

## شبکه های کامپیوتری اینترنت

سیامک سرمدی، وحید سلوک

1

### فهرست مطالب

- تعریف اینترنت
- معرفی لبه شبکه
- سیستم انتهایی، شبکه دسترسی، رسانه انتقال
- معرفی هسته شبکه
- شبکه های سوئیچینگ مداری/بسته ای، معماری اینترنت
- کارایی شبکه
- معرفی معیارهای کارایی
- تلف، تاخیر، گزردهی
- گزردهی در اینترنت

2

## تعریف و کاربردهای اینترنت

3

### تعریف اینترنت

- اینترنت یک شبکه کامپیوتری است که از **اتصال** میلیاردها **دستگاه** شامل کامپیوترها، مسیریابها، گوشی های موبایل، لوازم خانگی و اشیاء مختلف تشکیل گردیده است.
- در سال 2015، 5 میلیارد دستگاه به اینترنت متصل بود.
- در سال 2020 این تعداد به 25 میلیارد دستگاه میرسد.
- در سال 2015، 3.2 میلیارد نفر (40 درصد جمعیت کره زمین) از اینترنت استفاده میکردند.
- اینترنت از سه قسمت عمده تشکیل میشود:
  - **لبه (edge):** شامل **دستگاه های انتهایی** و **کاربردهایی** که از اینترنت استفاده میکنند می شود.
  - **هسته (core):** شامل **سوئیچ ها** و **لینک های ارتباطی** که داده ها را در سطح کلان (بین ISP ها، منطقه ای و کشوری) منتقل میکنند.
  - **شبکه دسترسی (access network):** شامل دستگاه ها و رسانه هایی که ، لبه را به هسته متصل میکنند.
- هدف اصلی: ارائه خدمات انتقال داده برای اپلیکیشن ها و **کاربردهای** معمولاً **توزیع شده** است...

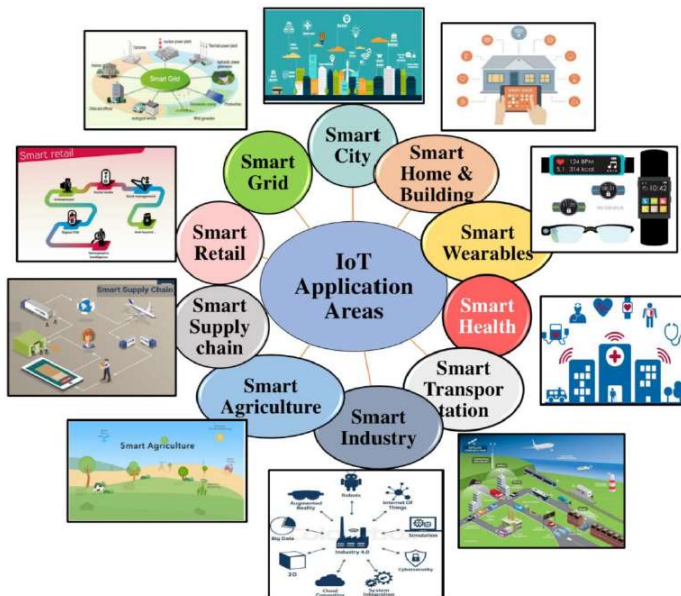
4

## برخی کاربردهای اینترنت



5

## برخی کاربردهای اینترنت – اشیاء و اینترنت اشیاء



□ برخلاف گذشته، امروزه فقط کامپیوترها نیستند که به اینترنت وصل هستند.

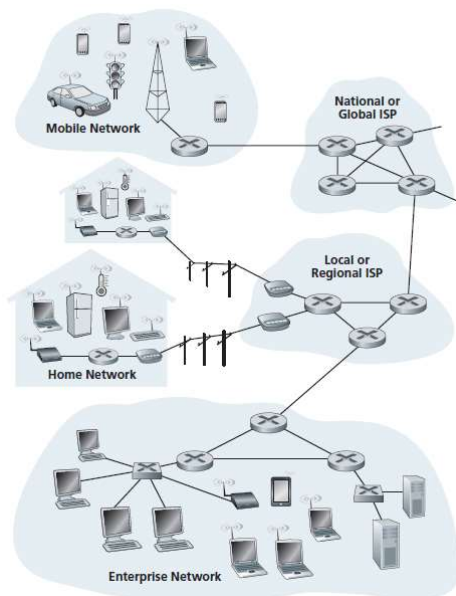
□ اشیاء مختلف که قادر به اتصال به شبکه هستند، از ارتباط اینترنت برای انتقال داده استفاده میکنند.

6

## اجزاء اینترنت

7

## اجزاء اینترنت



### □ لبه شبکه

□ میلیارد‌ها کامپیوتر و دستگاه

□ شبکه دسترسی و رسانه انتقال

□ لینک‌های ارتباطی (کابل، فیبر، رادیو)

□ هسته شبکه

□ مسیر یاب‌های متصل به هم

□ شبکه‌ی شبکه‌ها

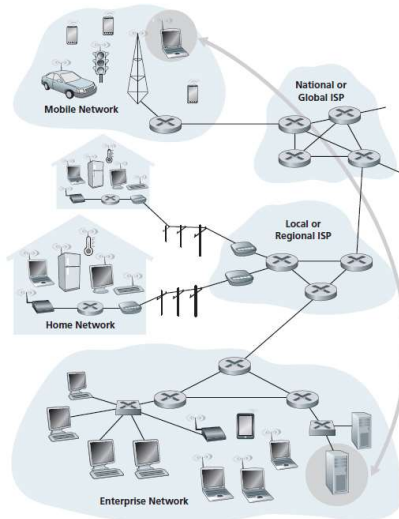


8

## اجزاء اینترنت – لبه (نحوه ارتباط سیستم های انتهایی (end system)

- سیستم های انتهایی با استفاده از لینک های ارتباطی و سوئیچ های بسته ای به هم مرتبط میشوند.

### نحوه اتصال اجزاء انتهایی



### □ سیستم های انتهایی

- معمولاً میزبان یا **host** نامیده میشوند (چون برنامه ها و کاربردها را میزبانی میکنند).

- با قابلیت اجرای برنامه های کاربردی شبکه

- شامل client ها و server ها

- مکان عمومی سرورها: مراکز داده



### □ رسانه های ارتباطی

- شامل فیبر، کابل، رادیو، ماهواره



### □ سوئیچ های بسته ای

- شامل سوئیچ ها و مسیریاب ها



9

## اجزاء اینترنت – شبکه های دسترسی و رسانه انتقال

- شبکه های دسترسی: شبکه ای که سیستم های انتهایی را بطور فیزیکی به اولین روتر سرویس دهنده اینترنت (روتر لبه) متصل میکند (خطوط آبی در تصویر).

- شبکه های دسترسی خانگی

- شبکه های دسترسی سازمانی

- شبکه های دسترسی موبایل

- عوامل مهم در دسترسی

- پهنای باند (bps)

