

Data Communication

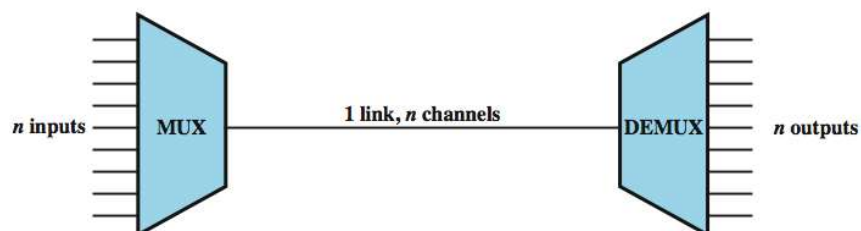
1

MULTIPLEXING

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

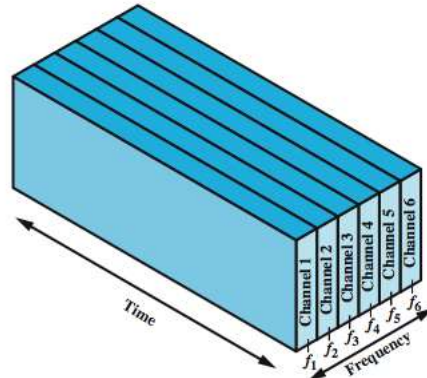
Multiplexing

- multiple links on 1 physical line
- common on long-haul, high capacity, links
- have FDM, TDM, STDM alternatives



Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Frequency Division Multiplexing

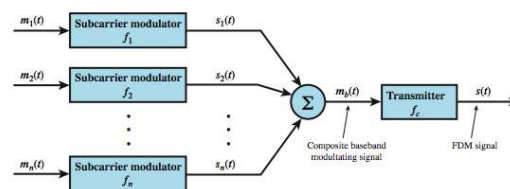


(a) Frequency division multiplexing

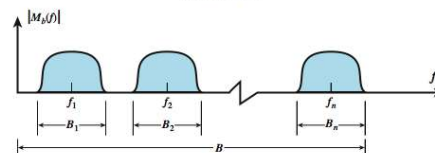
FDM can be used with analog signals. A number of signals are carried simultaneously on the same medium by allocating to each signal a different frequency band.

