

İletişim Ağları Communication Networks

Hazırlayan: M. Ali Akcayol
Gazi Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Bu dersin sunumları, "Behrouz A. Forouzan, Data Communications and Networking 4/E, McGraw-Hill, 2007." kitabı kullanılarak hazırlanmıştır.

İçerik

- ▶ Uydu ağları
- ▶ Uydu parametreleri
- ▶ Uydu yörüngeleri
- ▶ GEO uydular
- ▶ MEO uydular
- ▶ LEO uydular
- ▶ İletim bozulmaları
- ▶ Uydu ağı konfigürasyonu

Uydu ağları

- ▶ **Uydu ağları**, uydu üzerinden iletişim yapan ve **Dünya üzerinde iki nokta arasında veri aktarımını sağlayan düğümlerden oluşur.**
- ▶ Uydu ağları içerisindeki **bir düğüm, kullanıcı bilgisayar, telefon, yer istasyonu** veya **uydu** olabilir.
- ▶ Uydu üzerinde sinyal alma ve gönderme için kullanılan elektronik devreler bulunur.
- ▶ **Kablosuz iletişimde antenlerin yüksekliği arttıkça kapsama alanları artmaktadır.** Uydulardaki antenler çok yüksek noktadadır ve kapsama alanları yeryüzündeki antenlere göre çok fazladır.
- ▶ Uydular yeryüzünden çok yüksekte olduğundan iletişimde ortaya çıkan **gecikme yeryüzündeki antenlere göre daha fazladır.**
- ▶ **Uydular altyapısı yetersiz ve gelişmemiş bölgelerde yüksek kalitede iletişim sağlamaktadırlar.**

İçerik

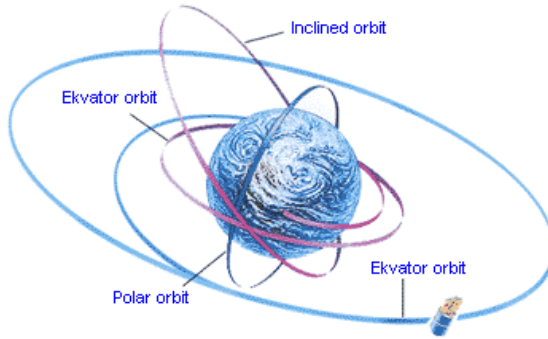
- ▶ Uydu ağları
- ▶ **Uydu parametreleri**
- ▶ Uydu yörüngeleri
- ▶ GEO uydular
- ▶ MEO uydular
- ▶ LEO uydular
- ▶ İletim bozulmaları
- ▶ Uydu ağı konfigürasyonu

Uydu parametreleri

- ▶ Bir uydu yeryüzündeki bir veya birkaç istasyonla iletişim yapar.
- ▶ **Yeryüzünden uyduya doğru yapılan iletişim uplink**, uydudan **yeryüzüne doğru yapılan iletişim ise downlink olarak adlandırılır.**
- ▶ Uyduların uplink ile aldığı sinyali downlink ile gönderen bileşenine **transponder** denilmektedir.
- ▶ Uyduların kapsama alanı buldukları yüksekliğe doğrudan bağlıdır.
- ▶ Uyduların yeryüzünden yükseklikleri arttıkça kapsama alanları artmaktadır.
- ▶ **Uydular üzerinden yapılan iletişimde uzaklığa bağlı maliyet değişimi olmamaktadır.**
- ▶ Karasal mikrodalga ile yapılan iletişimde mesafe arttıkça daha fazla antene ihtiyaç olmakta ve maliyet artmaktadır.

