

# 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.

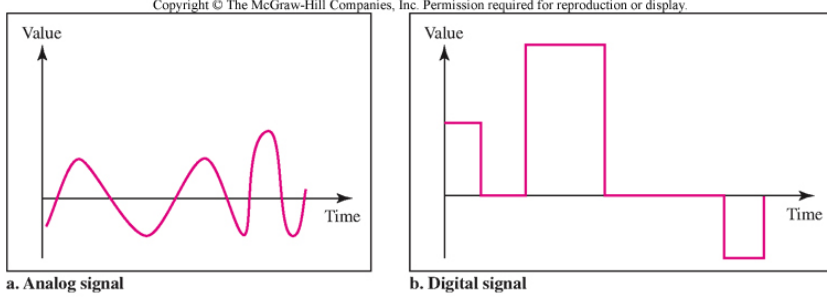
## İçerik

---

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

## Analog ve sayısal

- ▶ **Fiziksel katman** iletim ortamında  **sinyaller ile veriyi taşır.**
- ▶ **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.



## Analog ve sayısal

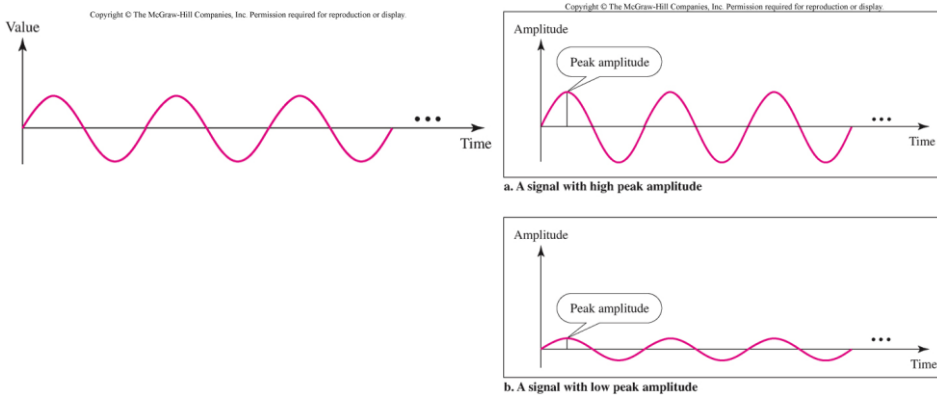
- ▶ **Periyodik sinyal** belirli bir zaman aralığında sürekli  **aynı işareti tekrar eder.**
- ▶ Periyodik sinyalde bir işaret için zaman aralığı **periyot** ve tekrar edilen işaret **cycle** olarak adlandırılır.
- ▶ **Frekans**, 1 saniyedeki tekrar sayısıdır.
- ▶ **Aperiyodik sinyal** tekrarlayan işaret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

## İçerik

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

## Periyodik analog sinyaller

- ▶ Sinüs sinyali, basit periyodik analog sinyaldir.
- ▶ Birleşik analog sinyaller basit sinüs sinyalleriyle oluşturulabilir.
- ▶ Bir sinüs sinyali genlik (amplitude), frekans (frequency) ve faz (phase) ile ifade edilir.

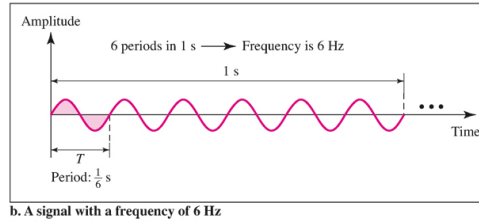
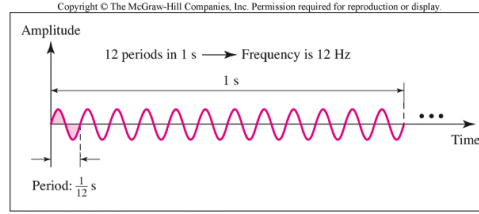


