



Veri Haberleşmesi ve Bilgisayar Ağları

“PSTN – PCM – EI”

“Trafik Mühendisliği”

Dr. Cahit Karakuş, 2020



Circuit Switching - PSTN

Giriş

Günümüzde ses, görüntü ve veri iletişimi için kullanılan 4 temel şebeke bulunmaktadır:

- PSTN (Public Switched Telephone Network- Halka Açık Telefon Şebekesi) şebekesidir.
- GSM (Global System for Mobile- Mobil Haberleşmede Evrensel Sistemi) şebekeleridir.
- İnternet üzerinden veri paylaşımı, ses, görüntü, gerçek zamanlı görüntülü konferans, video gibi hizmetlerini İnternet Protokolleri temelinde iletimuygulamaları olarak kabul edilebilir.
- Telekom alt yapısı: Devre anahtarlama, paket anahtarlama sistemleri kullanılmaktadır.
- Devre anahtarlama sistemleri: TDM, PDH, SDH
- Veri Paket anahtarlama sistemleri: ATM

Veri Haberleşmesinin Geçmişi

- 1831 yılında ilk defa geliştirilen elektriğin iletken teller üzerinden akım olarak aktığı keşfedildi. Michael Faraday
- İletken teller üzerindeki elektriksel sinyalden mesaj gönderilebilir mi? Sorusunun yanıtını 1840 yılında Mors ve arkadaşı verdi, telegraf ve Mors Kodu.
- İletken tel üzerindeki elektriksel sinyalden ses iletilebilir mi? 1876 Yılında Amerikada İskoçya asıllı araştırmacı A.Graham BELL elektrik telleri üzerinden ilk insan sesini iletmeyi başardı.

İki telden internete haberleşme:

- Elektrik akımı
- Telegraf
- Kablosuz haberleşme
- Manuel telefon santrali
- Devre anahtarlama crossbar telefon santrali
- Sayısal anahtarlama telefon santrali
- Çoğullama erişim sistemleri
- Paket anahtarlama sistemleri
- İnternet,
- İoT, akıllı nesnelerin haberleşmesi
- Quantum hesaplama, elektron ve fotonlar

PSTN

History and Evolution of circuit switching

History and Evolution of circuit switching - PSTN

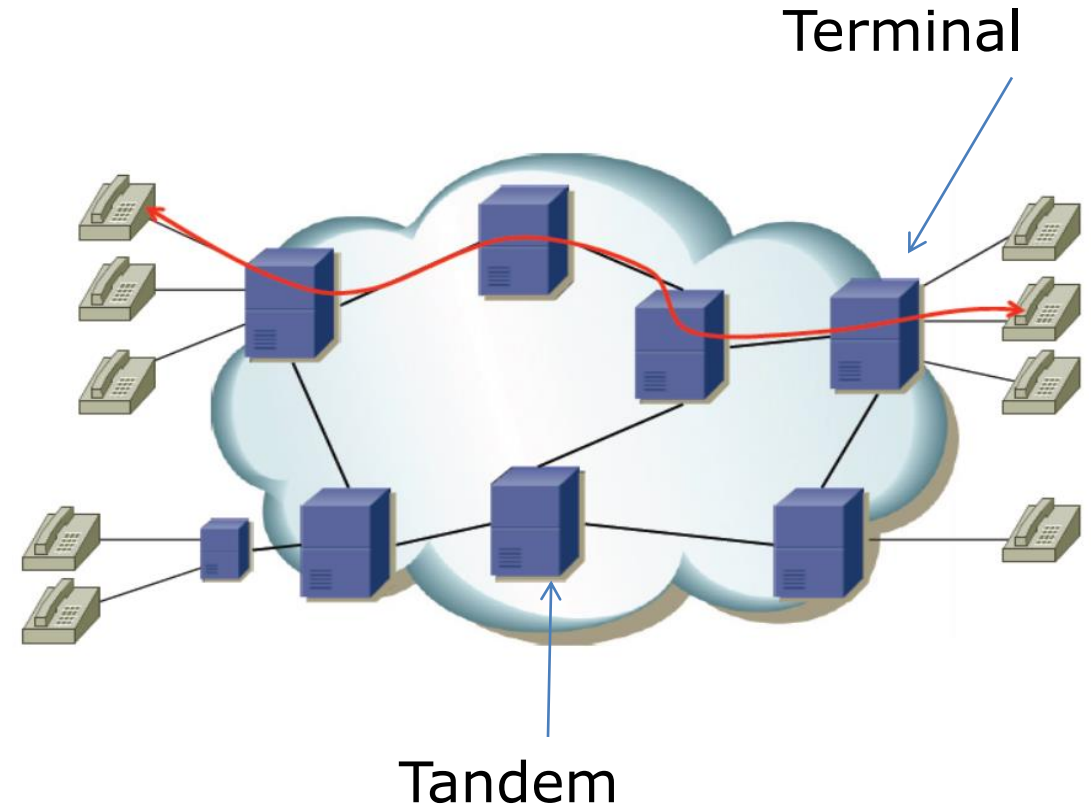
- Manual,
- Strowger,
- Register,
- Cross bar system,
- Trunking,
- Electronic and digital switching systems

PSTN

Public Switched Telephone Network

Terminal: Telefon hatlarının gelip toplandığı noktalardır. Birbirlerine doğrudan anahtarlama yapılır. Tandemlere doğru indirgeme yapılır. İndirgenen hatlar TDM E1 kanallarına dönüşür. Birkaç yüz aboneden bir kaç yüzbin aboneye kadar hizmet verir.

Tandem: İndirgenmiş hatlar E1 kanallarına dönüşür. E1 kanal anahtarlama yapılır (DSM: Digital Switching Matris). Diğer tandemlere doğru PDH ve SDH TDM çoğullama yapılır. Devre anahtarlama çalışır. Paket anahtarlama tandem omurgasında Router ve Gateway yönlendirme ekipmanları kullanılır.



PSTN

- PSTN şebekesi yüzyılı aşkın bir zamandır kullanılıyor. Bu teknoloji ile arama yapıldığında taraflar arasında çağrı sonlandırılincaya kadar **devre bağlantısı** sürdürülür.
- Böylece iki tarafın bir devre oluşturmasıyla konuşma sağlanır. Telefon numaraları ise, santralların hangi kabloları biraraya getireceğini anlayabilmesi için gereklidir.
- Önceleri insan eli ile bağlantılar sağlanırken, zamanla abone sayılarının artması devre anahtarlama sistemlerinin geliştirilmesini zorunlu kıldı.
- Santrallar, tandem (uzaktaki santral) ve bölgesel olarak fonksiyonlarına göre ikiye ayrılabilir.
- Tandem santral üzerinden en az 2 bölgesel santral birbirine bağlanabilmektedir.
- Bir Genel Anahtarlama Telefon Ağı (PSTN), telefon hatları, fiber optik kablolar, anahtarlama merkezleri, hücresel ağların yanı sıra uydu ve kablo sistemleri de dahil olmak üzere dünya çapında kullanılan telefon ağlarının bir kombinasyonu olarak düşünün. PSTN telefonların birbirleriyle iletişim kurmasına yardımcı olur.

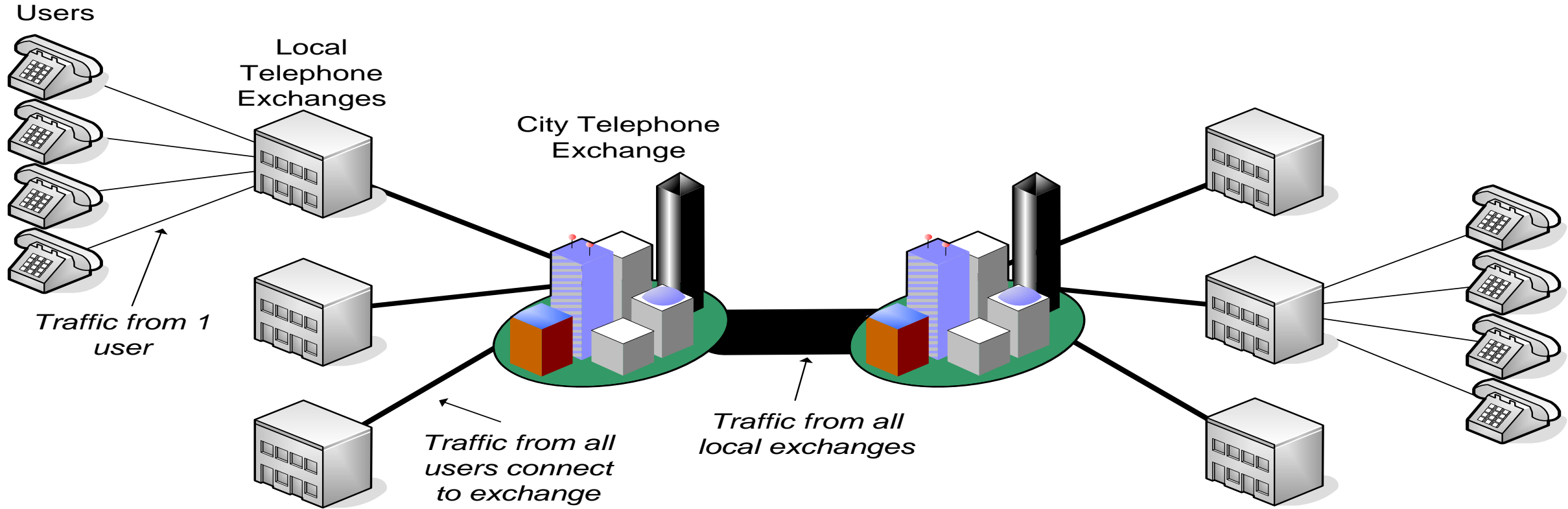
PSTN

- PSTN (Public Switched Telephone Network), Genel Anahtarlı Telefon Ağı veya geleneksel devre anahtarlama telefon ağı anlamına gelir. 1800'lerin sonlarından günümüze kadar genel kullanımda olan sistemdir.
- Yeraltı bakır telleri kullanan PSTN platformu, işletmelere ve hane halklarına nesiller boyunca dünyanın her yerinden herhangi biriyle iletişim kurmak için güvenilir bir yol sağladı.
- Telefonların kendileri, PSTN, sabit hatlı telefonlar gibi çeşitli adlarla bilinir.
- PSTN telefonlar yaygın olarak kullanılmaktadır ve genel olarak hala standart bir iletişim biçimi olarak kabul edilmektedir. Ancak, son onbeş yılda istikrarlı bir düşüş gördüler.
- Aslında, şu anda dünya çapında sadece 972 milyon sabit hatlı telefon aboneliği kullanılıyor, bu yüzyılın şimdiye kadarki en düşük sayısı. Türkiye'deki sabit hat sayısı 19 milyon civarındadır.

PSTN Çalışma Adımları

- Adım # 1 - Telefon setiniz ses dalgalarını elektrik sinyallerine dönüştürür. Bu sinyaller daha sonra bir kablo aracılığıyla bir terminale iletilir.
- Adım # 2 - Terminal elektrik sinyallerini toplar ve bunları merkez ofise (CO: Central Office) iletir.
- Adım # 3 - Merkez ofis, aramaları fiber optik kablo aracılığıyla elektrik sinyalleri şeklinde yönlendirir. Fiber optik kanal daha sonra bu sinyalleri ışık darbeleri şeklinde nihai varış yerlerine taşır.
- Adım # 4 - Çağrınız bir **tandem ofise** (uzak merkez ofislere çağrılarını aktarmaktan sorumlu merkezi bir santral) veya bir merkez ofise (yerel çağrılar için) yönlendirilir.
- Adım # 5 - Çağrınız doğru yere ulaştığında, sinyal bir elektrik sinyaline geri dönüştürülür ve ardından bir terminale yönlendirilir.
- Adım # 6 - Terminal, aramayı uygun telefon numarasına yönlendirir. Çağrıyı aldıktan sonra, telefon seti elektrik sinyallerini tekrar ses dalgalarına dönüştürür.

PSTN

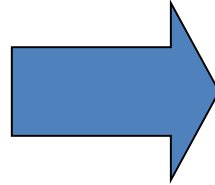


PSTN- history

- ❑ **Micheal Faraday; 1831, Electric current**
- ❑ **Telegraph systems**
 - **1837: Wheatstone and Morse**
- ❑ **Telephone**
 - **1876: Alexander Graham Bell**
- ❑ **Automatic Switching Exchanges**
 - **1891: Almon Brown Strowger patents first**
 - **1953: C.Clos develops theory of switch architectures**
- ❑ **Traffic Theory**
 - 1902: C.E. Molina**
 - 1915: K. D. Erlang**
- ❑ **Digitisation**
 - **1939: Alex Reeves invents PCM**
 - **leads to al digital networks (PDH, ISDN)**

PSTN- history

- Before automatic switching exchange was invented, manual crossbar switchboard was used.



