



Data Communications and Network Technologies

“Multiplexing and Traffic Engineering”

Dr. Cahit Karakuş, 2020

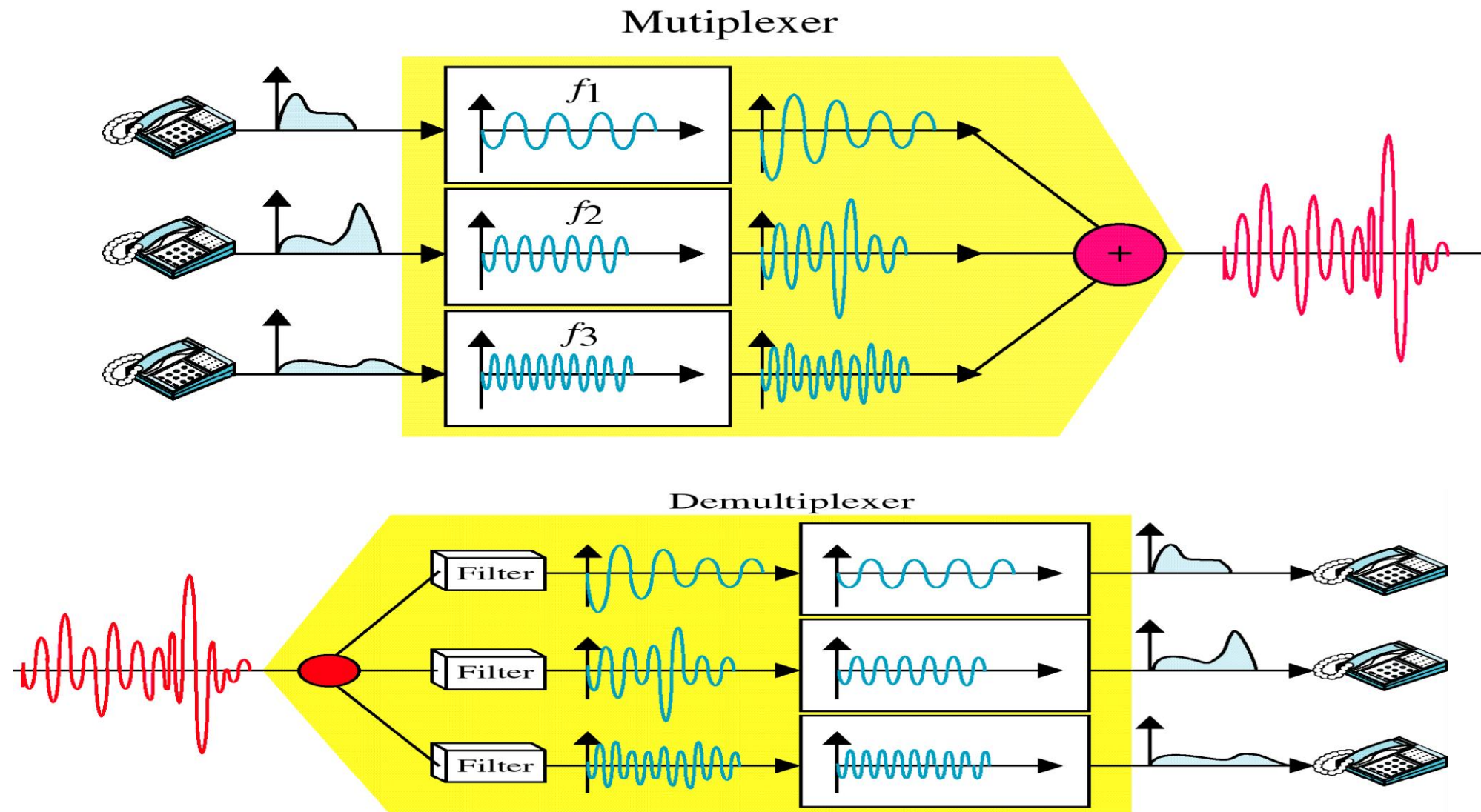
Multiplexing

Multiplexing

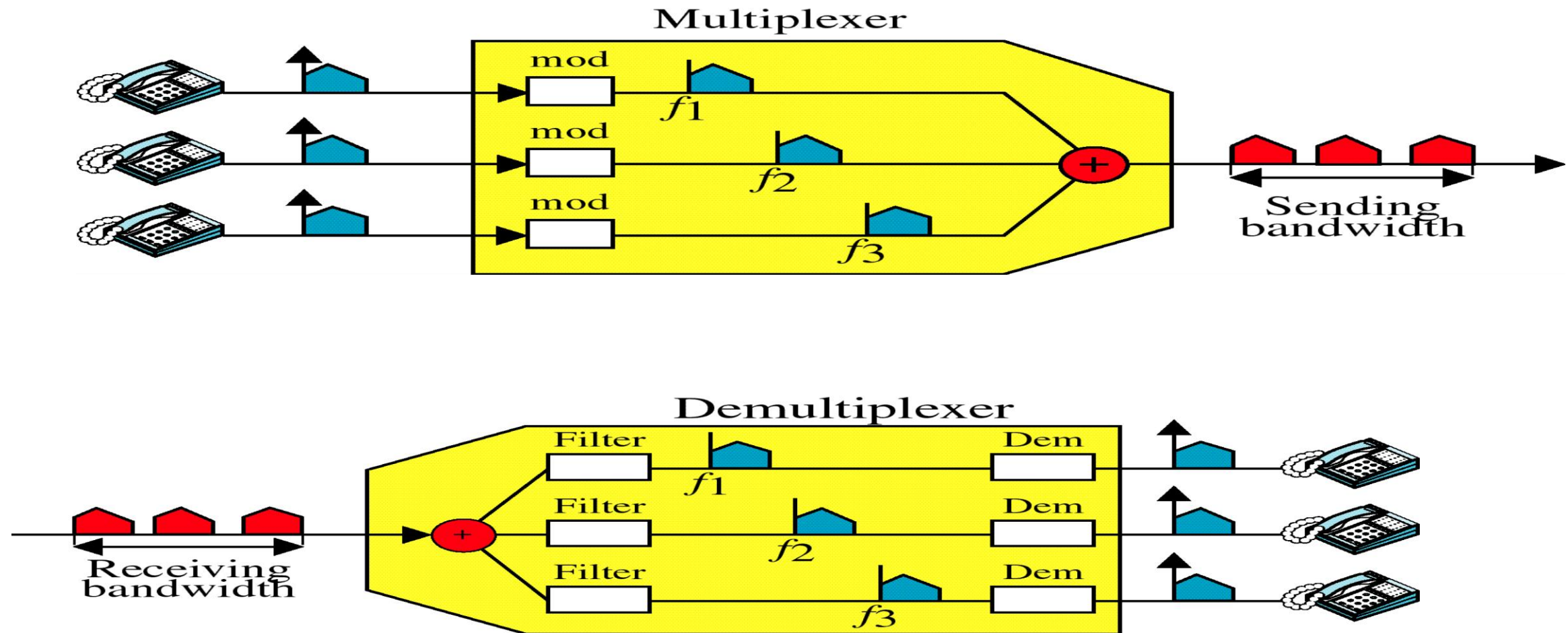
Multiplexing

- 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



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.

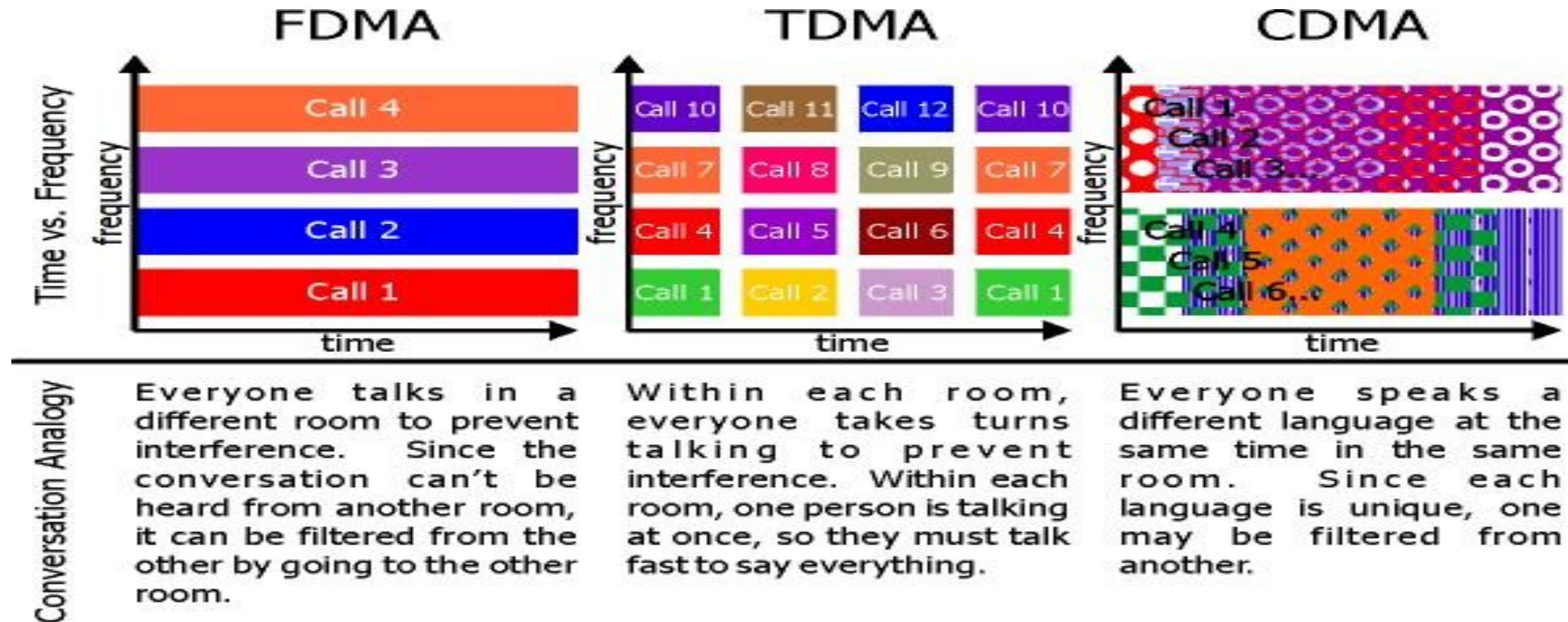
Code Division Multiple Access

- 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).

