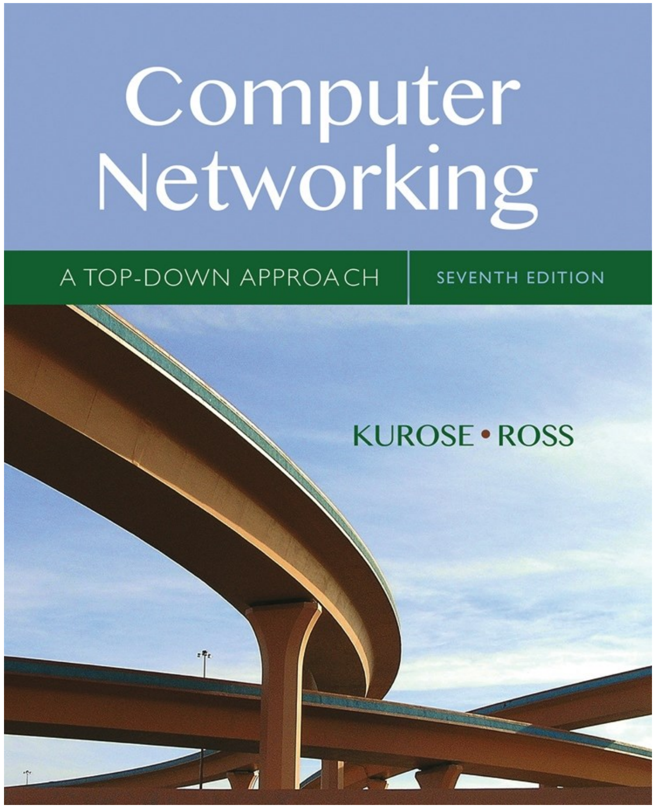
Chapter 1
Introduction



Computer Networking: A Top Down Approach

7th edition
Jim Kurose, Keith Ross
Pearson/Addison Wesley
April 2016

Chapter 1: introduction

our goal:

- get "feel" and terminology
- more depth, detail *later* in course
- approach:
  - use Internet as example

overview:

- what's the Internet?
- what's a protocol?
- network edge; hosts, access net, physical media
- network core: packet/circuit switching, Internet structure
- performance: loss, delay, throughput
- security
- protocol layers, service models
- history

Chapter 1: roadmap

1.1 what *is* the Internet?

1.2 network edge
- end systems, access networks, links

1.3 network core
- packet switching, circuit switching, network structure

1.4 delay, loss, throughput in networks

1.5 protocol layers, service models

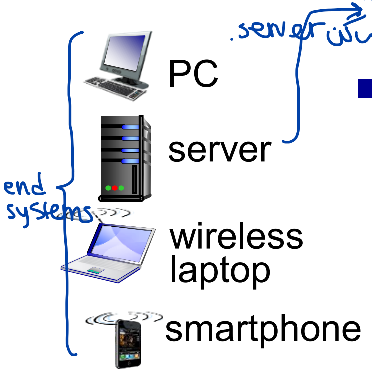
1.6 networks under attack: security

1.7 history

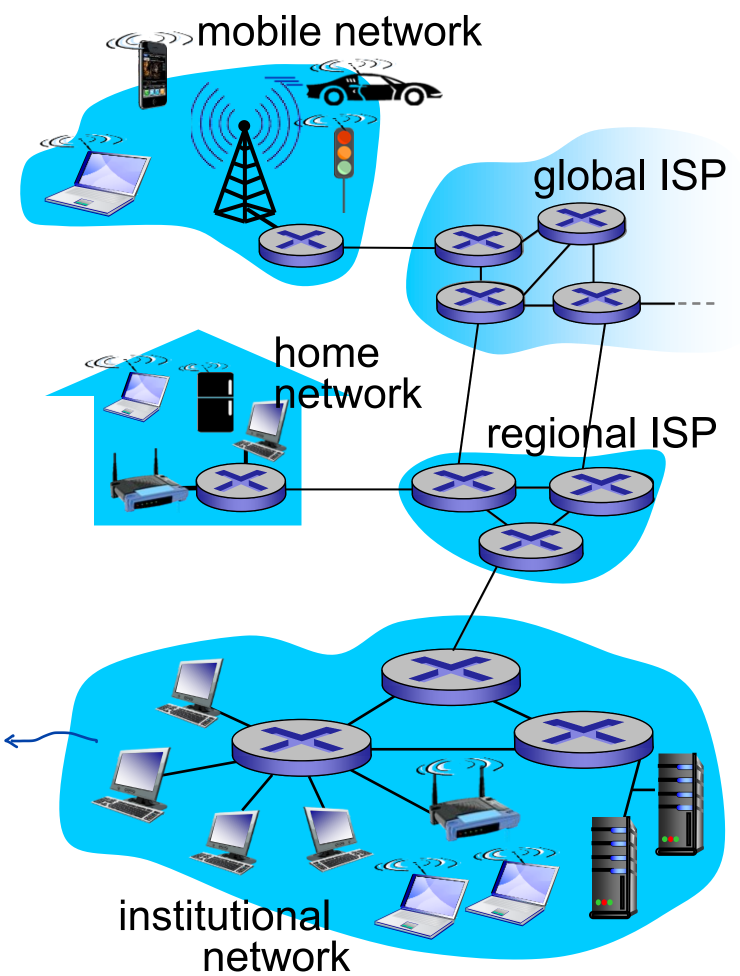
What's the Internet: "nuts and bolts" view

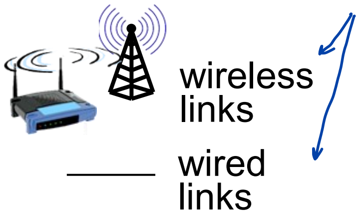
کامپیوترهایی که اپلیکیشن server رو اجرا می‌کنن. چون کامپیوترش باید خفن باشه، به این کامپیوترها می‌گن server.

اینترنت یک شبکه‌ی جهانی از شبکه‌هاست.



- billions of connected computing devices:
  - *hosts* = *end systems*
  - running *network apps*

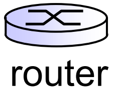




- *communication links*
  - fiber, copper, radio, satellite
  - transmission rate: *bandwidth* → مهم‌ترین چیز

نرخ ارسال

end-systems : که از طریق یک شبکه‌ای به اینترنت وصل شدن.
مثلاً شبکه ethernet یا adsl



- *packet switches:* forward packets (chunks of data)
  - *routers* and *switches*

اینکه packet چه مسیری رو طی کنه (تعیین مسیر) = routing
هدایت بسته روی مسیر تعیین شده = forwarding *

یک سری گره‌ها که عمل switching رو انجام می‌دن. یک درخواستی که به یک گره می‌رسه می‌تونه مسیرهای مختلفی رو بره که توی این مسیرش متوقف می‌شه.

بهشون میگیم switch یا router.

“Fun” Internet-connected devices

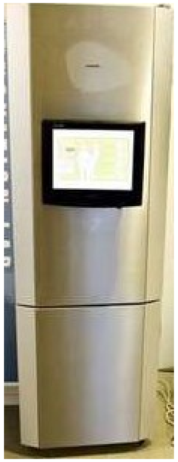
همه این ها قابلیت اتصال به اینترنت دارن :

IP picture frame
http://www.ceiva.com/

Web-enabled toaster +
weather forecaster

Tweet-a-watt:
monitor energy use

Slingbox: watch,
control cable TV remotely



Internet
refrigerator

sensorized,
bed
mattress

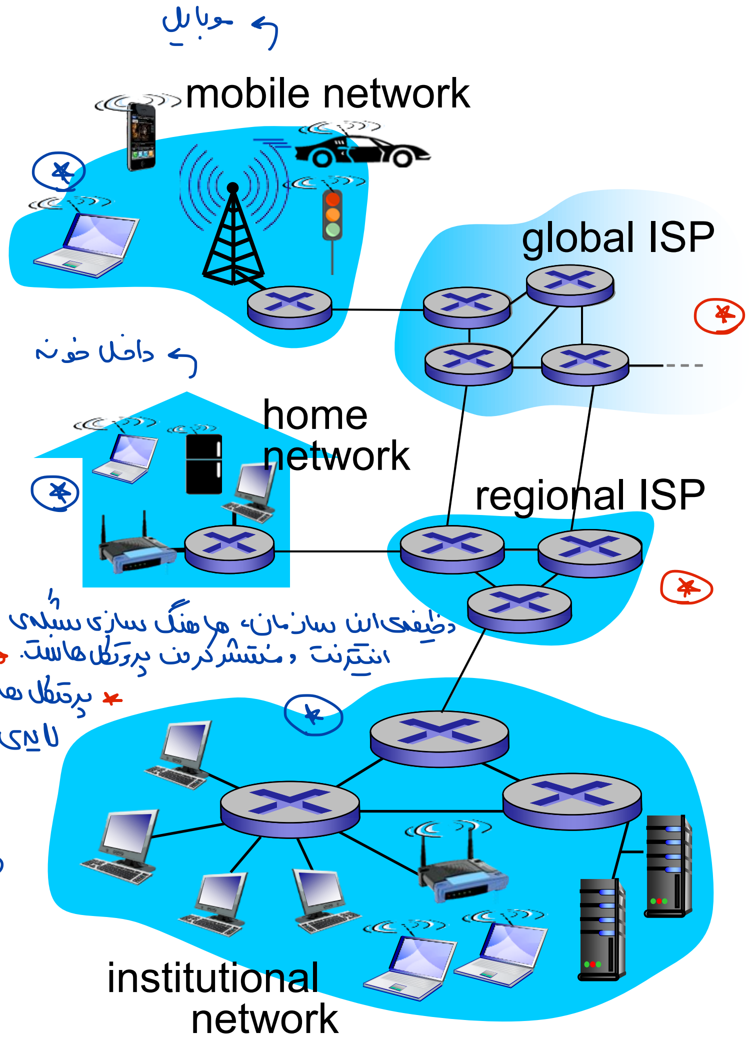
Internet phones

What's the Internet: "nuts and bolts" view

- *Internet:* "network of networks"
  - Interconnected ISPs
- *protocols* control sending, receiving of messages
  - e.g., TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11
- *Internet standards*
  - RFC: Request for comments
  - IETF: Internet Engineering Task Force

* برای قابل فهم بودن پیغام باید یه توافقی (پروتکل)
بین سیستم وجود داشته باشه

توافق می‌کنن که چطور درباره‌ی سبک service ارائه بدن.



وظیفه‌ی این سازمان، هماهنگ سازی شبکه‌ی
اینترنت، و منتشرکردن پروتکل‌هاست.

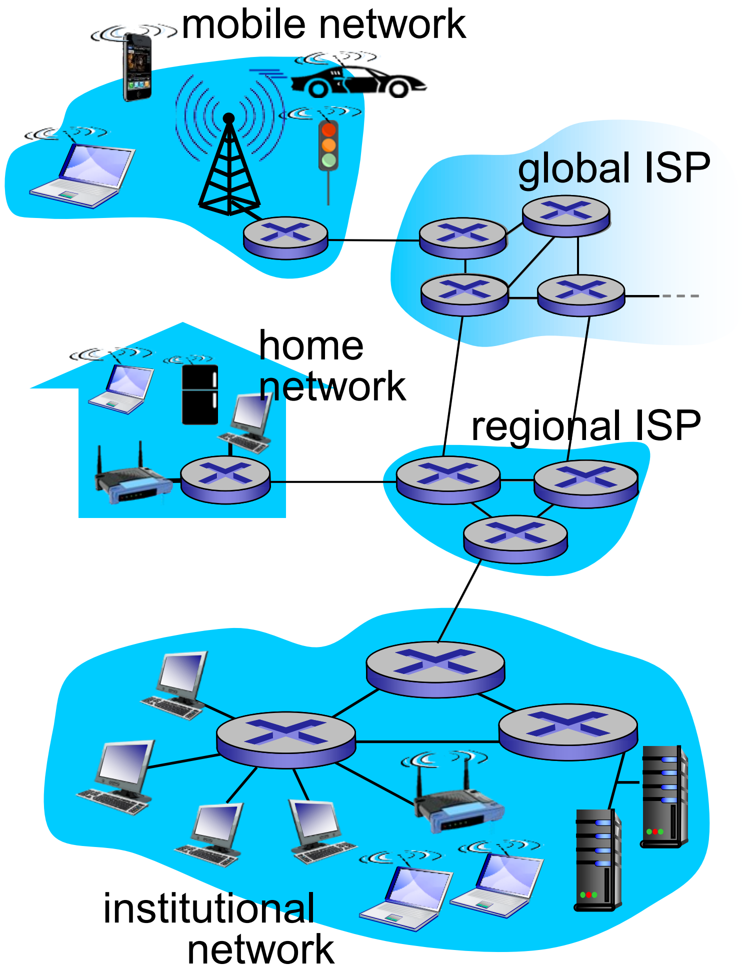
* پروتکل‌ها می‌تونن در لایه‌ی transport یا
لایه‌ی network باشن.

مثالی از پروتکل‌ها
ایمیل SMTP
وب HTTP

networks
access (edge ") network → کاربرها از طریقش به اینترنت وصل می‌شن.
اتصال کاربران
core network → که acc هارو به هم وصل می‌کنه.
انتقال پیغام‌ها

What's the Internet: a service view

- *infrastructure that provides services to applications:*
  - Web, VoIP, email, games, e-commerce, social nets, …
- *provides programming interface to apps*
  - hooks that allow sending and receiving app programs to "connect" to Internet
  - provides service options, analogous to postal service



What's a protocol?

human protocols:

- "what's the time?"
- "I have a question"
- introductions

… specific messages sent

… specific actions taken when messages received, or other events

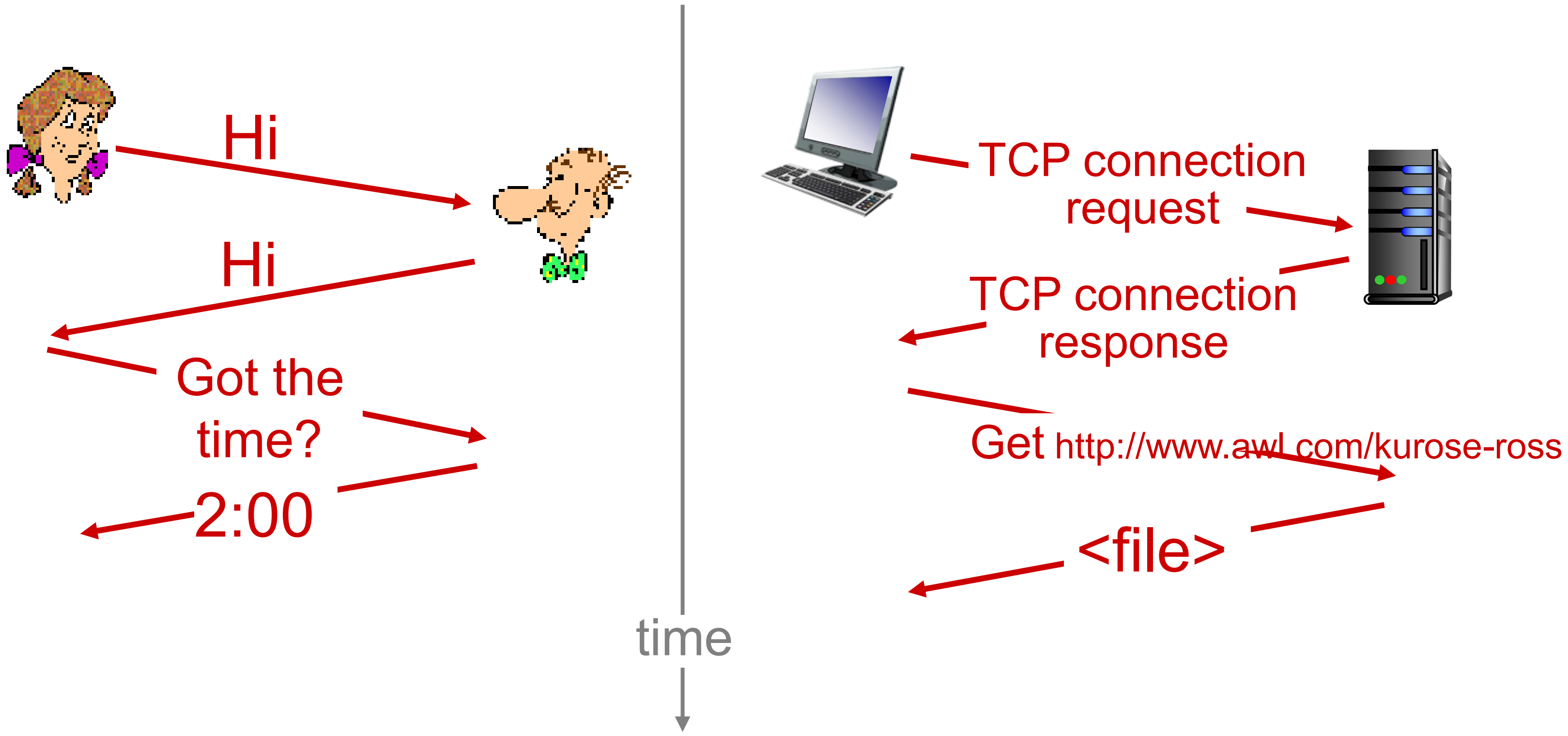
network protocols:

- machines rather than humans
- all communication activity in Internet governed by protocols

protocols define format, order of messages sent and received among network entities, and actions taken on message transmission, receipt

What's a protocol?

a human protocol and a computer network protocol:



Hi

Hi

Got the time?

2:00

TCP connection request

TCP connection response

Get http://www.awl.com/kurose-ross

<file>

time

Q: other human protocols?

Chapter 1: roadmap

1.1 what *is* the Internet?

1.2 network edge

- end systems, access networks, links

1.3 network core

- packet switching, circuit switching, network structure

1.4 delay, loss, throughput in networks

1.5 protocol layers, service models

1.6 networks under attack: security

1.7 history

⊛ پهنای باند ↑ ← تغییرات ↑ ← در هر تغییر می‌تونیم یه چیزی ارسال کنیم. ← R↑

A closer look at network structure:

از طریقش به اینترنت وصل می‌شیم

- *network edge:*
  - hosts: clients and servers
  - servers often in data centers

server client

end-systems (مثل مودم)

هر کاربری از طریق یک لینک ارتباط به شبکه edge وصله.

- *access networks, physical media:* wired, wireless communication links

wired → مثل مودم دا از طریق (سیم تلفن) ، فیبر نوری

wireless → امواج رادیویی ، microwaves

physical media = اون چیزی که end-systemها رو به اینترنت وصل می‌کنه

هر مدیای فیزیکی یک پهنای باند فرکانسی داره.

فرکانس = تعداد تغییرات شکل سیگنال در واحد زمان (ثانیه)

پهنای باند = بازه‌ی فرکانسی - می‌گیم سیگنال می‌تونه از f_1 تا f_2 تغییر f داشته باشه.

- *network core:*
  - interconnected routers
  - network of networks

⊛ دلیل ← هرچی ↑ ← نرخ ارسال اطلاعات (bit rate) ↑

رابطه شنون :

$$C = W \cdot \log_2\left(1+\frac{S}{N}\right)$$

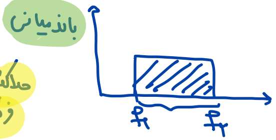
C: ظرفیت

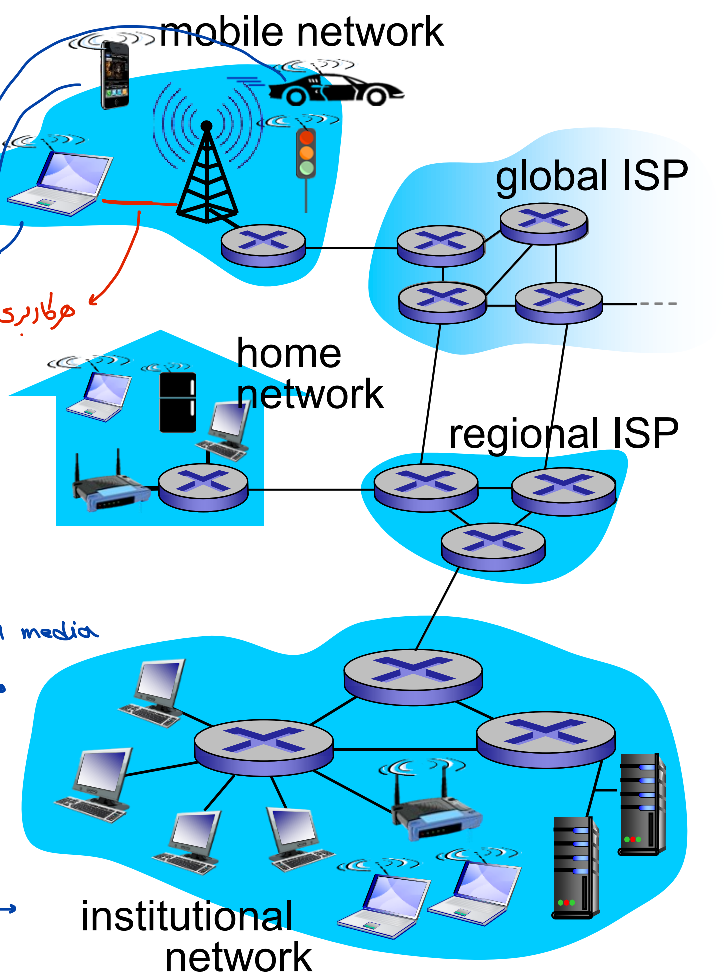
W: پهنای باند فرکانسی

S: قدرت سیگنال

N: متوسط نویز

حداکثر ظرفیت ارسال روی باند فرکانسی رو می‌ده.





* ممکنه پهنای باند و نرخ ارسال به جای هم استفاده بشن.

