

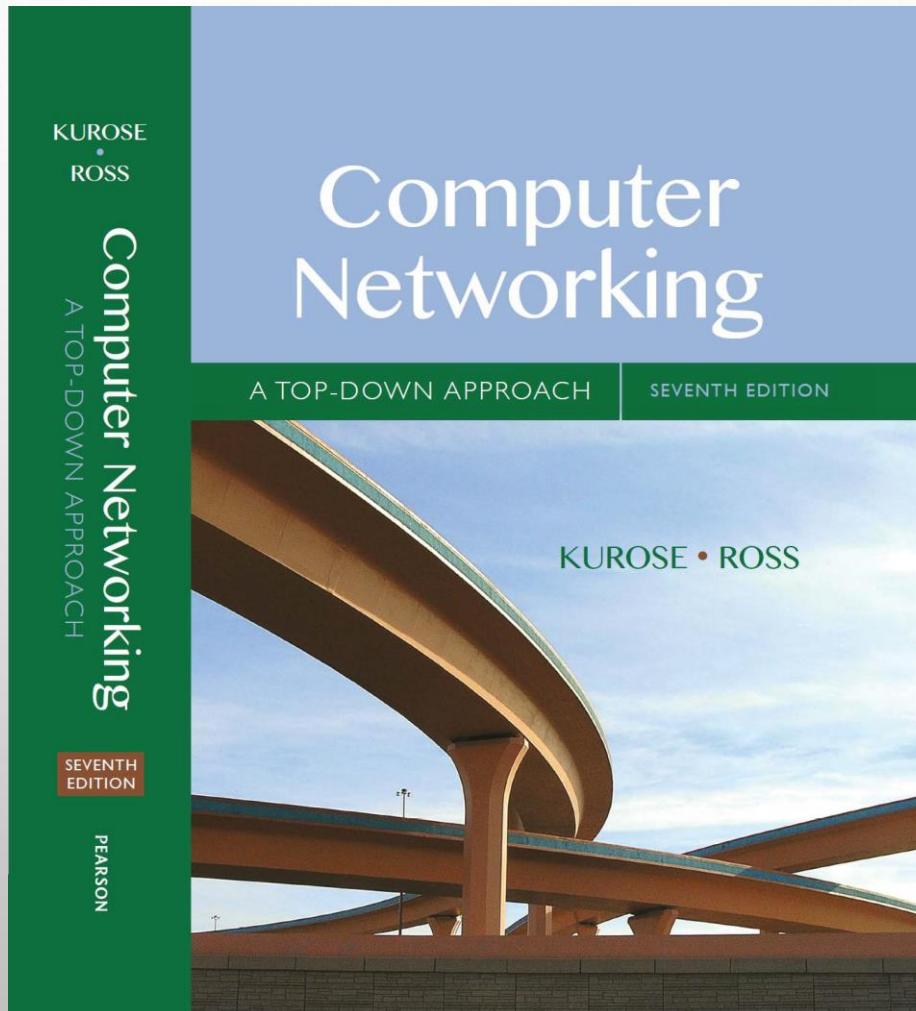
گروه کامپیوتر دانشگاه فردوسی مشهد

شبکه های کامپیوتری

فرناد آهنگری

مراجع درس :

Computer Networking: A Top Down Approach .7th edition Jim Kurose, Keith Ross 2017



تهیه کنند: فرناد آهنگری

1-2

بارم نمرات :

میان ترم (فصل ۱ و ۲)
پایان ترم (فصل ۳ و ۴ و ۵)

۸ نمره
۱۲ نمره

تذکر سوالات بر اساس کتاب شبکه های کامپیووتری مرجع و
پاورهای درس میباشد

فصل اول

مرواری کلی بر سیستم های شبکه و اینترنت

شبکه کامپیوتری

- مجموعه ای از کامپیوترهای مستقل است که به نحوی با یکدیگر تبدل اطلاعات می نمایند.

استقلال کامپیوترها در یک شبکه به این معناست که هر ماشین میتواند حتی بدون حضور در شبکه کار کرده و فقط از شبکه برای تبادل داده ها استفاده کند.

کامپیوترهای شبکه می توانند بدون آنکه نوع کanal ارتباطی اهمیت داشته باشد، با یکدیگر تبادل داده نمایند.

منافع شبکه (دلایل استفاده از شبکه)

به اشتراک گذاری منابع شبکه

- منابع سخت افزاری، نرم افزاری و داده ها => صرفه جویی مالی

قابلیت ارتباط با همدیگر

حذف محدودیت جغرافیایی

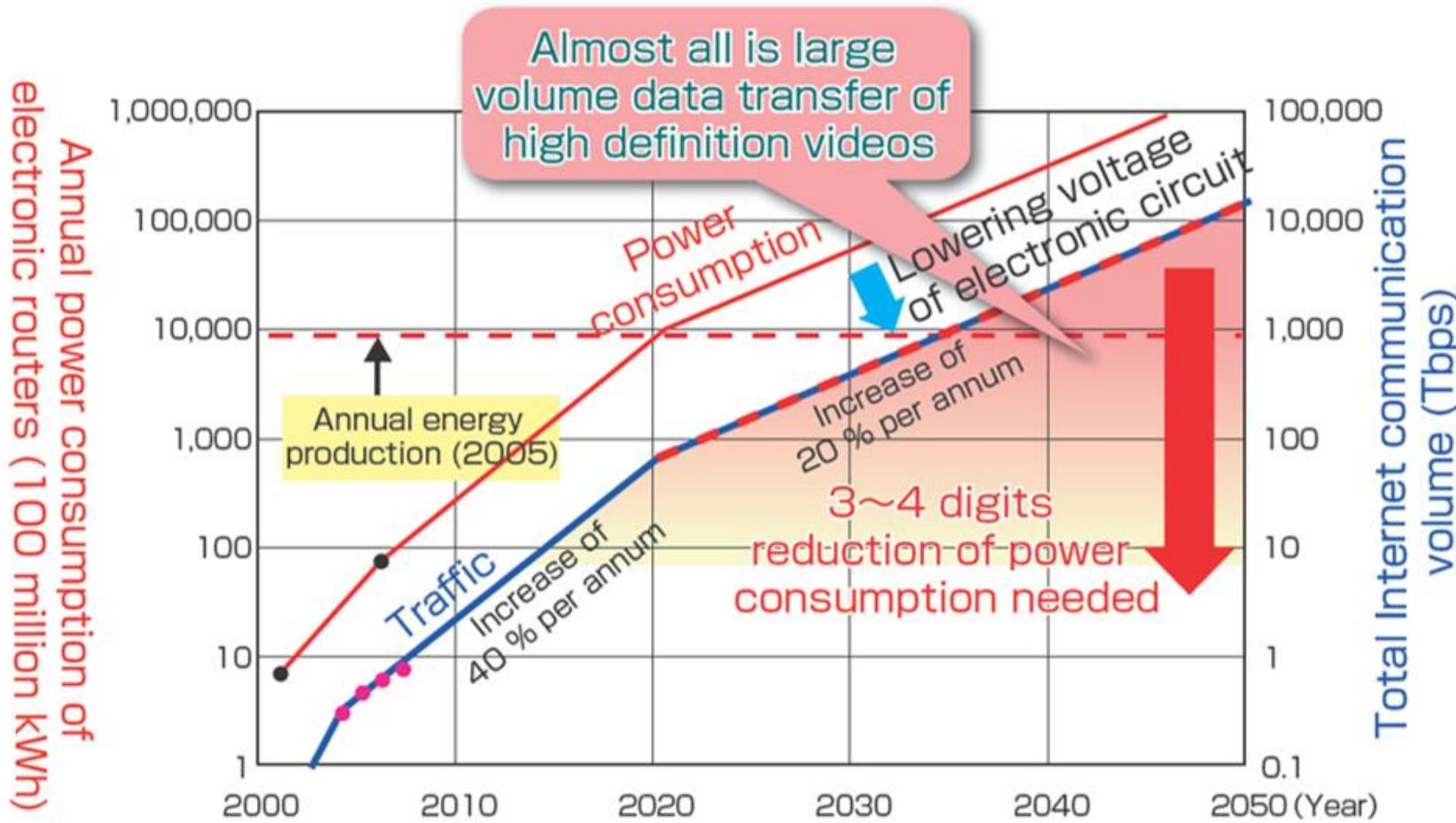
بالا رفتن قابلیت اعتماد سیستم ها

- اگر در شبکه بتوان تعدادی سیستم رزرو داشت

برخی از خدمات معمول در شبکه

- دسترسی به بانکهای اطلاعاتی راه دور
- پست الکترونیک
- انتقال فایل
- ورود به سیستم از راه دور
- گروههای خبری
- جستجوی اطلاعات مورد نیاز
- تبلیغات
- تجارت الکترونیک
- بانکداری الکترونیک
- سرگرمی و محاوره
- مجلات و روزنامه های الکترونیکی

Traffic Growth and Power Consumption



انواع شبکه از نظر مدل آرایش شبکه

مدل نظیر به نظیر (همتا به همتا)

Peer-To-Peer

مدل مشتری / سرویس دهنده

Client / Server

انواع شبکه از نظر مدل آرایش شبکه

مدل مشتری / سرویس
Client / Server
دهنده

اطلاعات در کامپیوترهای پرقدرتی بنام
سرویس دهنده (Server) قرار دارند.

اغلب سرورها تحت کنترل سرپرست
سیستم قرار دارند.

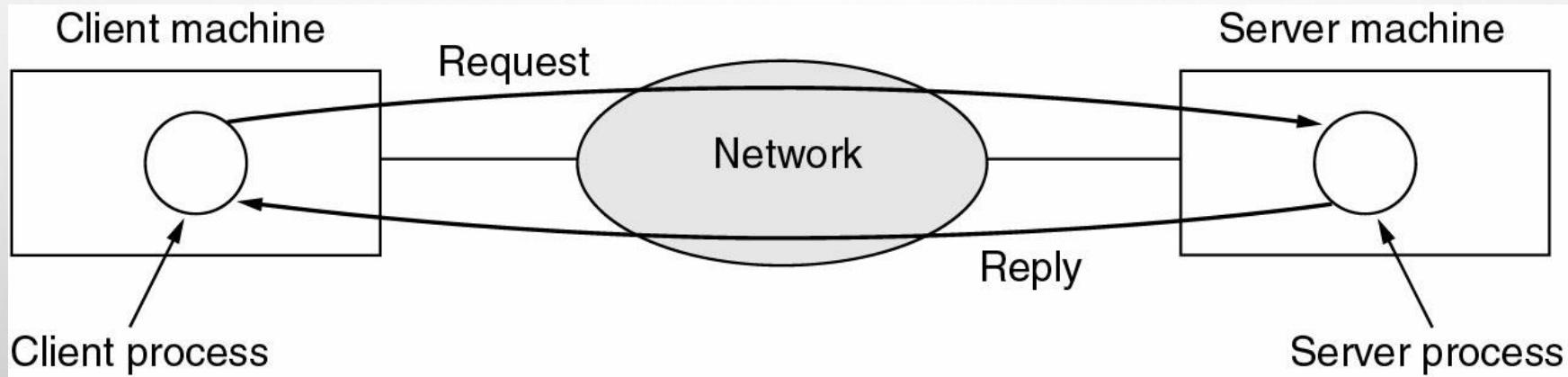
ایستگاههای دیگر (مشتریها) با مراجعه به
سرورها در خواست اطلاعات می کنند.

انواع شبکه از نظر مدل آرایش شبکه

- بسیاری از شبکه های معمول در موسسات از این نوع می باشد.
- دارای امنیت بالاتر می باشد.
- هزینه بیشتر، نگهداری دشوار تر شبکه
- سرویس وب نیز بر این مدل بنا نهاده شده است.
- وقتی صفحه ای را باز می کنید، در واقع آنرا از سرویس دهنده وب دریافت و در کامپیوتر خود (که در اینجا مشتری است) نمایش می دهید.

مدل مشتری /
سرویس دهنده
Client / Server

شبکه مبتنی بر مدل مشتری / سرویس دهنده



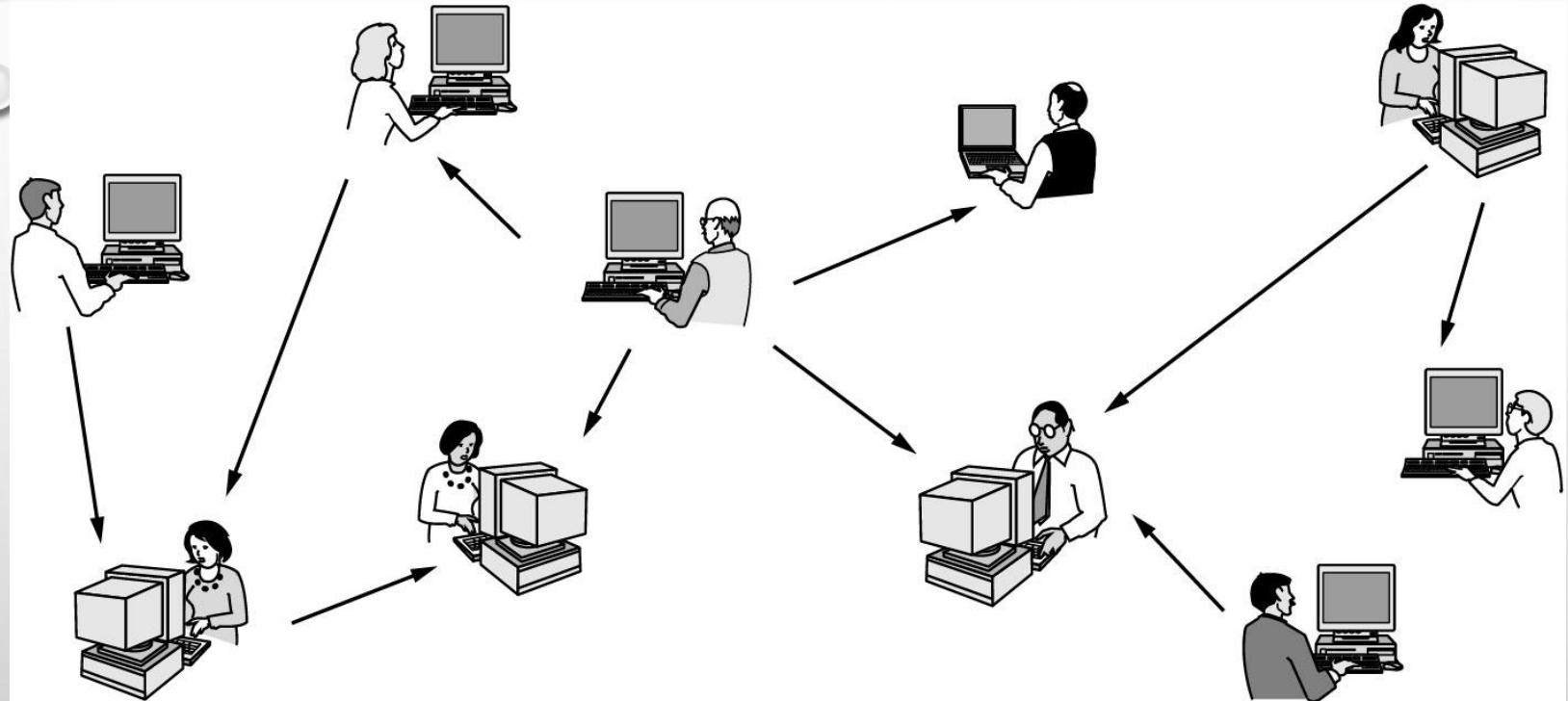
مدل مشتری / سرویس دهنده بر
”درخواست و پاسخ“ مبتنی است

انواع شبکه از نظر مدل آرایش شبکه

- عناصری بنام سرویس و هنده و مشتری وجود ندارد.
- هر ایستگاه می تواند با دیگری ارتباط داشته باشد و در خواست اطلاعات بکند.
- در واقع هر ایستگاه می تواند هم مشتری باشد و هم سرور دارای امنیت پایین تر است
- هر ایستگاه مستقلا مسئول برقراری امنیت اطلاعات است.

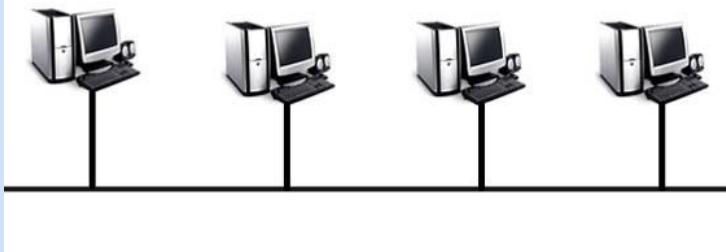
مدل نظیر به نظیر
(همتا به همتا)

Peer-To-Peer

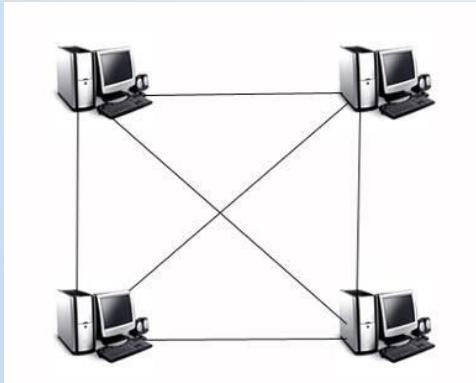


در یک سیستم همتا به همتا، مشتری یا سرویس دهنده ثابتی وجود ندارد.

تقسیم بندی از دیدگاه تکنولوژی انتقال

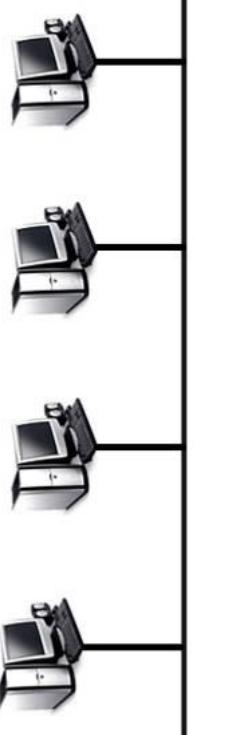


شبکه های
پخش فراگیر
(Broadcast)



شبکه های نقطه
به نقطه
(Point to Point)

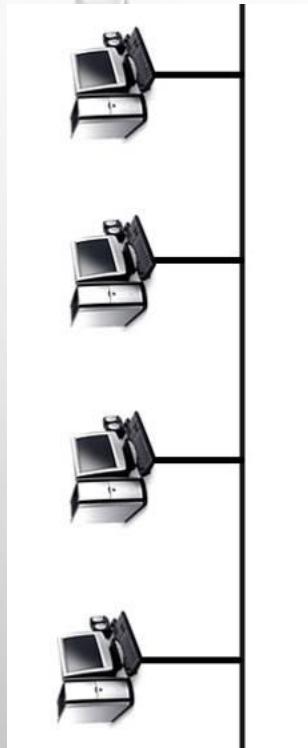
تقسیم بندی از دیدگاه تکنولوژی انتقال



- انتقال اطلاعات از طریق یک کانال مشترک منتقل می شود.
- همه ایستگاهها موظفند به این خط گوش دهند.
- هر ایستگاهی برای خود دارای یک آدرس منحصر بفردي است.
- تا بتواند داده های مربوط به خودش را تشخیص دهد.

شبکه های پخش
فراگیر (Broadcast)

تقسیم بندی از دیدگاه تکنولوژی انتقال

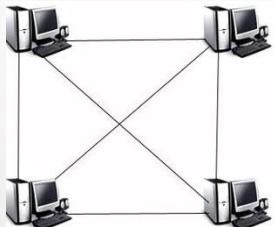


شبکه های پخش فراگیر (Broadcast)

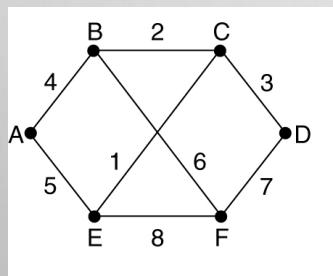
- امکان ارسال پیامهای فراگیر وجود دارد.
- مدیریت پیچیده کانال
- امنیت کم داده ها
- کارایی پایین
- مقرون بصرفه و کاربرد بطور گسترده

تقسیم بندی از دیدگاه تکنولوژی انتقال

بین هر دو ماشین یک کانال مستقیم و اختصاصی وجود دارد.



مسیر ارتباطی بین ایستگاهها می‌تواند متنوع باشد



بحث انتخاب بهترین مسیر

شبکه های نقطه به نقطه
(Point to Point)

تقسیم بندی شبکه ها از نظر مقیاس

گسترده
Area Network
(WAN)

شهری
Metropolitan
Area Network
(MAN)

محلی
Area Network
(LAN)

شخصی
Personal Area
Network (PAN)

شبکه های محلی

Local Area Network (LAN)



توپولوژی شبکه محلی

Network Topology

- چگونگی اتصال ایستگاهها از طریق کانال فیزیکی
- چگونگی تبادل داده ها بین ایستگاههای مختلف
- توپولوژی منطقی
 - نحوه جریان اطلاعات درون یک شبکه
- توپولوژی فیزیکی
 - نحوه سیم کشی بین دستگاههای فیزیکی

انواع توپولوژی های شبکه

Network Topology

توپولوژی
گسترش
ستاره
Extended
Star
Topology

توپولوژی سلسله
مراتبی(درختی)
Hierarchical
(Tree) Topology

توپولوژی
توری
Mesh
Topology

توپولوژی
حلقوی
Ring
Topology

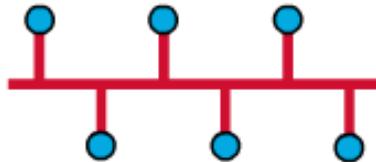
توپولوژی
ستاره
Star
Topology

توپولوژی
خطی
BUS
Topology

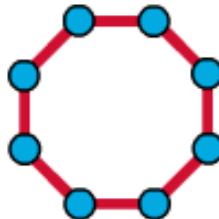
1

2

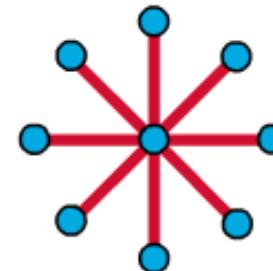
Physical Topologies



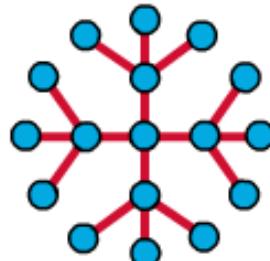
Bus Topology



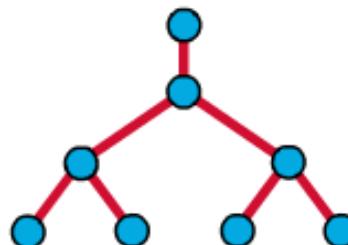
Ring Topology



Star Topology



Extended Star
Topology



Hierarchical
Topology



Mesh
Topology

توپولوژی خطی(باس) BUS Topology

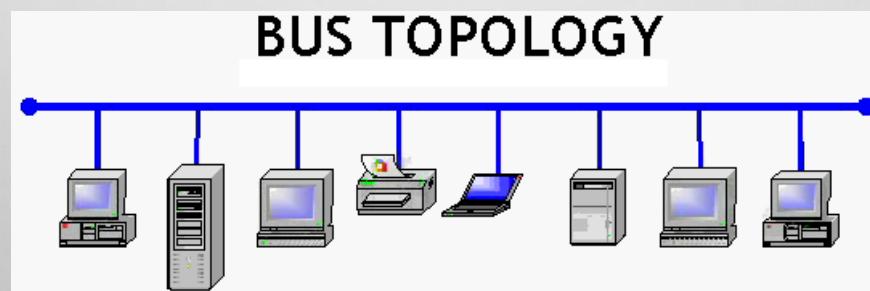
اتصال ایستگاهها از طریق یک کانال فیزیکی

هر گونه تبادل داده ها از طریق این کانال انجام می شود.

یک توپولوژی ساده، ارزان و با نصب راحت

یک توپولوژی محبوب قدیمی

عیب عمده: با قطع شدن کابل در یک محل، تمام شبکه از کار می افتد



توپولوژی ستاره

Star Topology

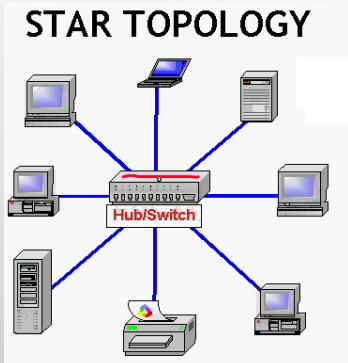
اتصال ایستگاهها از طریق گره
(دستگاه) مرکزی

هر گونه تبادل داده ها از طریق این
گره مرکزی انجام می شود.

یک توپولوژی ساده، ارزان و با نصب
راحت

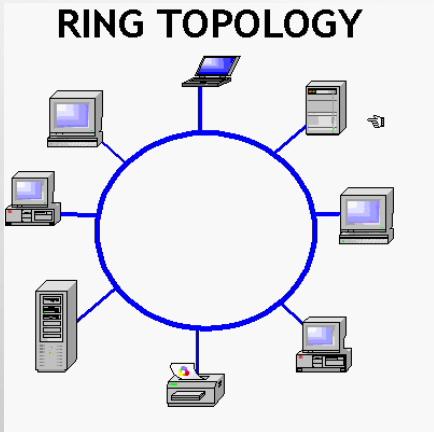
یک توپولوژی بسیار رایج و محبوب

گره مرکزی می تواند یک هاب یا یک
سوئیچ سریع باشد.



توبولوژی حلقه

Ring Topology



کاربرد کم /
IBM Token
Ring , FDDI

ایستگاهها در یک ساختار حلقوی
به یکدیگر متصل هستند.

برای انتقال اطلاعات به ماشین
غیر مجاور، بسته اطلاعاتی به
ماشین های مسیر ارسال می شود.

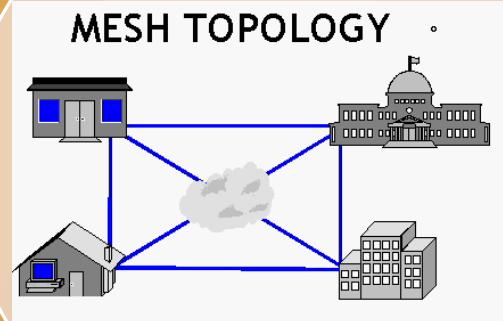
جهت جریان
اطلاعات در یک
جهت است.

توپولوژی توری

Mesh Topology

هر ایستگاه مستقیما(توسط خطوط نقطه به نقطه) به کلیه ایستگاههای دیگر شبکه متصل می باشد.

- دارای افزونگی ارتباط بالا / قابلیت اعتماد بالا
- پیچیدگی مدیریت و پیاده سازی



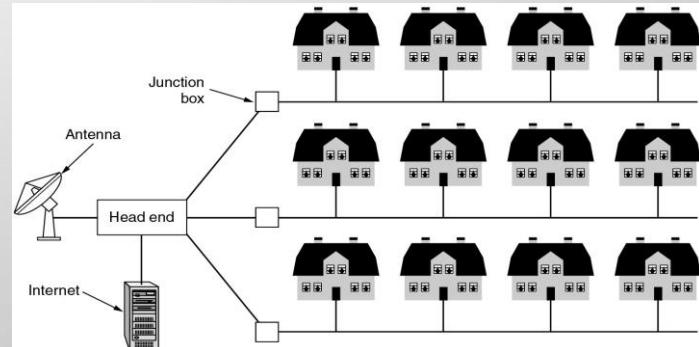
شبکه های شهری (MAN)

توپولوژی مشابه با شبکه محلی دارد

طول کانال در حدود حداقل ۱۰۰ کیلومتر

عموماً از فیبر نوری استفاده می شود

برای ایجاد شبکه در منطقه وسیع در حد یک شهر



شبکه های گسترده (WAN)

پیاده سازی در گستره جغرافیایی یک کشور و یا جهان

ارتباط شبکه های محلی و شهری به هم

و ایجاد یک شبکه گسترده فارغ از ساختار سخت افزاری یا نرم افزاری

دارای ساختار یکسان و همگونی نیست

آدرسهای شبکه آدرس فیزیکی و آدرس منطقی

آدرس فیزیکی :

- ۴۸ بیت
- ادرس یکتا است
- هر درگاه شبکه ای یک ادرس فیزیکی دارد
- تنظیم بر عهده کارخانه سازنده است.
- غیر قابل تغییر
- از روی ادرس فقط میتوان مشخصات تولید کننده را بدست آورد.

آدرس منطقی :

- ادرس یکتا بوده و توسط انجمن جهانی توزیع شده است.
- نحوه توزیع به گونه ای است که از روی ادرس میتوان موقعیت جغرافیایی دستگاه را مشخص کرد
- قابل تنظیم توسط کاربر یا شبکه است.
- هر درگاه شبکه میتواند یک یا چند ادرس داشته باشد

IP V4 & V6 –
1-30

Note

*An IPv4 address is a
32-bit
address.*

Note

*The IP addresses
are
unique.*

Note

The address space of IPv4 is

2^{32}

or

4,294,967,296.

Binary Notation

01110101 10010101 00011101 11101010

Dotted-decimal notation

10000000

00001011

00000011

00011111

128.11.3.31

Example 1

Change the following IP address from binary notation to dotted-decimal notation.

