

Capítulo I Introdução

Tradução e Adaptação:

Paulo Gonçalves (CIn/UFPE)

All material copyright 1996-2012
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved



*Redes de
Computadores :
Uma Abordagem
Top-Down*
6ª edição
Jim Kurose, Keith Ross
Pearson
2014

Capítulo I: introdução

Nossos objetivos:

- ❖ ganhar intimidade com terminologias
- ❖ detalhes durante o curso
- ❖ abordagem:
 - uso da Internet como exemplo

Conceitos:

- ❖ o que é Internet?
- ❖ o que é um protocolo?
- ❖ extremidade da rede: hosts, redes de acesso, meio físico
- ❖ núcleo da rede: comutação de pacotes/circuitos, estrutura da Internet
- ❖ desempenho: perda, atraso, vazão
- ❖ segurança
- ❖ camadas de protocolo, modelos de serviço
- ❖ história

Capítulo I: agenda

I.1 o que é Internet?

I.2 a borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

I.3 núcleo da rede

- comutação de pacotes e de circuitos, estrutura da rede

I.4 atraso, perda, vazão em redes

I.5 camadas de protocolos, modelos de serviço

I.6 redes sob ataque: segurança

I.7 história

O que é a Internet: componentes da infraestrutura

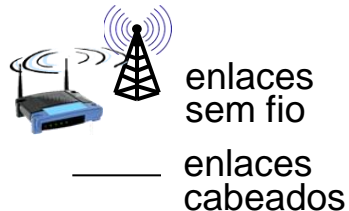


❖ Milhões de disp. computacionais conectados:

- *hosts* = *sistemas finais*
- executando *aplicações de rede*

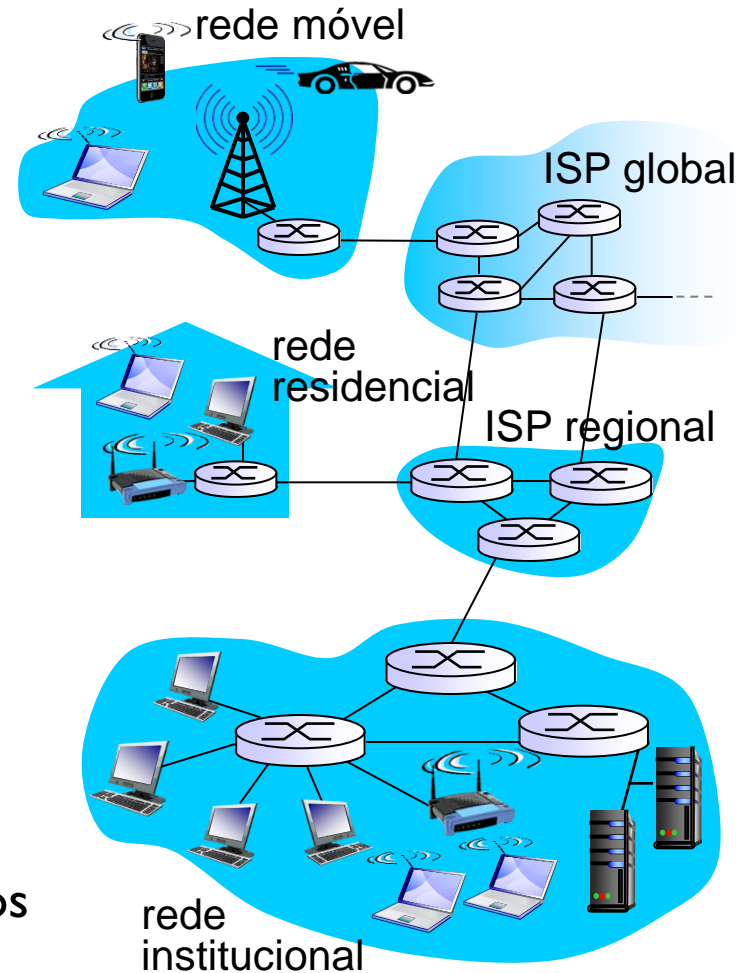
❖ *enlaces de comunicação*

- fibra, coaxial, rádio, satélite
- Taxa de transmissão: *banda passante*



❖ *comutadores de pacotes*:
encaminham pacotes (pedaços de dados)

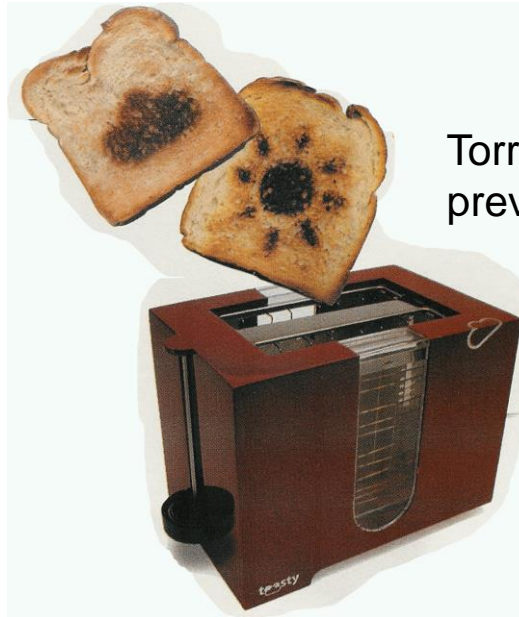
- *roteadores* e *switches*



Dispositivos Internet “interessantes”



Quadro de fotografias IP
<http://www.ceiva.com/>



Torradeira com acesso WEB+
previsão do tempo

Dispositivos Internet “interessantes”

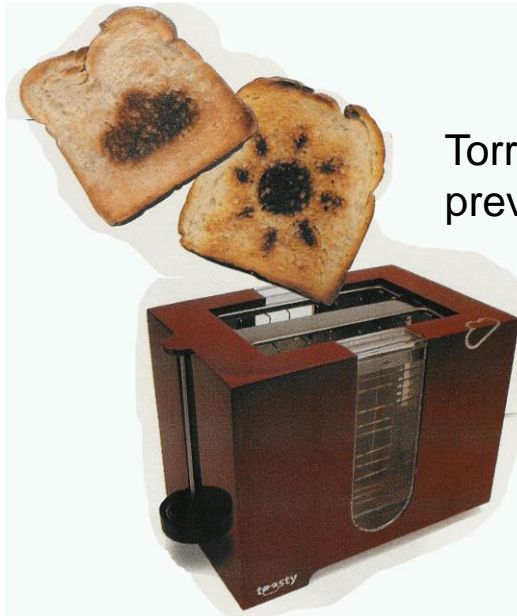


Mas este ainda **não é** um dispositivo conectado ...
<https://www.burntimpressions.com/products/the-selfie-toaster>

Dispositivos Internet “interessantes”



Quadro de fotografias IP
<http://www.ceiva.com/>



Torradeira com acesso WEB+
previsão do tempo



Tweet-a-watt:
Monitor de consumo
de energia



Geladeira Internet



Slingbox:
Ver conteúdo de sua TV
a cabo/satélite não importa
em qual dispositivo e nem
onde esteja



Telefone Internet (IP)

Dispositivos Internet “interesantes”



Quirky Egg Minder

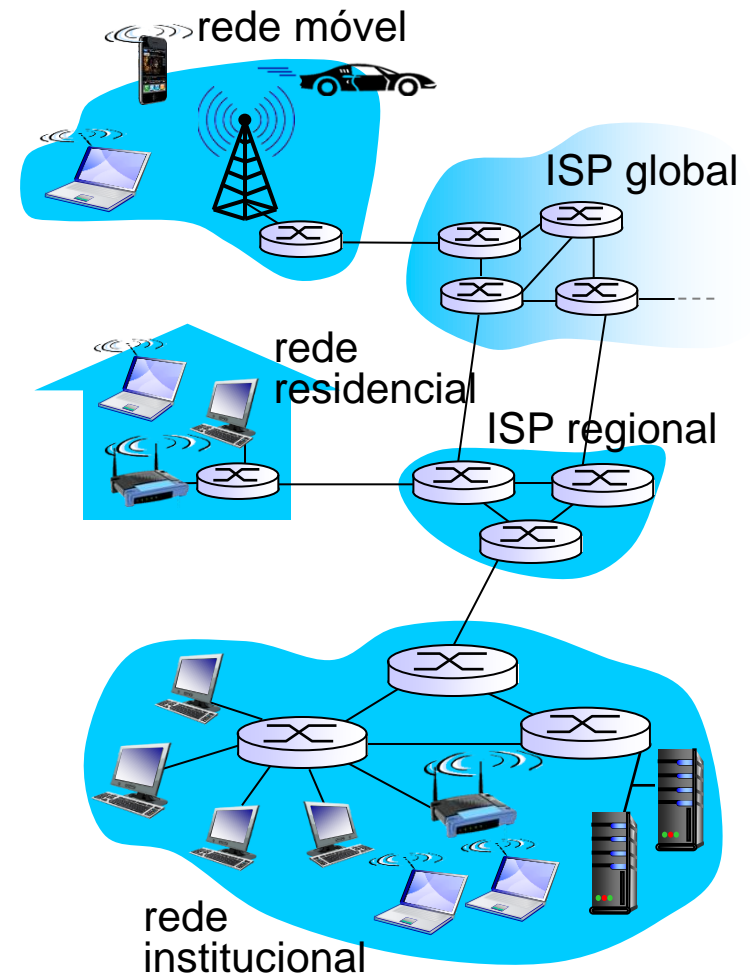


The June is a smart countertop oven that uses internal cameras, an Nvidia Tegra chipset, and artificial intelligence to recognize different foods you place within it, then cook them automatically. It was made by former Apple engineers, and it's actually available to purchase today. [Various reviews suggest that](#), when it works, it works very well.

<https://juneoven.com/>

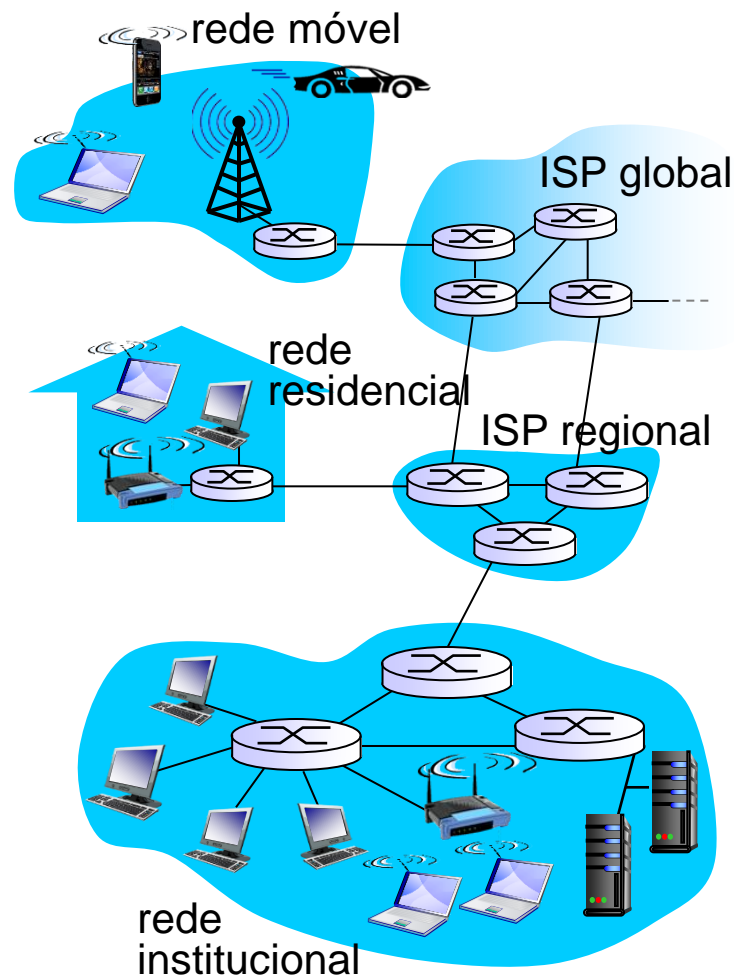
O que é a Internet: componentes da infraestrutura

- ❖ **Internet: “rede das redes”**
 - ISPs interconectados
- ❖ **protocolos** controlando o envio e recebimento de msgs
 - e.g., TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11
- ❖ **Padrões Internet**
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



O que é a Internet: ponto de vista de serviço

- ❖ *infraestrutura que provê serviços às aplicações:*
 - Web, VoIP, email, jogos, e-commerce, redes sociais, ...
- ❖ *provê interface de programação às aplicações*
 - permitem às aplicações se conectarem à Internet
 - Provê opções de serviço (análogo ao serviço postal)



O que é um protocolo?

Protocolos humanos:

- ❖ “Que horas são?”
- ❖ “Tenho uma pergunta”
- ❖ Se apresentar

... msgs específicas enviadas

... ações específicas
tomadas quando msgs
recebidas ou outros
eventos ocorrem

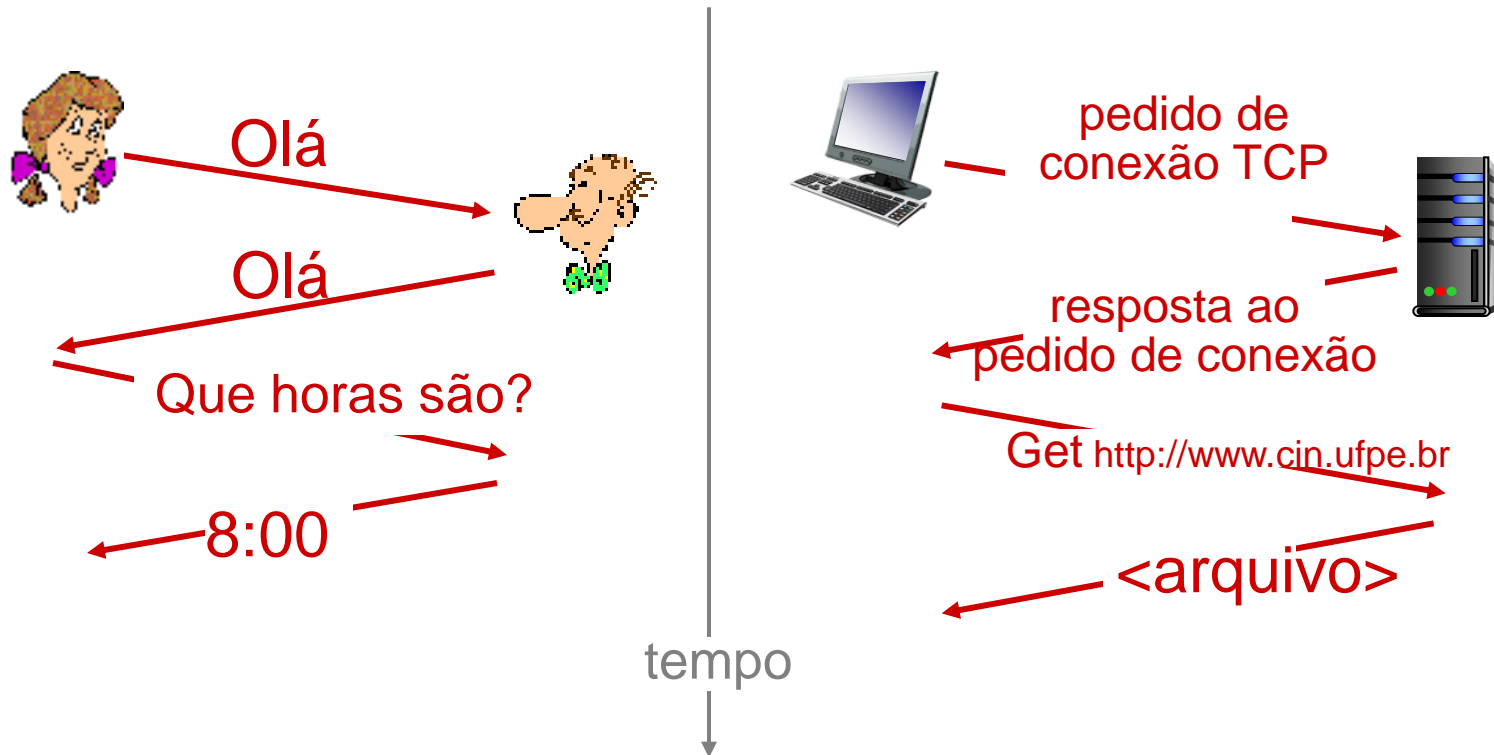
Protocolos de rede:

- ❖ Máquinas ao invés de humanos
- ❖ Toda a atividade de
comunicação na Internet é
governada por protocolos

protocolos definem *formato, ordem*
das *msgs enviadas e recebidas*
entre entidades de rede e
definem *ações tomadas sobre*
transmissão e recepção de msgs

O que é um protocolo?

Um protocolo humano e um protocolo de redes de computadores:



Q: Outros protocolos humanos?

Capítulo I: agenda

I.1 o que é a Internet?

I.2 a borda da Rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

I.3 núcleo da rede

- comutação de pacotes e de circuitos, estrutura da rede

I.4 atraso, perda, vazão em redes

I.5 camadas de protocolos, modelos de serviço

I.6 redes sob ataque: segurança

I.7 história

Infraestrutura de rede: olhando mais de perto

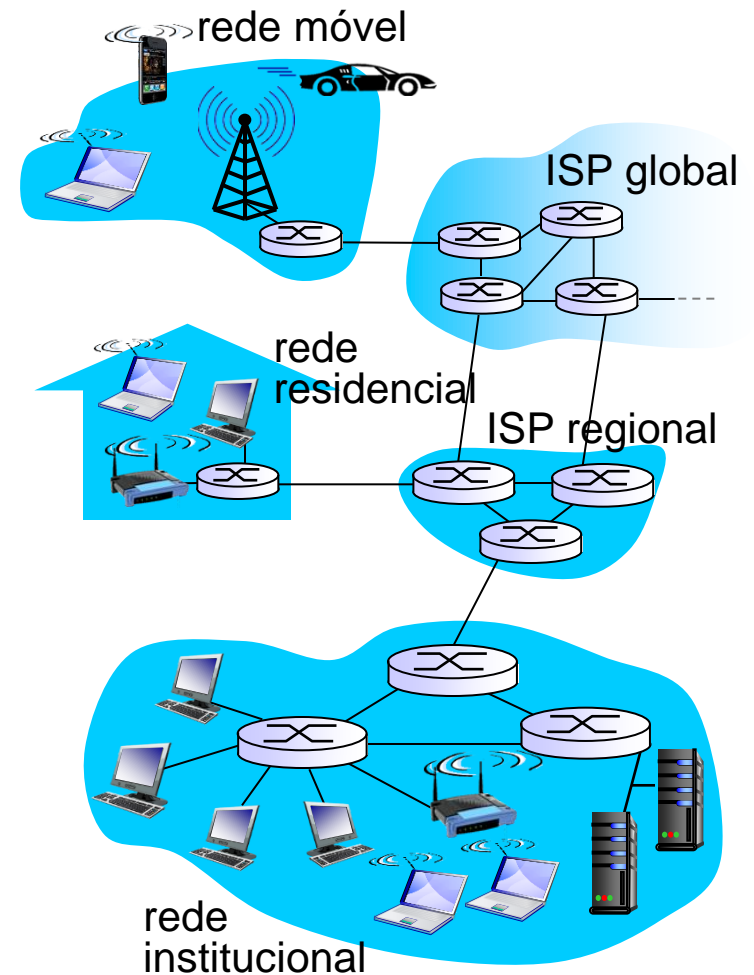
❖ *a borda da rede:*

- hosts: clientes e servidores
- servidores frequentemente Data Centers

❖ *redes de acesso, meio físico:* enlaces de comunicação cabeados e sem fio

❖ *núcleo da rede:*

- roteadores interconectados
- rede de redes



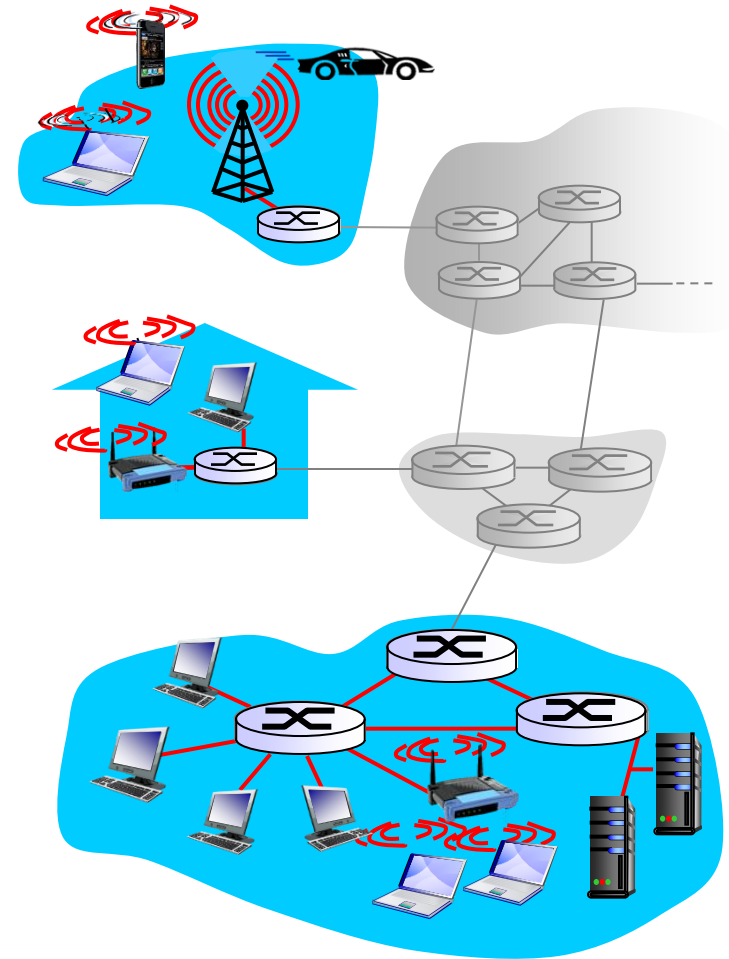
Redes de Acesso e Meio Físico

Q: Como conectar sistemas finais a roteadores de borda?

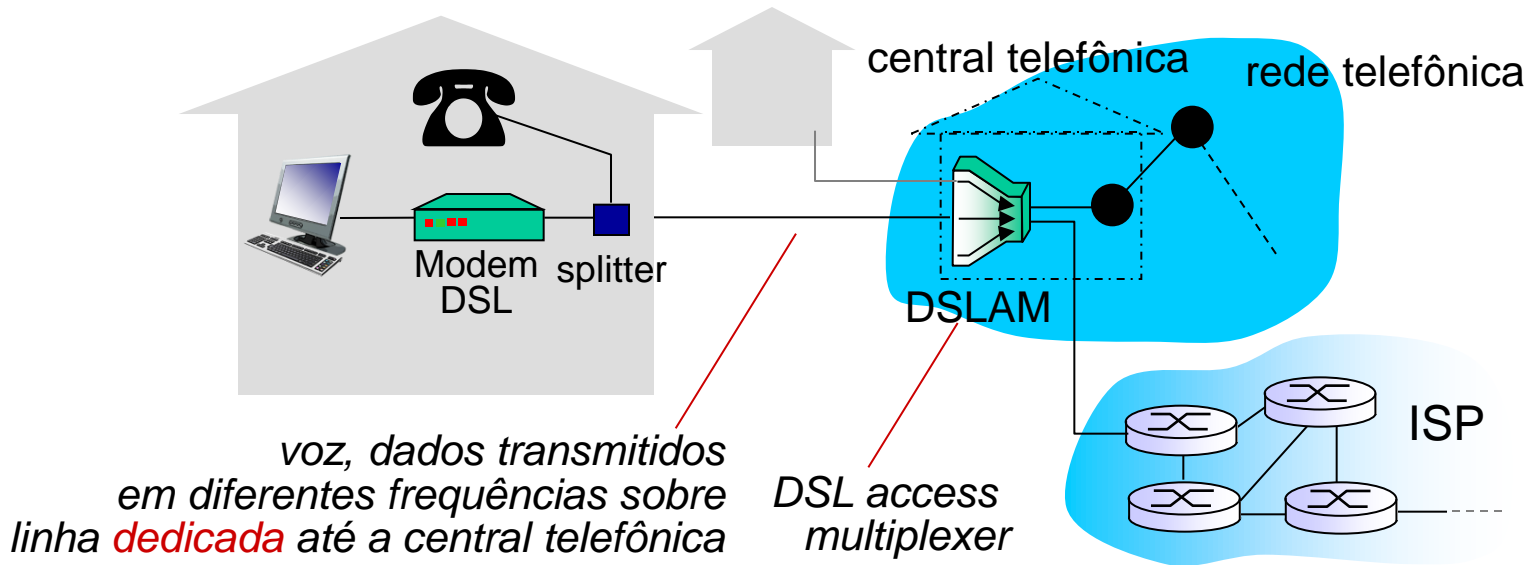
- ❖ redes de acesso residencial
- ❖ redes de acesso institucional (escolas, empresas)
- ❖ redes de acesso móvel

tenha em mente:

- ❖ banda passante (bits por segundo) da rede de acesso?
- ❖ compartilhada ou dedicada?

