

Capítulo 1

Introdução

Nota sobre o uso destes slides ppt:

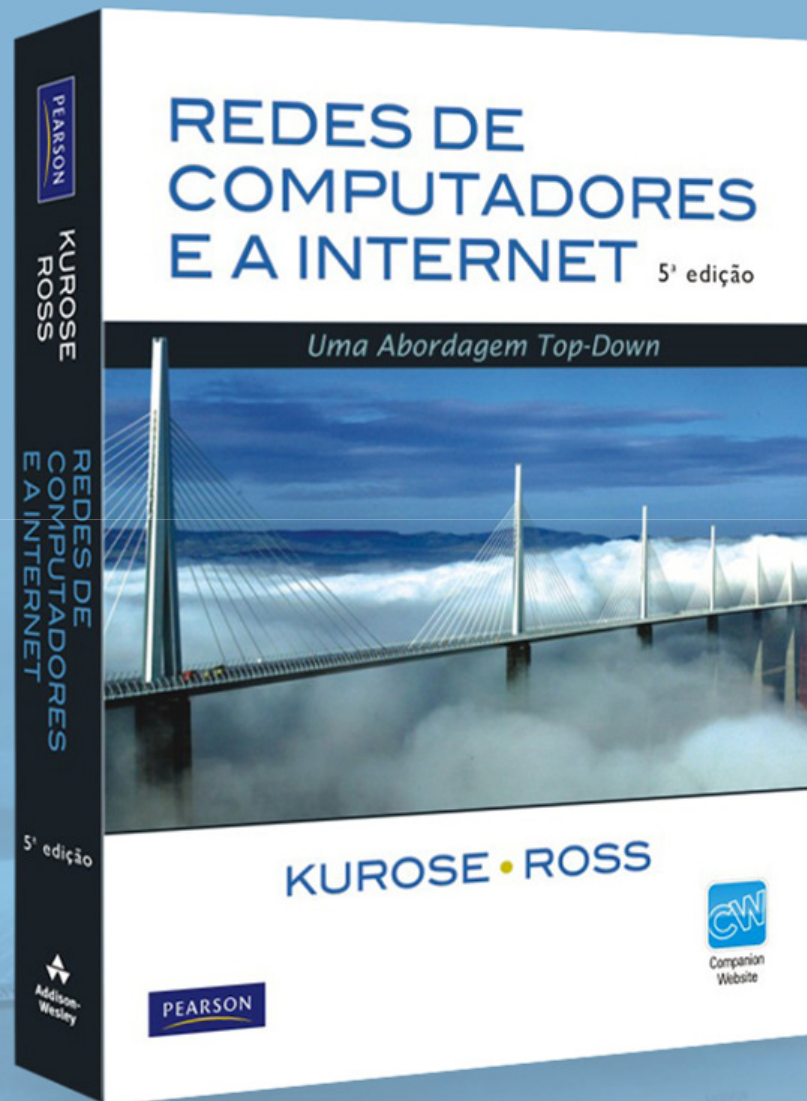
Estamos disponibilizando estes slides gratuitamente a todos (professores, alunos, leitores). Eles estão em formato do PowerPoint para que você possa incluir, modificar e excluir slides (incluindo este) e o conteúdo do slide, de acordo com suas necessidades. Eles obviamente representam *muito* trabalho da nossa parte. Em retorno pelo uso, pedimos apenas o seguinte:

- ☐ Se você usar estes slides (por exemplo, em sala de aula) sem muita alteração, que mencione sua fonte (afinal, gostamos que as pessoas usem nosso livro!).
- ☐ Se você postar quaisquer slides sem muita alteração em um site Web, que informe que eles foram adaptados dos (ou talvez idênticos aos) nossos slides e inclua nossa nota de direito autoral desse material.

Obrigado e divirta-se! JFK/KWR

Todo o material copyright 1996-2009

J.F Kurose e K.W. Ross, Todos os direitos reservados.



Capítulo 1: Introdução

Objetivos do capítulo:

- mostrar a “atmosfera” e a terminologia
- mais detalhes *mais adiante* no curso
- método:
 - usar Internet como exemplo

Visão geral:

- o que é a Internet?
- o que é um protocolo?
- borda da rede; hospedeiros, rede de acesso, meio físico
- núcleo da rede: pacote/comutação de circuitos, estrutura da Internet
- desempenho: perda, atraso, vazão
- segurança
- camadas de protocolo, modelos de serviço
- história

Capítulo 1: Roteiro

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 circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

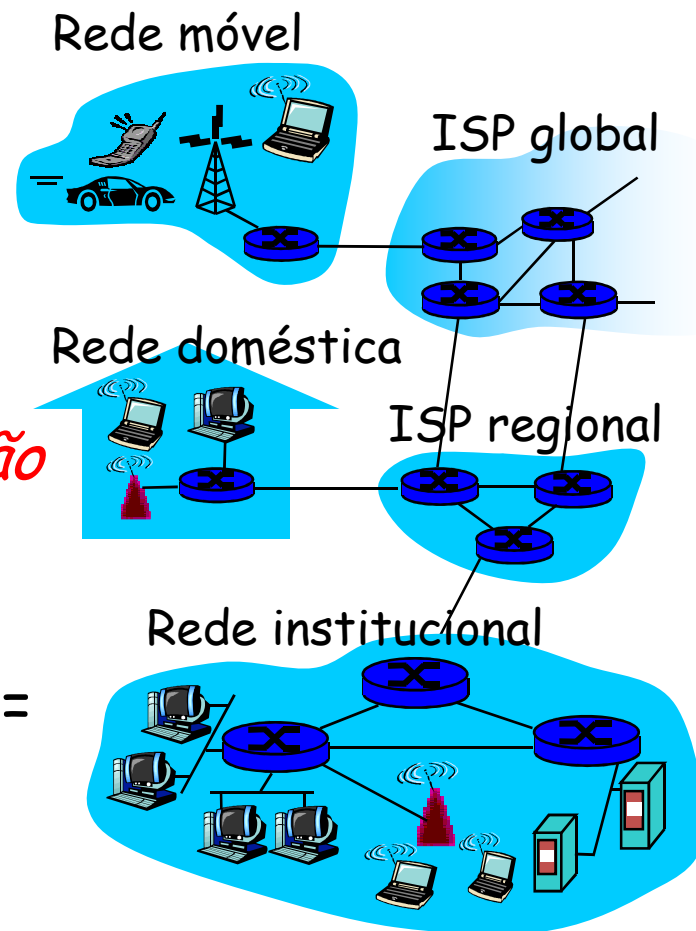
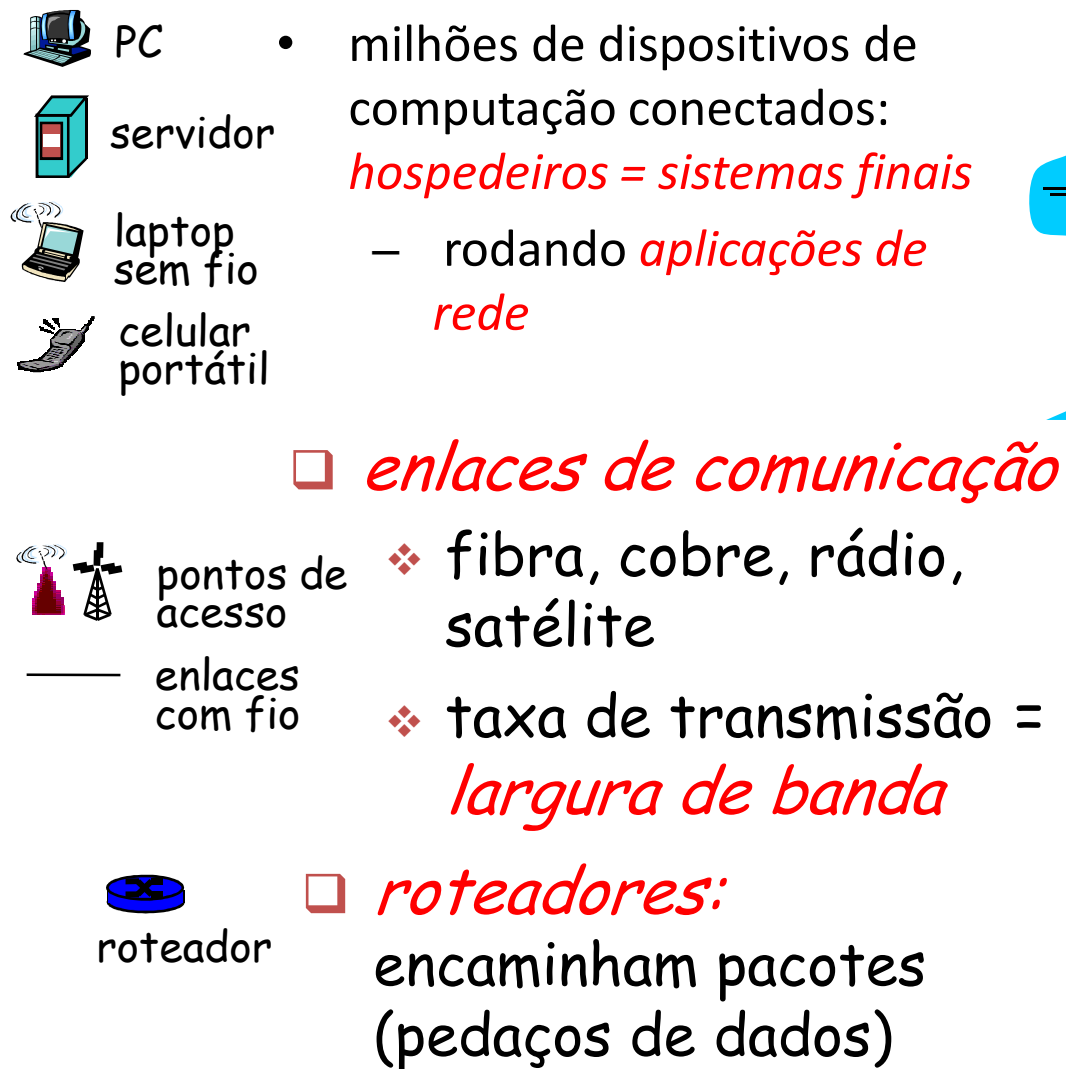
1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

O que é a Internet: visão básica



Utensílios “legais” da Internet



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



Tostadora preparada para
Internet + previsor de tempo



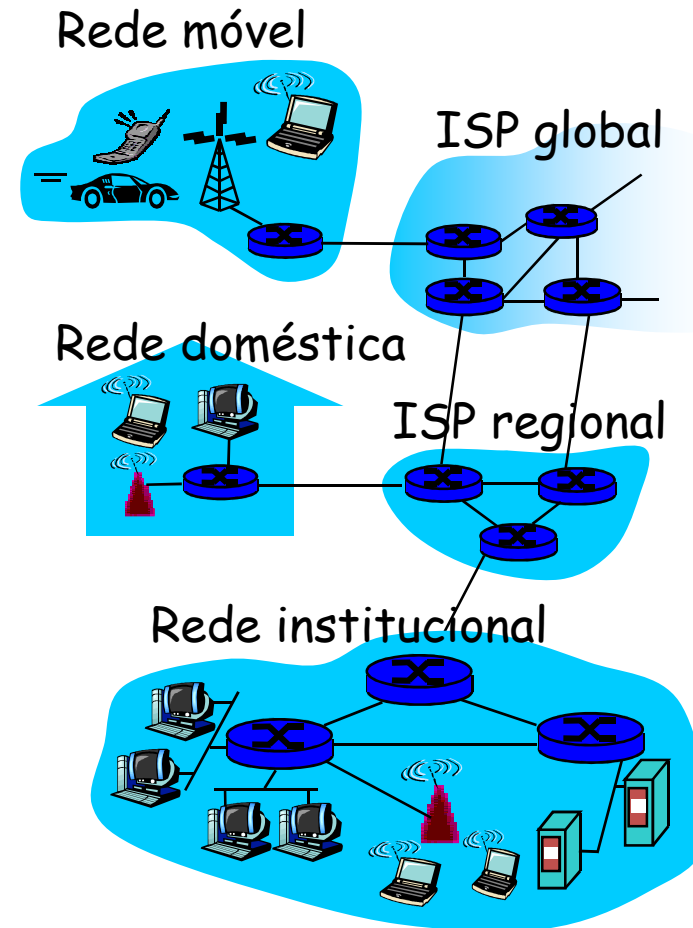
Menor servidor Web do mundo
<http://www-ccs.cs.umass.edu/~shri/iPic.html>



Telefones de Internet

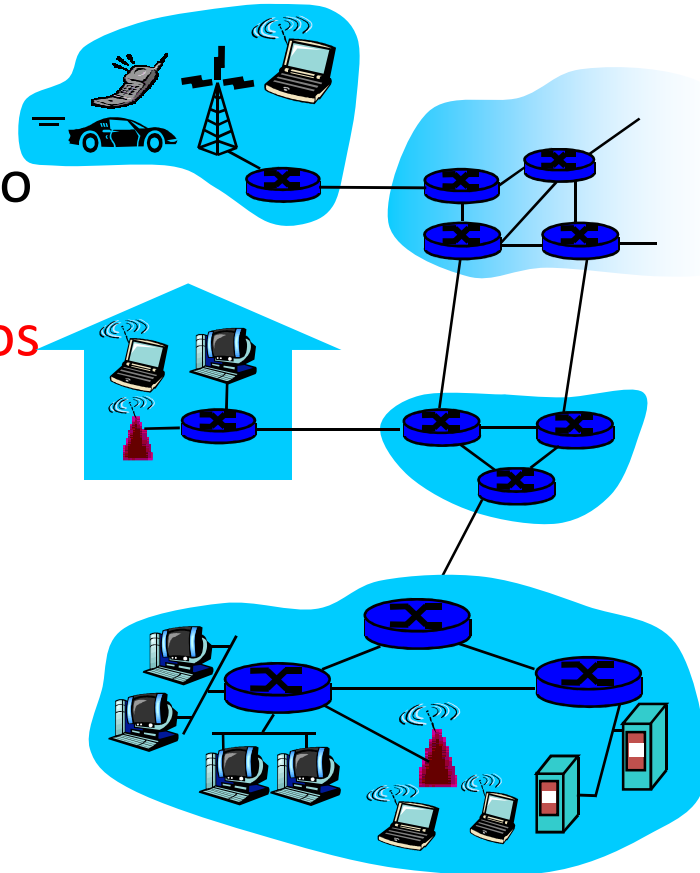
O que é a Internet: visão dos elementos básicos

- **protocolos** controle de envio e recepção de msgs
 - p. e., TCP, IP, HTTP, Skype (SIP, H.323), Ethernet
- **Internet: “rede de redes”**
 - vagamente hierárquica
 - Internet pública *versus* intranet privada
- padrões da Internet
 - RFC: Request For Comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



O que é a Internet: uma visão de serviço

- **infraestrutura de comunicação**
possibilita aplicações distribuídas:
 - Web, VoIP, e-mail, jogos,
e-commerce, compartilhamento
de arquivos
- **serviços de comunicação fornecidos
às aplicações:**
 - entrega de dados confiável da
origem ao destino
 - entrega de dados pelo “melhor
esforço” (não confiável)



O que é um protocolo?

protocolos humanos:

- “que horas são?”
- “tenho uma pergunta”
- introduções

... msgs específicas
enviadas

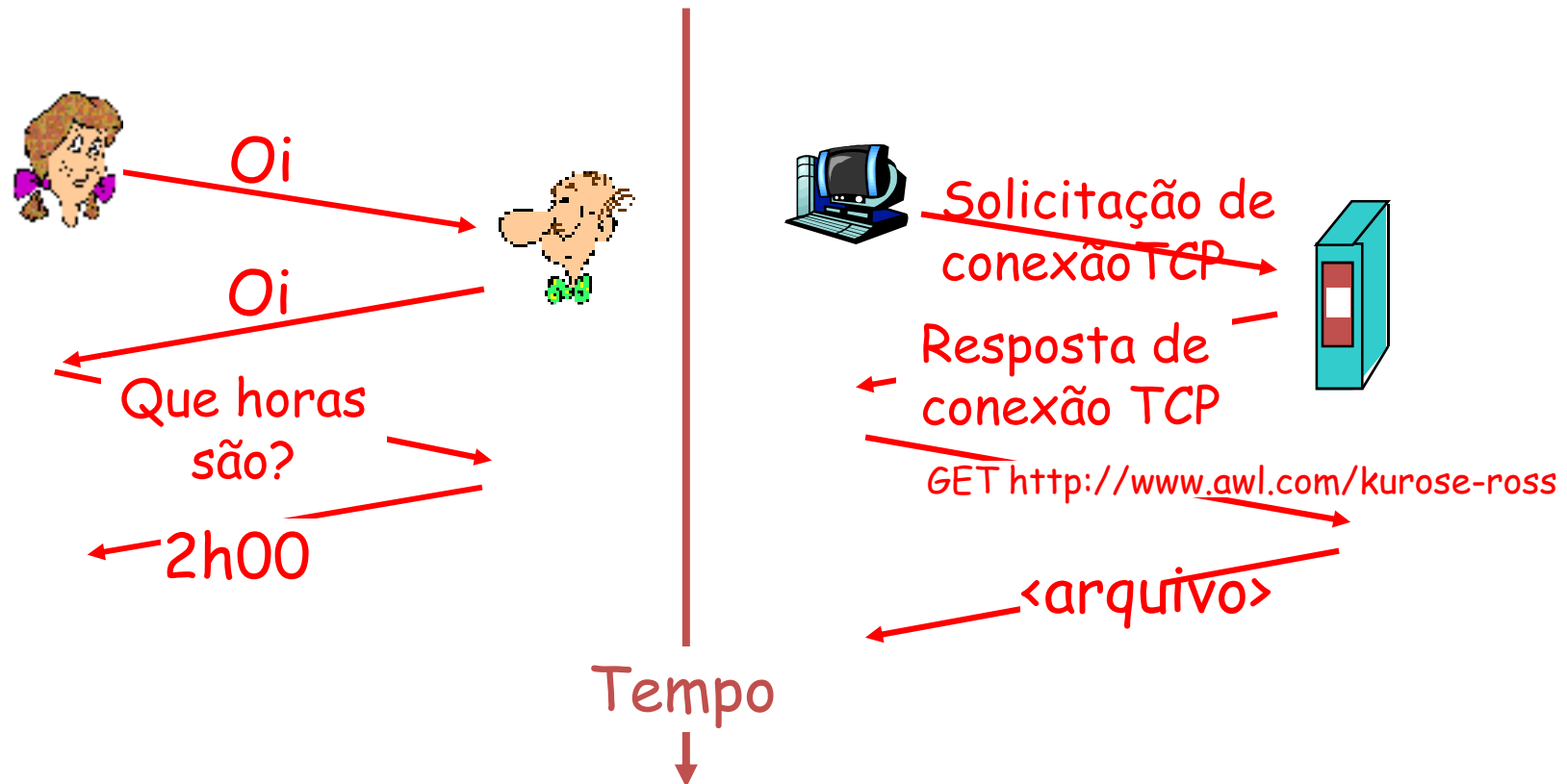
... ações específicas
tomadas quando msgs
recebidas, ou outros
eventos

protocolos de rede:

- máquinas em vez de humanos
- toda atividade de comunicação na Internet controlada por protocolos

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

um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores:



P: Outros protocolos humanos?

Capítulo 1: Roteiro

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 circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

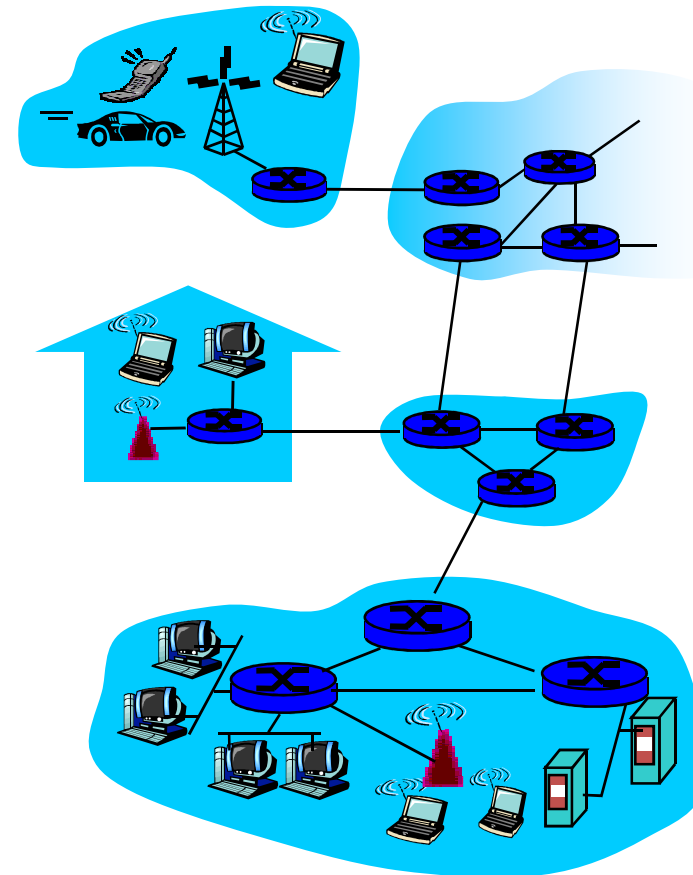
1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

Visão mais de perto da estrutura de rede:

- **borda da rede:**
aplicações e hospedeiros
- ❑ **redes de acesso, meios físicos:** enlaces de comunicação com e sem fio
- ❑ **núcleo da rede:**
 - ❖ roteadores interconectados
 - ❖ rede de redes



A borda da rede:

- **sistemas finais (hospedeiros):**

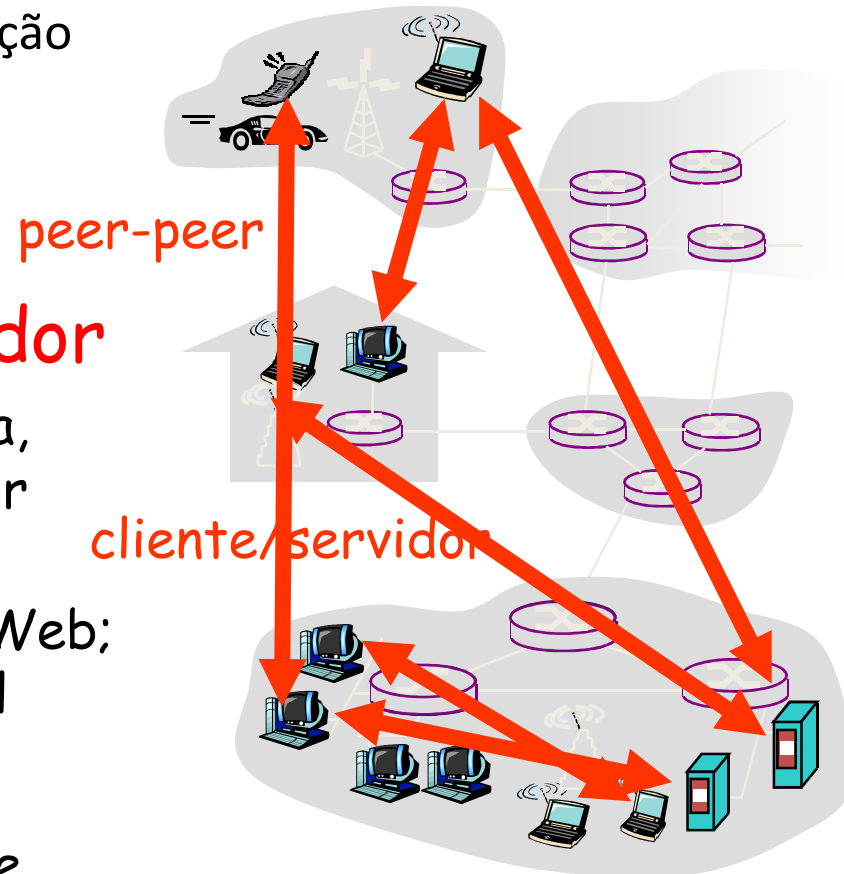
- executar programas de aplicação
- p. e. Web, e-mail
- na “borda da rede”

- **modelo cliente/servidor**

- ❖ hospedeiro cliente solicita, recebe serviço de servidor sempre ativo
- ❖ p. e. navegador/servidor Web; cliente/servidor de e-mail

- **modelo peer-peer:**

- ❖ uso mínimo (ou nenhum) de servidores dedicados
- ❖ p. e. Skype, BitTorrent



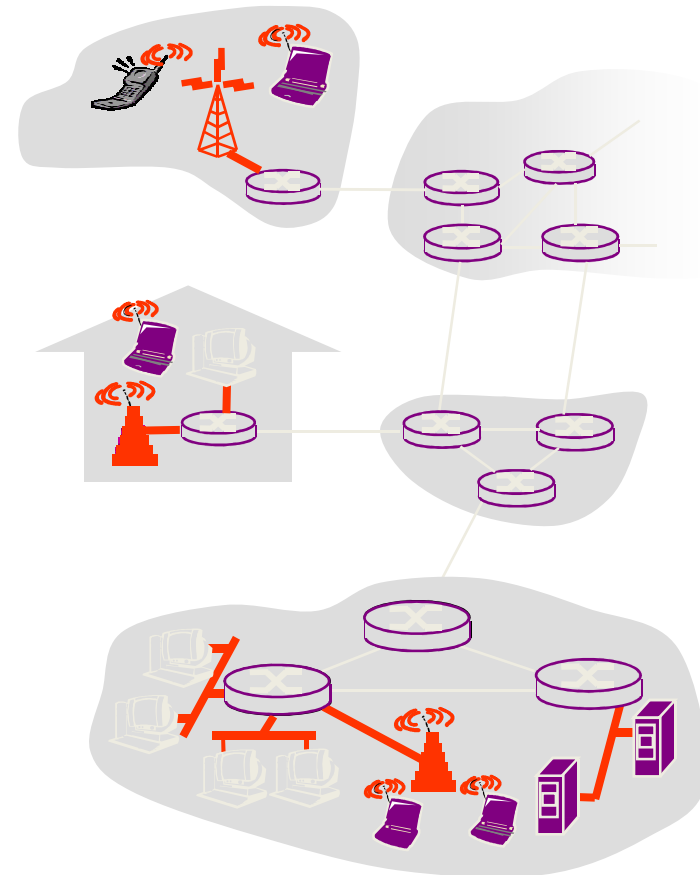
Redes de acesso e meios físicos

P: Como conectar sistemas finais ao roteador da borda?

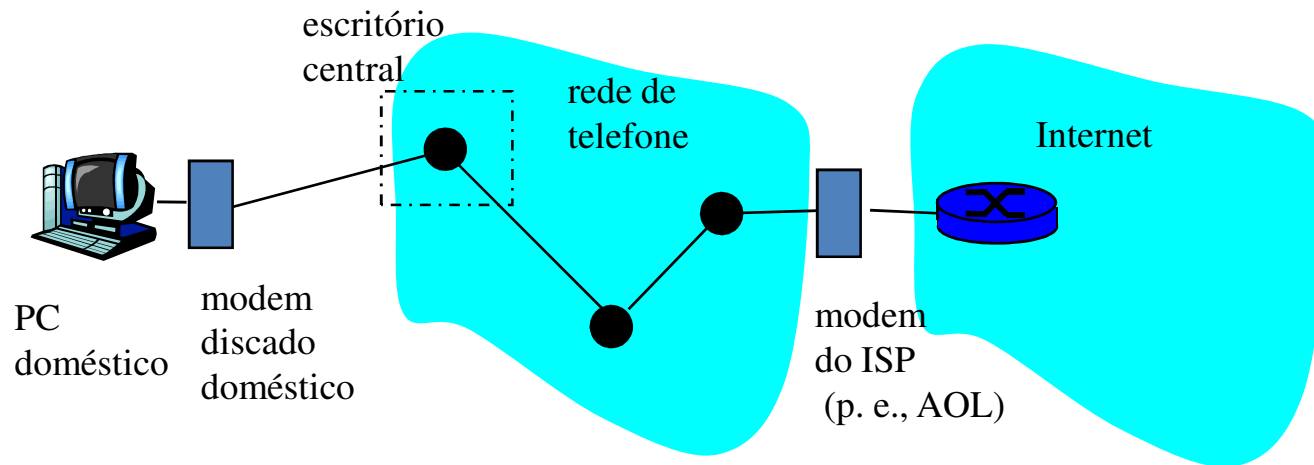
- redes de acesso residencial
- redes de acesso institucional (escola, empresa)
- redes de acesso móvel

Lembre-se:

- largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso?
- compartilhado ou dedicado?

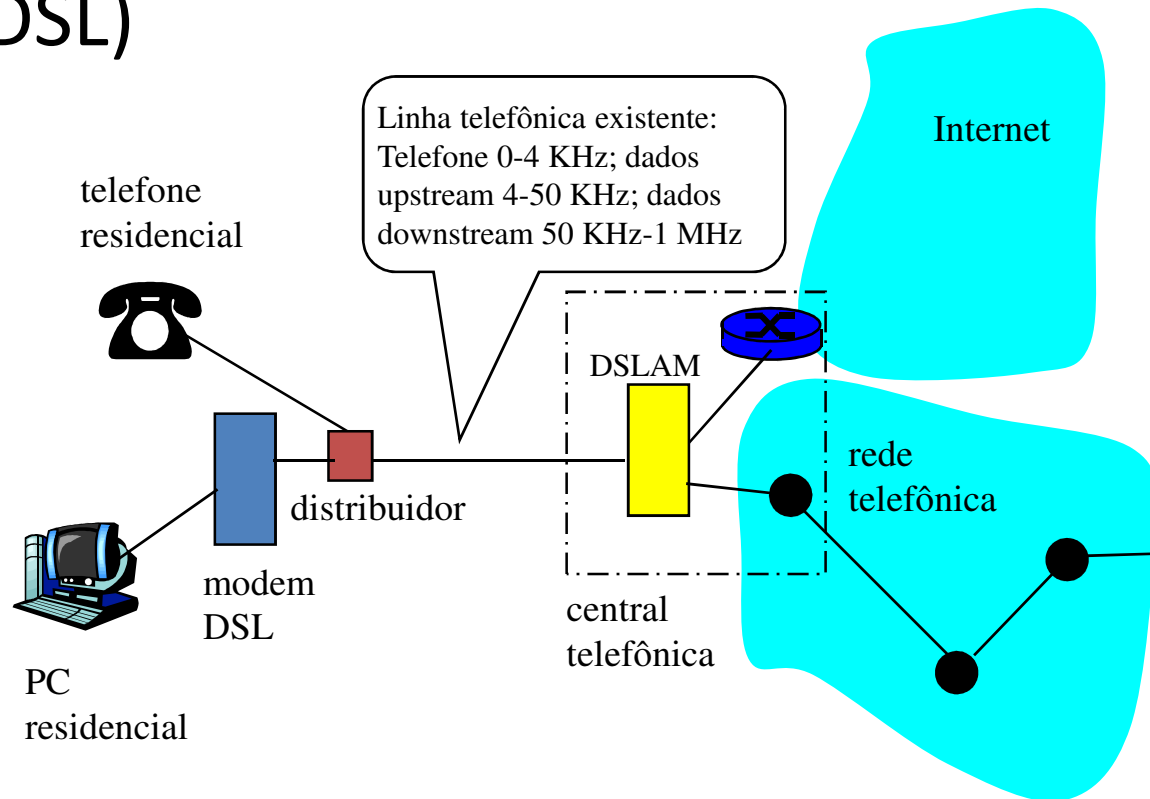


Modem discado



- ❖ usa infraestrutura de telefonia existente
 - ❖ casa conectada ao **escritório central**
- ❖ até 56 kbps de acesso direto ao roteador (geralmente menos)
- ❖ não pode navegar e telefonar ao mesmo tempo: não está **"sempre ligado"**

Digital Subscriber Line (DSL)



