شبکه های کامپیوتری

نکات مهم

- میان ترم نداریم
- حضور و غیاب انجام نمی شود و نمره ندارد
- فقط دانشجویان علاقه مند به درس در کلاس حضور یابند
- از طرح مسائل غیر مرتبط در کلاس خودداری شود
- تحقیق اختیاری است و موضوعات تحقیق مشخص است
- فقط به تحقیق هایی که از کیفیت خوبی برخوردار باشند نمره تعلق می گیرد
- سقف نمره تحقیق ۳ نمره می باشد.
- ارائه تحقیق ارائه شده با استفاده از پاورپوینت در آخرین جلسات کلاس اجباری است.

فهرست مطالب

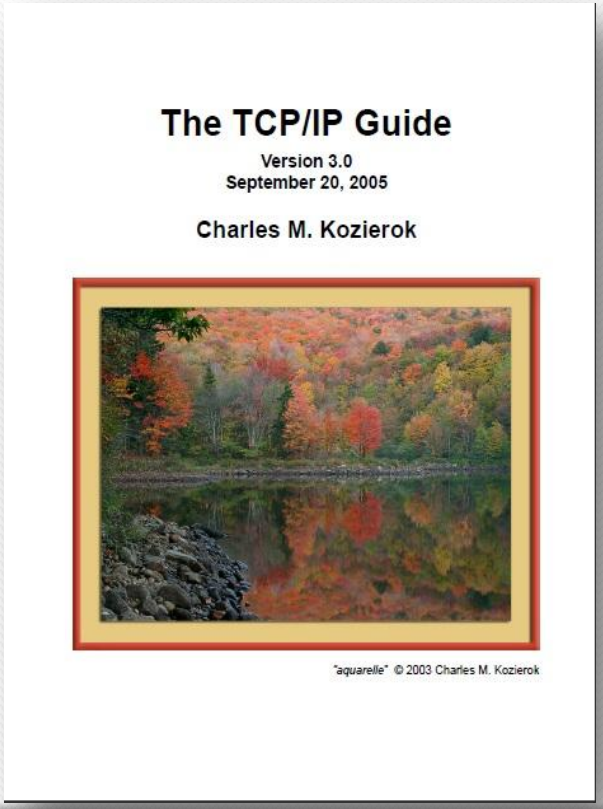
- مقدمه: کاربرد امروزی شبکه ها
- اصطلاحات و مفاهیم رایج در علم شبکه
- انواع توپولوژی شبکه
- مدلسازی شبکه
- مرور خلاصه مدل OSI
- تشریح لایه فیزیکی در شبکه
- تشریح رابطه نایکوئیست و رابطه شانون
- تشریح فناوری DSL در لایه فیزیکی

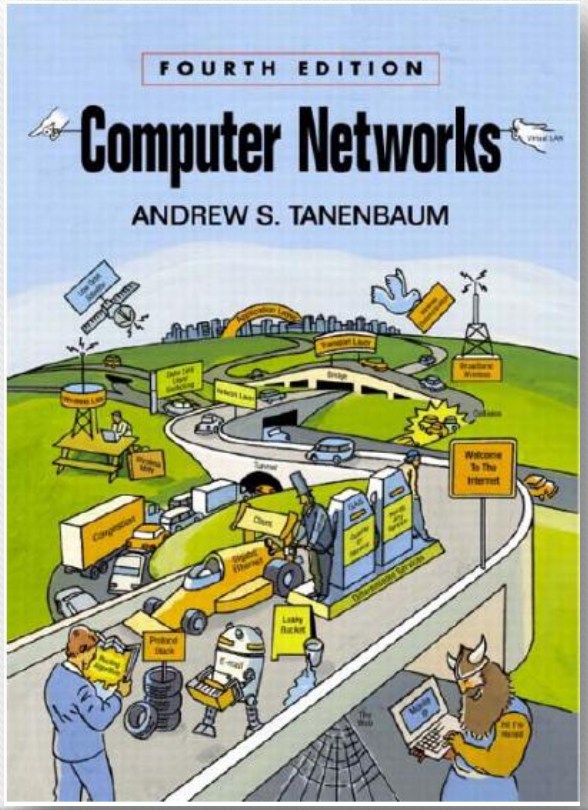
ادامه فهرست مطالب

- تشریح لایه دیتالینک (DLC)
- فرمت بندی بسته های داده در شبکه
- روش های کنترل خطا در شبکه
- پروتکل های ارتباط در شبکه
- پروتکل های دسترسی به کانال در شبکه
- پروتکل HDLC
- پروتکل TCP/IP
- تشریح لایه شبکه (Network) و روشهای مسیریابی در شبکه

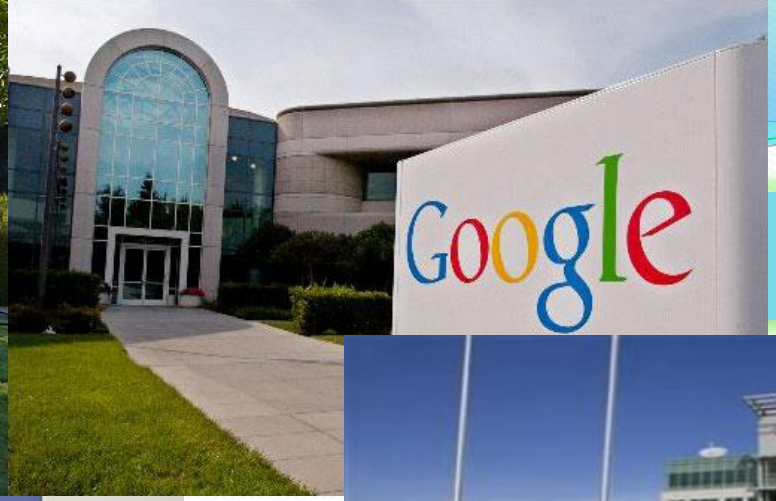
مراجع درسی

- **کتاب** Computer Networks – **تالیف:** Andrew S. Tanenbaum – **ویرایش ۴، سال ۲۰۰۳**
- **کتاب** The TCP/IP Guide – **تالیف:** Charles M. Kozierok – **ویرایش ۳، سال ۲۰۰۵**





اهمیت شبکه ها



اصطلاحات و مفاهیم رایج در شبکه

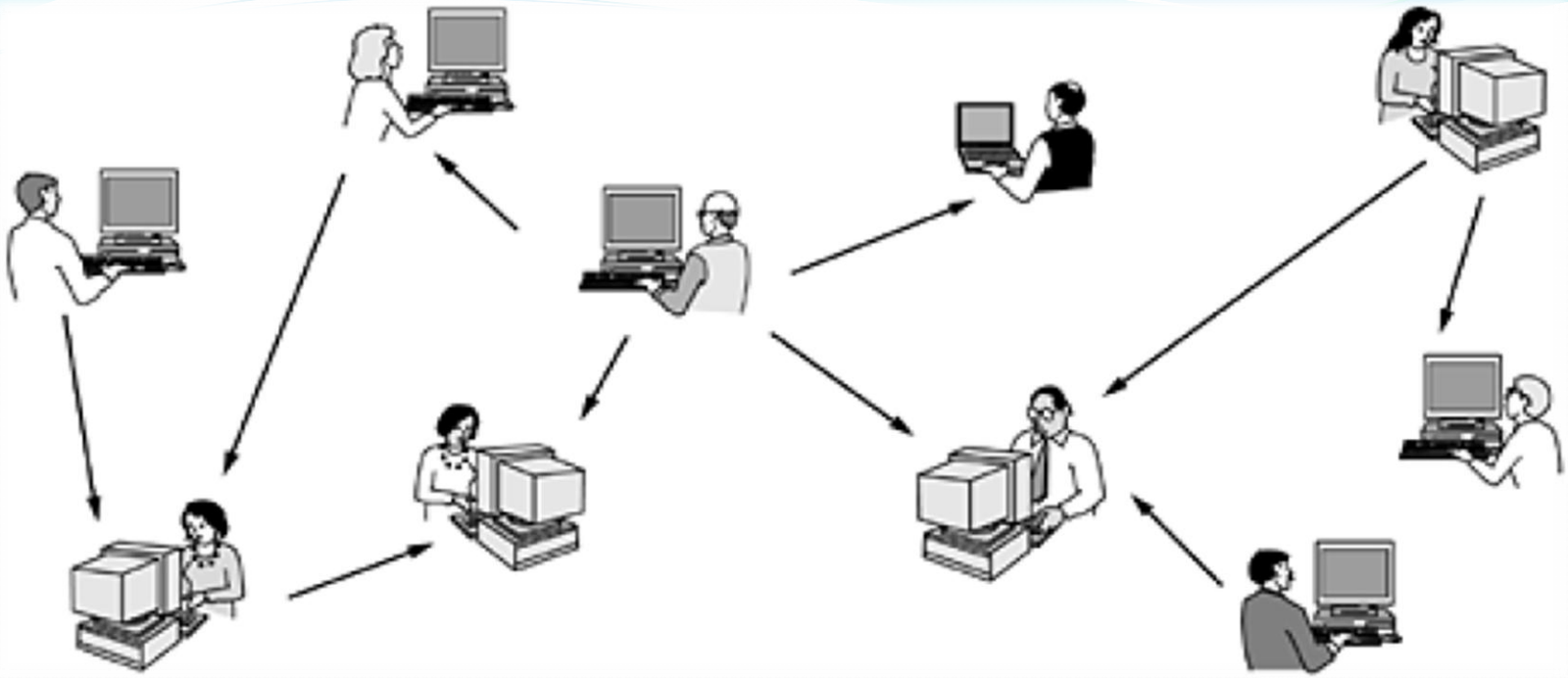
انواع شبکه از لحاظ نوع ارتباط:

- **شبکه های یکطرفه ساده (Simplex):** یک نقطه همواره فرستنده و بقیه همراه گیرنده می باشند.
- **شبکه های نیمه دوطرفه (Half Duplex):** هر نقطه در شبکه می تواند هم فرستنده و هم گیرنده باشد ولی نه در یک زمان واحد
- **شبکه های تمام دوطرفه (Full Duplex):** هر نقطه در هر لحظه می تواند هم فرستنده و هم گیرنده باشد.

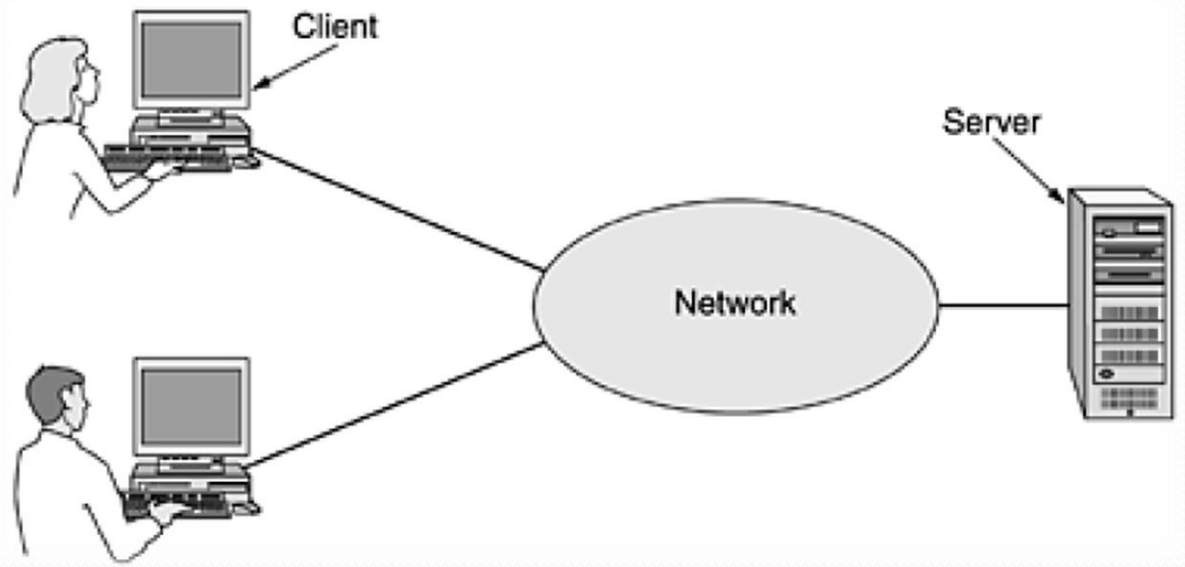
اصطلاحات و مفاهیم رایج در شبکه

انواع شبکه از لحاظ نوع مدیریت:

- **شبکه های Peer-to-Peer:** در این شبکه کلیه نقاط با یکدیگر متناظر می باشند.
- **شبکه های Client/Server:** در این شبکه یک یا چند نقطه به عنوان **master** و نقاط دیگر به عنوان **slave** معرفی می شوند و کلیه کارها با اجازه **master** انجام می گیرد.
- **شبکه های Point-2-Point:** حالت خاصی از شبکه **peer-2-peer** که در آن شبکه از دو نقطه ثابت و مشخص تشکیل گردیده است.



Peer-to-Peer Network



Client/Server Network

اصطلاحات و مفاهیم رایج در شبکه

انواع شبکه از لحاظ نحوه انتشار داده:

- **شبکه های** Unicast **:** هر بسته داده در هر لحظه می تواند تنها به یک مقصد منتقل شود.
- **شبکه های** Multicast **:** هربسته داده در هر لحظه می تواند به چند مقصد ارسال شود.
- **شبکه های** Broadcast **:** هر بسته داده در هر لحظه می تواند به تمام نقاط شبکه ارسال شود.

اصطلاحات و مفاهیم رایج در شبکه

انواع شبکه از لحاظ گستره جغرافیایی:

- **شبکه LAN (Local Area Network) :** شبکه ای که گستره جغرافیایی آن در حد یک منطقه کوچک و محدود می باشد.
- **شبکه MAN (Metropolitan Area Network) :** شبکه ای که گستره جغرافیایی آن در حد یک یا چند شهر است.
- **شبکه WAN (Wide Area Network) :** شبکه ای که گستره جغرافیایی آن در حد یک یا چند کشور است.

اصطلاحات و مفاهیم رایج در شبکه

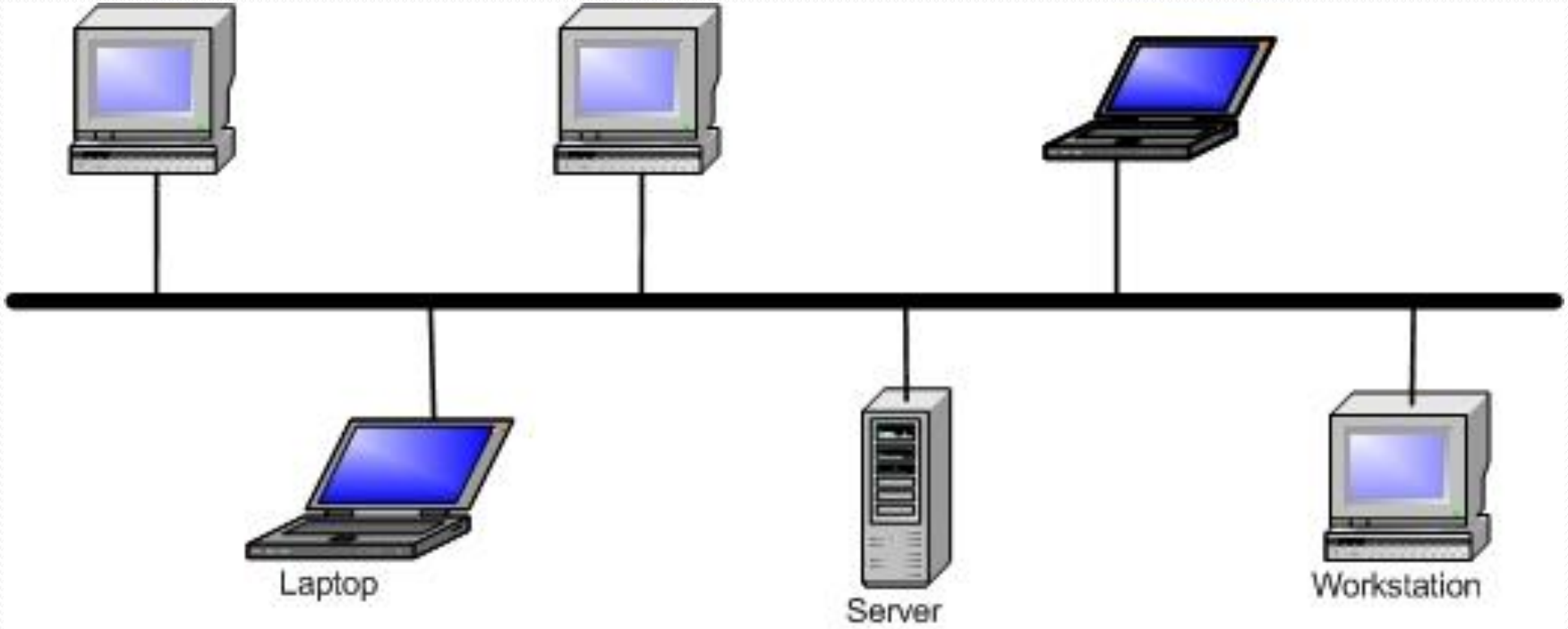
انواع شبکه :

- **شبکه اینترانت (Intranet) :** یک شبکه LAN که برخی امکانات و سرویس های محدود از قبیل سرویس ایمیل را برای کاربران خود فراهم می سازد.
- **شبکه اینترنت (Internetwork) :** شبکه ای که از بهم پیوستن کلیه شبکه ها در اقصی نقاط جهان ایجاد می گردد.
- **شبکه PAN (Personal Area Network):** شبکه ای کوچک که از بهم پیوستن وسایل الکترونیکی مختلف (عمدتا شخصی) بر پایه پروتکل بلوتوث ایجاد می گردد.

