

مقدمه ای بر اینترنت

بررسی معماری شبکه

فهرست مطالب

❖ تعریف اینترنت

❖ معرفی لبه شبکه

▪ سیستم انتهایی، شبکه دسترسی، رسانه انتقال

❖ معرفی هسته شبکه

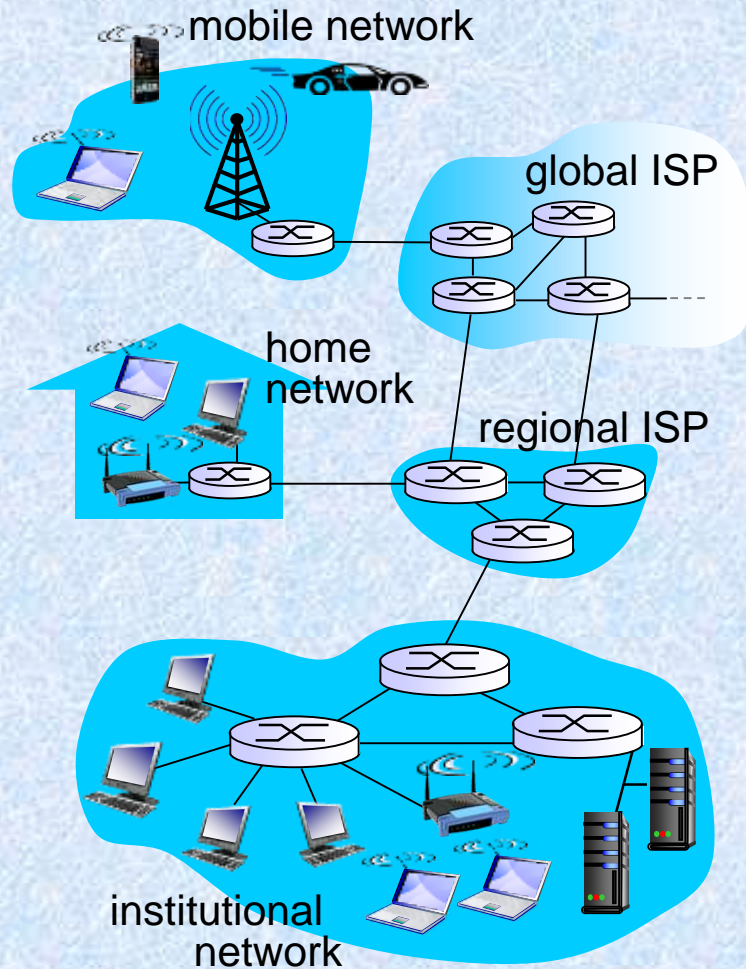
▪ شبکه های سوئیچینگ مداری/بسته ای، معماری اینترنت

❖ کارایی شبکه

❖ معرفی معیارهای کارایی

▪ تلف، تاخیر، گذردهی

اجزاء اینترنت



❖ سیستم های انتهایی

- میلیون ها سیستم کامپیوتری متصل

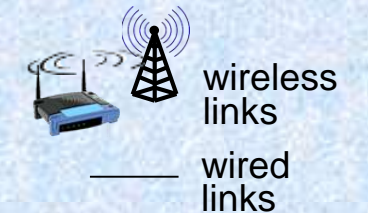
• بنام میزبان

- با قابلیت اجرای برنامه های شبکه



❖ رسانه های ارتباطی

- شامل فیبر، کابل، رادیو، ماهواره



❖ سوئیچ های بسته ای

- شامل سوئیچ ها و مسیریاب ها



برخی کاربردهای اینترنت



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



Web-enabled toaster +
weather forecaster



Tweet-a-watt:
monitor energy use



Internet
refrigerator

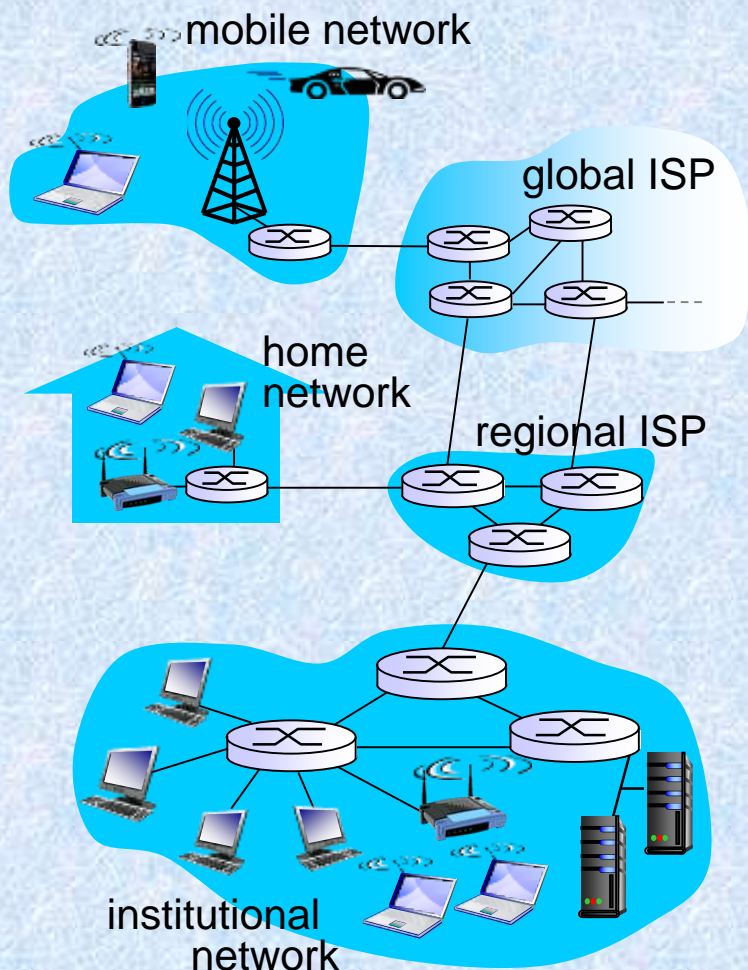


Slingbox: watch,
control cable TV remotely



Internet phones

اجزاء اینترنت: در حال حاضر



❖ لبه شبکه

▪ میزبان ها

• سرویس دهنده - مشتری

▪ مکان عمومی سرورها: مراکز داده

❖ شبکه دسترسی و رسانه انتقال

▪ لینک های ارتباطی

• کابل، فیبر ... (باسیم)

• رادیو (بیسیم)

❖ هسته شبکه

▪ مسیر یاب های متصل به هم

▪ شبکه ی شبکه ها

شبکه های دسترسی و رسانه انتقال

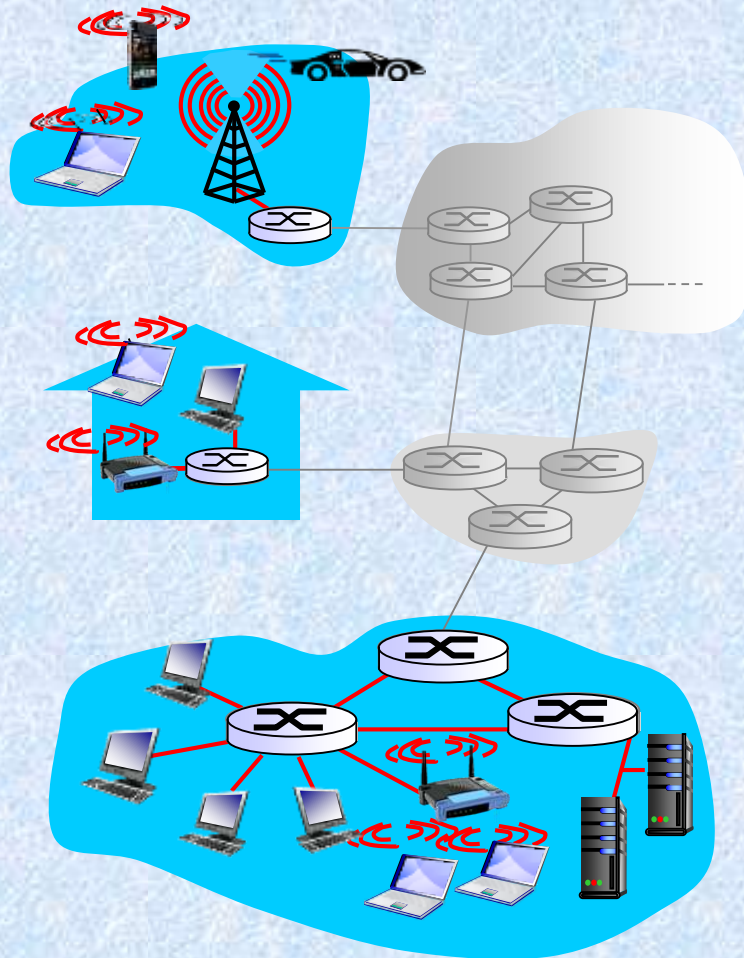
❖ شبکه های دسترسی

■ متصل کننده ی سیستم های انتهایی به مسیریاب های لبه

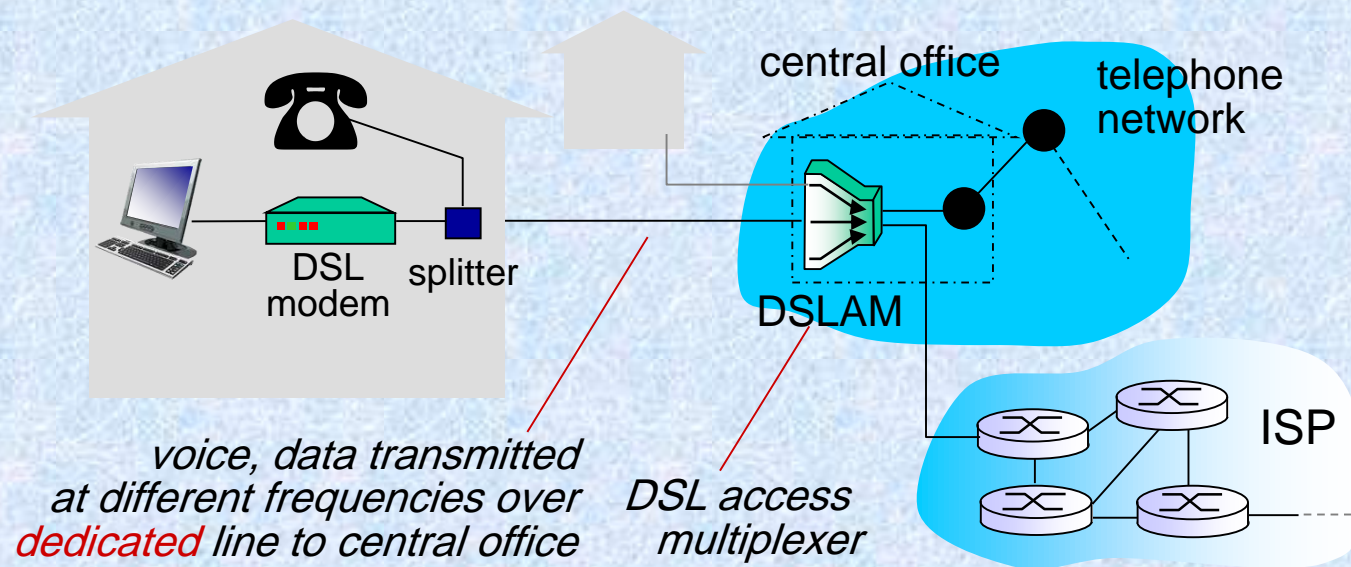
- شبکه های دسترسی خانگی
- شبکه های دسترسی سازمانی
- شبکه های دسترسی موبایل