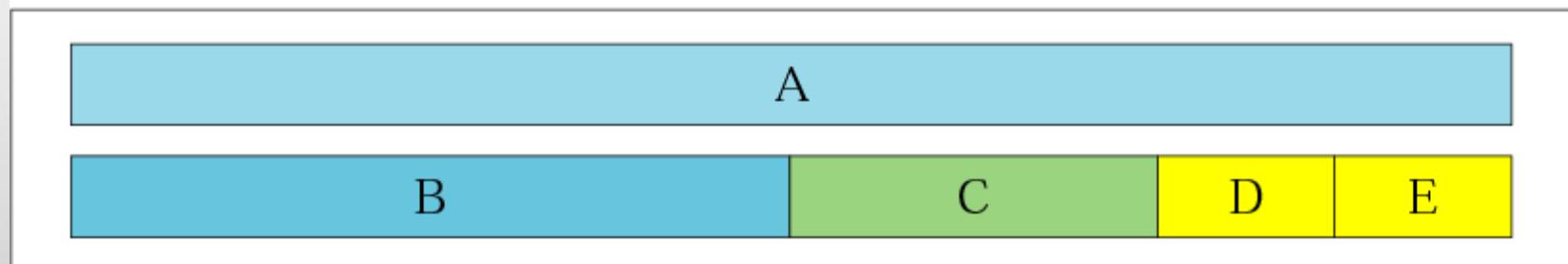
10000001 00001011 00001011 11101111

Solution

129.11.11.239

Occupation of the address space

Address space



Note

*In classful addressing,
the address space is
divided into five classes:
A, B, C, D, and E.*

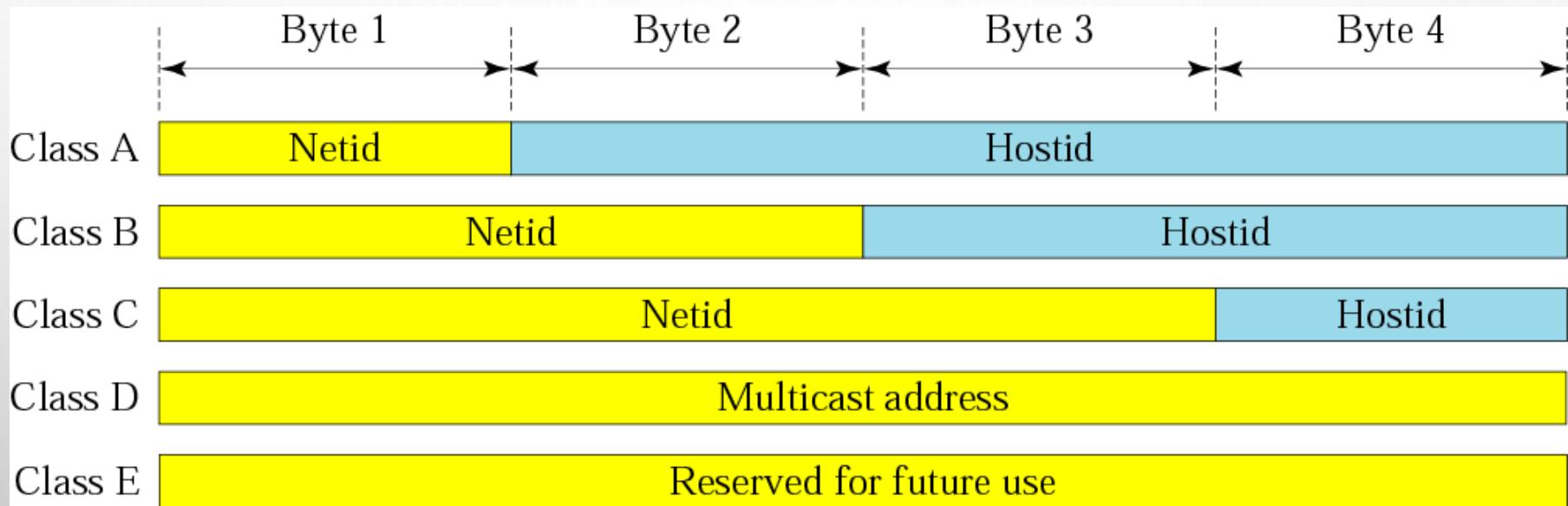
Finding the class in binary notation

	First byte	Second byte	Third byte	Fourth byte
Class A	0			
Class B	10			
Class C	110			
Class D	1110			
Class E	1111			

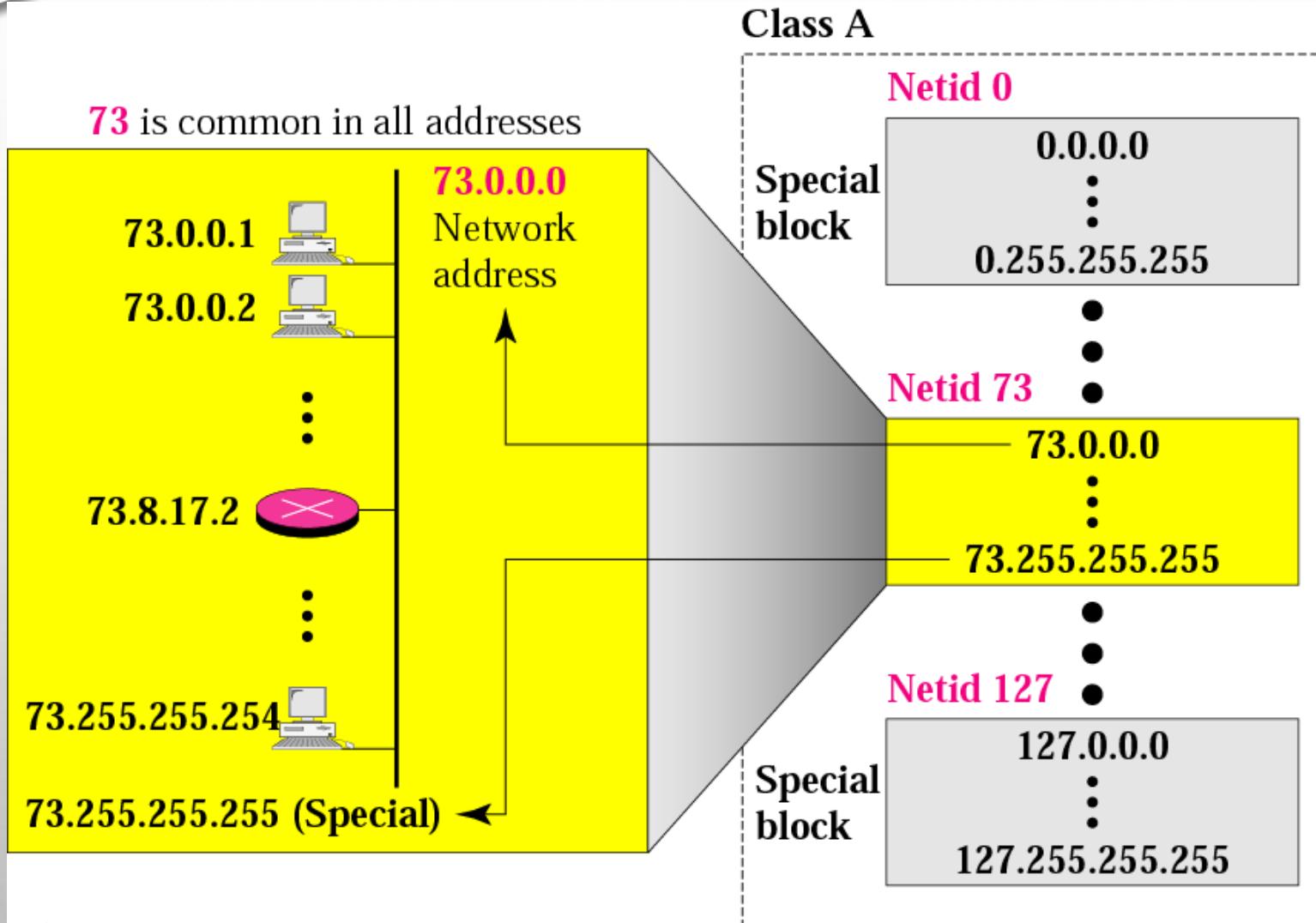
Finding the class in decimal notation

	First byte	Second byte	Third byte	Fourth byte
Class A	0 to 127			
Class B	128 to 191			
Class C	192 to 223			
Class D	224 to 239			
Class E	240 to 255			

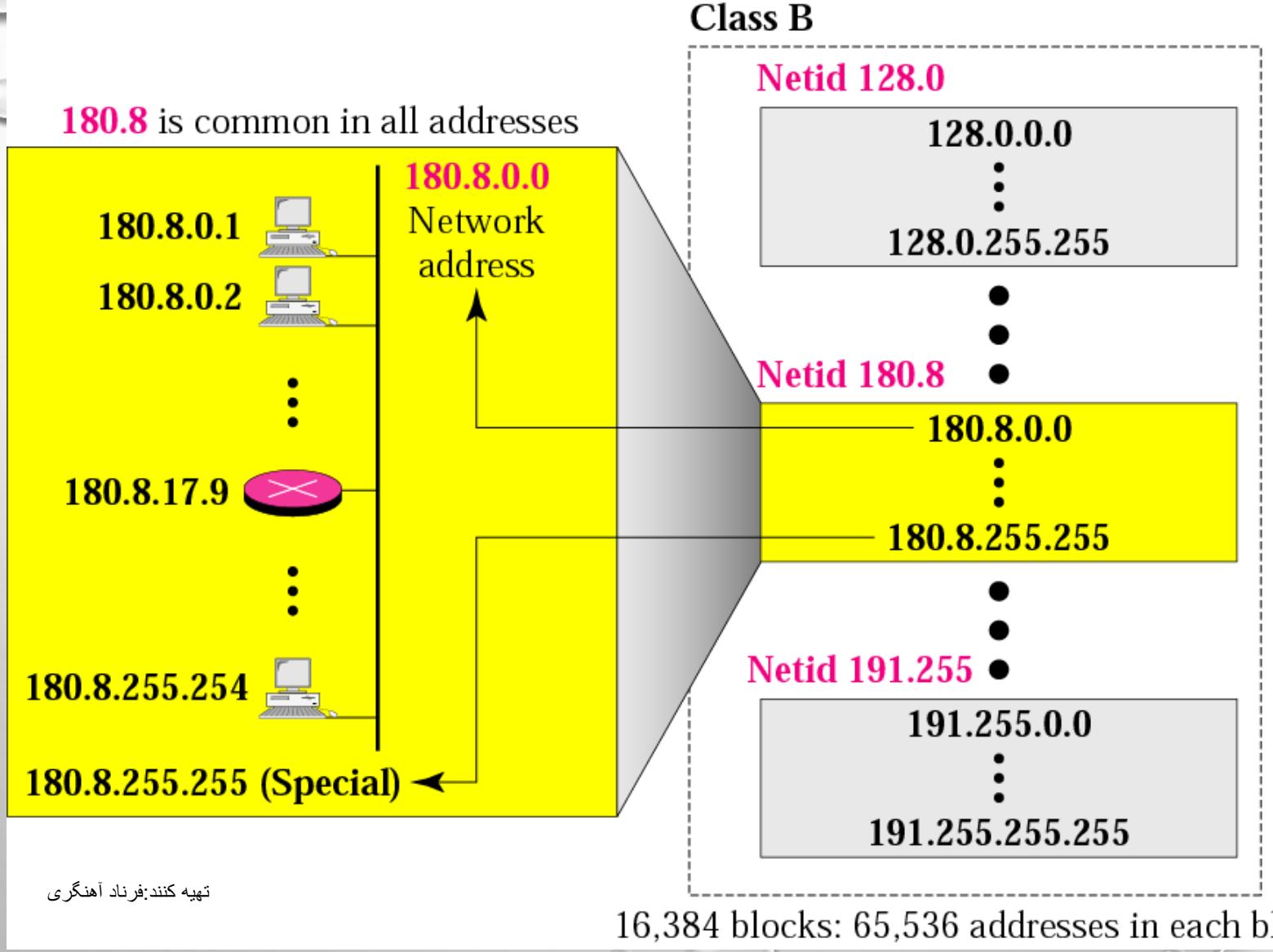
Netid and hostid



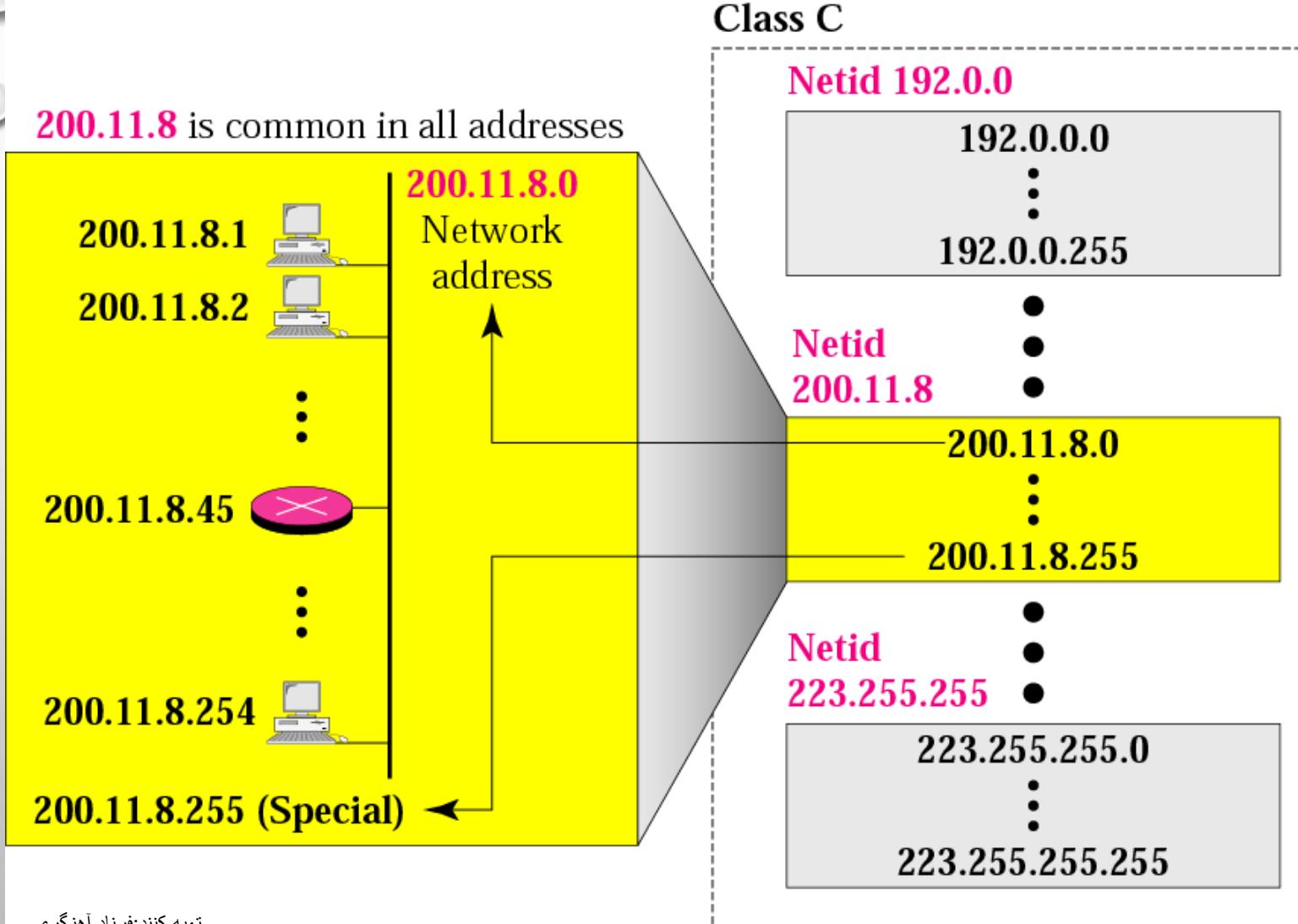
Blocks in class A



Blocks in class B



Blocks in class C



Note

*Class D addresses
are used for multicasting;
there is only
one block in this class.*

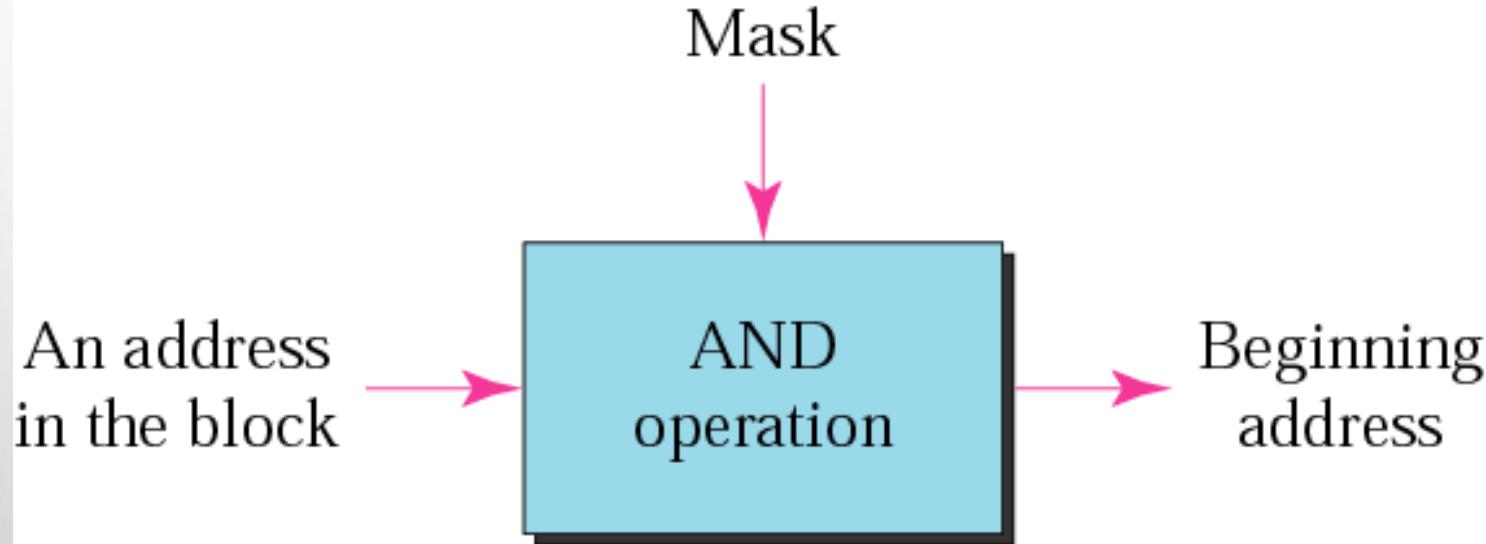
Note

*Class E addresses are reserved
for special purposes;
most of the block is wasted.*

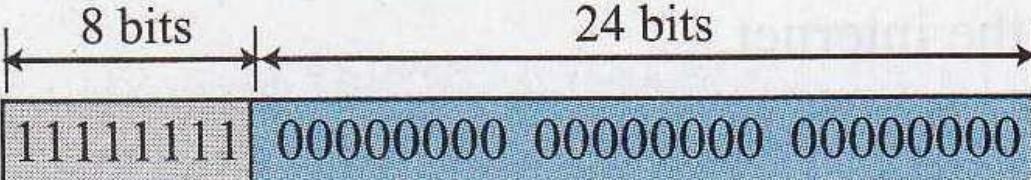
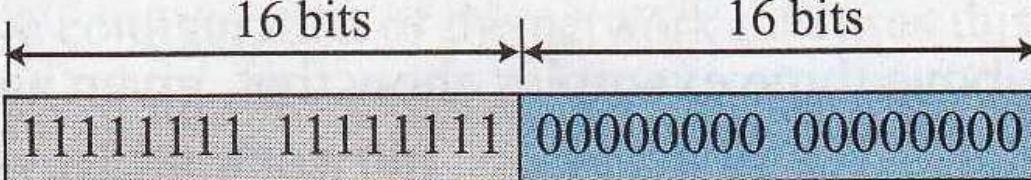
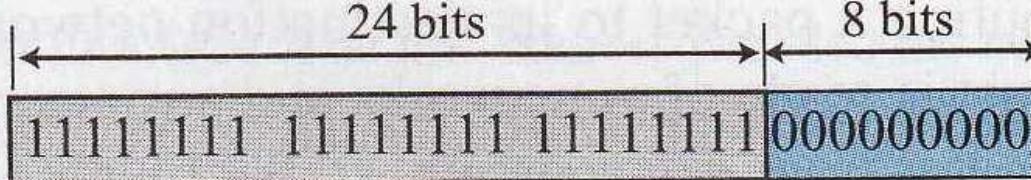
Mask

A mask is a 32-bit binary number that gives the first address in the block (the network address) when bitwise ANDed with an address in the block.

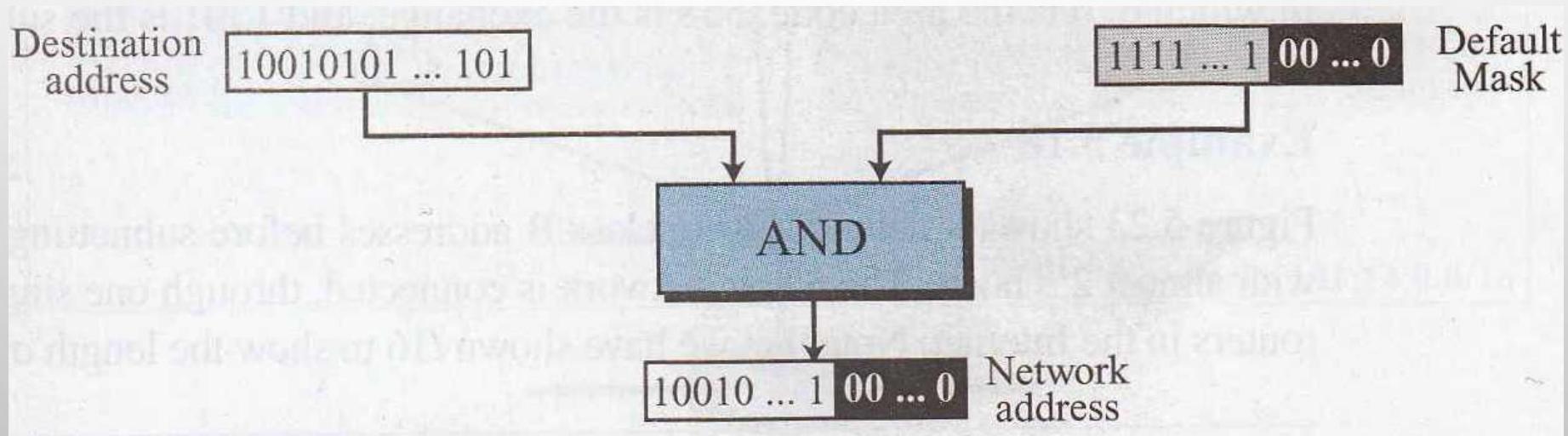
Masking concept



NETWORK MASK

Mask for class A	 11111111 00000000 00000000 00000000	255.0.0.0
Mask for class B	 11111111 11111111 00000000 00000000	255.255.0.0
Mask for class C	 11111111 11111111 11111111 00000000	255.255.255.0

FINDING A NETWORK ADDRESS

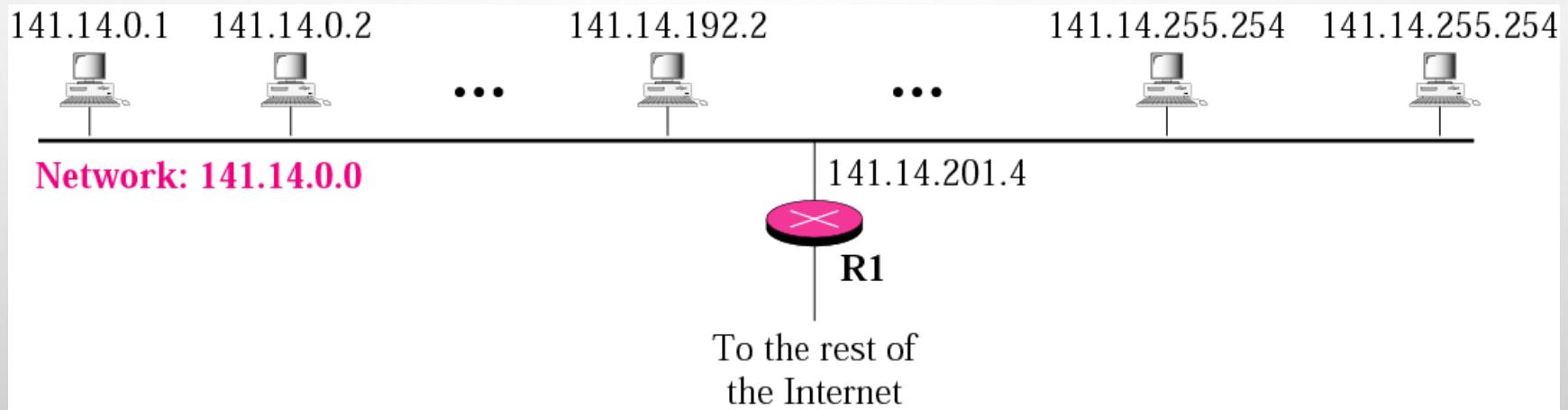


Three Level Addressing: SUBNETTING

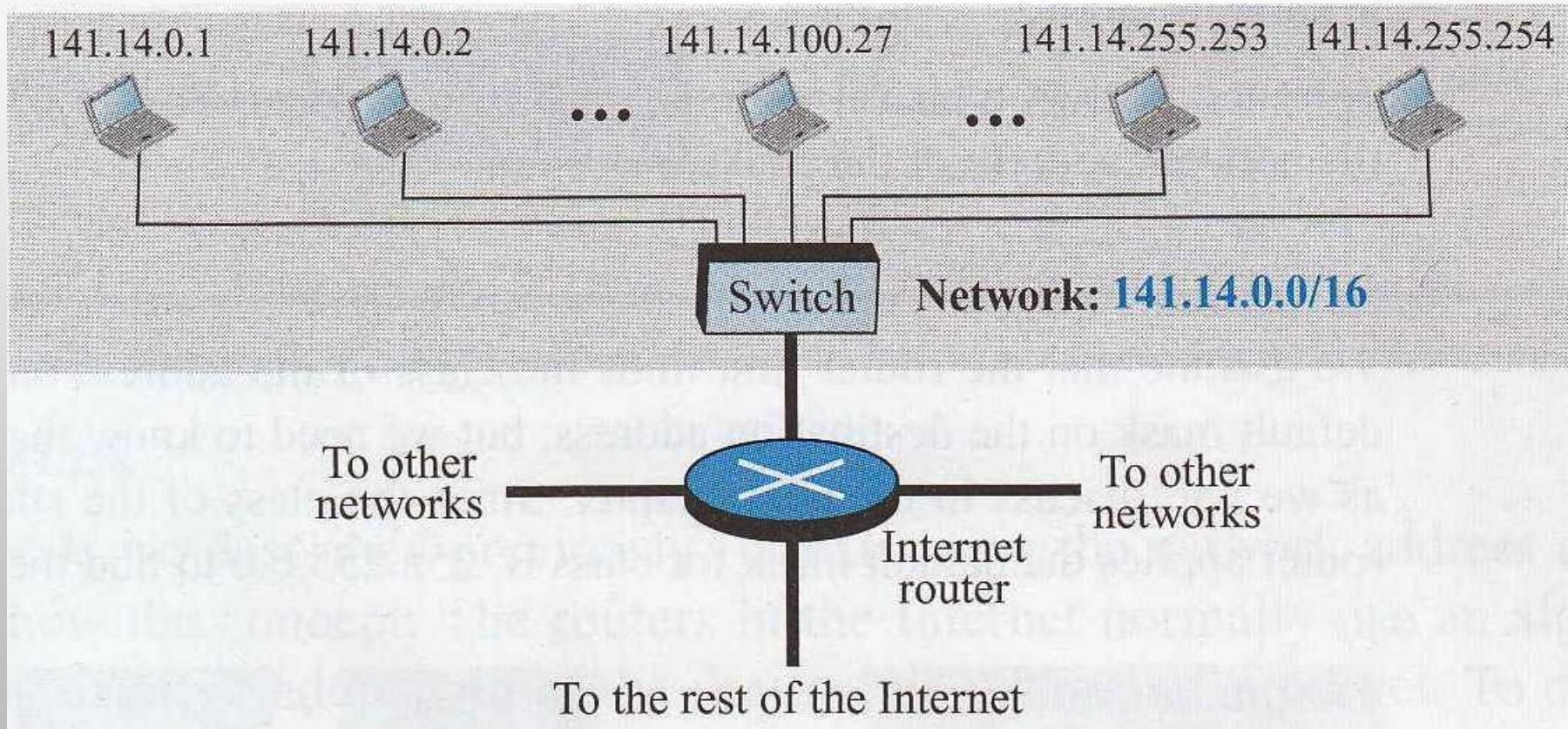
Note

*IP addresses are designed with
two levels of hierarchy.*

A network with two levels of hierarchy (not subnetted)



A network with two levels of hierarchy (not subnetted)

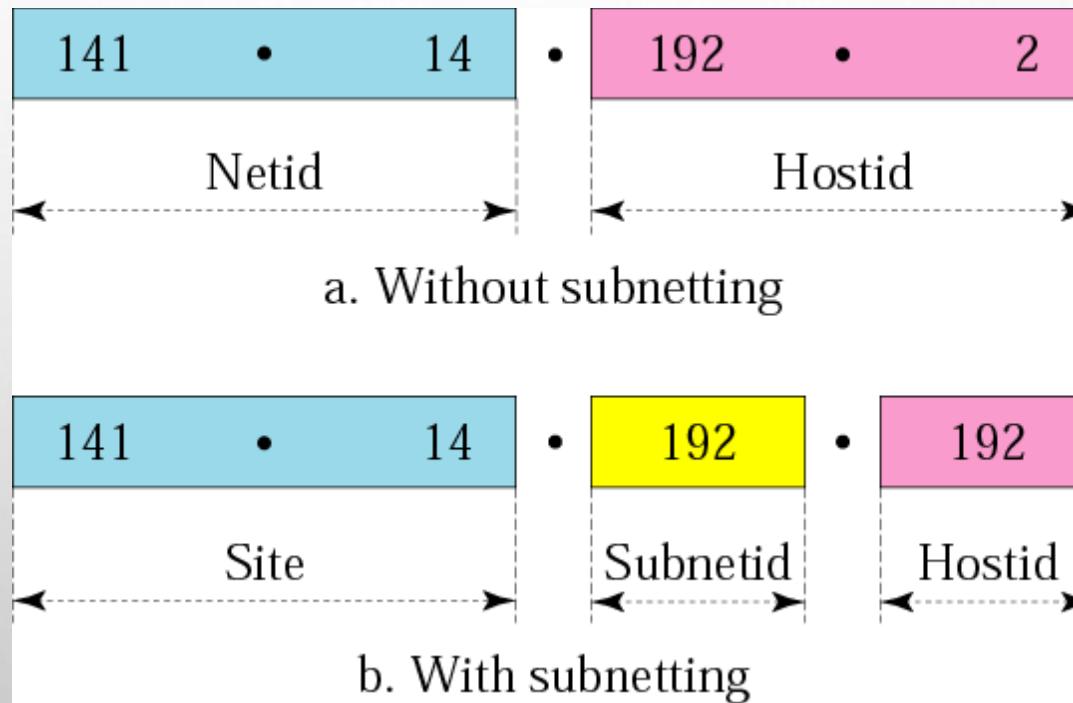


Hierarchy concept in a telephone number

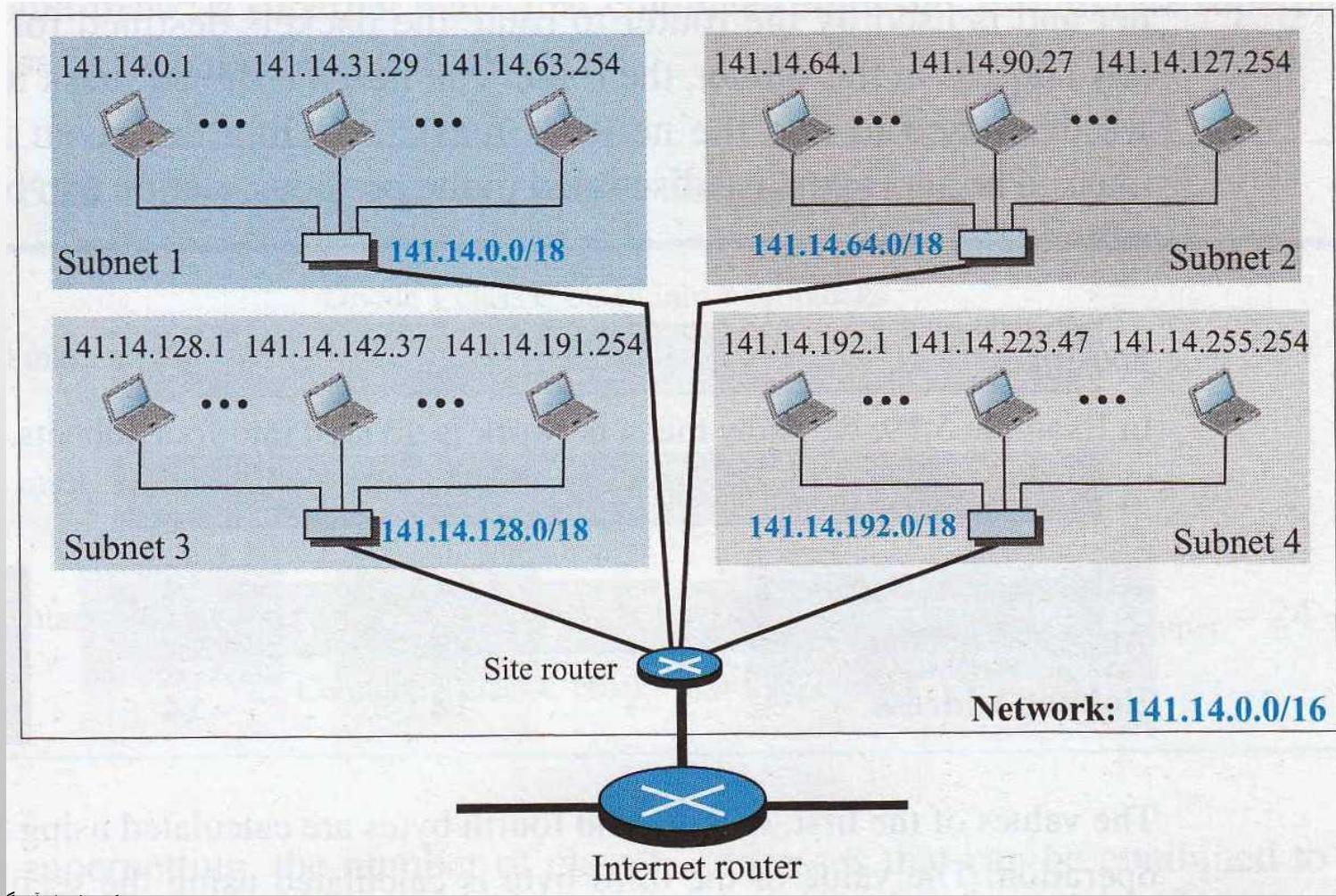
(408) 864 – 8902

Area code Exchange Connection

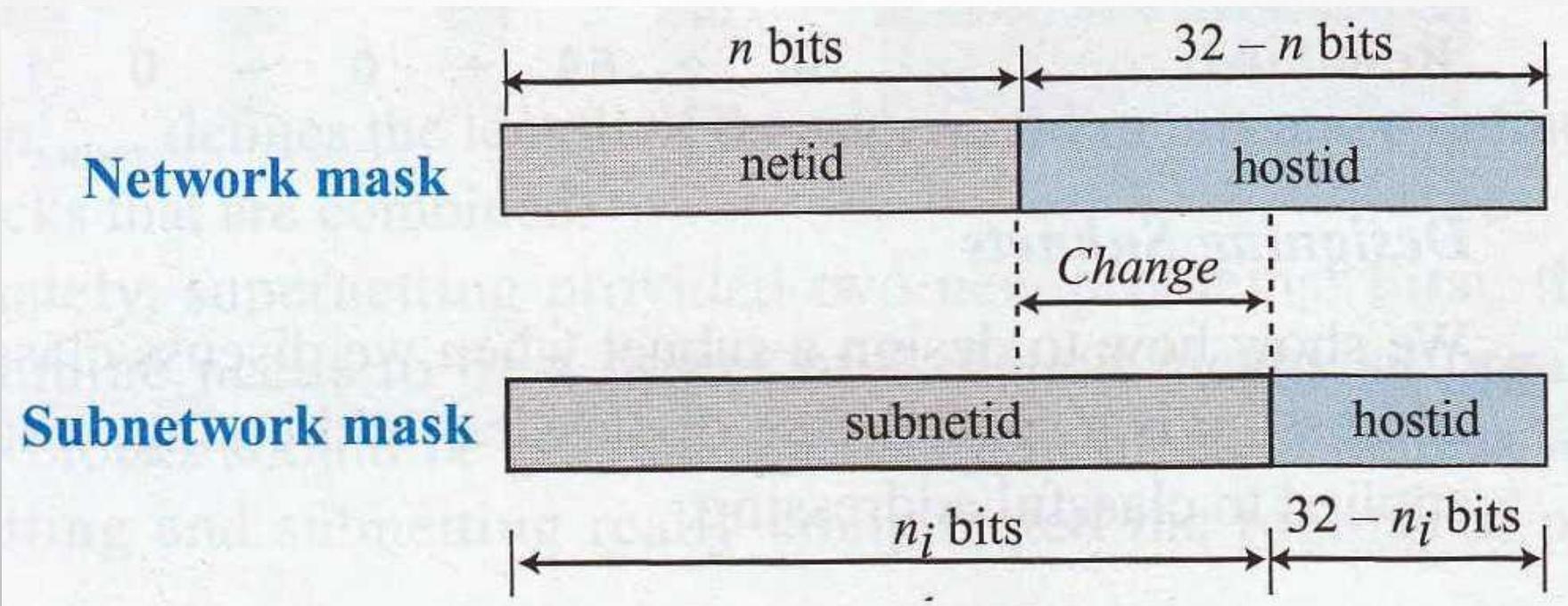
Addresses in a network with and without subnetting