* پهنای باند و کاهش در مدیای فیزیکی بستگی به قطر سیم، طول سیم بستگی داره. (هرچی طول ↑، پهنای باند ↑، نرخ ارسال ↑)

* نرخ ارسال = R ← همیشه $R < C$ ظرفیت

* نویز ↑، ↓R نرخ ارسال

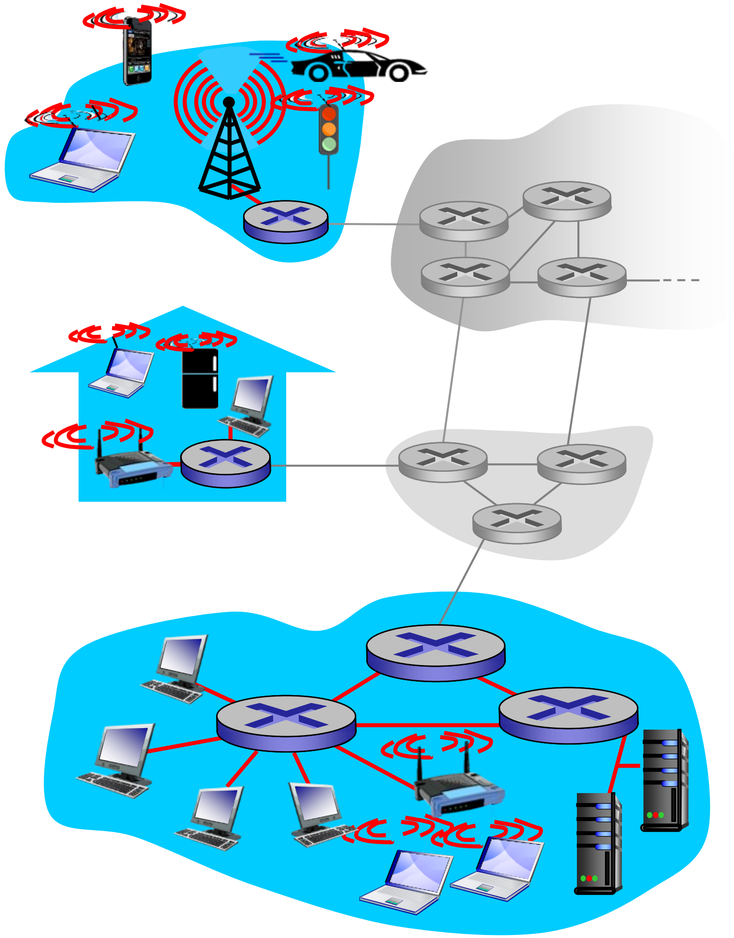
Access networks and physical media

Q: How to connect end systems to edge router?

- residential access nets
- institutional access networks (school, company)
- mobile access networks

keep in mind:

- bandwidth (bits per second) of access network?
- shared or dedicated?

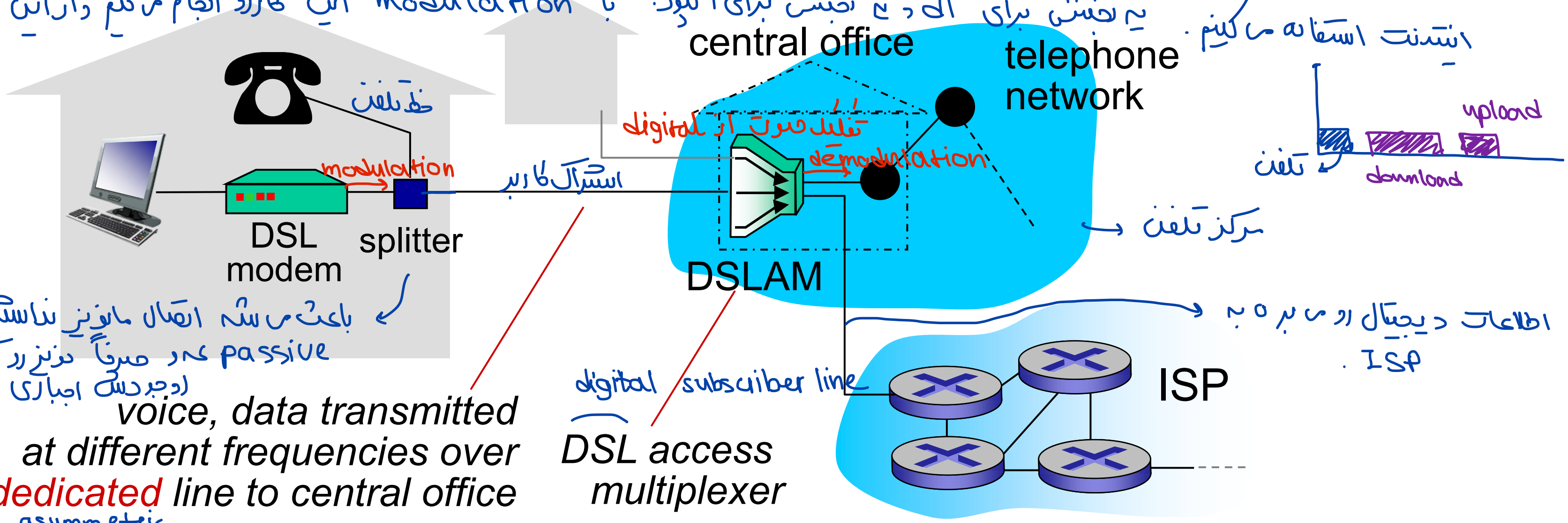


0 - 20 KHz : فرکانس صوت

تعدادی از edgenetwork هایی که خ استفاده می کنیم :

Access network: digital subscriber line (DSL)

یک زوج سیم (مسی) از مرکز تلفن به تلفن درخونه‌ی شما هست برای استفاده از تلفن. حالا از پهنای باند فرکانسی که استفاده نمی شه برای اینترنت استفاده می کنیم. یه بخش برای الد و یه بخش برای آپلود. با modulation این کارو انجام می دیم و از اون استفاده می کنیم.



باعث می شه اتصال مانوئیز نداشته باشه.
passive هم صرفاً نویز رو کم می کنه.
(وجودش اجباری نیست.)

voice, data transmitted at different frequencies over ***dedicated*** *line to central office*

digital subscriber line

DSL access multiplexer

asymmetric

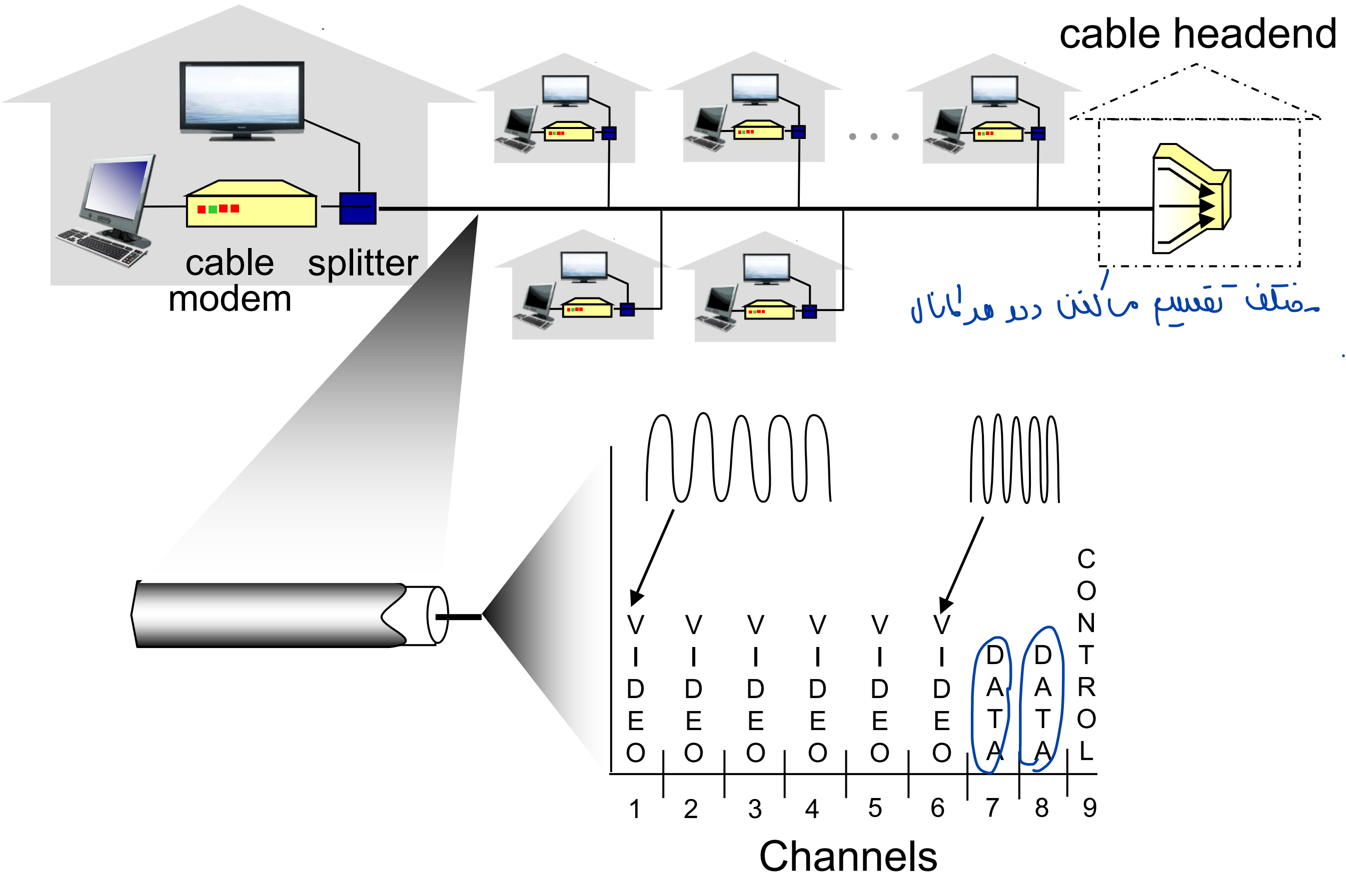
DSL → ADSL → پهنای دانلود ≠ آپلود (سرعت دانلود بیشتره.)

- 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
- < 1.8 Mbps upstream transmission rate (typically < 1 Mbps)
- < 12 Mbps downstream transmission rate (typically < 10 Mbps)

Access network: cable network

تی‌وی ایران نیست :) ← برای انتقال تصاویر TV ← شبکه‌ها کابل تلویزیون

* مثل کابل تلفن، یه کابل جدا برای TV دارن.

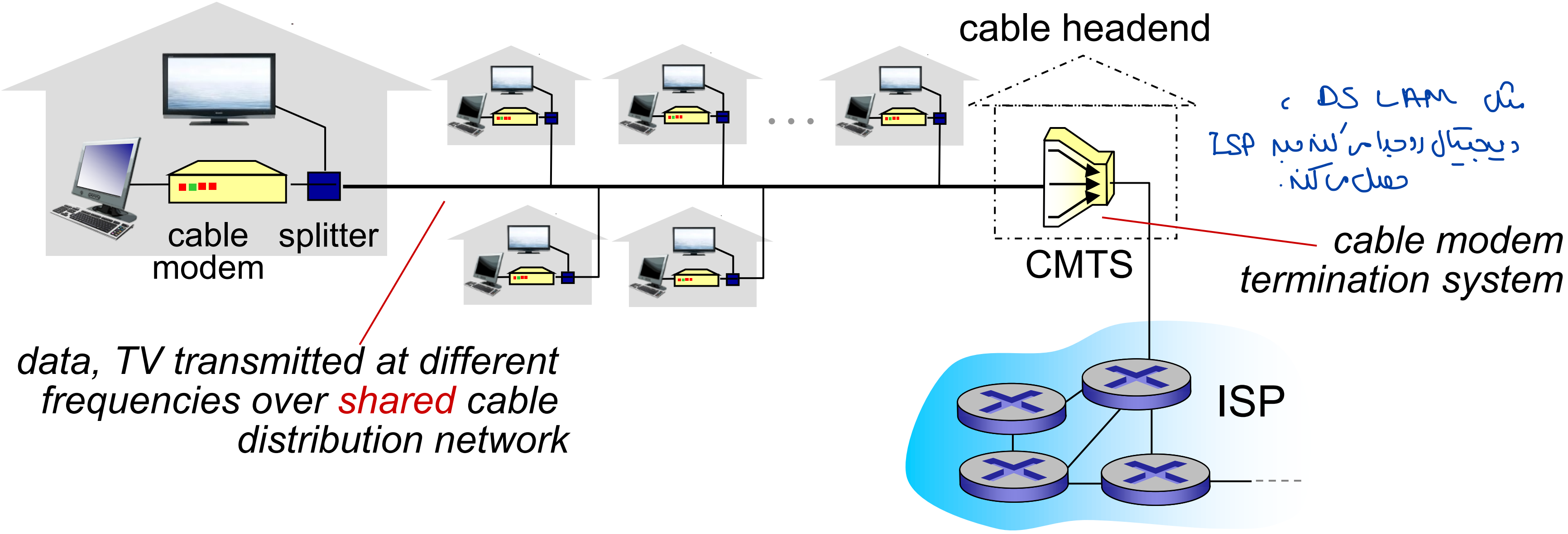


این کابل رو به فرکانس های مختلف تقسیم می‌کنن و رو هر کانال تصویر رو می‌فرستن.

تقسیم زمانی

frequency division multiplexing: different channels transmitted in different frequency bands

Access network: cable network



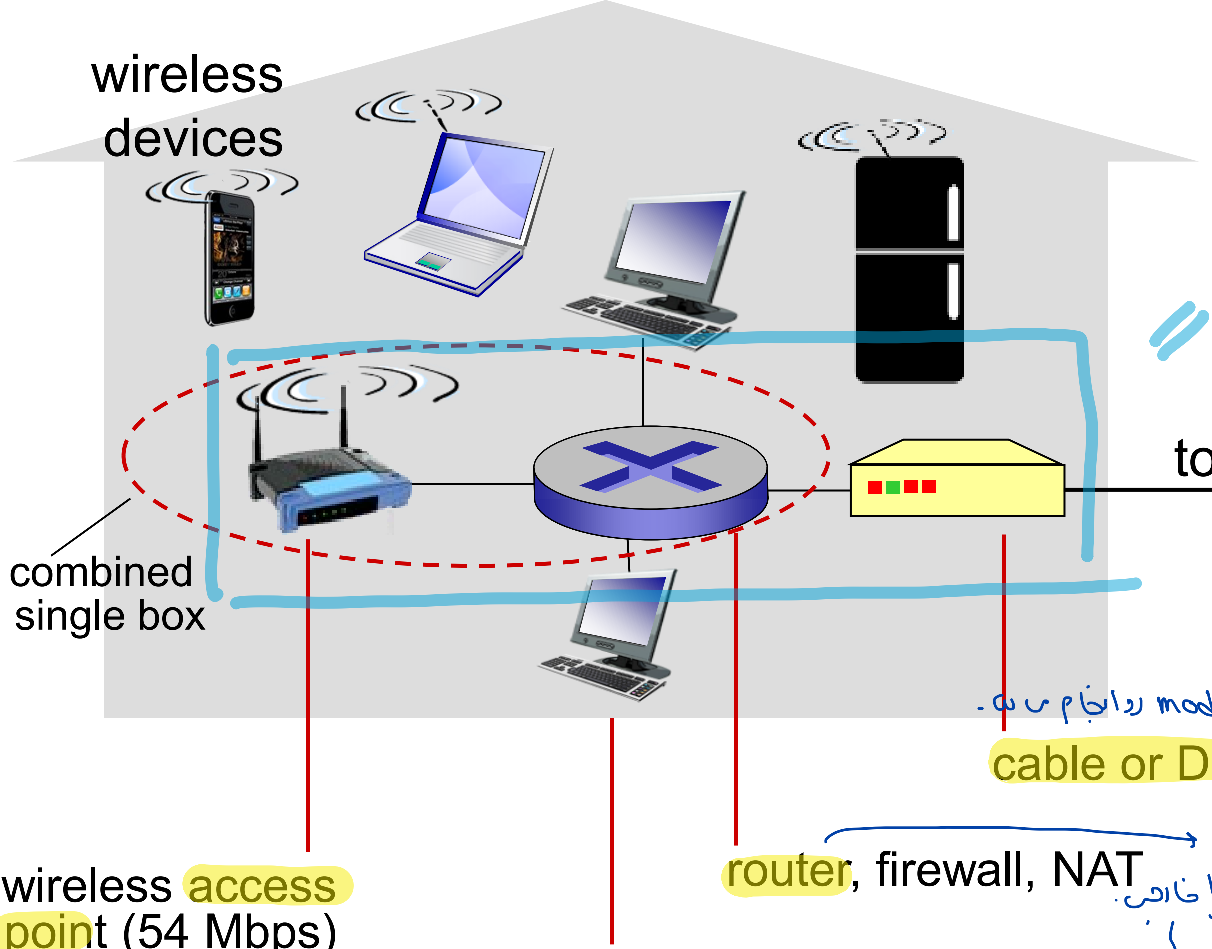
cable modem termination system

data, TV transmitted at different frequencies over *shared* *cable distribution network*

مثل DS LAM ، دیجیتال رو جدا می‌کنه به ISP
حمل می‌کنه.

- HFC: hybrid fiber coax
  - asymmetric: up to 42.8Mbps downstream transmission rate, 30.7 Mbps upstream transmission rate
- network of cable, fiber attaches homes to ISP router
  - homes *share access network* to cable headend
  - unlike DSL, which has dedicated access to central office

Access network: home network



wireless devices

// ADSL modem

often combined in single box

to/from headend or central office

عمل modulation رو انجام می ده.

cable or DSL modem

(مسیریاب)

عمل route رو انجام می ده.

اینکه مقصد داده داخلی باشه یا خارجی.

آگه ارتباط داخلی نداری، router هم
نمی‌خوای.

router, firewall, NAT

wireless access point (54 Mbps)

wired Ethernet (1 Gbps)

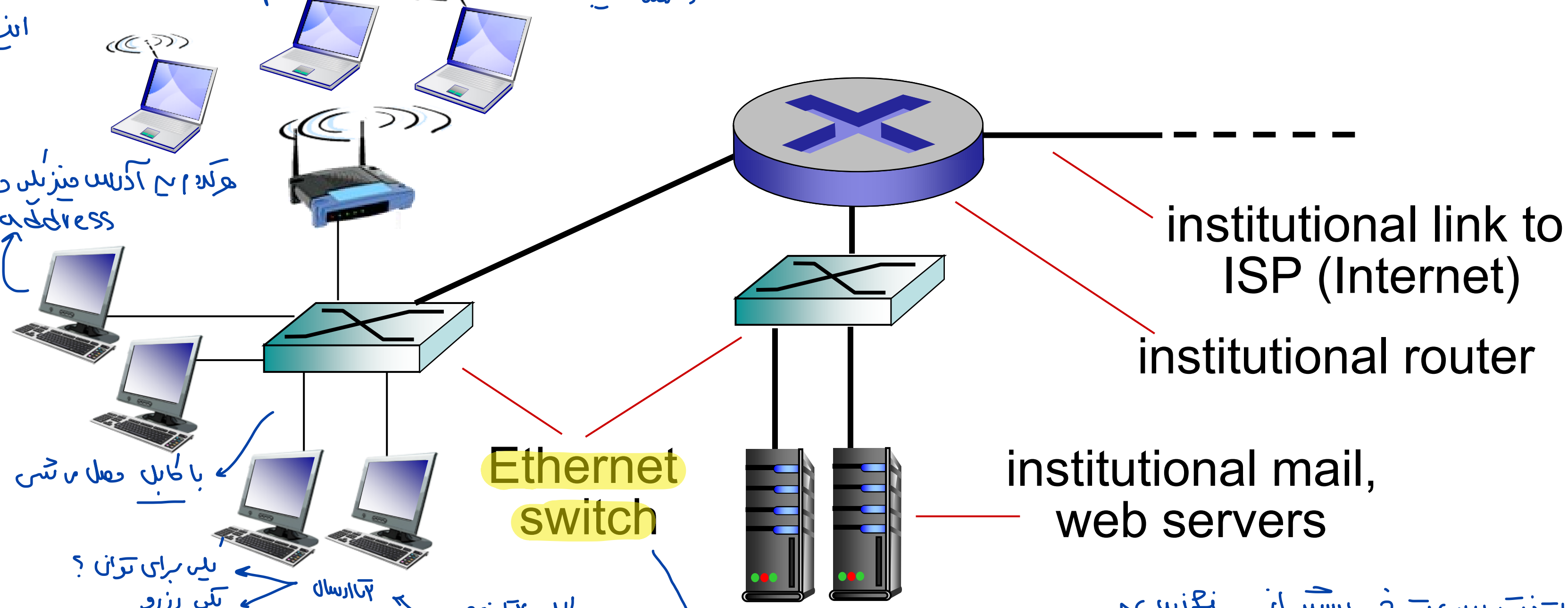
ازطریق مودم می ده به بیرون.

یکی از شبکه هایی که در سازمان ها استفاده میشه.

Enterprise access networks (Ethernet)

اگر سرعت wifi، 300Mbps باشه، این بین ایستگاه ها تقسیم میشه و مثلاً اینجا که ۳ ایستگاه ه، هرکدوم 100Mbps میشه. (ولی توی اترنت اینطوری نیست)

* با استفاده از سیم به شبکه وصل میشی.



هرکدوم یه آدرس فیزیکی دارن = MAC address

با کابل وصل میشی

هر کابل، ۴ تا زوج سیم

۲ تا ارسال

یکی برای توان؟

یکی رزرو

۲ تا دریافت

* در اترنت سرعت خ بیشتر از wifi‌ه.

1Gbps

300Mbps

روی MAC add سوییچ انجام میشه. یعنی بار نخستان اطلاعات، آدرس رو میگیره و

- typically used in companies, universities, etc.
- 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps transmission rates
- today, end systems typically connect into Ethernet switch

حداکثر سرعت در اترنت

از این به بعد آدرس ها رو بلده و میدونه هرچی بیاد برای کی بفرسته.

