

Veri İletişimi Data Communications

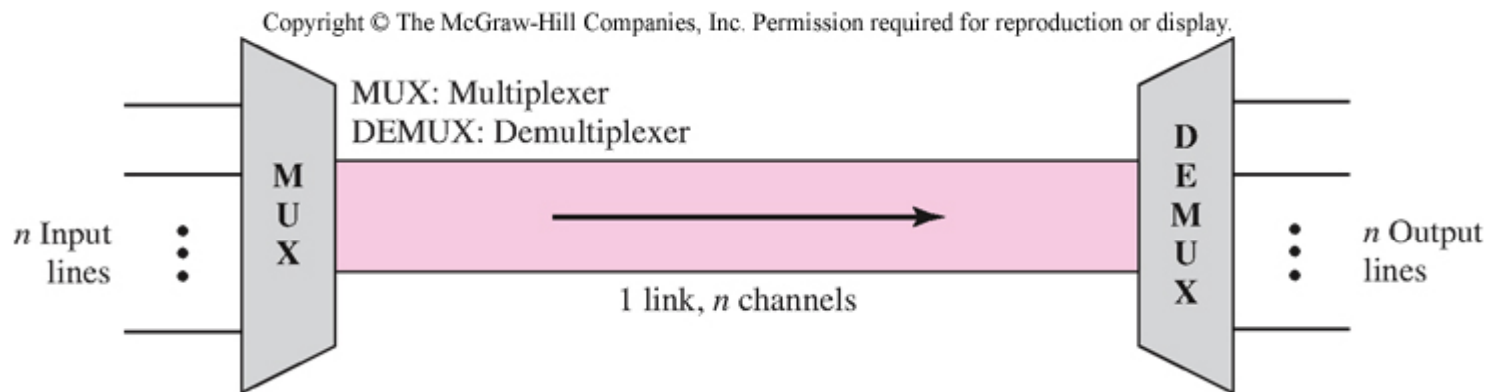
Suat ÖZDEMİR

Gazi Üniversitesi

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Multiplexing

- Çoklama/Multiplexing'te amaç etkinliktir. Birden fazla kanal birleştirilerek bir kanal oluşturulur.
- Yayma/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 tekniklere verilen genel isimdir.
- Mux (multiplexer) çok girişi bir kaynakta birleştirir (many-to-one), demux (demultiplexer) ise bir kaynaktaki sinyalleri ayırır (one-to-many).
- Link, fiziksel bağlantıyı, kanal link içindeki bir kısmı ifade eder.

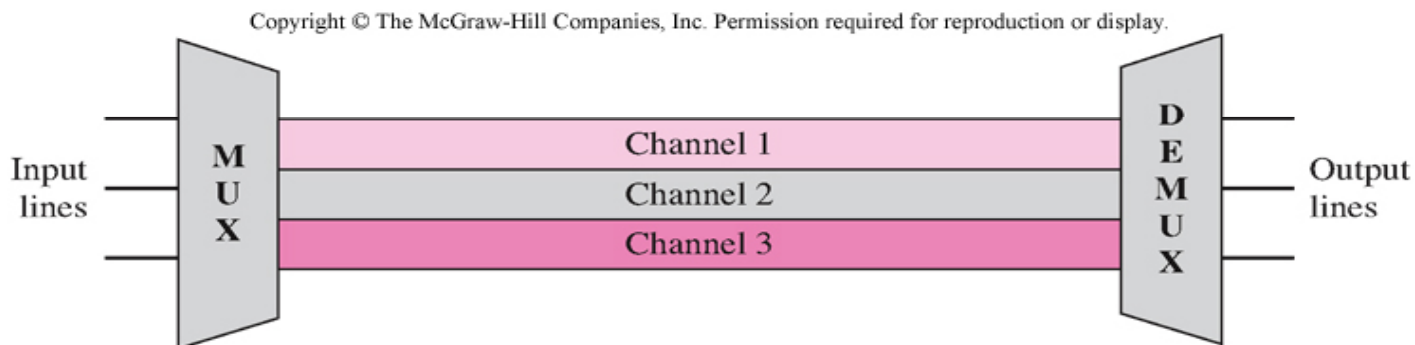


Multiplexing

- Üç temel teknik vardır.
 - Frequency-division multiplexing (FDM)
 - Wave-division multiplexing(WDM)
 - Time-division multiplexing (TDM)