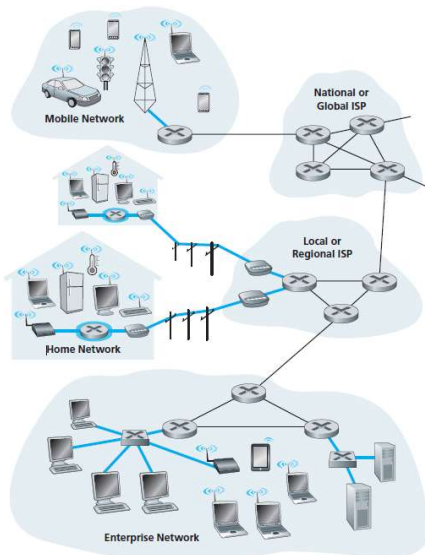
- اختصاصی یا اشتراکی بودن شبکه

- مهمترین شبکه های دسترسی

- DSL

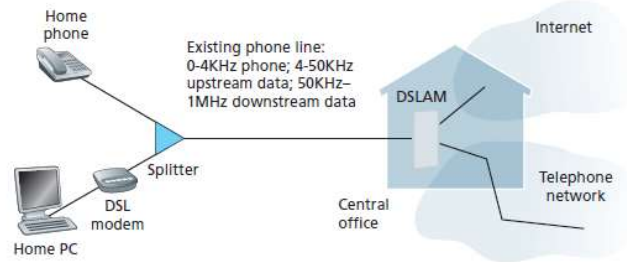
- Cable

- Mobile network



10

## انواع شبکه های دسترسی - خط دیجیتال مشترک (DSL: Digital Subscribers Line)

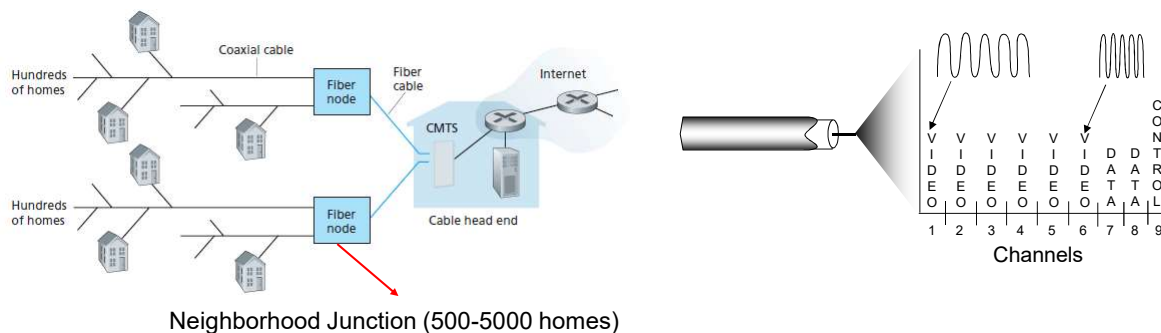


- استفاده از خط تلفن موجود برای اتصال به DSLAM (DSL access multiplexer) در مرکز تلفن محلی
  - ارتباط تلفن از طریق خط تلفن به سوئیچ تلفن
  - ارتباط اینترنت از طریق خط تلفن به اینترنت
  - تقسیم خط برای 3 کانال (Downstream, Upstream, Voice) با تکنیک تقسیم فرکانس انجام میشود.
- سرعت ارتباط به فاصله مرکز تلفن، نوع سیم و نویز خط بستگی دارد. حداکثر فاصله 5 تا 10 مایل میتواند باشد.
  - حداکثر پهنای باند ارسال: 2.5 Mbps
  - حداکثر پهنای باند دریافت: 24 Mbps

11

## انواع شبکه های دسترسی - شبکه کابل مسی

- ارتباط تمامی سیستم های انتهایی از طریق یک کابل که توسط شرکت ارائه کننده خدمات تلویزیون به منزل کشیده شده انجام میگردد.
- از کانال های فرکانسی مجزا (FDM) برای هر سیستم انتهایی استفاده میشود.
- کابل کوکسیال یک شبکه چند دسترسی (Multiaccess) است. داده ارسالی به همه مشترکانی که از آن کابل استفاده میکنند میرسد و از پروتکل های کنترل دسترسی استفاده میشود.
- CMTS (Cable Modem termination System) مانند DSLAM اما برای مودم کابلی (cable modem) عمل میکند.
- سرعت دانلود تا 42.8 و آپلود تا 30.7 مگابیت بر ثانیه بصورت مشترک برای کاربران یک کابل فراهم میشود.



12

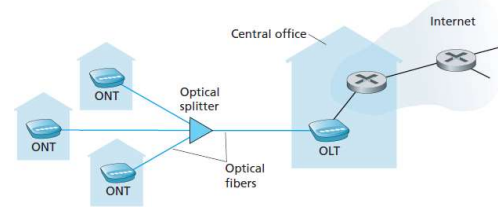
## انواع شبکه های دسترسی - شبکه های فیبر نوری

□ **اتصال شبکه کوچک به مرکز:** از طریق فیبر نوری با فناوری های فیبر تا شبکه (خانه FTTH ، ساختمان FTTB و ...).

□ در امارات، کره جنوبی، هنگ کنگ، ژاپن، تایوان، لیتوانی، و سوئد بطور متوسط تا 30% مشتریان را در سال 2016 پوشش می داد.

□ **دو معماری دسترسی:**

□ **شبکه نوری غیرفعال (PON):**



□ در هر خانه یک دستگاه Optical Network Terminator قرار دارد

□ که با فیبر اختصاصی به Splitter محله وصل شده و با کمک روتر خانگی به کامپیوتر ها متصل میشود.

□ Splitter حداکثر 100 فیبرنوری منزل را به هم متصل و سپس با یک فیبر نوری به Optical Line Terminator در شرکت مخابراتی وصل میشود.

□ همه اطلاعات مربوط به هر splitter از splitter (مشابه با هاب) به تمام ONT ها ارسال (broadcast) میشود.

□ سرعت اتصال در محدوده گیگابیت می باشد ولی معمولاً پهنای باند سرویس کمتری مثلاً 20 مگابیت بر ثانیه به مشتری ارائه میشود.

□ **شبکه نوری فعال (AON):**

□ مانند اینترنت سوئیچ شده عمل میکند و اطلاعات همه روی همه لینک ها برودکست نمیشود.

13

## انواع شبکه های دسترسی - شبکه های بی سیم

□ **اتصال به شبکه اینترنت در محل هایی که دسترسی به DSL، کابل و فیبر موجود نیست با شبکه گسترده بی سیم، ماهواره ویا Dial up انجام میشود:**

□ **شبکه های محلی بی سیم**

□ طراحی و استاندارد سازی شده برای درون ساختمان

□ برد زیر 100 متر

□ پهنای باند فعلی: حداکثر 800 Mbps

□ استانداردهای موجود:

IEEE 802.11x (b, g, n, ac)

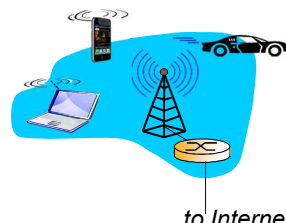
□ **شبکه های بی سیم گسترده**

□ تامین شده توسط شرکت های تلفن همراه

□ پوشش وسیع، برد چند ده کیلومتر

□ پهنای باند فعلی: حداکثر 100 Mbps

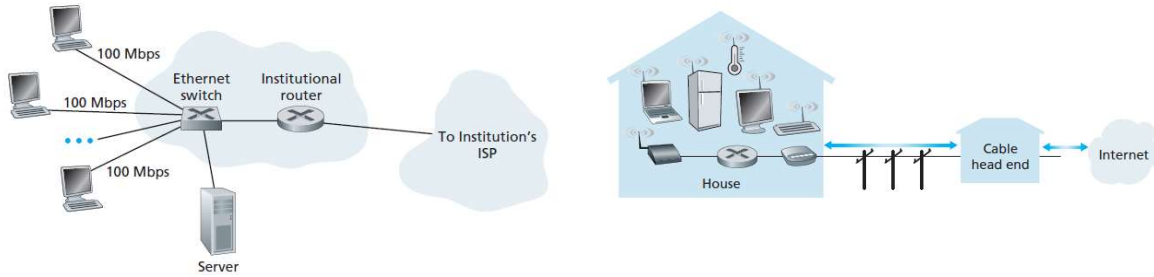
□ استانداردهای موجود: HSPA, LTE (3G, 4G...)



14

## انواع شبکه های دسترسی - شبکه محلی سیمی LAN

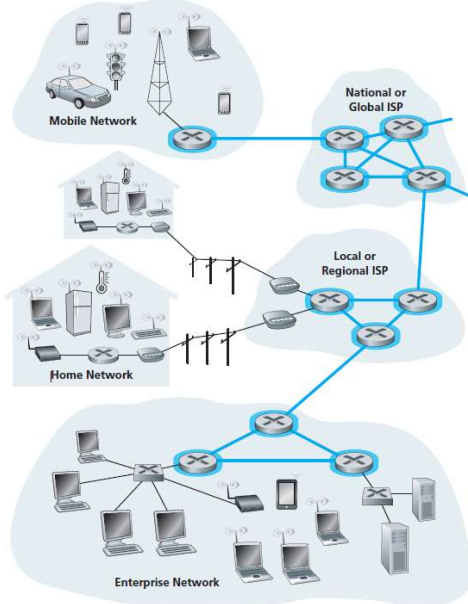
□ در خانه و سازمانها، اتصال کامپیوتر با روتر معمولاً با شبکه سیمی محلی از نوع Ethernet و یا شبکه بی سیم وای فای انجام میشود. این شبکه ها نیز قسمتی از شبکه دسترسی محسوب میشوند.