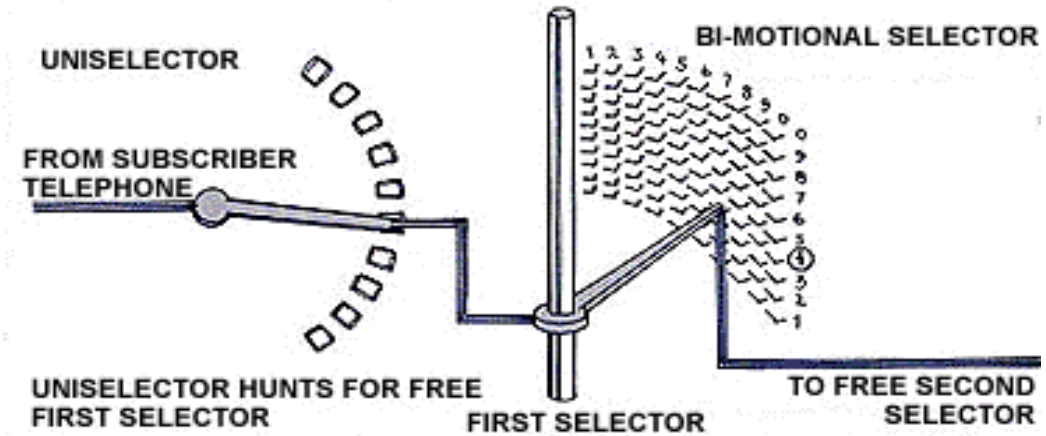
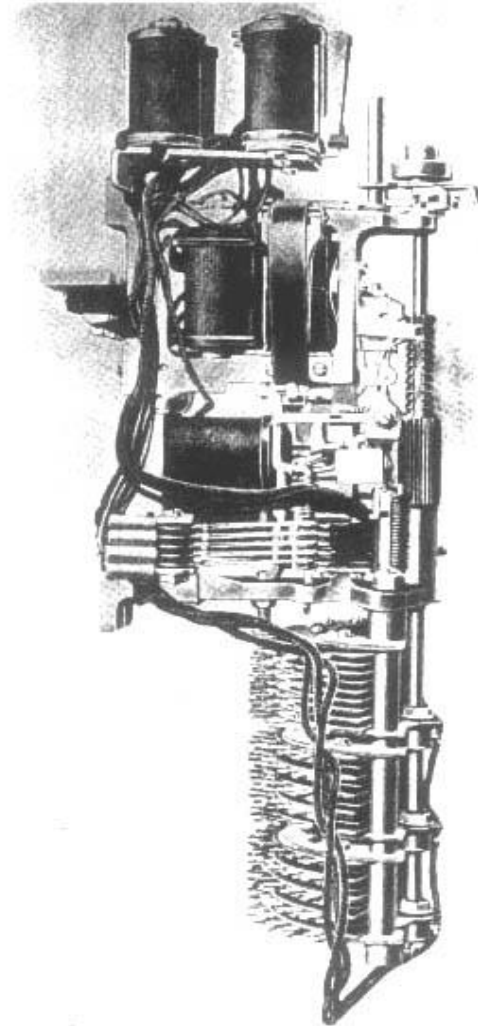
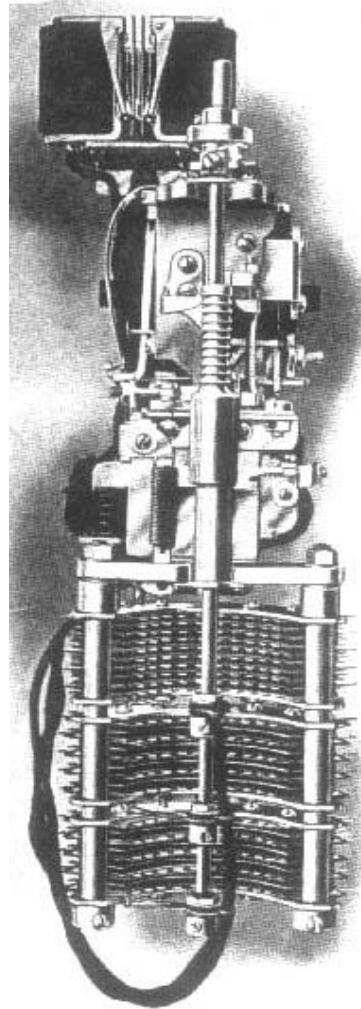
Manual crossbar switchboard

Automatic switching exchange

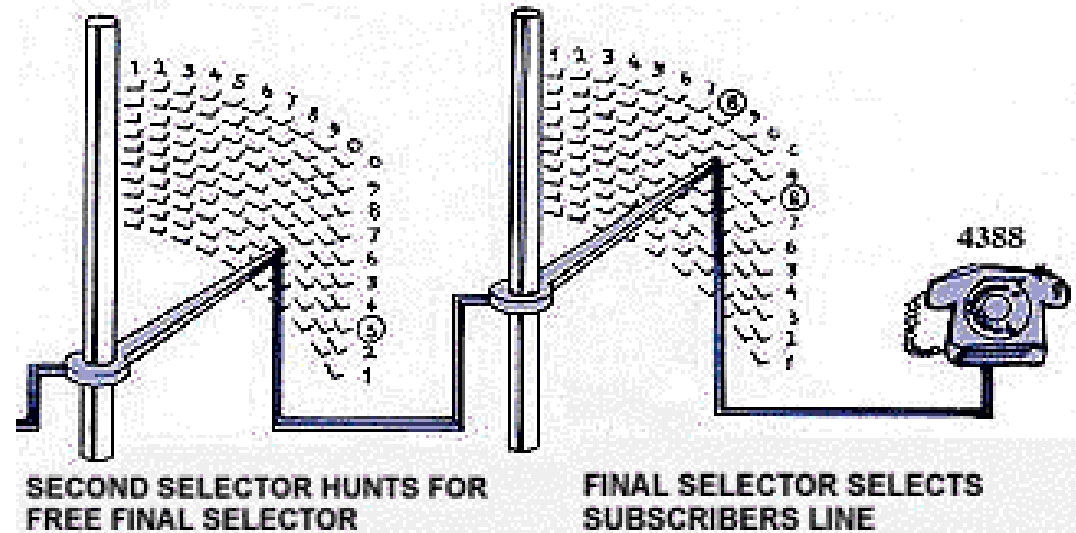


Guess what was Mr. Strowger's job when he invented the automatic switch?

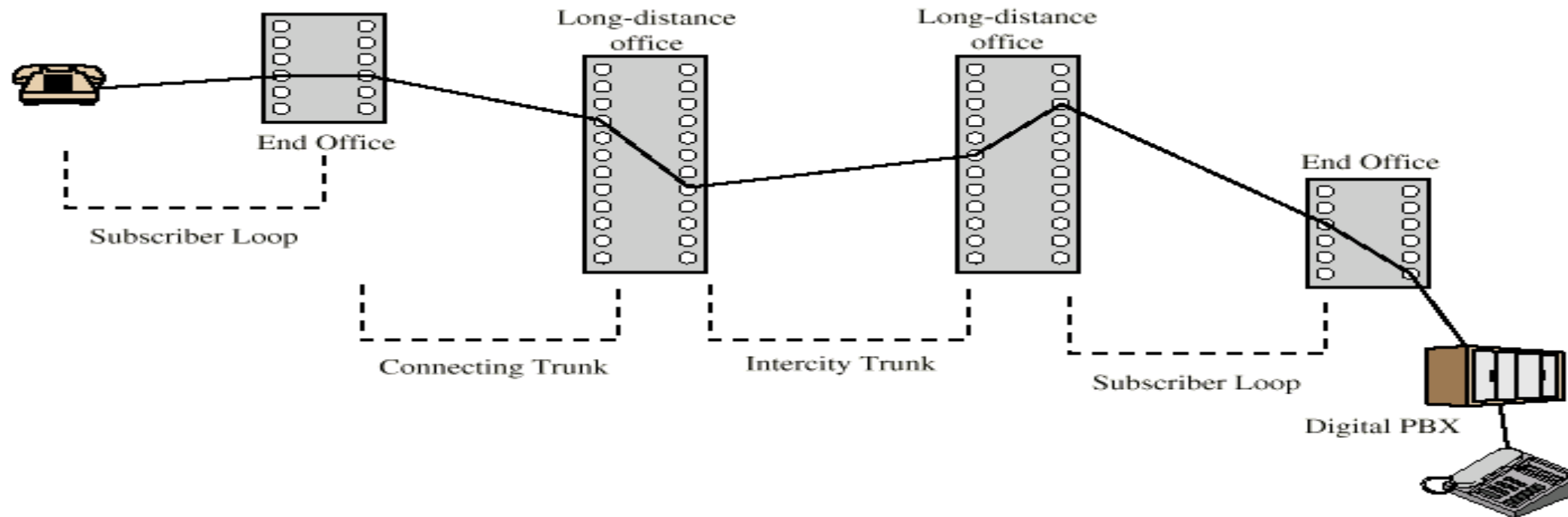
Strowger step-by-step system



The Step by Step Process Continued



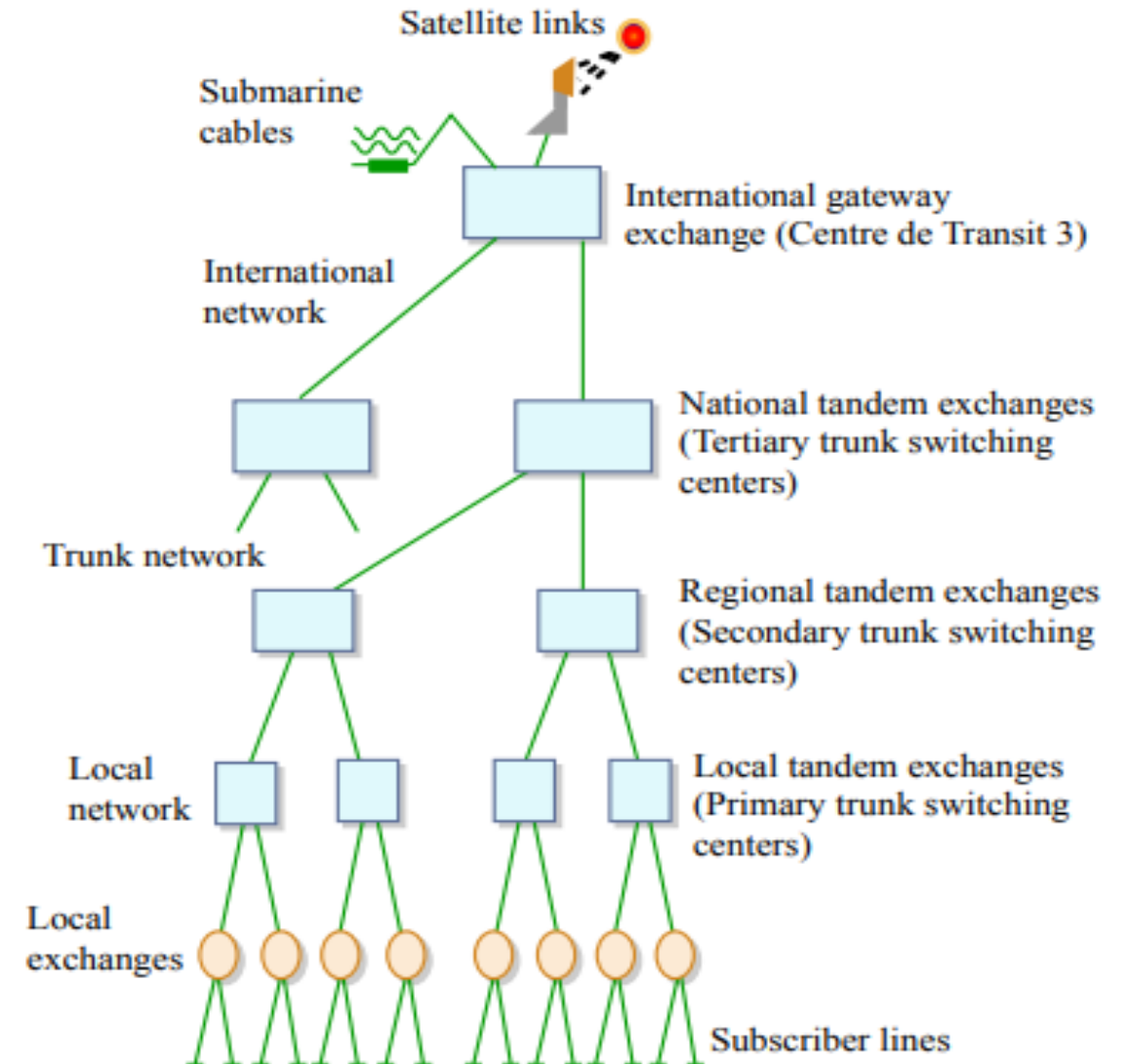
Public Circuit Switched Network



Public Switched Telephone Network (PSTN)

Public Switched Telephone Network (PSTN) consists of switching nodes (called exchanges) in **hierarchical structure**:

- a) **Local network** – connect customers' stations to LEs
- b) **Junction network** – interconnect group of LEs
- c) **Trunk / toll network** – provides long distance circuits within country
- d) **International network** – provide circuits between countries

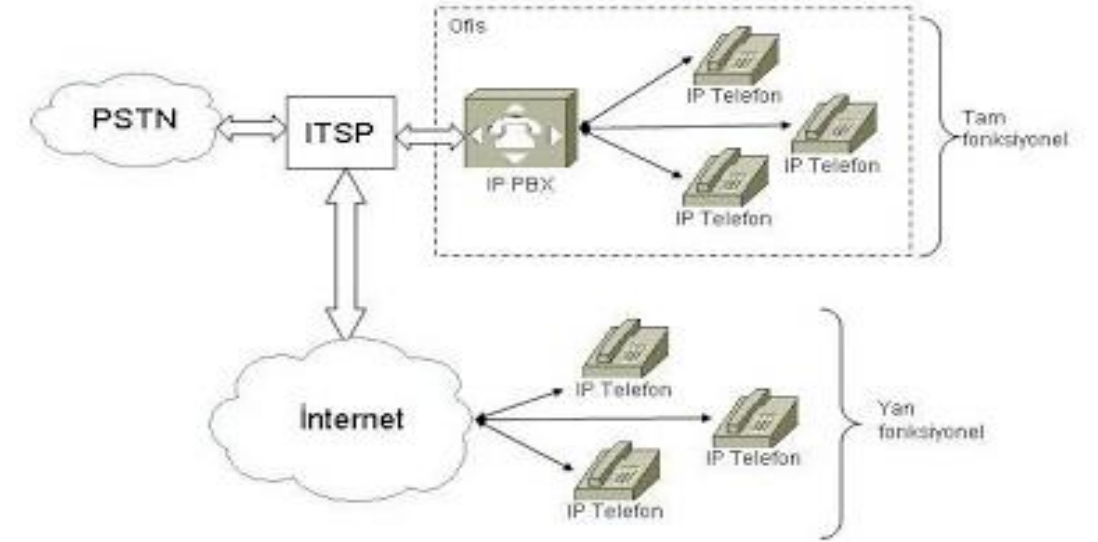


Telefon Anahtarlama Merkezleri

- **Alan bölme anahtarı (Space division switching):** İki hat arasındaki fiziksel alanı manipüle etmek, böylece bir çağrıyı bağlamak için bir devreyi kapatmak.
- **Yerel anahtarlama merkezi (genellikle yerel ofis olarak adlandırılır):** Tek bir coğrafi bölgedeki evlerden ve işletmelerden gelen birden fazla telefon hattının birleştiği ve sonlandığı bir yer.
- **Tandem anahtarlama merkezi:** Birden fazla yerel ofisten gelen hatların birleştiği ve sonlandığı bir değişim.
- **Ücretli geçiş merkezi:** Birden fazla tandem geçiş merkezinden gelen hatların birleştiği ve sona erdiği bir değişim.
- **Zaman bölmeli anahtarlama (Time division switching):** Birden fazla hattan gelen kanalların sayısallaştırılmakta, daha sonra her kanalın önceden belirlenmiş bir sırayla aynı hatta verilmekte. Son olarak hatta iletilmektedir.

