

Mobil ve Kablosuz Ağlar (Mobile and Wireless Networks)

Hazırlayan: M. Ali Akcayol
Gazi Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Ders konuları

- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- Uydu yörüngeleri
- GEO uydular
- MEO uydular
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

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 bilgisayarını, telefonunu, yer istasyonu veya uydu** olabilir.
- Uydular üzerinde sinyal alma ve gönderme için kullanılan elektronik devreleri bulunur.
- Kablosuz iletişimde antenlerin yüksekliği arttıkça kapsama alanları artmaktadır. Uydulardaki antenler çok daha yüksek noktadadır ve kapsama alanları yeryüzündeki antenlere göre çok fazladır.
- Uydular yeryüzünden çok yüksekte olduğundan iletişiminde ortaya çıkan **gecikme de yeryüzündeki antenlere göre daha fazladır.**
- **Uydular altyapısı yetersiz ve gelişmemiş bölgelerde de yüksek kalitede iletişim sağlamaktadırlar.**

Ders konuları

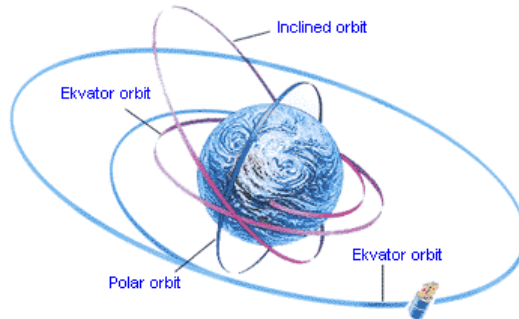
- Uydu ağları
- **Uydu parametreleri**
- Uydu yörüngeleri
- GEO uydular
- MEO uydular
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

Uydu parametreleri

- Bir uydu yeryüzündeki bir veya birkaç tane istasyonla iletişim yapar.
- **Yeryüzünden uyduya doğru yapılan iletişim uplink**, uydudan **yeryüzüne doğru yapılan iletişim ise downlink olarak adlandırılır.**
- Uydular üzerindeki uplink ile aldığı sinyali downlink ile gönderen bileşene **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.

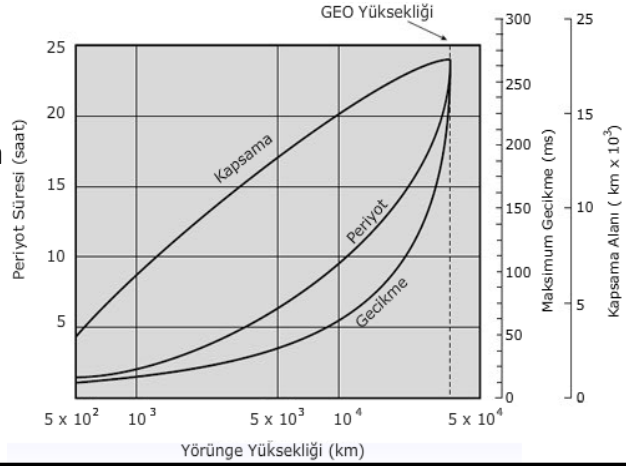
Uydu parametreleri

- 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.



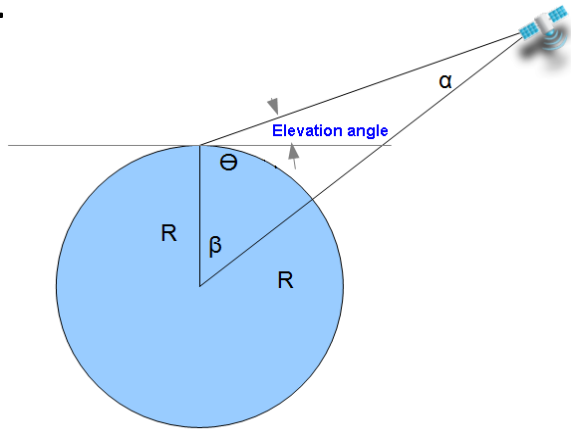
Uydu parametreleri

- Uydular **yeryüzüne yaklaştıkça dünyadan daha hızlı hareket ederler** ve yeryüzünün herhangi bir noktasından **görünme süreleri azalır**.
- Bu uydularla kesintisiz iletişim için **diğer uydular ile 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.
- Uyduların yörüngelerinde hareket ederken yer istasyonu **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.