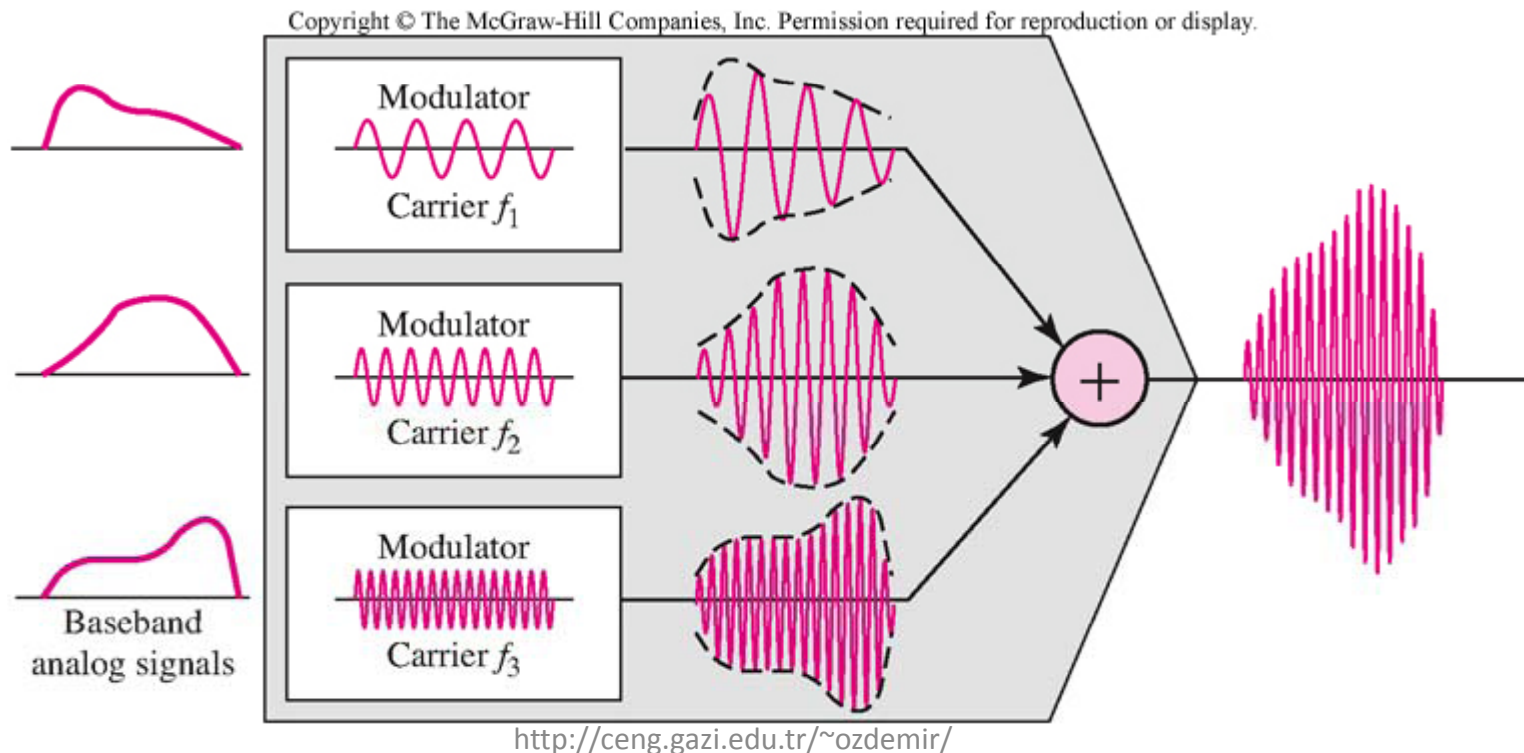
FDM -Frequency-division multiplexing

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



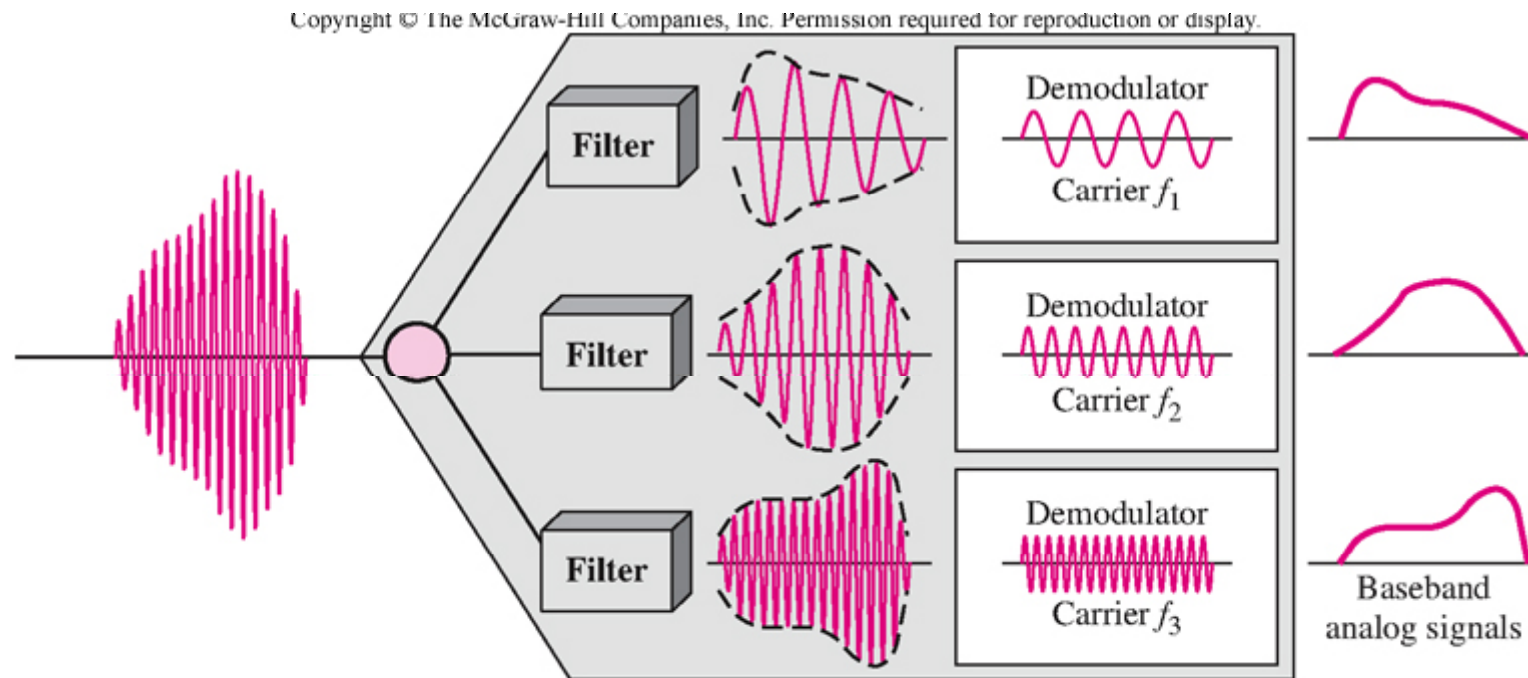
FDM

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



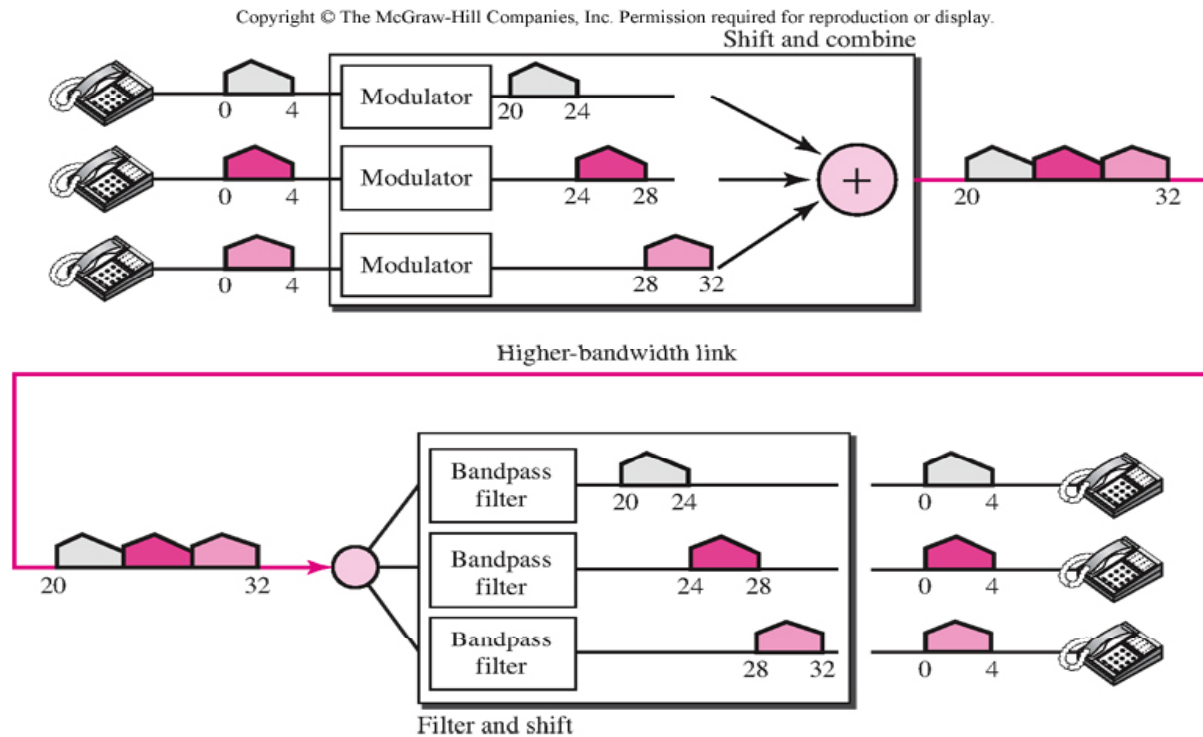
FDM

- Demultiplexer bir dizi filtre ile sinyali ayırıştırır.



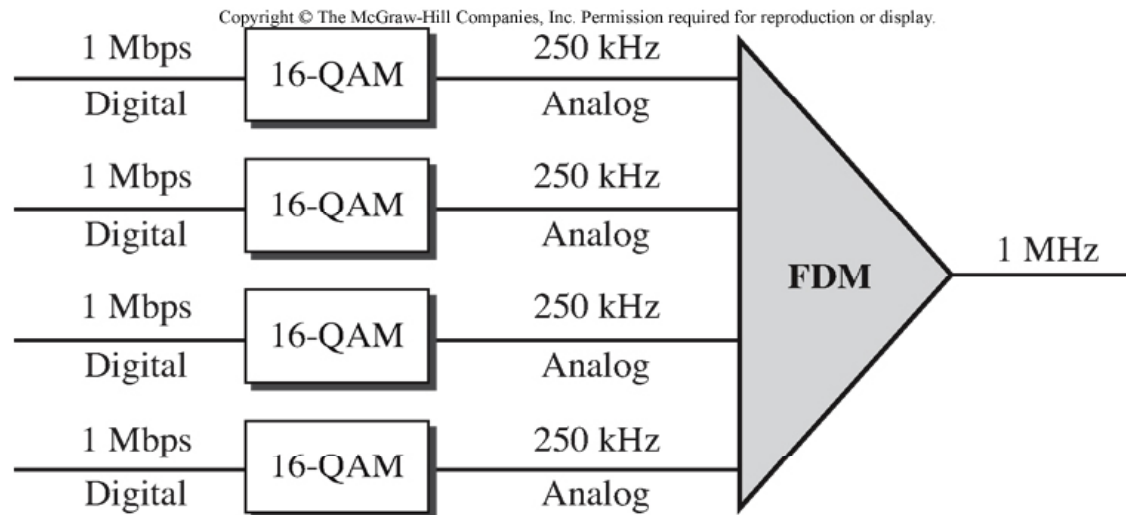
FDM – Örnek 1

- 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.



