

# BM 403 Veri İletişimi (Data Communications)

---

Hazırlayan: M.Ali Akcayol  
Gazi Üniversitesi  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

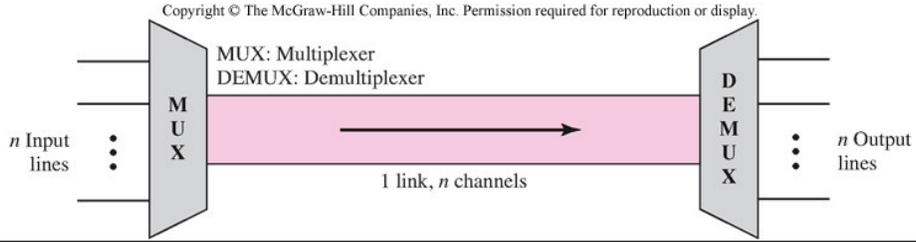
## Ders konuları

---

- Multiplexing
- Spread spectrum

## Multiplexing

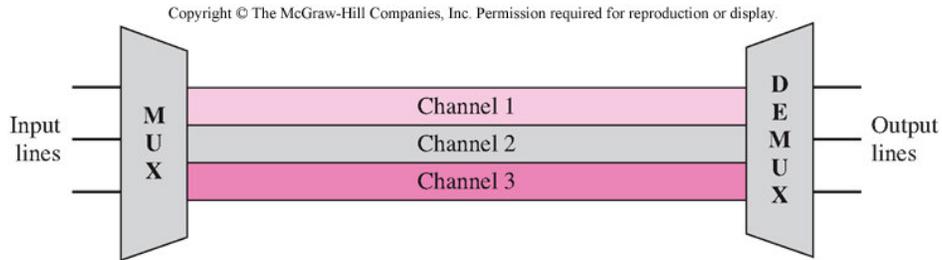
- **Multiplexing**'te amaç etkinliktir. Birden fazla kanal birleştirilerek bir kanal oluşturulur.
- **Spreading**'te amaç gizlilik ve yığılmayı önlemektir. Bunun için bantgenişliği artırılır.
- İki cihazı bağlayan ortamın bant genişliği gerekenden fazla ise, bağlantı paylaşılabilir.
- **Multiplexing**, Bir bağlantı üzerinden çok sayıda sinyalin eş zamanlı iletimini sağlayan tekniklerdir.
- **Mux(multiplexer)**, çok girişi bir kaynaktan birleştirir (many-to-one), **demux(demultiplexer)**, bir kaynaktaki sinyalleri ayırır (one-to-many).
- **Link**, fiziksel bağlantıyı, **kanal** link içindeki bir kısmı ifade eder.
- **Frequency-division multiplexing(FDM)**, **wave-division multiplexing(WDM)**, **time-division multiplexing(TDM)** olarak üç temel teknik vardır.



## Multiplexing

### FDM

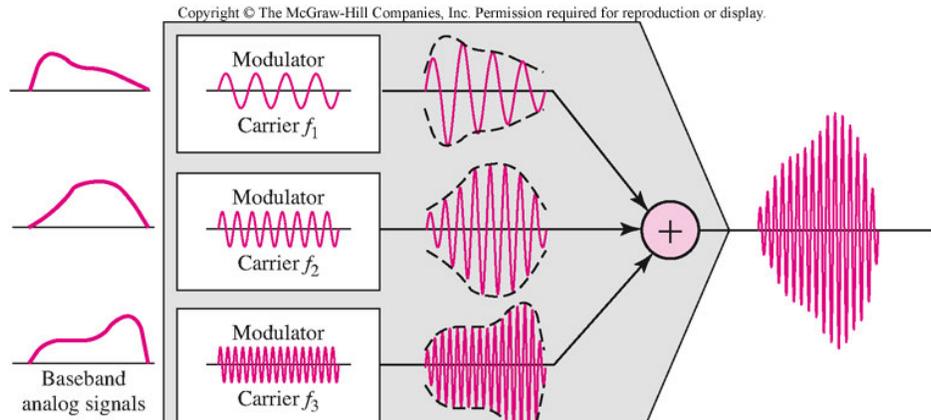
- FDM, bağlantının bant genişliği iletilecek sinyalin bant genişliğinden fazlaysa kullanılan **analog** bir tekniktir.
- FDM'de her cihaz ile farklı bir taşıyıcı sinyali modüle edilir.
- FDM analog sinyalleri birleştiren analog tekniktir.



## Multiplexing

### FDM - multiplexing

- Her sinyal ayrı bir taşıyıcıyı modüle eder. Link ile birleştirilmiş sinyal iletilir.