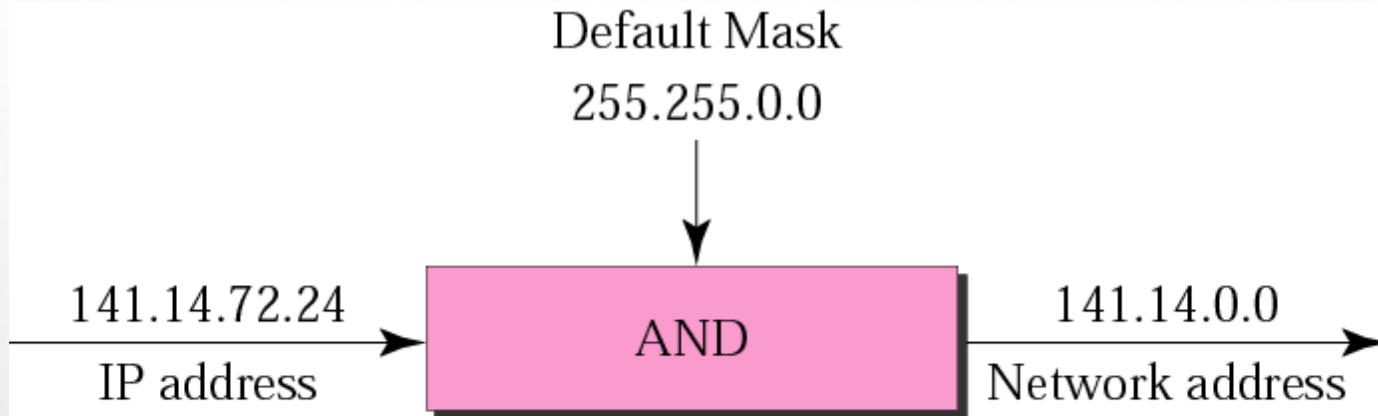
A network with three levels of hierarchy (subnetted)



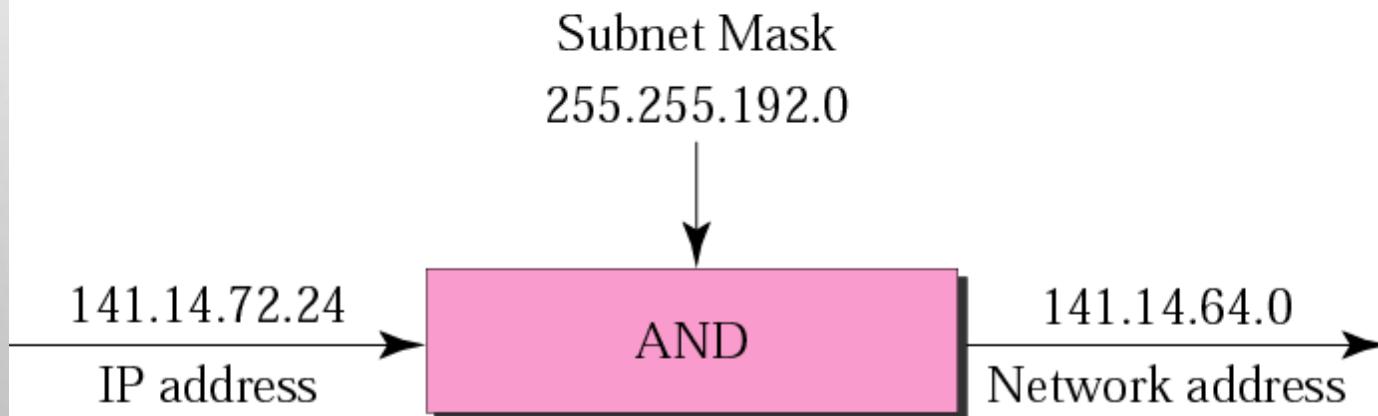
NETWORK MASK AND SUBNET MASK



Default mask and subnet mask



a. Without subnetting



b. With subnetting

Note

*The number of subnets must be
a power of 2.*

Example 3

A company is granted the site address 201.70.64.0 (class C). The company needs six subnets. Design the subnets.

Solution

The number of 1s in the default mask is 24 (class C).

Solution (Continued)

The company needs six subnets. This number 6 is not a power of 2. The next number that is a power of 2 is 8 (2^3). We need 3 more 1s in the subnet mask. The total number of 1s in the subnet mask is 27 ($24 + 3$).

The total number of 0s is 5 ($32 - 27$). The mask is

Solution (Continued)

11111111 11111111 11111111 11100000

or

255.255.255.224

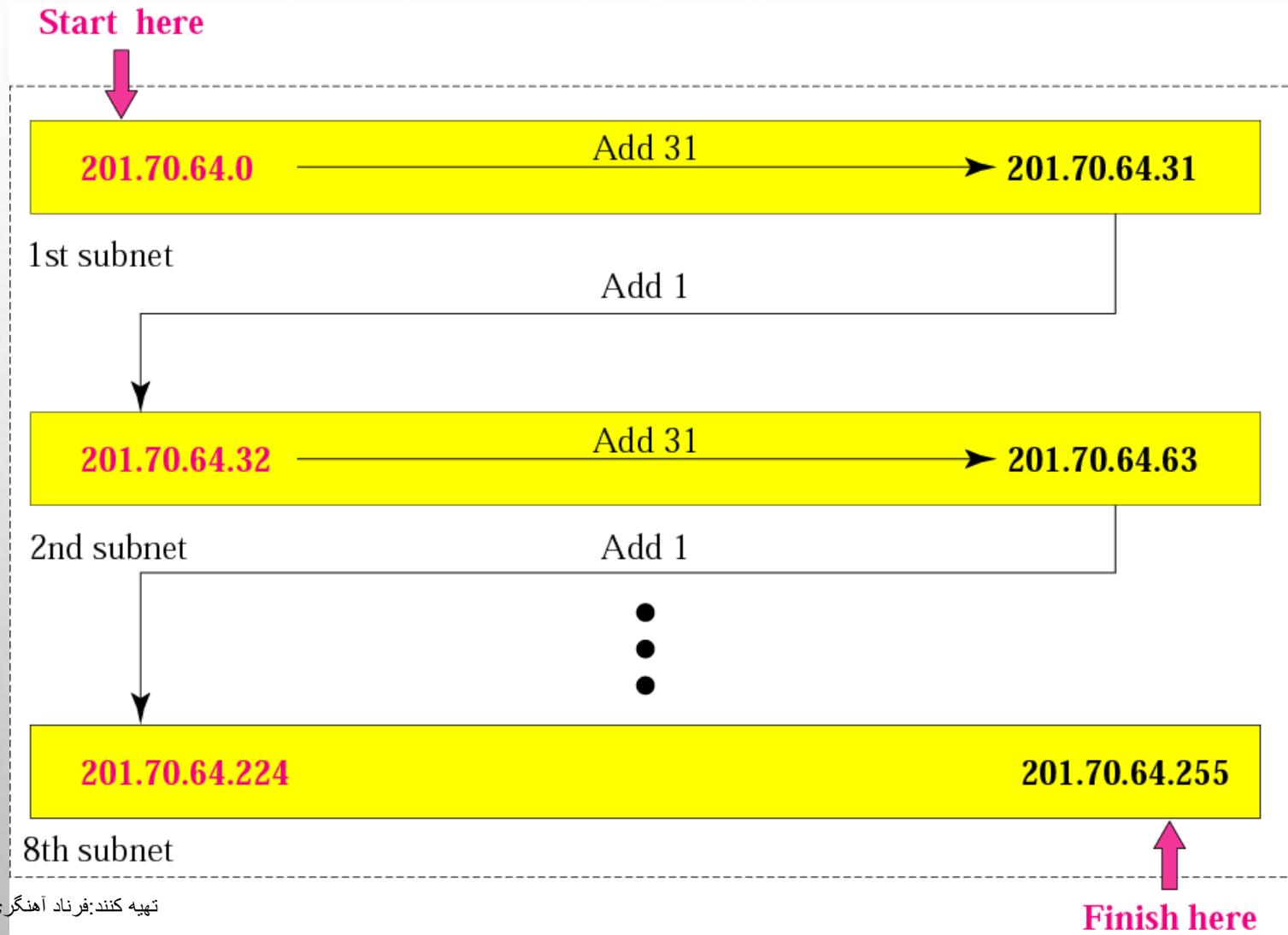
The number of subnets is 8.

The number of addresses in each subnet is 2^5 (5 is the number of 0s) or 32.

See next slide

تهیه کنند: فرناد آهنگری

Example 3



Example 4

A company is granted the site address 181.56.0.0 (class B). The company needs 1000 subnets. Design the subnets.

Solution

The number of 1s in the default mask is 16 (class B).

Solution (Continued)

The company needs 1000 subnets. This number is not a power of 2. The next number that is a power of 2 is 1024 (2^{10}). We need 10 more 1s in the subnet mask.

The total number of 1s in the subnet mask is 26 ($16 + 10$).

The total number of 0s is 6 ($32 - 26$).

Solution (Continued)

The mask is

11111111 11111111 11111111 11000000

or

255.255.255.192.

The number of subnets is 1024.

The number of addresses in each subnet is 2^6
(6 is the number of 0s) or 64.

See next slide

Example 4

Finish here

181.56.0.0

Apply subnet mask

181.56.0.63

1st subnet

subtract 1

181.56.255.64

Apply subnet mask

181.56.255.127

1022th subnet

subtract 1

181.56.255.128

Apply subnet mask

181.56.255.191

1023th subnet

subtract 1

181.56.255.192

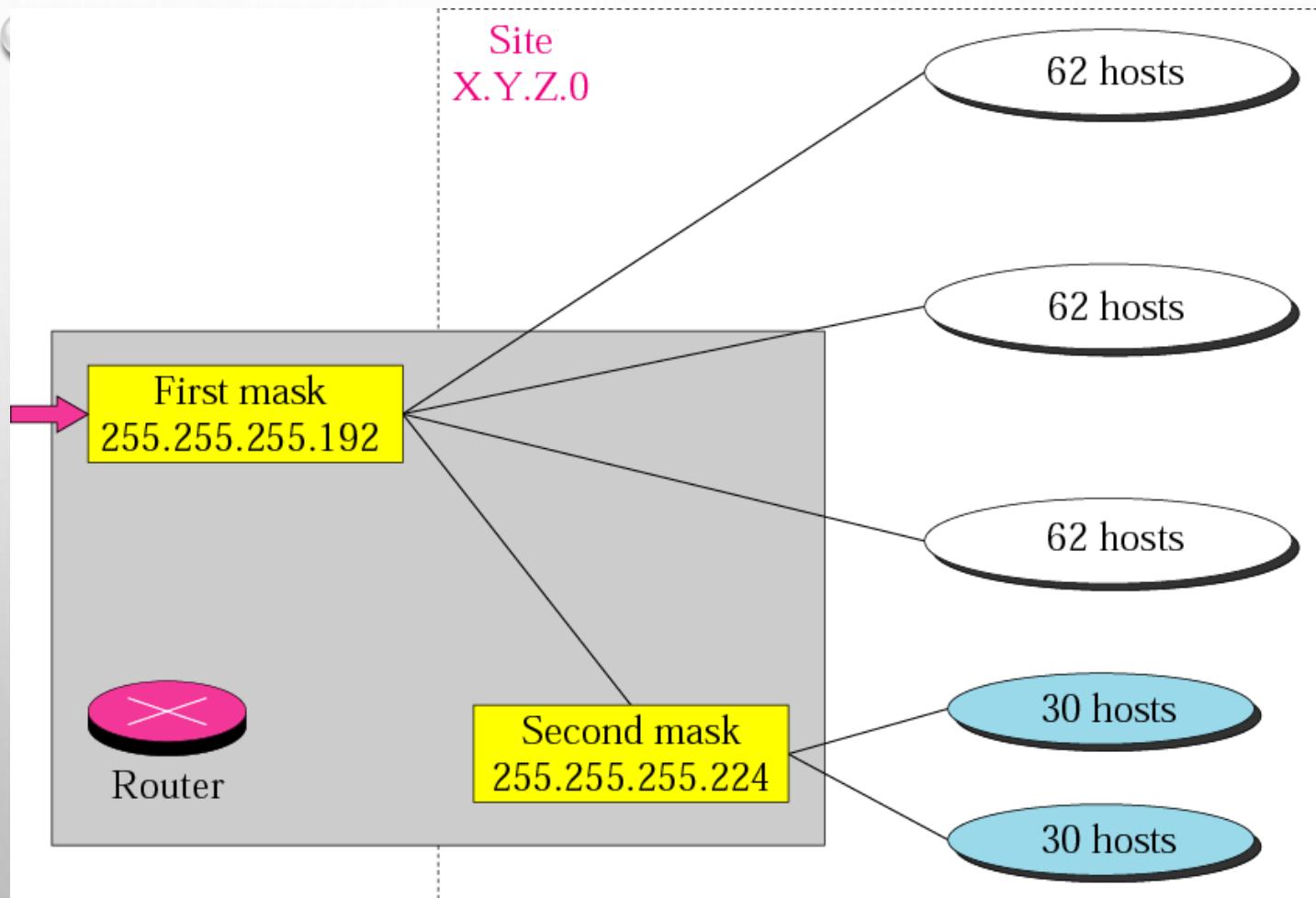
Apply subnet mask

181.56.255.255

1024th subnet

Start here

Variable-length subnetting

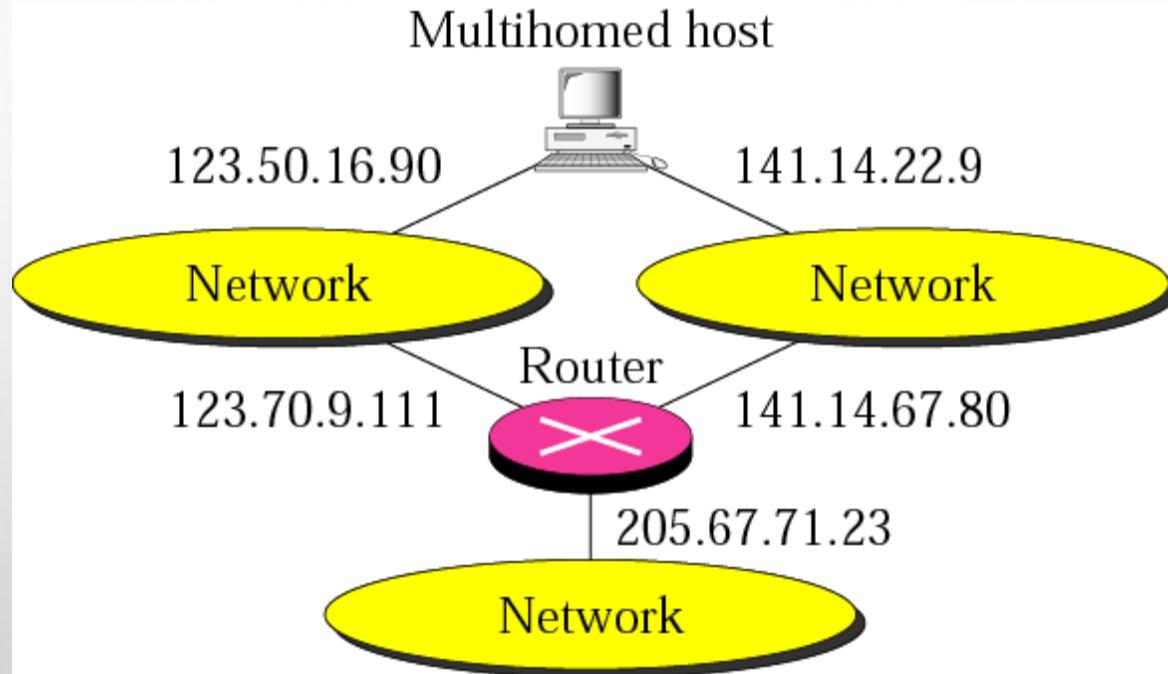


تهیه کنند: فرناد آهنگری

آدرس‌های خاص

- 1- ادرس 0.0.0.0 یعنی این ایستگاه در این شبکه(هنگامی که شماره ندارد
- 2- ادرس 0.HOSTID یعنی میزبانی در این شبکه
- 3- ادرس NETID.255 ادرس همه پخشی مستقیم
- 4- ادرس 255.255.255.255 همه پخشی محدود که فقط در شبکه های محلی قابل استفاده است
- 5- ادرس NETID.0 نشان دهنده خود شبکه
- 6- ادرس 127.X.X.1 برگشت حلقه است
- 7- ادرس X.192.168.X ادرس غیر معتبر

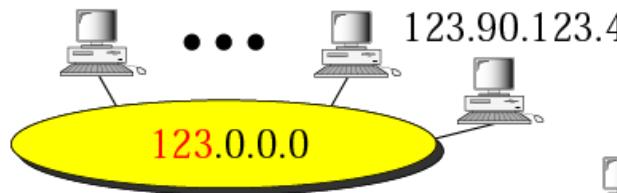
Multihomed devices



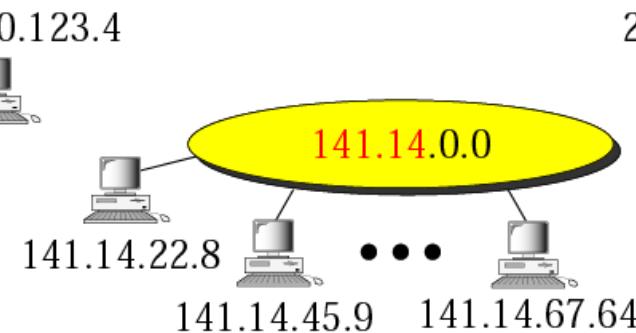
Network addresses

Netid	Hostid
Specific	All 0s

123.50.16.90 123.65.7.34

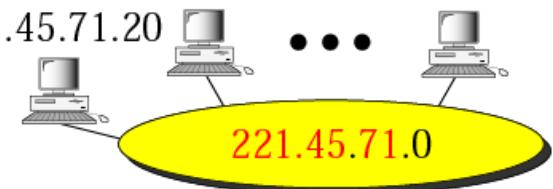


(a) Class A



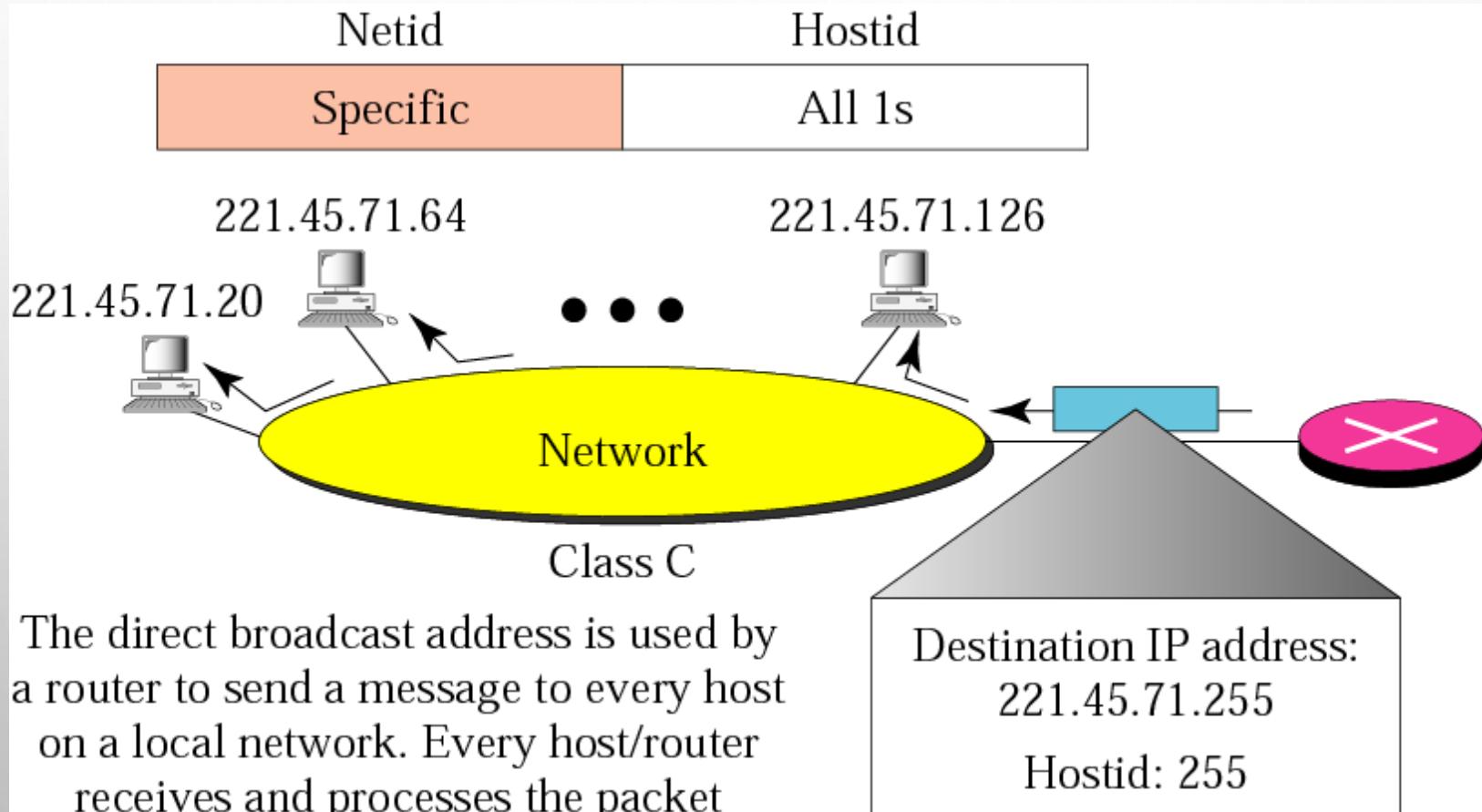
(b) Class B

221.45.71.64 221.45.71.126
221.45.71.20



(c) Class C

Example of direct broadcast address

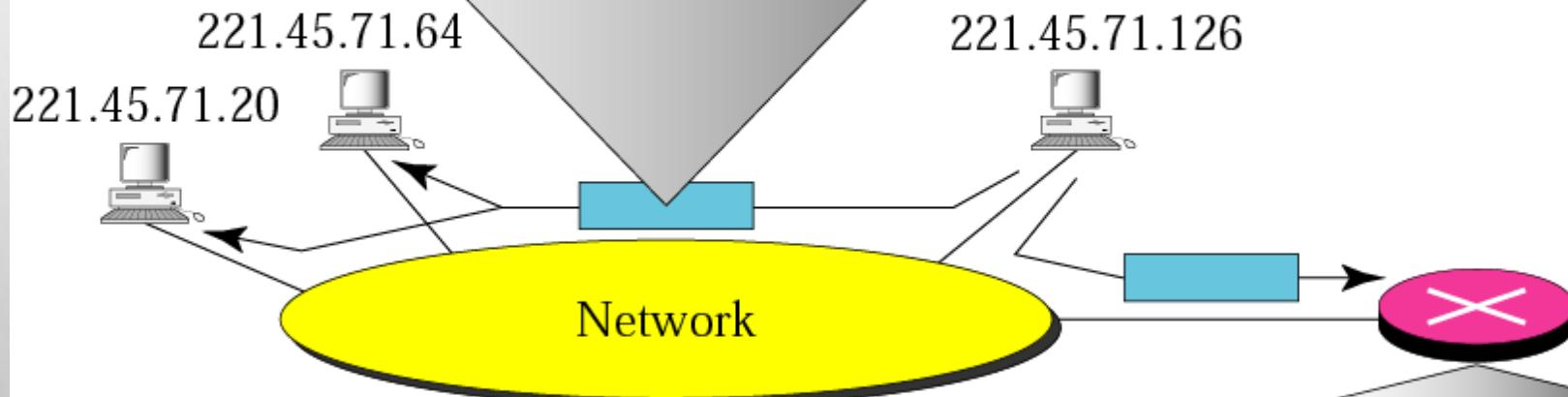


Example of limited broadcast address

Netid and hostid

All 1s

Destination IP address:
255.255.255.255

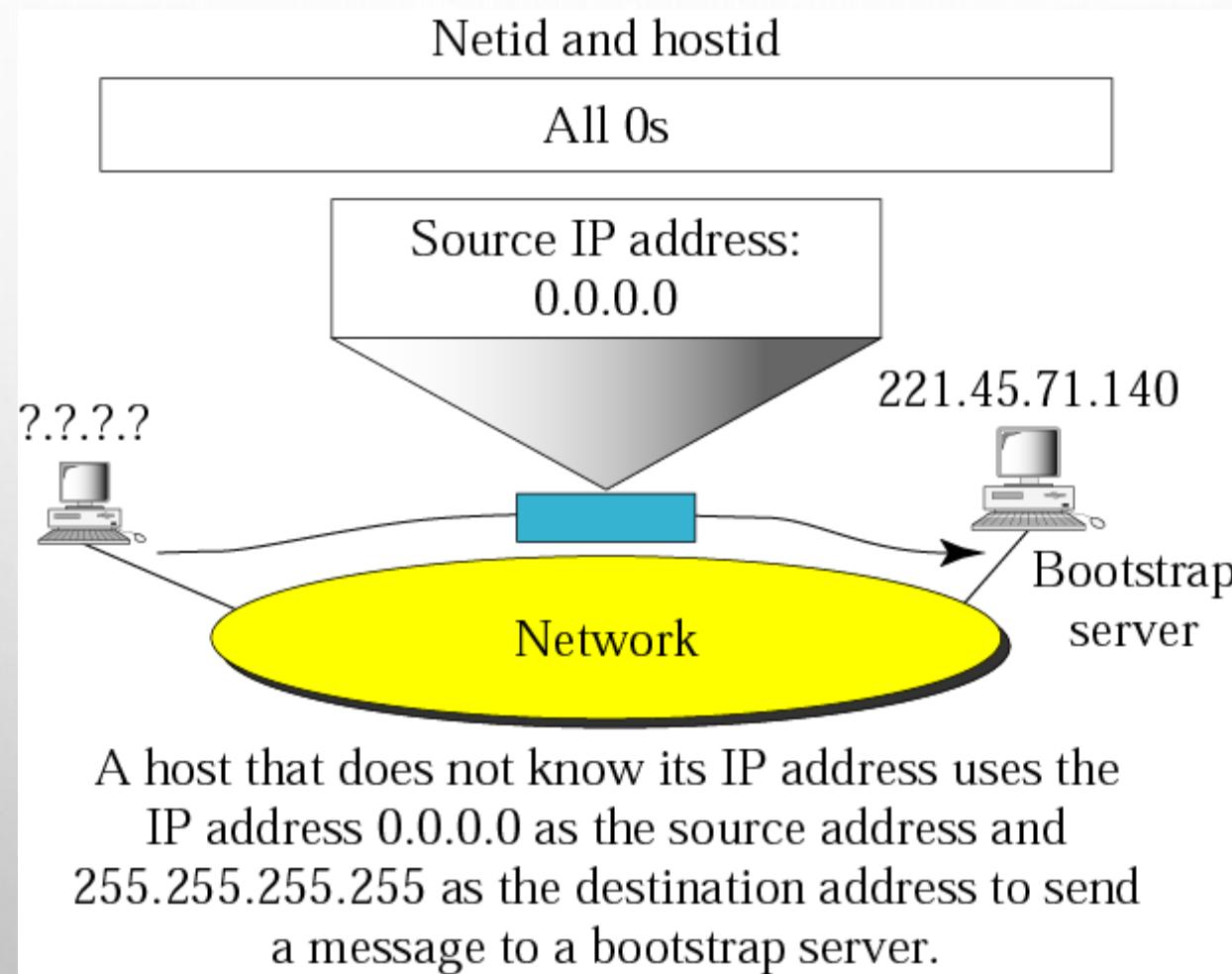


A limited broadcast address is used by a host to send a packet to every host on the same network.