❖ عوامل مهم در دسترسی

- پهنای باند (bps)
- اختصاصی یا اشتراکی بودن شبکه



انواع شبکه های دسترسی: خط دیجیتال مشترک (DSL)



❖ استفاده از خط تلفن موجود برای اتصال به DSLAM در مرکز تلفن محلی

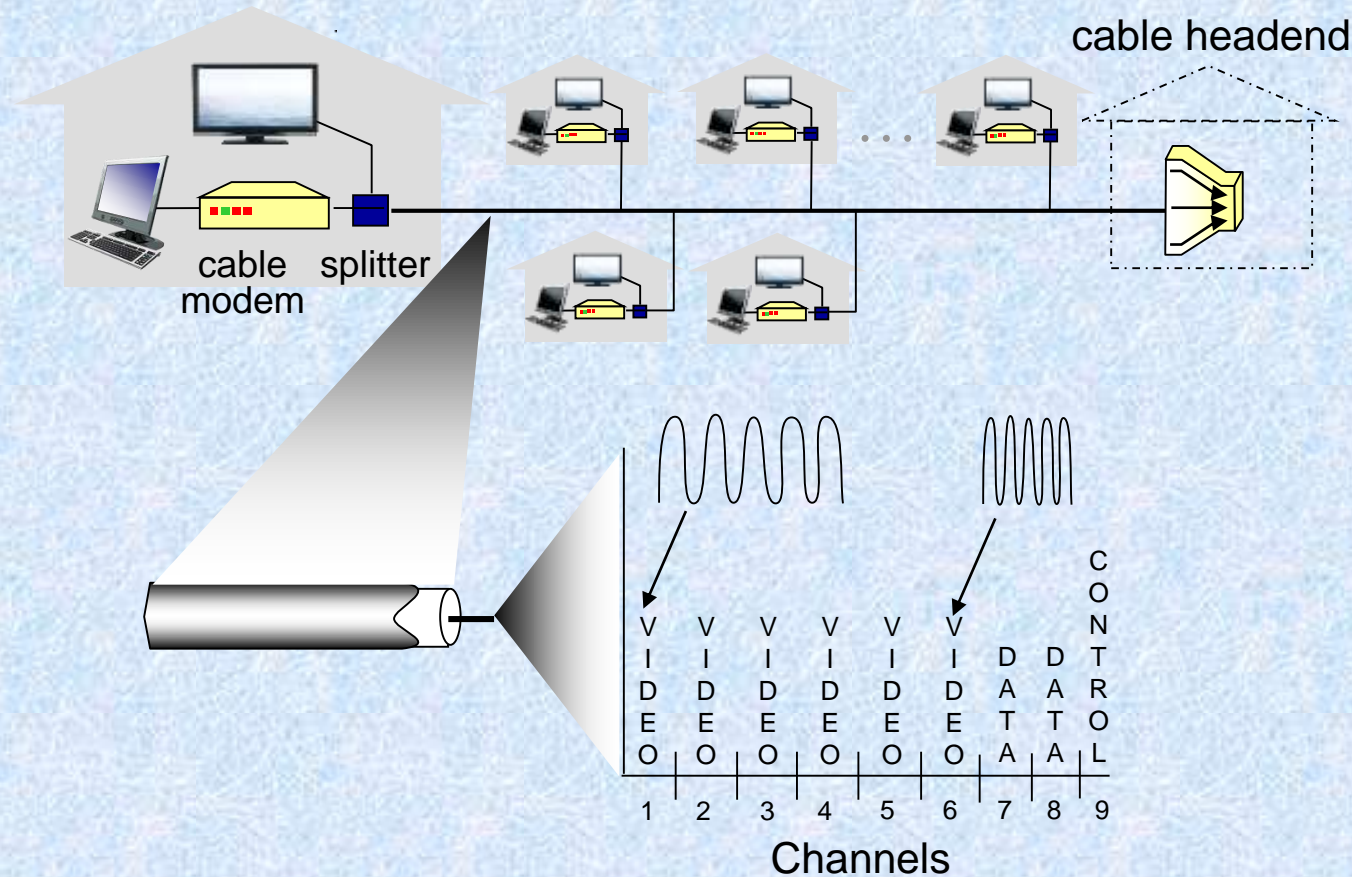
▪ ارتباط تلفن از طریق خط تلفن به سوئیچ تلفن

▪ ارتباط اینترنت از طریق خط تلفن به اینترنت

❖ حداکثر پهنای باند ارسال: 2.5 Mbps

❖ حداکثر پهنای باند دریافت: 24 Mbps

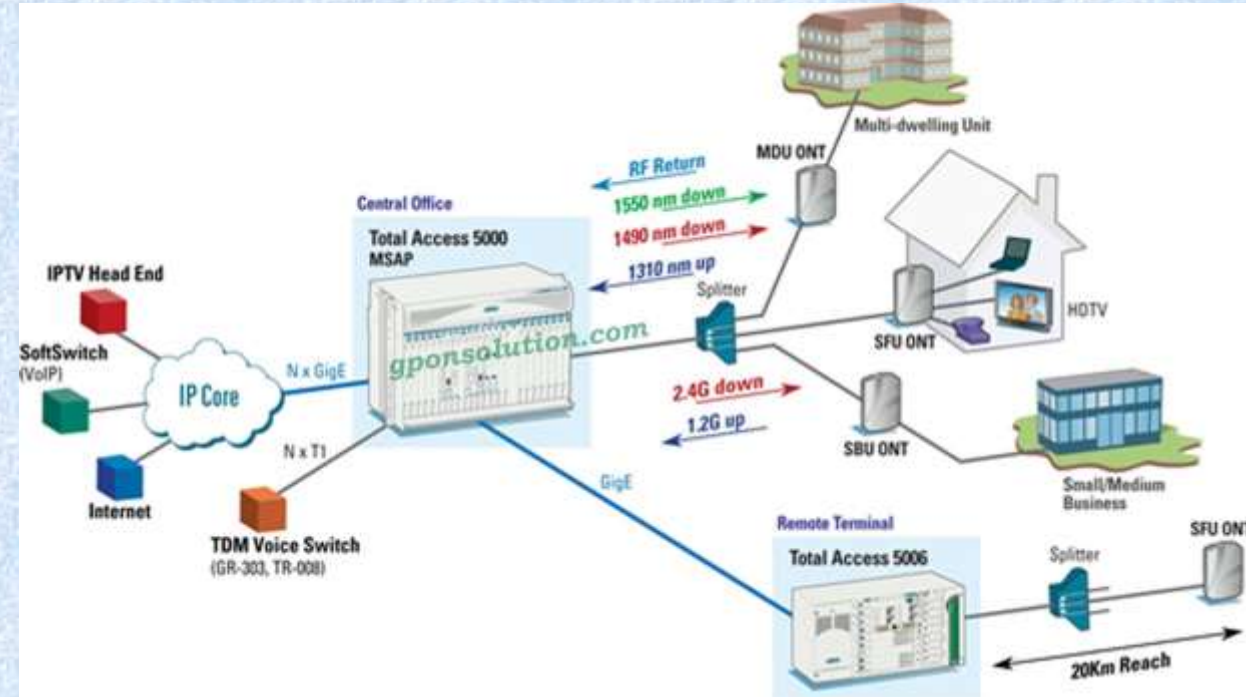
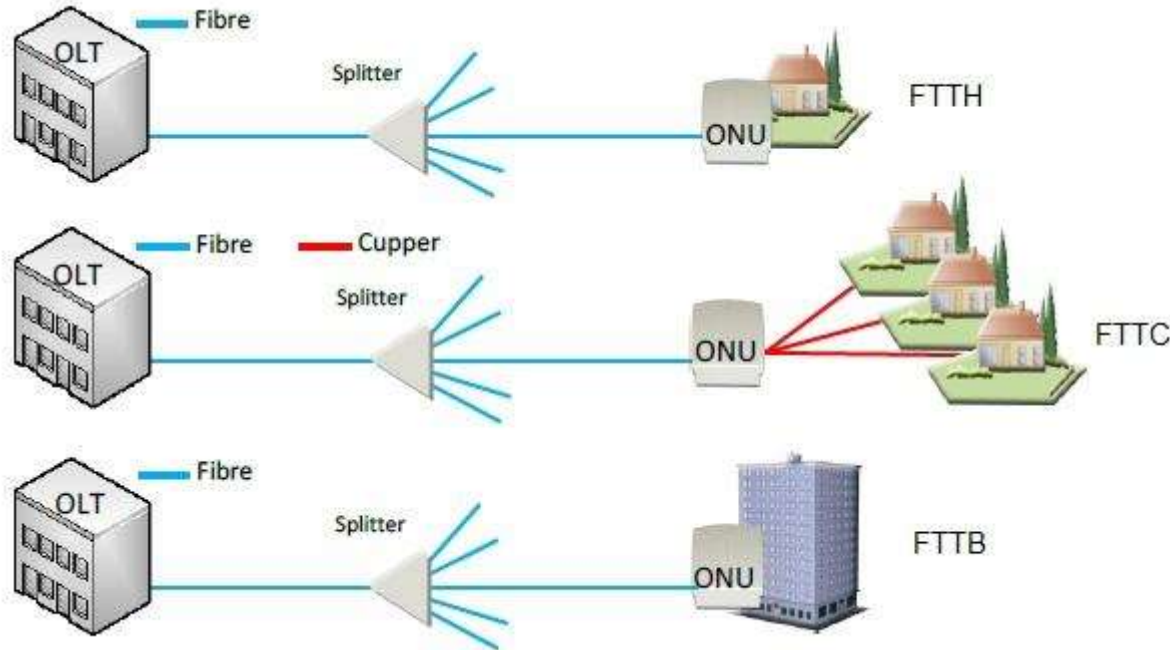
...شبکه کابل مسی



❖ ارتباط تمامی سیستم های انتهایی از طریق یک کابل

❖ استفاده از کانال های فرکانسی مجزا برای هر سیستم انتهایی (FDM)

...شبکه های فیبر نوری



❖ اتصال شبکه کوچک (خانگی، سازمانی...) به مرکز از طریق فیبر نوری

▪ شامل فناوری های فیبر تا شبکه (خانه، ساختمان...)