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

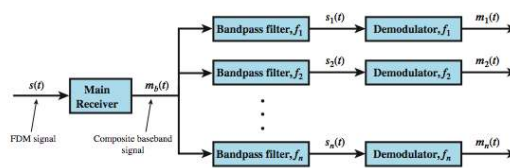
FDM System Overview



(a) Transmitter



(b) Spectrum of composite baseband modulating signal

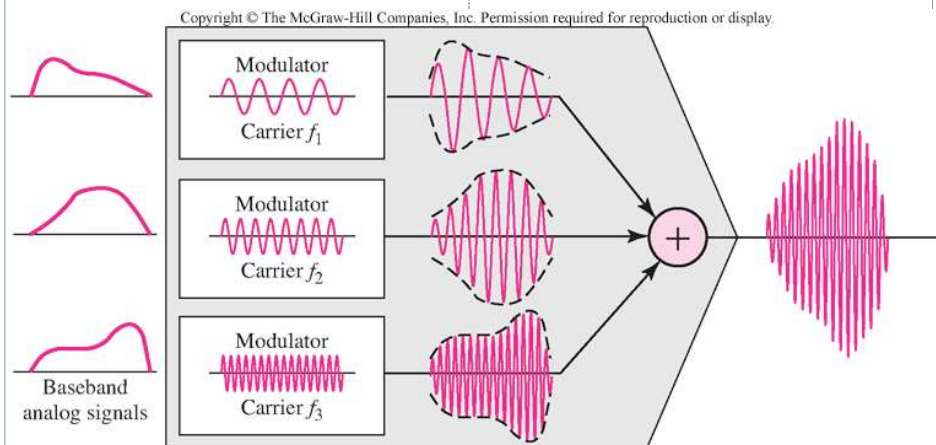


(c) Receiver

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

FDM Transmitter and Modulated Signal

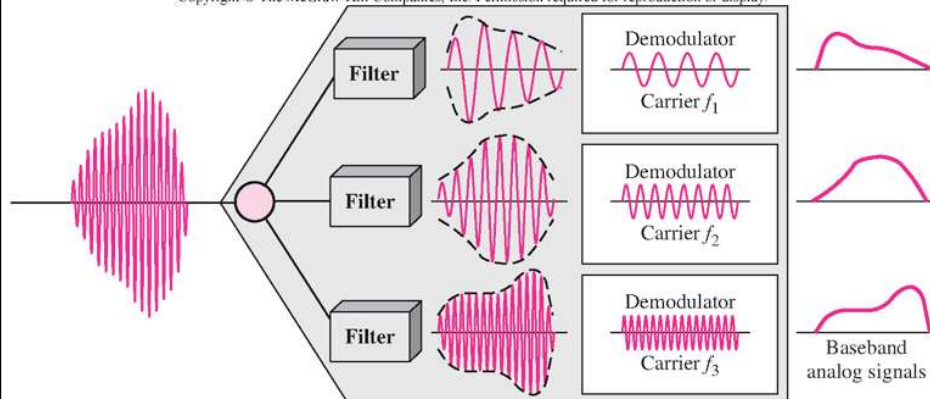
5



Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

FDM System Receiver

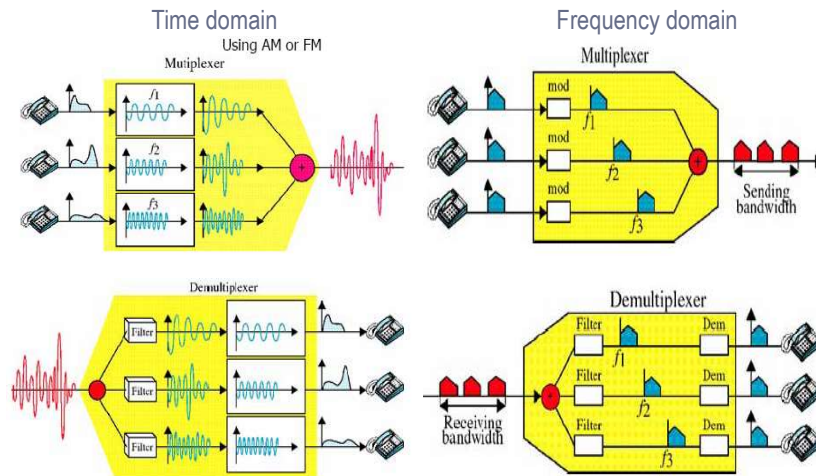
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

6

FDM – Frequency and Time domain representation

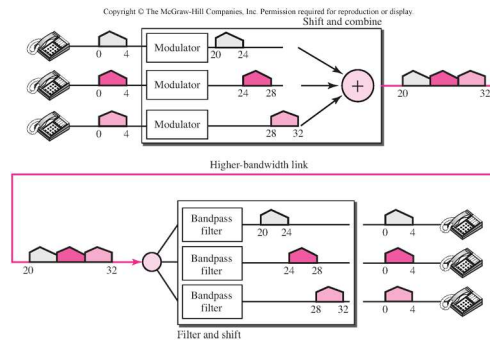


Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

7

FDM – Örnek1

- Üç ses kanalı 20 ile 32 KHz arasında olan 12 KHz'lik bir band genişliğine sahip bir hat üzerinde iletilmek istenmektedir. Bu konfigürasyonun koruma bandı kullanmadan frekans domenindeki gösterilişini çiziniz?
- Üç ses kanalının her biri farklı bir bandgenişliğine aktarılır (modüle edilir)