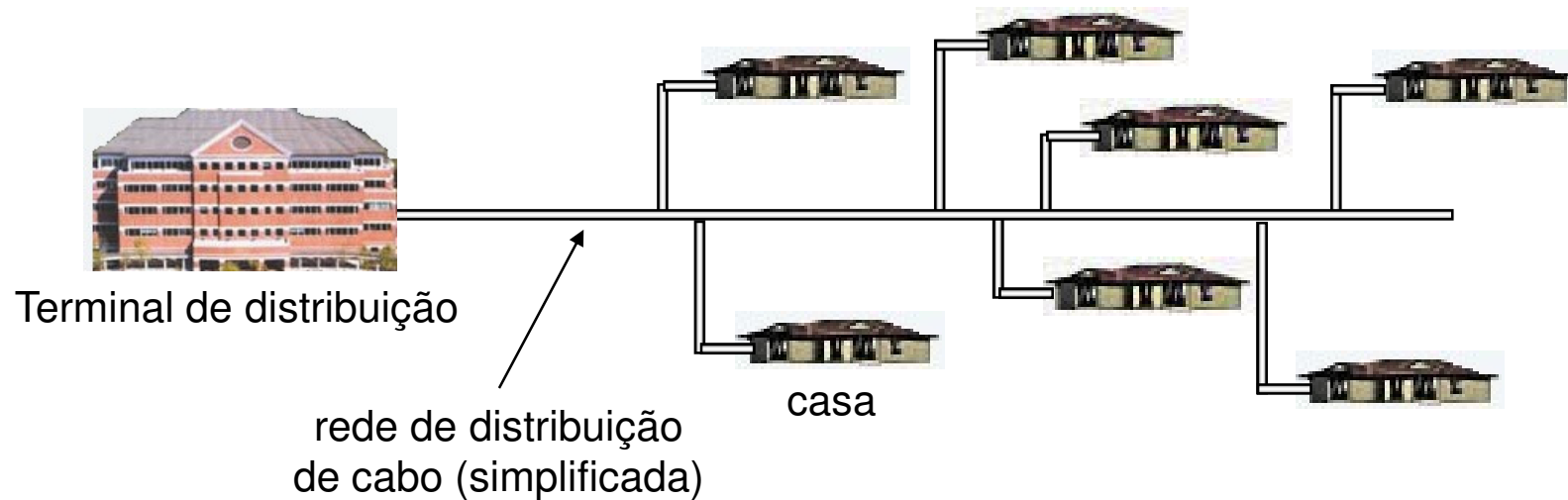
- ❖ também usa infraestrutura de telefone existente
- ❖ até 1 Mbps upstream (hoje, normalmente < 256 kbps)
- ❖ até 8 Mbps downstream (hoje, normalmente < 1 Mbps)
- ❖ linha física dedicada à central telefônica

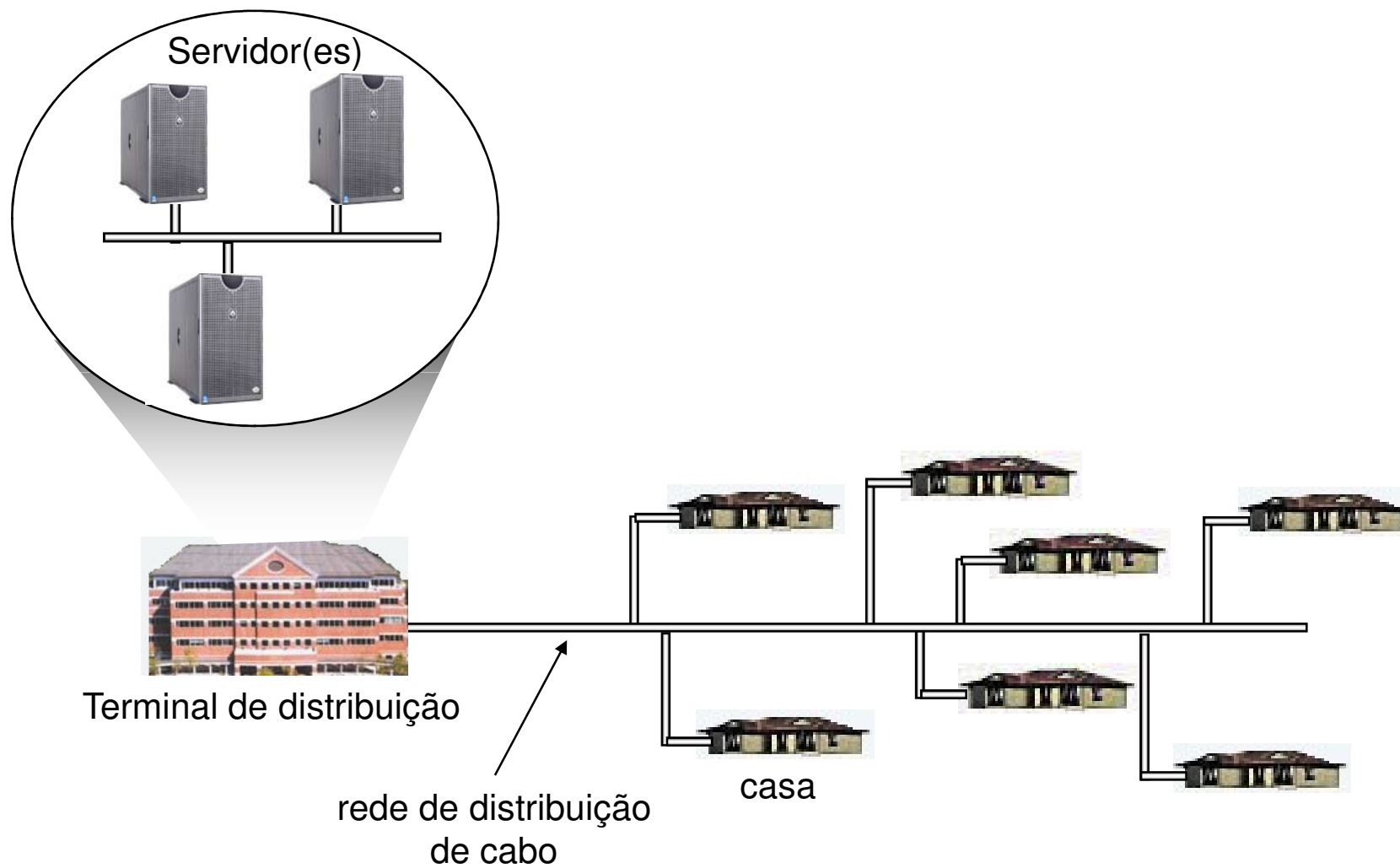
Acesso residencial: modems a cabo

- não usa infraestrutura de telefone
 - usa infraestrutura de TV a cabo
- **HFC: Hybrid Fiber Coax**
 - assimétrico: até 30 Mbps downstream, 2 Mbps upstream
- **rede** de cabo e fibra conecta casas ao roteador ISP
 - casas **compartilham acesso** ao roteador
 - diferente de DSL, que tem **acesso dedicado**

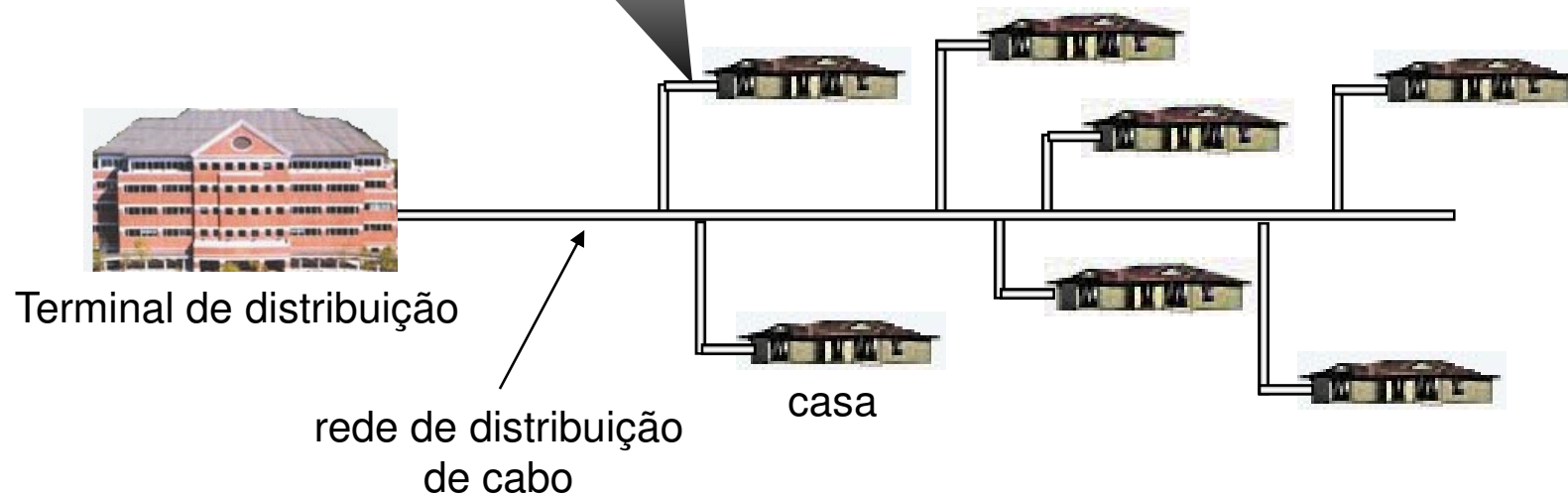
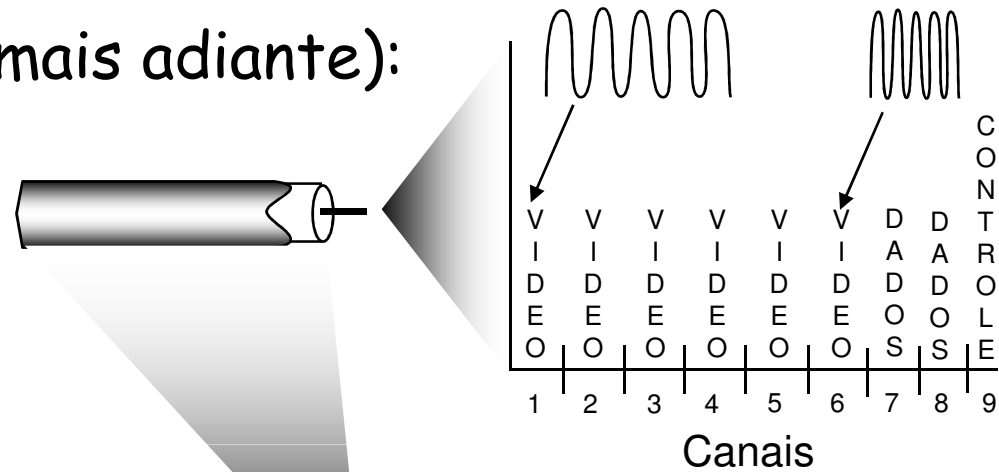
Arquitetura de rede a cabo: visão geral

geralmente, 500 a 5.000 casas

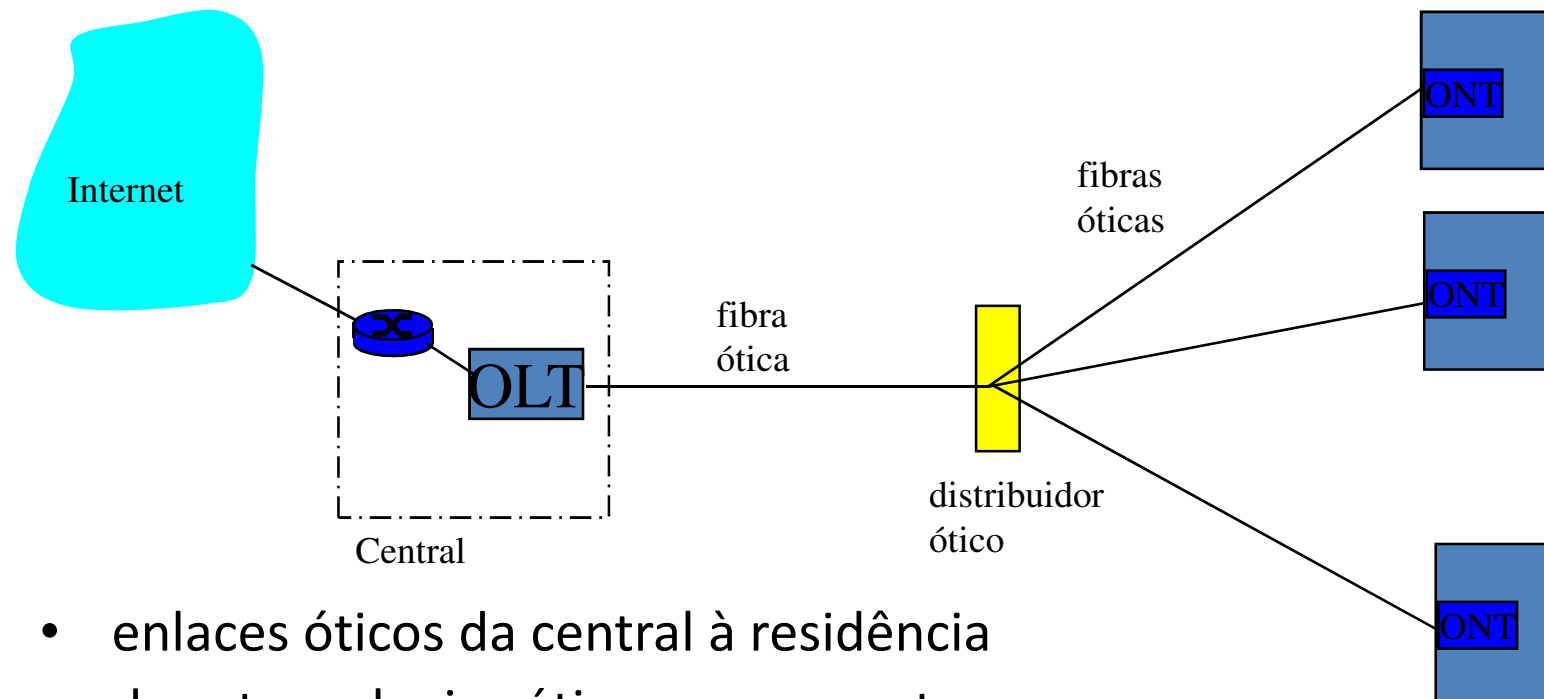




FDM (mais adiante):

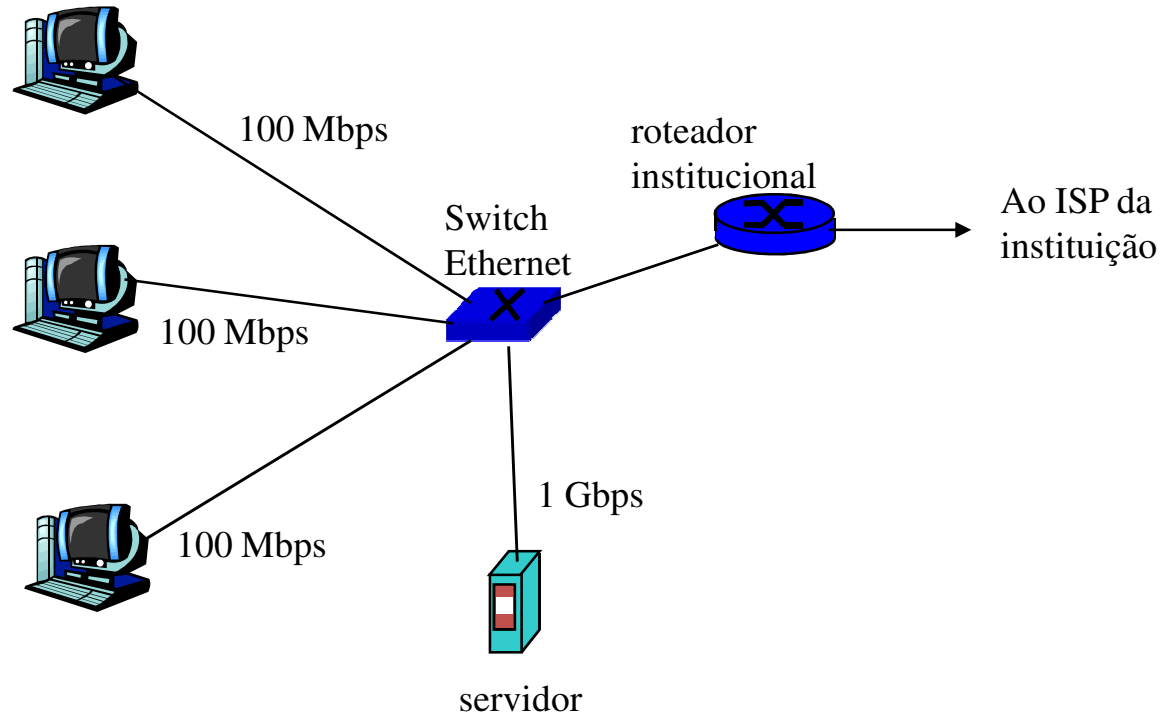


Fibra nas residências



- enlaces óticos da central à residência
- duas tecnologias óticas concorrentes:
 - Passive Optical Network (PON)
 - Active Optical Network AON)
- velocidades de Internet muito mais altas; fibra também transporta serviços de TV e telefone