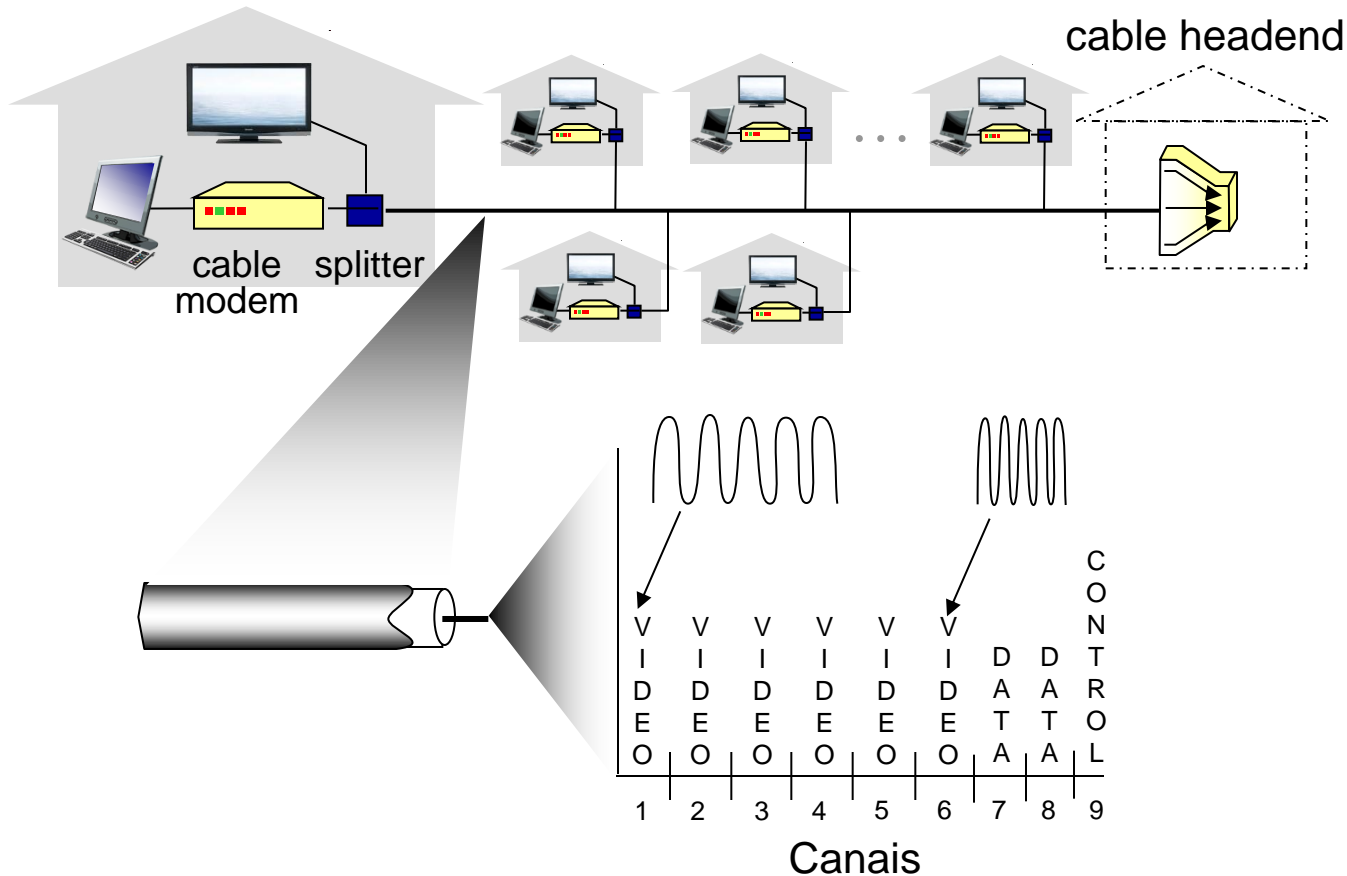


Rede de Acesso: DSL (Digital Subscriber Line)



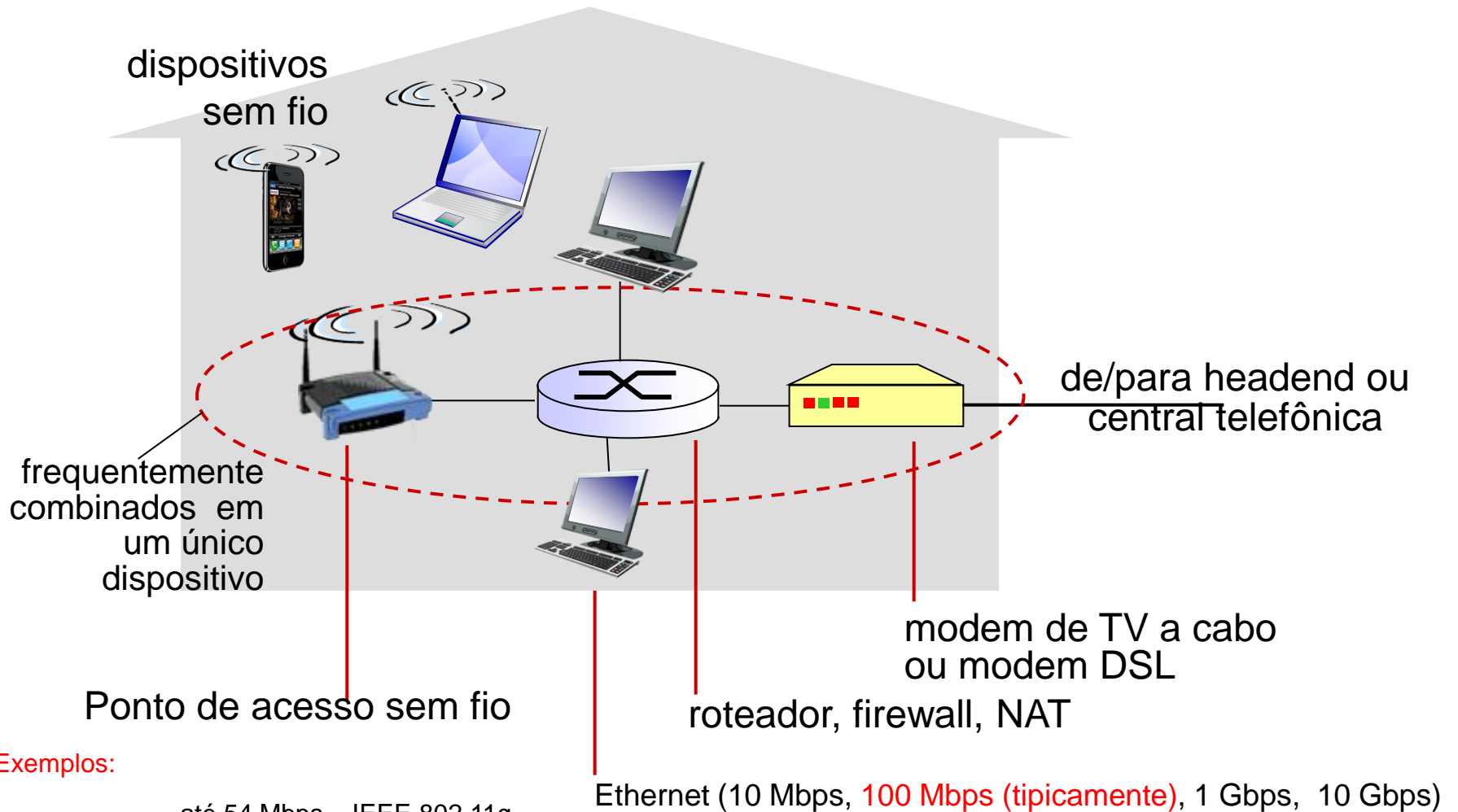
- ❖ Usa linha de telefone **existente** até o DSLAM da central telefônica
 - dados seguem para a Internet através da linha telefônica DSL
 - voz segue para a rede telefônica através da linha telefônica DSL
- ❖ < 2,5 Mbps (taxa de transmissão upstream) (tipicamente < 1 Mbps)
- ❖ < 24 Mbps (taxa de transmissão downstream) (tipicamente < 10 Mbps)

Rede de Acesso: rede de TV a cabo



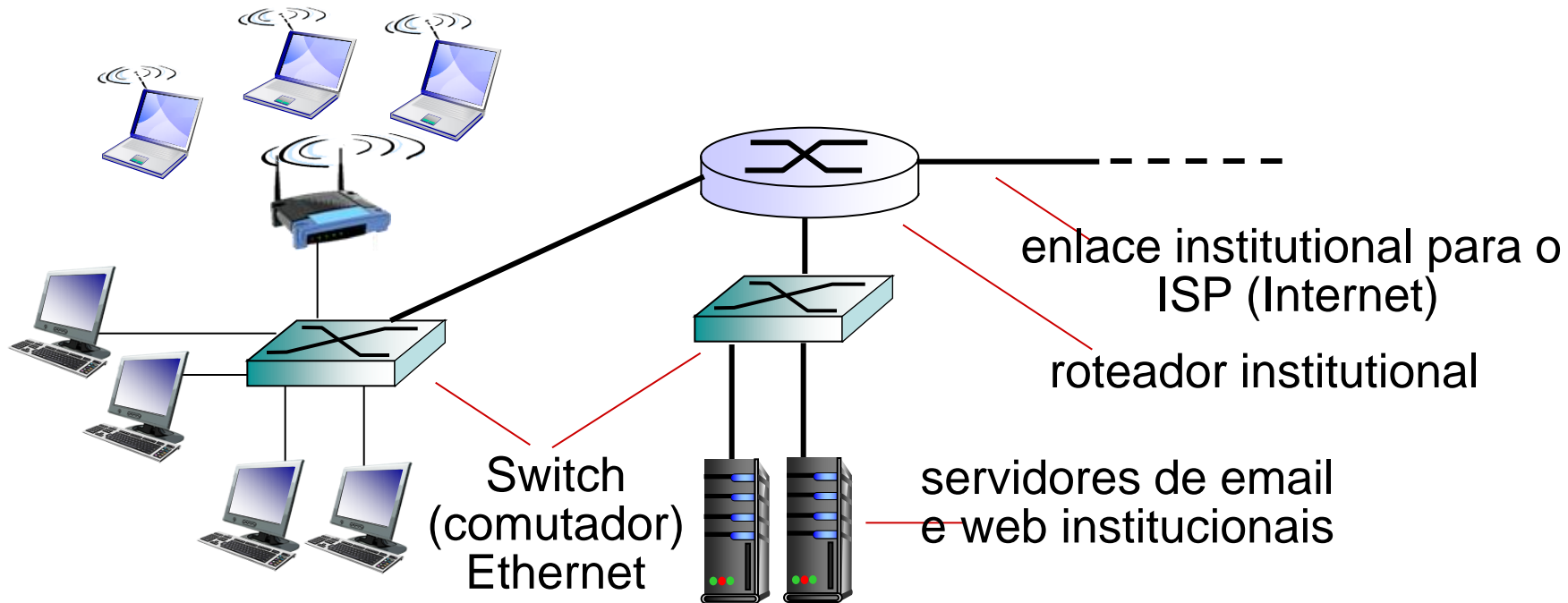
multiplexação por divisão na frequência: cada canal é transmitido em uma faixa de frequência (banda) distinta

Rede de Acesso: rede residencial



* cuidado!

Redes de Acesso Corporativas (Ethernet)



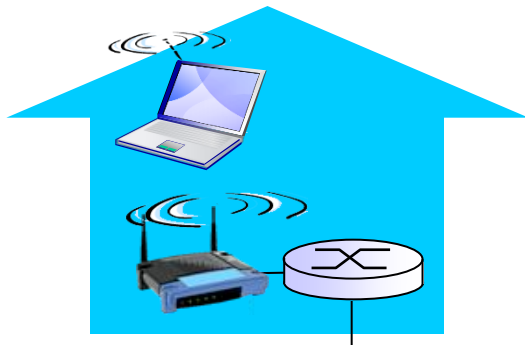
- ❖ tipicamente usada em empresas, universidades, etc
- ❖ taxas de transmissão de 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps
- ❖ hoje em dia, os sistemas finais se ligam tipicamente a switches Ethernet

Redes de Acesso Sem Fio

- ❖ *rede compartilhada de acesso sem fio conecta sistemas finais ao roteador*
 - através de um Ponto de Acesso (AP – Access Point)

LANs sem fio:

- indoor (30 m *)
- IEEE 802.11
 - b/g: 11 Mbps / 54 Mbps
 - n*: até 200 a 600 Mbps
 - ac*: de 293 Mbps a > 1 Gbps



para a Internet

Acesso sem fio de longa distância

- provido por operadoras de telefonia celular, 10's km
- entre 1 e 10 Mbps
- 3G, 4G: LTE (Long Term Evolution)

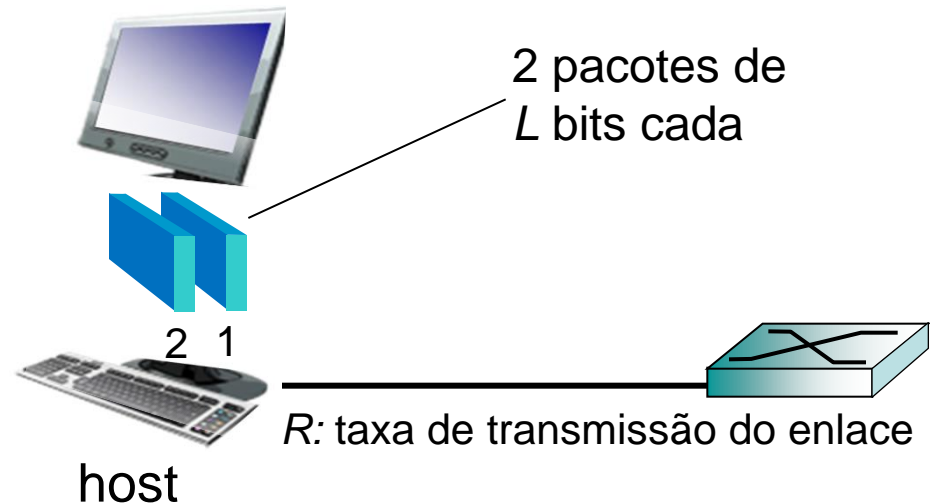


para a Internet

Host: envia *pacotes* de dados

funções de transmissão de um host (hospedeiro):

- ❖ pega msgs da aplicação
- ❖ quebra em pequenos pedaços, conhecidos como *pacotes* de tamanho L bits
- ❖ transmite pacote pela rede de acesso a uma *taxa de transmissão R*
 - Taxa de transmissão do enlace ou *capacidade* do enlace ou *banda passante* do enlace



atraso de
transmissão
do pacote

tempo necessário para
= transmitir pacote de L
bits no enlace

$$= \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/s)}}$$

Meio Físico

- ❖ **bit:** propagado entre pares transmissor/receptor
- ❖ **enlace físico:** o que liga o emissor ao receptor
- ❖ **meio guiado:**
 - sinais se propagam em meio sólido: cobre, fibra, cabo coaxial
- ❖ **meio não guiado:**
 - sinais se propagam livremente, e.g., rádio



Par trançado (TP - twisted pair)

- ❖ 2 fios de cobre isolados
 - Categoria 5: Ethernet 100 Mbps e 1 Gbps
 - Categoria 6: Ethernet 10 Gbps

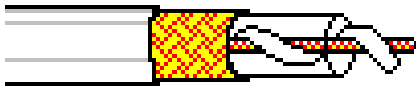


- De 4 pares, há 2 pares não usados no de 10/100 Mbps

Meio Físico: cabo coaxial e fibra óptica

cabo coaxial:

- ❖ dois condutores de cobre concêntricos
- ❖ bidirecional
- ❖ banda-larga:
 - múltiplos canais no cabo
 - HFC (hibrid fiber-coaxial)



cabo de fibra óptica:

- ❖ fibra de vidro transportando pulsos de luz, cada pulso 1 bit
- ❖ operação em altas “velocidades”:
 - Transmissões ponto-a-ponto de alta velocidade (e.g., 10’ s-100’ s Gpbs)
- ❖ baixa taxa de erro:
 - repetidores ao longo da linha
 - imune a ruído eletromagnético



Meio Físico: rádio

- ❖ sinal transportando por ondas do espectro eletromagnético
- ❖ nenhum fio físico
- ❖ bidirecional
- ❖ Sinal sujeito a efeitos de propagação:
 - reflexão
 - atenuação por pessoas/objetos
 - interferência

tipos de enlace de rádio:

- ❖ **microondas terrestre**
 - e.g. canais de até 45 Mbps
- ❖ **LAN** (e.g., Wi-Fi)
 - 11 Mbps, 54 Mbps, etc
- ❖ **longa distância** (e.g., celular)
 - 3G e 4G: ~ poucos Mbps
- ❖ **satélite**
 - canais de Kbps a 45Mbps (ou múltiplos canais menores)
 - 270 ms de atraso fim-a-fim
 - geoestacionários versus de baixa altitude

Capítulo I: agenda

I.1 o que é a Internet?

I.2 borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

I.3 núcleo da rede

- Comutação de pacotes e circuitos, estrutura de rede

I.4 atraso, perda, vazão em redes

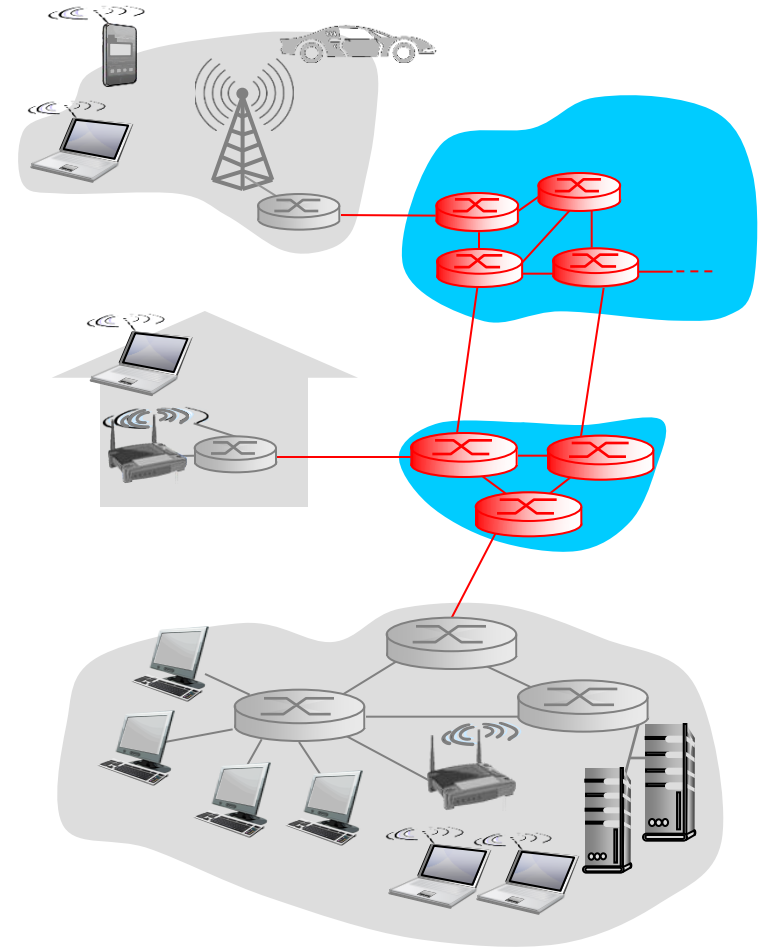
I.5 camadas de protocolo, modelos de serviço

I.6 redes sob ataque: segurança

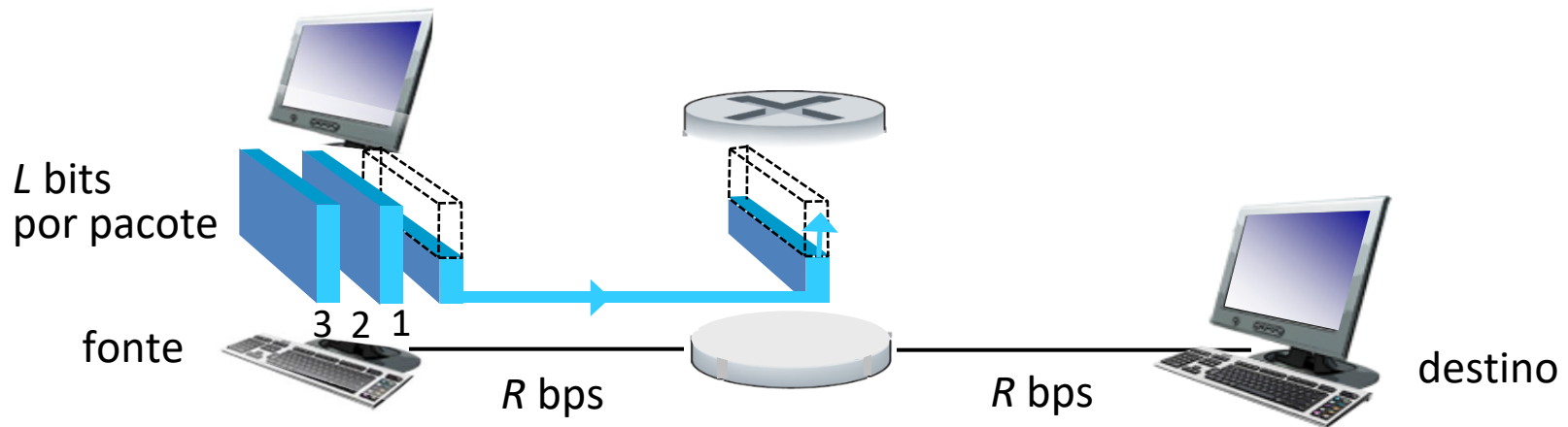
I.7 história

O núcleo da rede

- ❖ Malha (mesh) de roteadores interconectados
- ❖ **Comutação de pacotes: hosts quebram msgs da camada aplicação em pacotes**
 - encaminhamento dos pacotes de roteador a roteador da origem ao destino através de enlaces
 - cada pacote é transmitido na capacidade máxima do canal



Comutação de pacotes: store-and-forward



- ❖ leva L/R segundos para transmitir (“se livrar”) o pacote de L bits no enlace a R bps
- ❖ *store and forward (armazena e repassa)*: pacote precisa chegar por completo ao roteador antes de ser transmitido para o próximo enlace

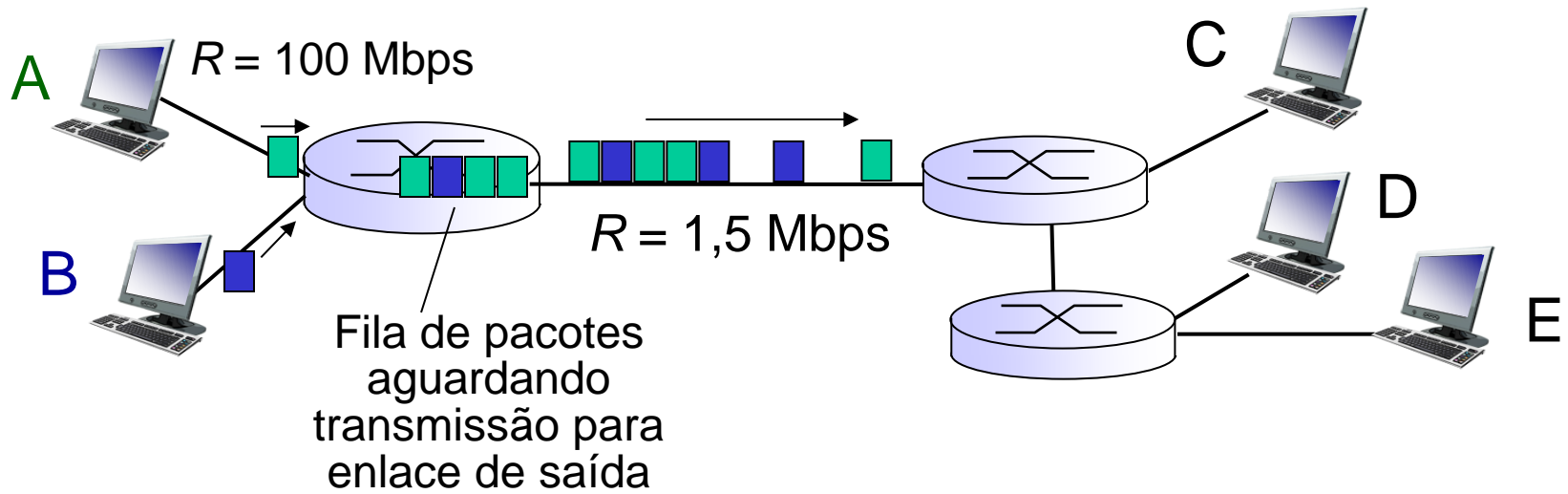
- ❖ atraso fim-a-fim = $2L/R$ (assumindo outros atrasos iguais a zero)

Mais sobre atrasos em breve ...