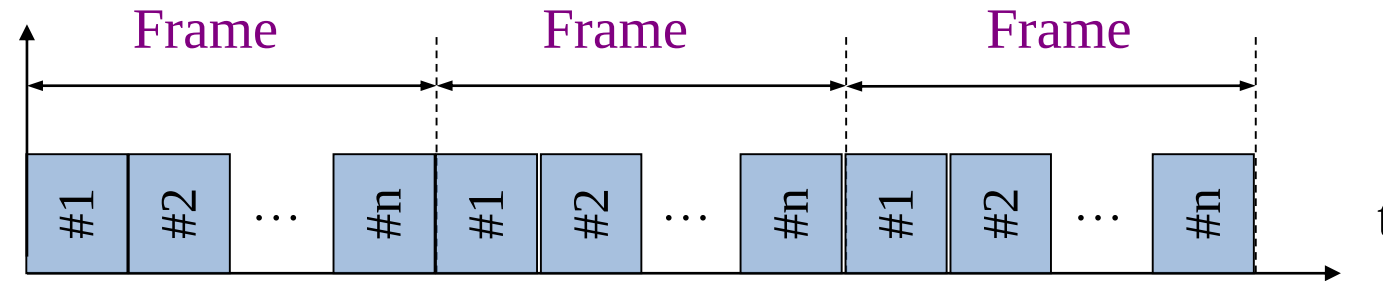
Space Division Multiple Access

- 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.

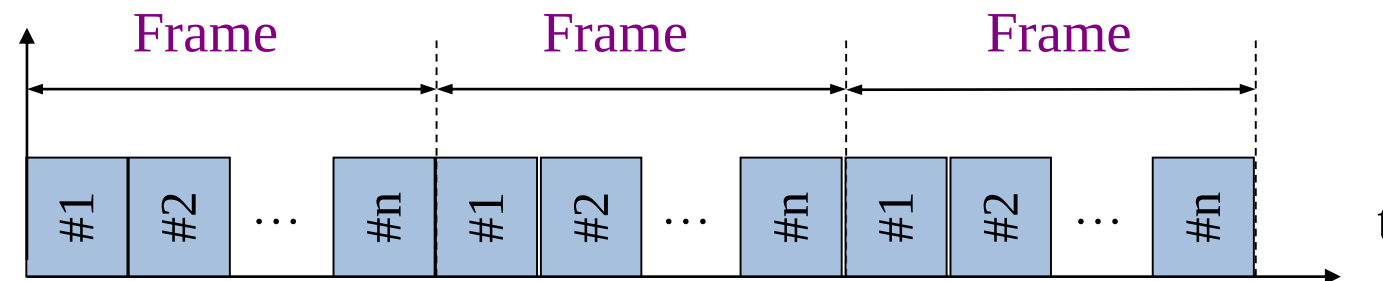
Comparison



TDMA: Channel Structure



(a). Forward channel



(b). Reverse channel

The aim of TDM systems is to send multiple channels over a single line in the time domain.

Example: A TDM E1 circuit transfers 2.048 Mbps of data per second.
How is 2.048 Mbps achieved?

- There are 32 channels in an E1 circuit.
- 8 bits are transferred over each channel every 125 microseconds.
- In this case, 256 bits are transferred over 32 channels in 125 microseconds.
- So, how many bits are transferred over 32 channels in 1 second?
- $X = 1 \times 256 / (125 \times 10^{-6}) = 2048000 \text{ bit/sec} = 2048 \text{ Kbit/sec} = 2.048 \text{ Mbit/sec}$

How were 125 microseconds obtained?

- One E1 circuit has 32 channels: 30 data channels + 1 TF + 1 TF/signaling.
- In telecom systems, an analog signal is obtained by converting sound into an electrical signal. The standard requires a bandwidth of 4 kHz for this signal.
- According to the Nyquist theorem, after the analog signal is converted to a digital signal and transmitted, the sampling frequency must be equal to or greater than twice the maximum frequency of the analog signal to be able to generate an analog signal from the digital signal.
- In this case, $f_{\max} = 4 \text{ kHz}$, and the sampling frequency is taken as $f_s = 2 * 4 = 8 \text{ kHz}$. The sampling interval is $T_s = 1 / f_s = 1 / 8000 \text{ Hz} = 125 * 10^{-6} \text{ seconds} = 125 \text{ microseconds}$.



PDH: (Plesiochronous digital hierarchy)

Circuit Switching

PDH

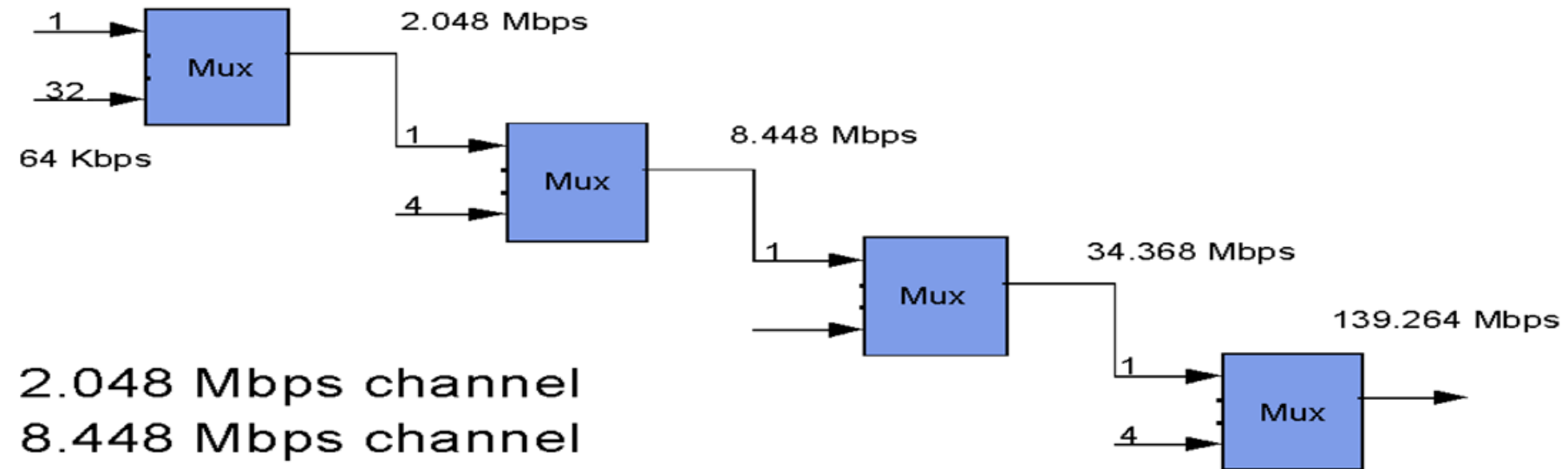
- $E1 = 32$ channel (30 - subscriber + 1 - FAW + 1 - MFAW and Signalling)
- $E2 = 4 * E1 = 32 * 4 = 128$ channel, (4*30=120 subscriber channel)
- $E3 = 4 * E2 = 128 * 4 = 512$ channel, (120*4=480 subscriber channel)
- $E4 = 4 * E3 = 512 * 4 = 2048$ channel, (480*4=1920 subscriber channel)
- $E5 = 4 * E4 = 2048 * 4 = 8192$ channel, (1920 *4=7680 subscriber channel)
- For example, E5 multiplexing circuit use 1 fiber cable for transmitting 7680 subscriber channel)

Question

- 54000 subscriber, how many E1=? $E1 = 54000/30 = 1800$ E1
- How many E2? Number of E2= $1800/4 = 450$ E2
- How many E3?, Number of E3= $450/4 = 112,5$ we take 113 E3
- How many E4?, Number of E4= $113/4 = 28,25$ we take 29 E4
- How many E5?, Number of E5= $29/4 = 8$ E5