## Periyodik analog sinyaller

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

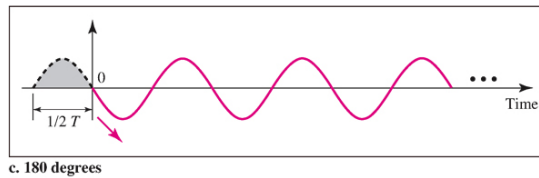
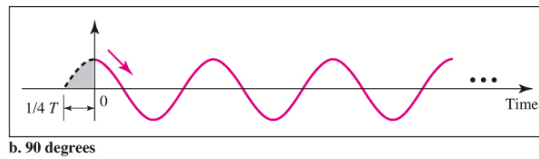
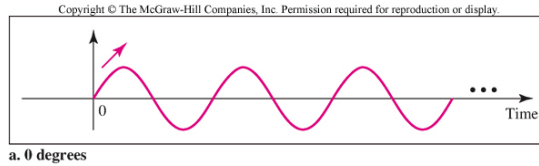
$$f = 1 / T, \quad T = 1 / f$$

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



## Periyodik analog sinyaller

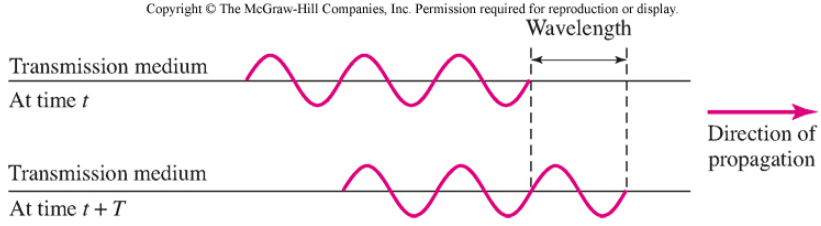
- **Faz**, zaman 0 iken **sinyalin başlama pozisyonunu gösterir.**
- Şekilde  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  ve  $180^\circ$  faz açısına sahip sinyaller görülmektedir.



## Periyodik analog sinyaller

- ▶ **Dalga boyu (wavelength)**, sinyalin bir periyotta aldığı yolun uzunluğudur (metre).
- ▶  $c$  hızı,  $f$  frekansı ve  $T$  periyot süresini gösterir.

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

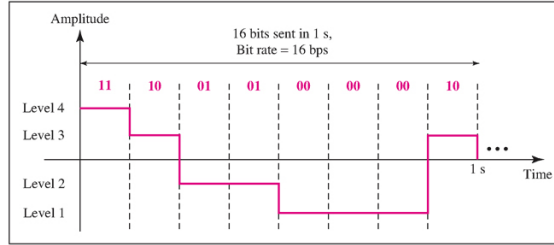
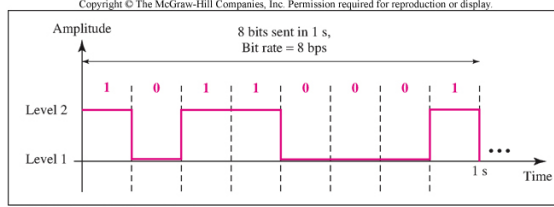


## İçerik

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

## Sayısal sinyaller

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



## Sayısal sinyaller

- ▶ Sayısal sinyallerin çoğu periyodik değildir.
- ▶ **Bit rate**, saniyede gönderilen bit sayısıdır (bps).
- ▶ **Bit length**, bir bit için iletim ortamında alınan yoldur.  
 **$bit\ length = propagation\ speed * bit\ duration$**

### 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?

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

### Örnek:

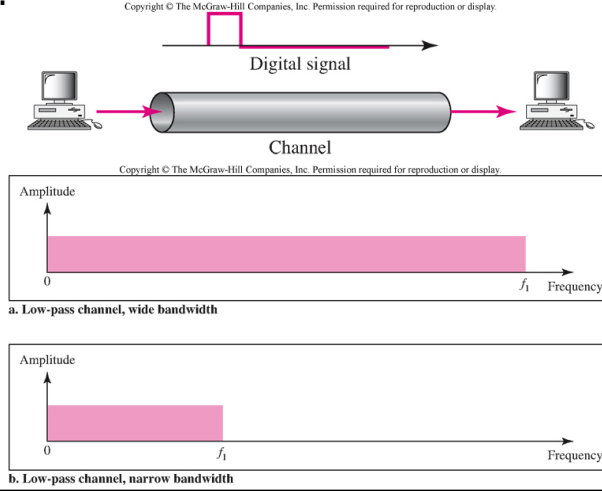
HDTV için bit rate nedir ?