Wireless access networks

- shared *wireless* access network connects end system to router
  - via base station aka "access point"

درنهایت: 5G

wireless LANs:

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

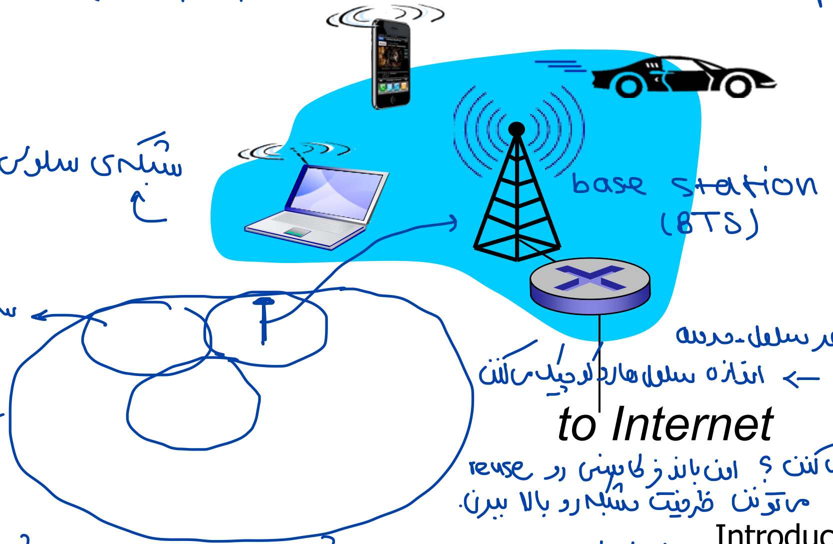
to Internet

wide-area wireless access

- provided by telco (cellular) operator, 10's km = طول سلول ها
- between 1 and 10 Mbps
- 3G, 4G: LTE 150 Mbps → نسل های مختلف ، مرجع نسل بالا رفت ، سرعت انتقال با لا رفت و .....

مثل همون access point های wifi هستش. (همشون به شبکه متصلن)

شبکه ی سلولی



سطح رو به یک سری سلول تقسیم می کنن.

* تعداد کاربرها در هر سلول محدوده
برای تراکم جمعیت ← اندازه سلول ها رو کوچیک می کنن

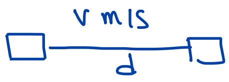
* چرا سلول سلول می کنن؟ این باند فرکانسی رو reuse
می کنن ⇐ می تونن ظرفیت شبکه رو بالا ببرن.

802.11 = wireless LAN استاندارد
802.3 = استاندارد اترنت

* با جابجایی ، سلول عوض می شه ← BTS عوض می شه ← switch کردن اتصال سریع رخ میده که شما متوجه نمی شید

wired wireless

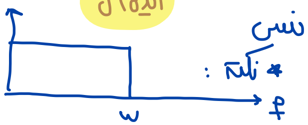
Physical media

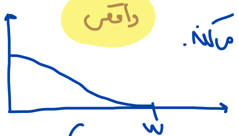


معیارهای مهم در رسانه‌های فیزیکی :

- تأخیر = به فاصله بستگی داره. $prop = \frac{d}{v}$
- تضعیف = هرچی سیگنال دورتر بشه، سیگنال قدرتش رو از دست می‌ده؛ و از یه فاصله‌ای به بعد دیگه قابل دریافت نیست.
- نویزپذیری = هیچ مدیایی نداریم که نویزپذیر نباشه. طبق شنون، هرچی نویز ↓ ⇐ ظرفیت ↑ . ← نویز
  - سیم مسی ← میدان های مغناطیسی اطراف سیم، جریان ایجاد می‌کنن.
  - فیبر نوری ← نویز به دلیل تداخل امواج نوری (یا به خاطر اتصالات یا درزها)
    ↓ تداخل ↓ noise
  - میزان نویز به جنس و محیط media بستگی داره.
- پهنای باند کانال

* نکته : تا فرکانس w ارسال می‌کنه. ولی در واقعیت اینه :





یعنی با افزایش f، سیگنال تضعیف هم پیدا می‌کنه.

- **bit:** propagates between transmitter/receiver pairs
- **physical link:** what lies between transmitter & receiver
- **guided media:** (هدایت شده) عموماً wired
  مثل کابل مسی، فیبر نوری →
  - signals propagate in solid media: copper, fiber, coax
- **unguided media:** wireless
  - signals propagate freely, e.g., radio

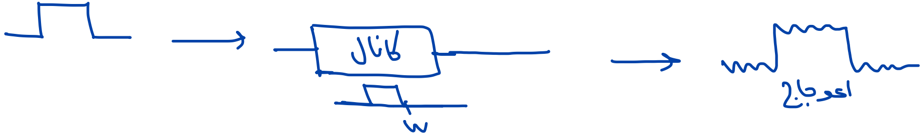
twisted pair (TP)

→ کاربرد عمده در خطوط تلفن
کاربرد دیگر ← اینترنت

- two insulated copper wires (زوج سیم به هم تابیده شده!)
  چرا؟ اثرات خازنی بین ۲ سیم موازی ↓. ⇓ نویز ↓
  - Category 5: 100 Mbps, 1 Gbps Ethernet
  - Category 6: 10Gbps

TP ها category های مختلف دارن.

اعوجاج : ناشی از تضعیف سیگنال در فرکانس های مختلف _ خودبه‌خود کانال شکل سیگنال رو عوض می‌کنه.



Physical media: coax, fiber

نقاط ضعف → هزینه بالا
→ فیبر بشکنه → مشکل!

امواج بازتابش نور رو توش ارسال می‌کنیم.

هم محور

coaxial cable:

→ کابل آنتن های TV
کاربرد دیگر: در قدیم اتصال بین مراکز تلفن

- two concentric copper conductors

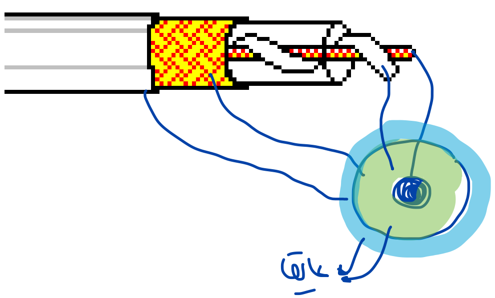
یک رسانه در مرکز (استوانه توپر) و یک استوانه توخالی که توپر رو پوشونده

- bidirectional

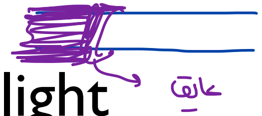
بینشون یک عایق و بیرونشون هم یک عایق

- broadband:
  - multiple channels on cable
  - HFC

پهنای باند ↑ ⇐ می‌تونیم چندین کانال TV روش داشته باشیم.

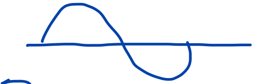


fiber optic cable:



- glass fiber carrying light pulses, each pulse a bit
- high-speed operation:
  - high-speed point-to-point transmission (e.g., 10's-100's Gbps transmission rate)
- low error rate: ⇒ مناسب برای انتقال ملله
  - repeaters spaced far apart
  - immune to electromagnetic noise

- تضعیف ↓
- مسافت ↑ (بدون نیاز به repeter)



طول موج ← $\lambda = V . T$

سرعت انتشار

دوره تناوب

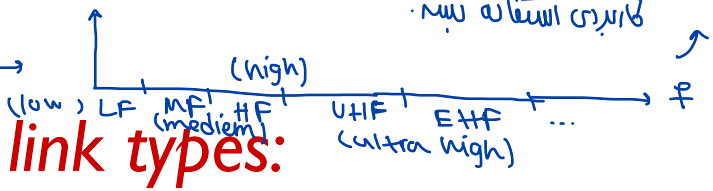
یک تغییر کوچک در λ → تغییر زیاد در پهنای فرکانسی

⇐ پهنای فرکانسی فیبر نوری خیلی بالاست.

تا اینجا wired بود. wireless:

media = هوا ← پهنای باند ↑

(از کلاس صفر یا پس تا حدود THz) →



(*) ادامه

برای هر بخش تعیین می‌کنن تا برای چی کاربردی استفاده بشه.

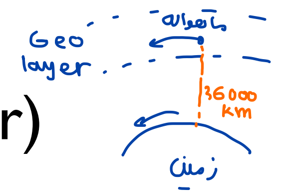
Physical media: radio

از امواج رادیویی استفاده می‌کنیم.

- signal carried in electromagnetic spectrum
- no physical "wire"
- bidirectional
- propagation environment effects:
  - reflection
  - obstruction by objects
  - interference

radio link types:

- **terrestrial microwave**
  - e.g. up to 45 Mbps channels
- **LAN** (e.g., WiFi)
  - 54 Mbps
- **wide-area** (e.g., cellular)
  - 4G cellular: ~ 10 Mbps
- **satellite** (ماهواره) → بیشتر امواج microwave استفاده میشه. → تأخیر زیاده!
  - Kbps to 45Mbps channel (or multiple smaller channels)
  - 270 msec (میلی ثانیه) end-end delay
  - geosynchronous versus low altitude



فهمیدم خب الان چرا تأخیر زیاده؟

امواج رادیویی
- omni_directional → در تمام جهت آنتن پخش می‌شه.
- bi_directional → در جهت فرستنده تنظیم می‌شن. (مثل دیش های ماهواره ای)
- micro waves
  - زمینی → درجاهایی که کابل کشی هزینه داره. مثلاً در جزایر برای ارتباط ۲تا دکل می‌ذارن به جای کابل کشی.
  - ?

(*) تنظیم مقررات رادیویی ← مجوز گرفتن از وزارت که کاربرها بتونن از اون پهنای باند استفاده کنن. (اجازه می‌دن)

محدوده هایی هم هست که هرکی خواست می‌تونه بدون مجوز استفاده کنه مثلی در محدوده‌ی خودش. (مثلاً توی ساختمان خودش) که برای هم تداخل ایجاد نکنن.

Chapter 1: roadmap

1.1 what *is* the Internet?

1.2 network edge

- end systems, access networks, links

1.3 network core

- packet switching, circuit switching, network structure

1.4 delay, loss, throughput in networks

1.5 protocol layers, service models

1.6 networks under attack: security

1.7 history

packet switching

circuit switching

۲ روش برای انتقال اطلاعات
در network core

* در شبکه های اینترنت ما از تکنیک packet switching برای انتقال اطلاعات استفاده می کنیم.

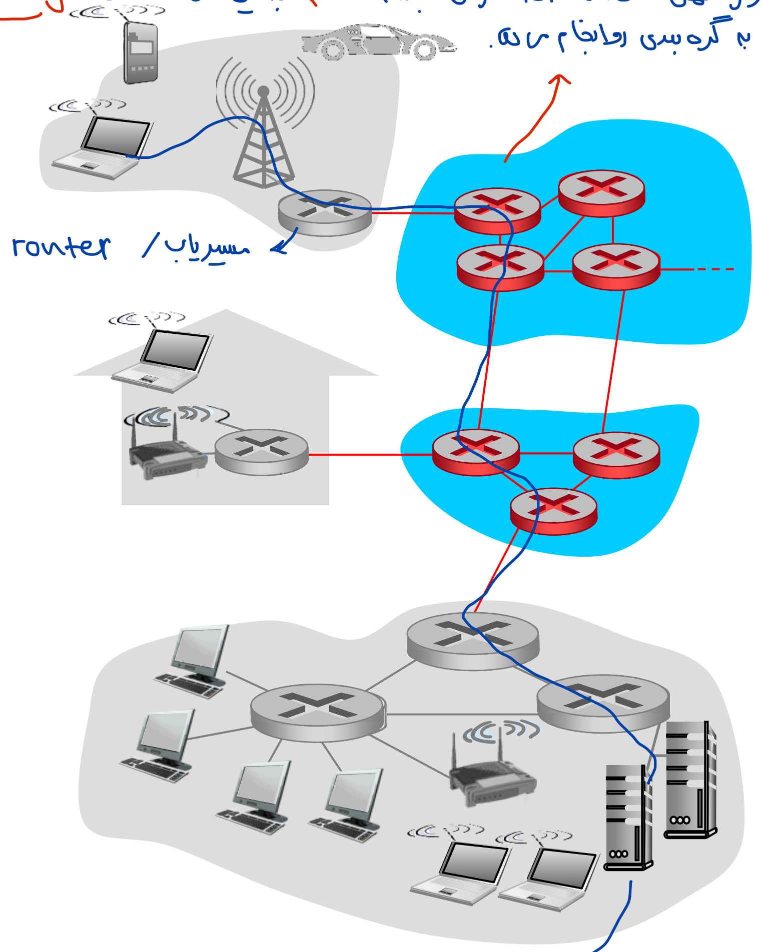
* پیام های کاربر به اندازه های کوچکتری به نام packet تقسیم بندی می شه.
packet ها محدودیت طول دارند.

The network core

وظیفه ی ارسال اطلاعات به مقصد رو داره.

هرگره عمل forward کردن بسته به گره بعدی رو انجام میده. ← به این کار اصطلاحاً switching می گن. = یعنی اگر مثلاً packet از پورت ۱ اومده، سوییچ می شه و از پورت ۲ خارج می شه. (عمل انتقال از پورت ورودی به پورت خروجی موردنظر)

- mesh of interconnected routers
- packet-switching: hosts (end-systems) break application-layer (پیام کاربر) messages into *packets*
  - forward packets from one router to the next, across links on path from source to destination (هر گره عمل switching رو انجام میده)
  - each packet transmitted at full link capacity

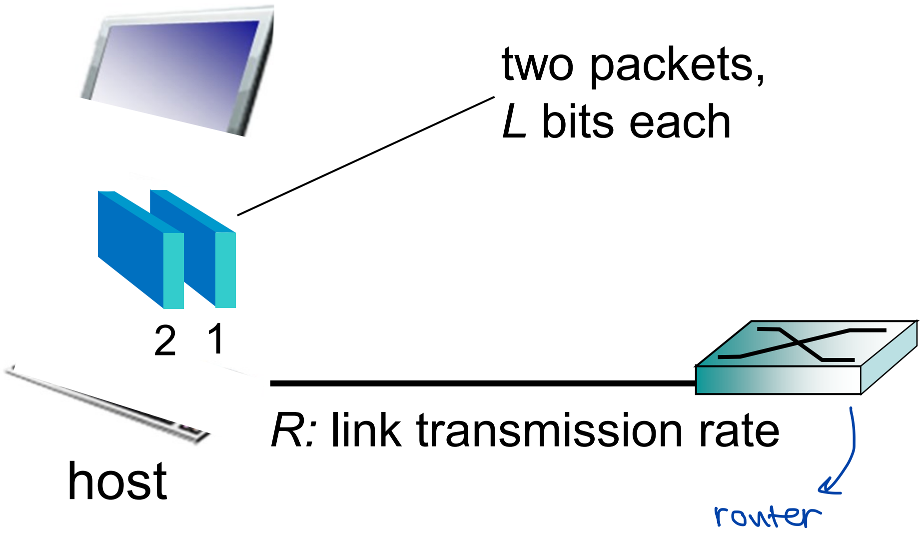


در مقصد مجدداً پیام از packet ها ساخته می شه.

Host: sends *packets* of data

host sending function:

- takes application message
- breaks into smaller chunks, known as *packets*, of length *L* bits
- transmits packet into access network at *transmission rate R* (R bits per sec)
  - link transmission rate, aka link *capacity, aka link bandwidth*



عمل switching رو انجام می ده و forward می کنه.
(می ده به گره بعدی.)

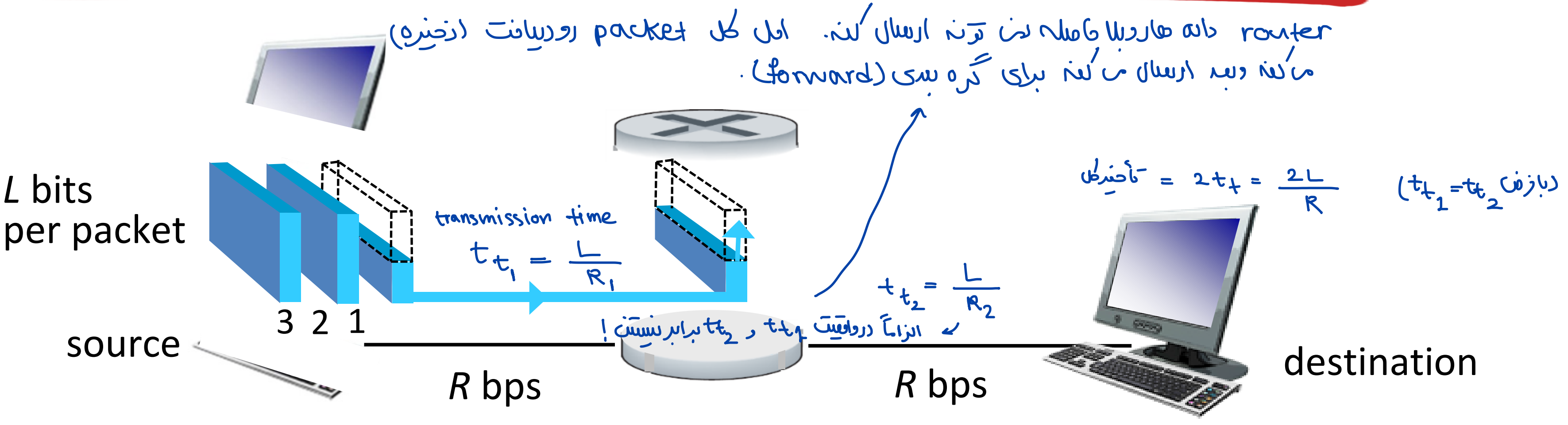
مدت زمان ارسال یک packet

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

* وظیفه شکوندن پیام به عهده‌ی لایه‌ی transport هست.

ذخیره و جلورانی / ارسال

Packet-switching: store-and-forward



router داده هارو با فاصله نمی‌تونه ارسال کنه. اول کل packet رو دریافت (ذخیره)
می‌کنه و بعد ارسال می‌کنه برای گره بعدی (forward).

transmission time
$t_{t_1} = \frac{L}{R_1}$

$t_{t_2} = \frac{L}{R_2}$

الزاماً در واقعیت t_{t_1} و t_{t_2} برابر نیستن!

تأخیر کل $= 2t_t = \frac{2L}{R}$ (با فرض $t_{t_1} = t_{t_2}$)

- takes *L*/*R* seconds to transmit (push out) *L*-bit packet into link at *R* bps
- *store and forward:* entire packet must arrive at router before it can be transmitted on next link
- end-end delay = 2*L*/*R* (assuming zero propagation delay)

more on delay shortly …

one-hop numerical example:

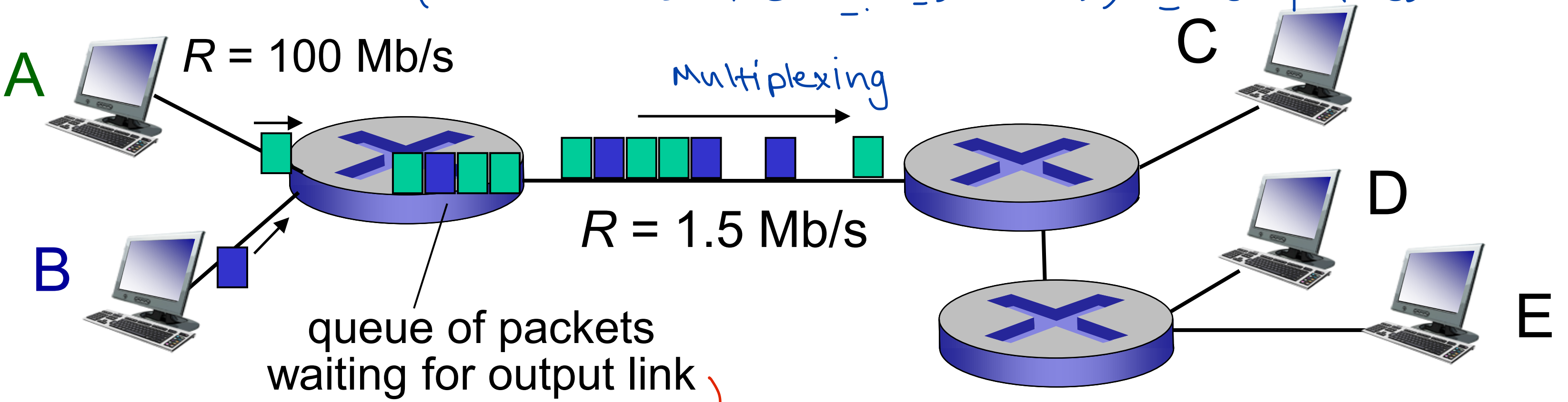
- *L* = 7.5 Mbits
- *R* = 1.5 Mbps
- one-hop transmission delay = 5 sec

تأخیر متغیر و زیاد ← دقت packet بیاد، اگر صف خالی باشه که فوراً ارسال می‌شه و تأخیر که، ولی اگه k بسته توی صف تشکیل باشه، $K \times \frac{L}{R}$ تأخیر هر بسته.
باید صبر کنه که تأخیرها. پس تأخیر به ظرفیت
شبکه‌ها و نمیشه پیش بینی کرد.

اشکالات packet switching ← احتمال packet loss

Packet Switching: queueing delay, loss

اگر ۲ کاربر همزمان داده ارسال می‌کنن، دیگه router براشون کار switching می‌کنه، multiplexing به صورت packet
های ۲ تاشون باهم روی لینک قرار داده. (ظرفیت بین‌شون به اشتراک گذاشته می‌شه.)