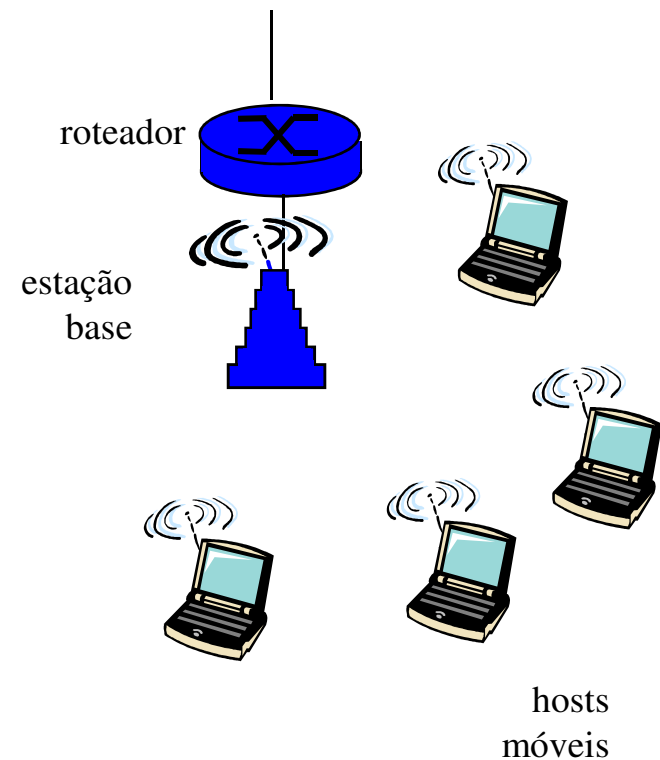
Acesso à Internet por Ethernet



- normalmente usado em empresas, universidade etc.
- ☐ Ethernet a 10 Mbs, 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps
- ☐ hoje, os sistemas finais normalmente se conectam ao comutador Ethernet

Redes de acesso sem fio

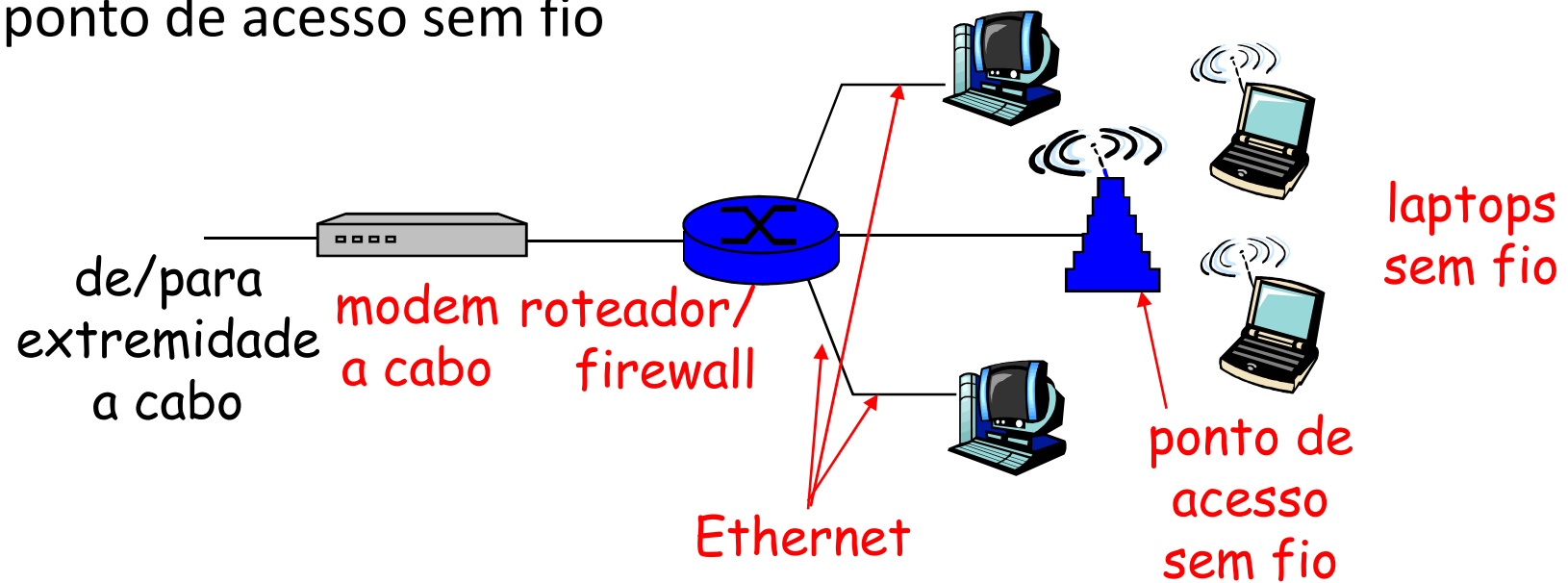
- rede de acesso *sem fio* compartilhado conecta sistema final ao roteador
 - via estação base, também conhecida como “ponto de acesso”
- LANs sem fio:
 - 802.11b/g (WiFi): 11 ou 54 Mbps
- acesso sem fio de área mais remota
 - fornecido pelo operador de telecomunicação
 - ~1Mbps por sistema celular (EVDO, HSDPA)
 - próximo (?): WiMAX (10's Mbps) por área remota



Redes residenciais

componentes típicos da rede residencial:

- modem DSL ou a cabo
- roteador/firewall/nat
- Ethernet
- ponto de acesso sem fio



Meios físicos

- **bit:** propaga entre pares de transmissor/receptor
- **enlace físico:** o que fica entre transmissor e receptor
- **meio guiado:**
 - sinais se propagam em meio sólido: cobre, fibra, coaxial
- **meio não guiado:**
 - sinais se propagam livremente, p. e., rádio

Par Trançado (TP)

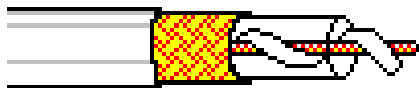
- dois fios de cobre isolados
 - categoria 3: fios de telefone tradicionais, Ethernet a 10 Mbps
 - categoria 5: Ethernet a 100 Mbps



Meio físico: cabo coaxial, fibra

cabo coaxial:

- dois condutores de cobre concêntricos
- bidirecional
- banda base:
 - único canal no cabo
 - Ethernet legado
- banda larga:
 - múltiplos canais no cabo
 - HFC



cabo de fibra ótica:

- ❑ fibra de vidro conduzindo pulsos de luz; cada pulso um bit
- ❑ operação em alta velocidade:
 - ❖ transmissão em alta velocidade ponto a ponto (p. e., 10-100 Gps)
- ❑ baixa taxa de erro: repetidores bastante espaçados; imune a ruído eletromagnético



Meio físico: rádio

- sinal transportado no espectro eletromagnético
- nenhum “fio” físico
- bidirecional
- efeitos no ambiente de propagação:
 - reflexão
 - obstrução por objetos
 - interferência

Radio link types:

❑ micro-ondas terrestre

- ❖ p. e. até canais de 45 Mbps

❑ LAN (p. e., Wifi)

- ❖ 11 Mbps, 54 Mbps

❑ área ampla (p. e., celular)

- ❖ celular 3G: ~ 1 Mbps

❑ satélite

- ❖ canal de Kbps a 45Mbps (ou múltiplos canais menores)
- ❖ atraso fim a fim de 270 msec
- ❖ geoestacionário *versus* baixa altitude

Capítulo 1: Roteiro

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 circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

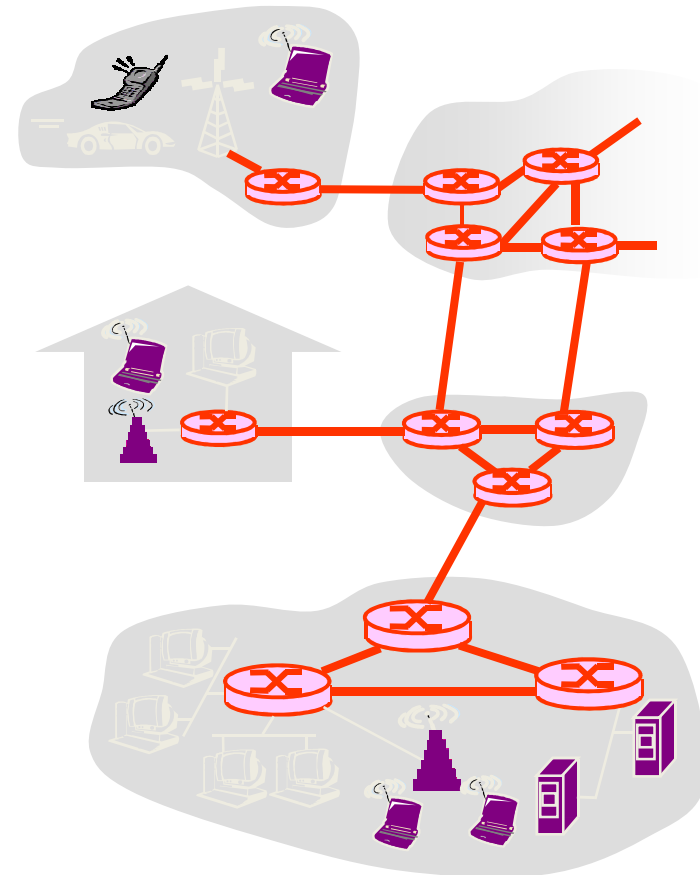
1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

O núcleo da rede

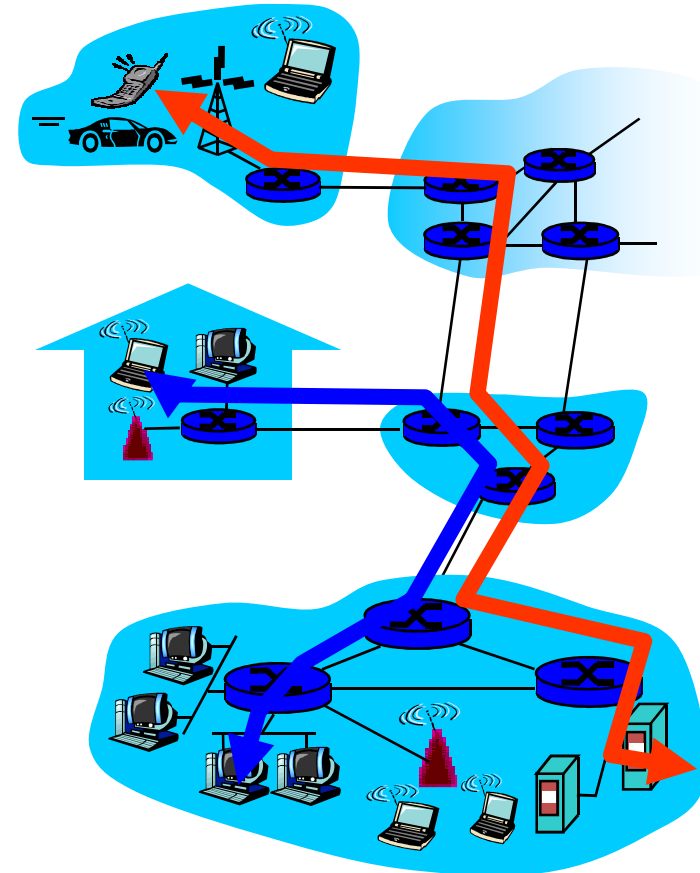
- malha de roteadores interconectados
- a questão fundamental: como os dados são transferidos pela rede?
 - **comutação de circuitos:** circuito dedicado por chamada: rede telefônica
 - **comutação de pacotes:** dados enviados pela rede em “pedaços” discretos



Núcleo da rede: comutação de circuitos

recursos fim a fim
reservados para
“chamada”

- largura de banda do enlace, capacidade de comutação
- recursos dedicados: sem compartilhamento
- desempenho tipo circuito (garantido)
- exige preparação de chamada



recursos de rede (p. e.,
largura de banda)
divididos em “pedaços”

- pedaços alocados a chamadas
- pedaço de recurso **ocioso** se não usado por chamada particular (*sem compartilhamento*)

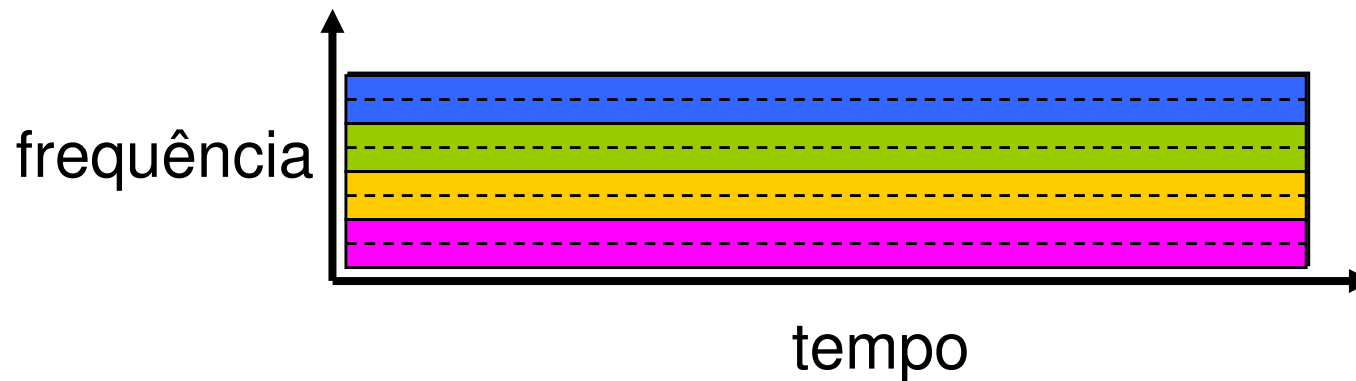
- ❑ dividindo largura de banda do enlace em “pedaços”
 - ❖ divisão de frequência
 - ❖ divisão de tempo

Comutação de circuitos: FDM e TDM

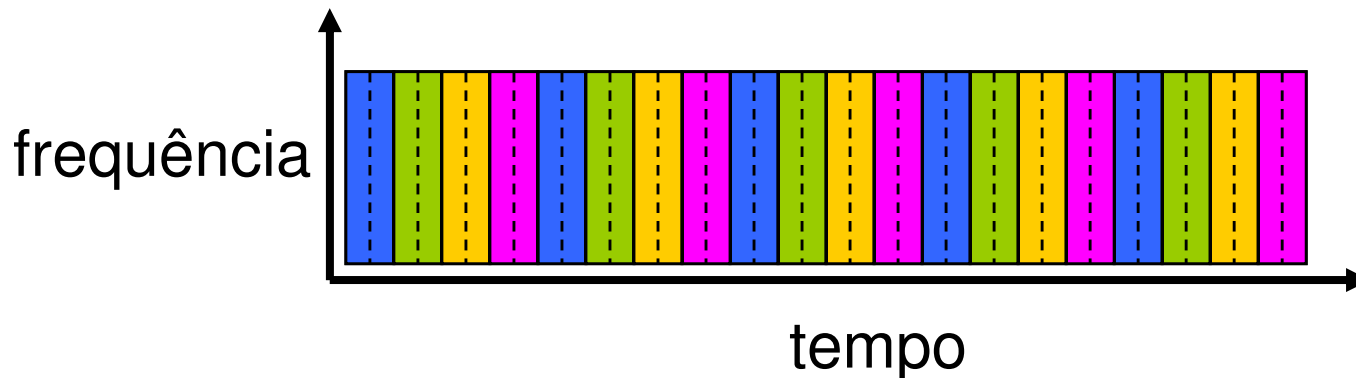
Exemplo:

4 usuários    

FDM



TDM



Núcleo da rede: comutação de pacotes

cada fluxo de dados fim a fim
dividido em *pacotes*

- usuário A, pacotes de B *compartilham* recursos da rede
- cada pacote usa largura de banda total do enlace
- recursos usados *quando necessários*

Divisão da largura de banda em "pedaços"

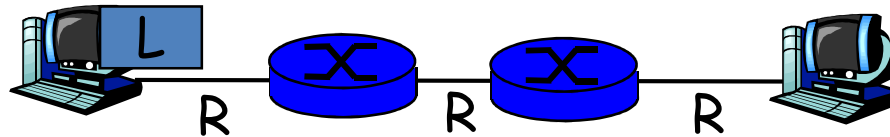
Alocação dedicada

Reserva de recursos

disputa por recursos:

- ❑ demanda de recurso agregado pode exceder quantidade disponível
- ❑ congestionamento: fila de pacotes, espera por uso do enlace
- ❑ *store and forward*: pacotes se movem um salto de cada vez
 - ❖ Nó recebe pacote completo antes de encaminhar