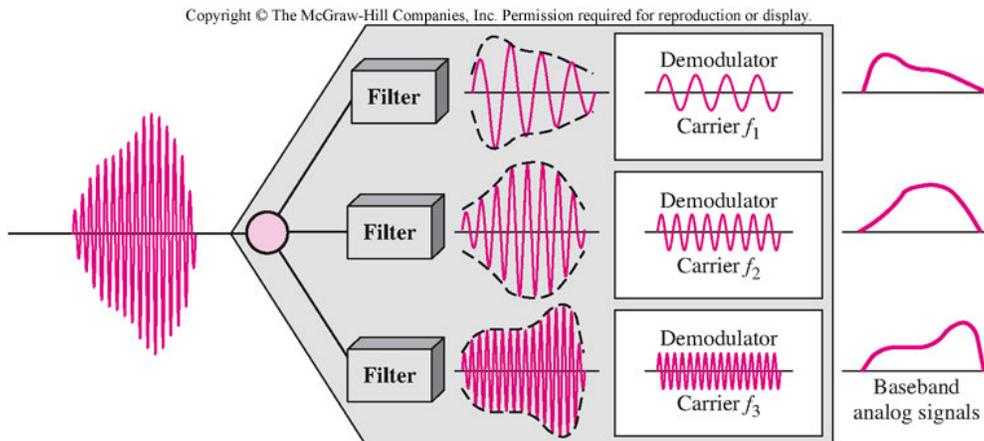


5/35

## Multiplexing

### FDM - demultiplexing

- Demultiplexer bir dizi filtre ile sinyali ayırıştırır.

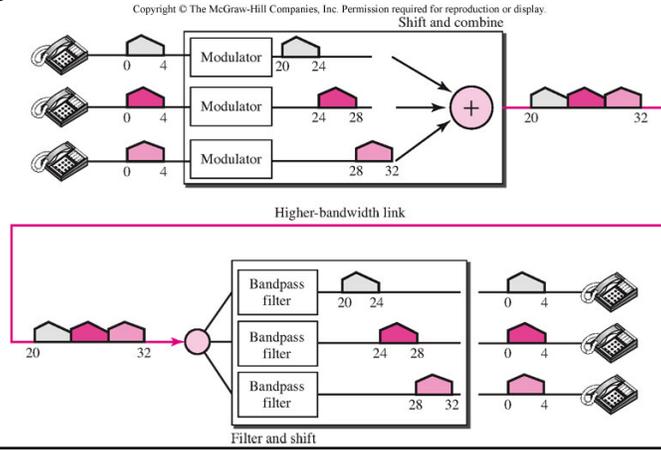


6/35

## Multiplexing

### FDM-örnek

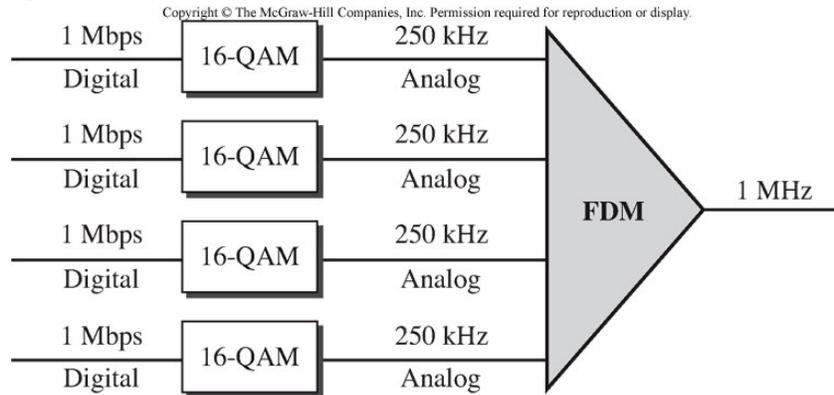
- Ses kanalları 4 kHz bant genişliğine sahiptir. 3 ses kanalını birleştirmek için 12 kHz bant genişliğinde linke ihtiyaç vardır. Örnek bir konfigürasyon aşağıdaki gibi olabilir.



## Multiplexing

### FDM-örnek

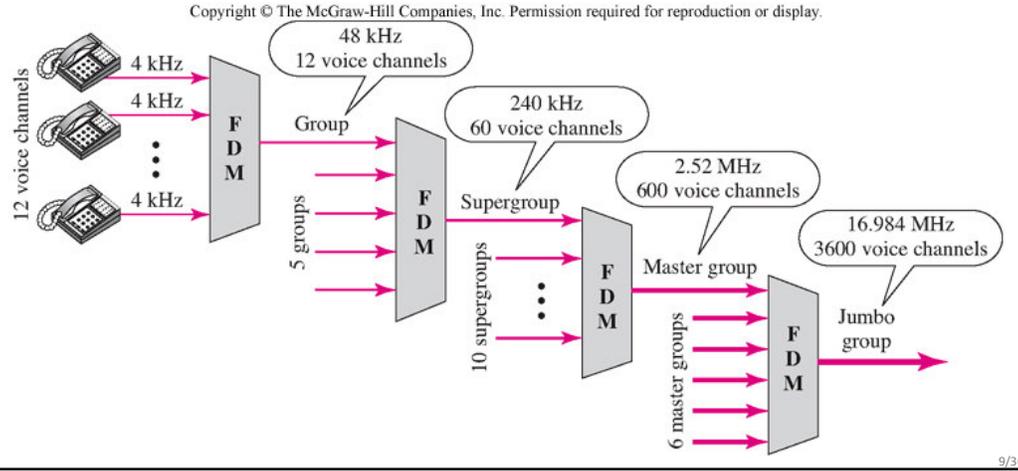
- 4 kanalın herbirisi 1 Mbps iletişim yapmaktadır. Bir uydudaki 1 MHz kanalın FDM ile konfigürasyonu aşağıdaki gibi olabilir.
- Her kanal 250 kHz bant genişliğine sahiptir ve her kanalda 16-QAM (1 Hz ile 4-bit gönderilir) modülasyon yapılır.