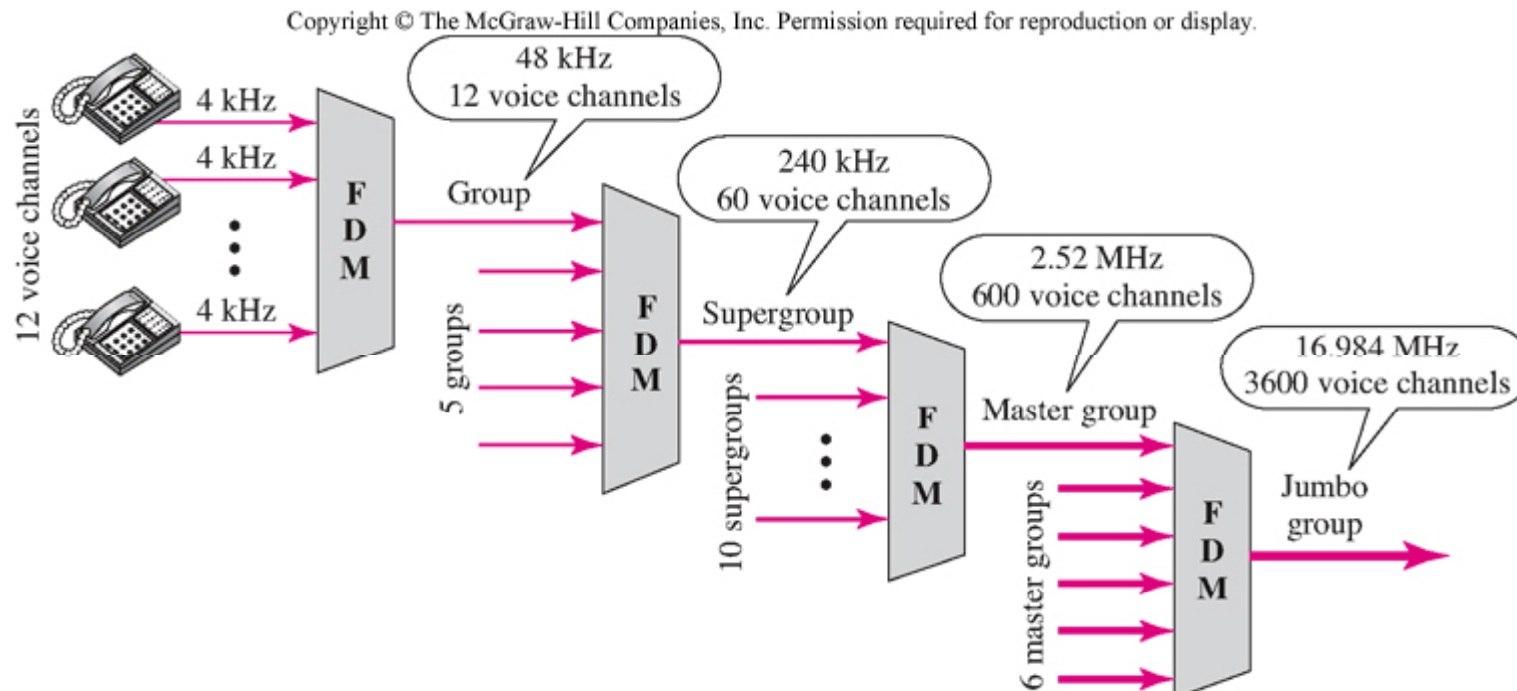
FDM – Örnek 2

- 4 kanalın her biri 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.



FDM – Örnek 3

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



FDM – Örnek 4

- 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.

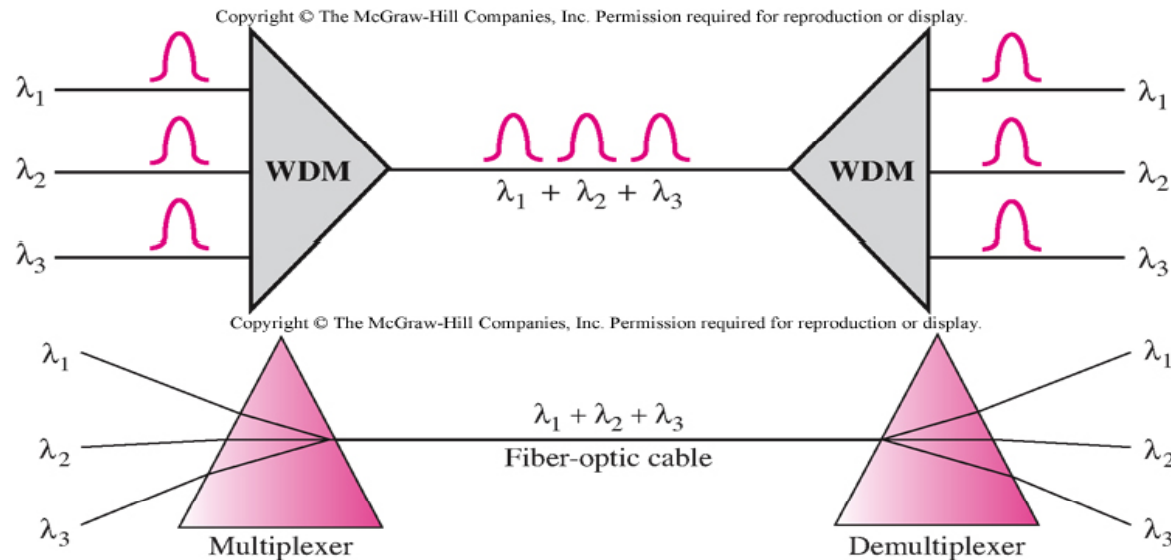
Her iki kanalda full-duplex eş zamanlı 790 kullanıcı iletişim yapabilir.

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 x modüle eden sinyal olduğundan toplam bant genişliği 30 kHz* olur. Her kullanıcıya full-duplex iletişim için 60 kHz kanal atanır.

WDM–Wavelength division mult.

- 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.

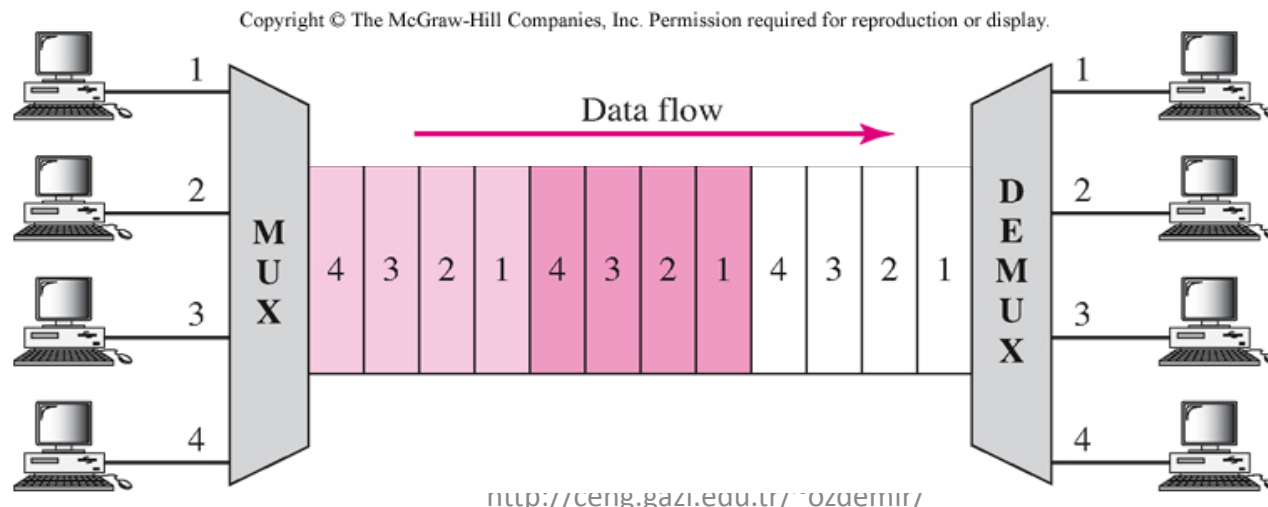


WDM–Wavelength division mult.

- Günümüz WDM sistemleri 160 farklı sinyal elemetini destekleyebilir
 - Tek fiberden oluşan 10 Gbit/s lik sistem 1.6 Tbit/s veri taşıyabilir
- Bu nedenle WDM sistemleri telekomunikasyon firmaları tarafından fazlaca kullanılırlar.
- WDM ve optical amplifier'lar kullanarak telekomuikasyon şirketleri birden fazla teknolojiyi (OSI, TCP/IP) bir arada destekleyebilirler.

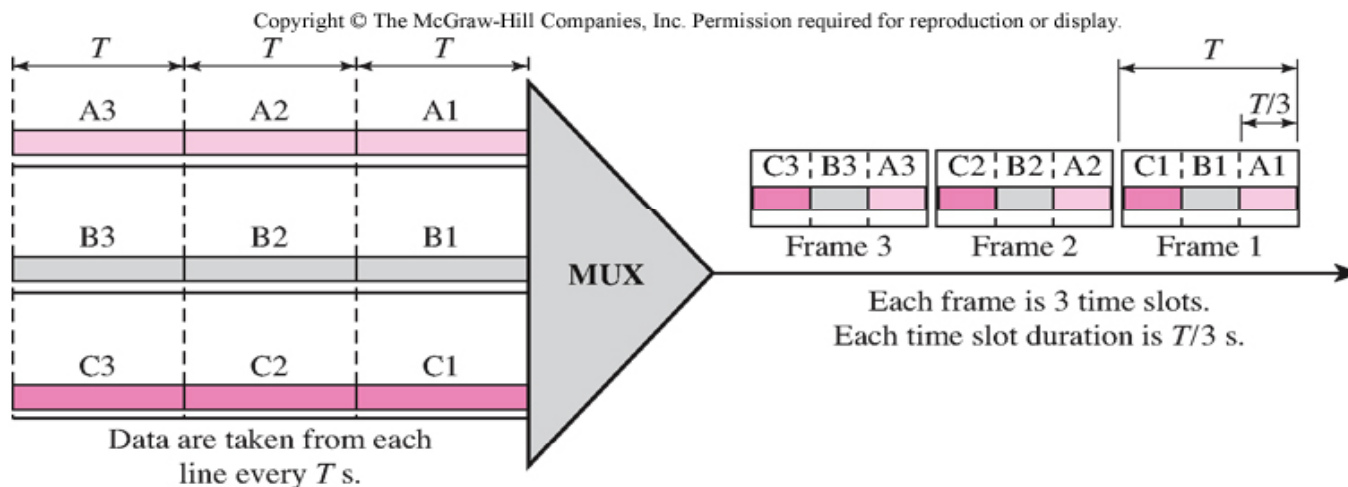
TDM-Time division multiplexing

- 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.