* چون لینک اشغال شده هست، بسته‌های بعدی ورودی بافر نگه می‌داریم.
در packet switching روی هر پورت خروجی یک بافر (صف) داریم. ⇐

این حافظه ظرفیتش محدوده. ممکنه پر شده باشه!
اون موقع بسته‌ی جدید با اومدن، از بین می‌ره و
lost می‌شه.

queuing and loss:

- if arrival rate (in bits) to link exceeds transmission rate of link for a period of time:
  - packets will queue, wait to be transmitted on link
  - packets can be dropped (lost) if memory (buffer) fills up

* بافر کوچک ↓، احتمال packet loss ↑

λ (سرعت ورودی) → buffer → R (سرعت خروجی)

از معایب packet switching

packet lost جایی اتفاق می‌افته که λ > R باشه. ⇐ اگر باید همیشه λ < R باشه. ولی بازم به‌خاطر تصادفی
بودن ترافیک ورودی، به طور لحظه‌ای λ>R می‌تونه بشه و loss. ( )

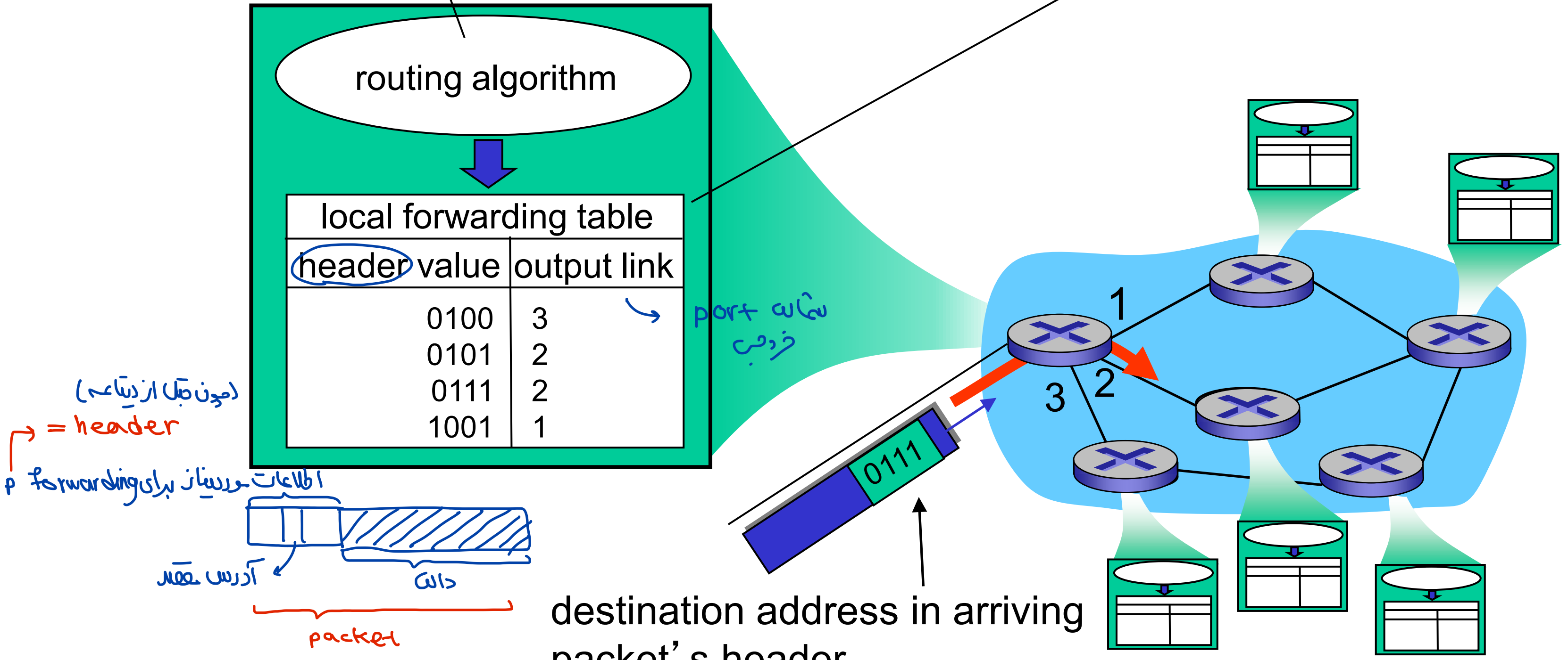
Two key network-core functions

routing: determines source-destination route taken by packets

- *routing algorithms*

forwarding: move packets from router’s input to appropriate router output

(جدول جلورانی)
forwarding table



local forwarding table	
header value	output link
0100	3
0101	2
0111	2
1001	1

یعنی port خروجی

destination address in arriving packet’s header

* router با گرفتن packet میاد آدرسش رو می‌بینه، بعد میاد توی جدول، پورت خروجی متناظرش پیدا کنه.

+100

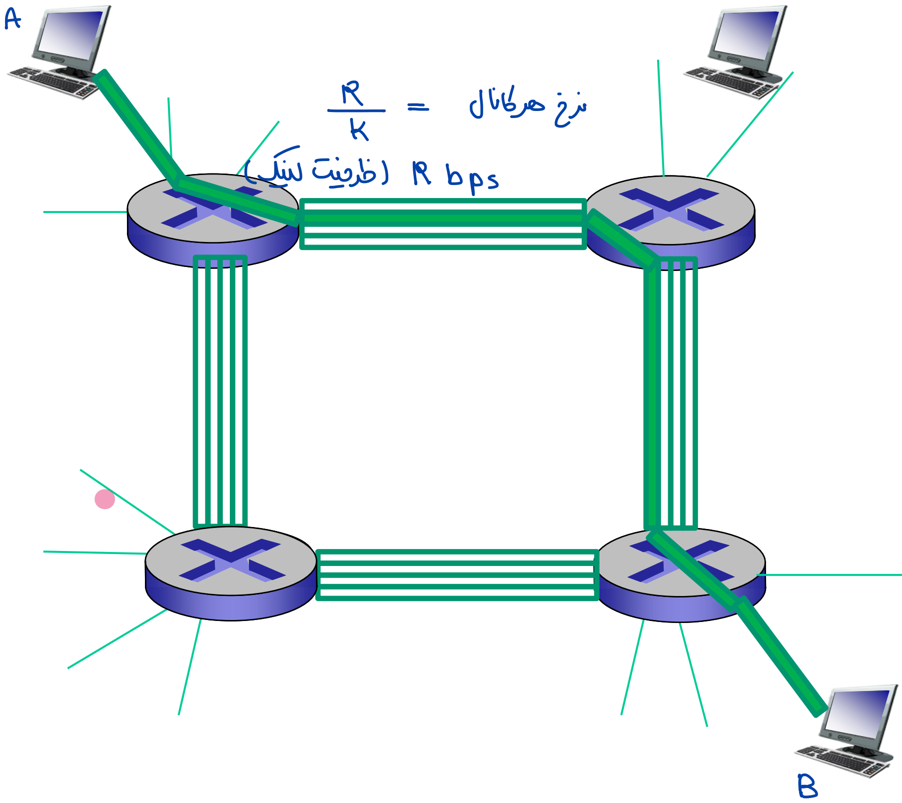
سوئیچینگ مداری

Alternative core: circuit switching

ظرفیت هر لینک فیزیکی به تعدادی (k تا) کانال با ظرفیت کمتر تقسیم می شود.

end-end resources allocated to, reserved for "call" between source & dest:

- in diagram, each link has four circuits.
  - call gets 2nd circuit in top link and 1st circuit in right link.
- dedicated resources: no sharing
  - circuit-like (guaranteed) performance
- circuit segment idle if not used by call *(no sharing)*
- commonly used in traditional telephone networks

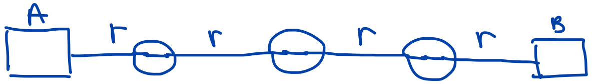


$\frac{R}{K}$ = نرخ هرکانال

(ظرفیت لینک) R bps

کانال ها ظرفیتشون باهم برابره.

اگر A بخواد به B msg بده. A اول درخواست میده و router براش یه کانال فعال می کنه و گره های بعدی هم این مسیر رو ایجاد کنن تا مقصد. حالا حله میشه stream به صورت رشته بیت می زنه.



احتیاج به بافر نیست و کار store نداریم اینجا. $(r = \frac{R}{K})$

۲روش برای تقسیم ظرفیت کانال ها :

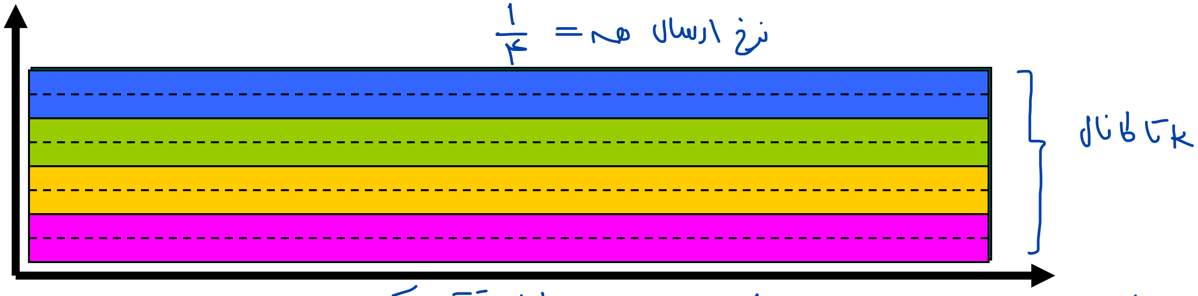
Circuit switching: FDM versus TDM

روش تقسیم فرکانسی — تقسیم زمانی

Example:

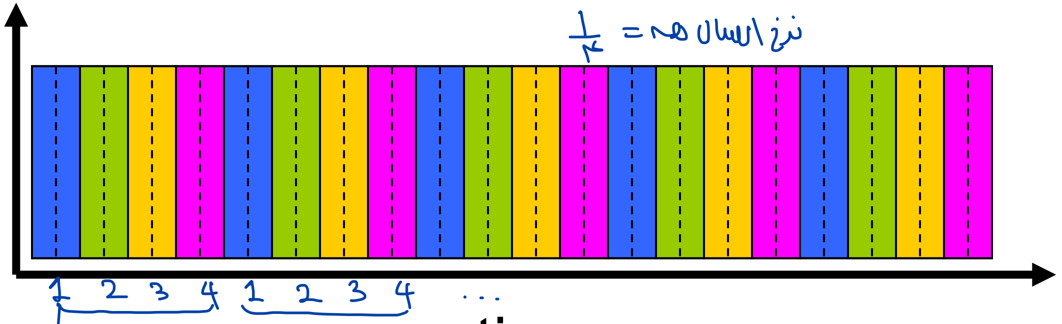
4 users 🟦 🟩 🟨 🟪

FDM (frequency division multiplexing)



انگار k تا مسیر موازی داریم . فرکانس رو به k تا کانال تقسیم کردیم .

TDM (Time division multiplexing)



زمان رو به تعدادی time slot تقسیم می‌کنیم . هر فرستنده ای در تایم خودش ارسال می‌کنه .

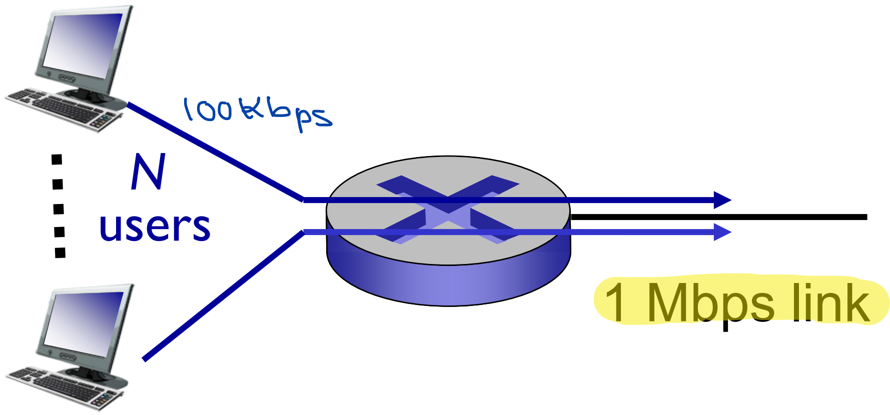
Packet switching versus circuit switching

packet switching allows more users to use network!

(*) c switch → $\frac{1Mbps}{100Kbps} = 10$ → فقط می‌تونیم به ۱۰ تا کاربر سرویس بدیم.

example:

- 1 Mb/s link
- each user:
  - 100 kb/s when "active"
  - active 10% of time



- *circuit-switching:* (*)
  - 10 users
- *packet switching:* $p =$ احتمال فعال شدن
  - with 35 users, probability > 10 active at same time is less than .0004 * **

احتمال اینکه این 35 تا، بیش از ۱۰ تا شون فعال شه تا نتونیم سرویس بدیم

Q: how did we get value 0.0004?

Q: what happens if > 35 users ?

هر چقدر تعداد کاربر بیشتر باشه، این احتمال بیشتر میشه.

* Check out the online interactive exercises for more examples: http://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/interactive/

$\binom{N}{K} \overset{\text{فعال}}{p^K} \overset{\text{غیرفعال}}{(1-p)^{N-K}}$ ← باید باز بشه — = احتمال داشتن K تا کاربر فعال

** حالا احتمال → $\underbrace{\sum_{K=10}^{35} \binom{35}{K} (0.1)^K (0.9)^{35-K}} < 0.0004$

احتمال فعال شدن بیش از ۱۵ کاربر.

Packet switching versus circuit switching

is packet switching a "slam dunk winner?"

- great for bursty data ترافیک های bursty — بزرگترین مزیت p switch
  - resource sharing استفاده مشترک از منابع
  - simpler, no call setup (ساده تر از مداری)
- excessive congestion possible: packet delay and loss (به دلیل ازدحام لحظه‌ای) — معایب p switch
  - protocols needed for reliable data transfer, congestion control
- Q: How to provide circuit-like behavior? yes ! با رعایت ترافیک ورودی و تعداد کاربر — اگه تعداد کاربر ها رو کم کنیم، می‌تونیم رفتاری مشابه به c switch رو فراهم کنیم.
  - bandwidth guarantees needed for audio/video apps
  - still an unsolved problem (chapter 7)

ما سعی می‌کنیم با در نظر گرفتن اصل resource sharing ، p switch رو با افزایش ظرفیت شبیه به c switch کنیم.

Q: human analogies of reserved resources (circuit switching) versus on-demand allocation (packet-switching)?

Internet structure: network of networks

= hosts

- End systems connect to Internet via access ISPs (Internet Service Providers)

  * مثلاً از طریق شرکت شاتل به اینترنت متصل می‌شه.

  - residential, company and university ISPs

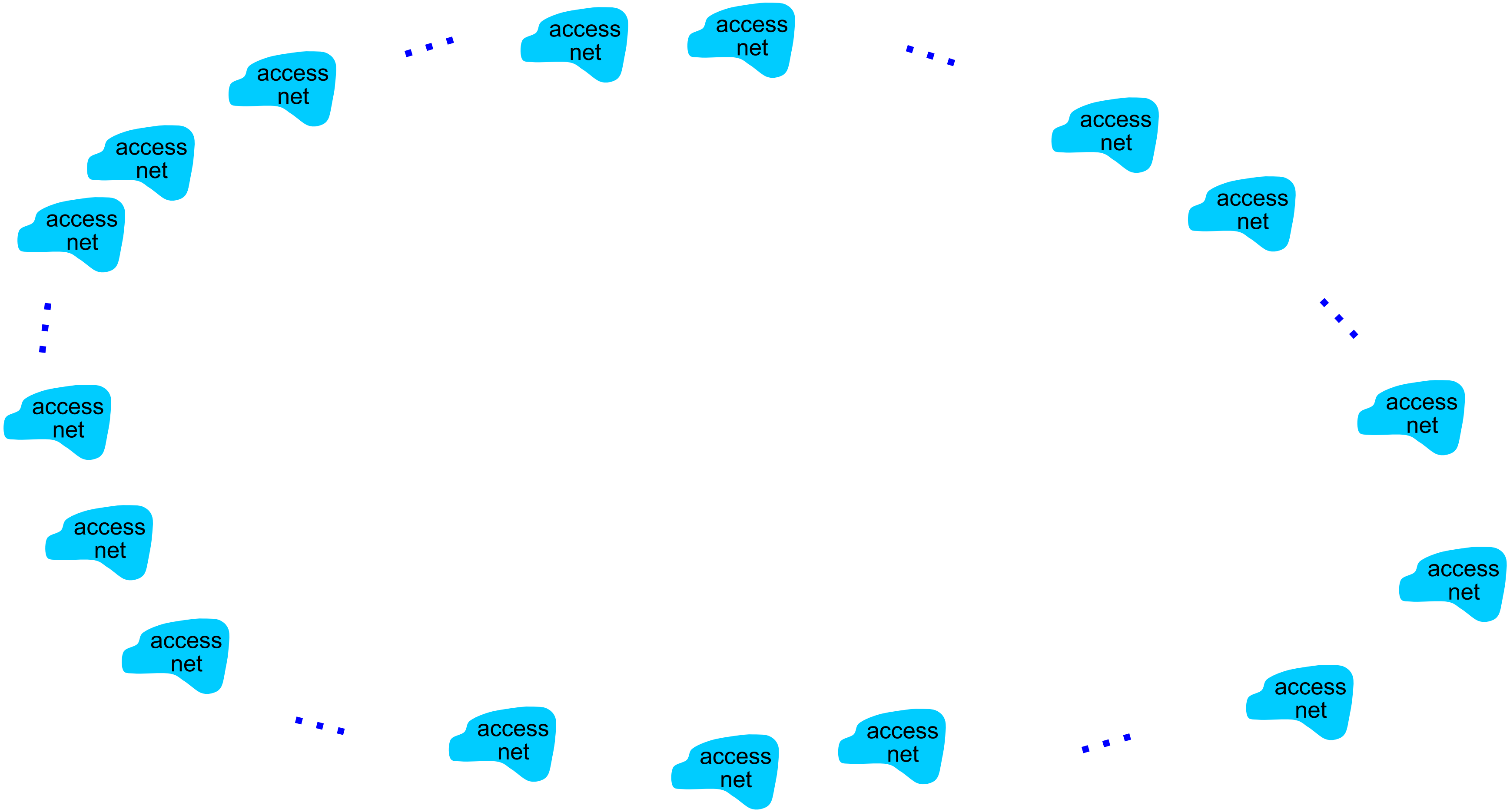
یک سری ISP ، اتصال بین

- Access ISPs in turn must be interconnected.
  - so that any two hosts can send packets to each other
- Resulting network of networks is very complex
  - evolution was driven by economics and national policies
- Let's take a stepwise approach to describe current Internet structure

Internet structure: network of networks

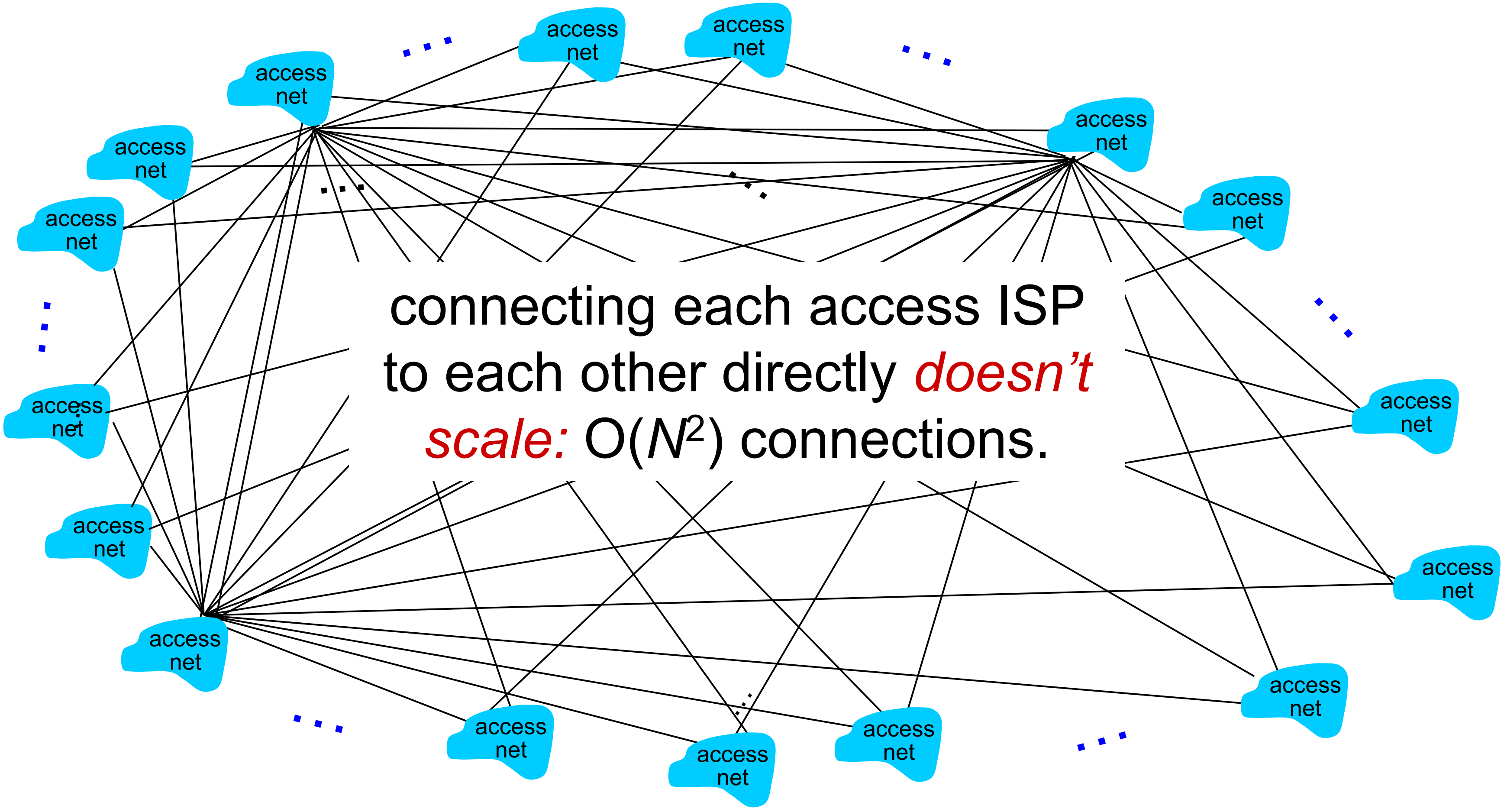
Question: given *millions* of access ISPs, how to connect them together?

* access point ها به global ISP که شرکت مخابرات گسترده هست وصل میشن.



Internet structure: network of networks

Option: connect each access ISP to every other access ISP?

