

# **Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Bursa Teknik Üniversitesi**



## **BLM510 – Kablosuz İletişim**

### **Kablosuz Haberleşme Temelleri**

# Konular

Q Sinyal Tanımı

Q Bant Genişliği Tanımı

Q Gürültü Etkileri, Hata Oranı

Q Modülasyon

Q Dijitalleştirme

Q Çoklama

Q İletim Ortamı

Q Frekans Tahsisi

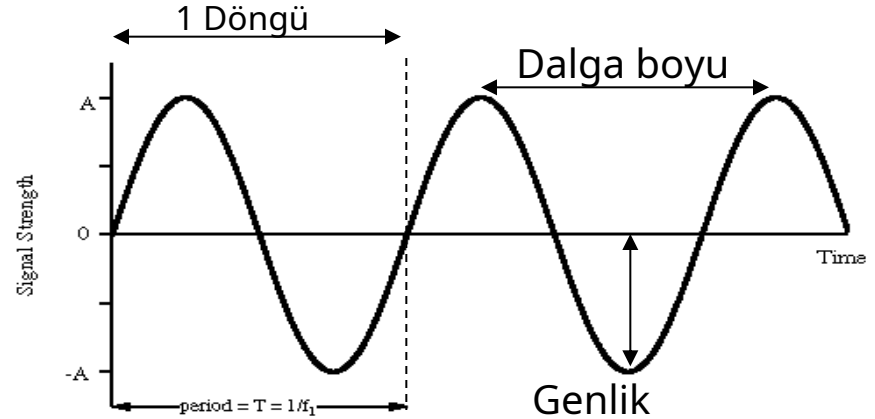
# İletim Temelleri

## Q Bilgi nasıl iletilir?

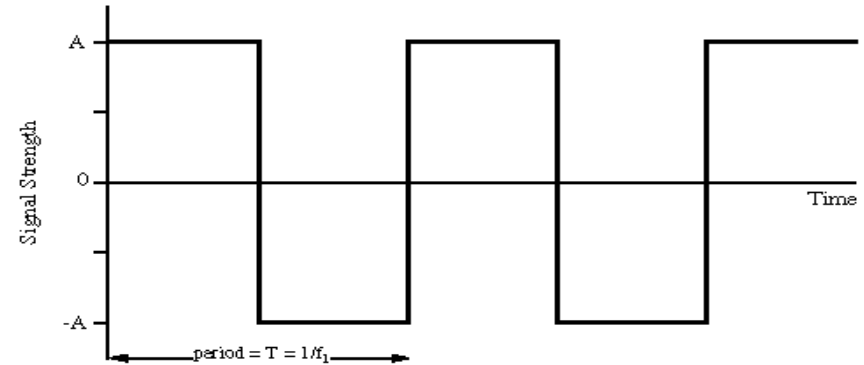
- Elektromanyetik Sinyaller
- TV, Radyo, İnternet vb.

## !Sinyal

- Zamanın bir fonksiyonudur.
- 3 bileşeni vardır:
  - ü Genlik (A) : Sinyal gücü
  - ü Frekans (F) : Döngü sayısı Faz
  - ü (λ) : Göreceli pozisyon
- Sinyal için sinüs dalgası ü
$$s(t) = A \sin(2\pi f t + \phi)$$
- Analog veya dijital
- Dalga boyu (λ):
  - ü 1 çevrimin kapladığı mesafe λ
  - ü  $= c * T = c / f$



Analog: Sinyalde kesinti yok



Dijital: Sinyal yoğunluğu ayrıktır

## Sinyal Üzerindeki Etkiler

### Q Zayıflama:

- İletim boyunca sinyal genliğinde azalma

### Q Çarpıtma:

- Bir sinyalin farklı frekans bileşenlerinin karışması

### Q Gürültü:

- Sinyal olmadığında kanalda kanal gürültüsü adı verilen rastgele frekans karışımları oluşur

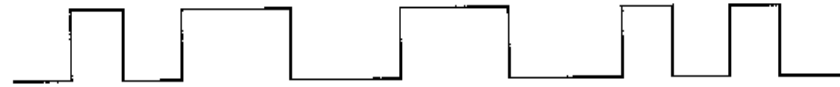
### Q Hata:

- Dijital sinyaller gürültüyle birleştirildiğinde bazı bitler hatalı alınabilir

Data transmitted:

1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1

Signal:



Noise:



Signal plus noise:



Sampling times:



Data received:

1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 1

Original data:

1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1

Bits in error

# Sinyal/Bant Genişliği/Veri Hızı

## Q Sinyal biręok frekansı ięerebilir

O Sinüzoidlerin birleşimi

## Q Spektrum:

O Bir sinyalin iğerdiği frekans aralığı

O Őekildeki sinyal frekansları ięerir  
arasında  $f$  ve  $3f$

## Q Bant Genişliği:

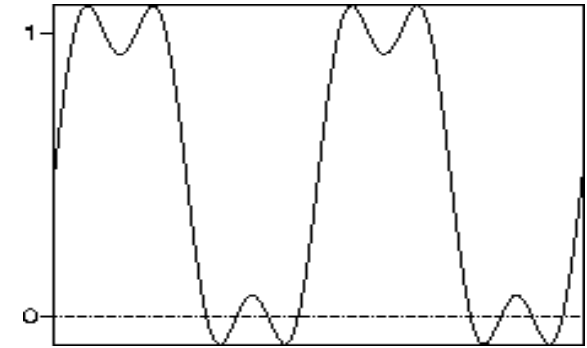
O Spektrumun geniřlięine ne ad verilir? *bant*

*genişliği* O Őeklin bant genişliği:  $3f - f = 2f$

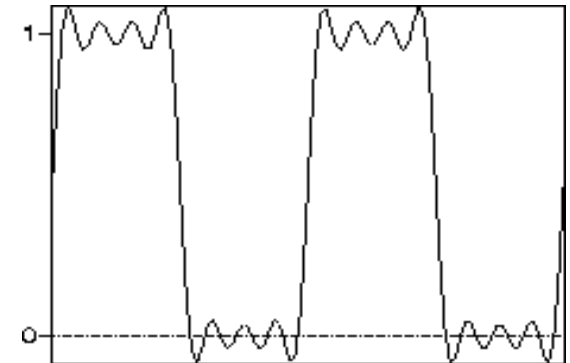
O Bant genişliğinin artırılması dalgayı oluşturur  
daha kare gibi görünüyor (yani dijital sinyal)

O Bu nedenle, bant genişliğinin artırılması řu konularda yardımcı olur:

Alıcı taraftaki bozulmayı azaltır.



$$\sin(2\pi ft) + (1/3)\sin(2\pi 3ft)$$



$$\text{Bant genişliği} = 3f - f = 2f$$

Belirli bir bant genişliği ile ne kadar veri iletiřimi saęlayabiliriz?

# Kanal Kapasitesi

## QKanal Kapasitesi:

OGürültü, zayıflama, bozulma vb. veri hızını sınırlar  
Bir kanalda başarılabilir olan.