Exemplo numérico (1 salto) :

- $L = 7,5$ Mbits
- $R = 1,5$ Mbps
- Atraso de transmissão (1 salto) = 5 segundos

Comutação de pacotes: atraso de fila, perda



enfileiramento e perda:

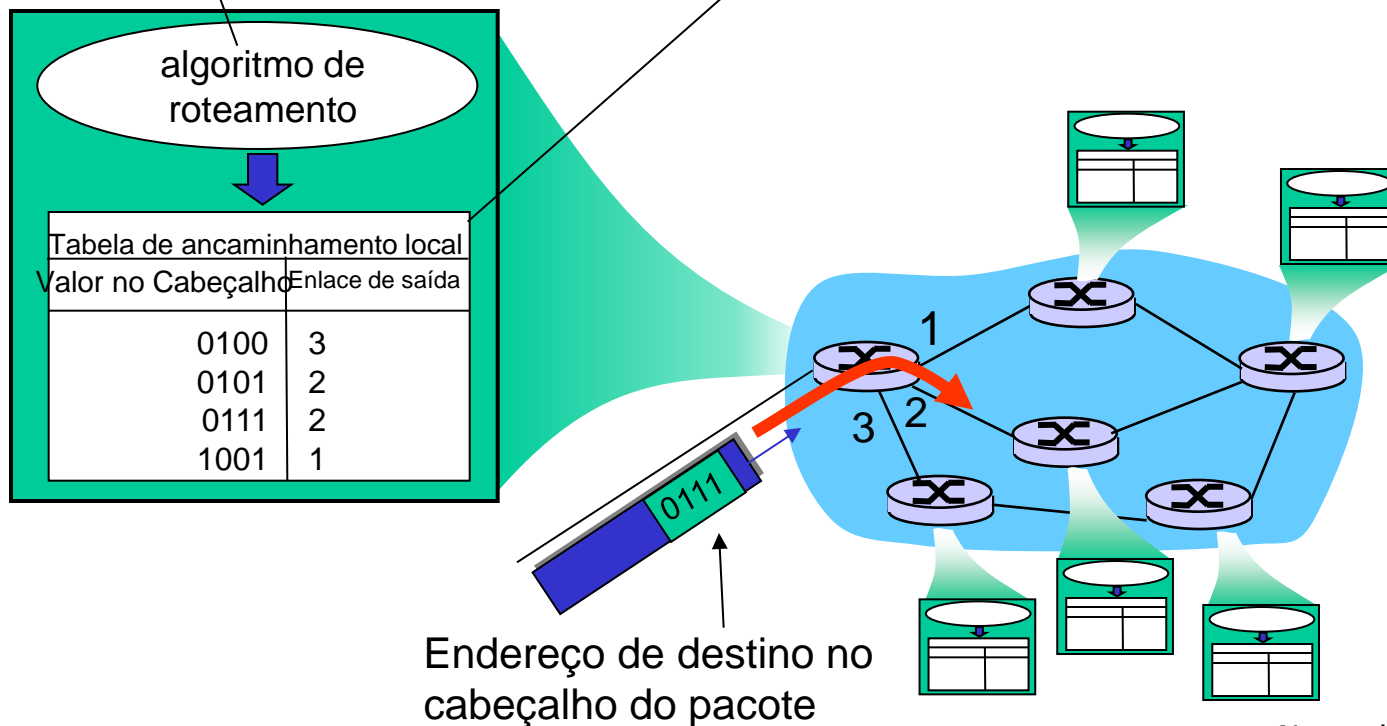
- ❖ Se taxa de chegadas excede taxa de transmissão do enlace por um período de tempo:
 - pacotes serão enfileirados, aguardando para serem transmitidos no enlace
 - pacotes serão descartados (perdidos) se memória (buffer) enche

Núcleo da rede: Duas funções chaves

roteamento: determina rota da origem ao destino a ser tomada pelos pacotes

- *algoritmos de roteamento*

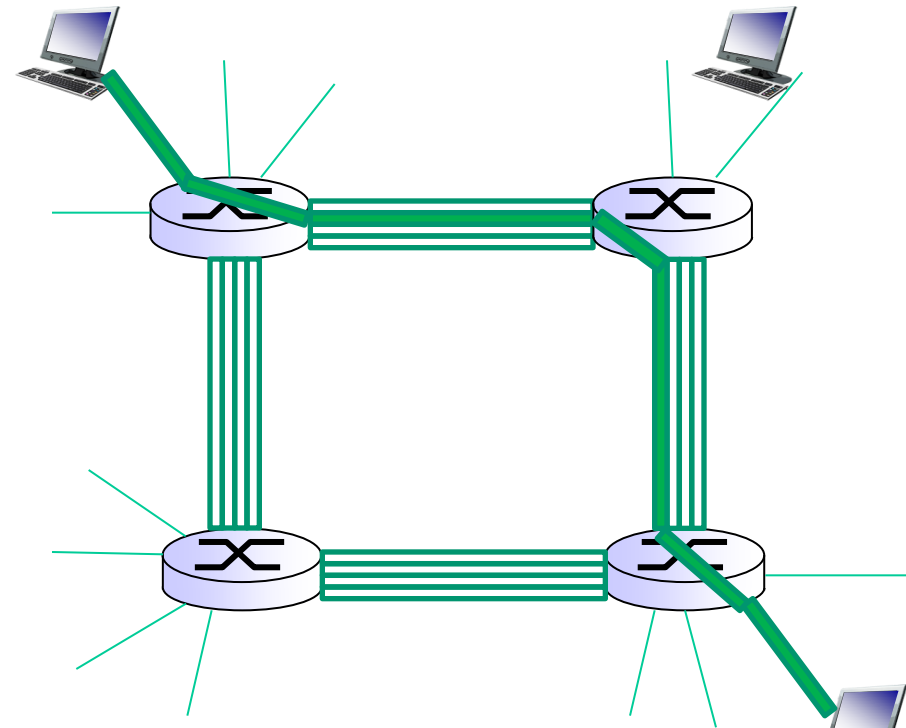
Encaminhamento/repassa: move pacotes da interface de entrada do roteador para sua interface de saída adequada



Alternativa: comutação de circuitos

Recursos fim-a-fim alocados ou reservados para “chamada” entre fonte & destino:

- ❖ Na ilustração, cada enlace possui 4 circuitos.
 - a “chamada” recebe o 2º circuito no enlace superior e o 1º circuito no enlace lateral direito
- ❖ Recursos dedicados: sem compartilhamento
 - desempenho tipo circuito (garantido)
- ❖ Segmento do circuito fica ocioso (idle) se não estiver em uso pela “chamada” (*sem compartilhamento*)
- ❖ Comumente usado em redes de telefonia tradicional

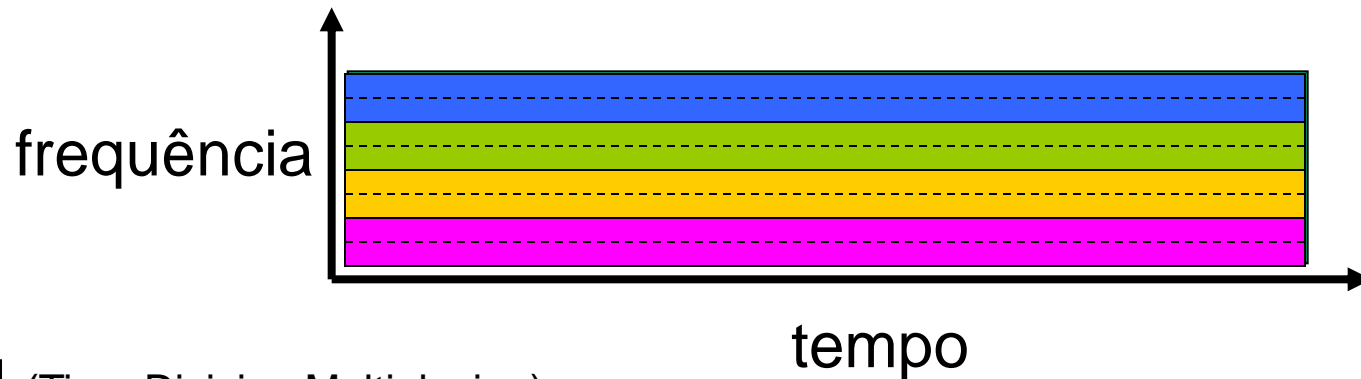


Comutação de Circuitos: FDM versus TDM

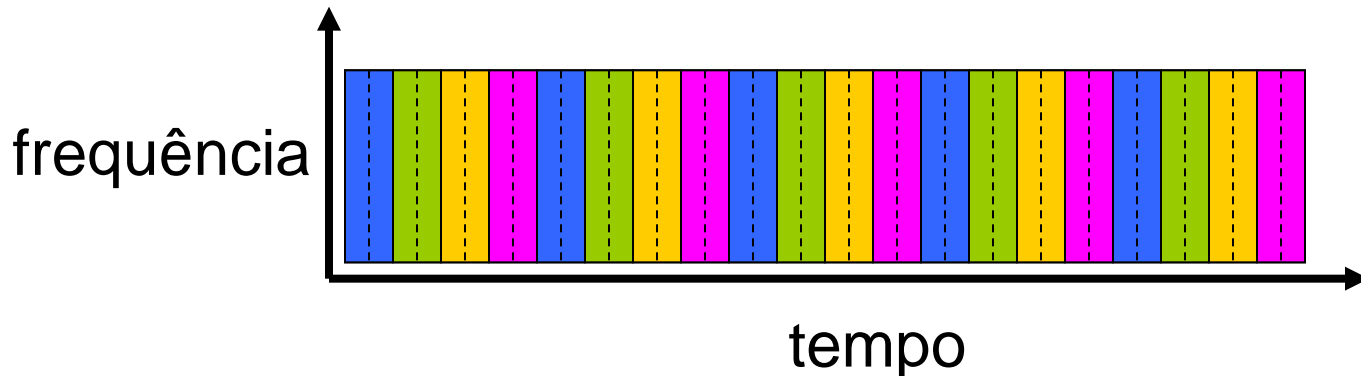
FDM (Frequency Division Multiplexing)

Exemplo:

4 usuários 



TDM (Time Division Multiplexing)



Comutação de pacotes x Comutação de circuitos

Comutação de pacotes permite mais usuários usando a rede!

exemplo:

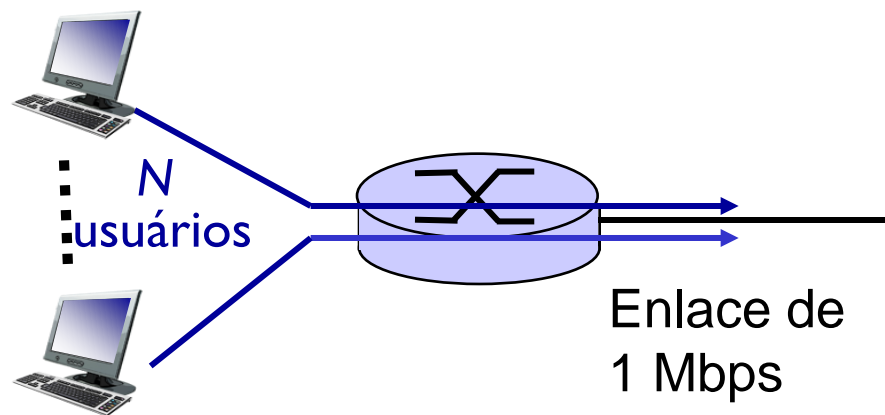
- enlace de 1 Mbps
- cada usuário:
 - 100 kbps quando “ativo”
 - ativo 10% do tempo

❖ *comutação de circuitos:*

- 10 usuários

❖ *comutação de pacotes:*

- com 35 usuários, probabilidade de > 10 ativos ao mesmo tempo é menor do que 0,0004



Q: como se chega ao valor 0,0004?

Q: o que acontece se há mais de 35 usuários ?

Comutação de pacotes x Comutação de circuitos

comutação de pacotes ganha de goleada?

- ❖ Excelente para dados transmitidos em rajada (bursty data)
 - compartilhamento de recursos
 - simples, sem estabelecimento de chamada
- ❖ **congestionamento excessivo é possível:** atrasos e perdas de pacote
 - protocolos necessários para prover transferência confiável de dados, controle de congestionamento
- ❖ **Q: Como prover comportamento semelhante a um circuito?**
 - garantia de banda necessária para aplicações de áudio/vídeo
 - problema não resolvido na Internet (capítulo 7)

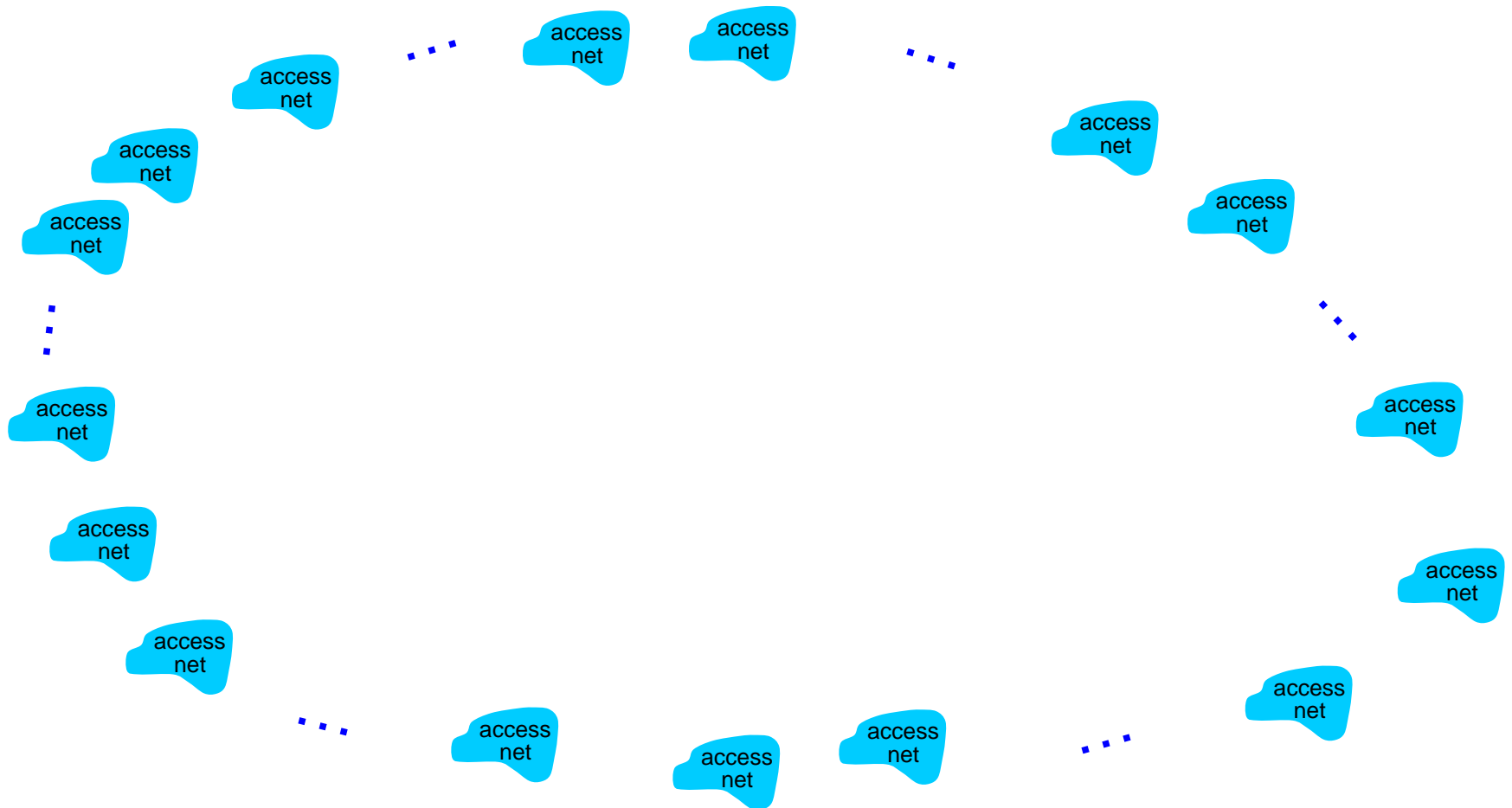
Q: Alguma analogia humana de reserva de recursos (comutação de circuitos) versus alocação sob demanda (comutação de pacotes)?

Estrutura da Internet: rede de redes

- ❖ Sistemas finais conectam à Internet através de **ISPs** (Internet Service Providers) **de acesso**
 - ISPs residenciais, corporativos e acadêmicos
- ❖ ISPs de acesso devem estar interconectados
 - ❖ Assim, dois hosts em ISPs distintos podem se comunicar
- ❖ Rede de redes resultante é muito complexa
 - ❖ Evolução foi guiada por **políticas nacionais e econômica**
- ❖ Vamos ver um passo-a-passo para se chegar a estrutura atual da Internet

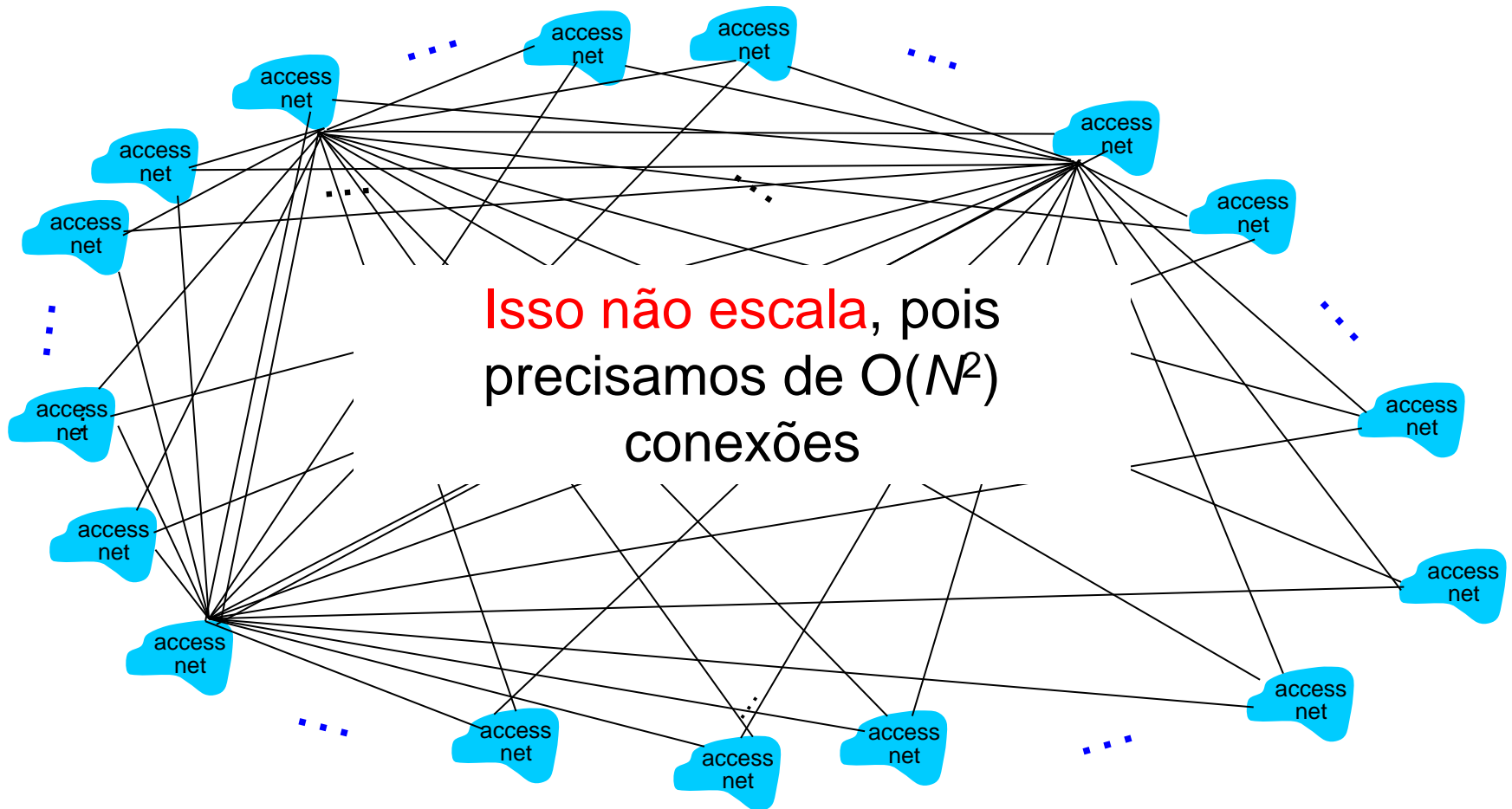
Estrutura da Internet: rede de redes

Q: como interconectar milhões de ISPs de acesso?



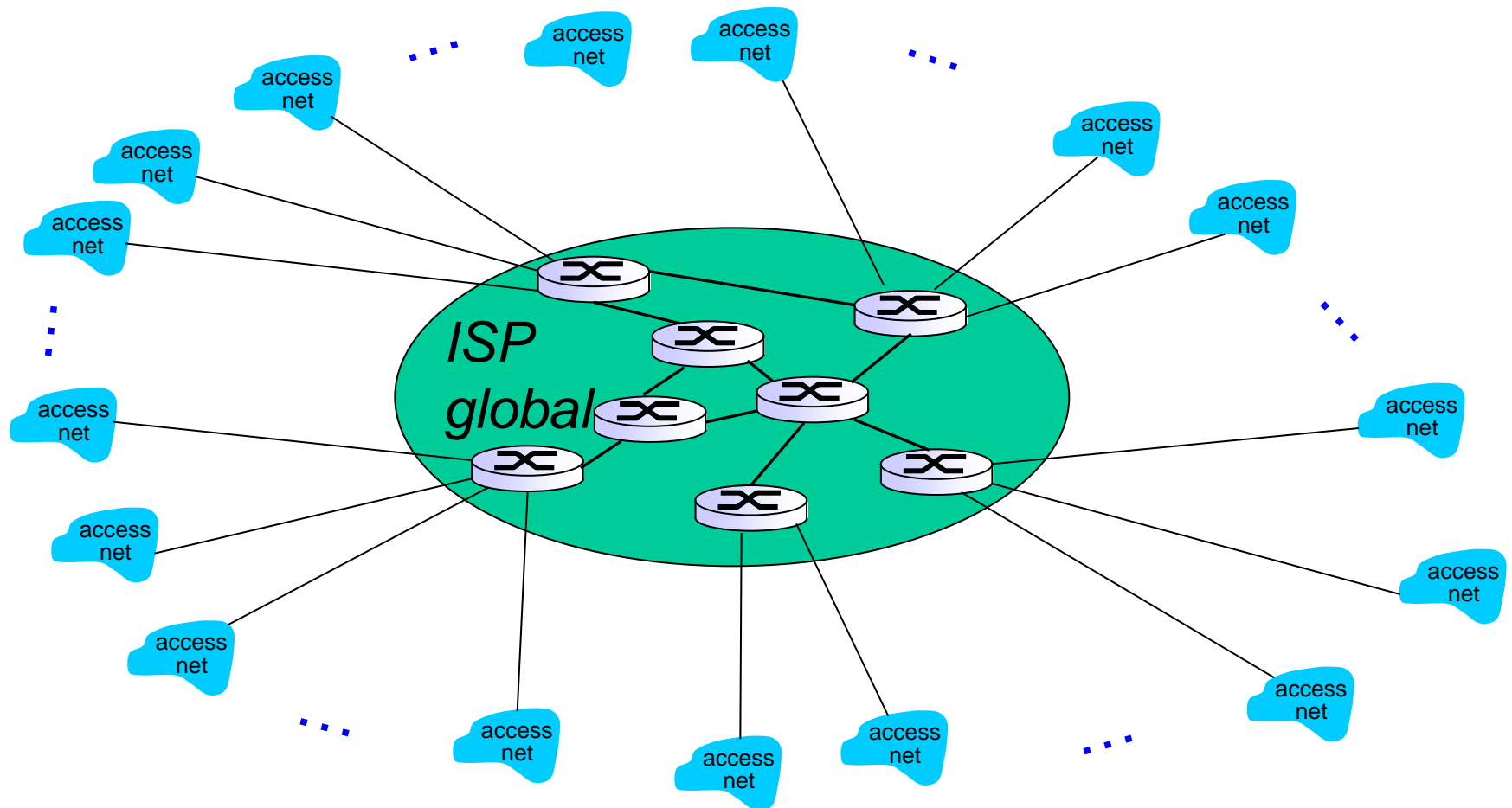
Internet structure: network of networks

Opção: conectar cada ISP de acesso a cada outro ISP de acesso?