European PDH digital hierarchy

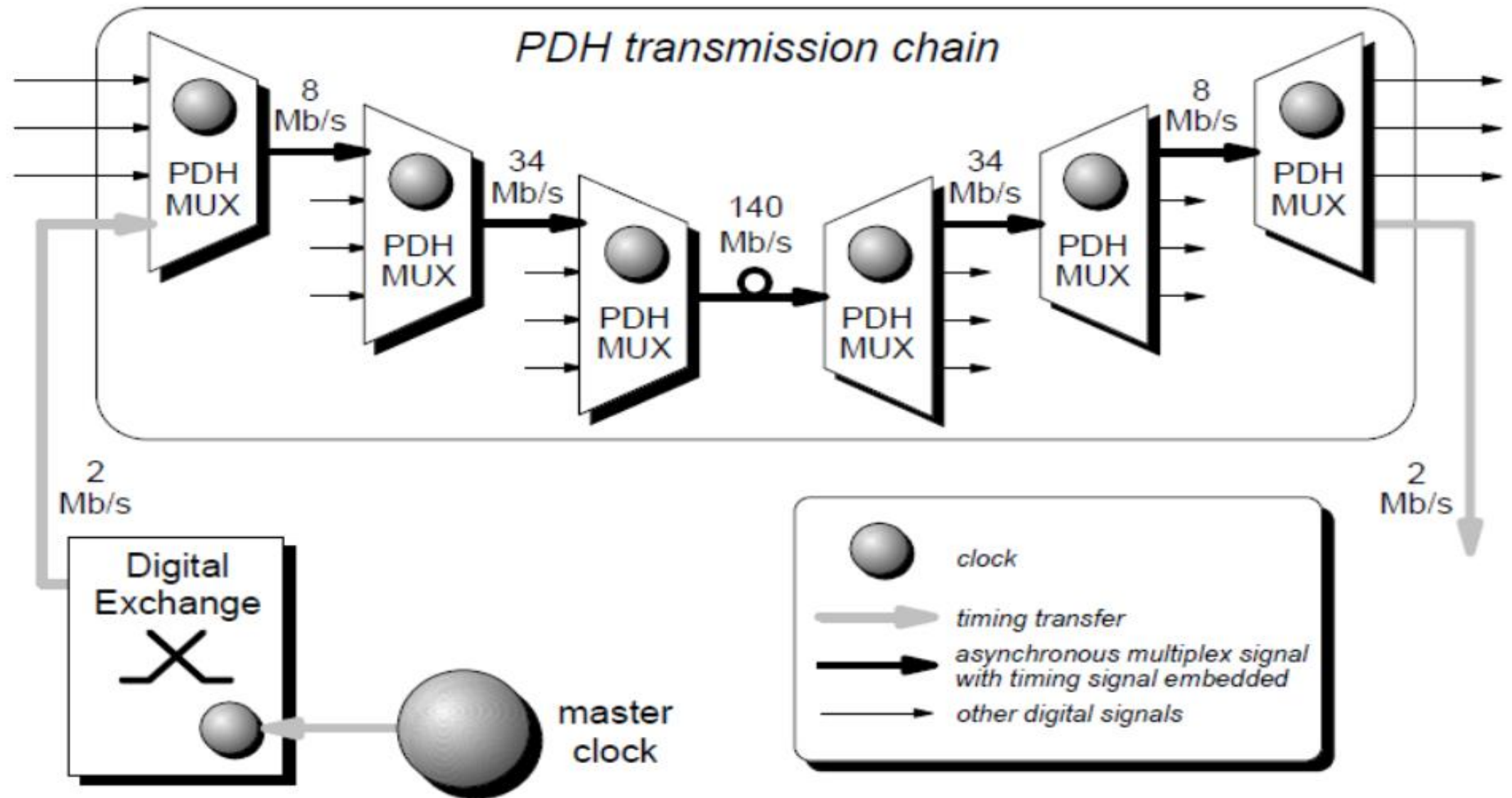
- CCITT digital hierarchy based on 30 PCM channels



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

PDH systems are transparent to the timing of transported signals

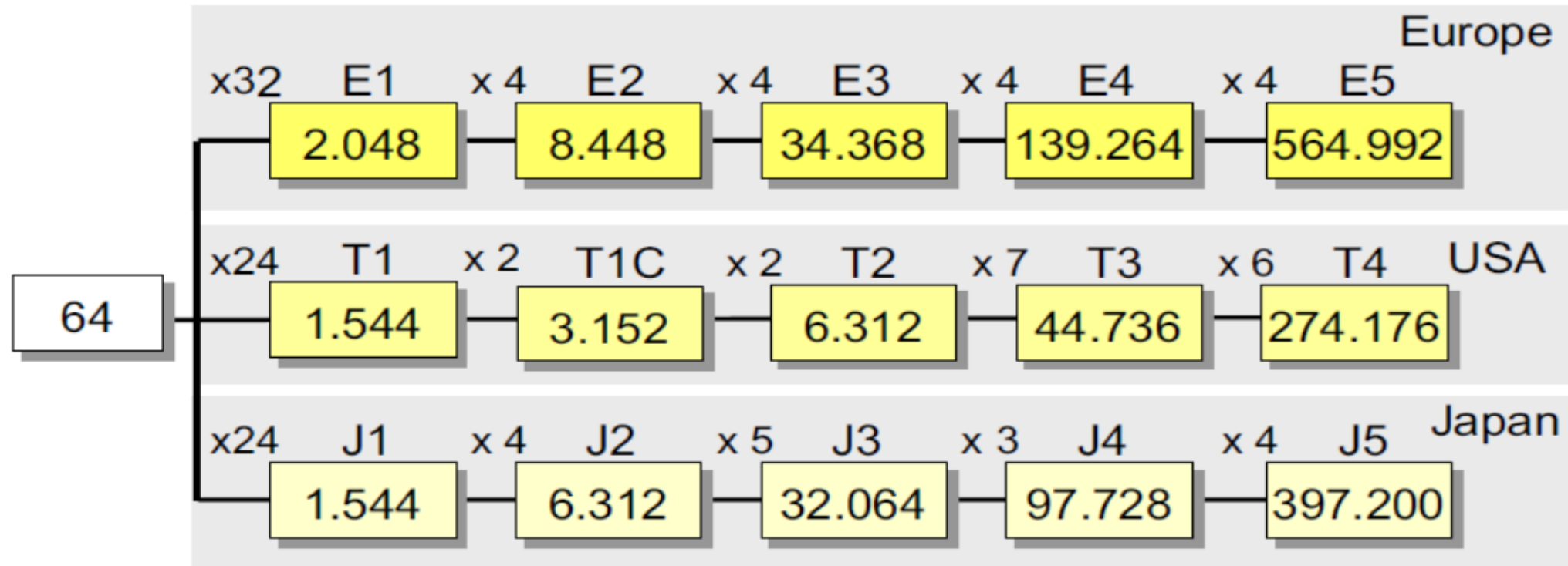
Timing Transfer through a PDH Transmission Chain



PDH'lerde E1 ve Kanal Sayısı

- One E1 circuit, 32 channels in total; 30 speech or data channels, one DBMS (Channel 0), and one DBMS + signaling information from channel 16.
- Each data channel transfers 64,000bps = 64Kbps per second.
- One E2 circuit has 4 E1 circuits, total data channels: $30 * 4 = 120$.
- One E3 circuit has 4 E2 circuits, total data channels: $120 * 4 = 480$.
- One E4 circuit has 4 E3 circuits, total data channels: $480 * 4 = 1920$.
- One E5 circuit has 4 E4 circuits, total data channels: 1920

Digital carrier comparison



Communication Environments in PDH Systems

- The goal of TDM systems is to transmit channels over a single line in the time domain.
- E1: 2/4 twisted pair wire, fiber cable, radio link
- E2: fiber optic cable, radio link
- E3: fiber cable, radio link
- E4: fiber cable,
- E5: fiber cable

Example

- There are multiplexed data lines over fiber cable between the Esenyurt Telekom headquarters and the Ataköy Telekom headquarters. The total user requirement of subscribers in Esenyurt is determined as 2Gbit/sec. The earlang will be taken as 20%. Therefore, find the data rate to be established between Esenyurt and Ataköy. Determine the highest-order multiplexing circuit and the number of fiber cables by multiplexing as PDH.
 $N=2\text{Gbit/sec}=2*10^9\text{bit/sec}$
- $M=N*E/100=2*10^9*20/100=4*10^8$
- Data capacity in 1 E1 circuit = $30*64000=1920000\text{bit/sec}$
- Total number of E1s = $4*10^8/1920000=209$ E1
- Total number of E2s = $209/4=53$
- Total number of E3s = $53/4=14$
- Total number of E4s = $14/4=4$
- Total number of E5s = $4/4=1$
- Therefore, one E5 circuit will be installed at the Esenyurt Telekom center and one E5 circuit will be installed at the Ataköy Telekom center. The communication medium in between will be fiber cable.
- How many bits per second are transferred over one E5 circuit?
- 1 Piece E5=4 Pieces E4=16 Pieces E3= 64 Pieces E2= 256 Pieces E1 = $256 * 30 * 64000=491\ 520\ 000\text{bit/sec} = 491\ 520\text{Kbit/sec} = 491.52\ \text{Mbit/sec}$

Example: PDH Multiplexing (Mux) and Demultiplexing (DeMux)

By multiplexing, one E2 circuit is obtained from four E1 circuits, one E3 circuit from four E2 circuits, and one E4 circuit from four E3 circuits. A total of 800 E1 circuits arrived at the telecom transmission section. How many E4 circuits can be obtained by multiplexing? (The fractional part is shifted up in this section.)

By multiplexing 800 E1 circuits, $800/4 = 200$ E2 circuits are obtained.

