



Veri Haberleşmesi ve Bilgisayar Ağları  
*“Multiplexing and TDM Kanal Planlama”*

Dr. Cahit Karakuş, 2020

# Multiplexing

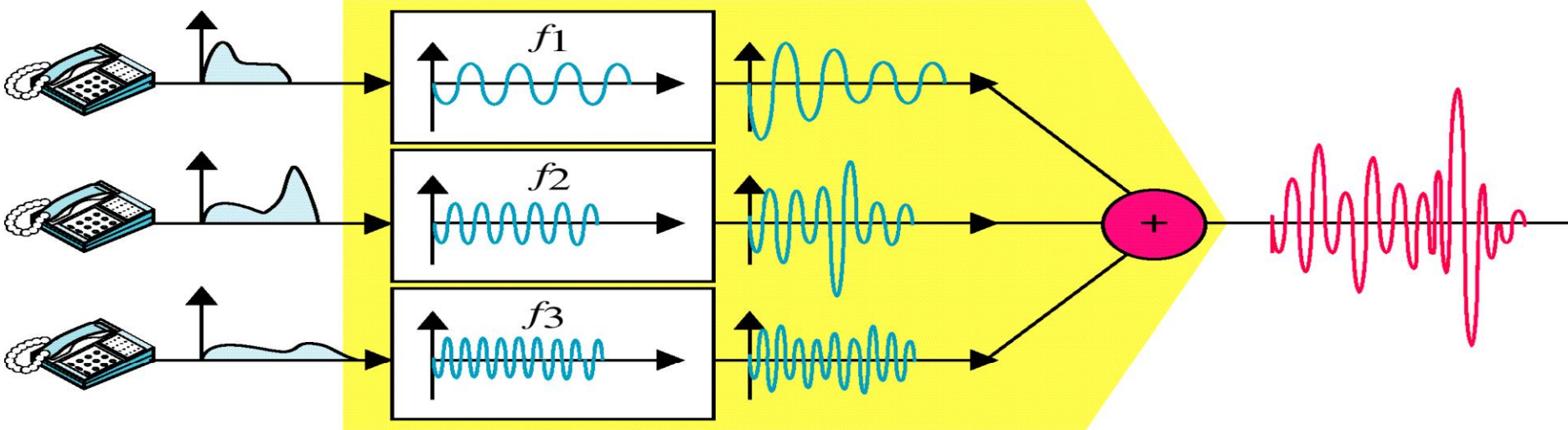
# Multiplexing

## Multiplexing

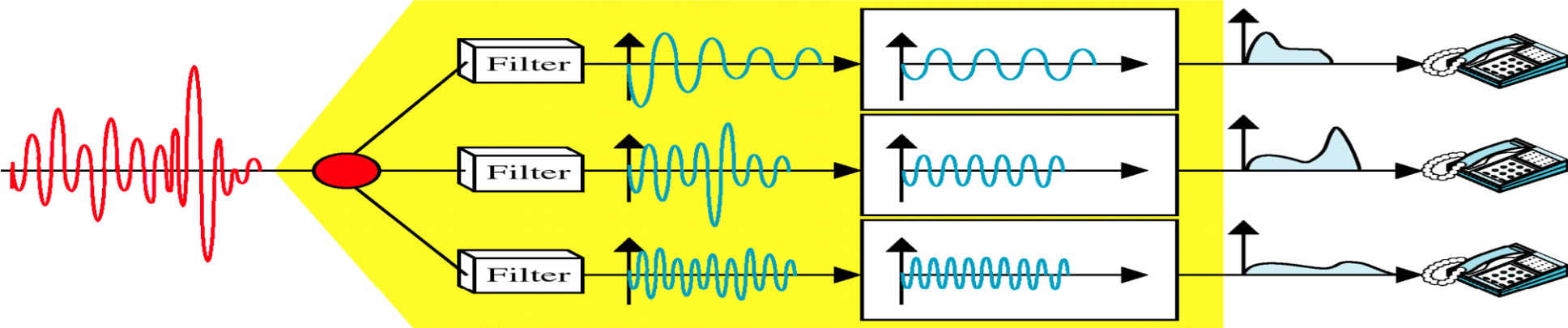
- Multiplexing is the process of allowing two or more signals to share the same medium or channel.
- The three basic types of multiplexing are:
  - Frequency division
  - Time division
  - Code division

# FDM -1

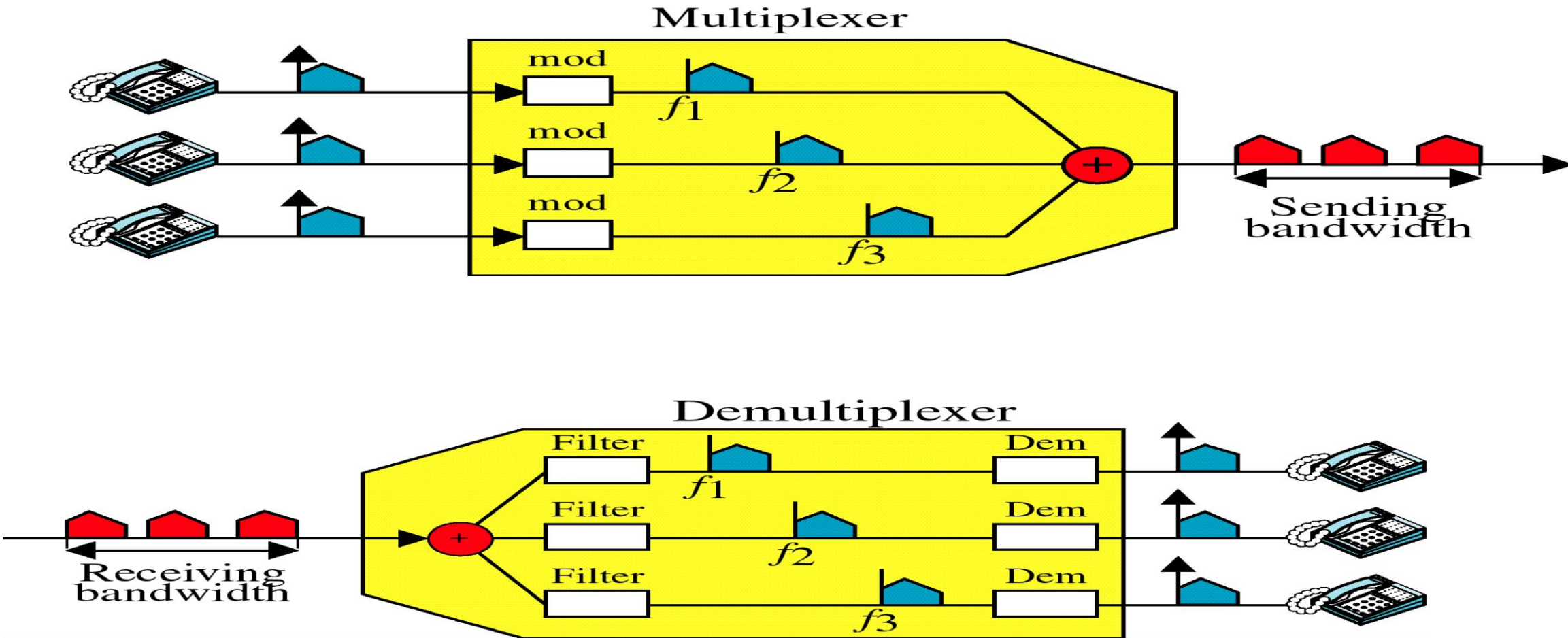
Multiplexer



Demultiplexer



# FDM -2



# TDMA

- TDMA (Time Division Multiple Access):
  - TDMA builds on FDMA by dividing conversations by frequency and time.
  - Digital compression allows voice to be sent at well under 10 kilobits per second (equivalent to 10 kHz).
  - TDMA shares the same channel with multiple sessions.
  - While TDMA is a good digital system, it is still somewhat inefficient since it has no flexibility for varying digital data rates (high quality voice, low quality voice, pager traffic) .
  - In other words, once a call is initiated, the channel/timeslot pair belongs to the phone for the duration of the call.
  - TDMA also requires strict signaling and timeslot synchronization.
  - Due to the digital signal, TDMA phones need only broadcast at 600 mW.

# CDMA

- CDMA (Code Division Multiple Access):
  - CDMA uses 'spread spectrum' techniques.
  - CDMA has been likened to a party: When everyone talks at once, no one can be understood, however, if everyone speaks a different language, then they can be understood.
  - CDMA systems have no channels, but instead encodes each call as a coded sequence across the entire frequency spectrum.
  - Each conversation is modulated, in the digital domain, with a unique code (called a pseudo-noise code) that makes it distinguishable from the other calls in the frequency spectrum. Using a correlation calculation and the code the call was encoded with, the digital audio signal can be extracted from the other signals being broadcast by other phones on the network.
  - Since CDMA offers far greater capacity and variable data rates depending on the audio activity, many more users can be fit into a given frequency spectrum and higher audio quality can be provide.
  - The current CDMA systems boast at least three times the capacity of TDMA systems.
  - CDMA technology also allows lower cell phone power levels (200 miliwatts) since the modulation techniques expect to deal with noise and are well suited to weaker signals.
  - The downside to CDMA is the complexity of deciphering and extracting the received signals.



# Code Division Multiple Access

- CDMA is a nonconventional multiple-access technique that immediately found wide application in modern wireless systems.
- In CDMA, the entire bandwidth is made available simultaneously to all signals.
- In theory, very little dynamic coordination is required, as opposed to FDMA and TDMA in which frequency and time management have a direct impact on performance.
- To accomplish CDMA systems, spread-spectrum techniques are used.
- In CDMA, signals are discriminated by means of code sequences or signature sequences.
- Each pair of transmitter-receivers is allotted one code sequence with which a communication is established.



# Code Division Multiple Access

- At the reception side, detection is carried out by means of a correlation operation.
- In general, CDMA systems operate synchronously in the forward direction and asynchronously in the reverse direction.
- In theory, the use of orthogonal codes eliminates the multiple-access interference.
- In practice, however, interference still occurs in synchronous systems, because of the multipath propagation and because of the other-cell signals.
- Channels in the forward link are identified by orthogonal sequences.
- Base stations are identified by pseudonoise (PN) sequences.

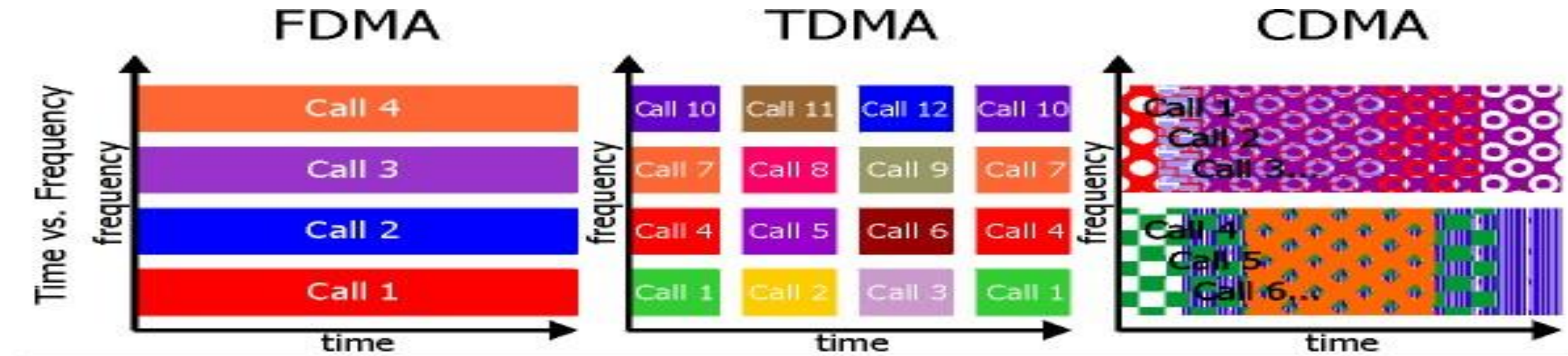
# Code Division Multiple Access

- Hence, multiple access in the forward link is accomplished by the use of spreading orthogonal sequences.
- In general, the use of orthogonal codes in the reverse link finds no direct application, because the reverse link is intrinsically asynchronous.
- Some systems implement some sort of synchronous transmission on the reverse link.
- Several PN sequences are used in the various systems.
- Two main orthogonal sequences used in all CDMA systems:
  - Walsh codes
  - Orthogonal variable spreading functions (OVSF).

# Space Division Multiple Access

- SDMA is a nonconventional multiple-access technique that finds application in modern wireless systems mainly in combination with other multiple-access techniques.
- In SDMA, the entire bandwidth is made available simultaneously to all signals.
- Signals are discriminated spatially, and the communication trajectory constitutes the physical channels.
- The implementation of an SDMA architecture is based strongly on antennas technology coupled with advanced digital signal processing.
- The antenna beams must be electronically and adaptively directed to the user so that.
- The location alone is enough to discriminate the user.

# Comparison



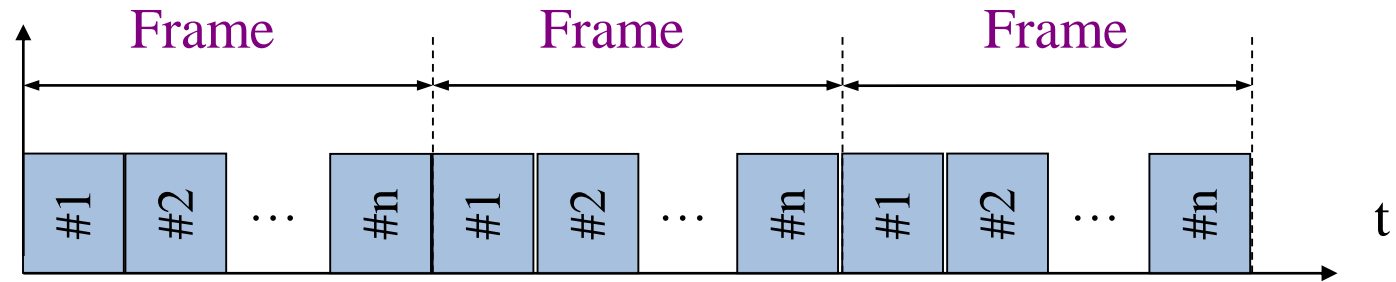
Conversation Analogy

Everyone talks in a different room to prevent interference. Since the conversation can't be heard from another room, it can be filtered from the other by going to the other room.