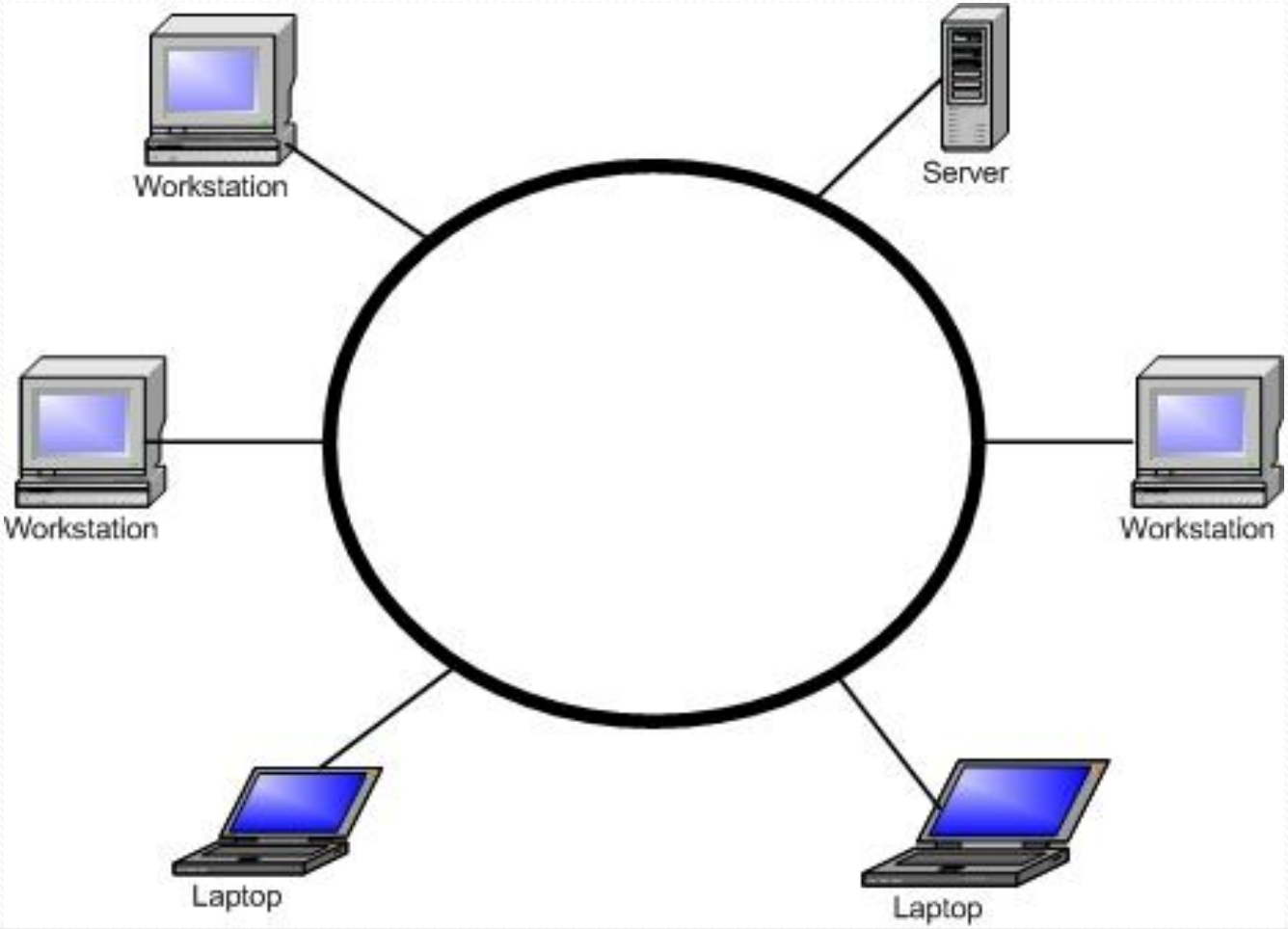
انواع توپولوژی در شبکه

- توپولوژی : نحوه همبندی و ارتباط میان اجزاء و نقاط در شبکه

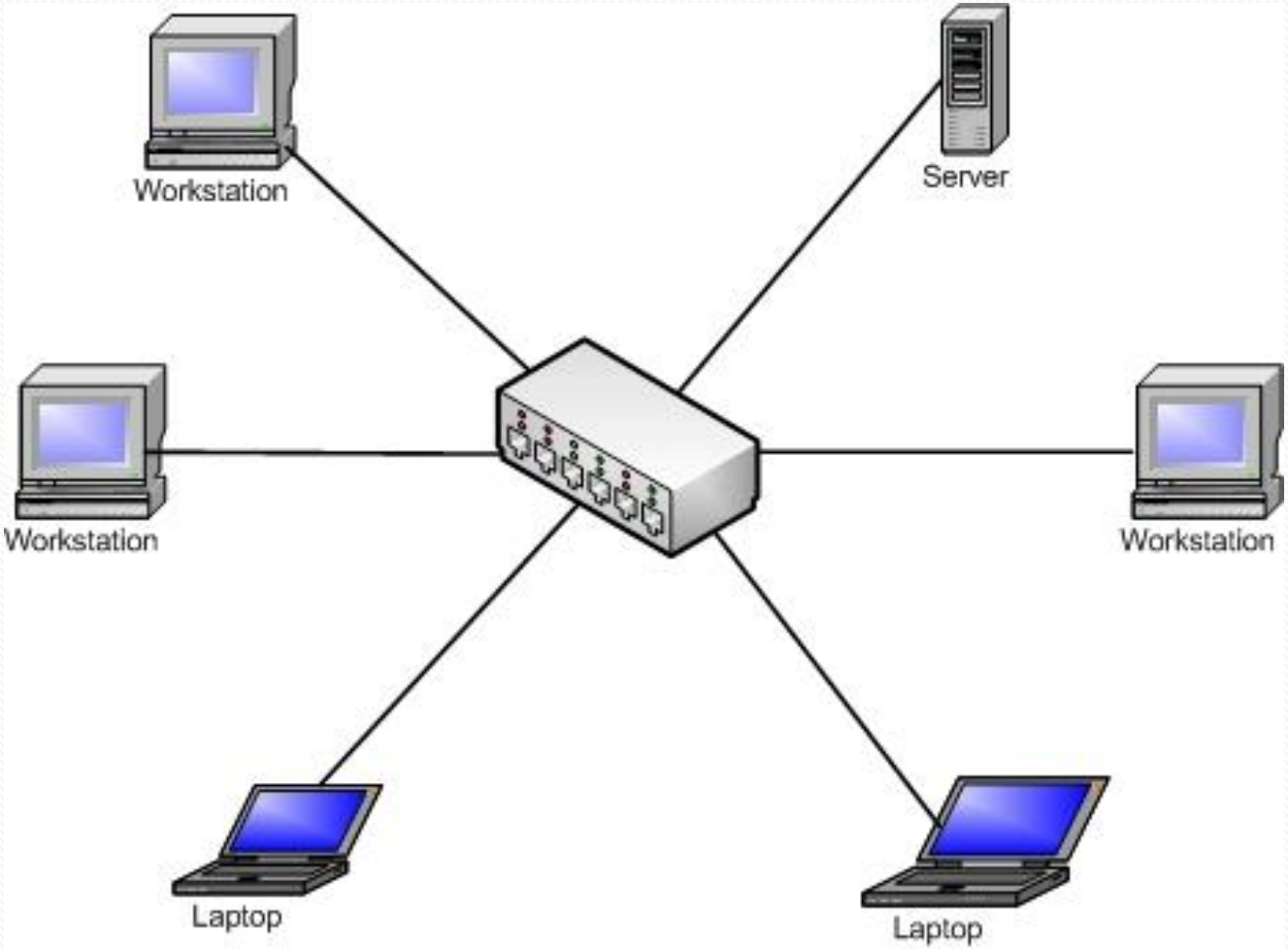
توپولوژی باس



توپولوژی حلقه (Ring)

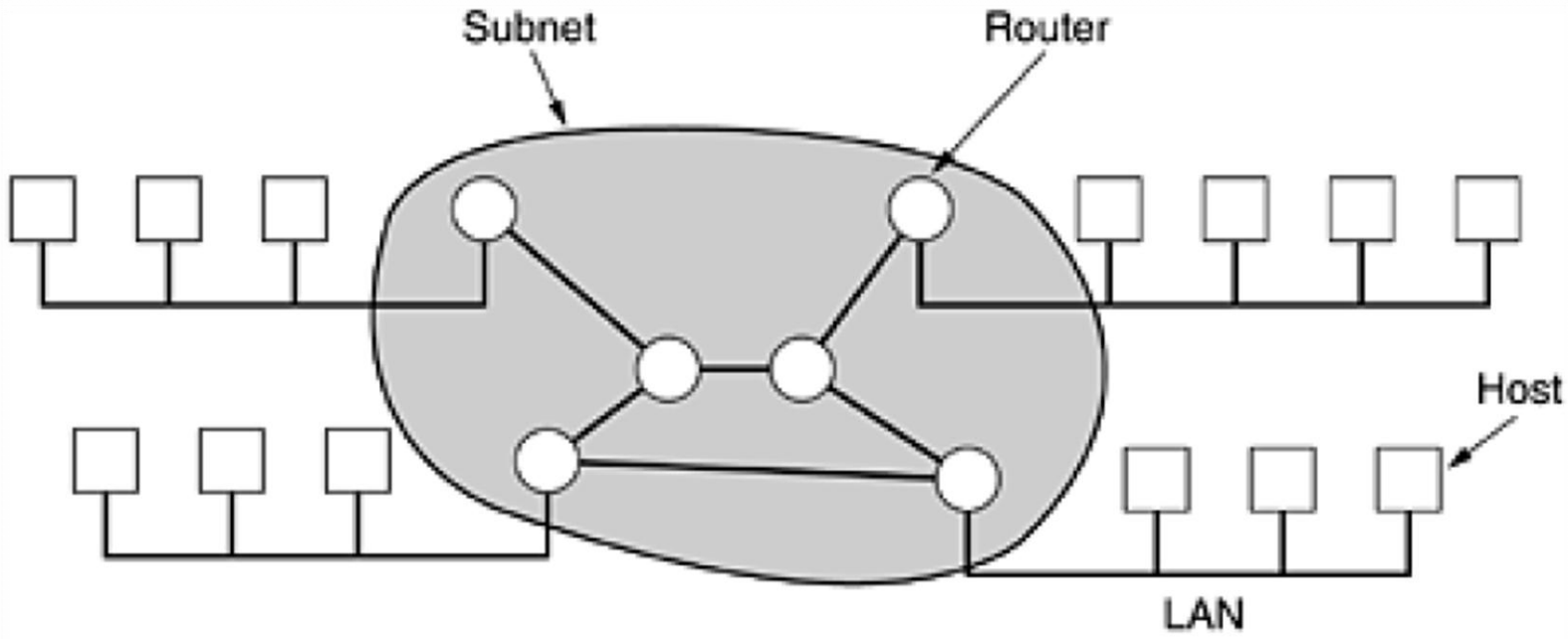


توپولوژی ستاره (Star)

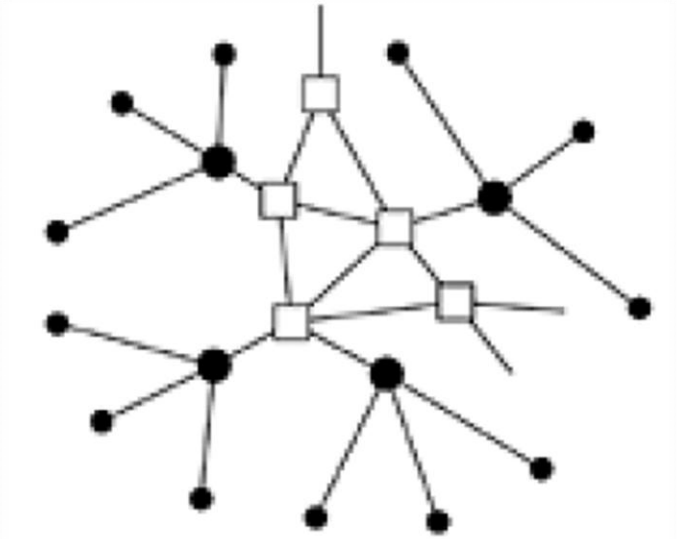


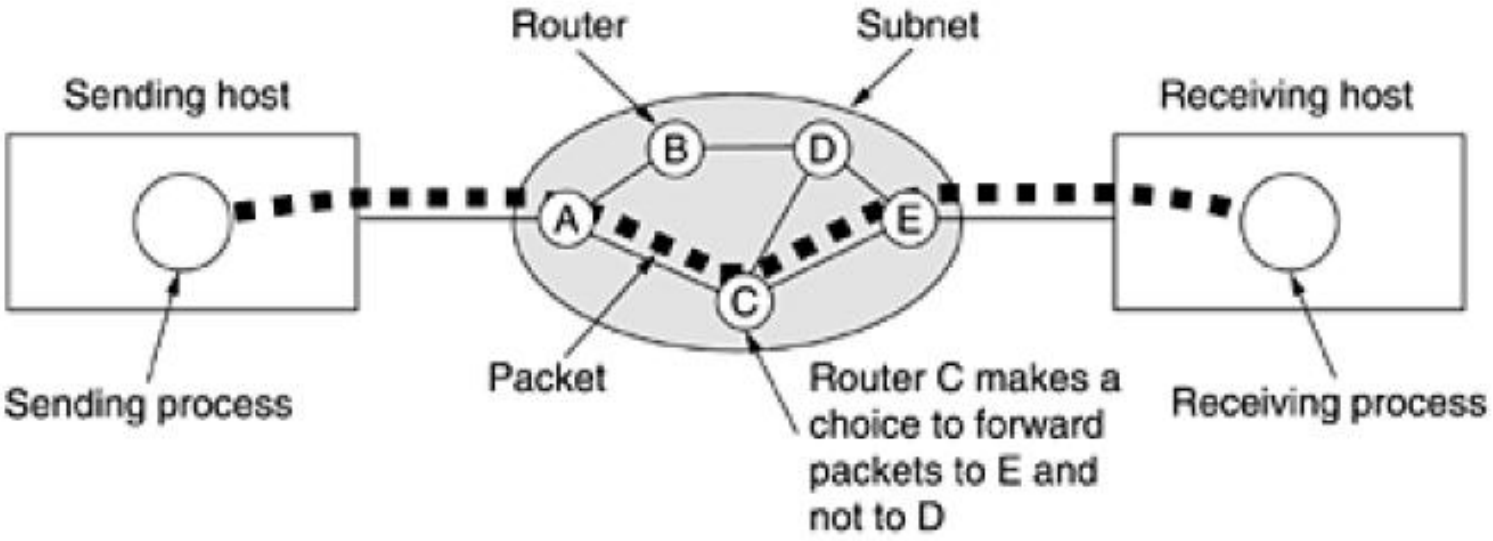
انواع توپولوژی در شبکه

اتصال انواع توپولوژی ها به یکدیگر



انواع توپولوژی در شبکه



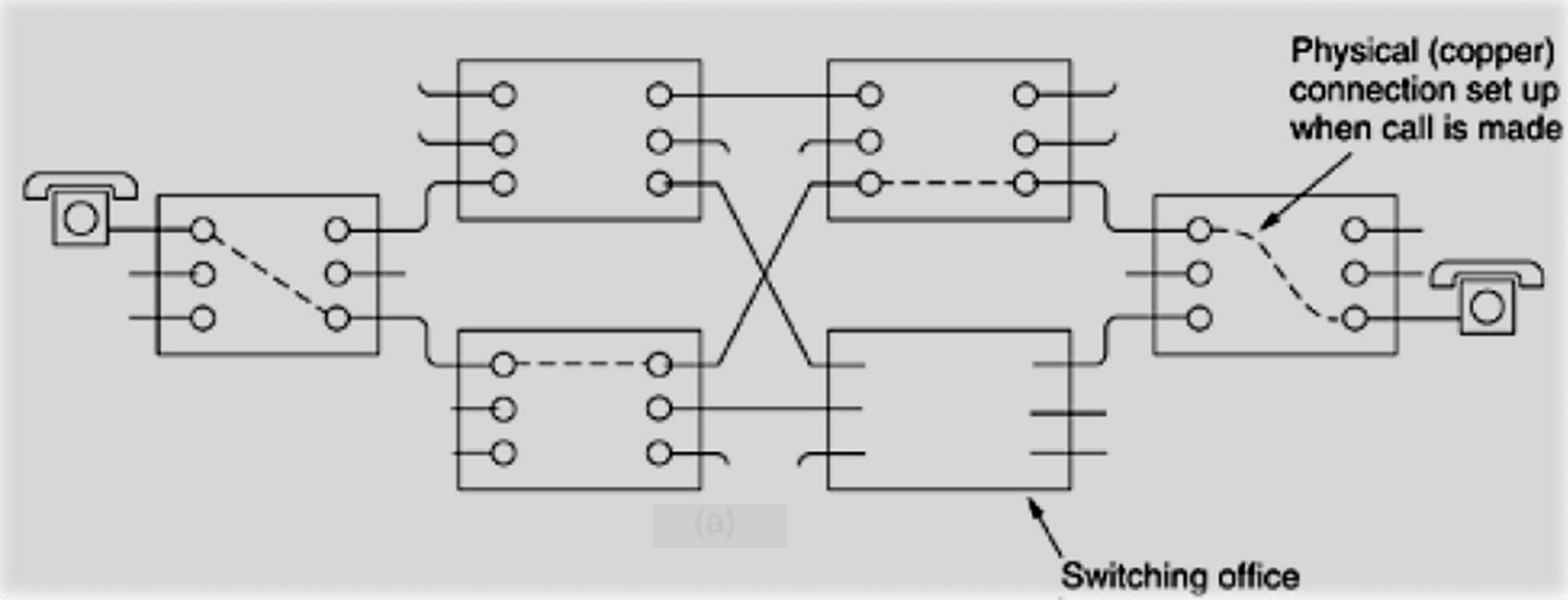


روش های ارسال اطلاعات در شبکه

- روش Connection Oriented: در این روش به سه فاز مشخص در برقراری ارتباط احتیاج می باشد: فاز برقراری ارتباط، فاز تبادل اطلاعات و فاز قطع ارتباط
- روش Connectionless : در این روش احتیاجی به برقراری ارتباط ثابت نمی باشد لذا نیازی به قطع ارتباط نیز وجود ندارد.

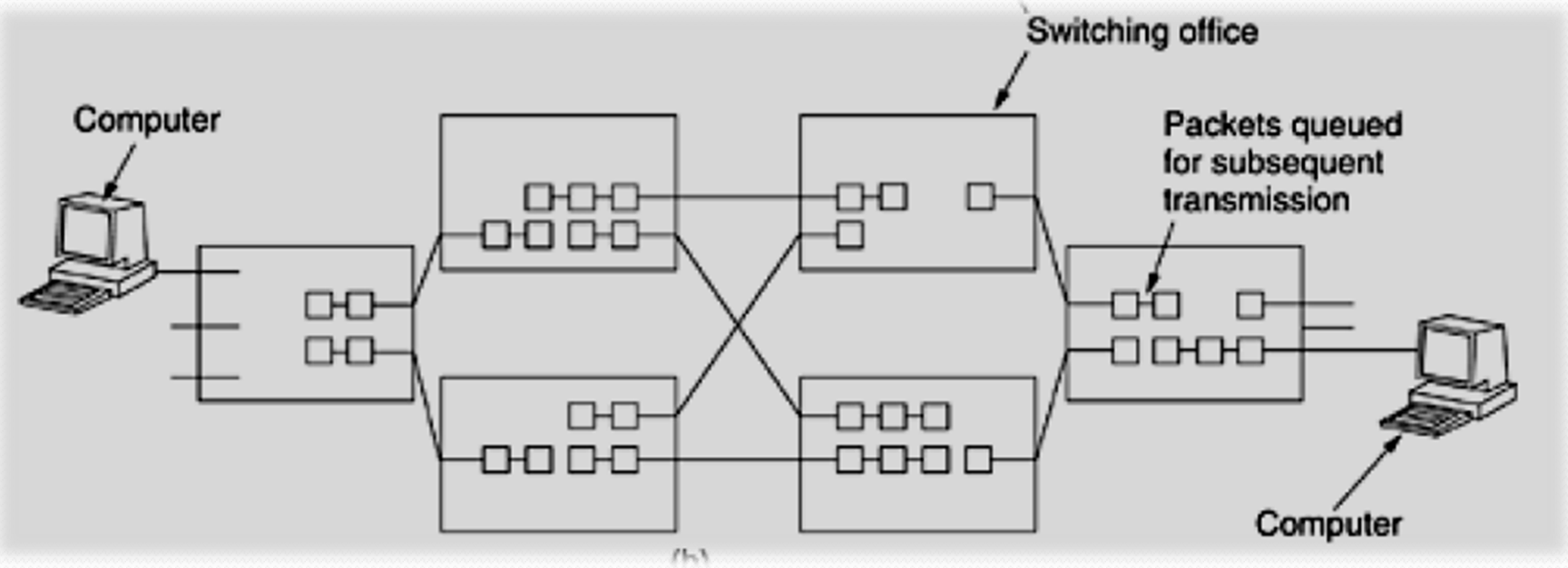
سیستم های ارسال پیام در شبکه

- Circuit Switching : در این روش احتیاج به یک مسیر فیزیکی، مشخص و اختصاصی برای برقراری ارتباط بین دو نقطه وجود دارد.