## Multiplexing

### FDM- örnek (AT&T hiyerarşik yapısı)

- Düşük bant genişliğine sahip kanallar daha yüksek bant genişliğine sahip kanallara multiplex yapılır.



## Multiplexing

### FDM-örnekler

- AM radyolar 530 kHz-1700 kHz arasındaki bantta FDM yapılarak 10 kHz kanallara yerleştirilirler.
- FM radyolar 88 MHz-108MHz arasındaki bantta FDM yapılarak 200 kHz kanallara yerleştirilirler.
- TV yayınları 6MHz bant genişliğine sahip kanallara yerleştirilirler.
- İlk jenerasyon cep telefonları FDM kullanır. Her kullanıcı için 30 kHz kanallar atanır. Ses sinyali 3 kHz bant genişliğine sahiptir ve FM de kanal bant genişliği  $10 \times \text{modüle eden sinyal}$  olduğundan toplam bant genişliği 30 kHz olur. Her kullanıcıya full-duplex iletişim için 60 kHz kanal atanır.

## Multiplexing

### FDM-örnek

- AMPS (Advanced Mobile Phone System) iki bant kullanır. Gönderme için 824-849 MHz ve alma için 869-894 MHz bantları kullanılır. Her kullanıcı bir yönde 30 kHz bant genişliğine sahip kanal kullanır. Kaç kullanıcı eş zamanlı iletişim yapabilir ?

*Her bant 25 MHz (849-824 ve 894-869) tir.*

*25 MHz / 30 kHz = 833.33 olur. Gerçekte her bant 832 kanala bölünür.*

*Toplam 42 kanal kontrol için kullanılır. 790 kanal kullanıcılar için ayrılır.*

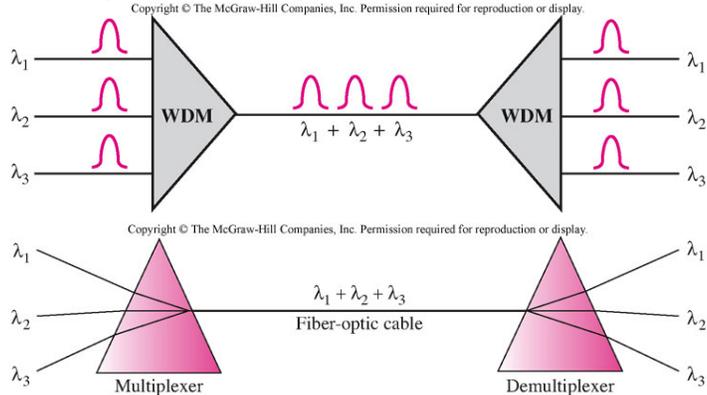
*Her iki kanalda full-duplex eş zamanlı 790 kullanıcı iletişim yapabilir.*

11/36

## Multiplexing

### WDM

- WDM, fiber optik kablonun yüksek bant genişliğini kullanmak için tasarlanmıştır. WDM, optik sinyalleri birleştiren multiplexing tekniğidir.
- WDM, SONET(Synchronous Optical Network) ağlarda kullanılır. Dense WDM (DWDM) kanalları çok yakın multiplex yaparak daha çok kanalı birleştirir.