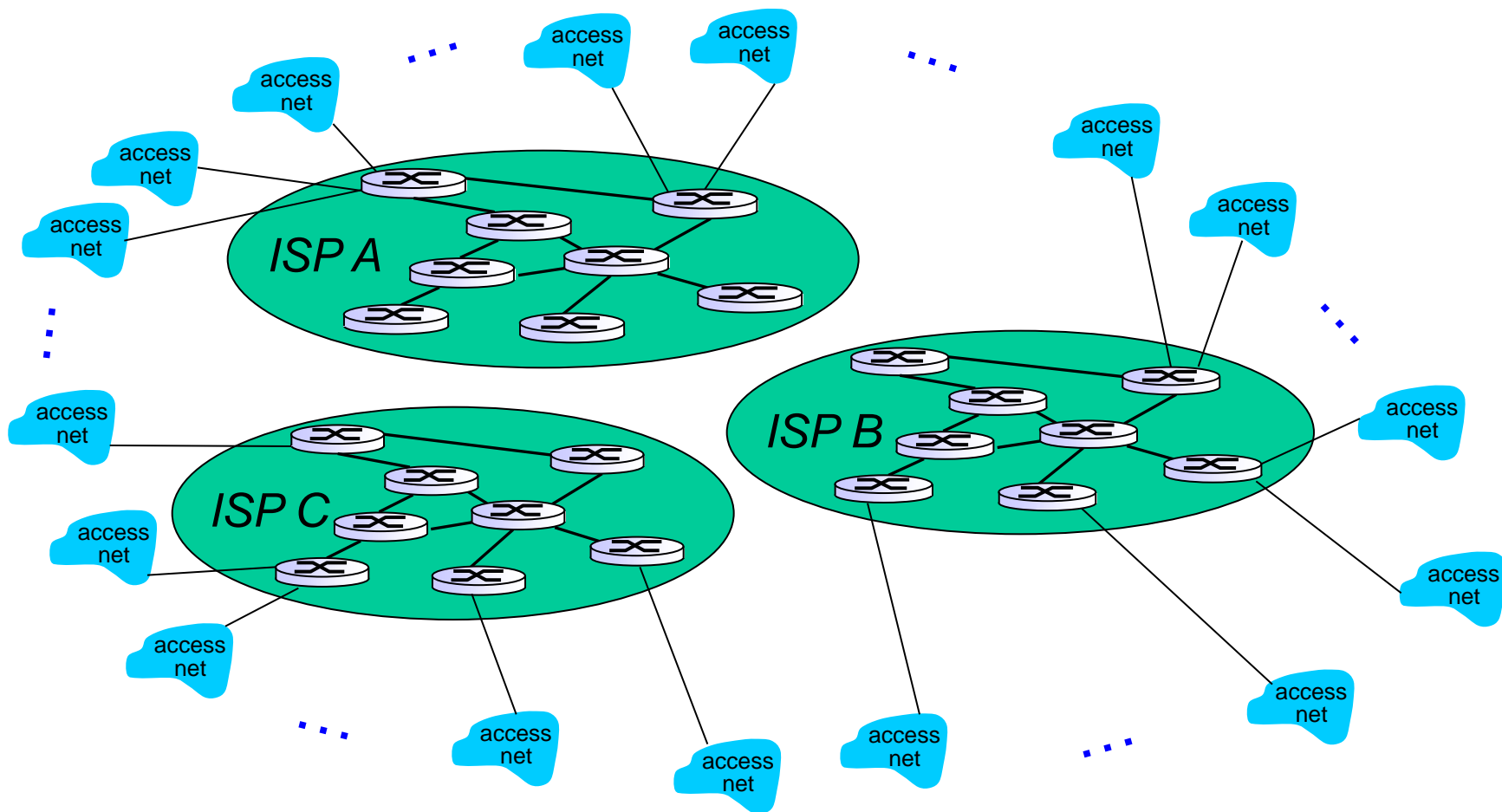
Estrutura da Internet: rede de redes

*Opção: conectar cada ISP de acesso a um ISP de trânsito global? ISPs de **usuários** e **provedor** possuem acordo econômico*



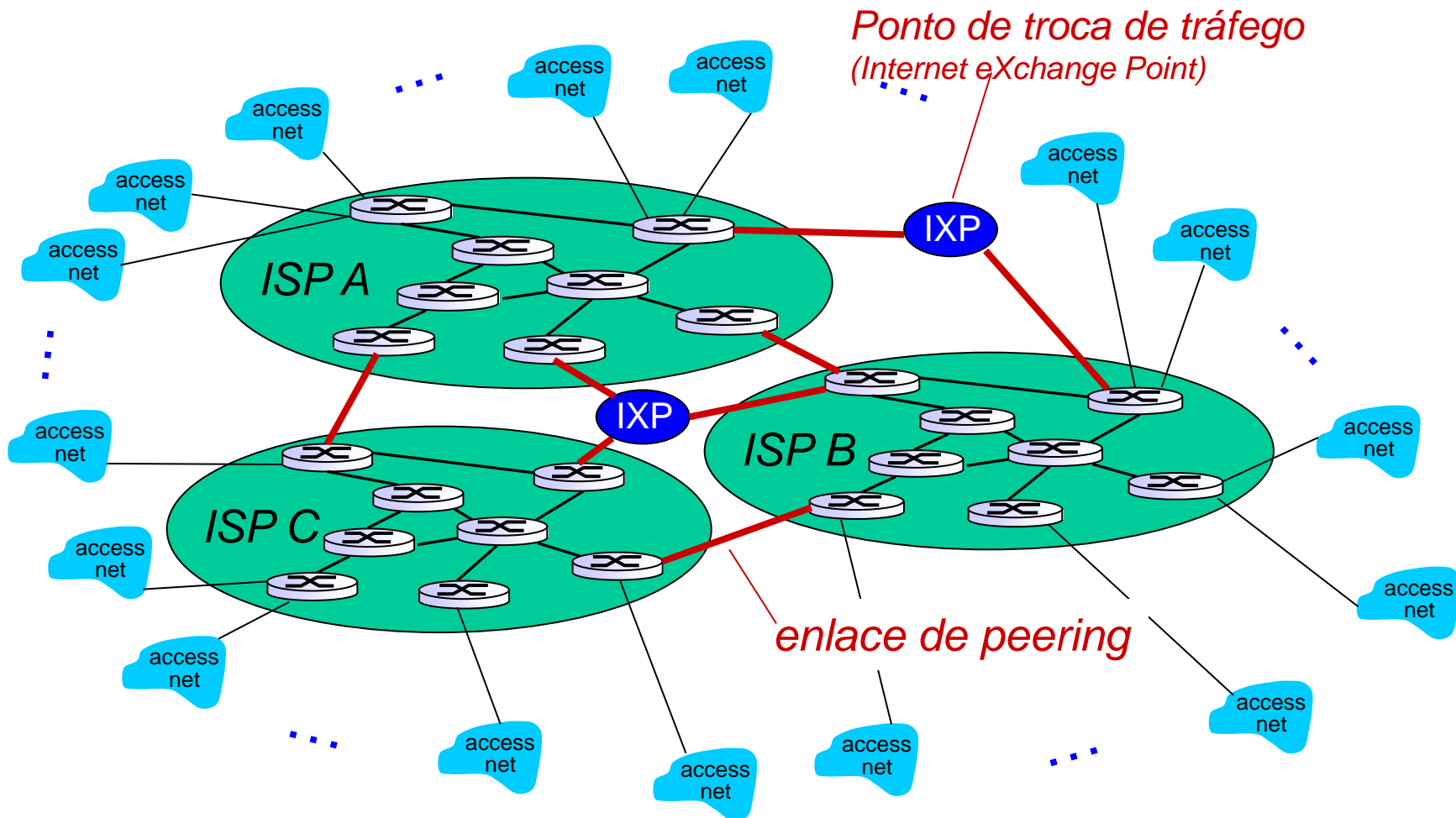
Estrutura da Internet: rede de redes

Mas se um ISP global for um negócio viável (e lucrativo), haverá competidores ...



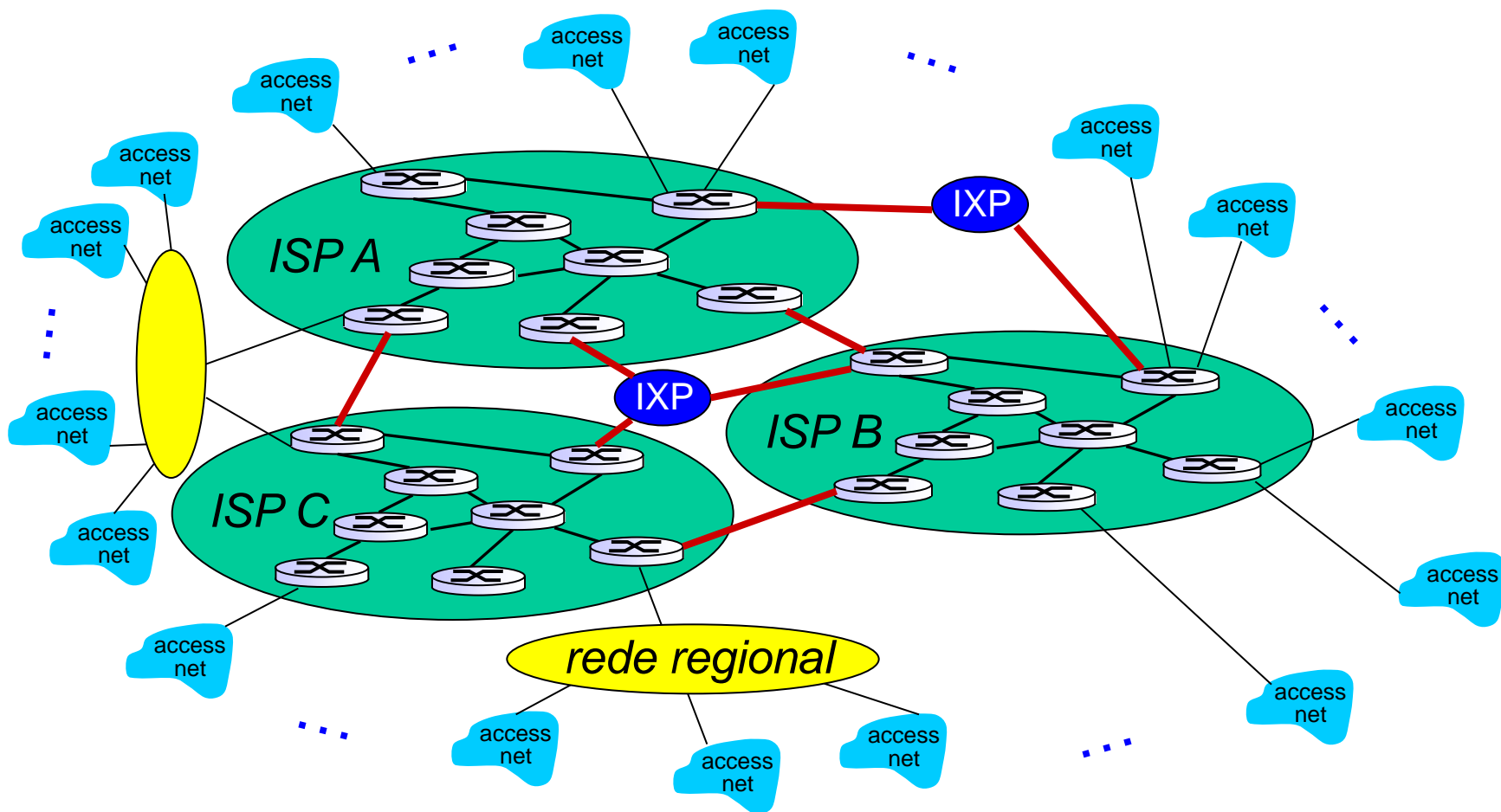
Estrutura da Internet: rede de redes

Mas se um ISP global for um negócio viável (e lucrativo), haverá competidores ... que deverão estar interconectados também



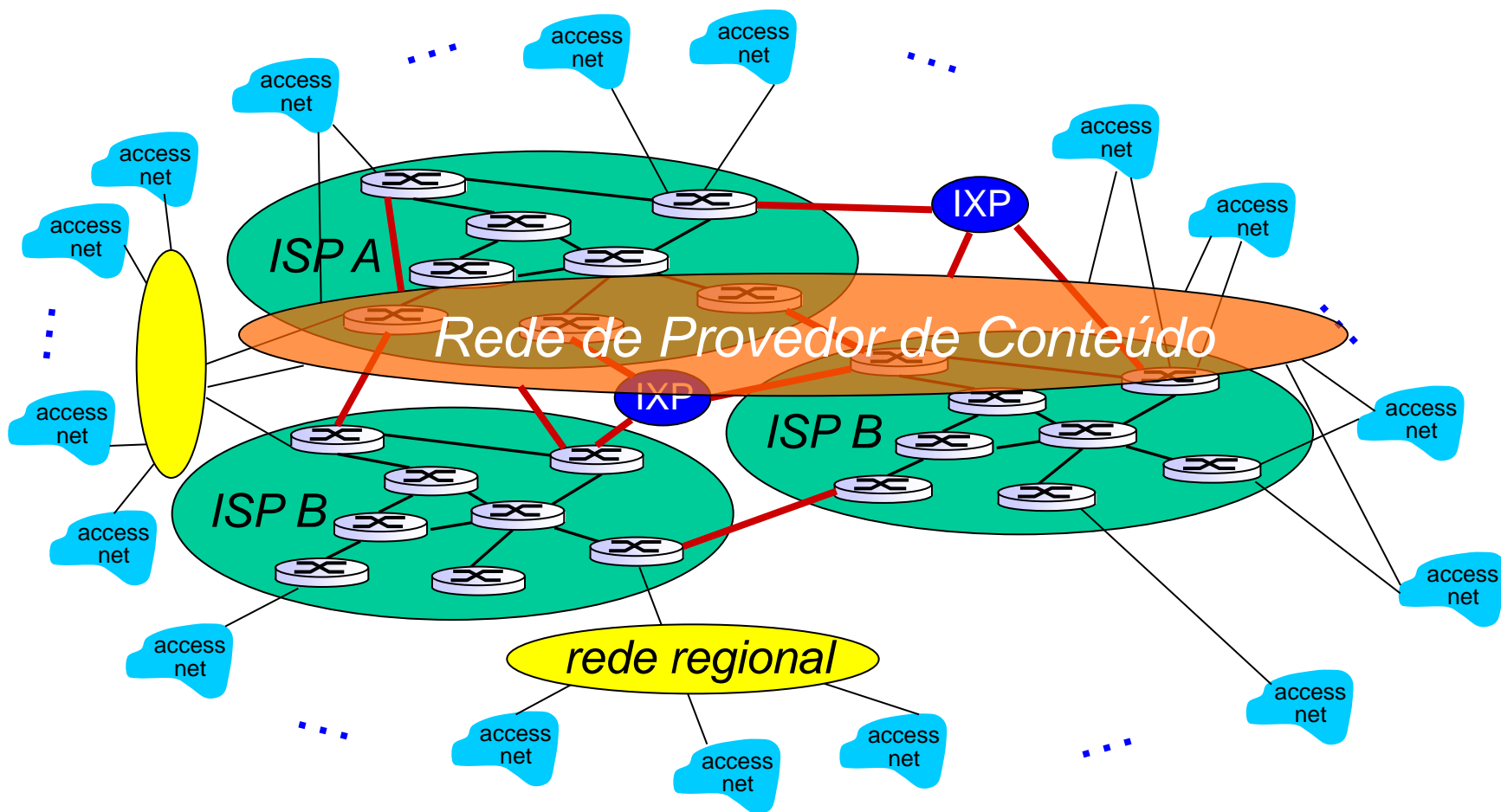
Estrutura da Internet: rede de redes

... e rede regionais podem surgir para conectar redes de acesso a ISPs

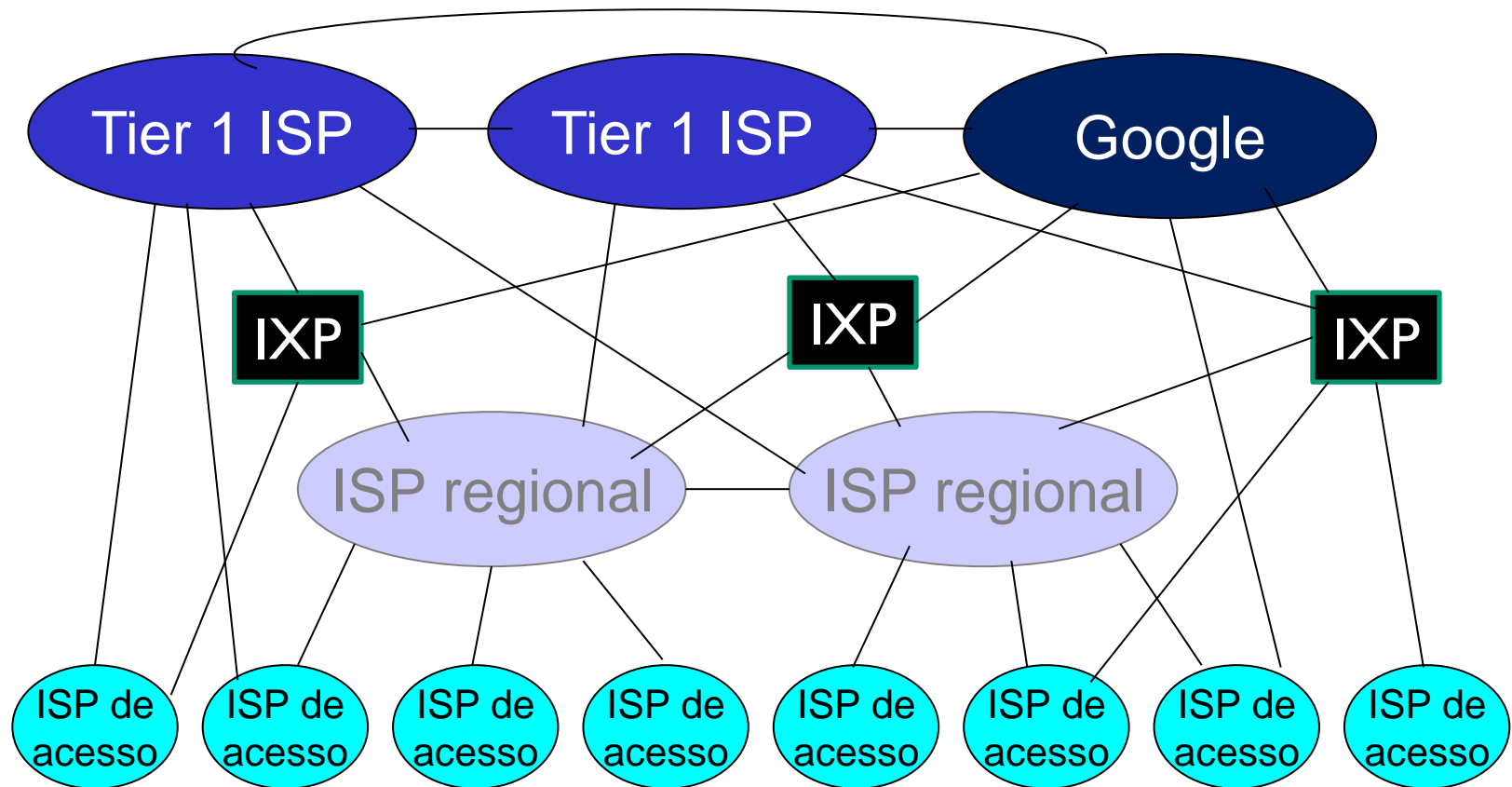


Estrutura da Internet: rede de redes

... e redes de provedores de conteúdo (e.g., Google, Microsoft, Akamai) podem criar suas próprias redes a fim de levar serviços e conteúdo perto dos usuários

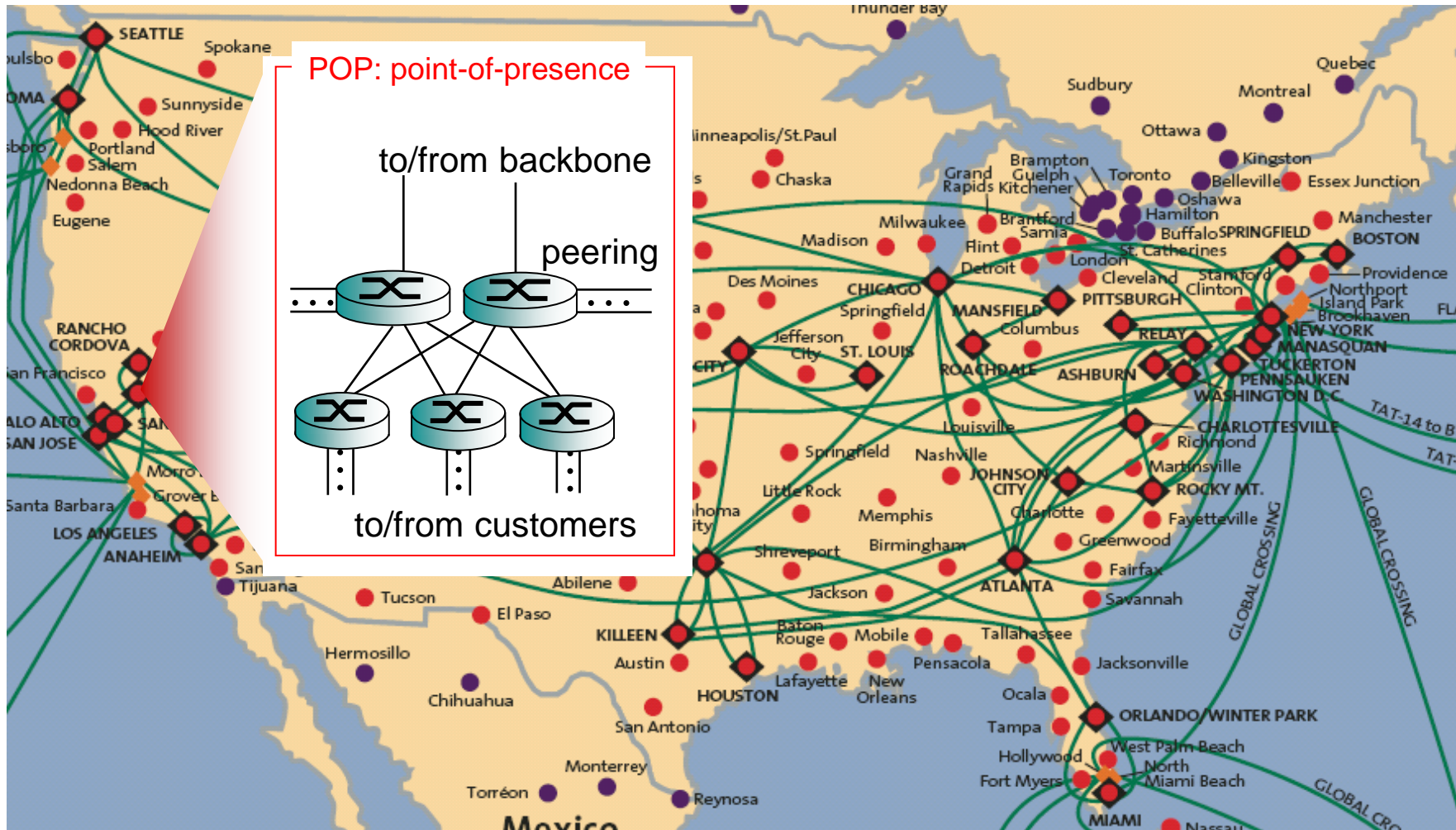


Estrutura da Internet: rede de redes



- ❖ No centro: pequeno nº de redes grandes bem conectadas
 - **ISPs comerciais “tier-1”** (e.g., Sprint, AT&T, NTT, Embratel), cobertura nacional & internacional
 - **rede de provedor de conteúdo** (e.g, Google): rede privada que conecta seus Data Centers à Internet, comumente ‘bypassando’ ISPs tier-1 e regionais

ISP Tier-1: e.g., Sprint



Provedor de Backbone Nacional (e.g. Embratel)

Giga PoPs

CR-RJO
CR-RJO-MKZ
CR-RJO-ARC
CR-SPO-IG
CR-SPO-LP
CR-SPO-MB
CR-CAS
CR-CTA
CR-PAE
CR-SDR
CR-BHE
CR-BSA

Maior

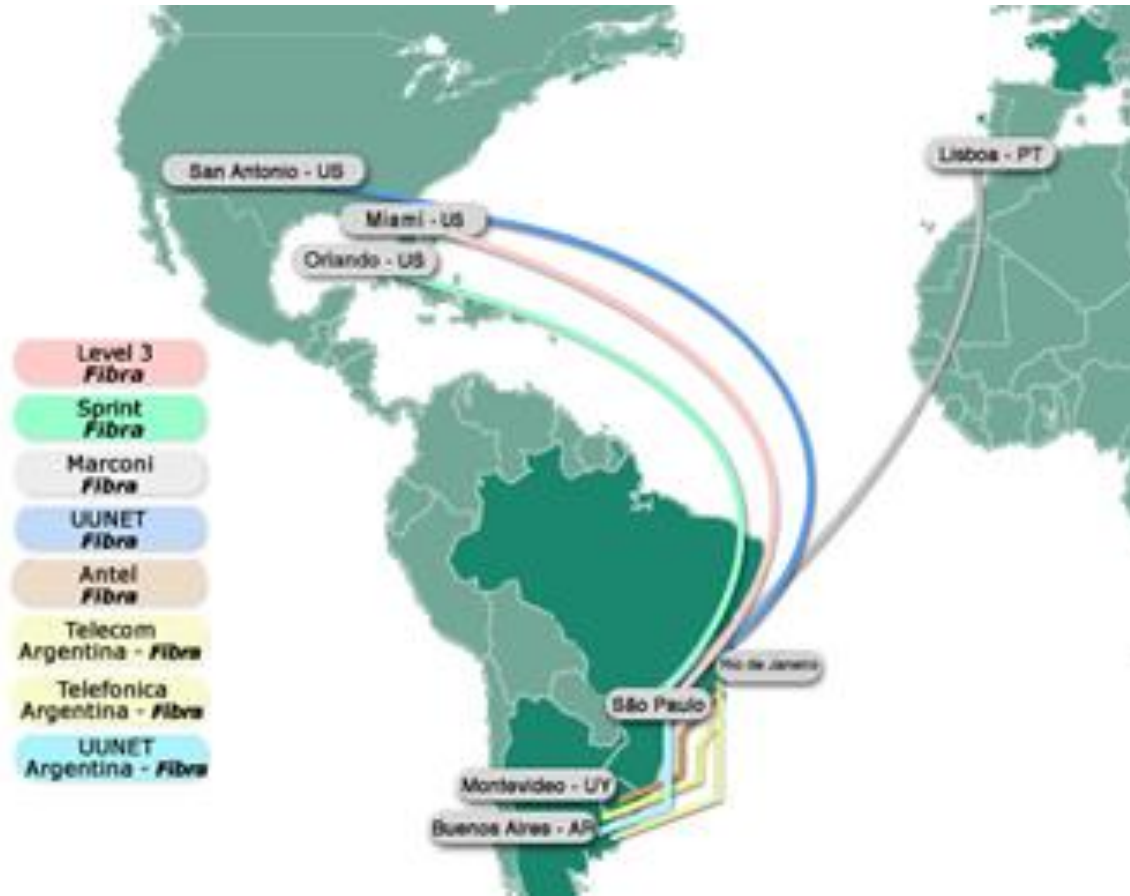
- * diversidade
- * capacidade
- * qualidade
- * confiabilidade



ATM 155 Mbps/622 Mbps



Enlaces Internacionais do Backbone da Embratel



Capítulo 1: agenda

1.1 o que é a Internet?