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

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

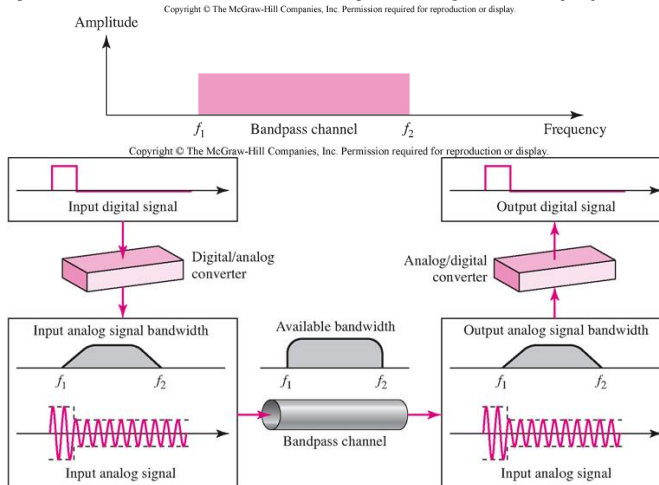
## Sayısal sinyaller

- ▶ Sayısal sinyal iletimi **baseband** veya **broadband** (modülasyon kullanılarak) şeklinde yapılabilir.
- ▶ **Baseband** iletişimde sayısal sinyal (analog sinyale çevirmeden) gönderilir.



## Sayısal sinyaller

- ▶ **Broadband** iletişim yapılırsa sayısal sinyali analog sinyale dönüştürmek gerekir.
- ▶ **Modem** (modulator/demodulator) dönüştürme yapar.



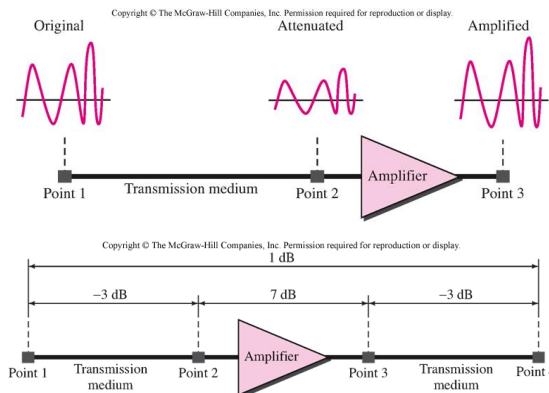
## İçerik

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

## İletişim zayıflaması

- ▶ İletim ortamında **sinyal zayıflar** ve gönderilen ile aynı olmaz.
- ▶ Sinyal zayıflamasının nedenleri: **attenuation**, **distortion** ve **noise**.
- ▶ **Attenuation**, sinyalin enerjisinin dirençten dolayı azalmasıdır.
- ▶ Sinyaldeki zayıflama ve kazanç **decibel (dB)** ile ifade edilir.

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





## İletişim zayıflaması

### Örnek:

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

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

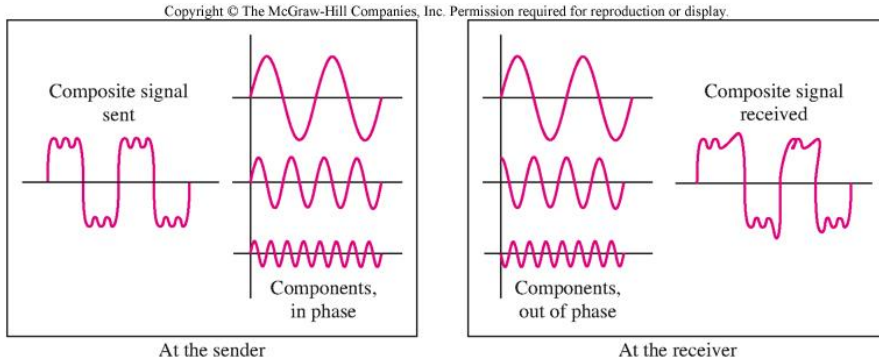
### Örnek:

$P_2 = 10P_1$  ise attenuation nedir ?

