Haberleşmesinde Anten Bakış Açılarının Hesaplanması 20
2.3. RF Uydu Linki ve Link Hesabı 21
2.4. Uydu Linkinde Yağmur Etkilerinin Hesaplanması 21
2.5. RF Uydu Linkinde İnterferans Etkilerinin Hesaplanması 22
2.6. Çoklu Erişim Teknikleri 23
2.6.1. FDMA (Frekans Bölmeli Çoklu Erişim) 24
2.6.2. TDMA (Zaman Bölmeli Çoklu Erişim) 25
2.6.3. CDMA (Kod Bölmeli Çoklu Erişim) 26
2.7. Yerde Hareketli Uydu Sistemleri 27
2.7.1. Eutelsat Sistemleri 27
2.7.2. INMARSAT Uydu Sistemleri 28
2.7.3. İridium Uydu Sistemleri 30
2.7.4. GPS (Global Positioning System) Uydu Sistemleri 31
UYGULAMA FAALİYETİ 33
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 35
MODÜL DEĞERLENDİRME 37
CEVAP ANAHTARLARI 40
KAYNAKÇA 42

AÇIKLAMALAR

ALAN	**Elektrik-Elektronik Teknolojisi**
DAL/MESLEK	**Haberleşme Sistemleri Servis Elemanı / Haberleşme Sistemleri**
MODÜLÜN ADI	**Uydu Haberleşmesi**
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül, iletişim teknolojileri ve çeşitleri hakkında bilginin ve kullanım yerine göre tercih seçeneğinin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Uydu haberleşme sistemlerinde gerekli seçim, tanımlama ve hesaplamaları yapmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında, değişik yörüngelerde bulunan uydular için Uydu ile RF haberleşmesini bileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Uydu haberleşme sistemleri çalışma prensibini kavrayıp gerekli tanımlamaları yapabileceksiniz. **2.** Uydu haberleşme sistemlerinde kullanılan temel hesaplamaları yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam** Elektrik-elektronik laboratuarı, işletme, kütüphane, ev, bilgi teknolojileri ortamı vb. **Donanım** Bilgisayar, projeksiyon cihazı, çizim ve simülasyon programları, kataloglar, haberleşme deney setleri, fiber optik deney seti, adsl modem, çalışma masası, AVO metre, bread board, eğitmen bilgi sayfası, yardımcı elektronik devre elemanları, elektrik elektronik el takımları.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

İnsanoğlu var olduğu günden beri haberleşme ihtiyacı hissetmiş ve bu ihtiyacını yaşadığı çağın sahip olduğu teknolojisine göre bir şekilde karşılamıştır. Yeri gelmiş haberleşme için dumanı yeri gelmiş güvercini ve bazen de binekli posta araçlarını kullanmıştır. Haberleşme adına gelişen teknoloji insanoğlunun duyduğu haberleşme ihtiyacına göre gelişmiştir. Haberleşme teknolojisindeki bu gelişme günümüze kadar devam etmiş ve halende devam etmektedir. Günümüz de ise haberleşme sistemlerinde ulaşılan son nokta uydu sistemleridir.

Uydu sistemleri, haberleşme alanında daha hızlı ve yüksek kapasiteli ama aynı zamanda da düşük maliyetli sistemler yaratma çabaları sonucunda ortaya çıkmıştır. İlk olarak savunma ve askeri maksatlarla kullanılan uydu sistemleri yıllar geçtikçe artık hayatın her safhasında kullanılır olmuştur. Zamanla özel şirketler, üniversiteler ve devlet sektörü de uydu sistemlerinden yararlanır olmuştur. Uydu teknolojisi artık öyle bir hâl almıştır ki artık özel sektörün sunduğu uydu imkânlarıyla değil ülkeler kişiler bile takip edilir hâle gelmiştir.

Bu modülde sizlere çeşitli uydu teknolojileri çeşitlerini ve uydu sistemlerindeki hesaplamalardan bahsedilecektir.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Uydu haberleşme sistemleri çalışma prensibini kavrayıp gerekli tanımlamaları yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- En çok kullanılan uydu sistemlerini araştırıp sınıfta anlatınız.

1. UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİ

1.1. Uydu Haberleşmesine Giriş, Tarihçe, Frekans Spektrumu

Uyduları kullanarak haberleşme fikri ilk olarak ünlü İngiliz bilim adamı ve bilim kurgu yazarı Arthur C. Clarke tarafından Mayıs 1945'te ortaya atılmıştır.

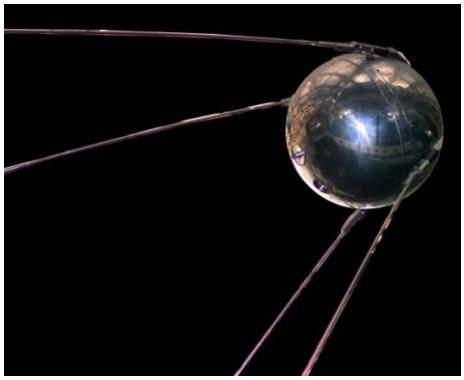
Uydu haberleşme sistemlerinde yapılan araştırmalar, 1957 yılında meyvesini vermiş ve Sputnik uzaya gönderilen ilk uydu olmuştur. Bu tarihten sonra Arthur C. Clarke'in 1945 yılında "Wireless World" dergisinde yayınlanan makalesinde ortaya attığı fikirlerin hayal olmadığını teyit eden birçok gelişme yaşanmaya başlamıştır.

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 sistemlerinin hedefi; birbirini fiziksel olarak görebilen 2 nokta arasında iletişim sağlamaktır.

Resim 1.1: Bir haberleşme uydusu

İletişim için ya birbirini gören 2 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 ve bir tam turunu 24 saatte tamamlayan uydular olabileceğine işaret etmiştir. Çünkü yeryüzünün dairesel bir yapıda olması, binalar, dağlar vb. fiziksel engeller bahsettiğimiz 2 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.



Resim 1.2: Sputnik 1 uydusu

1964 yılına kadar, AT&T firmasının iki TELSTAR, iki RELAY ve iki SYNCOM uydusu orta yörüngede (yaklaşık 5.600 km) çalışıyordu.

1960'ların basında, uydular çok güvenilir olmadığından, veri kullanımı da layıkıyla yapılamıyordu. Ancak, üç eksenli sabit (dönmeyen) uyduların 1963 yılında icadı ile veri kullanımı son derece cazip gelmeye başladı.

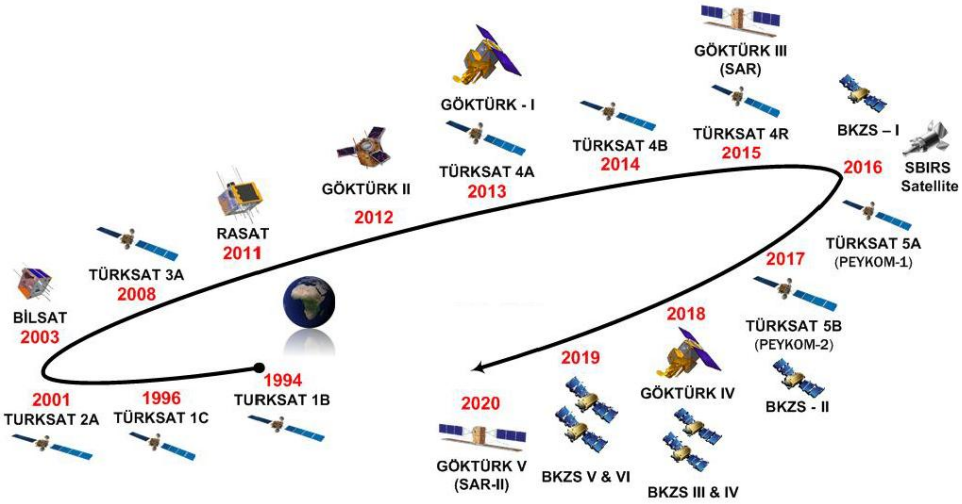
Nisan 1965'te, COMSAT firmasının ilk uydusu EARLYBIRD, ABD'deki Cape Caneveral üssünden fırlatıldı. Böylelikle, küresel uydu haberleşme çağı da başlamış oldu. Uydu ABD malı olmasına karşın, ortaklık tamamen küreseldi. Uydu fırlatıldığında İngiltere, Fransa ve Almanya gibi ülkelerde yer istasyonları çoktan hazırdı. Bu uluslararası ortaklık 19 ülkenin de katılımıyla, 20 Ağustos 1964'te global uydu servisi verilmesi amacıyla en büyük ve en kapsamlı uydu organizasyonu olan INTELSAT (Uluslar Arası Haberleşme Uyduları Organizasyonu) adı altında yeni bir organizasyon ortaya çıkmıştır.

Türkiye'nin 1968 yılında %1.64 hisse ile üye olduğu örgüt bugün, 10'u Atlantik, 6'sı Hint okyanusu, 2'si Asya Pasifik ve 4 tanesi de Pasifik bölgelerinde olmak üzere 22 uydu, 2700 adet yer istasyonu ile %100'e yakın kesintisiz hizmet sunarak küresel iletişimde önemli bir yapıya öncülük etmektedir. Günümüz itibariyle üye ülke sayısı 141 olan INTELSAT en büyük haberleşme kuruluşudur. Yalnız üye ülkeler değil dünyadaki her topluluk ve şirket INTELSAT'ın sağlamakta olduğu data/ses, video servislerinden ve yeniliklerinden yararlanmaktadır.

Avrupa ülkeleri ses, görüntü ve data iletişimi amacıyla 1977 yılında, Avrupa Uydu Haberleşme Örgütünü (EUTELSAT) kurdu. Coğrafi olarak Avrupa kıtası içinde bulunan ülkelerin üye olma imkânı olan kurulusun hizmet alanı Avrupa, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ile sınırlıdır. Bugünkü üye sayısı 39 olan EUTELSAT, 7 uydu ile Avrupa ülkeleri arasında özel telekomünikasyon, radyo, TV hizmetleri vermektedir. ABD Deniz Kuvvetleri Komutanlığı için Şubat 1976'da, mobil kullanımı içeren MARISAT uydusu fırlatıldı.

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, denizaşırı ve karasal mobil endüstrilere telefon, teleks, data ve faks ile servisleri sağlayan uluslar arası bir uydu konsorsiyumudur. INMARSAT; mobil terminallere, deniz ve hava araçlarına telefon, teleks, data, faks, internet, elektronik posta, kısa mesaj ve acil durum çağrı (SOS) servisi vermektedir.