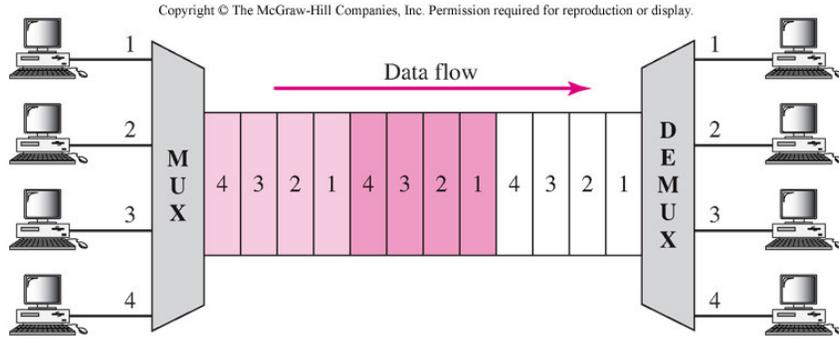


12/36

## Multiplexing

### TDM

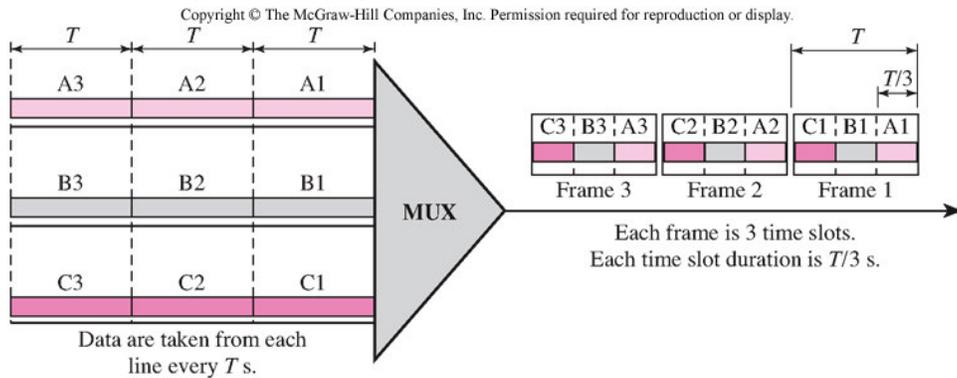
- TDM yüksek bant genişliğine sahip bir linki birden çok bağlantıya paylaştırır.
- FDM bandın bir kısmını paylaştırırken, TDM bandın tümünü zamana göre paylaştırır.
- TDM **senkron** ve **istatistiksel** olarak iki türdür. Senkron TDM'de veri olmasa bile her girişe belirli bir zaman ayrılır.



## Multiplexing

### Senkron TDM - devam

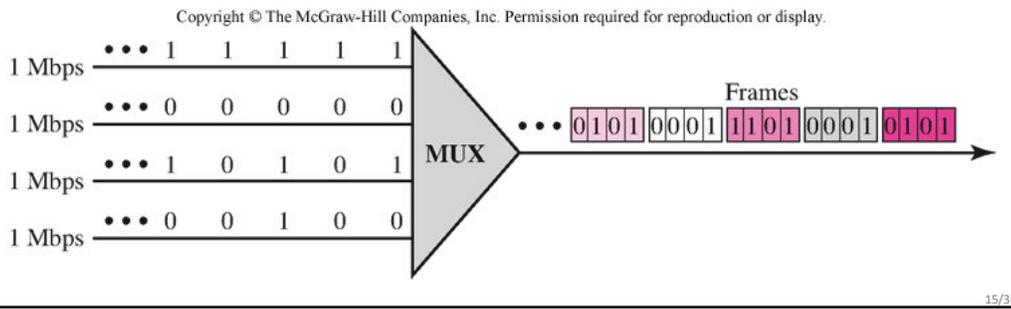
- Senkron TDM'de her girişin verisi birimlere ayrılır. Birim 1 bit, 1 karakter veya 1 blok olabilir.
- Girişlerin zaman aralıkları frame oluşturur. Bir frame, tüm girişlerin 1 birim verisinin birleşiminden oluşur.



## Multiplexing

### Senkron TDM - örnek

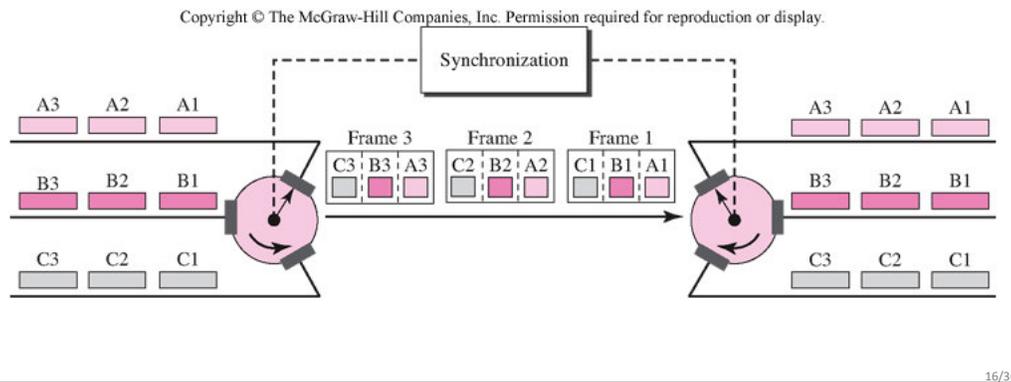
- Şekilde bir birim veri 1 bittir.
- Giriş bit süresi =  $1 / 1 \text{ Mbps} = 1 \mu\text{s}$ .
- Çıkış bit süresi =  $1 / 4 \mu\text{s}$ .
- Çıkış bit rate =  $1 / 4 \mu\text{s} = 4 \text{ Mbps}$ . ( $4 \times 1 \text{ Mbps} = 4 \text{ Mbps}$ )
- Frame rate = 1 Mbps (1 girişin bit rate değeridir)