1.2 borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

1.3 núcleo da rede

- comutação de pacotes e de circuitos, estrutura de rede

1.4 atraso, perda e vazão em redes

1.5 camadas de protocolo, modelos de serviço

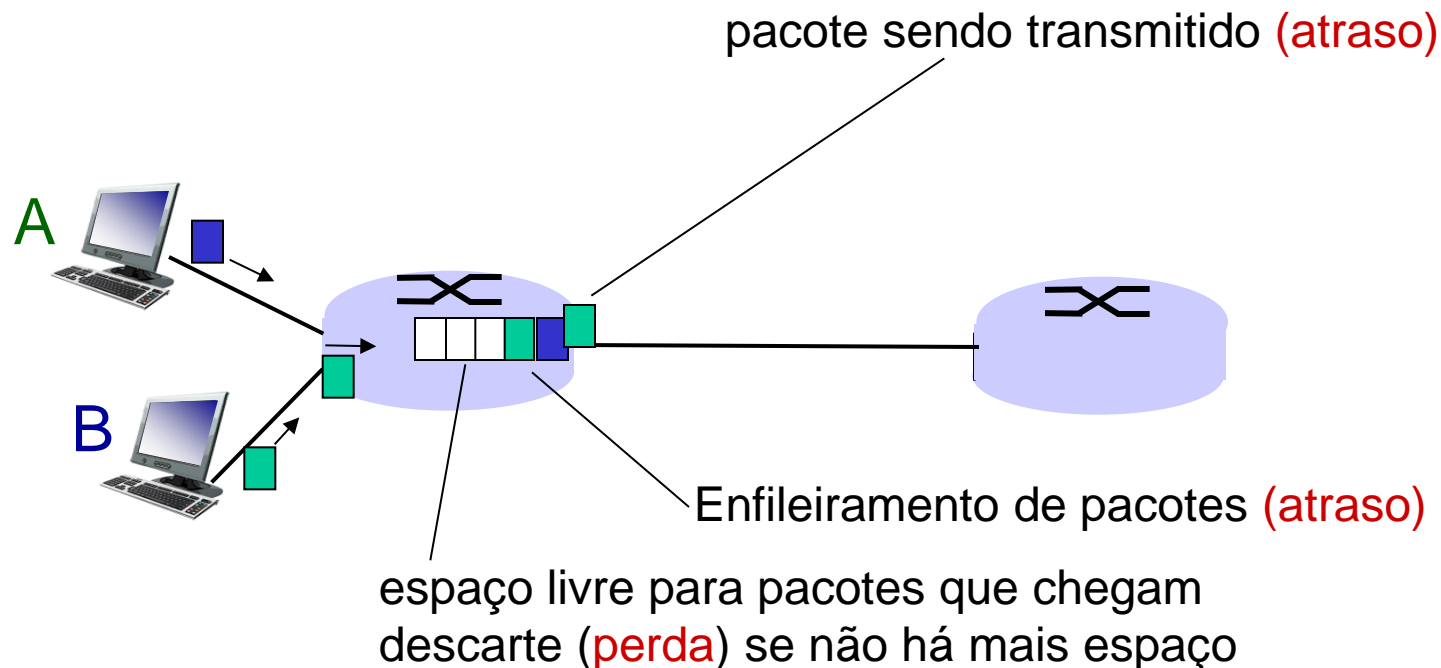
1.6 redes sob ataque: segurança

1.7 história

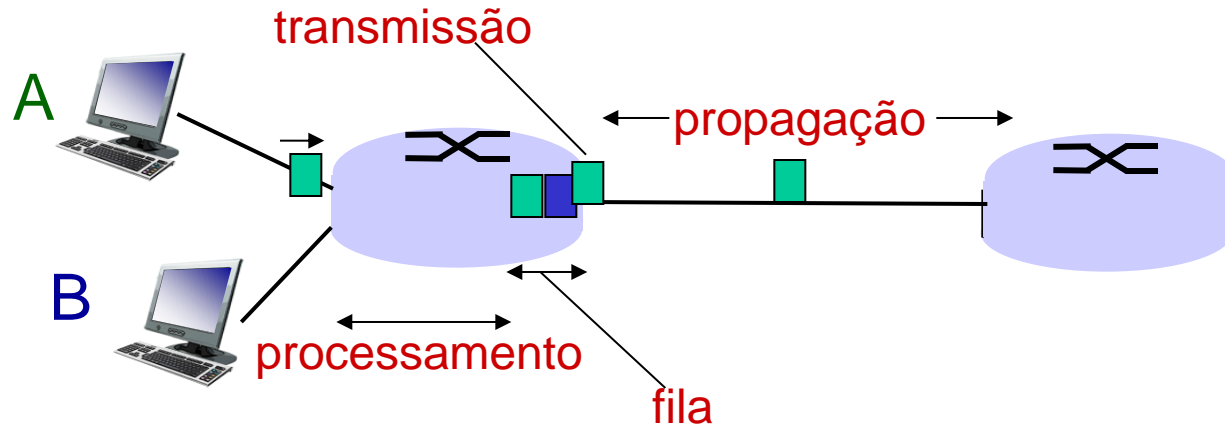
Como ocorrem perdas e atrasos?

pacotes enfileirados na memória do roteador

- ❖ taxa de chegada de pacotes excede (temporariamente) capacidade do enlace de saída
- ❖ pacotes na fila aguardam a vez



Há 4 fontes de atraso



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

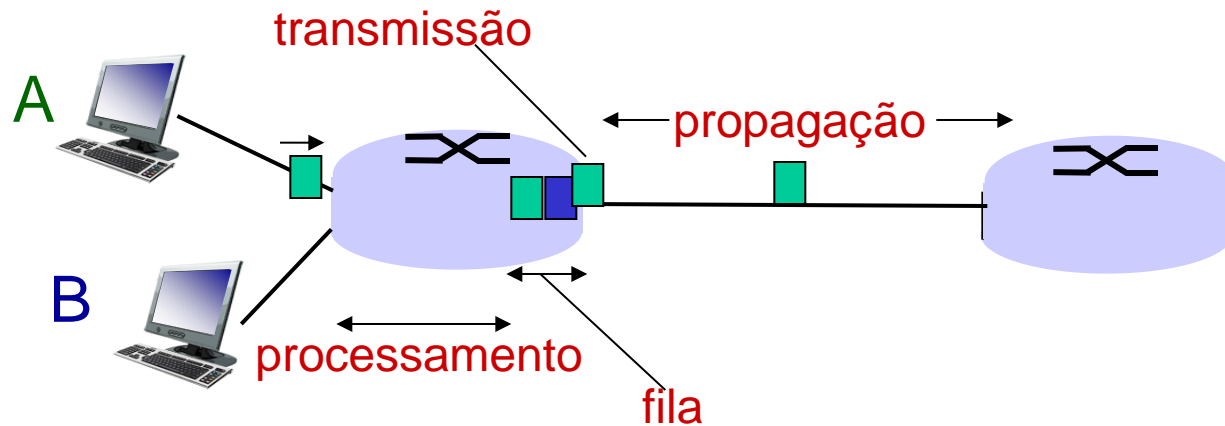
d_{proc} : processamento

- Verificar se há erros de bit
- determinar enlace de saída
- tipicamente $< \text{ms}$

d_{fila} : fila

- tempo aguardando para ser transmitido
- depende do nível de congestionamento do roteador

Há 4 fontes de atraso



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

d_{trans} : atraso de transmissão:

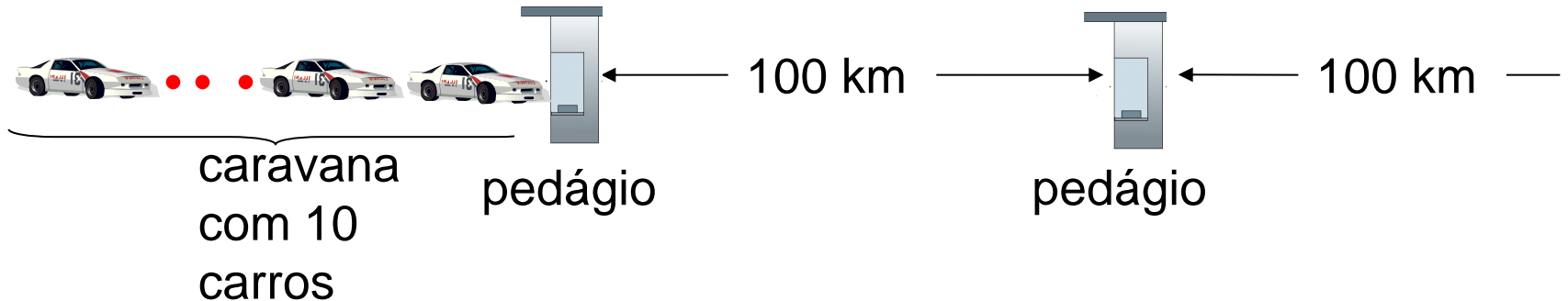
- L : tamanho do pacote (bits)
- R : taxa do enlace (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

d_{prop} : propagação:

- d : comprimento do enlace físico
- s : velocidade de propagação no meio ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- $d_{\text{prop}} = d/s$

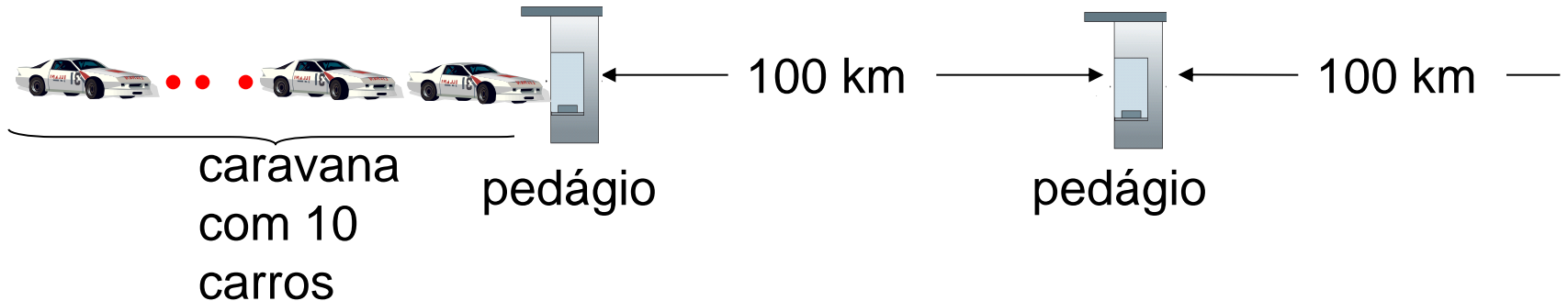
d_{trans} e d_{prop}
são distintos

Analogia com uma caravana



- ❖ carros “se propagam” a 100 km/h
 - ❖ pedágio leva 12 s para “servir” um carro (tempo de transmissão de bit)
 - ❖ carro ~ bit; caravana ~ packet
 - ❖ **Q: Quanto tempo leva até a caravana se alinhar antes do 2º pedágio?**
- Tempo para a caravana passar pelo 1º pedágio = $12 * 10 = 120$ sec
 - tempo para o último carro “se propagar” do 1º ao 2º pedágio: $100\text{km} / (100\text{km/h}) = 1\text{h}$
 - **Resp: 62 minutos**

Analogia com uma caravana (mais)



- ❖ Suponha agora que os carros “se propagam” a 1000 km/h
- ❖ e suponha que um pedágio leve 11 min para “servir” um carro
- ❖ **Q:** Haverá algum carro chegando ao 2º pedágio antes de todos os carros saírem do 1º pedágio?

- **Resp: Sim!** após 7 min, 1º carro chega no segundo pedágio; três carros ainda estão no 1º pedágio

Atraso de Fila (revisitado)

- ❖ **R**: banda passante do enlace (bps)
- ❖ **L**: tamanho do pacote (bits)
- ❖ **a**: taxa média de chegada de pacotes



- ❖ $La/R \sim 0$: atraso médio de fila pequeno
- ❖ $La/R \rightarrow 1$: atraso médio de fila grande
- ❖ $La/R > 1$: mais “trabalho” chegando do que pode ser feito, atraso médio infinito!



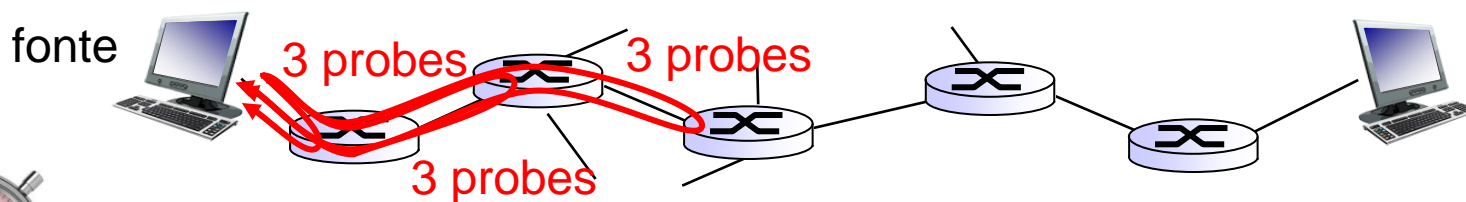
$La/R \sim 0$



$La/R \rightarrow 1$

Atrasos e Rotas “Reais” na Internet

- ❖ Valores de atrasos e perdas “reais” na Internet?
- ❖ Programa `traceroute`: provê medidas de atraso da fonte para cada roteador ao longo do destino. Para cada roteador (salto) i :
 - Fonte envia 3 pacotes (probes) que alcançarão o roteador i no caminho para o destino
 - roteador i retornará para a fonte uma resposta* para cada pacote (probe) recebido
 - fonte marca intervalo de tempo entre envio de probe e recebimento de resposta



Atrasos e rotas “Reais” na Internet

traceroute: cin para www.g1.com.br

C:\>tracert www.g1.com.br

3 medidas de atraso (probes)

Rastreando a rota para www.g1.com.br [186.192.90.5]
com no máximo 30 saltos:

```
1 <1 ms <1 ms <1 ms 172.20.3.254
2 1 ms <1 ms <1 ms 200.133.31.1
3 9 ms <1 ms <1 ms mxpe-lanpe-10g-int.bkb.rnp.br [200.143.255.193]
4 7 ms 4 ms 4 ms pe-al-10g-oi.bkb.rnp.br [200.143.252.122]
5 11 ms 8 ms 8 ms al-se-10g-oi.bkb.rnp.br [200.143.252.117]
6 19 ms 13 ms 13 ms se-ba-10g-oi.bkb.rnp.br [200.143.252.114]
7 30 ms 30 ms 30 ms ba-es-10g-oi.bkb.rnp.br [200.143.252.93]
8 40 ms 40 ms 40 ms es-rj-10g-oi.bkb.rnp.br [200.143.252.85]
9 44 ms 43 ms 43 ms as28604.rj.ptt.br [200.219.138.17]
10 * * * Esgotado o tempo limite do pedido.
11 41 ms 41 ms 41 ms 186.192.90.5
```

Rastreamento concluído.

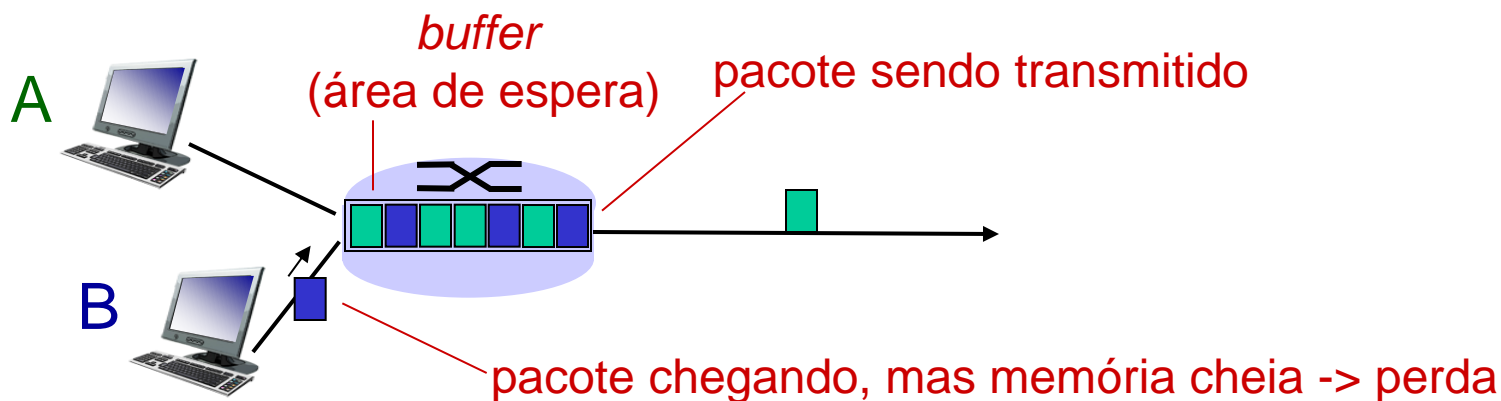
Mais provável que roteador esteja configurado para não responder a traceroute pela “ausência” de 3 respostas

* Significa timeout ou sem resposta recebida no tempo especificado (probe perdido, resposta perdida, roteador não respondeu, roteador não respondeu no tempo esperado, resposta em trânsito, ...)



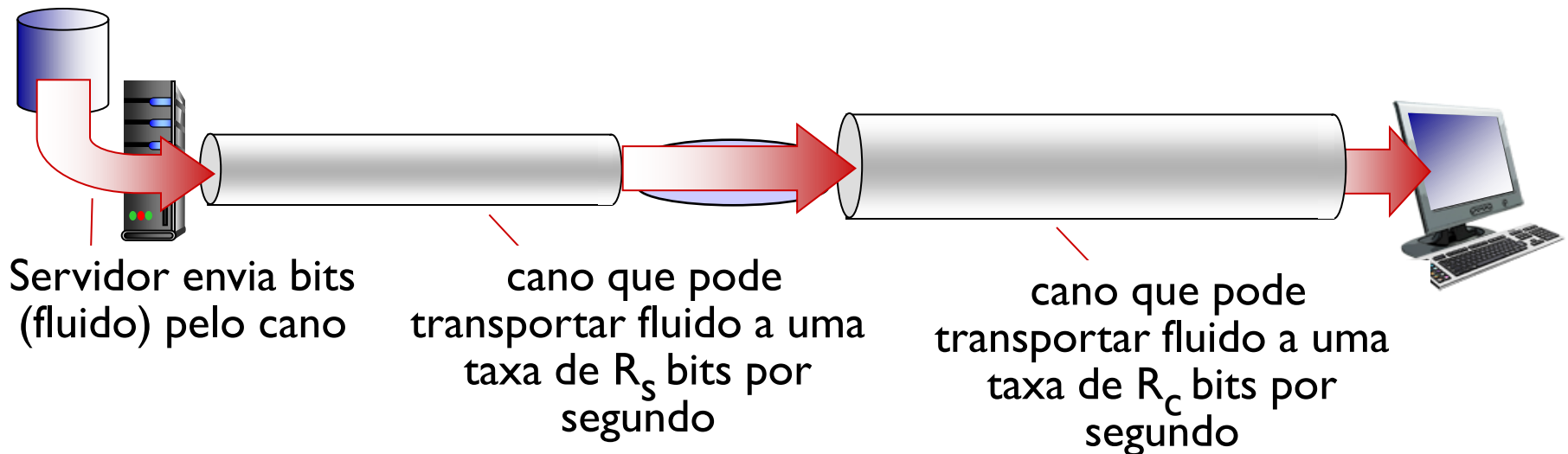
Perda de Pacotes

- ❖ Fila (*buffer*) possui capacidade finita
- ❖ Pacote que chega quando não há mais espaço na fila é descartado (perda)
- ❖ Pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pela fonte, ou não ser retransmitido



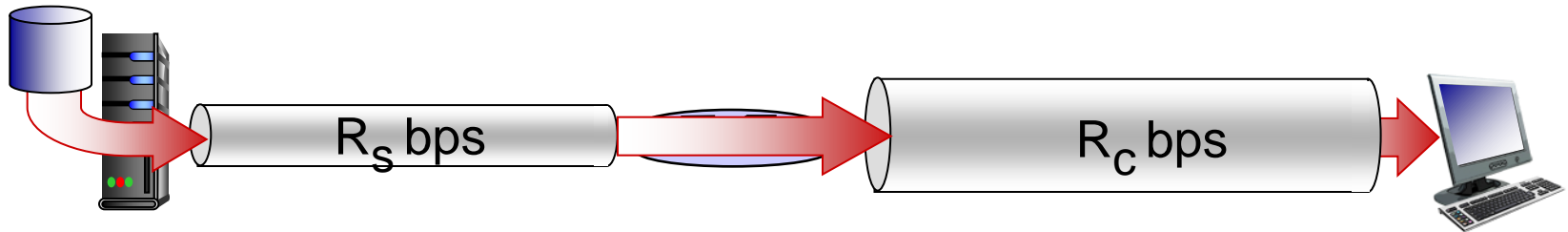
Vazão

- ❖ **vazão**: taxa (bits por unidade de tempo) na qual bits são transferidos entre emissor/receptor
 - **instantânea**: taxa em um tempo específico
 - **média**: taxa considerando um longo período de tempo

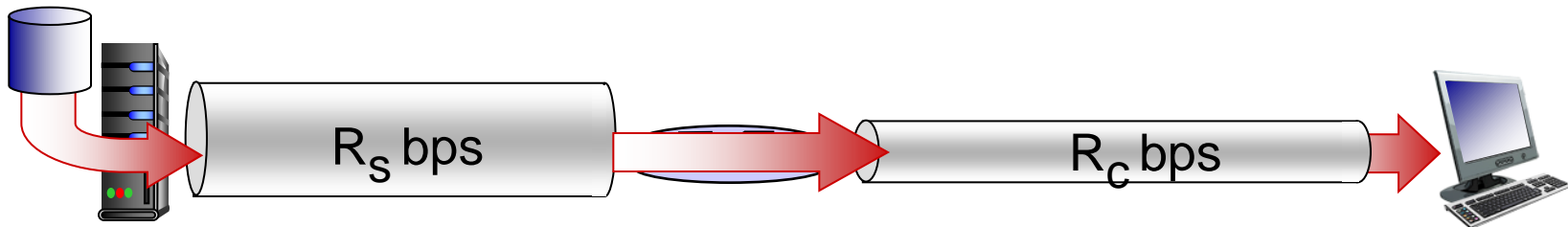


Vazão (mais)

❖ $R_s < R_c$ Qual a vazão média fim-a-fim?



❖ $R_s > R_c$ Qual a vazão média fim-a-fim?

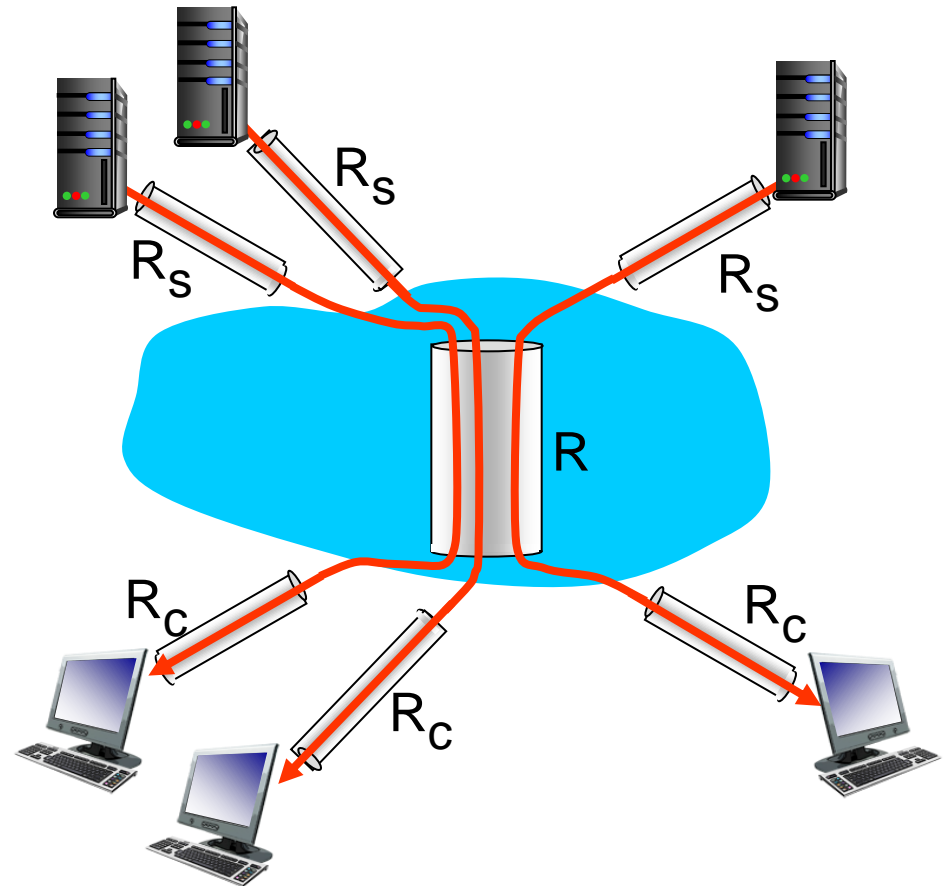


Enlace de gargalo

Enlace no caminho que limita a vazão fim-a-fim

Vazão: Cenário Internet

- ❖ Vazão por conexão: $\text{mínimo}(R_c, R_s, R/10)$
- ❖ na prática: R_c ou R_s é comumente o gargalo



10 conexões compartilham de forma justa o enlace de gargalo do backbone (R bps)

Capítulo I: agenda

I.1 o que é a Internet?