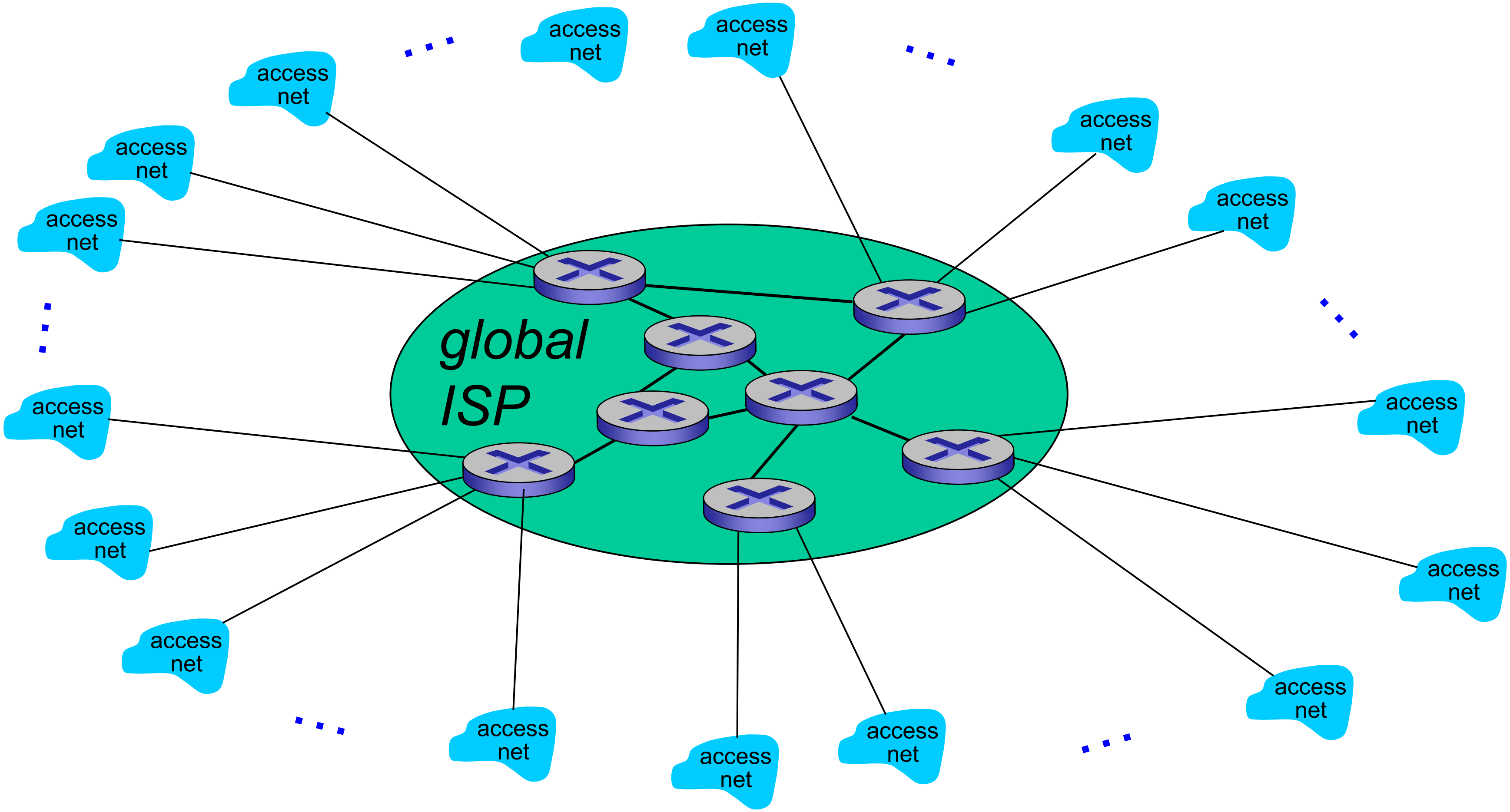


connecting each access ISP to each other directly *doesn't scale:* O(N^2) connections.

Internet structure: network of networks

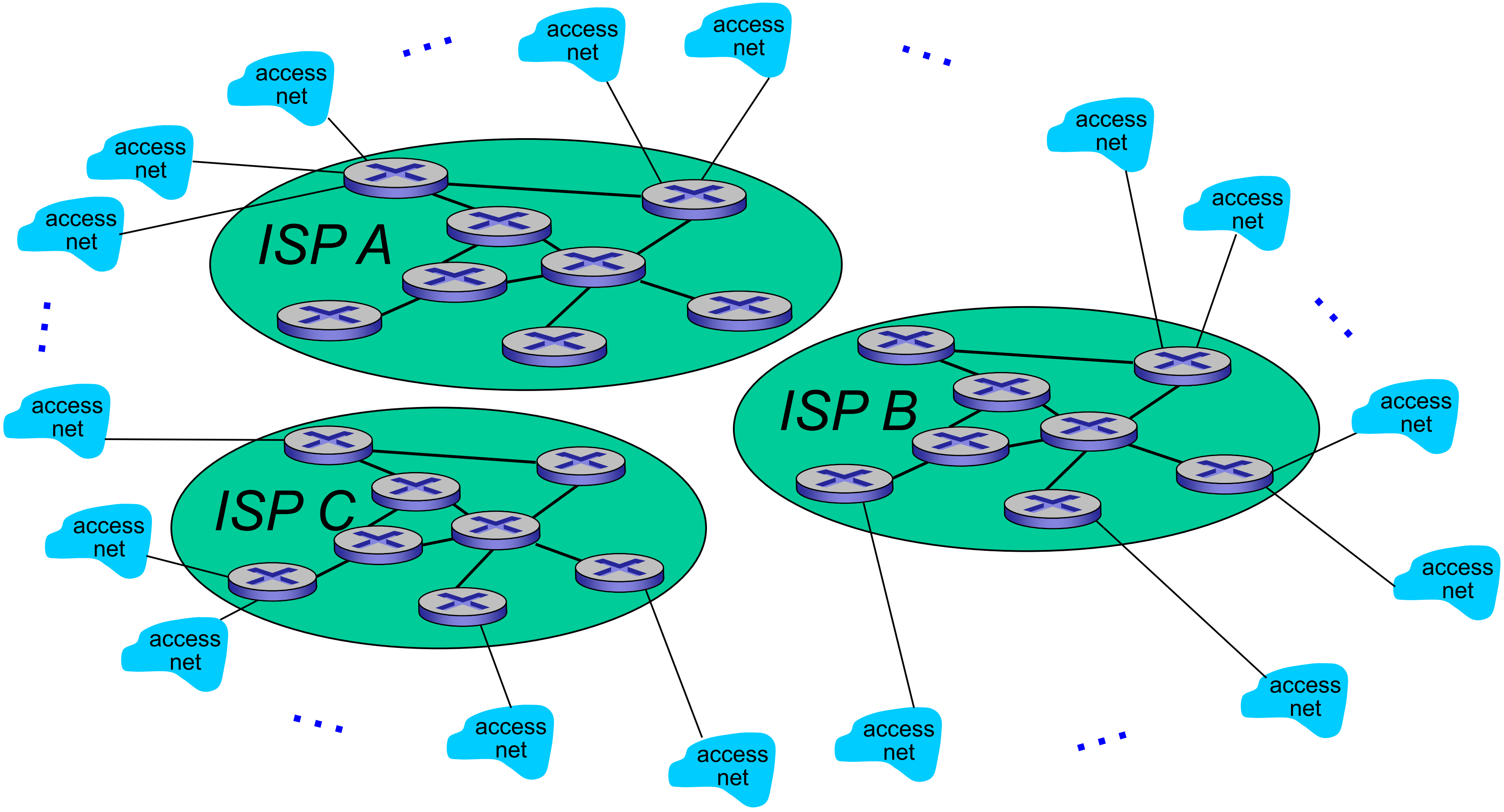
Option: connect each access ISP to one global transit ISP?

Customer and provider ISPs have economic agreement.



Internet structure: network of networks

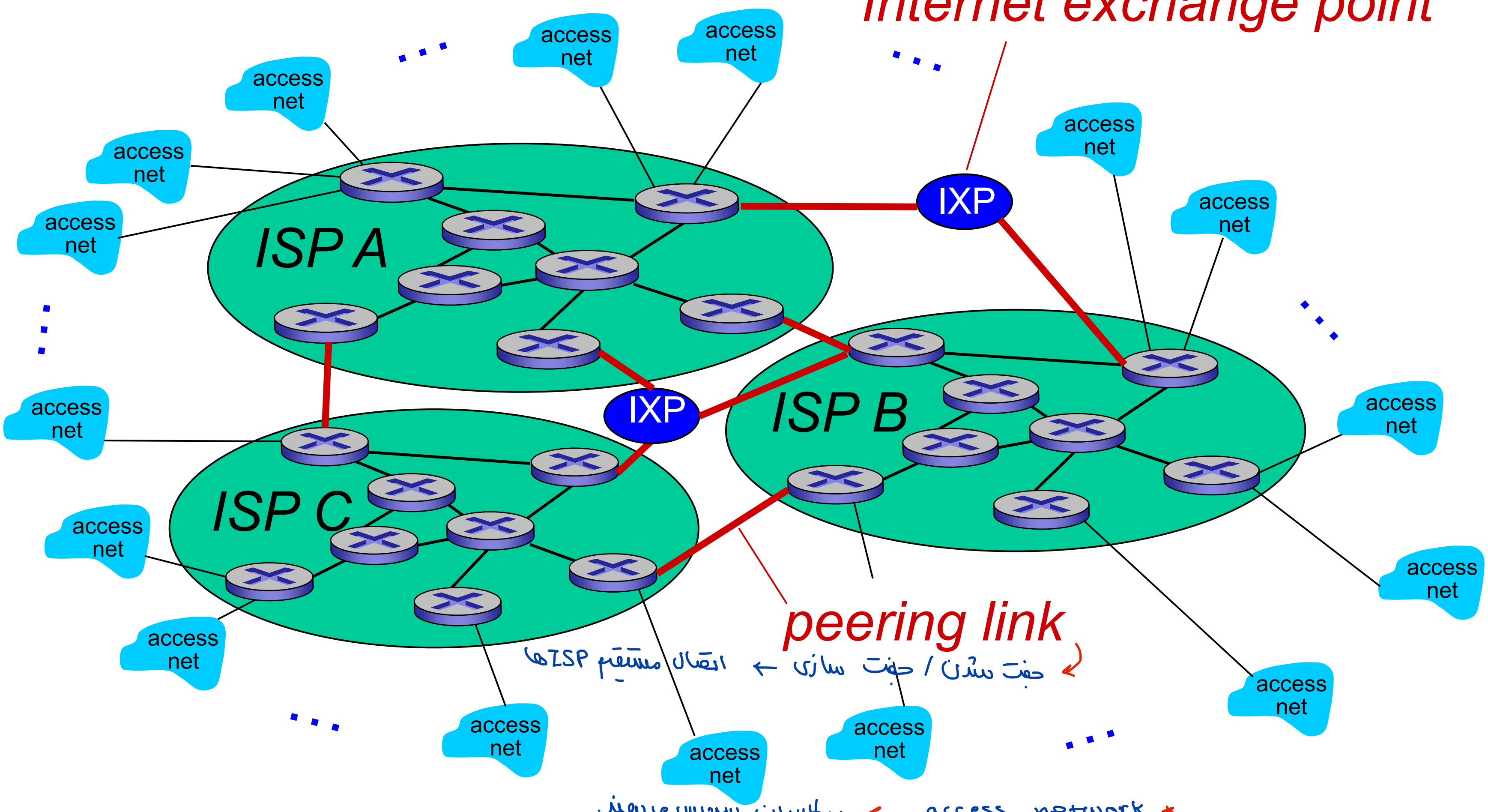
But if one global ISP is viable business, there will be competitors ….



Internet structure: network of networks

* هر کشوری ، شبکه اینترنت خودش رو داره.

But if one global ISP is viable business, there will be competitors …. which must be interconnected



نقاط تبادل اینترنت ← که ISP ها رو بهم متصل می کنه.

Internet exchange point

peering link

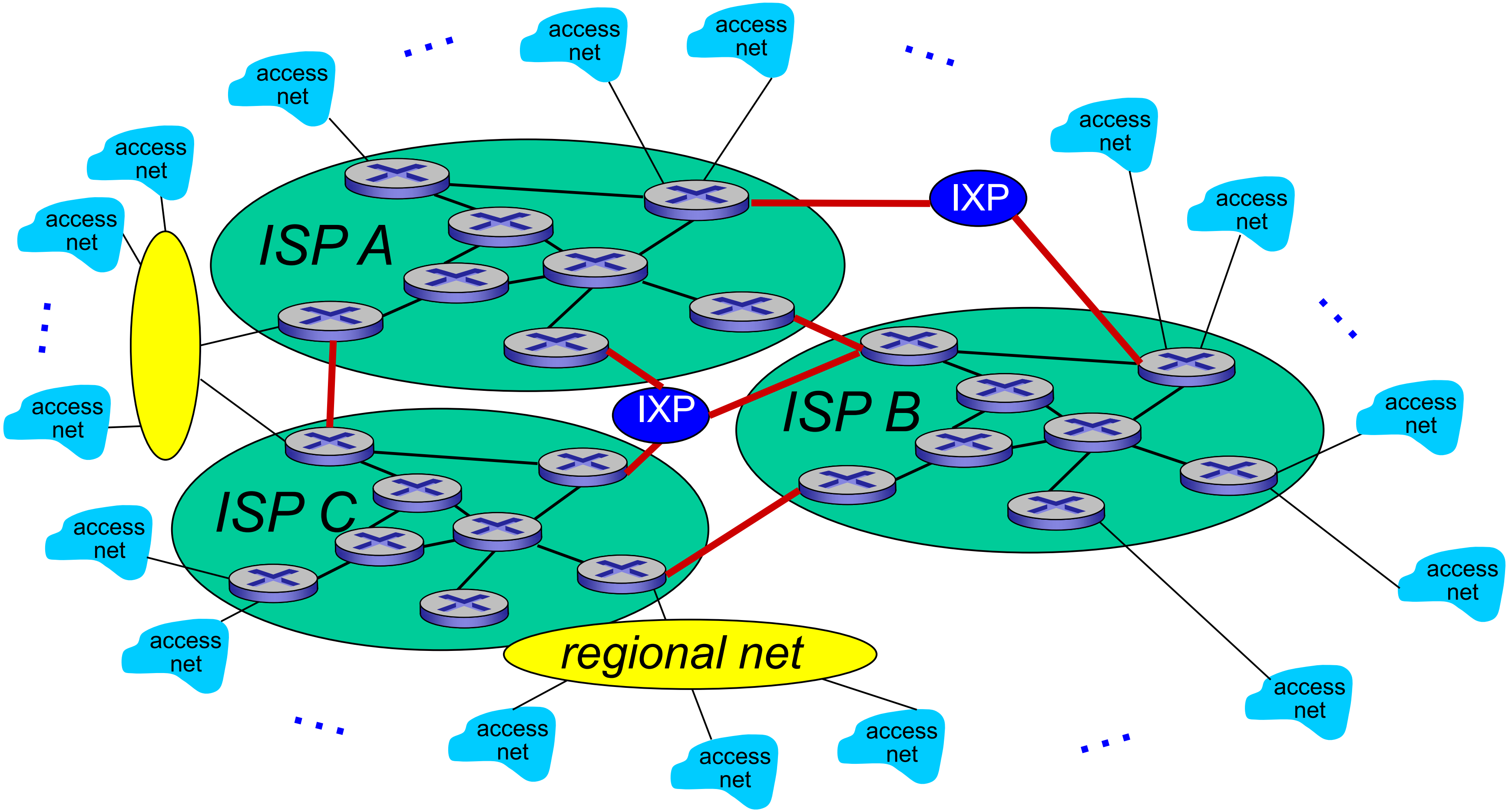
جفت شدن / جفت سازی ← اتصال مستقیم ISPها

* access network ← به کاربران سرویس می دهند.

↲ خود acc net از طریق global ISP به اینترنت وصل می شن.

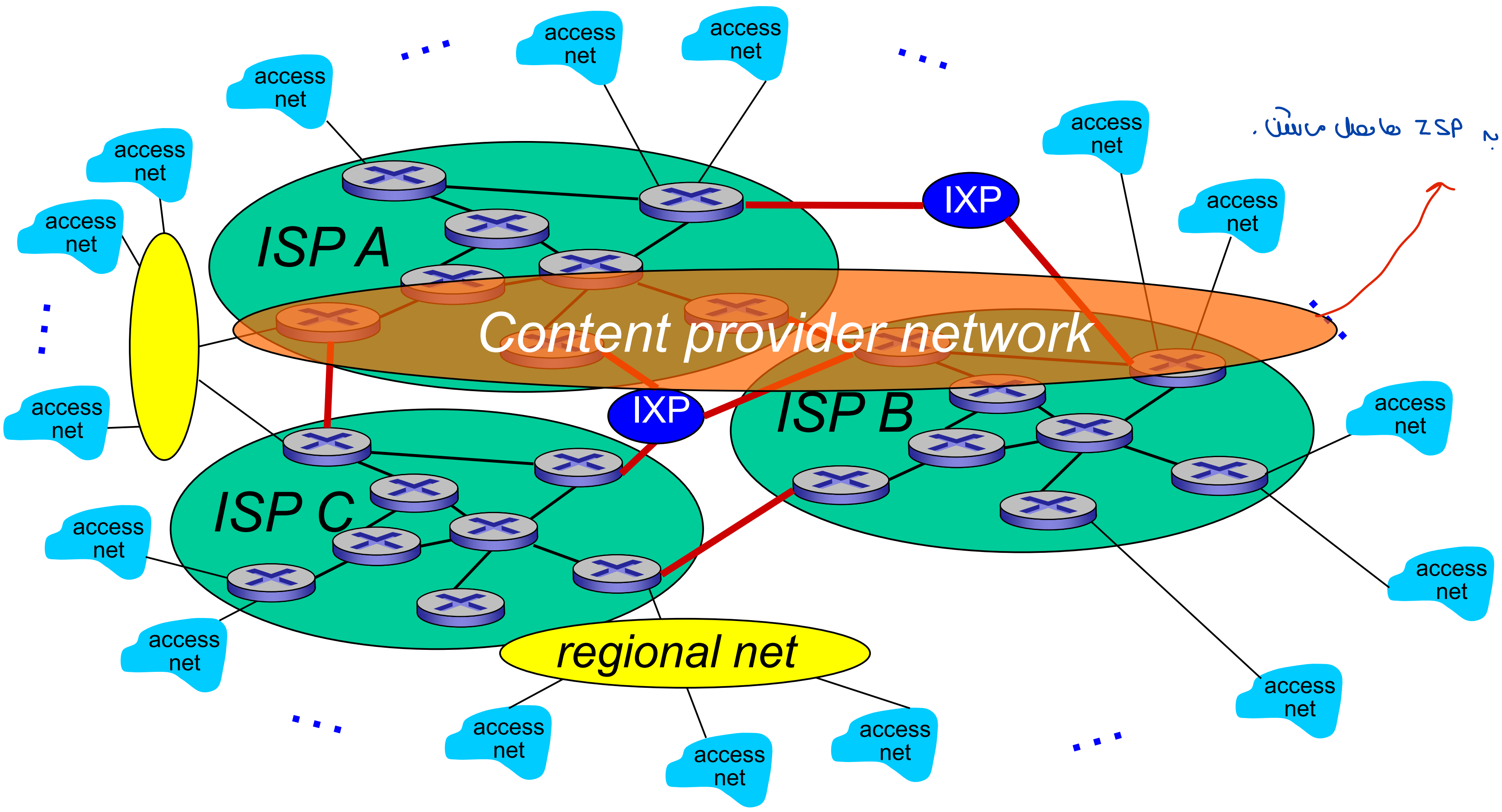
Internet structure: network of networks

… and regional networks may arise to connect access nets to ISPs



Internet structure: network of networks

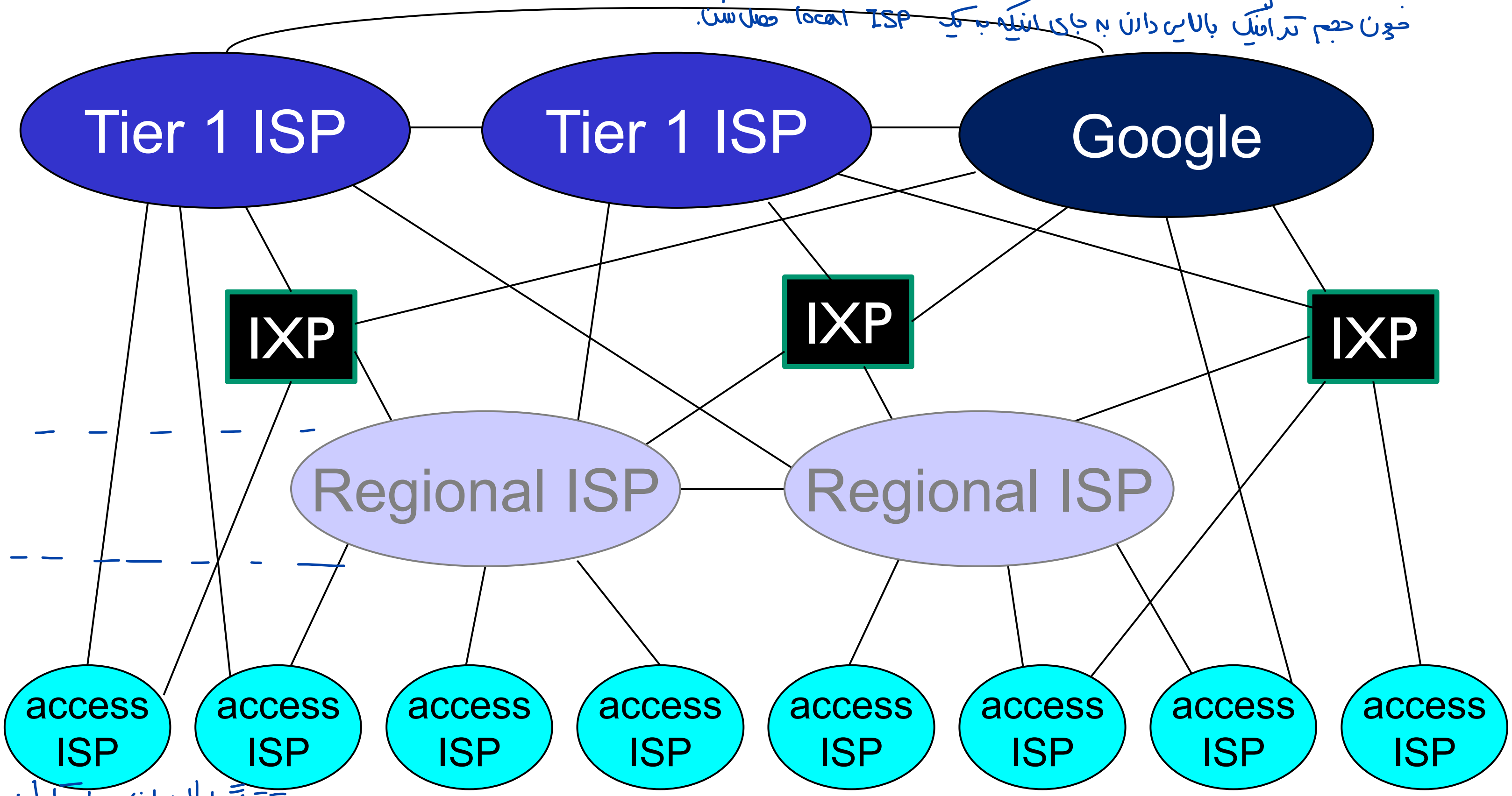
… and content provider networks (e.g., Google, Microsoft, Akamai) may run their own network, to bring services, content close to end users



به ISP ها وصل میشن.