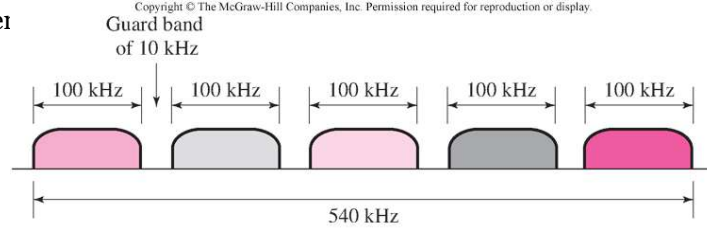


Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

8

FDM – Örnek2

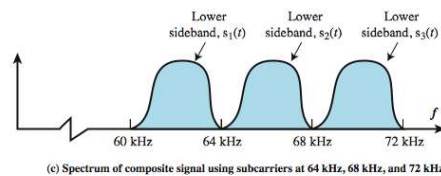
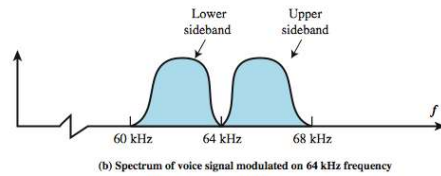
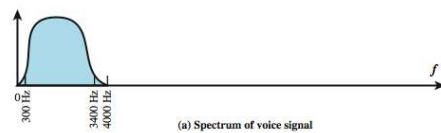
- 100 KHz bandgenişlikli 5 kanal birlikte çoğullanmak istenmektedir. Kanallar arasındaki girişimi engellemek için 10 KHz'lik bir koruma bandına ihtiyaç varsa, hattın minimum bandgenişliği nedir?
- 5 kanal için en az 4 koruma bandına ihtiyaç vardır. Bu, gerekli bandgenişliğinin en az $5 \times 100 + 4 \times 10 = 540$ KHz olması



Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

9

FDM Voiceband Example



Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

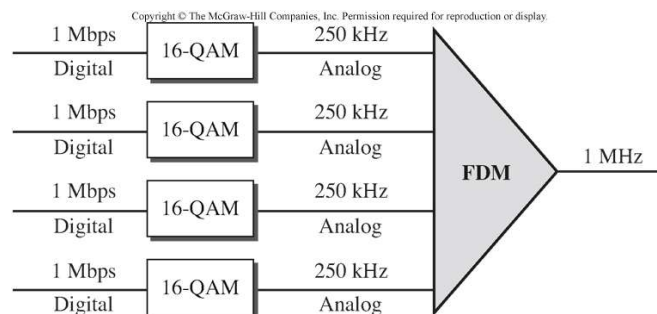
FDM Voiceband Example (Cont.)

- a simple example of transmitting three voice signals simultaneously over a medium. As was mentioned, the bandwidth of a voice signal is generally taken to be 4 kHz, with an effective spectrum of 300 to 3400 Hz (Figure a). If such a signal is used to amplitude-modulate a 64-kHz carrier, the spectrum of Figure b results. The modulated signal has a bandwidth of 8 kHz, extending from 60 to 68 kHz. To make efficient use of bandwidth, we elect to transmit only the lower sideband. If three voice signals are used to modulate carriers at 64, 68, and 72 kHz, and only the lower sideband of each is taken, the spectrum of Figure c results.

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

FDM Example-2

- Suppose each of digital data channel have a rate of 1 Mbps. Those channels use a satellite channel of 1 MHz. Configure this system using FDM.
- Satellite channel (1 MHz) is analog. So for each data channel it has a 250 KHz of bandwidth. Using 16-QAM, we can modulate 4 bits with 1 Hz.



Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Analog Carrier Systems

- long-distance links use an FDM hierarchy
- AT&T (USA) and ITU-T (International) variants
- **Group**
 - 12 voice channels (4kHz each) = 48kHz
 - in range 60kHz to 108kHz
- **Supergroup**
 - FDM of 5 group signals supports 60 channels
 - on carriers between 420kHz and 612 kHz
- **Mastergroup**
 - FDM of 10 supergroups supports 600 channels
- so original signal can be modulated many times

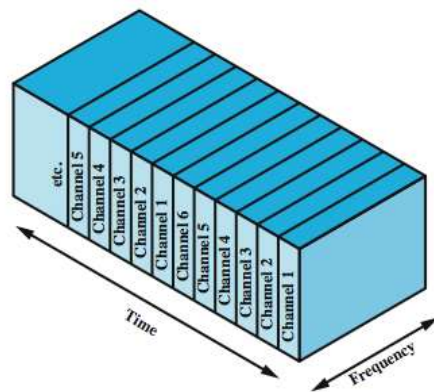
Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Wavelength Division Multiplexing

- FDM with multiple beams of light at different freq
- carried over optical fiber links
 - commercial systems with 160 channels of 10 Gbps
 - lab demo of 256 channels 39.8 Gbps
- architecture similar to other FDM systems
 - multiplexer consolidates laser sources (1550nm) for transmission over single fiber
 - Optical amplifiers amplify all wavelengths
 - Demux separates channels at the destination
- also have Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Synchronous Time Division Multiplexing



