

# BM 403 Veri İletişimi (Data Communications)

---

Hazırlayan: M.Ali Akcayol  
Gazi Üniversitesi  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

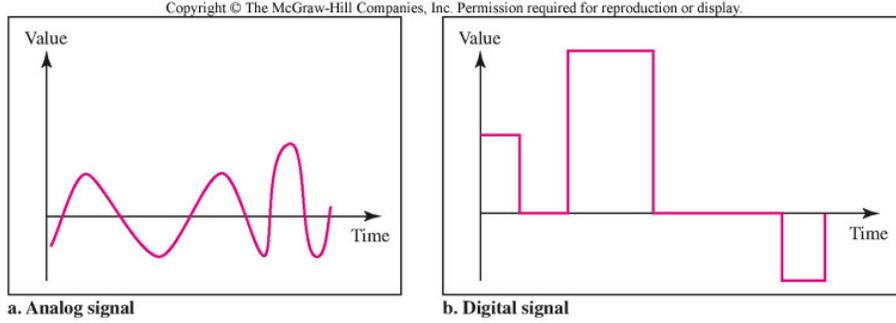
## Ders konuları

---

- Analog ve sayısal
- Periyodik analog sinyaller
- Sayısal sinyaller
- İletişim zayıflaması
- Veri iletişim limitleri
- Performans

## Analog ve sayısal

- Fiziksel katmanın önemli işlevlerinden birisi iletim ortamında sinyaller ile veriyi taşımaktır.
- **Analog data** sürekli bilgiyi, **sayısal data** ayrık durumlu bilgiyi gösterir.
- **Analog sinyal** belirli bir zaman aralığında sonsuz değere sahiptir. **Sayısal sinyal** sınırlı sayıda değere sahiptir. Genellikle 0 ve 1 değerlerini ifade eder.



3/36

## Analog ve sayısal

- **Periyodik sinyal** belirli bir zaman aralığında sürekli aynı işareti tekrarlar.
- Periyodik sinyalde bir işaret için zaman aralığı **periyot** ve tekrar edilen işaret **cycle** olarak adlandırılır. **Frekans** 1 saniyedeki tekrar sayısıdır.
- **Aperiyodik sinyal** tekrarlayan işaret bulundurmaz.
- Aperiyodik sinyallerde **periyot** süresi sonsuzdur, **frekans** değeri sıfırdır.

4/36

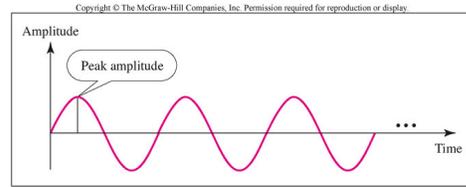
## Ders konuları

- Analog ve sayısal
- **Periyodik analog sinyaller**
- Sayısal sinyaller
- İletişim zayıflaması
- Veri iletişim limitleri
- Performans

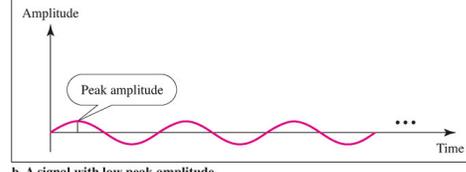
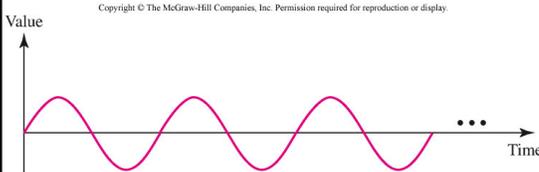
5/36

## Periyodik analog sinyaller

- Periyodik analog sinyaller basit ve birleşik(composite) olarak iki gruptur.
- Basit analog sinyal olan sinüs sinyali daha basit sinyallere ayrıştırılamaz.
- Birleşik analog sinyaller basit sinüs sinyalleriyle oluşturulabilir.
- Bir sinüs sinyali genlik (amplitude), frekans (frequency) ve faz (phase) ile ifade edilir.



a. A signal with high peak amplitude



b. A signal with low peak amplitude

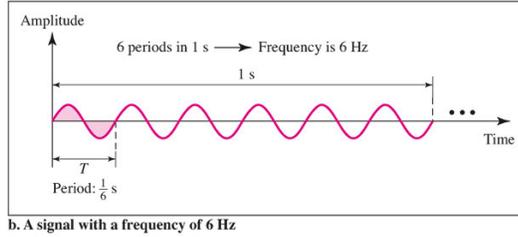
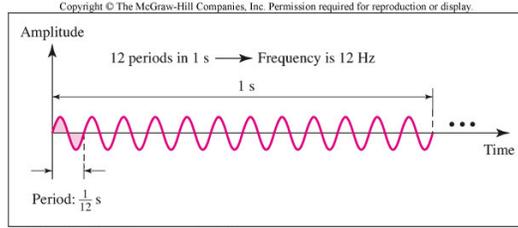
6/36

## Periyodik analog sinyaller

- Periyot sinyalin bir cycle tamamlaması için geçen süreyi ve frekans 1 saniyedeki periyot sayısını gösterir.