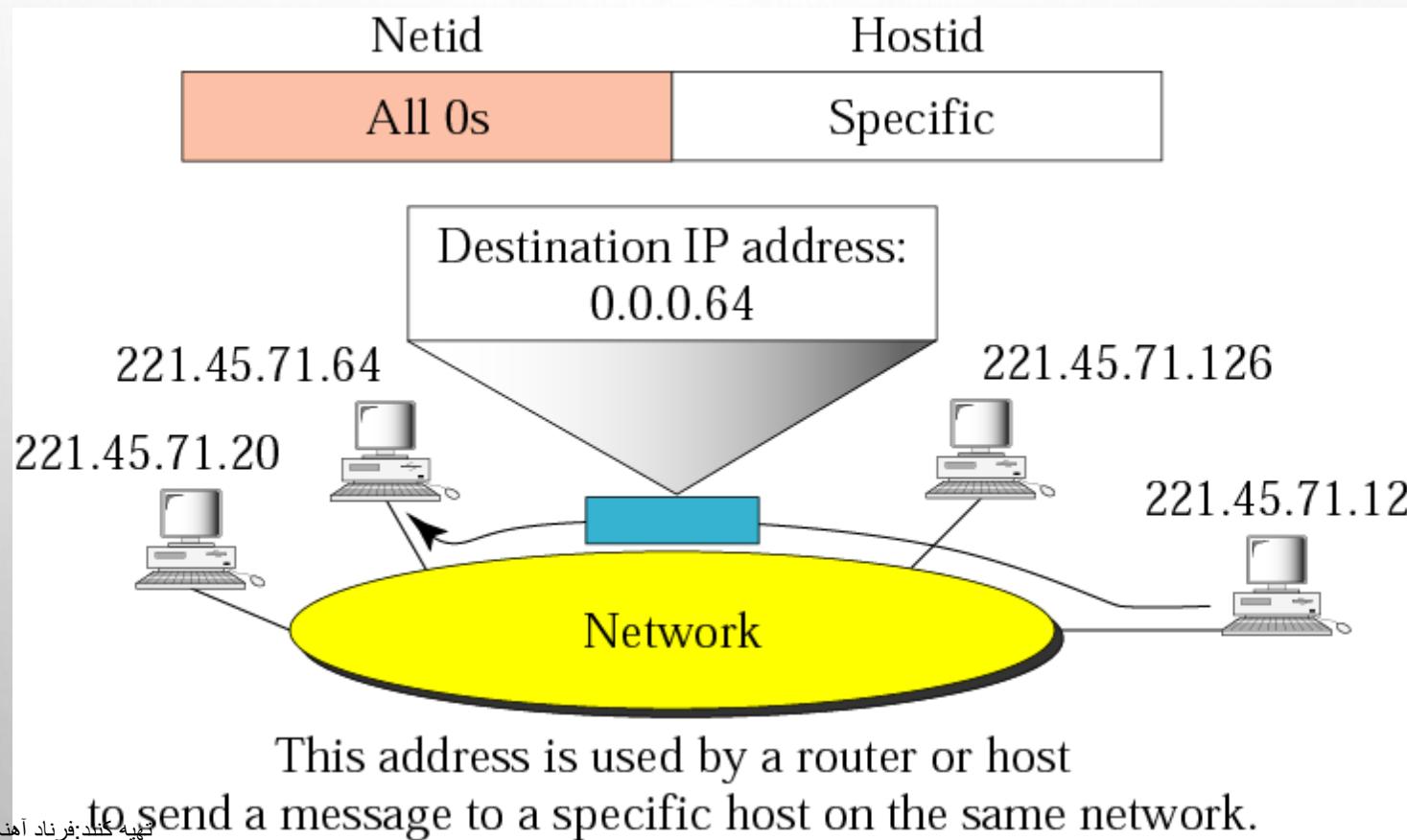
However, the packet is blocked by routers to confine the packet to the local network.
تبلیغاتی فرند: آهنگری

Router blocks the limited broadcast packet
۱-۷۴

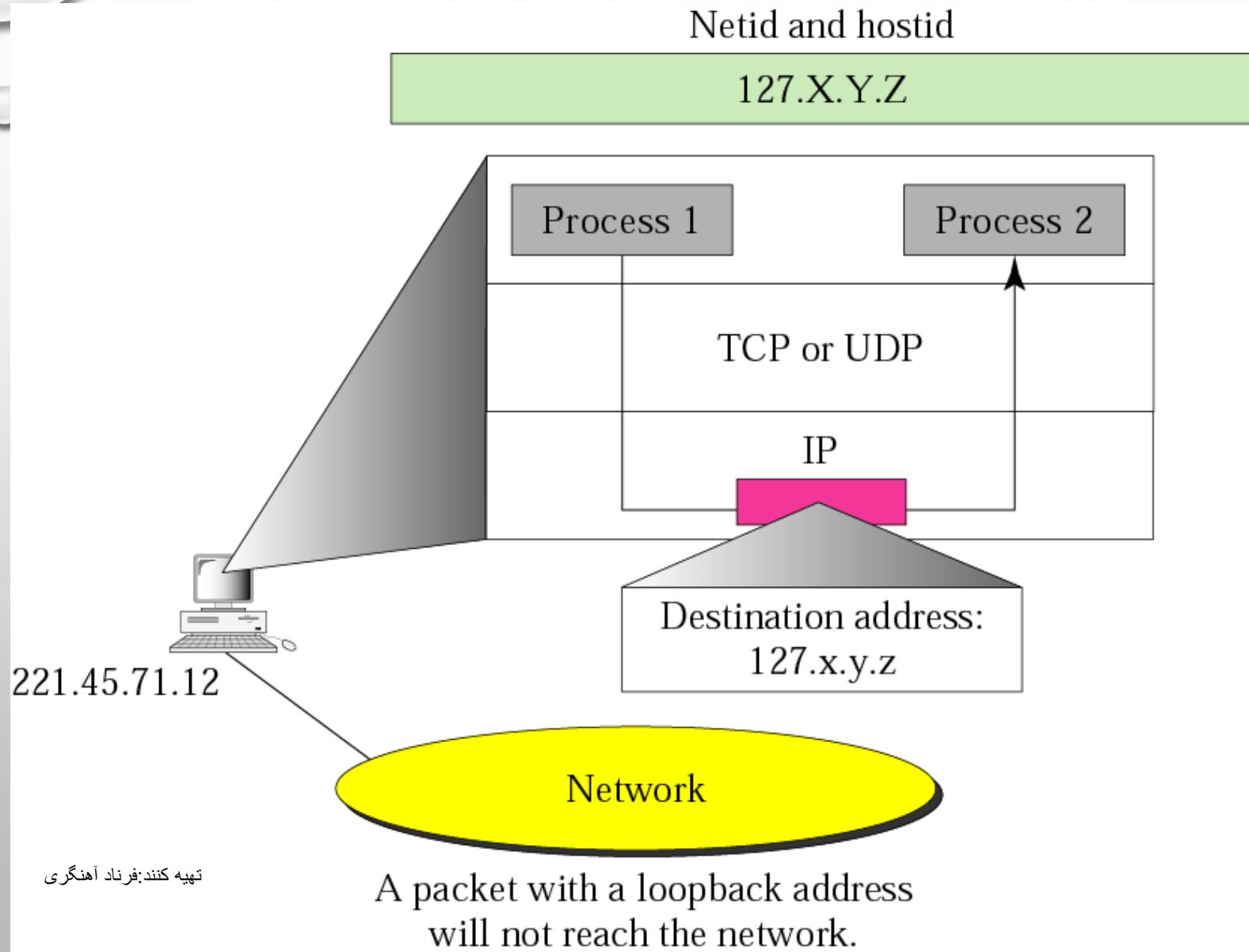
Example of *this* host on *this* address



Example of specific host on *this* network



Example of loopback address

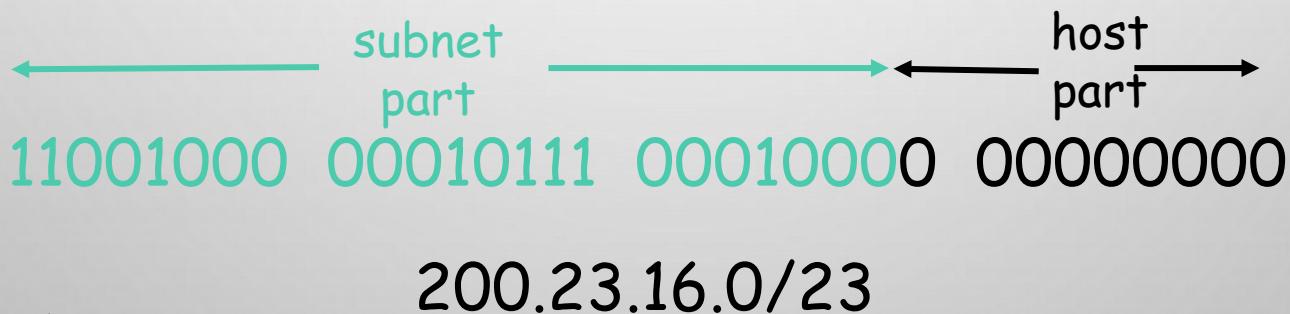


IP ADDRESSING: CIDR

CIDR : IP آدرس دهی

CIDR : CLASSLESS INTERDOMAIN ROUTING

- ❖ بخش زیر شبکه آدرس با طول دلخواه می باشد.
- ❖ قالب آدرس : $a.b.c.d/x$ می باشد که x تعداد بیت ها در بخش زیر شبکه آدرس می باشد.



اینترنت - اجزای تشکیل دهنده



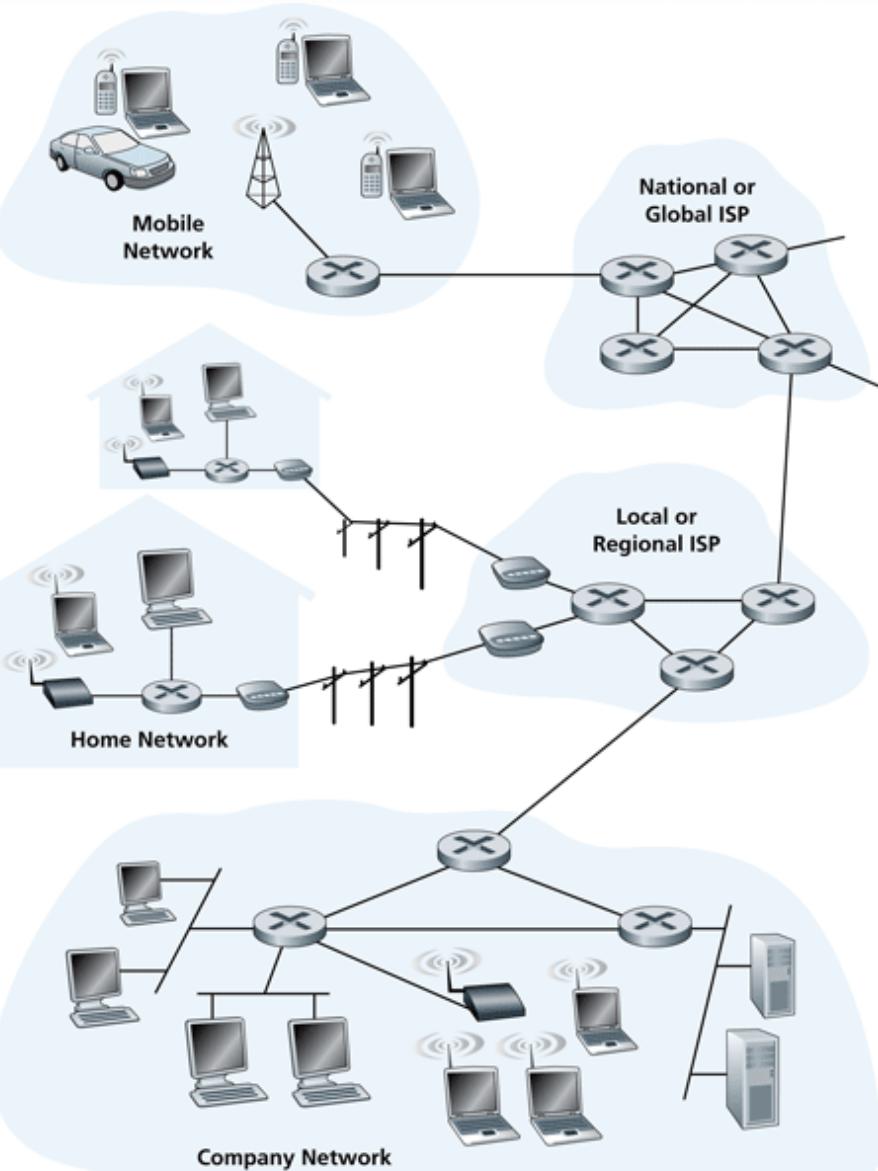
□ اینترنت شامل میلیونها دستگاه کامپیوتری بهم متصل شده می باشد. که در حال اجرای برنامه های کاربردی شبکه می باشند.

□ **میزبان = سیستم نهایی**

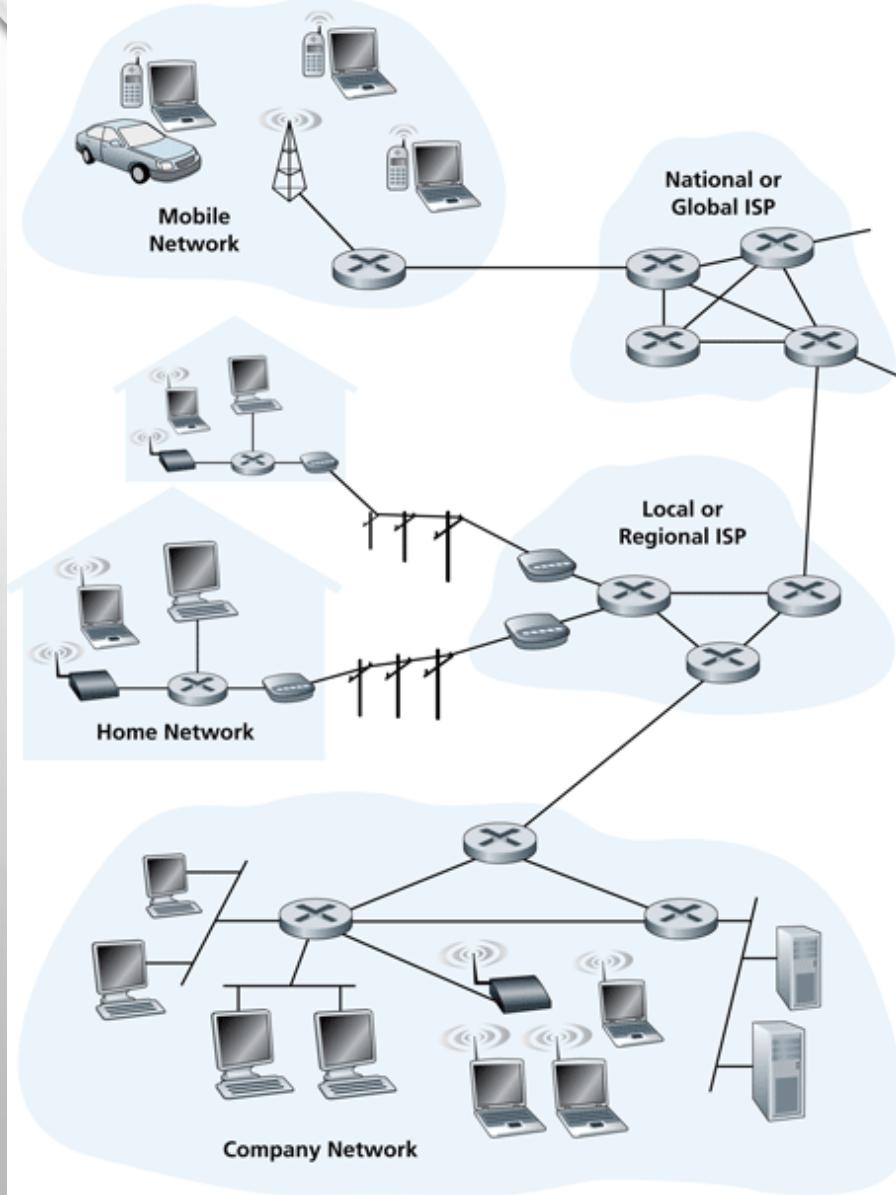
لینک های ارتباطی

- ❖ فiber نوری، سیم مسی،
- ❖ امواج رادیویی، ماهواره
- ❖ نرخ انتقال داده = پهنای باند

□ **مسیر یابها : هدایت بسته ها به سمت مقصد**



اینترنت - اجزای تشکیل دهنده



□ پروتکل ها: که ارسال و دریافت پیام ها را کنترل می نمایند.

❖ مانند IP، TCP، HTTP و اترنت

□ اینترنت: شبکه ای از شبکه ها

❖ ساختار سلسله مراتبی (بصورت ضعیفی) دارد.

❖ اینترنت عمومی در مقابل اینترانet خصوصی

□ استانداردهای اینترنت

RFC: Request for comments ❖

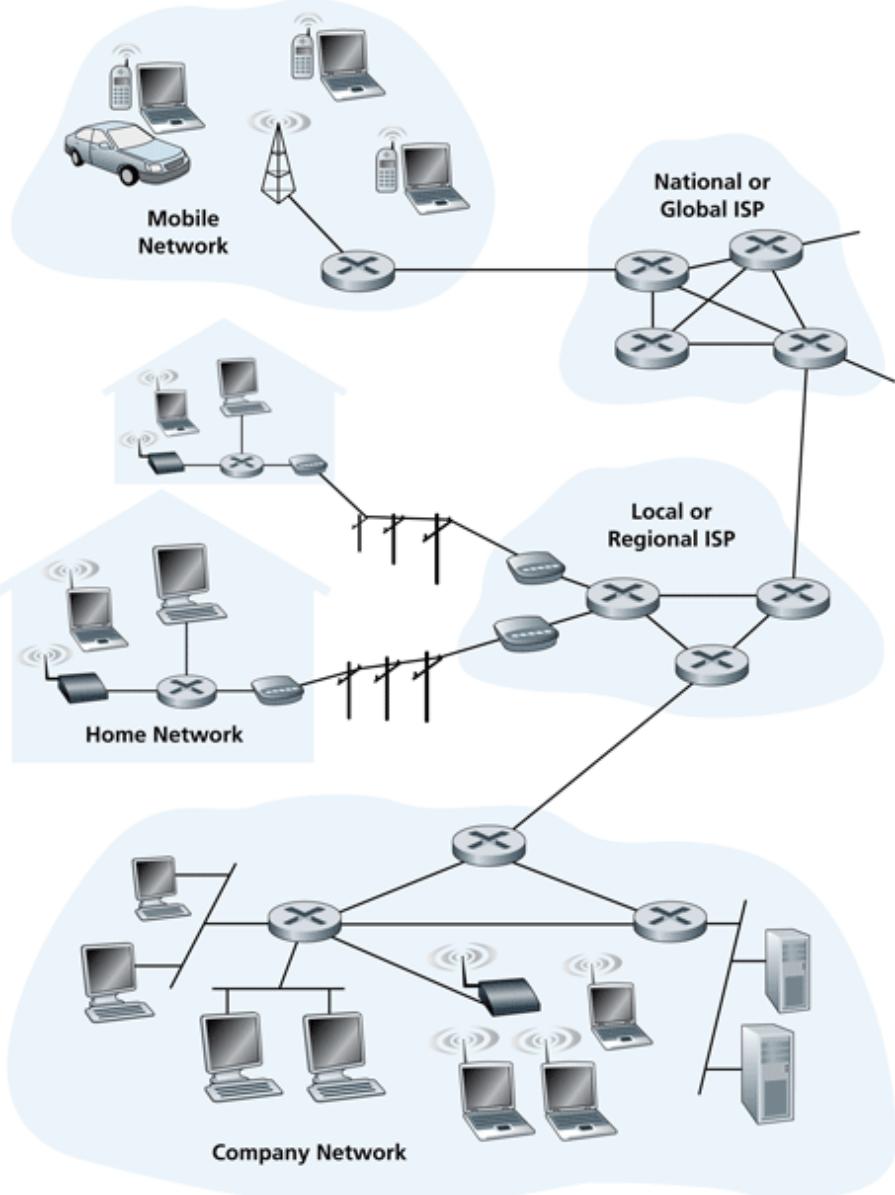
IETF: Internet Engineering Task Force

پروتکل چیست

پروتکل شبکه:

پروتکل شامل فرمت و نوع پیامهای
ارسالی و دریافتی و اعمال
مربوط به آن است

اینترنت - نگاه سرویس گرایانه



تهیه کنند: فرناد آهنگری

□ زیر ساختی ارتباطی است

- ❖ امکان پیاده سازی کاربردهای توزیع شده را فراهم می آورد.
- ❖ وب، ایمیل، بازیها، تجارت الکترونیک، اشتراک فایلها و ...

□ فراهم کننده سرویس های ارتباطی برای برنامه های کاربردی

- ❖ انتقال مطمئن از مبدأ به مقصد
- ❖ انتقال غیر مطمئن (best effort)

زیر ساخت ارتباطی شبکه (زیر شبکه) Network Infrastructure (Network Core)

ماشین های میزبان را بهم متصل
کرده است

قسمت عظیم و مهمی از شبکه که از
دید کاربر مخفی است و

وظیفه آن حمل و انتقال داده های
یک ماشین میزبان به ماشین دیگر
است.

زیر ساخت ارتباطی شبکه (زیر شبکه) Network Infrastructure (Network Core)

از دو بخش تشکیل شده
است:

خطوط ارتباطی
Channels / Circuits
/ Trunks

عناصر سوئیچ
Switching Elements

برقراری ارتباط بین
عناصر سوئیچ

خطوط انتقال با پهنای
باند بالا

دریافت یک بسته از یک
پورت و انتخاب پورت
خروجی و هدایت به آن
مسیر

کامپیوترهای خاصی با
چندین پورت
ورودی/خروجی
(مسریاب/روتر)

اینترنت - نگاه نزدیک تر

□ مرزهای شبکه

❖ برنامه های کاربردی و میزبانها

□ شبکه های دسترسی، رسانه های

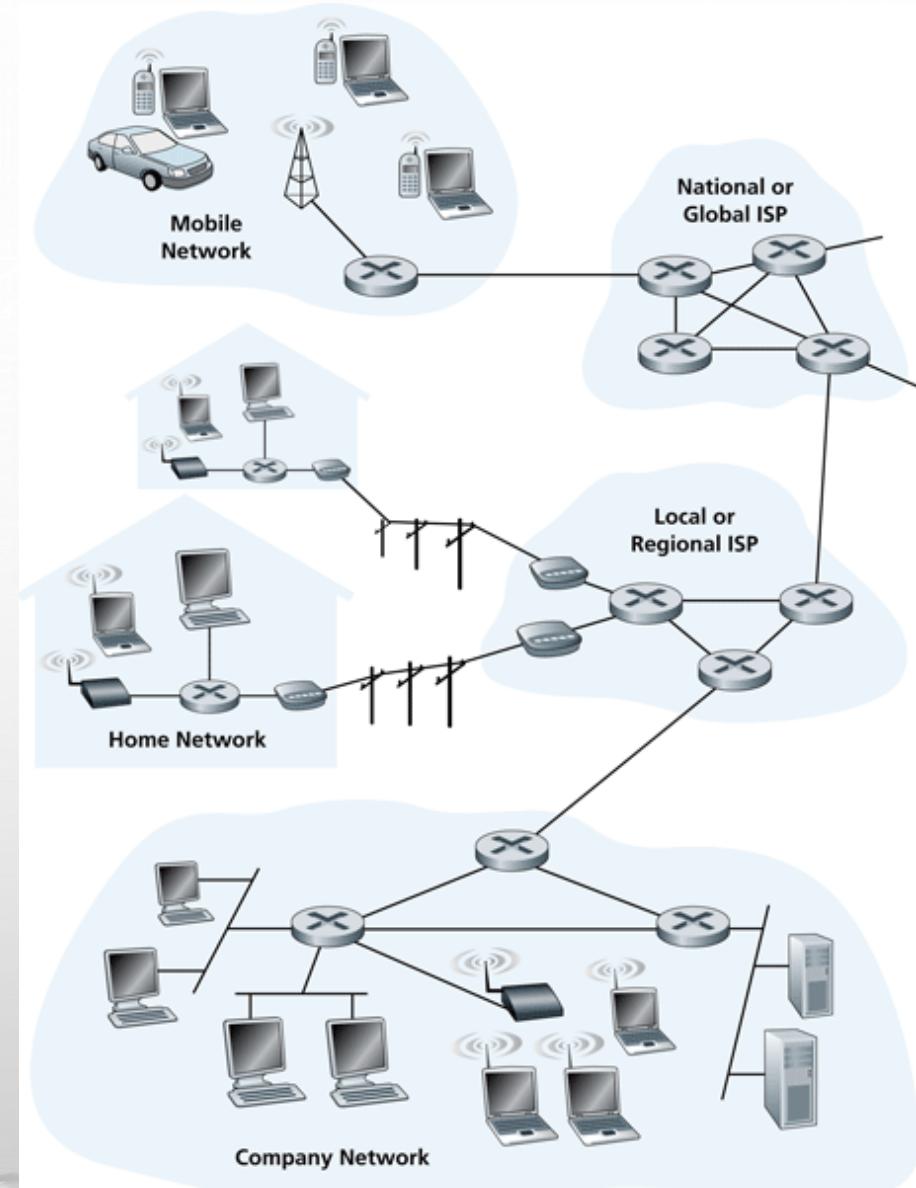
فیزیکی

❖ سیمی، بی سیم

□ هسته (زیرساخت) شبکه

❖ مسیریابهای متصل بهم

❖ تشکیل دهنده شبکه ای از شبکه ها



مرزهای شبکه THE NETWORK EDGE

□ سیستم های پایانی (میزبانها)

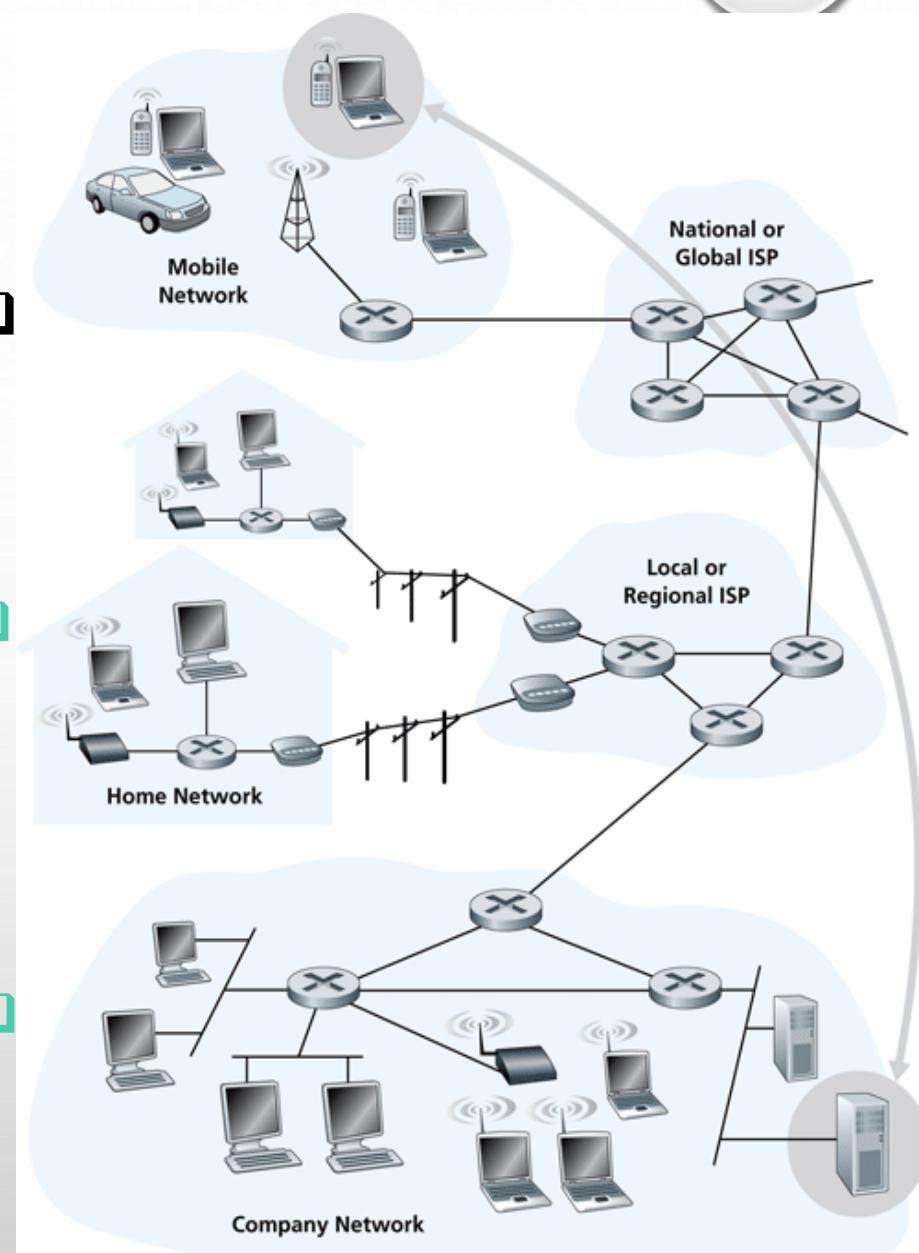
- ❖ برنامه های کاربردی شبکه را اجرا می کنند.
- ❖ مانند برنامه های وب، ایمیل و ...
- ❖ در مرزهای شبکه قرار دارند.