• FTTx (FTTH, FTTB, FTTC...)

❖ دارای دو معماری دسترسی:

▪ شبکه نوری غیرفعال (PON)

▪ شبکه نوری غیرفعال سریع (GPON)

شبکه های بی سیم

❖ شبکه های بی سیم محلی

- طراحی و استاندارد سازی شده برای درون ساختمان
- برد زیر ۱۰۰ متر
- پهنای باند فعلی: حداکثر 800 Mbps
- استانداردهای موجود:

• IEEE 802.11x (b, g, n, ac)



to Internet

❖ شبکه های بی سیم گسترده

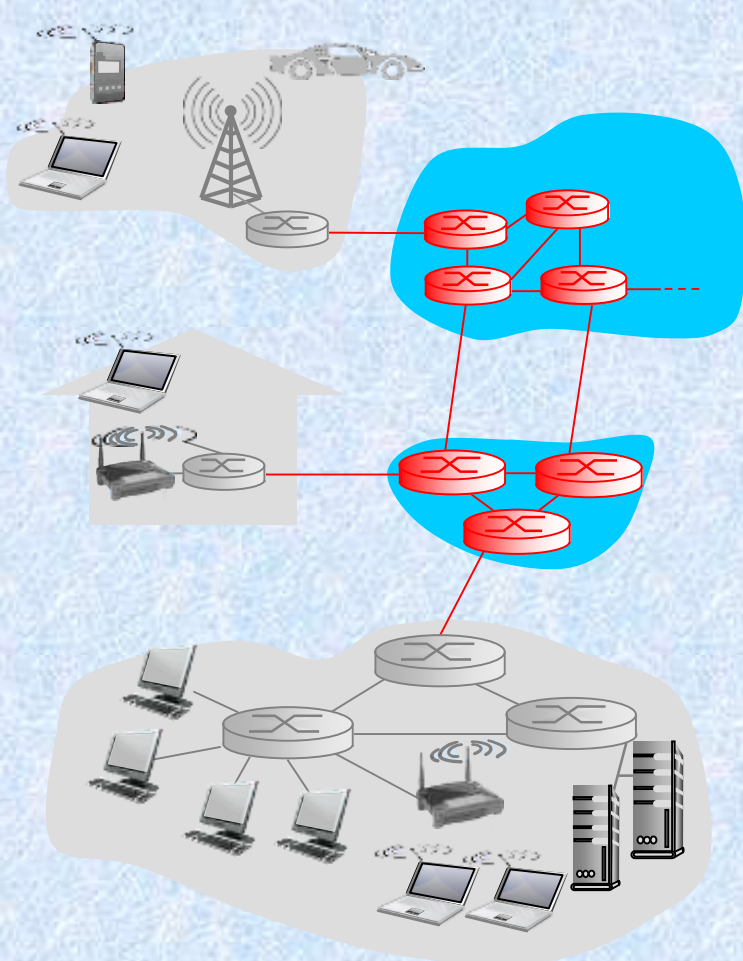
- تامین شده توسط شرکت های تلفن همراه
- پوشش وسیع، برد چند ده کیلومتر
- پهنای باند فعلی: حداکثر 100 Mbps
- استانداردهای موجود:

• HSPA, LTE (3G, 4G...)



to Internet

هسته شبکه



❖ ترکیبی از سوئیچ (مسیریاب) های متصل به هم برای تامین ارتباط شبکه های دسترسی

❖ نحوه هدایت: سوئیچینگ بسته

▪ شکستن پیام به بسته ها توسط برنامه کاربردی در میزبان

▪ هدایت بسته ها بین سوئیچ های متعدد برای تحویل کل پیام از مبدا به مقصد

❖ هر بسته به صورت مستقل با حداکثر ظرفیت هسته شبکه منتقل می شود

❖ نحوه هدایت بسته: از یک نقطه به نقطه دیگر به روش ذخیره-هدایت

کارایی شبکه

❖ تعریف اولیه

- عبارت از عملکرد یک شبکه (صرف نظر از نوع و اندازه) در تبادل (ارسال و دریافت) داده

❖ معیارهای کارایی

- فاکتورهای قابل اندازه گیری و نمایش در تبادل داده

❖ گذردهی

- 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 لینک (نرخ داده در حال حمل)

❖ تاخیر

- مدت زمان سپری شده برای تحویل کامل بسته /پیام از مبدا به مقصد
- دارای چهار مولفه مختلف

❖ تلف

- مقدار داده از بین رفته در مسیر

انواع تاخیر

❖ تاخیر انتشار

- مدت زمان سپری شده برای طی مسیر لینک توسط یک بیت داده
- وابسته به طول مسیر

❖ تاخیر انتقال

- مدت زمان سپری شده برای تحویل کامل یک بسته به لینک یا دریافت کامل بسته از لینک
- برای نرخ انتقال R و حجم بسته L: $d_T = \frac{L}{R}$

❖ تاخیر صف

- مدت زمان انتظار در هر مسیریاب طی فرآیند ذخیره-هدایت

❖ تاخیر پردازش

- مدت زمان مورد نیاز برای پردازش در هر نقطه (میزبان/مسیریاب)
- «تاخیر انتها-به-انتهای بسته به توپولوژی شبکه ترکیبی از مولفه های مختلف است»

تاخیر صف

- ❖ دارای تفاوت های ماهیتی با دیگر مولفه های تاخیر در شبکه
- ❖ متغیر از بسته ای به بسته دیگر
 - بطور میانگین بسته های ابتدایی تاخیر صف کمتر و بسته های انتهایی تاخیر صف بیشتر
- ❖ بررسی عددی (مثال)
 - میانگین ورود بیت به صف در یک سوئیچ: La
 - نرخ ورود بسته به صف (a)، طول بسته (L)، نرخ انتقال (R)
 - شدت ترافیک (traffic intensity): $\frac{La}{R}$

...تاخیر صف

❖ اثر شدت ترافیک بر صف

افزایش طول صف، افزایش تاخیر $\leftarrow \frac{La}{R} > 1$ ■

ورود منظم بسته: طول صف = تاخیر صف = ♦

ورود فورانی بسته: افزایش منظم طول و تاخیر

مثال: اگر نرخ ورود L/R باشد، تاخیر بسته n ام برابر: $(n - 1) \frac{L}{R}$ ■

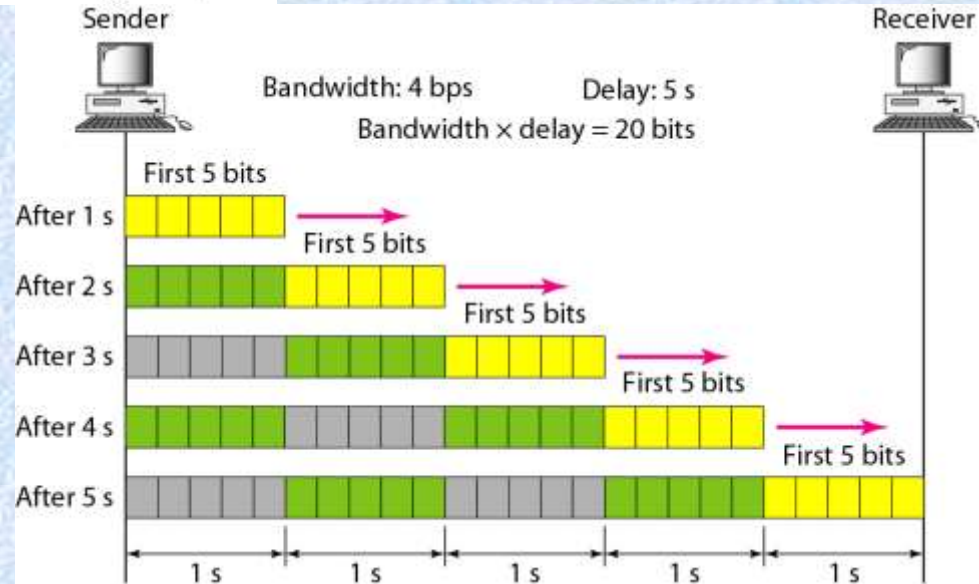
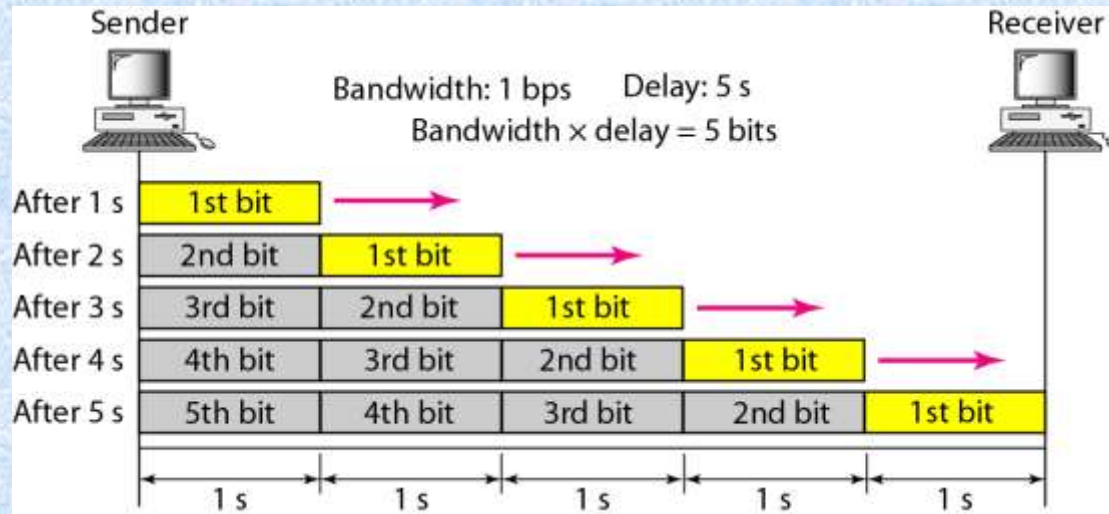
❖ نتیجه گیری