$$f = 1/T, \quad T = 1/f$$

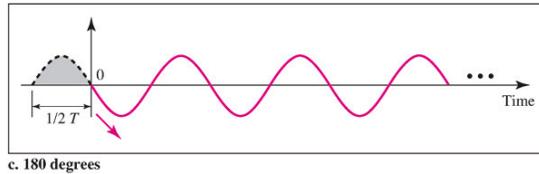
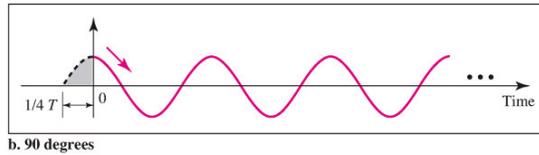
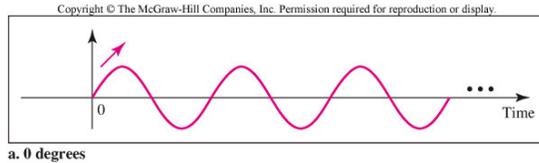
- Periyot  $s$  ile frekans **Hertz (Hz)** ile ifade edilir.
- Hiç değişmeyen sinyalin frekansı 0 ve periyodu sonsuzdur.
- Ani değişen sinyalin periyodu 0 ve frekansı sonsuzdur.



7/35

## Periyodik analog sinyaller

- Faz (phase), zaman 0 iken sinyalin pozisyonunu gösterir.
- Şekilde  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  ve  $180^\circ$  faz açısına sahip sinyaller görülmektedir.

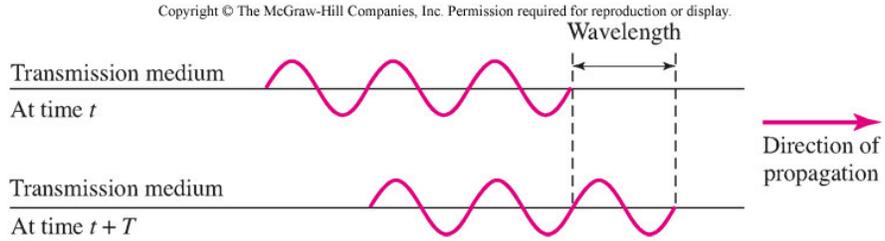


8/35

## Periyodik analog sinyaller

- Dalga boyu (wavelength), sinyalin bir periyotta aldığı yolun uzunluğudur.
- Birimi metredir.

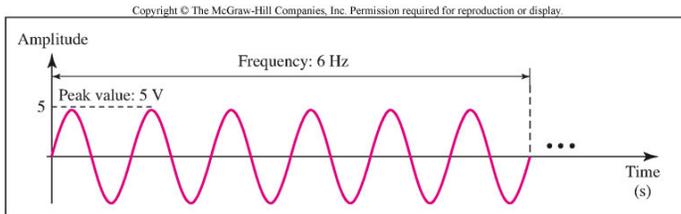
$$\lambda = c / f = c \cdot T$$



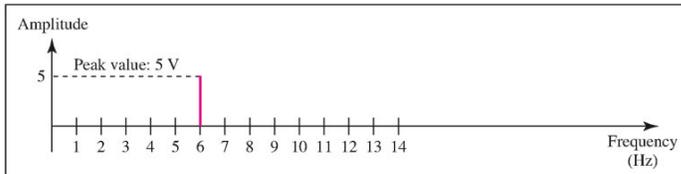
9/36

## Periyodik analog sinyaller

- Zaman düzlemi (time-domain) grafiği sinyalin zamana göre değişimini gösterir.
- Frekans düzlemi (frequency-domain) frekans ve genlik arasındaki ilişkiyi gösterir.



a. A sine wave in the time domain (peak value: 5 V, frequency: 6 Hz)

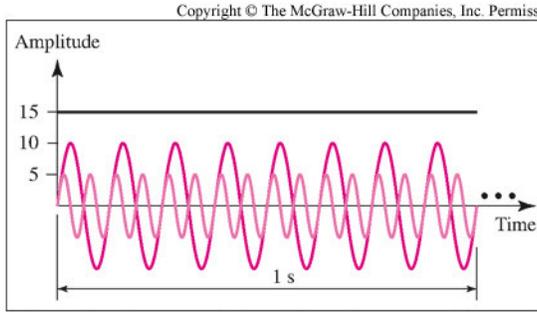


b. The same sine wave in the frequency domain (peak value: 5 V, frequency: 6 Hz)

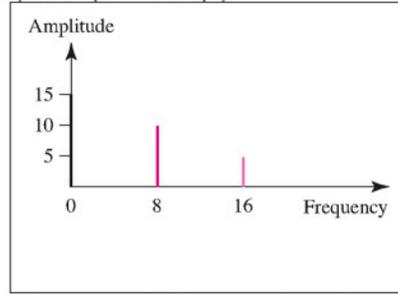
10/36

## Periyodik analog sinyaller

- Şekilde iki sinüs sinyali ile DC sinyalin frekans düzleminde gösterimi verilmiştir.
- Şekildeki DC sinyalin frekansı 0 ve genliği 15 tir.



