

Mobil ve Kablosuz Ağlar (Mobile and Wireless Networks)

Hazırlayan: M. Ali Akcayol
Gazi Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımın etkisi

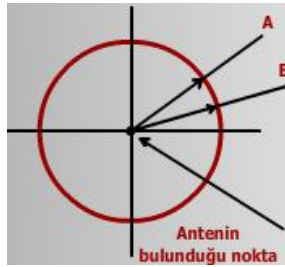
Antenler

- **Antenler elektromanyetik sinyalleri iletim ortamına yayan ve iletim ortamındaki elektromanyetik sinyalleri toplayan iletkenlerdir.**
- **Aynı anten iki yönlü** olarak **hem gönderici hem de alıcı** olarak kullanılabilir.
- Kablosuz veri iletişimde kullanılan antenlerin fiziksel boyutları ve şekilleri iletişimde kullanılacak sinyallerin frekansını doğrudan etkilemektedir.
- **Antenlerin aynı frekans için gönderme ve alma karakteristikleri aynı şekildedir.**

Antenler

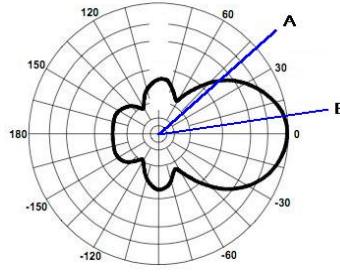
Yayılm

- Bir anten tüm yönlerde yayılım yapar ancak sinyalin **her yöne yayılım gücü eşit değildir.**
- Antenlerin yayılım karakteristikleri üç boyutlu uzayda sinyallerin her yöne yayılım gücünü göstermektedir.
- **İdeal anten izotropik olarak adlandırılır** ve şekildeki gibi her yöne yayılım eşittir.



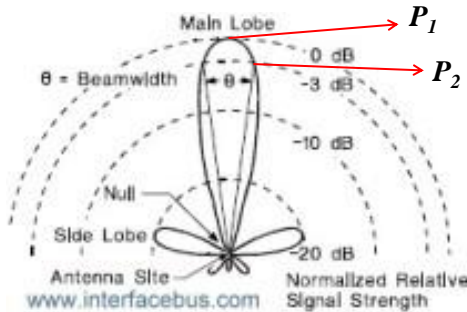
Yayılım

- Diğer bir anten ise yönlü yayılıma (directional) sahip olan ve bir yöndeki yayılımı diğerinden farklı olan antendir.
- Yönlü antendeki yayılım antenin yönüne, fiziksel özelliklerine, bulunduğu ortamın atmosferik şartlarına ve coğrafik özelliklerine bağlı olarak yönler göre değişmektedir.



Yayılım

- Yönlü bir antenin yayılım gücünün ve yayılım yaptığı açının ifade edilmesi için demet genişliği (beam width) kullanılır.
- Demet genişliği bir antenin en yüksek güçte yayılım yaptığı yöndeki maksimum gücün yarısına eşit yayılım yaptığı doğrultular arasındaki açısal değer olarak ifade edilir.



$$Kazanç (dB) = 10 \log_{10} P$$

$$0 \text{ dB} = 10 \log_{10} P_1 \rightarrow P_1 = 1$$

$$-3 \text{ dB} = 10 \log_{10} P_2 \rightarrow P_2 = 0,5$$

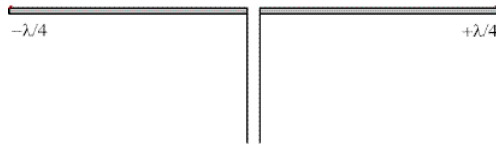
Antenler

Anten türleri

- Antenler doğrusal olarak bir veya **birden fazla iletken kullanılarak** oluşturulabilirler veya **parabolik çanak şeklinde oluşturulabilirler.**

Yarım dalga dipole

- Dipole antenler en iyi aldıkları ve gönderdikleri dalga boyuna (dolayısıyla frekansa) göre gruplandırılırlar.
- **En yaygın kullanılan dipole anten türü yarım dalga dipole antendir.**