By multiplexing 200 E2 circuits, $200/4 = 50$ E3 circuits are obtained.

By multiplexing 50 E3 circuits, $50/4 = 13$ E4 circuits are obtained.

By multiplexing 13 E4 circuits, $13/4 = 4$ E5 circuits are obtained.

Example: PDH Multiplexing (Mux) and Demultiplexing (DeMux)

By multiplexing, one E2 circuit is obtained from four E1 circuits, one E3 circuit from four E2 circuits, and one E4 circuit from four E3 circuits. A total of seven E4 circuits arrived at the telecom transmission department. If demultiplexing is performed (demux), how many E1 circuits are obtained? How many total bits are transferred? How many total telephone channels are there?

By demultiplexing seven E4 circuits, $7 \times 4 = 28$ TDM E3 circuits are obtained.

By demultiplexing 28 E3 circuits, $28 \times 4 = 112$ TDM E2 circuits are obtained.

By demultiplexing 112 E2 circuits, $112 \times 4 = 448$ TDM E1 circuits are obtained.

There are $448 \times 30 = 13440$ speech/data channels. (Because there are 30 speech channels in one E1 circuit.)

$448 \times 30 \times 64000 \text{ bit/sec} = 860160000 \text{ bit/sec} = 860.16 \text{ Mbit/sec}$



SDH: Synchronous Digital Hierarchy (Circuit Switching)

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.

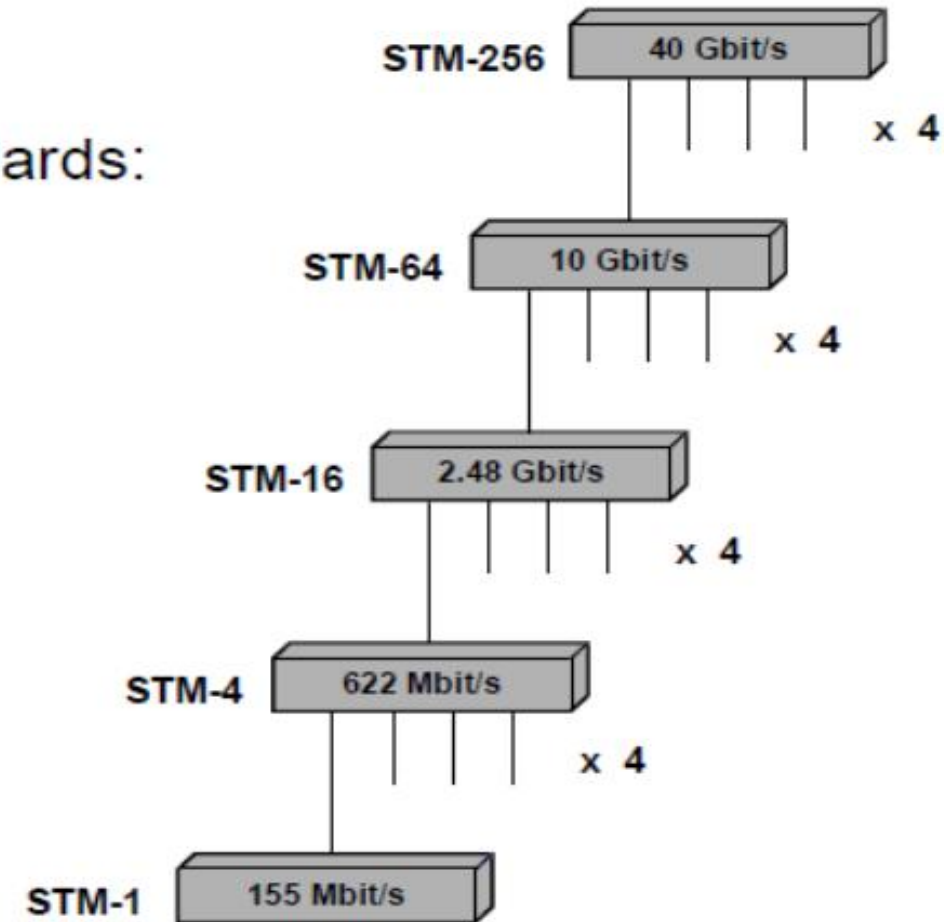
Synchronous digital hierarchy

Major ITU-T SDH standards:

- G.707
- G.783

STM-1 de 63 adet E1 bulunmaktadır. STM, devre anahtarlama sistemidir.

STM'lerdeki büyük data paket anahtarlama ATM denir.



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

Örnek: STM

- Telekom transmisyon kısmında 1 adet STM-64, 16 adet STM-1 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 $4 \times 4 = 16$ adet STM-4 devresi elde edilir.
- 16 adet STM-4 devresinden $16 \times 4 = 64$ adet STM-1 devresi elde edilir.
- Toplam STM-1 devresi = $64 + 16 = 80$ adet
- 80 adet STM-1 devresinden $80 \times 63 = 5040$ adet E1 devresi elde edilir.

Öte yandan

- 10 adet E4 devresinde $10 \times 4 = 40$ adet E3 devresi elde edilir.
- 40 Adet E3 devresinden $40 \times 4 = 160$ E2 devresi elde edilir.
- 160 adet E2 devresinden $160 \times 4 = 640$ E1 devresi elde edilir.
- Toplam E1 devre sayısı = $5040 + 640 = 5680$ adet.
- Kaç adet konuşa yada data kanalı vardır? $5680 \times 30 = 170400$ data kanalı
- Bir data kanalından bir saniyede 64000bit gönderiliyorsa, 170400data kanalından kaç bit gönderilir?
 $170400 \times 64000 = 10905600000 = 10905600 \text{ Kbit/sec} = 10905,56 \text{ Mbit/sec} = 10,90556 \text{ Gbit/sec}$

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.

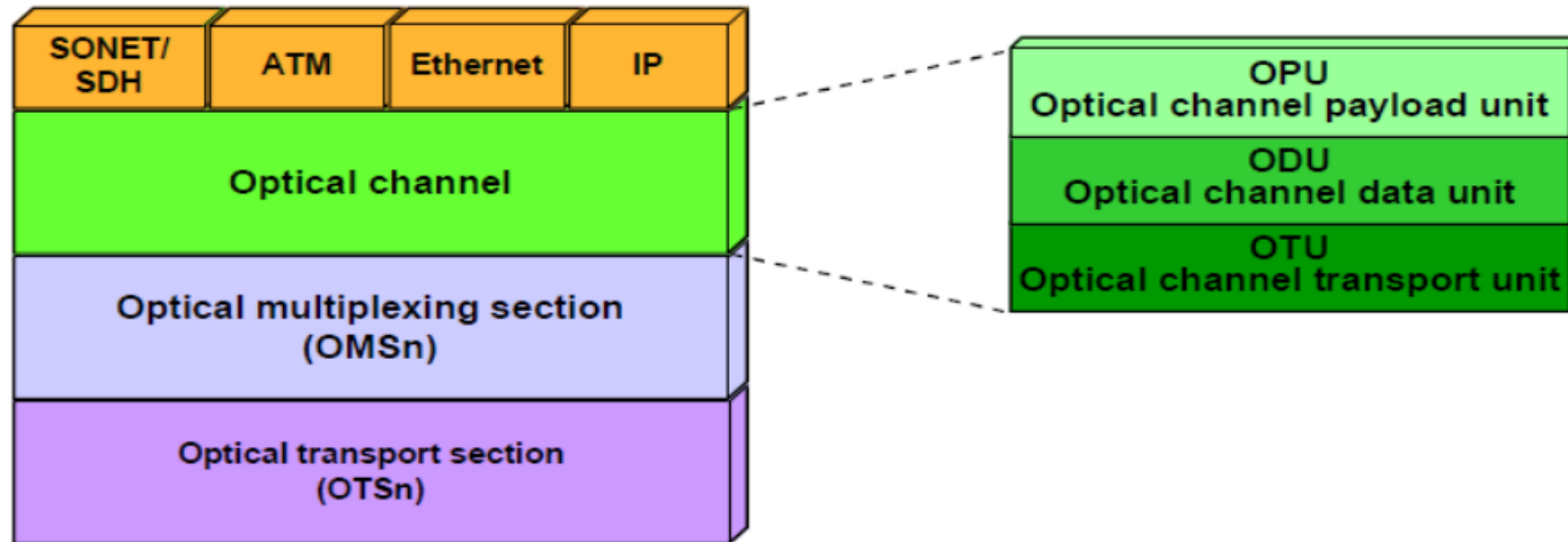
A SONET signal is called a **S**ynchronous **T**ransport **S**ignal