Trunk

- TRUNK: İki nokta arasında iletişim kanalı. Tipik olarak, birçok aramayı kaldırabilecek anahtarlama merkezleri ile veri sinyalleşmesi arasındaki yüksek bant genişliklerine sahip telefon kanalları olarak adlandırılır.
- Dahili hatlar arasında arama yapmak ve almak dahili bir işlemdir, ancak dış dünyaya çağrı almak ve yapmak istiyorsanız, en azından dış dünyaya bir telefon hattına ihtiyacınız vardır.
- PSTN Trunk is known as FXO analog line or CO line.
- VoIP Trunks, aramaları internet üzerinden ileten telefon hatlarıdır.
- Bir VoIP sağlayıcısı, bir veya daha fazla şehre veya ülkeye yerel bir numara atayabilir ve bunu PBX telefon sistemine yönlendirebilir.
- Genellikle VoIP trunk sistemleri, geleneksel PSTN trunk sistemlerinden daha ucuzdur.
- SIP (session initalition protocol): Genellikle voip uygulamalarında kullanılan bir noktadan noktaya veri aktarımını düzenleyen protokoldür.
- SIP trunk'in genel kullanım alanı şirketlere tek bir IP bağlantısı üzerinden çoklu PSTN bağlantı hizmeti vermektir. Bilindiği gibi günümüzde voip hizmeti PSTN'e göre daha ucuz ve daha kaliteli ses bağlantısı sunmaktadır. Bu yüzden çoğu büyük firma şirket içinde IP-PBX aracılığı ile voip iletişimine geçmiştir. PSTN ile bağlantı kumak için ise ITSP (Internet telephony service provider - Internet telefonu servis sağlayıcısı) şirketlerinin verdiği PSTN hizmetinden yararlanmaktadır.

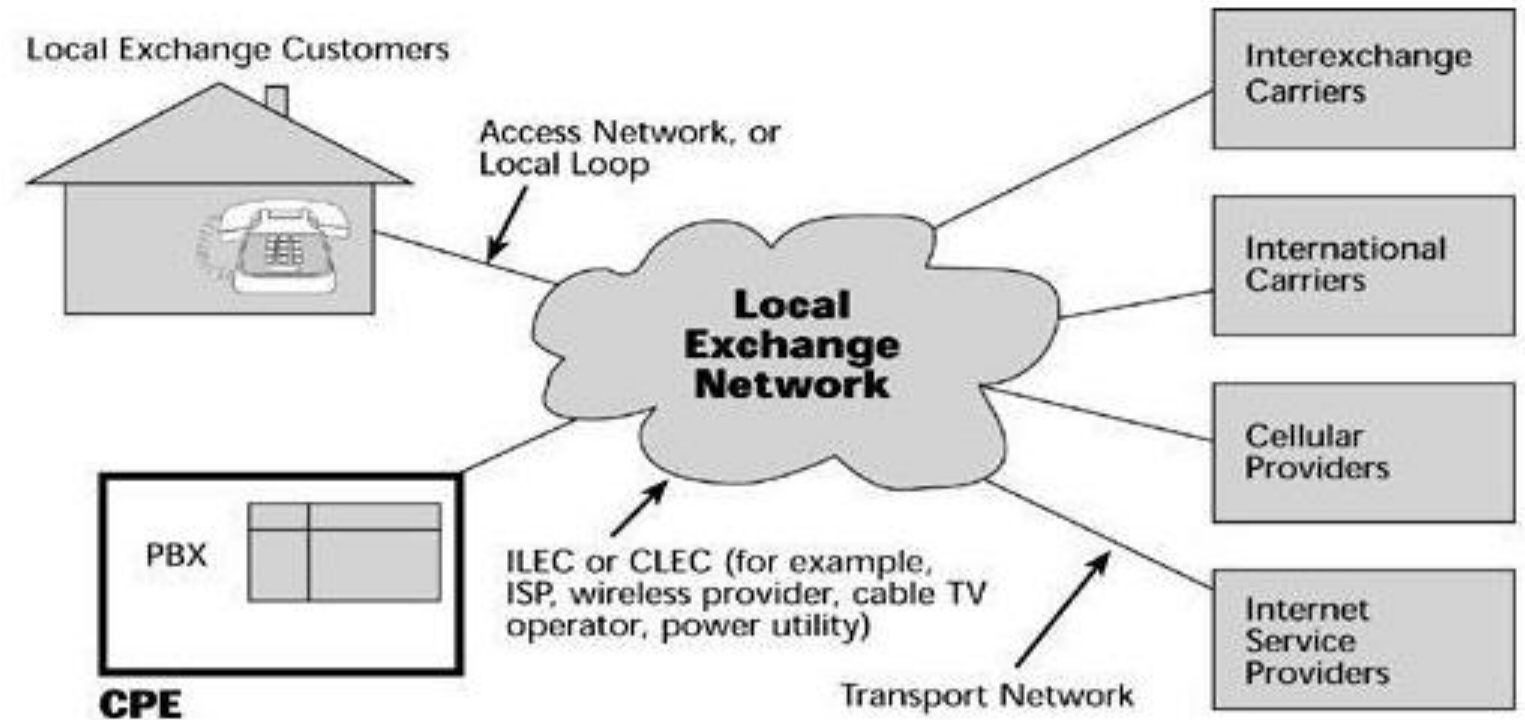
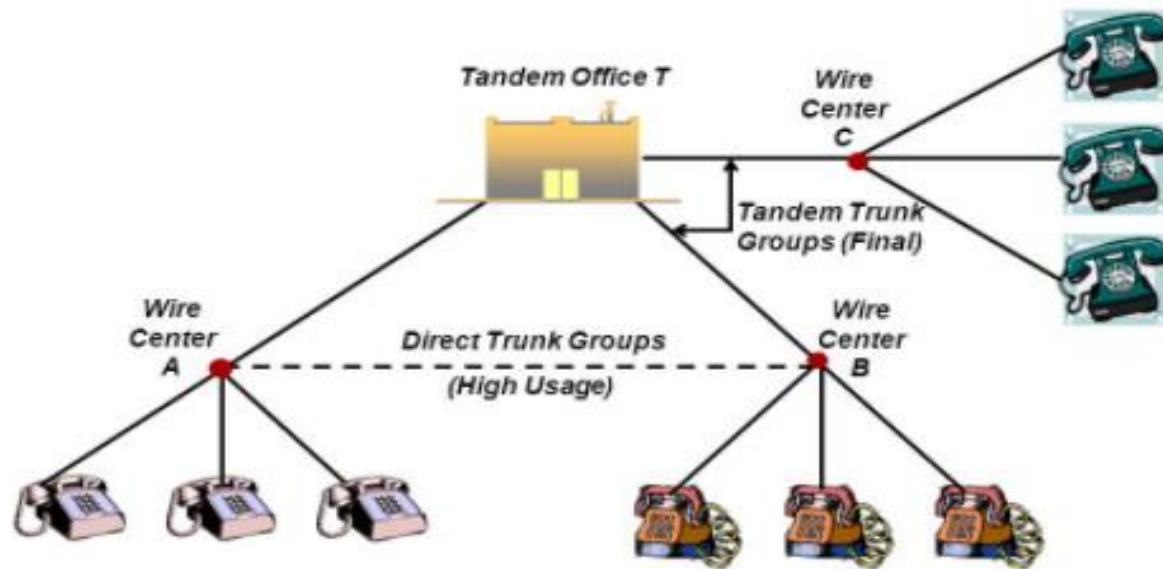


Yerel Değişim (The Local Exchange)

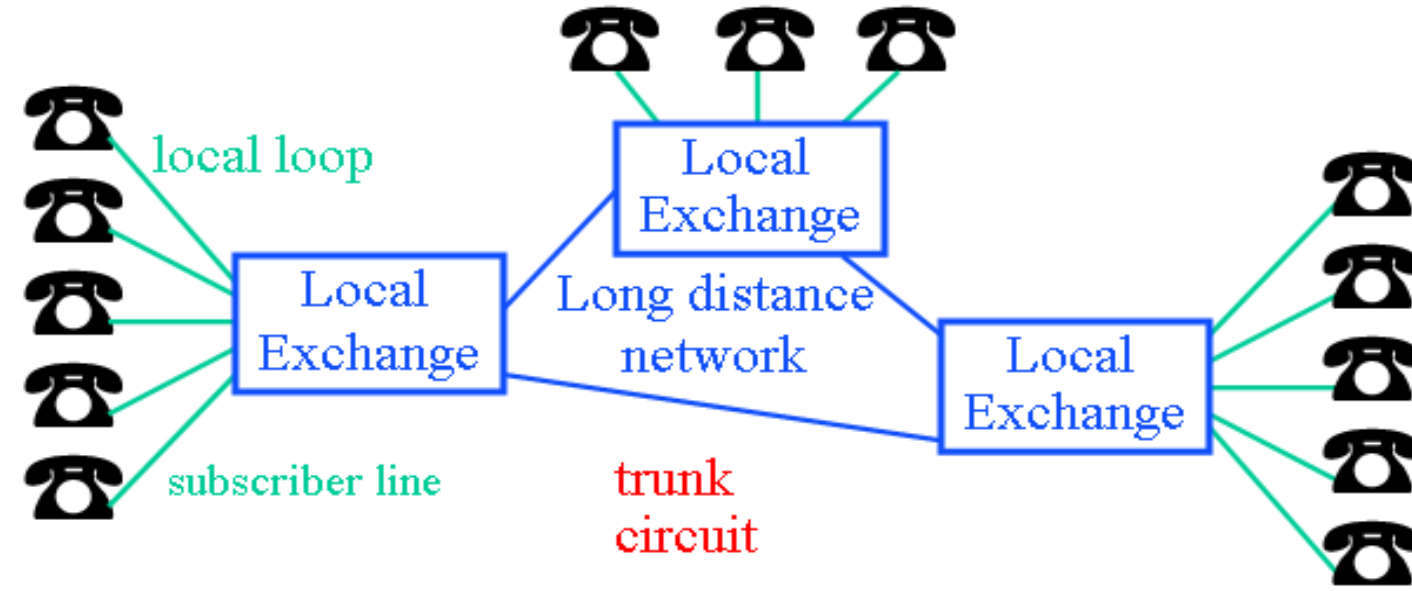
- Bir veya daha fazla santralden oluşabilen yerel bir değişim, aboneleri bir PSTN hattına bağlar. Merkez ofis veya santral olarak da bilinen bir telefon santrali 10.000'e kadar hatta sahip olabilir.
- Tüm telefonlar belirli bir bölgedeki yerel santrale bağlıdır. İlginçtir ki, yanınızdaki binada bulunan tedarikçinizin numarasını çevirirseniz, çağrı yerel santralinizden çıkmaz ve santrale ulaşır ulaşmaz tedarikçiye yönlendirilir.
- Santral daha sonra çevrilen numarayı tanımlar, böylece aramayı doğru son hedefe yönlendirebilir. Bu süreç şu şekilde çalışır:
- Bir telefon numarasının ilk üç rakamı değişimi (yerel anahtar) temsil ederken, son dört rakam bu santral içindeki bireysel aboneyi tanımlar.
- Bu, bir numarayı çevirdiğinizde ve yerel santralinize ulaştığında, aramanızın başka bir yönlendirmeye gerek kalmadan hemen aboneye bağlanacağı anlamına gelir.

Local Exchange Network

Typical Local Network



Lokal hatlar trunk üzerinden gruplanır ve tandem santralleri üzerinden uzak mesafeler aktarılır.



Lokal exchange santrali aboneleri gruplama yapar. Gruplanan aboneler birbirleri ile trunk devreleri üzerinden haberleşirler. Uzak mesafelere ise tandem devreleri üzerinden erişirler.

Tandem Devre Anahtarlamaalı (Art arda dizili) Santraller

- Bir bağlantı ağı olarak da bilinen bir tandem ofis, yerel santraller arasındaki anahtarları yönetirken birkaç yerel santral içeren geniş bir coğrafi alana hizmet eder.
- Diyelim ki aynı şehirde ancak başka bir banliyöde yaşayan bir müşterinin numarasını aradınız.
- Bu durumda aramanız yerel santralinizden bir tandem ofise yönlendirilecek ve tandem ofis sinyali müşterinizin bulunduğu yerin yakınındaki yerel santrale yönlendirecektir.

PBX - Private Branch Exchange

- Daha fazla çalışanı olan büyük kuruluşlar genellikle özel PBX santraller kullanır.
- PBX, kuruluşunuzu, kuruluşunuzdaki tüm telefonların bağlı olduğu yerel bir santrale dönüştürür ve arama aktarımı, çağrı konferansı, otomatik operatör, sesli posta, çağrı bekletme ve daha fazlası gibi bir dizi hizmetin keyfini çıkarırsınız.
- PBX, yerel santralinize bağlıdır. Tüm dahili aramalar PBX'iniz tarafından yönlendirilirken harici aramaları yerel bir santrale yönlendirir.
- Bir PBX, yazılım ve donanımın bir kombinasyonudur, bu nedenle size bazı ciddi paralara mal olacaktır. Hub'lar, anahtarlar, telefon adaptörleri, yönlendiriciler ve birkaç telefon setiyle birlikte gelir. Bu, PBX'inizin anahtarları dahili olarak işlediği kendi küçük santralinizi oluşturmak gibidir.
- Çoğu işletme, aramaları yönetmek için PBX telefon sistemlerini kullanır çünkü bunlar daha kolaydır. Ancak, bir PBX'i kurmak ve yönetmek maliyetlidir. Gerçek maliyet, sahip olmayı tercih ettiğiniz özelliklerin sayısına ve PBX'in karmaşıklığına bağlı olarak değişebilir. Devasa, karmaşık ve zengin özelliklere sahip bir PBX, işinize yalnızca bazı temel yeteneklerle basit bir PBX sisteminden daha pahalıya mal olacaktır.