15

## هسته شبکه

- ترکیبی از سوئیچ (مسیریاب) های متصل به هم و لینکهای پرفریمت مابین آنها، برای تامین ارتباط شبکه های دسترسی (رنگ آبی در تصویر)، هسته شبکه را تشکیل میدهد.
- روترها و لینک های بسیار پرفریمت میان ISP ها و مناطق مختلف کشور، مسئولیت اتصال شبکه های دسترسی را بر عهده دارند.



16



## هدایت اطلاعات

### □ نحوه ارسال یک بار بزرگ به مقصد:

- بار در کامیونهای مجزا بارگیری میشود.
- هر کامیون بطور مستقل و از مسیرهای احتمالا متفاوت به مقصد میرسد.
- در مقصد بارها در ساختمان مقصد تخلیه میگردد.
- در هر تقاطع راننده تصمیم میگیرد که از کدام مسیر (path) به راه خود ادامه بدهد.

### □ نحوه هدایت اطلاعات: هدایت اطلاعات در اینترنت با سوئیچینگ بسته ها انجام میگردد.

- پیام ها و اطلاعات ارسالی توسط برنامه کاربردی در میزبان مبدا به بسته های کوچکی به نام packet شکسته میشود.
- بسته ها بین سوئیچ های متعدد برای تحویل کل پیام از مبدا به مقصد هدایت میگردد.
- هر بسته به صورت مستقل با حداکثر ظرفیت هسته شبکه منتقل می شود و بنابراین ممکن است بسته ها از مسیرهای متفاوت به مقصد برسند.
- در هر تقاطع، روتر ها تصمیم میگیرند که بسته باید از کدام مسیر به راه خود ادامه بدهد.

17

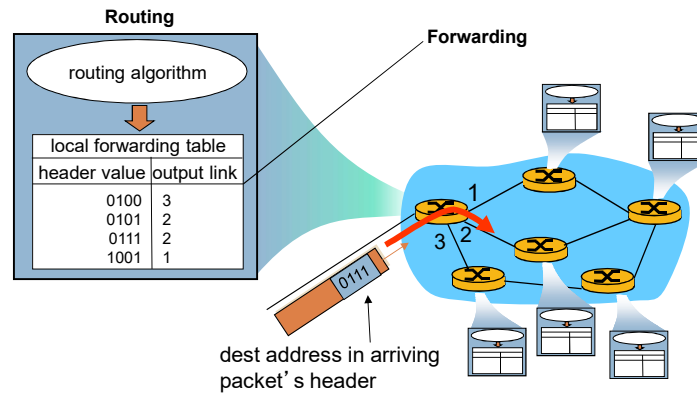
## مسیر یابی و هدایت بسته ها

### □ نحوه هدایت بسته در روتر ها:

- در روترها، بسته ابتدا بطور کامل دریافت شده و در بافر ورودی روتر قرار میگیرد (Store and Forward).
- سپس روتر با توجه به آدرس IP مقصد بسته، به جدولی به نام جدول مسیریابی (Routing table) مراجعه کرده و مسیر مناسبی را برای بسته انتخاب میکند و بسته را از اینترفیس (رابط) خروجی انتخاب شده به سمت مقصد هدایت میکند.
- بسته معمولا ابتدا در بافر خروجی قرار میگیرد و در صورتیکه مسیر خروجی مسدود یا مشغول نباشد بسته هدایت میگردد.
- اگر مسیر خروجی شلوغ باشد و بافر خروجی پر شود، بسته هایی که به بافر خروجی می رسند و یا بعضی از بسته های داخل بافر خروجی (بر اساس اولویت بسته ها) دور ریخته میشوند و از بین رفتن بسته (packet loss) اتفاق می افتد.
- جدول مسیریابی روتر با استفاده از پروتکل های مسیریابی (Routing protocols) بطور دوره ای به روز نگه داشته میشود تا اگر مسیری قطع یا تغییر کرده باشد، بسته به مسیر اشتباه هدایت نشود.

18

## مسیر یابی و هدایت بسته ها



19

## تاخیر در ارسال بسته به علت فرآیند "ذخیره و هدایت"

- فرض کنید سرعت ارسال اطلاعات در لینک های ورودی و خروجی یک روتر  $R$  (برحسب بیت برثانیه) باشد. همچنین فرض کنید سائز هر بسته  $L$  بیت باشد و تنها یک روتر در میان مبدا و مقصد باشد. چقدر زمان لازم است تا بسته به مقصد برسد؟

□ زمان لازم برای رسیدن کامل بسته و ذخیره آن در بافر ورودی روتر:

$$d = \frac{L}{R}$$

□ زمان لازم برای ارسال داده از روتر به مقصد:

$$d = \frac{L}{R}$$

□ زمان لازم برای ارسال بسته از مبدا تا رسیدن کامل آن به مقصد:

$$d = \frac{2L}{R}$$

- اگر روتر به محض دریافت اولین بیت، بصورت همزمان بیت ها را به مقصد ارسال میکرد، زمان بالا نصف میشد.

20

تاخیر در ارسال بسته به علت فرآیند "ذخیره و هدایت"

□ در مثال فوق زمان لازم برای 2 بسته برابر خواهد بود با:

$$d = \frac{3L}{R}$$

□ **تاخیر صف بافر خروجی:** لازم به ذکر است که اگر مسیر خروجی نیز شلوغ یا مشغول باشد (به علت ظرفیت کمتر لینک خروجی از مجموع لینک های ورودی)، تاخیر هایی هم بابت انتظار بسته برای ارسال، در بافر خروجی به زمانهای بحث شده اضافه میشود. به این تاخیر، تاخیر صف بافر خروجی (Output buffer queue delay) میگویند. البته این تاخیرها زمان ثابتی ندارند و بستگی به شلوغی لینک خروجی دارد.

□ **سوال:** اگر بین مبدا و مقصد N لینک (و بنابراین N-1 روتر باشد) زمان ارسال یک بسته چقدر خواهد بود؟

$$d = N \frac{L}{R}$$

□ **تمرین:** محاسبه کنید اگر بین مبدا و مقصد N روتر باشد، چقدر زمان لازم است تا P بسته بطور کامل به مقصد برسند (تاخیر صف بافر خروجی را صفر فرض کنید).

21

تاخیر در ارسال بسته به علت فرآیند "ذخیره و هدایت" – مثال

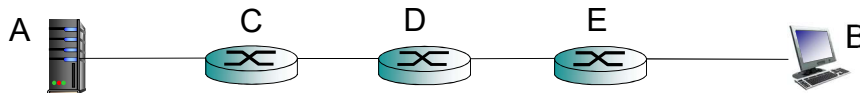
□ پیامی به طول  $8 \times 10^6$  bits روی شبکه زیر (کلیه لینک ها 2Mbps) ارسال می شود.

1. زمان انتقال کل پیام را بدست آورید (اگر بصورت یک قطعه ارسال شود).