SONET	Optical		rate	
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

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



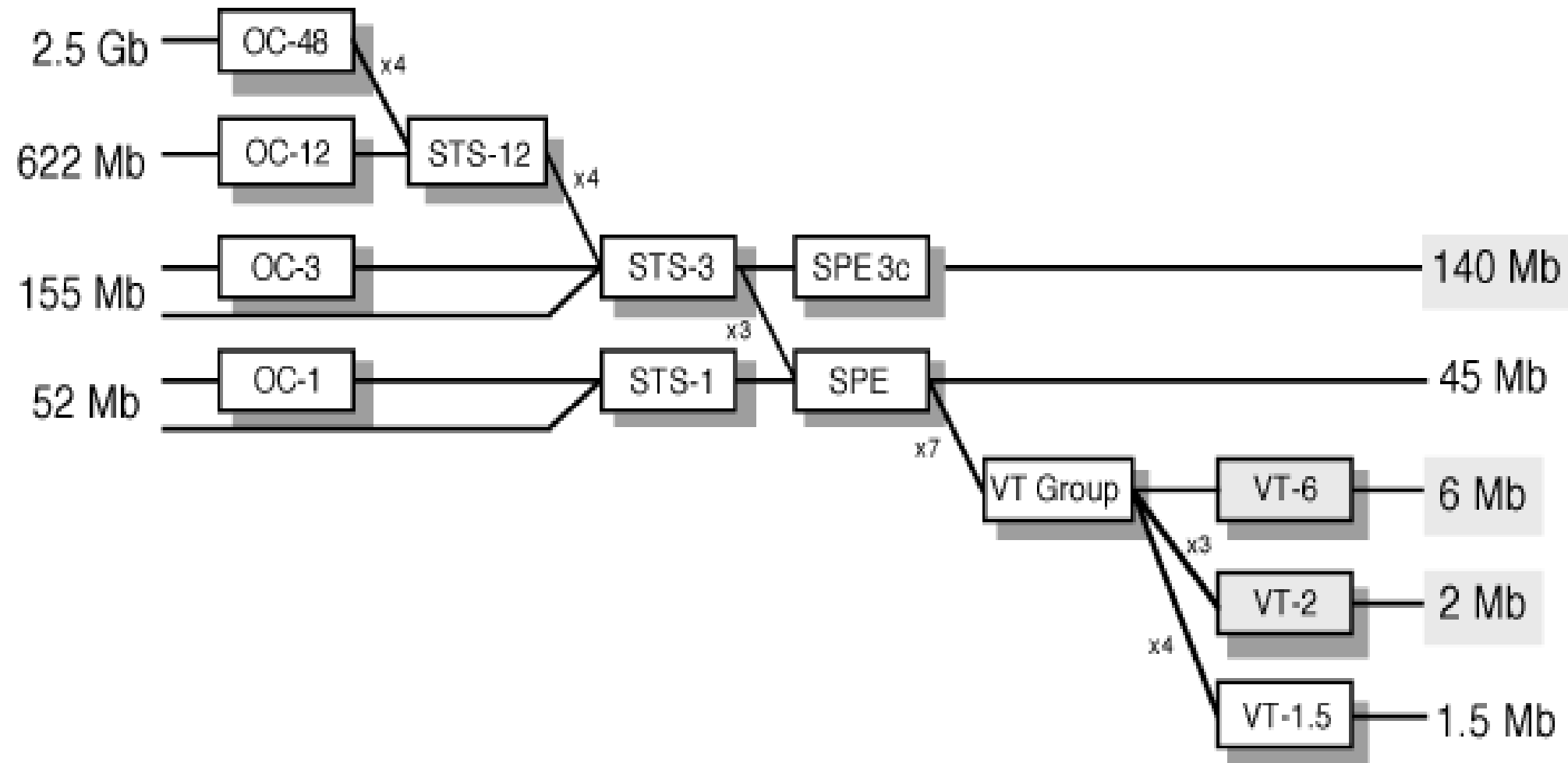
STS, STM, OC

- 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,





Data Traffic Analysis

Telekom alt yapısı planlanırken

- Bölgenin sosyal özelliklerine bakılarak 10, 20 ve 50 yıllık planlamalar yapılır.
- Eğitim, endüstri, ticaret, sosyal refah, göç, cazibe merkezi gibi faktörler göz önüne alınır.
- Trafik yoğunluk katsayısı, Erlang yüzdesi hesaplanırken ölçümler yapılır.
- Veri trafiğinin yoğun olduğu saatlerde verimden ve performanstan ödün verilmemesi gerekmektedir.
- Veri trafiğinin yoğun olduğu saatler tüm sistem yüksek performansta çalışırken, hizmet alamayan abonelerin istekleri ölçülür, belirlenir ve yatırımlar yapılarak yeni sistemler ilave edilir. Yeni müşteri giriş sayısı artığında yeni yatırımlar planlanır.
- Erlang katsayısının belirlenmesi, alt yapı yatırımında temel parametredir. Böylece kurulumu yapılacak sistemlerin kapasitesi ve sahip olunması gereken özellikleri belirlenir. Çalışan sistemlerde sistem performansı ölçülerek gelecekte kurulması gerekecek ilave sistemler ve ek yatırımlar önceden belirlenir. Erlang yüzdesi, maksimum hizmet alacak abone sayısını belirler.
- Sistemlerde en iyileme denen optimizasyon analizleri ile sistem verimi ve performansı yükseltilir.

Mevcut Durumun Analiz Edilmesi

- Sabit Hat, GSM, veri hattı abone sayısı
- Base Station GSM abone kapasitesi
- ADSL abone sayısı ve veri kapasitesi
- ISP uç noktaları veri kapasitesi

Alt yapı yatırımları

- Telekom binası yerinin ve özelliklerinin belirlenmesi
- Diğer santraller olan alt yapının tamamlanması
- Haberleşme ortamları: 2 ya 4 burgulu tel, fiber optik kıl planlaması, uydu ve radyolink bağlantıları
- Kanal kazı çalışmaları: fiber to home, 2 ya da 4 çift burgulu tel, kule inşaatları.
- Sistemlerin belirlenmesi ve kurulumu
- Enerji, yedek enerji sistemleri, kesintisiz enerji sistemleri, topraklama ve paratoner
- Kablosuz, DSL bağlantı sistemleri
- Çoğullama sistemleri; devre anahtarlama (SDH, PDH), paket anahtarlama (ATM)
- Network sistemleri: Router, Gateway, Ethernet Switch, WiLAN, Firewall
- Modem ve Transmisyon sistemleri
- İnternet erişim sistemleri
- Veri Güvenlik
- Çevre fiziksel güvenlik
- Alt teknik personel ihtiyaçları ve yönetim

Sorular

- Telekom alt yapısı kurmak maliyet analizi gerektirmektedir. Çünkü bir yatırım söz konusudur. Bu nedenle etüd (saha çalışması) ve analizleri söz konusudur.
- Bölgenin nüfuzu, sosya, ekonomik, ticari ve kültürel durumu; bugünü ve yarını (5, 10, 20 yıllık)
- Seçilecek Bölge için Gelecek planlaması: Abone sayısı, aynı anda konuşacak abone sayısı (Erlang)
- Bölgeler, şehirler hatta ülkeler arasında internet ve veri haberleşmesi için de planlama yapılması gerekmektedir (E1) (Data, İnternet, iki telli sabit, GSM; çoğullama sistemleri: devre anahtarlama ve paket anahtarlama)

Traffic engineering

- Data traffic profile
- Definitions
- Trunking
- Congestion
- Traffic performance

Bilgi ve İletişim Sektörünün Analiz Edilmesi

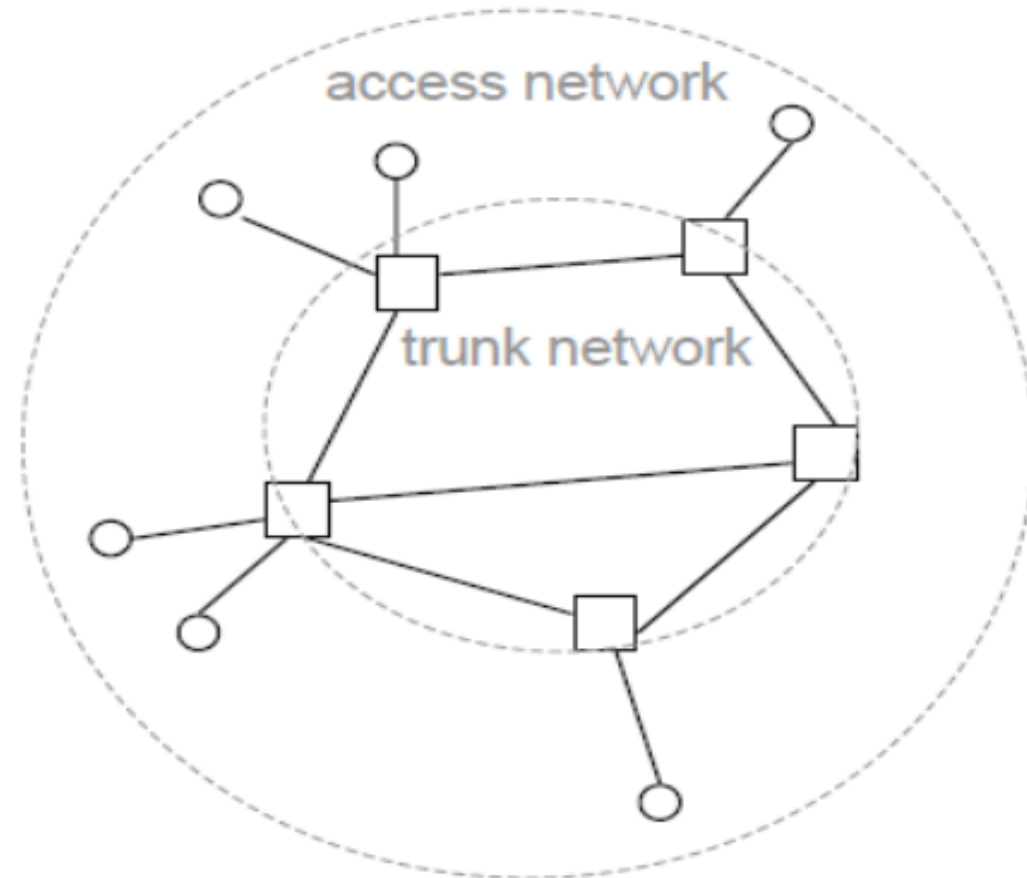
- Bilgi ve iletişim sektörü, iş hayatı ve bireyler için vazgeçilmez bir öneme sahiptir.
- Geçen elli yıl zarfında yaşanan çarpıcı değişimler ile sektör, telefon ve kablo TV operatörleri, internet servis sağlayıcıları, kablosuz iletişim, uydu operatörleri ve mobil iletişimi de kapsayan çoklu hizmet sağlayıcıları 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 ya da data anahtarını bağlayan hatlar veya başka biri sistemde anahtarlama yapan santrallere denir.
- Arama oranı (C): Belirli bir zaman aralığında gelen çağrıların sayısı, Birim zaman başına çağrı.
- Bekletme süresi (H): Bir aramanın ortalama süresi