(b) Time division multiplexing

Figure has six inputs that might each be, e.g., 9.6 kbps. A single line with a capacity of at least 57.6 kbps (plus overhead capacity) could accommodate all six sources

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

TDM

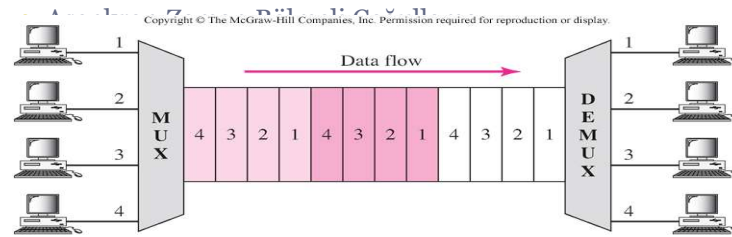
- Synchronous TDM is called synchronous not because synchronous transmission is used, but because the time slots are preassigned to sources and fixed. The time slots for each source are transmitted whether or not the source has data to send

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Zaman Bölmeli Çoğullama

- Zaman Bölmeli Çoğullama – Time Division Multiplexing – TDM
- TDM yüksek bant genişliğine sahip bir linki birden çok bağlantıya paylaştırır
- Birçok sayısal sinyal zaman boyutunda birbirinden ayırt edilir
- İki çeşidi vardır:

Senkron Zaman Bölmeli Çoğullama

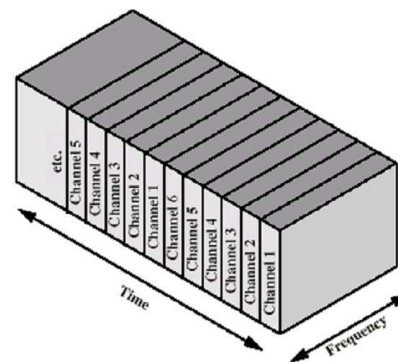


Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

17

Senkron TDM - 1

- Zaman aralıkları kaynaklara önceden tahsis edilir ve sabittir
- Veri olmasa bile zaman aralıkları tahsis edilir
- Zaman aralıkları kaynaklar arasında bir girişim oluşturmayacaktır
- Şekilde görüldüğü gibi zaman uzayı belirli uzunluktaki zaman dilimlerine (*time-slot*) bölünerek her bir sayısal işaretin örnekleri için farklı bir zaman diliminin kullanılması sonucu haberleşme kaynağının ortak kullanımı sağlanırken işaretlerin karışması önlenmektedir



Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

18

Senkron TDM - 2

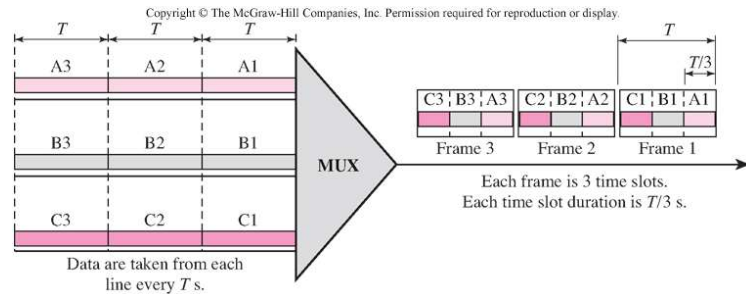
- Bir önceki örnekteki 150 MHz'lık blok altı zaman bölmeli ve tekrar eden çerçevelere ayrılacak, çerçevenin her bir altı gözünde altı farklı çağrıya ait bitler yer alacaktır. Başka bir deyişle uçbirimler eldeki spektrumun, birim zamanda kendilerine ait $1/6$ 'lık zaman bölümüne sıra ile erişebileceklerdir.
- Eğer çerçeveler yeterince hızlı tekrar edilirse uçbirimler haberleşme sırasında bir kesilme ve gecikmeyi hissetmeyeceklerdir.
- TDM'de frekans bandında bir çoğullama yapılmamakta, her işaret için mevcut frekans spektrumunun tamamı kullanıma sunulmaktadır.
- İşaretlerin TDM ile çoğullanması sırasında zaman uzayında bir çakışma olmaması için işaretlerin örnekleme frekanslarının birbirine eşit veya birbirinin tamsayı katı olması gerektiğidir.
- İşaretlerin çoğullanma zamanları arasında, sistemin zamanlamasında meydana gelebilecek ufak hatalara karşı bir güvenlik bandı bırakılmasında fayda vardır.
- Her alıcının kendisine gönderilmiş olan işaretin hangi zaman diliminde geleceğini bilmesi gerektiğinden haberleşme bağlantısının kurulum aşamasına gönderici ve alıcı arasında zamanlama senkronizasyonu kurulmakta, yani gönderici ve alıcıya hangi zaman diliminin onların kullanımına tahsis edildiği bildirilmektedir.