1980-1990'lı yıllarda yaşanan rekabet ve gelişen teknolojik şartlar ile doğru orantılı olarak uydu teknolojisinde de büyük mesafeler kat edilmiştir. Bunların içinde meteoroloji uyduları, uzay istasyonları, pasif ve aktif telekomünikasyon uyduları, GPS sisteminin kullanılması, uzay mekikleri, uzay teleskopları, bilimsel uydular, veri değerlendirme uyduları belli baslı olanlarıdır.



Resim 1.3: Türkiye'de kullanılan uydu sistemleri (1994-2020)

Türkiye'de Eutelsat ve İntelsat kuruluşlarının üyesidir. Bu nedenle her iki kuruluşun toplantılarında delegeler bulundurmaktadır. TRT Kurumu Avrupa Yayın Birliği (EBU) ile olan haber trafiğini radyo sistemlerinin yanı sıra ECS-F2 uydusundan da yararlanarak yürütmektedir. Yurdumuzda İntelsat ve ECS (Eutelsat) ile uydu bağlantıları ve uydu haberleşme işletmeciliğini Türksat'ın görev ve sorumluluk kapsamına girmektedir. Türksat'ın Gölbaşı yer istasyonu tesislerinde İntelsat'ın 1 derece batı 66 derece batı ve Eutelsat'ın 7 derece batı ve 13 derece doğu uydularına çevrili dev antenler kuruludur. Türkiye'nin iletişim uyduları ile bağlantıları bu tesis aracılığı ile gerçekleşmektedir.

Türkiye'nin uydu denemeleri 1994 yılında Türksat 1A ile başlamış. Fakat uydu taşıyan rokette gelen arıza nedeniyle bu deneme başarısız olmuştur. Daha sonraki yıllarda fırlatılan Türksat 1B (1994) ve Türksat 1C (1996) uyduları ömrünü tamamlamıştır. Şu anda ülkemizin aktif olarak çalışan Türksat 2A (2001) ve Türksat 3A (2008) uyduları mevcuttur.

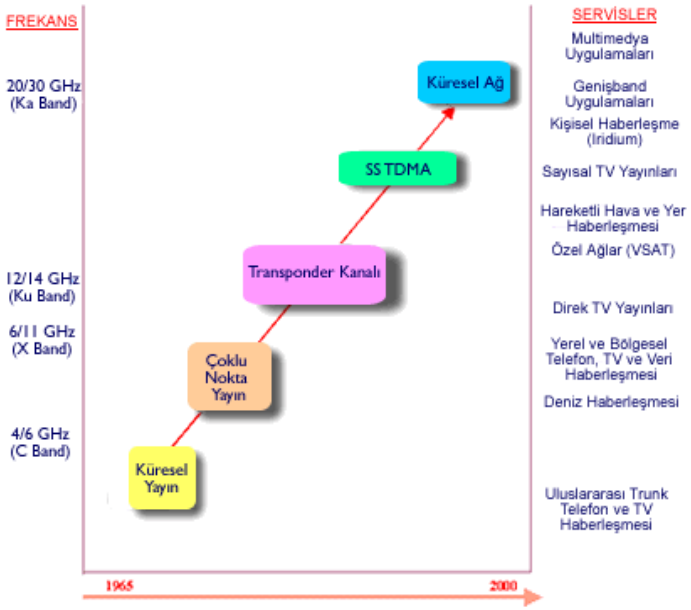
Gelecekte ise Türksat 4A ve Türksat 4B uydularının 2013 yılının ilk yarısında uzaya gönderilmesi hedeflenmektedir. TÜRKSAT-4A uydusu ile uydu filosunda C Bant ilk defa kullanılacak ve bu frekans bandında Afrika kapsaması olacaktır. Bu sayede Türksat uyduları Türkiye, Avrupa, Orta Doğu, Kuzey Afrika, Orta Asya ve Çin'den sonra Afrika kıtasının da tamamını kapsamış olacaktır. TÜRKSAT-4B uydusu ile TV yayıncılığına ilave olarak Ka Bantta firmalara ve ev kullanıcılarına data ve internet hizmetleri sunulacaktır.

Uydu teknolojisi ile iletişim Türkiye'ye yeni bir boyut getirmiştir. Bu boyut çağdaş iletişimin hızıdır. Bugün yurdun herhangi bir yerinden yurda yayın yapma ve bunu çok kısa bir zamanda gerçekleştirme olanağına sahibiz. Radyo ve TV yayınları hedeflerinde TV yayınlarının çok kanalda ve net izlenir hale getirileceği belirtilmiş, ilke ve politika bölümünde bu uygulamanın uydu teknolojisinden yararlanarak gerçekleştirileceği açıklanmıştır.Haberleşme hedefleri arasında ikinci uydu haberleşme yer istasyonu da yer almaktadır.

FREKANS	BAND	Uplink frekansı	Down-link frekansı
2500 MHz-2700 MHz	S	2,7 GHz	2,5 GHz
3400 Mhz-6425 Mhz	C	6 GHz	4 GHz
7250 Mhz-8400 Mhz	X	8,4 GHz	7,25 GHz
10,95 Ghz-14,5 Ghz	Ku	14 GHz	11 GHz
17,7 Ghz-21,2 Ghz	Kc	21 GHz	18 GHz
27,5 Ghz-31Ghz	K	31 GHz	27,5 GHz

Tablo 1.1: Uydu haberleşmesinde kullanılan frekanslar (1994-2020)

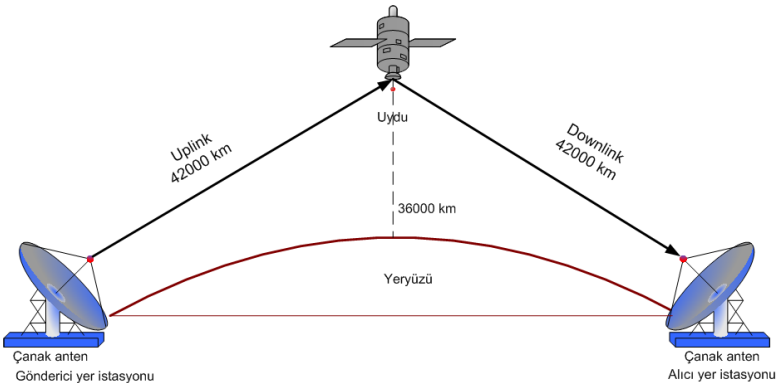
Uydu haberleşme sistemlerinde genellikle 4 ana frekans bandı kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla C-bandı, X-bandı, Ku-bandı ve Ka-bandıdır. Çalışma frekansları ve kullanım alanları aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Resim 1.4: Uydu haberleşmesinde kullanılan frekanslar (1994-2020)

1.2. Uydu Haberleşme Sistemlerinin Temel Blokları

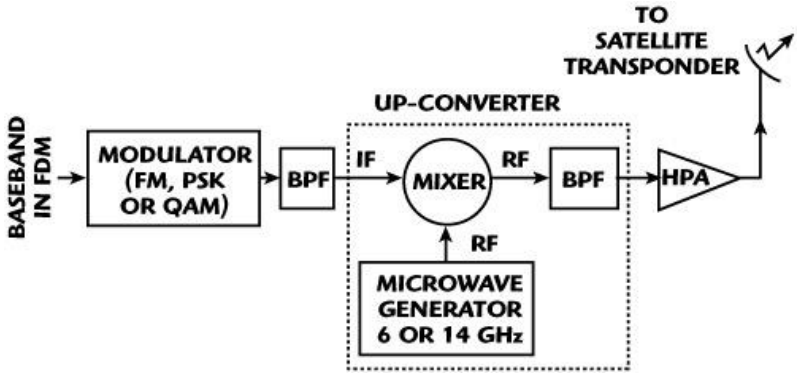
Uydu Haberleşme sistemi bir veya daha fazla uydu linki içerir. Bu linklerin her biri bir çift yer istasyonu ve bir uydudan oluşmaktadır. Bu linklerin her biri, mikrodalga sinyalini uyduya gönderen bir verici yer istasyonu (up-link), bu sinyali uydudan alan bir alıcı yer istasyonu (down-link) ve uygun frekans ve güce sahip bir uydu sisteminden oluşmaktadır.



Resim 1.5: Uydu haberleşmesinde temel bloklar

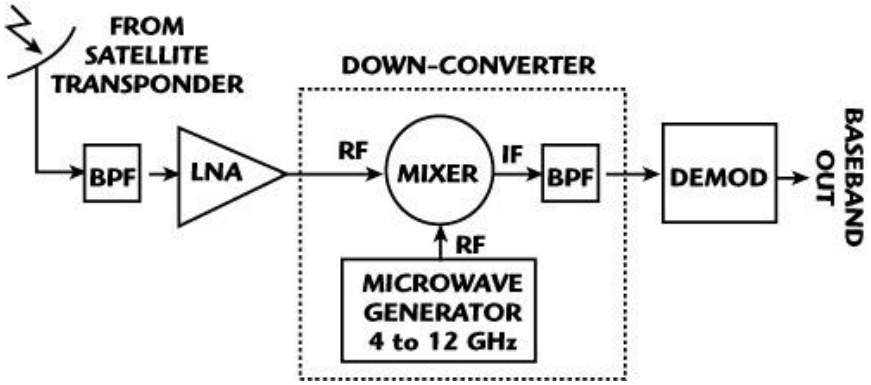
Mikrodalga sinyalleri uyduya ve yer istasyonuna atmosferik yol kayıplarından dolayı zayıflayarak ulaşır çünkü uydu yörüngesi dünyadan 36000 km uzaklıktadır. Uydu haberleşmesinde yer istasyonlarının uyduya yeterli güçte ulaşabilmeleri için geniş açılı antenlere ve yüksek güçlü mikrodalga sinyalleri kullanma 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 sinyali kuvvetlendirmek için gereklidir. Uydu haberleşme devrelerinde C/N (işaret gürültü oranı) haberleşme kalitesinde ITU kriterlerine göre kabul edilebilir bir seviyede olmalıdır.

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



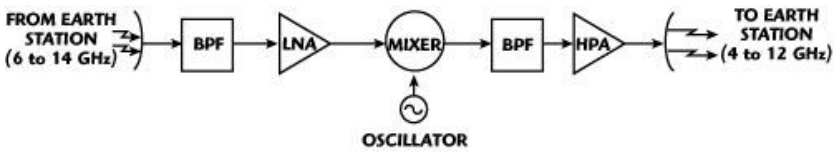
Şekil 1.1: Basit uydu uplink istasyonu blok diyagramı

Uyduya gönderilen bir mikrodalga sinyalinin yer istasyonu tarafından alınması işlemine "downlink" denir. Bir yer istasyonu alıcı sistemi, anten, feed, alıcı, down-converter (alt çevirici) ve demodülatör kartlarından oluşur.