■ شدت ترافیک نزدیک به صفر: صف خالی (طول صف = ♦)

■ شدت ترافیک نزدیک به ۱: افزایش میانگین طول صف

$R \cdot d_{prop}$ Product

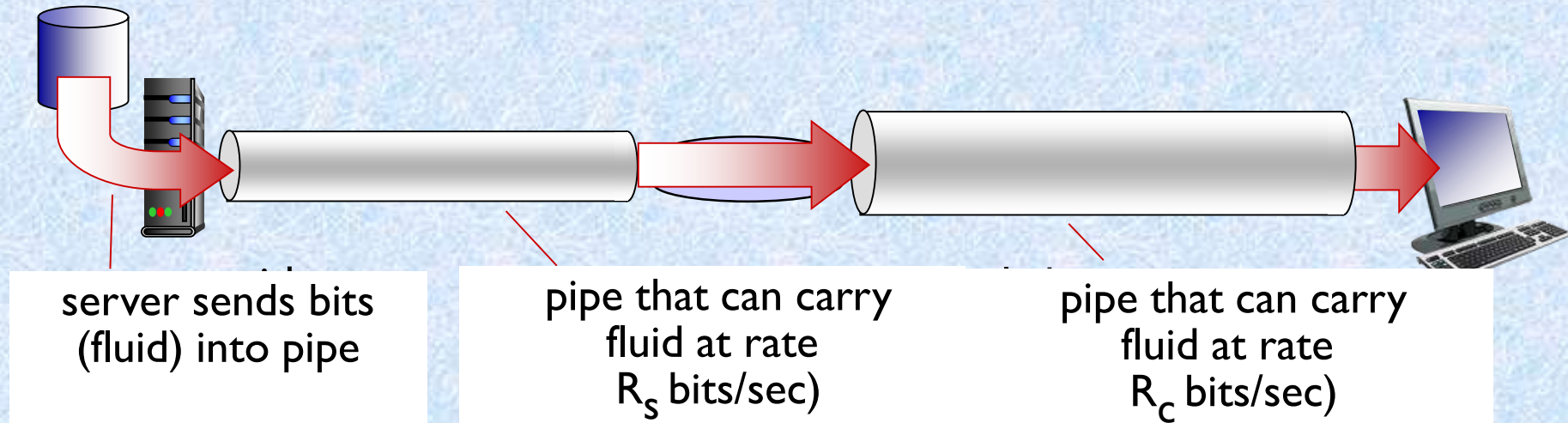
❖ حاصلضرب پهنای باند - تاخیر



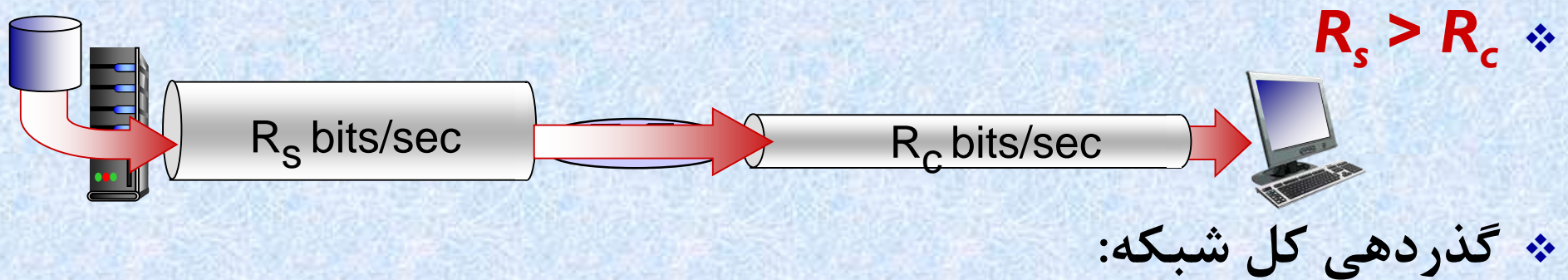
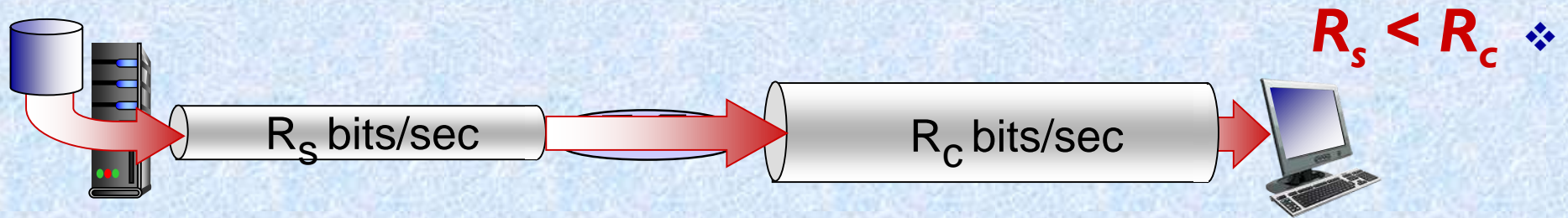
گذردهی

❖ به دو صورت لحظه ای و میانگین

- 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



...گذردهی



- $\min\{R_c, R_s\}$

مثال

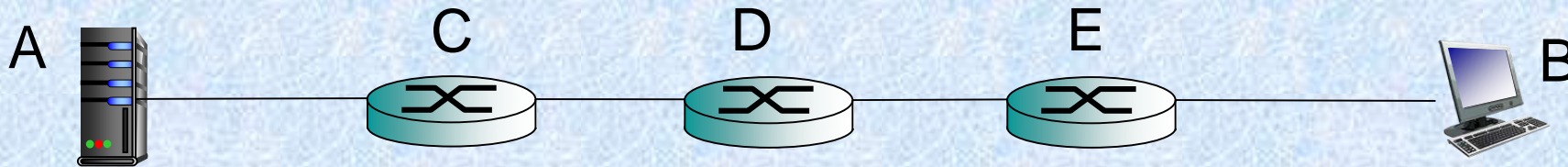
❖ شبکه ای با پهنای باند 10 Mbps قابلیت عبور حداکثر 12,000 فریم در دقیقه را دارد. اگر هر فریم دارای طول متوسط 10,000 bit باشد، مقدار گذردهی را بدست آورید.

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

مثال ۲

❖ پیامی به طول 8×10^6 bits روی شبکه زیر (کلیه لینک ها 2Mbps) ارسال می شود.

۱. زمان انتقال کل پیام را بدست آورید.
۲. اگر پیام به ۸ قطعه مساوی تقسیم شود:
 - زمان انتقال قطعه اول و دوم
 - زمان انتقال کل قطعات را بدست آورید



...مثال ۲

1. $d_1 = \frac{8Mb}{2Mbps} = 4s$ زمان انتقال پیام به اولین سوئیچ

$d = 4 \times 4hops = 16s$ زمان انتقال پیام از طریق ۳ سوئیچ واسط

2. $\#of\ fragments = \frac{8Mb}{8} = 1Mb$

$d_{11} = \frac{1Mb}{2Mbps} = 500ms$ زمان انتقال اولین قطعه

$d_{22} = 2 \times 500 = 1s$ زمان انتقال دومین قطعه (زمان رسیدن قطعه اول به سوئیچ دوم)

$d_1 = 500 \times 4hops = 2s$ زمان دریافت اولین قطعه در گیرنده

از این لحظه به بعد هر ۵۰۰ میلی ثانیه یک قطعه از قطعات باقیمانده به مقصد می رسد.

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

مثال ۳

❖ دو میزبان به فاصله 20,000 کیلومتر از هم با لینک 2 Mbps متصل هستند.

- حاصلضرب پهنای باند-تاخیر را بدست آورید (سرعت انتشار 2.5×10^8).
- در ارسال یک فایل 800,000 bits تعداد بیت در هر لحظه چه مقداری است؟
- طول بیت (مکانی) روی لینک را بدست آورید.