PSTN'e alternatifler?

- PBX satraller büyük kuruluşlarda özel santraller olarak kullanılmaktadır. Ağ teknolojilerinin gelişmesiye günümüzde internet ortamından ses iletimi protokolü, VoIP ve PBX santrallerini bütünleştiren ağ teknolojisi Gateway'dir.
- Anahtarlama teknolojisinin kendisi geçen yüzyıldan beri pek değişmedi. Veri türlerini iletmenize izin vermedikleri için PSTN telefon ağlarının olası bir dezavantajıdır.
- Telefon endüstrisinde oyunun kurallarını değiştirmekten başka bir şey olmadığını kanıtlayan VoIP olarak bilinen yeni ve modern bir telefon hizmetine yol açtı.
- İnternet Üzerinden Ses Protokolü (VoIP), PSTN sistemine göre en iyi bilinen alternatif olarak kabul edilir, çünkü sadece uygun maliyetli değildir, aynı zamanda işletmelerin (ve tüketicilerin) sevdiği birçok başka faydaya sahiptir.
- VoIP, ses ve diğer verilerin internet protokol ağı üzerinden aktarılmasıdır.
- VoIP telefon setiniz, sizi İnternet'e bağlayan bir DSL veya kablo modeme bağlıdır.
- PSTN Telefonu VoIP ile çalışabilir. Geleneksel telefon setinizi dijital bir telefon setine dönüştürecek bir Analog Telefon Adaptörü (ATA) kullanabilirsiniz. Daha sonra VoIP telefon sisteminizle kullanılabilir.
- Ancak, bu tür sabit hatlı telefonlarla VoIP ağınızın tüm özelliklerine ve eklentilerine erişemezsiniz. Tüm özelliklere erişmek için SIP özellikli bir telefon kullanmak en iyisidir. Sonuçta, her şey özelliklerle ilgili, o halde herhangi bir ek özellik kullanmak istemiyorsanız bir VoIP ağına sahip olmanın ne anlamı var?

PCM: Pulse Code Modulation

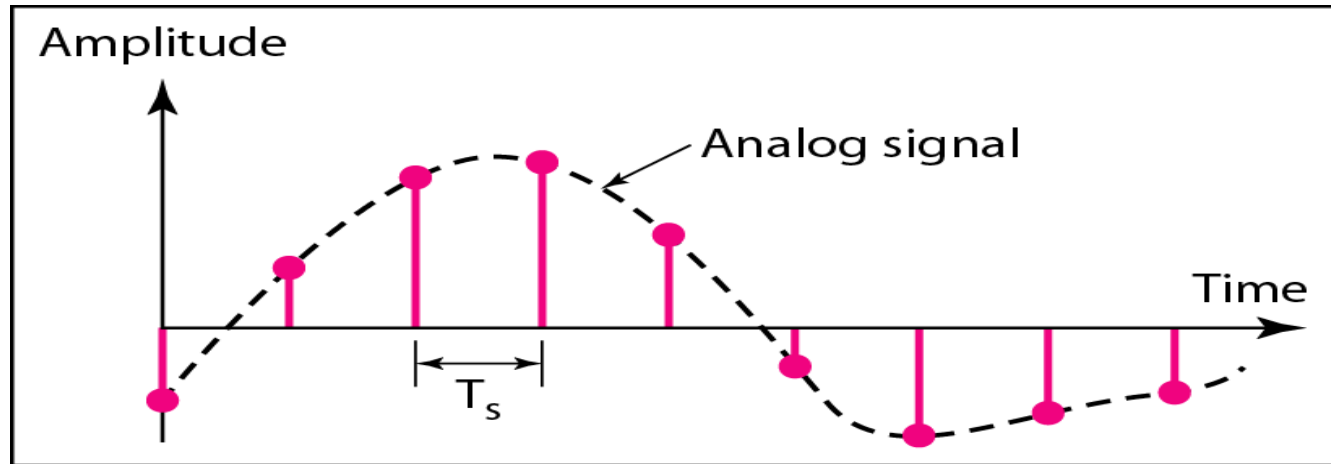
PCM

- PCM (Pulse Code Modulation) yöntemi ile, bir analog sinyali sayısallaştırmak için üç adımdan oluşur:
 - Örnekleme (Sampling): sabit zaman aralıklarında genlik değerlerinden örnek alma işlemi yapılır. Ayırık değerler.
 - Niceleme – (Quantization): Örnekleme ile elde edilen ayırık değerlerin belirlenen genlik değerlerine ötleme işlemidir. Hata söz konusudur.
 - ikili kodlama (Binary encoding), belirli uzunluk ikili sayı sistemine dönüştürme. Sembol: belirlenen uzunluktaki ikili sayı değeri. Örneğin bit uzunluğu =8 bit ise sembol sayısı= $2^8=256$
- Örnekleme yapmadan önce, örnekleme oranını etkilediği için sinyalin maksimum frekansını sınırlamak için sinyali filtrelememiz gerekir. (0Hz-4000Hz arası konuşma sinyallerinin geçmesine izin verilir.)
- Filtreleme, sinyali bozmamızı, sinyal şeklini olumsuz etkileyen yüksek frekanslı bileşenlerin kaldırılması sağlanmalıdır.

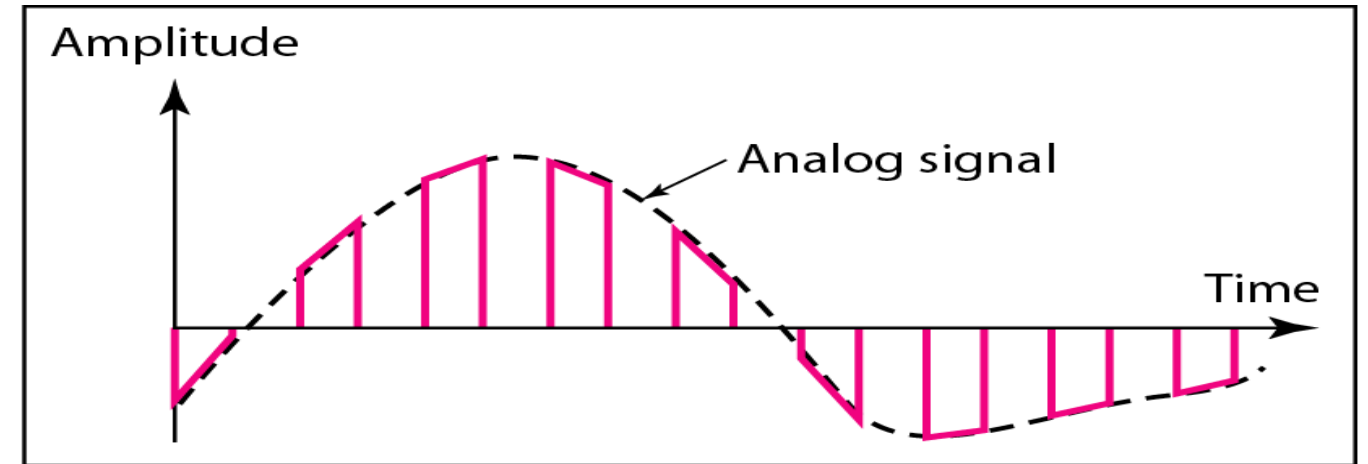
Pulse Code Modulation Standards

- PCM is a Time-Domain Waveform coding method and is defined within CCITT G.711, and AT&T 43801. Basically, an analog signal is sampled at a rate of 8000 times per second. In each sample, the amplitude of the signal is assigned (quantized) a digital value.
- There are two PCM algorithms defined within CCITT G.711, called "A-Law" and "Mu-Law". **Mu-Law PCM is used in North America and Japan, and A-Law used in most other countries.** In both A-Law and Mu-Law PCM, the values used to represent the amplitude is a number between 0 and +/- 127; therefore, 8 bits are required to represent each sample (2 to the eighth power = 256).
- It can be seen then that PCM operates at a rate of: $8 \text{ bits/sample} * 8000 \text{ samples/sec} = 64000$ (64K) Bits Per Second.

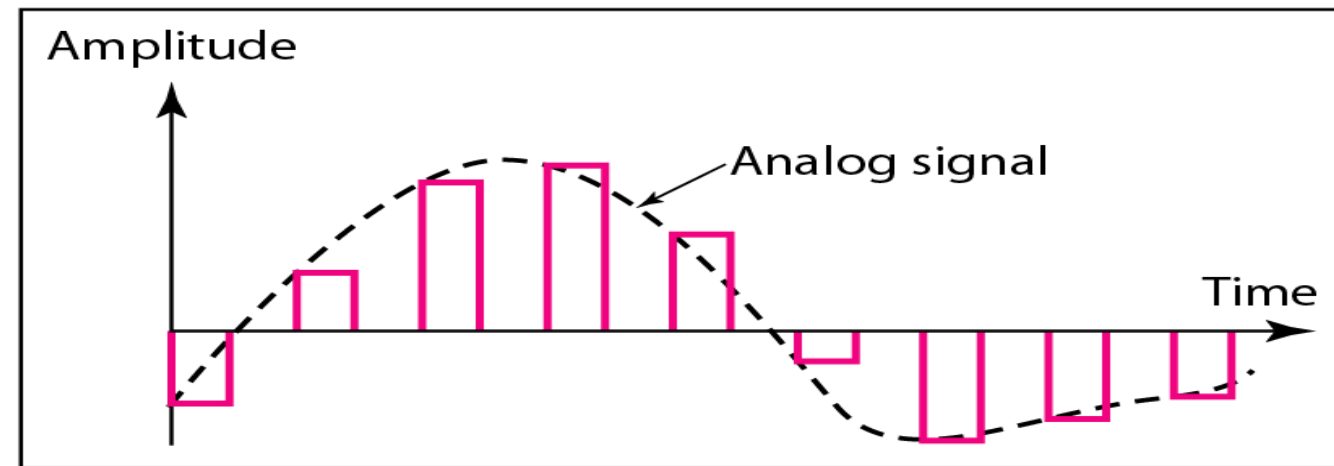
Three different sampling methods for PCM



a. Ideal sampling



b. Natural sampling



c. Flat-top sampling

Example

We want to digitize (ayrık) the human voice. What is the bit rate, assuming 8 bits per sample?

Solution

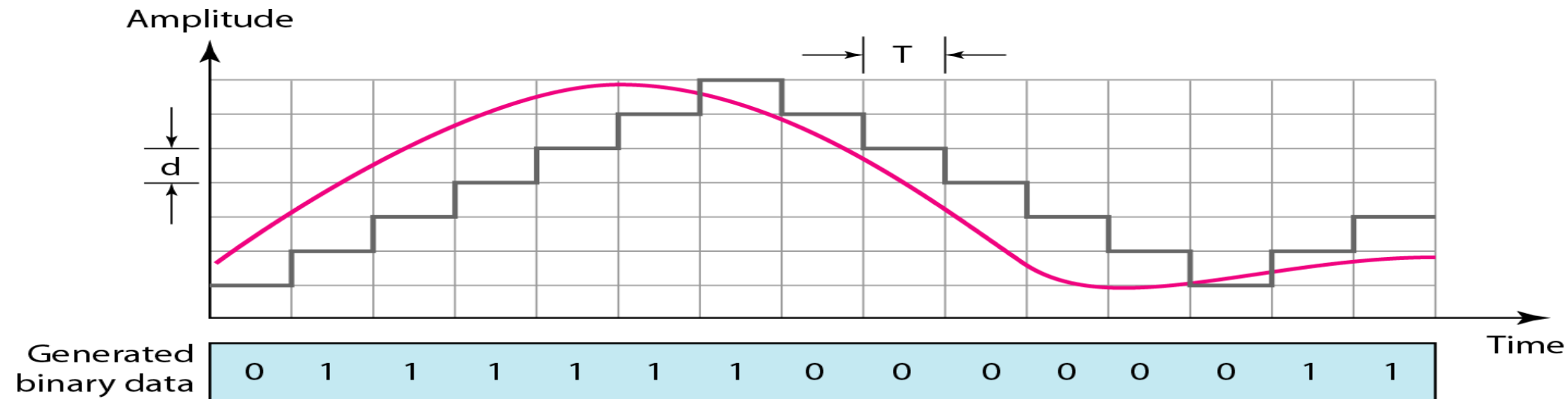
The human voice normally contains frequencies from 0 to 4000 Hz. So the sampling rate and bit rate are calculated as follows:

$$\begin{aligned}\text{Sampling rate} &= 4000 \times 2 = 8000 \text{ samples/s} \\ \text{Bit rate} &= 8000 \times 8 = 64,000 \text{ bps} = 64 \text{ kbps}\end{aligned}$$

Delta Modulation

- This scheme sends only the difference between pulses, if the pulse at time t_{n+1} is higher in amplitude value than the pulse at time t_n , then a single bit, say a "1", is used to indicate the positive value.
- If the pulse is lower in value, resulting in a negative value, a "0" is used.
- This scheme works well for small changes in signal values between samples.
- If changes in amplitude are large, this will result in large errors.
- Instead of using one bit to indicate positive and negative differences, we can use more bits -> quantization of the difference.
- Each bit code is used to represent the value of the difference.
- The more bits the more levels -> the higher the accuracy.