19

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Senkron TDM Çerçevesi

- Senkron TDM'de her kaynağın (girişin) verisi birimlere ayrılır.
- Kaynak verilerinin iletim ortamında kullandıkları zaman aralıklarının toplamı TDM çerçevesini oluşturur. Yani, bir TDM çerçevesi, tüm kaynakların 1 birim verisinin birleşiminden oluşur.



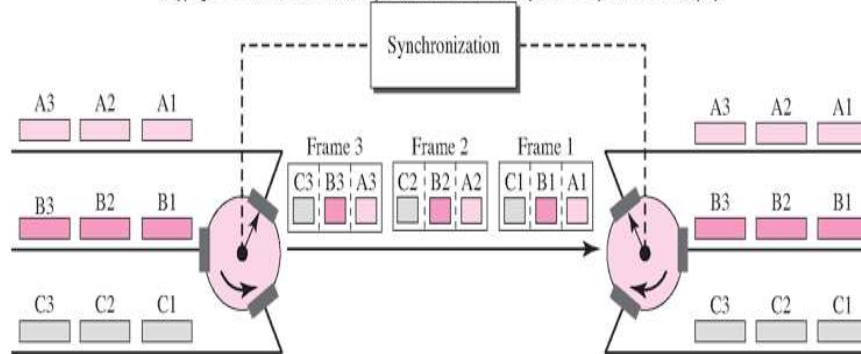
20

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Senkron TDM Sistemi – Verici ve Alıcı

- TDM, switch cihazları kullanılarak gerçekleştirilir. Bu cihazlar arasında bir senkronizasyon gerekir.

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



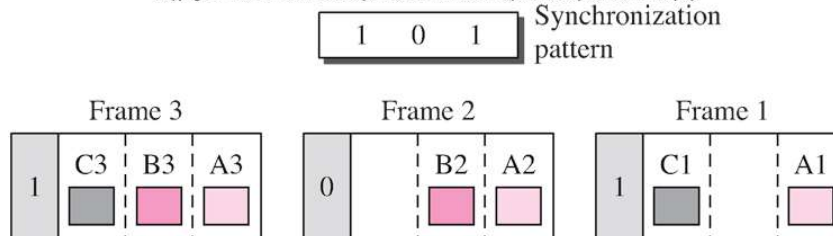
Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

21

TDM Senkronizasyonu

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

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

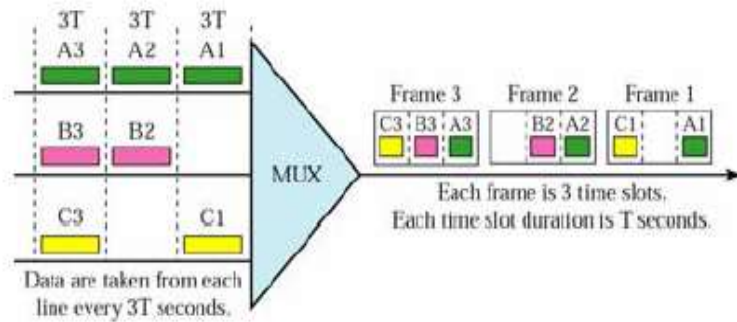


Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

22

Senkron TDM – Boş Slotlar

- Kaynakların gönderecek verisi olmayabilir. Bu durumda kaynak için atanan zaman aralığı boş kalır. Diğer kaynaklar kullanamaz.
- Bu durum hattın efektif kullanım oranını azaltır.