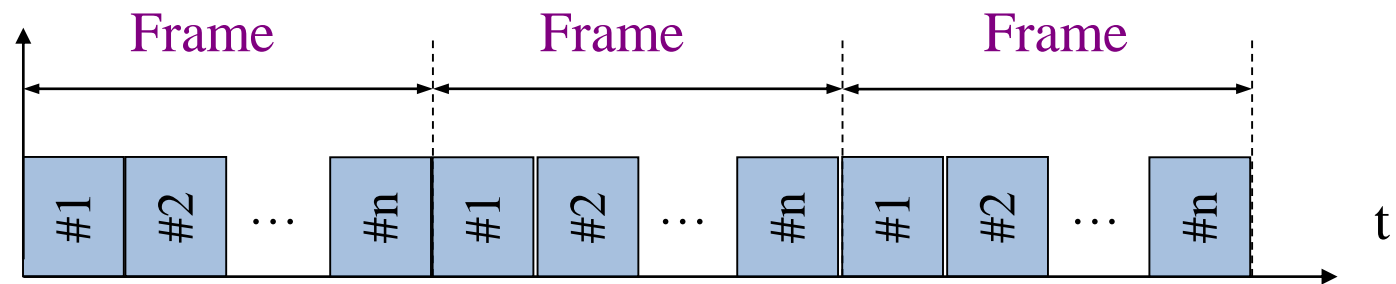
Within each room, everyone takes turns talking to prevent interference. Within each room, one person is talking at once, so they must talk fast to say everything.

Everyone speaks a different language at the same time in the same room. Since each language is unique, one may be filtered from another.

# TDMA: Channel Structure



(a). Forward channel



(b). Reverse channel

TDM sistemlerinde amaç çok sayıdaki kanalları zaman domeninde tek hat üzerinden göndermektir.

## **Bir TDM E1 devresinden 2.048Mbit/saniye veri transferi yapılmaktadır. 2.048Mbit/sec nasıl elde edilir?**

- 1 adet E1 devreinde 32 kanal vardır.
- Herbir kanaldan 125 mikrosaniyede 8 bit transfer edilmektedir.
- Bu durumda 32 kanaldan 125 mikrosaniyede 256 bit transfer edilir.
- O halde 32 kanaldan 1 saniyede kaç bit transfer edilir?
- $X=1*256/(125*10^{-6})=2048000\text{bit/sec}=2048\text{Kbit/sec}=2.048\text{Mbit/sec}$

# 125mikrosaniye=?

- 1 adet E1 devresinde 32 kanal vardır; 30 adet veri kanal + 1 adet ÇTB + 1 adet ÇÇTB/sinyalleşme
- Telekom sistemlerinde ses elektrik sinyaline dönüştürülerek analog sinyal elde edilir. Standart gereği bu sinyalin band genişliği 4 KHz dir.
- Nyquist teoremi gereği analog sinyal sayısal sinyale dönüştürüldükten ve iletdikten sonra yeniden sayısal sinyalden analog sinyal elde edebilmek için örnekleme frekansı analog sinyalin maksimum frekansının 2 katına eşit ya da büyük olmak zorundadır.
- Bu durumda  $f_{maks}=4$  KHz, örnekleme frekansı,  $f_s=2*4=8$ KHz alınır. Örnekleme zaman aralığı  $T_s=1/f_s=1/8000\text{Hz}=125*10^{-6}$  saniye=125Mikrosaniye elde edilir.



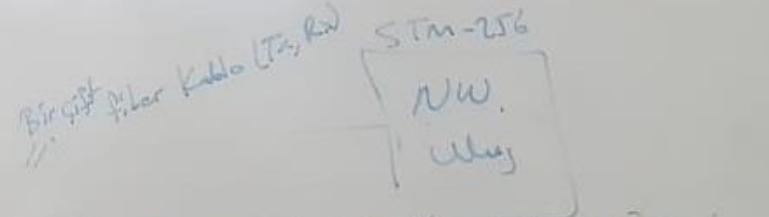
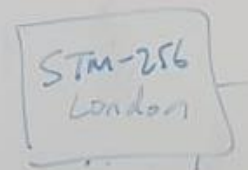
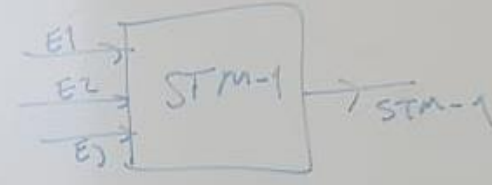
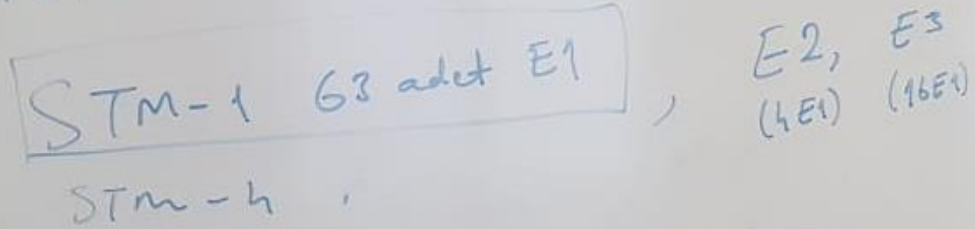


**PDH: (Plesiochronous digital  
hierarchy)**

**Devre Anahtarlama**

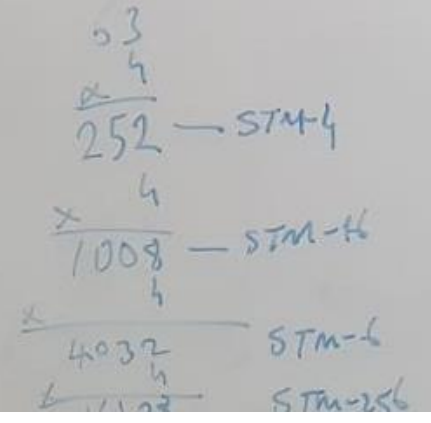
# TDM - E1

- değerinde Toplam 32 kanal var
- 1 E1 = 30 adet Data kanal + 1 adet ÇTB + 1 ÇFTB yada işaretlesme.
  - 1 Data kanalından 1 sec'de 64 kbit/s transfer.
  - 1 E1'de 30 adet Data kanalından 1 sec  $30 \times 64 \text{ kbit/s} = 1920 \text{ kbit/s} = 1.92 \text{ Mbit/s}$ .
  - 1 E1'de 32 n Kanalından 1 "  $32 \times 64 \text{ kbit/s} = 2.048 \text{ Mbit/s}$ .



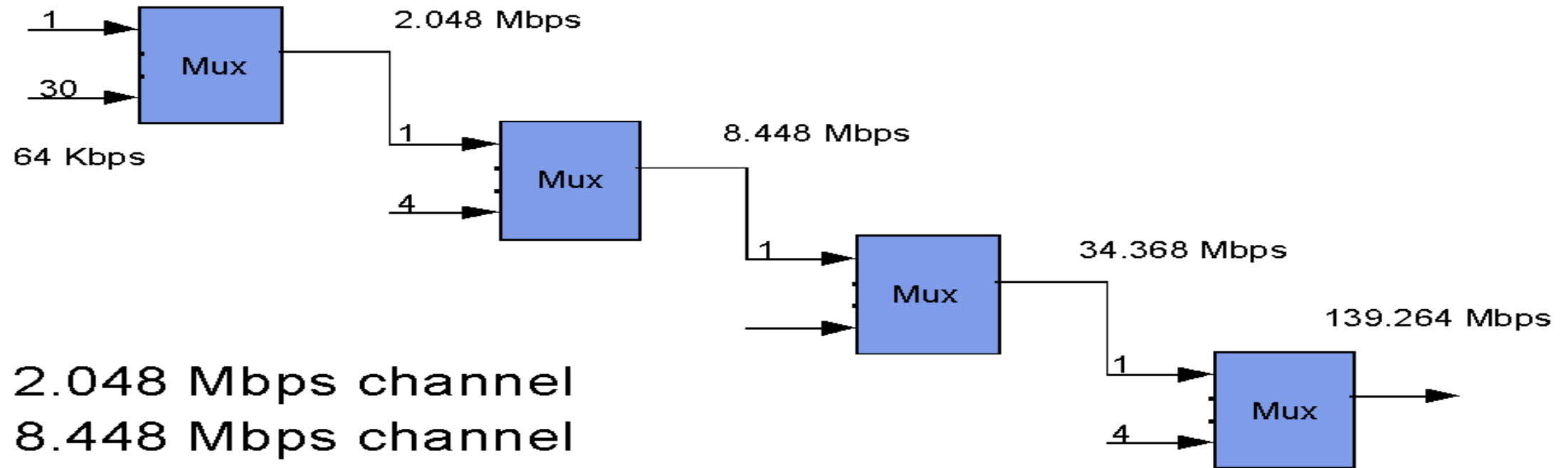
483 840 kişi bir fiber kablonu kullanıyor.

40 Gbit/sec



# European PDH digital hierarchy

- CCITT digital hierarchy based on 30 PCM channels

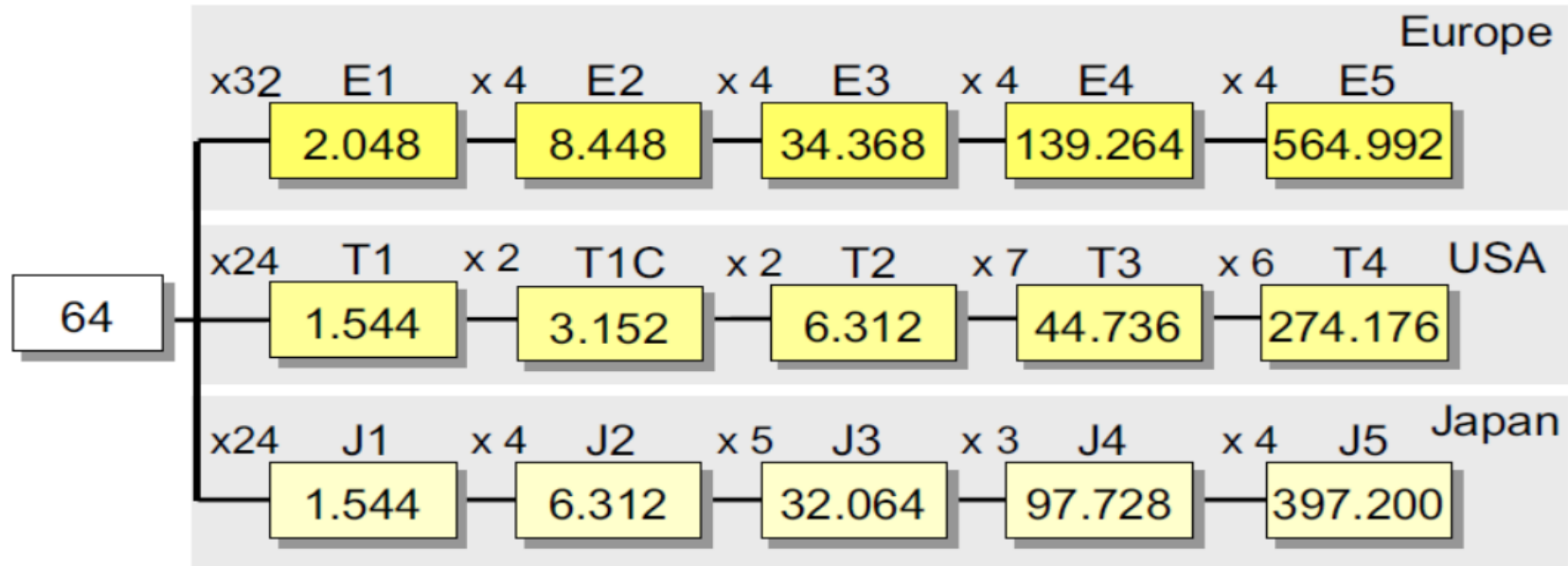


- E1, 2.048 Mbps channel
- E2, 8.448 Mbps channel
- E3, 34.368 Mbps channel
- E4, 139.264 Mbps channel