OVerilerin iletilebileceği maksimum hız  
Belirli bir iletişim yolu üzerinden iletilen kapasiteye  
Kanal kapasitesi denir

## QGürültü:

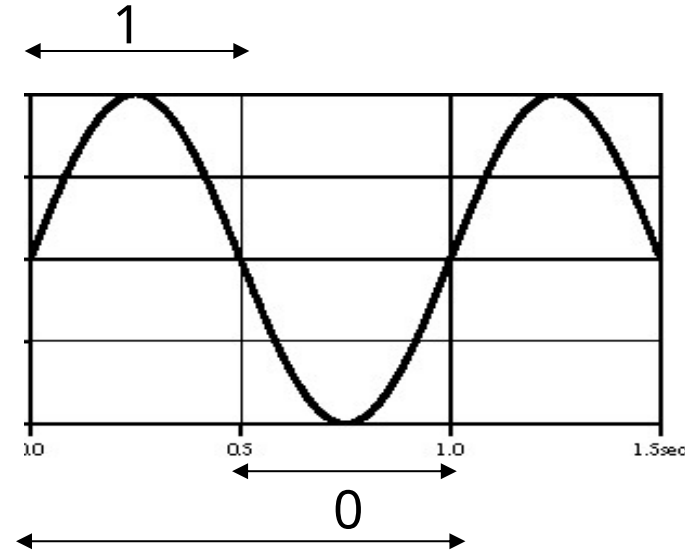
ODaha fazla veri hızı elde etmek için en aza indirilmelidir

## QNyquist Bant Genişliği:

OHata içermeyen bir kanal varsayılır (gürültü yok)

$$C = 2 B \log M$$

Kanal kapasitesi      Bant Genişliği      Voltaj seviyeleri



$T=1\text{sn}, f=1/1=1\text{Hertz}$

**Veri hızı**=2 bit/sn

## QGürültü durumunda: Shannon Kapasite Formülü

Teorik üst sınır       $\rightarrow C = B \log_2(1+SNR)$

## QSNR:

OSinyal Gürültü Oranı : Sinyal Gücü / Gürültü Gücü  
(genellikle desibel olarak gösterilir)

Oulaşılabilir veri hızına üst sınır koyar  $SNR_{db}=10$  günlük 10

$$\frac{\text{sinyal.güç}}{\text{gürültü.güç}}$$

# Örnek

**vShannon sonucu :**Eğer gerçek bilgi oranı Kanal, hatasız kanal kapasitesinden daha az ise, hata tespiti ve düzeltmesi kullanılarak hatasız iletim elde etmek teorik olarak mümkündür

**Q40 Hz'de bir telefon kanalının (3400 Hz) kapasitesini bulun dB SNR?**

$$C = W \log_2 (1 + \text{SNR})$$

$$\text{SNR} = 40 \text{ dB}; 40 = 10 \log_{10} (\text{SNR}); 4 = \log_{10} (\text{SNR});$$

$$\text{SNR} = 10.000$$

$$C = 3400 \log_2 (10001) = 44,8 \text{ kbps}$$

**QNyquist formülüne göre kaç sinyal seviyesi var?**

ihtiyacımız var mı?

$$44.8 * 1000 = 2 * 3400 * \log_2 (M)$$

$$448 = 68 * \log_2 (E) E = 96$$

# Analog ve Dijital

## QAnalog ve dijital tabela nasıl

OAnalog sinyaller (sürekli)

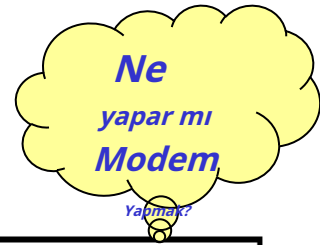
üTel, bükümlü çift, koaksiyel kablo

ODijital sinyaller (ayrık) şu şekilde olabilir:

üKablolu ortam – Kablosuz bağlantı

yok üDijital sinyal nasıl yayılır

## QDijital veriler temsil edilebilir



Analog Signals: Represent data with continuously varying electromagnetic wave

Analog Data  
(voice sound waves)



Telephone

Analog Signal

Digital Data  
(binary voltage pulses)



Modem

Analog Signal  
(modulated on  
carrier frequency)

Digital Signals: Represent data with sequence of voltage pulses

Analog Signal



CODEC

Digital Signal

Digital Data



Digital  
Transmitter

Digital Signal



# Bu kodlama nasıl yapılır?

## QÇözüm modülasyondur:

ODijital verileri, analog bir sinyal üretilecek şekilde modüle edin OModem klasik bir örnek olabilir

## QMotivasyon:

**Yalnızca analog iletim olanakları mevcut olduğunda, dijital verileri analog sinyallere dönüştürmek için modülasyon gerekir**

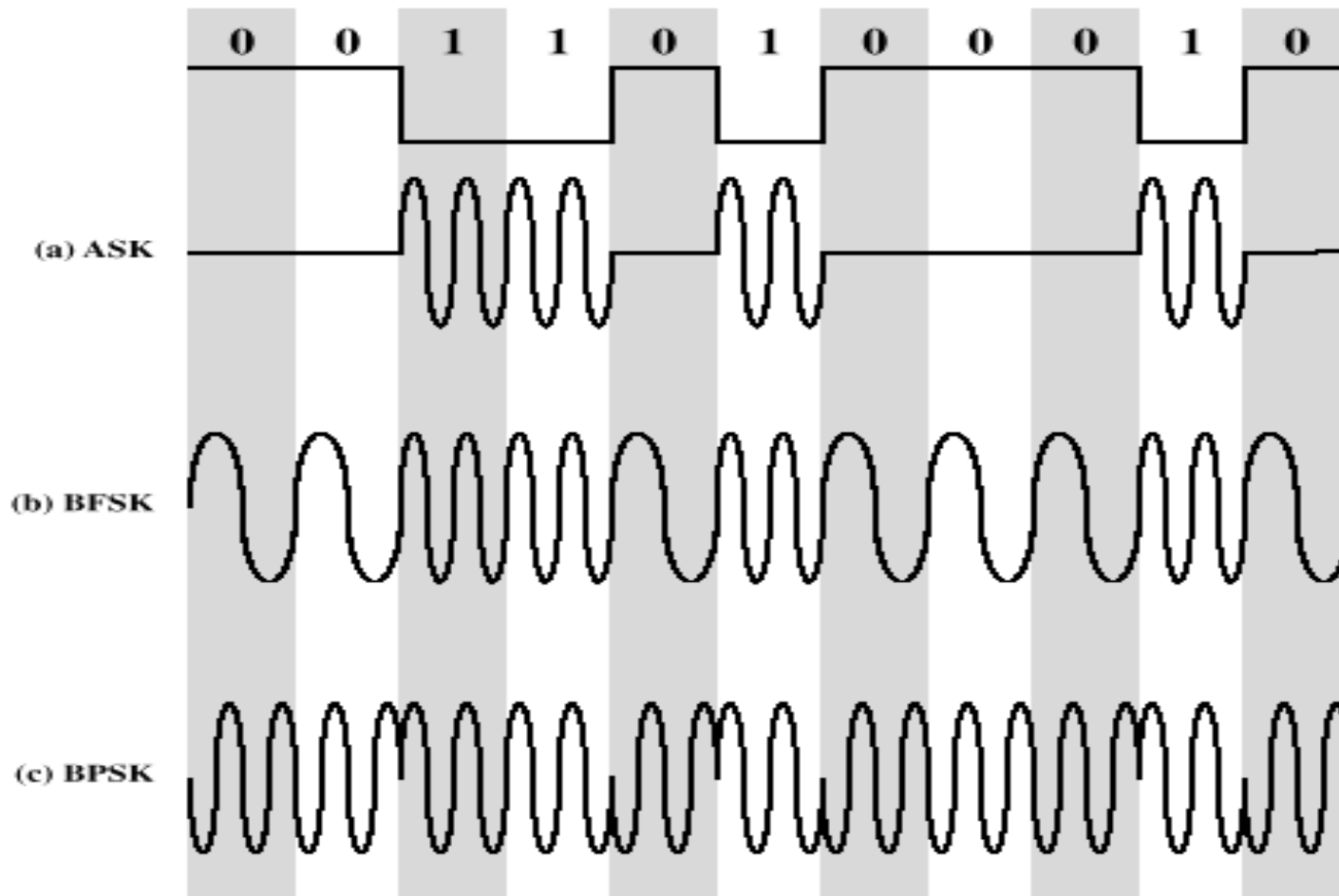
## QDijital modülasyon nasıl yapılır?