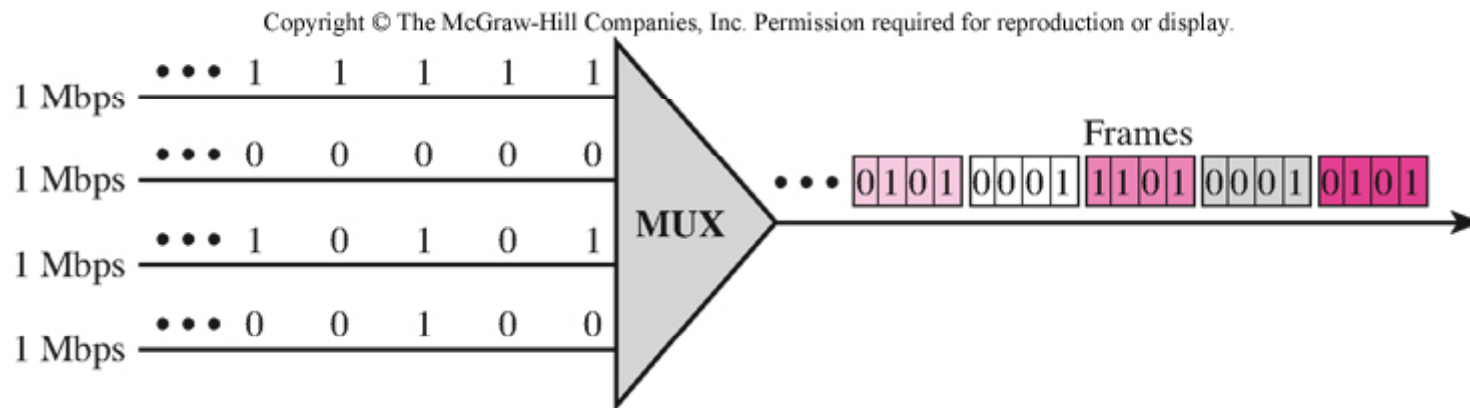
TDM - Senkron

- 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.



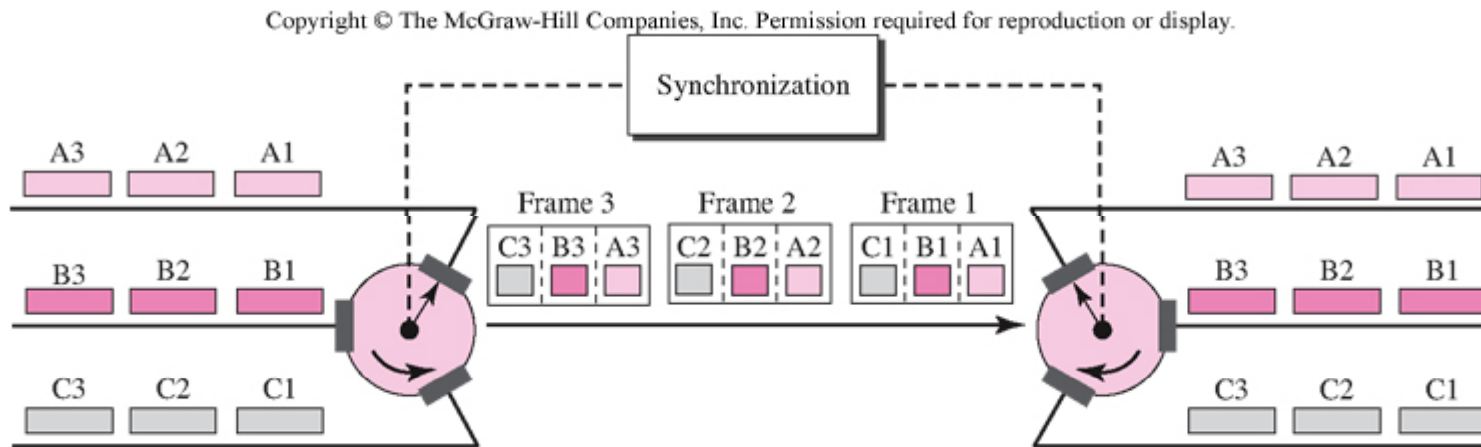
TDM - Senkron

- 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)



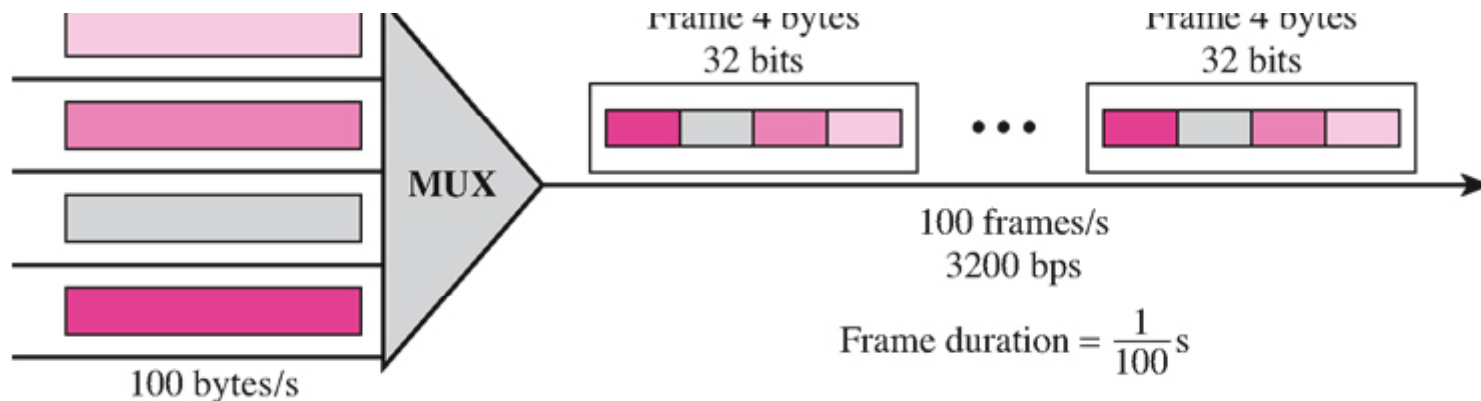
TDM - Senkron

- 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.