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

■ برابر حداکثر مقدار ممکن (160kb)

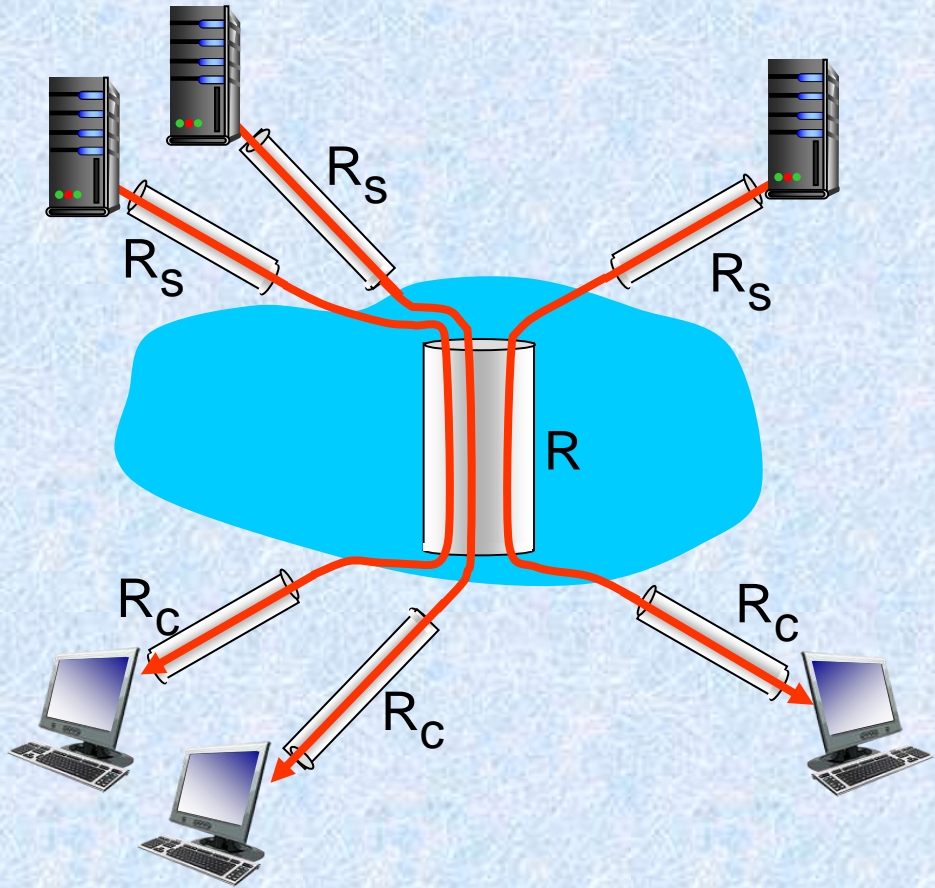
- $L_b = \frac{L}{R \cdot d_{prop}} = \frac{20,000km}{160k} = 125m !$

گذردهی در اینترنت

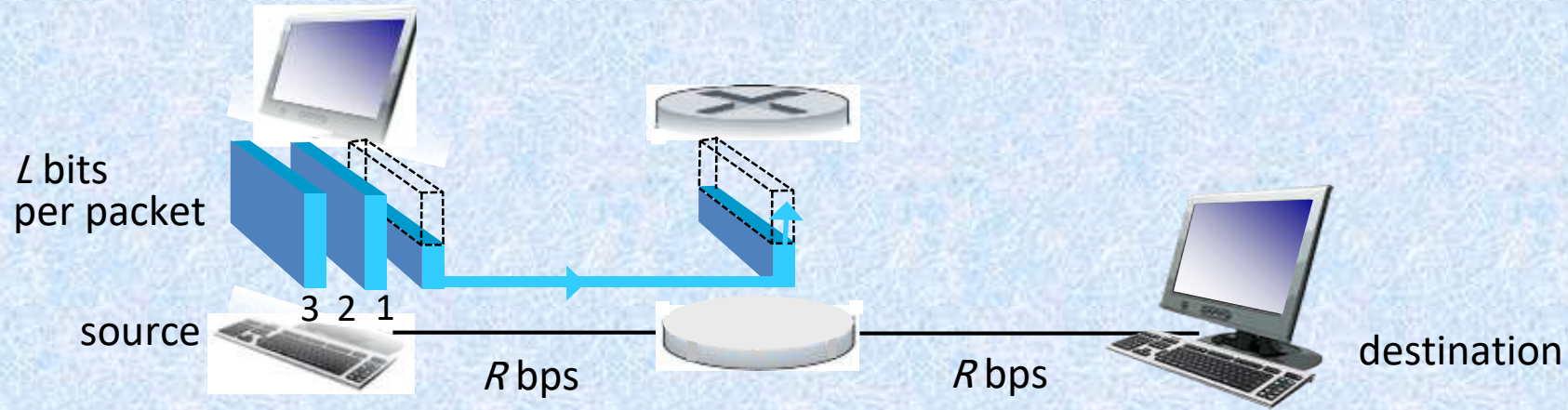
❖ مثال: در شکل روبرو

- گلوگاه لینک مشتری ها را پیدا کنید.
- گذردهی انتها-به-انتها برای هر مسیر انتقال را پیدا کنید.

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



سوئیچینگ بسته: ذخیره-هدایت



❖ ارسال هر بسته به طول L با سرعت R در مدت زمان L/R

❖ ذخیره-هدایت

▪ دریافت کامل بسته در مسیریاب پیش از انتقال آن به نقطه بعدی

❖ تاخیر انتها-به-انتها با فرض وجود یک مسیریاب $2 \frac{L}{R}$

❖ تاخیر انتها-به-انتها با تعداد مسیریاب برابر n : $n \frac{L}{R}$

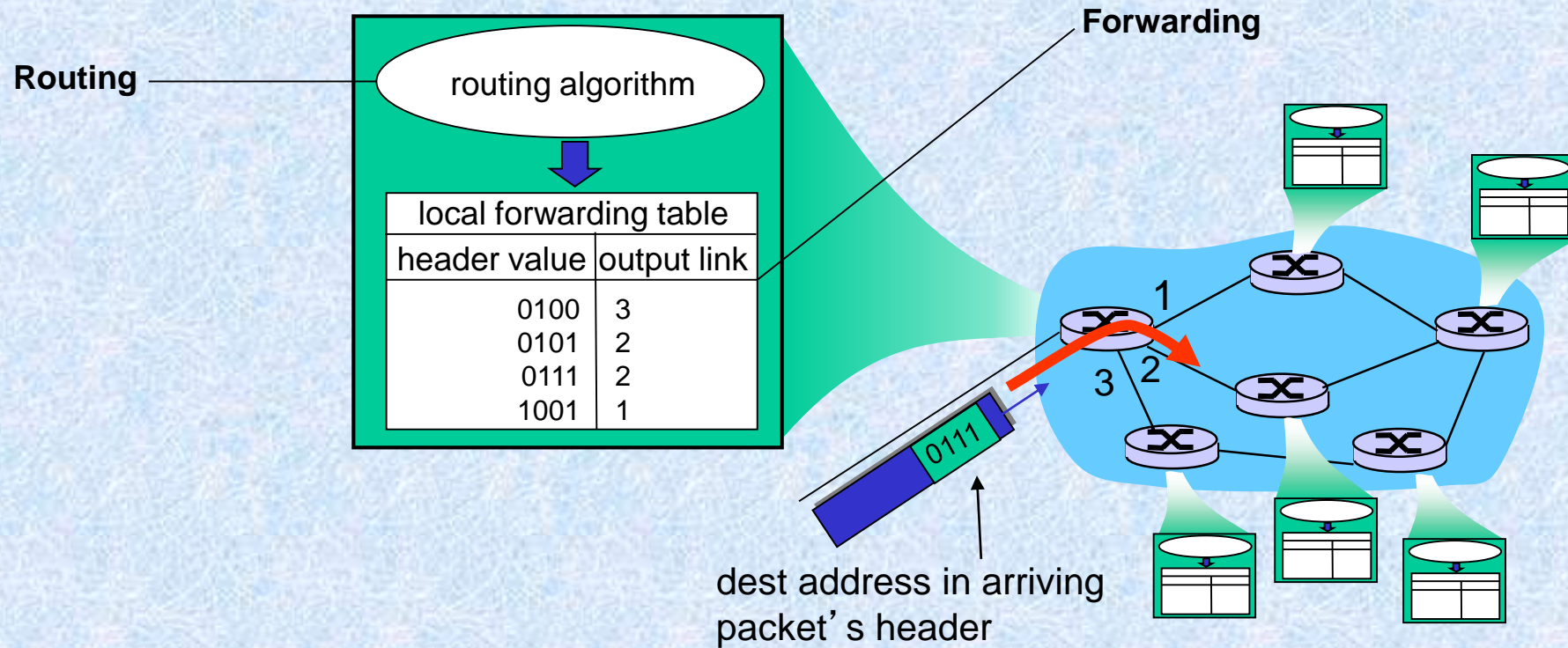
مسیریابی و جدول هدایت

❖ مسیریابی (Routing)

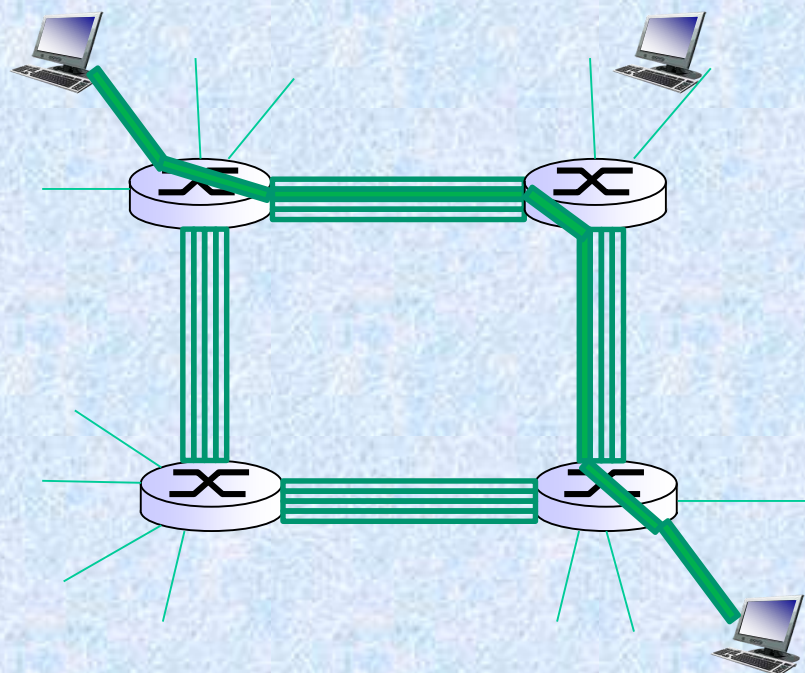
- برآورد مسیر مبداء-مقصد طی شده توسط بسته

❖ هدایت (Forwarding)

- فرآیند انتقال بسته از ورودی مسیریاب به خروجی مناسب (تعیین شده توسط الگوریتم مسیریابی)