a. Time-domain representation of three sine waves with frequencies 0, 8, and 16

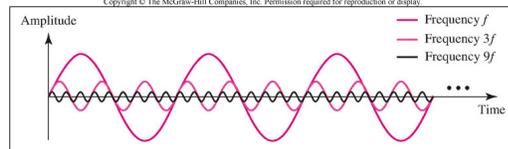
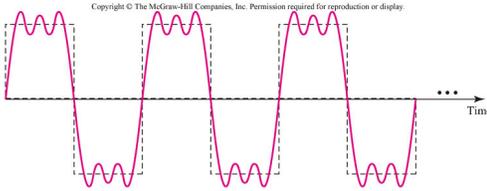


b. Frequency-domain representation of the same three signals

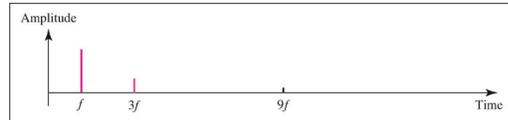
11/36

## Periyodik analog sinyaller

- Composite sinyal çok sayıda sinüs sinyalinin birleşimiyle oluşur.
- 1900lerde Jean-Baptiste Fourier, herhangi bir composite sinyalin, genliği, frekansı ve fazı farklı basit sinüs sinyallerinin birleşimi olduğunu göstermiştir



a. Time-domain decomposition of a composite signal



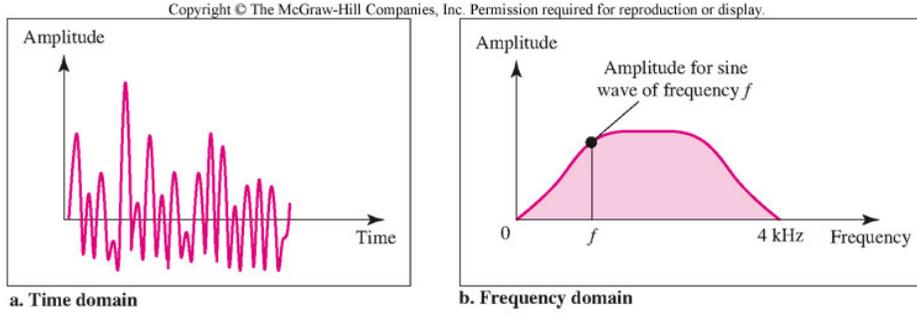
b. Frequency-domain decomposition of the composite signal

$f$ , fundemantal (temel) frekans veya 1.harmonik,  $3f$ , 3.harmonik, ve  $9f$ , 9.harmoniktir.

12/36

## Periyodik analog sinyaller

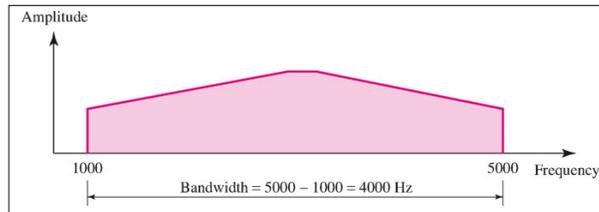
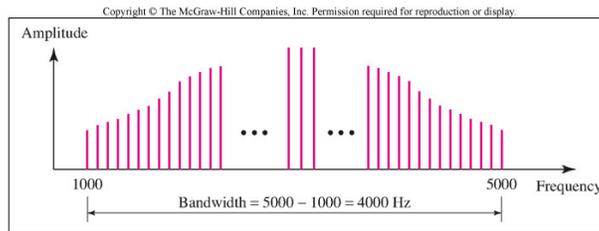
- Şekilde aperiyojik sinyalin frekans-düzleminde gösterimi verilmiştir.



13/35

## Periyodik analog sinyaller

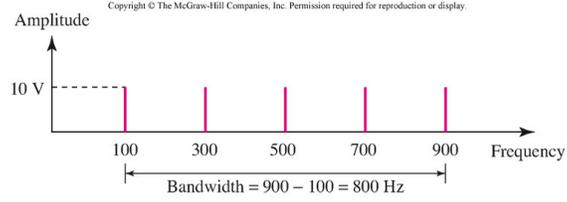
- Composite sinyali oluşturan sinyallerin frekans aralığı **bant genişliği (bandwidth)** olarak adlandırılır.



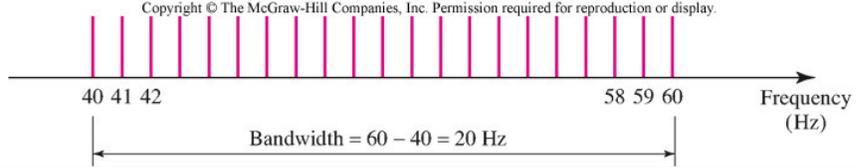
14/35

## Periyodik analog sinyaller

**Örnek:** 100,300,500,700 ve 900Hz frekanslarında 10V genlikli 5 tane sinüs sinyalinden oluşan periyodik sinyalin frekans düzlemi grafiğini çiziniz.



**Örnek:** Bir periyodik sinyalin bant genişliği 20Hz dir. En yüksek 60Hz ise en düşük frekans nedir ? Sinyalin tüm bileşenleri aynı genlikte olduğuna göre spektrumunu çiziniz.