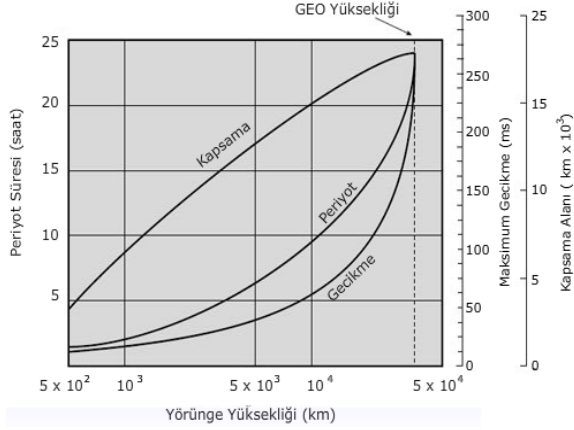
Uydu parametreleri

- ▶ Uyduların **yörüngeleri dairesel veya eliptik olabilir.** Ayrıca, uyduların yörüngesi **ekvator düzleminde** (equatorial orbit), **kutuplar düzleminde** (polar orbit) veya herhangi bir **açısal düzlemde** (inclined orbit) olabilir.
- ▶ Şekilde ekvator düzlemi, kutuplar düzlemi ve açısal düzlem üzerindeki yörüngeler görülmektedir.



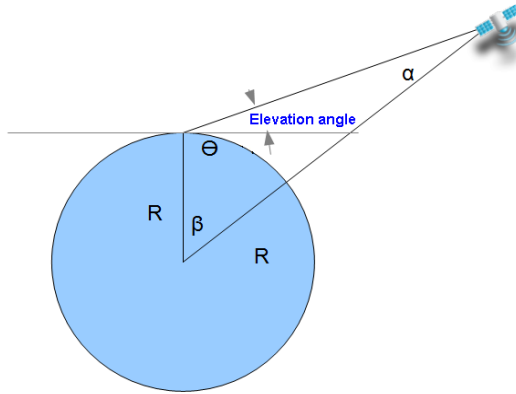
Uydu parametreleri

- ▶ Uydular **yeryüzüne yaklaştıkça dünyadan daha hızlı hareket ederler** ve yeryüzünün herhangi bir noktasından **görünme süreleri azalır**.
- ▶ Bu uydularla kesintisiz iletişim için **başka uydularla roaming yapılması gereklidir**.
- ▶ Şekilde uyduların buldukları yüksekliklere göre dünya etrafında **tur atma süreleri, gecikme değişimi ve kapsama alanları** verilmiştir.



Uydu parametreleri

- ▶ Uyduların yüksekliklerine göre yeryüzü ile veri göndermek ve almak için geçen süre değişmektedir.
- ▶ **Uydular yörüngelerinde hareket ederken yer istasyonu ile arasındaki açı sürekli değişir**.
- ▶ Bu açısal değişim uydunun ufukta görünmeye başlamasıyla **0° ile başlar** yer istasyonun tam üstüne geldiğinde **90° olur** ve **ufukta kaybolmasıyla 180° olur**.
- ▶ Şekilde uydu ile yer istasyonu arasındaki açısal değişim verilmiştir.



İçerik

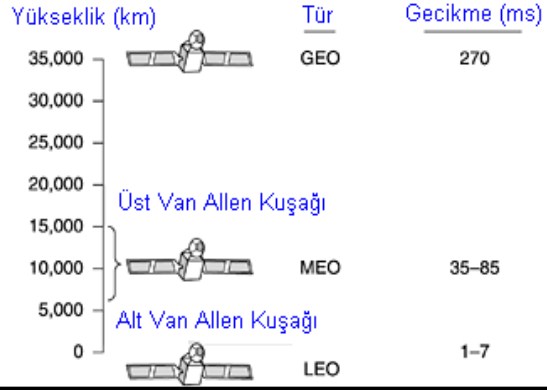
- ▶ Uydu ağıları
- ▶ Uydu parametreleri
- ▶ **Uydu yörüngeleri**
- ▶ GEO uydular
- ▶ MEO uydular
- ▶ LEO uydular
- ▶ İletim bozulmaları
- ▶ Uydu ağı konfigürasyonu

Uydu yörüngeleri

- ▶ Uydu yörüngeleri birkaç farklı parametreyle sınıflandırılabilir.
- ▶ **Bunlardan birincisinde** uydular izledikleri yörüngeye göre sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırmada **uydular dairesel** veya **eliptik yörüngeye sahip olanlar şeklinde iki gruba ayrılır.**
- ▶ **Dairesel yörüngeye sahip olanlarda dünyanın merkez noktası izledikleri yörüngeye merkez noktasıyla aynıdır.**
- ▶ **Eliptik olanlarda** ise dünyanın merkez noktası **elipsin odak noktalarından birisiyle aynıdır.**
- ▶ **Diğer bir sınıflandırmada** ise uyduların izledikleri yörüngeye göre **yeryüzüne göre sahip olduğu düzleme göre birbirinden ayrılırlar.**
- ▶ Buna göre uydular yörüngeleri **ekvator düzleminde,** **kutuplar düzleminde** veya **belirli bir açıya sahip** şekilde olabilir.