The process of delta modulation

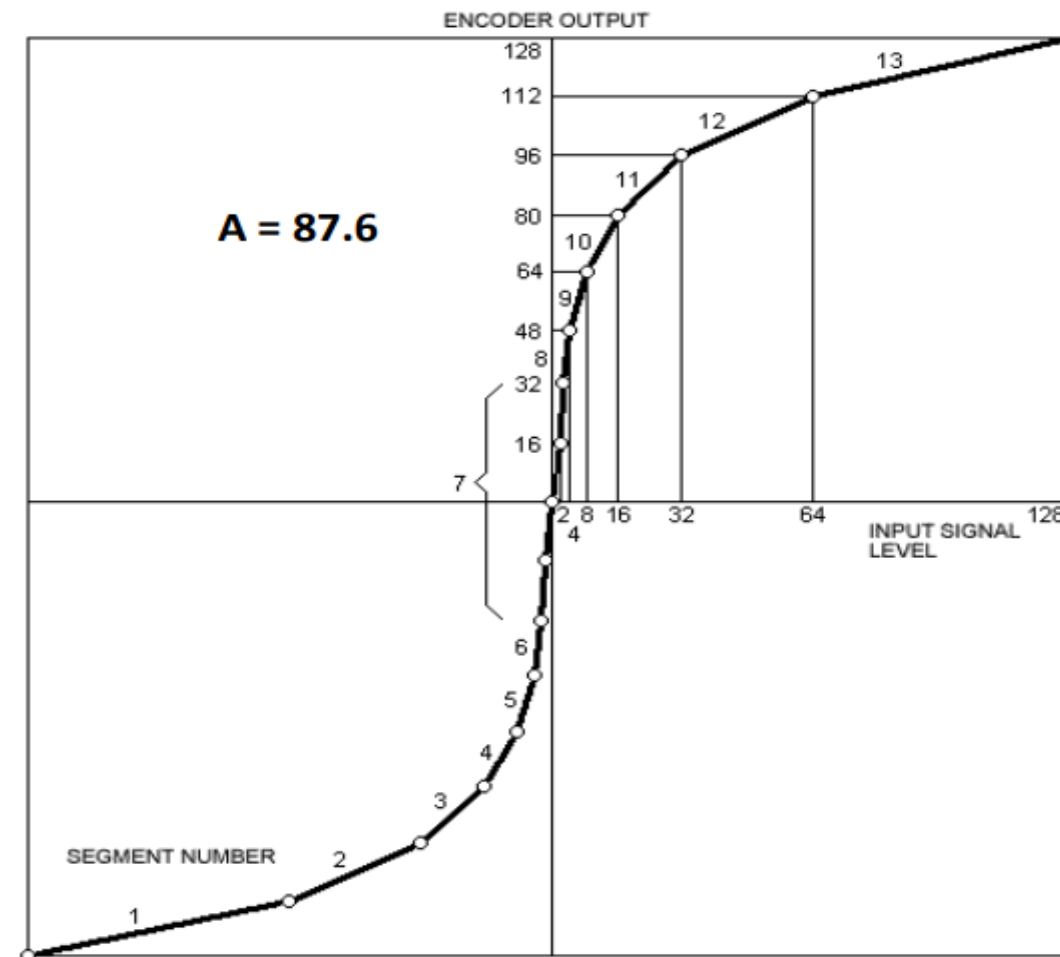


Speech Compression Standards

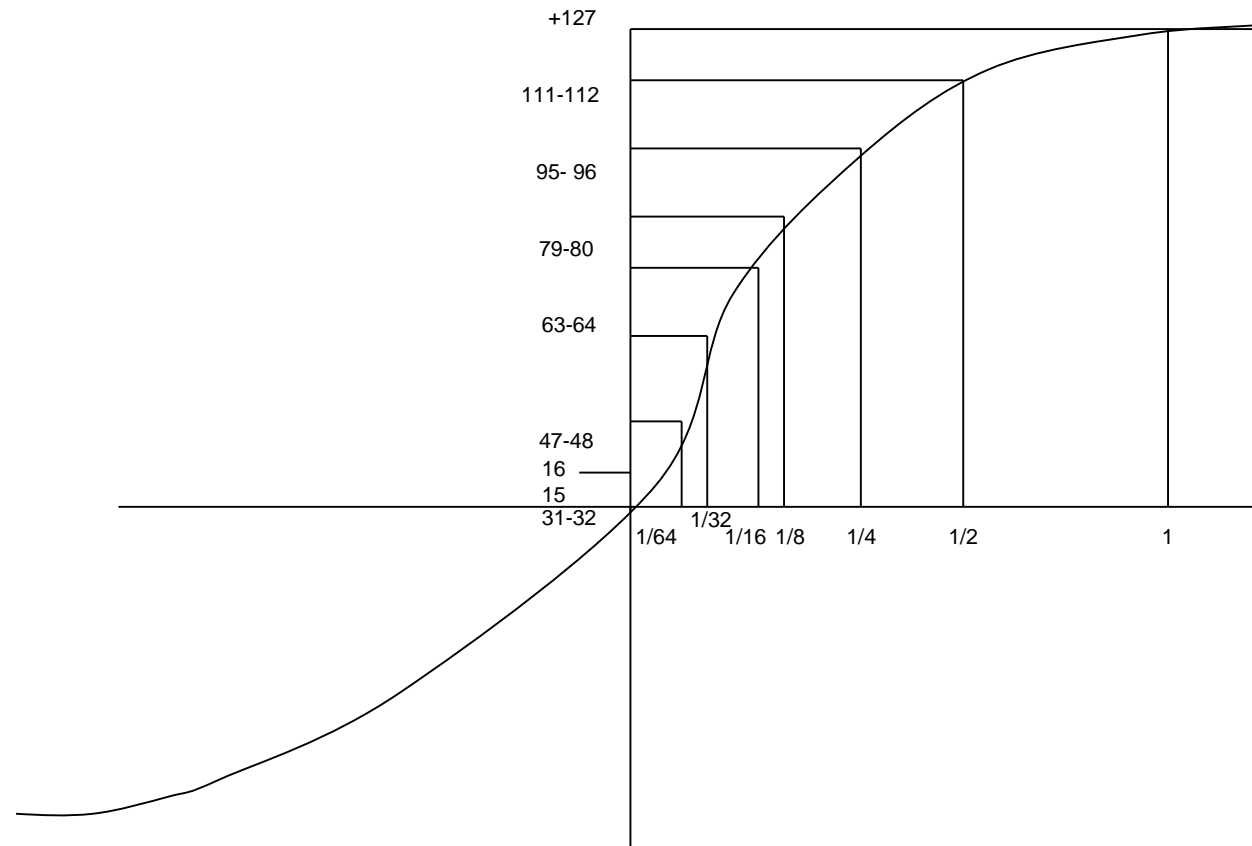
- 64 kbps μ -law/A-law PCM(CCITT G.711)
- 32 kbps ADPCM(CCITT G.721)
- 16 kbps Low Delay CELP(CCITT G.728)
- 13.2 kbps RPE-LTP(GSM 06.10)
- 13 kbps ACELP(GSM 06.60)
- 13 kbps QCELP(US CDMA Cellular)
- 8 kbps QCELP(US CDMA Cellular)
- 8 kbps VSELP(US TDMA Cellular)
- 8 kbps CS-ACELP(ITU G.729)
- 6.7 kbps VSELP(Japan Digital Cellular)
- 6.4 kbps IMBE(Immarsat Voice Coding Standard)
- 5.3 & 6.4 kbps True Speech Coder(ITU G.723)
- 4.8 kbps CELP(Fed. Standard 1016-STU-3)
- 2.4 kbps LPC(Fed. Standard 1015 LPC-10E)

A-Law

A-law Compandor (Europe) Shown Graphically



QUANTALAMA TEKNİĞİ NON-LİNEER QUANTALAMA



$2^8 = 256$ Adet işareti kodlayabiliriz.

1 0 1 0 1 1 1 1

1 2 3 4 5 6 7 8

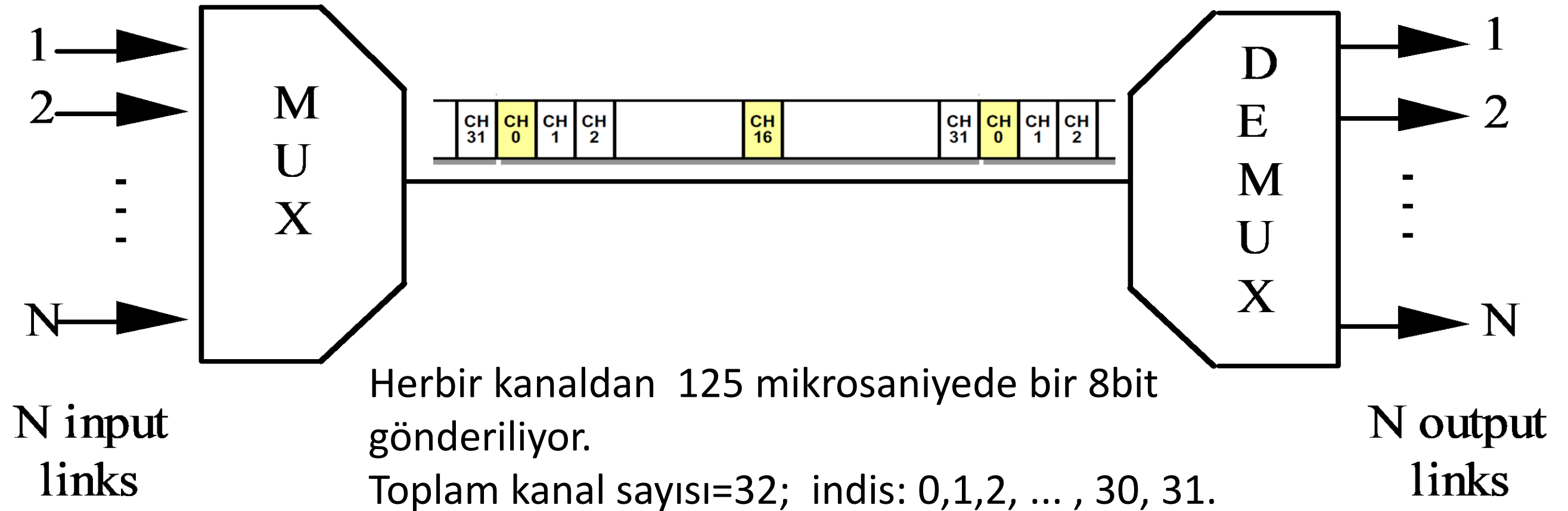
1. **1.Bit** pozitif veya negatif bölgeyi gösterir.
1 olursa pozitif bölge
0 olursa negatif bölge
 2. **2,3,4. Bitler** hangi parçada bulunduğunu gösterir.(010)
 3. **5,6,7,8. Bitler** parça içinde bulunduğu yeri gösterir.
 - Bu dört karakterle 16 ayrı kodlama yapabiliriz.
 - Görüldüğü her parçada 15 adet kodlama vardır.
- ÖRNEK:** Pozitif 2.parçada 45 in kodlaması nasıl yapılır?
1 0 1 0 1 1 0 1

Lineer quantalama sisteminde düşük genlikli sinyallerin hata oranı yüksek olur. Telefonda kısık sesli konuşanların seslerinin büyük kısmı kaybolur. Bunu önlemek için genlik eksenini parçalara bölerken eşit bölmüyoruz. Düşük genlikli sinyallerde aralıklar daha sık yüksek genlikli sinyallerde aralıklar daha seyrek. Aralıklarını öyle ayarlıyoruz ki sinyal gürültü oranı hep aynı oluyor. Bu işleme non-lineer quantalama denir.

TDM - E1
Time Division Multiplexing

TDM – E1 (2048Kbps)

- Time division multiplexing allows a link to be utilized simultaneously by many users. $N=32$