I.2 borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

I.3 núcleo da rede

- comutação de pacotes e de circuito, estrutura de rede

I.4 atraso, perda, vazão em redes

I.5 camadas de protocolo, modelos de serviço

I.6 redes sob ataque: segurança

I.7 história

Camadas/“Pilhas” de Protocolo

*Redes são complexas,
há muitas partes:*

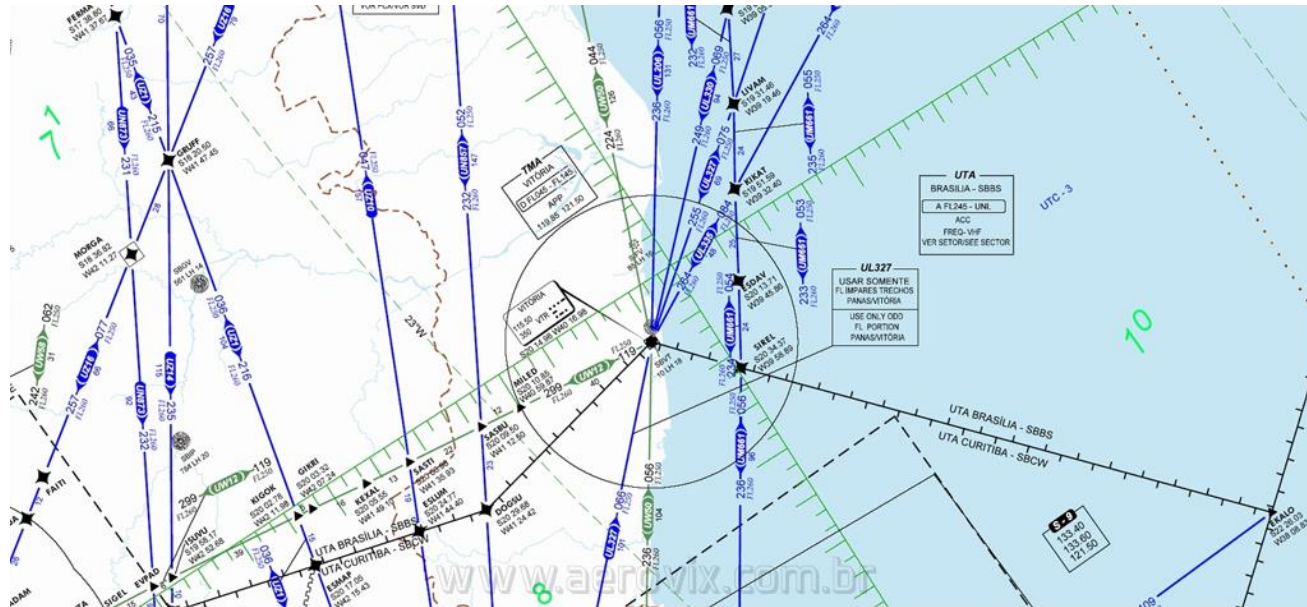
- hosts
- roteadores
- Enlaces de diversos tipos
- aplicações
- protocolos
- hardware, software

Pergunta:

Há alguma esperança de conseguirmos organizar a estrutura da rede?

... ou pelo menos nossa discussão sobre redes?

Organização de uma viagem aérea: Aerovias

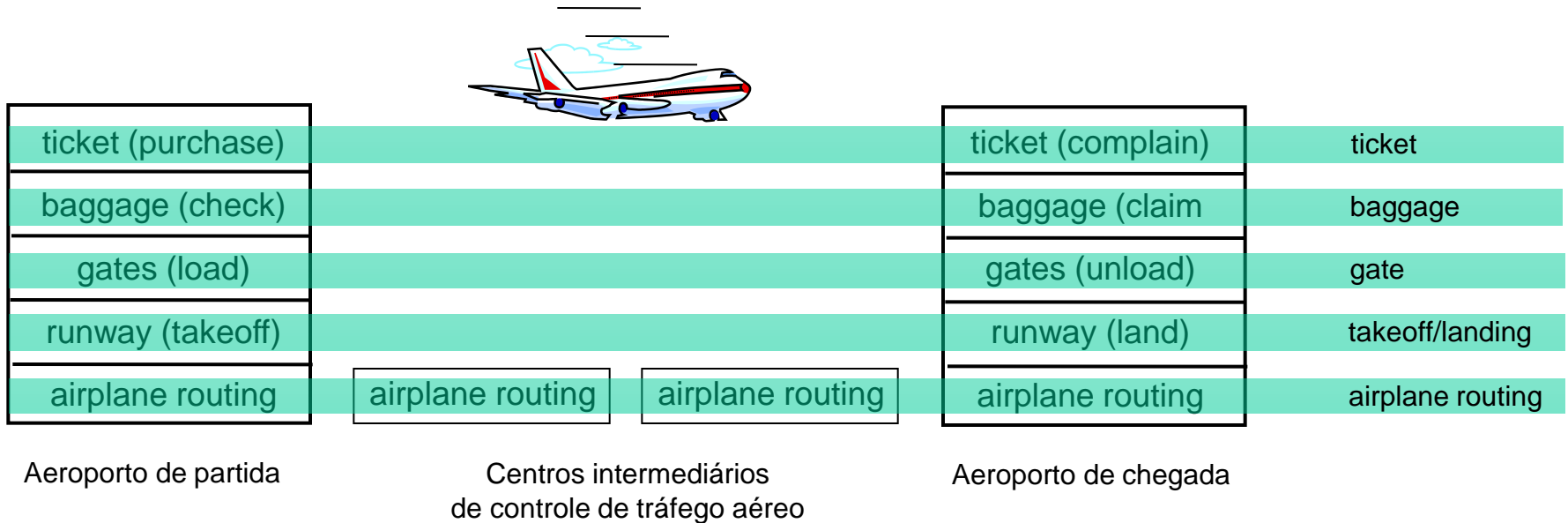


Organização de uma viagem aérea



- ❖ Uma série de passos ou etapas

Camadas na funcionalidade aérea



camadas: cada camada implementa um serviço

- através de suas próprias ações internas
- conta com serviços proporcionados pela camada abaixo

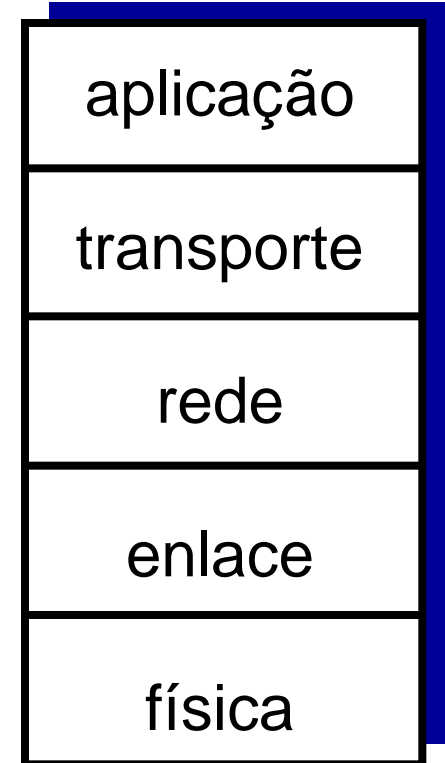
Por que organizar em camadas?

Lidando com sistemas complexos:

- ❖ Estrutura explícita permite a identificação e relacionamento das partes do sistema complexo
 - *modelo de referência* em camadas para discussão
- ❖ Modularização facilita manutenção, atualização do sistema
 - Mudança da implementação do serviço de uma camada é transparente para o resto do sistemas
 - e.g., mudança no procedimento no portão de embarque não afeta o resto do sistema
- ❖ Divisão em camadas pode ser considerada prejudicial?

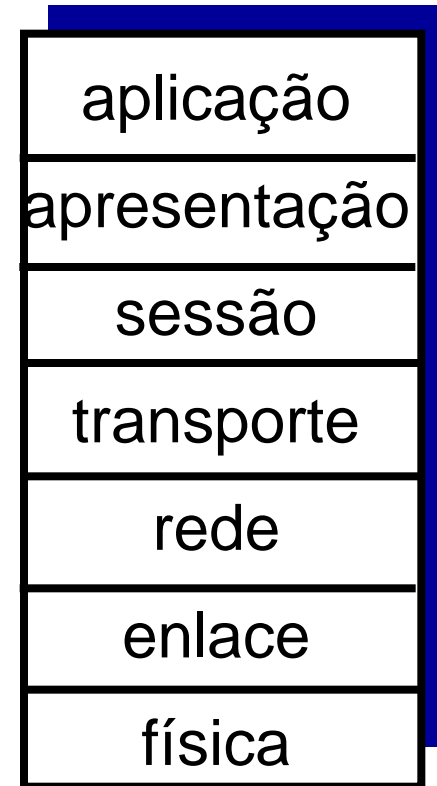
Pilha de Protocolos Internet

- ❖ *aplicação*: suporte às aplicações de rede
 - FTP, SMTP, HTTP
- ❖ *transporte*: transferência de dados entre processos
 - TCP, UDP
- ❖ *rede*: roteamento de datagramas da fonte ao destino
 - IP, protocolos de roteamento
- ❖ *enlace*: transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
 - Ethernet, 802.11 (WiFi), PPP
- ❖ *física*: bits “no meio”

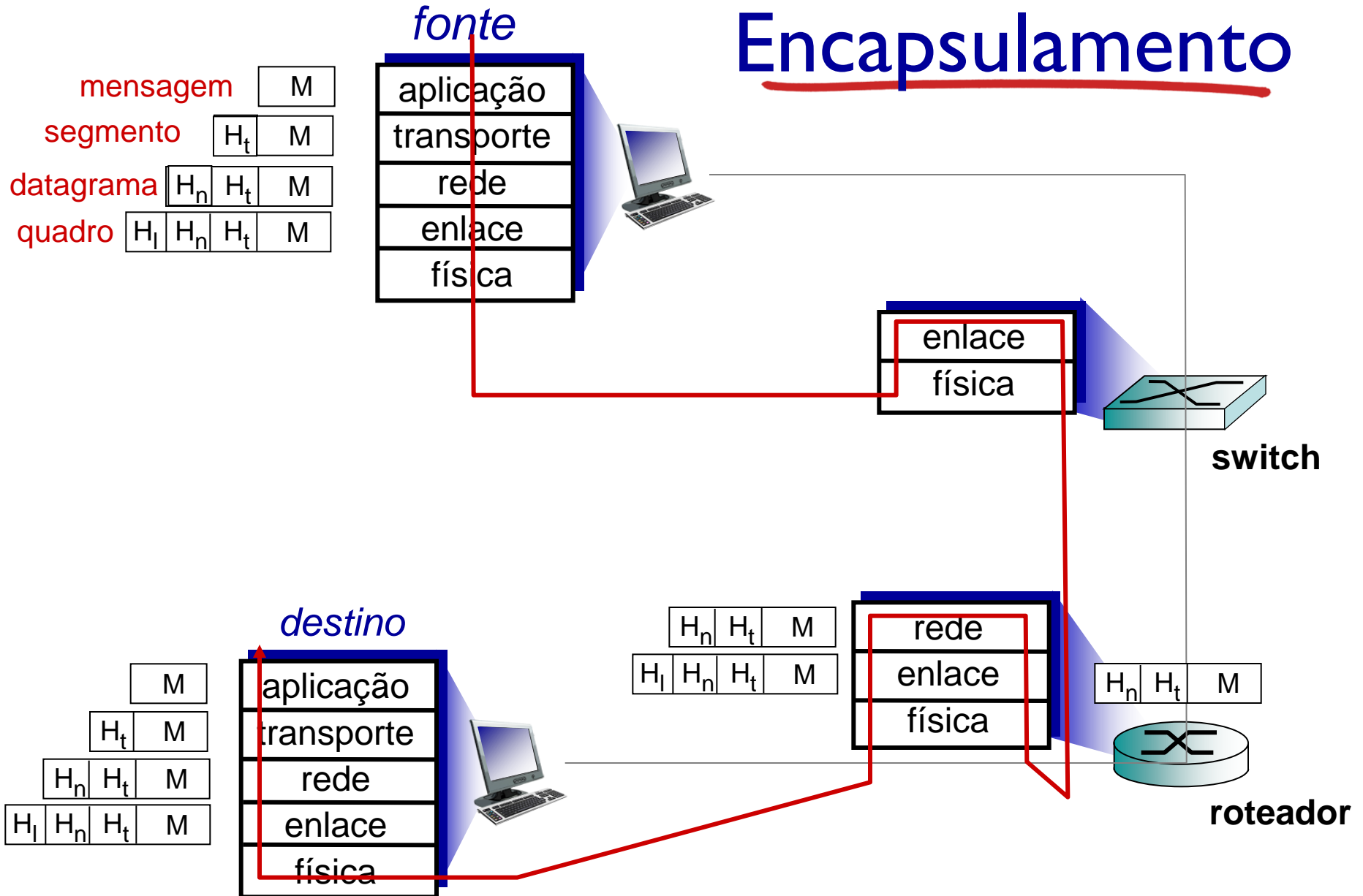


Modelo de referência OSI/ISO

- ❖ **apresentação:** permite que aplicações interpretem o significado dos dados, e.g., criptografia, compressão, convenções específicas de máquina
- ❖ **sessão:** sincronização, checkpointing, recuperação de dados trocados
- ❖ Modelo Internet não mostra essas duas camadas!
 - tais serviços, se necessários, *devem ser implantados na aplicação*
 - são mesmo necessários?



Encapsulamento



Capítulo 1: agenda

1.1 o que é a Internet?

1.2 borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

1.3 núcleo da rede

- comutação de pacotes e de circuitos, estrutura de rede

1.4 atraso, perda e vazão em redes

1.5 camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 redes sob ataque: segurança

1.7 história

Segurança de Redes

❖ Campos de pesquisa:

- Como redes de computadores podem ser atacadas?
- Como defender as redes de ataques?
- Como projetar arquiteturas imunes a ataques?

❖ A Internet não foi projetada originalmente com (muita) segurança em mente

- *visão original*: “um grupo de usuários mutuamente confiáveis conectados a uma rede transparente” 😊
- projetistas de protocolos Internet tentando “tirar o atraso” (no bom sentido 😊)
- considerações sobre segurança em todas as camadas!

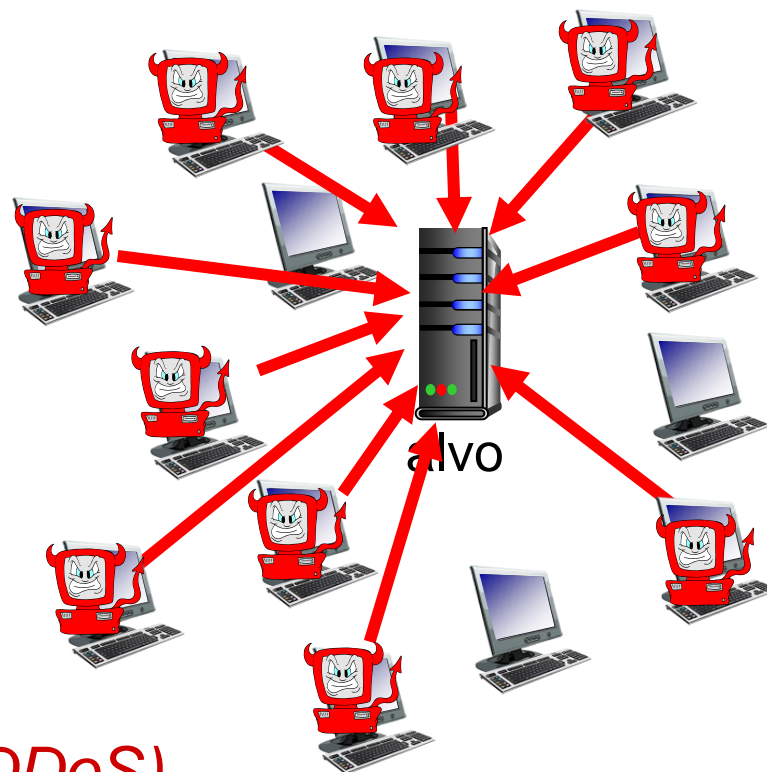
Como malware chegam nos hosts via Internet

- ❖ Como um malware (**malicious software**) chega até um host?
 - *vírus*: infecção que se auto-replica recebendo/executando objetos (e.g., anexo de e-mail)
 - *worm*: infecção que se auto-replica recebendo passivamente objeto que se auto-executa
 - *Rootkit* (esconde existência de certos processos) , *cavalo de tróia ou trojan* (parece fazer uma coisa inofensiva, mas “só que não”), *adware* (propaganda), *spyware* (espionagem), *ransomware* (cobra \$\$\$ pra ter de volta “objeto” sequestrado), etc
- ❖ malware do tipo **spyware** pode roubar senhas, coletar dados pessoais (sites visitados), postar dados roubados em sites
- ❖ Um host infectado também pode ser usado numa **botnet**, usada para propagar spam ou para fazer ataques DDoS

Ataques a servidores e a infraestruras de rede

Denial of Service (DoS): atacantes tornam recursos (servidor, banda passante) indisponíveis a usuários/tráfego legítimos através da geração de tráfego artificial/falso/fictício

1. Selecionar alvo
2. Entrar em hosts na rede (veja botnet)
3. Hosts comprometidos enviam pacotes ao alvo

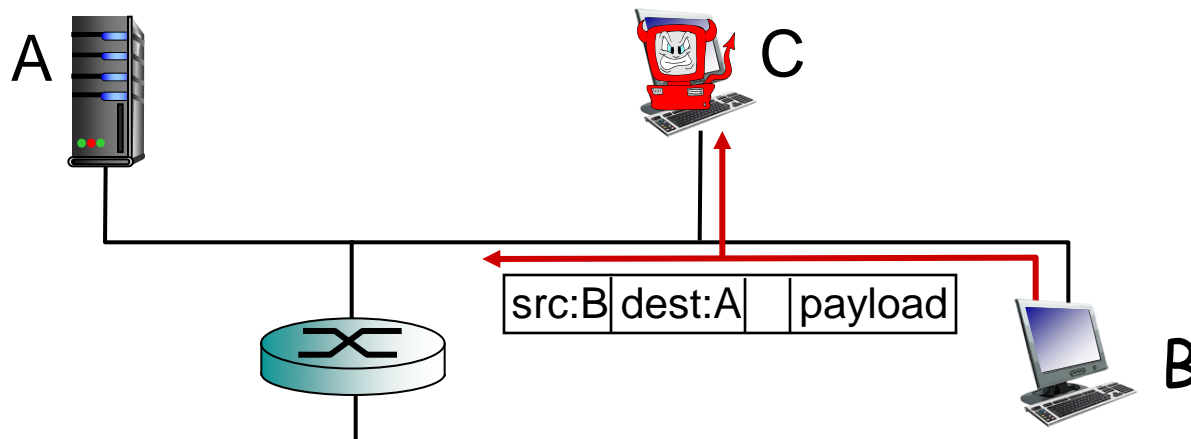


Distributed Denial of Service (DDoS)

Atacantes podem bisbilhotar pacotes

Bisbilhotando/farejando (sniffing) pacotes:

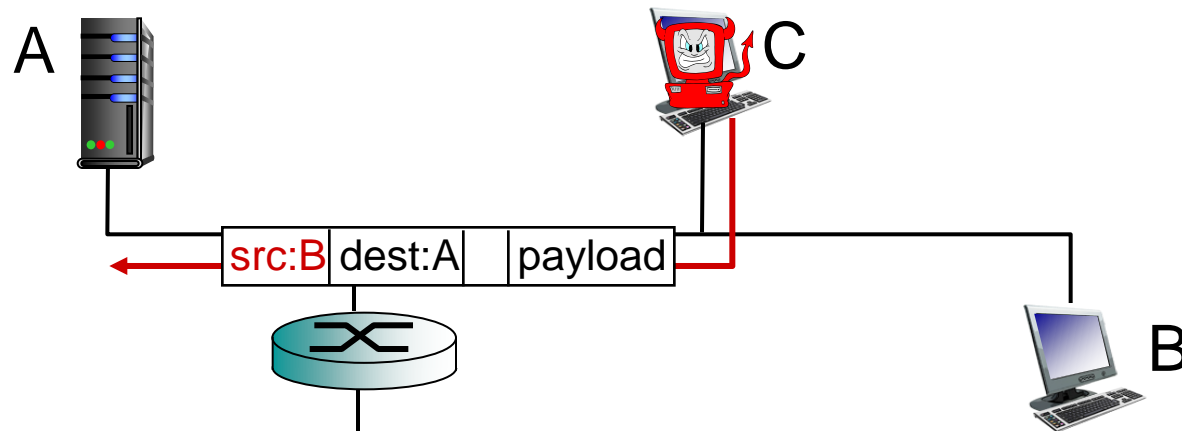
- Meio broadcast (difusão) (ethernet compartilhado, sem fio)
- Interface de rede em **modo promíscuo** lê/grava todos os pacotes (e.g., incluindo senhas!) passando por ela



- ❖ O software **wireshark** a ser usado nas aulas práticas é um “packet-sniffer” gratuito

Atacantes podem falsificar endereços

IP spoofing: envio de pacote com endereço IP de origem falso



... mais sobre segurança em um próximo curso ☹️

Capítulo 1: agenda

1.1 o que é a Internet?