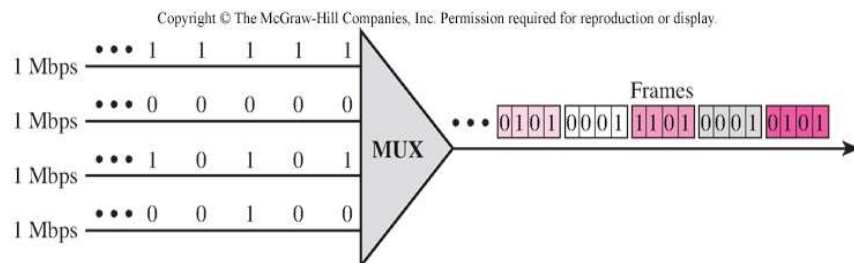


Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

23

Senkron TDM Örnek-1

- Şekilde bir birim veri 1 bittir.
 - Her bir girişin bit hızı = 1 Mbps
 - Giriş bit süresi = $1 / 1 \text{ Mbps} = 1 \mu\text{s}$.
 - Çerçeve hızı (Frame rate) = 10^6 çerçeve/sn (1 girişin bit hızı değeridir - saniyede 1 Mbps veri üretiliyor ve veri birimi 1 bit)
 - Çıkış bit hızı = $4 \times 1 \text{ Mbps} = 4 \text{ Mbps}$

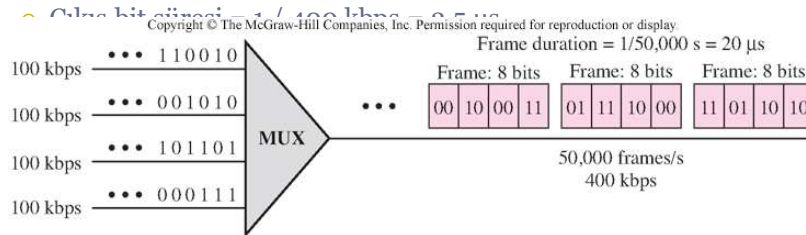


Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

24

Senkron TDM Örnek-2

- Bir çoğullayıcı 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.
 - Çerçeve süresi $= 1 / 50.000 = 20 \mu\text{s}$.
 - Çıkış bit hızı $= 50.000 * 8 = 400 \text{ kbps}$.

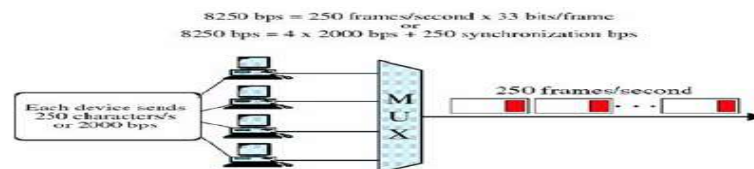


Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

25

Senkron TDM Örnek-3

- Soru: Dört kaynağın her biri saniyede 250 karakter üretmektedir. Eğer her kaynağın veri birimi 1 karakter ve her bir çerçeveye 1 senkronizasyon biti eklenirse, aşağıdaki değerleri bulunuz?
 - Her bir kaynağın veri hızı ? ($2000 \text{ bps} = 2 \text{ Kbps}$)
 - Kaynaktaki her bir karakterin süresini ? ($1/250 = 4 \text{ ms}$)
 - Çerçeve hızı ? (hat saniyede 250 çerçeve göndermektedir)
 - Her bir çerçevenin süresi ? ($1/250 = 4 \text{ ms}$)
 - Her bir TDM çerçevesindeki bitlerin sayısını ? ($4*8 + 1 = 33 \text{ bit}$)
 - Hattın veri hızını ? ($250 * 33 = 8250 \text{ bps}$)