OBir sinyalin 3 özelliğinden birinde veya daha fazlasında işlem OBunlar genlik, frekans ve fazdır

## QÜç ana teknik

OSORU: Genlik Kaydırma Anahtarlama – optik fiber üzerinden dijital veri OFSK: Frekans Kaydırma Anahtarlama – koaksiyel kablo kullanan LAN'larda OPSK: Faz Kaydırma Anahtarlama – 802.11 Ağları

# ASK, FSK ve PSK



**Figure 6.2 Modulation of Analog Signals for Digital Data**

# Diğer dijital modülasyon teknikleri

## Qİkili Frekans Kaydırma Anahtarlama (BFSK)

Oİki farklı frekans kullanır

## QÇoklu Frekans Kaydırma Anahtarlama (MFSK)

Oİki frekanstan fazlası kullanılıyor

## QGauss Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (GFSK)

OTemel frekanstan iki seviyeli kayma: Bluetooth bunu kullanır

## Qİkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama (BPSK)

OBitleri temsil etmek için kullanılan iki ifade: Uydu Sistemlerinde

## QDiferansiyel Faz Kaydırmalı Anahtarlama (DPSK)

OÖnceki bit'e göre faz kayması

## QDört seviyeli (QPSK) ve Çok seviyeli Faz Kaydırma Anahtarlama

OHer eleman 1 bitten fazlasını temsil eder

O802.11b ağlarında Diferansiyel QPSK (DQPSK) kullanılır

## QDörtlü Genlik Modülasyonu (QAM)

OASK ve PSK'nın birleşimi

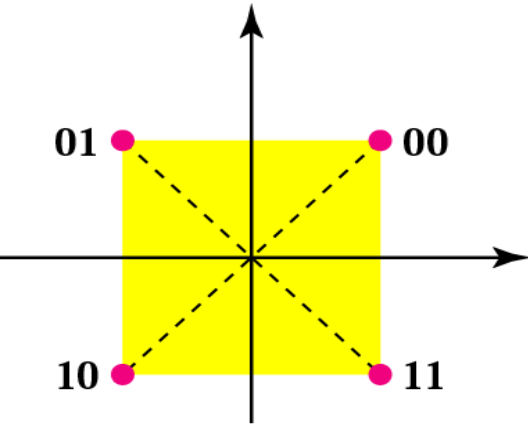
O Aynı taşıyıcı frekansında aynı anda gönderilen iki farklı sinyal OKablosuz

Sensör Ağlarında kullanılmaya başlandı

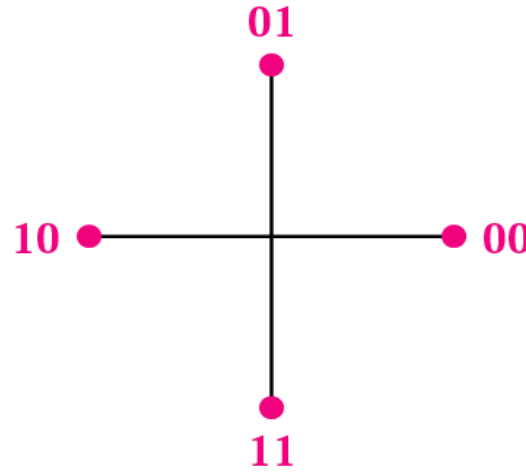
# Örnekler

Dibit	Phase
00	0
01	90
10	180
11	270

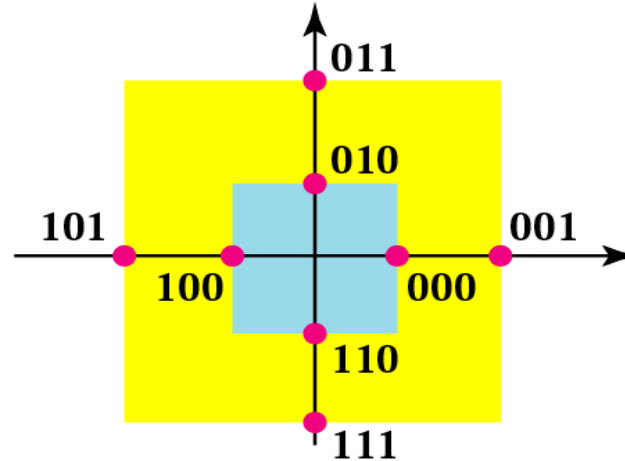
Dibit  
(2 bits)



4-QAM  
1 amplitude, 4 phases



Constellation diagram



8-QAM  
2 amplitudes, 4 phases

Q4-PSK veya QPSK:  
Her aşama  
aynı genliğe sahip  
2 bit veriyi temsil  
eder ve  
sıklık

QÖrnek: 8-QAM (3  
bit = 1 sembol)

QSemboller 000 ve  
001 aynı faza sahip  
 $\varphi$ , Ancak  
farklı genlik.  
000 ve 100 aynı  
genliğe sahiptir ancak  
farklı faz

# Analog Sinyallerin Modülasyonu

## Q Dijital Modülasyonun bir motivasyonu vardı

ONeydi o?