Uydu yörüngeleri

- ▶ Üçüncü sınıflandırmada ise uydular **veryüzünden uzaklığa göre sınıflandırılırlar**.
- ▶ Bu sınıflandırmada üç sınıf oluşturulmuştur ve uydular sahip oldukları yüksekliğe göre bu gruptan birisinde yer alırlar.
- ▶ Bunlar, low earth orbit (LEO), medium earth orbit (MEO), geostationary earth orbit (GEO) şeklinde ifade edilirler.
- ▶ Şekilde uyduların yüksekliklere göre sınıflandırılması ve her sınıf için yükseklik aralıkları görülmektedir.



İçerik

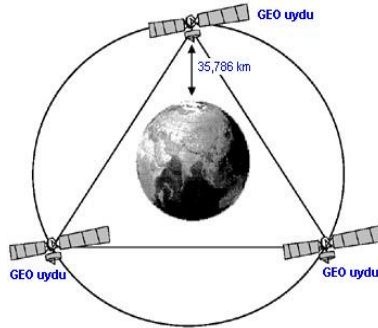
- ▶ Uydu ağları
- ▶ Uydu parametreleri
- ▶ Uydu yörüngeleri
- ▶ **GEO uydular**
- ▶ MEO uydular
- ▶ LEO uydular
- ▶ İletim bozulmaları
- ▶ Uydu ağı konfigürasyonu

GEO uydular

- ▶ Bakış doğrultusunda iletişim için gönderici ve alıcı antenlerin birbirlerini sürekli görmeleri gerekmektedir.
- ▶ Bu yüzden uydu ile iletişim yapılacaksa **uydudaki anten ile yer istasyonundaki antenin birbirini görmesi zorunludur.**
- ▶ Bu tür uyduların yeryüzündeki bir noktanın üzerinde sabit hızla hareket etmesi gereklidir.
- ▶ **GEO uydular dünya ile aynı hızda hareket ederler.** Bu nedenle **dünyanın üzerinde buldukları nokta sabittir.**
- ▶ Yer istasyonundaki anten uyduya yöneltildiğinde zamana göre herhangi bir konum ayarlamaya gerek duymaksızın sürekli birbirlerini görürler.

GEO uydular

- ▶ **Bir GEO uydu dünyanın üçte birini kapsama alanına alabilir.** Tümünü kapsama alanına alabilmek için birbiriyle eşit uzaklıkta üç tane GEO uyduya ihtiyaç duyulmaktadır.
- ▶ **Şekilde 120° açıyla yerleştirilmiş üç tane uydunun kuzey kutbundan görünümü verilmiştir.**



GEO uydular

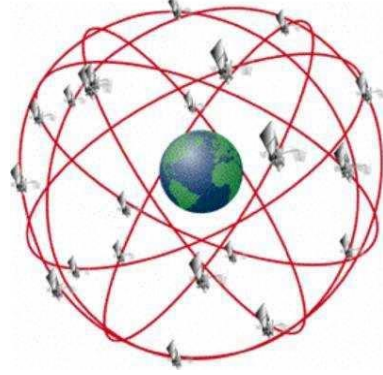
- ▶ **GEO uydularda** yeryüzünden yüksekliği diğerlerine göre fazla olduğundan **iletişimdeki gecikme fazladır.**
- ▶ **Sinyalin** yeryüzü istasyonundan uyduya **gitme süresi 250 ms civarındadır.**
- ▶ Sinyalin uyduya gitme ve gelme süreleri toplamı ise yaklaşık olarak 0,5 sn'dir.
- ▶ Bu **gecikme süresi gerçek zamanlı uygulamalarda iletişim kalitesini önemli oranda düşürür** bazı uygulamalarda ise kullanılamaz derecededir.
- ▶ **Günümüzde GEO uydular televizyon yayıncılığında ve gerçek zamanlı olmayan uygulamalarda özellikle de veri iletişimde kullanılır.**