# PDH & E1 ve Kanal Sayısı

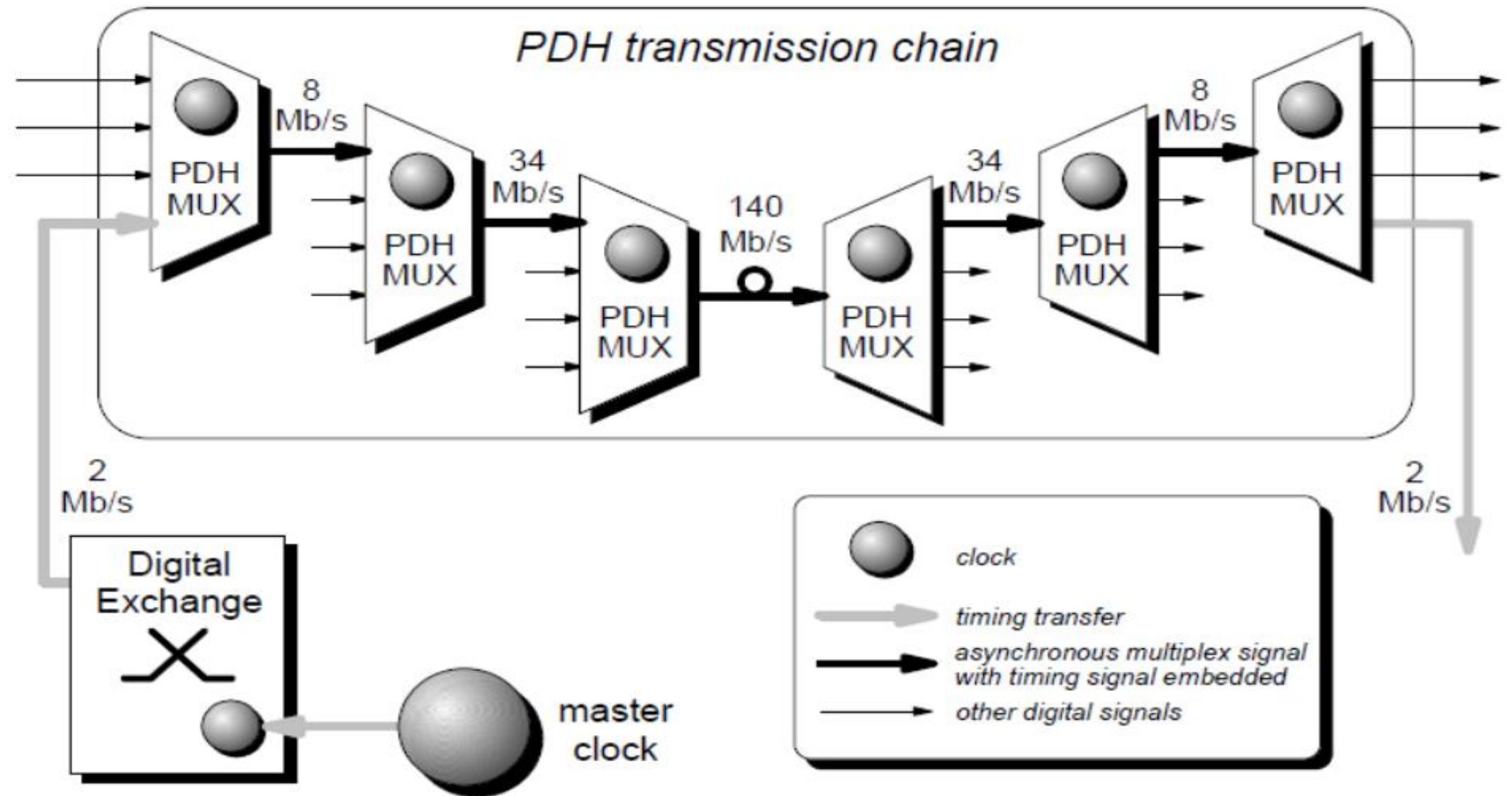
- 1 adet E1 devresi, toplam 32 kanal; 30 adet konuşma ya da veri kanalı, 1 adet ÇTB (0.Kanal), 1 adet ÇÇTB + işaretleme bilgisi
- Herbir veri kanalından bir saniyede  $64000\text{bps}=64\text{Kbps}$  transfer edilmektedir.
- 1 adet E2 devresinde 4 adet E1 devresi vardır, toplam veri kanalı:  $30 * 4=120$
- 1 adet E3 devresinde 4 adet E2 devresi vardır, toplam veri kanalı:  $120*4=480$
- 1 adet E4 devresinde 4 adet E3 devresi vardır, toplam veri kanalı:  $480*4=1920$
- 1 Adet E5 devresinde 4 adet E4 devresi vardır, toplam veri kanalı:  $1920*4=7680$

# Digital carrier comparison



*PDH systems are transparent to the timing of transported signals*

## Timing Transfer through a PDH Transmission Chain



# PDH – Haberleşme Ortamları

- TDM sistemlerinde amaç kanalları zaman domeninde tek hat üzerinden göndermektir.
- E1: 2 çift burgulu tel, fiber kablo, radyolink
- E2: fiber kablo, radyolink
- E3: fiber kablo, radyo link
- E4: fiber kablo,
- E5: fiber kablo



# Örnek

- Esenyurt Telekom merkezi ile Ataköy Telekom merkezi arasında data hatları bulunmaktadır. Kullanıcı ihtiyacı: 2Gbit/sec olarak belirlenmiştir. En üst mertebeden PDH devre ve hat sayısını belirleyiniz. Aynı andaki veri transferinde Erlang %20 olarak alınacaktır.
- $N=2\text{Gbit/sec}=2*10^9\text{bit/sec}$
- $M=N*E/100=2*10^9*20/100=4*10^8$
- 1 adet E1 devresindeki veri kapasitesi= $30*64000=1920000\text{bit/sec}$
- Toplam E1 sayısı= $4*10^8/1920000=209$  E1
- Toplam E2 sayısı= $209/4=53$
- Toplam E3 sayısı= $53/4=14$
- Toplam E4 sayısı= $14/4=4$
- Toplam E5 sayısı= $4/4=1$
- O halde 1 adet E5 devresi Esenyurt Telekom merkezine 1 adet E5 devresi Ataköy Telekom merkezine kurulumu yapılacaktır. Aradaki iletişim ortamı fiber kablo olacaktır.

# Örnek: Çoğullama (Mux) ve Çoğullama Çözümlemesi (DeMux)

Çoğullanarak 4 adet E1 devresinden bir adet E2 devresi, 4 adet E2 devresinden de 1 adet E3 devresi ve 4 adet E3 devresinden 1 adet E4 devresi elde edilmektedir. Telekom transmisyon kısmına toplam 800 adet E1 devresi gelmiştir. Çoğullaması yapılarak kaç adet E4 devresi elde edilir. (Bölümde kesirli kısım yukarı ötelenir.)

- 800 adet E1 devresinden çoğullama ile,  $800/4=200$  adet E2 devresi elde edilir.
- 200 adet E2 devresinden çoğullama ile,  $200/4= 50$  adet E3 devresi elde edilir.
- 50 adet E3 devresinden çoğullama ile,  $50/4=13$  adet E4 devresi elde edilir.

# Örnek: Çoğullama (Mux) ve Çoğullama Çözümlemesi (DeMux)

Çoğullanarak 4 adet E1 devresinden bir adet E2 devresi, 4 adet E2 devresinden de 1 adet E3 devresi ve 4 adet E3 devresinden 1 adet E4 devresi elde edilmektedir. Telekom transmisyon kısmına toplam 7 adet E4 devresi gelmiştir. Çoğullama çözülmesi yapılsa (demux) yapılarak kaç adet E1 devresi elde edilir. Toplam kaçbit transfer edilir? Toplam kaç adet telefon kanalı vardır?

- 7 adet E4 devresinden çoğullama çözülmesi ile,  $7*4=28$  adet TDM E3 devresi elde edilir.
- 28 adet E3 devresinden çoğullama çözülmesi ile,  $28*4= 112$  adet TDM E2 devresi elde edilir.
- 112 adet E2 devresinden çoğullama çözülmesi ile,  $112*4=448$  adet TDM E1 devresi elde edilir.
- $448 * 64000\text{bit}/\text{sec}=28.672\text{Mbit}/\text{s}$
- $448*30=13440$  konuşma kanalı vardır. (Çünkü 1 adet E1 devresinde 30 adet konuşma kanalı vardır.)



# SDH: Synchronous Digital Hierarchy

## Devre Anahtarlama



## **SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY (SDH)**

The 1980s saw the start in the development of the synchronous digital hierarchy (SDH), with the intention of eliminating the disadvantages inherent in PDH. SDH brings the following advantages to network providers:

**High transmission rates:** Transmission rates of up to 10Gbit/s can be achieved in modern SDH systems. SDH is therefore the most suitable technology for backbones, which can be considered as being the super highways in today's telecommunications networks.

**Simplified drop and insert function:** Compared with the PDH system, it is much easier to extract and insert low-bit rate channels from or into the high speed bit in SDH.

**High availability and capacity matching:** With SDH, network providers can react quickly and easily to the requirements of their customers. For example, leased lines can be switched in a matter of minutes.

**Reliability:** Modern SDH networks include various automatic back-up and repair mechanisms to cope with system faults.

**Future-proof platform for new services:** SDH is the ideal platform for services ranging from POTS, ISDN and mobile radio through to data communications (LAN, WAN, etc.), and it is able to handle the very latest services such as video on demand and digital video broadcasting via ATM, that are gradually becoming established.

**Interconnection:** SDH makes it much easier to set up gateways between different network providers and to SONET systems. The SDH interfaces are globally standardised, making it possible to combine network elements from different manufacturers into a network.

# Synchronous digital hierarchy

Major ITU-T SDH standards:

- G.707
- G.783

STM-1 de 63 adet E1 bulunmaktadır.

STM-1 de 1890 TS

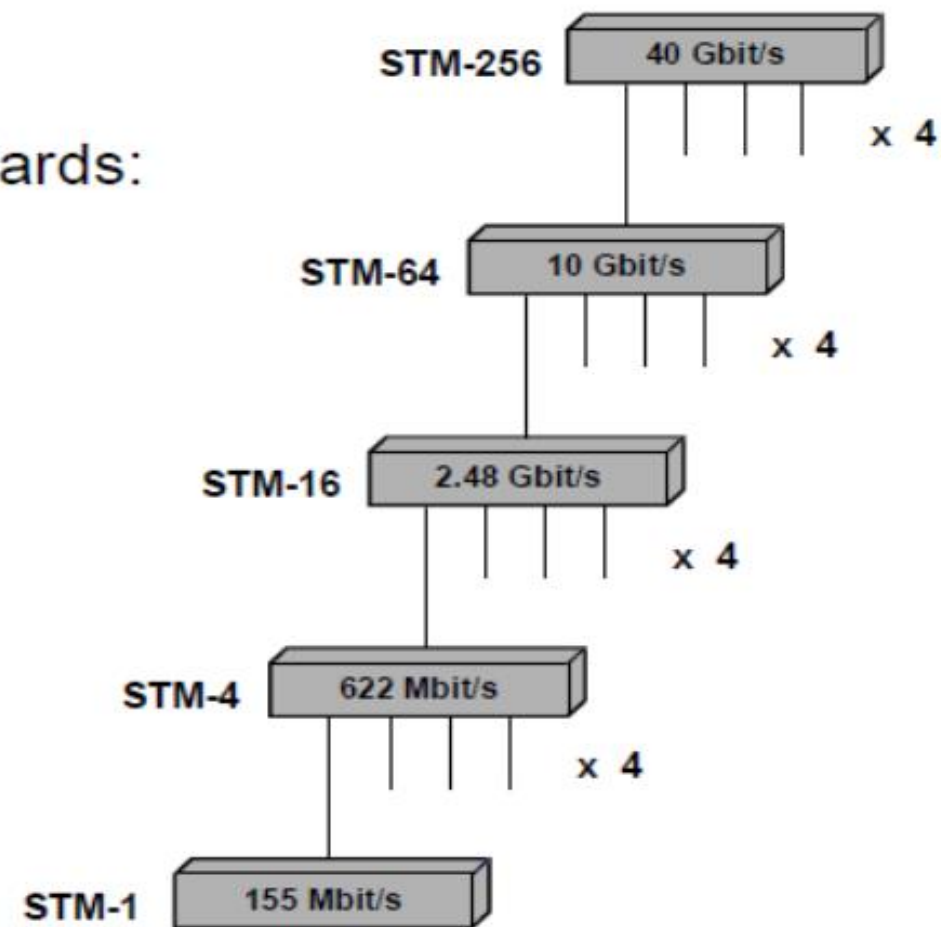
STM-4 de 7560 TS

STM-16 da 30.240 TS

STM-64 de 120.960 TS

STM-256 da 483.840 adet TS

STM'lerdeki büyük data paket anahtarlama ATM



STM devrelerinde genellikle fiber optik kullanılır. P2P- noktadan noktaya radyolink develeri STM-1 kullanılır.



# Kapasite

- STM-256: 40Gbit/s, STM-64:10Gbit/s, STM-16:2.48Gbit/s, STM-4:622Mbit/s, STM-1: 155Mbit/s, E5:565Mbit/s, E4:140Mbit/s, E3: 34Mbit/s, E2: 8Mbit/s, E1: 2Mbit/s
- Bir adet STM-256 sistemine, E1, E2, E3, E4, E5, STM-1, STM-4, STM-16 ve STM-64 ihtiyaç ölçüsünde trafik mühendisliği hesapları ile bağlantı yapılabilir.
- Bir adet STM-64 sistemine, E1, E2, E3, E4, E5, STM-1, STM-4 ve STM-16 ihtiyaç ölçüsünde trafik mühendisliği hesapları ile bağlantı yapılabilir.
- Bir adet STM-16 sistemine, E1, E2, E3, E4, E5, STM-1 ve STM-4 ihtiyaç ölçüsünde trafik mühendisliği hesapları ile bağlantı yapılabilir.
- Bir adet STM-4 sistemine, E1, E2, E3, E4 ve STM-1 ihtiyaç ölçüsünde trafik mühendisliği hesapları ile bağlantı yapılabilir.
- Bir adet STM-1 sistemine, E1, E2, E3 ihtiyaç ölçüsünde trafik mühendisliği hesapları ile bağlantı yapılabilir.