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



Practical goals

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

Trafik

- Telekom Trafik teorisinin Danimarkalı öncüsü olan A. K. Erlang'ın adını taşıyan Erlang (E) trafik birimine verilmiştir.
- Bir Erlang (E), tamamen dolu olan bir ana hat tarafından taşınan trafik miktarını temsil eder, yani saatte bir çağrı saati veya dakikada bir çağrı dakikası.



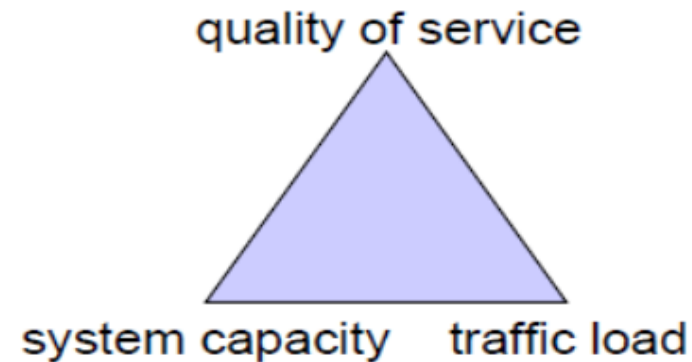
Traffic Theory

**1915: A. K.
Erlang**

Trafik yoğunluğunu belirleyen faktörler

General purpose

- Determine **relationships** between the following three factors:
 - quality of service
 - traffic load
 - system capacity



Traffic models

- Teletraffic models are **stochastic** (= **probabilistic**)
 - systems themselves are usually deterministic but traffic is typically stochastic
 - “you never know, who calls you and when”
- It follows that the variables in these models are **random variables**, e.g.
 - number of ongoing calls
 - number of packets in a buffer
- Random variable is described by its **distribution**, e.g.
 - probability that there are n ongoing calls
 - probability that there are n packets in the buffer
- **Stochastic process** describes the temporal development of a random variable

Telefon Trafiği Mühendisliği

- Bir telekomünikasyon sisteminin tasarımında, istenen kapasiteyi elde etmek için büyüklüğüne doğru karar verilmesi gerekir.
- Trafik miktarının yarınını (bölgenin sosyo ekonomik gelişmeler) doğru tahmin etmeniz gerekiyor.
- Teletrafik mühendisliğinde ana hat (trunk), bir çağrı taşıyacak herhangi bir varlıktır. Varlık, uluslararası devre (binlerce km) veya anahtarlar arasındaki kablolar (birkaç metre) olabilir.
- Sağlanacak ana hat sayısı açıkça taşınacak trafiğe bağlıdır.
- En yoğun zaman için yeterli olmalıdır. Ancak bu, çoğu ekipmanın meşgul olmayan saatlerde boşta kalmasına neden olacaktır.

Telefon trafiği profili

- Yoğun saat: Telefon trafiği gün boyunca dalgalanabilir ve en çok aranan saat olan "yoğun saat" olabilir. Yoğun saatler, borsa, hava durumu ve uluslararası olaylar gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.
- Operatör böylece yoğun olmayan saatlerde daha ucuz arama oranları sunar. Bu tür çağrılarını taşımanın neredeyse hiçbir maliyeti yoktur.
- Bazı çağrılarını yoğun saatlerden yoğun olmayan saatlere kaydırmayı başarırlarsa, daha az ekipman ve dolayısıyla sermaye harcaması gerekir.
- Bir hizmet bölgesinin telefon trafik profiline bir örnek:

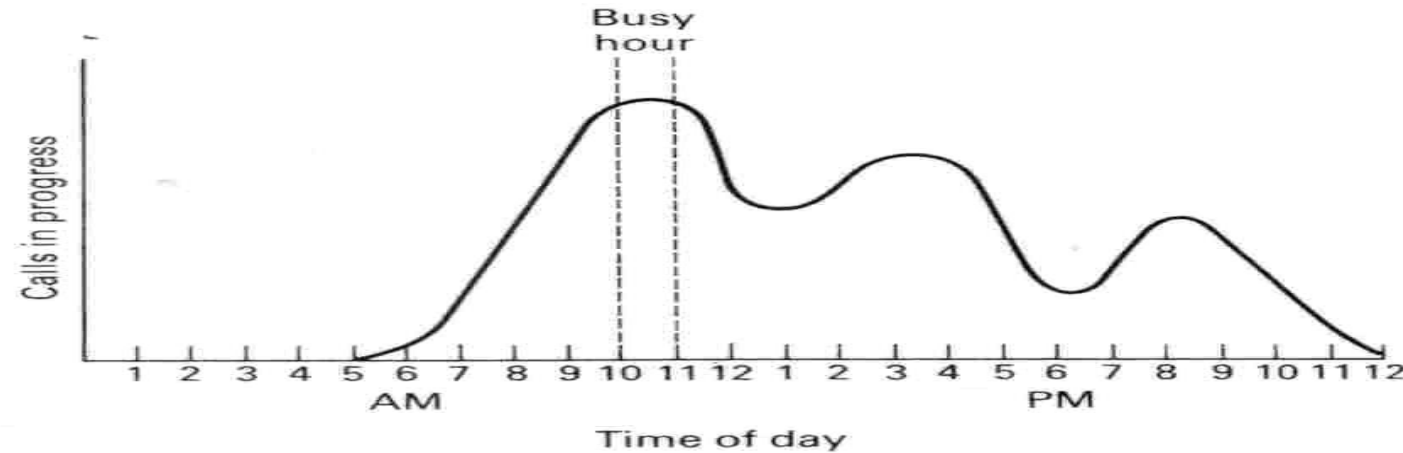


Figure 4.2 Traffic variation during a day.

Verimliliği Artırma

- Konuşurken beklenen aralığı değerlendirme,
- Abone meşgüllü tablosu ya da abone yok tablosu hazırlama ve yayınlama.
- Bekleme süresi; terminal server hizmetleri
- **Terminal server hizmetleri:** Veri haberleşmesinde, yoğun sosyal platform hizmetlerini müşterilerinin bölgesine taşıma (Google, Facebook, Whapsapp, Instagram, ...). Müşteri alışkanlıkların ölçülerek veri tabanı yönetimi yapılır.

Trafik Ölçümü

- Daha çok trafik olarak adlandırılan trafik yoğunluğu, devam eden ortalama çağrı sayısı olarak tanımlanır.
- $A = Ch / T$
- Birim: Erlang (E)
- A: trafik yoğunluğu
- C: T saatindeki gelen aramaların sayısı
- h: ortalama tutma (meşgul etme) süresi

Örnek: Tek bir devre

- $A \leq 1$ bir dış hat için birden fazla çağrı taşıyamaz.
- Trunk devresini meşgul bulma olasılığı, devrenin meşgul olduğu zamanın oranına eşittir. Dolayısıyla, bu olasılık, trunk'ın doluluğuna (A) eşittir.

Trafik Ölçümü

Örnek: Ortalama olarak, yoğun saatlerde bir şirket ortalama 2 dakika süren 120 giden arama yapmaktadır. Ortalama süresi 3 dakika olan 200 gelen çağrı alır. Giden trafiği, gelen trafiği ve toplam trafiği bulun.