Şekil 1.2: Basit uydu downlink istasyonu blok diyagramı

Uydu içerisinde bulunan transponder (aktarıcı), alış işareti hatasız geldiğinde otomatik olarak tepki veren ve gönderme yapan alıcı verici cihazdır. Yer istasyonu uplink sinyali uydu transponderi tarafından alınan ve downlink istasyonuna geri gönderilir. Şekil 2'de, bir C-bant uydu transponderinin tipik bir basitleştirilmiş bir blok diyagramını gösterilmektedir. Bileşenleri ve alt sistemleri, çok güvenilir küçük, hafif olması gerekir. Ayrıca mümkün olduğunca da verimli bir şekilde çalışması gerekmektedir.



Şekil 1.3: Basit uydu transponder (aktarıcı) blok diyagramı

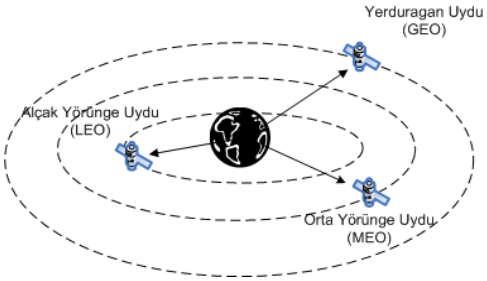
1.3. Uydu Uzay Ortamının Tanımlanması

Uyduların tanımak için öncelikle atmosfer ve uzayın bir tanımını yapmak gerekir. Hava vasıtaları açısından bakıldığında, atmosfer denince, vasıtanın aerodinamik kuralları açısından uçabileceği en yüksek irtifa akla gelmektedir. Bu yükseklik 100.000–120.000 ft'tir (yaklaşık 40 km). Atmosferi oluşturan hava kütlesinin %99'u bu irtifaın altındadır. Bir uydunun uçabileceği en alçak irtifa ise, 150 km'dir. Bu uzayın başladığı en alçak irtifa olarak kabul edilmekle birlikte, uluslararası belgelerde açık olarak ifade edilmemektedir. Eliptik yörüngeli bir uydunun yere en alçak (perigee) 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 (aerospace) olarak adlandırılmaktadır.

1.4. Yörünge Tipleri, Leo, Meo, Heo, Geo, Geosenkron Yörüngeler Bu Yörüngelerde Çalışan Uydular

Uyduların, gezegen etrafında dönerken izledikleri yola yörünge denir. Yörünge yükseldikçe uydunun ömrü artar. Uyduların ana yapıları planlanırken, kullanma alanları, uzaydaki ömrü, üzerindeki cihazlar ve bunların ömürleri, güç sistemleri ve diğer yardımcı sistemler göz önüne alınarak tasarlanır. Genel görünümleri simetrik küre ve silindir seklindedir. Yerden 36.750 km yükseklikteki bir yörüngede bulunan bir uydu ile yaklaşık yerkürenin yarısı görülebilir.

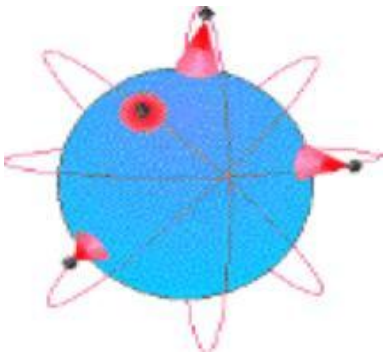
Uydu fırlatıldıktan sonra, yeryüzünün çevresinde dönmesinden oluşan merkezkaç kuvvet ile yeryüzünün çekim kuvvetinin dengelenmesinden dolayı yörüngesinde kalır. Dünyaya yakın yörüngelerde, uydu daha fazla yer çekimi kuvvetine maruz kalacağından bu kuvveti dengelemek için uydunun daha hızlı dönmesi gerekir. Bu nedenle, dünyaya yakın olan uydular hızlı, uzak olan uydular ise yavaş döner.



Resim 1.6: Yapay uydu yörüngeleri

Bugün uydular, özellikle haberleşme, 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.

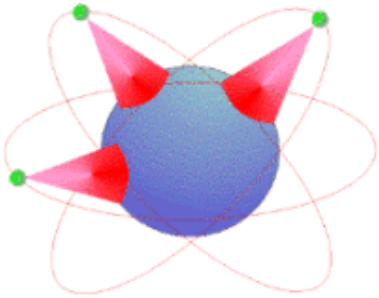
- Alçak yörünge uyduları (Low Earth Orbit - LEO)



Resim 1.7: Alçak yörünge (LEO)

Yeryüzünden 200-3000 km yükseklikte konumlanmıştur. Kapsama alanları dardır. Bu nedenle evrensel hizmet sağlanabilmesi için çok sayıda LEO uydu kullanılmaktadır. (Iridium 66, Teledesic 288 uydu içerir.). Atmosfer etkilerine maruz kaldıklarından ömürleri kısadır. Yörüngede kalabilmek oldukça hızlı hareket ederler, bu nedenle kapsama alanları 10-15 dakika içinde değişir.

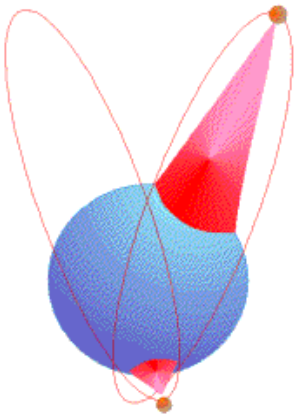
- Orta yörünge uyduları (Medium Earth Orbit- MEO)



Resim 1.8: Orta yörünge (MEO)

Orta yörünge uyduları 5000-13000 km yükseklikte bulunan uydulardır. Alçak Yörünge Uyduları (LEO) ile Yerdurağan Yörünge Uyduları (GEO) arasında bulunan yörüngede hareketlerini sürdürür. Bu yörüngede bulunan uydular GPS hizmetleri gibi yer-konum belirleme için kullanılır.

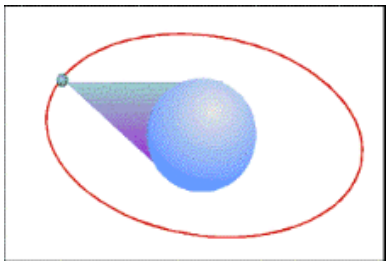
- Yüksek yörünge uyduları (High Eliptical Orbit-HEO)



Resim 1.9: Yüksek yörünge (HEO)

Yüksek yörünge uyduları (HEO), dünyaya uzaklıkları en fazla değişen uydulardır. Yörüngesel hareketi sırasında bir kutup bölgesi üzerinde dünyaya çok yaklaşırken diğer bir kutup bölgesinde ise dünyadan çok uzak bir noktadan geçer. Bu tip uydular, diğer uyduların erişemediği kutup bölgelerinde etkilidir. Daha çok bilimsel çalışmalar ve bölgede bulunan iş istasyonlarının iletişimi için kullanılır.

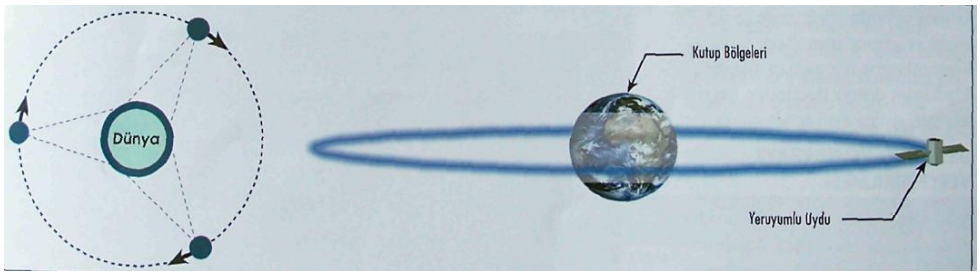
- Yerdurağan yörünge uyduları (Geostationary Earth Orbit-GEO)



Resim 1.10: Yere durağan yörünge (GEO)

İletişim amacıyla kullanılan uyduları çok yüksek alıcı-verici anten kulelerine benzetebiliriz. İletişim amaçlı uyduların hemen hepsi (Geosynchronous Equatorial Orbit - GEO) Jeosenkron Ekvatoral Yörünge üzerinde bulunan uydulardır.

Yeryüzünden yaklaşık 36000 km yükseklikte Ekvator düzleminde olan uydulardır. Dönme periyotları Dünya'nın dönüş periyoduna eşittir ve dolayısı ile yeryüzündeki bir gözlemciye göre durağan görünmektedir.



Resim 1.11: Yere durağan yörünge (GEO)

Kapsama alanları neredeyse tüm dünyanın %40'ı olmak üzere oldukça geniştir. Yere göre sabit olmaları nedeni ile çeşitli hizmetler için oldukça elverişlidir. Kutup bölgeleri GEO uydular tarafından kapsanmaz ancak bu kısımda nüfusun yok denecek kadar az olduğu düşünüldüğünde çok da büyük bir dezavantaj değildir. Ayrıca sadece 3 GEO uydu ile dünyanın büyük çoğunluğu kapsanabilmektedir. Ancak 36000 km gibi bir yükseklik söz konusu olduğundan sinyaller yüksek gecikme ve yol kaybına uğrar. Yüksek gecikme değerleri, gecikmeye duyarlı uygulamalar için GEO uyduları elverişsiz kılar.

Uydu Tipi	Yeryüzüne Uzaklık	Dönme Periyodu	İletişim Süresi
LEO Uydusu	2.000 km'ye kadar	1,5–2 saat	5–20 dk.
MEO Uydusu	2.500–19.000 km	5–12 saat	2–4 saat
GEO Uydusu	35.786 km	23 saat 56 dk 4 sn.	Devamlı

Tablo 1.2: Yapay uydu yörüngelerinin karşılaştırılması

1.5. Yörüngesel Mekanik, Yörünge Elemanları

Uydu yörüngeleri altı elemandan oluşan iki farklı veri seti ile tanımlanmaktadır. Bunlar, Kepler elemanları ya da diğer ismi ile yörünge elemanları ve uydu konum / hız bilgilerini içeren durum vektörleridir. Genel olarak odaklarından birinde dünyanın bulunduğu eliptik bir yörüngede seyreden bir uydunun yörüngesinin hesaplanması ve benzetimlerinin gerçekleştirilmesi için üç boyutlu uzayda anlık konum ve hız bilgisini içeren toplam altı bileşenin biliniyor olması yeterlidir. Ancak uzun yıllardır astrodinamik ile uğraşan bilim insanları, gök cisimlerinin yörüngelerini Kepler elemanları kullanarak sınıflandırmaktadır. Bu sebeple, uyduların yörüngelerini tanımlayan tüm veritabanları Kepler elemanları esas alınarak oluşturulmaktadır.