2. اگر پیام به 8 قطعه مساوی تقسیم شود:

■ زمان انتقال قطعه اول و دوم

■ زمان انتقال کل قطعات را بدست آورید



22

تاخیر در ارسال بسته به علت فرآیند "ذخیره و هدایت" – مثال

$$1. \quad d_1 = \frac{8Mb}{2Mbps} = 4s$$

زمان انتقال پیام به اولین سوئیچ

$$d = 4 \times 4hops = 16s$$

زمان انتقال پیام از طریق 3 سوئیچ واسط

$$2. \quad \text{size of fragments} = \frac{8Mb}{8} = 1Mb$$

$$d_{11} = \frac{1Mb}{2Mbps} = 500ms$$

زمان انتقال اولین قطعه به سوئیچ اول

$$d_{12} = 2 \times 500 = 1s \quad (\text{زمان انتقال دومین قطعه به سوئیچ اول})$$

$$d_1 = 500 \times 4hops = 2s$$

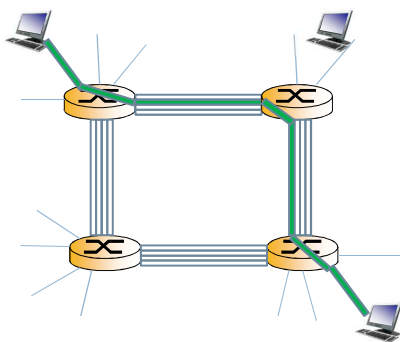
زمان دریافت اولین قطعه در گیرنده

از این لحظه به بعد هر 500 میلی ثانیه یک قطعه از قطعات باقیمانده به مقصد می رسد:

$$d = 2 + 7 \times 500ms = 5.5s$$

23

### شبکه سوئیچینگ مداری



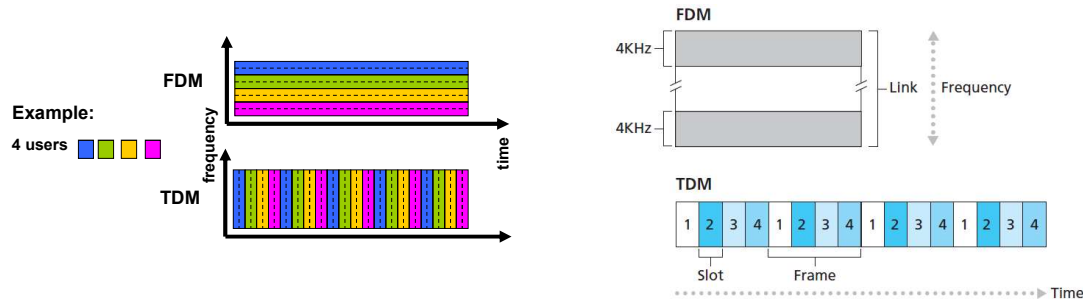
- در سوئیچینگ مداری، منابع مورد نیاز برای ارتباط، در طول مسیر ارتباطی، قبل از برقرار شدن و تا پایان ارتباط ارتباط رزرو میشوند.
- بر روی لینک های موجود قسمتی از پهنای باند (به شکل کانال) به یک ارتباط اختصاص داده میشوند.
- فرستنده و گیرنده میتوانند از پهنای باند رزرو شده به شکل گارانتی شده و اختصاصی استفاده کنند.
- در تصویر مقابل هر لینک، 4 کانال دارد و برای ارتباط نشان داده شده، یکی از 4 کانال بر روی لینک های سر راه مسیر رزرو شده اند.
- حتی در صورتیکه در فواصلی از مدت ارتباط داده ای منتقل نشود، لینک بطور کامل رزرو شده میماند.
- بنابراین این نوع ارتباط میتواند باعث اصراف ظرفیت مخابراتی شود.
- در هسته شبکه که معمولاً لینک ها بیشتر مواقع با ظرفیت کامل کار میکنند و کیفیت مهم است قابل استفاده است.

24

## شبکه سوئیچینگ مداری – ایجاد کانال

□ یک مدار بر روی لینک معمولاً با یکی از تکنیک های FDM یا TDM ایجاد میشود.

- **FDM:** پهنای باند موجود بر روی لینک به تعدادی کانال یا محدوده تقسیم میشود. در خطوط تلفن معمولاً این محدوده 4kHz می باشد. در رادیوی FM نیز از این روش استفاده میشود و محدوده کلی 88-108MHz به کانالهایی تقسیم میشود.
- **TDM:** زمان ارسال اطلاعات روی لینک، به فریم هایی تقسیم میشود. سپس هر فریم زمانی به تعدادی slot تقسیم میشود. وقتی یک مدار بر روی یک لینک TDM برقرار میشود، درواقع یکی از slot های همه فریم ها به این مدار اختصاص می یابد. برای مثال اگر لینک 8000 فریم در ثانیه را ارسال میکند و هر اسلات 8 بیت باشد، هر مدار میتواند 64kbps را منتقل کند.



25

## شبکه سوئیچینگ مداری – مقایسه با سوئیچینگ بسته ای

### □ سوئیچینگ مداری:

- در مصرف پهنای باند اصراف میکند.
- حداکثر پهنای باند اختصاص یافته به هر ارتباط کمتر است (و در نتیجه زمان انتقال یک داده مشخص طولانی تر).
- کیفیت سرویس گارانتی شده است.
- برای کاربردهای Realtime مثل صدا و تصویر که در آنها تاخیر بد است، کیفیت بهتری را ارائه میکند.
- پیچیدگی و زمانبر بودن ایجاد مدار

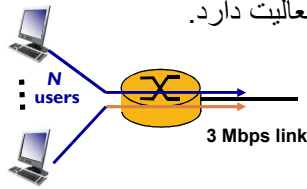
### □ سوئیچینگ بسته:

- از ظرفیت لینک بهتر استفاده میکند (با اشتراک منابع مورد استفاده برای تعدادی ارتباط).
- در صورت خالی بودن لینک (عدم استفاده از سایرین) ظرفیت لینک بالاتری به کاربر اختصاص می یابد.
- به علت احتمال راه بندان congestion و در نتیجه تاخیر صف بالا، کیفیت ارتباط ممکن است پایین باشد.
- در صورت استفاده از فرآیند ضمانت از بین نرفتن بسته های خاص (و اختصاص منابع) و همینطور کنترل ازدحام قسمتی از مشکلات حل میشود.

26

## سوئیچینگ بسته ای و مداری: ظرفیت شبکه

□ مثال: در شکل زیر 120 کاربر داریم و هر کاربر 150 kbps پهنای باند و 10% فعالیت دارد.



## □ سوئیچینگ مداری:

■ تعداد کاربران مجاز سوئیچینگ مداری

$$\text{■ } \# \text{ of users} = \frac{3 \text{ M}}{150 \text{ k}} = 20$$

نتیجه: در سوئیچینگ مداری 90% پهنای باند (27 Mbps) استفاده نمیشود.

## □ سوئیچینگ بسته ای:

■ احتمال ارسال همزمان n کاربر (توزیع باینومیل – تمرین 8p):

$$\binom{120}{n} p^n (1-p)^{120-n}$$

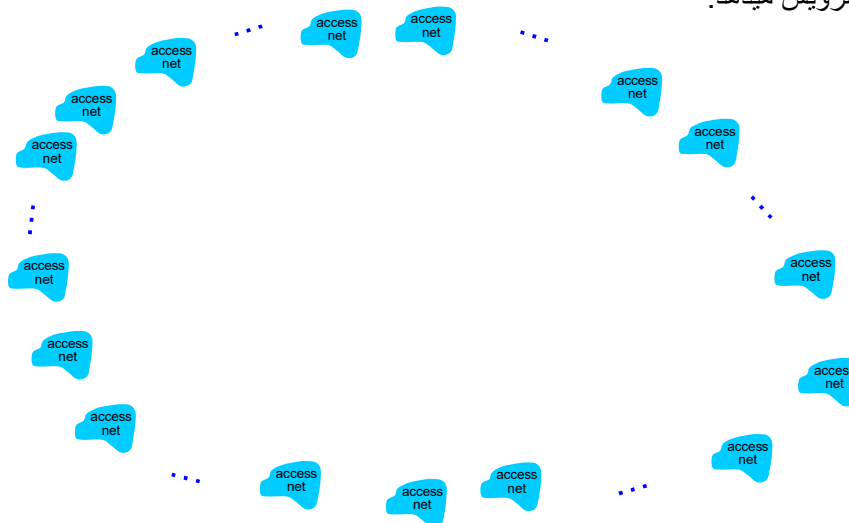
$$1 - p(\sum_{i=1}^{120} x_i \leq 21) \cong 0.003$$

■ احتمال ارسال همزمان 21 کاربر و بیشتر:

27

## هم بندی شبکه ها - چگونگی اتصال ISP ها در شبکه دسترسی (Access isp)

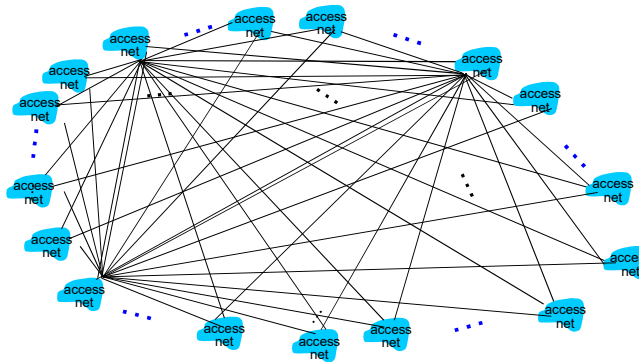
□ Access ISP: سرویس دهنده دسترسی، لازم نیست شرکت تلفن یا کابل باشد. میتواند شرکت یا دانشگاهی باشد که به کاربرانش سرویس میدهد.