# STM Circuit Switching

STM-256 de 16128 adet E1

- STM-64 = 4032 adet E1
- STM-16=1008 adet E1
- STM-4=252 adet E1
- STM-1= 63 adet E1
  
- E1: 32TS
- E2=4 adet E1
- E3=16 adet E1
- E4=64 adet E1
- E5=256 adet E1

STM-256 devresine hangi devreler bağlanır: 16128 adet E1 devresini geçmemek koşulu ile

- STM-64
- STM-16
- STM-4
- STM-1
- E5, E4, E3, E2, E1

# Ödev: STM

- Telekom transmisyon kısmında 1 adet STM-64, 16 adet STM-16 ve 10 adet E4 devresi bulunmaktadır. Bu devrelerin tümü E1 devresine çoğullanırsa kaç adet E1 devresi elde edilir. Kaç adet konuşma kanalı; kaç Mbit/s veri?
- 1 adet STM-64 devresinde 4 adet STM-16 devresi elde edilir.
- 4 adet STM-16 devresinde  $4*4=16$  adet STM-4 devresi elde edilir.
- 16 adet STM-4 devresinden  $16*4=64$  adet STM-1 devresi elde edilir.
- Toplam STM-1 devresi= $64+16=80$  adet
- 80 adet STM-1 devresinden  $80*63=5040$  adet E1 devresi elde edilir.

Öte yandan

- 10 adet E4 devresinde  $10*4=40$  adet E3 devresi elde edilir.
- 40 Adet E3 devresinden  $40*4=160$  E2 devresi elde edilir.
- 160 adet E2 devresinden  $160*4=640$  E1 devresi elde edilir.
- Toplam E1 devre sayısı= $5040+640=5680$  adet.

# Örnek

STM-256 çoğullma yapısı aşağıdaki sistemler bağlanacaktır. Sistemlerin uygunluğunu analiz ediniz.

- 1 adet STM-64: 4032E1
- 2 adet STM-16:  $2 \times 1008=2016E1$
- 10 adet STM-4:  $10 \times 252=2520E1$
- 5 adet STM-1 :  $63 \times 5=315 E1$
- 200E1
- 50 adet E2:  $50 \times 4= 200E1$
- 20 adet E3:  $20 \times 16=320E1$
- 5 adet E4:  $5 \times 64=320E1$
- 2 adet E5:  $256 \times 2=512E$

Toplam: 10435 E1 (1 adet STM-256= 16128 E1)

# Multiplexing level

SONET	SDH	Bit rate (Mbps)
STS-1/OC-1	(Not defined)	51.84
STS-3/OC-3	STM-1	155.52
STS-9/OC-9	STM-3	466.56
STS-12/OC-12	STM-4	622.08
STS-18/OC-18	STM-6	933.12
STS-24/OC-24	STM-8	1244.16
STS-36/OC-36	STM-12	1866.24
STS-48/OC-48	STM-16	2488.32

STS = Synchronous Transport Signal

OC = Optical Carrier

STM = Synchronous Transport Module

# SONET/SDH tributaries

SONET	SDH	T1	T3	E1	E3	E4
STS-1		28	1	21	1	
STS-3	STM-1	84	3	63	3	1
STS-12	STM-4	336	12	252	12	4
STS-48	STM-16	1344	48	1008	48	16
STS-192	STM-64	5376	192	4032	192	64

STM-4, Toplam Kanal Kapasitesi= $4032 \times 30 = 120960$  Time slot

1 Time Slot=64Kbps

1 E1 : 32 Time slot (2 senkron,  $30 \times 64\text{Kbps}$ )=2.048Mbps

# STS, OC, etc.

A SONET signal is called a **S**ynchronous **T**ransport **S**ignal

<b>SONET</b>	<b>Optical</b>		<b>rate</b>	
STS-1	OC-1		51.84M	
STS-3	OC-3		155.52M	* 3
STS-12	OC-12		622.080M	* 4
STS-48	OC-48		2488.32M	* 4
STS-192	OC-192		9953.28M	* 4

# Physical layers for ATM

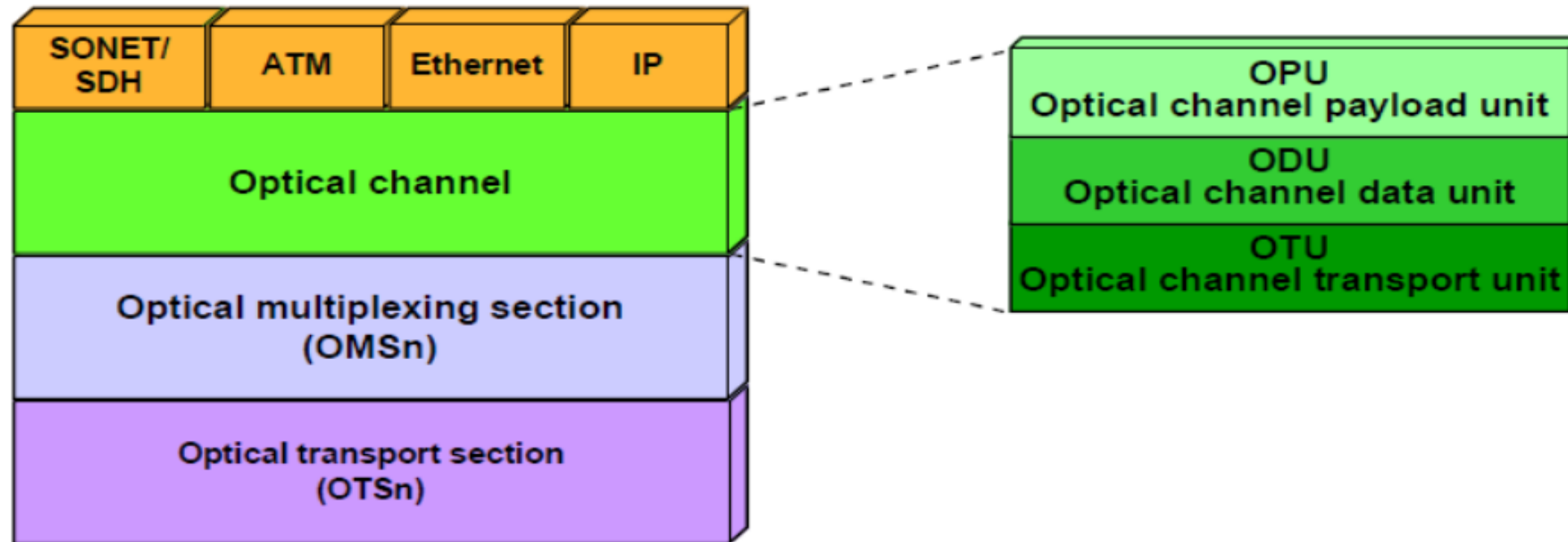
- **SDH (Synchronous Digital Hierarchy)**
  - STM-1 155 Mbit/s
  - STM-4 622 Mbit/s
  - STM-16 2.4 Gbit/s
- **PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)**
  - E1 2 Mbit/s
  - E3 34 Mbit/s
  - E4 140 Mbit/s
- **TAXI 100 Mbit/s and IBM 25 Mbit/s**
- **Cell based interface**
  - uses standard bit rates and phys. level interfaces (e.g. E1, STM-1 or STM-4)
  - HEC used for framing



# Optical transport network

- Optical Transport Network (OTN) being developed by ITU-T (G.709) specifies interfaces for optical networks
- Goal to gather for the transmission needs of today's wide range of digital services and to assist network evolution to higher bandwidths and improved network performance
- OTN builds on SDH and introduces some refinements:
  - management of optical channels in optical domain
  - FEC to improve error performance and allow longer link spans
  - provides means to manage optical channels end-to-end in optical domain (i.e. no O/E/O conversions)
  - interconnections scale from a single wavelength to multiple ones

# OTN layers and OCh sub-layers



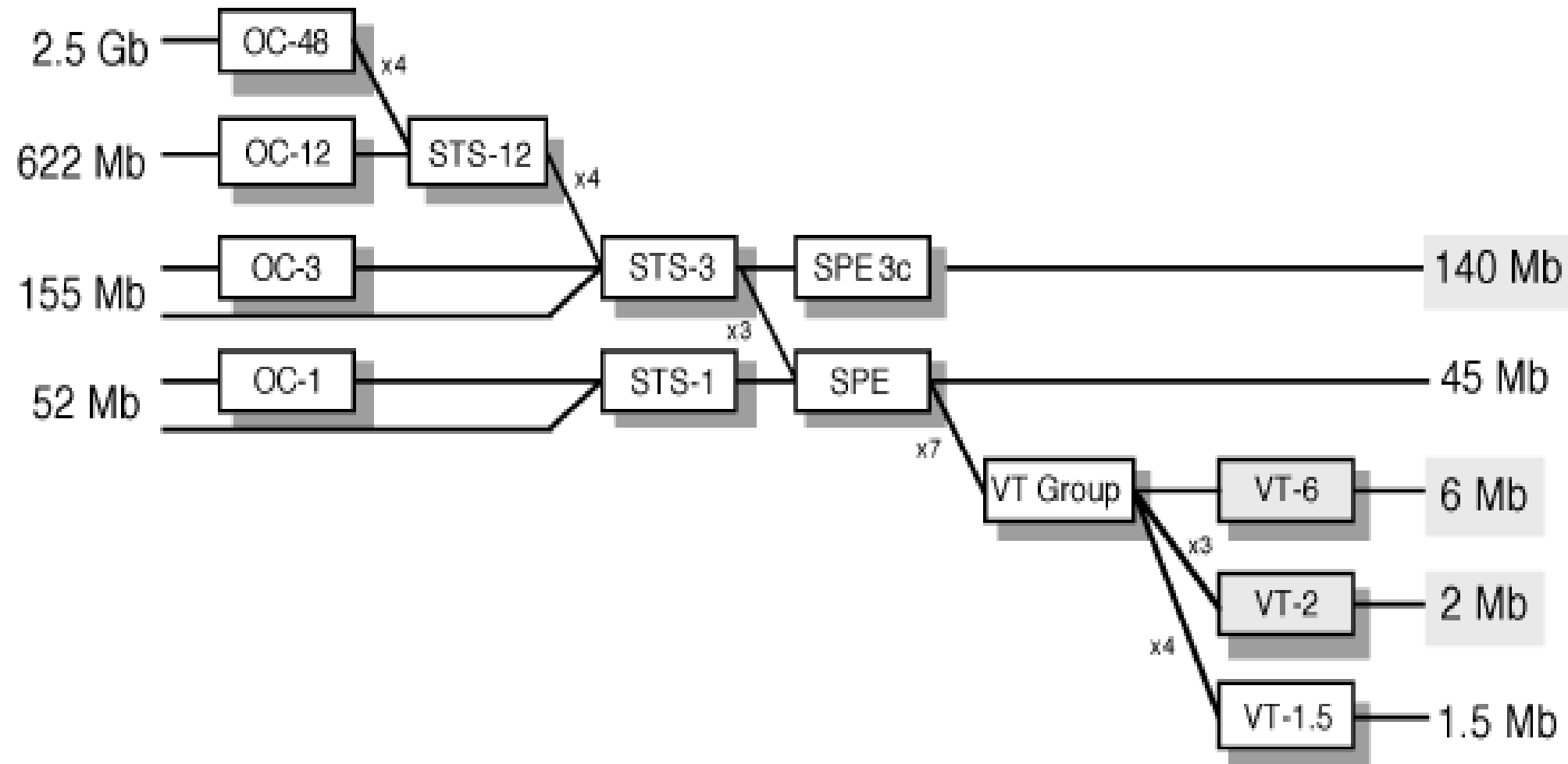
# STS, STM, OC

- The electrical side of the SONET signal is
  - Known as the synchronous transport signal (STS)
- The electrical side of the SDH is known as
  - The synchronous transport module (STM)
- The optical side of a SONET/SDH signal is
  - Known as the optical carrier (OC)

# SONET/SDH multiplex rates

Optical level	SONET level (electrical)	SDH level (electrical)	Data rate (Mbps)	Overhead rate (Mbps)	Payload rate (Mbps)
OC-1	STS-1	-	51.840	1.728	50.112
OC-3	STS-3	STM-1	155.520	5.184	150.336
OC-9	STS-9	STM-3	466.560	15.552	451.008
OC-12	STS-12	STM-4	622.080	20.736	601.344
OC-18	STS-18	STM-6	933.120	31.104	902.016
OC-24	STS-24	STM-8	1244.160	41.472	1202.688
OC-36	STS-36	STM-12	1866.240	62.208	1804.932
OC-48	STS-48	STM-16	2488.320	82.944	2405.376
OC-96	STS-96	STM-32	4976.640	165.888	4810.752
OC-192	STS-192	STM-64	9953.280	331.776	9621.504
OC-768	STS-768	STM-256	39813.120	1327.104	38486.016
OC-N	STS-N	STM-N/3	N*51.840	N*1.728	N*50.112

# SONET Multiplexing Hierarchy





# Örnek:

- Bir Telekom yerleşkesinde,
- 1 adet STM-1
- 3 adet E4
- 5 adet E3
- 16 adet E2
- 128 adet E1 devresi bulunmaktadır. Çoğullamak (***bir çift (Rx, Tx) fiber kablo üzerinden tüm hizmetlerin ( veri, ses) transfer edilmesidir.) için*** hangi STM devresi kullanılır.
- 1 adet STM-1 devresinde 63 adet E1 devresi var.
- 3 adet E4 devresinde  $64 \cdot 3 = 192$  adet E1 devresi var ( $E2 = 4E1$ ;  $E3 = 4E2 = 16E1$ ;  $E4 = 4E3 = 16E2 = 64E1$ )
- 5 adet E3 devresinde  $= 5 \cdot 16 = 80E1$
- 16 adet E2 devresinde  $= 16 \cdot 16 = 256 E1$
- 128 adet E1
  
- Toplam 719 E1 devresi bulunmaktadır.
- 1 adet STM-4 de  $4 \cdot 63 = 252$  adet E1
- 1 adet STM-16 de  $252 \cdot 4 = 1008$  adet E1 devresi
- O halde çoğullamak için 1 adet STM-16 kullanılır.