Yörünge Elemanları	Sembol
Yarıbüyük eksen	a
Dışmerkezlik	ε
Eğim	i
Enberinin boylamı	ω_0
Çıkış düğümünün sağaçıklığı	Ω_0
Ortalama anomali	M_0
Başlangıç zamanı	t_o

Tablo 1.3: Yörünge elemanları

UYGULAMA FAALİYETİ

Örnek bir uygulama alanında bir uydu anteni kurulumu için aşağıdaki işlem basamaklarını sırasıyla gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Kurulum için malzeme tespiti yapınız. ➢ Araç gereç, ekipman (takım, donanım) ihtiyaçlarını belirleyiniz. ➢ Çalışma sahasında teknik veriler toplayınız. ➢ Uydu anteninin sabit bir yere monte edilmesini sağlayınız. ➢ Uydu sinyal seviyesi ölçme aleti kullanarak, yörenizde en güçlü uydu yayınlarından birine göre uydu anteninizi sabitleyiniz. ➢ Bilgi ve iletişim uydularından gelen sinyalin geldiği uydunun yörüngesi hakkında bilgi edininiz. ➢ Maliyet hesabını yapınız.	➢ Kuruluma başlamadan önce gerekli çalışma ortamını hazırlayınız. ➢ Kurulum sırasında gerekli olan malzemeleri düzgün bir şekilde masanıza yerleştiriniz. ➢ Kurulum esnasında dikkatinizi yaptığınız işe veriniz. ➢ Kurulum başlamadan önce kullanacağınız cihazların sağlamlık kontrolünü yapınız. ➢ Araştırmanızı raporlaştırınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Uydu haberleşmesine ve giriş ve tarihçesini biliyor musunuz?		
2. Uydu haberleşme sistemlerinin temel bloklarını biliyor musunuz?		
3. Uydu uzay ortamını tanımlayabiliyor musunuz?		
4. Yörünge tiplerini biliyor musunuz?		
5. Yörünge elemanlarını biliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "**Hayır**" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "**Evet**" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1) Aşağıdakilerden hangisi yapay uydu <u>değildir</u>?
A) Eutelsat
B) Türksat
C) Sputnik
D) Ay

2) Aşağıdakilerden hangisinde uydu sistemleri kullanılabilir?
A) Meteoroloji
B) Askeri
C) Hepsi
D) Telekomünikasyon

3) Hangisi ülkemizin kullandığı haberleşme uydusudur?
A) Türksat
B) Eutelsat
C) İridium
D) Sputnik

4) Uydudan gönderilen sinyalin yer istasyonu tarafında alınmasına …….denir?
A) Up-link
B) Down-link
C) Elevation
D) Transponder

5) Uyduların gezegen etrafında dönerken izlediği yola……denir?
A) Azimut açısı
B) Yörünge
C) Clarke
D) Senkron

6) Clarke kuşağı hangi yörüngedir?
A) MEO
B) HEO
C) LEO
D) GEO

7) Clarke kuşağının yörünge yüksekliği ne kadardır?
A) 16000 km
B) 26000 km
C) 36000 km
D) 46000 km

8) Hangisi yörünge elemanlarından <u>değildir</u>?
A) Azimut açısı
B) Dış merkezlik
C) Eğim
D) Başlangıç zamanı

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

Uydu haberleşme sistemlerinde kullanılan temel hesaplamaları yapabileceksiniz.

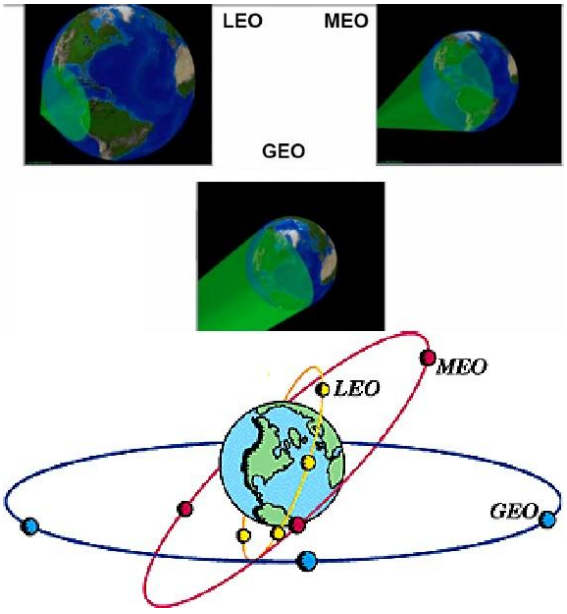
ARAŞTIRMA

- Çevrenizde bulunan uydu antenlerini inceleyip yönleri hakkında fikirlerinizi sınıf içinde tartışınız.

2. UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİ HESAPLAMALARI

2.1. Yere Göre Durağan Yörüngede Kapsama Açısı ve Uyduya Olan Mesafenin Hesaplanması, Uydu Tutulması

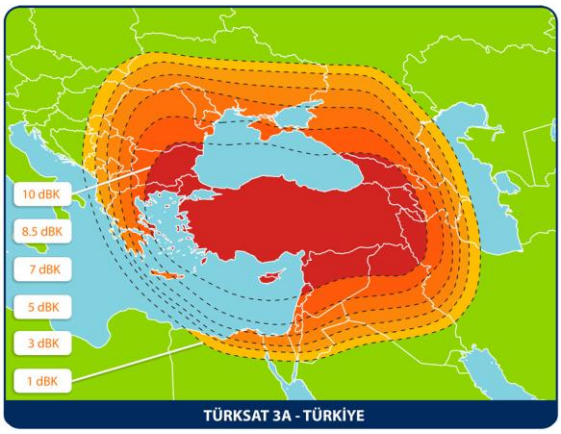
Yeryüzünden yaklaşık 36000 km yükseklikte Ekvator düzleminde olan uydulardır. Dönme periyotları Dünya'nın dönüş periyoduna eşittir ve dolayısı ile yeryüzündeki bir gözlemciye göre durağan olduklarından bu isim verilmiştir.



Resim 2.1: Yapay uydu yörüngeleri

Kapsama alanları neredeyse tüm dünyanın %40'ı olmak üzere oldukça geniştir. Yere göre sabit olmaları nedeni ile çeşitli hizmetler için oldukça elverişlidir. Kutup bölgeleri GEO uydular tarafından kapsanmaz ancak bu kısımda nüfusun yok denecek kadar az olduğu düşünüldüğünde çok da büyük bir dezavantaj değildir. Ayrıca sadece 3 GEO uydu ile evrensel hizmet sağlanabildiğinden sistem karmaşıklığı az ve dolayısı ile ağın yönetimi kolaydır. Ancak 36000 km gibi bir yükseklik söz konusu olduğundan, sinyaller yüksek gecikme ve yol kaybına uğrar. Yüksek gecikme değerleri, gecikmeye duyarlı uygulamalar için GEO uyduları elverişsiz kılar.

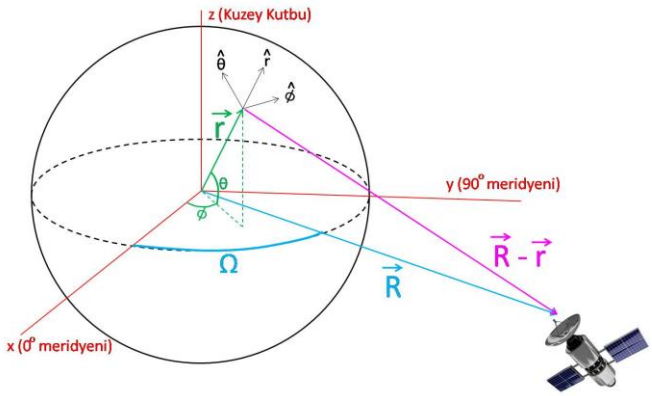
Dünyanın yüzündeki belli bir noktaya uydudan çekilen bir çizgi ile dünyanın yüzünden geçen teğetin arasındaki açı belli bir derecenin üzerinde kalacak şekilde oluşturulan görüş alanına uydunun ayak izi denmektedir. Bu şekilde iki uçta sinyalin en güçlü alındığı alan da tespit edilmiş olur. Böylelikle uydular belli bir açı ile belirtilen ayak izleri içinde hizmet verir, ayak izi dışına çıkıldığında iletimi bir sonra gelmekte olan uyduya devretmektedir. Ayak izi kavramını daha iyi açıklayabilmek için Şekil 1'de bir uydunun ayak izinin yarısı gösterilmektedir.



Resim 2.2: Türksat uydusu bakış açısı (uydu ayak izi)

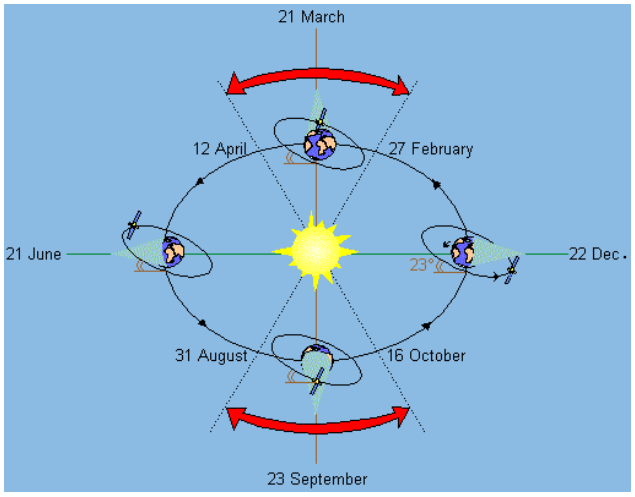
Ayak izi dışına çıkıldıkça uydu sinyali zayıflar kullanılması gereken anten boyutu artar.

Uydu ayak izinin genişliği ve sinyal gücü uydu ile yer istasyonu arasındaki mesafe ile bağlantılıdır. Bu hesaplamalar yapılırken vektorel işlemler ve koordinat sistemi kullanılır.