Internet structure: network of networks

بعضی از end-system ها مثل google content providerا هستن مستقیماً به زیرساخت شبکه وصل می‌شن
چون حجم ترافیک بالایی دارن به جای اینکه به یک local ISP وصل بشن.



tier 1 (همون شرکت زیرساخت مخابرات)

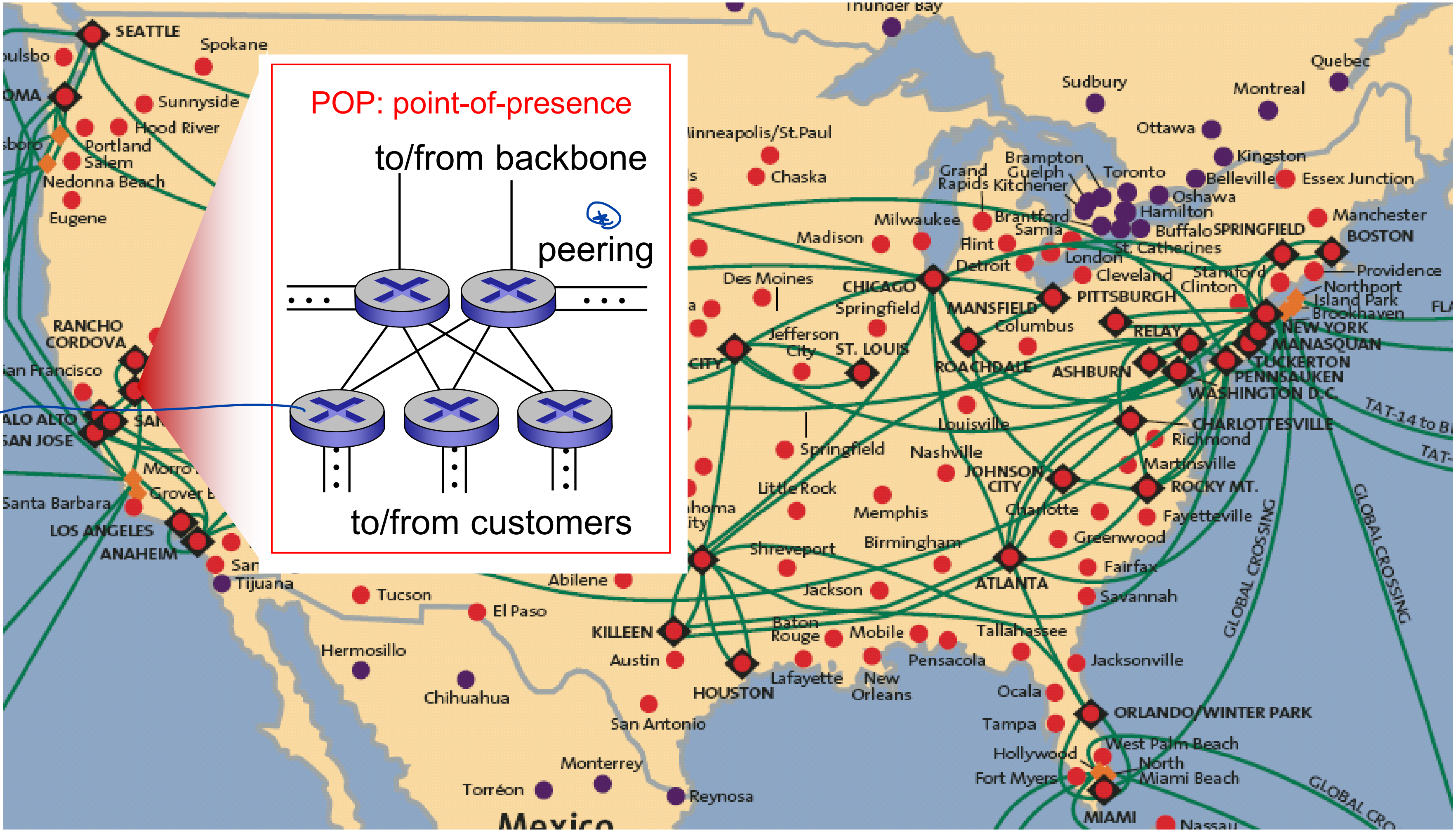
tier 2 (شرکت مخابرات ایران)

tier-3 (level3) → مستقیماً با کاربران در ارتباطن.

- at center: small # of well-connected large networks
  - “tier-1” commercial ISPs (e.g., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), national & international coverage
  - content provider network (e.g., Google): private network that connects it data centers to Internet, often bypassing tier-1, regional ISPs

Tier-1 ISP: e.g., Sprint

نقاط ترز = point of presence ← محل اتصال ISP رده‌یک به رده 2 و همچنین در peering با ISP های هم رده خودشون. ⊛



POP: point-of-presence

to/from backbone

⊛ peering

to/from customers

ازطریق این router ها این اتصال انجام میشه.

* توی delay تغییراتش هم برای ما مهمه. اینکه از ۱۰ بشه ۱۰۰ به کیفیت ما صدمه می‌زنه. مخصوصاً در سیستم های multimedia.
اگر packet ها با delay های متفاوت برسه گیرنده اگر buffer کنه این تغییرات رو می‌تونه حس نشه ولی اگه خیلی زیاد یا کم بشه
باز ممکنه خالی یا overflow بشه.

تغییرات تأخیر = delay variations = jiter

Chapter 1: roadmap

1.1 what *is* the Internet?

1.2 network edge

- end systems, access networks, links

1.3 network core

گذردهی = اما چیزی که خارج می‌شه نداره. چون ممکنه مقدار زیادی حلقه حلقه بشه ولی طی
data loss از بین بره. از حد خروجی باید نگاه کنیم.

- packet switching, circuit switching, network structure

data loss ←

چون تعداد کاربران متغیره با زمان، throughput هم با زمان متغیره.

1.4 delay, loss, throughput in networks

گذردهی

= معیارهای کیفیت

1.5 protocol layers, service models

1.6 networks under attack: security

1.7 history

* اگر throughput که در اختیار ما قرار می‌گیره کمتر از مقدار مورد نیاز باشه ← انتقال به خوبی انجام نمی‌گیره.
اگر delay↑ ← کاربر ممکنه کیفیت سرویس رو بد ببینه ← مثل سیستم های تعاملی مانند صحبت کردن بازی ها.

* توی packet switching کیفیت رو نمی‌تونیم تضمین کنیم چون با افزایش ترافیک و پر شدن بافرها احتمال packet loss وجود داره
و packet های N به کاربران می‌رسه تا بستگی به تعداد کاربران فعال.

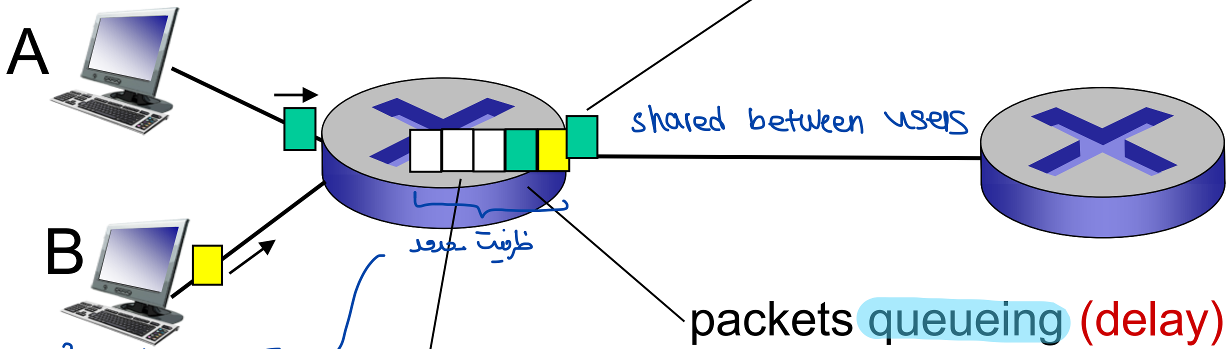
How do loss and delay occur?

packets *queue* in router buffers → packet loss → different delays

- packet arrival rate to link (temporarily) exceeds output link capacity
- packets queue, wait for turn

اگر در حال ارسال باشه، packet جدید رو در بافر قرار میده.

* اگر صف خالی باشه ← م راحت میره. واگرنه ← delay ⇐ پس تأخیرهای متفاوت داریم.



packet being transmitted (delay)

packets queueing (delay)

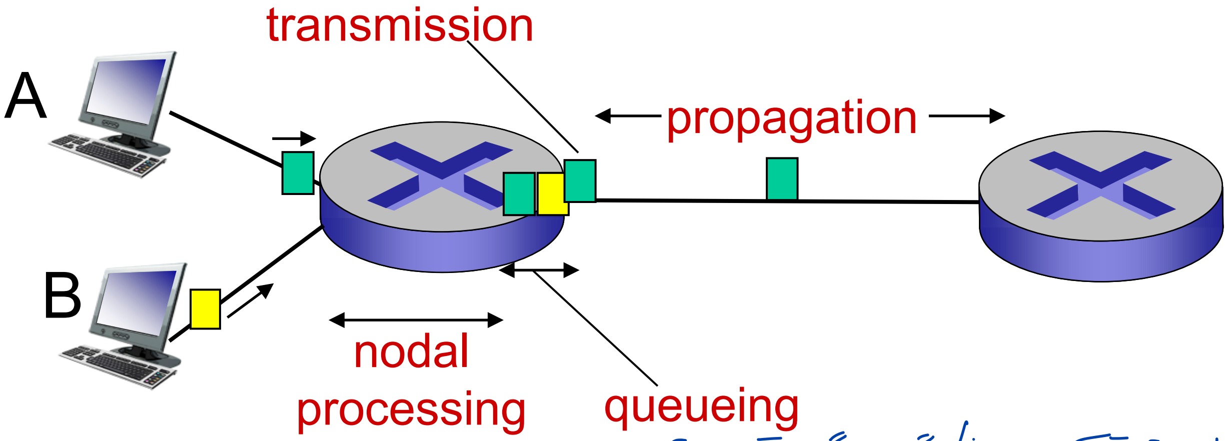
free (available) buffers: arriving packets dropped (loss) if no free buffers

اگر به طور لحظه‌ای برسه ← packet loss! / drop!

تأخیر پردازش = با توجه به اطلاعات هدر بسته، بریم توی Forwarding t، ببینیم گام بعدی کجاست از کدوم پورت باید خارج بشه؟

روی هر خروجی (پورت) صف جدا داریم.

Four sources of packet delay



۴ عامل تأخیری داریم:

در گره چقدر تأخیر داریم؟ تا یک بسته از یک گام به گام تخلیه بره؟

$$\overset{\text{تأخیر پردازش}}{d_{\text{proc}}}$$

$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + \overset{\text{صف بندی}}{d_{\text{queue}}} + \underset{\text{انتقال}}{d_{\text{trans}}} + \underset{\text{انتشار}}{d_{\text{prop}}}$$

تأخیر صف بندی = وقتی بسته در انتهای صف قرار بگیره، به تعداد بسته های جلوش باید صبر کنه تا نوبتش بشه. (بستگی به ازدحام و تراکم در شبکه داره.)

d_{proc}: nodal processing

- check bit errors
- determine output link
- typically < msec

درحد ms

کار سنگینی نداره.

waiting time // d_{queue}: queueing delay

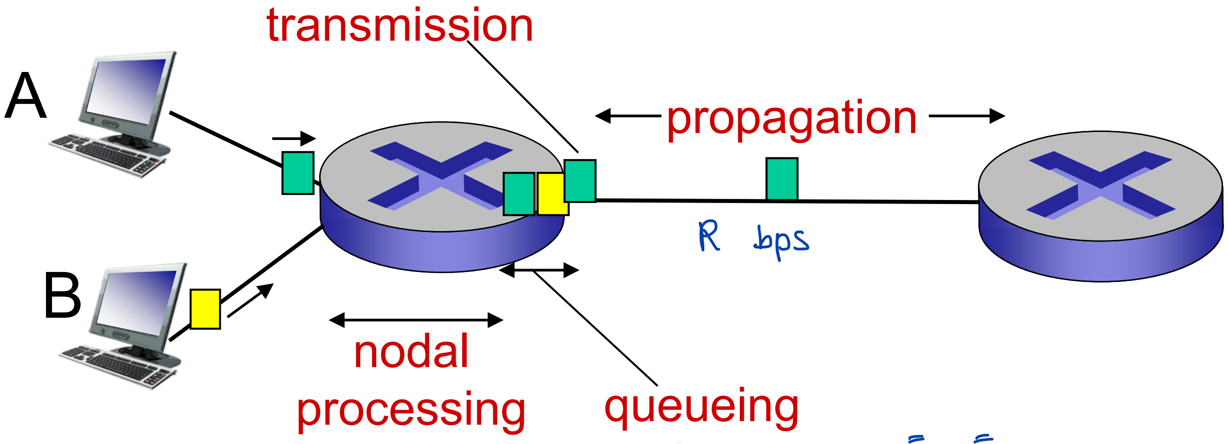
- time waiting at output link for transmission
- depends on congestion level of router

هرچی ازدحام شبکه ↓ ⟸ d_q ↓ ← مثل مثال چهارراه

L ر تعداد بیت‌ها / R (سرعت ارسال) = نرخ لینک R bps عه بسته‌ی ما 100kbit عه. چقدر طول میکشه که با این لینک ارسال بشه؟ تأخیر ارسال

↳ مثال: $\frac{100\,000}{1\text{ Mbps}} = 100\text{ms}$

Four sources of packet delay



اول پردازش می‌شه — بعد توی صف قرار میگیره — بعد ارسال می‌شه — امواج از لینک که برن گره بعدی

تأخیر هر گره =

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

← باید وایسته تا بیت آخر بسته بیاد.

تأخیر ارسال

d_{trans}: transmission delay:

- L: packet length (bits)
- R: link *bandwidth (bps)*
- $d_{\text{trans}} = L/R$ ← d_{trans} and d_{prop} *very* different →

تأخیر انتشار: امواج باید سرعت منتشر می‌شن، چقدرطول می‌کشه تا سیگنال از گام قبلی به بعدی بره؟

d_{prop}: propagation delay:

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

مسافت بین — سرعت

3×10^8 m/s

سریع‌ترین انتشار = سرعت نور در خلأ ← امواج الکتریکی و رادیویی سرعت انتشار ر $\frac{2}{3}$ سرعت نوره. ← 2×10^8 m/s

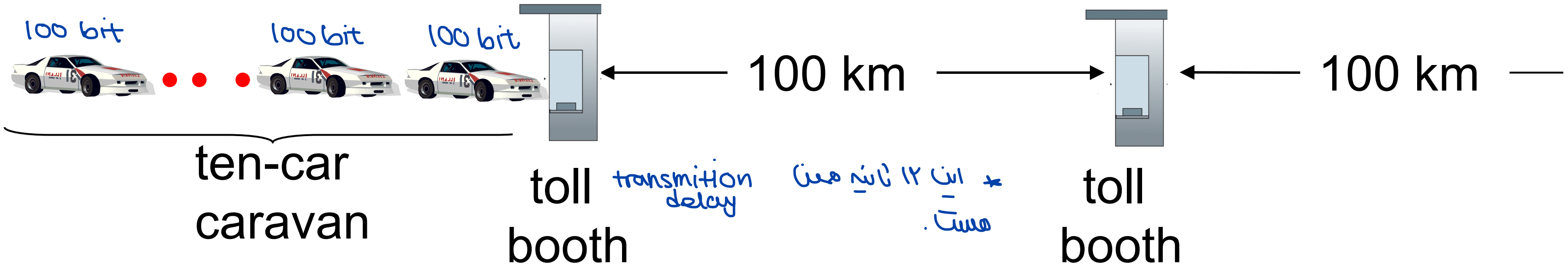
* Check out the online interactive exercises for more examples: http://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/interactive/

* Check out the Java applet for an interactive animation on trans vs. prop delay

Caravan analogy

اولین ماشین اساعت و ۱۲ ثانیه بعد می‌رسد. و آخرین ماشین، اساعت و ۱۲۰ ثانیه.

۱۰۰ $\frac{km}{h}$ = سرعت ماشین ها



transmition delay * این ۱۲ ثانیه همون هست.

نرخ سرویس = 300 car/h (چون هر ماشین ۱۲s)

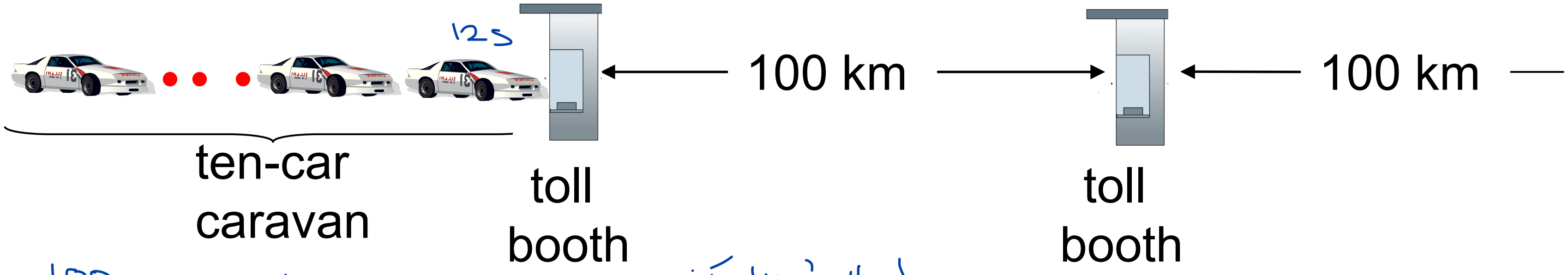
$\xrightarrow{\hspace{2em}}$ ۱۰ ماشین چقدر طول می‌کشه؟

$\frac{10}{300} h = \frac{1}{30} h = 120 s$

- cars "propagate" at 100 km/hr ↳ t_{prop}
- toll booth takes 12 sec to service car (bit transmission time)
- car ~ bit; caravan ~ packet
- Q: How long until caravan is lined up before 2nd toll booth?

- time to "push" entire caravan through toll booth onto highway = 12*10 = 120 sec
- time for last car to propagate from 1st to 2nd toll both: 100km/(100km/hr)= 1 hr
- A: 62 minutes

Caravan analogy (more)



$\frac{100}{1000} h = \frac{1}{10} h = 4min$ → tprop، $\frac{1}{10}$ کاهش پیدا میکند.

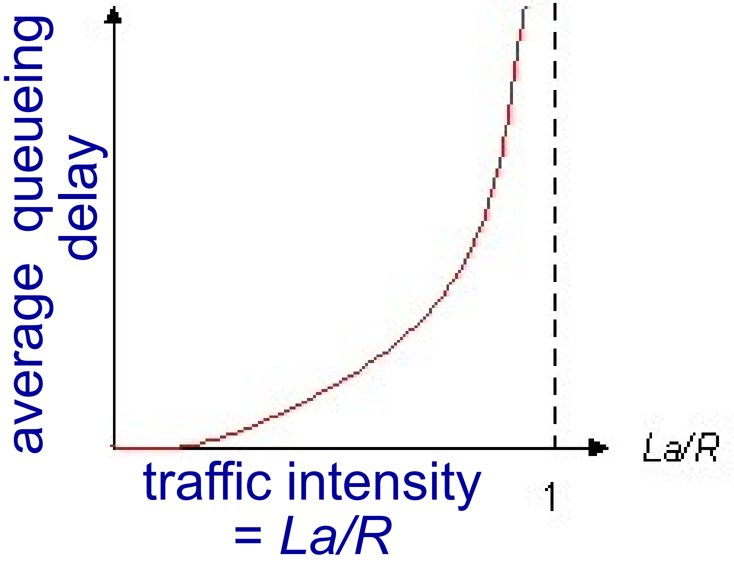
- suppose cars now "propagate" at 1000 km/hr
- and suppose toll booth now takes one min to service a car
- *Q:* Will cars arrive to 2nd booth before all cars serviced at first booth?
  - *A: Yes!* after 7 min, first car arrives at second booth; three cars still at first booth

Queueing delay (revisited)

- *R*: link bandwidth (bps)
- *L*: packet length (bits)
- a: average packet arrival rate

نرخ سرویس $u = R$ bps

نرخ ورود $\lambda = La$ bps



- *La/R* ~ 0: avg. queueing delay small (~0)
- *La/R* ~~->~~ < 1: avg. queueing delay large
- *La/R* > 1: more "work" arriving than can be serviced, average delay infinite!