## Q Analog modülasyon nedir ve arkasındaki fikir nedir?

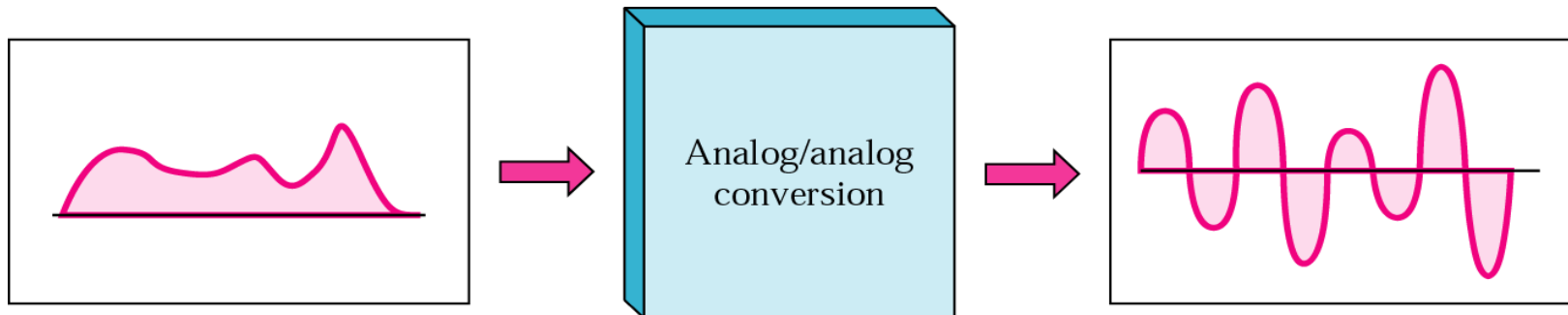
OBazen iletim için daha yüksek bir frekansa ihtiyaç duyulabilir O  
Modülasyon, frekans bölmeli çoğullama sağlamaya yardımcı olacaktır

## Q 3 tip analog modülasyon

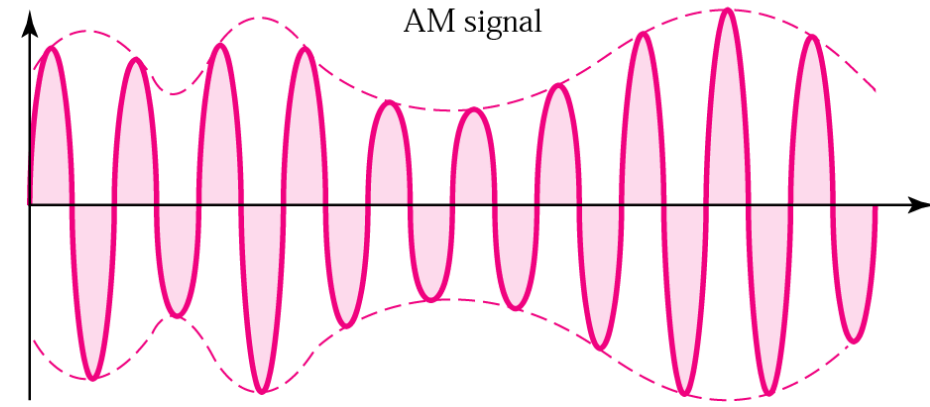
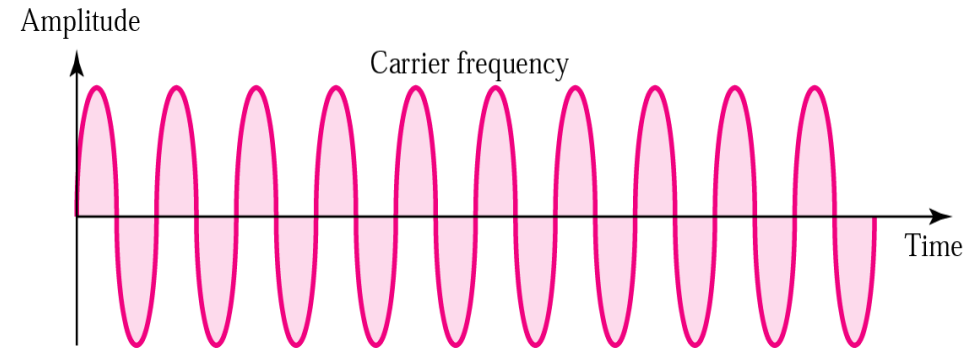
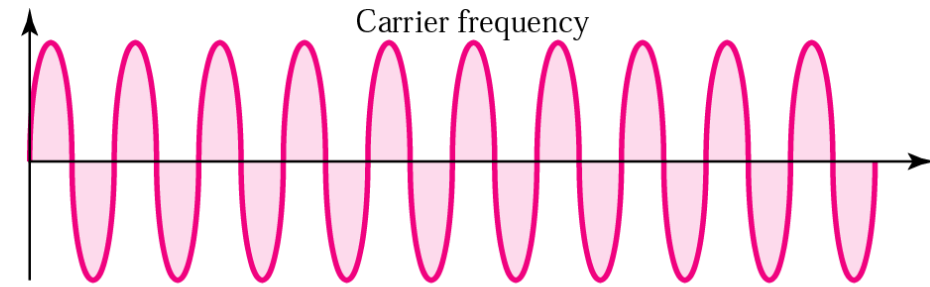
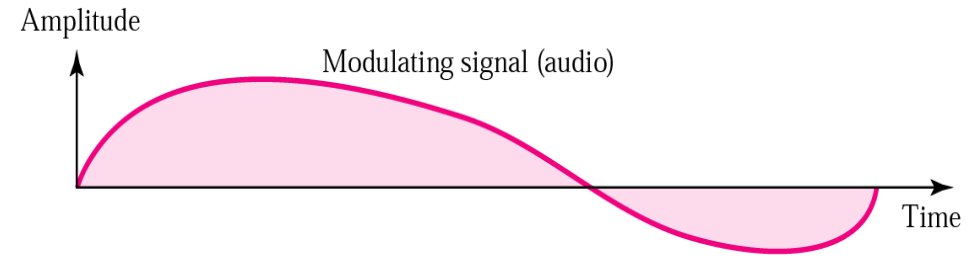
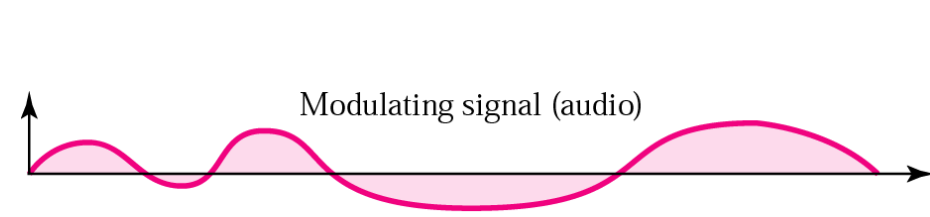
O Genlik Modülasyonu (AM) O