Şekil 2.1: Uydu bakış açılarının hesaplanması

Uydu tutulması; yılın belirli zamanlarında güneşin izlenen uydu ile aynı hizaya gelmesi, dolayısıyla alıcının güneş patlamalarının etkilerinden en fazla etkilendiği, yaklaşık 5 dakika süren durumdur.



Resim 2.3: Uydu tutulması zamanları

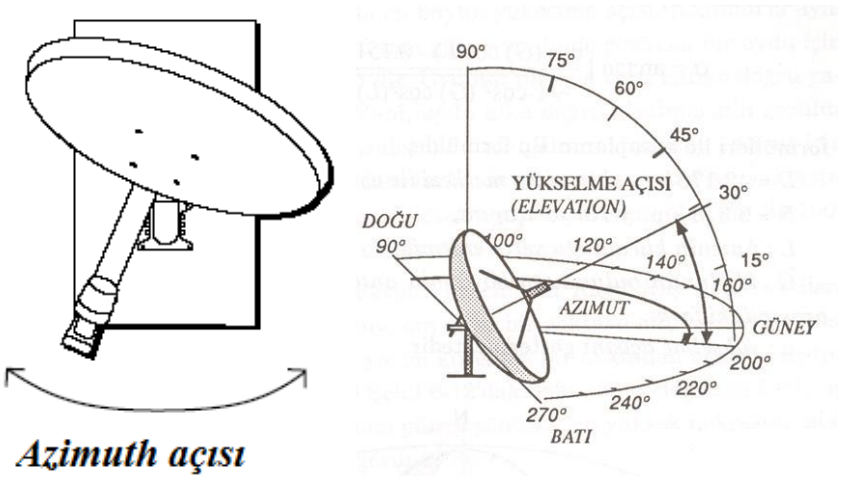
Parabolik çanak antenlerde güneşin gölgesinin çanağın tam göbeğine düştüğü anlarda oluşur. Bu durumlarda uydu iletişimi geçici olarak kesilir.

- Özellikle ekinoks zamanı (21 Mart ve 21 Eylül) artar.
- 10 dk'dan 72 dk'ya kadar çıkar. Bu sürede bataryalardan güç alınır.
- Uydu istasyonun doğusundaysa istasyonda gündüz iken uydu tutulması olur.
- Uydu batıdaysa akşam saatlerinde tutulma olur (daha az kullanım).
- Ekinoks zamanı güneş bazen yer istasyonunda aşırı gürültü oluşturur (10 dk.).

2.2. Uydu Haberleşmesinde Anten Bakış Açılarının Hesaplanması

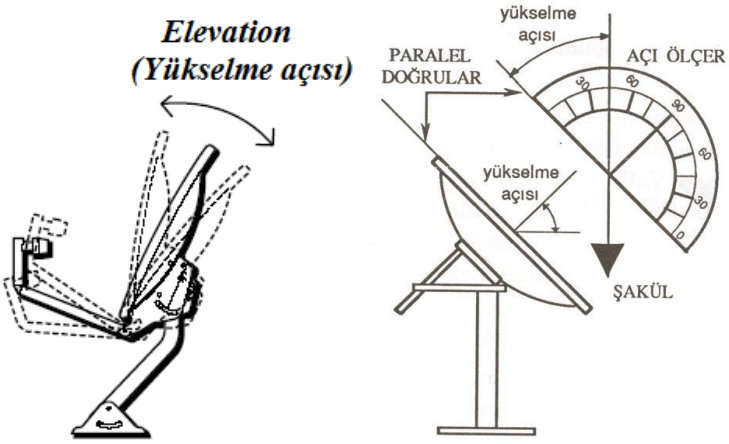
Bakış açısı; yer istasyonundaki antenin uydudaki yayınları sorunsuz bir şekilde alabilmesi ve gönderebilmesi için uyduya doğru bakması gereken açıdır. Bu açı, Azimuth açısı ve Elevation (yükselme) açısı olmak üzere iki bileşenden oluşur:

- **Azimuth:** Gerçek kuzeye göre yatay açı anlamına gelmektedir. Yatay doğrultuda uydu anteninin belli bir uyduya doğru bakması gereken doğrultudur. Pusuladan bakıldığında 0 derece kuzey, 180 derece güney olacaktır. Çanak anteninize saat yönünde yaptıracağınız hareket sonucu oluşan açıdır.



Şekil 2.2: Uydu anten azimut açısı

- **Elevation (yükselme açısı):** Uydu anteninin belli bir uyduya doğru düşey doğrultuda bakış açısıdır. Çanak anteninizi yukarı veya aşağıya doğru yaptıracağınız hareket sonucu oluşan açıdır.



Şekil 2.3: Uydu anten elevation (yükselme) açısı

2.3. RF Uydu Linki ve Link Hesabı

Uydunun haberleşmesinde 3 kademe vardır. Yer istasyonun (verici), uydu, yer istasyonudur (alıcı). Burada verici istasyondan uyduya olan yola yer istasyonu-uydu linki (up-link), uydudan alıcı yer istasyonuna olan yola uydu-yer istasyonu linki (down-link) denir.

Bu hatlar çok uzun mesafelerde iletişim gerçekleştirildiği için çok hassas hesaplamalarının yapılması gerekmektedir. Bu hesaplamalar için kullanılan parametreler aşağıdaki gibidir.

- **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.

- **Etkili izotropik yayılan güç**

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

- **Eşdeğer 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 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.

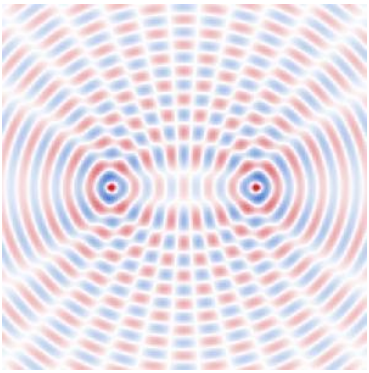
2.4. Uydu Linkinde Yağmur Etkilerinin Hesaplanması

Hava koşulları radyo dalgalarının yayılımını etkileyen ek bir faktördür. Rüzgâr, hava sıcaklığı ve atmosferdeki su buharının etkilerinin değişik şekillerde birleşmesi radyo sinyallerinin alışılmış menzillerinin yüzlerce mil ötesinde bile duyulmasına sebep olabilmektedir. Tersine, bu etkilerin farklı bir birleşimi sinyalin aşırı zayıflamasına ve normal menzilin çok altından bile duyulamamasına neden olabilir. Maalesef, hava durumu fazlasıyla karmaşık olduğu ve çabuk değiştiğinden hava şartlarının etkilerini kesin ve hızlı bir şekilde belirlemek için bir kural yoktur.

Atmosferde her zaman katı, sıvı ya da gaz hâlinde bir miktar su bulunur ve bu yüzden tüm hesaplamalarda suyun etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Genellikle bu etkiler radyo dalgasının frekans ve dalga boyu ile doğru orantılıdır. Örneğin yağmurun mikrodalga frekanslarında çok belirgin bir etkisi vardır. Yağmur, suyun yoğunlaşma şekilleri arasında radyo dalgalarını en çok zayıflatandır. Yağmur damlası, radyo dalgasının gücünün bir kısmını emerek ısıya dönüştürür ya da değişik doğrultularda saçılmasına neden olur. 100 MHz'in üstünde saçılma sebepli kayıp emilmeden de fazladır. Saçılma etkisi antenlerin görüş açılarını değiştirdiği için kayıplarda oldukça etkilidir.

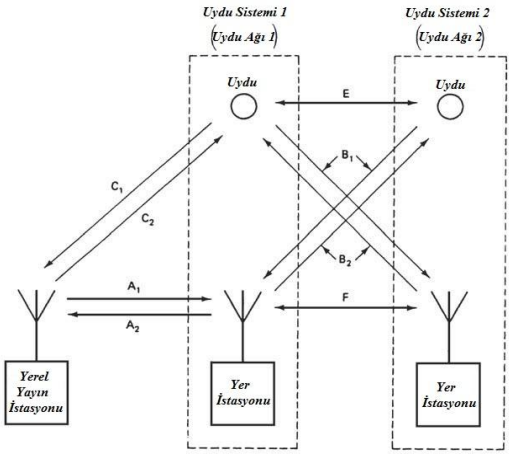
2.5. RF Uydu Linkinde İnterferans Etkilerinin Hesaplanması

"Electromagnetic Interference" (elektromanyetik girişim) bir elektromanyetik işaretin bir başka elektromanyetik işaret ile karışması olarak tanımlanır. İnterferans elektronik ve elektrikli cihazların çalışmalarını etkileyebilen önemli bir faktördür dolayısıyla elektrik-elektronik cihaz üreticilerini, tasarımcılarını, ithalatçılarını, perakende satıcılarını ve kullanıcılarını ilgilendirmektedir. Günümüzde elektronik teknolojisinin, haberleşme sistemlerinin gelişmesi ve genişlemesiyle birlikte interferans kaynaklarının sayısı ve çeşitliliği önemli ölçüde artmıştır. Bunun sonucu olarak da elektromanyetik girişim ortamında yer alan elektronik cihazlarda çok çeşitlilik arz eden fark edilmesi zor etkiler ortaya çıkmaktadır.