الان نداریم عبورکننده عملاً متوقف میشه.

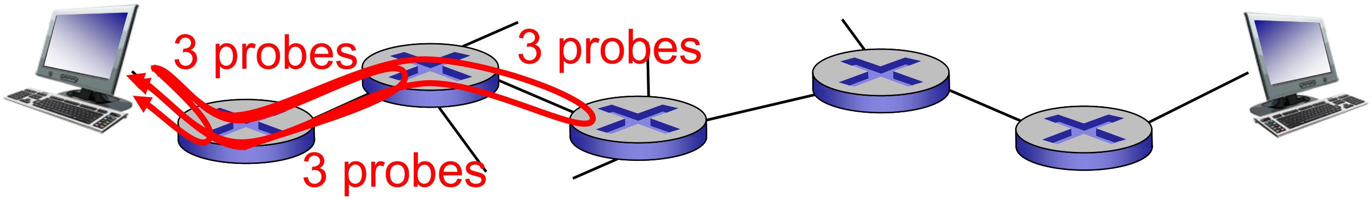
* Check online interactive animation on queuing and loss

* cmd → tracert www.google.com → میاد تمام گره های میان تا مقصد رو یکی یکی پیدا می کنه به شما نشون می ده. در هر گره هم تأخیر رفت و برگشت آنجا رو حساب می کنه.

"Real" Internet delays and routes

- what do "real" Internet delay & loss look like?
- مشخص کردن گام های مسیر
  `traceroute` program: provides delay measurement from source to router along end-end Internet path towards destination. For all *i:*
  - sends three packets that will reach router *i* on path towards destination
  - router *i* will return packets to sender
  - sender times interval between transmission and reply.

ثبت مراحل انجام کاری



“Real” Internet delays, routes

مبدأ

مقصد

traceroute: gaia.cs.umass.edu to www.eurecom.fr

3 delay measurements from gaia.cs.umass.edu to cs-gw.cs.umass.edu

IP address

۳ بار تأخیر رو محاسبه میکنه و → نشون میده.

```
1  cs-gw (128.119.240.254)  1 ms  1 ms  2 ms
2  border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145)  1 ms  1 ms  2 ms
3  cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130)  6 ms 5 ms 5 ms
4  jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129)  16 ms 11 ms 13 ms
5  jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136)  21 ms 18 ms 18 ms
6  abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9)  22 ms  18 ms  22 ms
7  nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46)  22 ms  22 ms  22 ms
8  62.40.103.253 (62.40.103.253)  104 ms 109 ms 106 ms
9  de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129)  109 ms 102 ms 104 ms
10  de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50)  113 ms 121 ms 114 ms
11  renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54)  112 ms  114 ms  112 ms
12  nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13)  111 ms  114 ms  116 ms
13  nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102)  123 ms  125 ms  124 ms
14  r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110)  126 ms  126 ms  124 ms
15  eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54)  135 ms  128 ms  133 ms
16  194.214.211.25 (194.214.211.25)  126 ms  128 ms  126 ms
17  * * *
18  * * *

19  fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142)  132 ms  128 ms  136 ms
```

trans-oceanic link

برای گره هایی که امکان محاسبه تأخیر نبوده.

* means no response (probe lost, router not replying)

۱۹ تا گره در مسیر بوده. →

۱: مبدأ

۱۹: مقصد

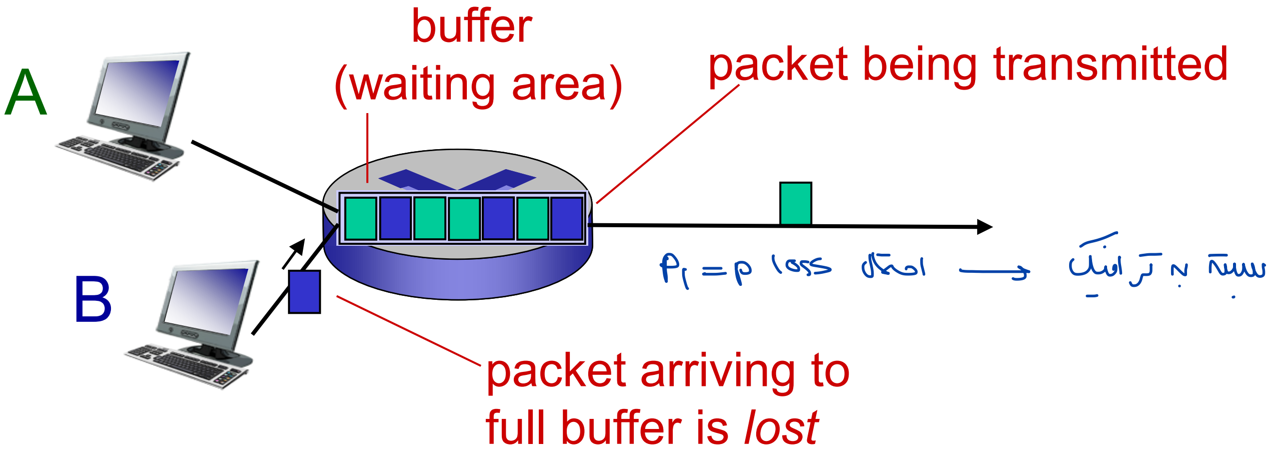
end-to-end delay → البته این تأخیر رفت و برگشت با همه.

* Do some traceroutes from exotic countries at www.traceroute.org

Packet loss → وقتی اتفاق می‌افته که بافر پر باشه.

- queue (aka buffer) preceding link in buffer has finite capacity
- packet arriving to full queue dropped (aka lost)
- lost packet may be retransmitted by previous node, by source end system, or not at all

اگر نرخ ارسال ثابت باشه، هیچ packet loss اتفاق نمی‌افته ولی چون ترافیک متغیره پس احتمالش هست.



$P_1 = p$ loss احتمال → وابسته به ترافیک

* Check out the Java applet for an interactive animation on queuing and loss

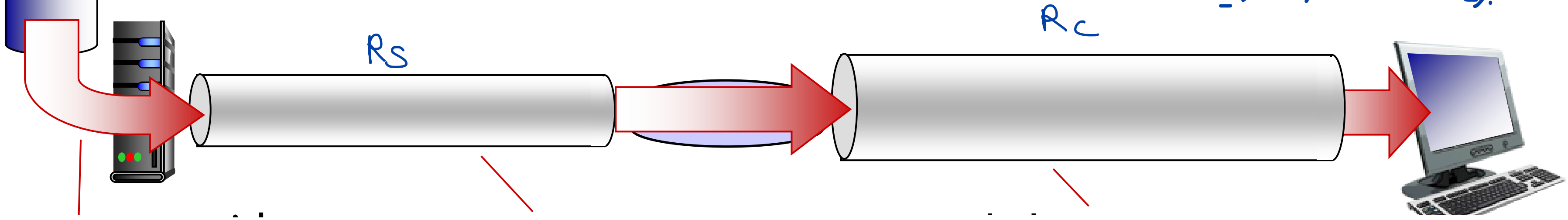
Throughput

= گذردهی

- *throughput:* rate (bits/time unit) at which bits transferred between sender/receiver
  - *instantaneous:* rate at given point in time
  - *average:* rate over longer period of time

★ گذردهی دو گره ها با هم متفاوته.

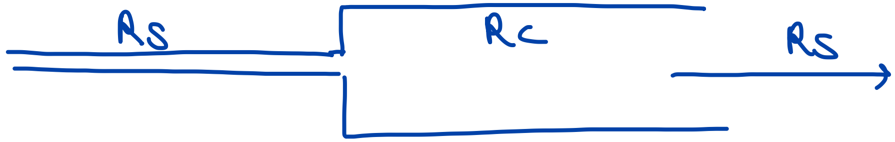
★ جریان داده مثل آب و بینش لوله.



server sends bits (fluid) into pipe

pipe that can carry fluid at rate R_s bits/sec)

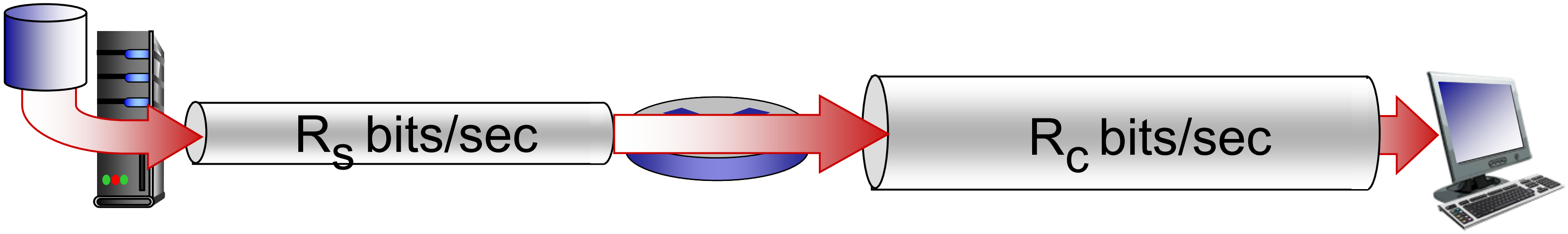
pipe that can carry fluid at rate R_c bits/sec)

★


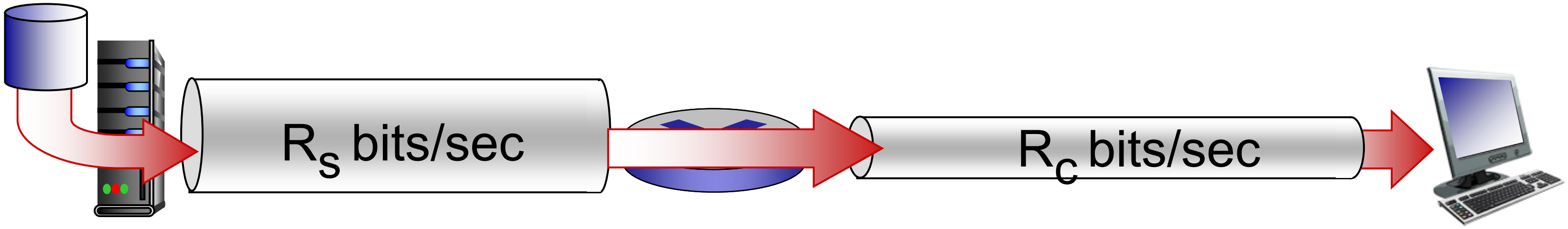
اون لینکی که کمترین throughput رو داره تعیین کننده میشه.

Throughput (more)

- $R_s < R_c$ What is average end-end throughput? R_s



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



گلوگاه

bottleneck link ← لینک با کمترین پهنای باند و کمترین نرخ گذردهی رو داره

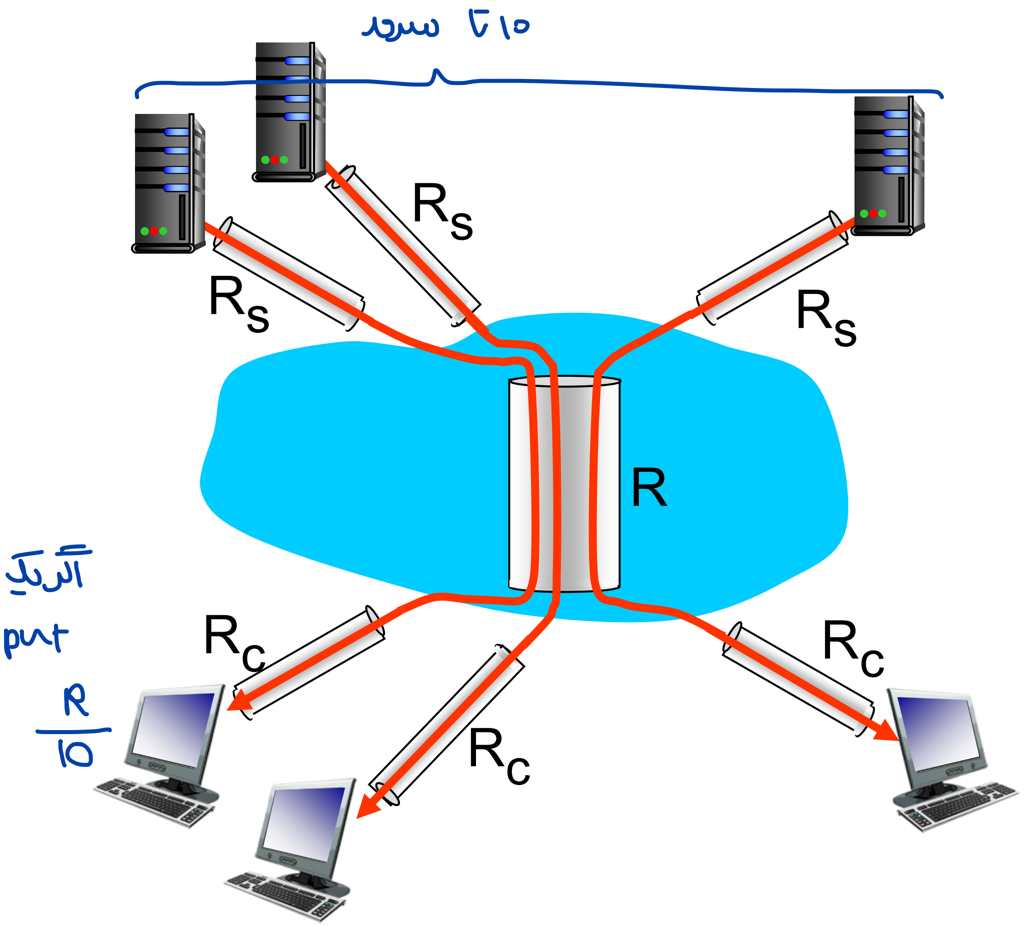
link on end-end path that constrains end-end throughput

Throughput: Internet scenario

- per-connection end-end throughput: $min(R_c,R_s,R/10)$
- in practice: R_c or R_s is often bottleneck

اگر یک لینک بین تعدادی کاربر به اشتراک گذاشته بشه،
throughput بینشون تقسیم می‌شه.

حالا جریانی که به گیرنده می‌رسه می‌شه نرخ گذرش
کمترین پس min رو بگیریم بین Rc، Rs و $\frac{R}{10}$.



10 connections (fairly) share backbone bottleneck link *R* bits/sec

* Check out the online interactive exercises for more examples: http://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/interactive/

Chapter 1: roadmap

1.1 what *is* the Internet?

1.2 network edge

- end systems, access networks, links

1.3 network core

- packet switching, circuit switching, network structure

1.4 delay, loss, throughput in networks

1.5 protocol layers, service models

1.6 networks under attack: security

1.7 history

Protocol "layers"

Networks are complex, with many "pieces":

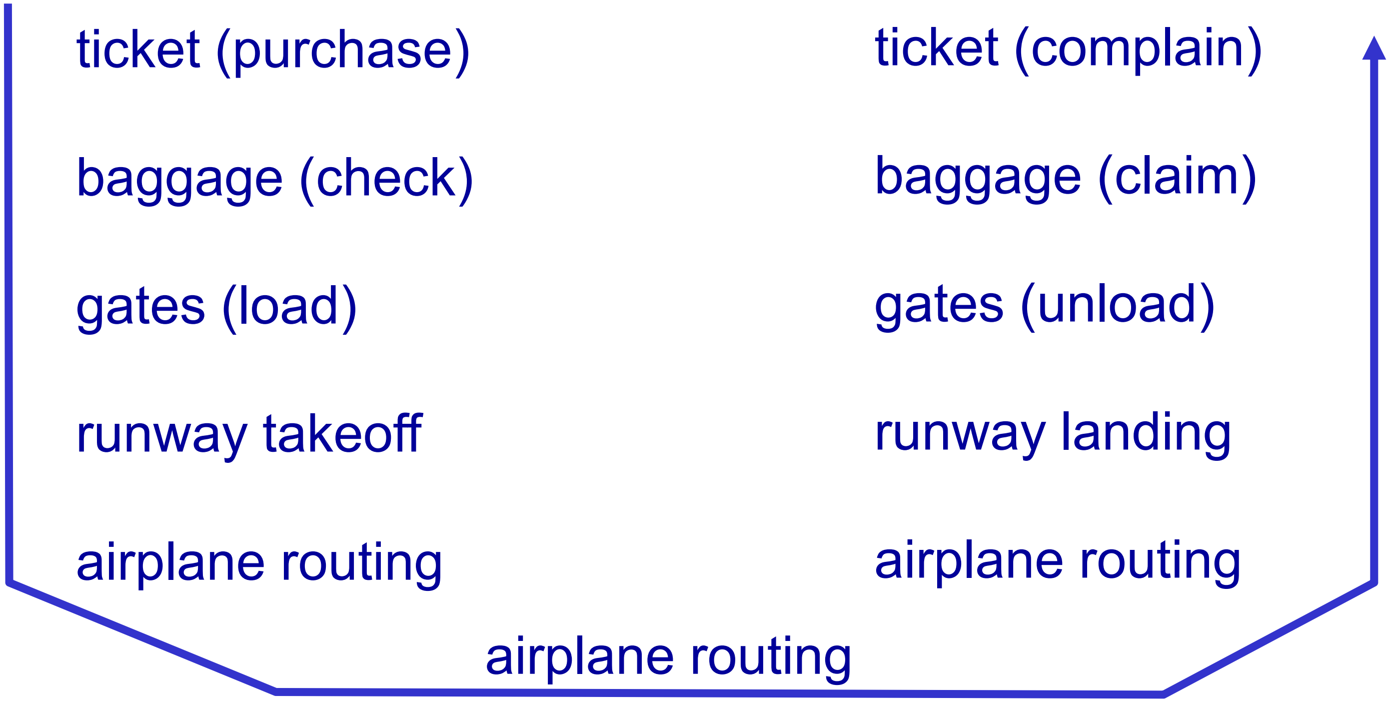
- hosts
- routers
- links of various media
- applications
- protocols
- hardware, software

Question:

is there any hope of *organizing* structure of network?

…. or at least our discussion of networks?

Organization of air travel



ticket (purchase)

baggage (check)

gates (load)

runway takeoff

airplane routing

airplane routing

airplane routing

runway landing

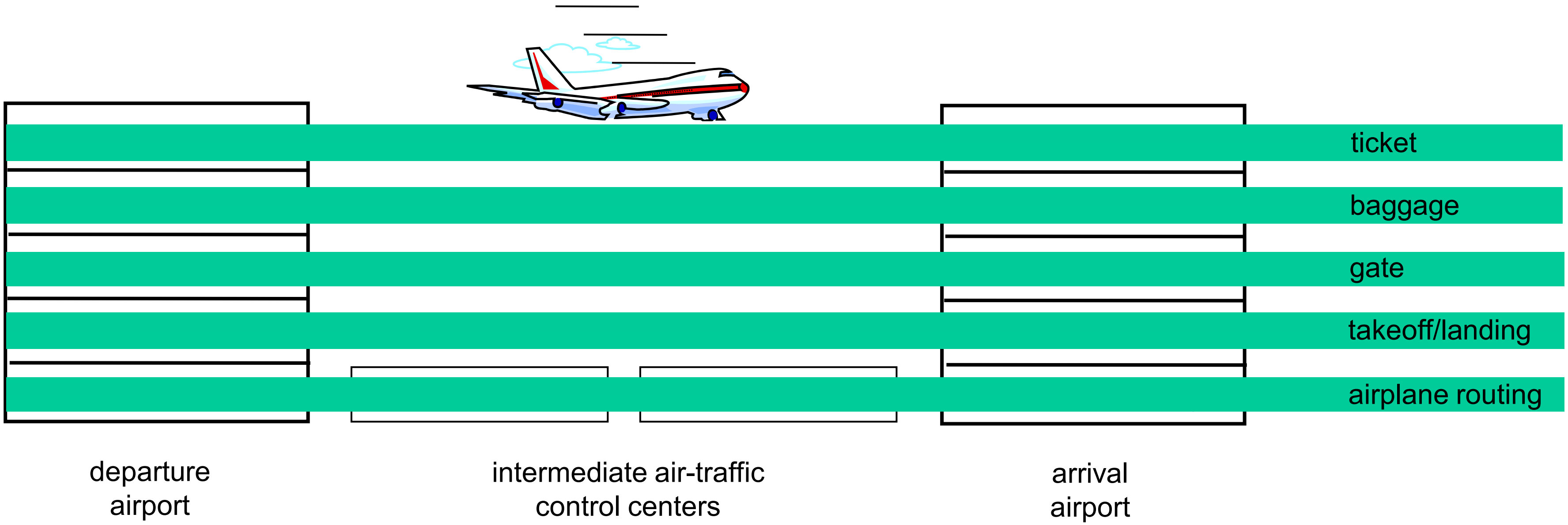
gates (unload)

baggage (claim)

ticket (complain)

- a series of steps

Layering of airline functionality



layers: each layer implements a service

- via its own internal-layer actions
- relying on services provided by layer below

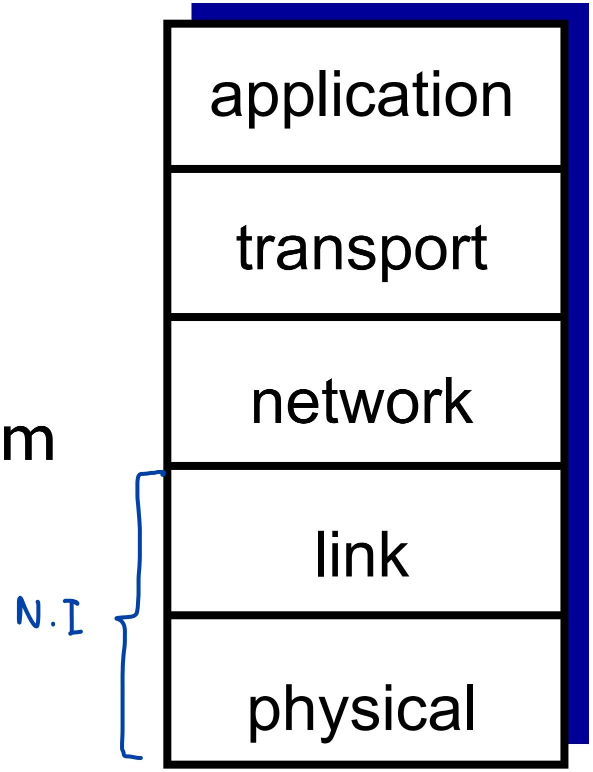
Why layering?

dealing with complex systems:

- explicit structure allows identification, relationship of complex system’s pieces
  - layered *reference model* for discussion
- modularization eases maintenance, updating of system
  - change of implementation of layer’s service transparent to rest of system
  - e.g., change in gate procedure doesn’t affect rest of system
- layering considered harmful?