شبکه سوئیچینگ مداری



❖ به عنوان جایگزین در هسته شبکه برای بسته سوئیچینگ بسته

❖ ایده اصلی

▪ تخصیص/ارزو منابع بین مبدا-مقصد به ارتباط جاری

• منابع = لینک / کانال فیزیکی

▪ منابع میان دو نقطه مستقل از بقیه مسیر و اختصاصی

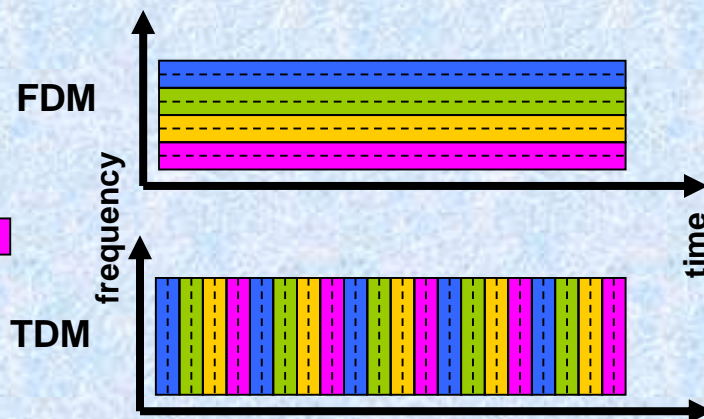
▪ منبع اختصاصی آزاد در صورت عدم استفاده

❖ مناسب برای تضمین کیفیت خدمات

❖ مالتی پلکسینگ مورد استفاده: تقسیم فرکانسی (FDM)

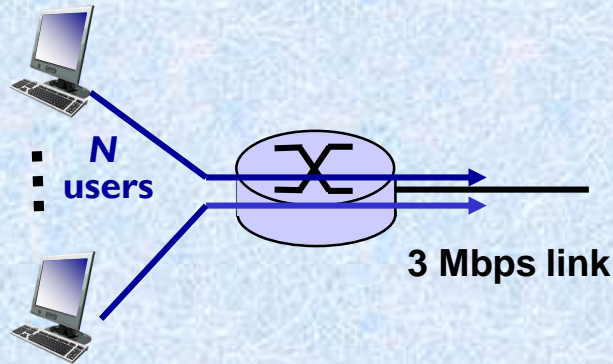
Example:

4 users ■ ■ ■ ■



سوئیچینگ بسته ای و مداری: ظرفیت شبکه

❖ مثال: در شکل هر کاربر 150 kbps پهنای باند و ۱۰٪ فعالیت دارد. تعداد کل کاربران: ۱۲۰



■ تعداد کاربران مجاز سوئیچینگ مداری

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

نتیجه: در سوئیچینگ مداری ۹۰٪ پهنای باند (27 Mbps) استفاده نمیشود.

■ سوئیچینگ بسته ای

- احتمال ارسال همزمان n کاربر: $\binom{120}{n} p^n (1 - p)^{120-n}$

- احتمال ارسال همزمان ۲۱ کاربر و بیشتر:

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

سوئیچینگ بسته ای و مداری: جمع بندی

❖ برای تبادل داده انفجاری (ارسال بسته ها به صورت گروهی)

- اشتراک منابع به عنوان نقطه قوت ← سوئیچینگ بسته ای
- نیاز به برقراری اتصال برای ارسال هر بسته ← سوئیچینگ بسته ای

❖ ازدحام شبکه

▪ انتظار (تاخیر) فزاینده صف ← سوئیچینگ مداری

• سوئیچینگ بسته نیاز به فرآیند کنترل ازدحام دارد

▪ بسته های گم شده (Loss) ← سوئیچینگ مداری

• عدم تضمین کیفیت خدمات

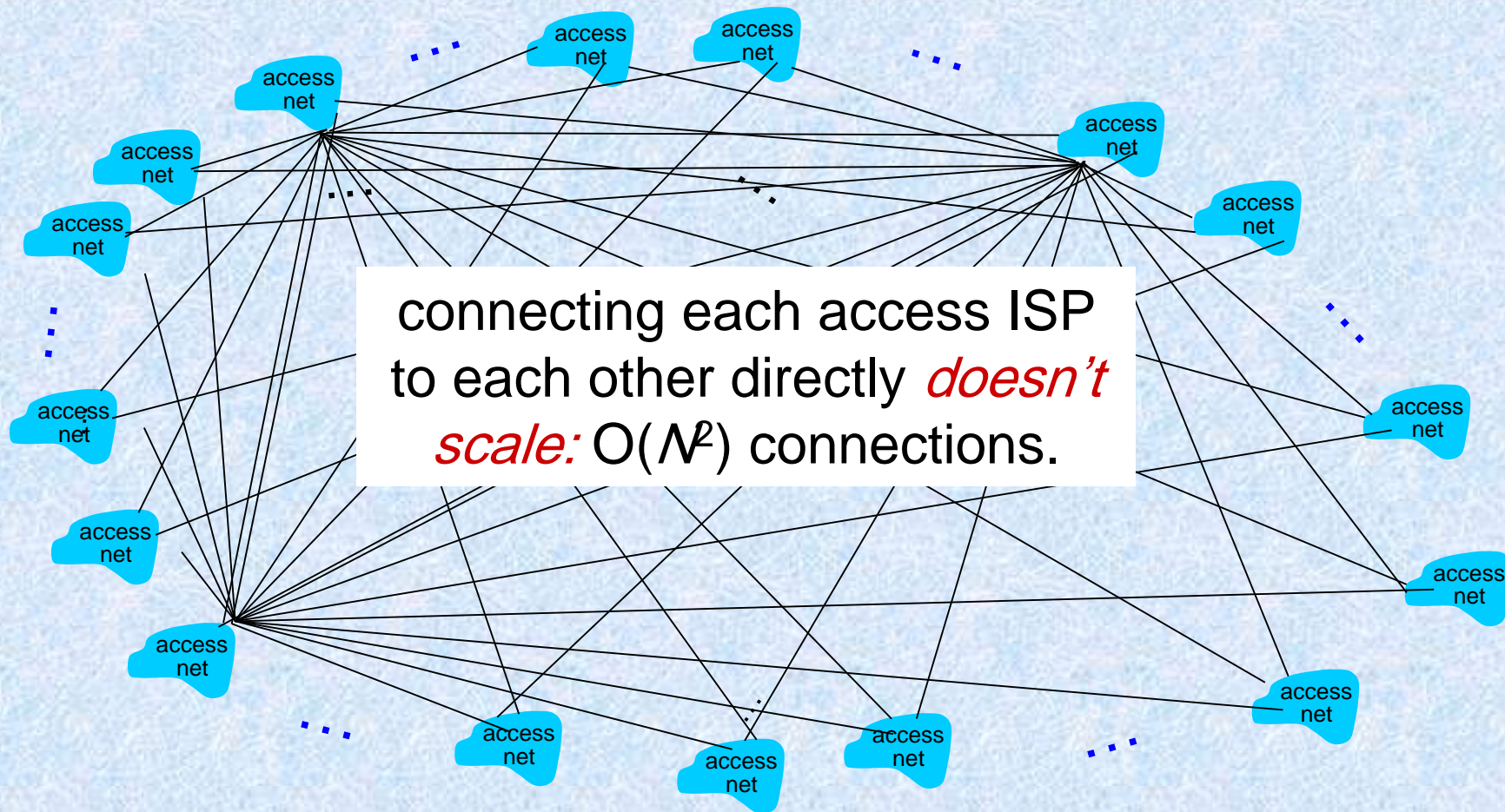
• سوئیچینگ بسته نیاز به فرآیند ضمانت بسته های با نوع خاص (مثل تصویر یا صوت) دارد