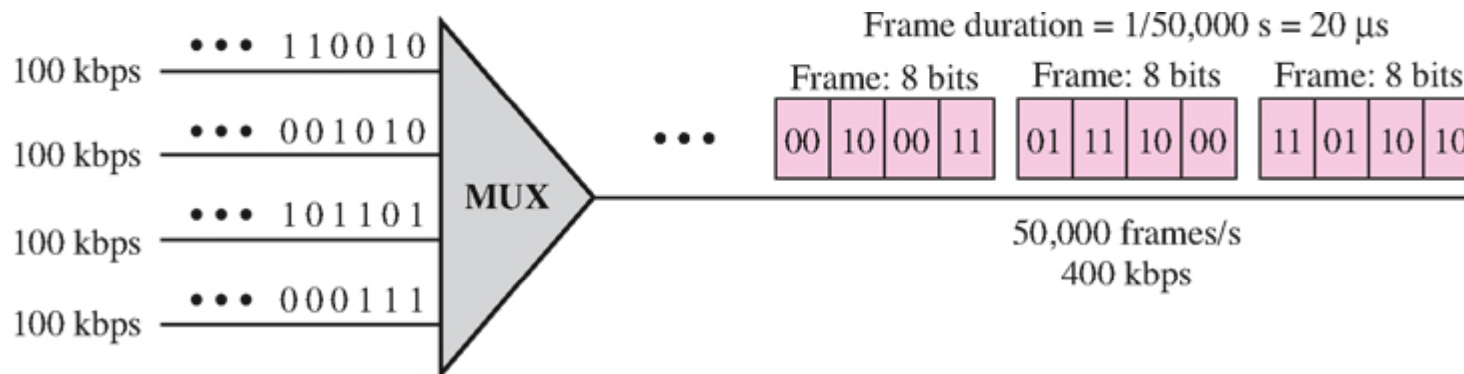
TDM - Senkron

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



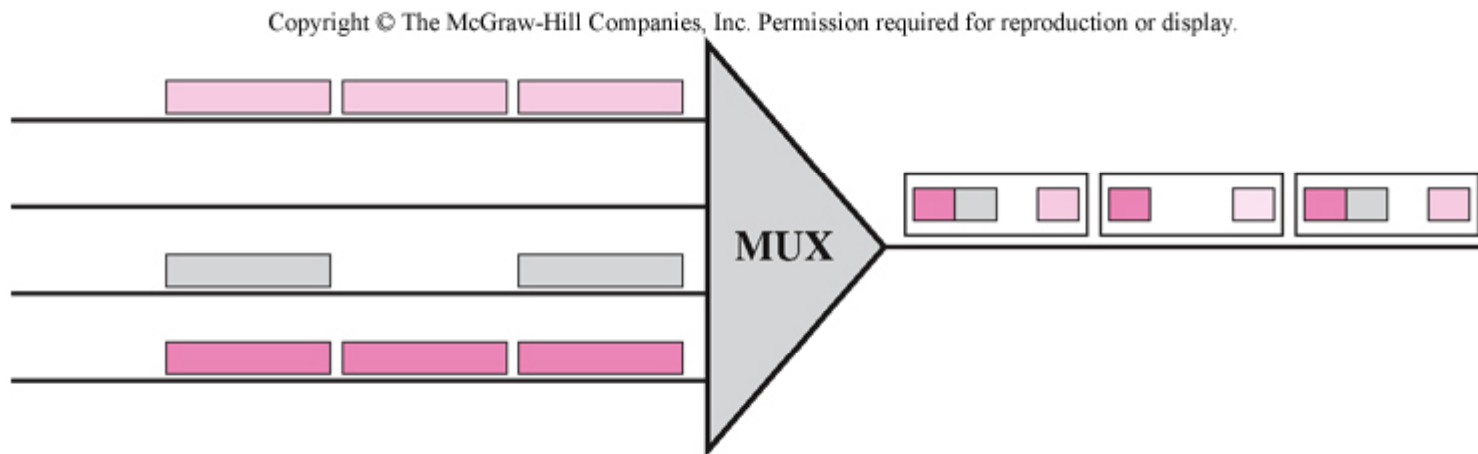
TDM - Senkron

- Örnek
 - Bir multiplexer 4 tane 100 kbps kanalı her zaman aralığında 2-bit alarak 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 = $1 / 400 \text{ kbps} = 2,5 \mu\text{s}$.



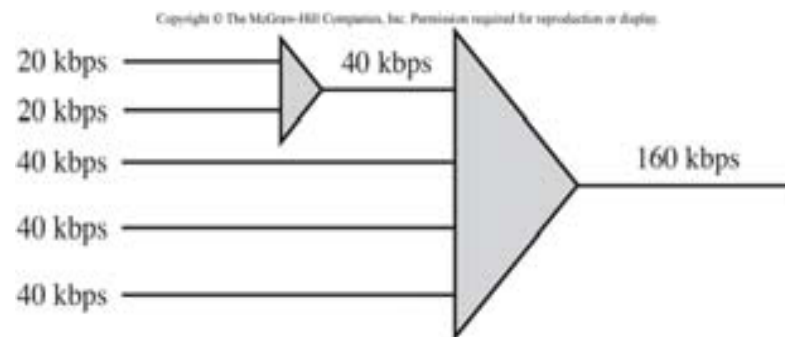
TDM - Senkron

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



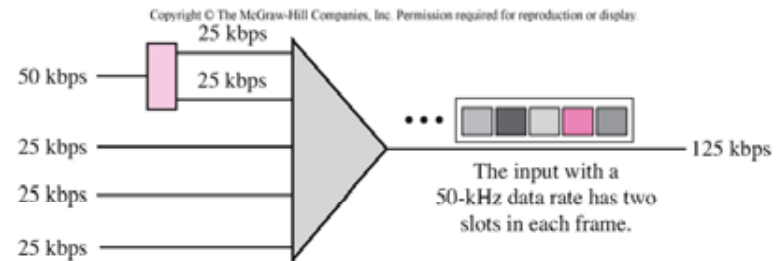
TDM - Senkron

- Data rate management
 - Farklı hızlardaki girişleri birleştirilmesini gerekebilir.
 - *Multilevel multiplexing*



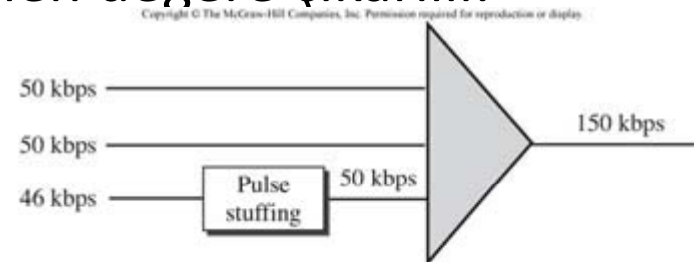
TDM - Senkron

- Data rate management
 - *Multiple slot allocation*
 - Bir seri paralel çevirici kullanılmıştır.



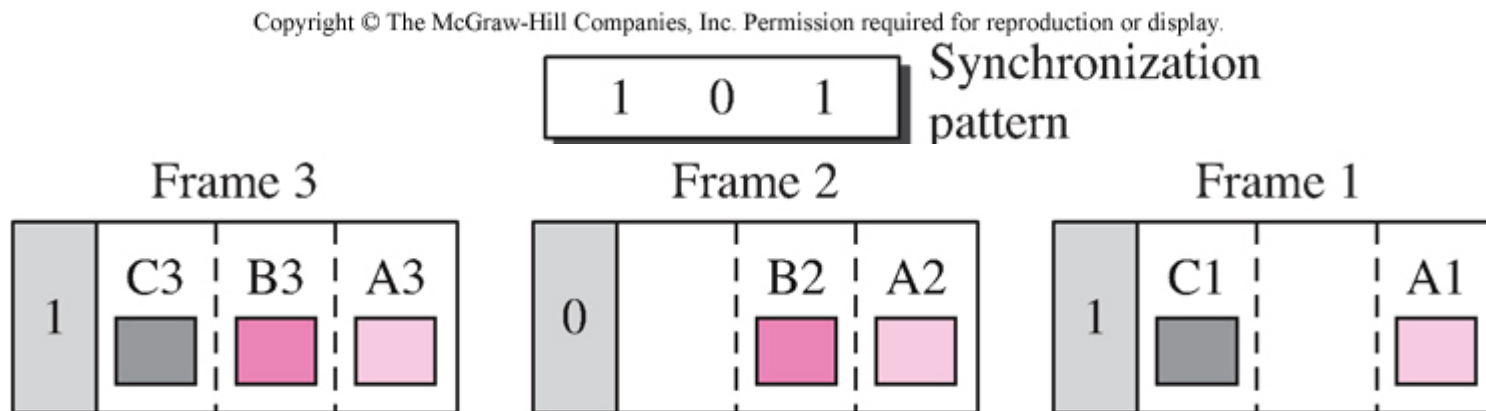
– *Pulse stuffing*

- Boş bitler ile bit rate istenen değere çıkarılır.



TDM - Senkron

- 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.

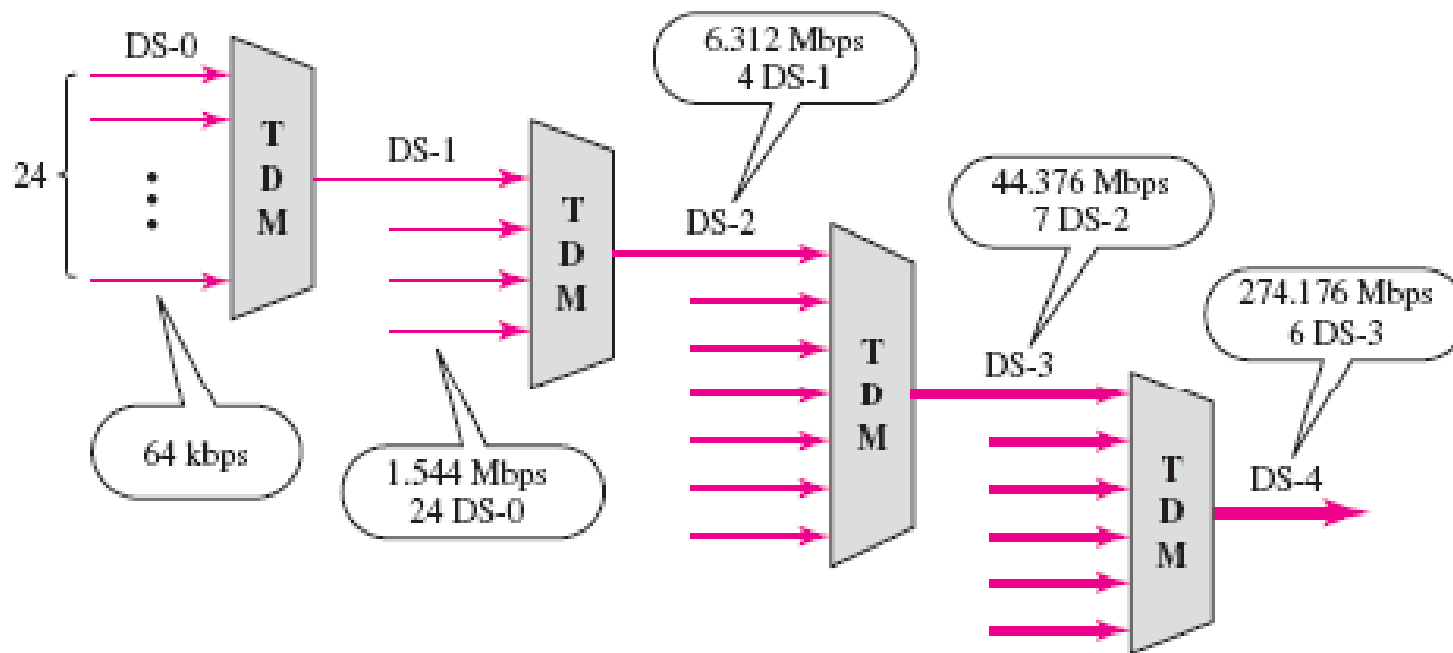


TDM - Senkron

- 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 = $250 * 8 = 2000$ bps = 2 kbps.
 - Bir karakter süresi = $1 / 250 = 4$ ms.
 - Frame rate = 250 frame /s.
 - Her frame için süre = $1 / 250 = 4$ ms.
 - Her frame'de $4*8+1 = 33$ bit bulunur.
 - Link için data rate = $250 * 33 = 8250$ bps.