Comutação de pacotes: *store-and-forward*



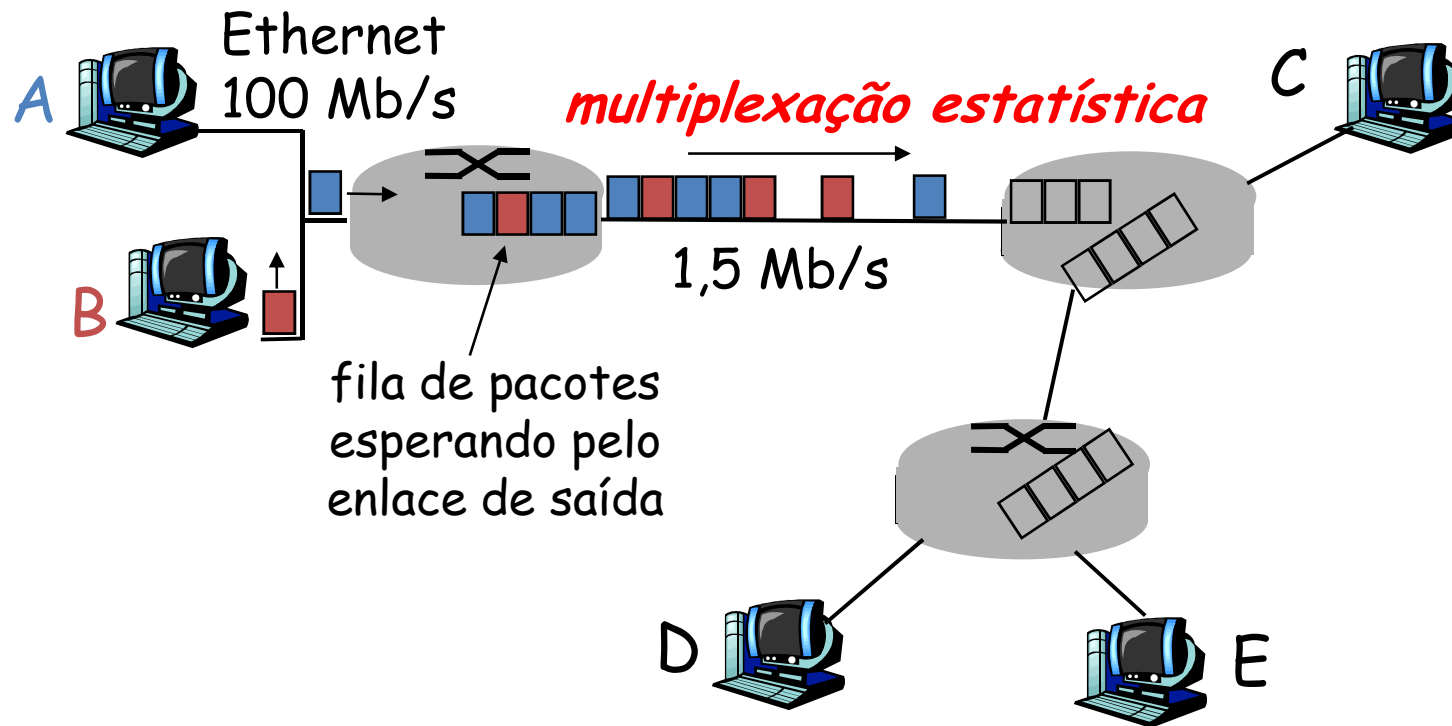
- leva L/R segundos para transmitir (*push out*) pacote de L bits para enlace em R bps
- *store-and-forward*: pacote inteiro deve chegar ao roteador antes que possa ser transmitido no próximo enlace
- atraso = $3L/R$ (supondo zero atraso de propagação)

Exemplo:

- $L = 7,5$ Mbits
- $R = 1,5$ Mbps
- atraso de transmissão = 15 s

} mais sobre atraso adiante...

Comutação de pacotes: multiplexação estatística



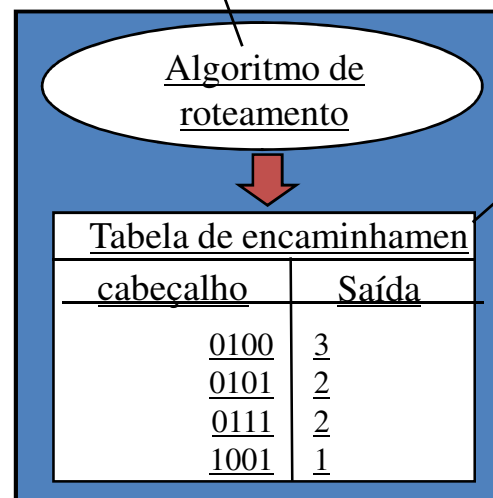
Sequência de pacotes A & B não tem padrão fixo, largura de banda compartilhada por demanda → ***multiplexação estatística***.

TDM: cada hospedeiro recebe mesmo slot girando quadro TDM.

Funções principais do núcleo da rede

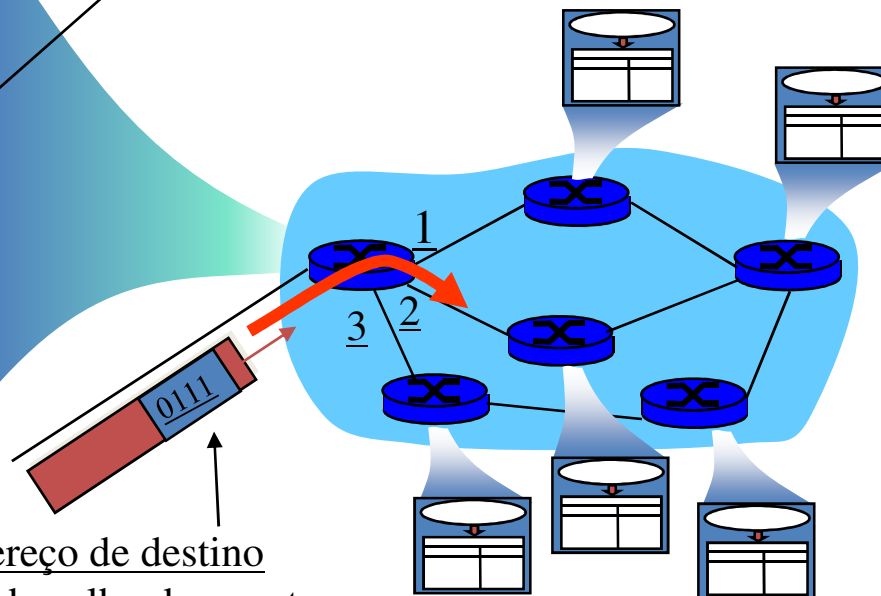
roteamento: determina a rota origem-destino tomada pelos pacotes

- **Algoritmos de roteamento**



Encaminhamento: move os pacotes da entrada do roteador para a saída apropriada

Endereço de destino no cabeçalho do pacote



A comutação de pacotes é a “grande vencedora”?

- ótima para dados em rajadas
 - compartilhamento de recursos
 - mais simples, sem configuração de chamada
- **congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes
 - protocolos necessários para transferência de dados confiável, controle de congestionamento
- **P: Como fornecer comportamento tipo circuito?**
 - largura de banda garante necessário para aplicações de áudio/vídeo
 - ainda um problema não resolvido (Capítulo 7)

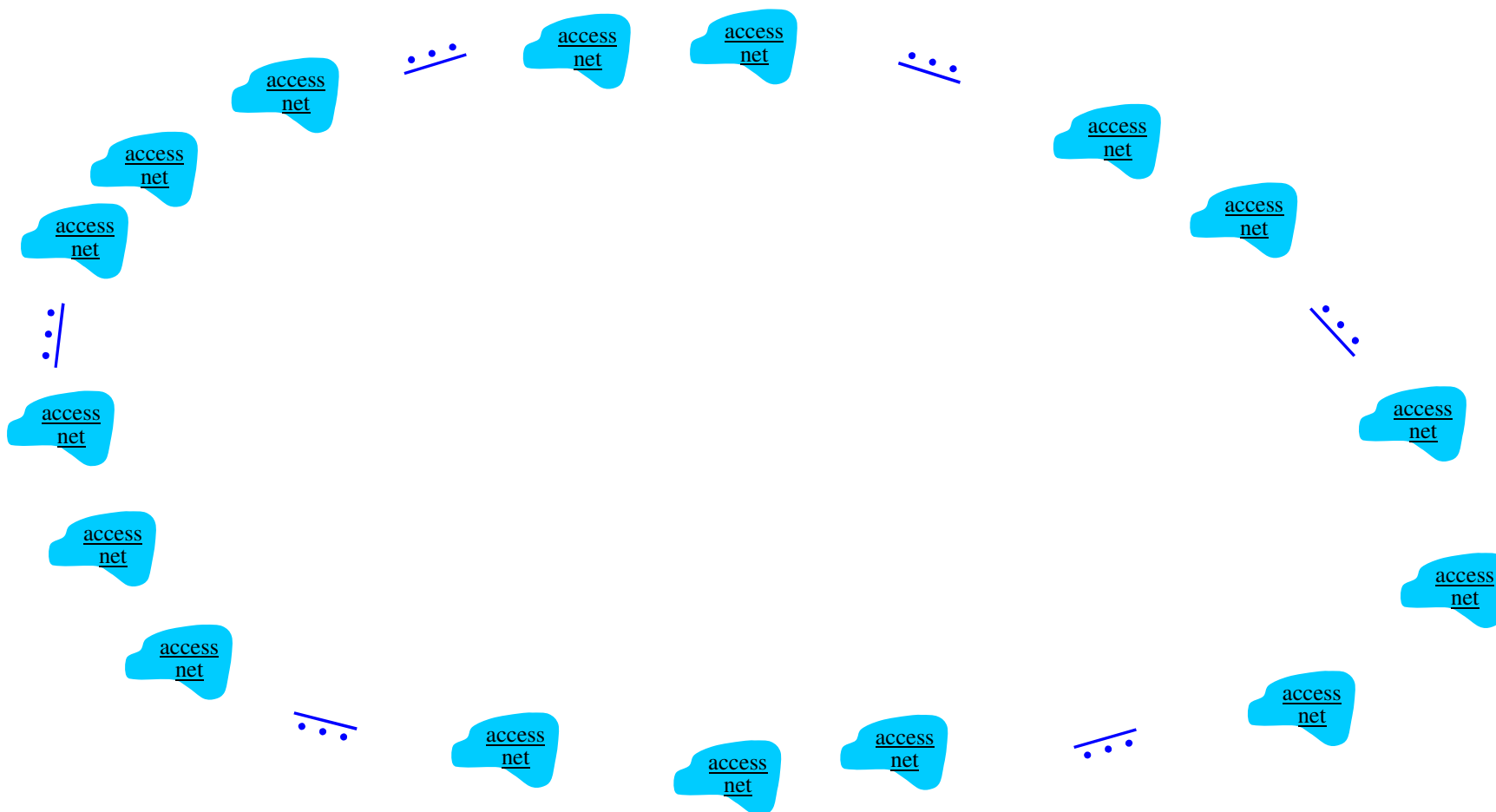
P: Analogias humanas de recursos reservados (comutação de circuitos) *versus* alocação por demanda (comutação de pacotes)?

Estrutura da Internet: rede de redes

- ❖ Sistemas finais conectam-se a Internet via **ISPs de acesso** (Internet Service Providers)
 - Residencial, empresarial e universitário
- ❖ ISPs de acesso devem ser interconectados.
 - ❖ Da mesma maneira que qualquer dois hosts podem enviar pacotes entre si
- ❖ A rede de redes resultante é muito complexa
 - ❖ Sua evolução foi guiada por **políticas econômicas e nacionais**

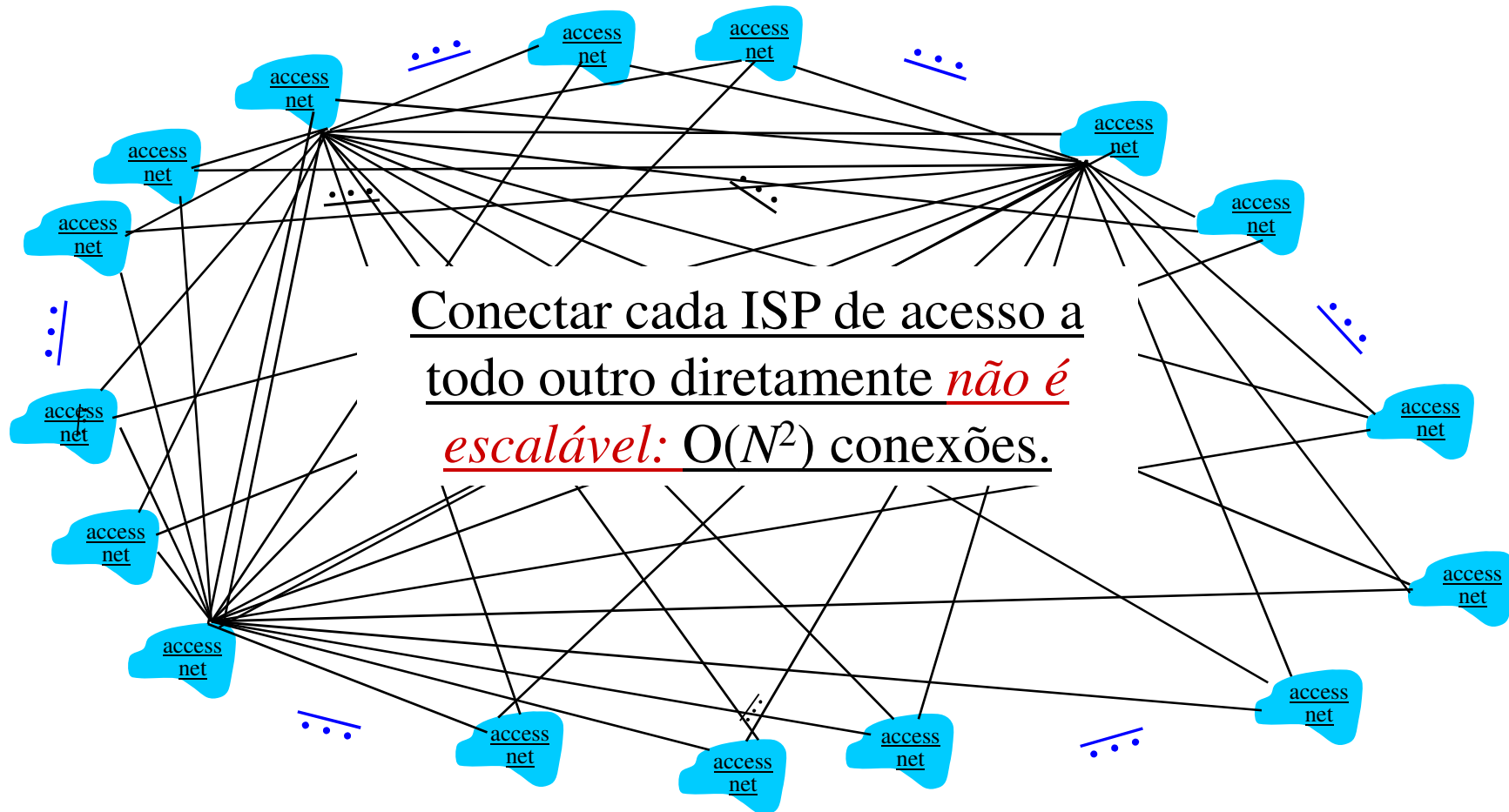
Estrutura da Internet: rede de redes

Pergunta: dado milhões de ISPs de acesso, como conectá-los em uma mesma rede?