هم‌بندی شبکه‌ها

❖ چگونگی اتصال ISP ها در شبکه دسترسی

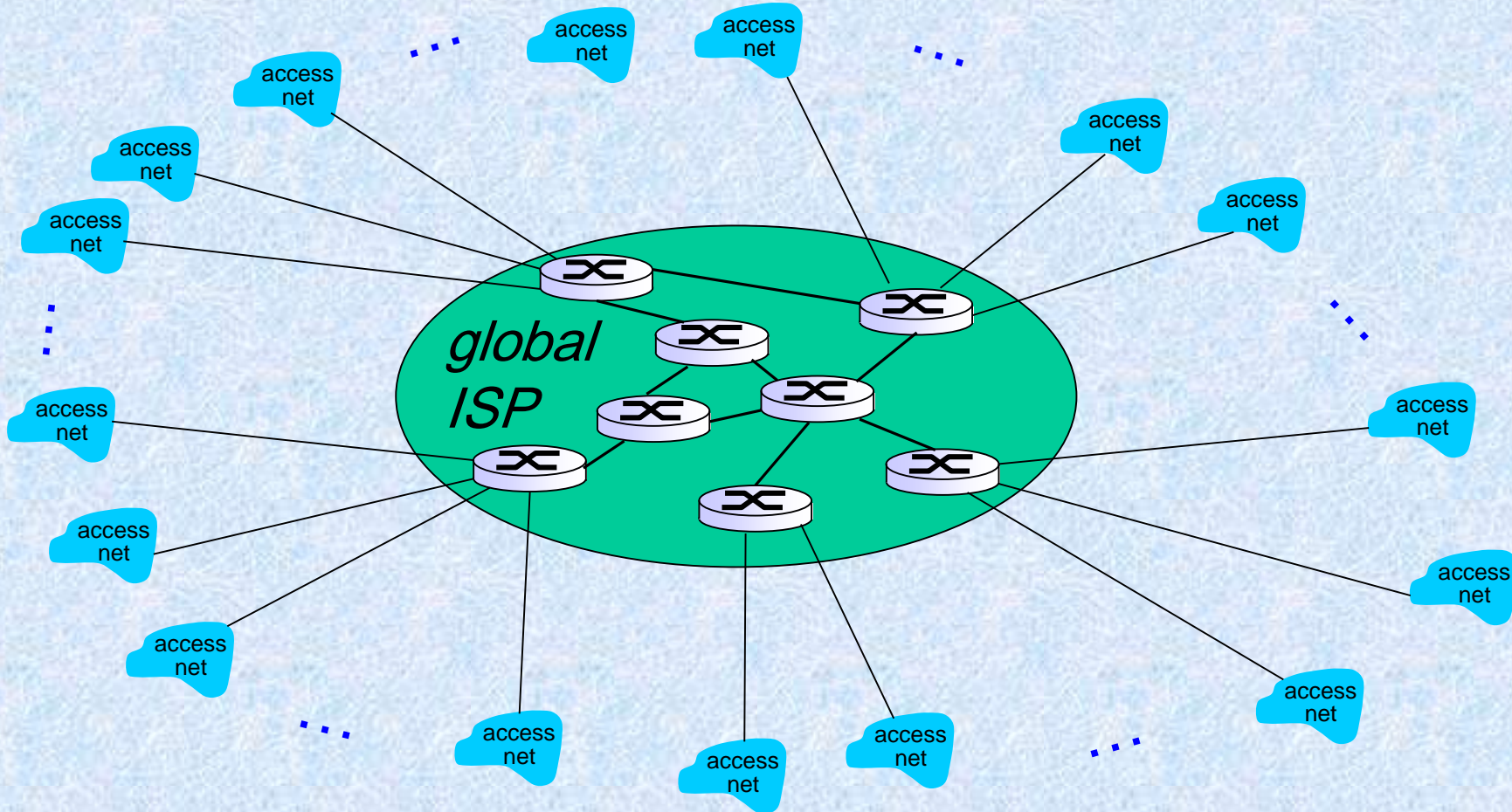


اتصال در لایه دسترسی

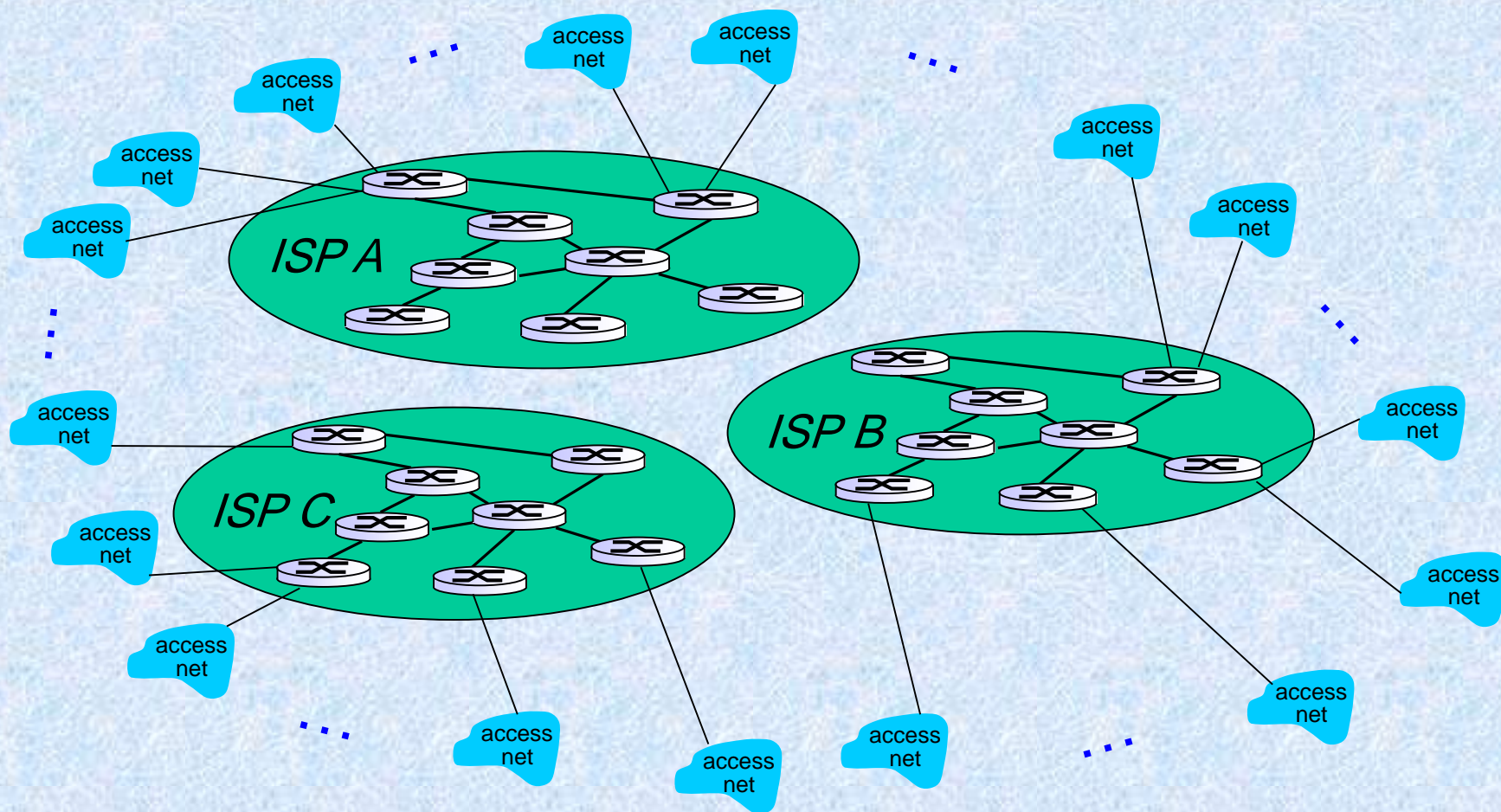


گزینه بهتر

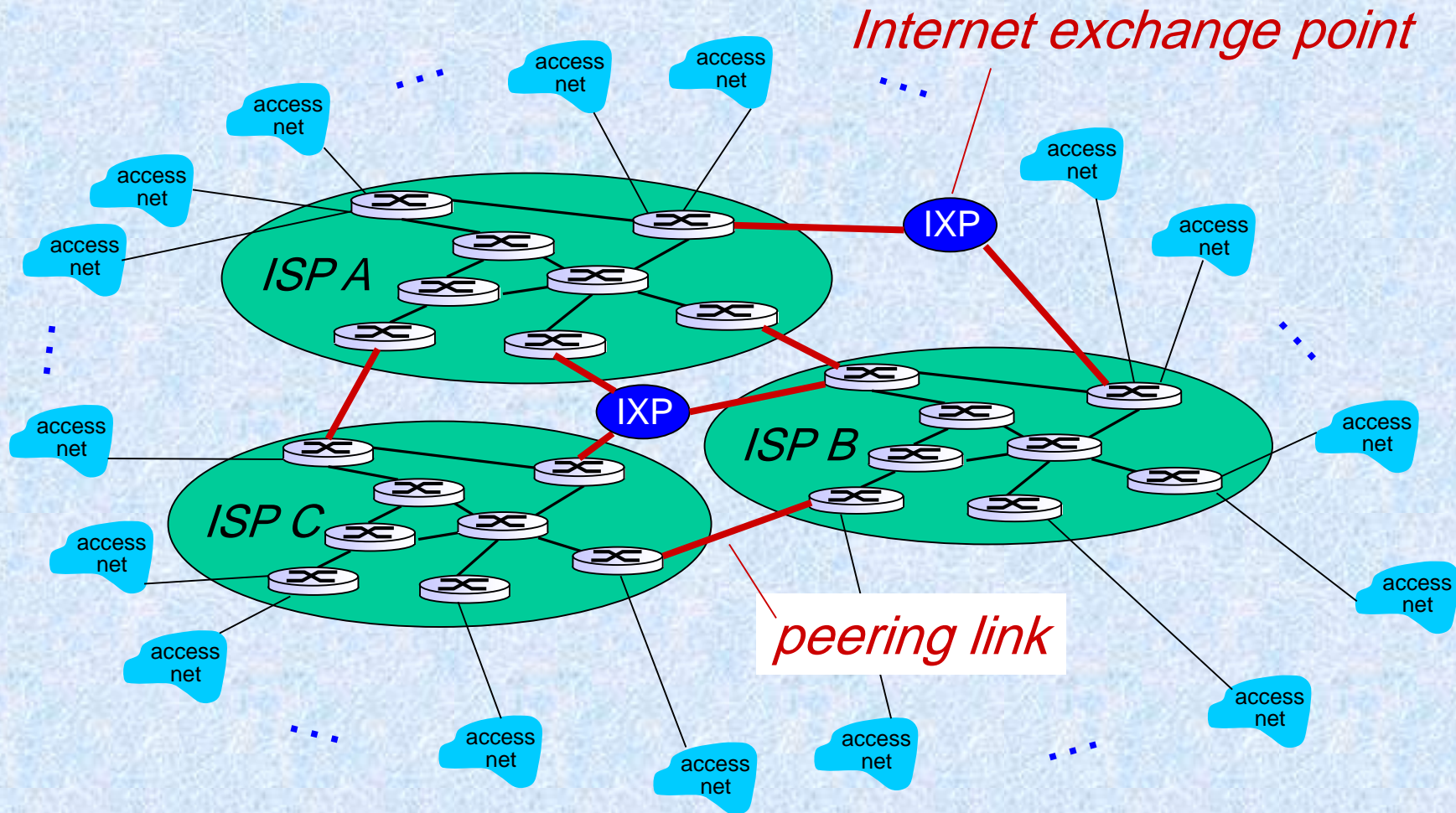
❖ اتصال هر ISP در لایه دسترسی به یک ISP ترانزیت