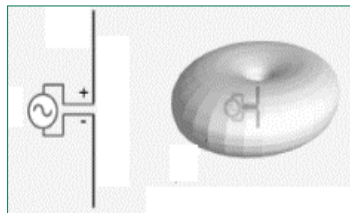
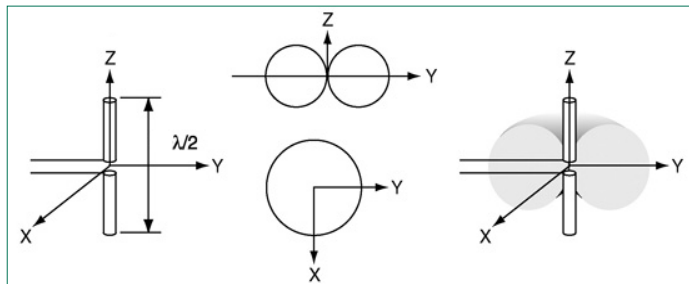


7

Antenler

Yarım dalga dipole

- Basit bir dipole antenin yayılım karakteristiği aşağıdaki gibidir.

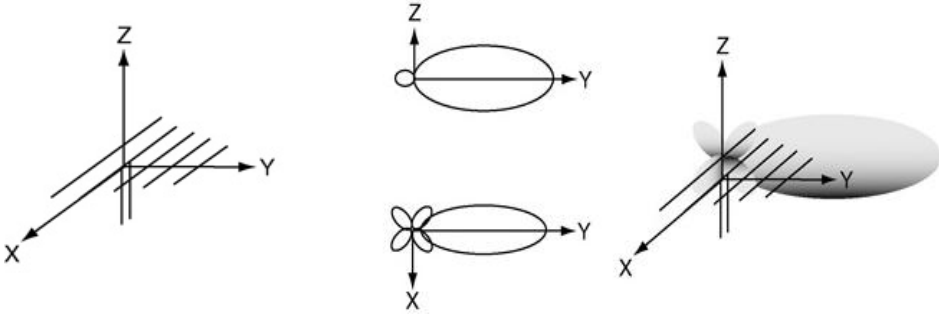


8

Antenler

Yarım dalga dipole

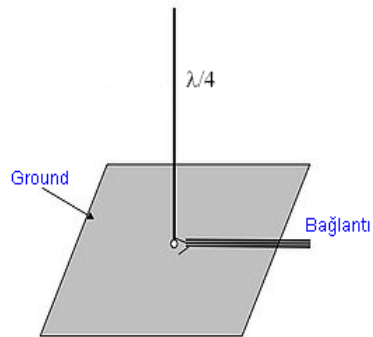
- Belirli sayıda dipole anten kullanılarak yönlendirilmiş bir yayılım da sağlanabilmektedir.
- Televizyon alıcıları olarak çatılarda veya kapalı ortamlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.



Antenler

Çeyrek dalga (Marconi)

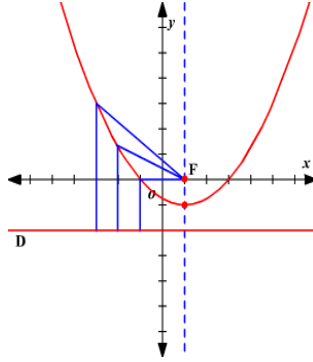
- Marconi antenler özellikle araçlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.



Antenler

Parabolik çanak antenler

- **Parabolik çanak antenler günümüzde karasal mikrodalga iletişimde ve uydu iletişimde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.**
- Bir parabol, bir odak noktası ile bir çizgi arasındaki uzaklığı eşit olan noktalardan oluşur.

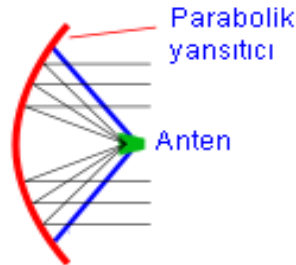


11

Antenler

Parabolik çanak antenler

- **Parabol yüzeyine paralel gelen ışınlar odak noktasında toplanır ve odak noktasından yüzeye yönlendirilen ışınları paralel yayılır.**
- Bir parabol, bir odak noktası ile bir çizgi arasındaki uzaklığı eşit olan noktalardan oluşur.