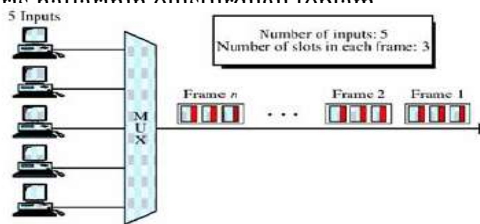


Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

26

İstatiksel TDM

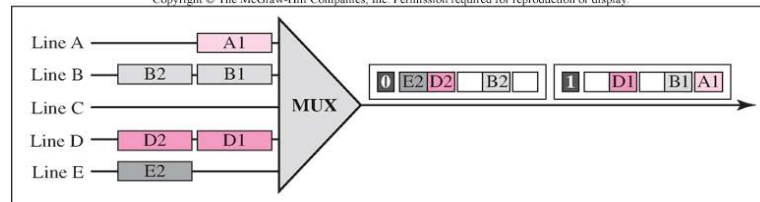
- Senkron TDM’de bir çok zaman aralığı (slot) kullanılamamaktadır.
- Bundan dolayı istatistiksel TDM, verisi olan girişe zaman aralığı tahsis eder.
- Bir çerçevedeki zaman aralığı sayısı giriş sayısından daha azdır. Aşağıdaki örnekte 5 giriş vardır, fakat 3 zaman aralığı bulunmaktadır.
- Çoğullayıcı giriş hatlarını tarar ve TDM çerçevesi dolana kadar veriyi toplar
- Hat üzerindeki veri hızı giriş hatlarının oluşturduğu toplam (aggregate) hızdan daha azdır.
- Senkron TDM’de çerçeve sadece veri bulundurur. İstatistiksel TDM’de veri ile birlikte adres bilgisi de gönderilir. Bundan dolayı senkronizasyon bitlerine ihtiyaç yoktur.



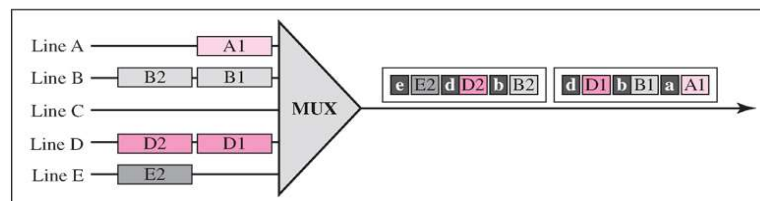
Asenkron ve Senkron TDM Çerçeveleri

28

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

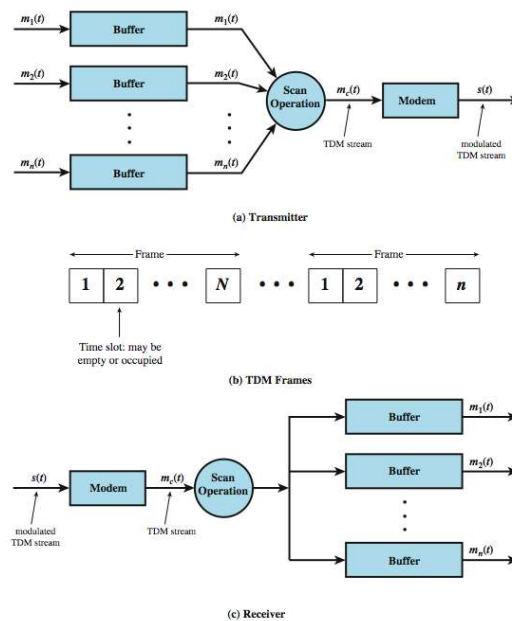


a. Synchronous TDM



b. Statistical TDM

TDM System Overview



Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

TDM Link Control

- no headers and trailers
- data link control protocols not needed
- flow control
 - data rate of multiplexed line is fixed
 - if one channel receiver can not receive data, the others must carry on
 - corresponding source must be quenched
 - leaving empty slots
- error control
 - errors detected & handled on individual channel

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

TDM Example

- Each of four sources generate 250 character per second. If data unit of each source is 1 character and 1 synchronization bit is added to each frame find the values of given parameters.
- Data rate of each source? ($2000 \text{ bps} = 2 \text{ Kbps}$)
- Time of each character at source? ($1/250 = 4 \text{ ms}$)
- Frame data rate? (line sends 250 frame per sec)
- Time of each frame? ($1/250 = 4 \text{ ms}$)
- Number of bits in each TDM frame? ($4 \times 8 + 1 = 33 \text{ bits}$)
- Data rate of line? ($250 \times 33 = 8250 \text{ bps}$)

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Digital Carrier Systems

- long-distance links use an TDM hierarchy
- AT&T (USA) and ITU-T (International) variants
- US system based on DS-1 format
- can carry mixed voice and data signals
- 24 channels used for total data rate 1.544Mbps
- each voice channel contains one word of digitized data (PCM, 8000 samples per sec)
- same format for 56kbps digital data
- can interleave DS-1 channels for higher rates
 - DS-2 is four DS-1 at 6.312Mbps

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Statistical TDM

- in Synch TDM many slots are wasted
- Statistical TDM allocates time slots dynamically based on demand
- multiplexer scans input lines and collects data until frame full
- line data rate lower than aggregate input line rates
- may have problems during peak periods
 - must buffer inputs