Ders konuları

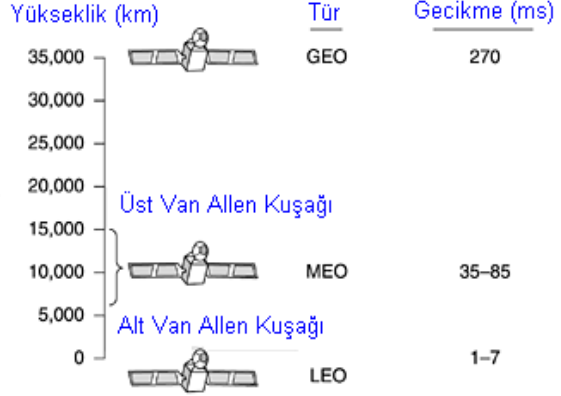
- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- **Uydu yörüngeleri**
- GEO uydular
- MEO uydular
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

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 yörünge merkez noktasıyla aynıdır.**
- **Eliptik olanlarda** ise dünyanın merkez noktası **elipsin odak noktalarından birisiyle aynıdır.**
- **Diğer bir sınıflandırmada** ise uyduların izledikleri yörünge yüzüne göre sahip olduğu düzleme göre birbirinden ayrılırlar.
- Buna göre uydular yörüngeleri ekvator düzleminde, kutuplar düzleminde veya belirli bir açıda sahip şekilde olabilir.

Uydu yörüngeleri

- Üçüncü sınıflandırmada ise uydular yeryüzünden 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)** ve **geostationary earth orbit (GEO)** şeklinde ifade edilirler.
- Şekilde uyduların yüksekliklere göre sınıflandırılması ve her sınıf için yükseklik aralıkları görülmektedir.



Ders konuları

- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- Uydu yörüngeleri
- **GEO uydular**
- MEO uydular
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

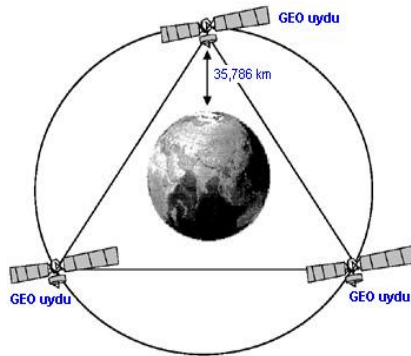
GEO uydular

- 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 yönetildiğinde zamana göre herhangi bir konum ayarlamaya gerek duymaksızın sürekli birbirlerini görürler.

13

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.**



14

GEO uydular

- **GEO uydularda** yeryüzünden yüksekliği diğerlerine göre fazla olduğundan dolayı **iletişimdeki gecikme çoktur.**
- **Sinyalin** yeryüzü istasyonundan uyduya **gitme süresi yaklaşık olarak 250 ms'dir.**
- Sinyalin uyduya gitme ve gelme süreleri toplamı ise yaklaşık 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.**

15

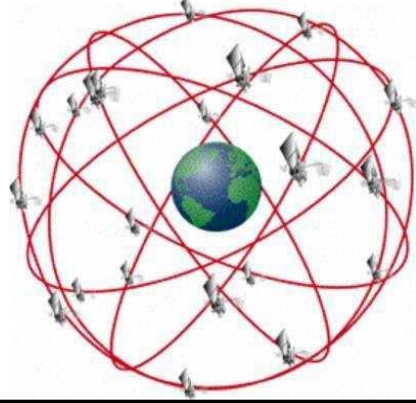
Ders konuları

- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- Uydu yörüngeleri
- GEO uydular
- **MEO uydular**
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

16

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 tane 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.