15/36

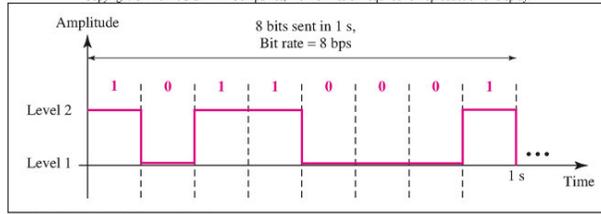
## Ders konuları

- Analog ve sayısal
- Periyodik analog sinyaller
- **Sayısal sinyaller**
- İletişim zayıflaması
- Veri iletişim limitleri
- Performans

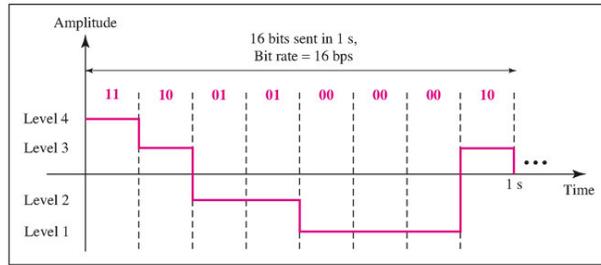
16/36

## Sayısal sinyaller

- Bilgi analog sinyalle gösterilebildiği gibi sayısal sinyalle de gösterilebilir.
- 1 pozitif gerilimle, 0 ise sıfır genlikle gösterilebilir.
- Sayısal sinyal ikiden fazla genliğe sahip olabilir.
- $L$  tane seviyeye sahip sinyalin her seviyesinde  $\log_2 L$  bit ifade edilir.



a. A digital signal with two levels



b. A digital signal with four levels

17/35

## Sayısal sinyaller

- Sayısal sinyallerin çoğu periyodik değildir.
- **Bit rate** saniyede gönderilen bit sayısıdır (bps).
- **Bit length** bir bit için iletim ortamında alınan yoldur.

$$\text{bit length} = \text{propagation speed} * \text{bit duration}$$

**Örnek:**

Her sayfada 24 satır ve 80 sütun olan 100 sayfalık dosya 1 saniyede download edilmiştir. Her karakter 8 bit olduğuna göre bit rate nedir?

$$\text{Bit rate} = 100 * 24 * 80 * 8 = 1.536.000 \text{ bps} = 1,536 \text{ Mbps}$$

**Örnek:**

HDTV için bit rate nedir ?

HDTV ekranı 16:9 boyutundadır. Ekranda 1920\*1080 piksel vardır. Her piksek 24 bitle gösterilir ve ekran saniyede 30 defa yenilenir.

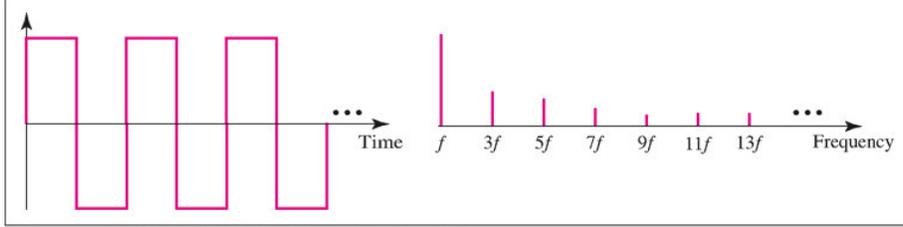
$$\text{Bit rate} = 1920 * 1080 * 30 * 24 = 1.492.992.000 \text{ bps} = 1,5 \text{ Gbps}$$

18/35

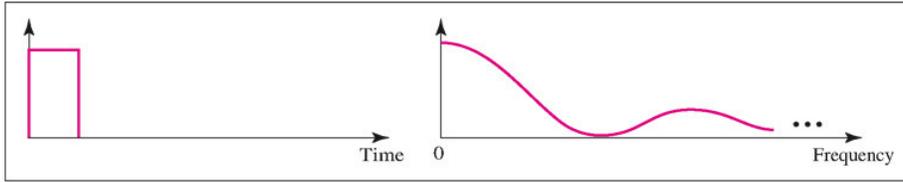
## Sayısal sinyaller

- Bir sayısal sinyal sonsuz bant genişliğine sahip analog composite sinyaldir.
- Şekilde periyodik ve aperiodyk sayısal sinyallerin bant genişliği verilmiştir.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



a. Time and frequency domains of periodic digital signal



b. Time and frequency domains of nonperiodic digital signal

19/36

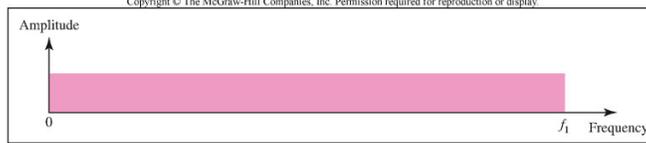
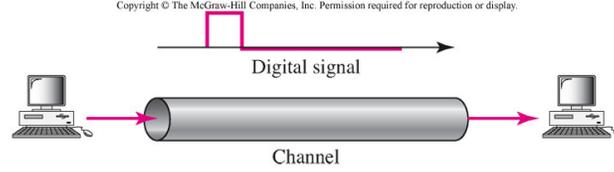
## Sayısal sinyaller

- Sayısal sinyal iletimi **baseband** veya **broadband** (modülasyon kullanılarak) şeklinde yapılabilir.
- Baseband iletişimde sayısal sinyal (analog sinyale çevirmeden) gönderilir.
- Baseband iletişimde bir low-pass (alçak geçiren) kanal kullanılır. İletim ortamı sadece bir kanal oluşturur.