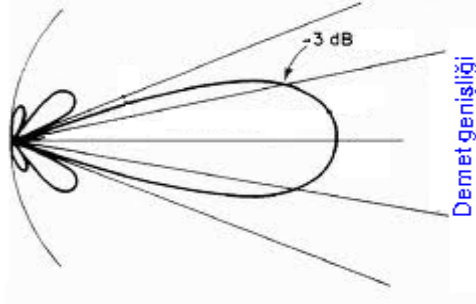


12

Antenler

Parabolik çanak antenler

- **Parabolik çanak antenler yönlü yayılıma sahiptirler** ve çanak kısmın baktığı yönde yayılım yaparlar.



13

Antenler

Anten kazancı

- **Bir antenin yaydığı sinyalin bir yöndeki gücünü gösterir.**
- Kazancın **birimi dB** olarak gösterilir.
- **Antenlerin etkin alanları ve kazançları** bazı anten türleri için aşağıdaki gibidir.

Anten türü	Etkin alan (m ²)	İzotropik antene göre güç kazancı
İzotropik	$\frac{\lambda^2}{4\pi}$	1
Yarım dalga dipol	$1,64 \frac{\lambda^2}{4\pi}$	1,64
Çanak anten (alanı A)	0,56A	$\frac{7A}{\lambda^2}$

14

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımının etkisi

15

Yayılım modları

- Bir antenden atmosfere yayılan sinyalin iletim ortamında yayılım modu farklı olabilmektedir.
- **Sinyallerin yayılım modları frekanslarına ve gece ile gündüz olmasına bağlı olarak değişmektedir.**
- Atmosferin gece direnci gündüz direncinden daha düşüktür.
- **Gündüz ground wave yayılım yapan frekanslar gece sky wave yayılım yapabilmektedir.**
- **Üç farklı yayılım modu** bulunmaktadır. Bunlar,
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım (Line-Of-Sight (LOS))

16

Yayılım modları

- Frekans aralıkları ve yayılım modları aşağıdaki gibidir.

Frekans bandı	Frekans aralığı ve dalga boyu	Yayılım türü
ELF (Extremely Low Frequency)	Less than 3 KHz ($\lambda > 100$ km)	Ground wave
VLF (Very Low Frequency)	3-30 KHz ($10 \text{ km} \leq \lambda < 100 \text{ km}$)	Ground wave
LF (Low Frequency)	30-300 KHz ($1 \text{ km} \leq \lambda < 10 \text{ km}$)	Ground wave
MF (Medium Frequency)	300 KHz-3 MHz ($100 \text{ m} \leq \lambda < 1 \text{ km}$)	Ground ve sky wave
HF (High Frequency)	3-30 MHz ($10 \text{ m} \leq \lambda < 100 \text{ m}$)	Sky wave
VHF (Very High Frequency)	30-300 MHz ($1 \text{ m} \leq \lambda < 10 \text{ m}$) 30-60 MHz ($5 \text{ m} < \lambda < 10 \text{ m}$)	Line of sight
UHF (Ultra High Frequency)	300 MHz-3 GHz ($10 \text{ cm} \leq \lambda < 1 \text{ m}$)	Line of sight
SHF (Super High Frequency)	3 GHz-30 GHz ($1 \text{ cm} \leq \lambda < 10 \text{ cm}$)	Line of sight
EHF (Extremely High Frequency)	30 GHz-300 GHz ($1 \text{ mm} \leq \lambda < 10 \text{ mm}$)	Line of sight

17

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - **Ground wave yayılım**
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımın etkisi

18

Ground wave yayılım

- **Ground wave yayılımında sinyal yeryüzüne paralel yayılır ve yeryüzündeki engellerin yüzeyinden geçerek görünen uzaklığın çok ötesine ulaşabilir.**
- **2 MHz ve altındaki frekansa sahip sinyaller ground wave yayılım yaparlar.**