Frekans Modülasyonu (FM) O

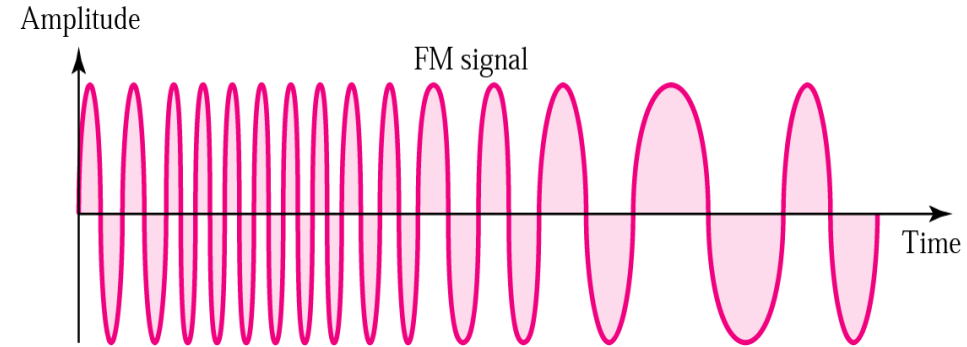
Faz Modülasyonu (PM)



# AM ve FM Örneği



Sabah



FM

# Dijitalleştirme

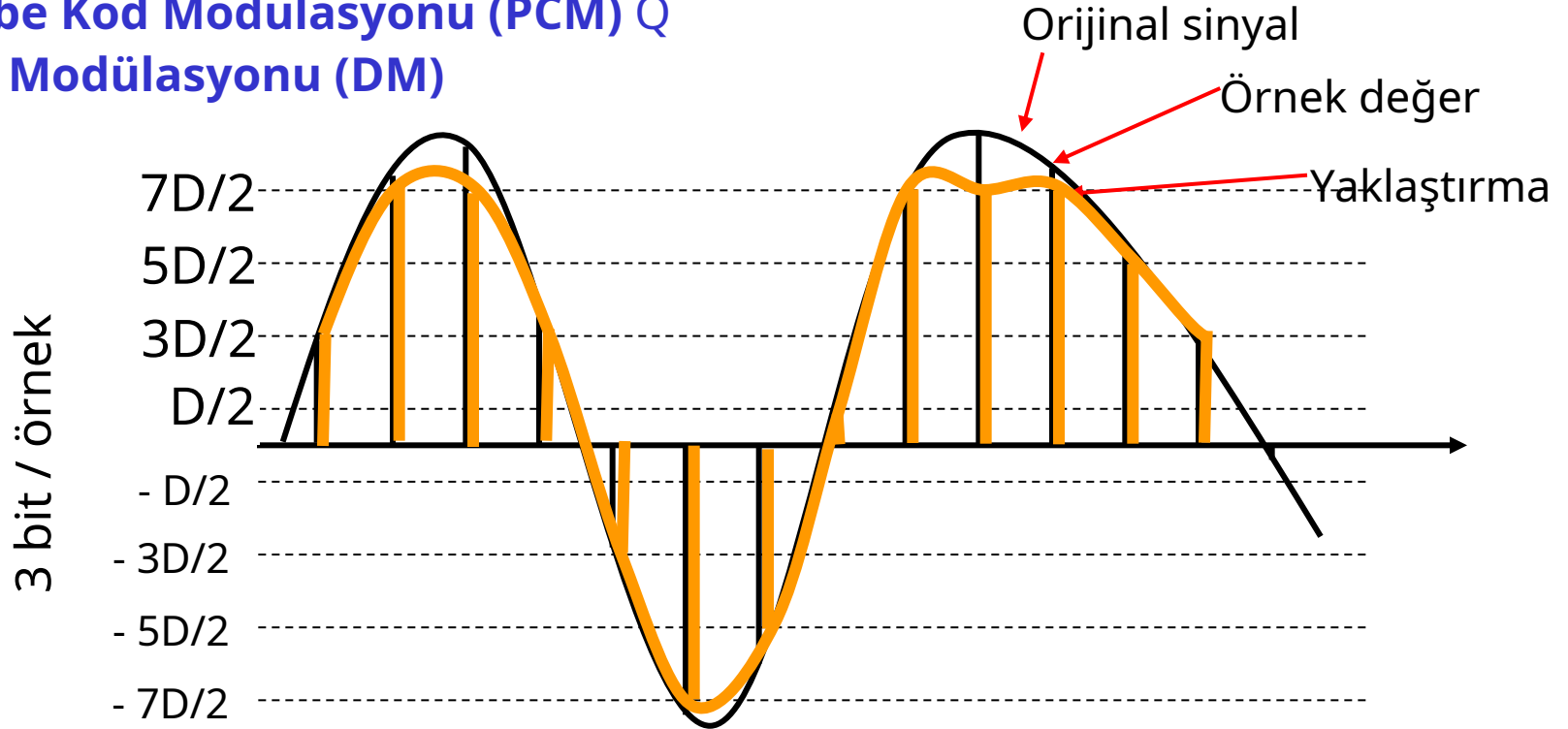
## QAnalog verilerin dijital sinyallere dönüştürülmesi

ODijital veriler daha sonra NRZ-L kullanılarak iletilebilir

üNRZ-L dijital sinyalleri iletmenin bir yolu

ODijital veriler daha sonra NRZ-L dışındaki kodlar kullanılarak iletilebilir ODijital veriler daha sonra analog sinyale dönüştürülebilir OBir kodek kullanılarak yapılan analogdan dijitale dönüştürme

## QDarbe Kod Modülasyonu (PCM) Q Delta Modülasyonu (DM)



$$R_s = \text{Bit hızı} = \# \text{ bit/örnek} \times \# \text{ örnek/saniye}$$

# Çoklama

## QTek bir ortamda birden fazla sinyalin taşınması

Öİletim ortamının kapasitesi genellikle gerekli kapasiteyi aşar.  
tek bir sinyalin iletimi

Öİletim ortamının daha verimli kullanılması:

üBirden fazla sinyali birleştirir

## QArtan veri hızı maliyet etkinliği sağlar

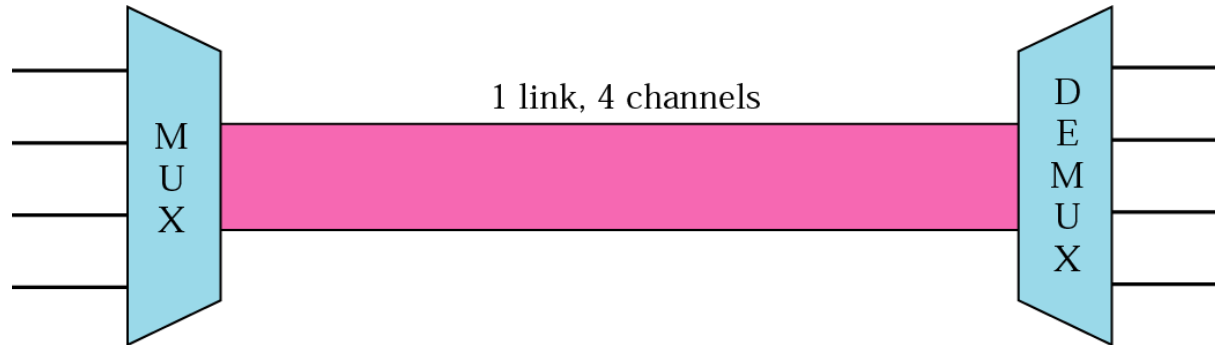
Öİletim ve alım ekipmanları

## QAnalog çoklama

ÖFrekans Bölmeli Çoklama (FDM)