20/36

## Sayısal sinyaller

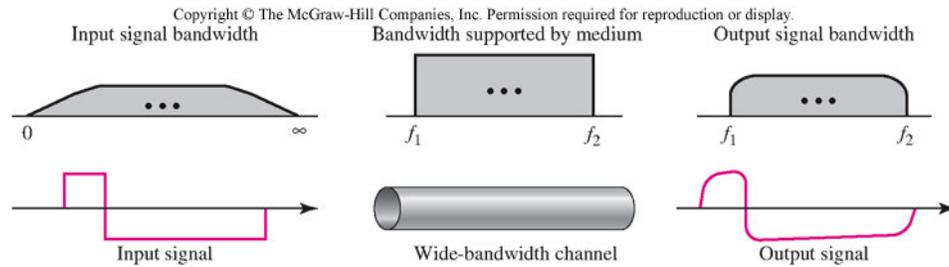
- Baseband iletişim, sınırlı bant genişliği (limited bandwidth) ve geniş bant genişliği (wide bandwidth) ile oluşturulan low-pass kanal ile yapılabilir.



21/35

## Sayısal sinyaller

- Genişbant genişliğine sahip iletim ortamıyla iki cihaz çok iyi haberleşebilir.
- Şekilde  $f_1$  sifıra yakın  $f_2$  ise çok yüksek bir frekanstır.
- Sayısal sinyalin baseband iletiminde orijinal şekli korunur. Low-pass kanalın 0 ile yüksek bir bant genişliğine sahip olması gerekir.
- LAN ağlarda bir kanal oluşturulur ve tüm bant genişliği iki cihaz arasındaki iletişime ayrılır.

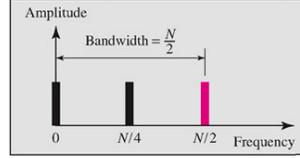


22/35

## Sayısal sinyaller

- Sınırlı bant genişliğine sahip iletim ortamıyla yapılan iletişimde analog sinyal ile sayısal sinyal yaklaşık elde edilir.

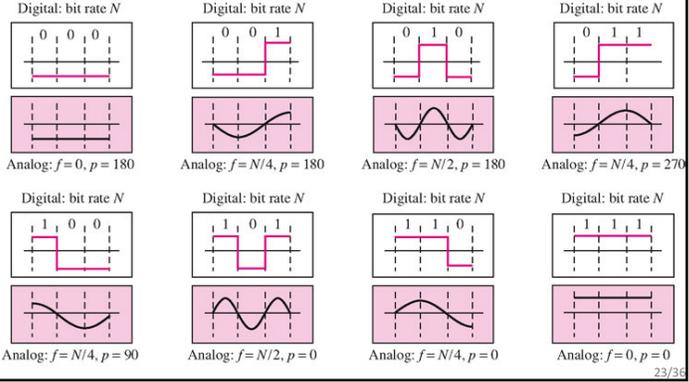
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



- Elde edilen sinyalin, orijinal sayısal sinyale benzeme oranı bant genişliğine bağlıdır.

- Şekilde N bit oranını gösterir. Analog sinyalin maksimum frekansı en kötü durum olan 1010 veya 0101 için N/2 dir. Diğerleri için N/4 tür.

$$\text{Bant genişliği} = N/2 - 0 = N/2$$

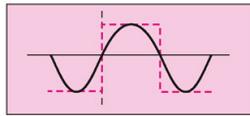
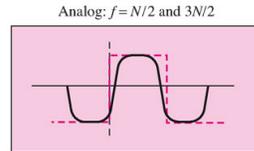
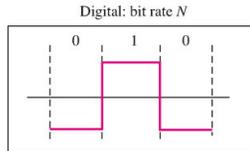
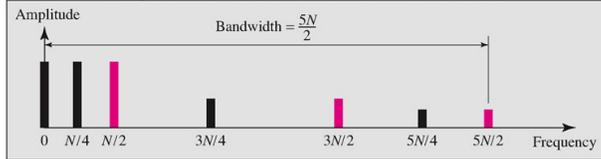


23/35

## Sayısal sinyaller

- Analog sinyali, orijinal sayısal sinyale daha çok benzetmek için daha fazla harmonik kullanılması gerekir. (Bant genişliğinin artırılması gerekir.)
- Baseband iletişimde gereken bant genişliği bit rate değerine bağlıdır.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Baseband iletişimde, daha hızlı veri göndermek için bant genişliğini artırmak gerekir.

Analog:  $f = N/2$

Analog:  $f = N/2, 3N/2, \text{ and } 5N/2$

24/35

## Sayısal sinyaller

- Tabloda farklı hızlarda veri göndermek için gereken bant genişlikleri verilmiştir.
- Baseband iletişimde gereken bant genişliği bit rate değerine bağlıdır.