# Örnek

- Bir şehrin Esenyurt bölgesinde Türk Telekom ADSL, data, ve GSM operatörlerinde toplam 278000 abone var. Herbir abone anlık 14Kbit/s veri transfer ediyor. Erlang,  $E=20$  bu semtin ana internet sağlayıcısına bağlanması için STM olarak hangi çoğullama devresini kullanırsınız?
- $N=278000$
- $M=278000*20/100=55600$  abone aynı anda 14Kbit/s hizmet alır.
- Toplam ver hızı= $55.600*14.000=778400000\text{bit/s}=778.4\text{Mbit/s}$
- STM-1=63 adet E1= $63*30*64000=120960000\text{b/s}=120.96\text{Mbit/s}$
- STM-4= $483840000\text{b/s}=483.84\text{Mbit/s}$
- STM-16= $1935360000\text{b/sec}=1.9356\text{Gbit/s}$
- 1 adet STM-16 kullanılır.





# TDM Kanal Planlama

# Bilgi ve İletişim Sektörünün Analiz Edilmesi

- Bilgi ve iletişim sektörü, iş hayatı ve bireyler için vazgeçilmez bir öneme sahiptir.
- Geçen elli yıl zarfında yaşanan çarpıcı değişimler ile sektör, telefon ve kablo TV operatörleri, internet servis sağlayıcıları, kablosuz iletişim, uydu operatörleri ve mobil iletişimi de kapsayan çoklu hizmet sağlayıcıları tarafından çevrelenmiş durumdadır.
- Günümüzde ses, veri, video gibi farklı hizmetler, ortak ve entegre edilmiş şebekeler üzerinden verilebiliyor. Geniş bant ve kablosuz teknolojilerdeki gelişme, geleneksel şebeke yapılanmasını ve pazarlama stratejilerini değişime zorluyor.
- Bu gelişmeler bir yandan sermaye harcamaları ve faaliyet giderleri bakımından ölçek ve kapsam ekonomilerinin elde edilmesine imkân sağlarken, diğer yandan da farklı iletişim araçlarının bir bütün içerisinde sunulması fırsatı veriyor.

# Terminoloji

- Trunk: Ana hat, bir telefon anahtarını bağlayan telefon hatları veya başka biriyle değiş tokuş yapan diğer santrallere denir.
- Arama oranı (C): Belirli bir zaman aralığında gelen çağrıların sayısı, Birim zaman başına çağrı.
- Bekletme süresi (H): Bir aramanın ortalama süresi

# Traffic engineering

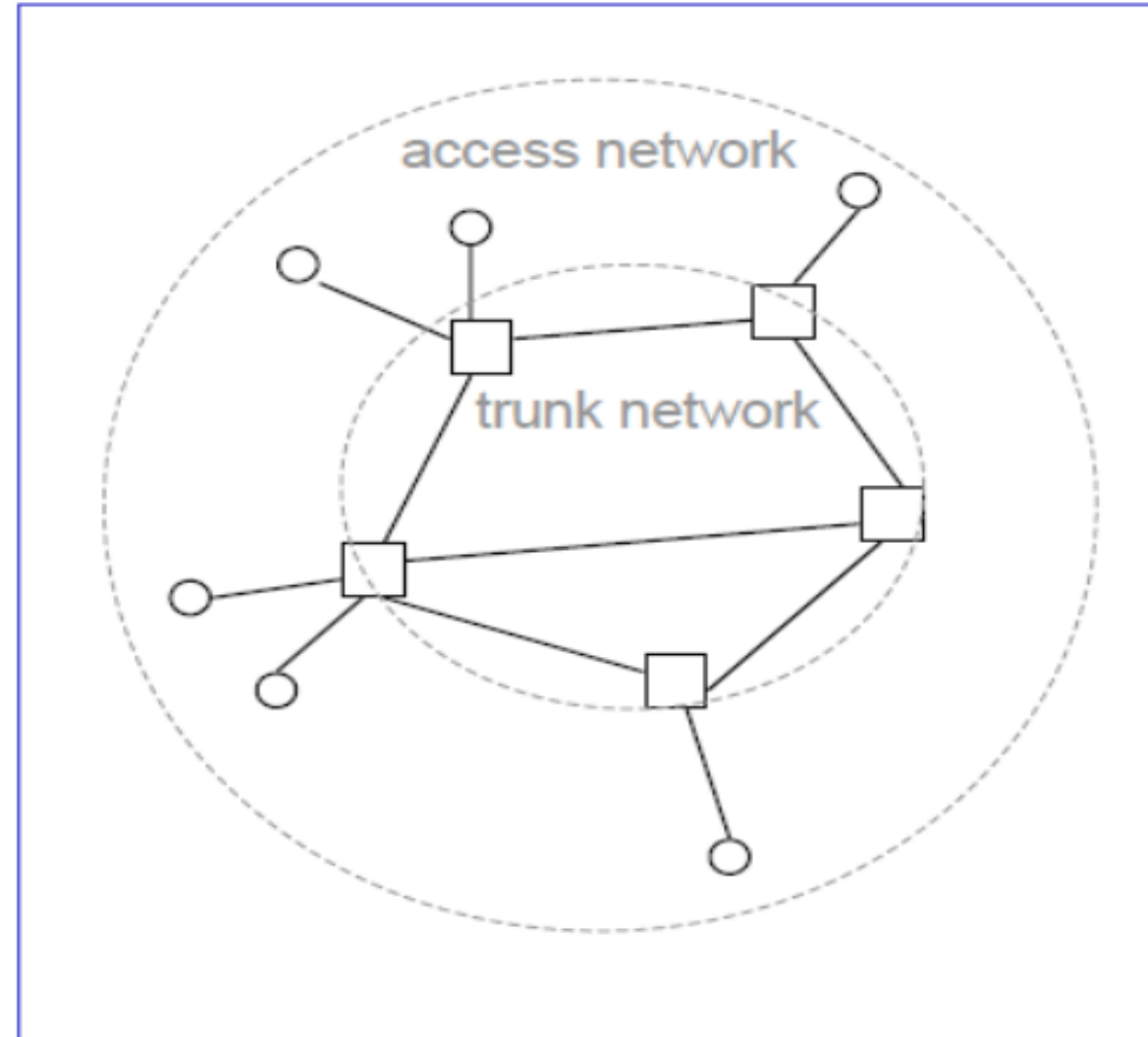
- Telephone traffic profile
- Definition
- Trunking
- Congestion
- Traffic performance

## Practical goals

- Network planning
  - dimensioning
  - optimization
  - performance analysis
- Network management and control
  - efficient operating
  - fault recovery
  - traffic management
  - routing
  - accounting

# Telecommunication network

- A simple model of a telecommunication network consists of
  - **nodes**
    - terminals ○
    - network nodes □
  - **links** between nodes
- **Access network**
  - connects the terminals to the network nodes
- **Trunk network**
  - connects the network nodes to each other



# Mevcut Durumun Analiz Edilmesi

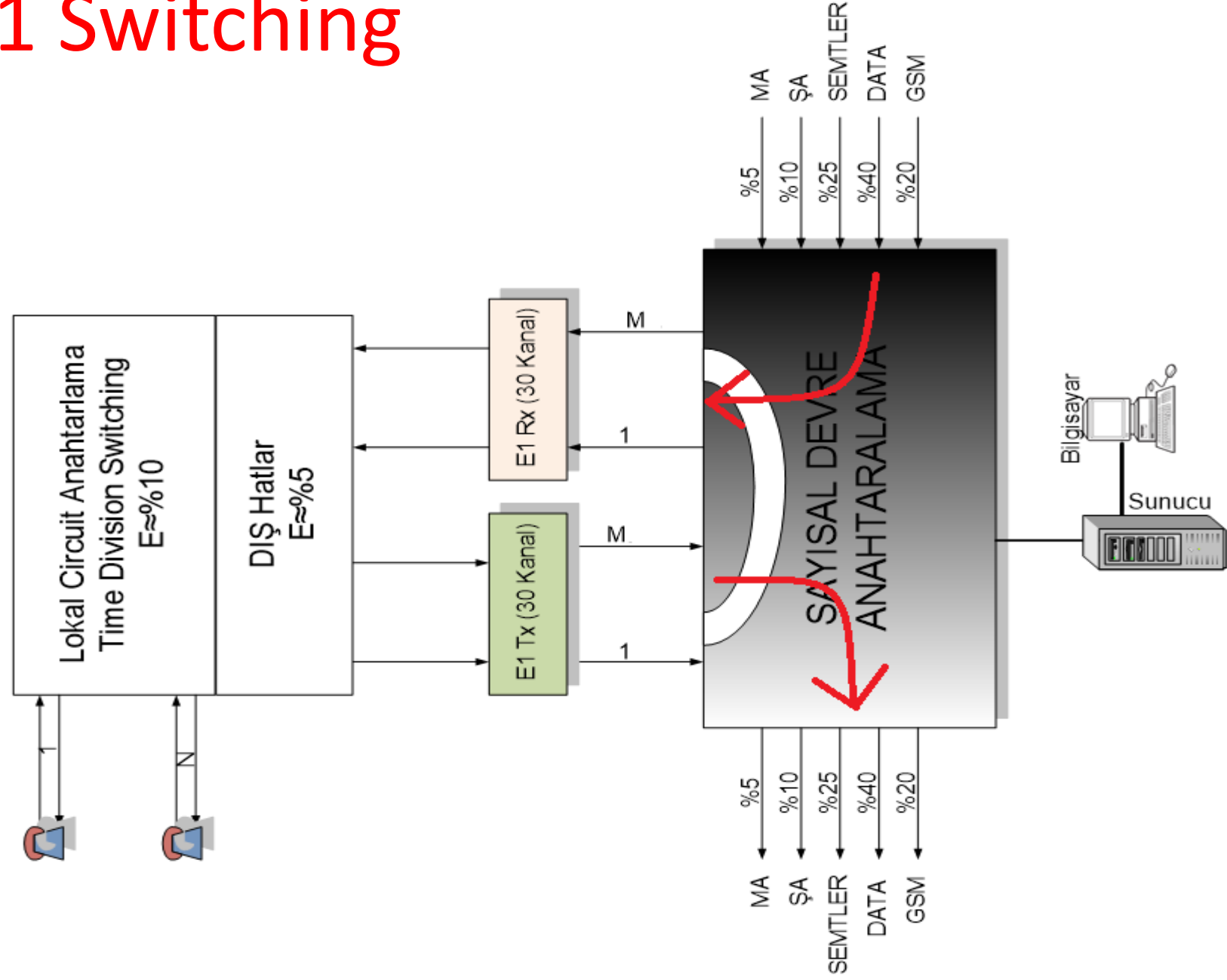
- Sabit Telefon Hatsayısı
- Base Station GSM abone kapasitesi
- ADSL abone sayısı ve veri kapasitesi
- ISP uç noktaları veri kapasitesi



# Sabit Telefon Hatları Analizi

## E1 Switching

Toplam Abone Sayısı, N



Örnek: Abone sayısı 12000 ise herbir hizmeti bir TDM kanalı olarak göz önüne alınız. Toplam E1 kapasitesini belirleyiniz. (Bir kanal 64kbit/s)

İç Trunk Earlang=%10

Dış Trunk Earlang =%20:

- Şa=%10
- Ma=%5
- Semt=%25
- Data=%40
- GSM=%20

- İç Trunk abone yoğunluğu hesaplamada, bir anda toplam abonenin % 10 yani,  $12000 \cdot 10 / 100 = 1200$  abone birbirleri ile lokal anahtarlama devresi üzerinden görüşme yapabilir.
- Abone sayısının %20'si ise dış trunk devrelerine yönlendirilmektedir. Dış Trunk devrelerine yönlendirilen abone sayısı,
- Dış Trunk Kanal sayısı= $12000 \cdot 20 / 100 = 2400$  kanal kapasitesine denk gelir.

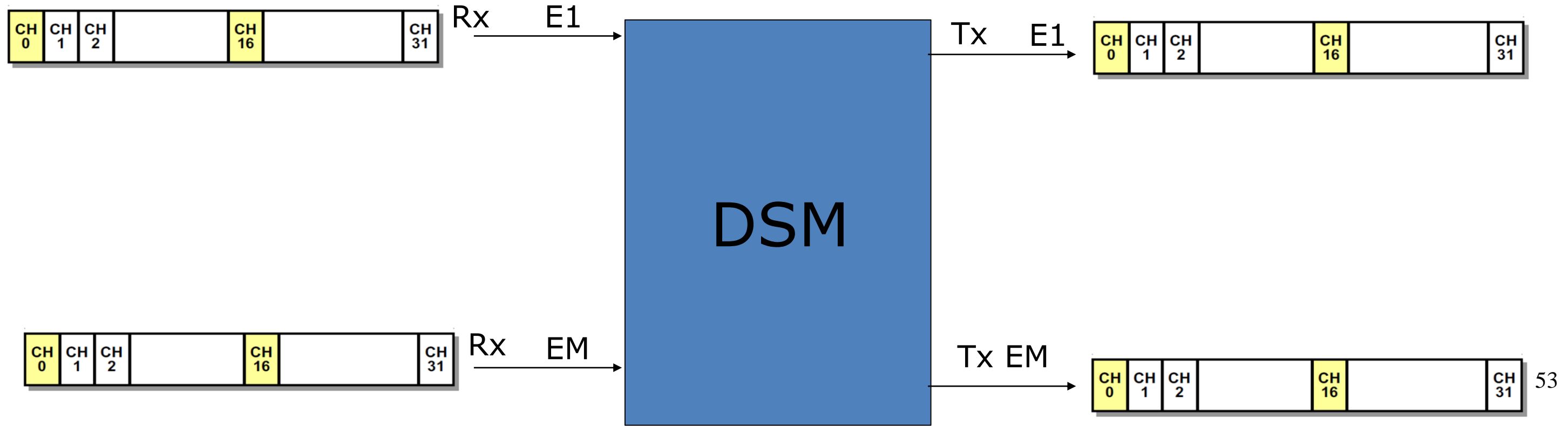
E1 sayısı,  $M = 2400 / 30 = 80$  adet E1 devresine ihtiyaç duyulmaktadır.