## QDijital Çoklama

ÖZaman Bölmeli Çoğullama (TDM)

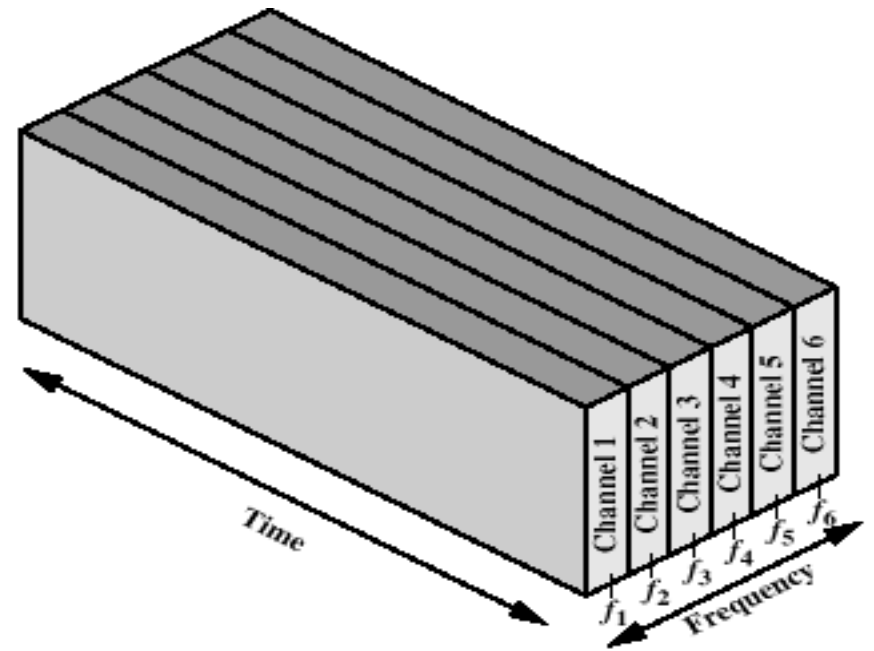




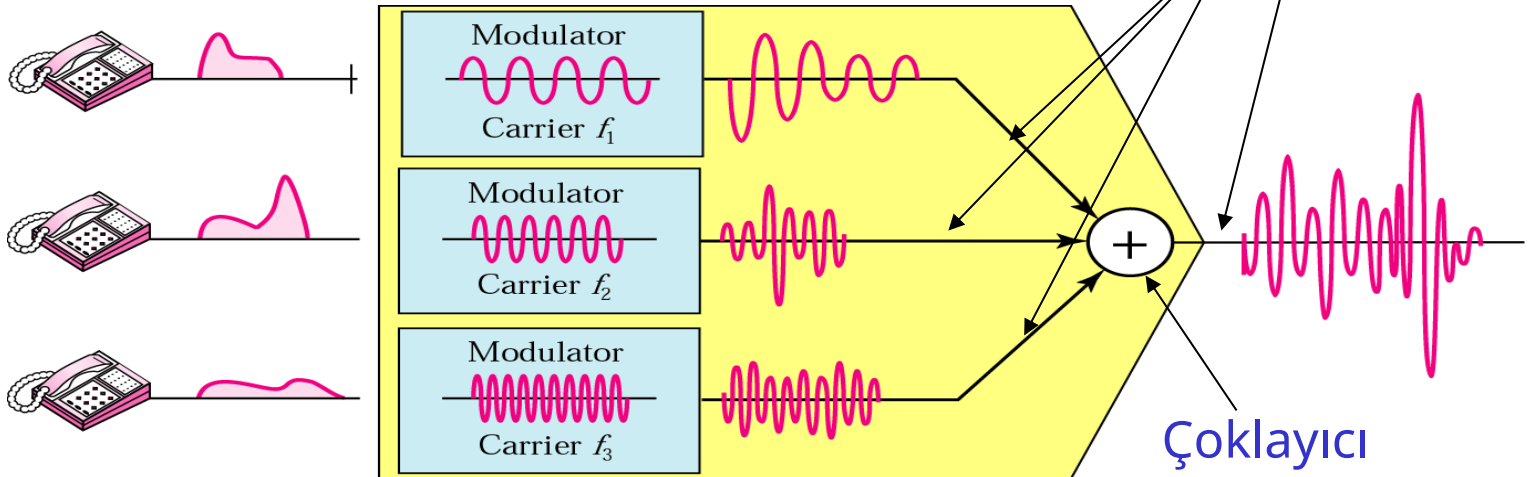
# FDM Örneği

## QAnalog sinyallerin birleştirilmesi

O Gerçeklerden yararlanılır ortamın yararlı bant genişliğinin, belirli bir sinyalin gerekli bant genişliğini aşması