17

MEO uydular

- **GPS sisteminin uygulamaları arasında askeri ve navigasyon sistemleri başta yer almaktadır.**
- Körfez savaşı sırasında askerlerin üzerinde binlerce 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.

18

Ders konuları

- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- Uydu yörüngeleri
- GEO uydular
- MEO uydular
- **LEO uydular**
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

19

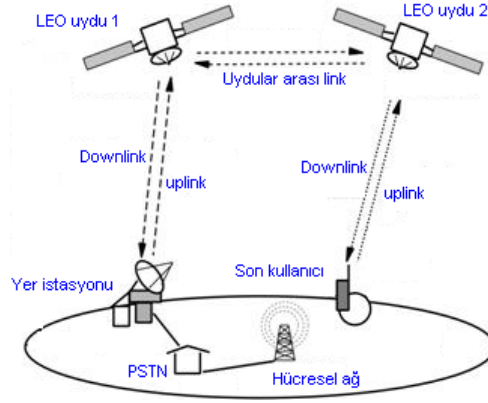
LEO uydular

- **LEO uydular polar yörüngeye sahiptirler.**
- **Yeryüzünden yükseklikleri 500 km ile 2.000 km arasındadır.**
- Dünya etrafındaki **turn 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 olarak 20 ms'dir.**
- Kabul edilebilir bir gecikmeye sahip olduklarından dolayı genellikle **gerçek zamanlı sesli ve görüntülü iletişim için kullanılmaktadırlar.**

20

LEO uydular

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



21

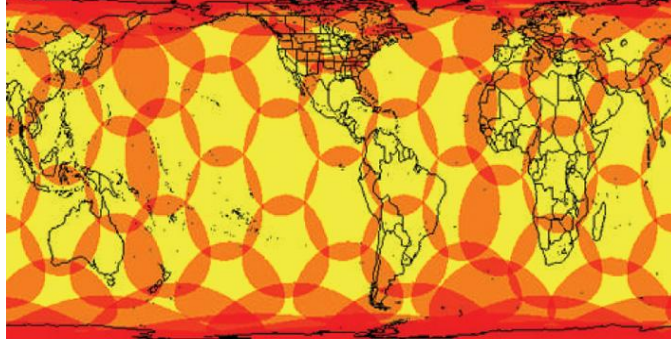
LEO uydular

- **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.

22

LEO uydular

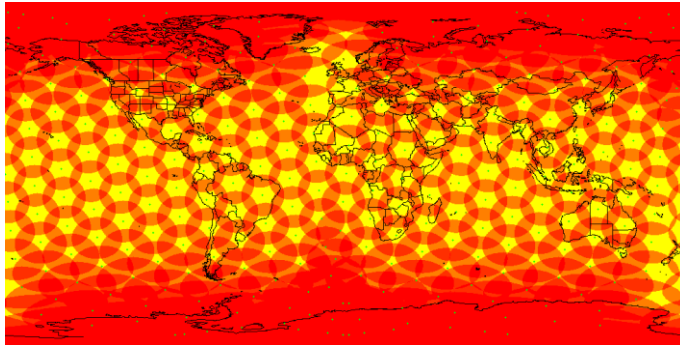
- Diğer bir LEO uydu sistemi Iridium'dur.
- Iridium sistemi her birisinde 11 uydu olan toplam 6 yörüngeden oluşur ve toplam uydu sayısı 66 tanedir.
- Yörünge yüksekliği yaklaşık olarak 750 km'dir.
- Şekilde Iridium uydu ağının kapsama alanı görülmektedir.



23

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.