## Multiplexing

### Senkron TDM - devam

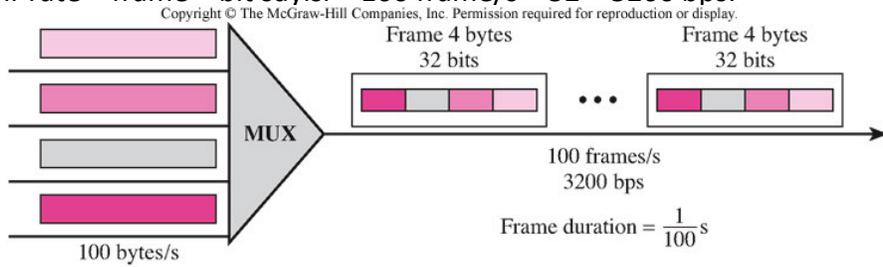
- TDM iki uçta hızlı switch'lerle yapılır. İki switch senkron çalışır.
- Interleaving, her iki uçtada switch'lerin belirli aralıklarla her giriş/çıkış için bağlantı süresini ifade eder.



## Multiplexing

### Senkron TDM - örnek

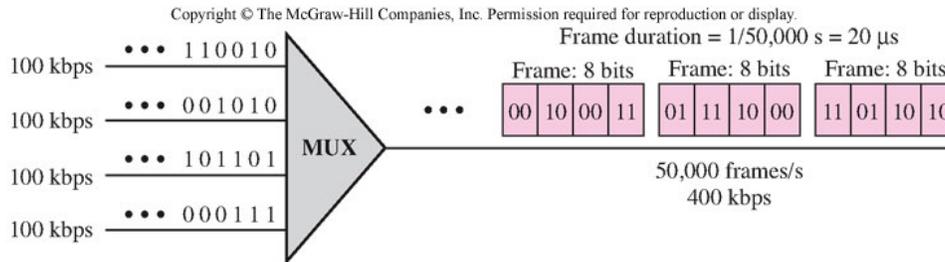
- Şekilde 4 kanal TDM kullanılarak multiplex yapılmaktadır. Her kanal 100 byte/s veri gönderme hızına sahiptir ve her kanal 1 byte/s multiplex yapılmaktadır.
- Frame boyutu = 4 byte (32 bit).
- Bir frame her girişten 1 byte/s alır. Frame rate = 100 frame/s.
- Frame süresi =  $1/100$  s.
- Bir rate = frame \* bit sayısı =  $100 \text{ frame/s} * 32 = 3200 \text{ bps}$ .



## Multiplexing

### Senkron TDM - örnek

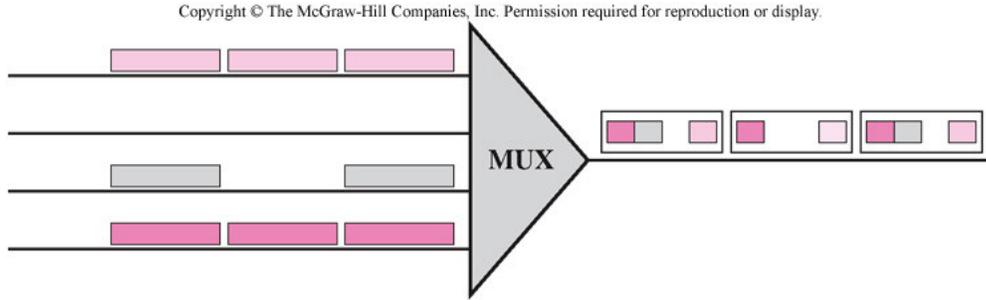
- Bir multiplexer 4 tane 100 kbps kanalı her zaman aralığında 2-bit olarak birleştiriyor.
- Her kanaldan 2 bit alındığından link  $100 \text{ kbps}/2 = 50.000 \text{ frame/s}$  hızındadır.
- Frame süresi =  $1 / 50.000 = 20 \mu\text{s}$ .
- Bit rate =  $50.000 * 8 = 400 \text{ kbps}$ .
- Bit süresi =  $1 / 400 \text{ kbps} = 2,5 \mu\text{s}$ .



## Multiplexing

### Senkron TDM

- Her girişe gönderecek verisi olmasa da zaman ayrılır.
- Frame'lerde boş slotlar ayrıldığından verim düşer.

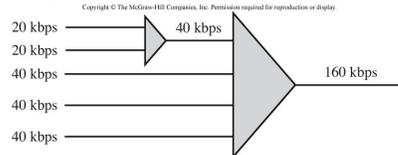


## Multiplexing

### Data rate management

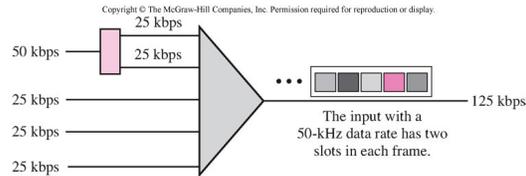
- Farklı hızlardaki girişleri birleştirilmesini gerekebilir.