□ مدل مشتری/سرویس دهنده

- ❖ مشتری درخواست می کند و از سرور همیشه روشن، سرویس دریافت می کند.
- ❖ مانند مرورگر مشتری / سرور وب
- ❖ مشتری ایمیل / سرور ایمیل

□ مدل همتا به همتا

- ❖ بدون استفاده (حداقل استفاده) از سرور های اختصاصی یا همانند اسکاپی و بیت تورنت
- ❖ Skype, BitTorrent



Packet Switching(PS) vs Circuit Switching(CS)

سُویچینگ مداری

- شبیه خطوط تلفن عمل میکند
- یک خط فیزیکی باید برای کاربر رزرو شود
- پهنای کانال ممکن است درست استفاده نشود و کارایی پایین است
- تعداد کاربران محدود است

سُویچینگ بسته ای

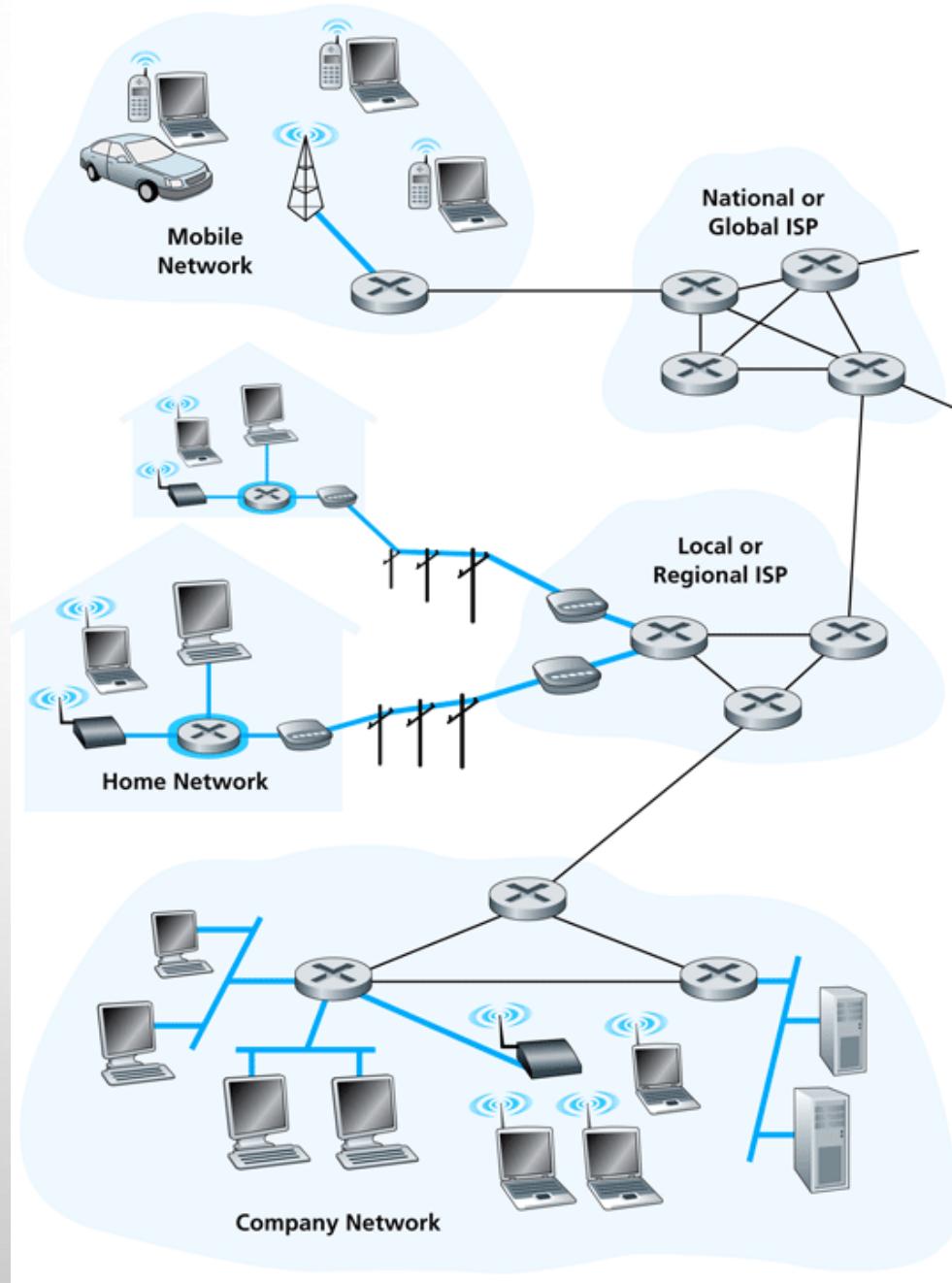
- شبیه سیستم پست عمل میکند
- یک کانال اصلی برای همه به اشتراک گذاشته میشود
- تعداد کاربران میتواند خیلی زیاد شود
- پهنای باند کانال کارایی بالاتری دارد

1-87

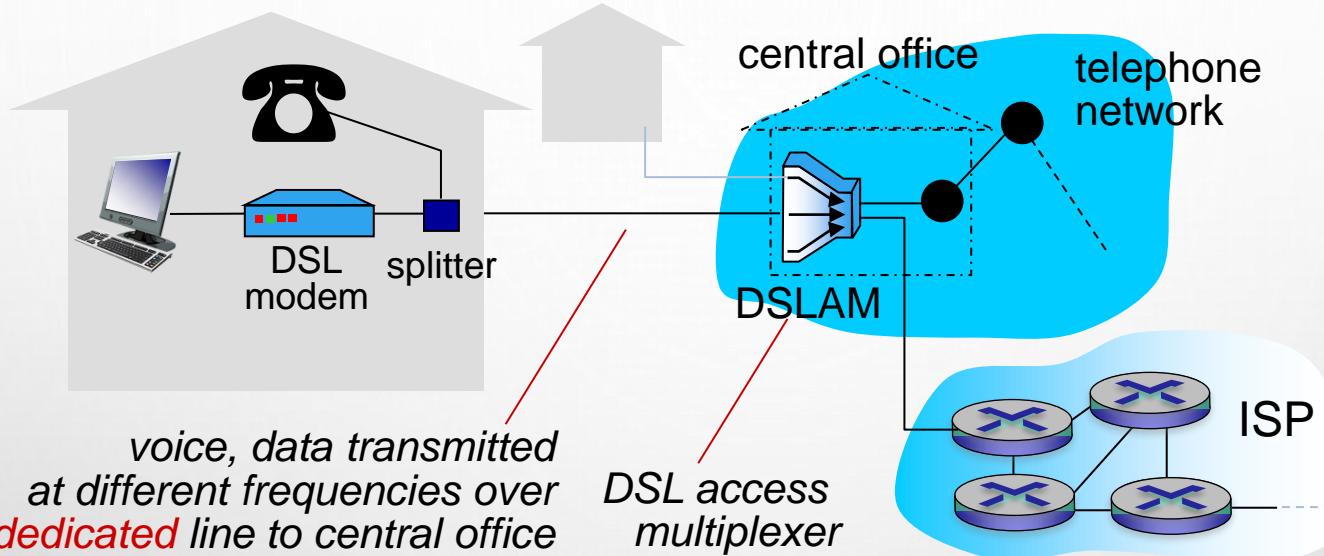
شبکه های دسترسی ACCESS NETWORK

سوال؟ سیستم های پایانی چگونه به مسیر یابهای مرزی متصل می شوند؟

- شبکه های دسترسی خانگی
- شبکه های دسترسی سازمانی (دانشگاهها و شرکت ها)
- شبکه های دسترسی بیسیم

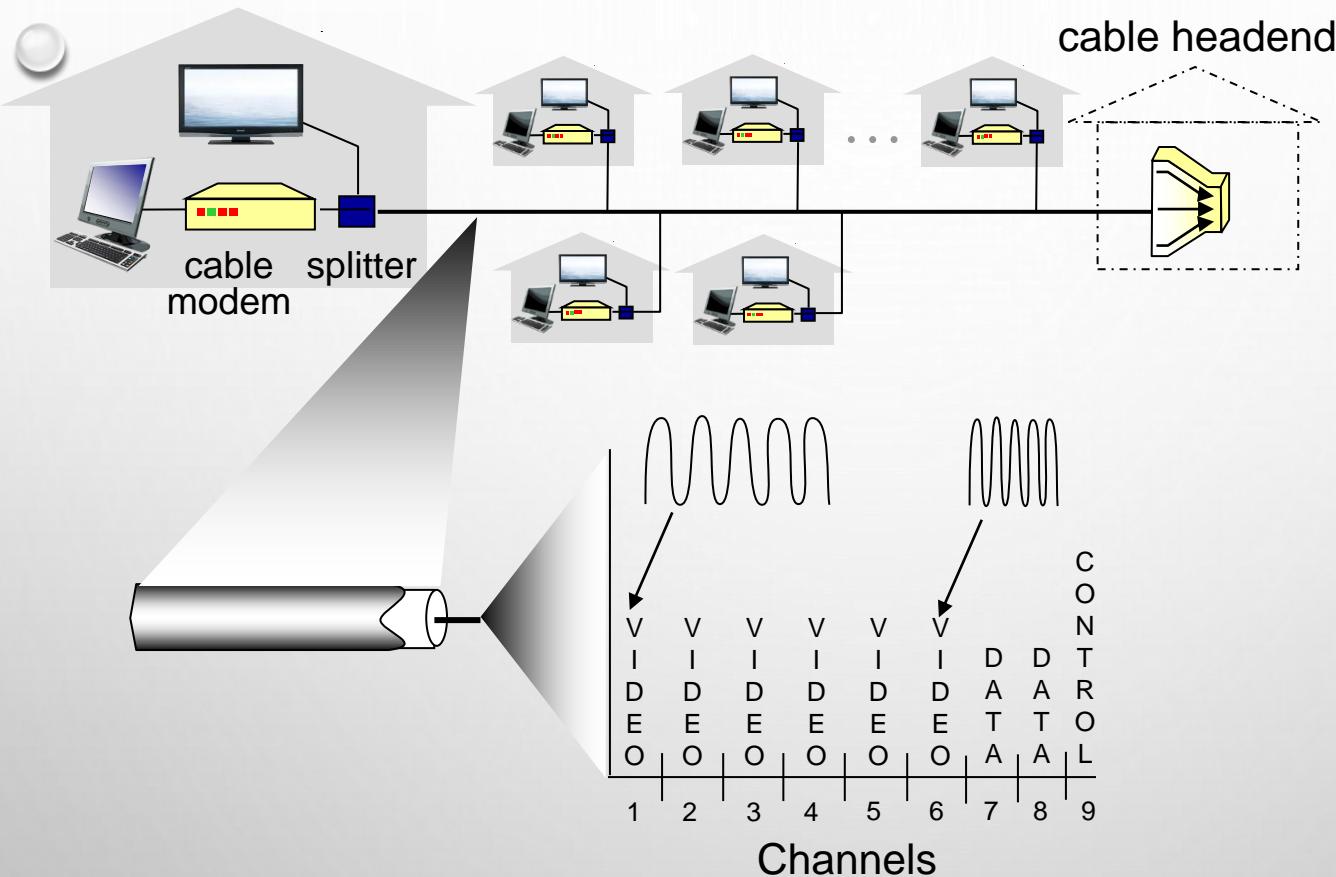


ACCESS NETWORK: DIGITAL SUBSCRIBER LINE (DSL)



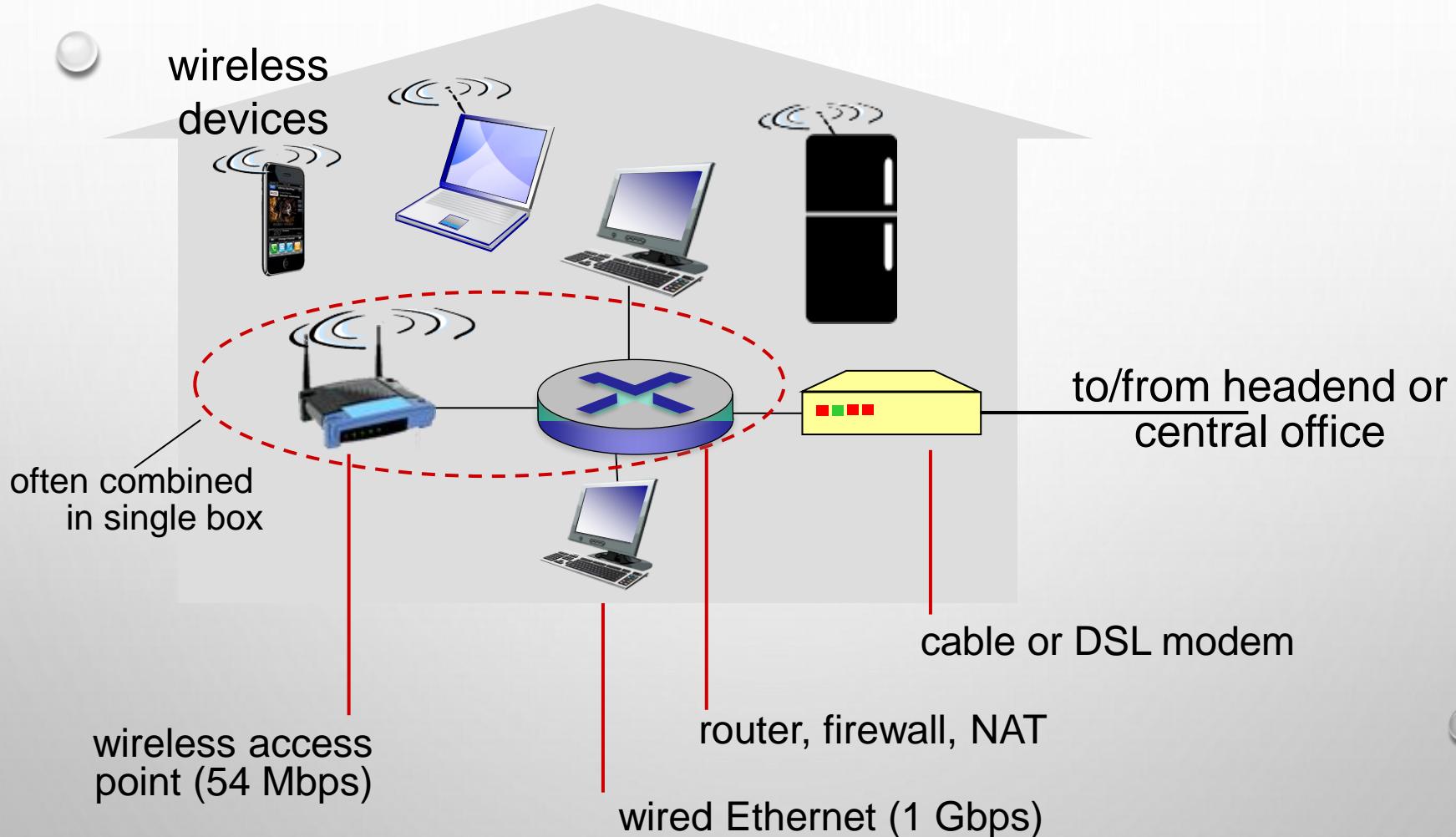
- use **existing** telephone line to central office **DSLAM**
 - data over DSL phone line goes to Internet
 - voice over DSL phone line goes to telephone net
- < 2.5 Mbps upstream transmission rate (typically < 1 Mbps)
- < 24 Mbps downstream transmission rate (typically < 16 Mbps)
٢٤ ميجابايت
١٦ ميجابايت

Access network: cable network

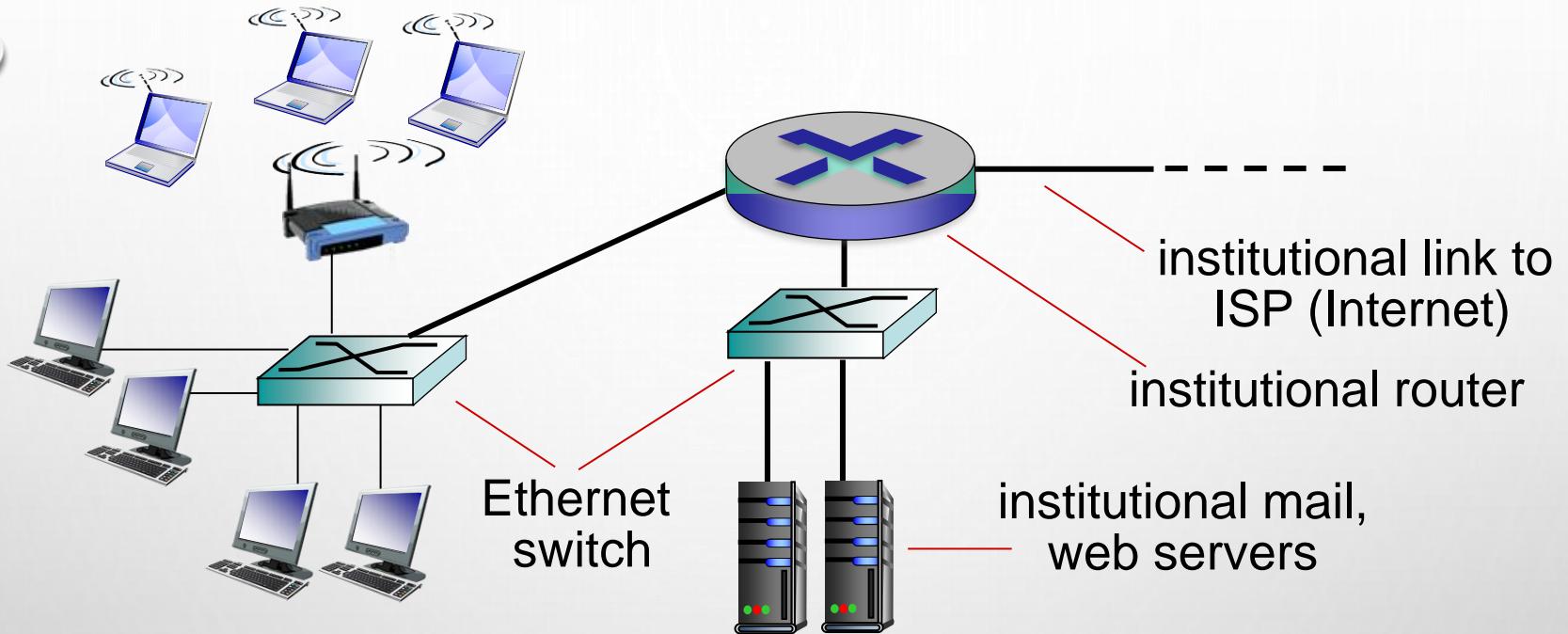


frequency division multiplexing: different channels transmitted in different frequency bands

Access network: home network



ENTERPRISE ACCESS NETWORKS (ETHERNET)



- TYPICALLY USED IN COMPANIES, UNIVERSITIES, ETC.
- 10 MBPS, 100MBPS, 1GBPS, 10GBPS TRANSMISSION RATES
- TODAY, END SYSTEMS TYPICALLY CONNECT INTO ETHERNET SWITCH

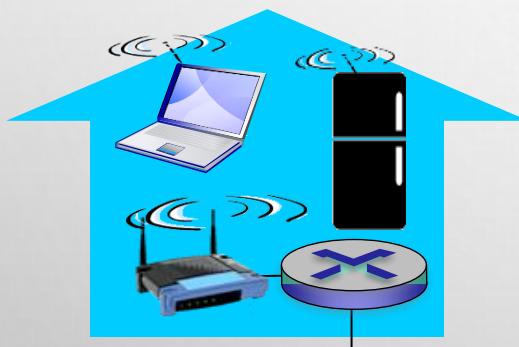
تهریه کنند: فرناد آهنگری

WIRELESS ACCESS NETWORKS

- SHARED WIRELESS ACCESS NETWORK CONNECTS END SYSTEM TO ROUTER
 - VIA BASE STATION AKA “ACCESS POINT”

wireless LANs:

- within building (100 ft.)
- 802.11b/g/n (WiFi): 11, 54, 450 Mbps transmission rate



to Internet

wide-area wireless access

- provided by telco (cellular) operator, 10's km
- between 1 and 10 Mbps
- 3G, 4G: LTE

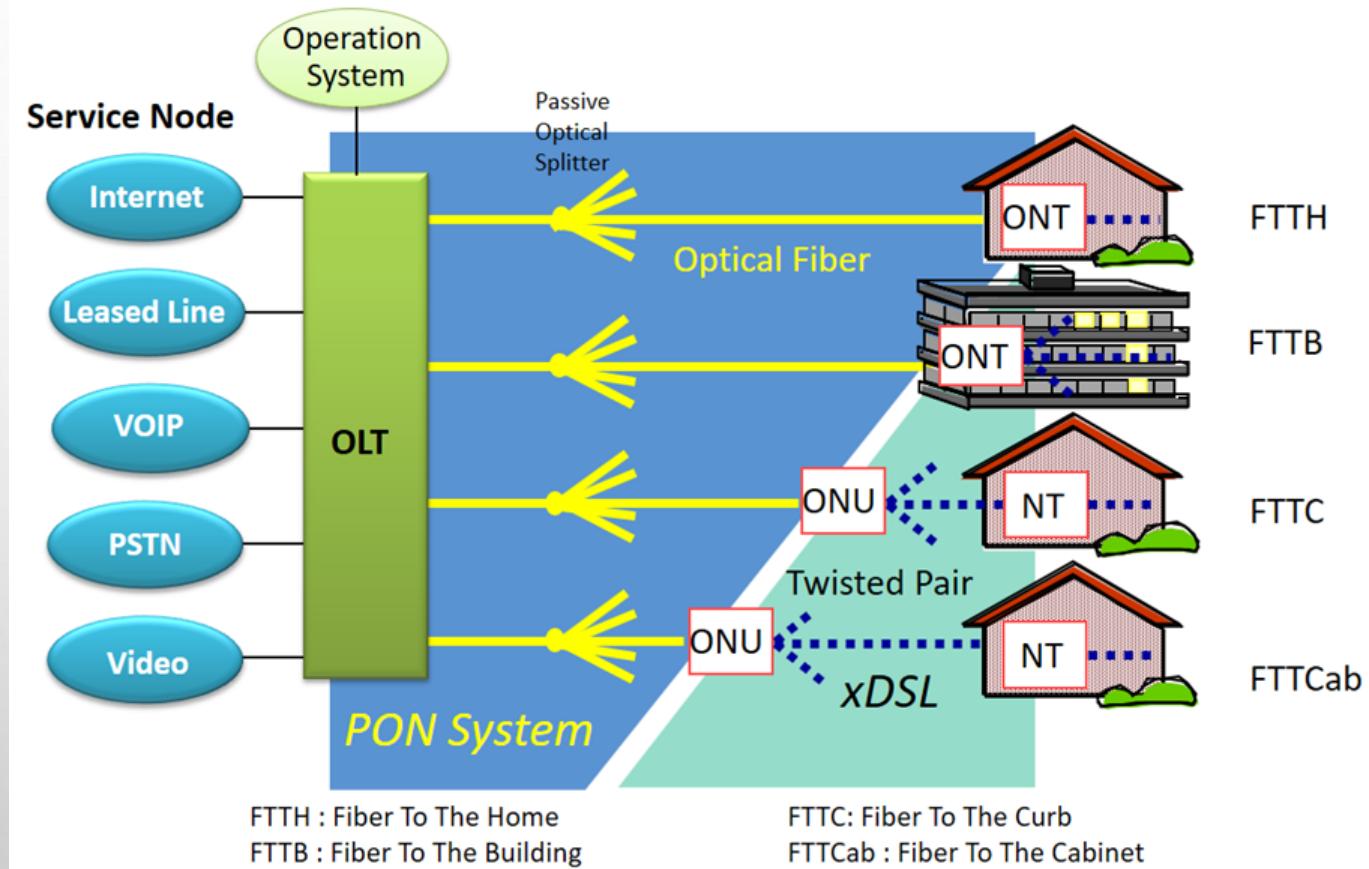


Access: Fiber To The X (FTTx)

OLT : Optical Line Terminal

ONU : Optical Network Unit

ONT : Optical network terminal



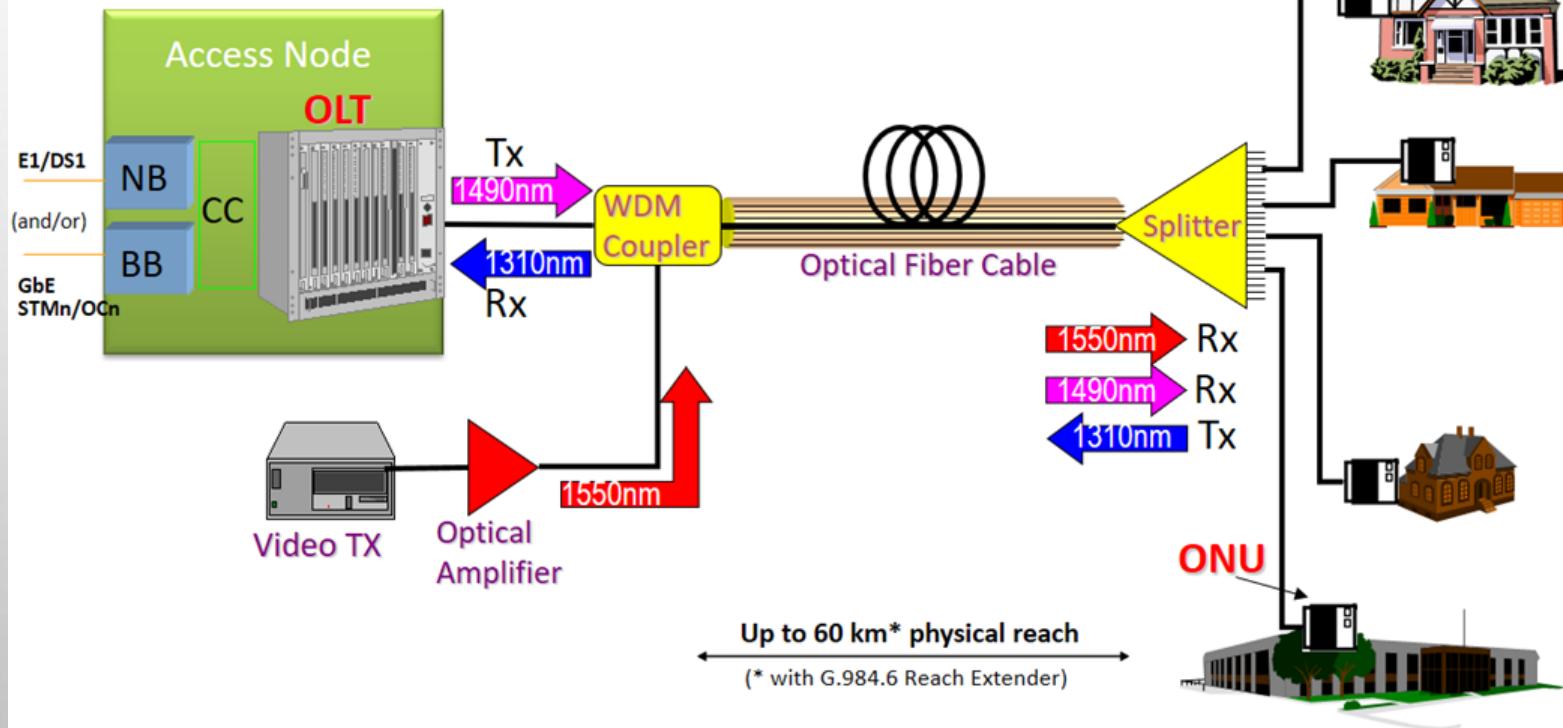
FTTX PON: The Critical Components

PON : Passive Optical Network

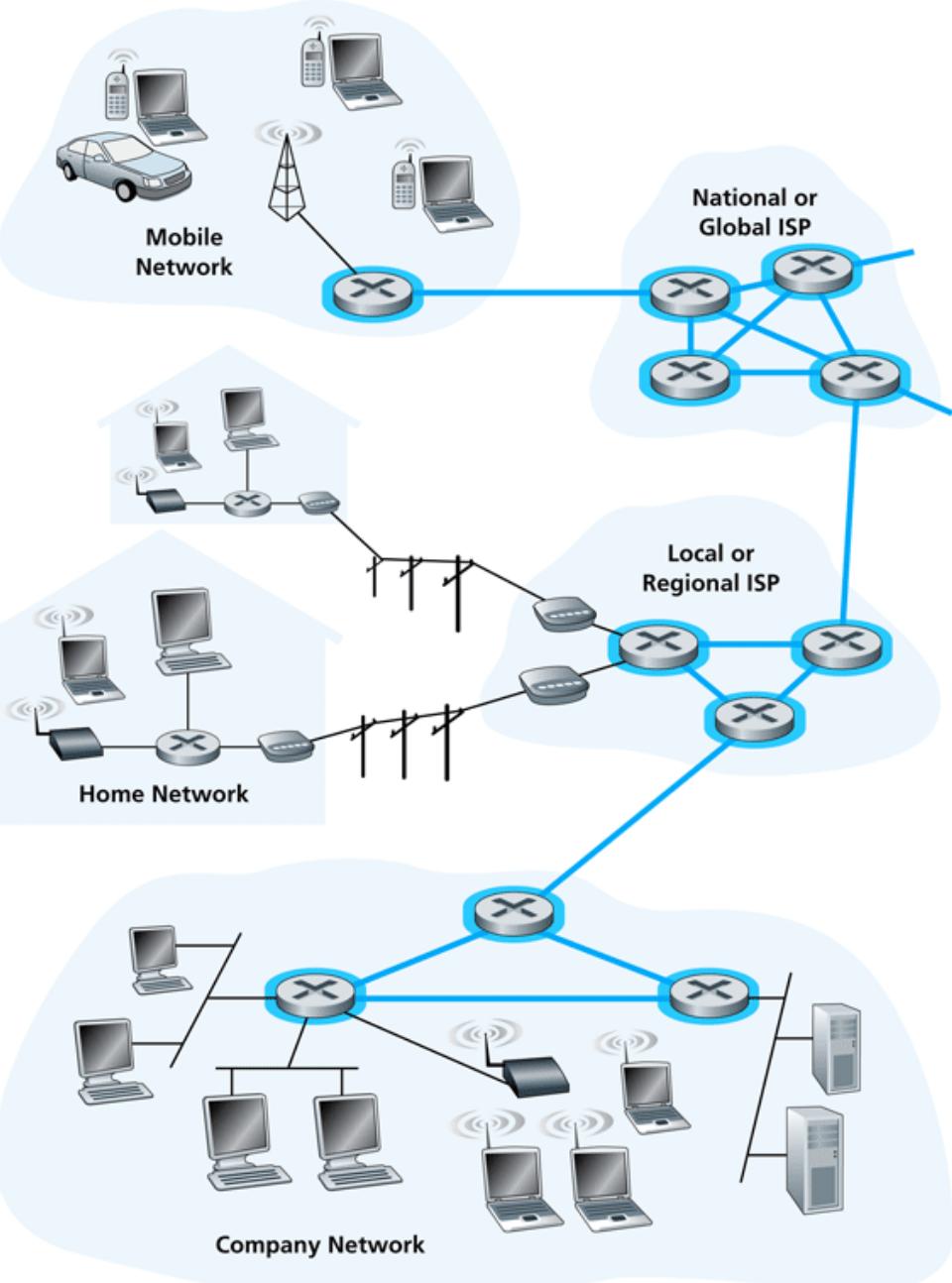
EPON : Ethernet Passive Optical Network

BPON : Broadband Passive Optical Network

GPON : Gigabit Passive Optical Network



هسته (زیر ساخت) شبکه THE NETWORK CORE

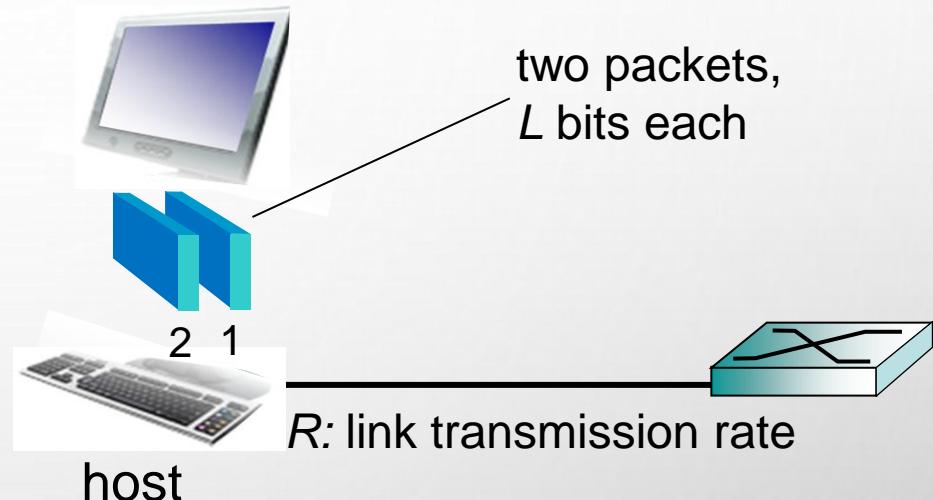


ارتباط مسیر یابها بصورت مش به
همدیگر

ارسال بسته تأخیر انتقال

اعمال اجرا شده جهت ارسال

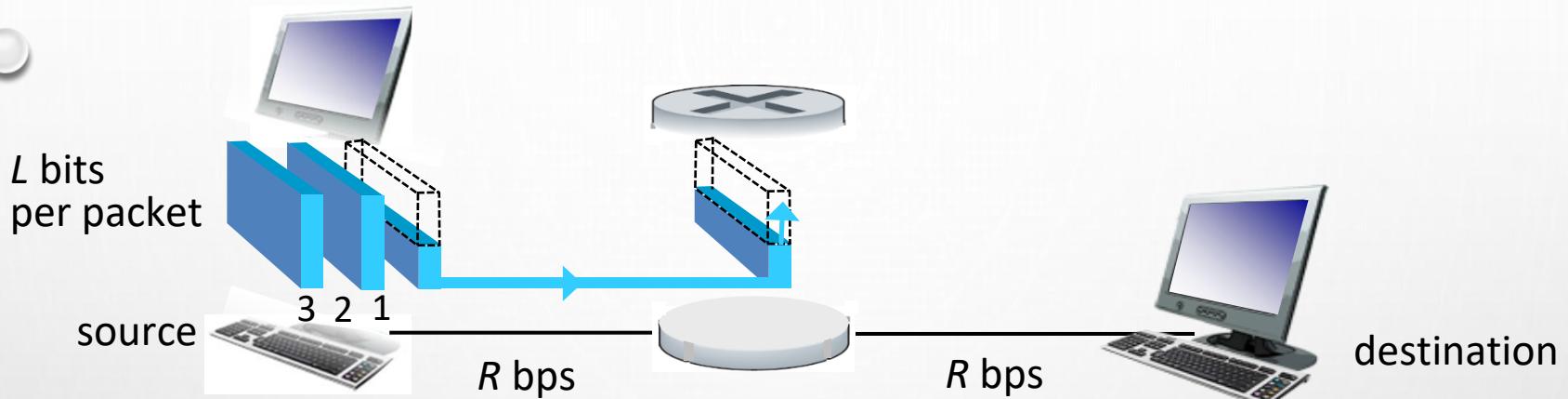
- ابتدا اطلاعات را از APP میگیرد
- انرا به بسته هایی با طول L تقسیم میکند
- ارسال بسته به شبکه دسترسی با نرخ R



packet transmission delay	=	time needed to transmit L -bit packet into link	=	$\frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$
---------------------------------	---	---	---	---

تهیه کنند: فرناد آهنگری

PACKET-SWITCHING: STORE-AND-FORWARD



- **STORE AND FORWARD:**
 - ENTIRE PACKET MUST ARRIVE AT ROUTER BEFORE IT CAN BE TRANSMITTED ON NEXT LINK
 - ❖ end-end delay = $2L/R$ (assuming zero propagation delay)

ONE-HOP NUMERICAL EXAMPLE:

- $L = 7.5 \text{ MBITS}$
- $R = 1.5 \text{ MBPS}$
- ONE-HOP TRANSMISSION DELAY = 5 SEC

تاخیر انتشار

T_{prop} : زمان انتشار که برابر است با مسافت تقسیم بر سرعت حرکت امواج
 T_{trans} : زمان انتقال فریم که برابر است با سایز فریم تقسیم بر ظرفیت کانال