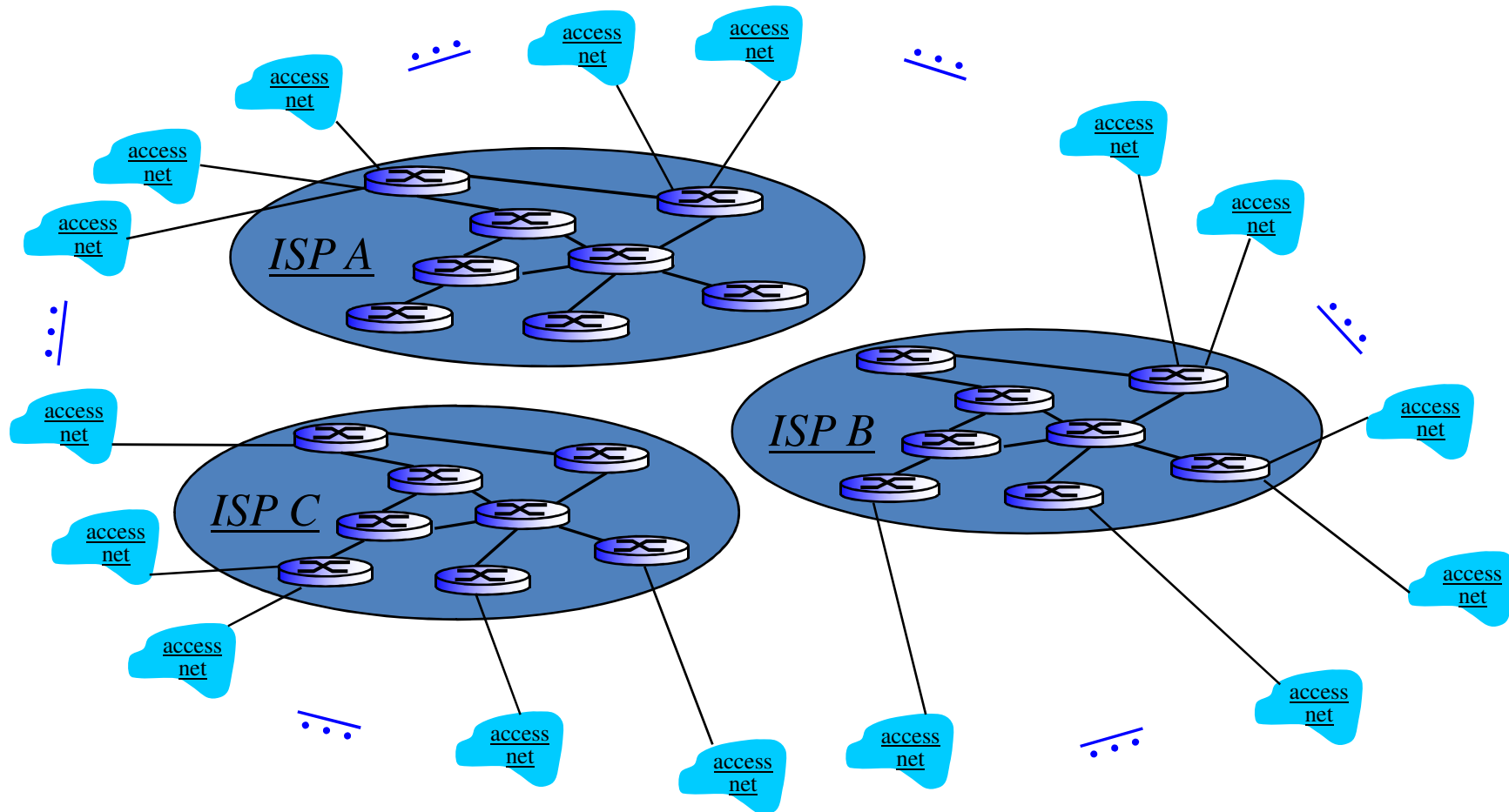
Estrutura da Internet: rede de redes

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



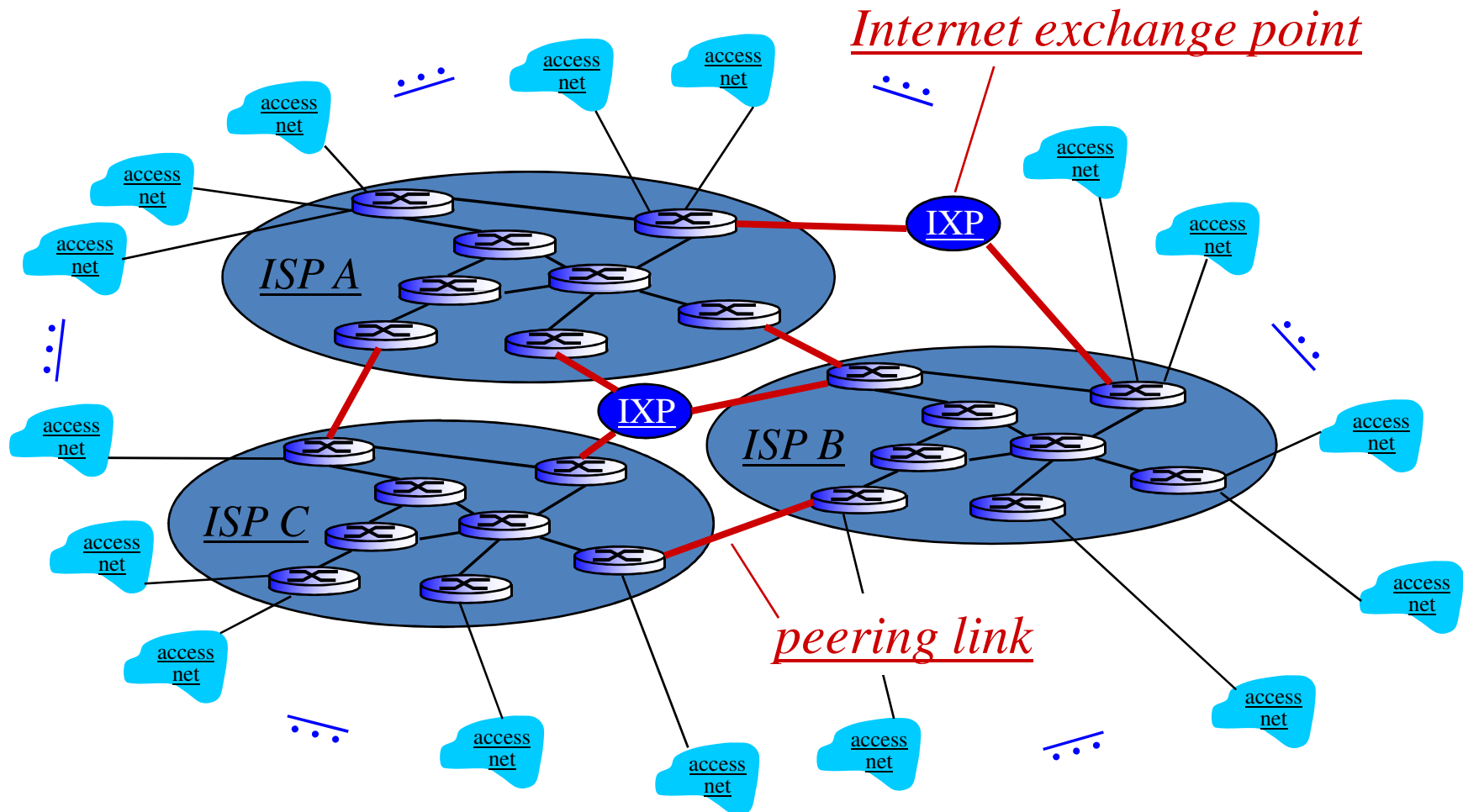
Estrutura da Internet: rede de redes

Mas se um único ISP global é um negócio viável, existirão competidores



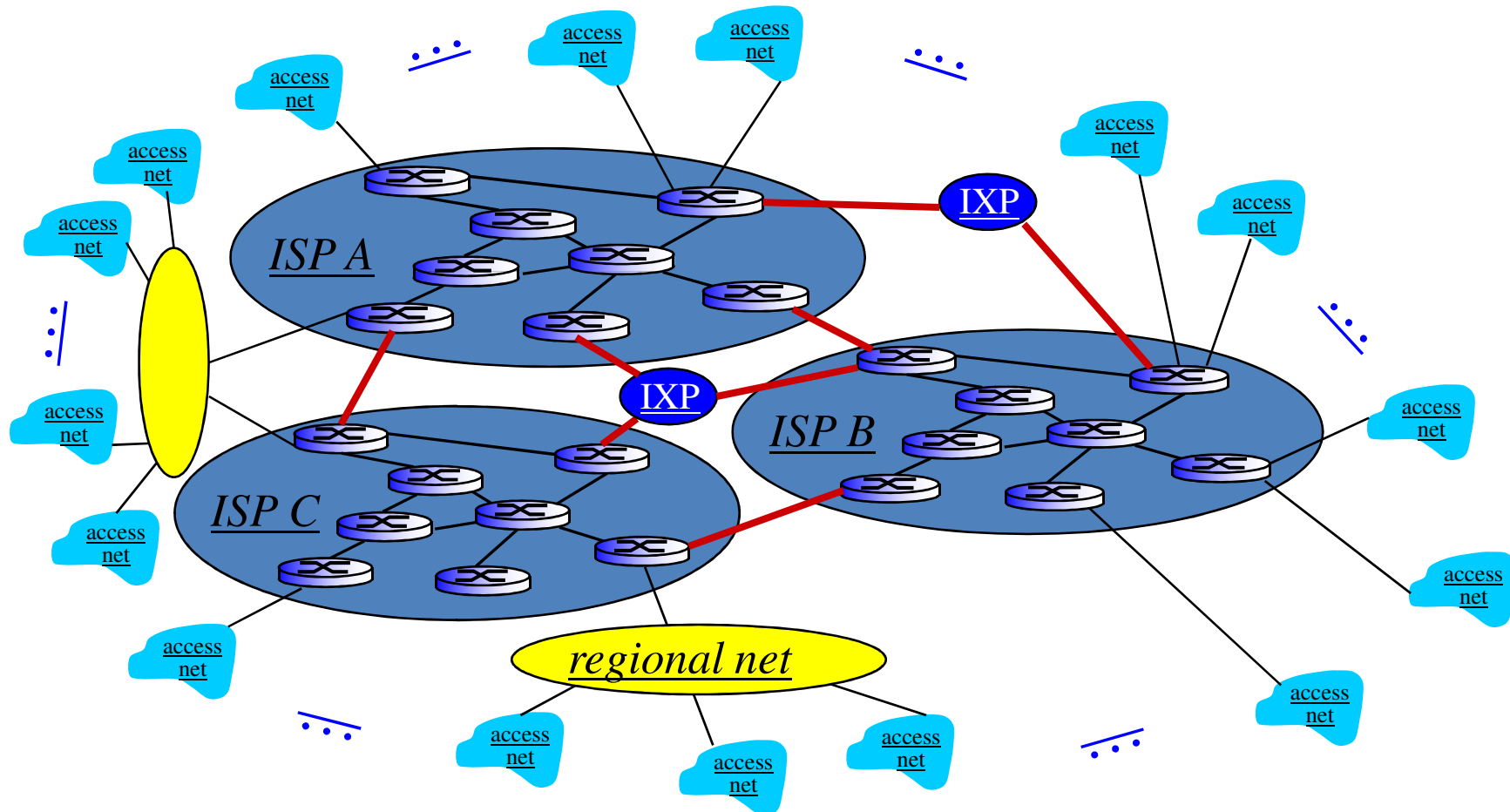
Estrutura da Internet: rede de redes

Se se um único ISP global é um negócio viável, existirão competidores que devem ser interconectados



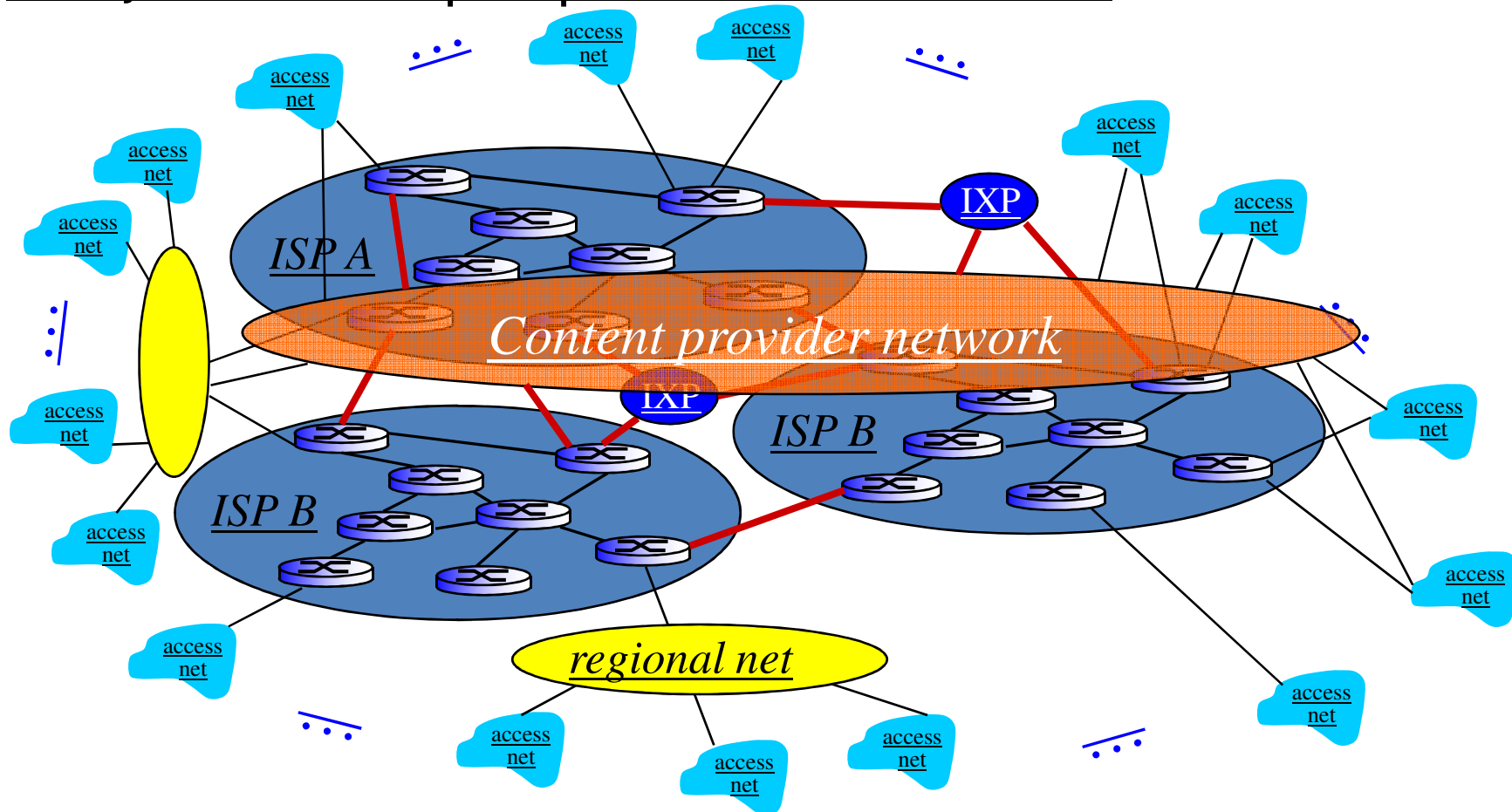
Estrutura da Internet: rede de redes

... e redes regionais devem surgir para conectar as redes de acesso aos ISPs

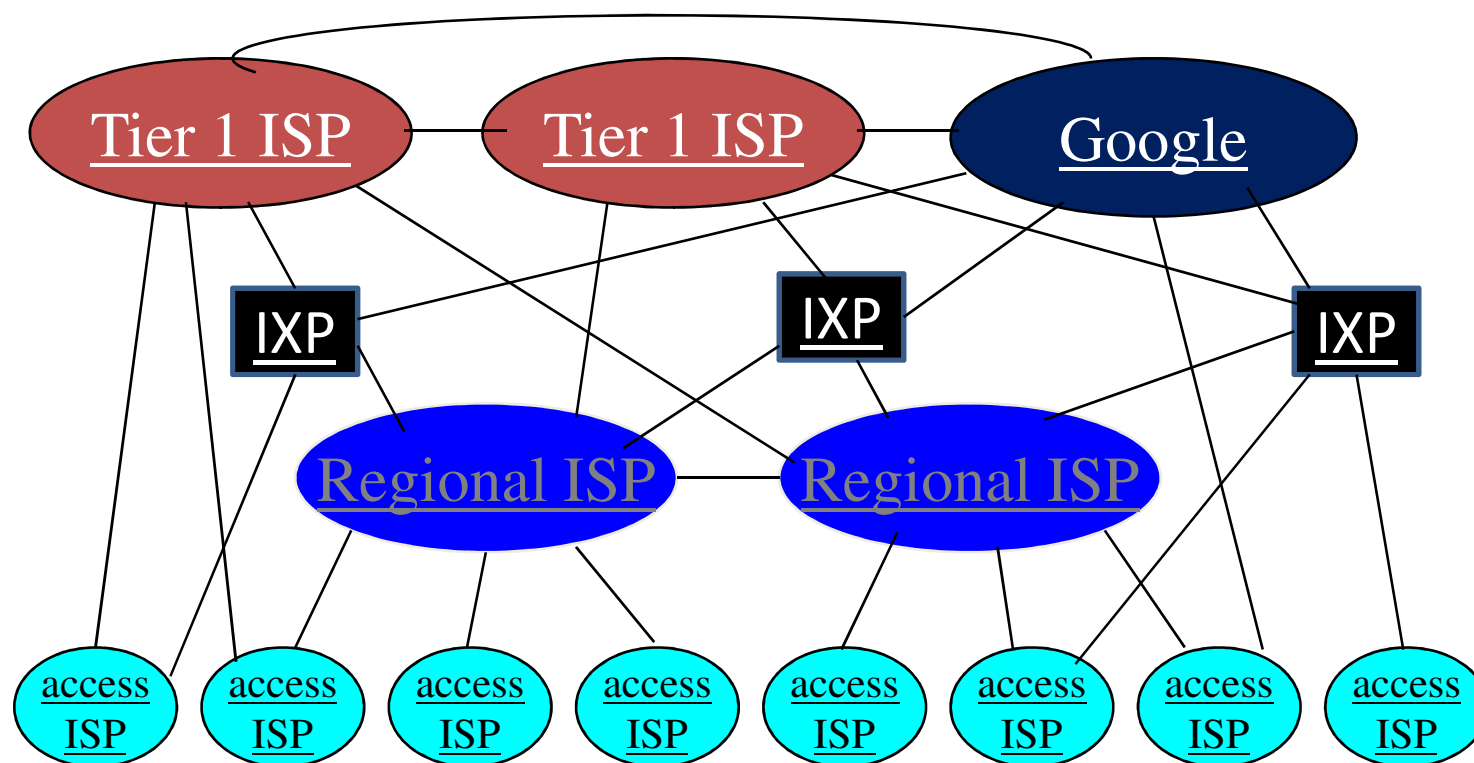


Estrutura da Internet: rede de redes

... e as redes de provedor de conteúdo (e.g., Google, Microsoft, Akamai) devem administrar suas próprias redes para trazer serviços, conteúdo para perto dos usuários finais