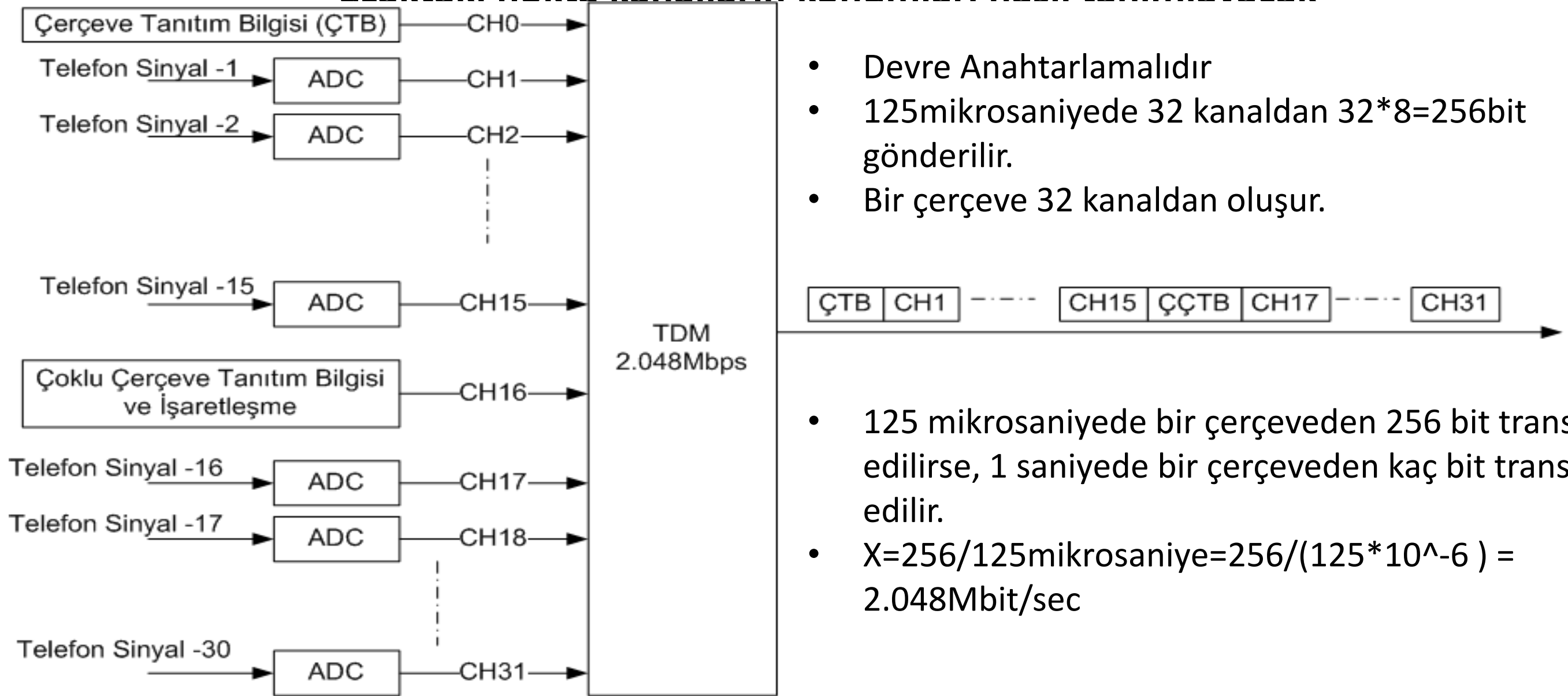


PCM

- Ses dalgaları elektriksel sinyale dönüştürülür. Akustik dalgalardır, havada basınçla ilerler. Telefon haberleşmesinde **band genişliği, B=4KHz alınır. Bu band genişliği sesin anlama, tanıma ve hissetme özelliklerine karşılık gelmektedir.**
- Gürültüsüz kanal kapasitesi hesaplamada Nyquist formülü kullanılır. $C=2Bm$, bit/saniye; Burada B, band genişliği Hz; m=8, sembolü temsil eden bit sayısıdır, analog sinyalden alınan örneğe karşılık bit sayısı. $C=2*4000*8=64000\text{bit/saniye}=64\text{Kbit/sec}$.
- Gürültülü kanal kapasitesi hesaplamada Shannon kapasite formülü kullanılır. $C=B \log_2(1+\text{SNR})$, SNR: İşaretin gürültüye oranıdır. $\text{SNR}=2^{(C/B)}-1$ dir. $\text{SNR}=2^{(64000/4000)}-1=2^{16}-1$. $\text{SNR}=2^{16}$. $\text{SNRdB}=10\log_{10}(2^{16})=160*0.3=48\text{dB}$. $\log_{10}(2)=0.3$
- Nyquist Örnekleme teoremi, $f_s \geq 2B$ dir.
- Telefon haberleşmesinde $f_s=2B$ alınır. $f_s=2*4\text{KHz}=8\text{KHz}$
- Örnekleme aralığı, $T_s=1/f_s=125\text{mikro saniye}$ dir.
- 125 mikrosaniyede bir ses sinyalinden 8 bitlik örnek alınıp iletilirse, bir saniyede 64000 bit/sec gönderilir.

TDM – E1: 2.048Mbps

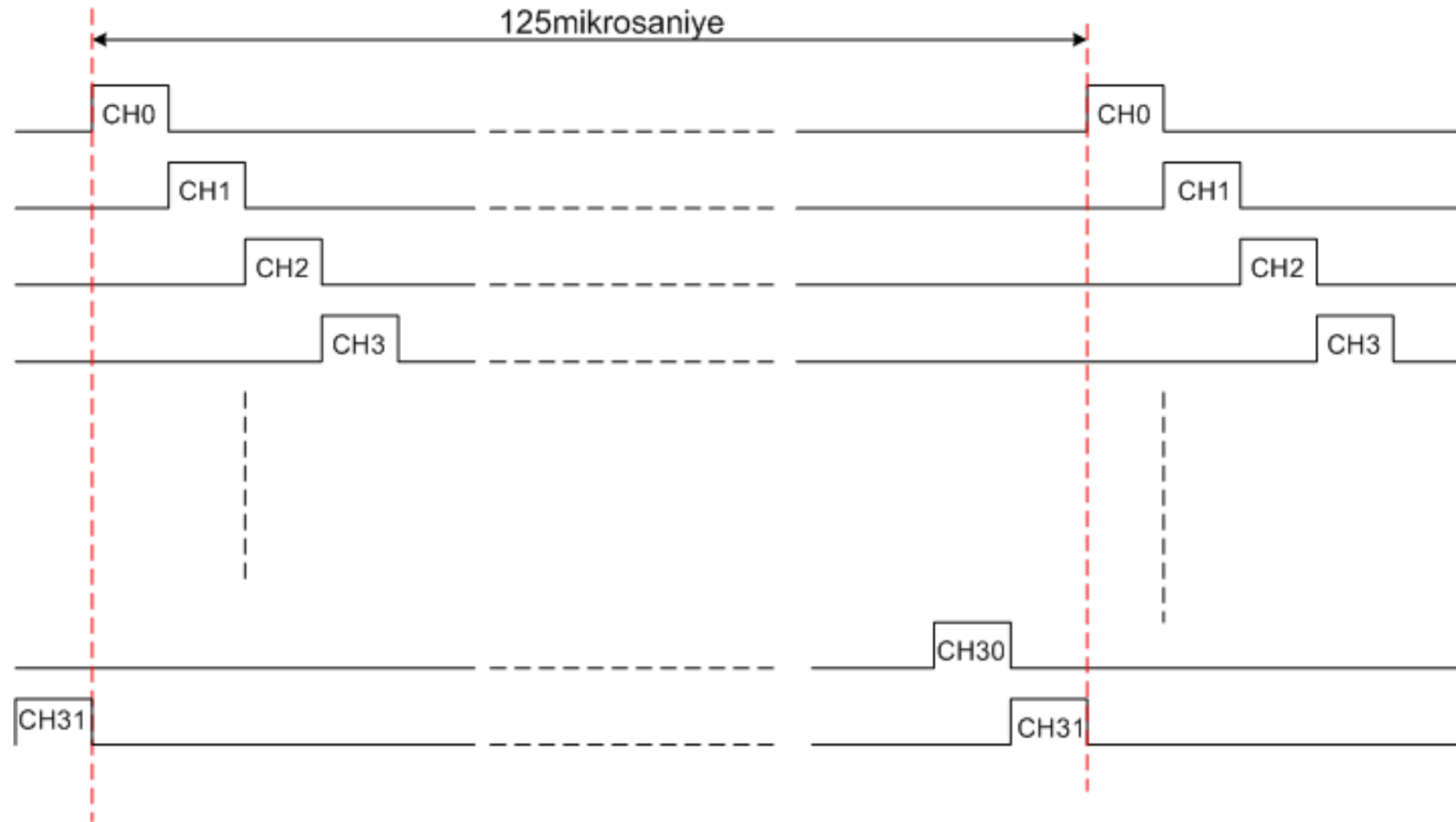
uzaktaki nokta kanalların konumları nasıl tanımlavacak



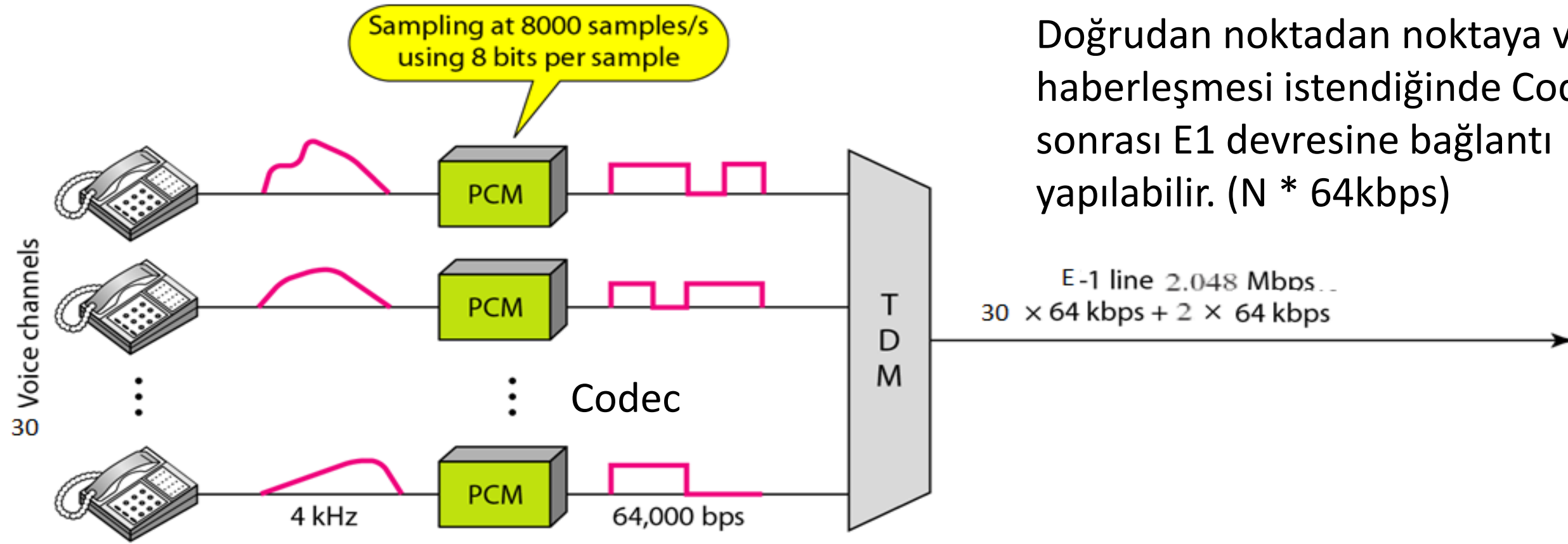
- Devre Anahtarlmalıdır
- 125mikrosaniyede 32 kanaldan $32*8=256$ bit gönderilir.
- Bir çerçeve 32 kanaldan oluşur.

- 125 mikrosaniyede bir çerçeveden 256 bit transfer edilirse, 1 saniyede bir çerçeveden kaç bit transfer edilir.
- $X=256/125\text{mikrosaniye}=256/(125*10^{-6}) = 2.048\text{Mbit/sec}$

TDM – E1: 2.048Mbps - Clock



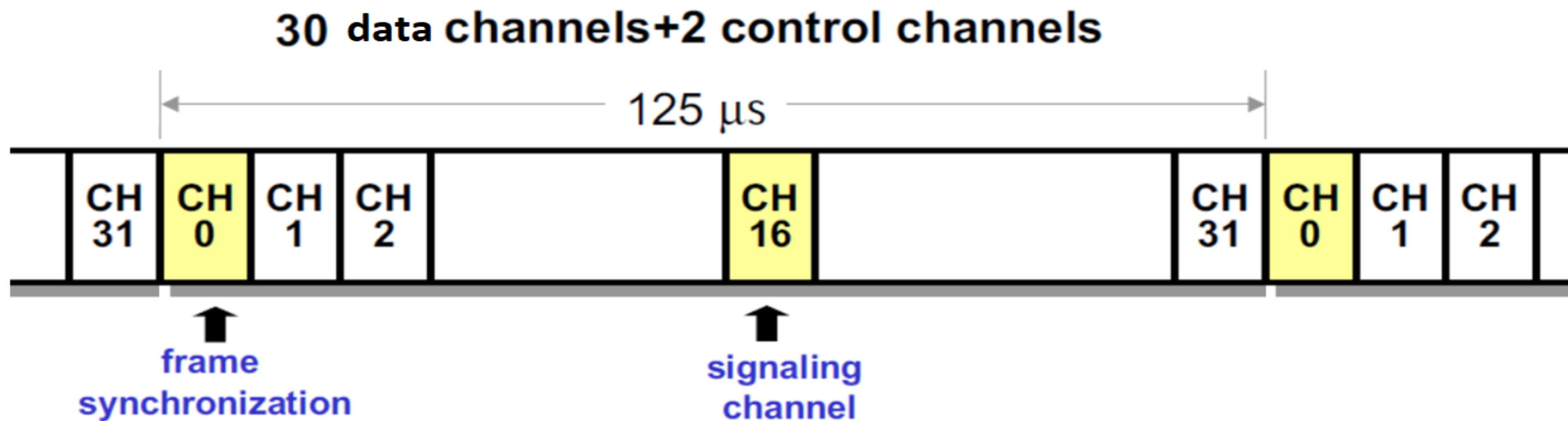
E-1 line for multiplexing telephone lines



Doğrudan noktadan noktaya veri haberleşmesi istendiğinde Codec sonrası E1 devresine bağlantı yapılabilir. ($N * 64\text{kbps}$)

- E1 TDM Çoğullama devresinde 32 adet kanal vardır? Bu kanallardan 30 adeti haberleşme kanalıdır? Geriye kanal 2 adet konuşma kanalı ise çerçeve tanımlama bilgisi ve işaretleme bilgilerini transfer etmek amacıyla kullanılır.
- E1 TDM Çoğullama devresinde 32 adet kanal vardır. Bir E1 devresindeki 1 Kanaldan saniyede 64000bit transfer edilirse, E1 devresinden tümünde 1 saniyede 2048000 bit transfer edilir?

E1-frame



E1 bit rate : $32 \times 64\text{Kbps} = 2.048\text{ Mbps}$

PCM COMMUNICATION SYSTEMS

The plesiochronous digital hierarchy (PDH) has two primary communication systems as its foundation. These are the T1 system based on 1544kbit/s that is recommended by ANSI and the E1 system based on 2048kbit/s that is recommended by ITU-T.

The T1 system is used mainly in the USA, Canada and Japan. European and certain non-European countries use the E1 system.