28

هم بندی شبکه ها – اتصال همه سرویس دهنده های دسترسی (آرایش 0)

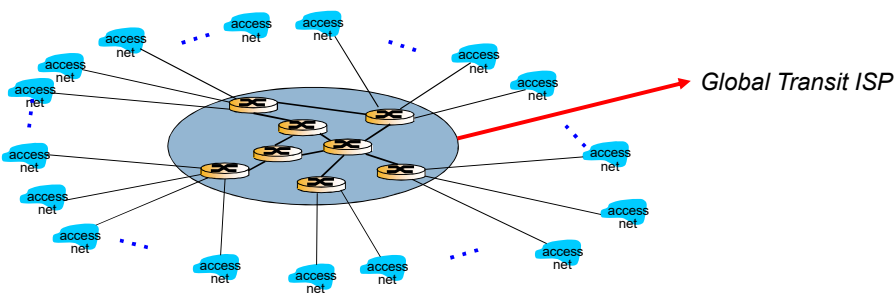
- Access ISP ها برای تبادل اطلاعات کاربران باید به هم متصل باشند.
- اولین آرایش ممکن و ساده انگارانه، اتصال تک تک ISP های دسترسی به هم است
- در اینصورت هرکدام از ISP ها باید به چند صد هزار ISP دیگر متصل شود و  $n(n-1)/2$  لینک لازم است یعنی از مرتبه  $O(N^2)$
- بنابراین این آرایش عملی نیست.



29

هم بندی شبکه ها – سرویس دهنده ترانزیت (انتقال) جهانی (آرایش 1)

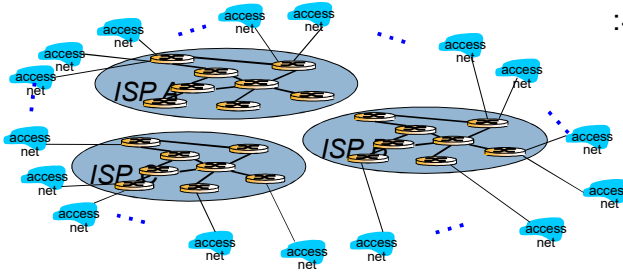
- روش ممکن بعدی این است که یک سرویس دهنده انتقال جهانی (Global Transit ISP) ایجاد شود که همه سرویس دهنده های دسترسی به آن متصل باشند و از آن سرویس بگیرند.
- این سرویس دهنده باید در تمام نقاط و نزدیک تمام سرویس دهنده های دسترسی یک نقطه اتصال داشته باشد.
- سرویس دهنده جهانی به میزان داده منتقل شده از سرویس دهنده های دسترسی هزینه دریافت میکند.
- ساختن چنین سرویس دهنده جهانی فرضی بسیار پر هزینه خواهد بود و مدیریت آن بسیار دشوار است.



30

### هم‌بندی شبکه‌ها – توسعه ISP های ترانزیت (آرایش 2)

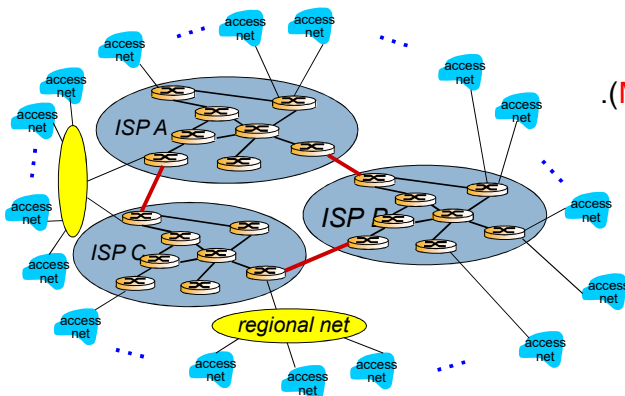
- با توجه به سودآور بودن ایده "سرویس دهنده ترانزیت جهانی" بیش از یک سرویس دهنده از این نوع توسط رقبا ایجاد شده‌اند.
- این سرویس دهنده‌های جهانی ترانزیت، ایجاد آرایشی جدید که آرایش 2 می‌نامیم را ممکن می‌سازند.
- سرویس دهنده‌های دسترسی، این آرایش را بیشتر ترجیح می‌دهند زیرا وجود رقابت بین سرویس دهنده‌های ترانزیت و انتخاب بیشتر، به سود آنهاست.
- ولی برای اینکه همه سرویس دهنده‌های دسترسی بتوانند با هم ارتباط داشته باشند، سرویس دهنده‌های ترانزیت نیز باید به نحوی با هم ارتباط برقرار کنند.
- حدود 10 الی 15 سرویس دهنده ترانزیت وجود دارند:  
 ■ Level3, AT&T, Sprint, NTT



31

### هم‌بندی شبکه‌ها – نیاز به شبکه‌های دسترسی منطقه‌ای (آرایش 3)

- در آرایش 2 فرض شد که سرویس دهنده‌های ترانزیت، قادر به نصب تجهیزات و لینکها در نزدیکی تمام Access ISP های دنیا (صدها هزار) بوده و به آنها سرویس ارائه خواهند کرد.
- در عمل هیچکدام از این سرویس دهنده‌های ترانزیت در تمامی شهرهای دنیا حضور ندارند.
- سرویس دهنده‌های منطقه‌ای (Regional ISPs) این وظیفه را به عهده دارند و خود آنها از سرویس دهنده‌های رده 1 (Tier 1) سرویس می‌گیرند و هزینه پرداخت می‌کنند.
- در عمل در هر منطقه ممکن است چند سرویس دهنده منطقه‌ای رقابت کنند و هر AccessISP از خدمات چند سرویس دهنده منطقه‌ای استفاده کند (Multihomed).
- در کشور چین این سلسله مراتب 3 سطحی، 4 سطحی است. سرویس دهنده‌های دسترسی از سرویس دهنده‌های استانی (Provincial) سرویس می‌گیرند. سرویس دهنده‌های استانی از سرویس دهنده‌های ملی سرویس می‌گیرند و سرویس دهنده‌های ملی از سرویس دهنده‌های tier-1 جهانی سرویس می‌گیرند.