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

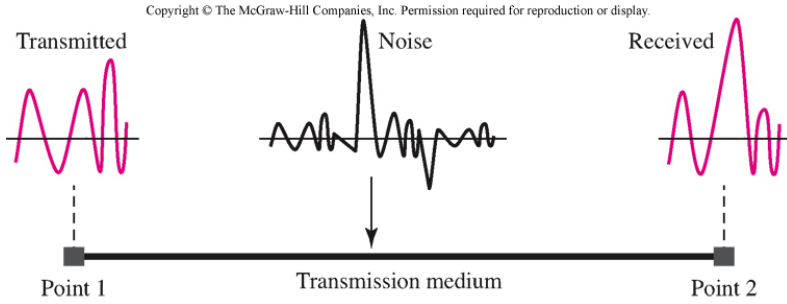
## İletişim zayıflaması

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



## İletişim zayıflaması

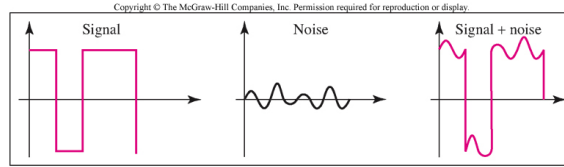
- ▶ **Noise**, sinyalde bozulma yapan etkilere (Thermal noise, induced noise, crosstalk ve impulse noise).
- ▶ **Thermal noise**, telde elektron hareketlerinden oluşur.
- ▶ **Induced noise**, motor veya diğer cihazlardan oluşabilir.
- ▶ **Crosstalk**, bir kablunun diğerini etkilemesiyle oluşur.
- ▶ **Impulse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



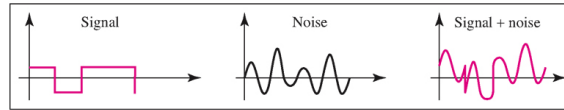
## İletişim zayıflaması

- ▶ **Signal-to-Noise Ratio (SNR)**, sinyal gücünün noise gücüne oranıdır.

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \text{SNR}$$



a. Large SNR



b. Small SNR

### Örnek:

Sinyal gücü 10mW ve noise gücü 1μW ise SNR ve SNR<sub>dB</sub> nedir?

$$\text{SNR} = 10.000\mu\text{W}/1\mu\text{W} = 10.000$$

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10\log_{10}\text{SNR} = 10\log_{10}10.000 = 40\text{dB}$$

## İçerik

---

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

## 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 veri oranı** belirlenmiştir.

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

BW = Bandwidth

L = Sinyal seviye sayısı

- ▶ **L arttıkça sistemin güvenilirliği azalır.**

## 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?

$$265000 = 2 * 20000 * \log_2 L$$

$$265000 / 40000 = \log_2 L$$

$$L = 98,7$$

## Veri iletişim limitleri

---

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

$$\text{Shannon bit rate} = \text{BW} \log_2(1+\text{SNR}) \quad (\text{bps})$$

- ▶ Kapasite, kaç seviye kullanılırsa kullanılsın maksimum bit rate değerini gösterir.

## 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<sub>dB</sub> = 36** ve **BW = 2 MHz** olan kanalda teorik kanal kapasitesi nedir?

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

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

## İçerik

---

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

## Performans

- ▶ **Bant genişliği**, ağ performansını belirleyen ölçütlerden birisidir.
- ▶ Bant genişliği **Hz** olarak frekans bandını veya **bps** olarak bit rate değerini gösterir.
- ▶ **Throughput**, bir bağlantının gerçek bps değeridir.
- ▶ **Latency (delay)**, ilk bitin kaynaktan çıkmasından sonra 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 = Mesaj boyutu, BW = Bant genişliği

## Performans

### Örnek:

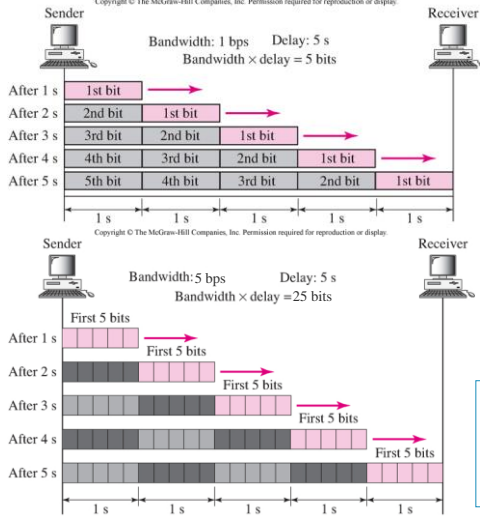
2.5kbyte bir e-mail için 1Gbps bant genişliği olan ağda PT ve TT değerleri nedir? Alıcı verici arasında 12000km mesafe var ve yayılım hızı  $2.4 \cdot 10^8$  m/s.

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

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

## Performans

- **Bandwidth-delay** çarpımı bağlantıda aynı anda bulunan bit sayısını gösterir.



- **Jitter**, farklı paketler için gecikme sürelerinin değişimidir.