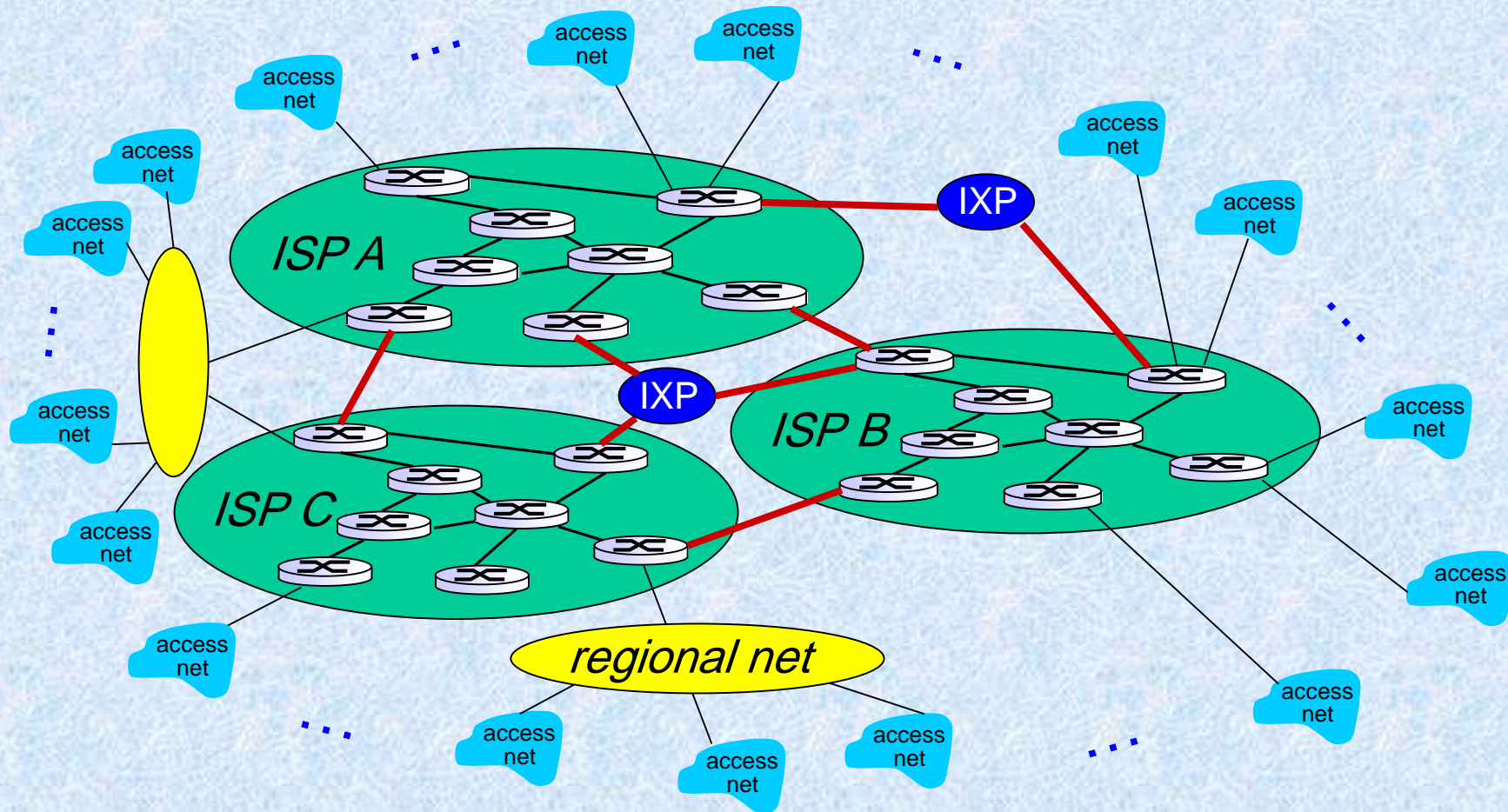
توسعه ISP های ترانزیت



نیاز به سوئیچینگ بین ترانزیت ها

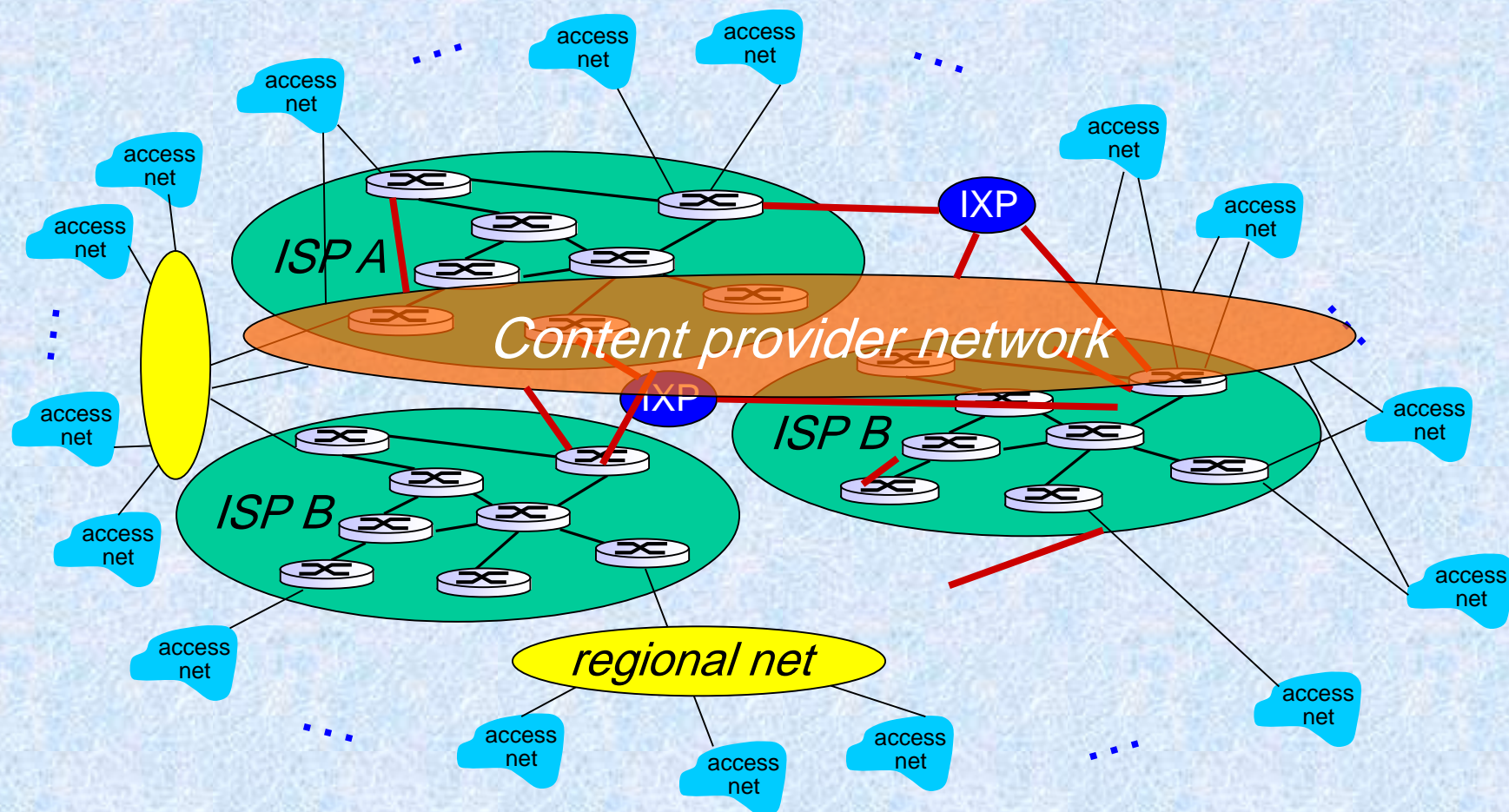


نیاز به شبکه های دسترسی منطقه ای



شبکه های تولید محتوی

❖ راه اندازی شبکه های دسترسی توسط تامین کنندگان

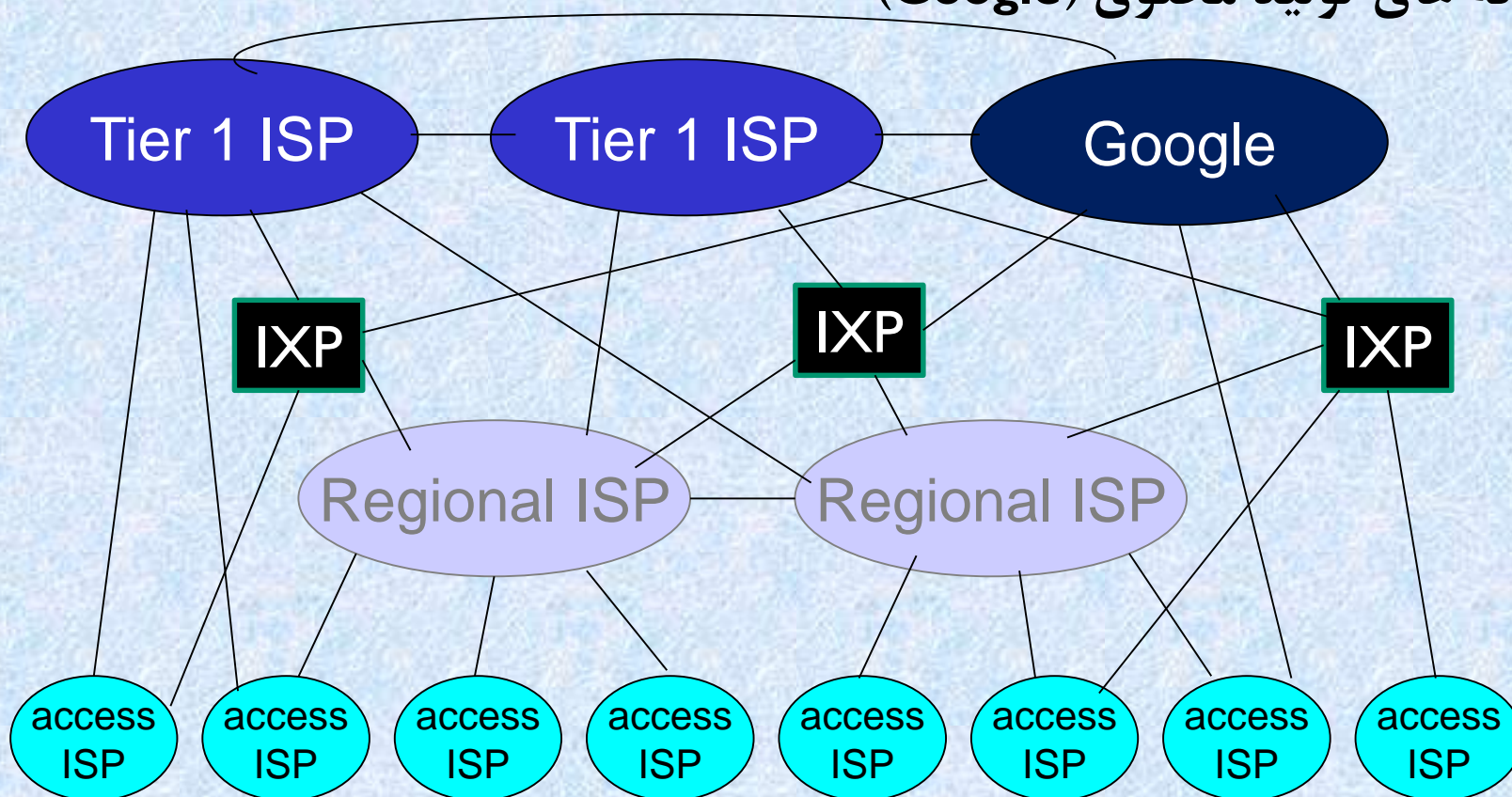


لایه های شبکه اینترنت

❖ لایه اول

▪ شامل ISP های تجاری (AT&T, Sprint...)

▪ شبکه های تولید محتوی (Google)



مثال لایه اول: Sprint