19

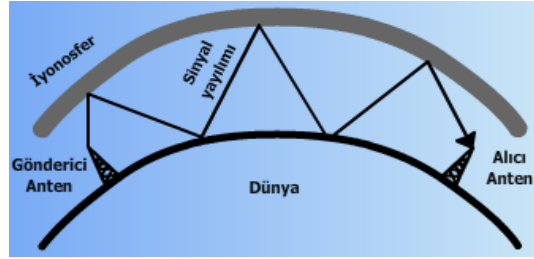
Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - **Sky wave yayılım**
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımının etkisi

20

Sky wave yayılım

- **Sky wave yayılım yapan sinyaller antenden çıkarlar ve atmosferin üst katmanı olan iyonosfere ulaştıktan sonra yansıyarak tekrar yeryüzüne dönerler.**
- **2 MHz ile 30 MHz** arasındaki frekanslar **sky wave yayılım** gösterirler ve radyo televizyon yayıncılığında günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.



21

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımının etkisi

22

Bakış doğrultusunda yayılım

- Bakış doğrultusunda (**Line-Of-Sight (LOS)**) yayılım yapan sinyaller **gönderici antenden çıkar ve bakış doğrultusu yönünde yol alırlar.**
- **30 MHz ve üzerindeki sinyaller LOS** yayılım yaparlar.
- LOS yayılım yapan sinyaller genellikle **uydu iletişimde kullanılmaktadır.**
- LOS yayılım **optik LOS** ve **radyo LOS** olarak iki şekilde tanımlanmaktadır.



23

Bakış doğrultusunda yayılım

Optik LOS

- Optik LOS sadece anten yüksekliğine bağlı olarak herhangi bir engel olmadığı durum için aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$d = 3,57\sqrt{h}$$

- Burada, ***d*** sinyalin ulaşabileceği **mesafeyi gösterir** ve **birimi kilometredir**, ***h*** ise antenin bulunduğu **yüksekliği ifade eder** ve **birimi metredir.**

24

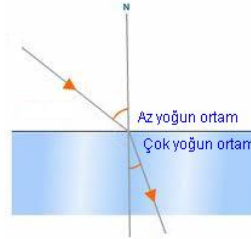
Bakış doğrultusunda yayılım

Radyo LOS

- **Radyo LOS ise atmosferik şartları içine alan K sabiti** optik LOS için kullanılan eşitliğe **eklenerek hesaplanmaktadır.**

$$d = 3,57\sqrt{Kh}$$

- Burada, **K sabiti sinyalin kırılma (refraction) sabitidir.**
- Atmosferdeki yoğunluk değişimiyle ilişkilidir ve **genellikle 4/3 alınır.**



25

Bakış doğrultusunda yayılım

Radyo LOS

- **İki anten arasında** LOS yayılım ile iletişim yapılabilecek **maksimum mesafe için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir.**

$$d = 3,57(\sqrt{Kh_1} + \sqrt{Kh_2})$$

- Burada h_1 ve h_2 iki antenin yüksekliklerini ifade eder ve birimleri metredir.

26

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımının etkisi

27

Bakış doğrultusunda iletim

- İletişim sistemlerinin tümünde göndericiden çıkan sinyal ile alıcıya ulaşan sinyal birbirinden farklıdır.
- Bu bozulmalar analog sinyallerde şekilsel olarak farklılaşmaya, sayısal sinyallerde ise bir veya birden fazla bit bozulmasına neden olur.
- LOS iletimde bozulmaya neden olan etkenler:
 - zayıflama (attenuation)
 - boşluk kayıpları (free space loss)
 - gürültü (noise)
 - atmosferik emilim (atmospheric absorption)
 - çoklu yol (multipath)
 - kırılma (refraction)

28

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımın etkisi

29

Zayıflama

- İletim ortamı hangisi olursa olsun **kaynağından çıkan sinyal yol alırken mesafeye bağlı olarak sürekli gücü azalır.**
- **Guided iletim ortamlarında** bu zayıflama genellikle **üssel** olarak artar ve **bu yüzden zayıflama desibel olarak ifade edilir.**
- **Unguided iletim ortamlarında** ise zayıflama **çok daha karmaşık** olup çok sayıda etken zayıflamaya neden olmaktadır.
- Günümüzde, sinyalin (genellikle genliğinin) alıcıda algılanması için **yükselteçler** (amplifier) ve gürültüden dolayı bozulmaların düzeltilmesi için **tekrarlayıcılar** (repeater) kullanılmaktadır.
- Farklı frekanslardaki sinyallerin farklı zayıflama oranına sahip olmalarından dolayı **karmaşık (kompozit) sinyallerin bileşenlerinin ayrı ayrı yükseltilmesi** veya ayrı ayrı işleme tabi tutulması **gereklidir.**