Digital Signal Service

Figure 6.23 *Digital hierarchy*

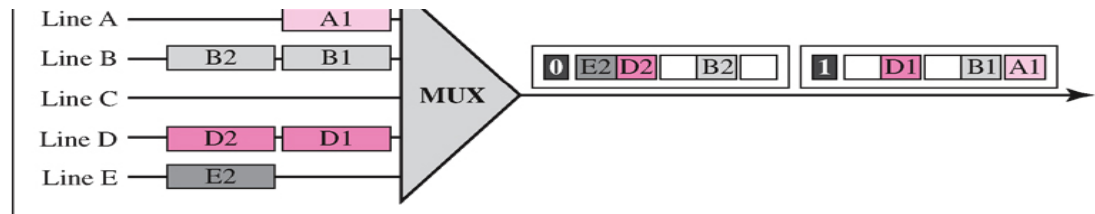


Digital Signal Service

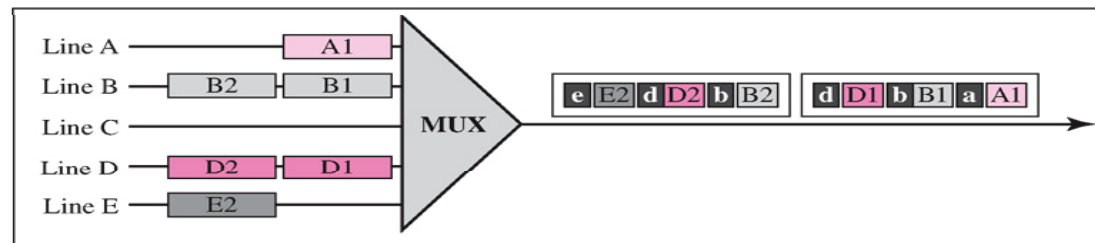
- A **DS-0** service is a single digital channel of 64 kbps.
- **DS-1** is a 1.544-Mbps service; 1.544 Mbps is 24 times 64 kbps plus 8 kbps of overhead. It can be used as a single service for 1.544-Mbps transmissions, or it can be used to multiplex 24 DS-0 channels or to carry any other combination desired by the user that can fit within its 1.544-Mbps capacity.
- **DS-2** is a 6.312-Mbps service; 6.312 Mbps is 96 times 64 kbps plus 168 kbps of overhead.
- **DS-3** is a 44.376-Mbps service; 44.376 Mbps is 672 times 64 kbps plus 1.368 Mbps of overhead.
- **DS-4** is a 274.176-Mbps service; 274.176 is 4032 times 64 kbps plus 16.128 Mbps of overhead

TDM - İstatistiksel

- 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.



a. Synchronous TDM



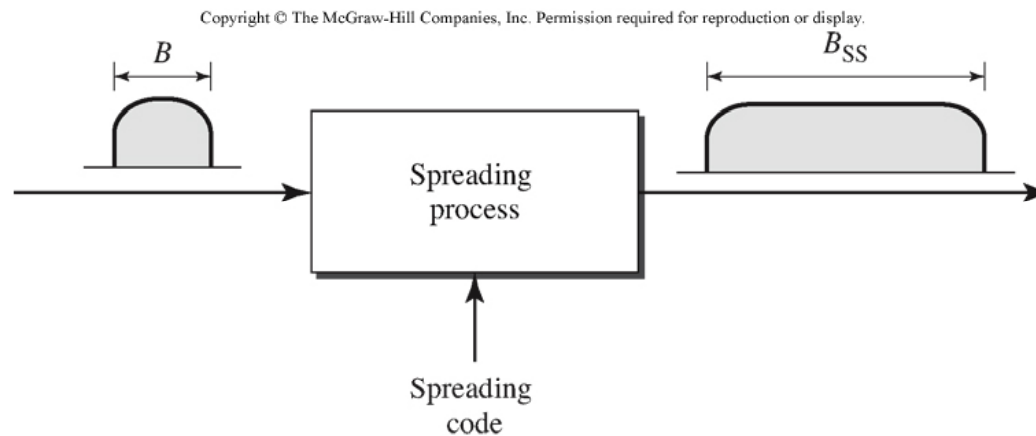
b. Statistical TDM

TDM - İstatistiksel

- Senkron TDM'de frame'ler sadece veri bulundurur. İstatistiksel TDM'de veri ile birlikte adres bilgiside gönderilir.
- Adresleme binary yapılır 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.

Spread spectrum

- Multiplexing birden çok kaynağa bir linki paylaştırır.
- Spread spectrum, birden çok kaynağa daha geniş bant genişliğine sahip bir linki paylaştırır.
- 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.



Spread Spectrum

- Spread spectrum teknikleri gerekenden çok daha fazla bir bantgenişliği kullanır
 - Tek kullanıcı için gereksiz bantgenişliği israfı olur ancak çoklu kullanımda kullanıcılar aynı bantgenişliğini girişim olmadan kullanabilir
 - Dolayısı ile çoklu kullanımda spread spectrum bantgenişliği açısından etkin bir yöntemdir

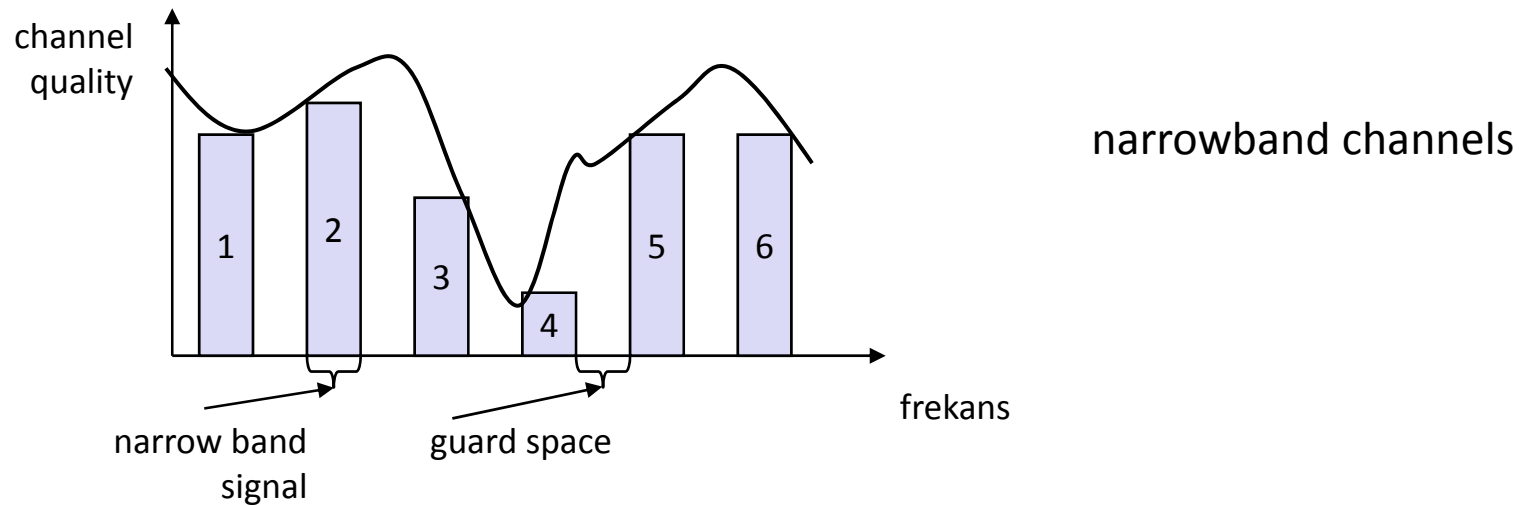
Spread Spectrum

- Spread spectrum iletilecek veri için gerekli olan bantgenişliğinin yayılmasını içerir
- Örneğin **CDMA** spread spectrum tekniğine dayanan bir çoklu erişim modelidir. CDMA de ortak bir kanalı kullanan her bir kullanıcıya ayrı frekans bandını kaplayan bir sinyal (code) verilir.
 - Aynı bant üzerinde bir çok kullanıcı eş zamanlı olarak bulunabilir
 - Kullanıcılara ayrılan data rate değişken yük koşullarına göre ayarlanabilir
- Veriyi geniş bantgenişliğine yaymak **jamming ve interception'ı zorlaştırır.**