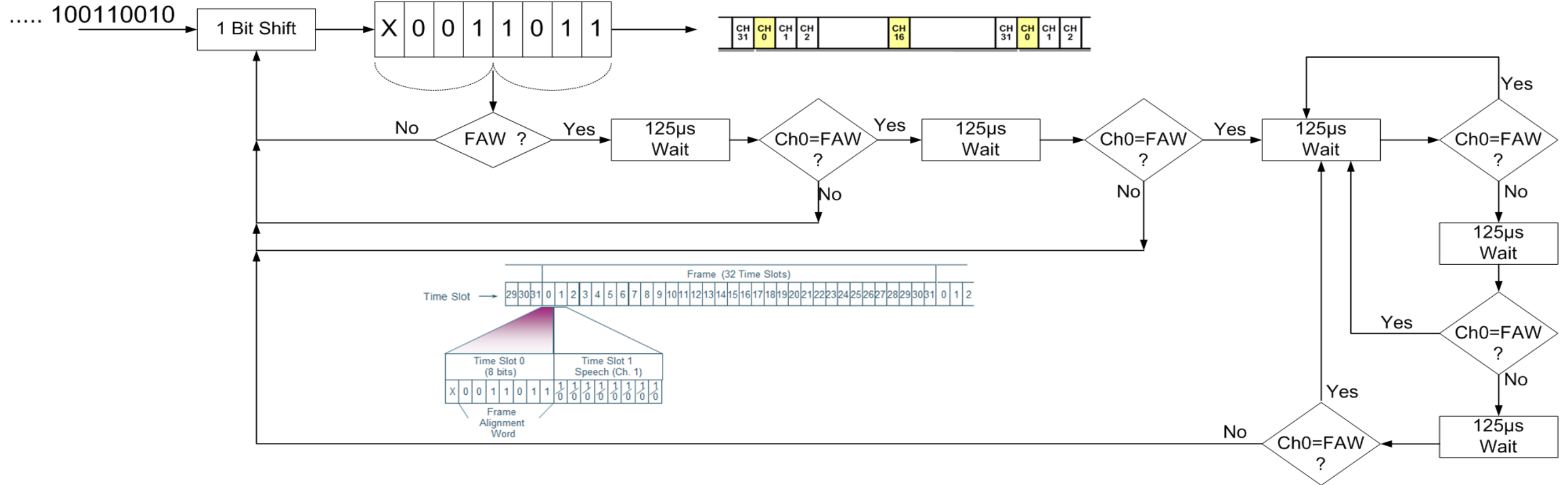
	Common characteristics	
a	Sampling frequency	8kHz
b	Number of samples per telephone signal	8000 per second
c	Length of PCM frame	$1/b = 1/8000/s = 125\mu s$
d	Number of bits in each code word	8
e	Telephone channel bit rate	$b \times d = 8000/s \times 8 \text{ bit} = 64\text{kbit/s}$

Konuşma sinyalinin sayısal sinyale dönüştürülmesi

- İnsan sesine ait sinyali hava ortamında mekanik basınç dalgası olarak yayılır.
- İnsan sesi, elektrik sinyale dönüştürülür. Bu sinyal analog sinyaldir. Analog sinyal genliği, frekansı ve fazı zamanla değişen sinyaldir.
- Bir insanın işitme frekans aralığı 20Hz ile 20.000Hz arasındadır. Yaşlandıkça bu aralık azalır.
- Haberleşme sistemlerinde konuşma ve işitme frekans aralığı 0Hz ile 4000Hz arası alınır. Band Genişliği, $BW=4000\text{Hz}=4\text{KHz}$
- Haberleşme sistemlerinde ses, analog sinyale dönüştürülür. Bu analog sinyalin band genişliği 4 KHz'dir.
- Bir analog sinyalin band genişliği, $BW=4\text{ KHz}$ ise örnekleme frekansı, $f_s=8\text{KHz}$ 'dir. Çünkü, $f_s \geq 2 * BW$
- Bir analog sinyali örnekleme frekansı 8KHz ise kaç Hz dir? Örnekleme aralığı, $T_s=1/f_s$ ise $T_s=?$ Not f_s , Hz olarak alınır. $T_s=1/8000=125\text{mikrosaniye}$ dir.
- Bir insan sesine ait analog sinyalden 125mikrosaniyede bir örnek alınır ve alınan bu örnek 8bit ile temsil edilir ve transfer edilirse 1 saniyede 64 000 bit transfer edilir.

TS0-ÇTB Bulma Algoritması

Çerçeve Tanıtım Bilgisi (FAW), 125mikro saniyede bir 8 bit olarak gelir. Amaç seri olarak gelen 1 veya 0 değerlerinden doğru çerçeve tanıtım bilgisini belirlemektir.



Kanalların yerleri zaman domeninde belirlenmiş olur.
TS: Time Slot – Bir aboneye ait kanal
ÇTB: Çerçeve Tanıtım Bilgisi

Signalling Multiframe

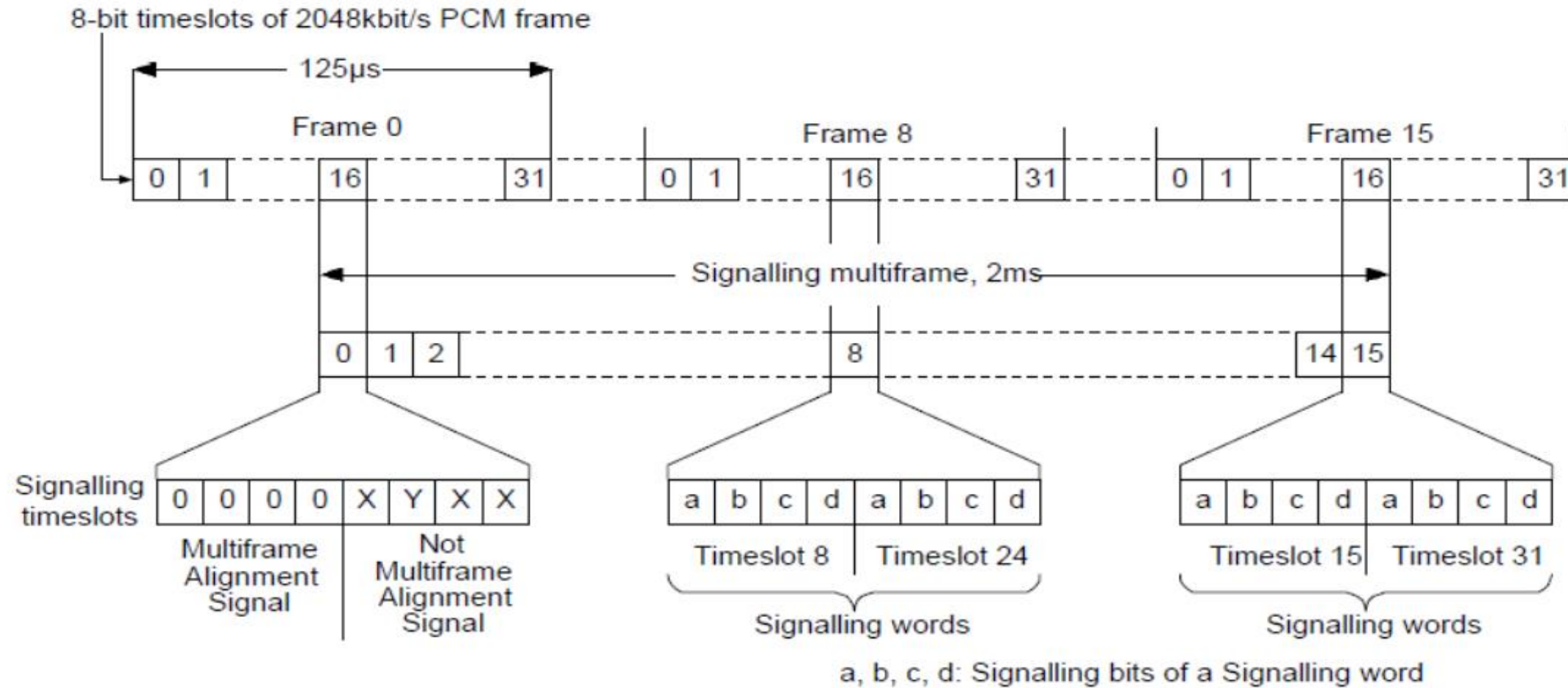


Figure 9: Signalling multiframe

The first four bits in timeslot 16 of the first frame (frame 0) of the signalling multiframe are used to transmit the Multiframe Alignment Signal (MFAS) = 0 0 0 0. The last four bits contain the Not Multiframe Alignment Signal (NMFAS) = X Y X X. The signalling multiframe structure is as shown in the table below:

frame number	Bits in channel timeslot 16							
	a	b	c	d	a	b	c	d
0	0	0	0	0	X	Y	X	X
1	Telephone channel 1				Telephone channel 16			
2	Telephone channel 2				Telephone channel 17			
3	Telephone channel 3				Telephone channel 18			
4	Telephone channel 4				Telephone channel 19			
5	Telephone channel 5				Telephone channel 20			
6	Telephone channel 6				Telephone channel 21			
7	Telephone channel 7				Telephone channel 22			
8	Telephone channel 8				Telephone channel 23			
9	Telephone channel 9				Telephone channel 24			
10	Telephone channel 10				Telephone channel 25			
11	Telephone channel 11				Telephone channel 26			
12	Telephone channel 12				Telephone channel 27			
13	Telephone channel 13				Telephone channel 28			
14	Telephone channel 14				Telephone channel 29			
15	Telephone channel 15				Telephone channel 30			

0 0 0 0 = multiframe alignment signal

X = reserved bit normally set to 1; Y = distant multiframe alarm bit

Table 2: Assignment of bits in timeslot 16 of a signalling multiframe for channel- associated signalling

E1

- **A Frame;**
- **An E1 system consists of 32 time slots which contain the 64 kbit/s consecutive samples. This is called a frame.**
- **The Transmission Rate;**
- **When combined together 32 time slots x 64 Kbits/s = 2048 Kbits/s which is the speed of the E-1 transmission system.**
- **ITU-T Specifications;**
- **ITU-T Rec. G.703; Sayısal sinyaller haberleşme ortamından iletilmez. Neden? Zayıflar, gürültü. HDB3 formatında analog sinyal olarak iletilir.**
 - Bit rate: 2048 Kbit/s +/- 50 ppm
 - Code: HDB3 (high density bipolar 3)

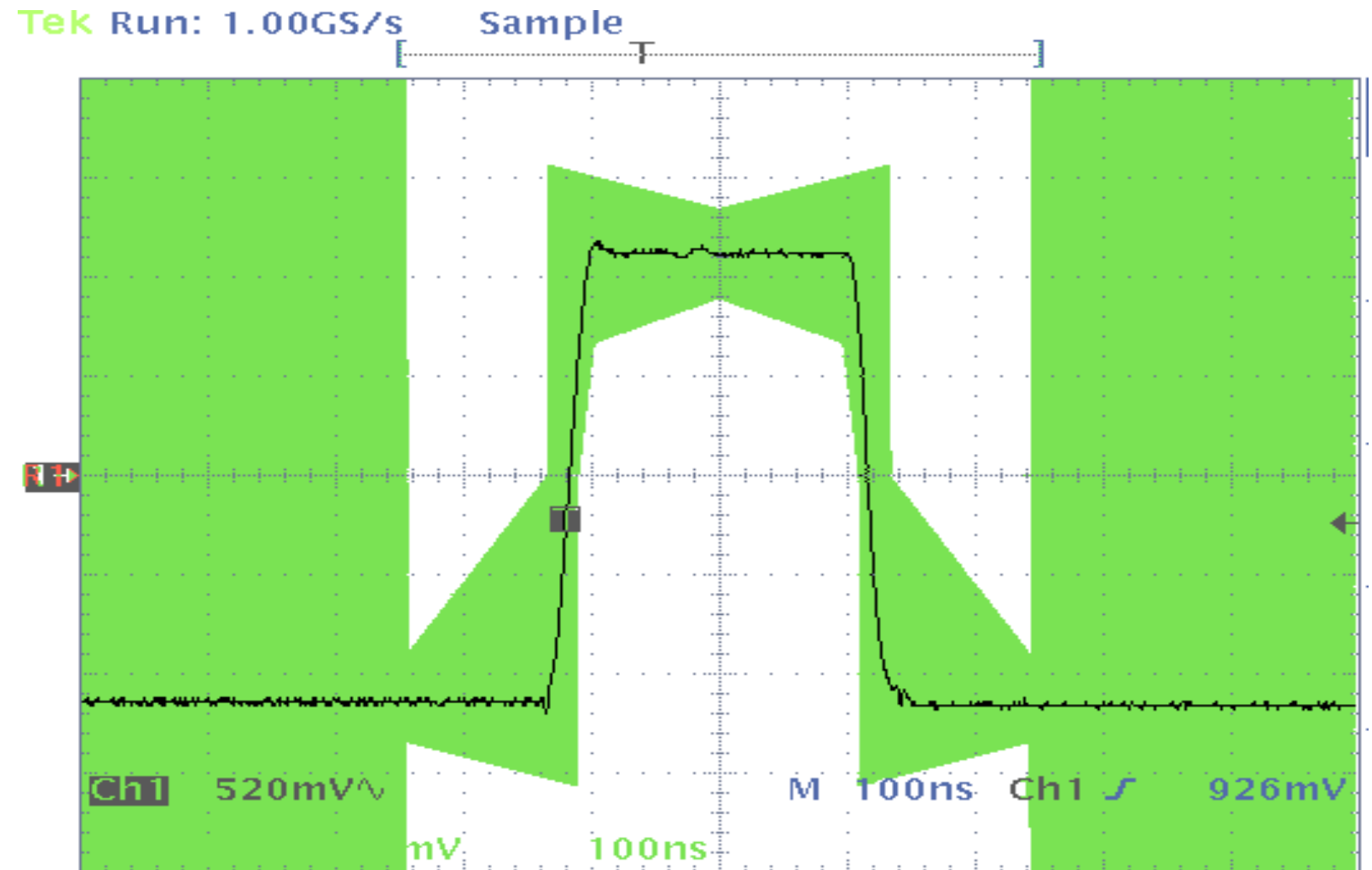
Table 6/G.703

Pulse shape (normally rectangular)	All marks of a valid signal must conform with the mask (see figure 15/G.703) irrespective of the sign. The value V corresponds to the peak value.	
Pair(s) in each direction	One coaxial pair	One symmetrical pair
Test load impedance	75 ohms resistive	120 ohms resistive
Nominal peak voltage of a mark (pulse)	2.37 V	3 V
Peak voltage of a space (no pulse)	0 ± 0.237 V	0 ± 0.3 V
Nominal pulse width	244 ns	
Ratio of the amplitude of positive and negative pulses at the centre of the pulse interval	0.95 to 1.05	
Ratio of the widths of positive and negative pulses at the normal half amplitude	0.95 to 1.05	
Maximum peak-to peak jitter at an output port	Refer to § 2 of Recommendation G.823	