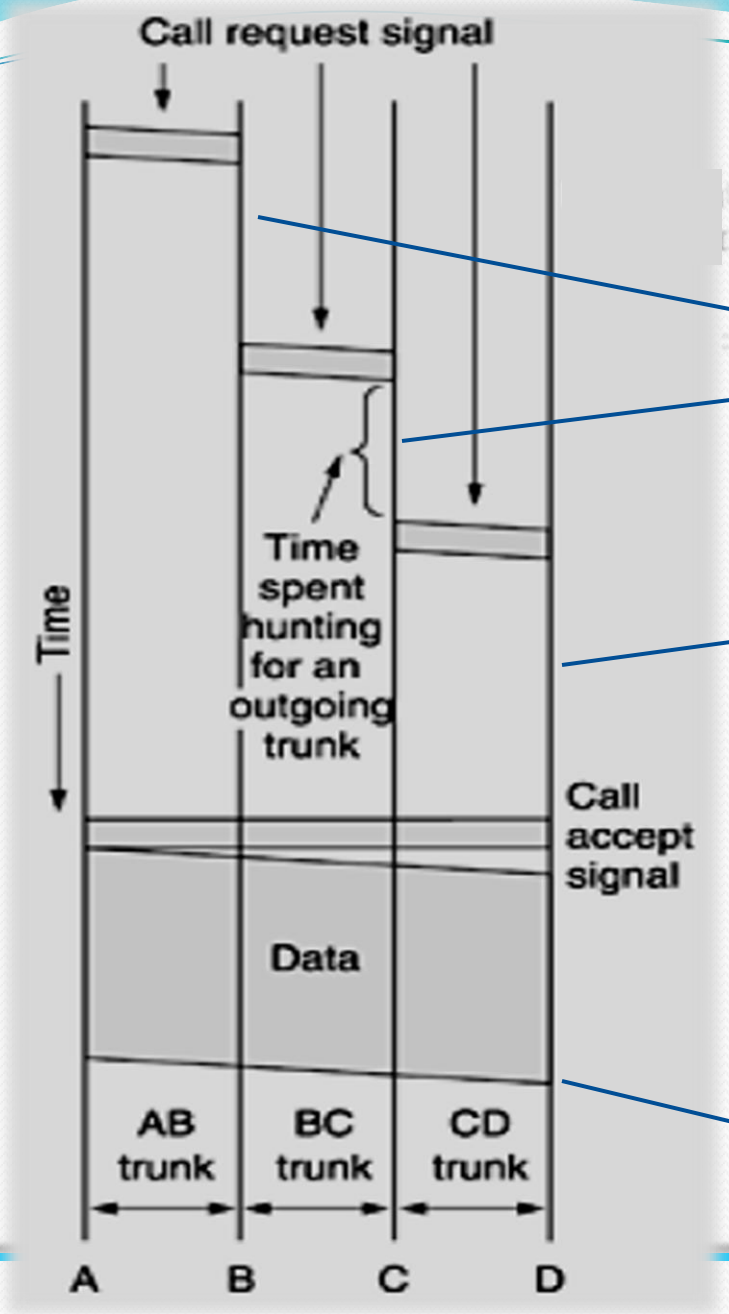


روشهای ارسال پیام در شبکه

- **Packet Switching** : در این روش احتیاج به مسیر فیزیکی، مشخص و اختصاصی برای برقراری ارتباط بین دو نقطه نیست و ارتباط از طریق مسیرهای موقت و غیر اختصاصی شکل می گیرد.



بررسی دیتاگرام روش C.S



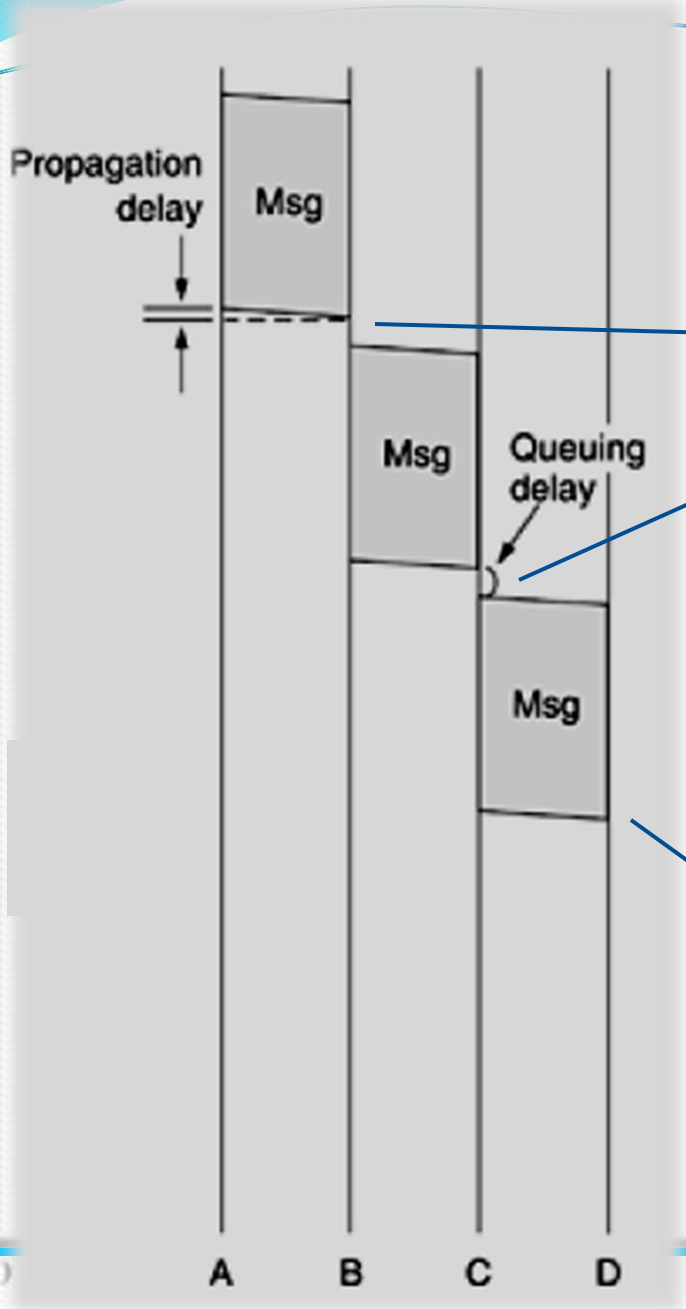
زمان بررسی درخواست، تصمیم گیری و مشخص سازی مسیر بعدی

زمان بررسی درخواست و تصمیم گیری در خصوص پذیرش و یا عدم پذیرش درخواست

- همه خطوط افقی دارای شیب مربوط به تاخیر انتشار می باشند.
- راندمان ارتباط چگونه محاسبه میگردد؟

زمان دریافت آخرین بیت از داده

بررسی دیتاگرام روش P.S

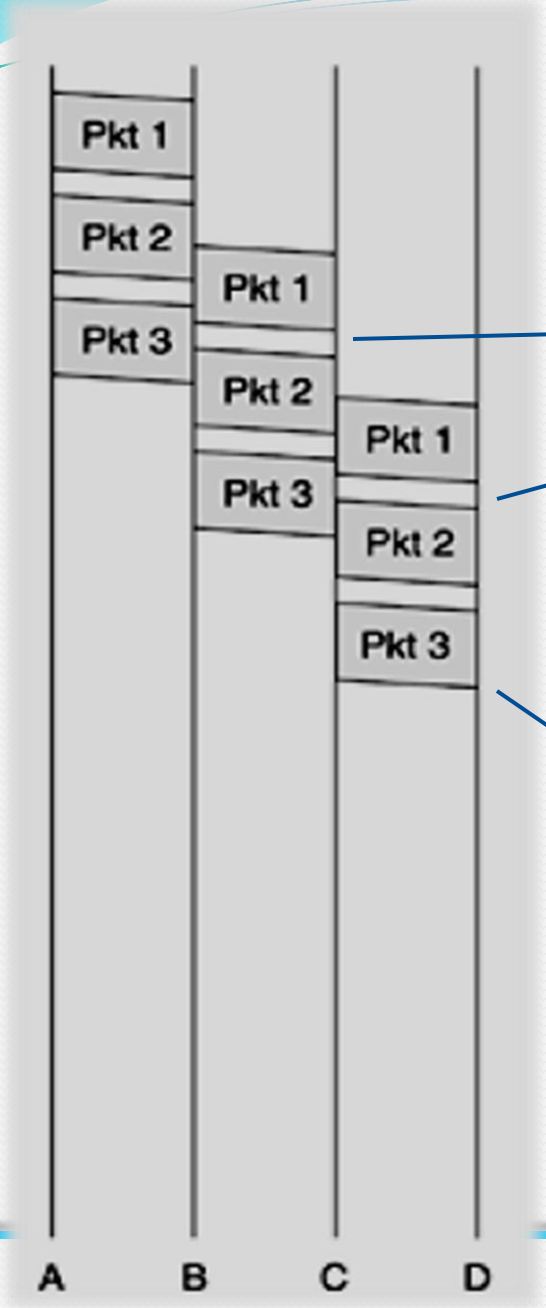


زمان های پردازش بسته و مسیریابی

- همه خطوط افقی دارای شیب مربوط به تاخیر انتشار می باشند.
- راندمان ارتباط چگونه محاسبه میگردد؟

زمان دریافت آخرین بیت از بسته داده

بررسی اثر طول بسته در روش P.S

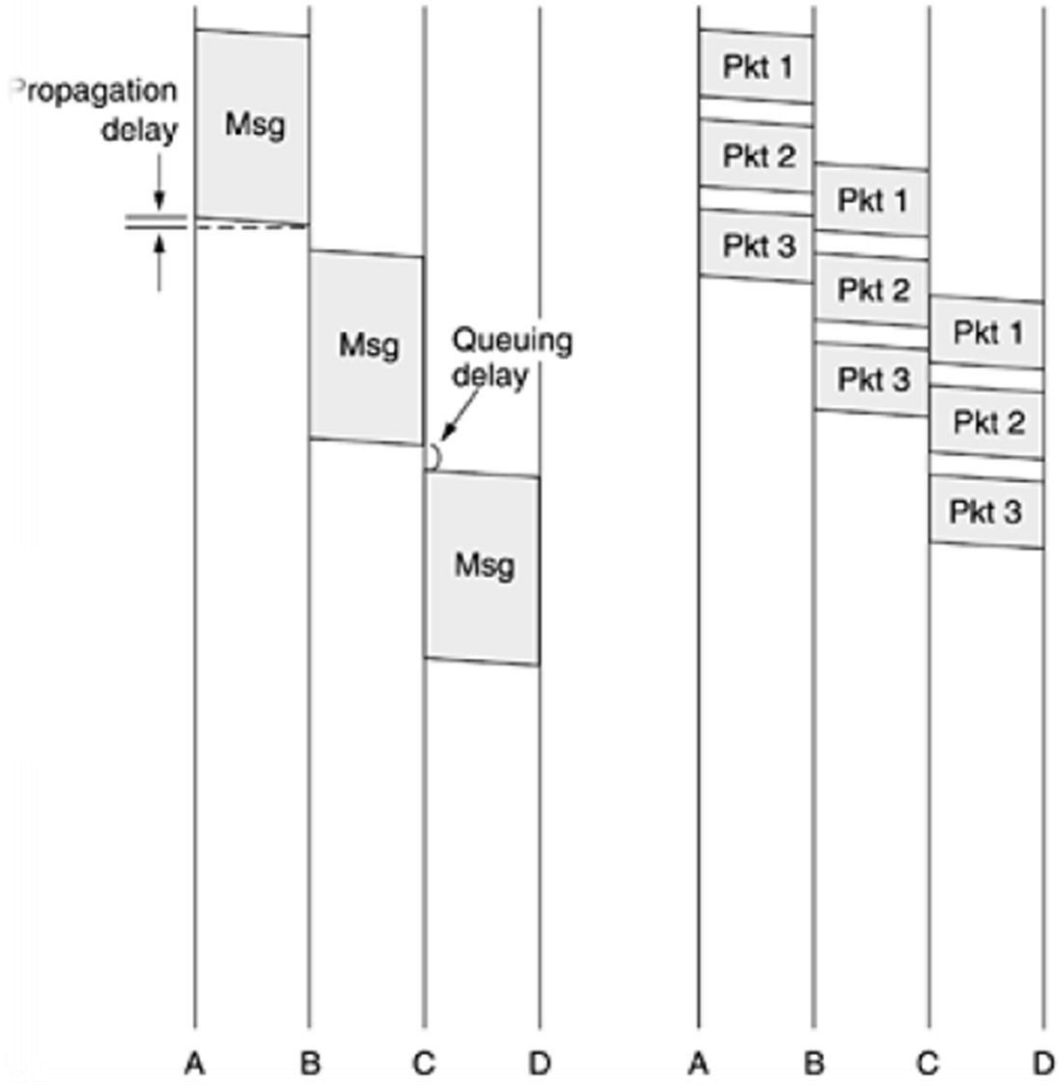


زمان های پردازش بسته و مسیریابی

- در این دیتاگرام، پیام به ۳ بسته مساوی تقسیم شده است و با روش PS ارسال می گردد.
- همه خطوط افقی دارای شیب مربوط به تاخیر انتشار می باشند.

زمان دریافت آخرین بیت از آخرین بسته داده

بررسی اثر طول بسته در روش P.S

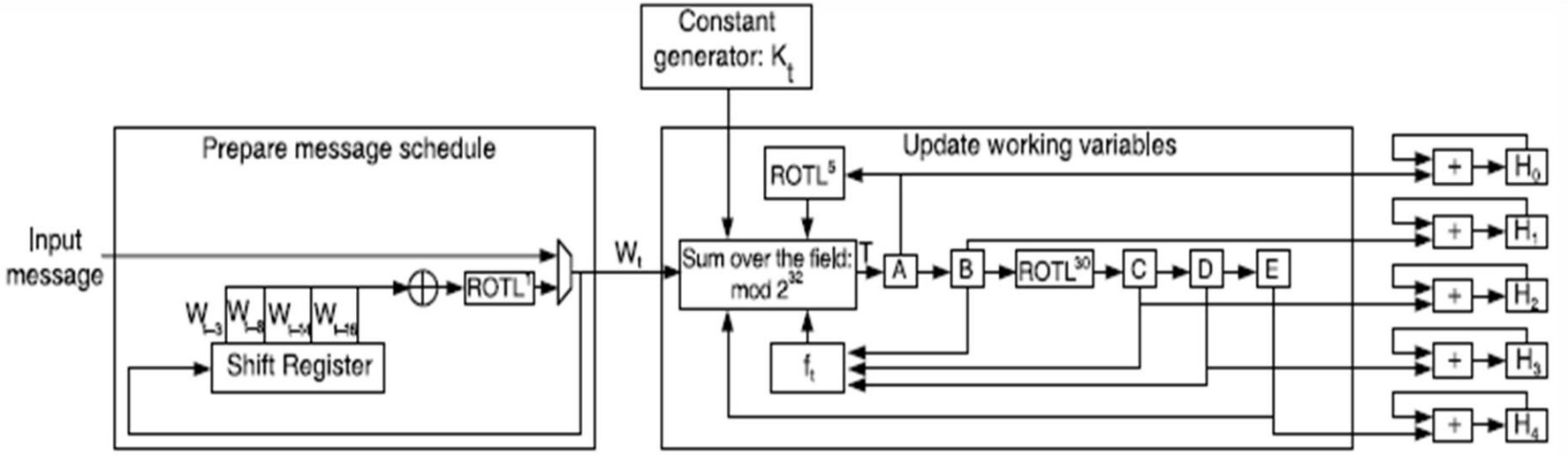


- کوچک کردن بسته ها می تواند موجب همپوشانی بین زمان های ارسال هر بسته با زمان های تاخیر انتشار و زمان های پردازش گردد و لذا زمان ارسال کل پیام را کوتاهتر می سازد.
- کوچک کردن بسته های داده تا کجا می تواند ادامه یابد؟!

مدلسازی شبکه

- چرا سیستم ها را مدل می کنیم ؟
- انواع روش های مدلسازی:
  - مدلسازی ماجولار (Modular):

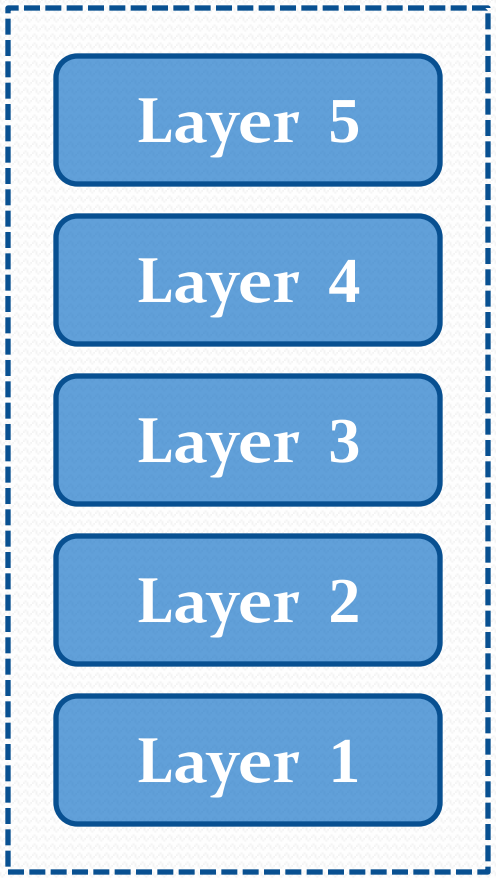
تعداد ماجول ها و وظیفه ماجول ها



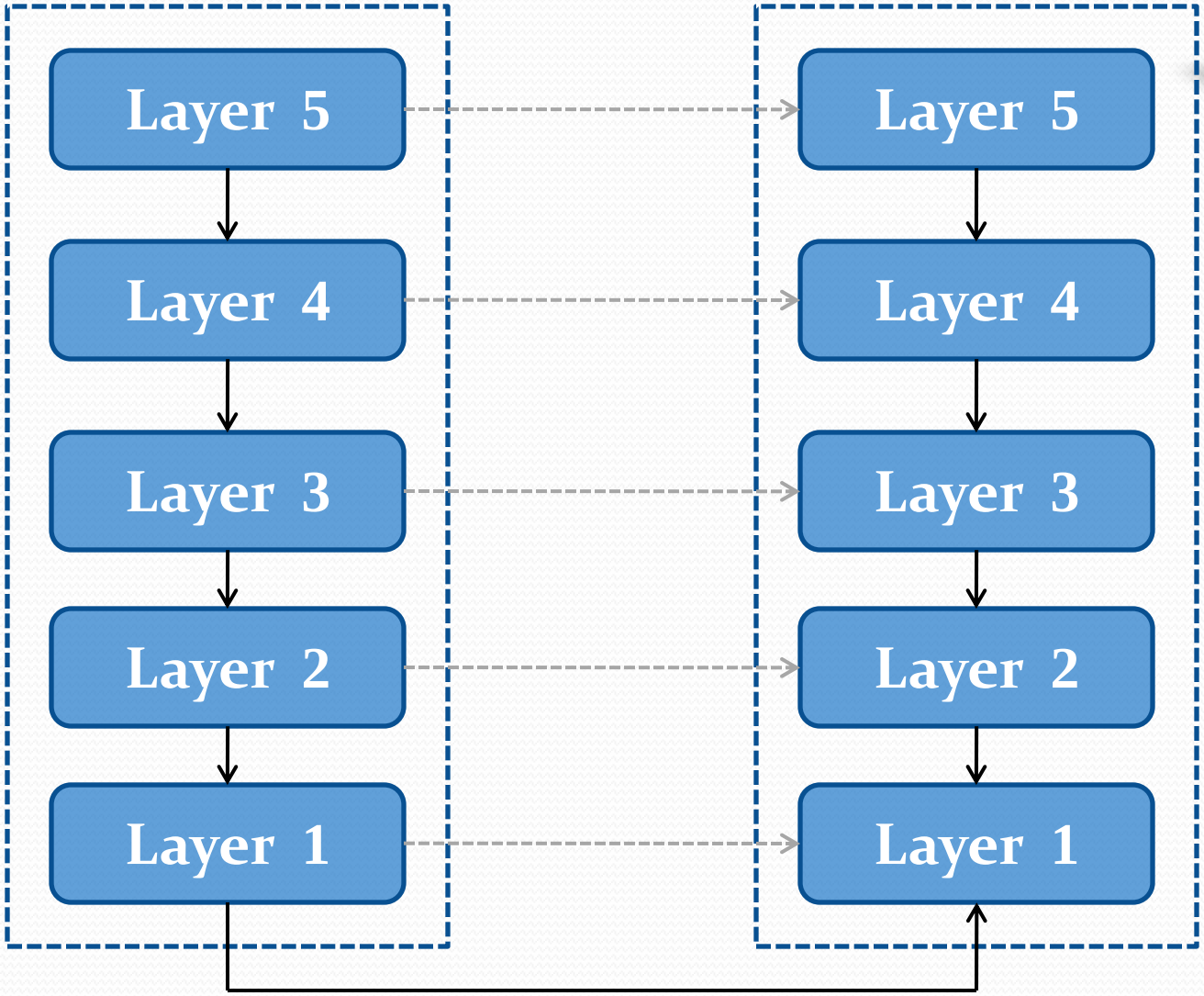
مدلسازی شبکه

❑ انواع روش های مدلسازی:

- **مدلسازی لایه ای:**
  - هرلایه از لایه پایینی خود سرویس می گیرد و به لایه بالایی خود سرویس می دهد.
  - هرلایه فقط با لایه های بالایی، پایینی و لایه متناظر خود در یک نود دیگر در ارتباط می باشد.
  - هرچه از لایه های پایینی به سمت لایه های بالایی حرکت می کنیم از ماهیت سخت افزاری لایه کاسته و به ماهیت نرم افزاری آن افزوده می شود.