Bit rate	Harmonic 1	Harmonic 1,3	Harmonic 1,3,5
N = 1 kbps	B = 500 Hz	B = 1.5 KHz	B = 2.5 KHz
N = 10 kbps	B = 5 KHz	B = 15 KHz	B = 25 KHz
N = 100 kbps	B = 50 KHz	B = 150 KHz	B = 250 KHz

25/36

## Sayısal sinyaller

### Örnek:

Baseband iletişimde 1 Mbps hızla veri göndermek için gerekli bant genişliği ne olmalıdır ?

Low-pass kanal için minimum  $BW = N / 2 = 1 \text{ Mbps} / 2 = 500 \text{ KHz}$  (sadece 1.harmonik)

Daha iyi  $BW = 3 * 500 \text{ KHz} = 1.5 \text{ MHz}$  (1. ve 3. harmonik)

5.Harmonik kullanılırsa  $BW = 5 * 500 \text{ KHz} = 2.5 \text{ MHz}$  (1., 3., 5. harmonik)

### Örnek:

100 KHz bant genişliğinde low-pass kanal ile maksimum bit rate nedir ?

1.Harmonik kullanılır maksimum bit rate elde edilir.

$BW = N/2,$   $N (\text{Bit rate}) = 100 \text{ KHz} * 2 = 200 \text{ Kbps}$

26/36

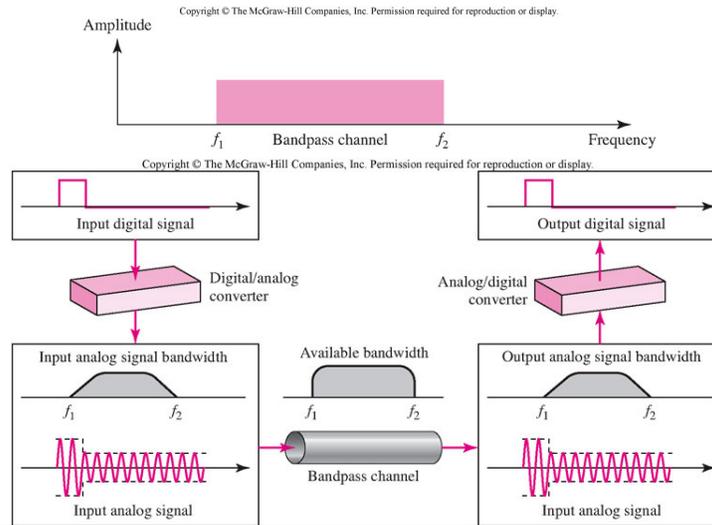
## Sayısal sinyaller

- Broadband iletişimde sayısal sinyal modüle edilerek analog sinyale çevrilir.
- Modülasyon bant geçiren kanal oluşturmayı sağlar.
- Şekilde sayısal sinyalin modülasyonu verilmiştir.
- Telefon hatları 0-4KHz bant genişliğinde ses sinyalleri için tasarlanmıştır. Baseband iletişim yapılırsa maksimum bit rate 8 Kbps olur.

27/35

## Sayısal sinyaller

- Broadband iletişim yapılırsa sayısal sinyali analog sinyale dönüştürmek gerekir. Bunun için modem (**modulator/demodulator**) kullanılır.



## Ders konuları

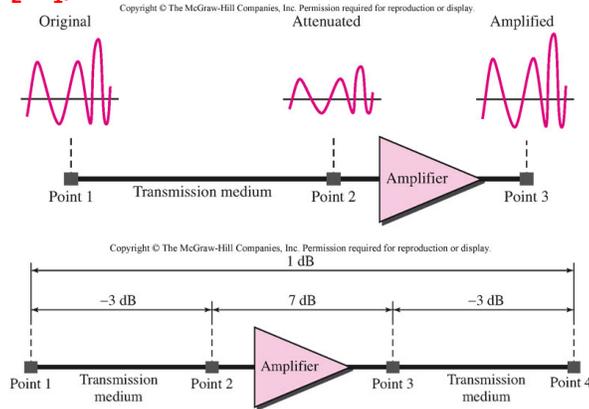
- Analog ve sayısal
- Periyodik analog sinyaller
- Sayısal sinyaller
- İletişim zayıflaması
- Veri iletişim limitleri
- Performans

29/36

## İletişim zayıflaması

- İletim ortamında sinyal zayıflar ve gönderilenle aynı olmaz.
- Sinyal zayıflamasının attenuation, distortion ve noise olarak 3 nedeni vardır.
- **Attenuation**, sinyalin enerjisinin ortamın direncinden dolayı azalmasıdır.
- Sinyaldeki zayıflama ve kazanç **decibel (dB)** ile ifade edilir.

$$dB = 10 \log_{10} (P_2/P_1)$$



30/36

## İletişim zayıflaması

### Örnek:

$P_2 = \frac{1}{2} P_1$  ise attenuation nedir ?

$$10 \log_{10}(P_2/P_1) = 10 \cdot \log_{10}(0.5 P_1/P_1) = 10 \cdot (-0.3) = -3 \text{ dB}$$

### Örnek:

$P_2 = 10P_1$  ise attenuation nedir ?