İçerik

- ▶ Uydu ağları
- ▶ Uydu parametreleri
- ▶ Uydu yörüngeleri
- ▶ GEO uydular
- ▶ **MEO uydular**
- ▶ LEO uydular
- ▶ İletim bozulmaları
- ▶ Uydu ağı konfigürasyonu

MEO uydular

- ▶ **MEO uydular iki Van Allen kuşağı arasında yer almaktadır.** Bu uyduların **dünya etrafındaki turları 6-8 saat arasındadır.**
- ▶ MEO uyduların uygulama alanlarından birisi **GPS (Global Positioning System) uygulamasıdır.** GPS uyduları 18.000 km yüksekliktedir.
- ▶ **GPS sisteminde toplam 24 uydu bulunmaktadır** ve hava, kara ve deniz araçlarına zaman ve lokasyon bilgisi sağlamaktadırlar.
- ▶ Herhangi bir zamanda dünyanın herhangi bir noktasında dört tane GPS uydu görülmektedir.
- ▶ Şekilde GPS sisteminin yörüngeleri görülmektedir.



MEO uydular

- ▶ **GPS sisteminin uygulamaları arasında askeri ve navigasyon sistemleri başta yer almaktadır.**
- ▶ Körfez savaşı sırasında askerlerin üzerinde çok sayıda GPS alıcısı bulunmaktaydı.
- ▶ Bu alıcılarla konum ve zaman bilgilerini sağlamaktaydılar.
- ▶ **Diğer bir GPS uygulama alanı ise navigasyon sistemleridir.**
- ▶ Bu sistemler günümüzde birçok firma tarafından araç filolarının izlenmesi ve geçmiş konum bilgilerinin saklanması amacıyla kullanılmaktadır.
- ▶ Ayrıca, sahada çalışan personelin konum bilgilerini saklamak için de kullanılmaktadır.

İçerik

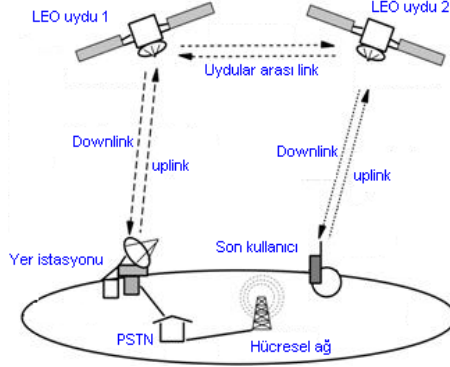
- ▶ Uydu ağları
- ▶ Uydu parametreleri
- ▶ Uydu yörüngeleri
- ▶ GEO uydular
- ▶ MEO uydular
- ▶ **LEO uydular**
- ▶ İletim bozulmaları
- ▶ Uydu ağı konfigürasyonu

LEO uydular

- ▶ **LEO uydular polar yörüngeye sahiptirler.**
- ▶ **Yeryüzünden yükseklikleri 500 km ile 2.000 km arasındadır.**
- ▶ Dünya etrafındaki **tur süreleri ise 1,5 saat ile 2 saat arasındadır.**
- ▶ LEO uyduların **saatteki hızları 20.000 km/s ile 25.000 km/s arasındadır.**
- ▶ LEO uyduların **kapsama alanları yaklaşık olarak 8.000 km'dir.**
- ▶ Yeryüzüne en yakın uydular olan LEO uydularda yeryüzü istasyonu ile uydu arasında **sinyalin gitme gelme süresi (round trip time - RTT) yaklaşık 20 ms'dir.**
- ▶ Düşük gecikmeye sahip olduklarından dolayı genellikle **gerçek zamanlı sesli ve görüntülü iletişim için kullanılmaktadırlar.**

LEO uydular

- ▶ Günümüzde hücresel iletişim ağlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.
- ▶ **LEO uydular kendi aralarında da linke sahiptir.**