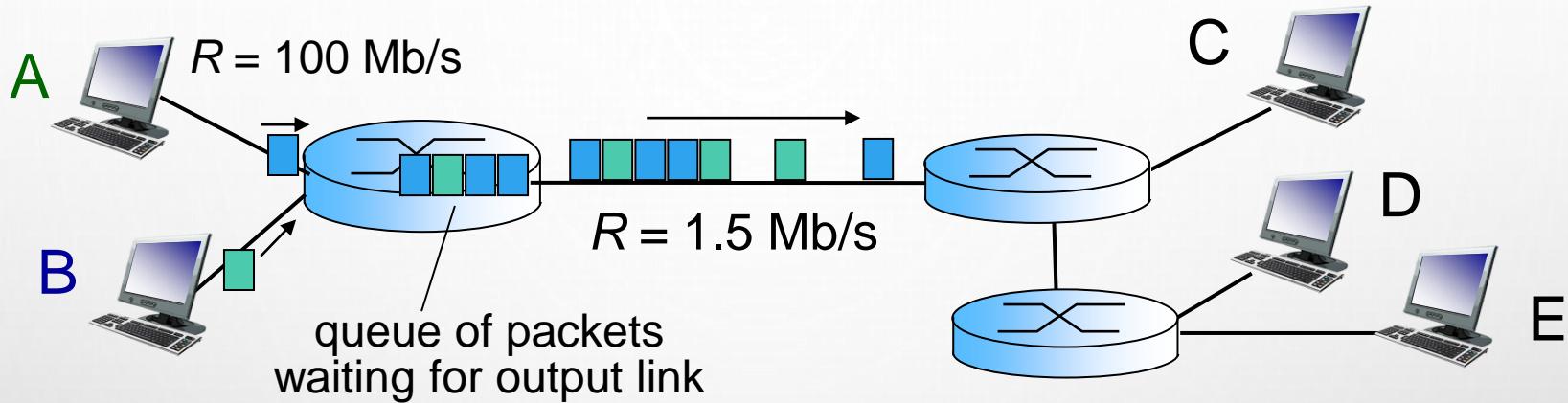
$$T_{prop} = d/v$$

$$T_{trans} = L/R$$

تحقیق 1: تاخیر انتشار را برای سرعت امواج 200 هزار کیلومتر بر ثانیه و مسافت‌های 200 متر(شبکه محلی) و 20km(شبکه شهری) و 20000km(شبکه ماهواره‌ای) محاسبه کنید

تحقیق 2: تاخیر انتقال را با سایز بسته 10000 بیت(معادل 1250 بایت) و نرخ ارسال کانال 1Gbps و 1Mbps محاسبه کنید

PACKET SWITCHING: تاخیر صف



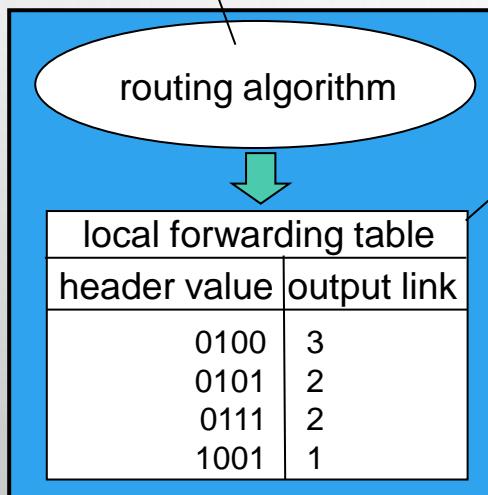
صف بندی و گم شدن بسته

- ❖ اگر میزان ورودی بیشتر از میزان خروجی باشد:
 - بسته ها برای ارسال داخل صف میشوند
 - اگر بافر صف پر شود بسته ها حذف میشوند

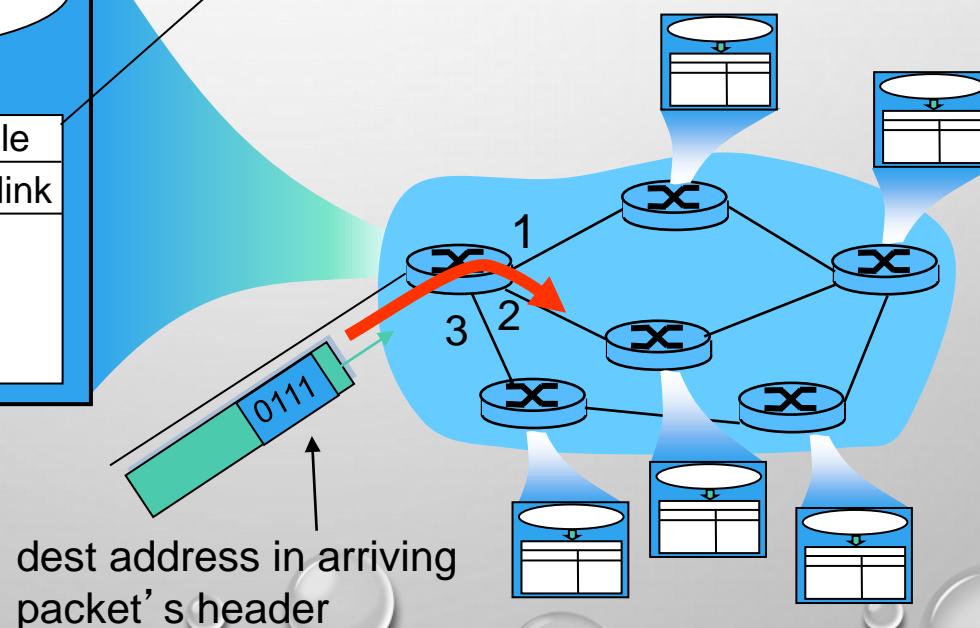
TWO KEY NETWORK-CORE FUNCTIONS

routing: determines source-destination route taken by packets

- *routing algorithms*



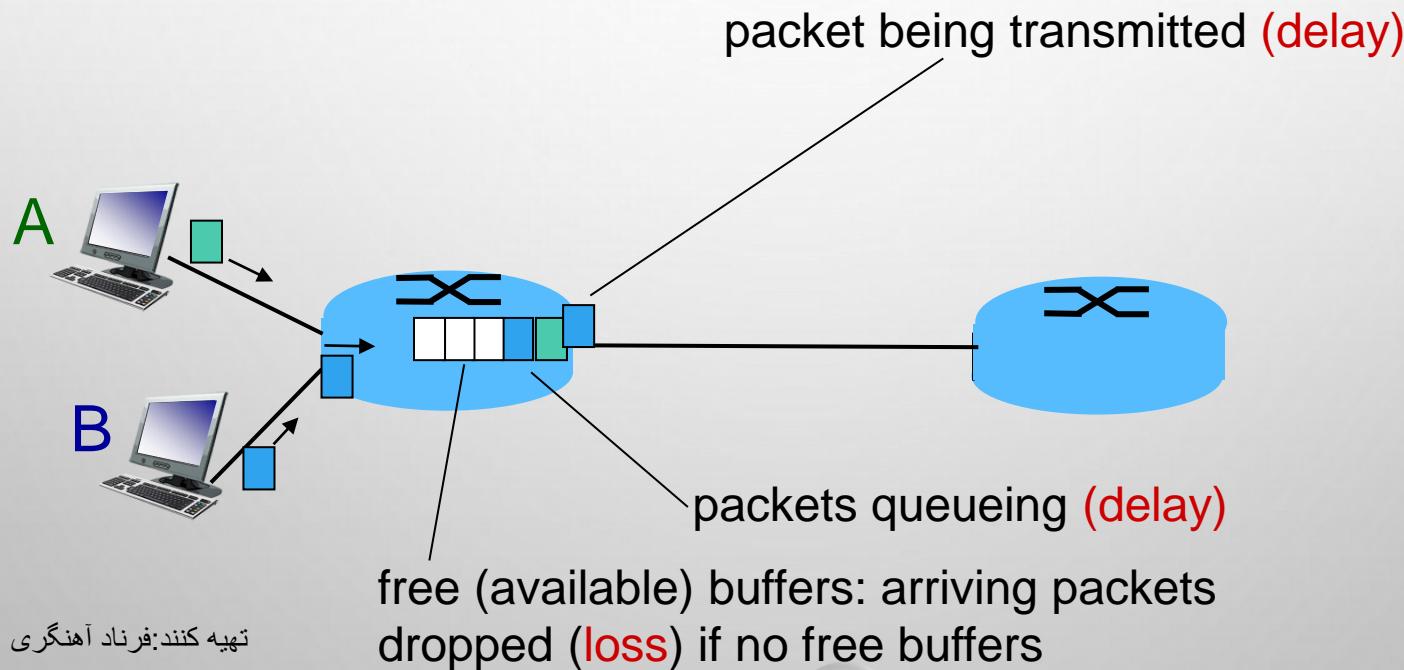
FORWARDING: MOVE PACKETS FROM ROUTER'S INPUT TO APPROPRIATE ROUTER OUTPUT



گم شدن و تاخیر چگونه رخ می دهد

صف بسته ها در بافر روتر است

- بسته های رسیده به صف خروجی منتقل میشوند و منتظر نوبت میشوند



محاسبات مورد نیاز در صفها و کانال

نرخ ورودی بر حسب بیت بر ثانیه $\lambda = L * a$ •

نرخ خروجی $\mu = R$ •

شدت ترافیک (بین ۰ تا ۱) $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = a * \frac{L}{R}$ •

میانگین تاخیر در صفحه $T_Q = \frac{\rho * L}{R(1-\rho)}$ •

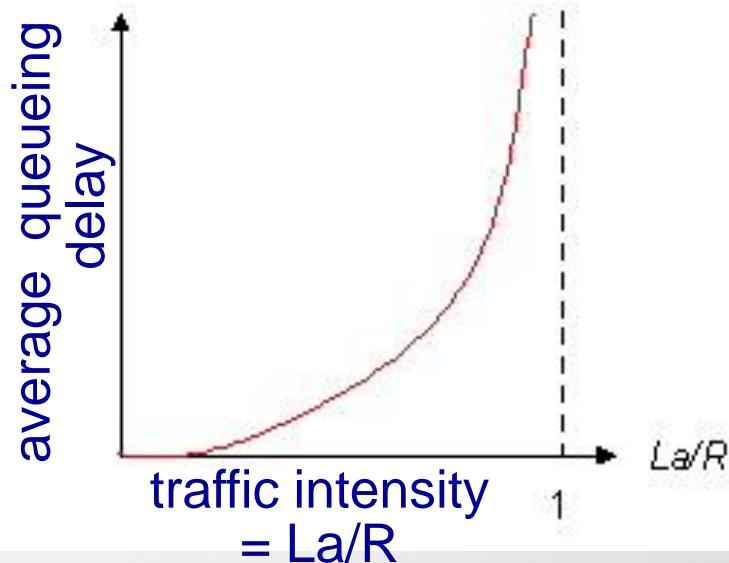
میانگین بسته در صف‌های $N_{avg} = a * (T_q + T_{trans}) = \lambda * \frac{1}{R(1-\rho)} = \frac{\rho}{1-\rho}$ •
بسته در حال ارسال (فرمول لیتل) •

تعداد بیت‌های موجود در کانال $B = R * T_p$ •

سایز بیت‌های در کانال بر حسب متر $l_b = \frac{d}{B}$ •

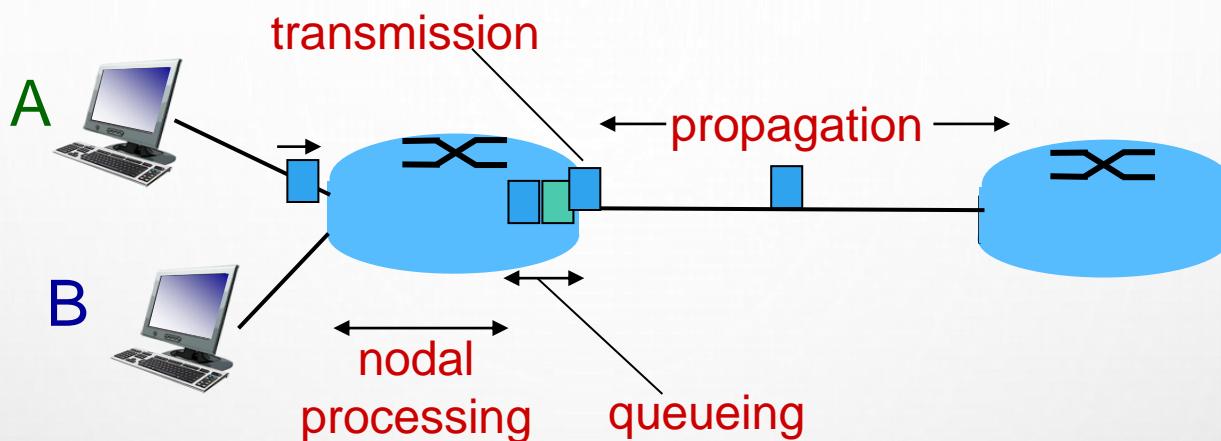
QUEUEING DELAY (REVISITED)

- R : LINK BANDWIDTH (BPS)
- L : PACKET LENGTH (BITS)
- A : AVERAGE PACKET ARRIVAL RATE



- ❖ $La/R \sim 0$: تاخیر صفر است
- ❖ $La/R < 1$: تاخیر صفر زیاد است
- ❖ $La/R \geq 1$: اگر سایز صفر نامحدود باشد تاخیر بینهایت و اگر محدود باشد شروع به حذف بسته میکند

FOUR SOURCES OF PACKET DELAY



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

d_{PROC} : NODAL PROCESSING

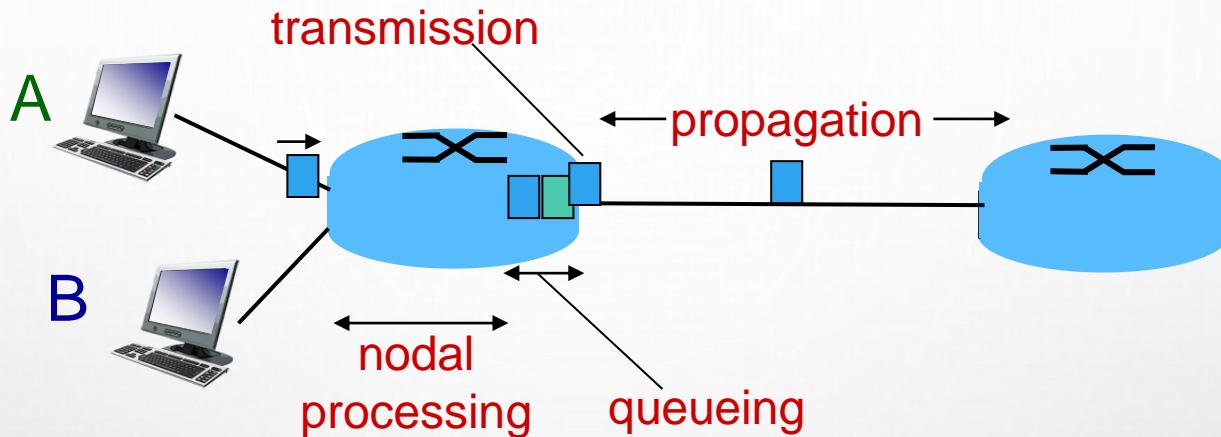
- CHECK BIT ERRORS
- DETERMINE OUTPUT LINK
- TYPICALLY < MSEC

تهیه کنند: فرناد آهنگری

d_{queue} : queueing delay

- time waiting at output link for transmission
- depends on congestion level of router

Four sources of packet delay



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

d_{trans} : transmission delay:

- L : packet length (bits)
- R : link bandwidth (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

تهیه کنند: فرناد آهنگری

d_{prop} : propagation delay:

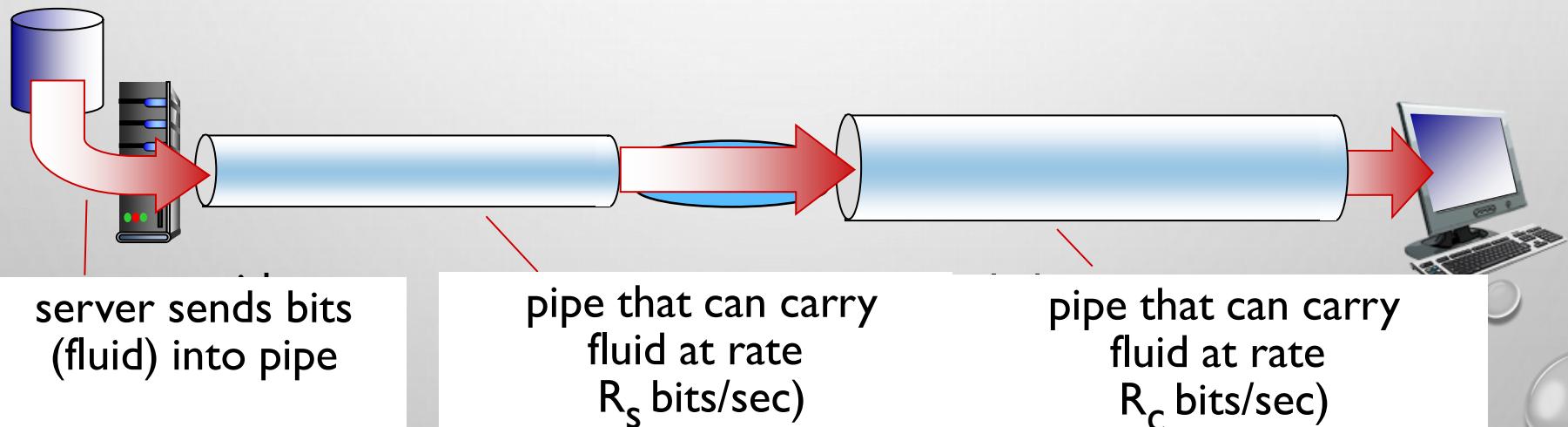
- d : length of physical link
- s : propagation speed in medium ($\sim 2 \times 10^8 \text{ m/sec}$)
- $d_{\text{prop}} = d/s$

گذردهی : THROUGHPUT

میزان بیت مفید بر ثانیه منتقل شده بین فرستنده به گیرنده **THROUGHPUT:** •

: میزان لحظه ای **INSTANTANEOUS:** •

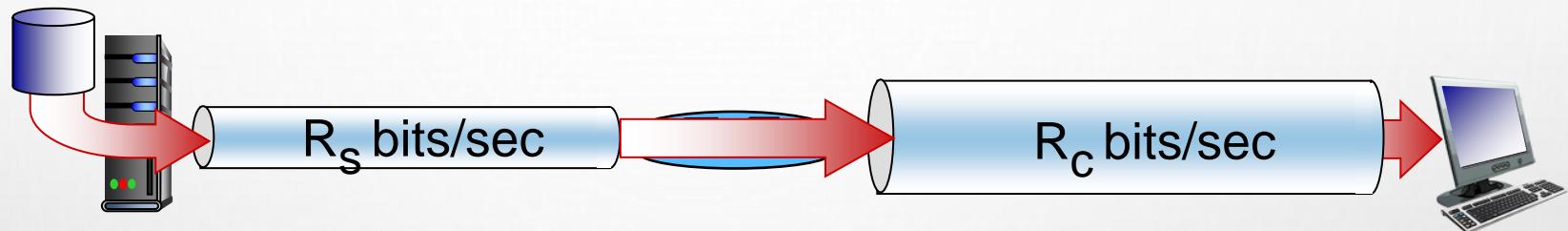
: متوسط میزان یک دوره طولانی **AVERAGE:** •



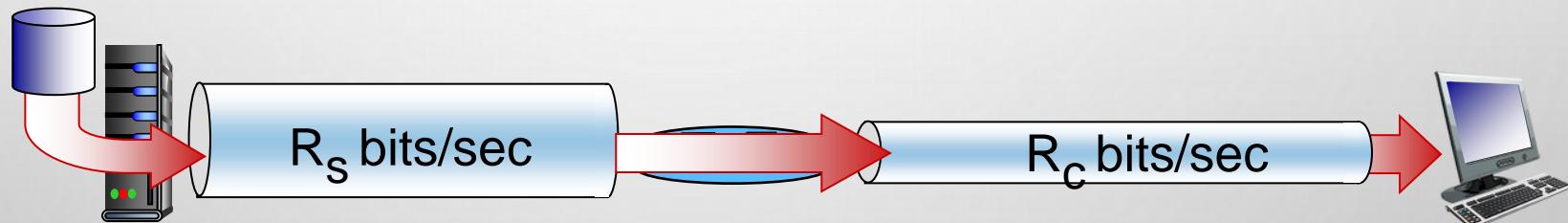
تهیه کنند: فرناد اهنگری

THROUGHPUT (MORE)

- $R_s < R_c$ WHAT IS AVERAGE END-END THROUGHPUT?



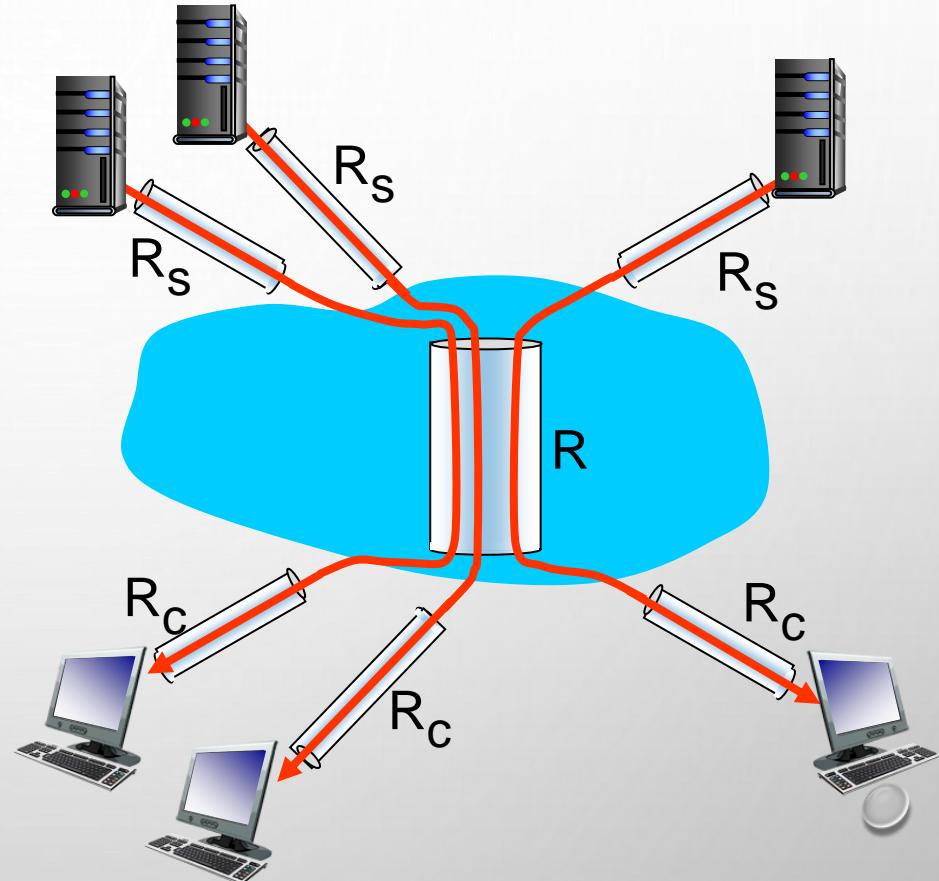
- ❖ $R_s > R_c$ What is average end-end throughput?



bottleneck link

THROUGHPUT: INTERNET SCENARIO

- PER-CONNECTION END-END
THROUGHPUT:
 $\text{MIN}(R_C, R_S, R/10)$
- IN PRACTICE: R_C OR R_S IS
OFTEN BOTTLENECK



10 connections (fairly) share
backbone bottleneck link R bits/sec^{1-10⁹}

تمرین

1- یک کانال شبکه به طول 10 کیلومتر با نرخ 20Mbps موجود است و A را به B متصل کرده است. اگر سایز بسته ها 1250 byte باشد و سرعت حرکت موج برابر سرعت نور باشد. مشخص کنید تاخیر زمان رسیدن بسته به مقصد چقدر است.

2- در تمرین 1 اگر روش ارسال از A به B بصورت زیر باشد مقدار گذردهی کانال یا throughput چقدر است: برای هر بسته ارسالی اول گواهی آن برگردد و سپس بسته بعدی ارسال شود بساiz گواهی برابر با 100 بایت فرض شود.

تمرین

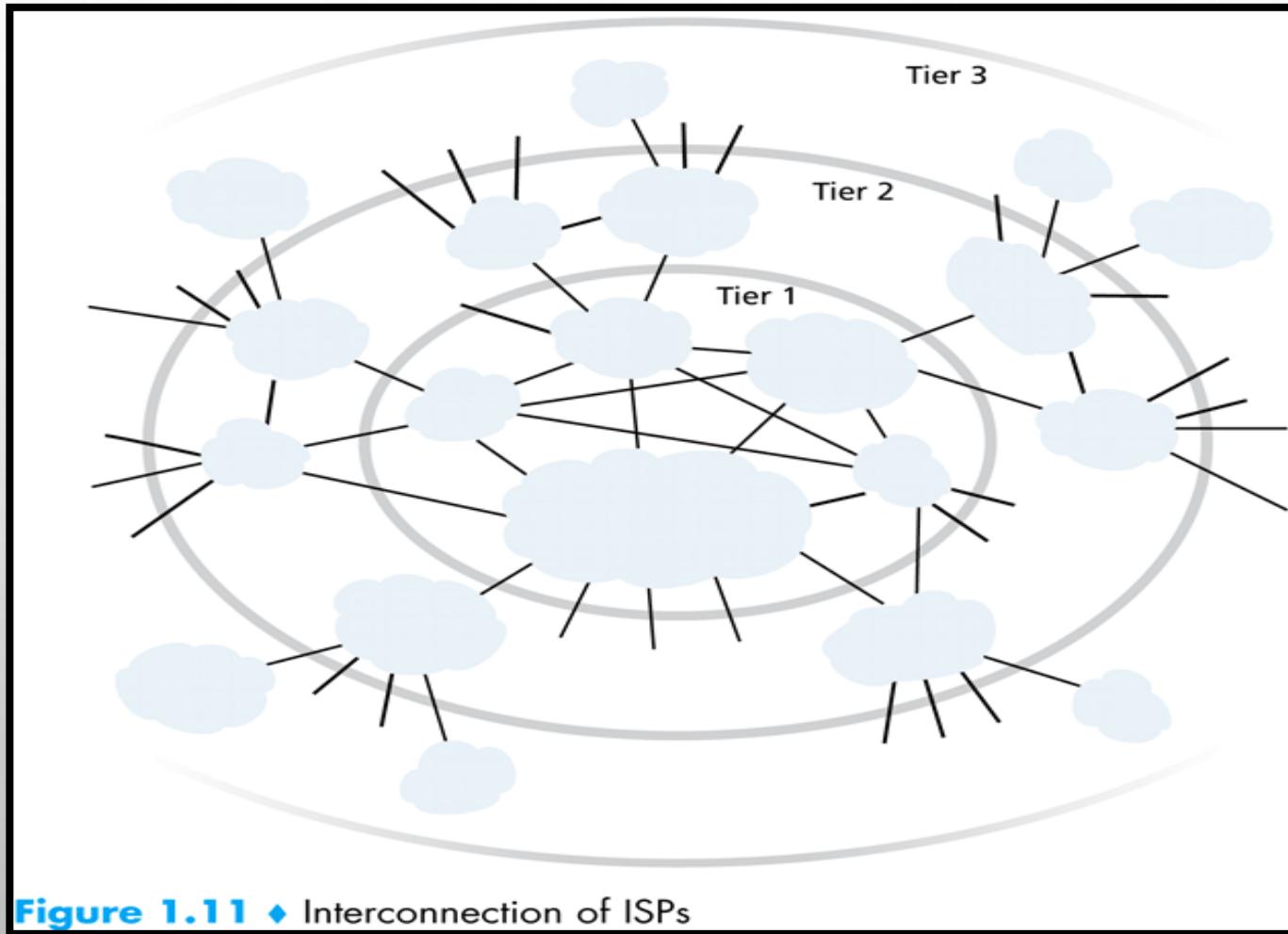
3- یک شبکه با دو میزبان و یک مسیریاب بصورت A-R-B موجود است. اگر کانالها به طول 10 کیلومتر و سرعت امواج $2 * 10^8 \text{ m/s}$ باشد و نرخ کانالها 1 Mbps باشد. اگر بخواهیم یک فایل 10 مگابایتی را از A به B ارسال کنیم بررسی کنید که ایا زمان ارسال یکپارچه فایل کمتر است یا زمان ارسال قطعه قطعه کردن فایل به سایزهای 10000 بیتی و ارسال انها.

4- یک شبکه با دو میزبان و یک مسیریاب بصورت A-R-B موجود است. اگر کانالها به طول 10 کیلومتر و سرعت امواج $2 * 10^8 \text{ m/s}$ باشد و میزان اول تعداد 50 بسته بر ثانیه به سمت B ارسال کند و سایز بسته ها برابر با 10000 بیت و نرخ کانالها 1 Mbps باشد. تاخیر انتها به انتها را محاسبه کنید.

تمرین

5- یک کانال سوئیچینگ مداری 12Mbps موجود است. اگر تعداد کاربران 5 نفر باشد و هر یک نرخ ارسال 4 مگا بیت نیاز داشته باشند چند کاربر همزمان میتوانند کار کنند. اگر کانال را با سوئیچینگ بسته ای عوض کنیم و احتمال ارسال هر کاربر 0.3 باشد. با چه احتمالی 1 نفر در حال ارسال است و با چه احتمالی 5 نفر در حال ارسال هستند و به هر یک چه نرخی از کانال میرسد.

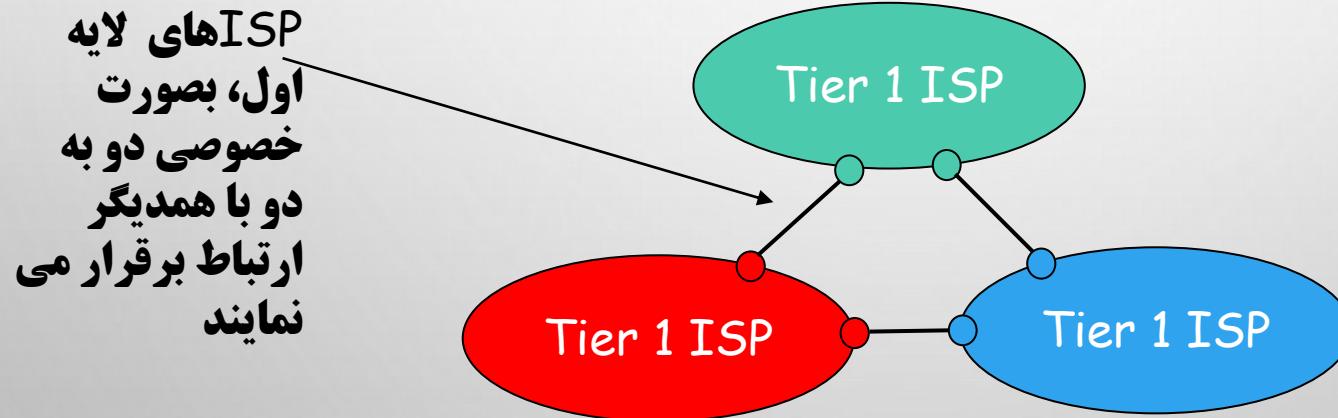
ساختار اینترنت - شبکه‌ای از شبکه‌ها با ساختار سلسله مراتبی



1-113

ساختار اینترنت - شبکه‌ای از شبکه‌ها

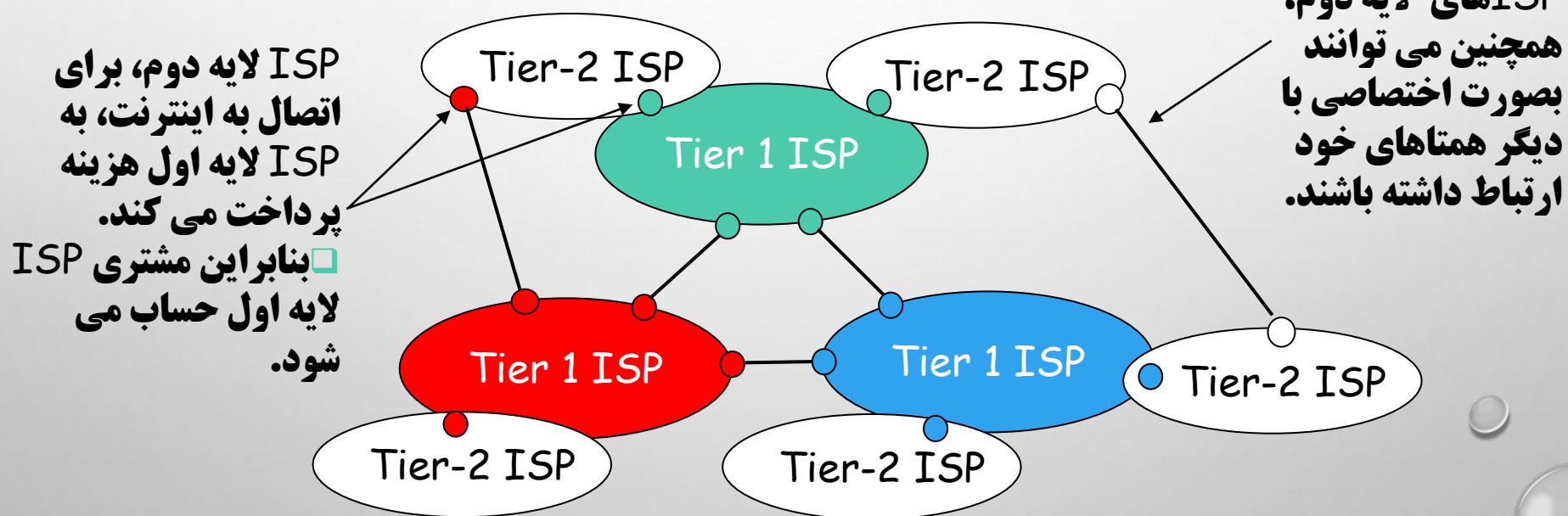
- تقریباً سلسله مراتبی است.
- در مرکز آن ISP‌های لایه اول نظیر (VERIZON, SPRINT, AT&T, CABLE AND WIRELESS) قرار دارند، که یا پوشش ملی یا منطقه‌ای دارند.