Resim 2.4: Su dalgasında interferans

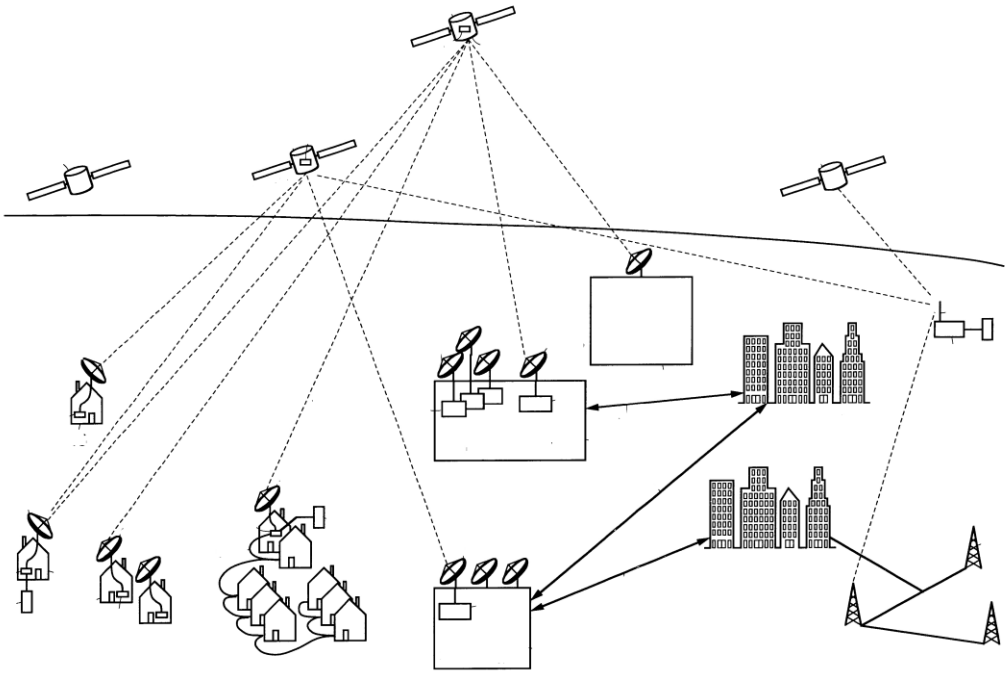
Uydu haberleşmesinde interferans etkileri oldukça fazladır. İnterferans etkileşimleri şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Uydu haberleşme sisteminde oluşan interferanslar

2.6. Çoklu Erişim Teknikleri

Uydular maliyetleri oldukça yüksek olan ekipmanlardan meydana gelmektedir. Bunun yanında fırlatılma maliyetleri de eklendiğinde oldukça pahalı bir donanımdır. Bu donanımı tek bir hizmet veya tek bir iletişim kanalı olarak düşünmek maliyetini karşılamaktadır. Yörüngeye gönderilen bir uydudan azami hizmeti almak ve maliyetini bir an evvel amorti edebilmesi için bilgiyi tek olarak değil bilgiyi çoklu olarak göndermesi planlanmıştır.

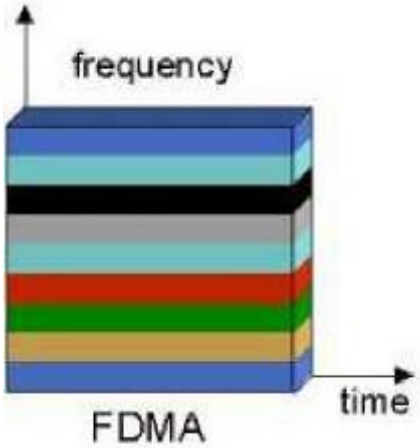


Şekil 2.5: Uydu haberleşmesinde sinyal dağılımı

Bilginin, aynı iletim ortamı kullanılarak birden çok kaynaktan yine birden çok alıcıya iletilmesine çoğullama denir. İletim ortamının aynı olması hızların da aynı olmasını gerektirmez. Örneğin bir koaksiyel kablo üzerinden çok hızlı data haberleşmesi yapılabileceği gibi aynı anda düşük hızlı telgraf haberleşmesi de yapılabilir. İletim ortamı olarak basit bir kablo çiftinden derin uzay boşluğuna kadar pek çok ortam kullanılabilir. Gittikçe küçülen dünyada artan haberleşme ihtiyacını karşılayabilmek için çoklu iletişim tekniklerini kullanmak, yeni teknikler geliştirmek şart olmuştur. TDMA ve FDMA gibi klasik çoklu iletişim yanında CDMA yöntemler de kullanılmaktadır.

2.6.1. FDMA (Frekans Bölmeli Çoklu Erişim)

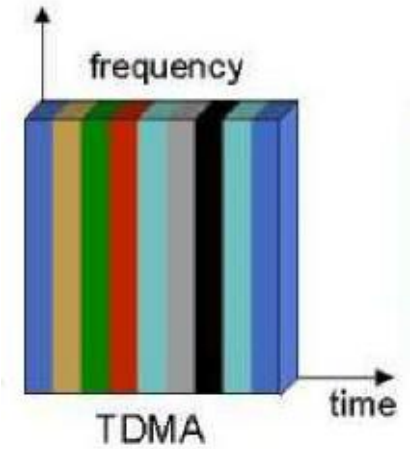
Frekans bölmeli çoklu erişim (FDMA), belli bir RF kanal bant genişliğinin, alt bölümler adı verilen daha küçük frekans bantlarına bölündüğü bir çoklu erişim yöntemidir. Her altbölüm, tek bir ses bandı kanalını taşımada kullanılır. İki yer istasyonun aynı anda aynı alt bölümde iletim yapmamaları sağlamak için bir denetim mekanizması kullanılır. Temel olarak, denetim mekanizması alt bölümlerden her biri için bir alıcı istasyonu belirler. Talebe bağlı tahsis sistemlerinde, denetim mekanizması aynı zamanda kaynak yer istasyonları ile varış yeri yer istasyonları arasında ses bandı bağlantıları kurmada ya da sonlandırmada kullanılır. Dolayısıyla, belli bir anda alt bölümlerden herhangi biri, yer istasyonlarından herhangi biri tarafından kullanılabilir.



Şekil 2.6: FDMA frekans-zaman çizelgesi

2.6.2. TDMA (Zaman Bölmeli Çoklu Erişim)

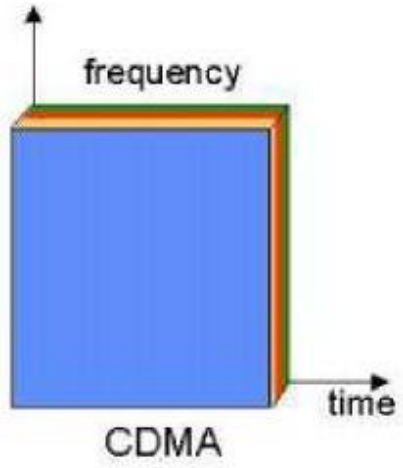
Zaman bölmeli çoklu erişim (TDMA), günümüzde kullanılan en yaygın çoklu erişim yöntemidir. Sayısal modülasyonlu (PSK) taşıyıcıların en verimli yöntemi sağlar. TDMA, bir uydu ağı içinde ortak bir uydu transponderi aracılığıyla iletişim gerçekleştiren yer istasyonları arsında sayısal modülasyonlu taşıyıcıları zaman bölmeli çoğullama yöntemidir. TDMA'da her yer istasyonu bir TDMA çerçevesi içinde kesin olarak belirlenmiş bir zaman bölmesi (epok) sırasında, sayısal modülasyonlu bir taşıyıcının kısa bir patlamasını (yoğun bilgi) gönderir. İstasyonların patlamaları, uydu transponderine farklı zamanlarda ulaşacak şekilde senkronize edilir. Dolayısıyla belli bir anda transponderde yalnızca tek bir istasyonun taşıyıcısı mevcuttur; böylece başka bir yer istasyonun taşıyıcısı ile çarpışma önlenmiş olur. Transponder, yer istasyonu iletimlerini alan, yükselten, sonra bu iletimleri bütün katılan istasyonların aldığı bir indirme hattı huzmesi şeklinde tekrar ileten RF'den RF'ye bir tekrarlayıcıdır. Her yer istasyonu, bütün öteki istasyonların patlamalarını alıp bunlar arasından yalnızca kendisine yönelik olanları seçmek zorundadır.



Şekil 2.7: TDMA frekans-zaman çizelgesi

2.6.3. CDMA (Kod Bölmeli Çoklu Erişim)

FDMA'da yer istasyonları bir uydu kanalı ya da sistemi dâhilinde belli bir bant genişliği ile sınırlıdır ancak ne zaman iletim yapabilecekleri ile ilgili herhangi bir kısıtlama yoktur. TDMA'da, yer istasyonun iletimleri, belirli bir zaman bölmesi ile sınırlıdır ancak belli bir uydu sistemi ya da kanalı dâhilinde iletimlerin hangi frekansı ya da bant genişliğini kullanabileceği ile ilgili herhangi bir kısıtlama yoktur. Kod bölmeli çoklu erişimde (CDMA), zaman ya da bant genişliği ile ilgili kısıtlamalar yoktur. Her yer istasyonu vericisi istediği herhangi bir anda iletim yapabilir ve belli bir uydu sistemine ya da kanalına tahsis edilen bant genişliğinin herhangi bir bölümünü ya da tümünü kullanabilir. Bant genişliği ile ilgili herhangi bir sınırlama olmadığı için, CDMA'ya bazen tayfa yayılmış çoklu erişim denmektedir; iletimler, tahsis edilen bütün bant genişliğine yayılabilir. İletimler, zarf şifreleme / şifre çözme teknikleriyle ayrılır. Yani, her yer istasyonunun iletimleri yonga kodu adı verilen benzersiz bir ikili sözcükle kodlanır. Her istasyonun bir benzersiz yonga adı vardır. Belli bir yer istasyonunun iletimini almak için, alıcı istasyonu o istasyonun yonga kodunu bilmek zorundadır.



Şekil 2.8: CDMA frekans-zaman çizelgesi

Çoklu erişim yöntemlerini daha basit bir şekilde anlatmak için şu örnek verilebilir;

Bir partide konuşan insanları düşünün. Ortamda bir sürü konuşmak isteyen insan var ve onları dinlemek isteyen insanlar var ve iletişimin rahatça sağlanması büyük bir problem, kalabalık nedeniyle;

- TDMA: herkes sırayla konuşur, böylece kimse kimseye mani olmamış olur.
- CDMA: herkes farklı dilde konuşur, böylece siz hangi dili dinlemek istiyorsanız onu ayırt edebilirsiniz, kelimeler farklı olduğu için,
- FDMA: herkes farklı frekansta konuşur. Ahmet kalın sesle konuşurken, Ayşe ince sesle konuşabilir. Ayşe'yi dinlemek için ince sesi ayırt etmelisin.

2.7. Yerde Hareketli Uydu Sistemleri

Uydu haberleşmesi sektörün her alanında kullanılmaktadır. Bu durumda insanlar bu sistemin avantajını bir yere sabit olarak değil dünyanın her yerinde almak ve her alanda kullanmak istemektedir. Ayrıca sürekli hareket eden araçlarda (gemi, otobüs vb.) uydu erişimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu erişim sayesinde araçlarda TV, telefon, internet, navigasyon vb. birçok hizmet sunulmaktadır.

Resim 2.5: Hareketli uydu alıcıları

Bu sistemlerde bağlantı hem up-link hem de down-link olarak yapılabilmektedir. Sürekli hareket hâlinde olan sistemlerin yanında belli bir yerde sabitlendikten sonra çalışan sistemlerde mevcuttur. Mobil hizmetlerin başlıcaları alt başlıklarda açıklanacaktır.