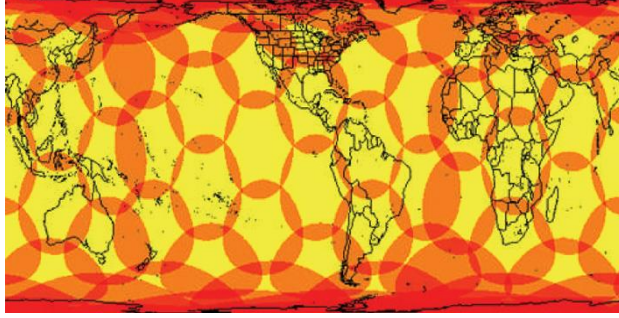


LEO uydular

- ▶ **LEO uydu sistemi çalışma frekanslarına göre üç gruba ayrılır.**
- ▶ Bunlar, **küçük LEO uydular**, **büyük LEO uydular** ve **genişbant LEO uydular** şeklinde ifade edilir.
- ▶ **Küçük LEO uydular 1 GHz ve altındaki bandı kullanır.** Bu uydular genellikle düşük veri iletimi gereken uygulamalarda kullanılır.
- ▶ Bu uydularla oluşturulan bantlar 5 MHz bant genişliğine sahiptir ve elde edilen **veri oranı ise 10 kbps civarındadır.**
- ▶ **Büyük LEO uydular ise 1 GHz ile 3 GHz arasındaki bandı kullanır.** Globalstar büyük uydu grubunda yer alır.
- ▶ **Her birisinde toplam 8 uydu olan 6 tane polar yörüngeye sahiptir** ve **toplam 48 tane uydudan oluşmaktadır.**
- ▶ Bu uyduların tamamı 1.400 km yükseklikte yer alır.

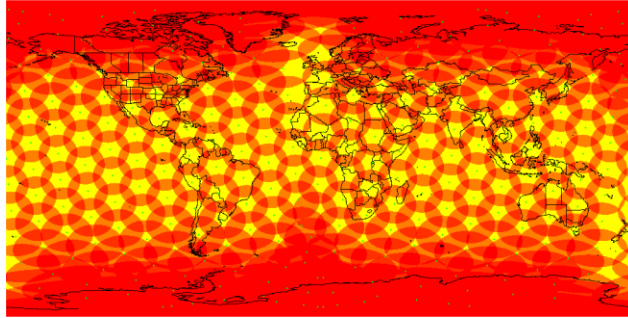
LEO uydular

- ▶ **Diğer bir LEO uydu sistemi Iridium'dur.**
- ▶ Iridium sistemi **her birisinde 11 uydu olan toplam 6 yörüngeden oluşur** ve **toplam uydu sayısı 66 tanedir.**
- ▶ Yörünge yüksekliği yaklaşık olarak 750 km'dir.
- ▶ Şekilde Iridium uydu ağının kapsama alanı görülmektedir.



LEO uydular

- ▶ **Genişbant LEO uydular** ise fiber optik ağlara benzer ve ilk genişbant LEO sistemi Teledesic sistemidir.
- ▶ **Temel geliştirilme amacı** ve günümüzdeki kullanım alanı kullanıcılara **genişbant İnternet erişimi sağlamaktır.**
- ▶ **Şekilde Teledesic uydu ağının kapsama alanı** görülmektedir.



İçerik

- ▶ Uydu ağları
- ▶ Uydu parametreleri
- ▶ Uydu yörüngeleri
- ▶ GEO uydular
- ▶ MEO uydular
- ▶ LEO uydular
- ▶ İletim bozulmaları
- ▶ Uydu ağı konfigürasyonu

İletim bozulmaları

- ▶ **Bir uydu kanalının performansı üç faktöre bağlıdır.**
Bunlar,
 - ▶ **Yeryüzü istasyonu anteni ile uydu anteni arasındaki uzaklık**
 - ▶ **Yeryüzü istasyonu ile son erişim noktası** (mobil cihaz veya kullanıcı) **arasındaki uzaklık**
 - ▶ **Atmosferik emilim** oranıdır.