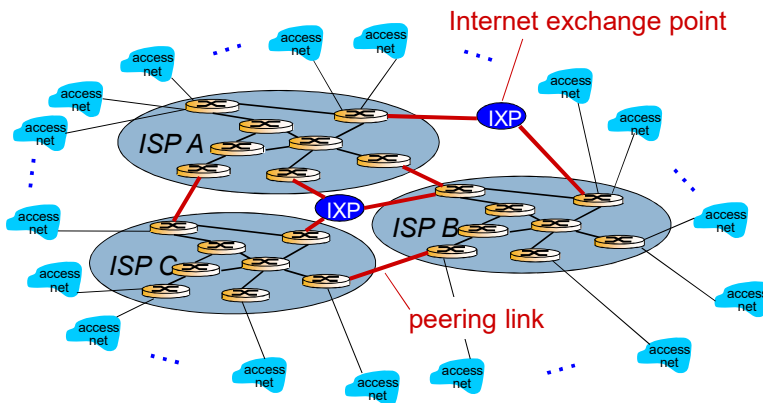


32



هم بندی شبکه ها – نیاز به سوئیچینگ بین ترانزیت ها (آرایش 4)

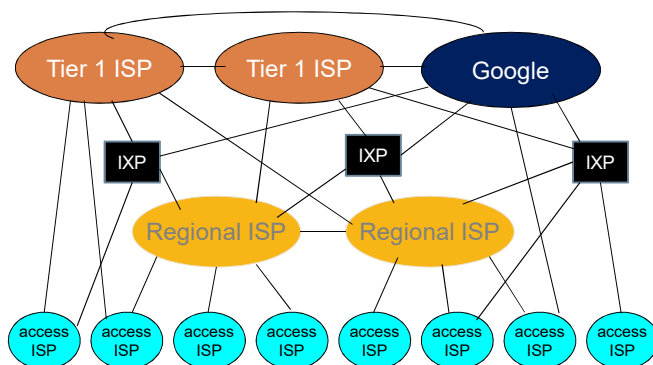
- سرویس دهنده های ترانزیت یا با استفاده از لینک مستقیم بین هم (peering link) و یا از طریق نقطه تبادل شبکه (Internet Exchange Point) که معمولا در یک ساختمان مجزا و با تجهیزات ظرفیت بالای شبکه ساخته شده امکان پذیر است. IXP بیش از 2 سرویس دهنده ترانزیت را به هم وصل میکند (حدود 400 IXP در سال 2016).



33

هم بندی شبکه ها – شبکه های تولید محتوی (آرایش 5)

- بعضی از تولید کنندگان عمده محتوا مانند شرکت گوگل، شبکه اختصاصی خود را که از لینک ها و مراکز داده اختصاصی تشکیل میشود، ساخته اند.

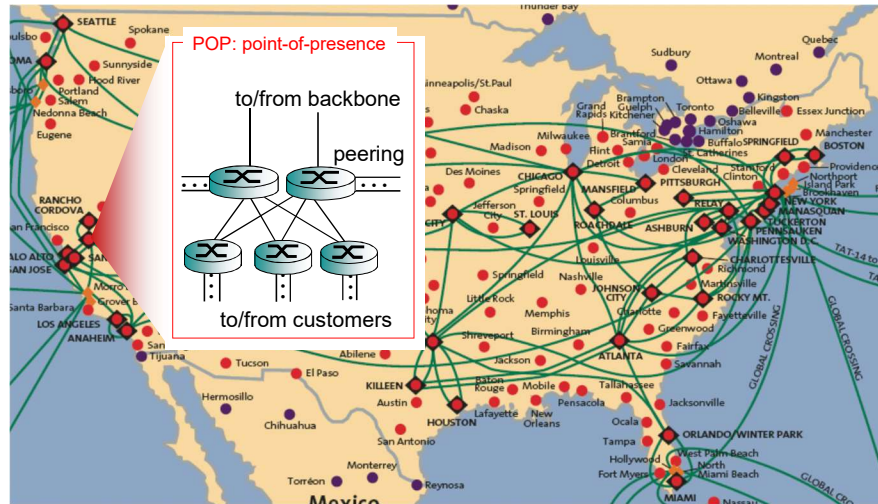


- Google به منظور دور زدن سرویس دهنده های رده 1 (ترانزیت) این کار را انجام داده و هدف آن از این کار عبارت است از:
  - کم کردن هزینه های پرداختی به سرویس دهنده های ترانزیت
  - رد کردن بسته های گوگل با اولویت بالا و بدون رقابت با سایر بسته های عبوری روی لینک سرویس دهنده های رده 1
- شبکه گوگل علاوه بر اتصال به سرویس دهنده های رده 1، به بعضی سرویس دهنده های منطقه ای و رده پایین تر نیز از طریق اتصال های peer و IXP متصل است.

34

هم بندی شبکه ها – مثال سرویس دهنده رده اول (Transit, Tier1)، Sprint

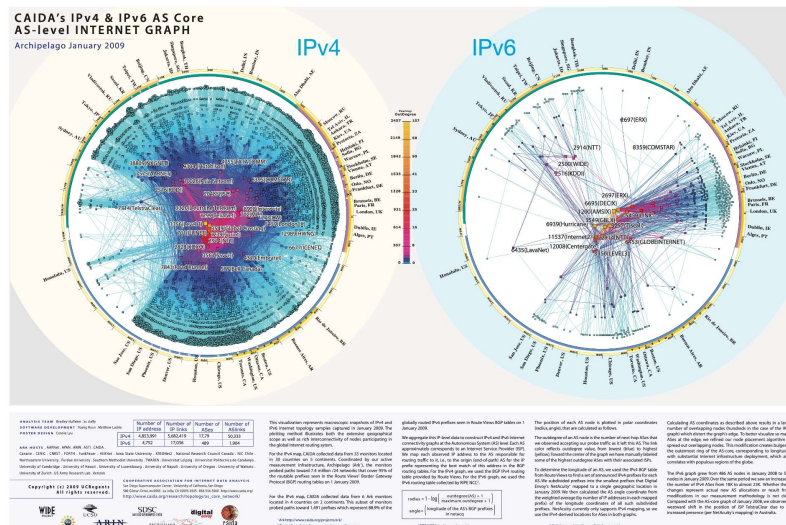
□ POP (Point of Presence): نقطه یا روتری که سرویس دهنده مشتری (Customer ISP) با آن به شبکه سرویس دهنده رده بالاتر وصل میشود.



35

وضعیت استفاده از پروتکل ها - 2009

□ در اسلاید های بعدی وضعیت استفاده از IPv4 و IPv6 در قسمت های مختلف شبکه اینترنت در سالهای مختلف دیده می شود.

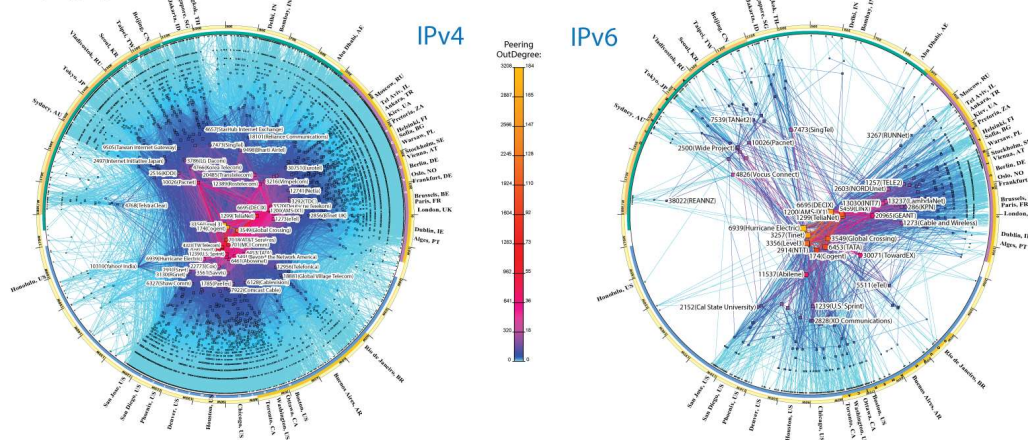


36

# وضعیت استفاده از پروتکل ها - 2012

## CAIDA'S IPv4 & IPv6 AS Core AS-level INTERNET GRAPH

Archipelago April 2011



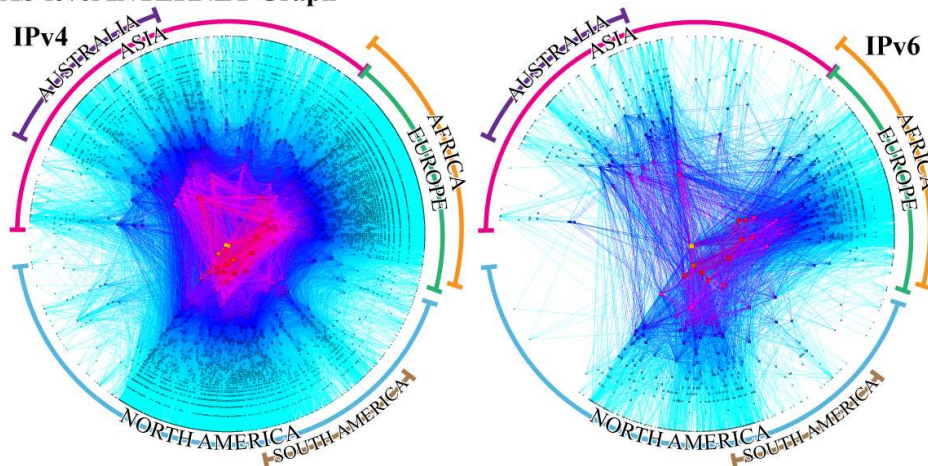
Copyright © 2012 UC Regents. All rights reserved.