30

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımın etkisi

31

Boşluk kayıpları

- Kablosuz iletişimde bir antenden yayılan sinyaller iletim ortamında dağılarak yayılırlar.
- **Sinyal kaynağından uzaklaştıkça daha geniş alana yayılır ve birim alandaki gücü azalarak devam eder.** Bu zayıflamaya **boşluk kayıpları** denilmektedir.

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi f d)^2}{c^2}$$

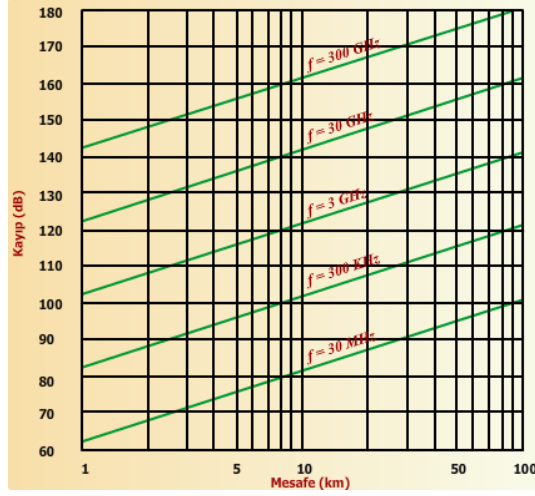
- Burada, P_1 sinyalin ortama yayıldığı noktayı, P_2 ise alıcının bulunduğu noktayı ve λ dalga boyunu, d mesafeyi, f frekansı ve c ise yayılım hızını göstermektedir.
- Desibel olarak iki nokta arasındaki kayıp miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$L_{dB} = 10 \log \frac{P_1}{P_2} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) = -20 \log(\lambda) + 20 \log(d) + 21,98 \text{ dB}$$

32

Boşluk kayıpları

- Atmosferde farklı frekanslardaki sinyallerin mesafeye göre desibel olarak kayıp miktarları aşağıdaki gibidir.



33

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımın etkisi

34

Gürültü

- Gönderilen sinyal iletim ortamında yayılım yaparken istenmeyen sinyaller tarafından değiştirilebilir.
- **Sinyale etki eden bu tür istenmeyen tüm sinyaller gürültü olarak adlandırılır.**
- Gürültü diğer etkenler gibi veri iletişimini etkileyen önemli bir unsurdur.
- Gürültü kaynağı, etki süresi ve etki şekli açısından dört farklı grupta ele alınmaktadır.
 - **Termal gürültü**
 - **Intermodulation gürültü**
 - **Crosstalk**
 - **Impulse gürültü**

35

Gürültü

Termal gürültü

- **Termal gürültü iletim ortamındaki elektron hareketinden dolayı oluşmaktadır.**
- Bu gürültü ısıya bağlı olarak değişmekte olup tüm frekans spektrumunda aynı oranda etkiye sahiptir.
- Termal gürültü desibel watt olarak aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$L_{dB} = 10 \log(k) + 10 \log(T) + 10 \log(B)$$

- Burada, k Boltzman sabiti olup $1,38 \cdot 10^{23}$ J/K değerine sahiptir, T ısı değeridir ve birimi kelvin'dir, B ise bant genişliğidir.

36

Gürültü

Intermodulation gürültü

- Aynı iletim ortamını kullanan sinyallerin birbirini etkilemesine **Intermodulation gürültü** denilmektedir.
- İletim ortamlarındaki farklı frekanslarda ve güçteki sinyallerin birbirini etkilemesi **iletim ortamına, atmosferik şartlara** ve diğer dış etkenlere bağlı olarak değişmektedir.