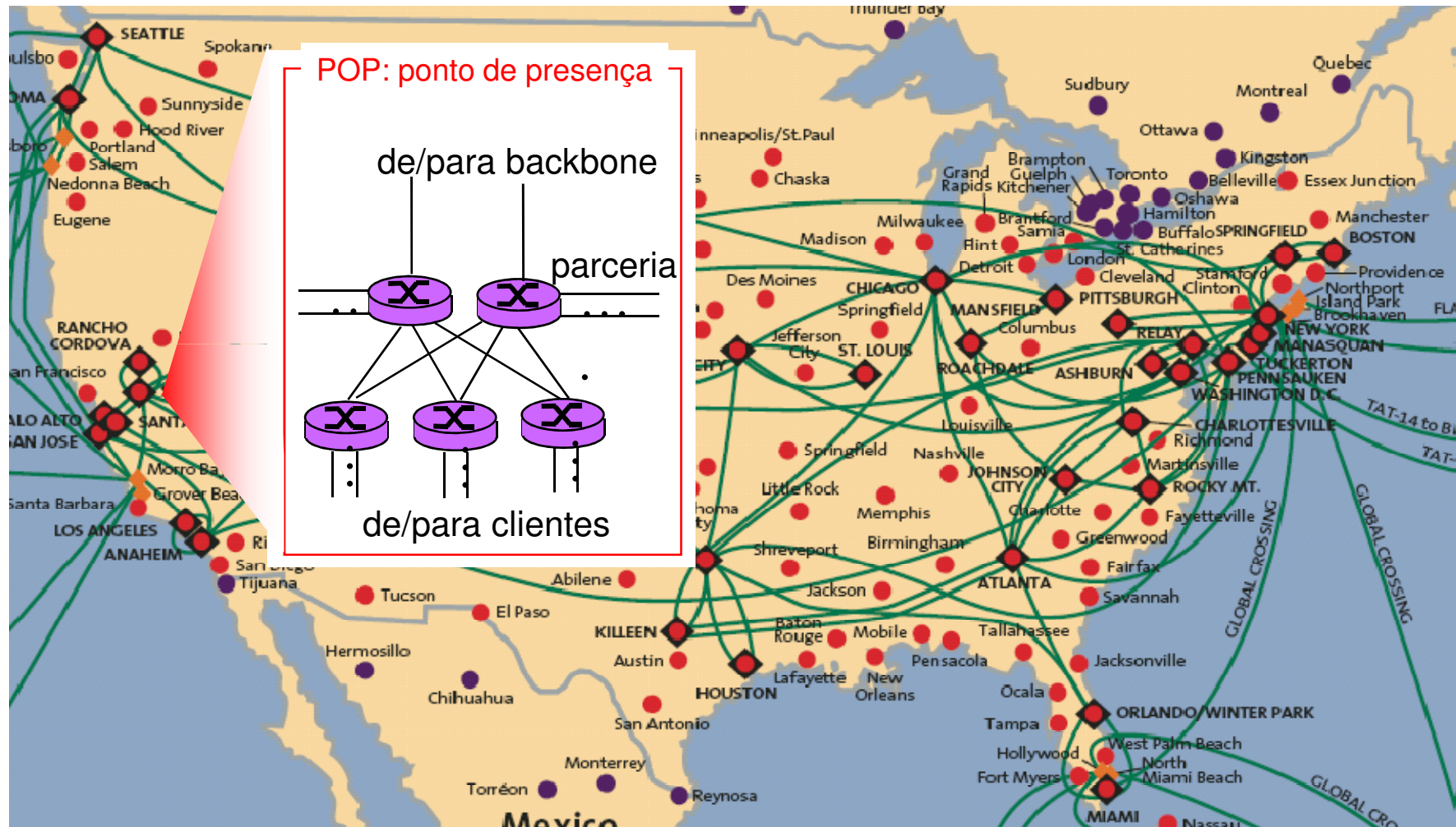


Estrutura da Internet: rede de redes



- no centro: pequeno # de grandes redes bem conectadas
 - “tier-1” ISPs comerciais (e.g., Level 3, Sprint, AT&T, Embratel), cobertura nacional e internacional
 - Rede de provedor de conteúdo (e.g, Google): rede privada que conecta seus data centers a Internet, oferecem passagem pelos ISPs tier-1 e regionais

ISP nível 1: p. e., Sprint



Capítulo 1: Roteiro

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 circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

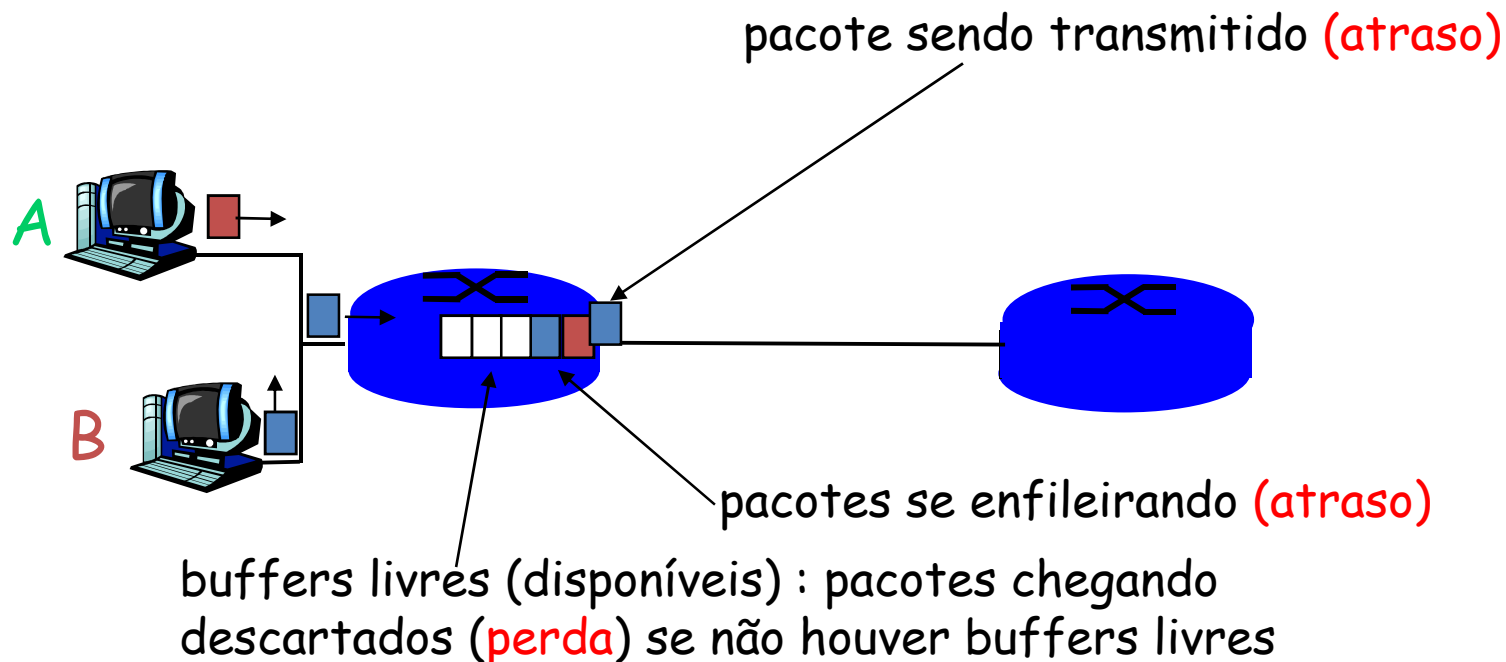
1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

Como ocorrem a perda e o atraso?

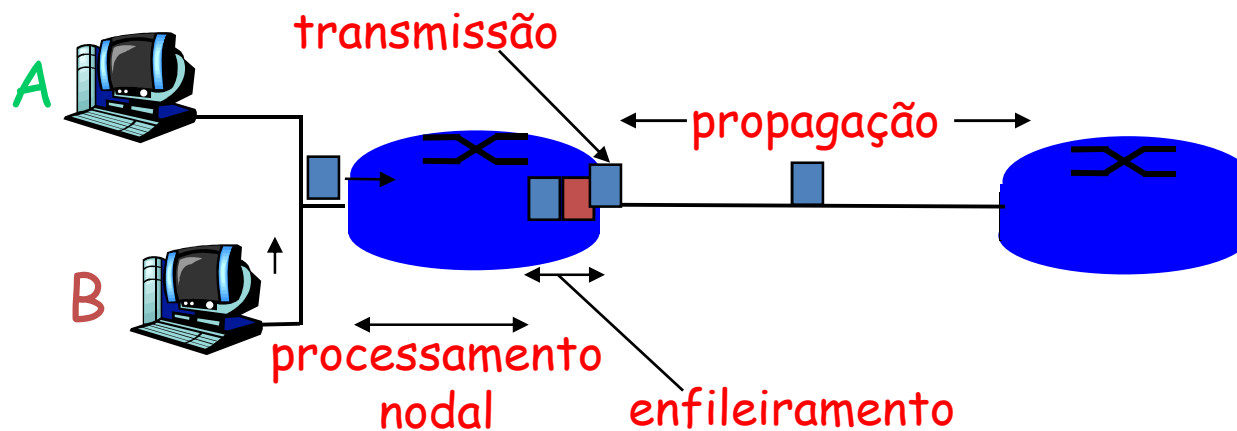
pacotes se *enfileiram* em buffers de roteador

- taxa de chegada de pacotes ao enlace ultrapassa capacidade de saída do enlace
- pacotes se enfileiram, esperam por sua vez



Quatro fontes de atraso de pacote

- 1. processamento nodal:
 - verificar erros de bit
 - determinar enlace de saída
- 2. enfileiramento
 - ❖ tempo esperando por transmissão no enlace de saída
 - ❖ depende do nível de congestionamento do roteador



Atraso nas redes comutadas por pacotes

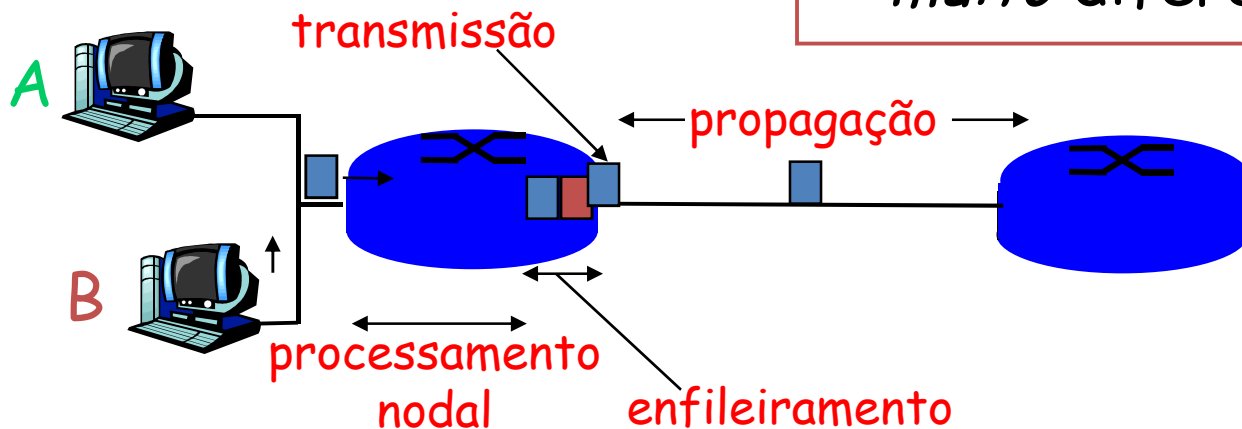
3. atraso de transmissão:

- R = largura de banda do enlace (bps)
- L = tamanho do pacote (bits)
- tempo para enviar bits no enlace = L/R

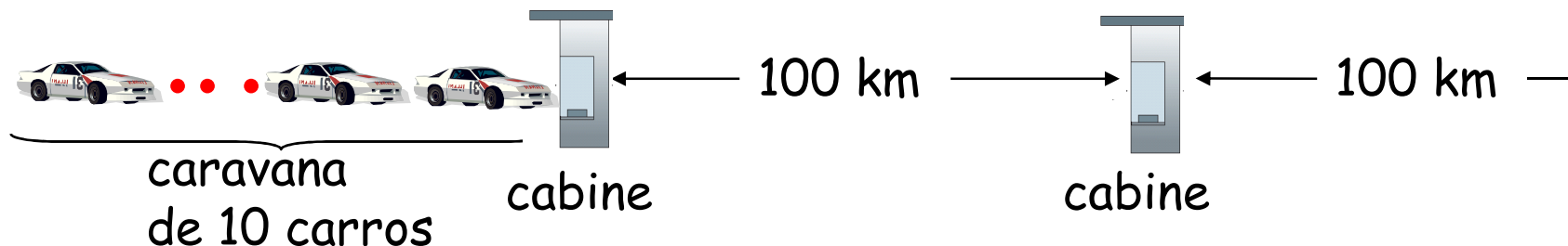
4. atraso de propagação:

- d = tamanho do enlace físico
- s = vel. de propagação no meio ($\sim 2 \times 10^8$ m/s)
- atraso de propagação = d/s

Nota: s e R são quantidades *muito* diferentes!

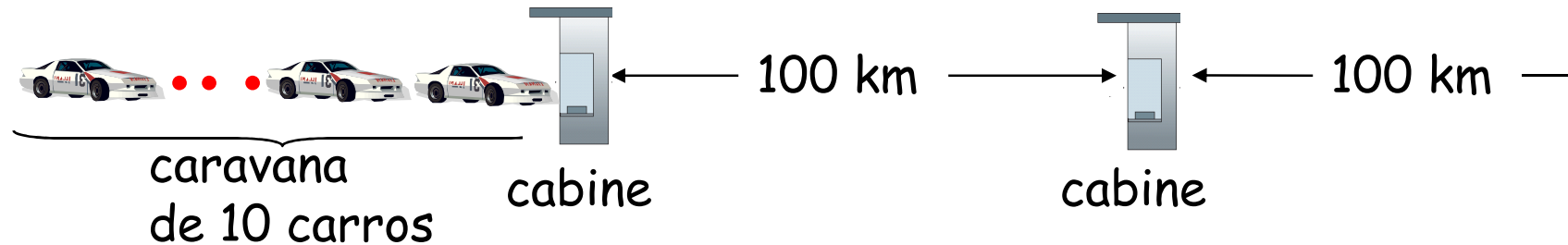


Analogia da caravana



- carros se “propagam” a 100 km/h
- cabines de pedágio levam 12 s para atender carro (tempo de transmissão)
- carro ~ bit; caravana ~ pacote
- **P: Quanto tempo para a caravana formar fila antes da 2ª cabine?**

- tempo para “empurrar” caravana inteira pela cabine na estrada = $12 \times 10 = 120$ s
- tempo para último carro se propagar da 1ª à 2ª cabine de pedágio: $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1 \text{ h}$
- **Resposta: 62 minutos**



- carros agora se “propagam” a 1000 km/h
- cabine agora leva 1 min para atender um carro
- **P: Os carros chegarão à 2ª cabine antes que todos os carros sejam atendidos na 1ª cabine?**
- **Sim!** Após 7 min, 1º carro na 2ª cabine e 3 carros ainda na 1ª cabine.
- **1º bit do pacote pode chegar ao 2º roteador antes que o pacote seja totalmente transmitido no 1º roteador!**
 - Ver applet Ethernet no site da AWL

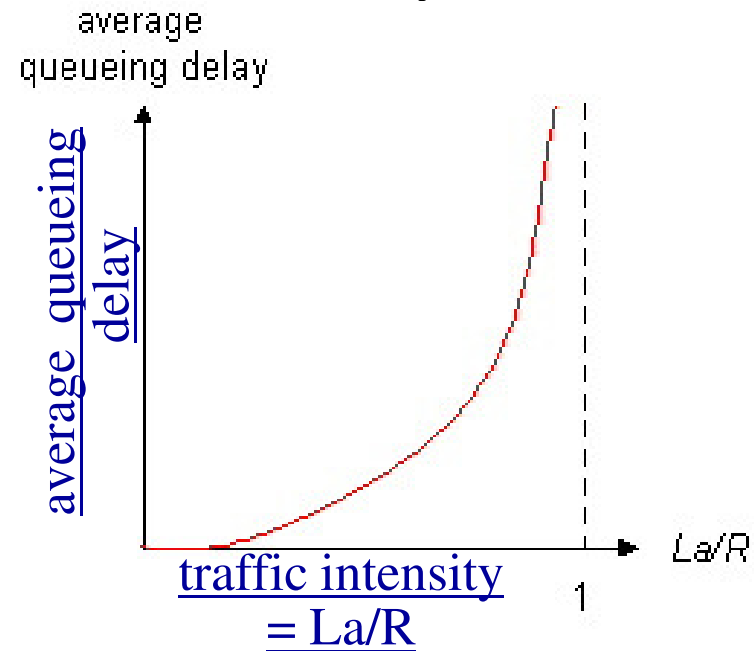
Atraso nodal

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

- d_{proc} = atraso de processamento
 - normalmente, poucos microssegundos ou menos
- d_{fila} = atraso de enfileiramento
 - depende do congestionamento
- d_{trans} = atraso de transmissão
 - $= L/R$, significativo para enlaces de baixa velocidade
- d_{prop} = atraso de propagação
 - alguns microssegundos a centenas de ms

Queueing delay (revisited)

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



- ❖ $La/R \sim 0$: avg. queueing delay small
- ❖ $La/R \rightarrow 1$: avg. queueing delay large
- ❖ $La/R > 1$: more “work” arriving than can be serviced, average delay infinite!