1.2 borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

1.3 núcleo da rede

- comutação de pacotes e de circuitos, estrutura de rede

1.4 atraso, perda e vazão em redes

1.5 camadas de protocolo, modelos de serviço

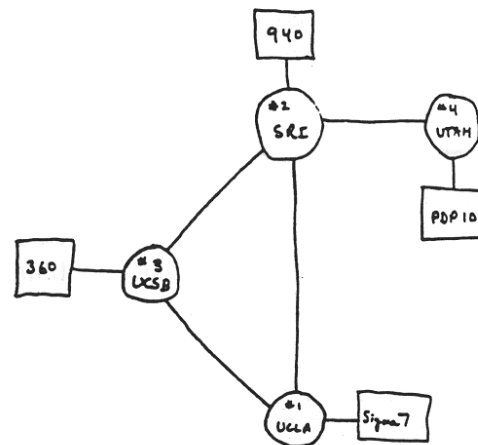
1.6 redes sob ataque: segurança

1.7 história

História da Internet

1961-1972: início dos princípios da comutação de pacotes

- ❖ 1961: Kleinrock – teoria de filas mostra a efetividade da comutação de pacotes
- ❖ 1964: Baran – comutação de pacotes em redes militares
- ❖ 1967: ARPAnet concebida pela Advanced Research Projects Agency
- ❖ 1969: 1º nó operacional da ARPAnet
- ❖ 1972:
 - Demonstração pública da ARPAnet
 - Primeiro protocolo host a host - NCP (Network Control Protocol)
 - 1º programa de e-mail
 - ARPAnet alcança 15 nós



THE ARPA NETWORK

História da Internet

1972-1980: Interconexão de redes, redes novas e proprietárias

- ❖ **1970:** rede de satélite ALOHAnet satellite no Hawaii
- ❖ **1974:** Cerf and Kahn - arquitetura para interconexão de redes
- ❖ **1976:** Ethernet na Xerox PARC
- ❖ **Fim dos anos 70:** arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- ❖ **Fim dos anos 70:** comutação de pacotes de tamanho fixo (precursor ATM)
- ❖ **1979:** ARPAnet atinge 200 nodes

Princípios de interconexão de redes de Cerf e Kahn:

- minimalismo, autonomia – nenhuma mudança interna necessária para interconectar redes
- Modelo de serviço de melhor esforço (best effort)
- Roteadores sem estado (stateless routers)
- Controle descentralizado

define a arquitetura atual da Internet

História da Internet

1980-1990: novos protocolos, proliferação de redes

- ❖ **1983:** desenvolvimento do TCP/IP
- ❖ **1982:** definição do protocolo smtp para e-mail
- ❖ **1983:** definição do DNS para tradução de nomes para endereços IP
- ❖ **1985:** definição do protocolo ftp
- ❖ **1988:** controle de congestionamento TCP
- ❖ Novas redes: Cernet, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❖ 100.000 hosts conectados em uma confederação de redes

História da Internet

1990, 2000: comercialização, Web, novas aplicações

- ❖ Início dos anos 90: ARPAnet encerrada
- ❖ 1991: NSF aumenta restrições sobre o uso comercial da NSFnet (encerrado, 1995)
- ❖ Início dos anos 90: Web
 - hypertext [Bush 1945, Nelson anos 60]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, Netscape
 - Fim dos anos 90: comercialização da Web

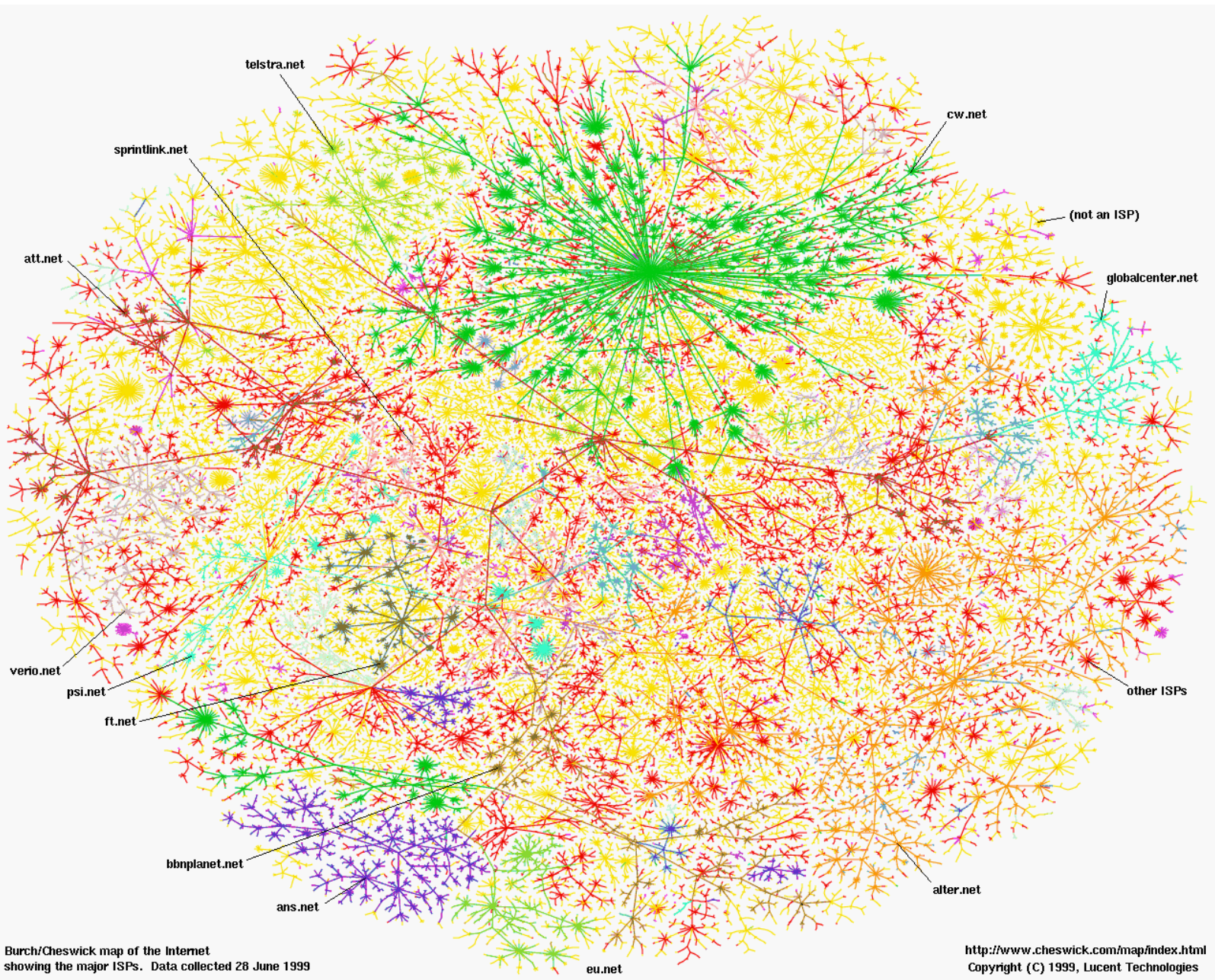
Final dos anos 90 – início de 2000:

- ❖ “killer apps”: mensagem instantânea, compartilhamento de arquivos P2P
- ❖ Segurança de rede em destaque
- ❖ Estimação de 50 milhões de hosts, + de 100 milhões de usuários
- ❖ Enlaces do backbone oferecendo Gbps

História da Internet

2005-presente

- ❖ ~750 milhões de hosts
 - Smartphones e tablets
- ❖ Implantação agressiva de acesso banda larga
- ❖ Aumento de redes de acesso sem fio de alta velocidade
- ❖ Surgimento de redes sociais online:
 - Facebook: perto de um bilhão de usuários
- ❖ Provedores de Serviços (Google, Microsoft) criam suas próprias redes
 - “Bypassando” a Internet, provendo acesso “instantâneo” a busca, email, etc
- ❖ E-commerce, universidades, empresas executando serviços em “nuvens” (eg, Amazon EC2)



Alguma semelhança?



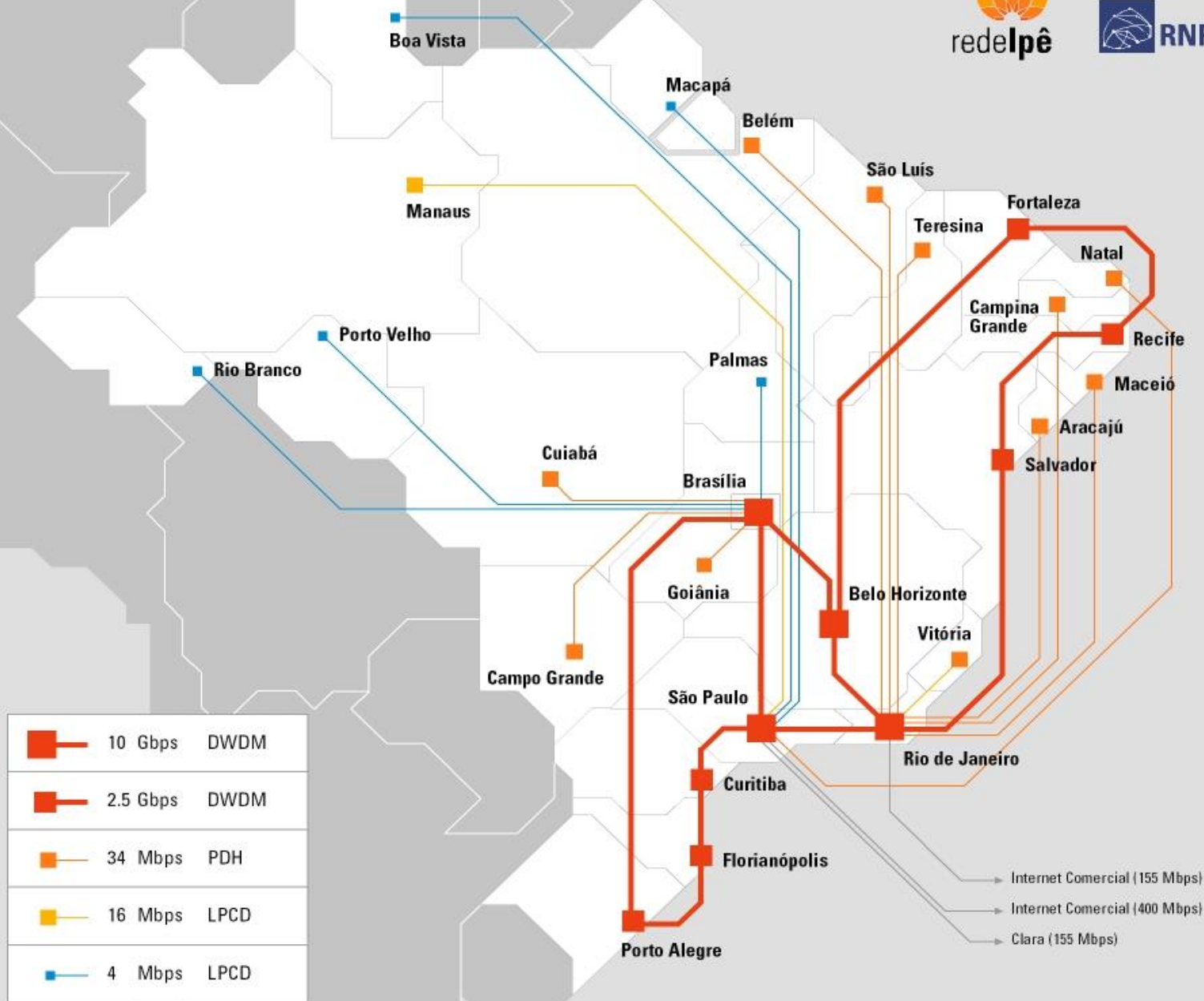
Foto de satélite mostra os Estados Unidos durante a noite, com concentração de luzes na Costa Leste (Foto: NASA Earth Observatory/Reuters) - 2012

História da Internet Brasileira

1989 - Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) cria a RNP

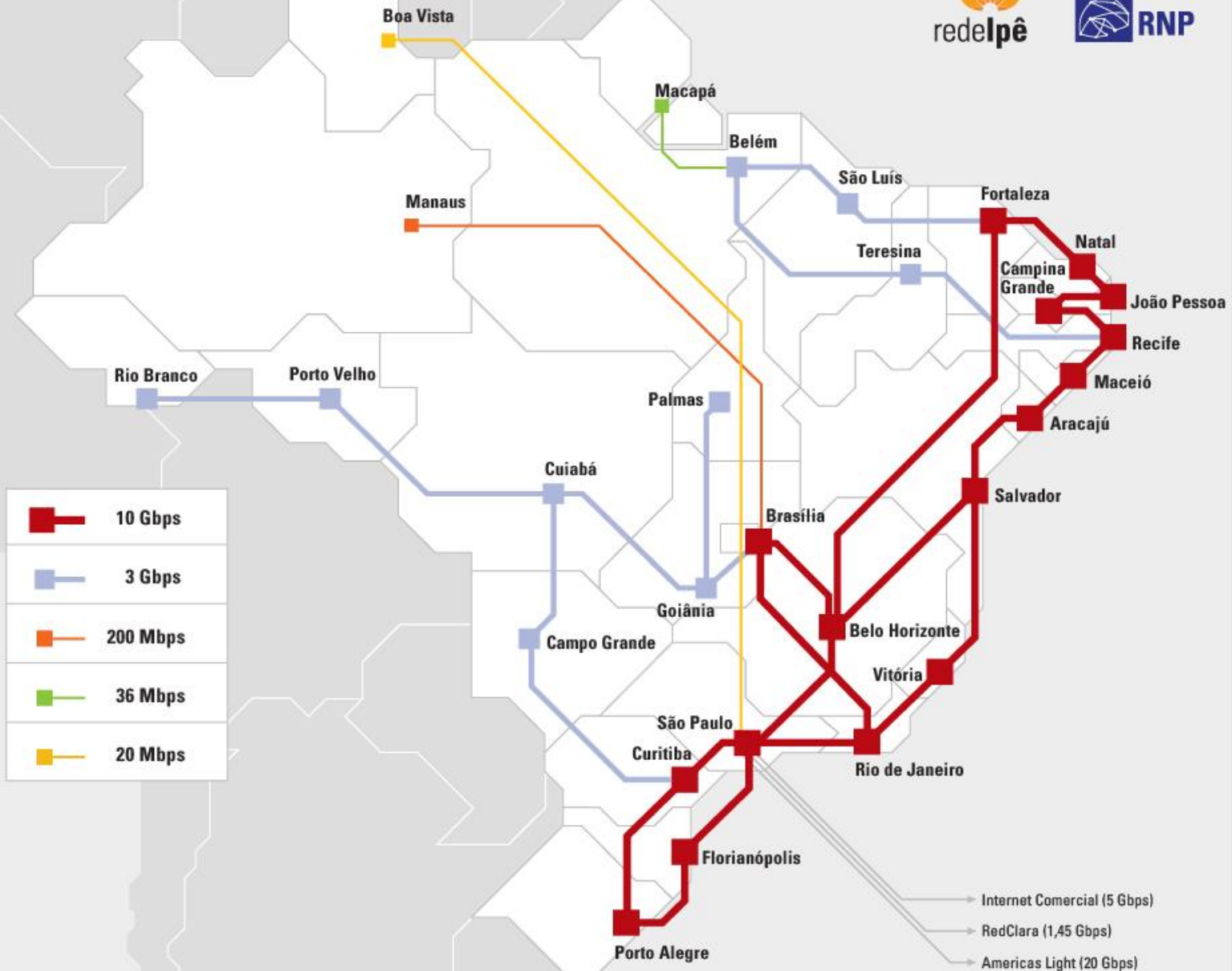
- ❖ **Objetivo:** construção de uma infraestrutura de rede Internet nacional para a comunidade acadêmica
- ❖ **1991:** a rede começa a ser montada
- ❖ **1994:** rede atinge todas as regiões do país
- ❖ **2000-2001:** a rede é atualizada para suportar aplicações avançadas
 - Desde então o backbone RNP possui pontos de presença em todos os estados
- ❖ **2005:** Modernização do backbone com enlaces ópticos operando a vários gigabits por segundo
- ❖ **2010:** Nova atualização do backbone com capacidade agregada aumentada em 280% e 24 dos 27 PoPs contam com enlaces de mais de 1 Gbps

Mapa do backbone RNP em 2006



Fonte: <http://www.rnp.br/backbone/>

Mapa do backbone RNP em 2011



Fonte: <http://www.rnp.br/backbone/>

Atrasos e rotas “reais” na Internet

tracert: cin para www.g1.com.br

C:\>tracert www.g1.com.br

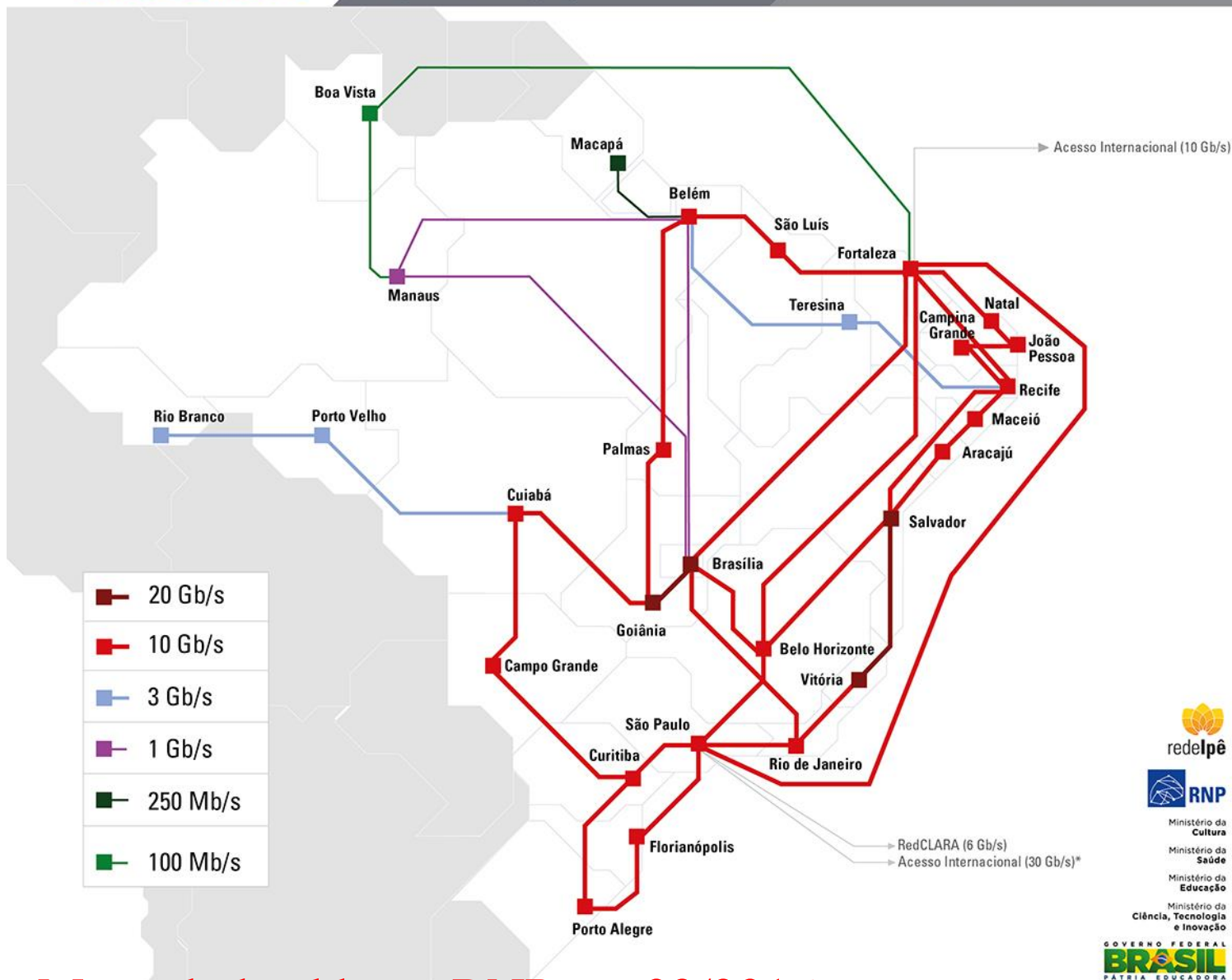
3 medidas de atraso (probes)

Rastreando a rota para www.g1.com.br [186.192.90.5]
com no máximo 30 saltos:

```
 1  <1 ms  <1 ms  <1 ms  172.20.3.254
 2   1 ms  <1 ms  <1 ms  200.133.31.1
 3   9 ms  <1 ms  <1 ms  mxpe-lanpe-10g-int.bkb.rnp.br [200.143.255.193]
 4   7 ms   4 ms   4 ms  pe-al-10g-oi.bkb.rnp.br [200.143.252.122]
 5  11 ms   8 ms   8 ms  al-se-10g-oi.bkb.rnp.br [200.143.252.117]
 6  19 ms  13 ms  13 ms  se-ba-10g-oi.bkb.rnp.br [200.143.252.114]
 7  30 ms  30 ms  30 ms  ba-es-10g-oi.bkb.rnp.br [200.143.252.93]
 8  40 ms  40 ms  40 ms  es-rj-10g-oi.bkb.rnp.br [200.143.252.85]
 9  44 ms  43 ms  43 ms  as28604.rj.ptt.br [200.219.138.17]
10  *      *      *      Esgotado o tempo limite do pedido.
11  41 ms  41 ms  41 ms  186.192.90.5
```

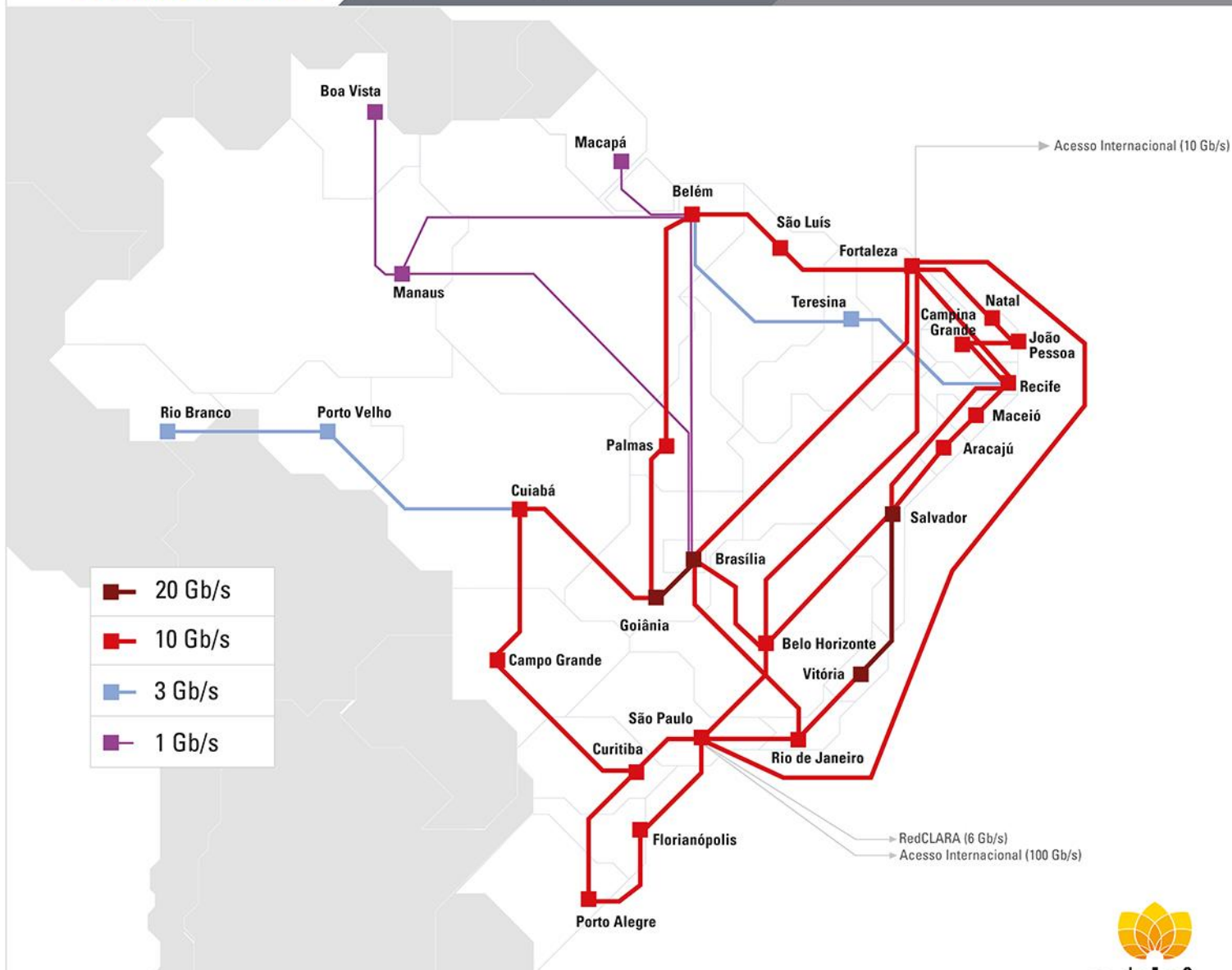
Rastreamento concluído.

* Significa sem resposta (quais as razões possíveis mesmo?)