37

# وضعیت استفاده از پروتکل ها - 2013

## CAIDA's IPv4 & IPv6 AS Core AS-level INTERNET Graph

Archipelago  
Jan 2013



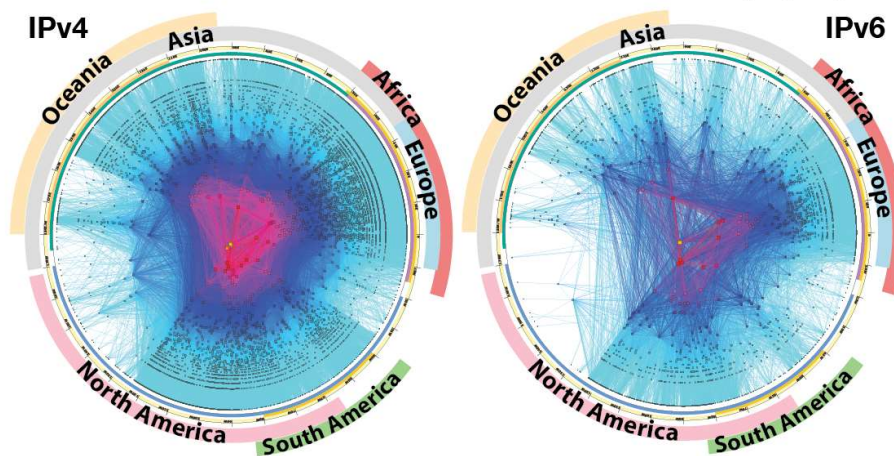
Copyright 2013 UC Regents. All rights reserved.

38

وضعیت استفاده از پروتکل ها - 2015

## CAIDA's IPv4 vs IPv6 AS Core AS-level Internet Graph

Archipelago July 2015



Copyright © 2015 UC Regents. All rights reserved.

39

کارایی شبکه

40

## کارایی شبکه

□ **کارایی شبکه:** پارامترهای قابل اندازه گیری در یک شبکه، که نشاندهنده نحوه عملکرد آن شبکه در تبادل داده (ارسال و دریافت) باشد

□ **معیارهای کارایی:** فاکتورهای قابل اندازه گیری و نمایش در تبادل داده

### □ تاخیر (delay)

■ مدت زمان سپری شده برای تحویل کامل بسته/پیام از مبدا به مقصد

■ دارای چهار مولفه مختلف (پردازش، صف، ارسال و پخش)

### □ گزردهی (throughput)

■ مقدار داده در حال عبور از شبکه در واحد زمان (ثانیه)

■ دارای واحد اندازه یکسان با پهنای باند (ظرفیت لینک) و نرخ داده

■ کسری از ظرفیت اسمی لینک (نرخ داده در حال حمل)

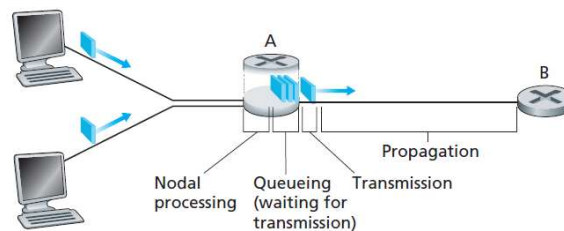
### □ اتلاف (loss)

■ مقدار داده از بین رفته در مسیر

41

## انواع تاخیر

تاخیر انتها-به-انتها بسته به توپولوژی شبکه ترکیبی از مولفه های مختلف است



### □ تاخیر پردازش نود (Nodal Processing)

■ مدت زمان مورد نیاز برای خواندن هدر پکت و مشخص کردن مسیر ارسال بسته (و همچنین کردن خطای بسته در سطح بیت) در هر نقطه (میزبان/مسیریاب)

■ معمولاً در حد چند میکروثانیه است.

42



## انواع تاخیر

## □ تاخیر صف (Queueing) – توضیح بیشتر در صفحات بعد

- مدت زمان انتظار بسته در بافر خروجی هر مسیریاب طی فرآیند ذخیره-هدایت
- بستگی به تعداد بسته هایی که از قبل در انتظار ارسال هستند، و پهنای باند خط و پارامترهای دیگر دارد.
- اگر بسته ای از قبل منتظر نباشد این تاخیر صفر است و اگر ترافیک روی خط بالا بوده و بافر خروجی حجم زیادی از بسته های در حال انتظار را داشته باشد، طولانی تر است.
- معمولاً در رنج میکرو ثانیه تا چندین میلی ثانیه است.

## □ تاخیر انتقال (Transmission)

- مدت زمان سپری شده برای تحویل کامل یک بسته به لینک یا دریافت کامل بسته از لینک
- نرخ انتقال  $R$  و حجم بسته  $L$ :  $d_T = \frac{L}{R}$
- برای LAN و لینک های با ظرفیت 10 مگابیت بر ثانیه و بالاتر معمولاً کم است.
- برای لینک های کم ظرفیت مثلاً Dial-up بالا است.
- معمولاً موثرترین پارامتر در مجموع زمان تاخیر است، مگر در لینک های بسیار طولانی که تاخیر پخش بالاتر است.

43

## انواع تاخیر

## □ تاخیر انتشار (propagation delay)

- مدت زمان سپری شده برای طی مسیر لینک توسط یک بیت داده
- وابسته به طول مسیر و نوع رسانه (که سرعت پخش سیگنال را تحت تاثیر قرار میدهد)
- معمولاً سیگنال با سرعتی نزدیک به سرعت نور در خلاء مسیر را طی میکند.
- در فواصل کوتاه مثلاً شبکه یک دانشگاه زمان ناچیزی است. ولی در لینک های ماهواره میتواند تا چند صد میلی ثانیه افزایش یابد و به پارامتر اصلی تاخیر تبدیل شود.

44

### انواع تاخیر - جزئیات تاخیر صف

- ماهیت متفاوت با دیگر مولفه های تاخیر در شبکه دارد
- زمان تاخیر صف برای بسته های مختلف میتواند متفاوت باشد.
- اگر تعدادی بسته تقریباً همزمان به صف برسند، بطور میانگین بسته های ابتدایی تاخیر صف کمتر و بسته های انتهایی تاخیر صف بیشتر دارند.

#### تحلیل عددی:

- فرض کنید  $a$  نرخ متوسط رسیدن بسته ها در هر ثانیه باشد (packet/s)
- برای سادگی فرض کنید طول همه بسته ها  $L$  باشد
- در اینصورت، میانگین نرخ ورود بیت به صف:  $La$
- پارامتری به نام شدت ترافیک (traffic intensity) به شکل مقابل تعریف میگردد:  $\frac{La}{R}$

45

### انواع تاخیر - جزئیات تاخیر صف

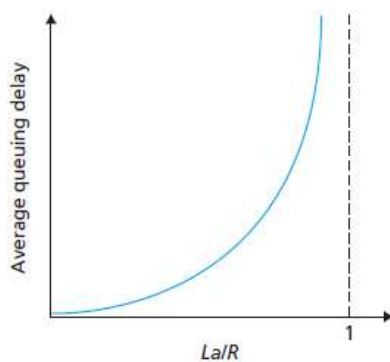
#### □ اثر شدت ترافیک بر صف

□  $\frac{La}{R} > 1$ : افزایش طول صف، افزایش تاخیر

□  $\frac{La}{R} \leq 1$ :

■ **ورود منظم بسته ها:** در اینصورت اگر شدت ترافیک از 1 بطور قابل توجهی کمتر باشد وقتی بسته به صف برسند معمولاً صف خالی خواهد بود و بنابراین تاخیری نخواهند داشت. اگر شدت ترافیک نزدیک به 1 باشد، بسته ها گاهی تاخیر خواهند داشت ولی راهبندان و تاخیر طولانی اتفاق نمی افتد.