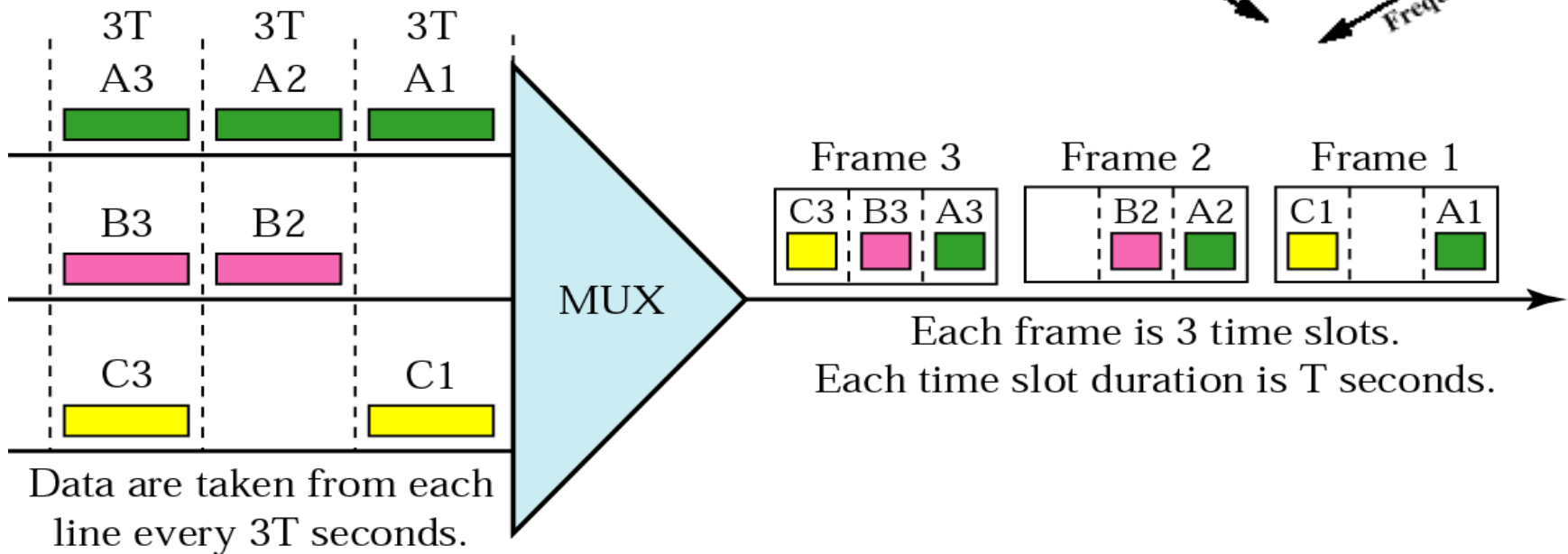
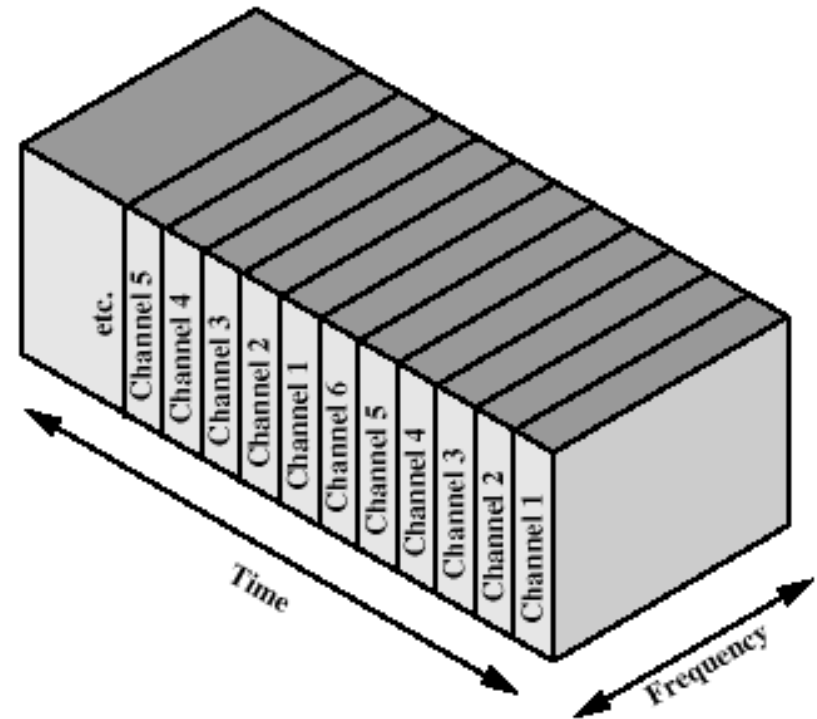
Bulaşma



# TDM Örneği

## QDijital teknik verileri birleştirir

OGerçeklerden yararlanılır  
Ortamin ulaşılabilir bit  
hızının, dijital sinyalin gerekli  
veri hızını aşması



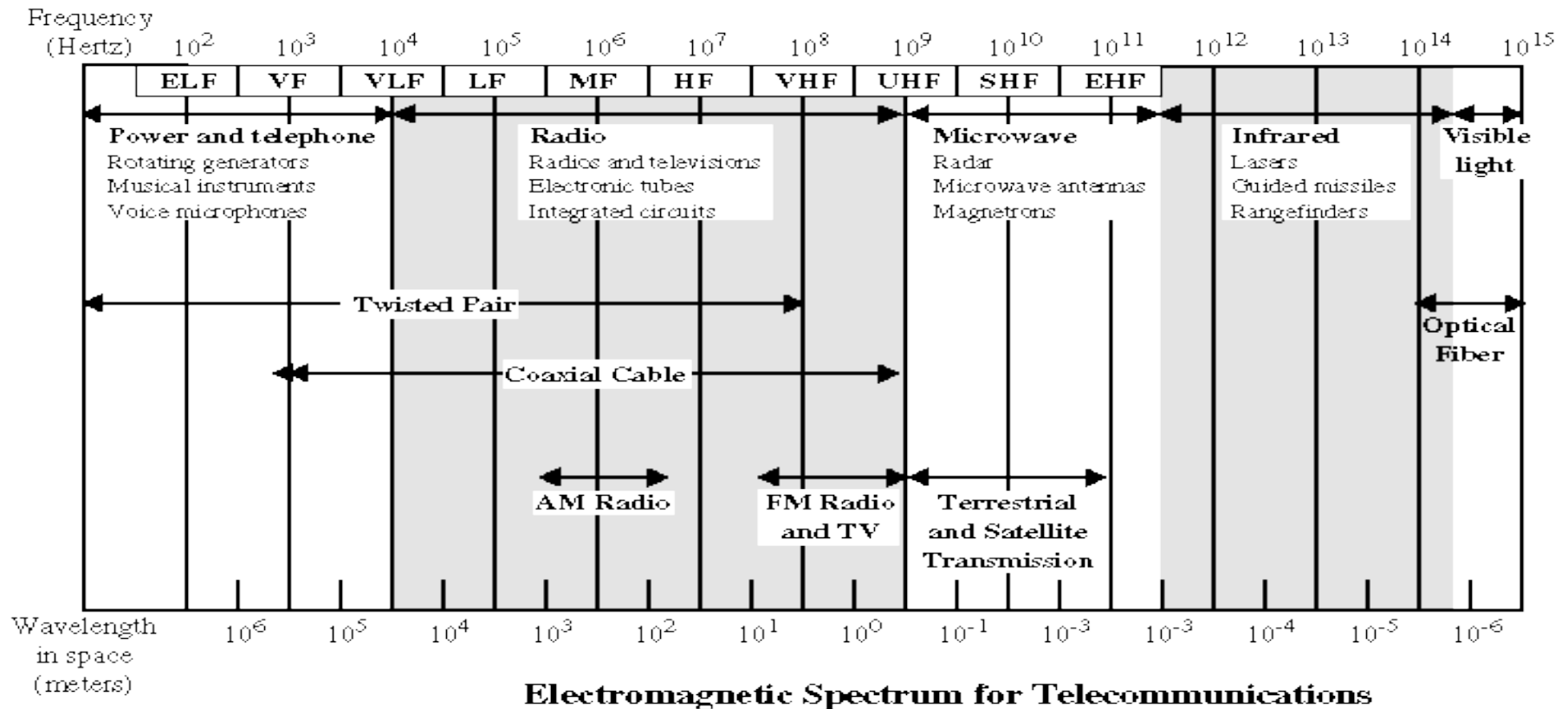
# Sinyaller için İletim Ortamı

## QVerici ve alıcı arasındaki fiziksel yoldur

OYönlendirilmiş ortamlar: Bakır, optik fiber vb. gibi katı ortamlar.