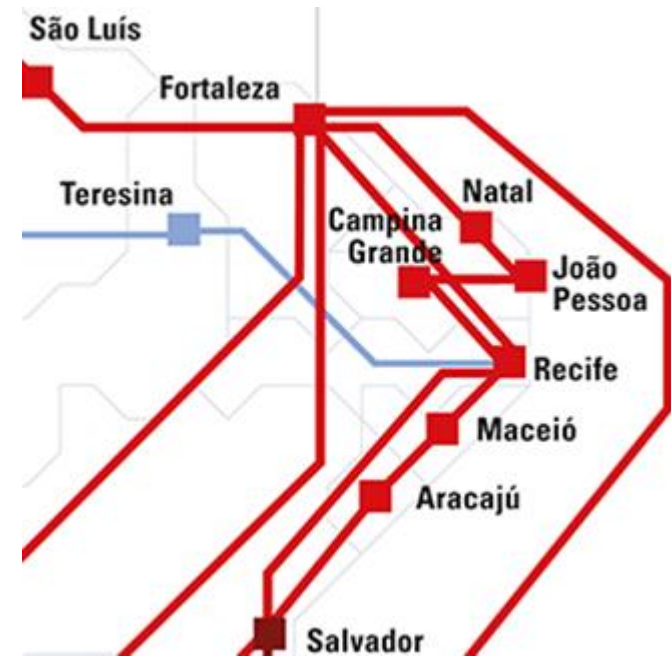
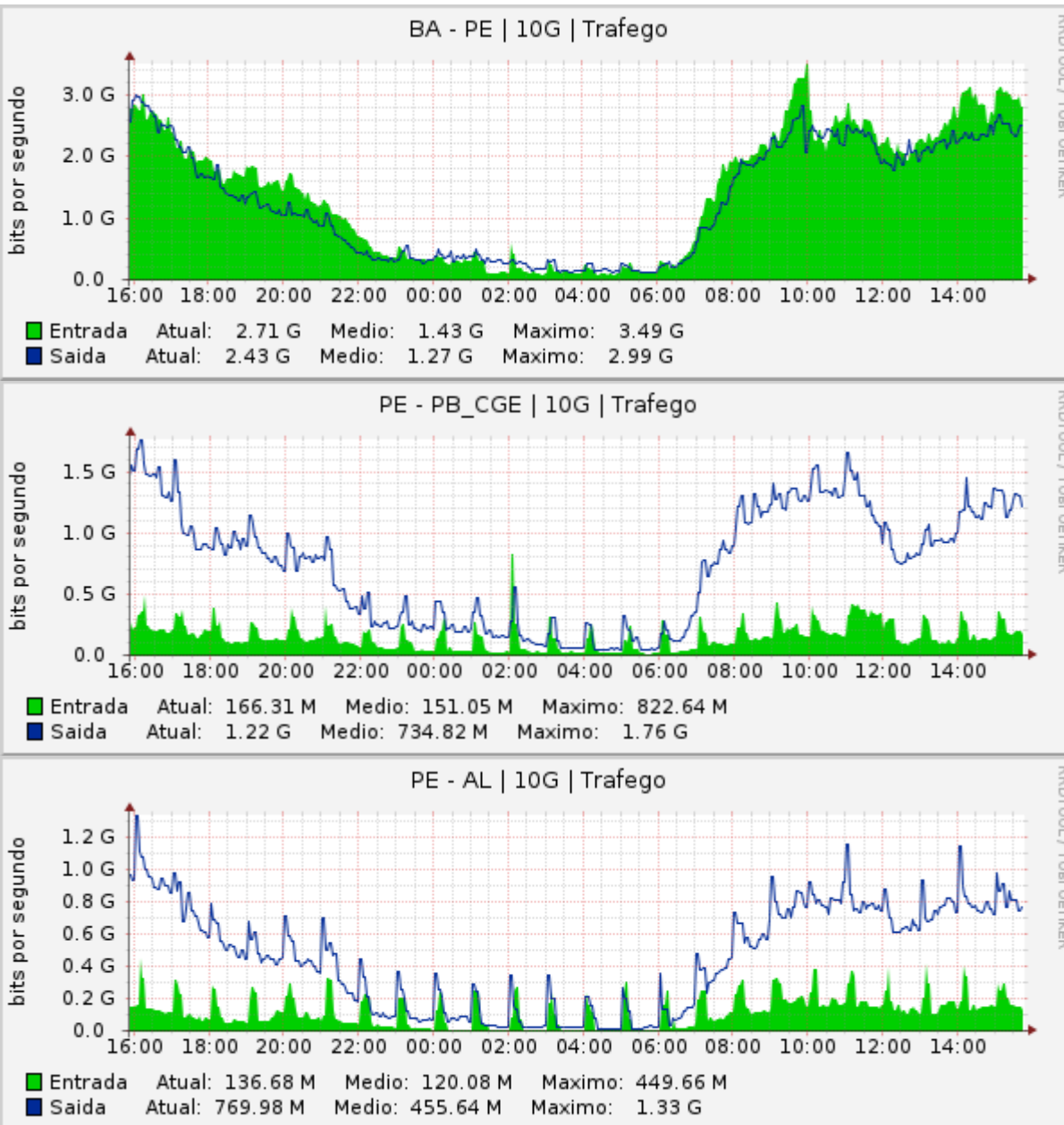
Mapa do backbone RNP em 02/2016

* 20Gb/s compartilhado com a ANSP (acordo de cooperação)

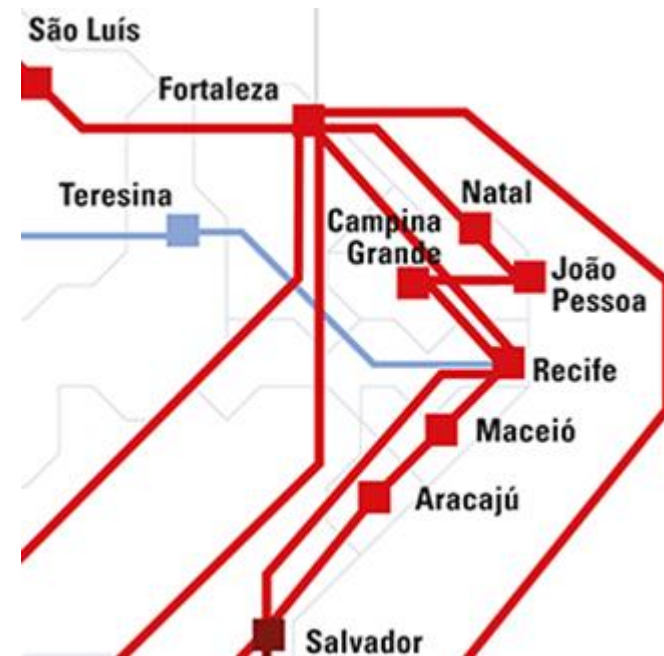
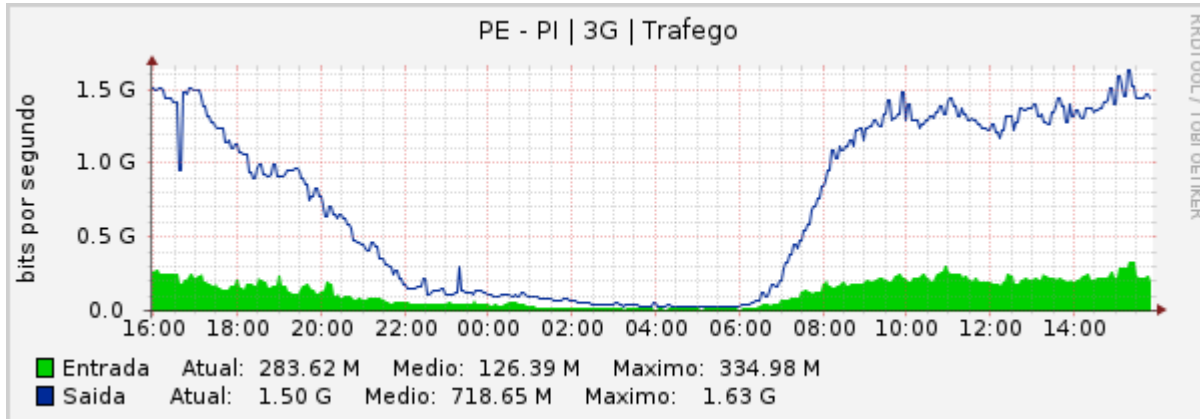
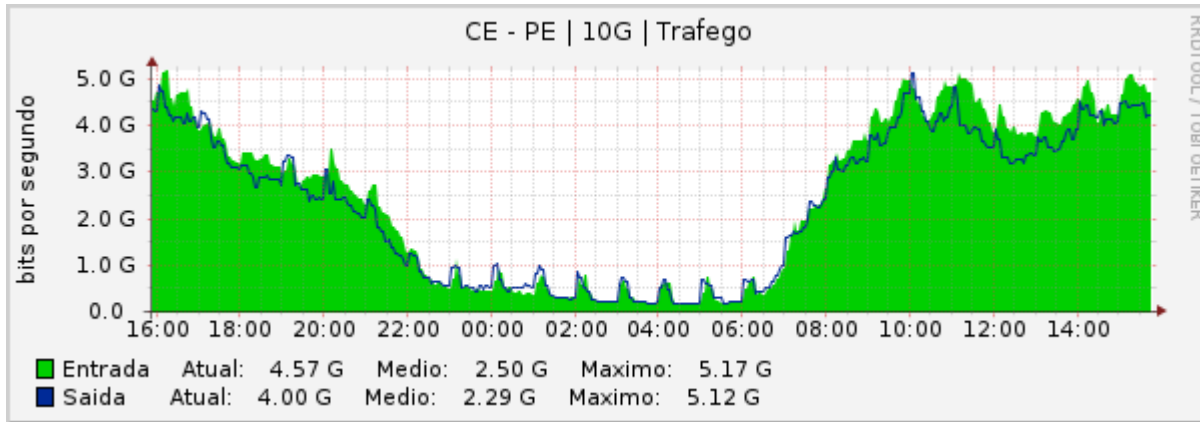


Mapa do backbone RNP em 08/2016

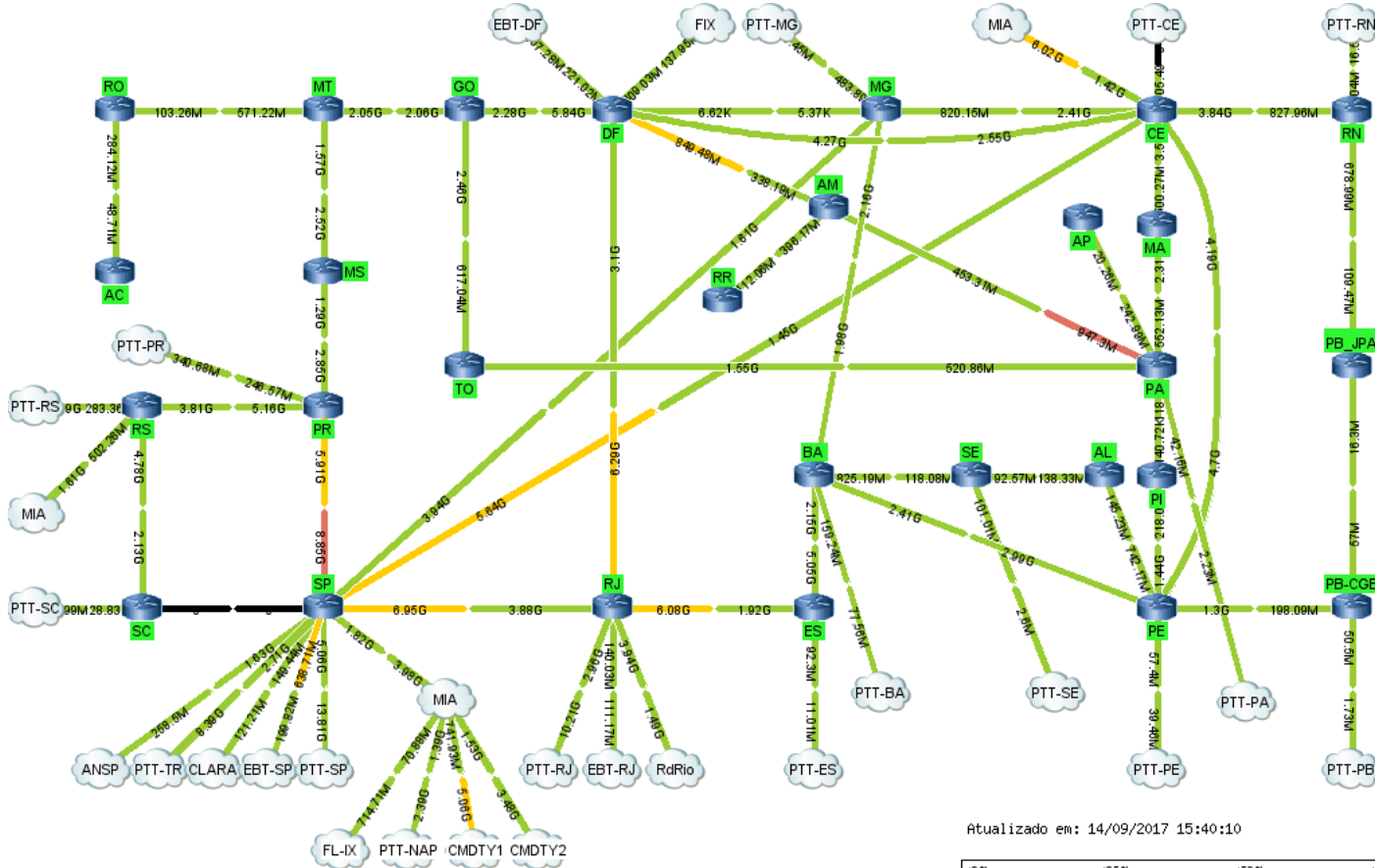
Estatísticas de Tráfego no Backbone RNP (Pernambuco)



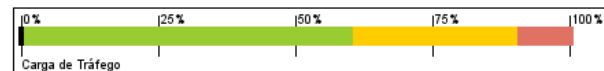
Estatísticas de Tráfego no Backbone RNP (Pernambuco)



Panorama do tráfego (RNP)



Atualizado em: 14/09/2017 15:40:10



Introdução: Sumário

Foi coberto uma tonelada de material!

- ❖ Visão geral da Internet
- ❖ O que é um protocolo?
- ❖ Borda e núcleo da rede, rede de acesso
 - Comutação de pacotes versus comutação de circuitos
 - Estrutura Internet/ISP
- ❖ desempenho: perda, atraso e vazão
- ❖ Modelos de serviço e camadas
- ❖ história

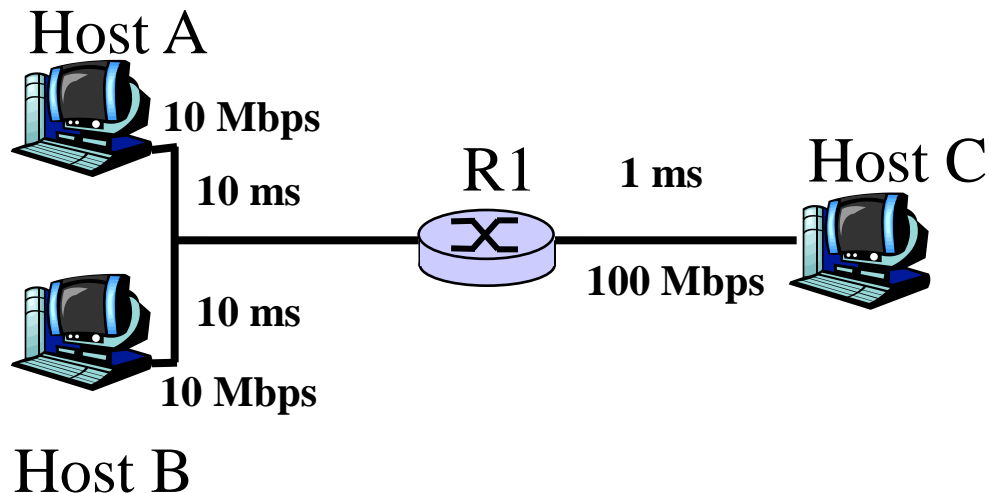
Você possui agora:

- ❖ contexto, visão geral e “sentimento” sobre redes
- ❖ Mais detalhes posteriormente no curso!

TESTE SEUS CONHECIMENTOS

Exercício 01

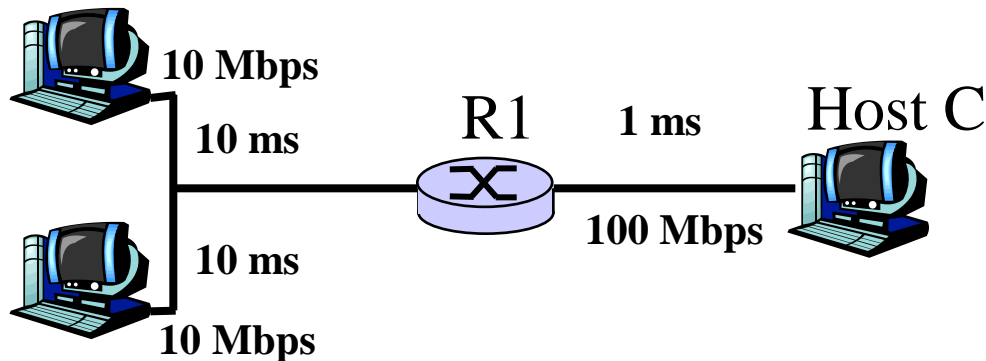
Considere a rede de comutação de pacotes como apresentada na figura. Dois *hosts* **A** e **B** estão conectados ao **roteador R1**, que por sua vez está conectado ao *host* **C**. A taxa de transmissão de cada enlace e os atrasos de propagação são apresentados na figura. Os roteadores são do tipo “*store-and-forward*” e possuem memória de **10 Kbytes** para armazenamento de pacotes na fila. Assuma que o tempo de processamento por pacote em cada roteador seja de **1 μ s** e que este tempo seja somente gasto quando o pacote alcançar o início da fila.



Exercício 01

Assuma que inicialmente a rede esteja completamente vazia. O **host A** envia consecutivamente dois pacotes de **1 KByte** para o **host C**. Pergunta-se :

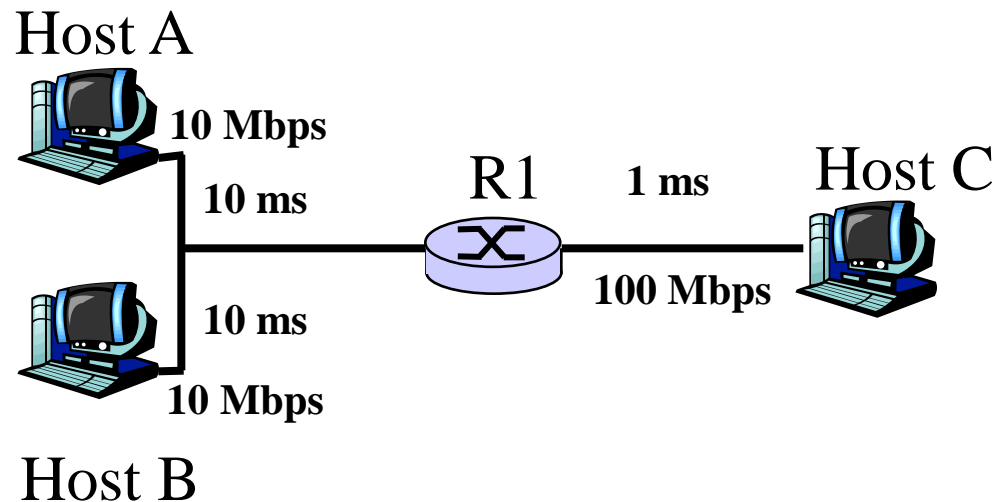
- Qual o atraso total de propagação, em *milisegundos*, sofrido pelo primeiro pacote?
- Qual o atraso total de transmissão, em *milisegundos*, sofrido pelo primeiro pacote?
- Qual o atraso total de fila, em *milisegundos*, sofrido pelo primeiro pacote?
- Qual o atraso total de processamento, em *milisegundos*, sofrido pelo primeiro pacote?



Host B

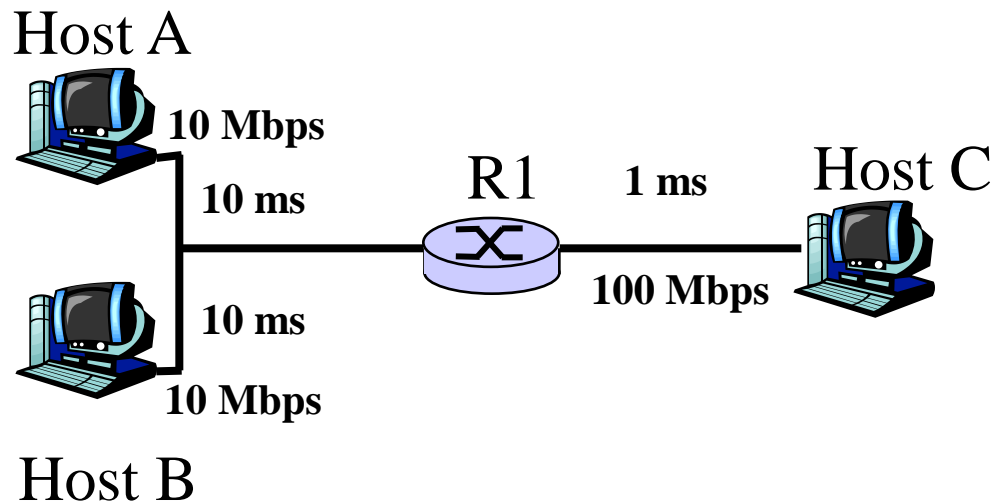
Exercício 01

e) Após quantos *milisegundos*, o primeiro pacote chega ao seu destino?



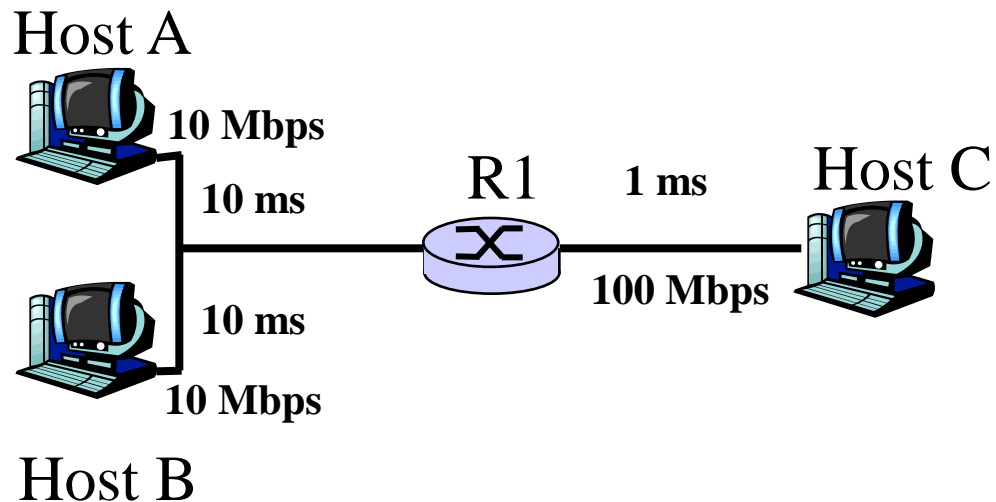
Exercício 01

- f) Qual o atraso total de propagação, em *milisegundos*, sofrido pelo segundo pacote?
- g) Qual o atraso total de transmissão, em *milisegundos*, sofrido pelo segundo pacote?
- h) Qual o atraso total de fila, em *milisegundos*, sofrido pelo segundo pacote?
- i) Qual o atraso total de processamento, em *milisegundos*, sofrido pelo segundo pacote?



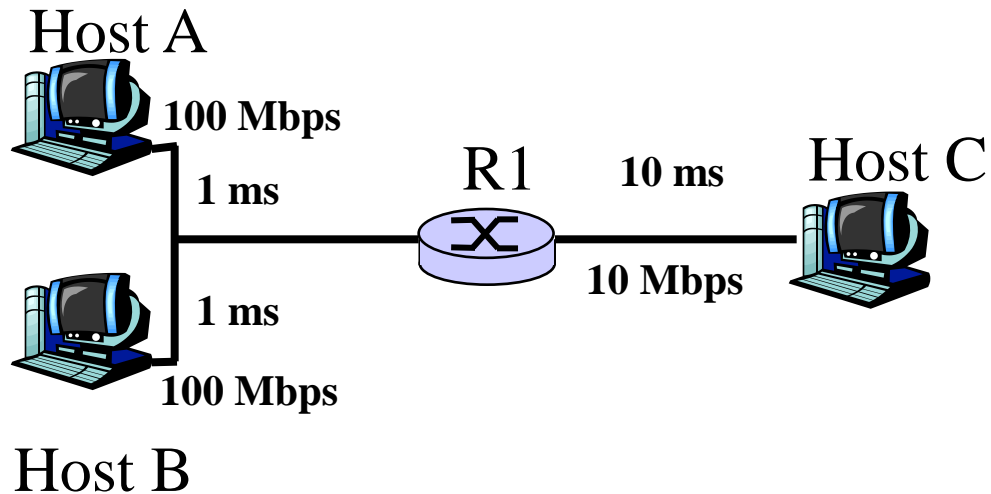
Exercício 01

j) Após quantos *milisegundos* do início de sua transmissão, o segundo pacote chega ao seu destino?



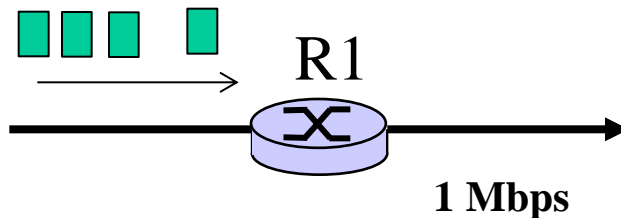
Exercício 02

Repita o Exercício 01 considerando a rede abaixo.



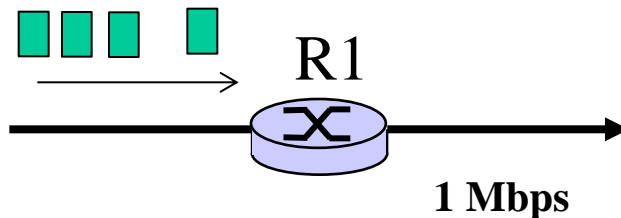
Exercício 03

- ❖ Considere os seguintes dados:
 - O roteador R1 recebe em média 50 pacotes por segundo
 - Cada pacote possui tamanho de 1 KByte
 - O enlace de saída do roteador R1 é de 1 Mbps
- ❖ O enlace de 1 Mbps está congestionado? Justifique matematicamente sua resposta.



Exercício 04

- ❖ Considere os seguintes dados:
 - O roteador R1 recebe em média 110 pacotes por segundo
 - Cada pacote possui tamanho de 1 KByte
 - O enlace de saída do roteador R1 é de 1 Mbps
- ❖ O enlace de 1 Mbps está congestionado? Justifique matematicamente sua resposta.



Exercício 04

- ❖ Para cada um dos seguintes destinos, execute 3 traceroutes em horas diferentes (manhã, tarde, noite) a partir de um mesmo computador. Destino 1: www.ufpe.br (Recife) // Destino 2: www.ufrj.br (Rio de Janeiro) // Destino 3: www.lip6.fr (Paris/França) // Destino 4: www.u-tokyo.ac.jp (Tóquio/Japão). Guarde em arquivo os resultados.
- a) Para cada destino, compare os três testes, verificando se o número de roteadores no caminho e as rotas permaneceram iguais. Caso tenha havido alteração, apresente uma possível justificativa para o ocorrido.
- b) Para cada destino, calcule a média e o desvio padrão dos RTTs observados para o último salto
- c) Compare a ordem de grandeza dos RTTs médios obtidos no item (b). Comente as diferenças observadas, tentando apresentar motivos plausíveis.
- d) A partir de um dos testes para o Japão, tente identificar quais países estão na rota para este destino.
- e) Explique o porquê da ocorrência de eventuais * na saída do traceroute.
- f) Explique o porquê do RTT para um salto $i+1$ ser eventualmente menor do que o RTT observado para o salto i

Dica: Pode ser necessário usar os serviços do site
<http://whois.domaintools.com>

Exercício 05

- ❖ Todas as rotas na Internet são bidirecionais (o caminho de ida é igual ao de volta) ? Justifique sua resposta.

Exercício 06

- ❖ Explique com suas próprias palavras o que é:
 - A. Internet
 - B. Protocolo de Comunicação
 - C. Controle de Fluxo (TCP)
 - D. Controle de Congestionamento (TCP)
 - E. Comutação de Circuitos (cite vantagens/desvantagens)
 - F. Comutação de Pacotes (cite vantagens/desvantagens)