24

Ders konuları

- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- Uydu yörüngeleri
- GEO uydular
- MEO uydular
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

25

İletim bozulmaları

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

26

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

27

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,**

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

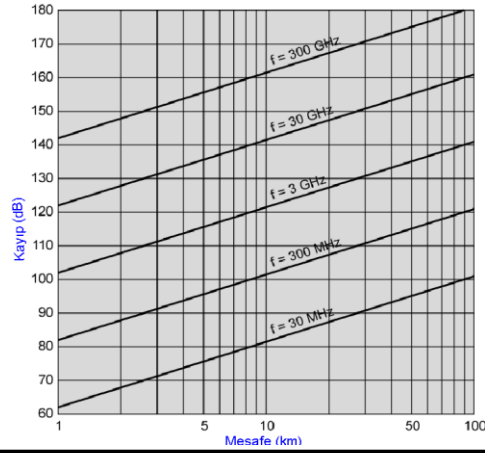
- GEO uydu ile iletişim için kullanılan sinyalin dalga boyuna göre kayıp miktarı değişecektir.
- **Dalga boyu düştükçe başka bir deyişle frekans arttıkça kayıp miktarı artacaktır.**

28

İletim bozulmaları

Yeryüzünden uzaklık

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



29

İletim bozulmaları

Son erişim noktası uzaklığı

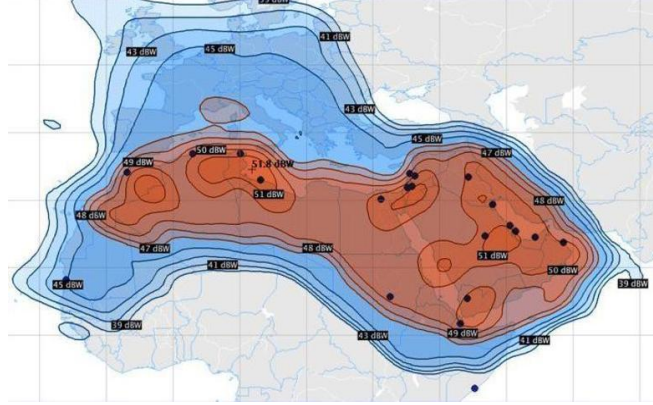
- Yeryüzü istasyonu uydudan aldığı sinyali amaçlanan noktadaki cihaza taşır. Bu cihaz bir mobil telefon olabildiği gibi, radyo / TV vericisi veya alıcısı veya navigasyon alıcısı olabilir.
- **Bu son noktadaki cihazın yeryüzü istasyonuna olan uzaklığına göre sinyaldeki kayıp artmaktadır.**
- Yeryüzü istasyonundan ilgili cihazın bulunduğu noktaya bir veya birden fazla karasal anten ile veya iletim hattı ile bu sinyaller iletilebilir.
- 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.**

30

İletim bozulmaları

Son erişim noktası uzaklığı

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



31

İletim bozulmaları

Atmosferik emilim

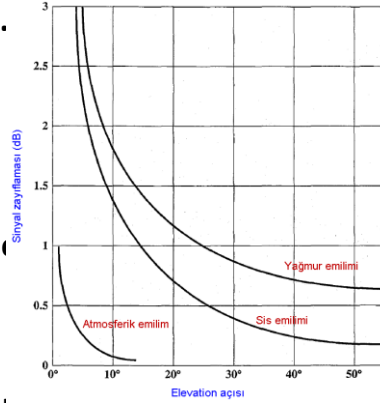
- **Atmosferik emilimin en büyük nedenleri su ve oksijendir.**
- Sudan dolayı ortaya çıkan **zayıflama** özellikle **sisli ve yağmurlu havalarda daha fazla olmaktadır.**
- **Atmosferik emilimden dolayı zayıflama sinyalin atmosferde aldığı yol arttıkça artmaktadır.**
- Uydu ile yer istasyonunun açısı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

32

İletim bozulmaları

Atmosferik emilim

- Şekilde atmosferik emilim, sis, yağmur ve uydunun açısai değişimiyle sinyaldeki zayıflama oranı görölmektedir.
- Uydunun yer istasyonuyla arasındaki açı 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, açısai değişim 90° ye doğru artarak devam ettiğinde sinyal atmosferde daha az yol almakta ve sinyaldeki zayıtıama azalmaktadır.
- Zayıflamaya neden olan en yüksek etkiye yağmur, daha sonra sis ve ardından atmosferik emilim sahiptir.