Spread Spectrum

- Narrowband interference
 - FDM multiplexing için 6 kanal
 - frekans planlaması gerekir
 - kanal kalitesi frekansa bağlı,
 - Kanal kalitesi o frekansdaki girişimin bir ölçüsüdür

Spread Spectrum



Narrowband interference yüzünden 3. ve 4. kanallardaki sinyal kalitesi çok düşük olduğundan alıcı tarafından doğru alınamaz

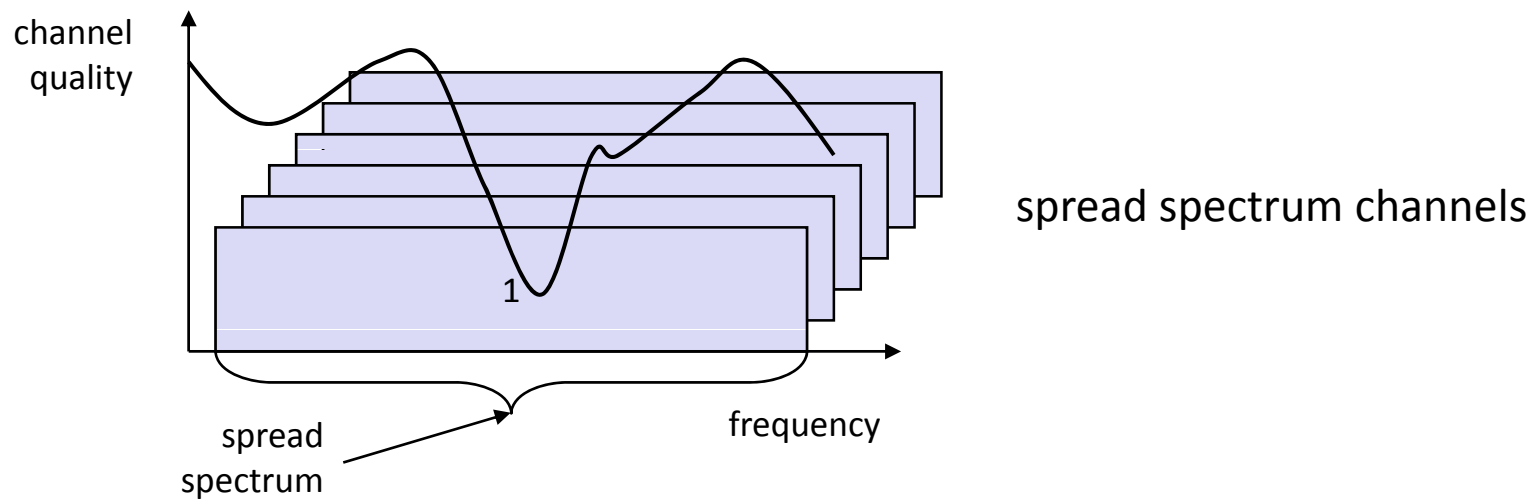
- Çözüm?

Spread Spectrum

- Narrow band sinyali **özel bir kod** kullanarak broadband sinyal olarak yay
 - Pseudo-noise (PN) sequence, pseudo-noise code
 - Rasgele gibi görünen ikili dizisi (ancak alıcı tarafından tekrar üretebilir)
- **spread spectrum narrowband interference'a karşı dayanıklılığı artırır**

Spread Spectrum

- Bütün narrowband sinyaller aynı (geniş) frekans aralığında broadband sinyal olarak yayılırlar



Spread Spectrum

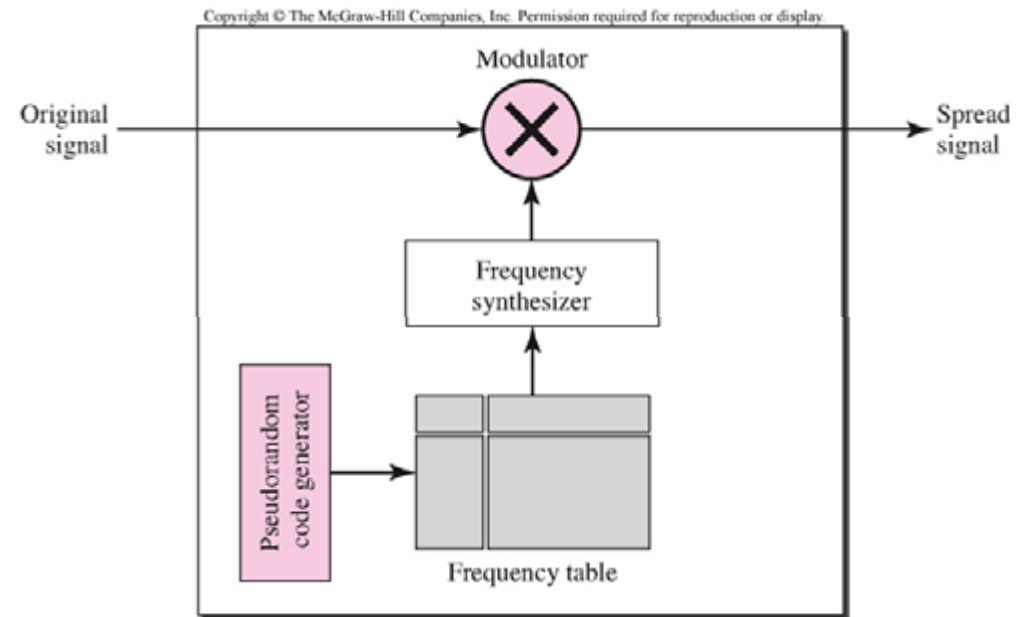
- Boşa harcanan spectrum ne kazandırıyor?
 - Gürültüye karşı dayanım
 - Güvenlik-şifreleme
 - Birçok kullanıcı geniş bir bandı çok az bir girişim ile kullanabilir

Spread spectrum

- İki teknik vardır
 - Frequency Hoping Spread Spectrum (FHSS)
 - Direct Sequence Spread Spectrum (DHSS)

Frequency Hoping Spread Spectrum (FHSS)

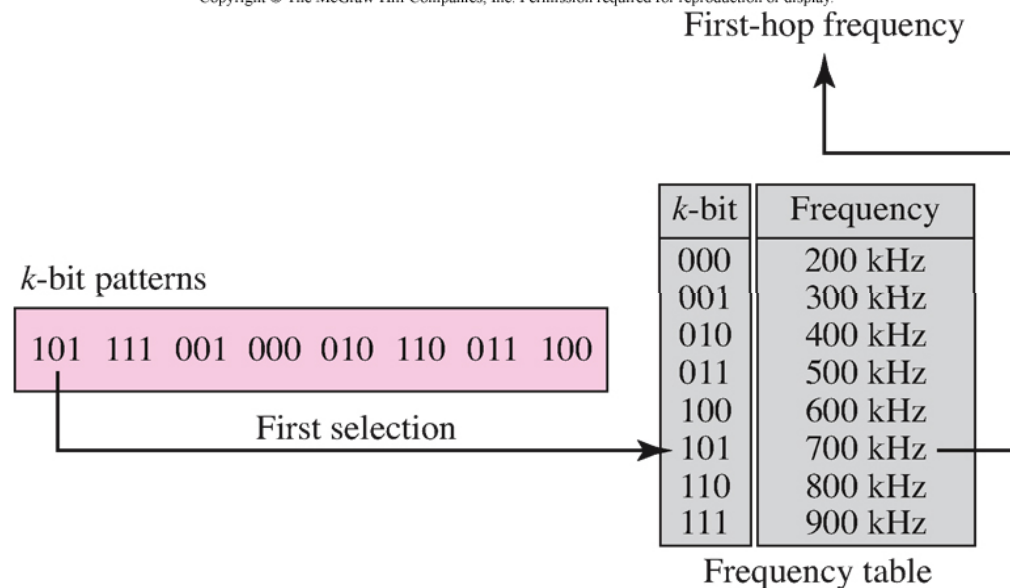
- M adet farklı taşıyıcı girişler tarafından modüle edilir.
- Bir zaman aralığında kaynak sinyal bir taşıyıcıyı modüle eder, diğer zaman aralığında başka bir taşıyıcıyı modüle eder.
- Pseudorandom code generator (pseudorandom noise - PN), k-bit pattern oluşturur. Her pattern, T_h (hopping period) süresinde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



Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

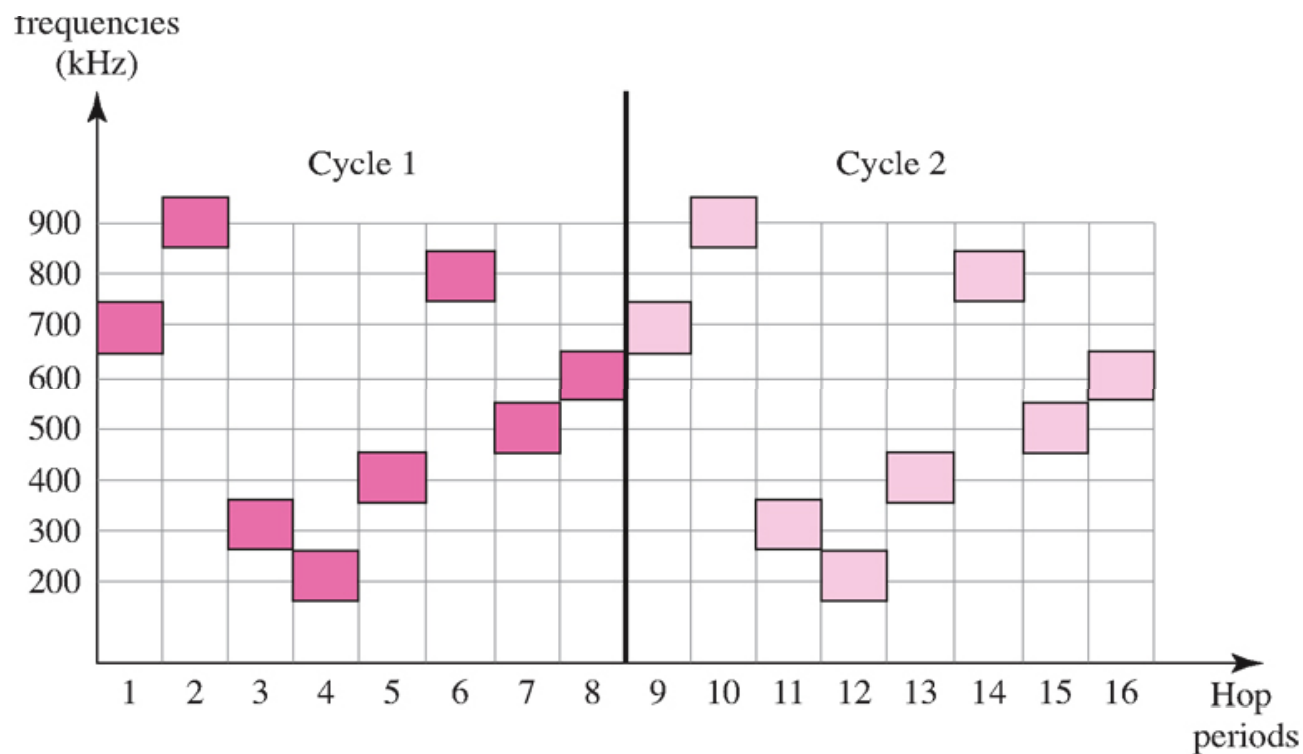
- $M = 8$ ve $k = 3$ için frekans tablosundan 8 frekans 3 bitle belirlenmektedir.
 - *Oluşturulan k -bit işaretin sırasını bilmeyen kişiler iletişimi takip edemezler.*

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



Frequency Hoping Spread Spectrum (FHSS)

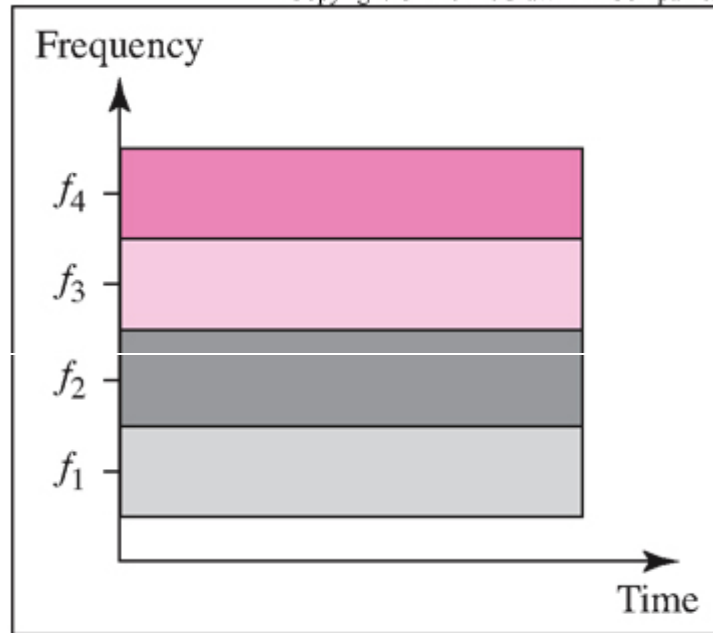
- Her döngüde tüm frekanslara bir kez atlanır.



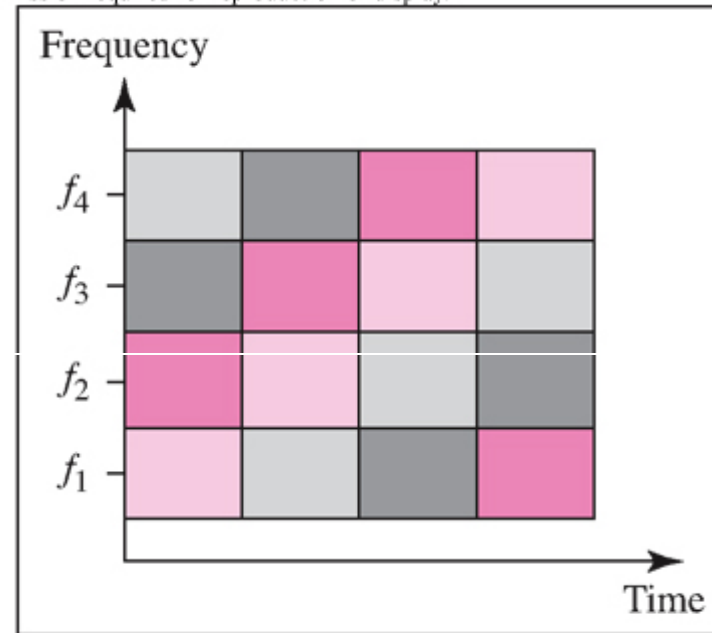
Frequency Hoping Spread Spectrum (FHSS)

- FDM ile FHSS birlikte kullanılabilir.

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



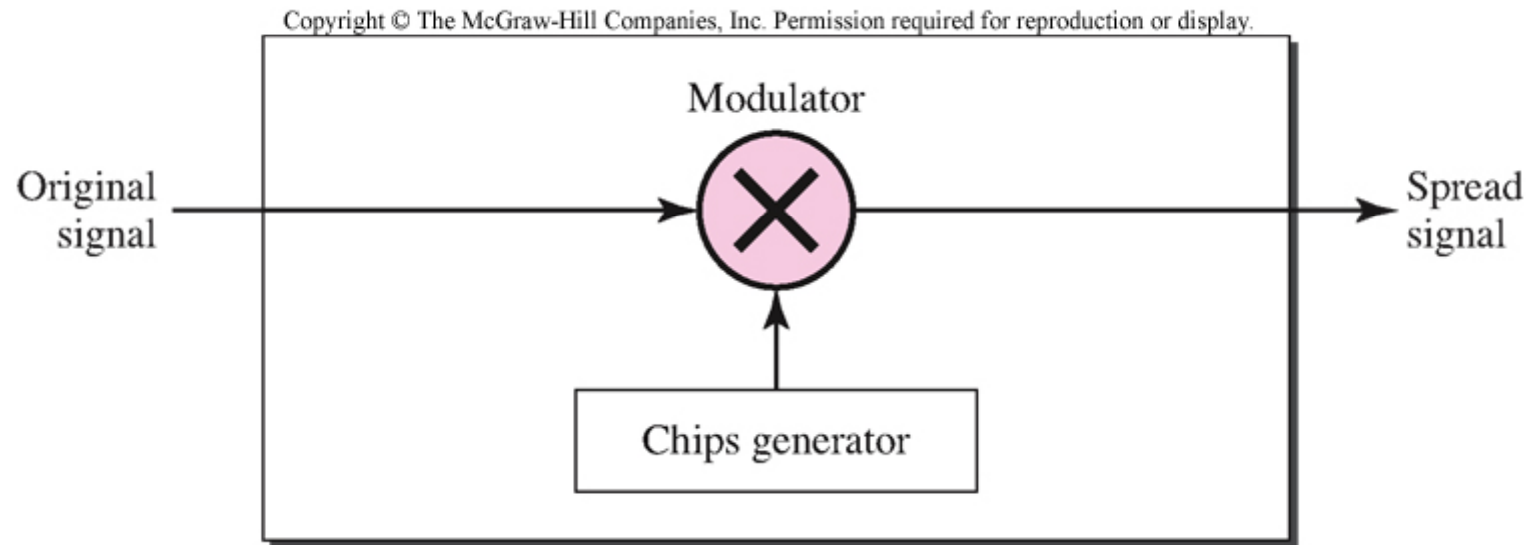
a. FDM



b. FHSS

Direct Sequence Spread Spectrum (DHSS)

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



Direct Sequence Spread Spectrum (DHSS)

- 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.