- E1\_ŞA= $80 \cdot 10 / 100 = 8$  adet
- E1\_MA= $80 \cdot 5 / 100 = 4$  adet
- S1\_Semtler Arası= $80 \cdot 25 / 100 = 20$  Adet
- E1\_Data Hizmetleri= $80 \cdot 40 / 100 = 32$  adet
- E1\_GSM= $80 \cdot 20 / 100 = 16$  Adet

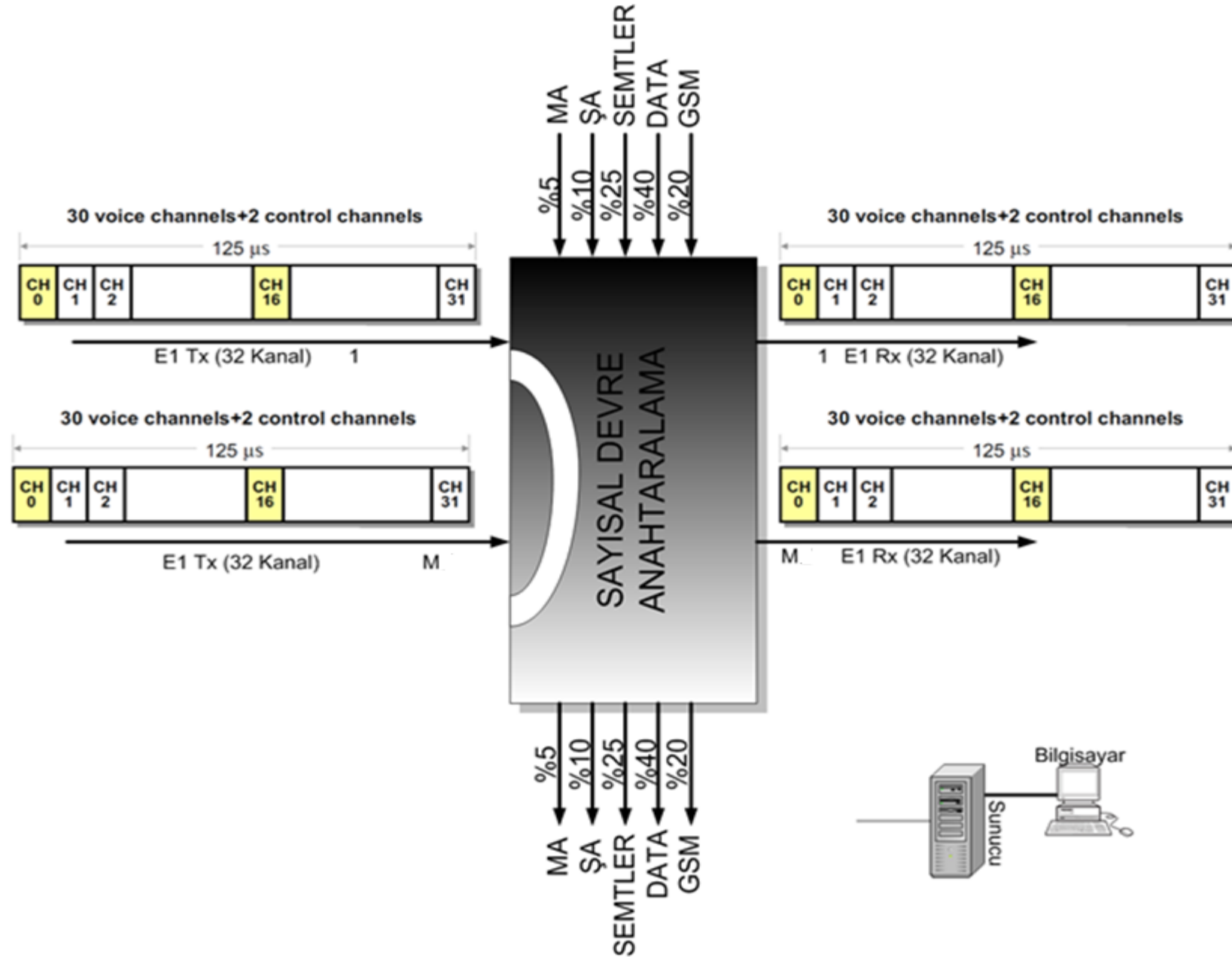
Planlanan E1 devresi= 80 adettir. İhtiyaç duyulan ve planlanan E1 devreleri birbirine eşittir.

Not: Hesaplama kesirli sayılarda E1 devresi sayısı yukarı tam sayıya ötelenir. Bu durumda planlanan E1 devresi sayısı daha fazla olur. Her zaman planlanan E1 devresi göz önüne alınır.

# Digital Switching Matrix ve E1 Anahtarlama

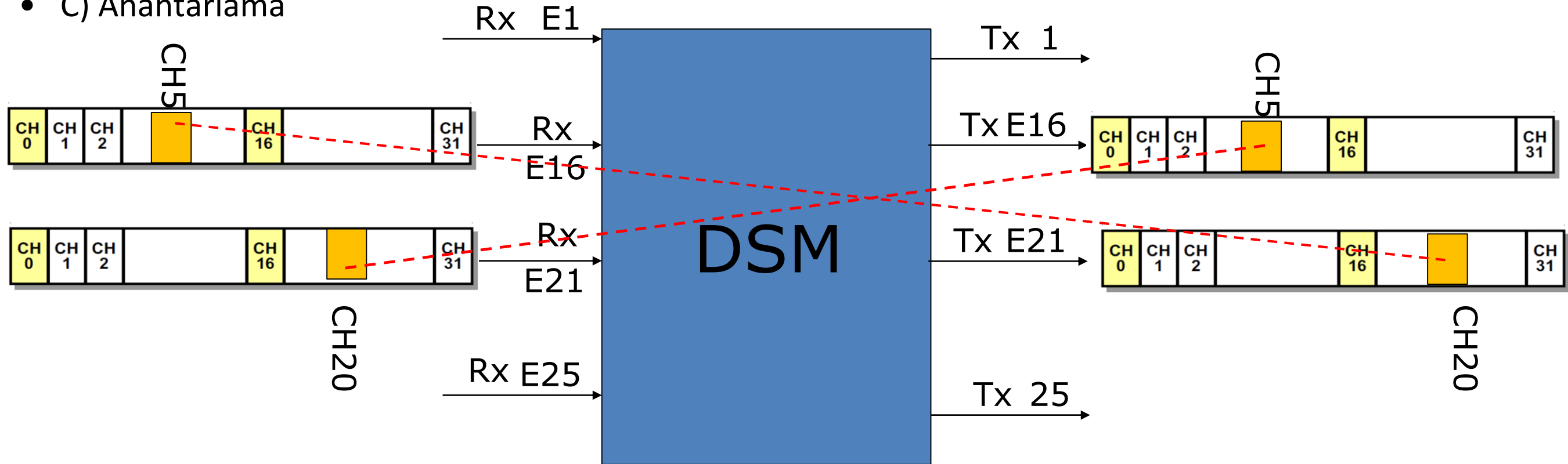


# E1- TDM: Time Slot Switching – DSM (Digital Switching Matrix)



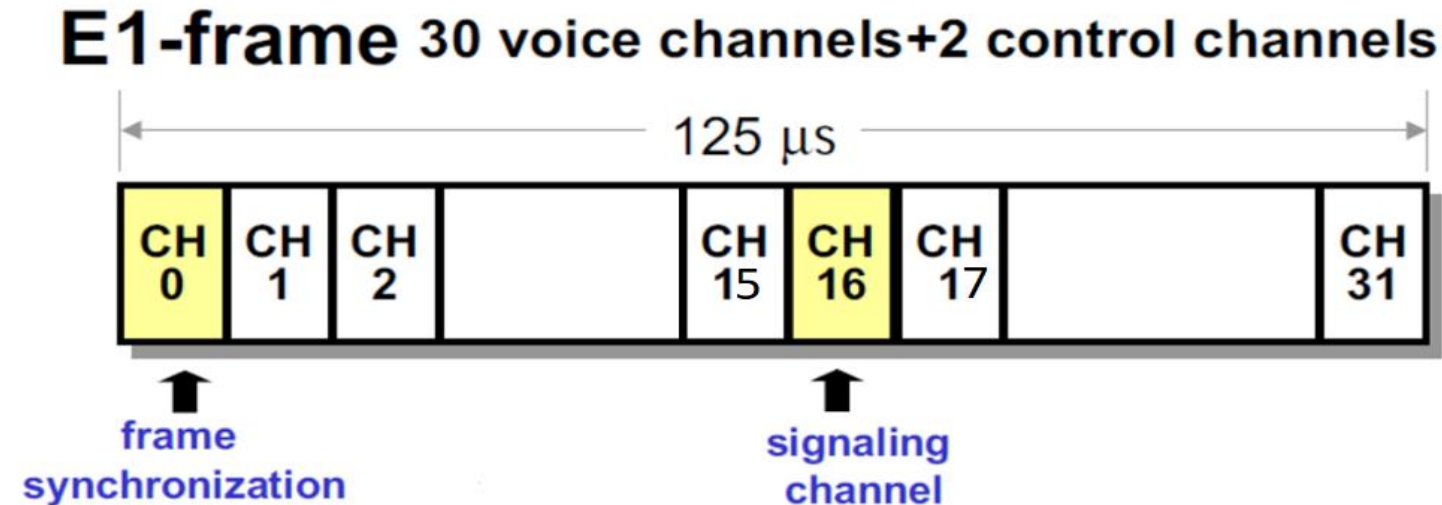
# Örnek: Toplam E1 sayısı 25 olan DSM de 455 nolu aboneyi 620 nolu aboneye anahtarlayın

- A) Aynı anda hizmet alan toplam abone sayısı= $25 \times 30 = 750$
- B) 455 nolu ve 620 nolu aboneler kanalı hangi E1 de?  
 $455/30=15. \dots$ ; 16 nolu E1'in 5 nolu kanalı (Time Slot); Time Slot= $455-(16-1)*30=5$   
 $620/30=20. \dots$ ; 21 nolu E1'in 20 nolu kanalı (Time Slot); Time Slot= $620-(21-1)*30=20$
- C) Anahtarlama



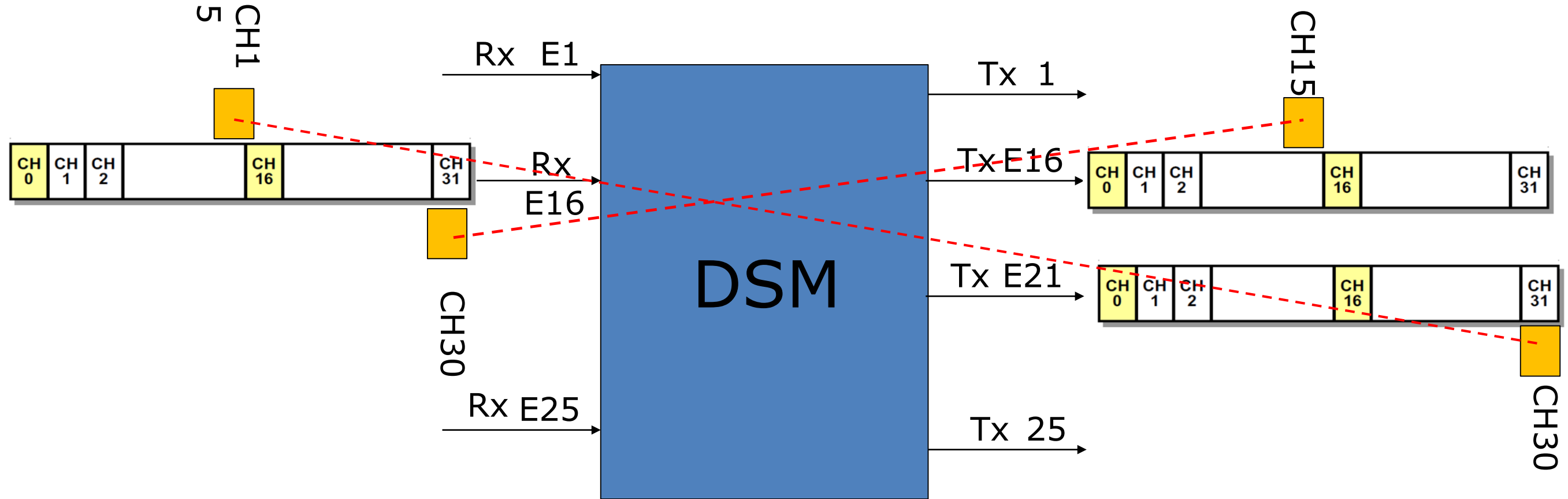
# Örnek: Toplam E1 sayısı 5 olan DSM de 75 nolu aboneyi 90 nolu aboneye anahtarlayın

- A) Toplam aynı anda hizmet alacak abone sayısı=5 x 30 =150
- B) E1 devrelerine ilişkin Tx, Rx Kanal Sıralaması yapınız
  - 1. E1 Kanal Sıralama: 1...30
  - 2. E1 Kanal Sıralama: 31...60
  - 3. E1 Kanal Sıralama : 61... 90
  - 4. E1 Kanal Sıralama : 91 ... 120
  - 5. E1 Kanal Sıralama : 121 ... 150
- C) Anahtarlancak abonelerin konumlarını belirleyin
  - E1 data kanalları (30 adet)
  - E1 data kanal sıralama: 1..15, 17..31 (0. Kanal: FAW, 16. Kanal: Çoklu Çerçeve tanıtım bilgisi + Sinyalleşme bilgileri)
  - 75 nolu abone =  $30*2 + 15$ : 3. E1'in 15 nolu kanalı
  - 90 nolu abone= $3*30$ : 3.E1'in 31 nolu kanalı



# Örnek: Toplam E1 sayısı 5 olan DSM de 75 nolu aboneyi 90 nolu aboneye anahtarlayın

- D) DSM anahtarlama devresini çiziniz.