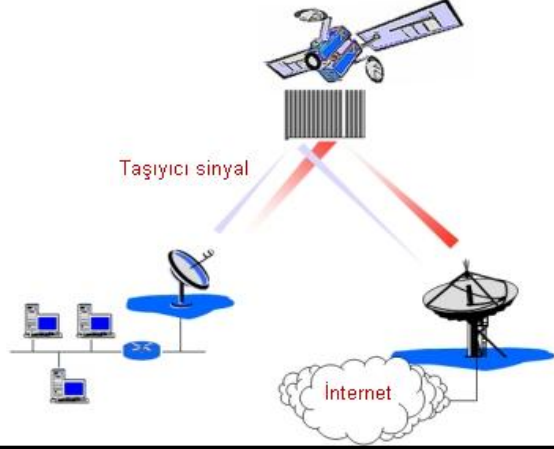


Ders konuları

- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- Uydu yörüngeleri
- GEO uydular
- MEO uydular
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

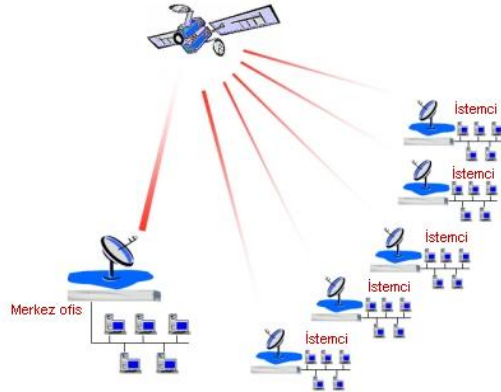
Uydu ağı konfigürasyonu

- **Uydular** yeryüzündeki iki nokta arasında iletişim için kullanılabilir. 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.**



36

Ders konuları

- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- Uydu yörüngeleri
- GEO uydular
- MEO uydular
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- **Kapasite planlaması**
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

37

Kapasite planlaması

- **Bir uydu çok geniş banda sahiptir ve bu bandı küçük kanallara bölerek kullanır.**
- **Bir GEO uydu 500 MHz banda sahiptir ve her birisi 40 MHz olan çok sayıda kanal oluşturarak iletişim yapar.**
- Bu kanallar, kullanılarak TV yayını, veri aktarımı veya bir kullanıcının tüm iletişimini sağlayacak şekilde tahsis edilebilmektedir.
- Bu şekilde kapasite planlaması yapılmakta, en etkin ve verimli kullanım sağlanmaktadır.

38

Kapasite planlaması

- Bunun için üç tane kapasite planlama yöntemi kullanılmaktadır.
 - FDMA (Frequency Division Multiple Access)
 - TDMA (Time Division Multiple Access)
 - CDMA (Code Division Multiple Access)

39

Ders konuları

- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- Uydu yörüngeleri
- GEO uydular
- MEO uydular
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

40

FDMA

- **FDMA yönteminde uydunun tüm bandı kanallara bölünür ve her bir kanal için bir taşıyıcı sinyal kullanılır.**
- Kullanılan modülasyon yöntemine göre taşıyıcı sinyal modüle edilir.
- GEO uydularda Galaxy uyduları bandın tamamını guard band ile birlikte her birisi 40 MHz olan kanallara böler.
- Her kanal için 4 MHz guard band oluşturulur.
- **Kanalların kullanımında farklı alternatifler oluşturulabilir.** Bunlar,
 - 1200 tane ses kanalı
 - 50 Mbps veri iletişimi
 - 1,544 Mbps bant genişliğine sahip 16 kanal
 - 400 tane 64 kbps kanal
 - 600 tane 40 kbps kanal
 - Bir tane analog video kanalı
 - 6 ile 9 arasında sayısal video kanalı