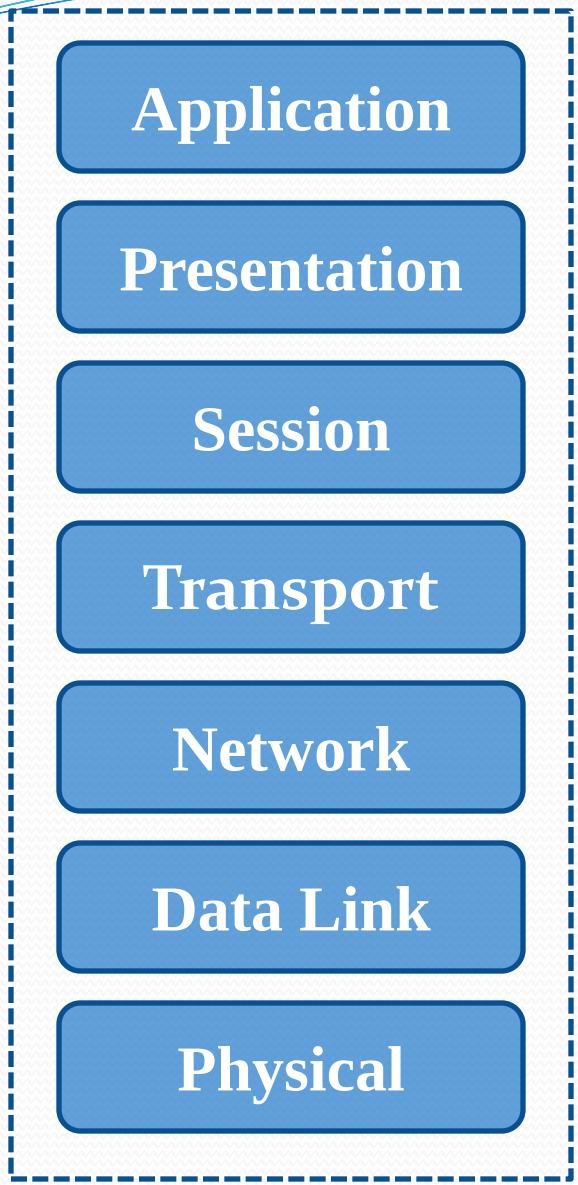
مدل لایه ای در شبکه



- تعداد لایه ها و وظیفه لایه ها
- Primitive چیست؟
- PDU چیست؟

معرفی مدل OSI

- مدل ۷ لایه ای استاندارد



لایه ۷

لایه ۶

لایه ۵

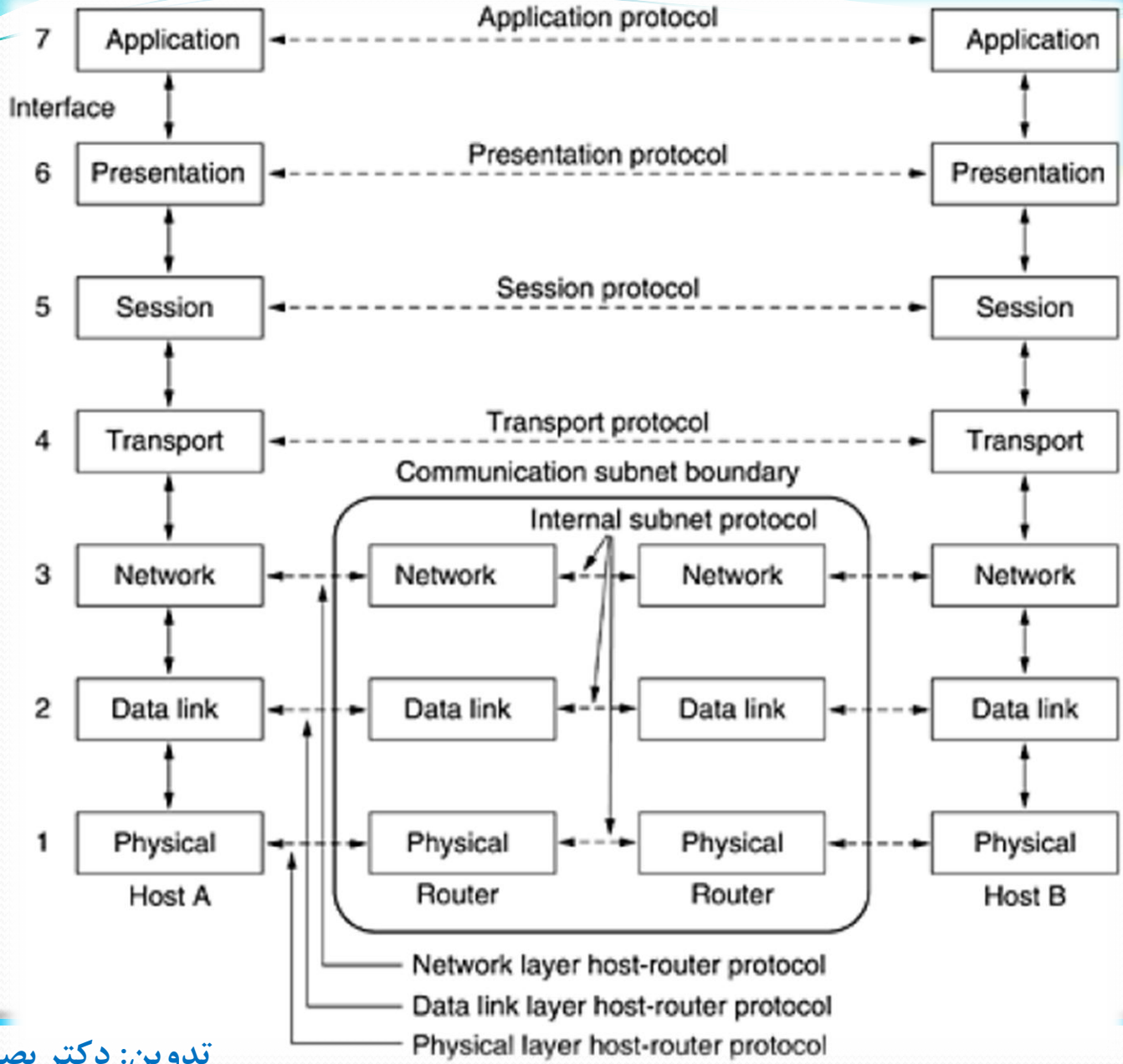
لایه ۴

لایه ۳

لایه ۲

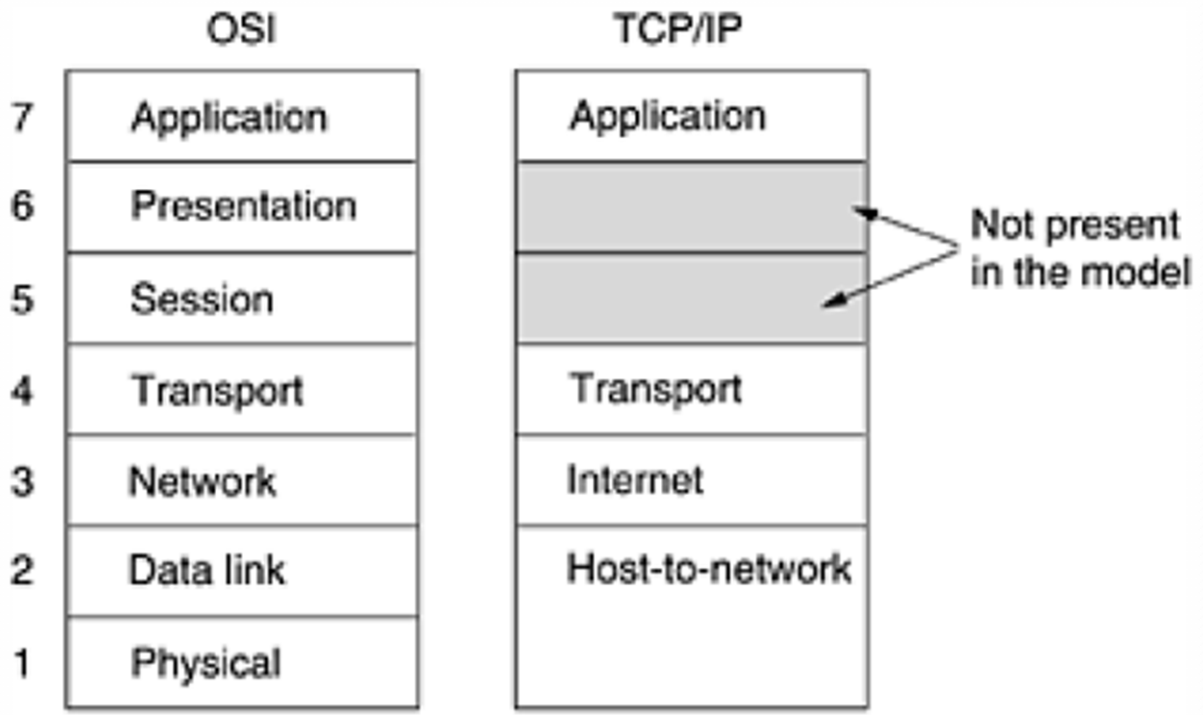
لایه ۱

معرفی مدل OSI



معرفی مدل TCP/IP

- از ادغام دو لایه Session و Presentation با لایه Application یک مدل ۵ لایه با نام مدل TCP/IP ایجاد می گردد.



معرفی لایه ها در مدل OSI

- **لایه فیزیکی:** این لایه همان مدیا یا بستر ارتباط نقاط در شبکه می باشد که سیگنال الکتریکی از طریق آن بین نقاط انتشار می یابد و می تواند سیم، کابل، فیبر نوری، امواج رادیویی، ماهواره و یا هر بستر ارتباطی دیگر باشد.

- لایه فیزیکی کاملا سخت افزاری می باشد.
- نقش این لایه در سرعت تبادل داده ها، کیفیت ارتباط، نویز پذیری، هزینه پیاده سازی شبکه، بسیار موثر است.

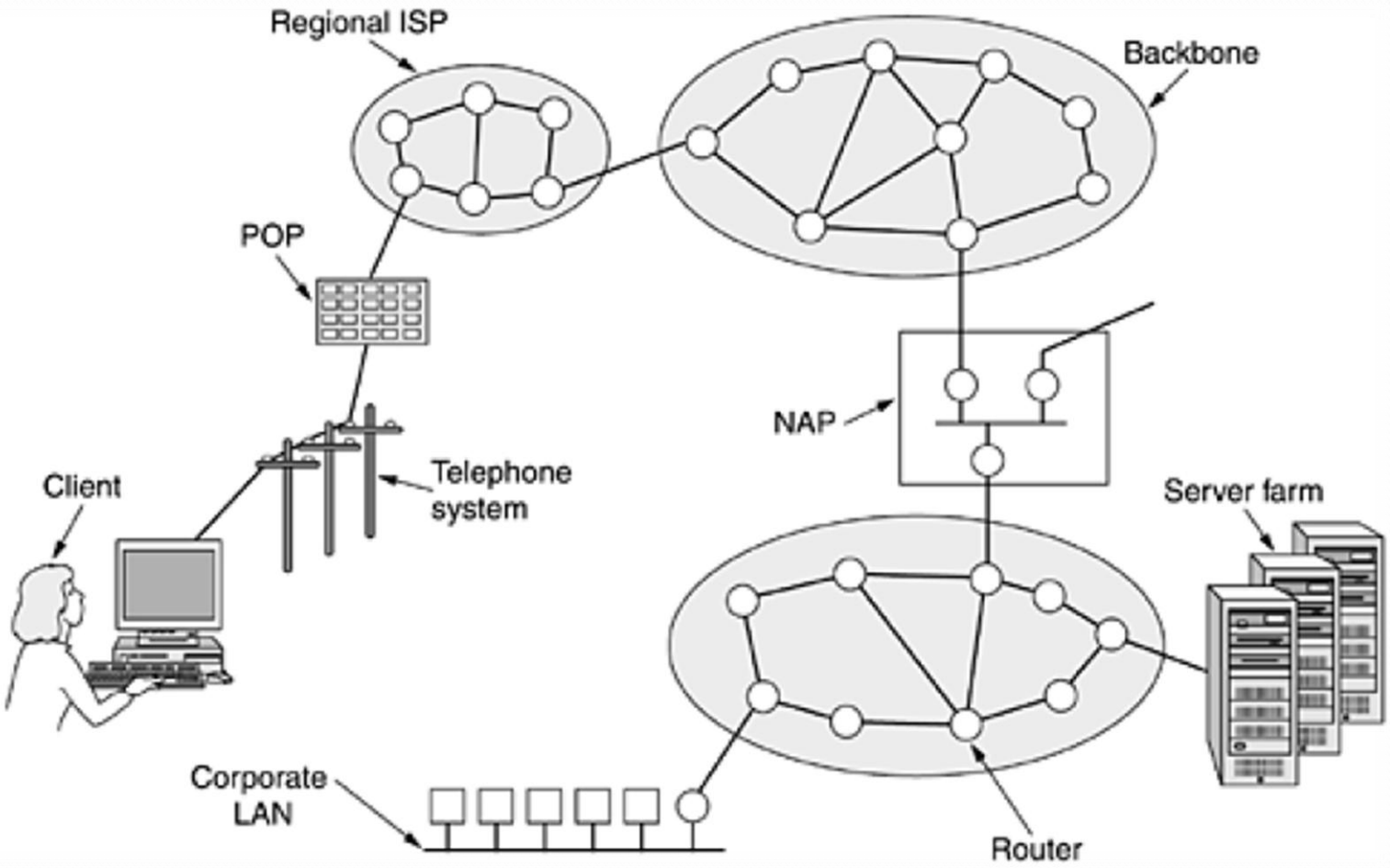
معرفی لایه ها در مدل OSI

- **لایه دیتالینک (DLC):** این لایه سه وظیفه مهم زیر را برعهده دارد:
  - **بسته بندی و فرمت دهی داده ها در قالب بسته های داده**
  - **کنترل خطای ارتباطات در شبکه**
  - **مدیریت دسترسی به کانال ارتباطی**
- لایه DLC دارای بخش های سخت افزاری و نرم افزاری می باشد.
- اجزایی از قبیل مودم و کارت شبکه جزو اجزای این لایه به شمار می روند.

معرفی لایه ها در مدل OSI

- **لایه شبکه (Network):** این لایه دو ظیفه مهم زیر را برعهده دارد:
  - **مسیریابی بسته های داده در شبکه**
  - **کنترل ترافیک در شبکه**
- لایه شبکه دارای بخش های سخت افزاری و نرم افزاری می باشد.
- تجهیزاتی از قبیل روتر جزو اجزای این لایه به شمار می روند.

معرفی لایه ها در مدل OSI



معرفی لایه ها در مدل OSI – لایه شبکه

❑ مفاهیم اساسی در مسیر یابی:

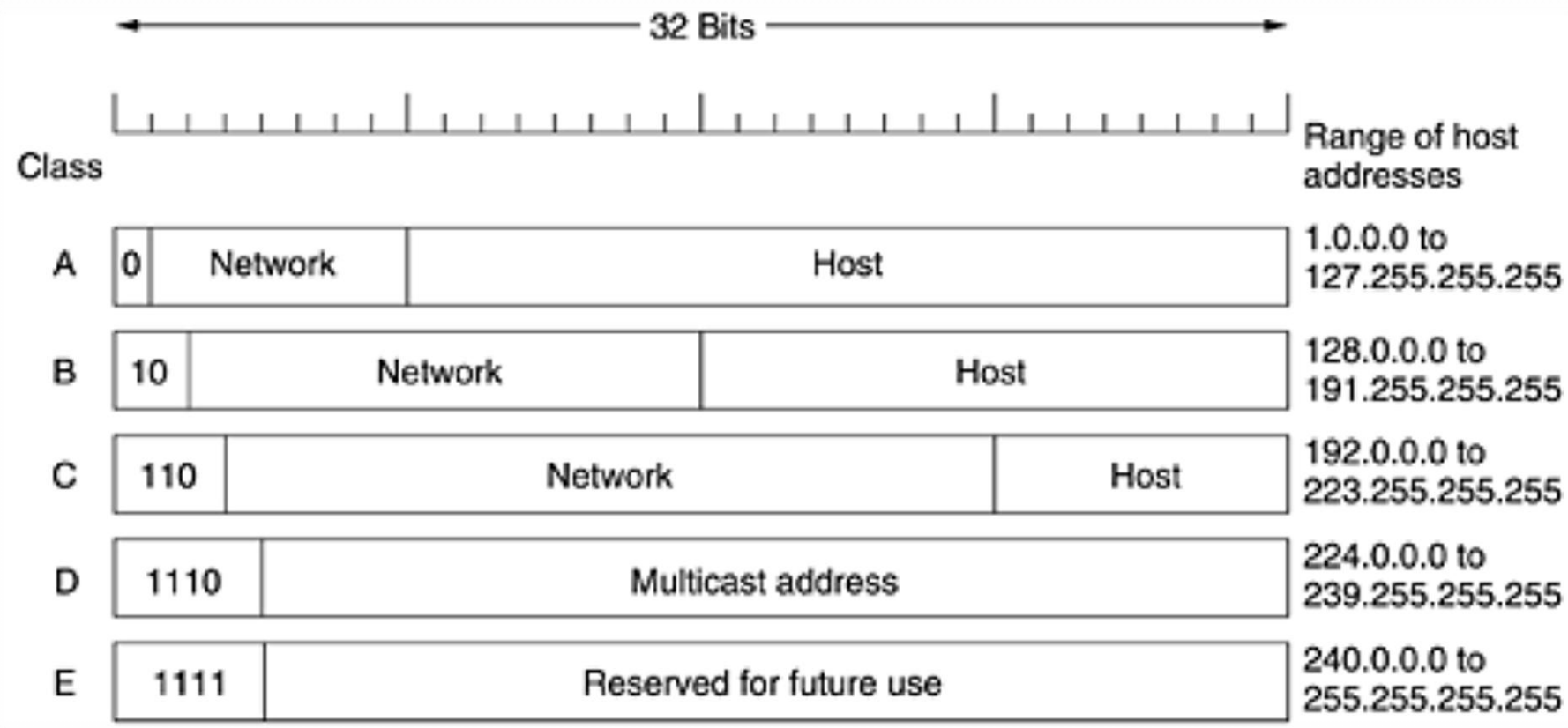
- انواع آدرس دهی در شبکه:

Static IP –

Dynamic IP–

- IP Address چیست؟
- انواع IP Address ؟
- MAC Address چیست؟

لایه شبکه – IP Address



لایه های session، presentation و application

- **لایه Session** : در ارتباطات Half Duplex، این لایه وظیفه تعیین جهت داده را بر عهده دارد. همچنین این لایه با علامت گذاری میان رشته بیت داده از ارسال داده های تکراری در هنگام قطع و وصل ارتباط در شبکه جلوگیری می کند.

- **لایه Presentation**: این لایه وظیفه کُد کردن و دیکُد کردن داده ها به/از یک فرمت مشخص در شبکه را بر عهده دارد.

- **لایه Application**: کلیه نرم افزارهای مورد استفاده که سرویس خاصی را در شبکه به کاربر ارائه می دهند جزو لایه کاربرد (Application) محسوب می شوند.