İletim bozulmaları

Yeryüzünden uzaklık

- ▶ Bir uydunun yeryüzünden uzaklığı arttıkça sinyaldeki bozulmalar da artmaktadır.
- ▶ Boşluk kayıpları aşağıda verilen eşitlikle ifade edilir:

$$L_{dB} = 10 \log \frac{P_t}{P_r} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) = -20 \log(\lambda) + 20 \log(d) + 21,98 \text{ dB}$$

- ▶ Burada,
 P_t = Gönderici antenin yaydığı sinyalin gücü
 P_r = Alıcı antenin aldığı sinyalin gücü
 λ = Taşıyıcı sinyalin dalga boyu
 d = İki anten arasındaki uzaklık

İletim bozulmaları

Yeryüzünden uzaklık

- ▶ Taşıyıcı sinyalin dalga boyu ile uzaklık metre olarak alınır.
- ▶ Sinyalin frekansı yükseldikçe dalga boyu düşeceğinden kayıp artacaktır.
- ▶ **GEO uydular için kayıp oranı,**

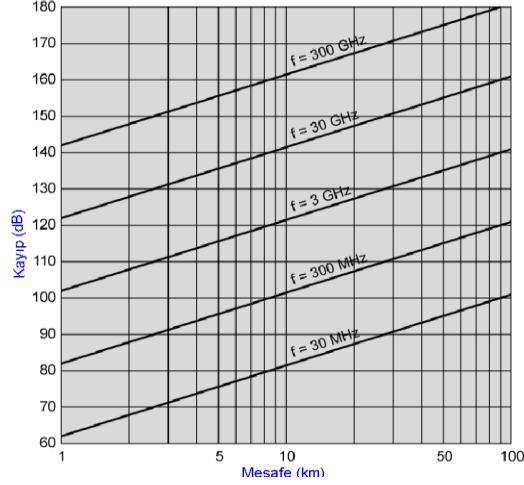
$$L_{dB} = -20 \log(\lambda) + 20 \log(35.863 \times 10^6) + 21,98 \text{ dB} = -20 \log(\lambda) + 173,07 \text{ dB}$$

- ▶ GEO uydu ile iletişim için kullanılan sinyalin dalga boyuna göre kayıp miktarı değişecektir.
- ▶ **Dalga boyu düştükçe (frekans arttıkça) kayıp miktarı artacaktır.**

İletim bozulmaları

Yeryüzünden uzaklık

- Şekilde uyduların yükseklikleri arttıkça ve iletişim için kullanılan sinyalin frekansı arttıkça kayıp miktarının değişimi verilmiştir.



İletim bozulmaları

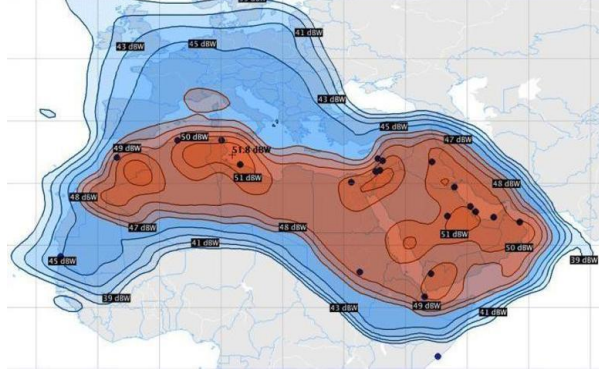
Son erişim noktası uzaklığı

- Yeryüzü istasyonu uydudan aldığı sinyali hedef noktadaki cihaza taşır. Bu cihaz bir **mobil telefon** olabildiği gibi, **radyo / TV vericisi veya alıcısı** veya **navigasyon alıcısı** olabilir.
- **Bu son noktadaki cihazın yeryüzü istasyonuna olan uzaklığına göre sinyaldeki kayıp artmaktadır.**
- Yeryüzü istasyonundan ilgili cihazın bulunduğu noktaya bir veya birden fazla karasal anten ile veya iletim hattı ile bu sinyaller iletebilir.
- Uydudan gönderilen sinyal doğrudan cihaz tarafından alınsa bile uydular yeryüzü istasyonuna odaklanmış bir şekilde LOS iletişim yaparlar ve **son noktadaki cihazın yeryüzü istasyonundan uzaklığı arttıkça uydudan alınan sinyalin gücü de zayıflamaya başlar.**

İletim bozulmaları

Son erişim noktası uzaklığı

- Şekilde uyduların yeryüzünde kapsadıkları alanlar ve bu alan içerisindeki sinyal gücünün merkezden kenardaki noktalara gittikçe değişimine örnek görülmektedir.