■ **ورود فورانی بسته ها:** مثلاً اگر  $N$  بسته در هر  $(L/R)N$  ثانیه برسند (شدت ترافیک نزدیک 1)، اولین بسته بدون تاخیر ارسال میشود، دومین بسته با تاخیر  $L/R$  و بسته  $n$  ام با تاخیر  $(n-1)\frac{L}{R}$  ارسال میگردد.



□ **تمرین:** در حالت ورود فورانی، اگر  $n$  بسته به شکل توضیح داده شده برسند، زمان متوسط تاخیر بسته ها را حساب کنید.

46

## تاخیر ابتدا تا انتها

□ تاخیر هر بسته با جمع زدن تاخیرهای ذکر شده محاسبه میشود:

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

□ تاخیر N بسته با فرض اینکه صف خروجی پر یا شلوغ نباشد به شکل زیر محاسبه میشود:

$$d_{\text{end-end}} = N(d_{\text{proc}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}})$$

□ اگر صف شلوغ باشد، یا در زمانهای مختلف شلوغ شود، با توجه به زمانهای متفاوت تاخیر صف برای بسته های مختلف محاسبه عدد فوق به راحتی امکان پذیر نمیشود.

□ برای پیش بینی زمان تاخیر در چنین سناریوهایی باید از شبیه سازی استفاده کرد.

□ **نکته:** شبکه هایی مانند WiFi و Ethernet که مالیتی اکسس هستند ممکن است به دلایل کنترل دسترسی، ارسال بسته های یک میزبان را با تاخیر انجام دهند. این تاخیر ها نیز با تاخیرهای فوق جمع میگردد.

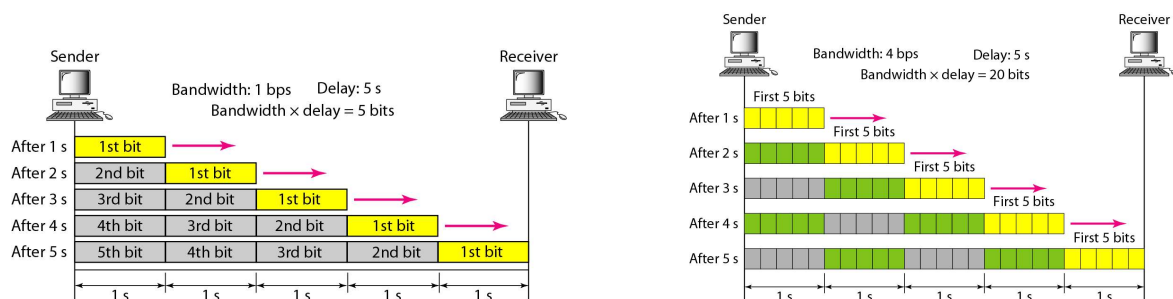
47

## حاصلضرب پهنای باند، تاخیر

□ حاصلضرب پهنای باند - تاخیر: معیاری است که مشخص میکند چه تعداد بیت طول لینک را در هر لحظه پر یا اشغال میکنند. به شکل مقابل محاسبه میشود

$$R \cdot d_{\text{prop}}$$

□ تاخیر در این حاصلضرب معمولاً بر اساس تاخیر انتشار (propagation delay) رفت و برگشت (یا فقط رفت) محاسبه میشود. زمان برگشت در صورتی در نظر گرفته میشود که ارسال کامل و صحیح بسته نیازمند تابیدیه به مبداء هم باشد.



48



### حاصلضرب پهنای باند، تاخیر - مثال

- دو میزبان به فاصله 20,000 کیلومتر از هم با لینک 2 Mbps متصل هستند.
- حاصلضرب پهنای باند-تاخیر را بدست آورید (سرعت انتشار  $2.5 \times 10^8$ ).
- در ارسال یک فایل 800,000 bits تعداد بیت روی لینک در هر لحظه چه مقداری است؟
- طول بیت (مکانی) روی لینک را بدست آورید.

$$\square d_{prop} = \frac{20,000 \text{ km}}{2.5 \times 10^8} = 80 \text{ ms}, \quad R \cdot d_{prop} = 160 \text{ kb}$$

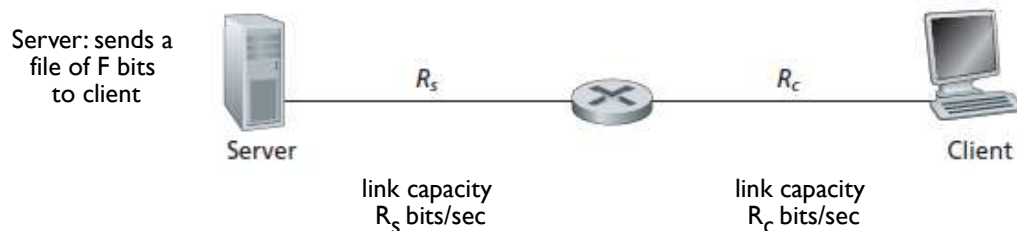
□ برابر حداکثر مقدار ممکن (160kb)

$$\square L_b = \frac{L}{R \cdot d_{prop}} = \frac{20,000 \text{ km}}{160 \text{ k}} = 125 \text{ m} !$$

49

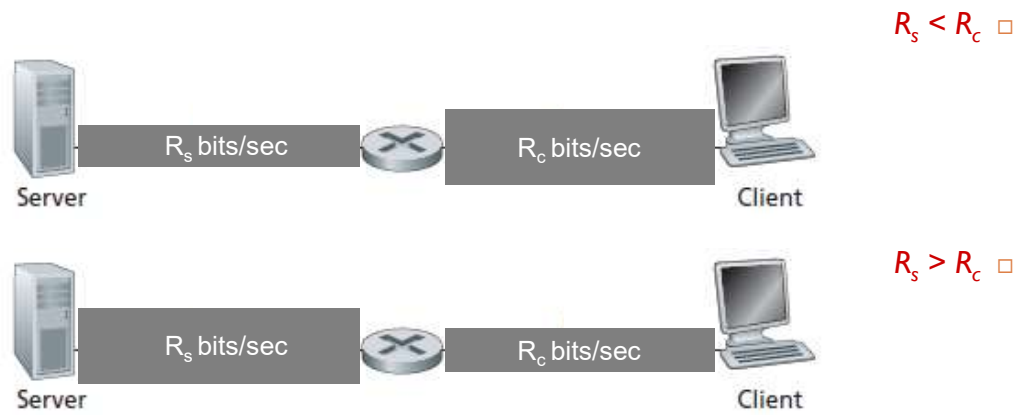
### گذردهی (throughput)

- به دو صورت لحظه ای و میانگین تعریف میگردد
- گذردهی لحظه ای: صرف نظر از حجم انتقال، عبارت از نرخ دریافت لحظه ای در گیرنده
- گذردهی میانگین: قابل محاسبه پس از اتمام دریافت و بر اساس حجم داده و تاخیر Volume/Time



50

## گذردهی (throughput)



□ گذردهی کل شبکه:  $\min\{R_c, R_s\}$

51

## گذردهی (throughput) – مثال

□ شبکه ای با پهنای باند 10 Mbps قابلیت عبور حداکثر 12,000 فریم در دقیقه را دارد. اگر هر فریم دارای طول متوسط 10,000 bit باشد، مقدار گذردهی را بدست آورید.

□  $\text{Throughput} = \frac{12,000 \times 10,000}{60} = 2 \text{ Mbps}$

52

## گذردهی (throughput) – مثال 2

□ مثال: در شکل روبرو

□ گلوگاه لینک مشتری ها را پیدا کنید.

□ گذردهی انتها-به-انتها برای هر مسیر انتقال را پیدا کنید.

- $R = 5Mbps$
- $R_c = 1Mbps$
- $R_s = 2Mbps$