Bps	T (msec)	First harmonic (Hz)	# Harmonics sent
300	26.67	37.5	80
600	13.33	75	40
1200	6.67	150	20
2400	3.33	300	10
4800	1.67	600	5
9600	0.83	1200	2
19200	0.42	2400	1
38400	0.21	4800	0

لایه فیزیکی : رابطه نایکوئیست و رابطه شانون

❑ رابطه نایکوئیست :

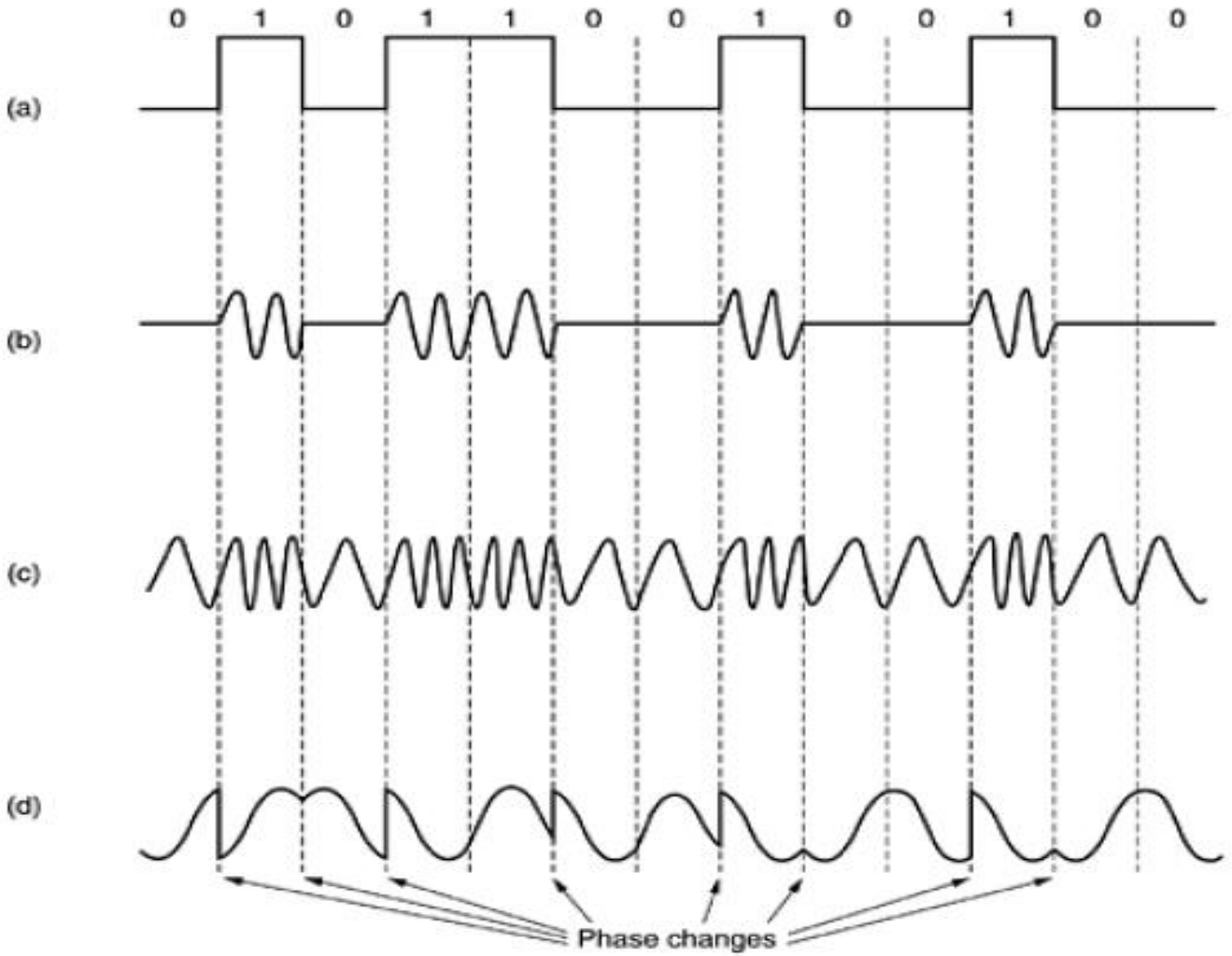
- ❑ **Max. Baud Rate = 2H , H : Bandwidth**
- ❑ **Bit Rate = Baud Rate × Log_2 V , V : Number of Symbols**
- ❑ **Max. Bit Rate = 2H × Log_2 V**

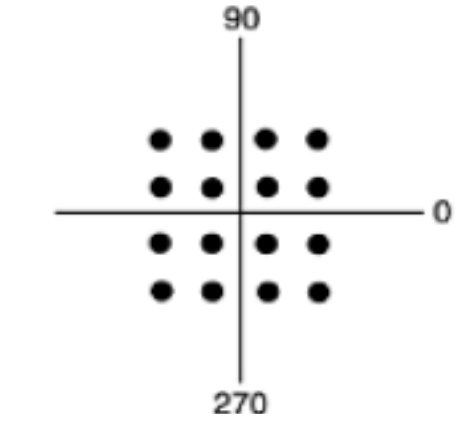
❑ رابطه شانون (Shannon):

- ❑ **Max. Bit Rate = H × Log_2 (1+S/N)**

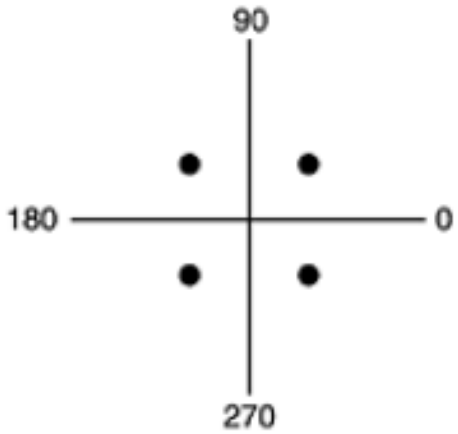
$$SNR_{db} = 10 \times Log_{10} (S/N)$$

(a) A binary signal. (b) Amplitude modulation. (c) Frequency modulation. (d) Phase modulation.



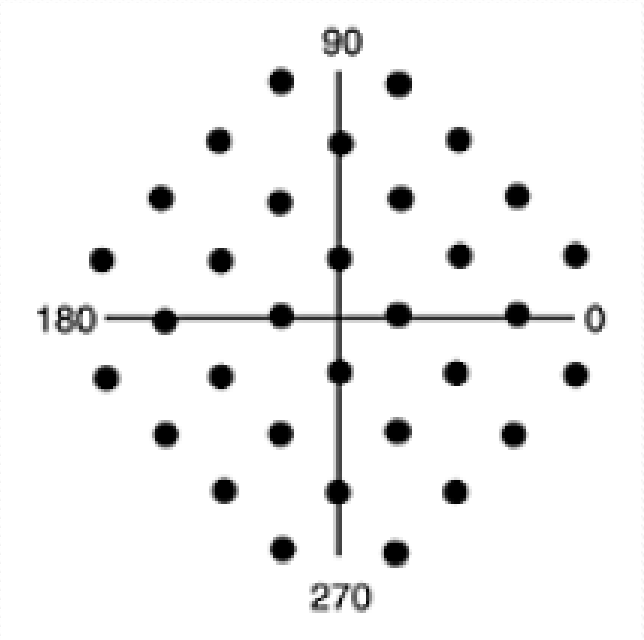


QAM-16



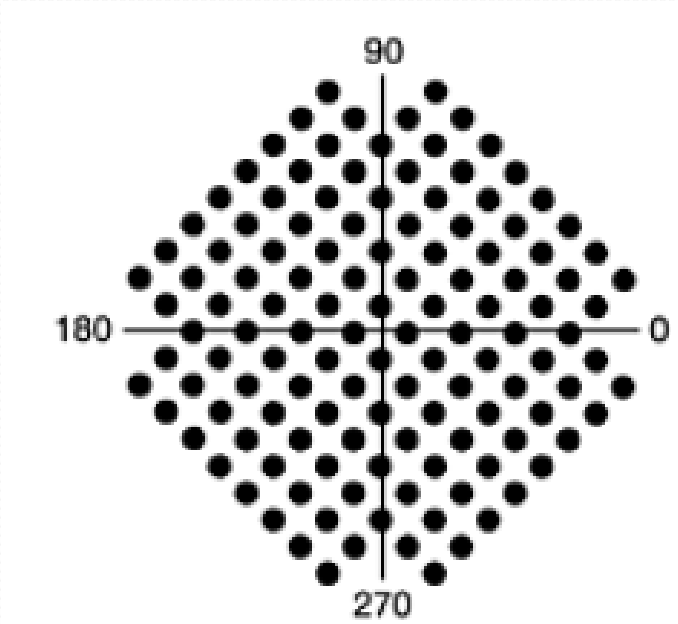
QPSK.

لایه فیزیکی : رابطه Baud Rate و Bit Rate



V.32 for 9600 bps

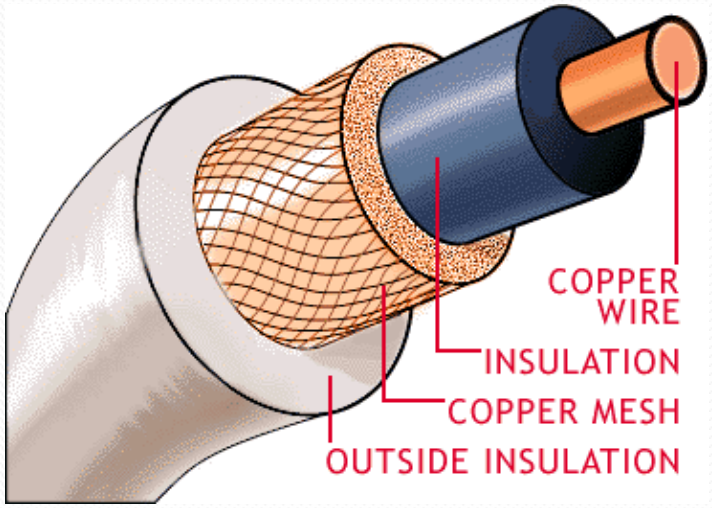
QAM-128



V32 bis for 14,400 bps.

QAM-256

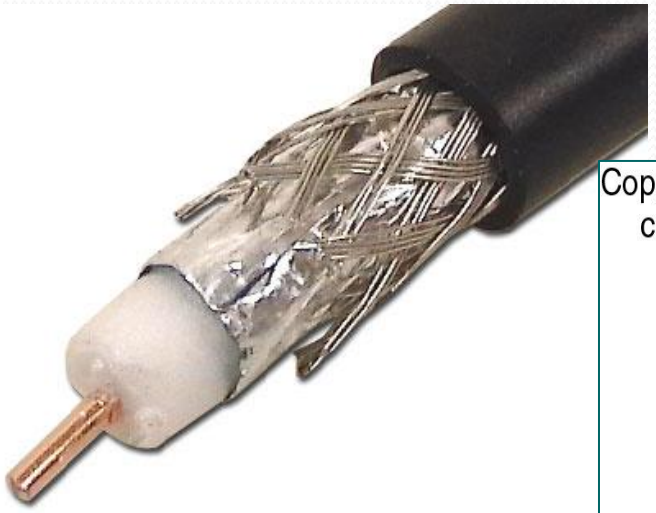
لایه فیزیکی : معرفی بسترهای مختلف

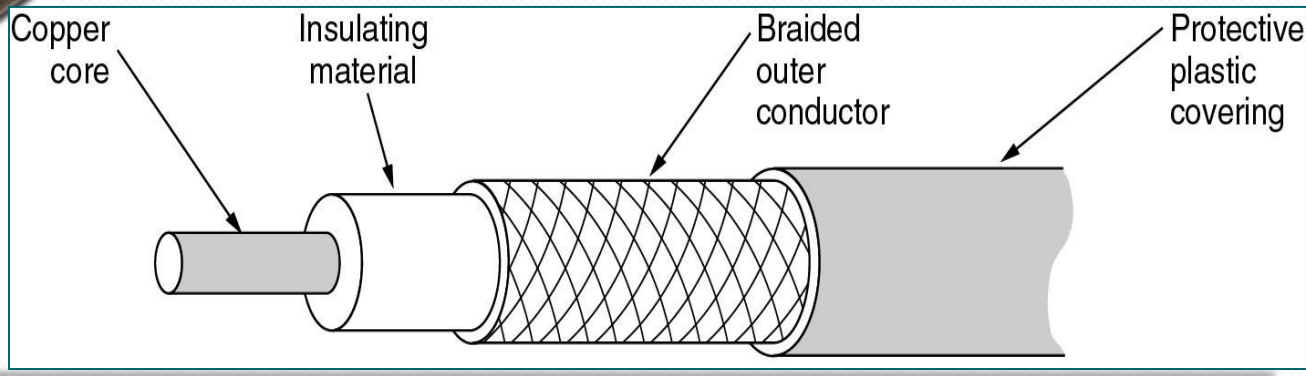


❑ کابل هم محور (Coaxial):

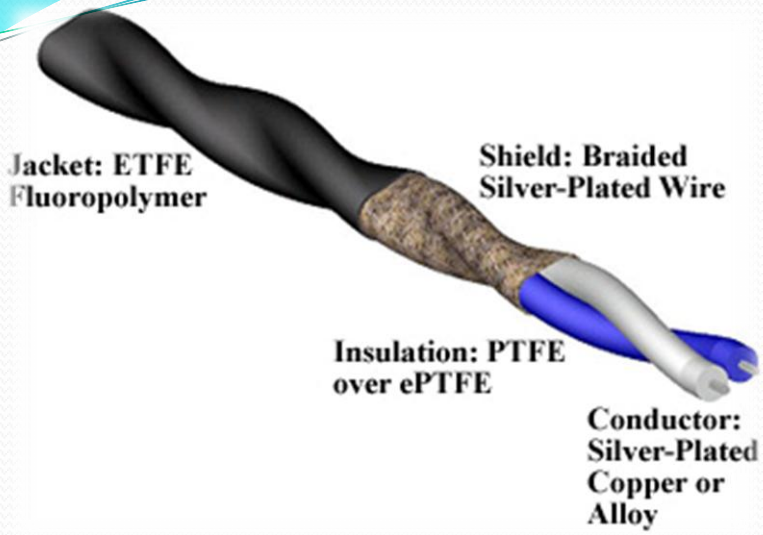
- امپدانس های مختلف : ۵۰ اهم و ۷۵ اهم
- توان های مختلف : کابل های ضخیم و نازک

❑ نقاط قوت و نقاط ضعف

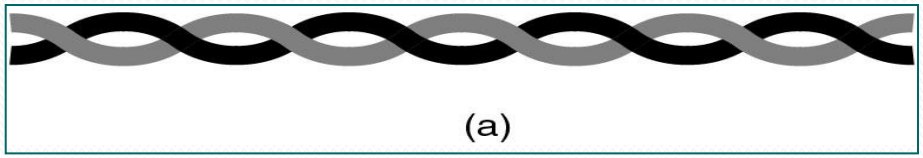


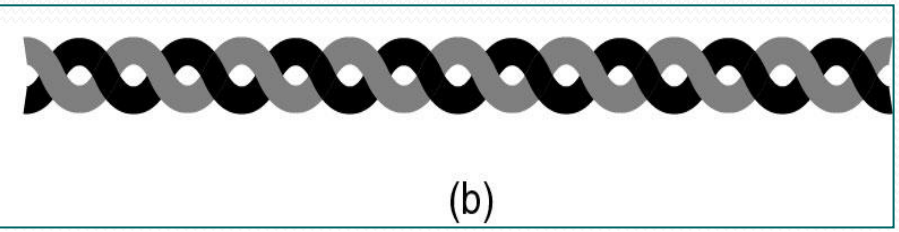


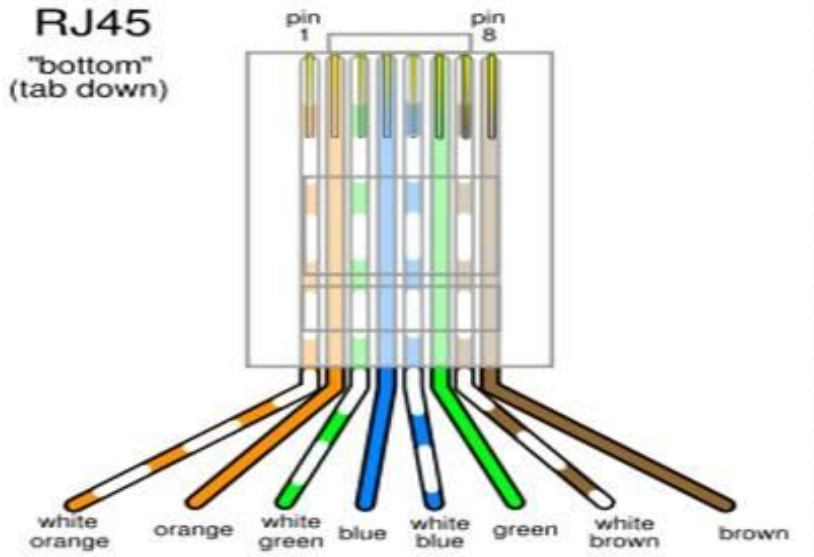
لایه فیزیکی : معرفی بسترهای مختلف



❑ زوج سیم های بهم تابیده (Twisted Pair):





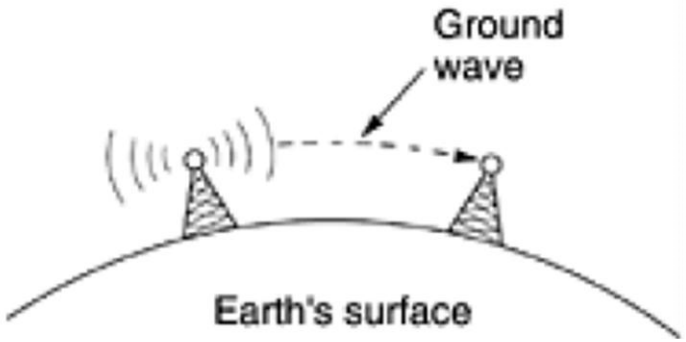


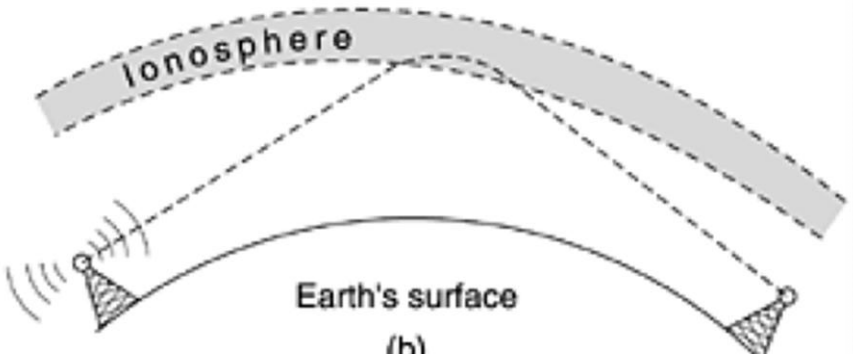
(a) Category 3 UTP.
(b) Category 5 UTP.