ORehbersiz ortam: Atmosfer veya dış uzay:**Kablosuz İletim**

## Qİşte telekomünikasyon için elektromanyetik spektrum:



# Genel Frekans Aralıkları

## QMikrodalga frekans aralığı

O1 GHz ila 40 GHz

OYydu haberleşmelerinde kullanılır

## QRadyo frekans aralığı

O3 KHz ila 300 GHz

OAnalog

olabilir: TV, Radyo

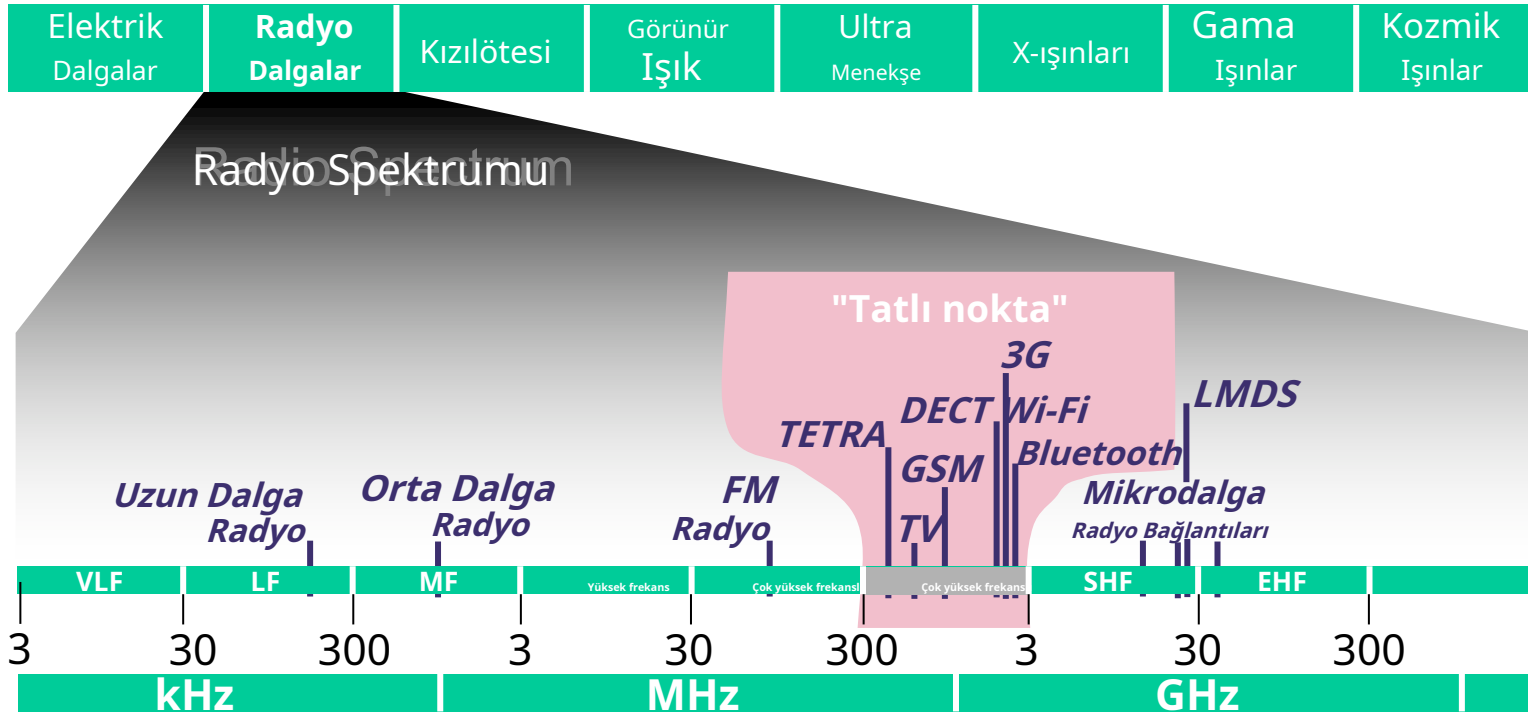
OVeya dijital: Cep telefonları, kablosuz ağlar

## QKızılötesi frekans aralığı

OYaklaşık  $3 \times 10^{11}$  ila  $2 \times 10^{14}$  Hz

OYerel noktadan noktaya iletişimde kullanışlıdır

sınırlı alanlarda çok noktalı uygulamalar

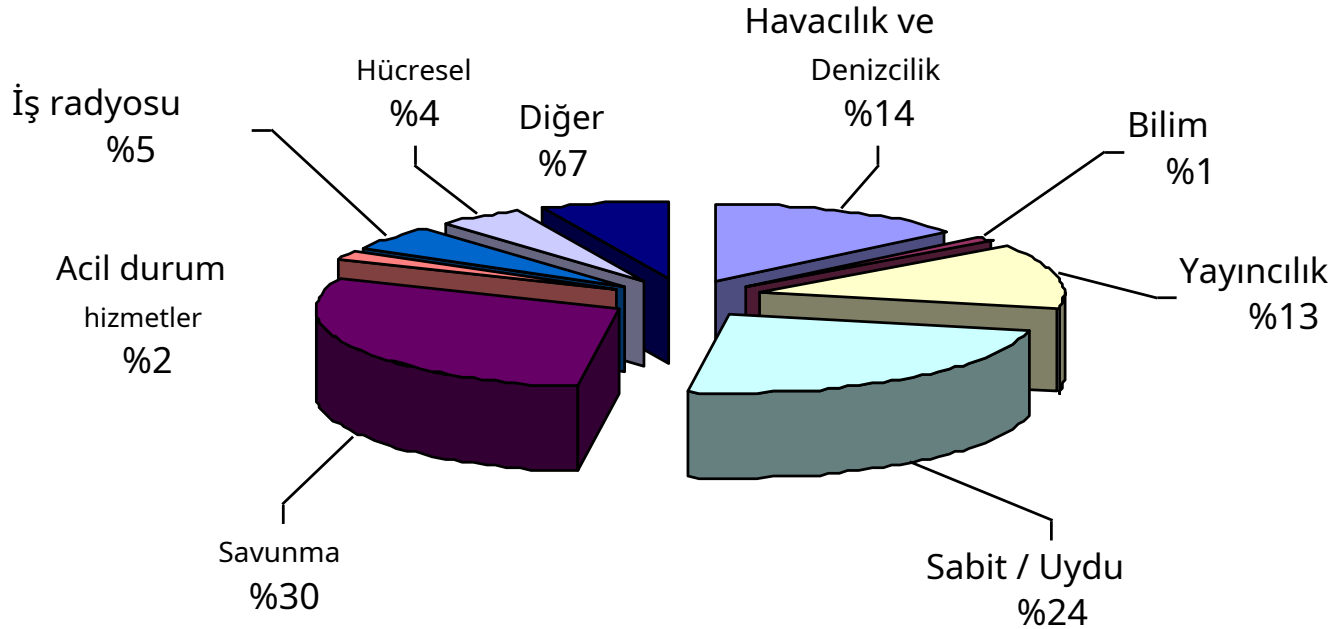


# Frekans Düzenlemeleri

## QFederal İletişim Komisyonu (FCC)

OEyaletler arası ve uluslararası iletişimleri düzenlemekle görevli  
radyo, televizyon, tel, uydu ve kablo

OFarklı cihazlar arasındaki parazitleri önleyin



## Frekansa Göre Radyo Spektrumunun Mevcut Tahsisi