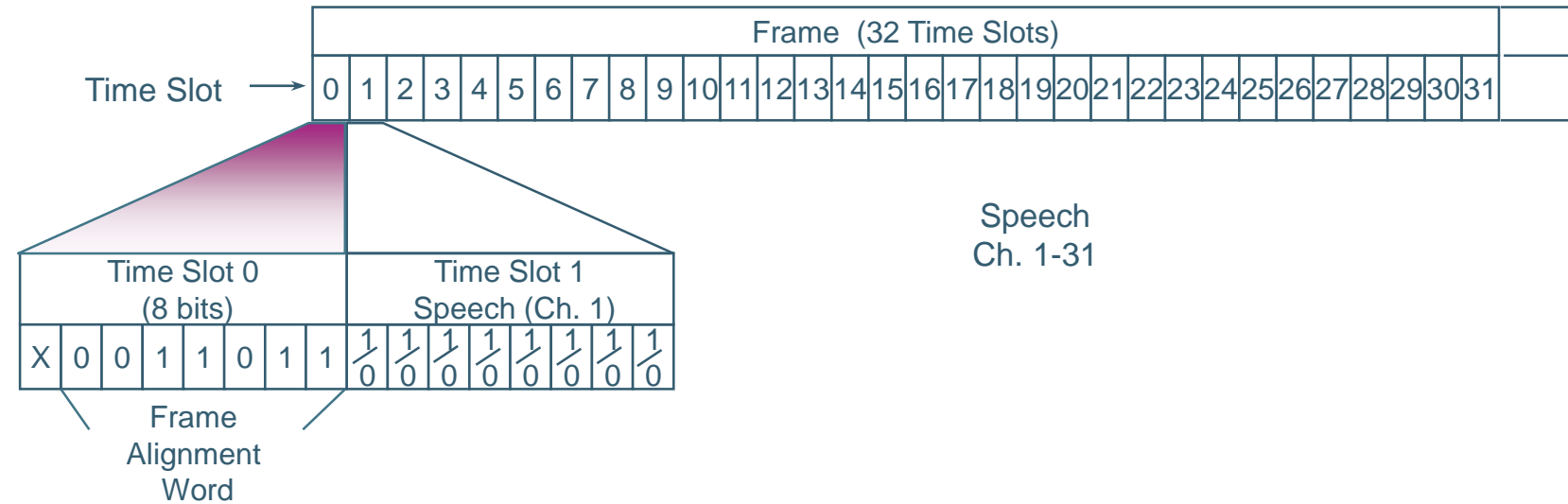
E1

ITU-T Specifications;

- ITU-T Rec. fig.15/G.703
sample capture of an
E1 signal with the
pulse shape mask



ITU-T Rec. G.704

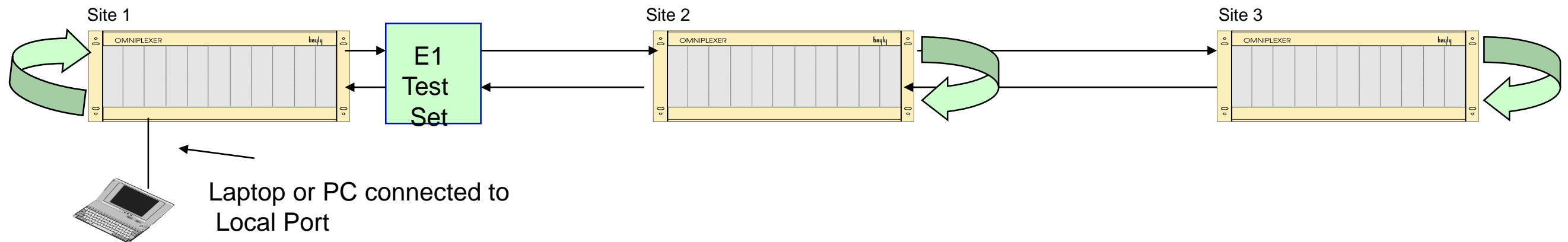


Applying this framing method to the OMNIBranch and OMNIFlex.

- TS 0 is used for framing and alarm information
- The OMNIBranch assigns channel numbers 1 to 31, for usable transmission.

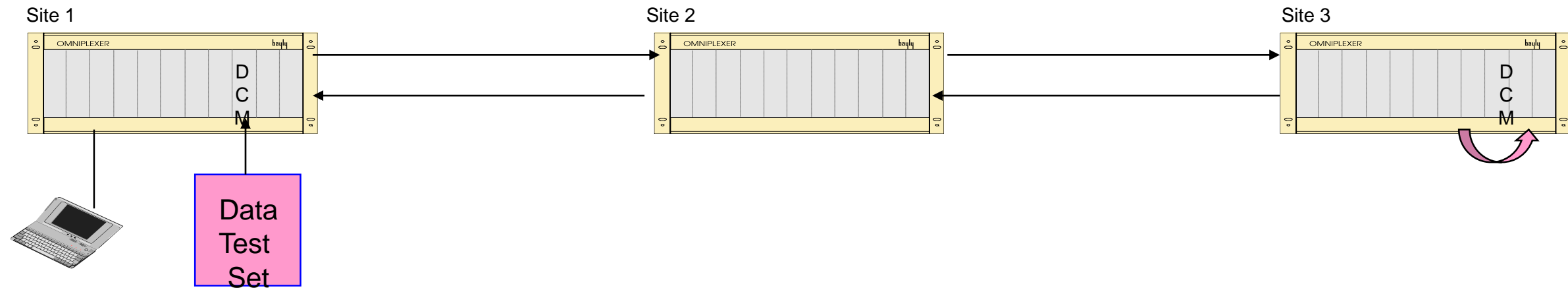
CCITT G.704 (32 Time Slots)																															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
OMNIBranch / OMNIFlex - 31 Time Slot Assignments																															
-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

E1 Bit Error Rate Testing



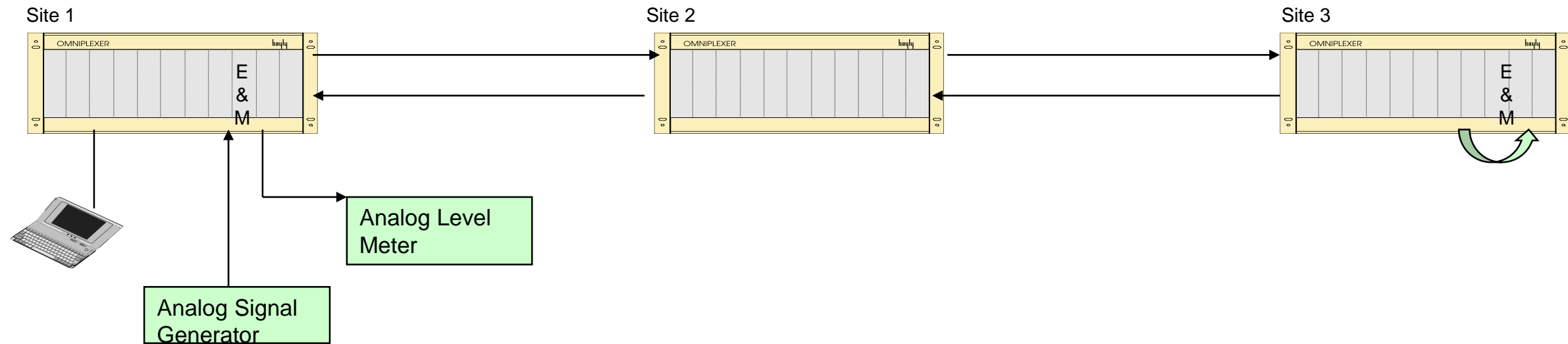
- From one location, technician can selectively test each link
- E1 remote loopback enabled sequentially to test link-by-link
- Testing performed in both “West” and “East” directions (using drop/insert E1 test set)
- Can test entire E1 bandwidth or time slot increments
- Duration of test is ½ to 1 hour
- Error rate of 10E-6 is acceptable, error rate of 10E-8 to 10E-9 is expected
- OMNIPlexer’s built-in E1 error rate testing will raise alarm if error rate rises above pre-programmed threshold (10E-6 to 10E-9)

Data Channel Testing



- From one location, technician can perform end-to-end bit error rate test for each data circuit
- Data channel remote loopback enabled
- Can test entire one time slot, multiple time slots or sub-rate time slot data channels
- Duration of test is ½ to 1 hour
- Error rate of 10E-6 is acceptable, error rate of 10E-8 to 10E-9 is expected

Voice Channel Testing



- From one location, technician can perform end-to-end bit test for each analog circuit
- Analog channel remote loopback enabled
- Measure analog level, signal-to-noise ratio, noise floor, distortion



Traffic Engineering

Sorular

- Telekom alt yapısı kurmak maliyet analizi gerektirmektedir. Çünkü bir yatırım söz konusudur. 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)
- Diğer bölgeler, internet ve veri haberleşmesi için de planlama yapılması gerekmektedir (E1) (Data, İnternet, iki telli sabit, GSM)

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.

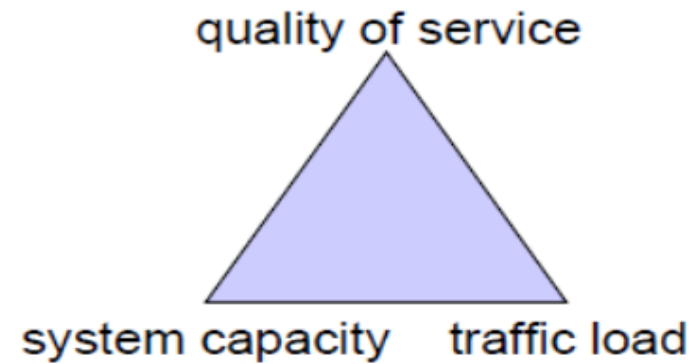


Traffic Theory
**1915: A. K.
Erlang**

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:

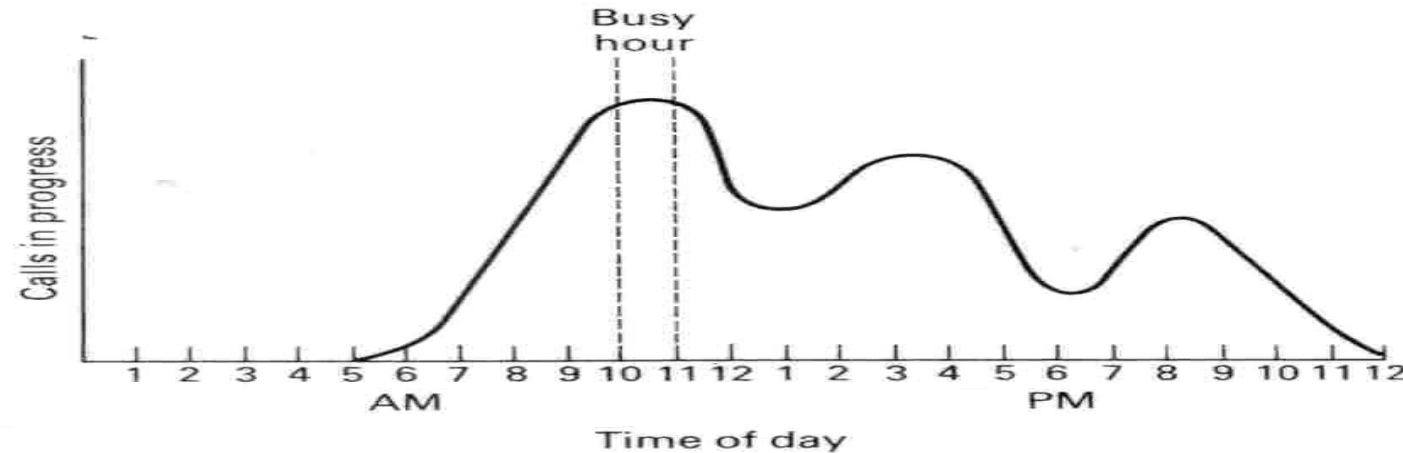


Figure 4.2 Traffic variation during a day.

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: Yoğun sosyal platform hizmetlerini müşterilerinin bölgesine taşıma (Google, Facebook, Whatsapp, Instagram, ...). Müşteri alışkanlıklarından veri tabanı yönetimi yapılır.

Örnek

- Bölgede GSM abone sayısı, $N=20000$ ise aynı anda GSM hizmetine yönelik Erlang, $E=1.5$ seçilmiş ise Türk Telekom ile GSM aboneleri arasında kaç adet E1 devresi planlanır?
- Aynı anda hizmet alan abone sayısı, $M=N \cdot E = 20\ 000 \cdot 1.5/100 = 300$ abone
- 1 adet E1 devresinde abone sayısı, 30 dur.
- E1 devre sayısı $= 300/30 = 10$ adet E1

Örnek

- Bölgede GSM abone sayısı, $N=20000$ ise aynı anda internet hizmetine yönelik her bir abone ortalama 4Kbps hizmet alıyor ise toplam veri hızını hesaplayınız? Erlang, $E=2$ olsun. İnternet hizmeti E1 ile verilecek ise E1 sayısını hesaplayınız.
- Aynı anda hizmet alan abone sayısı, $M=N \cdot E=20\ 000 \cdot 2/100=400$ abone
- İnternet hızı, $M_i=400 \cdot 4\text{Kbps}=1600\text{Kbps}=1.6\text{Mbps}$
- 1 adet E1 32 data kanalı var, fakat 2 adet data kanalı Kanal-0:ÇTB, Kanal-16: ÇÇTB ve İşaretleşme olarak kullanılmaktadır; o halde 30 adet data kanalı internet için kullanılır. E1 devresinde 1 data kanalından 1 saniyede 64000bit veri transfer edilmektedir.
- 30 data kanalından, $30 \cdot 64000\ \text{bps}=1920000\text{bps}=1920\text{Kbps}=1.92\text{Mbps}$
- $1.92\text{Mbps} > 1.6\text{Mbps}$ olduğun 1 adet E1 devresi yeterli olacaktır.

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 = $A = C_1 h / T = 1200 \times 3/60 = 60$ Erlang
- Taşınan trafik = $C_2 h / T = (1200-6) \times 3/60 = 59.7$ Erlang
- Kayıp trafik = $B = C_3 h / T = 6 \times 3/60 = 0.3$ Erlang
- 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

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

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

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

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