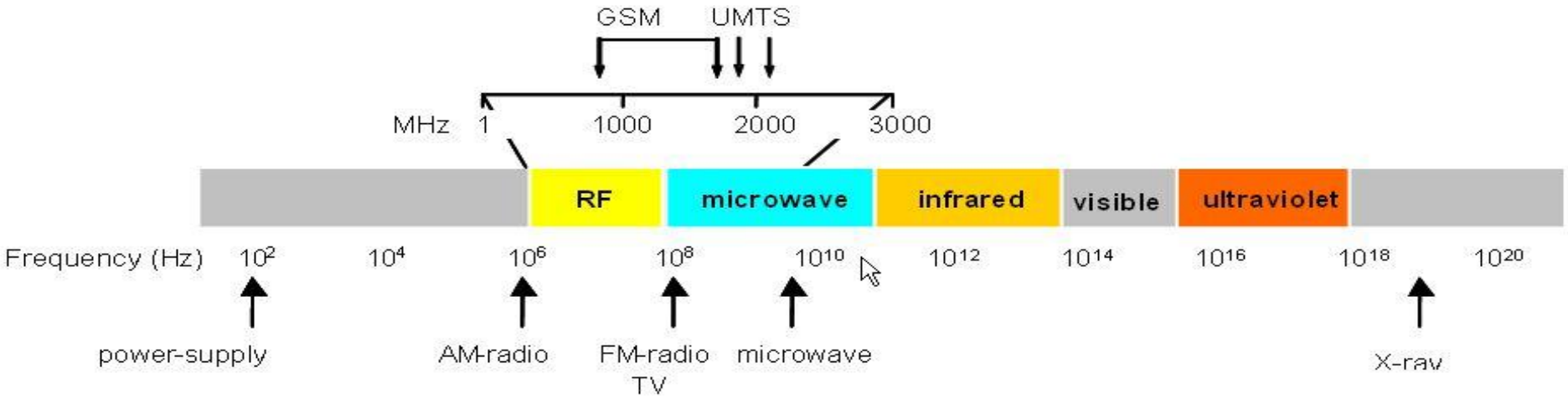
لایه فیزیکی : معرفی بسترهای مختلف

Band	Downlink	Uplink	Bandwidth
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz

❑ امواج رادیویی (Radio Frequency):

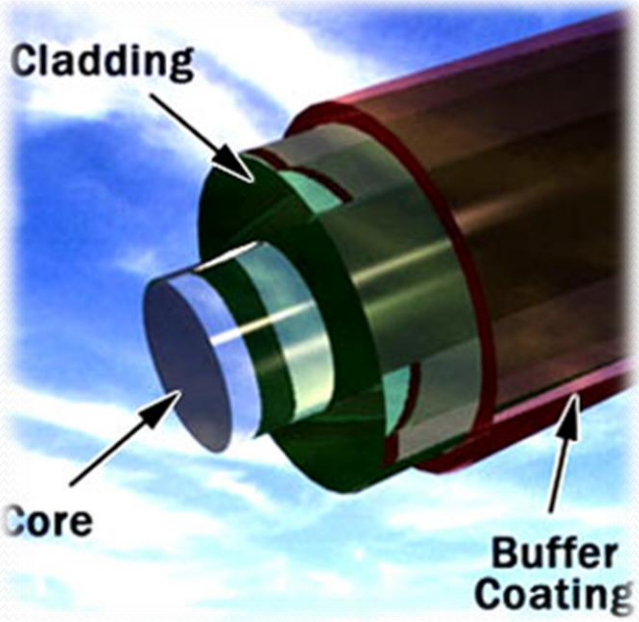




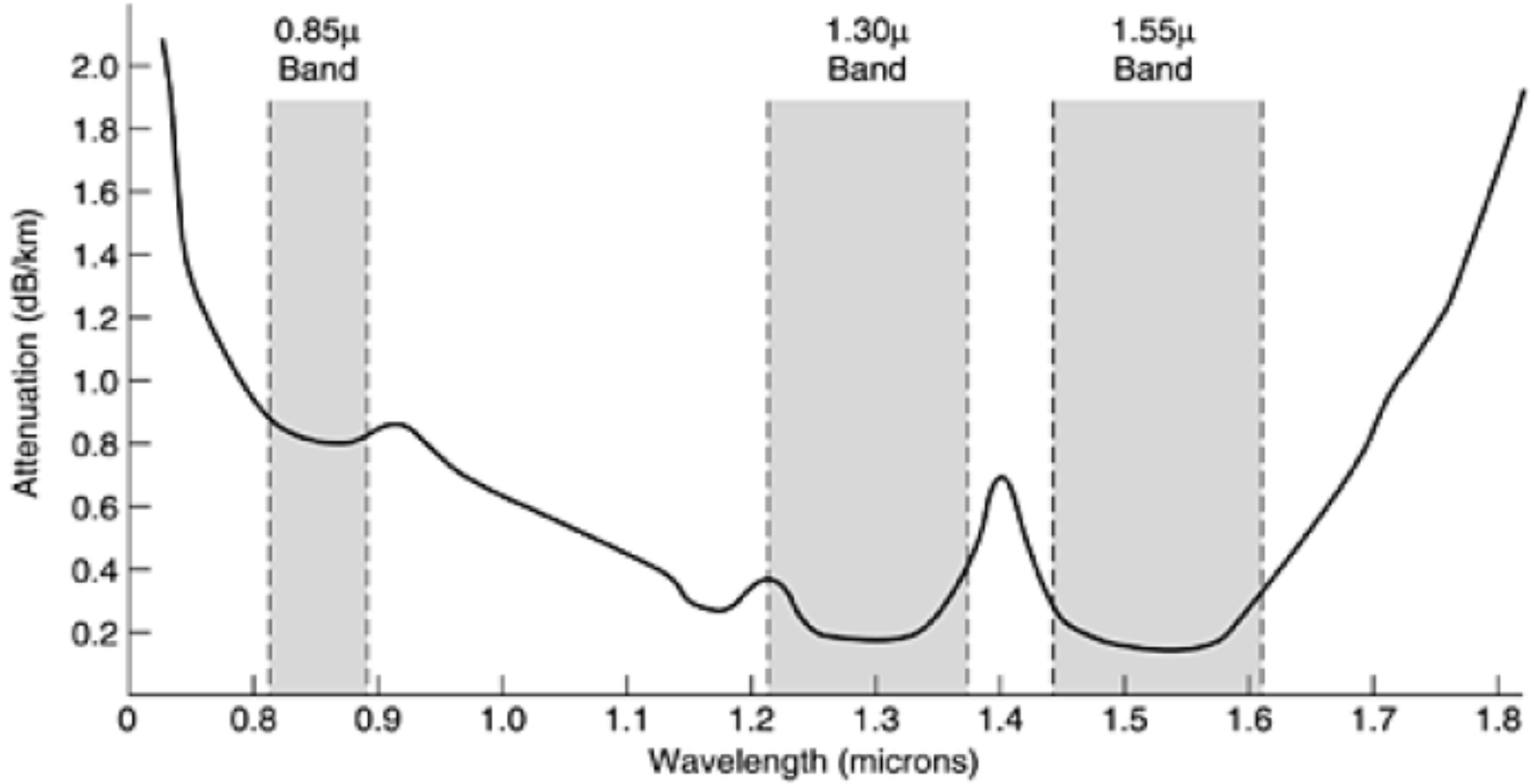


لایه فیزیکی : معرفی بسترهای مختلف

- فیبر نوری (Fiber Optic)

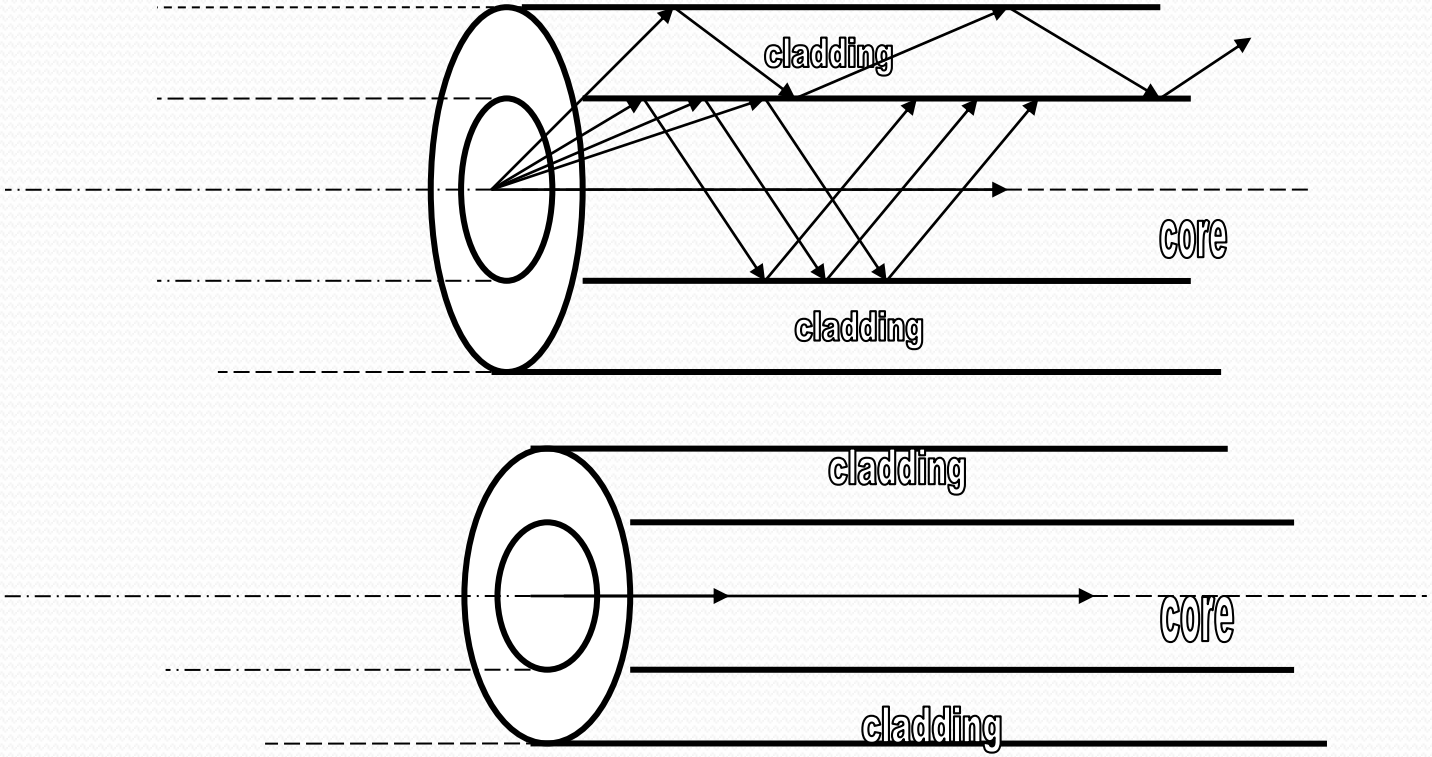


لایه فیزیکی : فیبر نوری

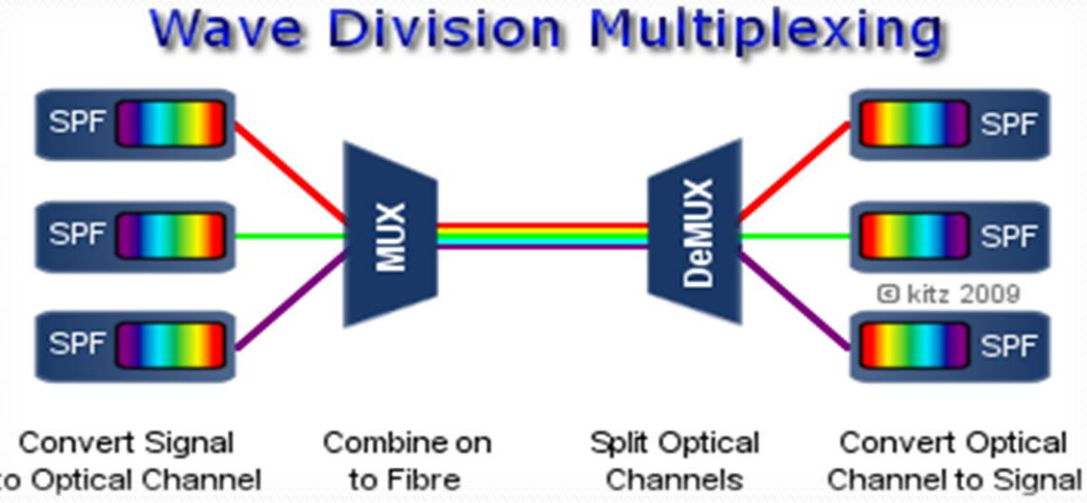


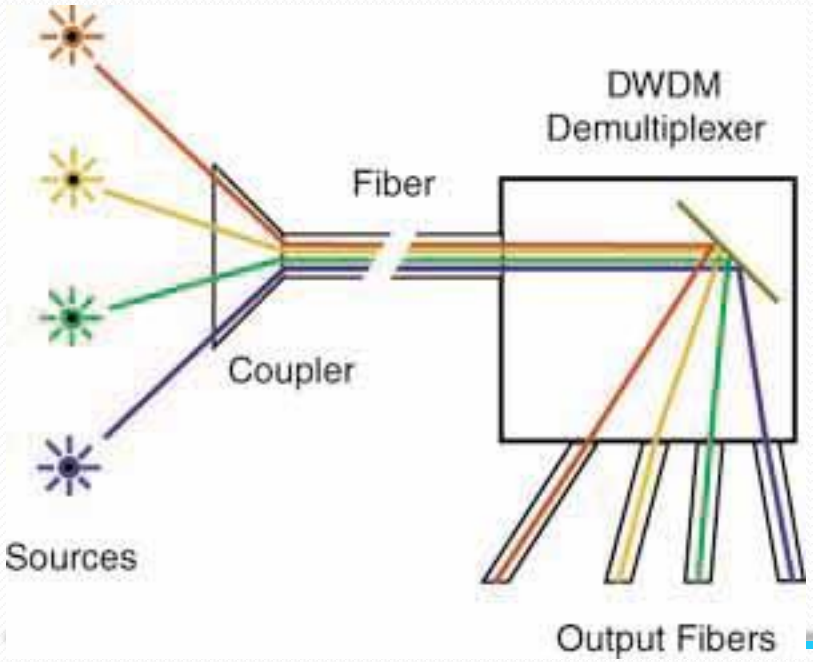
لایه فیزیکی : فیبر نوری

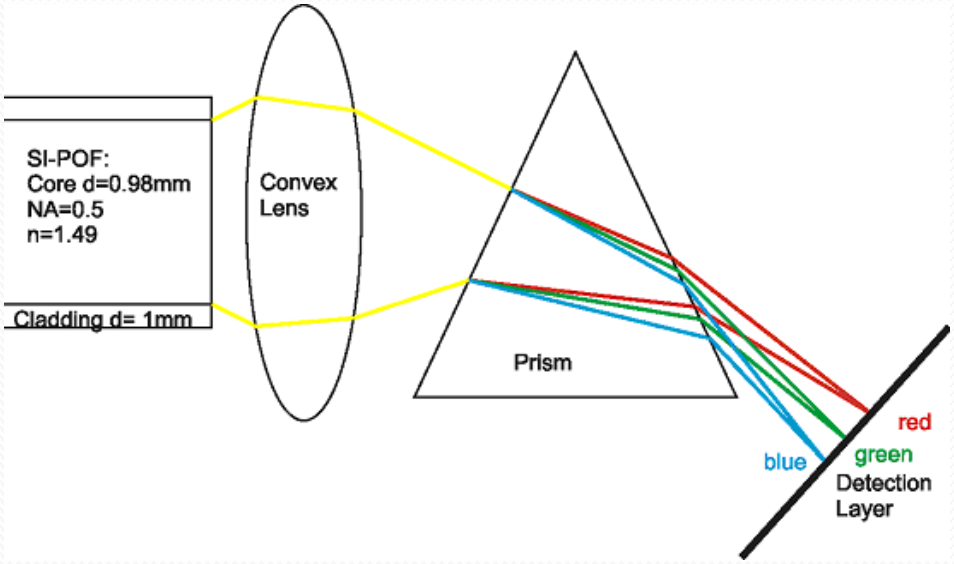
- ✓ Single Mode Fiber Optic
- ✓ Multi Mode Fiber Optic



لایه فیزیکی : فیبر نوری

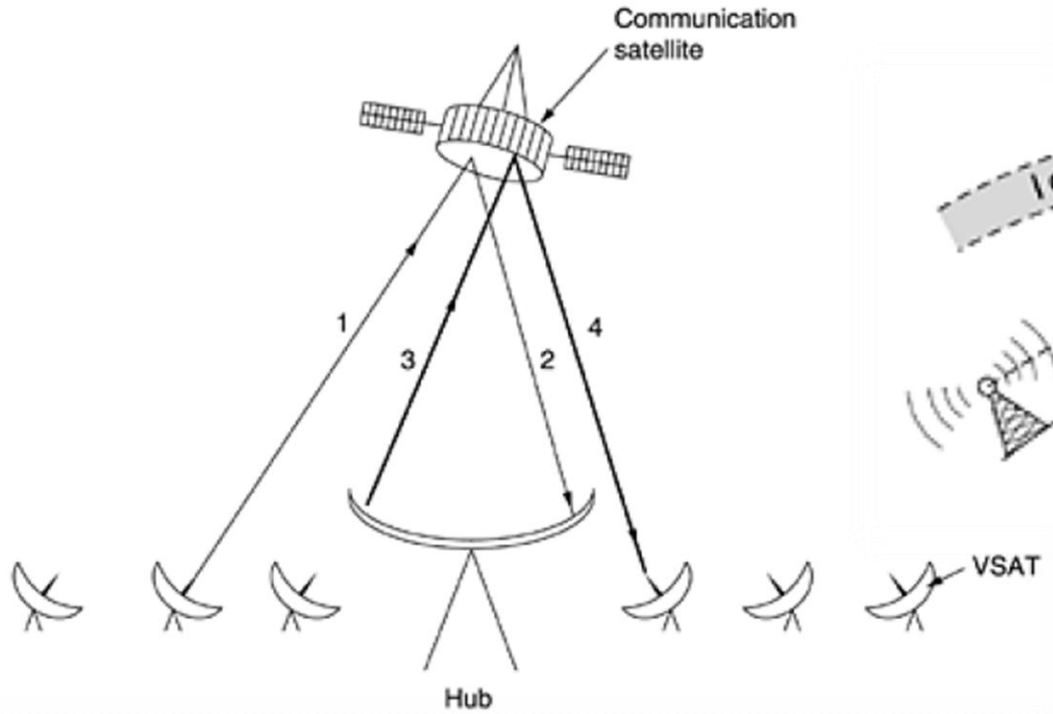


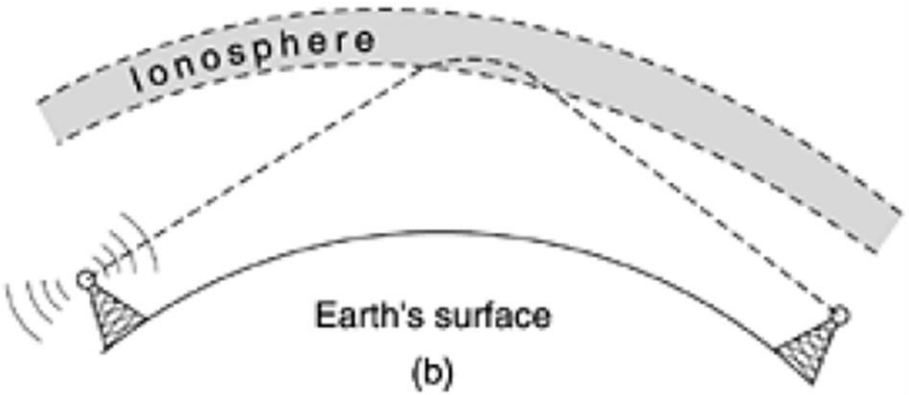




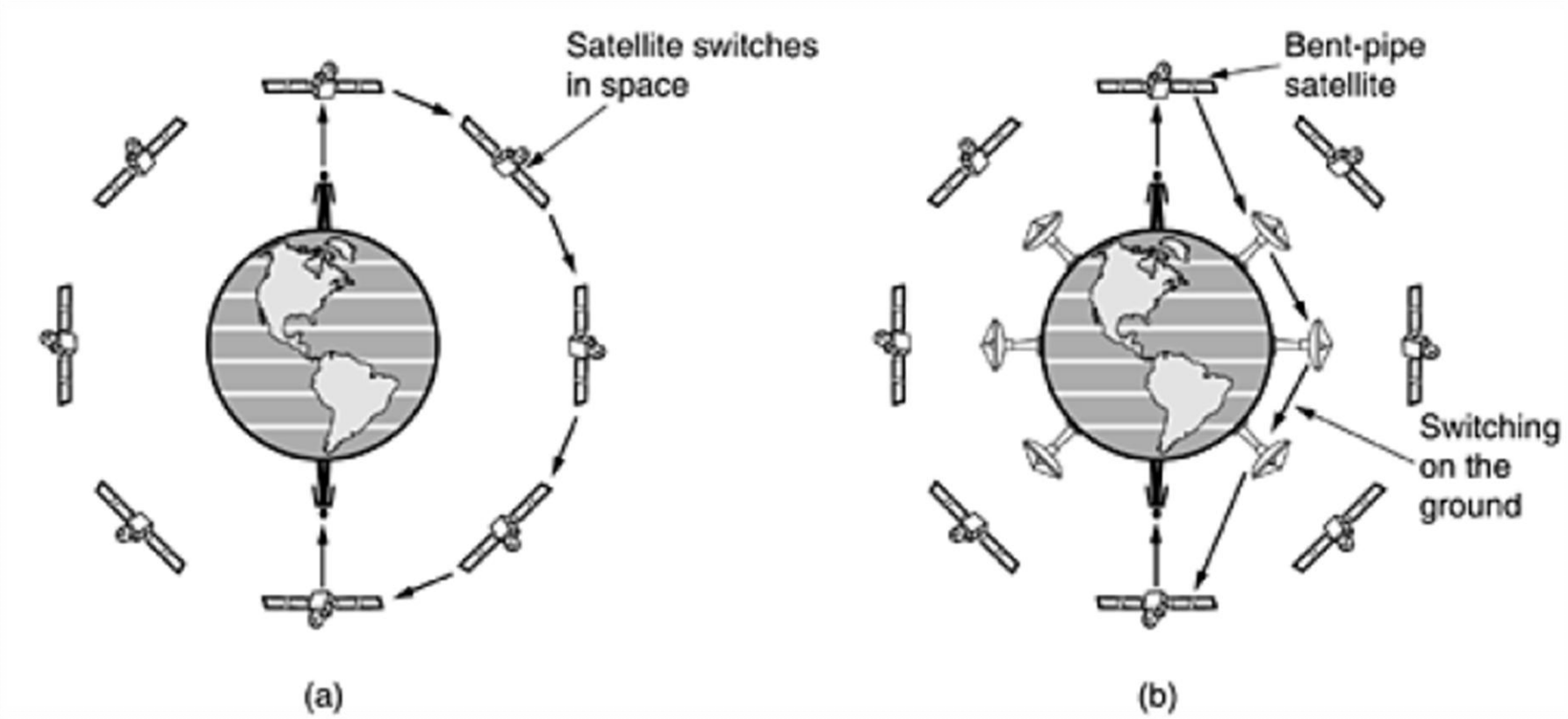
لایه فیزیکی : امواج ماهواره

Band	Downlink	Uplink	Bandwidth	Problems
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz	Low bandwidth; crowded
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz	Low bandwidth; crowded
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz	Terrestrial interference
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Rain
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz	Rain, equipment cost