Internet protocol stack

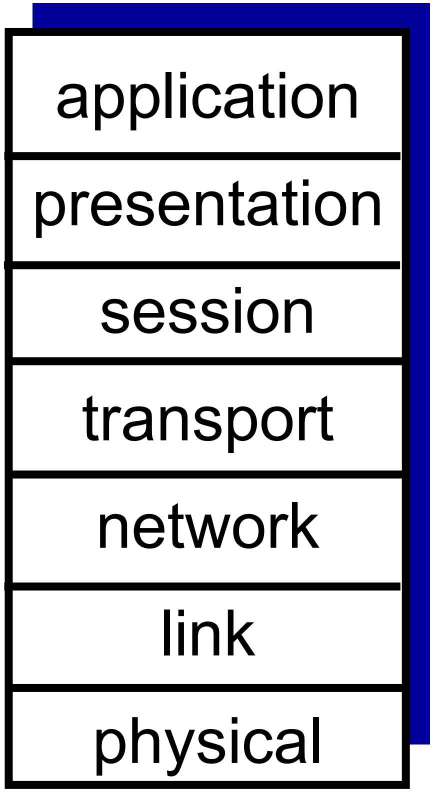
- *application:* supporting network applications
  - FTP, SMTP, HTTP
- *transport:* process-process data transfer
  - TCP, UDP
- *network:* routing of datagrams from source to destination
  - IP, routing protocols
- *link:* data transfer between neighboring network elements
  - Ethernet, 802.111 (WiFi), PPP
- *physical:* bits “on the wire”



به این استک پرتکل هم گفته میشه.

ISO/OSI reference model

- *presentation:* allow applications to interpret meaning of data, e.g., encryption, compression, machine-specific conventions
- *session:* synchronization, checkpointing, recovery of data exchange
- Internet stack "missing" these layers!
  - these services, *if needed*, must be implemented in application
  - needed?



application

presentation

session

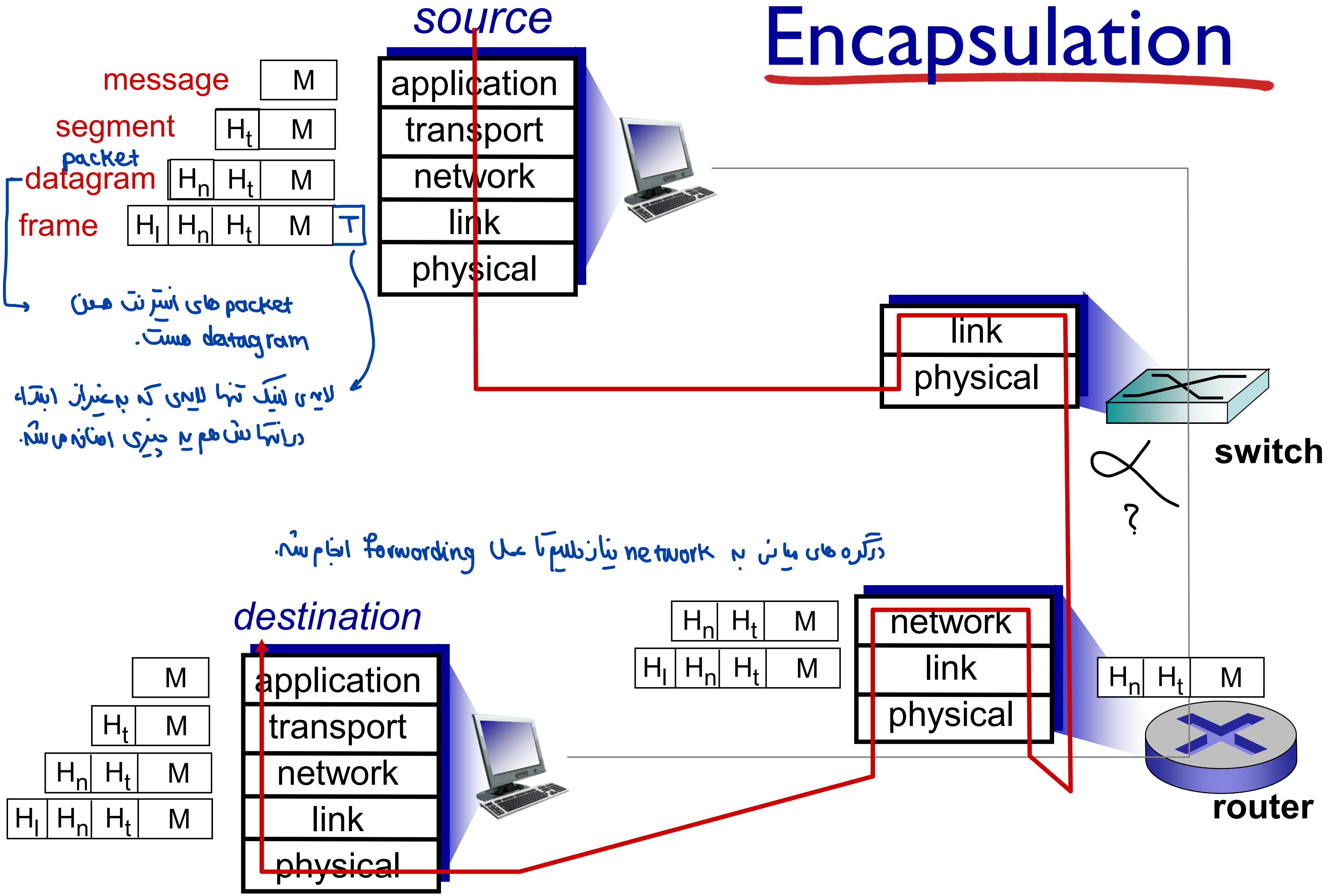
transport

network

link

physical

Encapsulation



packet های اینترنت همین datagram هست.

لایه‌ی لینک تنها لایه‌ای که به‌غیر از ابتداء در انتهاش هم یه چیزی اضافه میشه.

در گره‌های میانی به network نیاز داریم تا عمل forwarding انجام شه.

Chapter 1: roadmap

1.1 what *is* the Internet?

1.2 network edge

- end systems, access networks, links

1.3 network core

- packet switching, circuit switching, network structure

1.4 delay, loss, throughput in networks

1.5 protocol layers, service models

1.6 networks under attack: security

1.7 history

Network security

- field of network security:
  - how bad guys can attack computer networks
  - how we can defend networks against attacks
  - how to design architectures that are immune to attacks
- Internet not originally designed with (much) security in mind
  - *original vision:* "a group of mutually trusting users attached to a transparent network" ☺
  - Internet protocol designers playing "catch-up"
  - security considerations in all layers!

تهدیات

confidentiality (محرمانگی) ← مثلاً یه کسی نتونه data ما رو بخونه. } راه حل ← رمزنگاری

تغییرات داده

عدم رعایت تصدیق هویت ← گره مبدأ که مبدأ واقعی نیست نتونه data تولید کنه. (end-systems) ← ID های مختلف با مکانیزم های رمزنگاری

accessability (دسترسی) / ممانعت از سرویس ← ∝

Bad guys: put malware into hosts via Internet

یه بستری برای اجرا پیدا میکنه، گسترش پیدا میکنه و حمله رو انجام میده.

- malware can get in host from:
  - *virus:* self-replicating infection by receiving/executing object (e.g., e-mail attachment)
  - *worm:* self-replicating infection by passively receiving object that gets itself executed
- spyware malware can record keystrokes, web sites visited, upload info to collection site
- infected host can be enrolled in botnet, used for spam. DDoS attacks

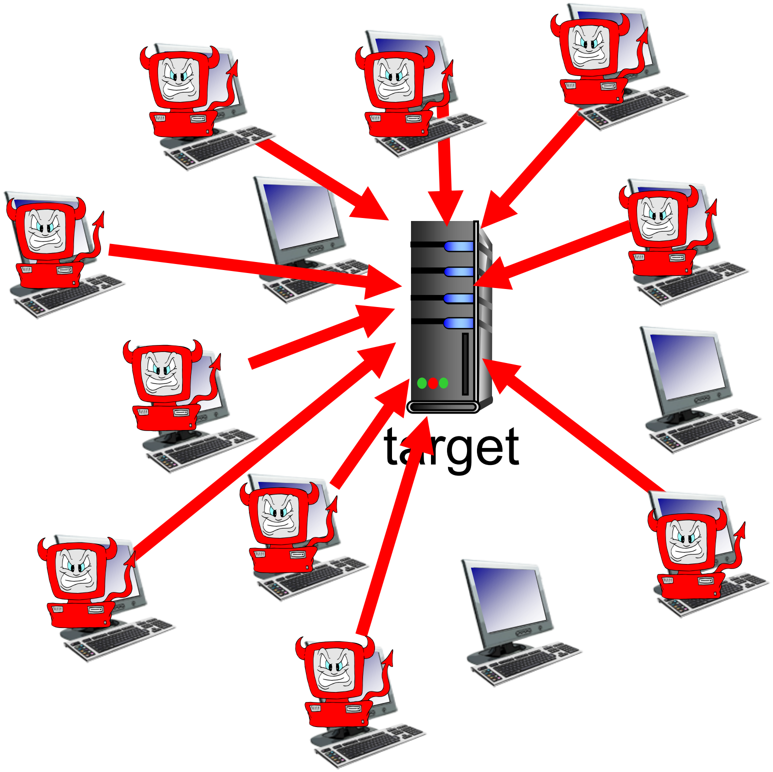
distributed

یه سری کامپیوتر های قربانی attack
میکنن به سرور سیب دستخوش اینکه کاربر
دانش ان یا قربانی

Bad guys: attack server, network infrastructure

Denial of Service (DoS): attackers make resources (server, bandwidth) unavailable to legitimate traffic by overwhelming resource with bogus traffic

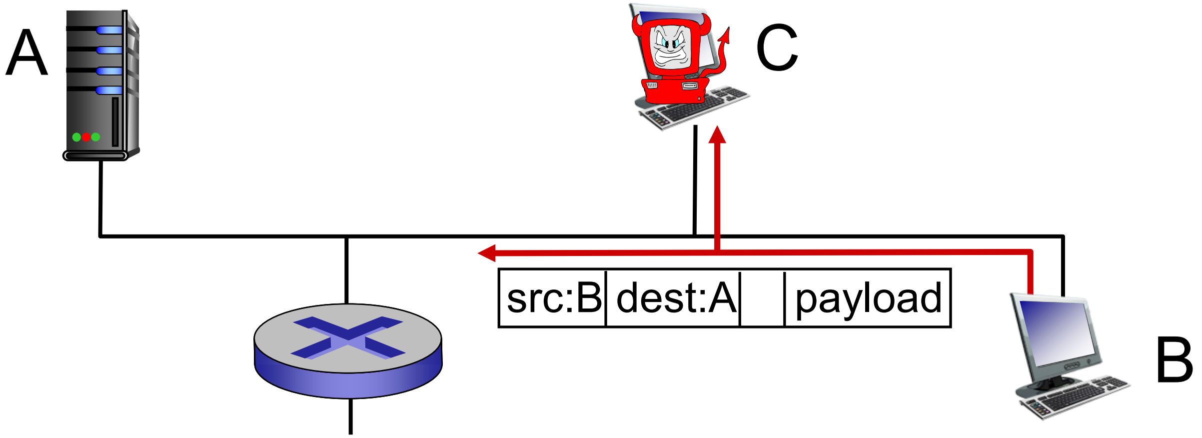
1. select target
2. break into hosts around the network (see botnet)
3. send packets to target from compromised hosts



Bad guys can sniff packets

packet "sniffing":

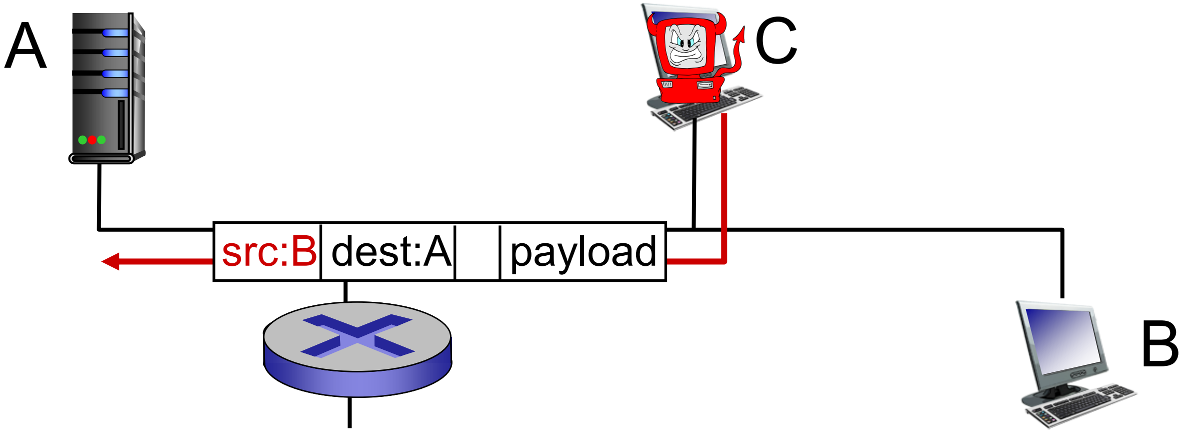
- broadcast media (shared Ethernet, wireless)
- promiscuous network interface reads/records all packets (e.g., including passwords!) passing by



- wireshark software used for end-of-chapter labs is a (free) packet-sniffer

Bad guys can use fake addresses

IP spoofing: send packet with false source address



… lots more on security (throughout, Chapter 8)

Chapter 1: roadmap

1.1 what *is* the Internet?

1.2 network edge

- end systems, access networks, links

1.3 network core

- packet switching, circuit switching, network structure

1.4 delay, loss, throughput in networks

1.5 protocol layers, service models

1.6 networks under attack: security

1.7 history

Internet history

1961-1972: Early packet-switching principles

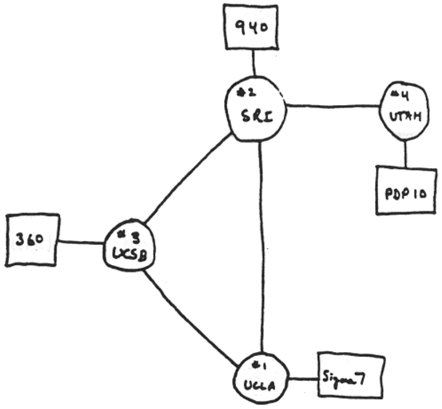
مهم‌ترین‌ها

- 1961: Kleinrock - queueing theory shows effectiveness of packet-switching
- 1964: Baran - packet-switching in military nets
- 1967: ARPAnet conceived by Advanced Research Projects Agency

پدربزرگ internet

- 1969: first ARPAnet node operational

- 1972:
  - ARPAnet public demo
  - NCP (Network Control Protocol) first host-host protocol
  - first e-mail program
  - ARPAnet has 15 nodes



THE ARPA NETWORK

Internet history

1972-1980: Internetworking, new and proprietary nets

- 1970: ALOHAnet satellite network in Hawaii
- 1974: Cerf and Kahn - architecture for interconnecting networks
- 1976: Ethernet at Xerox PARC
- late70's: proprietary architectures: DECnet, SNA, XNA
- late 70's: switching fixed length packets (ATM precursor)
- 1979: ARPAnet has 200 nodes

Cerf and Kahn's internetworking principles:

- minimalism, autonomy - no internal changes required to interconnect networks
- best effort service model
- stateless routers
- decentralized control

define today's Internet architecture

Internet history

1980-1990: new protocols, a proliferation of networks

→ پیدایش اینترنت → همزمان با توسعه Unix باعث گسترش
internet شد.

- 1983: deployment of TCP/IP
- 1982: smtp e-mail protocol defined
- 1983: DNS defined for name-to-IP-address translation
- 1985: ftp protocol defined
- 1988: TCP congestion control

→ با internet
استفاده از
email بوجود آمد.

- new national networks: CSnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100,000 hosts connected to confederation of networks

Internet history

1990, 2000's: commercialization, the Web, new apps

- early 1990's: ARPAnet decommissioned
- 1991: NSF lifts restrictions on commercial use of NSFnet (decommissioned, 1995)
- early 1990s: Web
  - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, later Netscape
  - late 1990's: commercialization of the Web

بزرگترین نقطه عطف که اینترنت تبدیل
به یک شبکه عمومی شد. (همگانی)

پدر
firefox

1993 → همان عمومی شدن
اینترنت

late 1990's – 2000's:

- more killer apps: instant messaging, P2P file sharing
- network security to forefront
- est. 50 million host, 100 million+ users
- backbone links running at Gbps

Internet history

2005-present

- ~5B devices attached to Internet (2016)
  - smartphones and tablets
- aggressive deployment of broadband access
- increasing ubiquity of high-speed wireless access
- emergence of online social networks:
  - Facebook: ~ one billion users
- service providers (Google, Microsoft) create their own networks
  - bypass Internet, providing "instantaneous" access to search, video content, email, etc.
- e-commerce, universities, enterprises running their services in "cloud" (e.g., Amazon EC2)

Introduction: summary

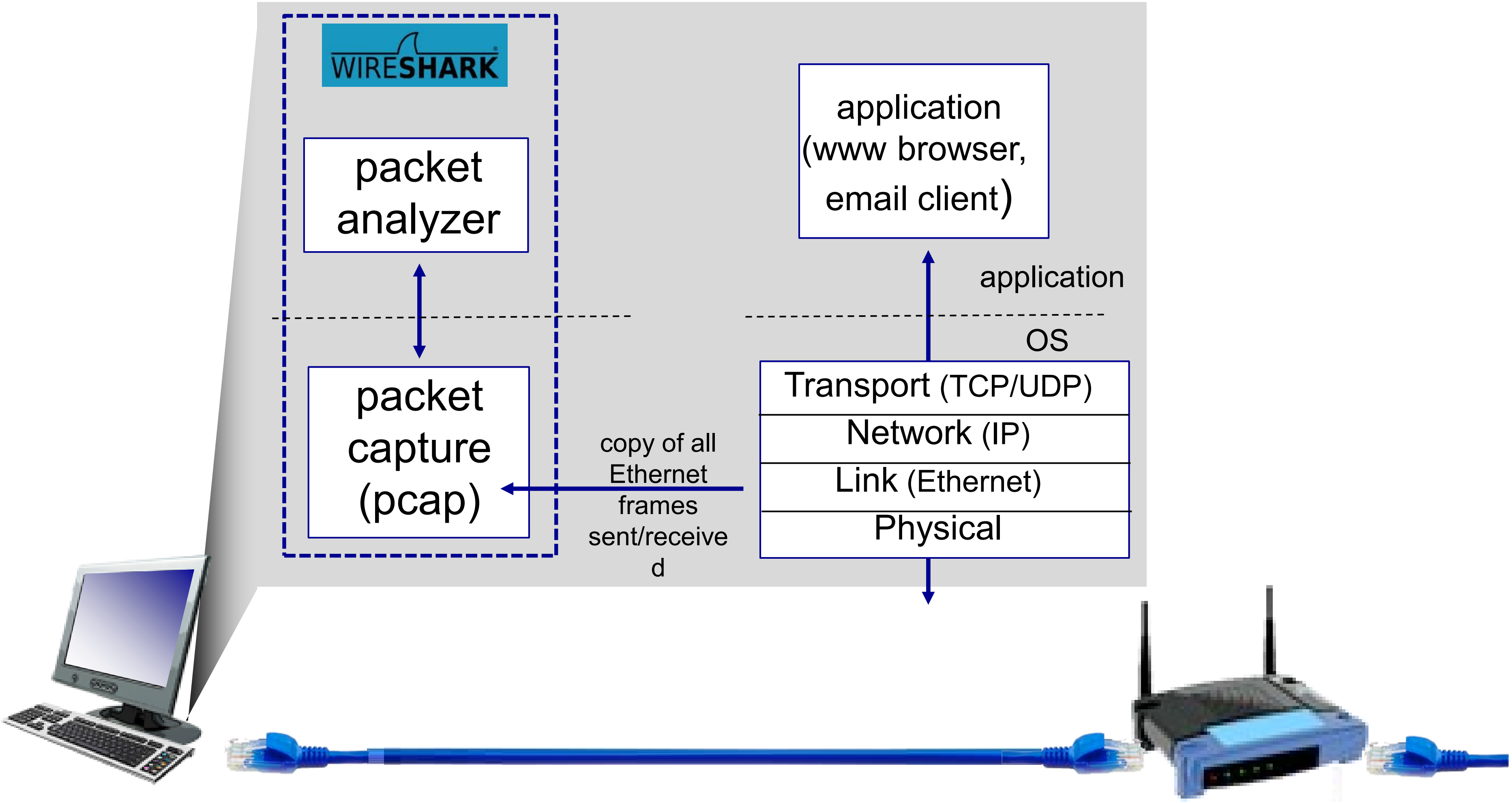
covered a "ton" of material!

- Internet overview
- what's a protocol?
- network edge, core, access network
  - packet-switching versus circuit-switching
  - Internet structure
- performance: loss, delay, throughput
- layering, service models
- security
- history

you now have:

- context, overview, "feel" of networking
- more depth, detail *to follow!*

Chapter 1
Additional Slides



WIRESHARK

packet analyzer

packet capture (pcap)

copy of all Ethernet frames sent/received

application (www browser, email client)

application

OS

Transport (TCP/UDP)

Network (IP)

Link (Ethernet)

Physical