ساختار اینترنت - شبکه‌ای از شبکه‌ها

لایه دوم

- ISP‌های لایه دوم: کوچکتر و اغلب منطقه‌ای هستند.
- به یک یا بیشتر ISP لایه اول متصل هستند و احتمالاً با ISP‌های لایه دوم دیگر هم مرتبط می‌باشند.



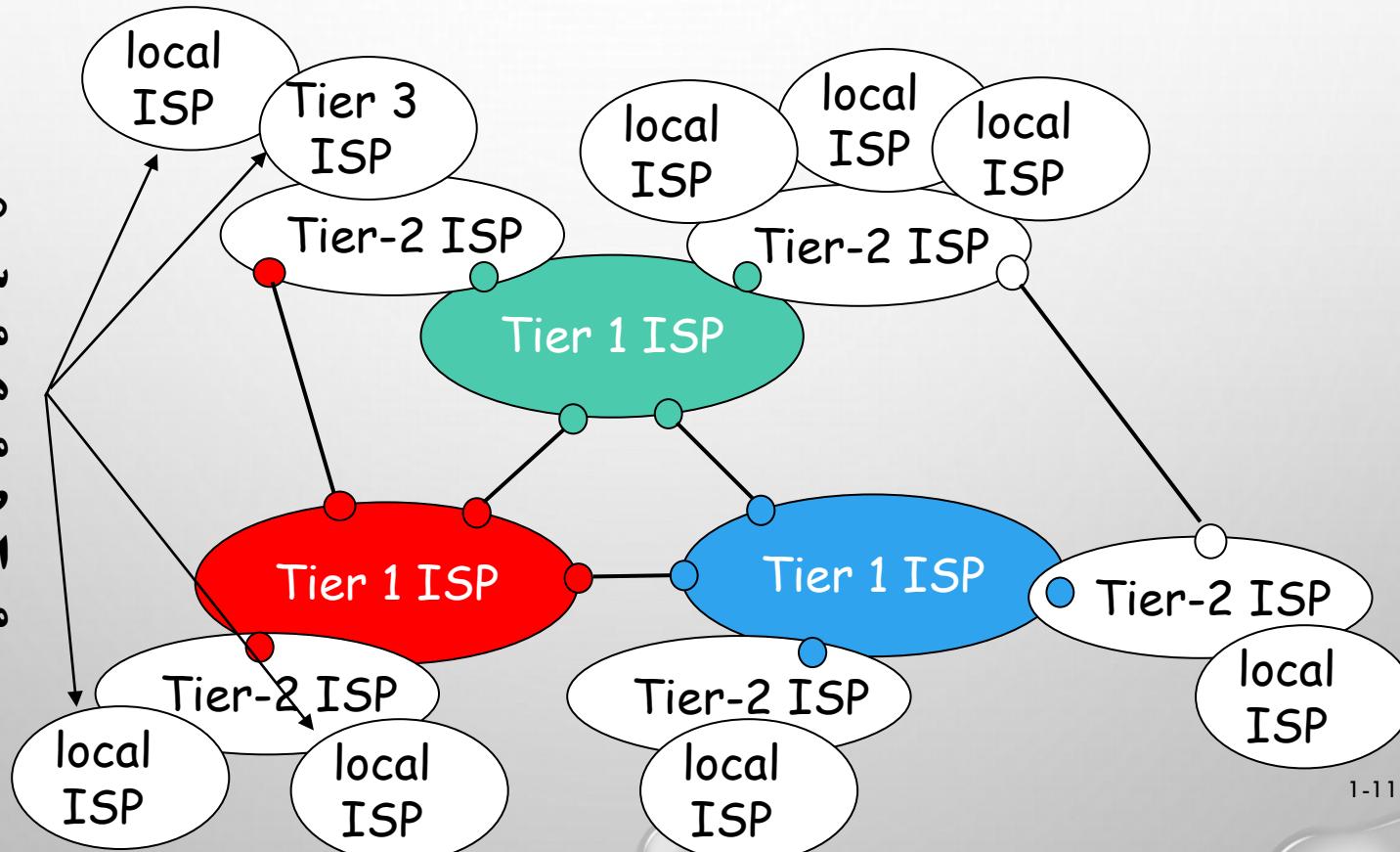
ساختار اینترنت - شبکه‌ای از شبکه‌ها

لایه سوم

ISP‌های لایه سوم و ISP‌های محلی

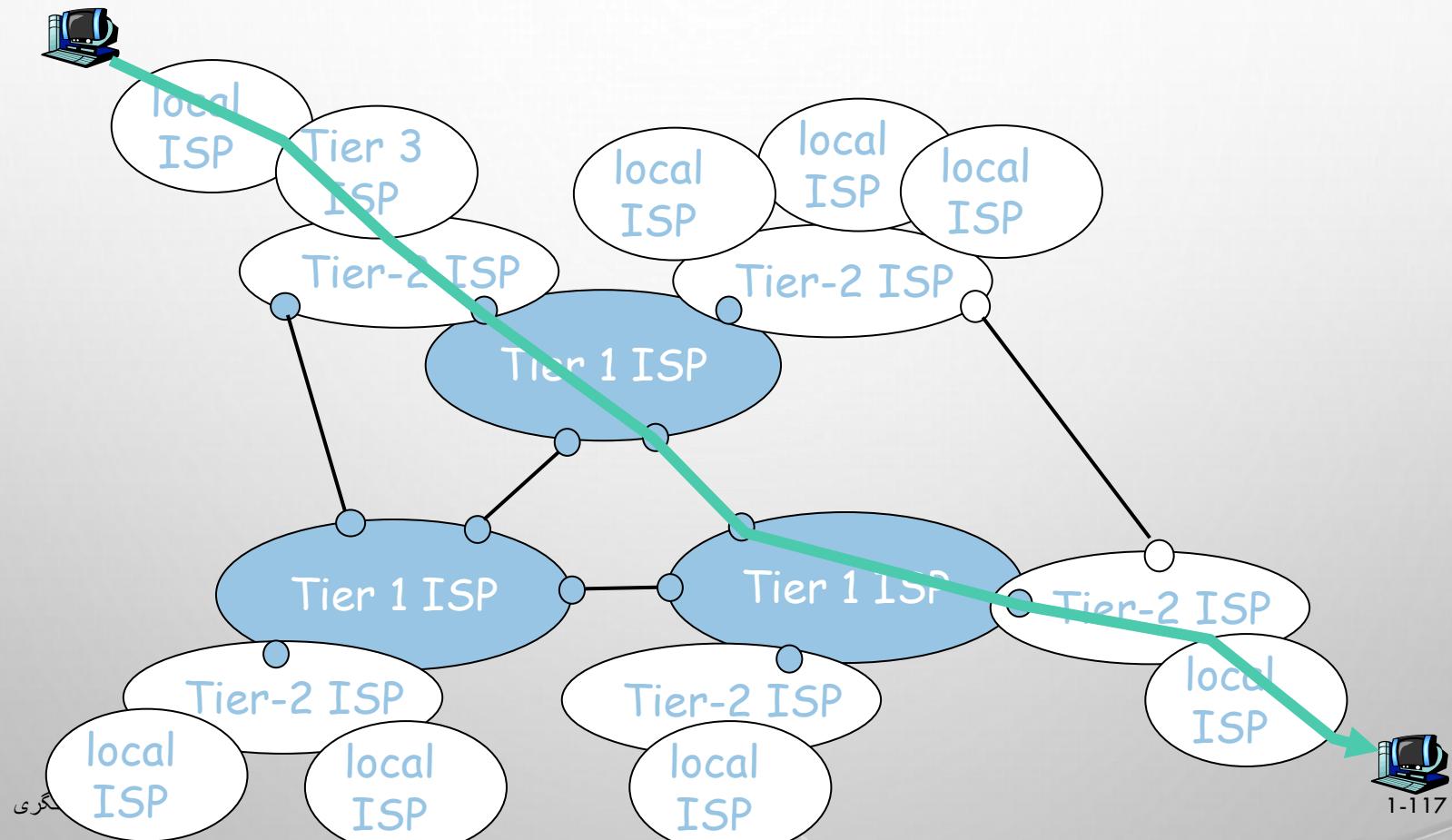
- بعنوان شبکه‌های گام نهایی دسترسی هستند که نزدیک به سیستم‌های پایانی می‌باشند.

ISP‌های لایه سوم و محلی، ISP مشتری‌های لایه بالاتر می‌باشند، که از طریق آنها به اینترنت متصل می‌باشند.



ساختار اینترنت - شبکه‌ای از شبکه‌ها

- یک بسته از طریق شبکه‌های مختلف عبور می‌نماید و به مقصد می‌رسد.



طراحی شبکه ها و اصول لایه بندی

برای طراحی یک شبکه کامپیوتری، مسائل و مشکلات بسیار متنوعی وجود دارد که باید به نحوی حل شود تا بتوان یک ارتباط مطمئن و قابل اعتماد بین دو ماشین در شبکه برقرار کرد.

این مسائل و مشکلات همگی از یک سخ نیستند و بالطبع منشاء و راه حل مشابه ندارند.

بخشی از آنها توسط سخت افزار و بخش دیگر با تکنیکهای نرم افزاری قابل حل هستند.

مسئله وجود خطا و
نویز روی کانال
ارتباطی است.

- امکان خراب شدن تعدادی از بیتهاي ارسالی بر روی کانال ارتباطی
- نحوه تشخیص داده های خراب و ارسال مجدد یا بازیابی داده های سالم

مساله بعدی، امکان وجود تعدادی مسیر گوناگون بین مبدأ و مقصد است

- که بایستی بهترین مسیر برگزیده شود
- امکان شکستن بسته های بزرگ به واحد های کوچکتر و ارسال از مسیرهای مختلف
- بازسازی پیام ارسال شده در گیرنده (بسته های با ترتیب نادرست و)

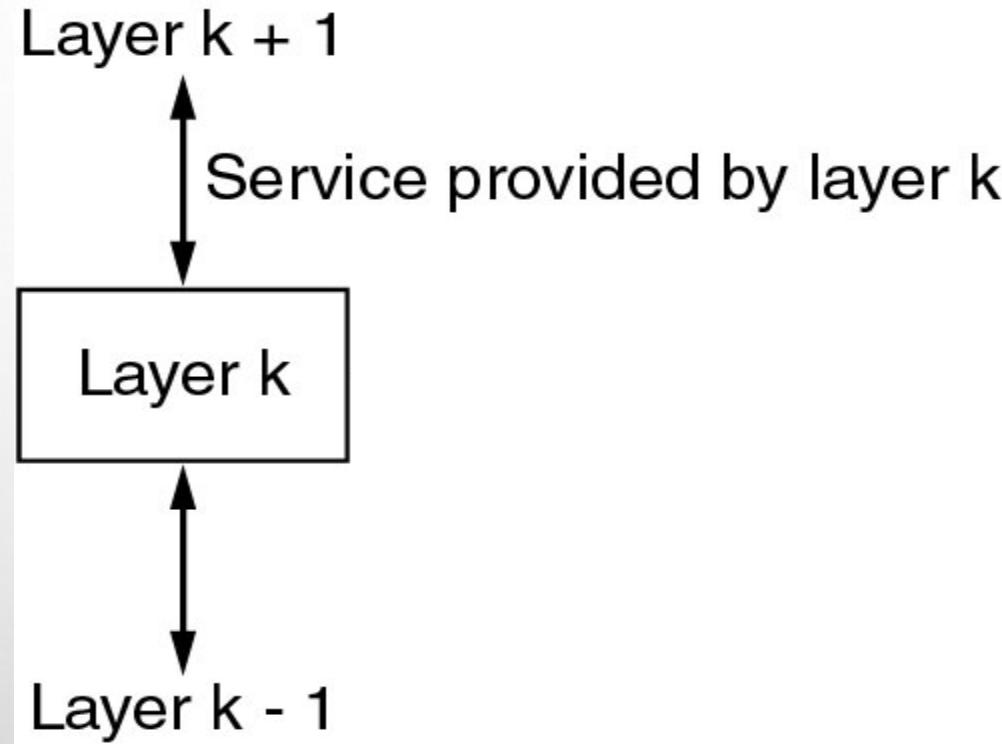
راه حل : مدل لایه ای

- مانند سیستم عامل دارای لایه هایی باشد و هر لایه وظایف خاص خود را دارد و با لایه بالاتر از خود و لایه پایین تر از خود در ارتباط است.
- تعداد لایه ها و پروتکلهای هر لایه معماری شبکه را میسازد.

TCP/IP-OSI-ATM-MPLS

•

ارائه سرویس



هر لایه از سرویس های لایه پایین تر استفاده و
سرویسهای پیشرفته تری را به لایه بالاتر ارائه می دهد

سرویس های اتصال گرا و غیر متصل

Connection Oriented and Connectionless Services

سرویس اتصال گرا مشابه سرویس تلفن می باشد.

- برقراری ارتباط ، صحبت ، قطع کردن
- این سرویس مانند یک لوله عمل می کند
- ارسال داده ها از یک طرف بداخل لوله و دریافت به ترتیب آن در طرف دیگر لوله

سرویس های اتصال گرای و غیر متصل

Connection Oriented and Connectionless Services

- نامه به صندوق پستی داده شده و ارتباط با آن قطع می شود.
- هر پیام دارای آدرس مشخص است و مسیر مستقلی را در ارسال دارد.
- ممکن است پیام دوم زودتر از پیام اول به مقصد برسد.

سرویس
غیر متصل ،
مشابه مدل
پست
می باشد

سرویس های قابل اعتماد و غیر قابل اعتماد

در سرویسهای قابل اعتماد هیچ داده ای در حین انتقال از بین نمیرود.

این سرویس بگونه ای است که گیرنده دریافت صحیح داده ها را به فرستنده اعلام می کند.

این تصدیق (Acknowledgment) باعث تحمیل بار اضافی و تأخیر در انتقال پیامها می شود که اغلب ارزش آنرا دارد، ولی گاهی به زحمتش نمی ارزد!

انتقال فایل نیاز به یک سرویس اتصالگرای قابل اعتماد دارد.

- حتی یک بیت از داده ها هم نباید اشتباه به مقصد برسد.

سرویس های قابل اعتماد و غیر قابل اعتماد

یک ایمیل نیاز به سرویس
اتصالگر اندارد ولی بایستی
قابل اعتماد باشد

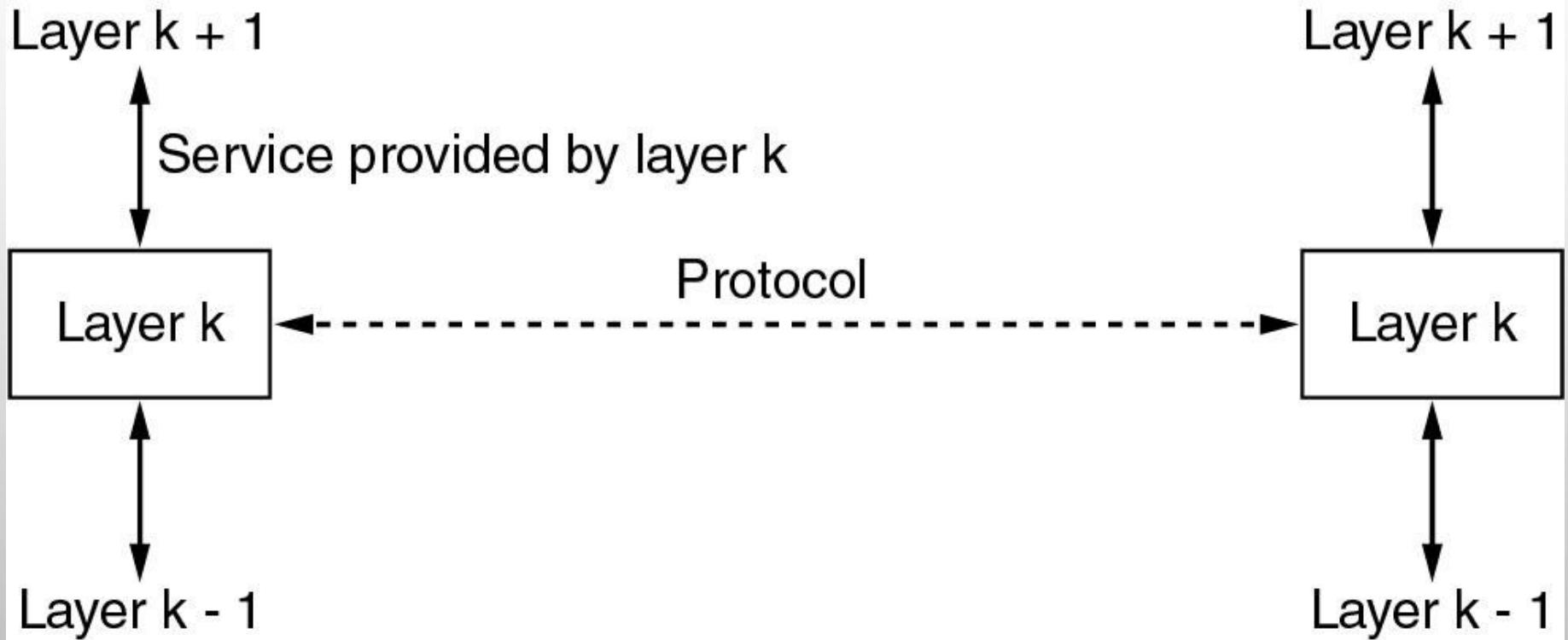
صدا و تصاویر دیجیتال نیاز
به تصدیق داده ها ندارد!

سرویس دیتاگرام : سرویسی
است نه اتصالگر و نه قابل
اعتماد

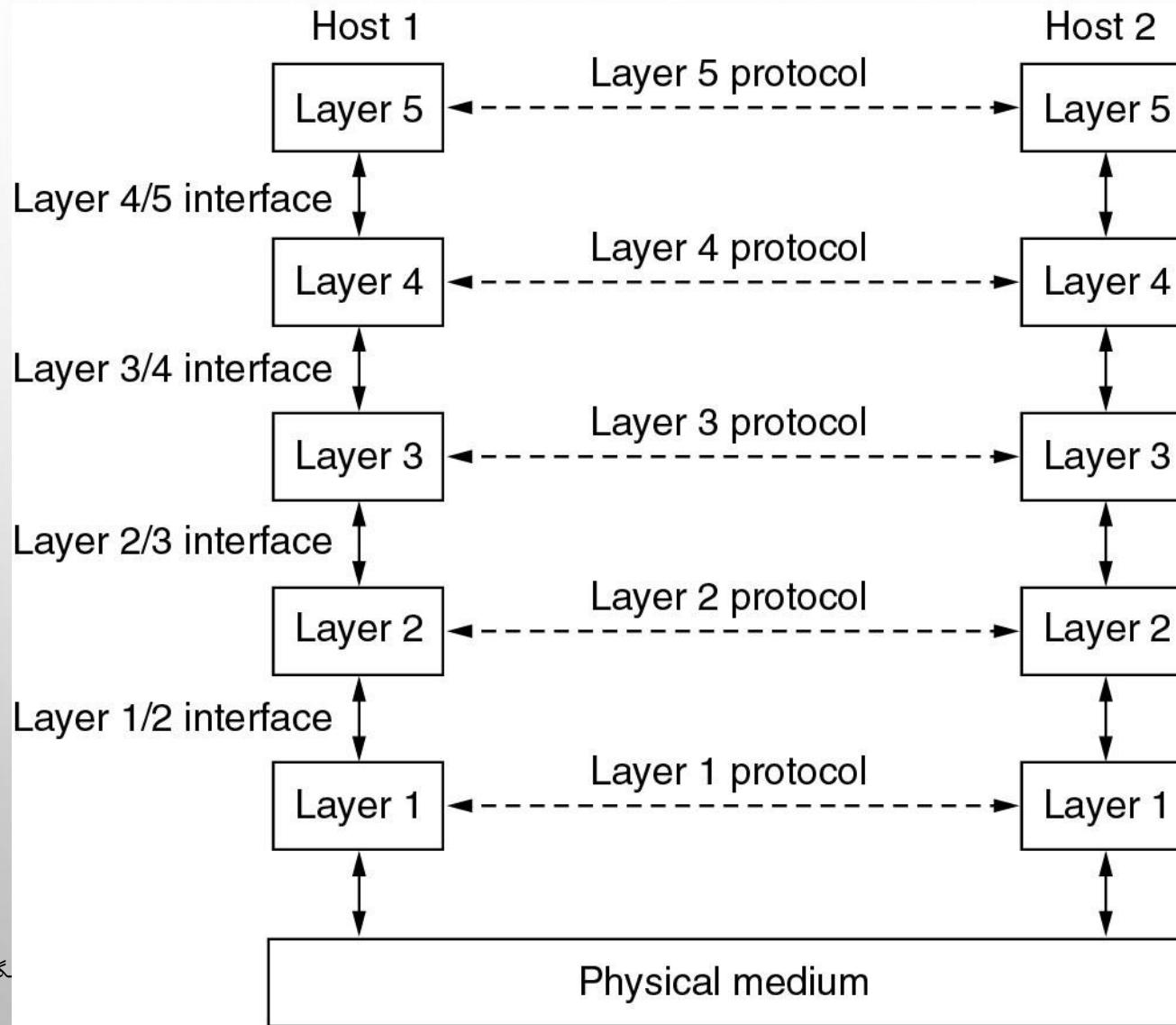
رابطه سرویس و پروتکل



رابطه سرویس و پروتکل



لایه ها، پروتکل ها و واسطه ها



مدل‌های مرجع

مدل مرجع TCP/IP

- پیاده سازی و ارائه شده برای استفاده در اینترنت (شبکه آرپانت)
- ابتدا برنامه ها و پروتکلهای آن نوشته شد و سپس مدلی (البته نه چندان کامل) برای آن ارائه شد
- تقریباً تنها مدل مورد کاربرد در شبکه ها (محلى و گسترده)

مدل مرجع OSI

- ارائه شده توسط سازمان بین المللی استاندارها (ISO)
- جهت جلوگیری از سلیقه ای و پیچیده شدن طراحی شبکه ها
- مدل هفت لایه ای با تعیین دقیق وظایف و خدمات هر لایه
- امروزه عملاً بدون کاربرد عملی
- استفاده بعنوان مدلی جهت تعیین کارکرد شبکه ها و توصیف آنها