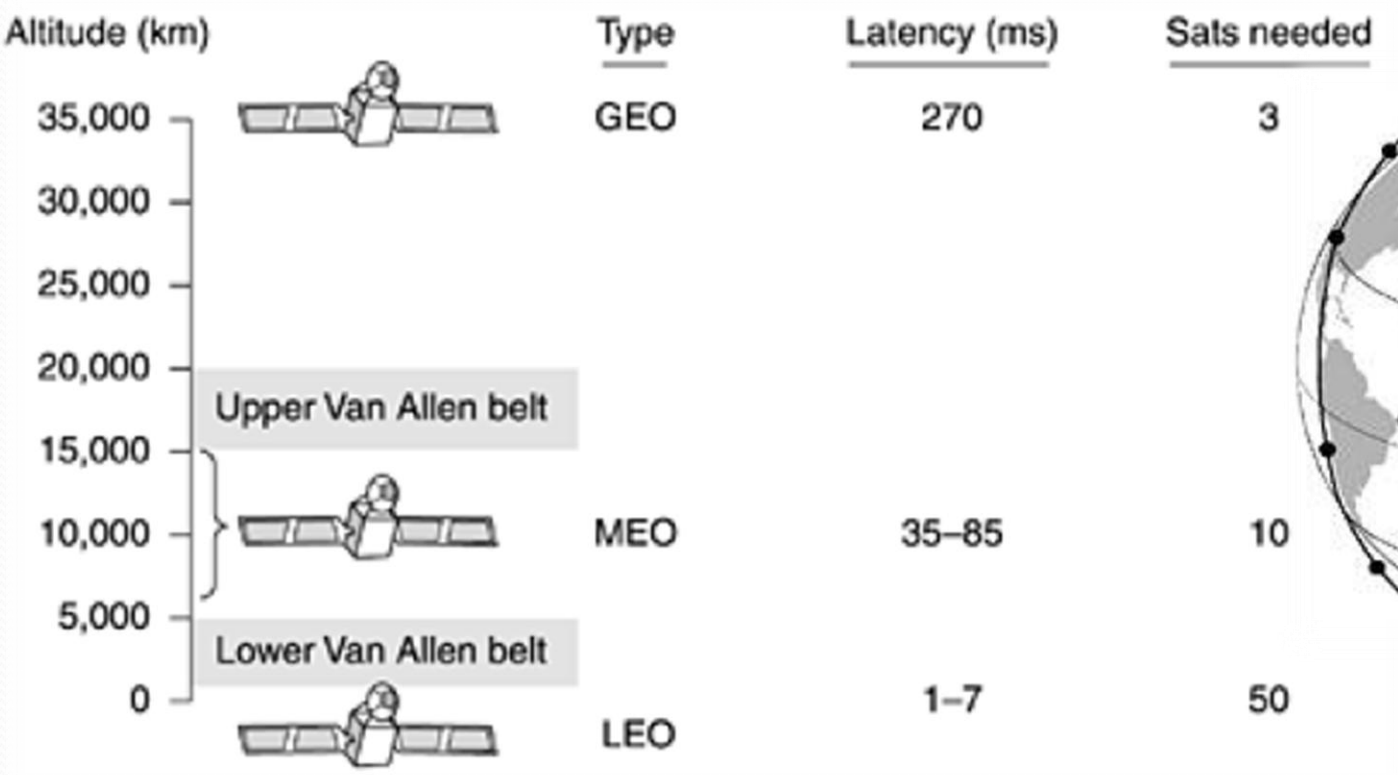




لایه فیزیکی : امواج ماهواره

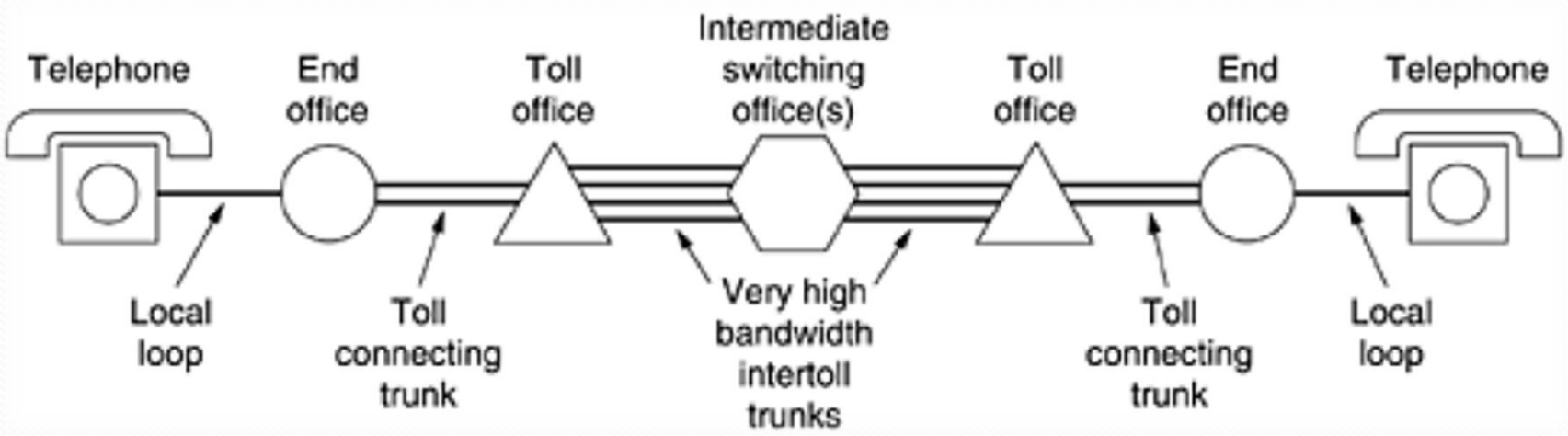


انواع ماهواره

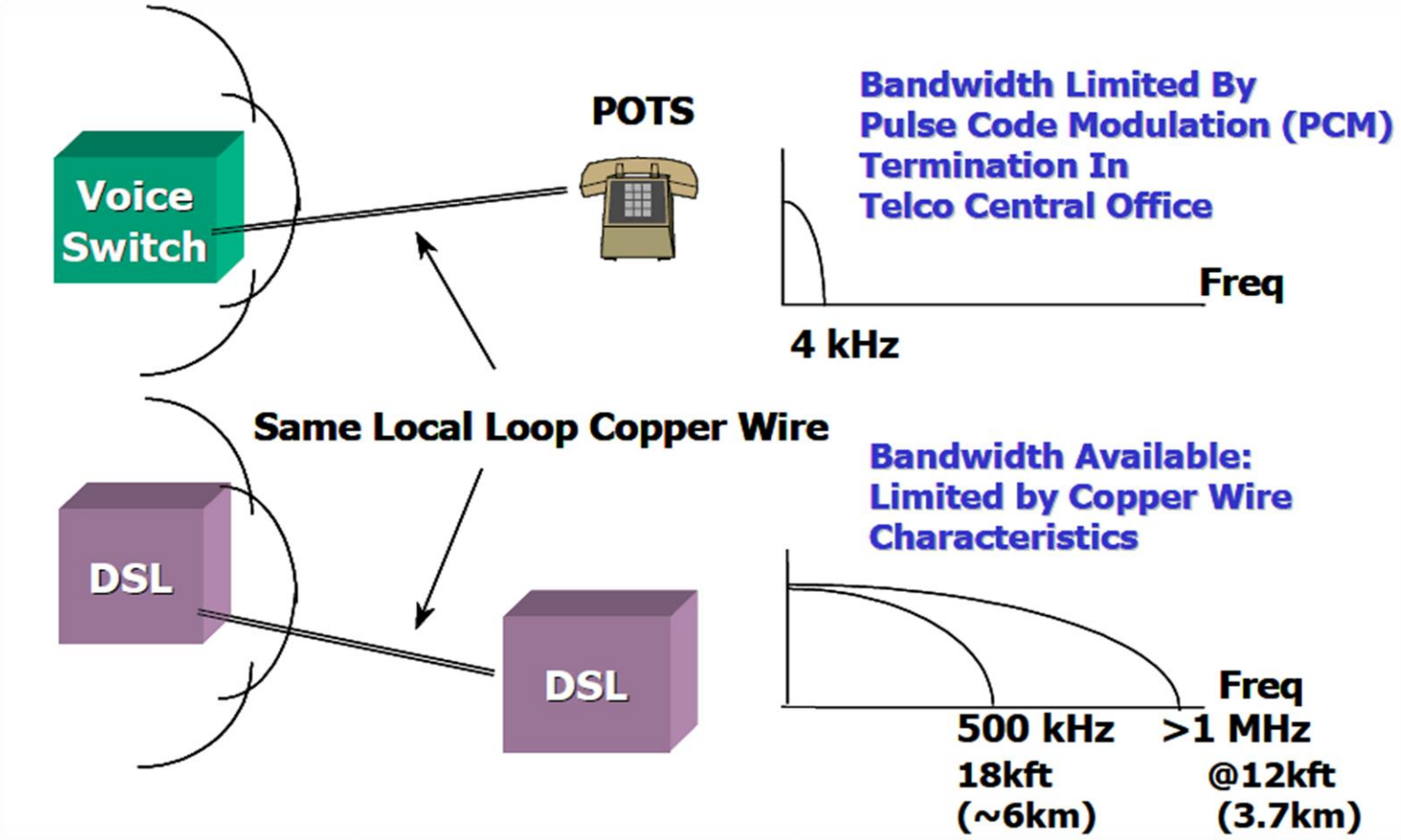


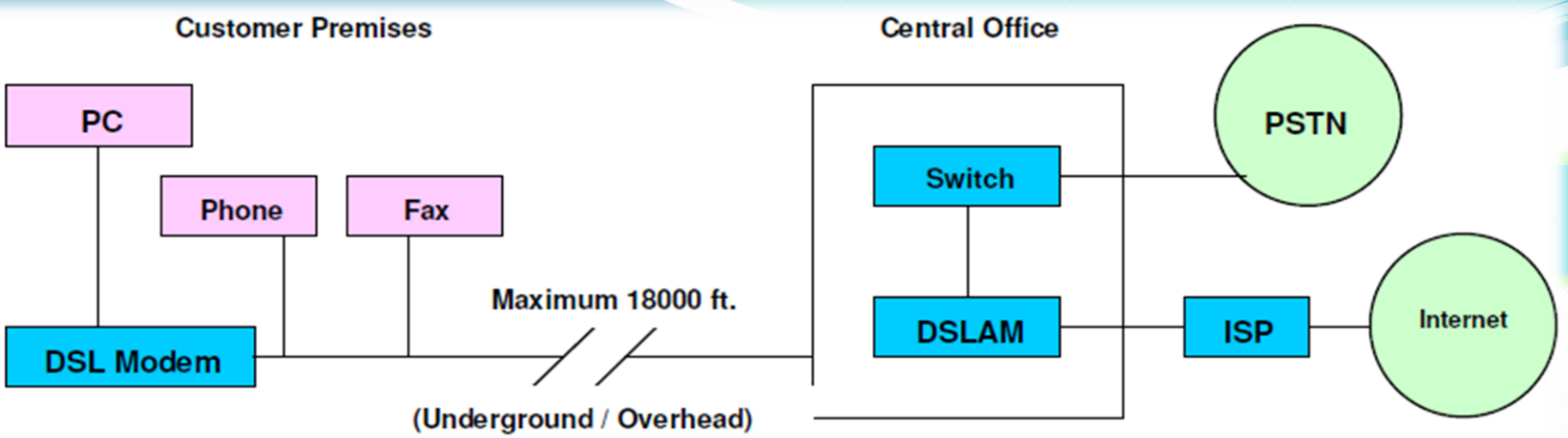
لایه فیزیکی : خطوط تلفن (PSTN)

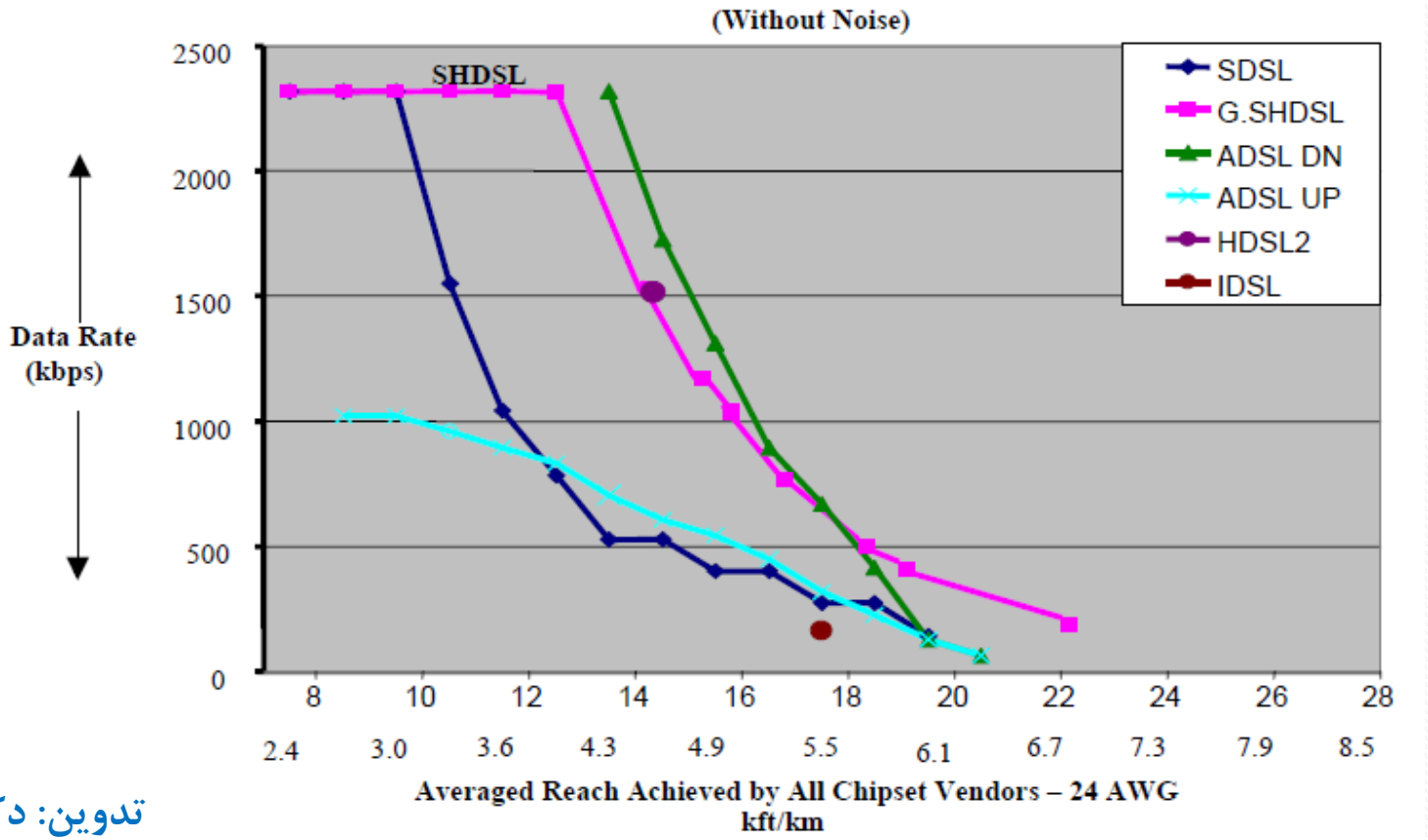
- مهمترین ویژگیهای خطوط تلفن



لایه فیزیکی : فناوری DSL





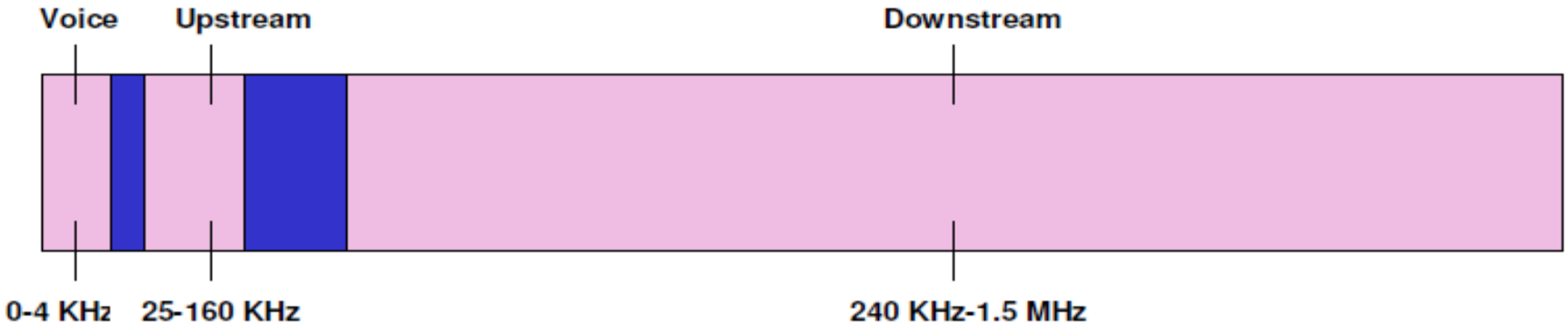


تدوین: دکتر بصیری

لایه فیزیکی : فناوری DSL

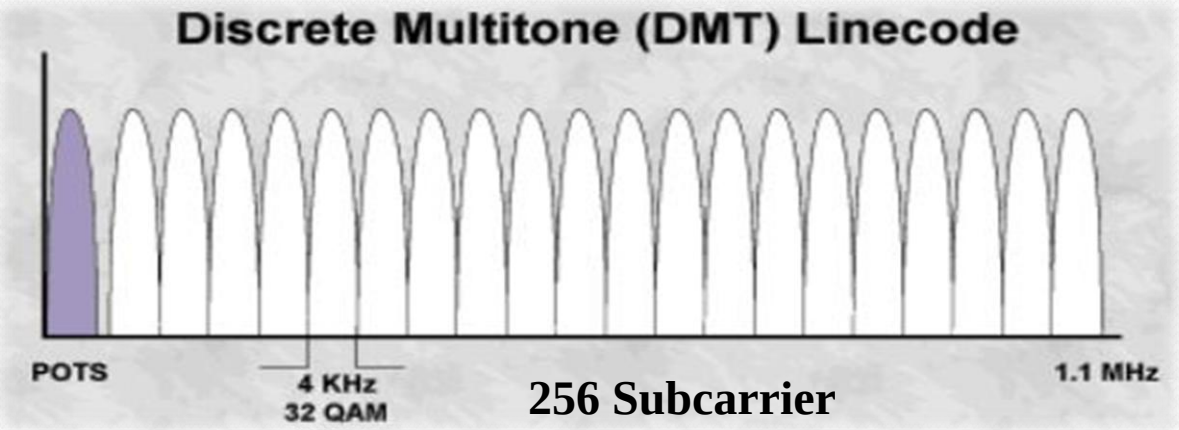
❑ روش CAP (Carrierless Amplitude and Phase) در DSL