### Multilevel multiplexing



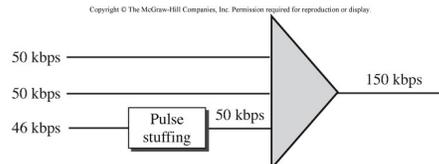
### Multiple slot allocation

- Bir seri paralel çevirici kullanılmıştır.



### Pulse stuffing

- Boş bitler ile bit rate istenen değere çıkarılır.



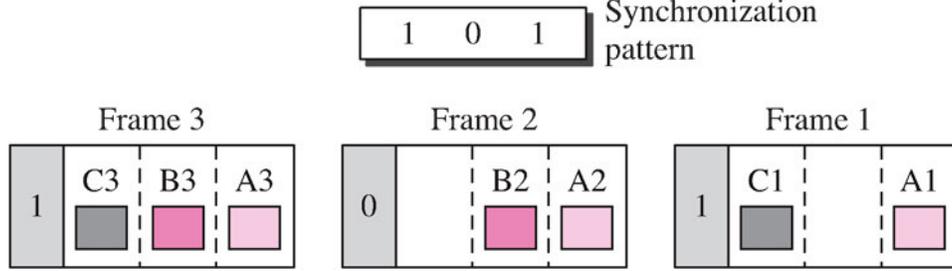
20/35

## Multiplexing

### Senkron TDM - devam

- Multiplexer ve demultiplexer arasında frame bazında senkronizasyon yapılmalıdır.
- Her frame'in başına senkronizasyon bitleri konur (framing bits).
- Genellikle her frame başına 1 ve 0 değişimi yapan 1 bit konur.

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



## Multiplexing

### Senkron TDM - örnek

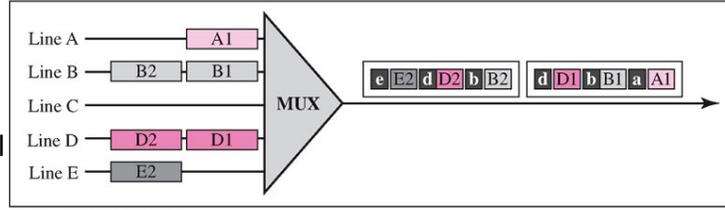
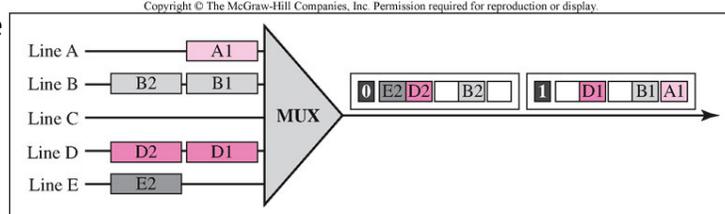
- 4 kaynaktan 250 karakter/s veri oluşturuluyor. Interleaved birim 1 karakter ve frame başına 1 bit senkronizasyon biti konmaktadır.
- Her giriş için data rate =  $250 * 8 = 2000 \text{ bps} = 2 \text{ kbps}$ .
- Bir karakter süresi =  $1 / 250 = 4 \text{ ms}$ .
- Frame rate =  $250 \text{ frame /s}$ .
- Her frame için süre =  $1 / 250 = 4 \text{ ms}$ .
- Her frame'de  $4*8+1 = 33 \text{ bit}$  bulunur.
- Link için data rate =  $250 * 33 = 8250 \text{ bps}$ .

22/35

## Multiplexing

### İstatistiksel TDM

- Senkron TDM veri göndermeyen girişe zaman ayırdığından etkin değildir.
- İstatistiksel TDM’de verisi olan girişe zaman ayrılır. Bir frame’deki slot sayısı giriş sayısından daha azdır.
- Multiplexer, girişleri round-robin yaklaşımıyla kontrol eder.



23/35

## Multiplexing

### İstatistiksel TDM - devam

- Senkron TDM’de frame’ler sadece veri bulundurur. İstatistiksel TDM’de veri ile birlikte adres bilgiside gönderilir.
- Adresleme binary yapılı ve n bit ile N ( $n = \log_2 N$ ) adet çıkış adreslenebilir.
- İstatistiksel TDM’de iletişimin etkinliği için adres ile veri arasındaki oran önemlidir.
- İstatistiksel TDM’de senkronizasyon bitlerine gereksinim yoktur.