- $A = Ch / T$; C: Çağrı sayısı, h: ortalama süren hizmet süresi, T: 1Saat
- Burada $T = 1 \text{ saat} = 60 \text{ dakika}$
- Giden trafik = $120 \text{ çağrı} \times 2 \text{ dakika} / 60 \text{ dakika} = 4 \text{ Erlang}$
- Gelen trafik = $200 \text{ çağrı} \times 3 \text{ dakika} / 60 \text{ dakika} = 10 \text{ Erlang}$
- Toplam trafik = $4 \text{ E} + 10 \text{ E} = 14 \text{ Erlang}$

Trafik Ölçümü

Örnek:

- Yoğun saatlerde, ortalama olarak, tek telefon hattı olan bir müşteri üç arama yapar ve üç arama alır. Ortalama görüşme süresi 2 dakikadır. Arayan kişinin meşgul hattı bulma olasılığı nedir?
- Toplam trafik = Hattın doluluğu = $(3 + 3) \times 2/60 = 0.1$ Erlang
- Bağlı hattı bulma olasılığı = 0.1

Blokaj, Kayıp Çağrılar ve Hizmet Derecesi

Örnek:

- Yoğun saat boyunca, bir grup telefon hattına 1200 çağrı gelmiş ve altı çağrı kaybedilmiştir. Ortalama arama süresi 3 dakikadır.
- Sunulan trafik = $A = C_1 h / T = 1200 \times 3/60 = 60$ Earlang
- Taşınan trafik = $C_2 h / T = (1200-6) \times 3/60 = 59.7$ Earlang
- Kayıp trafik = $B = C_3 h / T = 6 \times 3/60 = 0.3$ Earlang
- Hizmet derecesi = $B / A = 0,3 / 60 = 0,005$
- Tıkanıklık dönemlerinin toplam süresi = $B \times T = 0,005 \times 3600 = 18$ saniye

Trafik Modeli

- Belirli bir zaman diliminde çağrı varış sayısı, T , Poisson dağılımına sahiptir.
- Çağrı gelişleri arasındaki aralıklar, T , iki bağımsız olay arasındaki aralıklardır ve dağılım, negatif bir üstel dağılım ile verilir.
- Çağrı süresi, H , bir negatif üstel dağılım olarak modellenmiştir.
- Bir N hat grubu için, devam eden çağrı sayısı rastgele değişir. Bu, doğum ve ölüm sürecine veya yenilenme sürecine bir örnektir.
- Devam eden çağrılarının sayısı (yani, sözde durum) her zaman 0 ile N arasındadır.
- Böyle bir sürece basit bir Markov zinciri denir. Davranışı, her bir durumdan, durumdan önceki veya sonraki bir duruma geçme olasılığına bağlıdır.



Traffic Formulas

Example: On average one call arrives every 5 seconds. During a period of 10 seconds, what is the probability that

a. No call arrives

$$\mu = 2 \text{ calls/10 seconds}$$

$$P(\text{No call arrives}) = P(x = 0) = \frac{2^0}{0!} e^{-2} = 0.135$$

$$P(x) = \frac{\mu^x}{x!} e^{-\mu}$$

b. One call arrives

$$P(1) = \frac{2^1}{1!} e^{-2} = 0.27$$

c. More than one call arrives

$$P(x > 1) = 1 - P(0) - P(1) = 0.595$$

Traffic Formulas

Example: In a telephone system, the average call duration is 2 minutes. A call has already lasted 4 minutes. What is the probability that

a. the call will last at least another 4 minutes

The probability is independent of the time which has already elapsed.

$$P(T \geq 4) = e^{-t/h} = e^{-4/2} = 0.135$$

b. The call will end within the next 4 minutes

$$P(T \leq 4) = 1 - P(T \geq 4) = 1 - 0.135 = 0.865$$

Kayıp çağrı sistemleri

Bir ana hat bağlantısı talep eden bir çağrı geldiğinde, bir değişimde az sayıda ana hat tarafından çok sayıda yerel döngüye hizmet verildiğini düşünün. Varsa, ancak tüm ana devreler meşgulse, boş bir ana hat atanır. Ara belleğe alma yapılmadığından çağrı kaybedilecektir.



Erlang's lost-call formula

- For a lost-call system having N trunks, when offered traffic A , the first Erlang distribution is given by

$$P(x) = \frac{\frac{A^x}{x!}}{\sum_{k=0}^N \frac{A^k}{k!}}$$

- x is the number of occupied trunks
 - $P(x)$ is the probability of x occupied trunks
- The probability of a lost call, which is the grade of service B , is

$$B = P(N)$$

Erlang's lost-call formula

Example

A group of 5 trunks is offered 2 E of traffic. Find

a. The grade of service

$$B = P(x = N) = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{k=0}^N \frac{A^k}{k!}} = \frac{\frac{2^5}{5!}}{\sum_{k=0}^5 \frac{2^k}{k!}} = \frac{0.2667}{7.2667} = 0.037$$

b. The probability that only one trunk is busy

$$P(1) = \frac{\frac{2^1}{1!}}{\sum_{k=0}^N \frac{A^k}{k!}} = \frac{2}{7.2667} = 0.275$$

c. The probability that only one trunk is free

$$P(4) = \frac{\frac{2^4}{4!}}{\sum_{k=0}^N \frac{A^k}{k!}} = \frac{16/24}{7.2667} = 0.0917$$

d. The probability that at least one trunk is free

$$P(x < 5) = 1 - P(5) = 1 - B = 1 - 0.037 = 0.963$$



Uygulamalar

Arayan ve Aranan abonelerin E1 ve kanal numaralarını bulan algoritma

Adım-1: Aramaların hangi E1 devresi üzerinden olduğunu bulmak için numara 30 abone sayısına bölünür.

- Arayan abone, $A1 = \text{tamsayı}(\text{arayan abone numarası}/30)$,
- Aranan abone, $A2 = \text{tamsayı}(\text{aranan abone numarası}/30)$,

Adım-2: $K1 = \text{Arayan Abone Numarası} - 30 * A1$, $K2 = \text{Arayan Abone Numarası} - 30 * A2$.

Adım-3:

- Eğer $K1=0$ ise $M1=A1$, Kanal Numarası, $B1=31$ alınır.
- Eğer $K2=0$ ise $M2=A2$, Kanal Numarası, $B2=31$ alınır.
- Git “Adım-5”

Adım-4:

- Konuşma kanallarının E1 üzerindeki dağılım 1.kanal ile 15. Kanal ve 17.Kanal ile 31.Kanal arasındadır. Kanal Çerçeve Tanıtım bilgisi, 16.Kanaldan ise Çoklu Çerçeve Tanıtım ve İşaretleşme Bilgileri gönderilir.
- Eğer $K1 \neq 0$ ise $M1 = A1 + 1 = 10 + 1 = 11$ alınır. $16 \leq K1 \leq 29$ arasında ise Abone kanal numarası, $B1 = K1 + 15$ alınır. Değilse $K1 = M1$ alınır.
- Eğer $K2 \neq 0$ ise $M2 = A2 + 1 = 5 + 1 = 6$ alınır. $16 \leq K2 \leq 29$ arasında ise Abone kanal numarası, $B2 = K2 + 15$ alınır. Değilse $K2 = M2$ alınır.

Adım-5:

- Anahtarlama işlemi tamamlanmıştır. Arayan abone $M1$ inci E1 devresini $B1$ inci kanalı üzerinden aradığı abonesi ile $M2$ inci E1 devresinin $B2$ inci kanalı üzerinden anahtarlama yapılarak iletişim kurmaktadır.

Örnek

- Bir bölgede GSM abone sayısı, $N=20000$ ise aynı anda GSM hizmeti alan abonelerin diğer GSM abonelerini ya da sabit hata abonelerini aramaya yönelik Erlang, $E=2$ seçilmiş ise Türk Telekom ile GSM kulesi arasında kaç adet E1 devresi planlanır? Burada 2 maksimum hizmet alacak abone sayısını belirler.
- Aynı anda hizmet alan abone sayısı, $M=N \cdot E=20\,000 \cdot 2/100=400$ abone
- 1 adet E1 devresinde abone sayısı, 30 dur.
- E1 devre sayısı $=400/30=13,33$ bulunur fakat yukarıya doğru yuvarlanarak E1 sayısı 14 olarak belirlenmiş olur.
- Data hizmeti için her bir abone 20Kbit/sec fakat Erlang yani aynı veri haberleşmesi yüzdesi 1 ise ne kadar data hızına ihtiyaç vardır, bu durumda kaç adet E1 gerekir?
- $20\,000 \cdot 1/100=200$ abone aynı anda veri hizmeti alır.
- $200 \cdot 20\text{Kbit/sec}=4\,000\text{kbit/sec}=4\,000\,000\text{bit/sec}$
- 1 adet E1 devresinde 30 data kanalı var ise bir adet E1 devresinden $30 \cdot 64\,000\text{bit/sec} = 1\,920\,000\text{bit/sec}$
- Kaç adet E1 devresine ihtiyacım var? $4\,000\,000/1\,920\,000=3$ E1 devresi gerekmektedir.

Örnek: STM

- 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 $64 \times 3 = 192$ adet E1 devresi var ($E2 = 4E1$; $E3 = 4E2 = 16E1$; $E4 = 4E3 = 16E2 = 64E1$)
- 5 adet E3 devresinde $= 5 \times 16 = 80E1$
- 16 adet E2 devresinde $= 16 \times 16 = 256 E1$
- 128 adet E1

- Toplam 719 E1 devresi bulunmaktadır.
- $= 719 / 63 = 12$ adet STM-1
- $= 12 / 4 = 3$ STM-16
- $= 3 / 4 = 1$ STM-64
- O halde çoğullamak için 1 adet STM-16 kullanılır.

Örnek

Bir Telekom yerleşkesinde, 1 adet STM-1, 2 adet E5, 6 Adet E4, 10 Adet E3, 50 Adet E2, 193 Adet E1 devresi bulunmaktadır.

a) Bu Telekom yerleşkesindeki toplam E1 sayısını hesaplayınız.