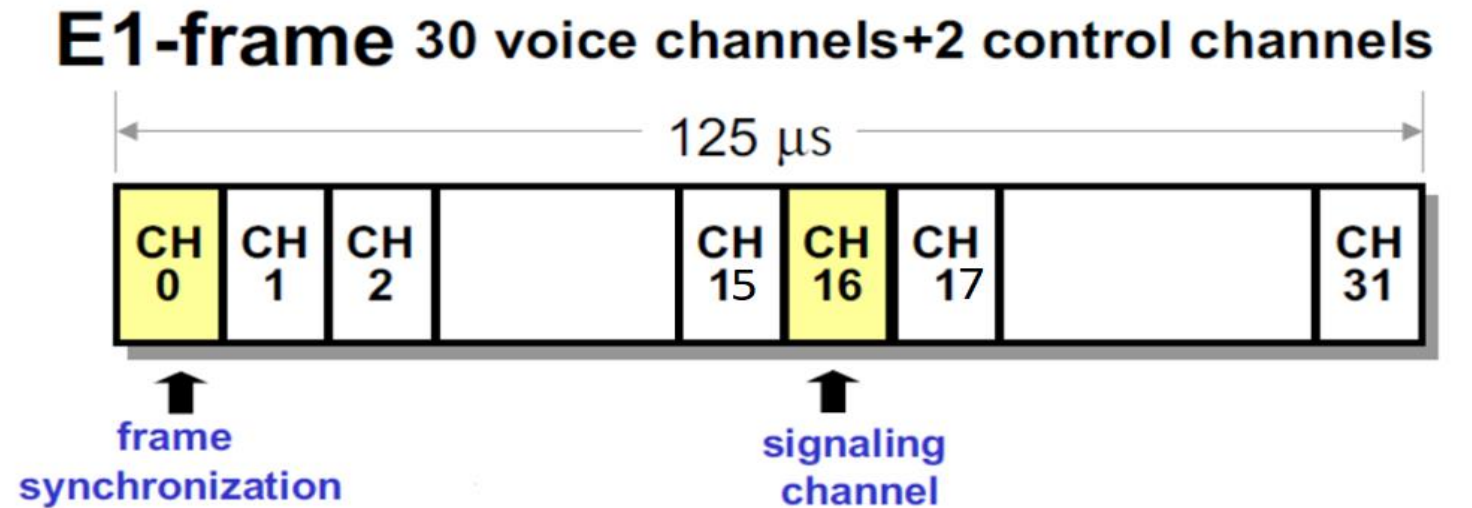


Örnek: Toplam E1 sayısı 8 olan DSM de 6. E1 10. Kanalı 4.E1 in 29. Kanalına anahtarlanmıştır. DSM anahtarlama devresini çiziniz. Abone numaralarını bulunuz

- A) Abone numaralarını bulunuz.
- Aynı anda hizmet alacak toplam abone sayısı:  $8 \times 30 = 240$
- Kanal Sıralaması:

- 6. E1 10.Kanal:  $5 \times 30 + 10 = 150 + 10 = 160$
- 4. E1 29. Kanal:  $3 \times 30 + 30 (29+1) = 120$   
(ÇÇTB: 16. Kanal)

1. E1 Kanal Sıralama: 1...30
- 2. E1 Kanal Sıralama: 31...60
- 3. E1 Kanal Sıralama : 61... 90
- 4. E1 Kanal Sıralama : 91 ... 120
- 5. E1 Kanal Sıralama : 121 ... 150
- 6. E1 Kanal Sıralaması: 151 ... 180
- 7. E1 Kanal Sıralaması: 181 ... 210
- 8. E1 Kanal Sıralaması: 211 ... 240

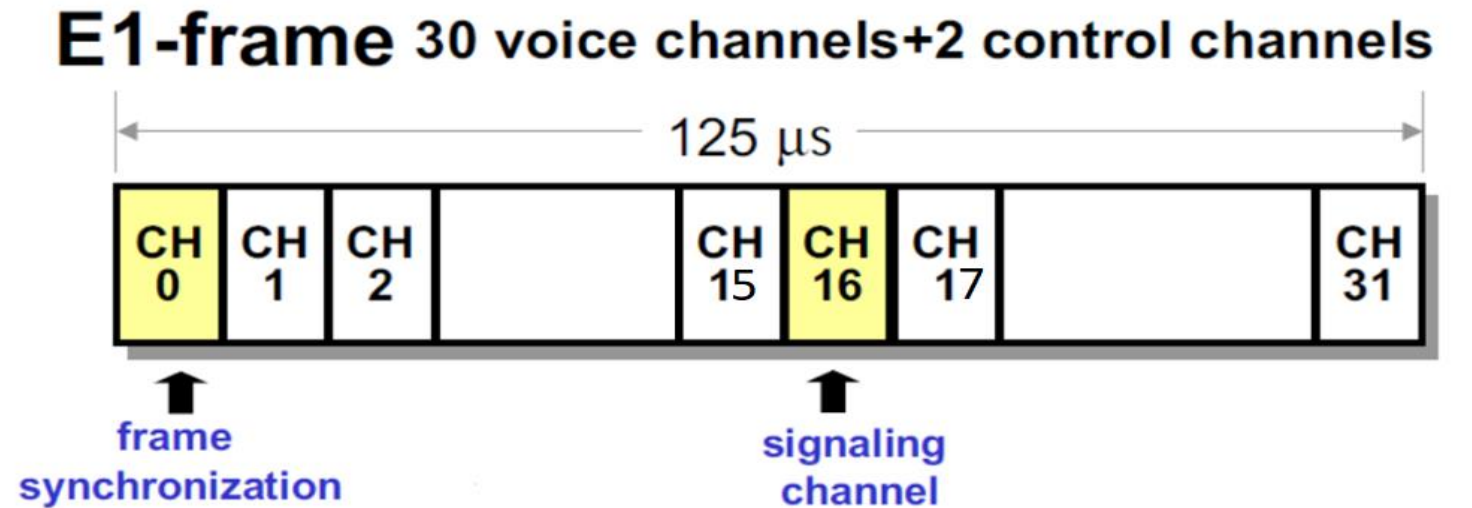


Örnek: Toplam E1 sayısı 8 olan DSM de 6. E1 10. Kanalı 4.E1 in 29. Kanalına anahtarlanmıştır. DSM anahtarlama devresini çiziniz. Abone numaralarını bulunuz

- A) Abone numaralarını bulunuz.
- Aynı anda hizmet alacak toplam abone sayısı:  $8 \times 30 = 240$
- Kanal Sıralaması:

- 6. E1 10.Kanal:  $5 \times 30 + 10 = 150 + 10 = 160$
- 4. E1 29. Kanal:  $3 \times 30 + 30 (29+1) = 120$   
(ÇÇTB: 16. Kanal)

1. E1 Kanal Sıralama: 1...30
- 2. E1 Kanal Sıralama: 31...60
- 3. E1 Kanal Sıralama : 61... 90
- 4. E1 Kanal Sıralama : 91 ... 120
- 5. E1 Kanal Sıralama : 121 ... 150
- 6. E1 Kanal Sıralaması: 151 ... 180
- 7. E1 Kanal Sıralaması: 181 ... 210
- 8. E1 Kanal Sıralaması: 211 ... 240



# Örnek -1

Trabzon, Akçabat ilçesinde sabit telefon hattı abone sayısı: 12.000 ve Erlang: %10 ise ,

A) Aynı anda hizmet alan abone sayısını bulunuz.

$N=12.000$ ,  $E=\%10$ ,  $M=N * E=12.000 * 10/100=1.200$  Konuşma Kanalı

B) 5 ile 10 saniye arası bekletilerek hizmet alanların oranı: %1 ise aynı anda kaç abone bekletilir. Bekletme amaç verimliliği artırmaktır. Abone istatistiklerinden belirli bir süre içerisinde sonlanacak aboneler olacağından telefon görüşmesi isteyen abonelere bekletilerek hizmet verilmesi hedeflenmektedir.

$N_b=M * 1/100=12.000 * 1/100=120$ .

# Örnek -1

C) Aynı anda hizmet alan indirgenmiş ve yönlendirilmiş abonelerden  $M_1=400$  Kanal ilçe içerisinde,  $M_2=300$  kanal GSM telefonları ile,  $M_3=200$  kanal Şehir merkezi ve diğer ilçeler ile,  $M_4=200$  kanal şehirler arası,  $M_5=100$  kanal ise milletler arası telefon görüşmeleri yapmaktadır. Herbir hizmetin olasık değerini hesaplayınız, olasılık yasalarına uygunluğunu kontrol ediniz.

$$P(M_1)=400/1200=4/12$$

$$P(M_2)=300/1200=3/12$$

$$P(M_3)=200/1200=2/12$$

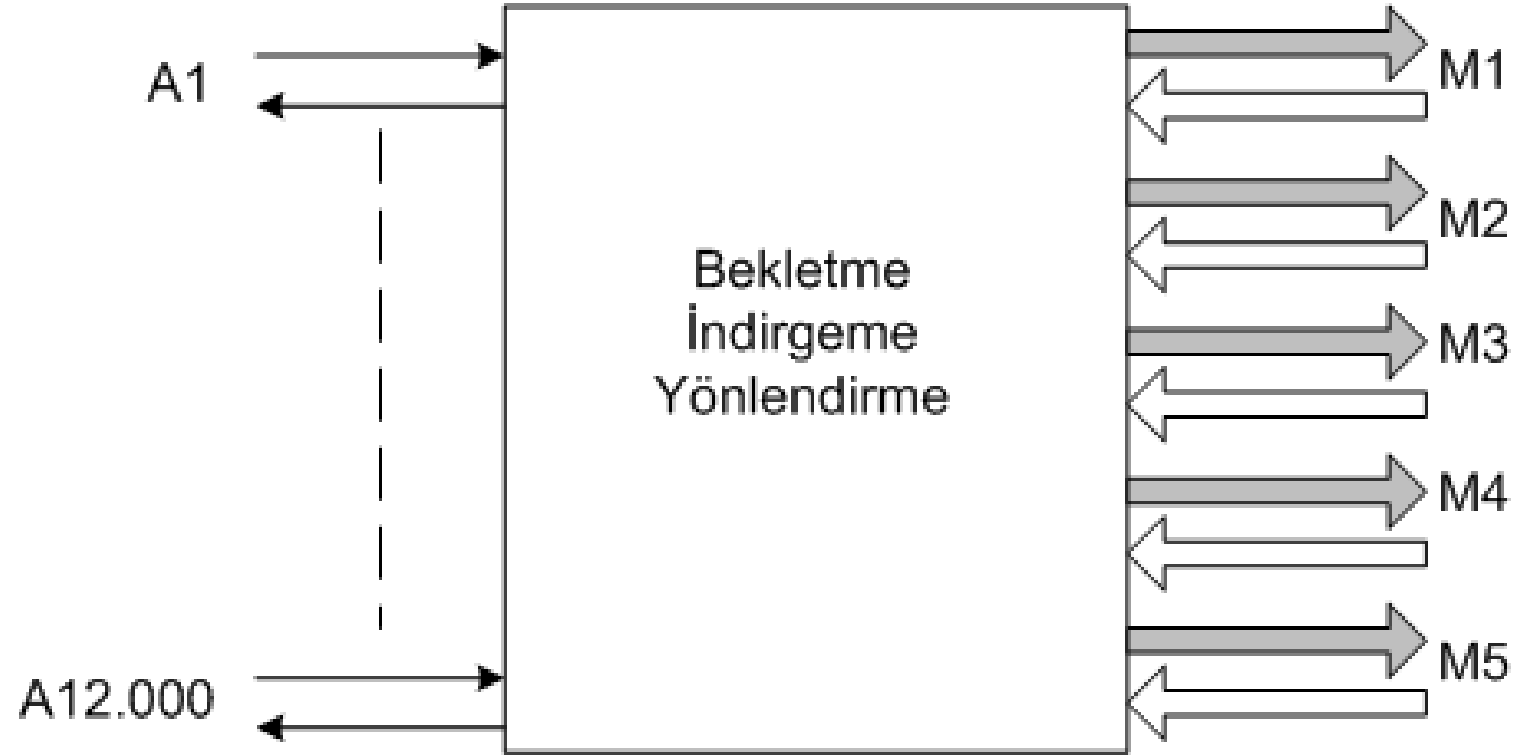
$$P(M_4)=200/1200=2/12$$

$$P(M_5)=100/1200=1/12$$

Olasılık temel yasası gereği,  $0 \leq P(M_i) \leq 1$  ve  $\sum P_i=1$  olmak zorundadır. Olasılık yasalarına uygunluğu bulunmaktadır.

# Örnek -1

D) Aynı anda hizmet alan abonelerin bekletme, indirgeme devrelerinin görünümünü çiziniz.