24/35

## Ders konuları

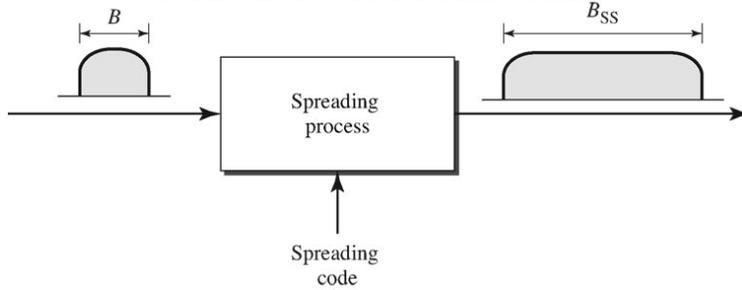
- Multiplexing
- Spread spectrum

25/36

## Spread spectrum

- Multiplexing birden çok kaynağa bir linki paylaşırır.
- Spread spectrum, birden çok kaynağa daha geniş bant genişliğine sahip bir linki paylaşırır.
- Spread spectrum kablosuz LAN ve kablosuz WAN'larda kullanılır.
- Her kanal için gereken bant genişliği  $B$  ise, spread spectrum  $B_{SS}$  'ye genişletir. ( $B_{SS} \gg B$ )
- Spreading işlemi spread kod kullanılarak yapılır.

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

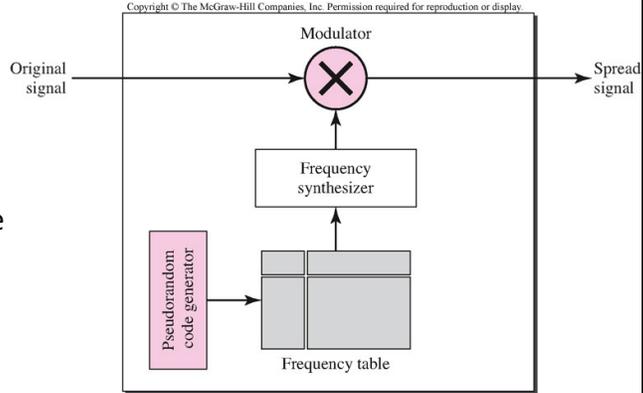


26/36

## Spread spectrum

### Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

- M adet farklı taşıyıcı girişler tarafından modüle edilir.
- Bir zaman aralığında kaynak sinyal bir taşıyıcıyı modüle eder, diğer zaman aralığında başka bir taşıyıcıyı modüle eder.
- Pseudorandom code generator (pseudorandom noise - PN), k-bit pattern oluşturur. Her pattern,  $T_h$  (hopping period) süresinde bir hop için kullanılır.



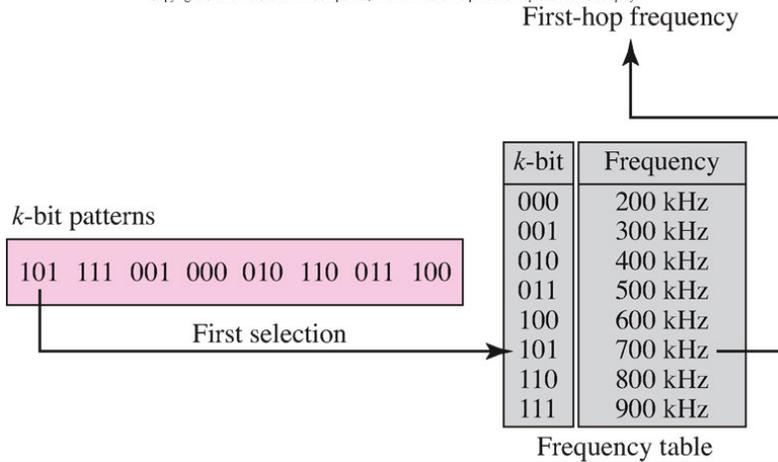
27/35

## Spread spectrum

### FHSS - devam

- $M = 8$  ve  $k = 3$  için frekans tablosundan 8 frekans 3 bitle belirlenmektedir.
- *Oluşturulan k-bit işaretin sırasını bilmeyen kişiler iletişimi takip edemezler.*

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

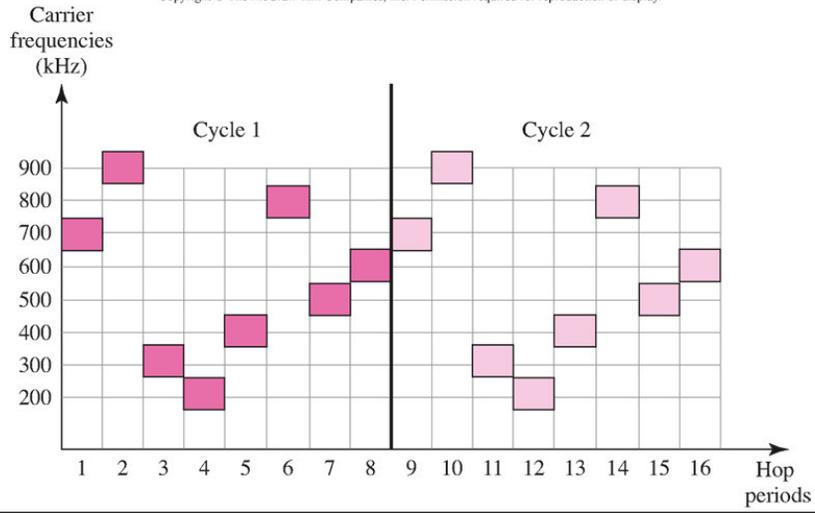


28/35

## Spread spectrum

### FHSS - devam

- Her döngüde tüm frekanslara bir kez atlanır.