- 1 Adet STM-1 =63 adet E1
- 2 adet E5=2*256 =512 adet E1
- 6 adet E4=6*64 =384 adet E1
- 10 adet E3=10*16 =160 adet E1
- 50 Adet E2=4*50 =200 Adet E1
- =281 Adet E1
- Toplam 1512adet E1

b) Bu E1 devreleri STM-1 olarak çoğullanırsa kaç adet STM-1 kullanılır?

- $1512/63=24$ Adet STM-1

c) Bulduğunuz STM-1 devreleri STM-4 devresinde çoğullanacaktır. Kaç adet STM-4 devresine ihtiyaç olur?

- $24/4=6$ adet STM-4 devresi

d) Bulduğunuz STM-4 devreleri STM-16 devresinde çoğullanacaktır. Kaç adet STM-16 devresine ihtiyaç olur?

- $6/4=2$ adet STM-16

e) Bulduğunuz STM-16 devreleri STM-64 devresinde çoğullanacaktır. Kaç adet STM-64 devresine ihtiyaç olur?

- $2/4=1$ adet STM-64 devresine ihtiyaç olacaktır.

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?
- $N=278000$
- $M=278000 \cdot 20/100=55600$ abone aynı anda 14Kbit/s hizmet alır.
- Toplam ver hızı= $55.600 \cdot 14.000=778400000\text{bit/s}=778.4\text{Mbit/s}$
- STM-1=63 adet E1= $63 \cdot 30 \cdot 64000=120960000\text{b/s}=120.96\text{Mbit/s}$
- 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.

Örnek: Bir kasabada abone sayısı 12000 ve Earlang sayıları tabloda verilmiş ise anahtarlama için gerekli olan toplam E1 kapasitesini belirleyiniz. PDH çoğullama yapınız. (Bir kanal 64kbit/s)

İç Trunk Earlang
(Kasaba içinde birbirleri
ile görüşme)=%10

E1 Earlang'ları:

- ŞA=%10
- MA=%5
- Semt=%25
- Data=%40
- GSM telefon=%20
- GSM data=%30

- İç Trunk abone yoğunluğu hesaplamada, bir anda toplam abonenin % 10 yani, $12000 \cdot 10 / 100 = 1200$ abone birbirleri ile lokal E1 anahtarlama devresi üzerinden görüşme yapabilir.
- Santral içi anahtarlama için gerekli olan E1 sayısı, $E1 = 1200 / 30 = 40$ E1 abonelerin birbirleri ile görüşmesi
- Bu 40 adet E1 devresine ilaveten
- ŞA, E1 sayısı= $40 \cdot 10 / 100 = 4$ adet E1
- MA E1 sayısı= $40 \cdot 5 / 100 = 2$ Adet E1
- Diğer semtlere E1 sayısı= $40 \cdot 25 / 100 = 10$ adet E1
- Data, İnternet E1 sayısı= $40 \cdot 40 / 100 = 16$ adet E1
- GSM telefon E1 sayısı= $40 \cdot 20 / 100 = 8$ Adet E1
- GSM data E1 sayısı= $40 \cdot 30 / 100 = 12$ adet E1

Telefon anahtarlama için toplam E1 sayısı= $40 + 4 + 2 + 10 + 8 = 64$ E1

Data anahtarlama için toplam E1 sayısı= $16 + 12 = 28$ E1

Kasaba dışına telefon çoğullama E1 sayısı= ŞA + MA + GSM telefon= $4 + 2 + 8 = 14$ adet E1; $14 / 4 = 4$ adet E2= 4 adet E2; $4 / 4 = 1$ adet E3

Kasaba dışına data çoğullama için E1 sayısı= Kasaba data + GSM data= $16 + 12 = 28$ E1; $28 / 4 = 7$ adet E2; $7 / 4 = 2$ adet E3 ; $2 / 4 = 1$ adet E4 devresi gerekli olmaktadır.

O halde kasabadan şehire telefon için 1 adet E3, data için 1 adet E4 devresine ihtiyaca vardır.

Eğer data ve konuşma kanalları aynı E1 devresi üzerinden çoğullanırsa, toplam E1 sayısı= $14 + 28 = 42$ E1; $42 / 4 = 11$ adet E2; $11 / 4 = 3$ adet E3; $3 / 4 = 1$ adet E4 devresi yeterli olacaktır.

Örnek -1

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

A) Aynı anda hizmet alan abone sayısını bulunuz.

$N=12.000$, $E=\%10$, $M=N \cdot E=12.000 \cdot 10/100=1.200$ 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.

$N_b=M \cdot 1/100=12.000 \cdot 1/100=120$.

Örnek -1

C) Aynı anda hizmet alan indirgenmiş ve yönlendirilmiş abonelerden M1=400 Kanal ilçe içerisinde, M2=300 kanal GSM telefonları ile, M3=200 kanal Şehir merkezi ve diğer ilçeler ile, M4=200 kanal şehirler arası, M5=100 kanal ise milletler arası telefon görüşmeleri yapmaktadır. Herbir hizmetin olası değerini hesaplayınız, olasılık yasalarına uygunluğunu kontrol ediniz.

$$P(M1)=400/1200=4/12$$

$$P(M2)=300/1200=3/12$$

$$P(M3)=200/1200=2/12$$

$$P(M4)=200/1200=2/12$$

$$P(M5)=100/1200=1/12$$

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

Örnek: Bekleme süresi

- Kasabada 12000 abone var, Erlang=%5 ise bu kasabada maksimum aynı anda konuşacak abone sayısı nedir?
 $12000 * 5 / 100 = 600$ abone
- Anahtarlama için kaç E1 devresine ihtiyaç var? $600 / 30 = 20$ E1
- Aynı anda konuşan aboneye ilaveten %1 abone de beklesin? Neden? Ortalama 5 saniye bekletilir ki, konuşmayı bitiren abonenin yerine yeni abone bağlantısı yapılsın.
- Abonenin sık kullanım durumlarını önceden belirleme ve hizmette kalite

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 işaretleşme 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

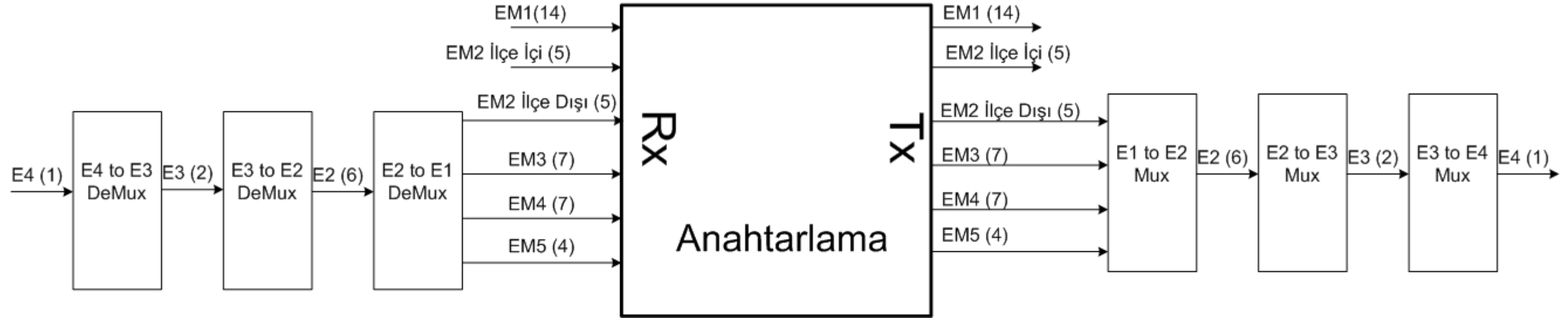
4 adet E3 devresinde $4*4=16$ adet E2 devresi

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

I) 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= 64Kbit/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 Earlang % 30
- Toplam veri hızı= $30.000 * 4\text{Kbit/s} = 120.000\text{Kbit/s} = 120\text{Mbit/s}$
- Toplam net veri hızı = $120.000\text{Kbit/s} * \text{Earlang} = 120.000\text{Kbit/s} * 30/100 = 36.000\text{Kbit/s}$
- Bir kanal veri hızı= 64Kbit/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 Earlang %50
- Toplam veri hızı= $50 \times 100\text{Kbit/s} = 5.000\text{Kbit/s} = 5\text{Mbit/s}$
- Toplam net veri hızı = $5.000\text{Kbit/s} \times \text{Earlang} = 5.000\text{Kbit/s} \times 50/100 = 2.500\text{Kbit/s}$
- Bir kanal veri hızı= 64Kbit/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.

Örnek

- Bir kasabada 5000 sabit telefon abonesi bulunmakta ve anahtarlama E1 devreleri üzerinden yapılmaktadır. Kurulan sistem bu abonelerin yüzde 20 sine aynı anda konuşma izni vermektedir. O halde,
- a) Aynı anda konuşacak abone sayısını hesaplayınız.
- Aynı anda konuşacak abone sayısı, $M=5000*15/100=750$ abone
- b) Aynı anda konuşacak abonelerin anahtarlaması E1 devresi üzerinden olacaktır. Toplam E1 sayısını hesaplayınız.
- $E1=750/30=25$ Adet
- c) Aynı konuşan aboneleri anahtarlama da kullanılan E1 sayısını %20'ı şehir içi, şehirler arası, milletler arası ve GSM görüşmelerine ayrılmıştır. Bu amaç için ayrılan E1 sayısını hesaplayınız.
- $E1=25*20/100=5$ adet

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