İletim bozulmaları

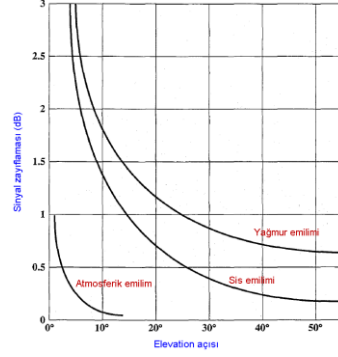
Atmosferik emilim

- **Atmosferik emilimin en büyük nedenleri su ve oksijendir.**
- Sudan dolayı ortaya çıkan **zayıflama** özellikle **sisli ve yağmurlu havalarda daha fazla olmaktadır.**
- **Atmosferik emilimden dolayı zayıflama sinyalin atmosferde aldığı yol arttıkça artmaktadır.**
- Uydu ile yer istasyonunun açısı bu yolun uzunluğunu etkilemektedir.
- **Atmosferik dirençten kaynaklanan zayıflama sinyalin frekansına göre de değişmektedir.**
- **Yüksek frekanslı sinyaller daha çok atmosferik emilimden dolayı zayıflamaktadır.**

İletim bozulmaları

Atmosferik emilim

- ▶ Şekilde **atmosferik emilim, sis, yağmur** ve **uydunun açisal değişimiyle sinyaldeki zayıflama oranı görölmektedir.**
- ▶ Uydunun yer istasyonuyla arasındaki aç 0° ile başlar uydu yer istasyonun tam üstüne geldiğinde 90° olur ve ufukta kaybolduğunda 180° olur.
- ▶ **Elevation açısı 0° iken sinyalin atmosferde aldığı yol fazla olduğundan zayıflama çoktur, açisal değişim 90° ye doğru artarak devam ettiğinde sinyal atmosferde daha az yol almakta ve sinyaldeki zayıflama azalmaktadır.**
- ▶ Zayıflamaya neden olan en yüksek etkiye yağmur, daha sonra sis ve ardından atmosferik emilim sahiptir.

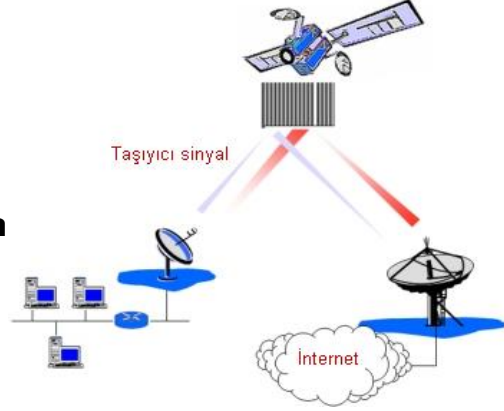


İçerik

- ▶ Uydu ağları
- ▶ Uydu parametreleri
- ▶ Uydu yörüngeleri
- ▶ GEO uydular
- ▶ MEO uydular
- ▶ LEO uydular
- ▶ İletim bozulmaları
- ▶ Uydu ağı konfigürasyonu

Uydu ağı konfigürasyonu

- ▶ **Uydular** yeryüzündeki iki nokta arasında iletişim için kullanılabilceği gibi **çok sayıdaki nokta arasında da kullanılabilir.**
- ▶ Yeryüzündeki iki nokta arasındaki iletişimde uydu point-to-point bir linkin parçası durumundadır.
- ▶ Çok sayıdaki yeryüzü istasyonunun arasındaki iletişimde ise bir gönderici ile çok sayıda alıcı arasında veri iletişimi yapılır.
- ▶ **Şekilde noktadan noktaya iletişim görülmektedir.**



Uydu ağı konfigürasyonu

- ▶ Gönderici yeryüzü istasyonu ile alıcı yer istasyonu arasındaki iletişim uydu üzerinden yapılmaktadır.
- ▶ Yeryüzü istasyonları arasındaki mesafe çok büyüktür ve karasal antenler kullanılarak iletişim maliyeti genellikle çok yüksektir.
- ▶ Bir yeryüzü istasyonundan çok sayıdaki yeryüzü istasyonuna doğru yapılacak iletişimde ise yine uydu iletişim linkinin bir parçası durumundadır.
- ▶ **Şekilde bir noktadan çok noktaya broadcast iletişim yapan bir konfigürasyon görülmektedir.**