مدل مرجع OSI

کاربرد

نمایش

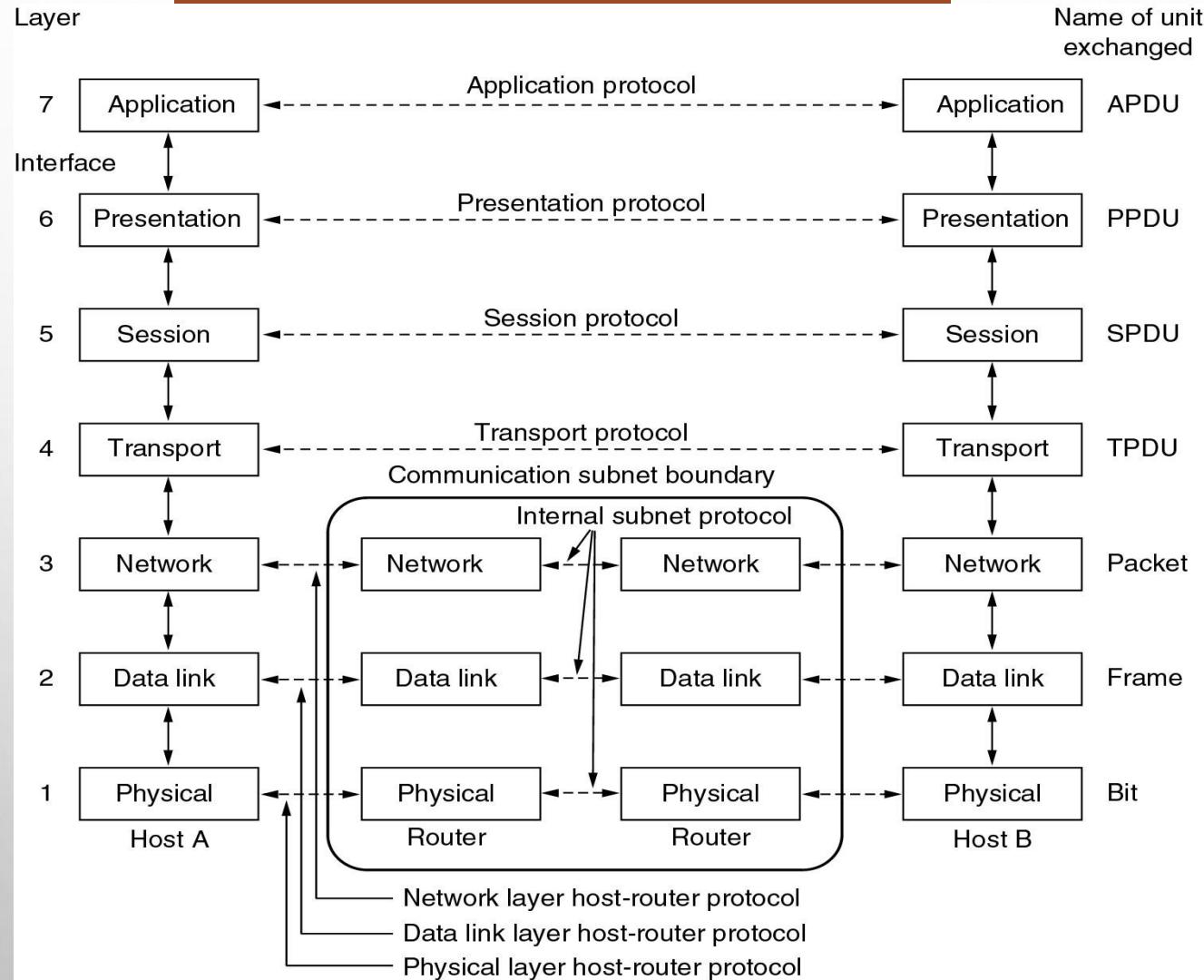
جلسه

انتقال

شبکه

پیوند داده

فیزیکی

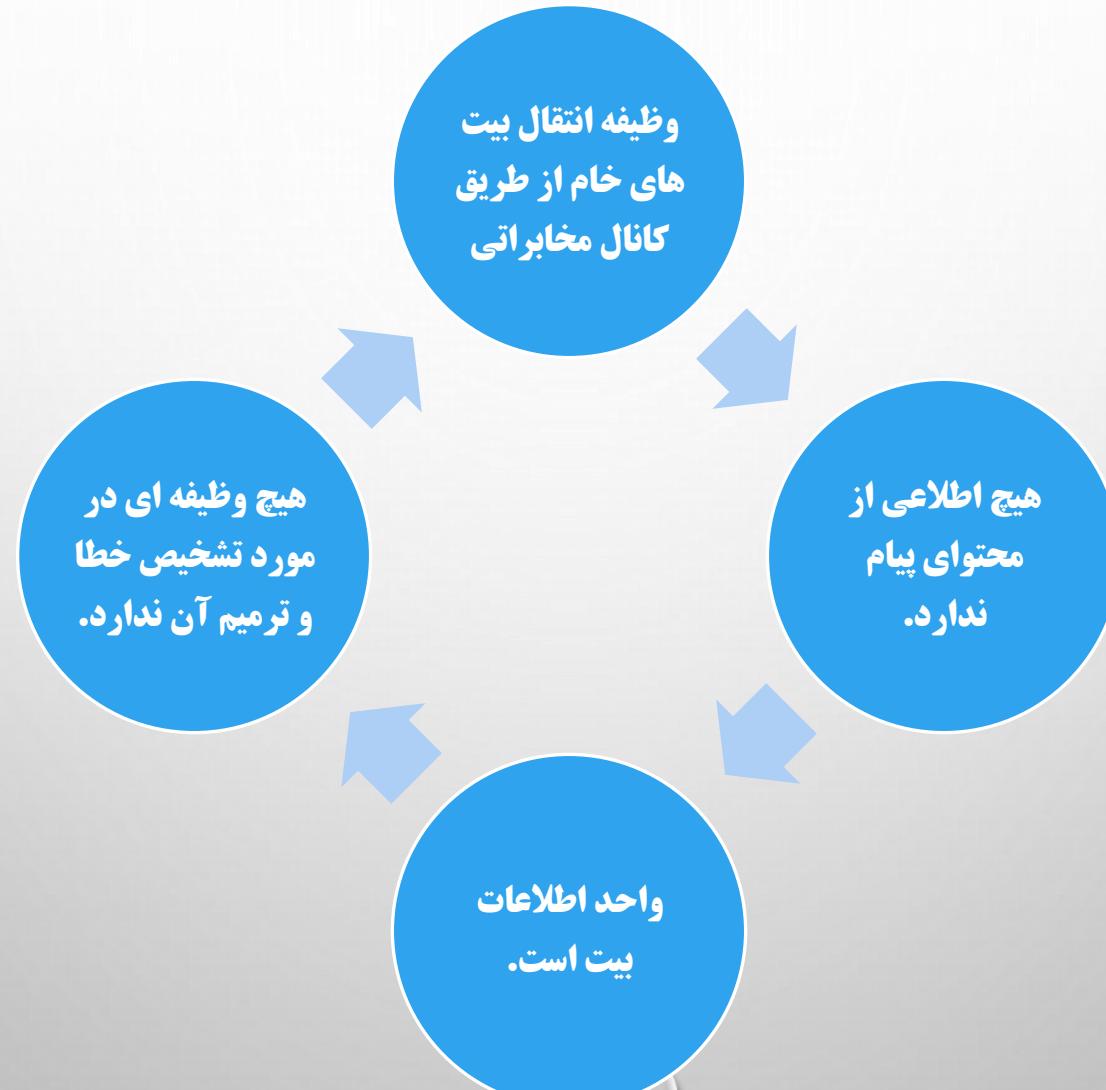


تهیه کنند: فرناد آهنگری

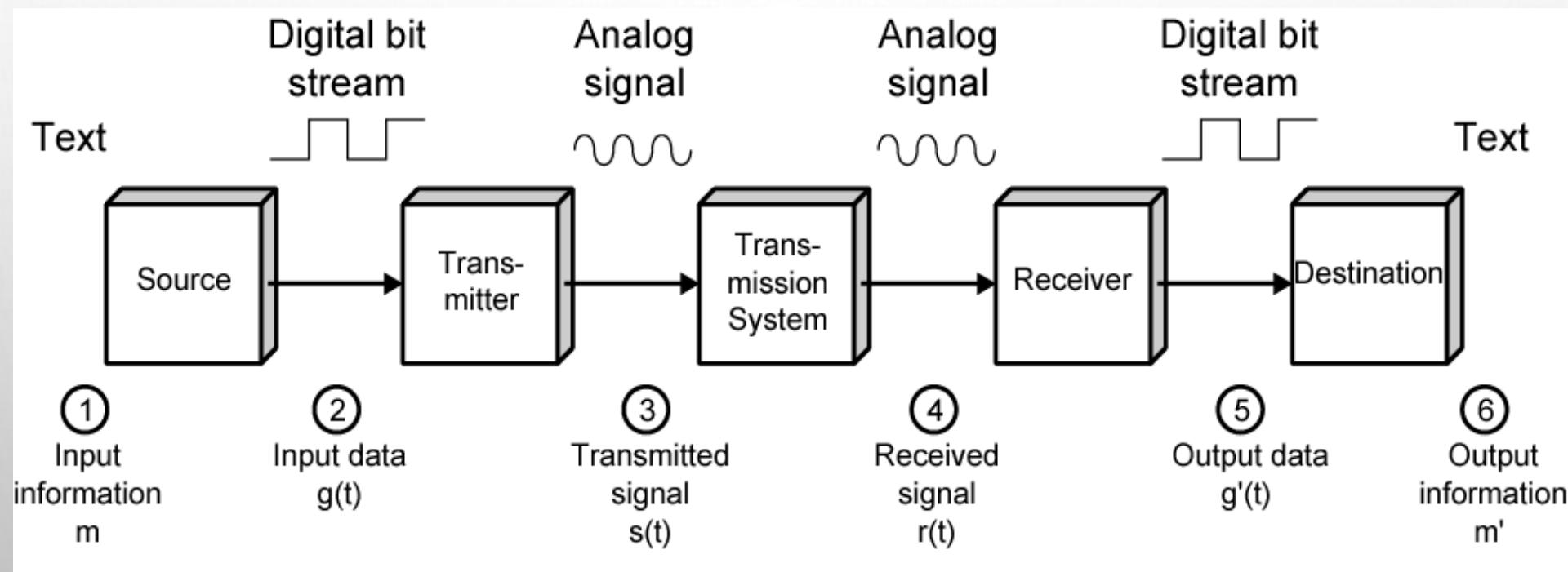
1-131

All People Seem To Need Data Processing

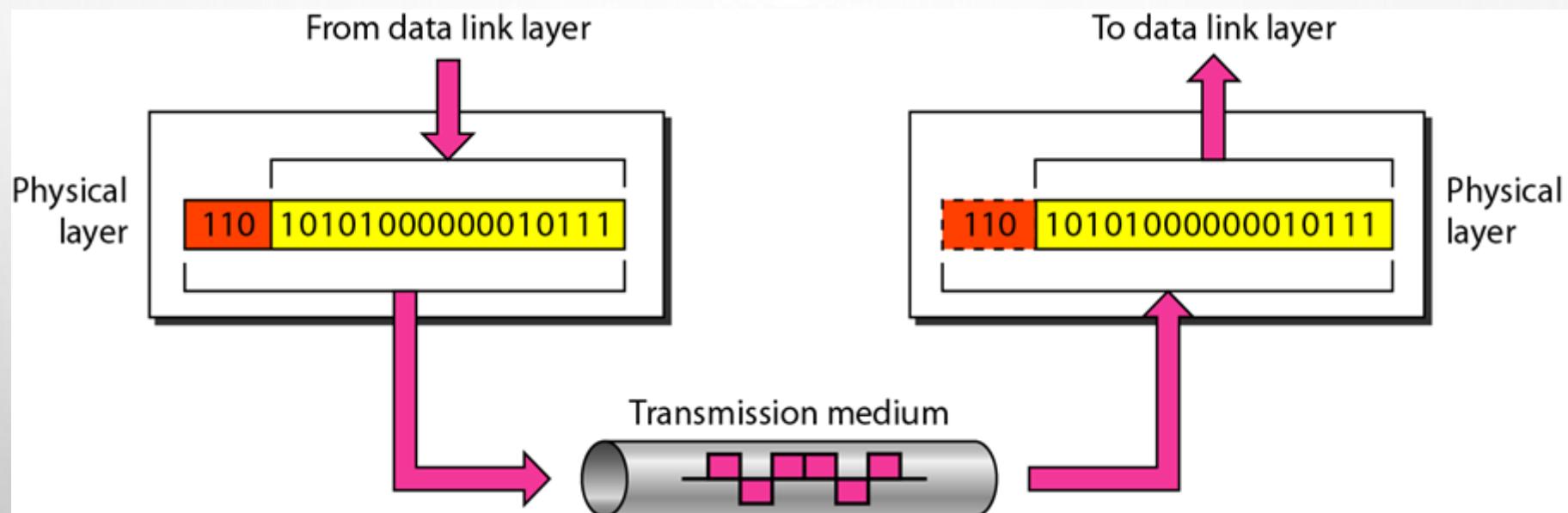
لایه فیزیکی (physical Layer)



DATA COMMUNICATIONS MODEL



لایه فیزیکی (physical Layer)

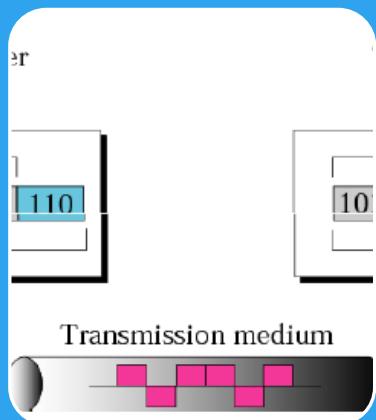


لایه فیزیکی (physical Layer)



سوالات و پارامترهای این لایه:

- ولتاژهای مورد استفاده برای 0,1
- نوع مدولاسیون
- ظرفیت کانال و نرخ ارسال
- نحوه اتصال مکانیکی و الکتریکی، نوع کابل، نوع رابط(کانکتور) کابل و ...



این لایه تماما سخت افزاری است و مسائل مخابراتی در مبادله بیت ها انجام میشود.

لایه پیوند داده (Data Link Layer)

مهمترین وظیفه، تبدیل خط فیزیکی پر از خطا به یک خط ارتباطی عاری از خطا
(برای لایه بالاتر)

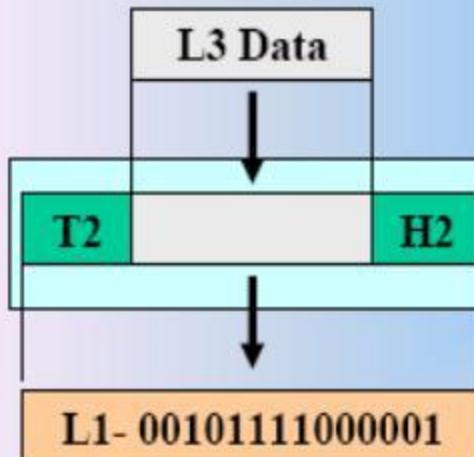
شکستن داده های ورودی به این لایه (از لایه بالاتر) به بسته های کوچک چندصد تا
چند هزار بایتی (به نام فریم Frame) و ارسال آنها

زمانیکه گیرنده هر فریم را دریافت کرد، به ازای آن یک فریم تصدیق بر می گرداند.

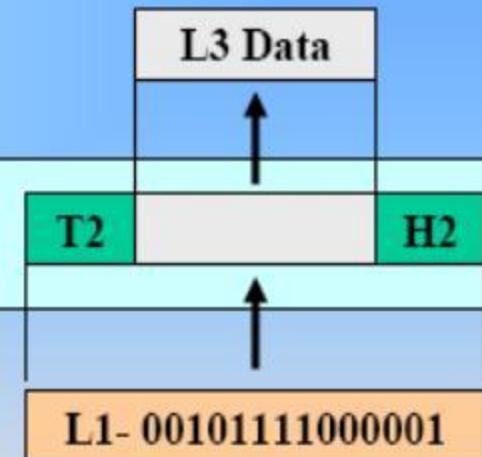
لایه پیوند داده (Data Link Layer)

Layer-2 (Data Link)

From Network Layer



To Network Layer



To Physical Layer

From Physical Layer

لایه پیوند داده (Data Link Layer)

مساله دیگر این لایه، تنظیم سرعت ارسال داده ها از گیرنده به فرستنده است

در شبکه های پخشی، لازم است این لایه نحوه دسترسی به کانال مشترک را نیز کنترل نماید.

برای این منظور (کنترل کانال اشتراکی) از یک زیر لایه به نام "کنترل دسترسی رسانه" (MAC) استفاده می کند.

این لایه پیوند داده با سخت افزار دیجیتال پیاده سازی می شود.

لایه شبکه (Network Layer)

کنترل عملکرد زیر شبکه ارتباطی

مسیریابی پسته ها از مبدأ به مقصد

اتخاد تدابیری جهت جلوگیری از ازدحام (ترافیک بیش از اندازه پسته ها در یک مسیریاب یا مرکز سوئیچ)

مسیریاب می تواند پسته ها را بصورت ایستا و غیر هوشمند مسیریابی کند

و یا پسته ها را بصورت دینامیک و هوشمند ارسال کند

لایه شبکه (Network Layer)

تمام ماشین‌ها در این لایه دارای آدرس جهانی و منحصر‌بفرد هستند که براساس آنها هر ماشین اقدام به هدایت بسته‌ها می‌کند.

این لایه اصولاً "بدون اتصال" است، یعنی اینکه تضمینی جهت رسیدن بسته به مقصد وجود ندارد.

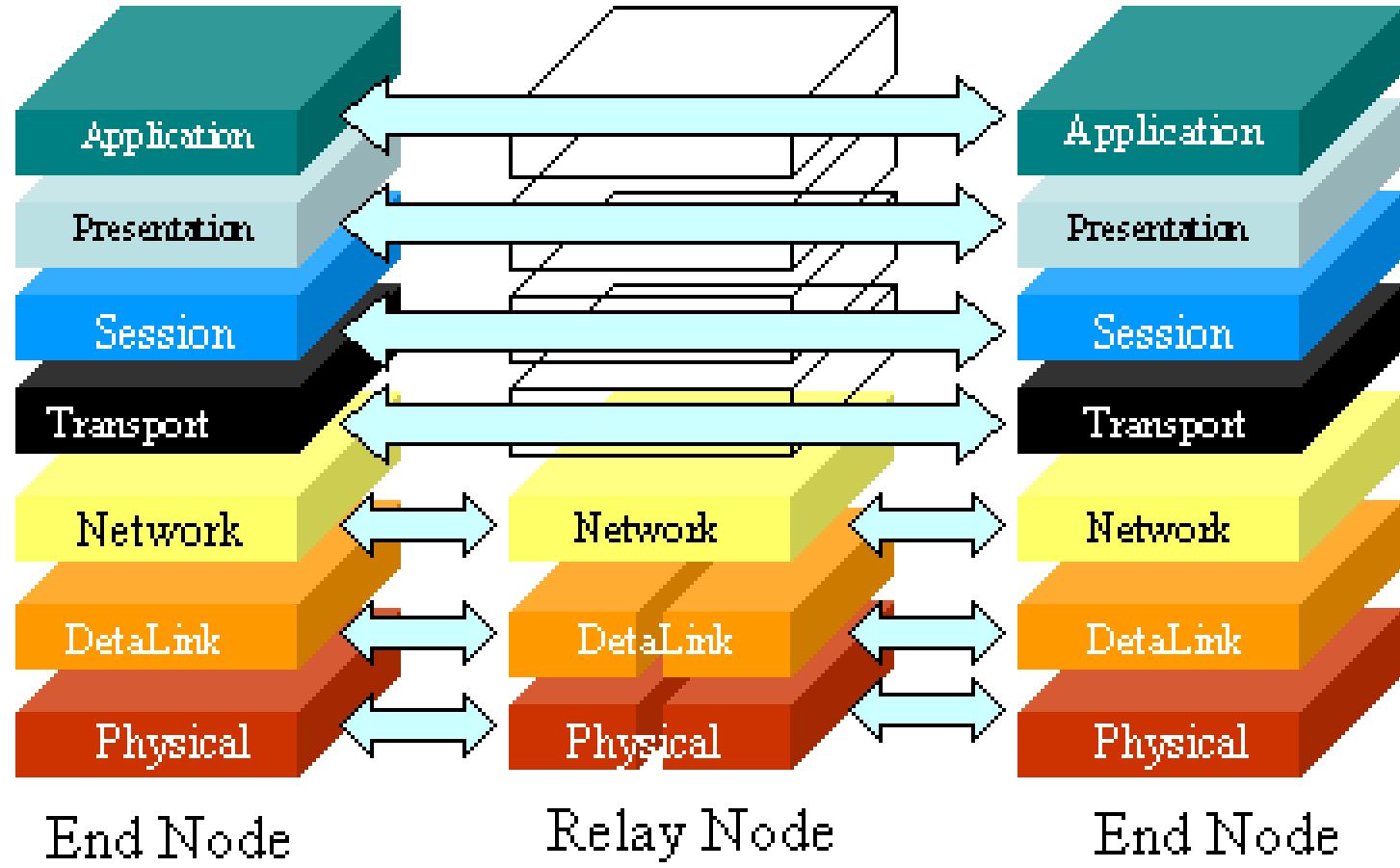
گرچه این لایه قابل پیاده‌سازی بصورت نرم افزاری است، اما برای بالارفتن سرعت روی کامپیوتر خاصی پیاده‌سازی می‌شود.

لایه انتقال (Transport Layer)

- گرفتن داده ها از لایه بالاتر
- تقسیم آن به قطعات کوچکتر (در صورت نیاز)
- شماره گذاری بسته ها
- ارسال آن به زیر شبکه
- حصول اطمینان از دریافت صحیح آنها در طرف مقابل

اصلی ترین
وظیفه

لایه انتقال (Transport Layer)



لایه جلسه (Session Layer) (نشت)

فراهم آوردن شرایط یک جلسه

احراز هویت طرفین

نگهداری جلسه و توانایی از سرگیری آن در هنگام قطع ارتباط

کنترل دیالوگ (اینکه الان نوبت کیست)

کنترل عملیات طویل المدت و از سرگیری آن از نقطه قطع

حسابداری مشتریها

اتمام جلسه

لایه ارائه (نمایش) (Presentation Layer)

از وظایف دیگر

- فشرده سازی فایل ها
- رمزگاری برای ارسال محرمانه داده ها
- رمزگشایی
- تبدیل کدها (مثلا ASCII به EBCDIC)

وظیفه این لایه مدیریت این ساختارها در سطح بالاست.

برای اینکه کامپیوترهای با ساختارهای داده متفاوت بتوانند با هم ارتباط داشته باشند.

این لایه بر روی ساختار پیامها و مفهوم آنها متمرکز است.



لایه کاربرد (Application Layer)

بسیاری از پروتکلهای مورد نیاز کاربران در این لایه قرار دارد.

از معروفترین آنها
HTTP
(پروتکل اصلی وب)

پروتکل انتقال فایل (FTP)

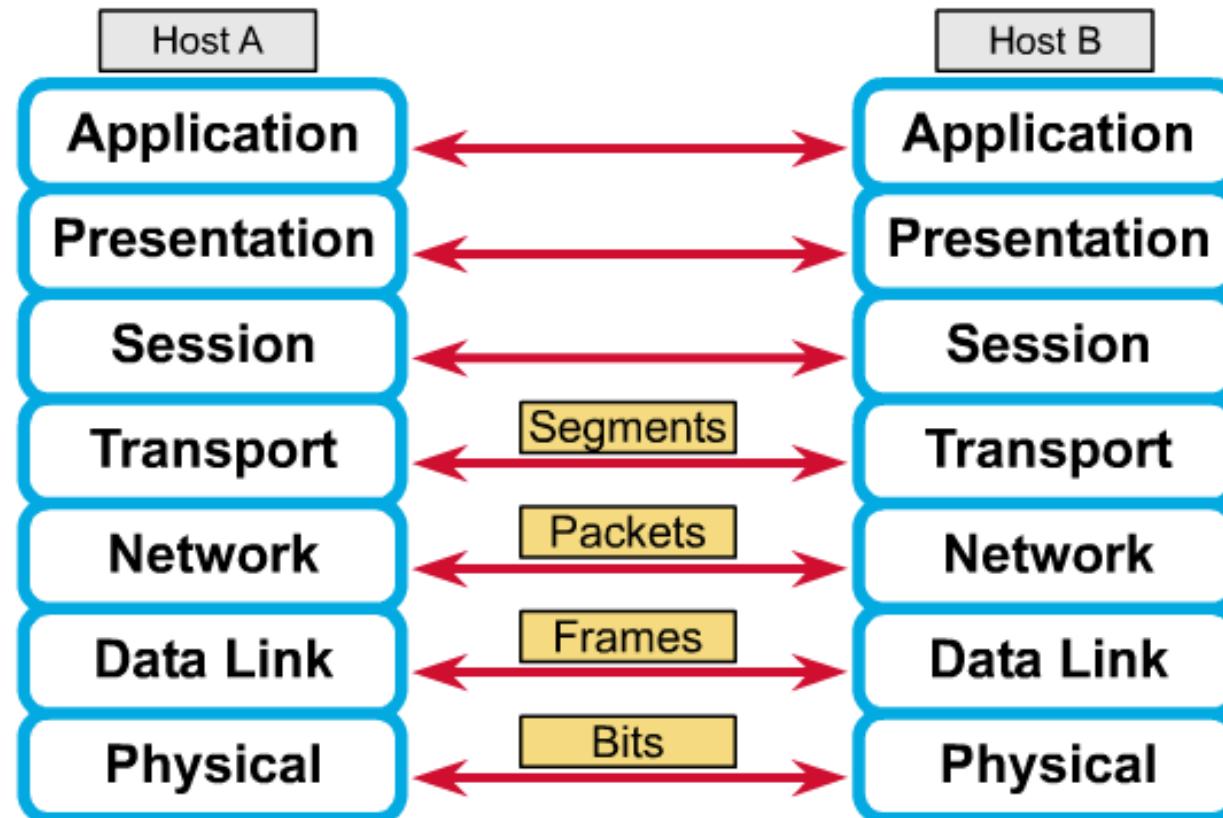
پروتکل انتقال خبر (NNTP)

پروتکلهای پست الکترونیک
(POP3, SMTP)

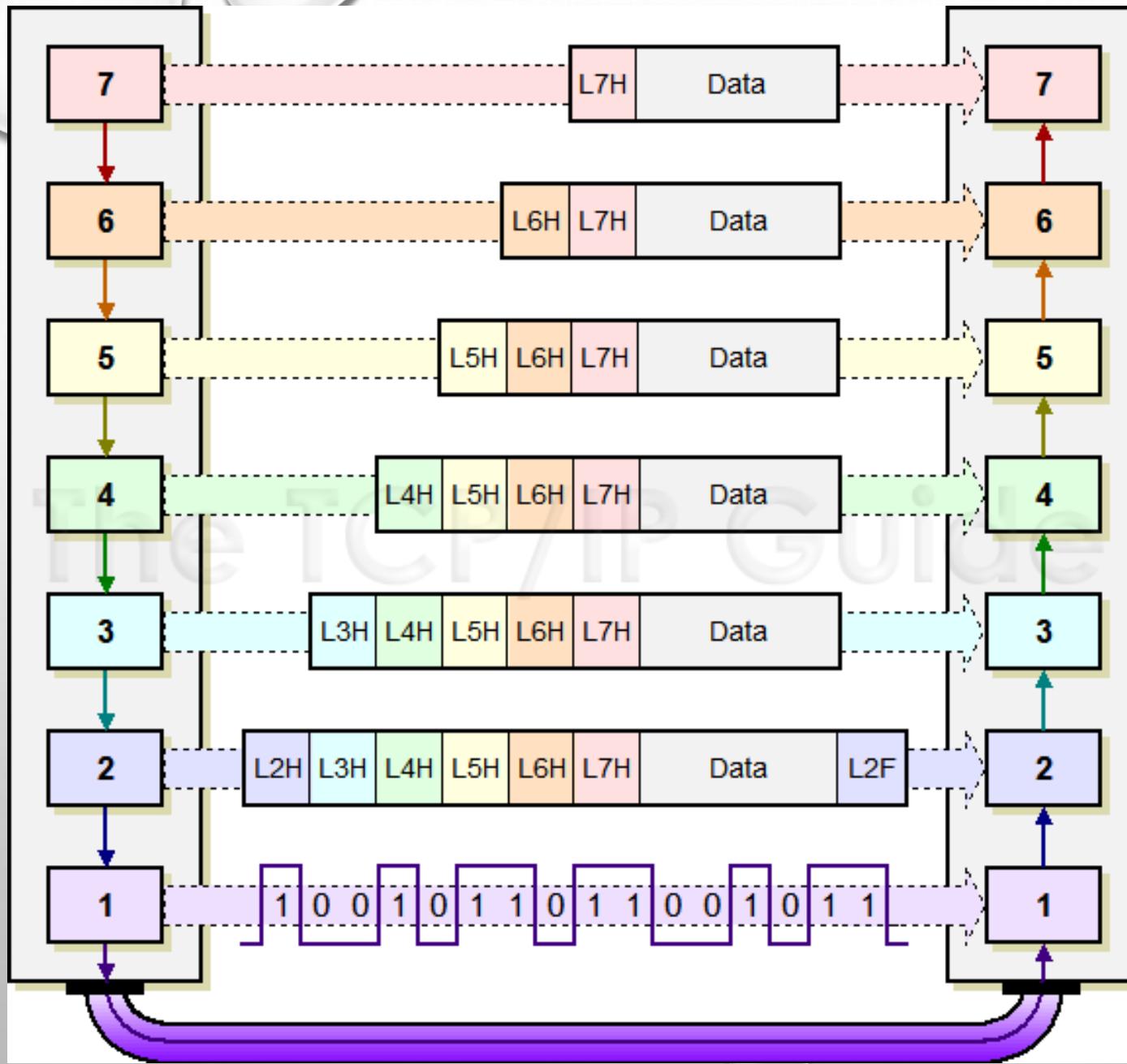
1

2

Peer-to-Peer Communications



روند اضافه و حذف سرآیند ها در هر لایه

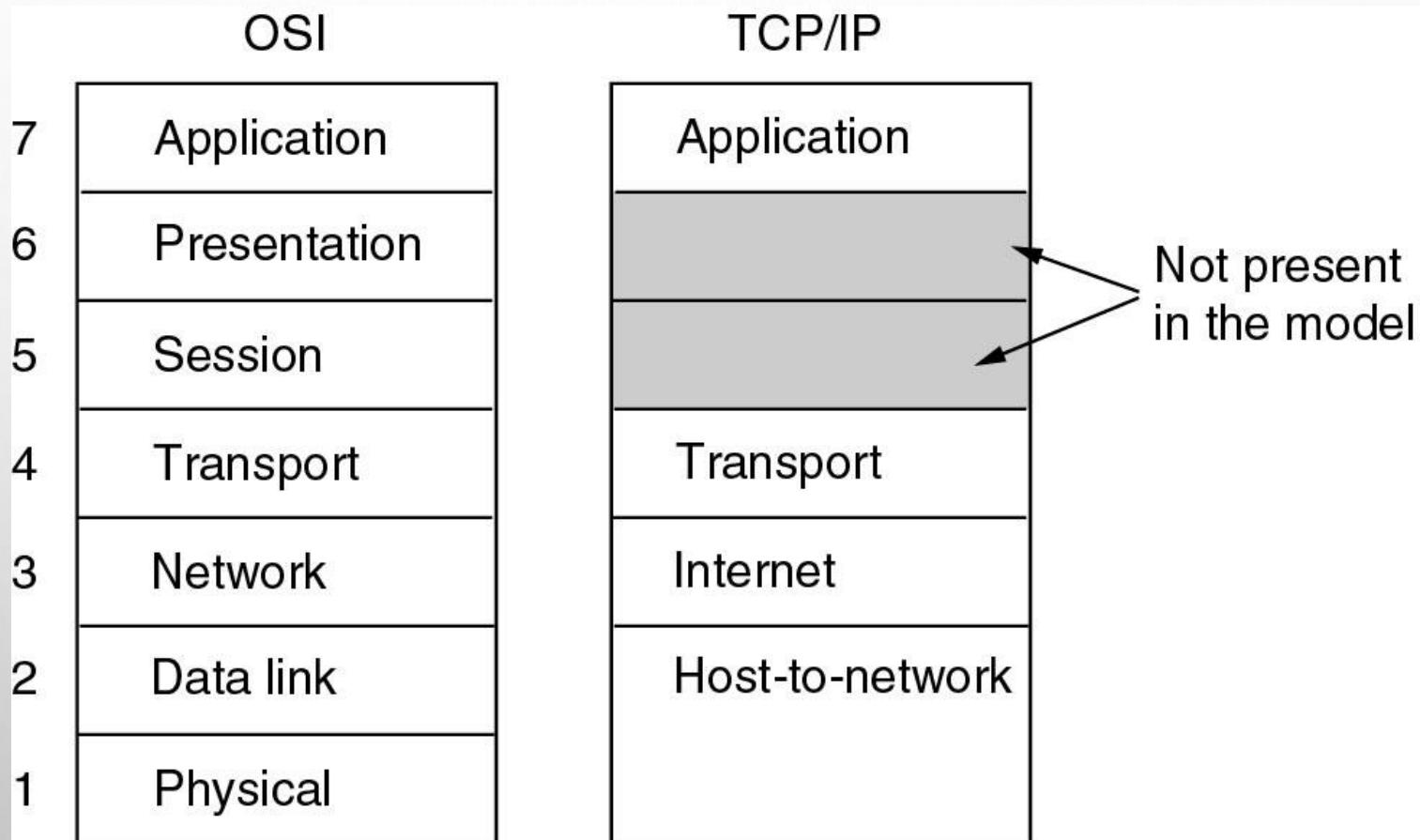


TCP/IP به دو معنا

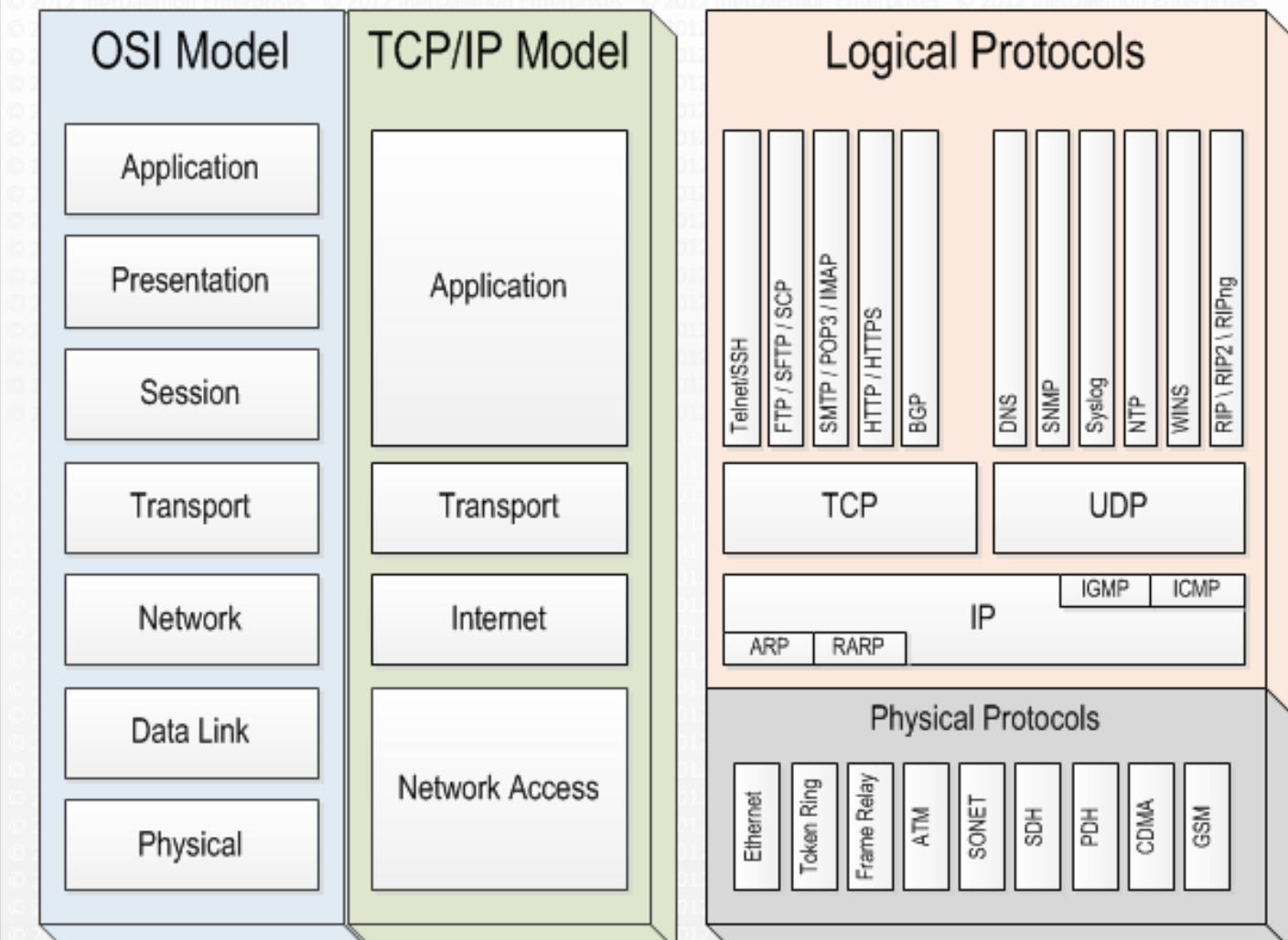
پسته پروتکلهای TCP/IP،
مجموعه‌ای شامل بیش از صد پروتکل متفاوت برای سازماندهی کلیه اجزاء شبکه اینترنت (TCP/IP Protocol Stack)

مدل مرجع TCP/IP، یک ساختار چهار(پنج) لایه (TCP/IP Model)

مدل مرجع OSI و تناظر آن با مدل مرجع TCP/IP



NETWORK MODELS



لایه اینترنت

این لایه سنگ بنای اینترنت است

اجازه ارسال بسته ها بر روی شبکه را به ماشین می دهد.

عدم تضمین رسیدن پیامها با همان ترتیب فرستاده شده

وظیفه مرتب کردن بسته ها بر عهده لایه بالاتر گذاشته شده است.

فرمت بسته های پیام و پروتکل آنها در لایه اینترنت تعریف می شود که IP نام دارد.

این لایه را می توان معادل لایه شبکه در مدل OSI دانست.

لایه انتقال

در بالای لایه اینترنت است و مشابه لایه انتقال در مدل OSI است.

باعث ارتباط نقطه به نقطه بین مبدأ و مقصد می شود.

دو پروتکل برای این منظور دارد. (TCP و UDP)

یک پروتکل اتصالگرای قابل اعتماد است
Transmission Control Protocol

جريان بایت ها را بصورت بسته بسته درآورده و به لایه اینترنت تحويل می دهد و در ماشین مقصد عکس اسن کار انجام می شود.

لایه انتقال

این پروتکل قابلیت کنترل جریان داده ها (Flow Control) را نیز دارد.

پروتکل دوم (User Datagram Protocol) یک پروتکل غیرمتصل غیر قابل اعتماد است

زمانیکه نیازی به سخت گیری TCP نیست از آن استفاده می شود.

زمانیکه سرعت مهمتر از دقیقت باشد(مانند انتقال صوت و تصویر) یا زمانیکه فرآیند درخواست - پاسخ یکبار انجام شود، بکار می رود.

لایه کاربرد

پروتکل ترمینال مجازی TELNET

تمام پروتکلهای سطح بالا در این لایه قرار دارند.

در این مدل، لایه های نشست و نمایش وجود ندارد. (تجربه مدل OSI هم نشان داد که این دو لایه بندرت کاربرد پیدا نمیکنند).

پروتکل نام حوزه (ناحیه) برای ترجمه نامها به آدرس شبکه

پست الکترونیک SMTP

پروتکل انتقال فایل FTP

و دهها پروتکل دیگر

پروتکل انتقال صفحات ابر متن
HTTP

پروتکل انتقال خبر NNTP