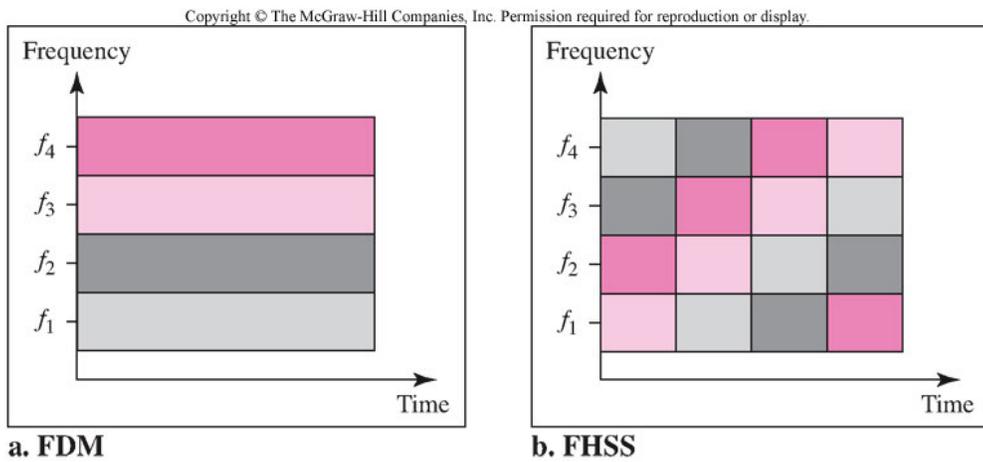


29/36

## Spread spectrum

### FHSS - devam

- FDM ile FHSS birlikte kullanılabilir.

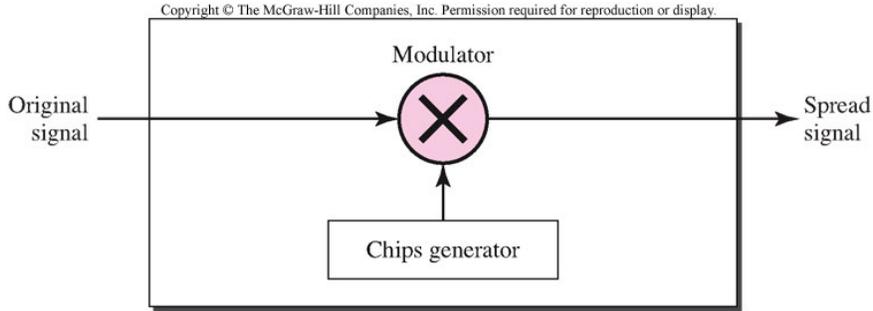


30/36

## Spread spectrum

### Direct Sequence Spread Spectrum (DHSS)

- Her data bit, n adet bitle (chips) değiştirilir.
- Wireless LAN için 11 bit Barker Sequence kullanılır.

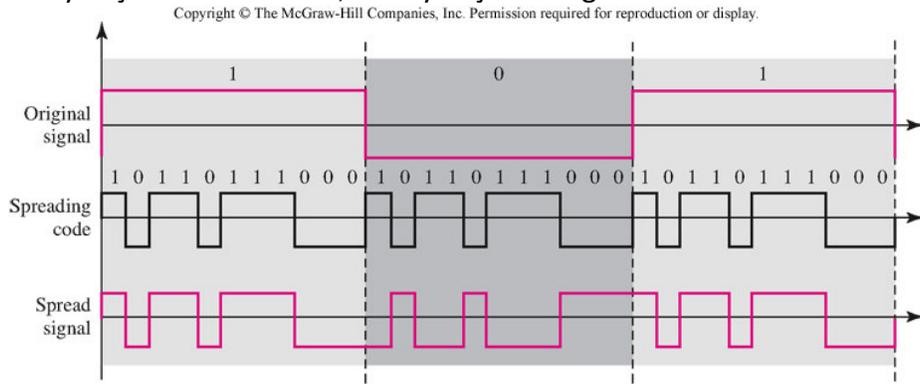


31/35

## Spread spectrum

### DHSS - devam

- Şekilde 11-bit chip olarak 10110111000 kullanılmaktadır.
- Spread sinyal için bant genişliği 11 kat fazla olur.
- Spread kodu bilmeyen kişiler iletişimi anlayamazlar.
- Binary 1 için kodun kendisi, binary 0 için tersi gönderilir.



32/35

## Ödev

- Pseudorandom noise sayı dizilerinin özelliklerini, hangi tür uygulamalarda kullanıldığını ve nasıl oluşturulduğunu araştırınız.