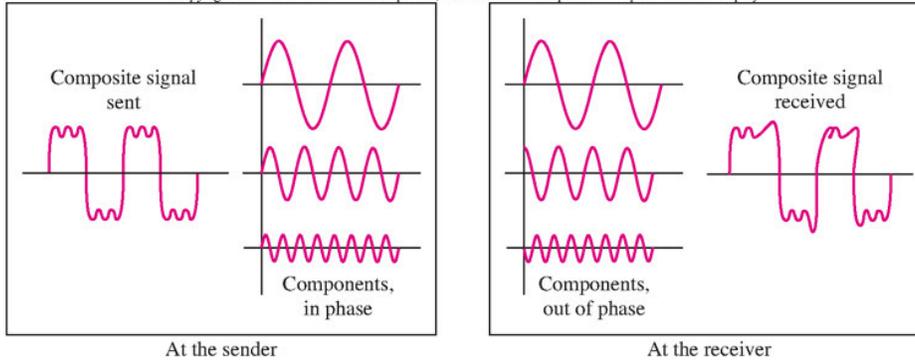
$$10 \log_{10}(P_2/P_1) = 10 \cdot \log_{10}(10) = 10 \cdot (1) = 10 \text{ dB}$$

31/35

## İletişim zayıflaması

- **Distortion**, sinyalin şeklinin değişmesini ifade eder.
- Sinyaldeki bileşenlerin hepsi farklı hızlarda ilerler. Hedefe varış süreleri farklıdır ve elde edilen sinyalin şekli orijinalden farklıdır.

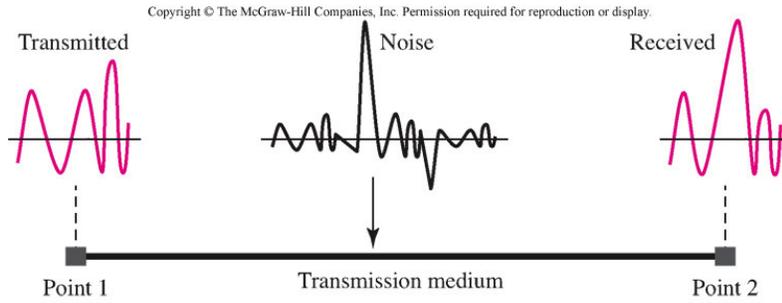
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



32/35

## İletişim zayıflaması

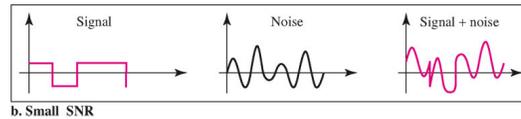
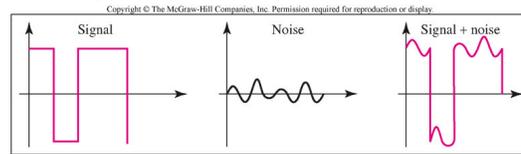
- **Noise**, sinyalde bozulma yapan etkilere dir. **Thermal noise, induced noise, crosstalk** ve **impulse noise** sinyali bozabilir.
- Thermal noise, telde elektron hareketlerinden oluşur.
- Induced noise, motor veya diğer cihazlardan oluşabilir.
- Crosstalk bir kablunun diğerini etkilemesiyle oluşur.
- Impulse noise, öngörülemeyen ve aniden oluşan (şimşek vb.) etkilere dir.



33/35

## İletişim zayıflaması

- **Signal-to-Noise Ratio (SNR)**, sinyal gücünün noise gücüne oranıdır.
- Şekilde yüksek ve düşük SNR örnekleri verilmiştir.



- $SNR_{dB} = 10 \log_{10} SNR$  olarak ifade edilir.

Örnek:

Sinyal gücü 10mW ve noise gücü 1 $\mu$ W ise SNR ve  $SNR_{dB}$  nedir?

$$SNR = 10.000\mu W / 1\mu W = 10.000, SNR_{dB} = 10 \log_{10} SNR = 10 \log_{10} 10.000 = 40dB$$

34/35

## Ders konuları

- Analog ve sayısal
- Periyodik analog sinyaller
- Sayısal sinyaller
- İletişim zayıflaması
- **Veri iletişim limitleri**
- Performans

35/36

## Veri iletişim limitleri

- Veri iletişim oranı 3 faktöre bağlıdır:
  - Kullanılan bant genişliğine
  - Kullanılan sinyaldeki seviye sayısına
  - Kanal kalitesine (noise seviyesine)
- Nyquist tarafından gürültüsüz ve Shannon tarafından gürültülü kanal için data rate oranı belirlenmiştir.

$$\text{Nyquist Bit Rate} = 2 * BW * \log_2 L \text{ bps}$$

*BW = Bandwidth, L = Sinyal seviye sayısı*

- *L* arttıkça sistemin güvenilirliği azalır.