41

FDMA

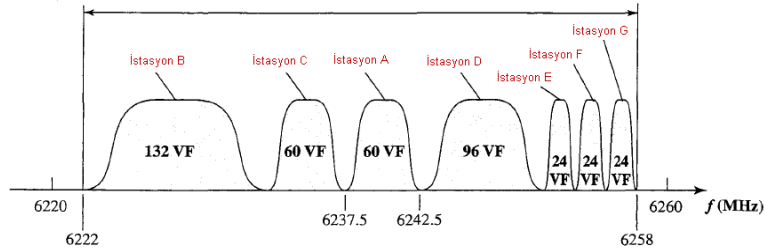
- **Bir uydu ile bu şekilde kanal oluşturulduğunda ortamdaki gürültüden dolayı iletişimin kapasitesi etkilenebilir.**
- **Bu gürültüler, thermal gürültü, intermodülasyon gürültü ve crosstalk gürültüdür.**
- FDMA iki farklı şekilde oluşturulabilir. Bunlar,
 - FAMA (Fixed Assignment Multiple Access)
 - DAMA (Demand Assignment Multiple Access)

42

FDMA

FDMA-FAMA

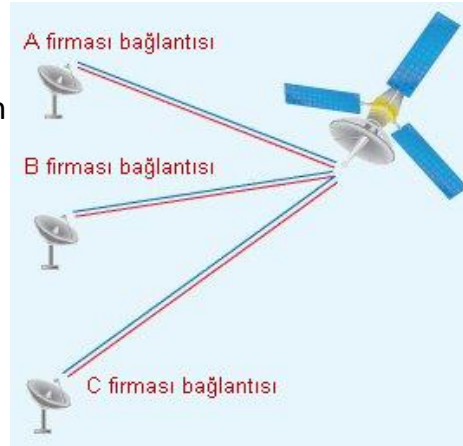
- FAMA yöntemi kullanıldığında uydudaki tüm kanallar istasyonlara sabit bir şekilde dağıtılırlar ve zamana veya isteğe göre değiştirilmezler.
- Bu şekilde atama yapıldığında genellikle verimsiz bir kullanım ortaya çıkar. Bir istasyona atanmış ancak o istasyon tarafından kullanılmayan kanallar diğer istasyonlara tahsis edilemezler.
- FAMA ile FDMA yapılmasına bir örnek aşağıdaki şekilde verilmiştir.



FDMA

FDMA-DAMA

- DAMA yönteminde ise, kapasite ataması talebe göre düzenlenir ve en verimli kullanım gerçekleştirilmeye çalışılır.
- Her istasyon için gerek duyacağı kadar kanal atanmaya çalışılır ve kullanılmayan kanallar da yeni gelen taleplere ayrılarak daha verimli kullanılmaya çalışılır.
- FDMA ile DAMA yapılmasına bir örnek şekilde verilmiştir.
- Firmaların isteğine göre bant genişliği her birisinde farklı olabilmektedir.



Ders konuları

- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- Uydu yörüngeleri
- GEO uydular
- MEO uydular
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