Resim 2.6: Mobil yer istasyonları

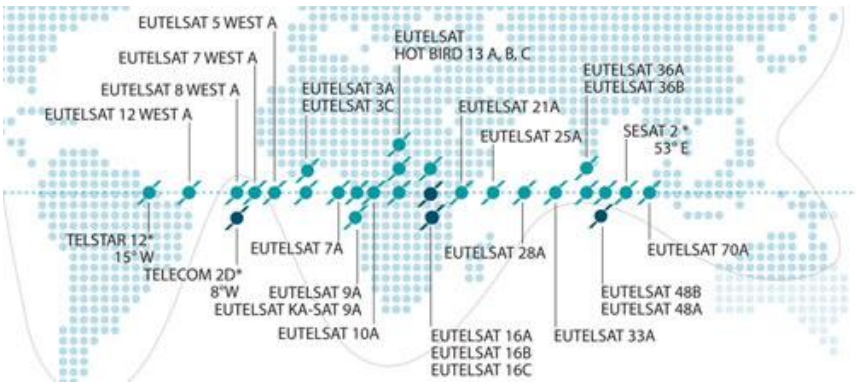
2.7.1. Eutelsat Sistemleri

Eutelsat 1977 yılında Avrupa'da uydulara dayanan telekomünikasyon altyapısının geliştirilmesi ve operasyonların yürütülmesi amacıyla hükümet içi bir organizasyon olarak kurulmuştur. Eutelsat operasyonlarına 28 yıl önce 1983 yılında ilk uyduyu fırlatmasıyla başlamıştır.

Eutelsat, Avrupa'da televizyon kanallarını doğrudan eve ulaştıran ilk uydu operatörüdür. 1990'ların ortalarında aynı bölgede yüzlerce kanal yayın kapasitesi sunabilmek ve tüketicilerin uydu televizyonundan daha fazla yararlanmalarını sağlamak için HOT BIRD™ uydusunu konumlandırmıştır.

Avrupa'nın video ve veri hizmetleri konusundaki lider uydu operatörü olan ve Sabit Uydu Hizmetleri (SUH) alanında küresel üç hizmet sağlayıcısından biri olan Eutelsat Communications, Eutelsat S.A. ortaklığı içerisinde yer almaktadır.

Grup 28 uydudan oluşan bir filoyu kontrol etmekte; sağladığı olanaklar ile diğer operatörlerin müşterilerine radyo ve televizyon yayınları, profesyonel veri ağı çözümleri ve genişbant internet erişimi alanında hizmet vermelerini olanaklı kılmaktadır.



Resim 2.7: Eutelsat uyduları

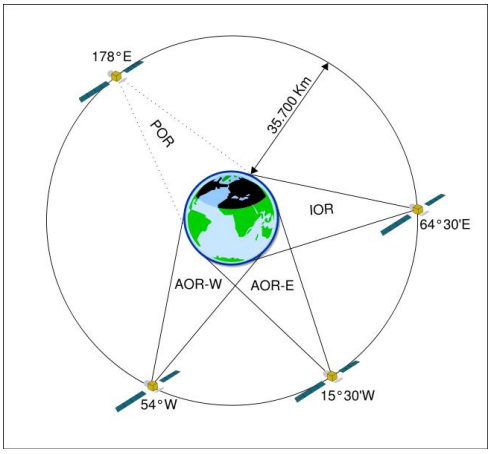
Eutelsat'ın uyduları Avrupa, Orta Doğu, Afrika, Asya ve Amerika kıtalarının büyük bir bölümünde sabit yörünge uydu sistemleri içerisinde 17'den fazla noktada hizmet vermektedir.

Eutelsat genel olarak görüntü hizmetleri, internet hizmetleri, telekomünikasyon hizmetleri ve gemicilik alanında iletişim sağlamaktadır.

2.7.2. INMARSAT Uydu Sistemleri

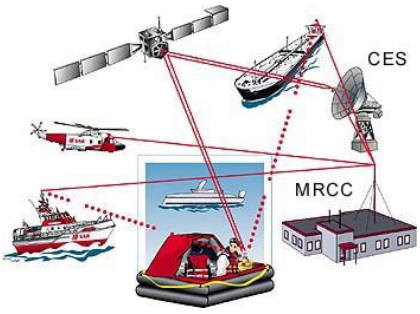
Genel olarak gemicilik üzerine kurulmuş bir sistemdir. Merkezi İngiltere'de bulunan organizasyon 1979 yılında kurulmuştur. Kuruluş amacı her türlü mobil uydu haberleşmesi olan firmanın, hâlen yörüngede 4 asıl ve 4 yedek uydusu bulunmaktadır. Kapsama alanı dünyanın %98'idir. Organizasyonun, Türkiye de dâhil olmak üzere, 85 adet üye ülkesi ve dünyanın çeşitli ülkelerinde 34 adet yer istasyonu bulunmaktadır. Şu anda mevcut yaklaşık 300.000 aktif terminale, 1999 itibari ile uluslararası sularda dolaşan her gemide en az bir terminale kesintisiz hizmet vermektedir.

Halen ses, data, faks, teleks, yüksek hızlı data ve mesajlaşma amaçlı olarak kara, deniz ve havadaki kullanıcılara yönelik; Inmarsat A Inmarsat B Inmarsat C Inmarsat E Inmarsat M-Mini M Inmarsat M4 Inmarsat D, D+ Inmarsat Aero uydu servisleriyle çeşitli alanlarda hizmet sunmaktadır.



Şekil 2.9: Inmarsat uyduları

Gemi sahipleri inmarsat cihazlarını Türkiye'de bu ticareti yapan şirketlerden satın alır. Cihazla beraber bu cihazla ilgili (cihazın seri numarasını, özelliklerini, markasını belirten) form ve belgeler cihazı satan şirket tarafından gemi sahiplerine teslim edilir. Gemi sahibi bu form ve belgeleri Türk Telekom Uydu Haberleşme Dairesi Başkanlığına göndererek cihazına inmarsat numarası tahsis edilmesi ve cihazın haberleşmeye açılması için müracaatta bulunur. İlgili birim, bu müracaatı inceleyerek formda bir eksiklik yoksa modem aracılığı ile İngiltere'de bulunan inmarsat merkezine geminin ismi ve diğer gerekli bilgileri yollar. inmarsat-a ve inmarsat mini-m için alınacak numara tahsisleri yalnız İngiltere inmarsat merkezi tarafından verilir. Diğer numara tahsisleri ise uydu haberleşme dairesi başkanlığı tarafından verilir.



Resim 2.8: Basit uydu transponder (aktarıcı) blok diyagramı

İnmarsat hizmetleri kullanıldığı terminale göre farklılık göstermektedir.

- **inmarsat-a:**

Bu terminal telefon, faks ve data hizmetleri veren analog bir sistemdir. Cihaz olarak diğer terminallerden daha büyük ve eskidir. 7 dijit numaralıdır.

- **inmarsat-b:**

Telefon, faks ve data hizmeti verir. inmarsat-a cihazından küçük, inmarsat mini-m cihazından ise büyük bir hacim kaplar. 9 dijit numaralıdır.

- **inmarsat-c:**

Yalnız teleks görüşmeleri sağlanır. 9 dijit numaralıdır.

- **inmarsat-m:**

Telefon, faks ve data görüşmeleri sağlanır. 9 dijit numaralıdır.

- **inmarsat mini-m:**

Telefon, faks ve data görüşmeleri sağlanır. Cihaz olarak en küçükleridir fonksiyonu çok olup bilgisayardan data transferi yapılabilir. 9 dijit numaralıdır.

2.7.3. İridium Uydu Sistemleri

Küresel uydu haberleşme servislerinden birisi olan Iridium, dünyanın etrafında yerleşik bulunan 66 adet alçak uydu (Low Earth Orbiting) ile hizmet vermekte olan telefon şebekesidir. Kullanıcılarına oldukça ufak ve hafif cihazlarla iletişim olanağı sağlayan Iridium servisinde gereken tek şey gökyüzünü engelsiz bir şekilde görebilmesidir.

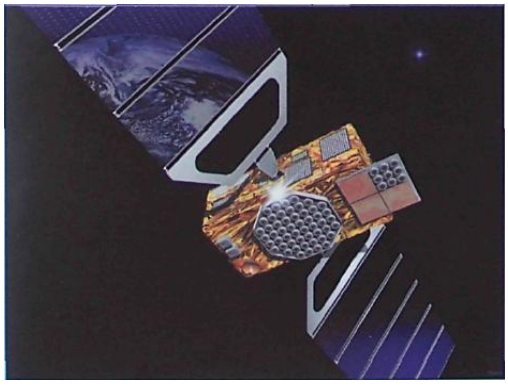
Resim 2.9: İridyum telefonlar

Servis özellikleri; Küresel ses, veri, SMS, Yer bağımsız ekonomik tarife fiyatlandırmaları, 2,4 kbps veri iletişim hızı, değişik uygulamalar için simkart alternatifleri, Tüm dünyada geçerli tek numaradır.

Iridium hizmetinin özellikle kullanılabileceği uygulama alanlarından bazıları; Denizcilik sektörü, inşaat, yer altı / yer üstü madencilik, petrol, devlet sektörü, acil durum uygulamaları (sağlık, deprem vb.), Altyapı olmayan birimler (elektrik, telekom).

2.7.4. GPS (Global Positioning System) Uydu Sistemleri

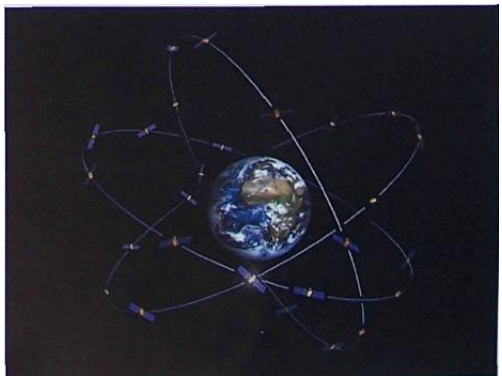
GPS (Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi), düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağıdır ve uydularla arasındaki mesafeyi ölçerek Dünya üzerindeki kesin yeri tespit etmeyi mümkün kılar.



Resim 2.10: Uydunun genel görüntüsü

Bu sistem, ABD Savunma Bakanlığı'na ait, yörüngede sürekli olarak dönen uydulardan oluşur. Bu uydular radyo sinyalleri yayar ve yeryüzündeki GPS alıcısı bu sinyalleri alır. Böylece konum belirlenmesi mümkün olur.