36/36

## Veri iletişim limitleri

### Örnek:

BW = 3000 Hz olan bir sistemde L=2 ise maksimum bit rate nedir?

$$\text{Bit rate} = 2 * \text{BW} * \log_2 L = 6000 * \log_2 2 = 6000 \text{ bps}$$

Sinyal seviye sayısı 4 olursa,

$$\text{Bit rate} = 2 * \text{BW} * \log_2 4 = 6000 * 2 = 12000 \text{ bps}$$

### Örnek:

265 kbps bit rate için, BW=20 kHz olan gürültüsüz ortamda kaç seviyeli, sinyal kullanılmalıdır.

$$265000 = 2 * 20000 * \log_2 L \rightarrow 265000 / 40000 = \log_2 L \rightarrow L = 98.7 \text{ seviye gereklidir.}$$

37/38

## Veri iletişim limitleri

- Claude Shannon 1944'te gürültülü kanal için teorik en yüksek bit rate'i belirlemiştir.

$$\text{Capacity} = \text{BW} * \log_2 (1 + \text{SNR}) \text{ bps}$$

- Kapasite bir kanalın özelliğini belirler iletişim metodunu değil !
- Kapasite, kaç seviye kullanılırsa kullanılsın maksimum bit rate değerini gösterir.

38/38

## Veri iletişim limitleri

### Örnek:

SNR değeri yaklaşık 0 olan çok gürültülü bir kanalda kapasite ne kadardır ?

$$C = BW * \log_2(1+SNR) = 2*BW*\log_2 1 = 0 \text{ olur.}$$

### Örnek:

Telefon hatlarında  $BW=3000\text{Hz}$  (3300-300Hz) dir. SNR değeri genellikle 3162 dir. Kanal kapasitesi nedir ?

$$C = BW * \log_2(1+SNR) = 3000*\log_2(1+3162) = 3000*11.62 = 34.860 \text{ bps}$$

### Örnek:

$SNR_{dB} = 36$  ve  $BW = 2 \text{ MHz}$  olan kanalda teorik kanal kapasitesi nedir ?

$$SNR_{dB} = 10\log_{10} SNR \rightarrow SNR = 3981$$

$$C = BW * \log_2(1+SNR) = 2*10^6*\log_2(3982) = 24 \text{ Mbps}$$

39/36

## Ders konuları

- Analog ve sayısal
- Periyodik analog sinyaller
- Sayısal sinyaller
- İletişim zayıflaması
- Veri iletişim limitleri
- Performans

40/36

## Performans

- **Bant genişliği**, ağ performansını belirleyen ölçütlerden birisidir.
- Bant genişliği **Hz** olarak frekans bandını veya **bps** olarak bir rate değerini gösterir.
- **Throughput**, bir bağlantının gerçek bps değeridir.
- **Latency (delay)**, ilk bitin kaynaktan çıkmasından sonra tüm mesajın tamamının hedefe ulaşması için geçen süredir.  
 $Latency = PT+TT+QT+PD$ ,  $PT=Propagation\ time$ ,  $TT=Transmission\ time$ ,  
 $QT=Queuing\ time$ ,  
 $PD=Process\ delay$
- **Propagation time**, uzaklığın yayılım hızına oranıdır.  
 $PT = D/PS$ ,  $D = distance$ ,  $PS = Propagation\ speed$
- **Transmission time**, mesaj boyutunun bant genişliğine oranıdır.  
 $TT = MS/BW$ ,  $MS= Message\ size$

41/36

## Performans

### Örnek:

2.5kbyte bir e-mail için 1Gbps bant genişliği olan ağda PT ve TT değerleri nedir? Alıcı verici arasında 12000km mesafe var ve yayılım hızı  $2.4 \cdot 10^8$ m/s.

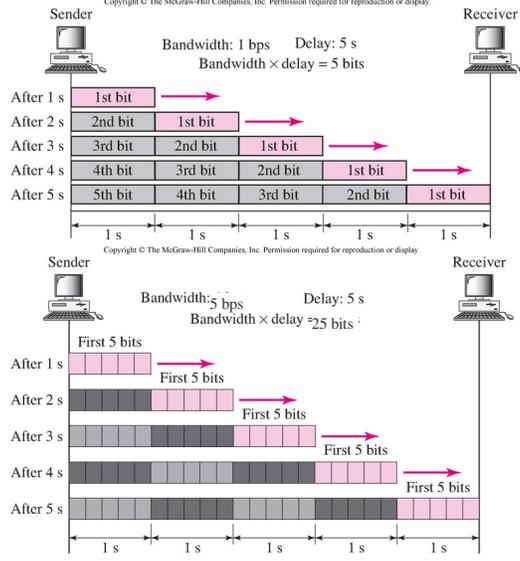
$$PT = (12000 \cdot 10^3) / 2.4 \cdot 10^8 = 50 \text{ ms}$$

$$TT = (2500 \cdot 8) / 10^9 = 0.02 \text{ ms}$$

42/36

## Performans

- Bandwidth-delay çarpımı bağlantıda aynı anda bulunan bir sayısını gösterir.



- Jitter**, farklı paketlerdeki gecikme sürelerinin değişimidir.

43/36

## Ödev

- Kablosuz ortamlarda iletişim zayıflaması ve gürültü hakkında detaylı bir araştırma ödevi hazırlayınız.

44/36