45

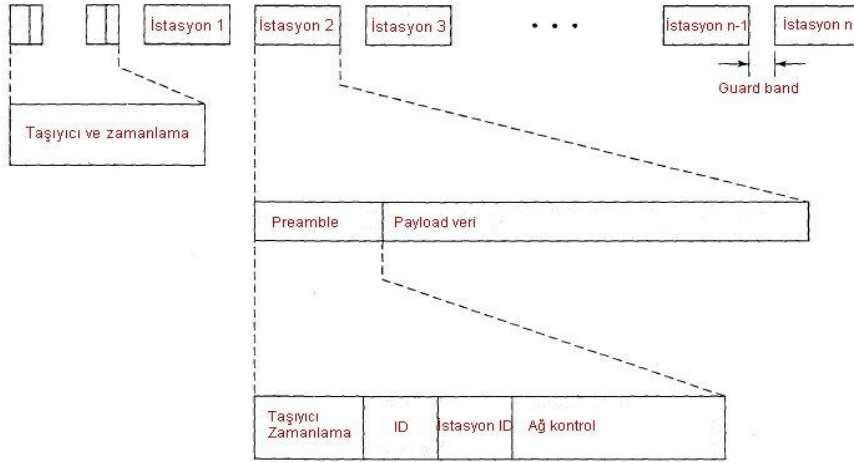
TDMA

- **Uydu iletişimde TDM ile çoğullama giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır.**
- FDMA ile kullanılan FAMA ve DAMA yöntemleri TDMA ile de kullanılmaktadır.
- **Yer istasyonlarının isteğine veya talebine göre ayrılan slot sayısı değiştirilerek DAMA, her bir yeryüzü istasyonuna sabit bir kanal ataması yapılarak FAMA yöntemiyle TDMA yapılabilir.**
- Her bir yeryüzü istasyonuna ayrılan slotlarla oluşturulan çerçeve süresi **0,1 ms ile 2 ms arasında değişmektedir.**
- Bir çerçeve içerisindeki slot sayısı ise uydularda farklılık göstermektedir ve 3 ile 100 slot arasında değişmektedir.
- **TDMA ile yapılan iletişimde bant genişliği ise 10 Mbps ile 100 Mbps arasında değişmektedir.**

46

TDMA

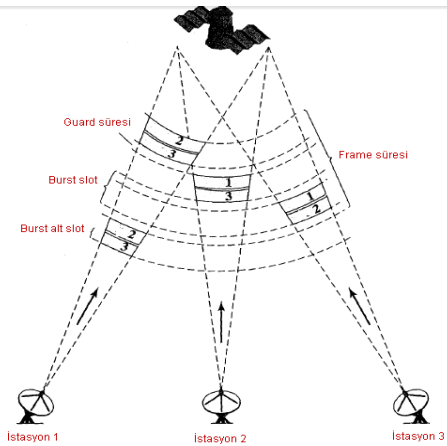
- Şekilde örnek bir TDMA çerçevesi görülmektedir.



47

TDMA

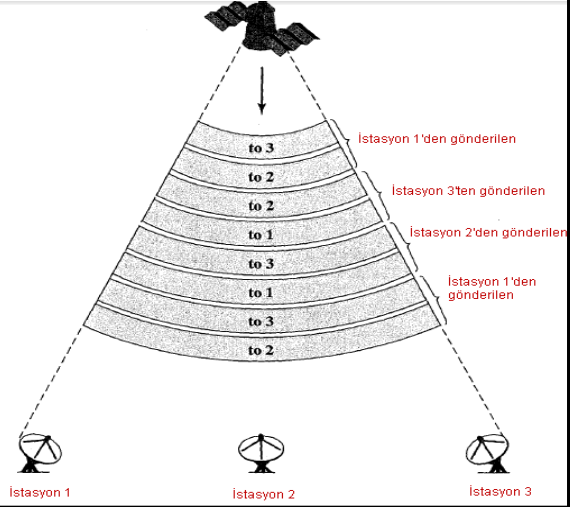
- **Uydu tarafından yeryüzü istasyonlarından gelen veriler toplanır.**
- Sırayla tüm istasyonlar taranır ve her birisine belirli bir süre ayrılır.
- **Daha sonra her bir veri için hangi yer istasyonuna gönderilecekse broadcast gönderim yapılır.**
- Şekilde FAMA ile TDMA yapılarak uplink görülmektedir.



48

TDMA

- Uplink yapılırken veri gönderecek istasyon sayısı arttıkça istasyon başına birim zamanda düşecek slot sayısı azalmakta ve veri oranı düşmektedir.
- Şekilde downlink yapılmasına örnek görülmektedir.
- Downlink için her veri tüm yer istasyonlarına gönderilir ancak kendisinin adresi ile aynı olan alır ve kullanır.