# Örnek -1

E) Aynı anda hizmet alan indirgenmiş ve yönlendirilmiş abonelerden elde edilen TDM E1 devrelerini hesaplayınız. Toplam E1 sayısını bulunuz. PDH çoğullama devresini bulunuz. GSM E1 devrelerinden yarısı ilçe içerisinde, diğer yarısı ise ilçe dışı görüşmeler için tahsis edilmiştir.

Bir E1 devresinde: 30 adet konuşma ya da data kanalı + 1 adet Çerçeve Tanıtım kanalı + 1 adet Çoklu çerçeve tanım bilgisi ya da işaretleme bilgilerinden oluşan toplam 32 kanal vardır.

M1=400 Kanaldan elde edilecek E1 sayısı= $400/30=14$

M2=300 Kanaldan elde edilecek E1 sayısı= $300/30=10$  (5 adeti ilçe içi + 5 adeti ilçe dışı)

M3=200 Kanaldan elde edilecek E1 sayısı= $200/30=7$

M4=200 Kanaldan elde edilecek E1 sayısı= $200/30=7$

M5=100 Kanaldan elde edilecek E1 sayısı= $100/30=4$

Toplam E1 sayısı=42

# Örnek -1

F) Akçabat ile Trabzon arasında, Şehir Merkezi ve diğer ilçeler, şehirler arası, milletler arası ve diğer GSM görüşmeleri için E1 devrelerinden çoğullama yapılarak fiber kablo üzerinden iki yönlü iletişim kurulacaktır. PDH çoğullama devresini bulunuz. GSM E1 devrelerinden 5 adeti ilçe içerisinde, 5 adeti ise ilçe dışı görüşmeler için tahsis edilmiştir.

O halde ilçe Trabzon merkezine giden ve gelen toplam E1 sayısı= $5+7+7+4=23$  (İhtiyaç)

Transmisyon Ortamları: 2 tel, 4-tel, fiber, koaksiyel, hava, ...

Kullanılacak transmisyon ortamı: Fiber

PDH Çoğullamada,

4 E1 to E2 PDH devresinden= $23/4=6$  adet E2

4 E2 to E3 PDH devresinden= $6/4=2$  adet E3

4 E3 to E4 PDH devresinden= $2/4=1$  adet E4 devresi elde edilir.

G) Bir adet E4 devresinde kaç adet E1 devresi vardır? Konuşma kanalı sayısı nedir?

1 adet E4 devresinde 4 adet E3 devresi

4 adet E3 devresinde  $4*4=16$  adet E2 devresi

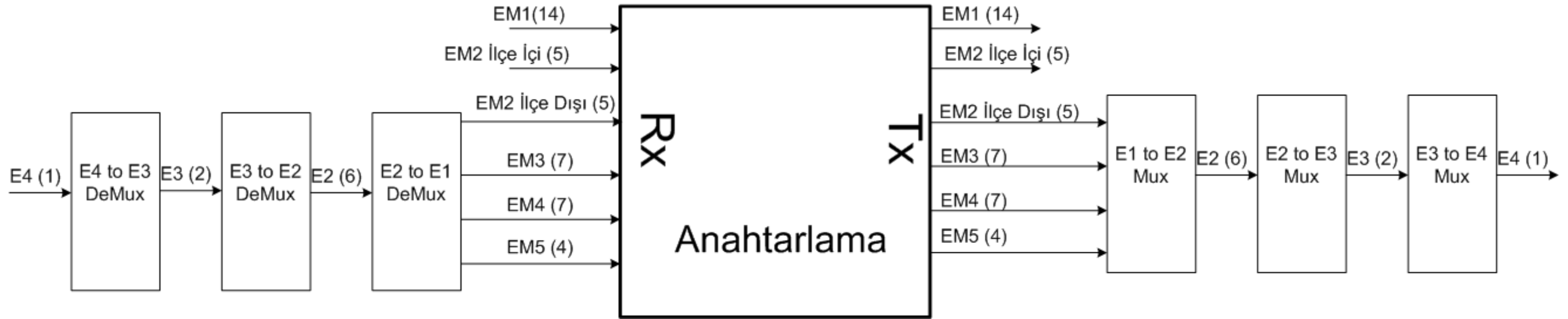
16 adet E2 devresinde  $16*4=64$  adet E1 devresi (Planlanan)

64 adet E1 devresinde  $64*30=1920$  adet konuşma kanalı ya da time slot bulunmaktadır



# Örnek -1

H) E1 kanallarını anahtarlama ve PDH çoğulama devrelerini görünümünü çiziniz. (Trabzon'da planlanan)



# Örnek -1

1) PDH çoğullama devreleri yerine SDH devresi kullanılacaksa STM tipini belirleyiniz.

Kullanılacak Transmisyon Ortamı: fiber,

SDH Çoğullamada,

STM-1 devresinin girişin maksimum 63 E1 devresi bağlanabilmektedir.

O halde ilçe Trabzon merkezine giden ve gelen toplam E1 sayısı= $5+7+7+4=23$  olduğundan STM-1 devresinin kullanılması uygun görülmektedir.

Bu durumda aynı anda maksimum hizmet verilecek kanal sayısı=  $63*30=1890$  Kanal

# Örnek -2

Bursa - İnegöl ilçesinde

- Sabit telefon hattı (Ses) abone sayısı: 54.000 ve Erlang: %10 (%40'ı ilçe içine %60'ı ilçe dışına)
- GSM telefon (Ses) abone sayısı: 80.000 ve Erlang:%15 (%25'i ilçe içine %75'i ilçe dışına)
- GSM internet (Data) her aboneye 2Kbit/s net ve Erlang % 20
- ADSL abone sayısı 30.000 ve her aboneye 4Kbit/s net ve Erlang % 30
- Özel Data hatları abone sayısı: 50, ve her aboneye 10Kbit/s net ve Erlang %50

# Örnek -2

A) Aynı anda telefon hizmeti alacak abone sayılarını hesaplayınız.

- Sabit telefon abonelerinden aynı anda görüşme yapacak abone sayısı=  $(54.000 \cdot 10 / 100) = 5.400$  Kanal
  - Aynı anda ilçe içinde birbirleri ile görüşme yapacak abone sayısı=  $5.400 \cdot 40 / 100 = 2.160$  Kanal
  - Aynı anda ilçe içinden ilçe dışındakiler ile görüşme yapacak abone sayısı=  $5.400 \cdot 60 / 100 = 3.240$  Kanal
- GSM abonelerinden aynı anda görüşme yapacak abone sayısı=  $(80.000 \cdot 15 / 100) = 12.000$  Kanal
  - Aynı anda ilçe içinde birbirleri ile görüşme yapacak abone sayısı=  $12.000 \cdot 25 / 100 = 3.000$  Kanal
  - Aynı anda ilçe içinden ilçe dışındakiler ile görüşme yapacak abone sayısı=  $12.000 \cdot 75 / 100 = 9.000$  Kanal

B) Aynı anda hizmet alacak abone sayılarında E1 devre sayısını bulunuz.

- Sabit telefon abonelerinden
  - Aynı anda ilçe içinde birbirleri ile görüşme yapacak E1 devre sayısı =  $2.160 \text{ Kanal} / 30 = 72 \text{ E1}$
  - Aynı anda ilçe içinden ilçe dışındakiler ile görüşme yapacak E1 devre sayısı =  $3.240 \text{ Kanal} / 30 = 108 \text{ E1}$
- GSM abonelerinden
  - Aynı anda ilçe içinde birbirleri ile görüşme yapacak E1 devre sayısı =  $3.000 \text{ Kanal} / 30 = 100 \text{ E1}$
  - Aynı anda ilçe içinden ilçe dışındakiler ile görüşme yapacak E1 devre sayısı =  $9.000 \text{ Kanal} / 30 = 300 \text{ E1}$

## Örnek -2

c) Aynı anda telefon hizmet alanlardan ilçe dışına gidecek E1 devresinden SDH çoğullama yapılacak STM türünü belirleyiniz.

- İlçe dışına gidecek E1 devresi sayısı= $108+300=408$  adet E1
- STM-1 devre sayısı =  $408/63 = 7$  adet
- STM-4 devre sayısı =  $7/4 = 2$  adet
- STM-16 devre sayısı =  $2/4= 1$  adet
- SDH çoğullama için STM-16 devresi kullanılması uygundur.

## Örnek -2

D) GSM Internet ve Data hizmet alanlardan ilçe dışına gidecek E1 devresi sayısını belirleyiniz.

- GSM telefon abone sayısı: 80.000 ve GSM internet (Data) her aboneye 2Kbit/s net ve Erlang % 20
- Toplam veri hızı= $80.000 * 2\text{Kbit/s} = 160.000\text{Kbit/s} = 160\text{Mbit/s}$
- Toplam net veri hızı =  $160.000\text{Kbit/s} * \text{Erlang} = 160.000\text{Kbit/s} * 20/100 = 32.000\text{Kbit/s}$
- Bir kanal veri hızı= $64\text{Kbit/s}$
- Toplam veri kanal sayısı =  $32.000/64 = 500$  Kanal
- Toplam E1 sayısı= $500/30 = 17$  E1

## Örnek -2

E) ADSL Internet ve Data hizmet alanlardan ilçe dışına gidecek E1 devresi sayısını belirleyiniz.

- ADSL abone sayısı 30.000 ve her aboneye 4Kbit/s net ve Erlang % 30
- Toplam veri hızı= $30.000 * 4\text{Kbit/s} = 120.000\text{Kbit/s} = 120\text{Mbit/s}$
- Toplam net veri hızı =  $120.000\text{Kbit/s} * \text{Erlang} = 120.000\text{Kbit/s} * 30/100 = 36.000\text{Kbit/s}$
- Bir kanal veri hızı= $64\text{Kbit/s}$
- Toplam veri kanal sayısı =  $36.000/64 = 563$  Kanal
- Toplam E1 sayısı= $563/30 = 19$  E1

## Örnek -2

F) Özel Data hatları hizmeti alanlardan ilçe dışına gidecek E1 devresi sayısını belirleyiniz.

- Özel Data hatları abone sayısı: 50, ve her aboneye 100Kbit/s net ve Erlang %50
- Toplam veri hızı= $50 * 100\text{Kbit/s} = 5.000\text{Kbit/s} = 5\text{Mbit/s}$
- Toplam net veri hızı =  $5.000\text{Kbit/s} * \text{Erlang} = 5.000\text{Kbit/s} * 50/100 = 2.500\text{Kbit/s}$
- Bir kanal veri hızı= $64\text{Kbit/s}$
- Toplam veri kanal sayısı =  $2.500/64 = 40$  Kanal
- Toplam E1 sayısı= $40/30 = 2$  E1



## Örnek -2

F) İnternet ve Data hizmet için ilçe dışına gidecek toplam E1 devresi sayısını belirleyiniz.

- GSM İnternet ve Data hizmet için 17 E1 devresi
- ADSL İnternet ve Data hizmet için 19 E1 devresi
- Özel Data hatları hizmeti için 2 E1 devresi
  
- Toplam  $17+19 + 2=38$  E1 devresi
- SDH çoğullama yapılacaksa 1 adet STM-1 devresi yeterli olacaktır.

Stambul'daki büyük binaların  
Sayısı nasıl hesaplanır?

Ne kadar alan?

Yatay 100 m, dikey 120 m, alan = 12000 m<sup>2</sup>

% 10

Alanın % 10'u

Alanın % 10'u = 1200 m<sup>2</sup>

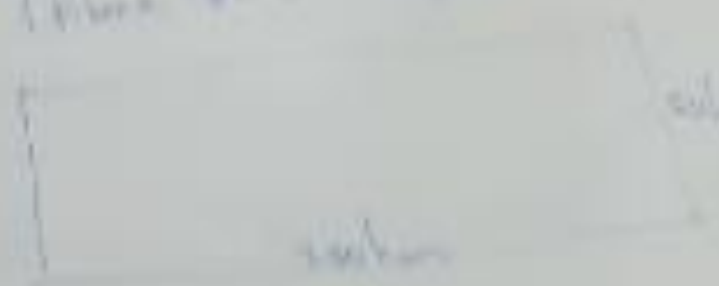
Yapılacak

15 m x 15 m alanlar

15 m x 15 m alanlar = 225 m<sup>2</sup>

$12000 / 225 = 53.33$

$= 53 \times 225 = 11925$



$\frac{12000}{225}$

$$\frac{12000}{225} = 53.33$$

# Kaynaklar

- Analog Electronics, Bilkent University
- Electric Circuits Ninth Edition, James W. Nilsson Professor Emeritus Iowa State University, Susan A. Riedel Marquette University, Prentice Hall, 2008.
- Lessons in Electric Circuits, By Tony R. Kuphaldt Fifth Edition, last update January 10, 2004.
- Fundamentals of Electrical Engineering, Don H. Johnson, Connexions, Rice University, Houston, Texas, 2016.
- Introduction to Electrical and Computer Engineering, Christopher Batten - Computer Systems Laboratory School of Electrical and Computer Engineering, Cornell University, ENGRG 1060 Explorations in Engineering Seminar, Summer 2012.
- Introduction to Electrical Engineering, Mulukutla S. Sarma, Oxford University Press, 2001.
- Basics of Electrical Electronics and Communication Engineering, K. A. NAVAS Asst.Professor in ECE, T. A. Suhail Lecturer in ECE, Rajath Publishers, 2010.
- <http://www.ee.cityu.edu.hk/~csl/sigana/sig01.ppt>
- İnternet ortamından sunum ve ders notları

# Usage Notes

- These slides were gathered from the presentations published on the internet. I would like to thank who prepared slides and documents.
- Also, these slides are made publicly available on the web for anyone to use
- If you choose to use them, I ask that you alert me of any mistakes which were made and allow me the option of incorporating such changes (with an acknowledgment) in my set of slides.

Sincerely,

Dr. Cahit Karakuş

**cahitkarakus@gmail.com**

Thank You