37

Gürültü

Crosstalk

- Aynı iletim ortamında olmasa bile **yakın mesafedeki iletim ortamlarının birbirini etkilemesi sonucu ortaya çıkan gürültüye crosstalk** denilmektedir.
- **Bir telefon görüşmesi sırasında başka bir telefon görüşmesinin karışması** gibi durumlar crosstalk gürültüye örnek olarak verilebilir.
- Yakın mesafedeki unguided iletim ortamları da birbirini etkileyebilmektedir.
- **Crosstalk gürültüyle özellikle lisanssız bant olan ISM (Industrial, Scientific and Medikal) bant üzerindeki iletişimlerde sıklıkla karşılaşmaktadır.**

38

Gürültü

Impulse gürültü

- Diğer gürültü türleri öngörülebilir, hesaplanabilir ve bazıları engellenebilir durumdadır. Ancak, impulse gürültü öngörülemeyen etkilerden dolayı oluşmaktadır.
- **Bu tür gürültü yakın mesafedeki trafo patlaması, yıldırım çakması veya diğer kısa süreli ancak öngörülemeyen gürültü kaynakları tarafından oluşturulur.**
- Impulse gürültü **analog sinyalle yapılan iletişimlerde** çok önemli oranda kullanıcıyı etkilemez ve çoğu zaman kısa süreli etki olduğundan **kullanıcı algılayamaz.**
- Ancak, sayısal **sinyalle iletişim yapıldığında** süre çok kısa bile olsa **bir veya birden fazla bitin bozulmasına neden** olduğundan iletişimin doğru bir şekilde yapılmasına engel **olur.**

39

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - **Atmosferik emilim**
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımın etkisi

40

Atmosferik emilim

- Gönderici ve alıcı antenleri arasında yaşanan diğer bir kayıp ise atmosferik emilimden dolayı oluşur.
- **Atmosferdeki su buharı ve oksijen miktarı direnci artırır** ve bunun sonucunda **sinyalde zayıflama ortaya çıkar.**
- **Farklı frekanslardaki sinyallerde farklı oranlarda etkiye sahip** olan atmosferik emilim her frekans için ayrı ayrı ele alınarak giderilebilmektedir.
- Atmosferik emilimden kaynaklanan kayıplar **15 GHz ve üzerindeki sinyallerde etkilidir.**
- Atmosferdeki **yağmur ve sis** bile **bazı frekanslar üzerinde kayba neden olmaktadır.**

41

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - **Çoklu yol yayılım**
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımın etkisi

42

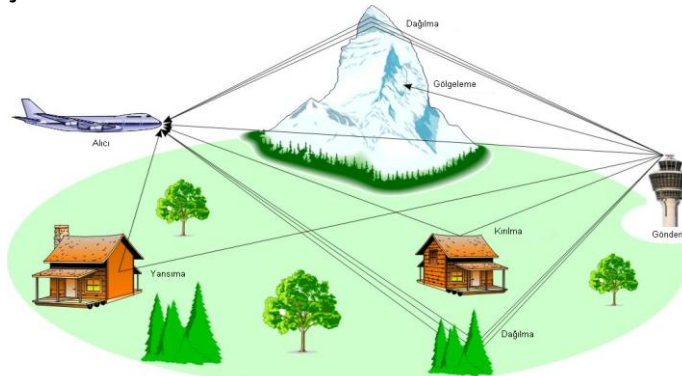
Çoklu yol yayılım

- Kablosuz iletişim için kullanılan antenler genellikle en iyi kapsama alanını oluşturacak şekilde konumlandırılırlar.
- Bu konumlandırma sırasında veya sonrasında hem coğrafik şartlarda hem de mevsimsel olarak atmosferik şartlarda farklılıklar ortaya çıkabilmektedir.
- **Çevresel şartlardan dolayı** gönderici anten ile alıcı anten arasında **yayılım yapan sinyal birden farklı yolu izleyerek alıcıya ulaşabilmektedir.**
- Alıcıya ulaşan bu sinyallerden **bazıları en kısa yolu izleyerek bakış doğrultusunda (LOS)** alıcıya ulaşırken **bazı sinyaller ise bina, dağ, tepe, ağaç gibi engellere çarparak alıcıya ulaşabilmektedir.**

43

Çoklu yol yayılım

- Böylelikle alıcıya **aynı sinyal farklı gecikme sürelerinde ve farklı genliklerde ulaşabilmektedir.**
- Bu şekilde farklı gecikme süreleriyle gelen sinyallerin alıcıda geldiği zamanlarda birleştirilmesi sonucunda çoklu yol (multipath) bozulma ortaya çıkmaktadır.