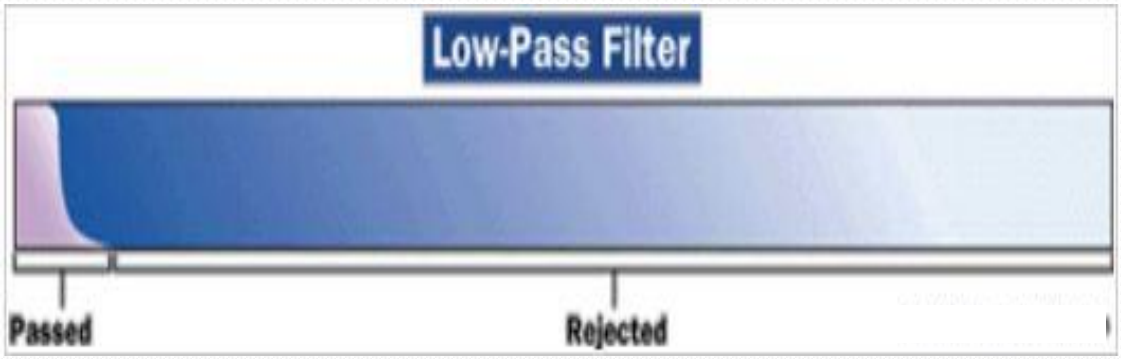
0 KHz	to	4 KHz	:	Voice
25 KHz	to	160 KHz	:	Upstream Internet Traffic
240 KHz	to	1.5 MHz	:	Downstream Internet Traffic



لایه فیزیکی : فناوری DSL

❑ روش DMT (Discrete Multi Tone) در DSL : نوع مدولاسیون QAM





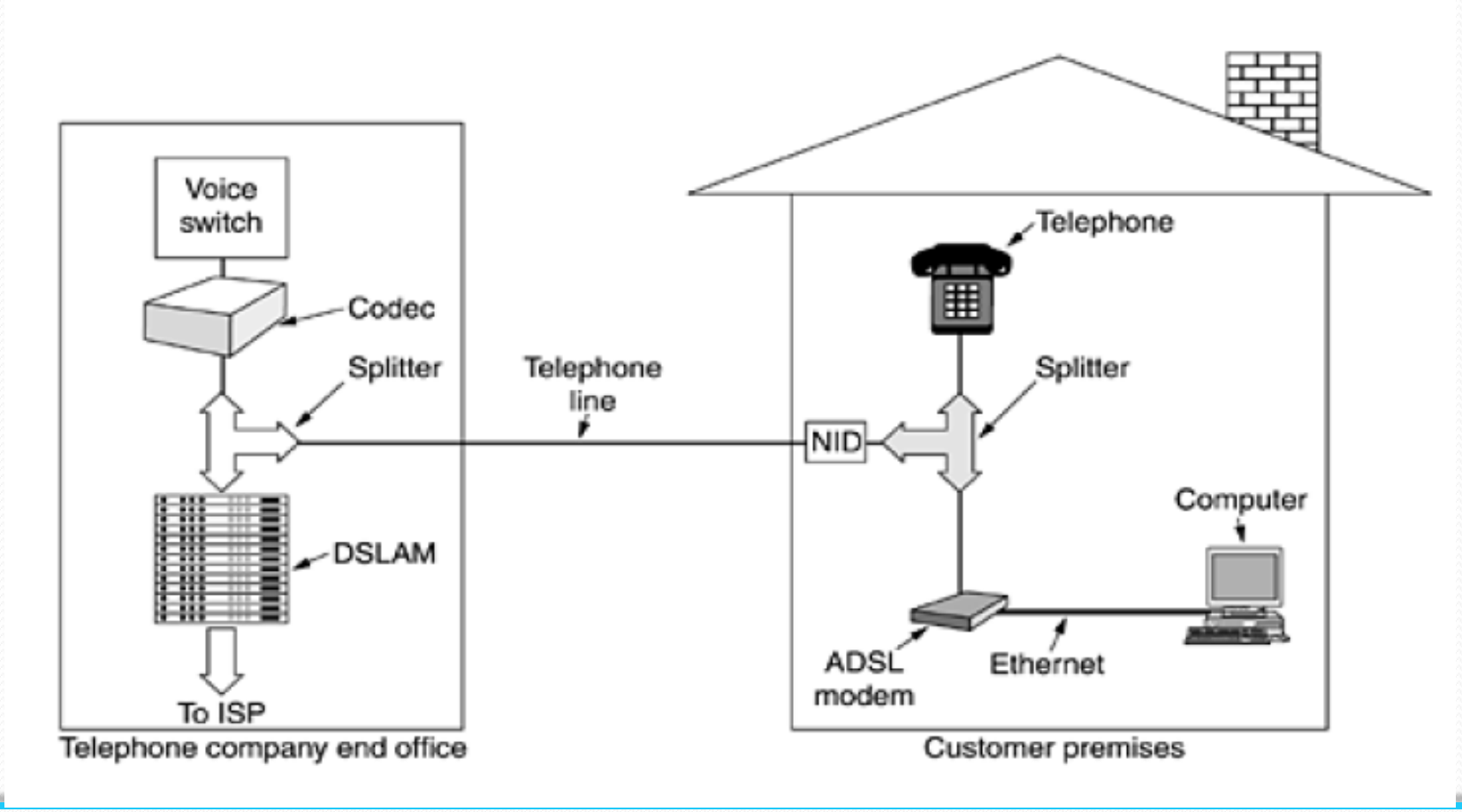
- Upstream -- 20 - 138 kHz
- Downstream -- 140 - 1100 kHz

- **Upstream: 32 channel**
- **Downstream: 224 channel**

- **<u>Each Channel</u>:**
- **QAM Modulation**
- **15 Bit/Baud**
- **4000 Baud/Sec**

لایه فیزیکی : فناوری DSL

❑ نحوه ارتباط در شبکه DSL



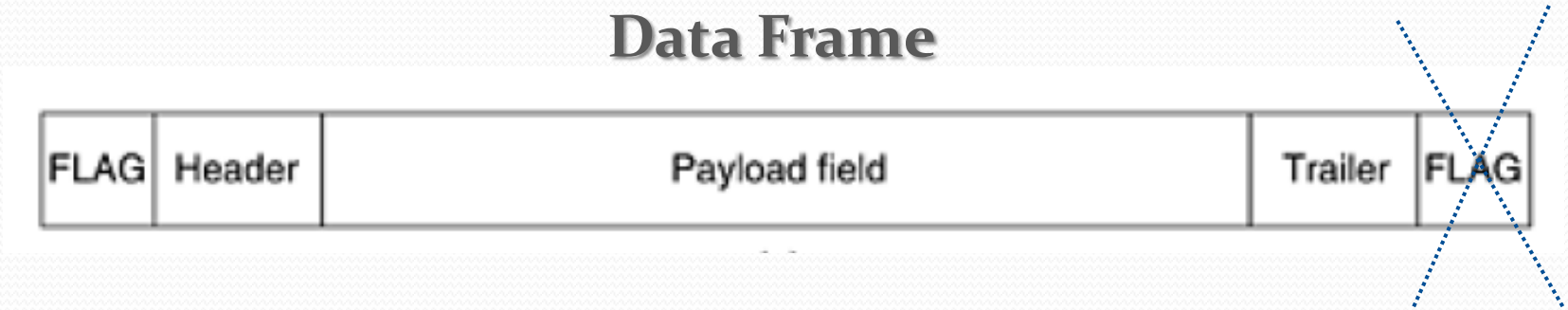
لایه فیزیکی : فناوری DSL

1.5 Mb/s	18,000 ft
2.0 Mb/s	16,000 ft
6.0 Mb/s	12,000 ft
9.0 Mb/s	9,000 ft

❑ نسخه های مختلف فناوری DSL

HDSL	High bit-rate Digital Subscriber Line	1.544 Mbps duplex on two twisted-pair lines; 2.048 Mbps duplex on three twisted-pair lines	12,000 feet on 24 gauge wire	T1/E1 service between server and phone company or within a company; WAN, LAN, server access
SDSL	Symmetric DSL	1.544 Mbps duplex (U.S. and Canada); 2.048 Mbps (Europe) on a single duplex line downstream and upstream	12,000 feet on 24 gauge wire	Same as for HDSL but requiring only one line of twisted-pair
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	1.544 to 6.1 Mbps downstream; 16 to 640 Kbps upstream	1.544 Mbps at 18,000 feet; 2.048 Mbps at 16,000 feet; 6.312 Mpbs at 12,000 feet; 8.448 Mbps at 9,000 feet	Used for Internet and Web access, motion video, video on demand, remote LAN access

لایه DLC : فرمت بسته های داده



- **Flag:** ✓رشته بیتی که به منظور مشخص سازی ابتدا و انتهای بسته داده استفاده می گردد.
- **Header:** ✓رشته بیتی که توسط لایه های مختلف به بسته داده اضافه می گردد و تنها برای همان لایه ها قابل تفسیر است.
- **Payload:** ✓رشته بیتی داده که قرار است از مبدا به مقصد منتقل شود.
- **Trailer:** ✓رشته بیت کنترل خطا که به منظور آشکارسازی و یا اصلاح خطا در بسته داده قرار می گیرد.

لایه DLC : نحوه تعیین Flag و روش Character Stuffing

- از هر رشته بیتی نمی توان به عنوان Flag استفاده نمود. (چرا؟)
- در ابتدا از کُد اسکی کاراکترهای غیرقابل چاپ نظیر کد اسکی کاراکتر escape برای این منظور استفاده می گردید. ولی این روش محدودیت هایی در پی داشت. (چرا؟)
- جهت حل محدودیت های فوق، روش Character Stuffing ارائه گردید:
- در این روش رشته بیت ۰۱۰۱۰۱۰۱ به عنوان flag در نظر گرفته می شود و با هر بار رخداد flag در میان رشته بیت داده، یکبار دیگر رشته بیت flag بلافاصله بعد از آن تکرار می گردد. به این ترتیب گیرنده با دیدن بیش از یک flag، یکی از آنها را دور ریخته و مابقی را به عنوان جزئی از رشته بیت داده در نظر می گیرد.

لایه DLC : نحوه تعیین Flag و روش Character Stuffing

❑ مثالهایی از روش Character Stuffing :

✓ رشته بیت داده اصلی : 100101011010101011001001010 11

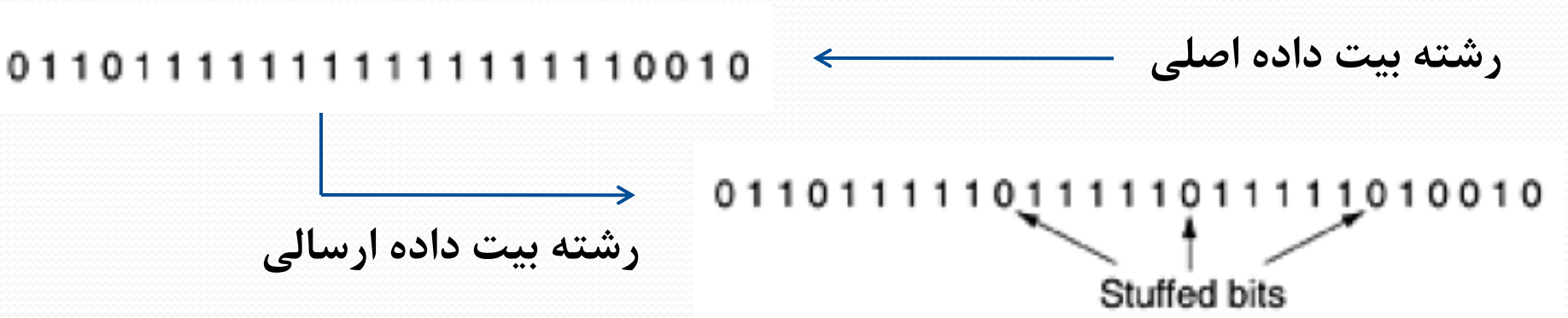
✓ رشته بیت داده ارسال شده با روش کاراکتر استافینگ: 100101011010101010101010110010010101 1

❑ بزرگترین عیب روش Character Stuffing چیست!؟

لایه DLC : نحوه تعیین Flag و روش Bit Stuffing

❑ روش Bit Stuffing :

❑ در این روش رشته بیت ۰۱۱۱۱۱۱۰ به عنوان flag در نظر گرفته می شود و در صورتیکه پنج بیت ۱ متوالی در میان رشته بیت داده دیده شود، فرستنده یک بیت ۰ بلافاصله پس از آنها در میان داده وارد می سازد، گیرنده نیز با دیدن پنج بیت ۱ متوالی یک صفر متعاقب آنها را حذف می نماید و مابقی را به عنوان جزئی از رشته بیت داده در نظر می گیرد.



لایه DLC : Trailer و نحوه تعیین کدهای تشخیص خطا

- تشخیص خطا به روش CRC :
  - ✓ تشریح مفاهیم اصلی روش در حوزه دسیمال
- برخی تعاریف پایه :
  - ✓ روش تبدیل یک رشته بیت به چند جمله ای

رشته بیت داده : $b_{n-1}b_{n-2}....b_1b_0$

$$P(X)=\sum_{i=0}^{i=n-1} b_i.X^i$$

$$11010111 \longrightarrow X^7+X^6+X^4+X^2+X+1$$

لایه DLC : Trailer و نحوه تعیین کدهای تشخیص خطا

$$X^7 + X^5 + X^4 + X^3 + X \longrightarrow 10111010$$

✓ درجه چند جمله ای : n-1

✓ چند جمله ای اول : چند جمله ای که بر هیچ چند جمله ای دیگری قابل تقسیم نمی باشد.

❑ الگوریتم پیاده سازی کد CRC :

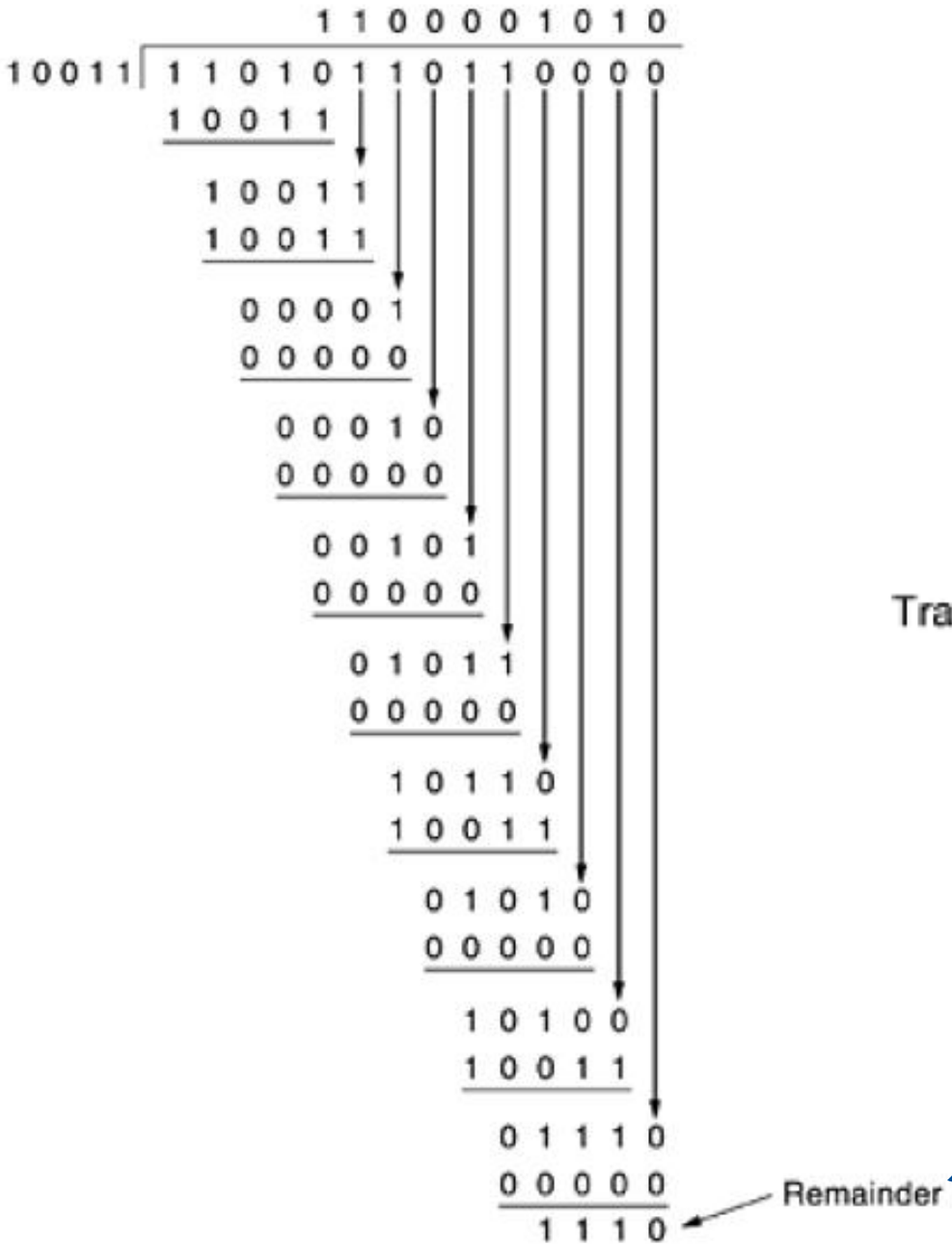
۱) به تعداد درجه چند جمله ای مولد به سمت راست رشته بیت داده، ۰ اضافه می کنیم.

۲) رشته بیت حاصل را بر رشته بیت مولد به صورت متوالی تقسیم می نماییم.

۳) باقیمانده حاصل از تقسیمات متوالی را با رشته بیت داده XOR می نماییم.

۴) رشته بیت حاصله، همان رشته بیتی است که در کانال ارسال می گردد.

نحوه تعیین کد CRC



Frame : 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1

Generator: 1 0 0 1 1

Message after 4 zero bits are appended:

1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0

Transmitted frame: 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0

CRC Code (Checksum)

نقاط ضعف کد آشکارساز خطا

چند جمله ای ارسالی: $T(X)$

چند جمله ای مولد: $G(X)$

چند جمله ای خطا: $E(X)$

چند جمله ای دریافتی در مقصد: $R(X)$

$$R(X) = T(X) + E(X)$$

عملیاتی که در گیرنده بر روی چندجمله ای انجام می گیرد:

$$\frac{R(X)}{G(X)} = \frac{T(X)+E(X)}{G(X)} = \frac{E(X)}{G(X)}$$

- چه زمانهایی کد آشکارساز خطا دچار اشتباه می گردد!؟