Bu sistemin ilk kuruluş hedefi tamamen askeri amaçlar içindi. GPS alıcıları yön bulmakta, askeri çıkartmalarda ve roket atışlarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Ancak 1980'lerde GPS sistemi sivil kullanıma da açılmıştır.



Resim 2.11: Uydu yörüngeleri

Uzay bölümü, en az 24 uydudan (18 aktif 6 yedek) oluşur ve sistemin merkezidir. Uydular, "Yüksek Yörünge" adı verilen ve dünya yüzeyinin 20.000 km üzerindeki yörüngede bulunur. Bu kadar fazla yükseklikte bulunan uydular oldukça geniş bir görüş alanına sahiptir ve dünya üzerindeki bir GPS alıcısının her zaman iki boyutlu belirleme için en az 3, üç boyutlu belirleme için en az 4 adet uyduyu görebileceği şekilde yerleştirilmiştir.

GPS (Global Positioning System-Küresel Konumlama Sistemi) Sistemi konum ve hız bilgisini doğru, sürekli, küresel ve üç boyutlu olarak uygun almaç donanımına sahip kullanıcılara sunmaktadır. GPS ayrıca bir çeşit UTC (Universal Time Coordinated) zaman bilgisini de sağlamaktadır. GPS Sistemi uzay bölümü, denetim bölümü ve kullanıcı bölümü olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Uzay bölümü dünya yüzeyinden yaklaşık 20.000 km yükseklikte 6 yörüngede, her birinde 4 adet olmak üzere 24 adet uydudan oluşmaktadır. Her uydu 24 saatte dünya etrafında 2 tur atmaktadır.

GPS sınırsız sayıda kullanıcıya hizmet verebilir. Bu sistem ile seyrüsefer yapan hava ve satıh vasıtaları 130 m'ye kadar hata ile rotalarını takip edebilmektedir. Askeri amaçlı kullanımlarda ise alıcılar ek olarak kripto devreleri kullanabilmektedir ve hata payı üç boyutta 10 m civarındadır.

GPS sinyalleri binalardan yansıdığı için şehir içlerinde araziye oranla hassasiyeti azalır. Yer altına kazılan tünellerde ise sinyal elde edilemez. Hatalı sinyallerin elde edilebileceği ya da hiç sinyal elde edilemeyen bölgelerde kullanılmak üzere geliştirilen Diferansiyel GPS'ler tarafından bu hatalar en aza indirilerek daha hassas bir yer ölçümü yapılabilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bir önceki uygulama faaliyetinde kurulan uydu anteni üzerinde aşağıdaki işlem basamaklarını sırasıyla gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Açık havada uydu alıcı anteninizin ayarlı olduğu uydu sinyalini, uydu sinyali ölçme aletinizle ölçerek kaydediniz. ➢ Aynı işlemi kapalı havada ve yağmurlu havada tekrarlayınız. ➢ Ölçme sonuçlarını değerlendirerek modül bilgileri ile karşılaştırınız.	➢ Kuruluma başlamadan önce gerekli çalışma ortamını hazırlayınız. ➢ Kurulum sırasında gerekli olan malzemeleri düzgün bir şekilde yerleştiriniz. ➢ Kurulum esnasında dikkatinizi yaptığınız işe veriniz. ➢ Kurulum başlamadan önce kullanacağınız cihazların sağlamlık kontrolünü yapınız. ➢ Araştırmanızı raporlaştırınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz**.**

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Uydu haberleşmesinde anten bakış açılarını biliyor musunuz?		
2. Uydu linkinde yağmur ve interferans etkilerini biliyor musunuz?		
3. Çoklu erişim tekniklerini biliyor musunuz?		
4. Yerde hareketli uydu sistemlerini biliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "**Hayır**" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "**Evet**" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1) Dönme periyodu dünya ile aynı olan yörünge hangisidir?
A) LEO
B) MEO
C) GEO
D) Hepsi

2) Uydu tutulması ile ilgili hangisi yanlıştır?
A) Özellikle ekinoks zamanı (21 Mart ve 21 Eylül) artar
B) 10 dk.dan 72 dk.ya kadar çıkar. Bu sürede bataryalardan güç alınır
C) Uydu istasyonun batısındaysa istasyonda gündüz iken uydu tutulması olur.
D) Uydu batıdaysa akşam saatlerinde tutulma olur.

3) Antenin kuzeye göre yaptığı yatay açıya ne denir?
A) Eksen açısı
B) Azimut açısı
C) Geniş açı
D) Yükselme açısı

4) Uydu antenin yere yaptığı açıya ne denir?
A) Yükselme açısı
B) Eksen açısı
C) Dar açı
D) Azimut açısı

5) Hangisi RF uydu linki hesabında kullanılan parametrelerdendir?
A) Gönderme gücü ve bit enerjisi
B) Etkili izotropik yayılan güç
C) Eşdeğer gürültü sıcaklığı
D) Hepsi

6) Bir elektromanyetik sinyalin bir başka elektromanyetik sinyali ile karışmasına ne denir?
A) Enerji
B) İndüksiyon
C) İnterferans
D) Transponder

7) Hangisi çoklu erişim tekniklerinden değildir?
A) FDMA
B) PWM
C) TDMA
D) CDMA

8) Hangisi özellikle gemicilik alanında kullanılan uydu haberleşmesi sistemidir?
A) INMARSAT
B) EUTELSAT
C) İRİDİUM
D) GPS

9) Uydu telefonu diye bilinen uydu sistemi nedir?
A) İRİDİUM
B) EUTELSAT
C) INMARSAT
D) GPS

10) Yol bulma, navigasyon uydusu olarak bilinen uydu sistemi nedir?
A) İRİDİUM
B) GPS
C) INMARSAT
D) EUTELSAT

11) GPS sisteminde konum bilgisi için en az kaç uydu görülmelidir?
A) Gerek yok
B) 1
C) 2
D) 3

12) GPS sisteminde kullanılan kaç tane yörünge ve kaç tane uydu vardır?
A) 4 yörünge-16 uydu
B) 6 yörünge-16 uydu
C) 4 yörünge-24 uydu
D) 6 yörünge-24 uydu

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise "Modül Değerlendirme"ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1) Aşağıdakilerden hangisi yapay uydu <u>değildir</u>?
A) Eutelsat
B) Türksat
C) Sputnik
D) Ay

2) Aşağıdakilerden hangisinde uydu sistemleri kullanılabilir?
A) Meteoroloji
B) Askeri
C) Hepsi
D) Telekomünikasyon

3) Hangisi ülkemizin kullandığı haberleşme uydusudur?
A) Türksat
B) Eutelsat
C) Iridium
D) Sputnik

4) Uydudan gönderilen sinyalin yer istasyonu tarafında alınmasına …….denir?
A) Up-link
B) Down-link
C) Elevation
D) Transponder

5) Uyduların gezegen etrafında dönerken izlediği yola……denir?
A) Azimut açısı
B) Yörünge
C) Clarke
D) Senkron

6) Clarke kuşağı hangi yörüngedir?
A) MEO
B) HEO
C) LEO
D) GEO

7) Clarke kuşağının yörünge yüksekliği ne kadardır?
A) 16000 km
B) 26000 km
C) 36000 km
D) 46000 km

8) Hangisi yörünge elemanlarından <u>değildir</u>?
A) Azimut açısı
B) Dış merkezlik
C) Eğim
D) Başlangıç zamanı

9) Dönme periyodu dünya ile aynı olan yörünge hangisidir?
A) LEO
B) MEO
C) GEO
D) Hepsi

10) Uydu tutulması ile ilgili hangisi <u>yanlıştır</u>?
A) Özellikle ekinoks zamanı (21 Mart ve 21 Eylül) artar.
B) 10 dk.dan 72 dk.ya kadar çıkar. Bu sürede bataryalardan güç alınır.
C) Uydu istasyonun batısındaysa istasyonda gündüz iken uydu tutulması olur.
D) Uydu batıdaysa akşam saatlerinde tutulma olur.

11) Antenin kuzeye göre yaptığı yatay açıya ne denir?
A) Eksen açısı
B) Azimut açısı
C) Geniş açı
D) Yükselme açısı

13) Uydu antenin yere yaptığı açıya ne denir?
A) Yükselme açısı
B) Eksen açısı
C) Dar açı
D) Azimut açısı

14) Hangisi RF uydu linki hesabında kullanılan parametrelerdendir?
A) Gönderme gücü ve bit enerjisi
B) Etkili izotropik yayılan güç
C) Eşdeğer gürültü sıcaklığı
D) Hepsi

15) Bir elektromanyetik sinyalin bir başka elektromanyetik sinyali ile karışmasına ne denir?
A) Enerji
B) İndüksiyon
C) İnterferans
D) Transponder

16) Hangisi çoklu erişim tekniklerinden <u>değildir</u>?
A) FDMA
B) PWM
C) TDMA
D) CDMA

17) Hangisi özellikle gemicilik alanında kullanılan uydu haberleşmesi sistemidir?
A) INMARSAT
B) EUTELSAT
C) İRİDİUM
D) GPS

18) Uydu telefonu diye bilinen uydu sistemi nedir?
A) İRİDİUM
B) EUTELSAT
C) INMARSAT
D) GPS

19) Yol bulma, navigasyon uydusu olarak bilinen uydu sistemi nedir?
A) İRİDİUM
B) GPS
C) INMARSAT
D) EUTELSAT

20) GPS sisteminde konum bilgisi için en az kaç uydu görülmelidir?
A) Gerek yok
B) 1
C) 2
D) 3

21) GPS sisteminde kullanılan kaç tane yörünge ve kaç tane uydu vardır?
A) 4 yörünge-16 uydu
B) 6 yörünge-16 uydu
C) 4 yörünge-24 uydu
D) 6 yörünge-24 uydu

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	**D**
2	**C**
3	**A**
4	**B**
5	**B**
6	**D**
7	**C**
8	**A**

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**C**
2	**C**
3	**B**
4	**A**
5	**D**
6	**C**
7	**B**
8	**A**
9	**A**
10	**B**
11	**D**
12	**D**

MODÜL DEĞERLENDİRME'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**D**
2	**C**
3	**A**
4	**B**
5	**B**
6	**D**
7	**C**
8	**A**
9	**C**
10	**C**
11	**B**
12	**A**
13	**D**
14	**C**
15	**B**
16	**A**
17	**A**
18	**B**
19	**D**
20	**D**

KAYNAKÇA

- TOMAS, Wayne, **Elektronik İletişim Teknikleri,** Milli Eğitim Yayınları, İstanbul, 1997.
- RODDY, Dennis**, Satellite Communications,** McGraw-Hill Books, New York, 2006.