44

Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - **Kırılma**
 - Çoklu yol yayılımının etkisi

45

Kırılma

- Atmosferdeki **katmanların her birisi ve hatta aynı katmandaki farklı yüksekliklerde bile yoğunluk farklılıkları bulunmaktadır.**
- Atmosferde yayılan **sinyal yoğunluk değişimlerinden dolayı yönünü değiştirmektedir.**
- Hava şartlarından da etkilenen bu kırılma sonucunda alınan sinyallerin **bazı frekanslarının yol alma hızları da değişmiş olabilmektedir.**
- Bunun sonucunda alıcı tarafından **alınan sinyalin bileşenleri farklı sürelerde gelmiş veya gönderilen sinyallerin bazıları alıcıya hiç ulaşmamış olabilmektedir.**

46

Kırılma

- Kablosuz iletişimdeki sinyallerin çoklu yayılmasındaki üç etken sinyalin alıcıda doğru bir şekilde algılanmasını etkilemektedir.
 - Yansıma (Reflection)
 - Dağılıma (Scattering)
 - Sapma (Diffraction)
- Alıcıya ulaşan sinyallerden bazıları en kısa yolu izleyerek (LOS) alıcıya ulaşırken bazıları bina, dağ, tepe, ağaç gibi engellere çarparak alıcıya ulaşabilmektedir.



47

Kırılma

Yansıma

- Sinyalin **bir engele çarptıktan sonra geri yansımaya reflection denilmektedir.**
- Bu şekilde yayılım yapan sinyalin alıcıya ulaşması için izleyeceği yol daha uzun olmaktadır.

Dağılıma

- Sinyalin **katı engellerin kenarına çarpması sonucunda yönünün değişmesiyle ortaya çıkar.**
- Bu şekilde alıcıya ulaşan sinyal daha uzun yol almış olacağından genliği de daha düşük seviyede olacaktır.

Sapma

- Sapma **küçük boyutlu engellere** (trafik lambası v.b.) çarpmanın sonucunda sinyalin **yön değiştirmesiyle ortaya çıkmaktadır.**

48

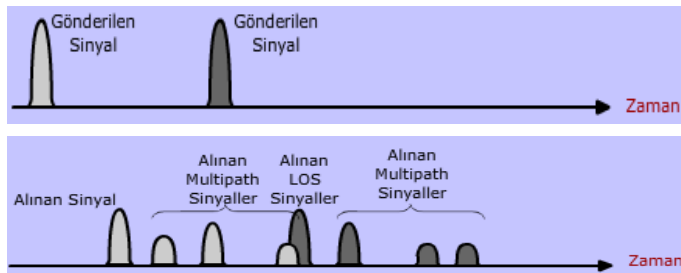
Ders konuları

- Antenler
- Yayılım modları
 - Ground wave yayılım
 - Sky wave yayılım
 - Bakış doğrultusunda yayılım
- Bakış doğrultusunda iletim
 - Zayıflama
 - Boşluk kayıpları
 - Gürültü
 - Atmosferik emilim
 - Çoklu yol yayılım
 - Kırılma
 - Çoklu yol yayılımın etkisi

49

Çoklu yol yayılımın etkisi

- Çoklu yol yayılım göndericinin gönderdiği sinyalin alıcıda farklı şekilde alınmasında yol açar.
- Farklı yolları izleyen aynı sinyalin alıcıya ulaşma süreleri ve genlikleri farklı olmaktadır.



- Çoklu yoldan kaynaklanan bu hatayı ortadan kaldırmak için frekans atlama spektrum yayma (Frequency Hopping Spread Spectrum - FHSS) yöntemi kullanılmaktadır.

50

Ödev

- CDMA hücresel ağlarda çoklu yol yayılım etkisini detaylı bir şekilde araştırınız.