Ders konuları

- Uydu ağları
- Uydu parametreleri
- Uydu yörüngeleri
- GEO uydular
- MEO uydular
- LEO uydular
- İletim bozulmaları
- Uydu ağı konfigürasyonu
- Kapasite planlaması
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA

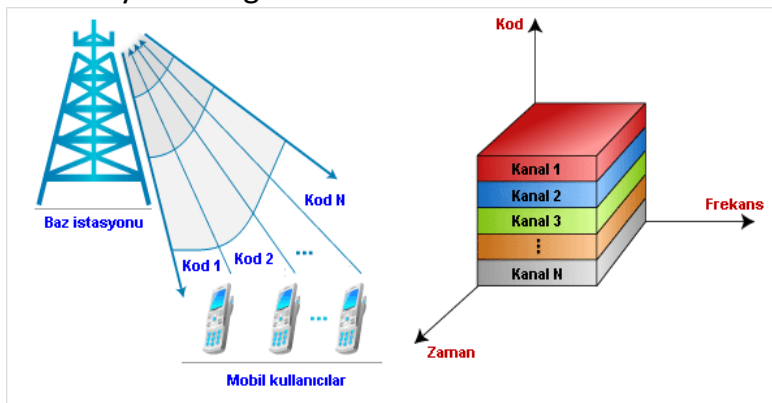
CDMA

- **CDMA yönteminde dar bant sinyal çok yüksek bant genişliğiyle çarpılır.** Elde edilen sinyal yayma işlemi yapılmış ve gerekli olandan çok daha yüksek bant genişliğine sahiptir.
- **Göndericinin iletmek istediği verinin her biti için kullanıcıya atanmış olan kod çarpılır ve elde edilen sinyal modülasyona tabi tutulur.**
- Kullanıcılara kod atanması için PN serileri kullanılır.
- **Bu sayılar DSSS yönteminde atanan kod ve FHSS yönteminde frekanslar arasında atlama sırasını belirlemek için kullanılan kod ile aynı özelliklere sahiptir.**
- Ancak, **CDMA yönteminde aynı frekans bandını çok sayıda kullanıcı eşzamanlı kullandığından seçilen kodların birbirinden ayırt edilebilmesi için orthogonal (dik) olması gereklidir.**

51

CDMA

- **CDMA yöntemi öncelikle askeri uygulamalarda kullanılmıştır.**
- Günümüzde hücresel ağlar başta olmak üzere farklı alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.
- Şekilde CDMA yöntemi görülmektedir.



52

CDMA

- **CDMA yönteminde tüm kullanıcılar aynı taşıyıcı frekansı aynı zaman aralığında gönderirler.**
- Her kullanıcı gönderdiği veri için kendisine atanmış kodu veya tersini iletir. Gönderdiği veri ile kodun XOR işlemine tabi tutulmasıyla gönderilecek kod elde edilir.
- **Daha sonra ASK, FSK veya PSK ile modülasyon gerçekleşir.**
- Alıcı tarafta ise, alınan sinyalin üzerinde kullanıcı kendisine ait bir kod bulunup bulunmadığına bakar ve varsa ilgili kod ile gelen sinyali demodüle eder.
- **Alıcının göndericinin kullandığı kod ile işlem yapması yani aynı kodu bilmesi gereklidir.**
- Bu kodun belirlenmesi iki taraf arasında iletişime başlamadan önce yapılır.

53

CDMA

- CDMA farklı iletişimlerin birbirini etkilemesine karşı daha iyi yapıya sahiptir. Kullanıcılara atanan kod ile iletişimler birbirinden ayrılır.
- **Çok sayıda kullanıcı TDD veya FDD kullanılsa bile aynı anda aynı frekansı kullanabilir.**
- CDMA ile yapılan iletişimde eşzamanlı kullanıcı sayısının artması performansı etkilemez. Ancak alıcıda alınan sinyalin toplam genliği artmaya başlar.
- **CDMA günümüzde kablosuz mobil sistemlerde kullanılmaktadır.**
- **Hücreler arasında geçişin soft handoff yapılmasına olanak sağlar.**
- Böylelikle hareketli kullanıcı tarafından algılanmayacak şekilde hücreler arasında geçiş yapabilir.
- Ancak, CDMA yönteminde kullanıcılara atanan kodlar tam olarak orthogonal değilse birbirini etkilemeleri mümkündür.

54

Ödev

- GPS ve GNSS sistemleri hakkında detaylı bir araştırma ödevi hazırlayınız.