$La/R \sim 0$

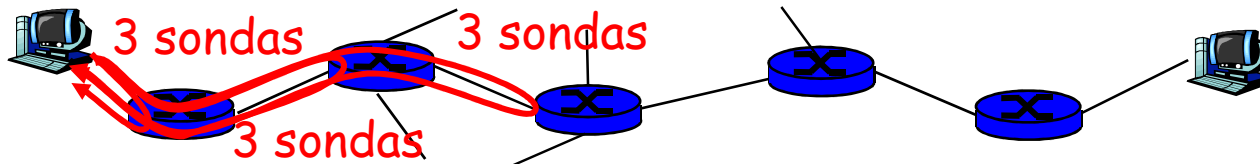


$La/R \rightarrow 1$

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


Atrasos e rotas “reais” da Internet

- Como são os atrasos e perdas “reais” da Internet?
- Programa Traceroute: fornece medida do atraso da origem ao roteador ao longo do caminho de fim a fim da Internet para o destino. Para todo i :
 - envia três pacotes que alcançarão roteador i no caminho para o destino
 - roteador i retornará pacotes ao emissor
 - emissor temporiza intervalo entre transmissão e resposta.



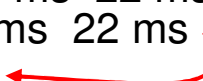
traceroute: gaia.cs.umass.edu para www.eurecom.fr

Tres medições de atraso de
gaia.cs.umass.edu para cs-gw.cs.umass.edu




```
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
```

enlace trans-oceânico

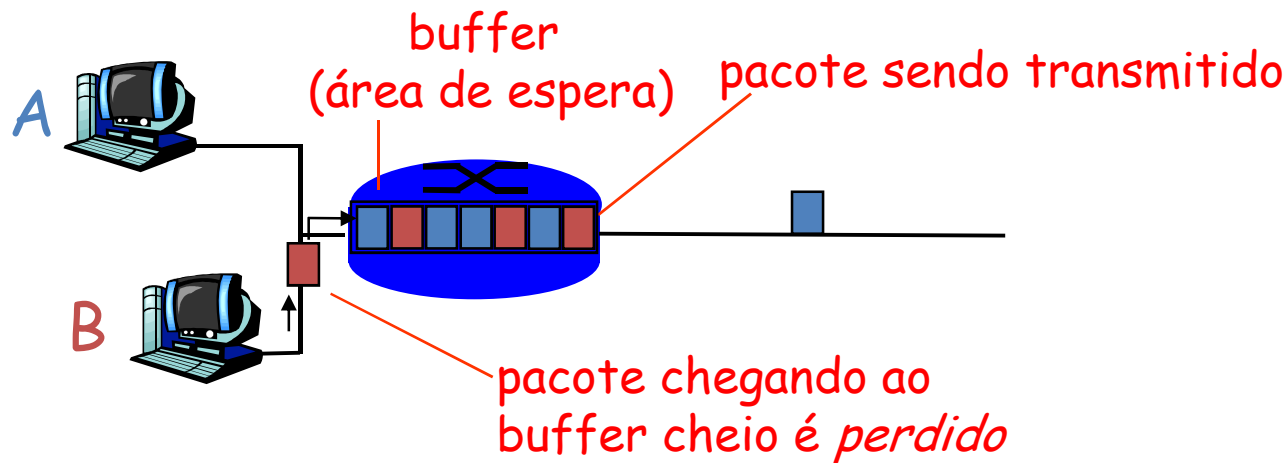


* significa sem resposta (sonda perdida, roteador sem resposta)



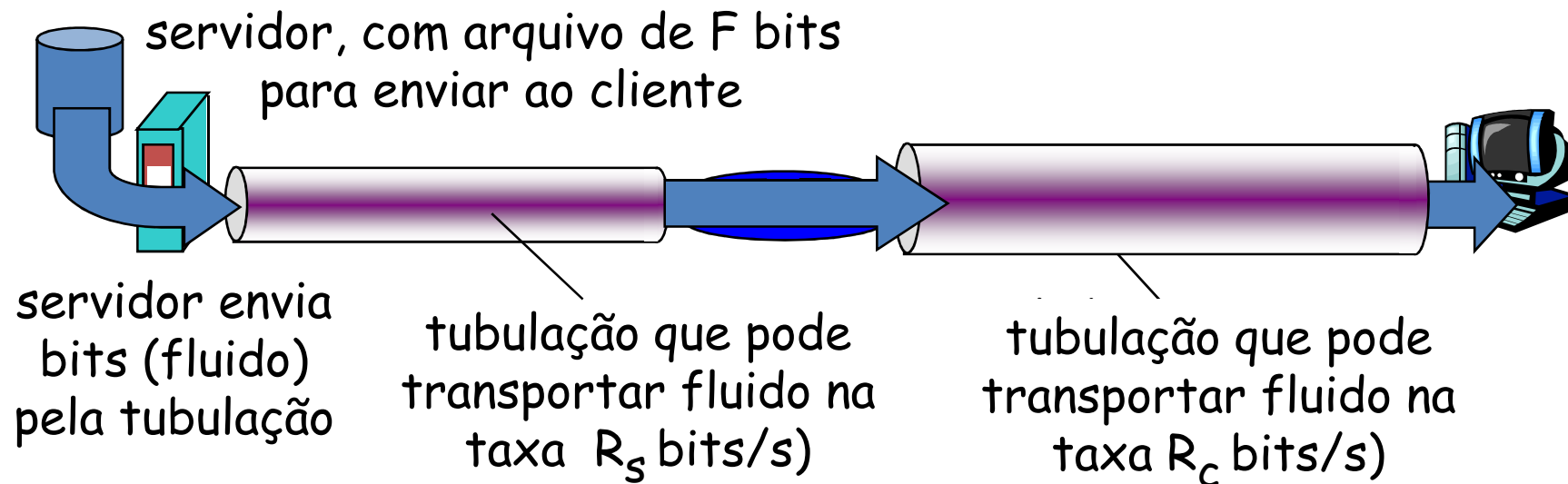
Perda de pacote

- fila (ou buffer) antes do enlace no buffer tem capacidade finita
- pacote chegando à fila cheia descartado (ou perdido)
- último pacote pode ser retransmitido pelo nó anterior, pela origem ou de forma nenhuma

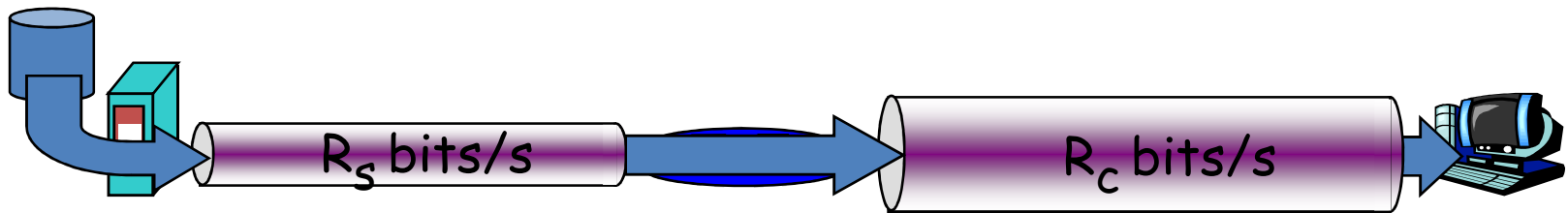


Vazão

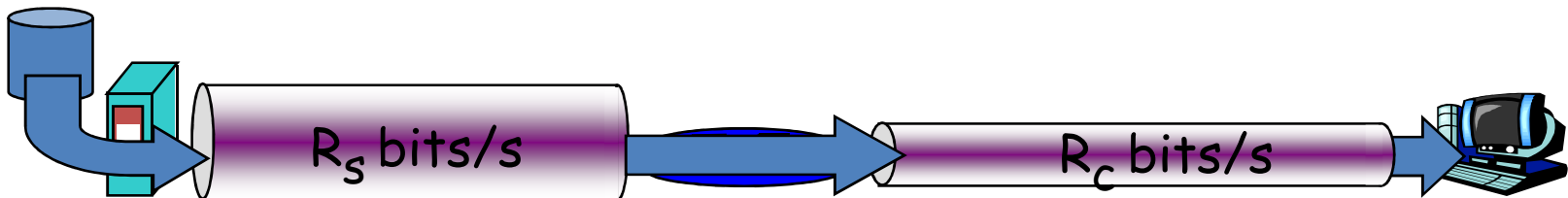
- *vazão*: taxa (bits/unidade de tempo) em que os bits são transferidos entre emissor/receptor
 - *instantânea*: taxa em determinado ponto no tempo
 - *média*: taxa por período de tempo maior



- $R_s < R_c$ Qual é a vazão média de fim a fim?



- $R_s > R_c$ Qual é a vazão média de fim a fim?

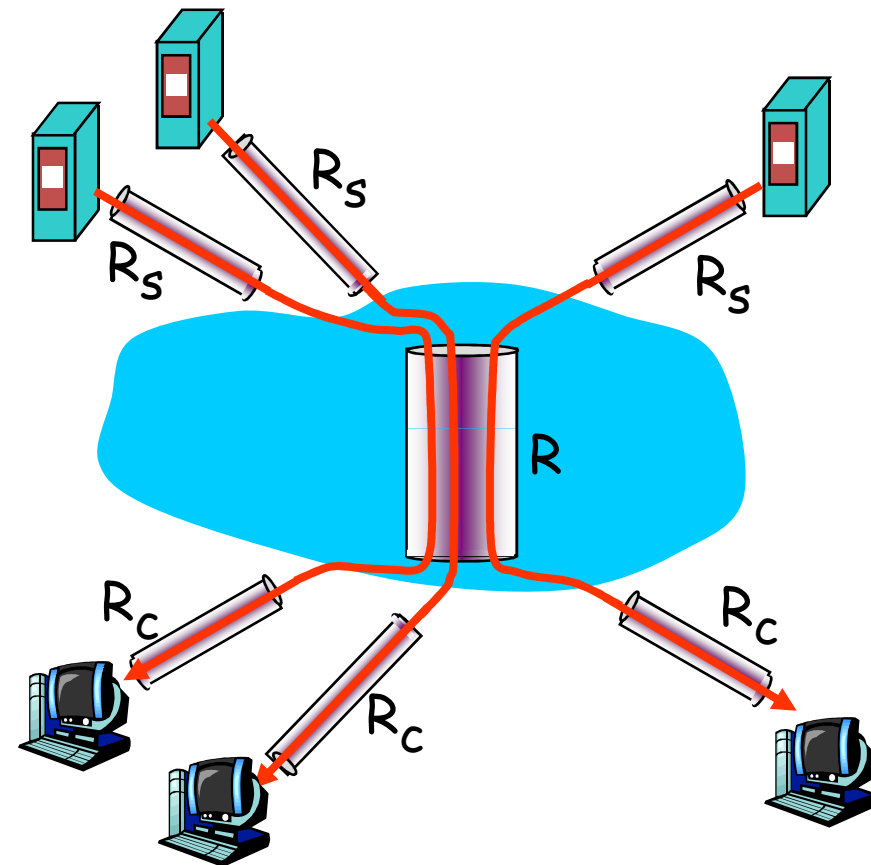


enlace de gargalo

enlace no caminho fim a fim que restringe a vazão entre cliente e servidor

Vazão: cenário da Internet

- na prática: R_c ou R_s normalmente é gargalo
- vazão de fim a fim por conexão: $\min(R_c, R_s, R/10)$



10 conexões (aproximadamente)
compartilham enlace de gargalo do
backbone a R bits/s

Capítulo 1: Roteiro

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 circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

“Camadas” de protocolo

Redes são complexas!

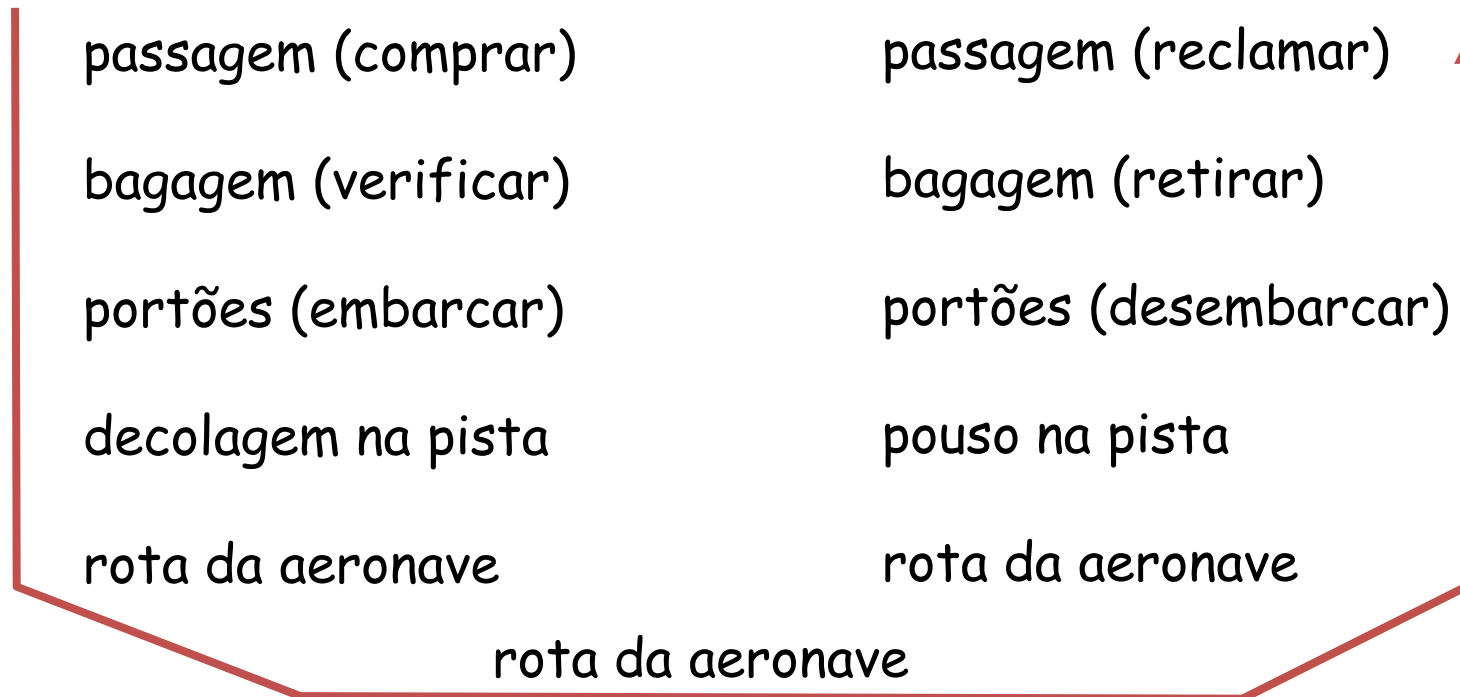
- muitas “partes”:
 - hospedeiros
 - roteadores
 - enlaces de vários meios físicos
 - aplicações
 - protocolos
 - hardware, software

Pergunta:

Existe esperança de *organizar* a estrutura da rede?

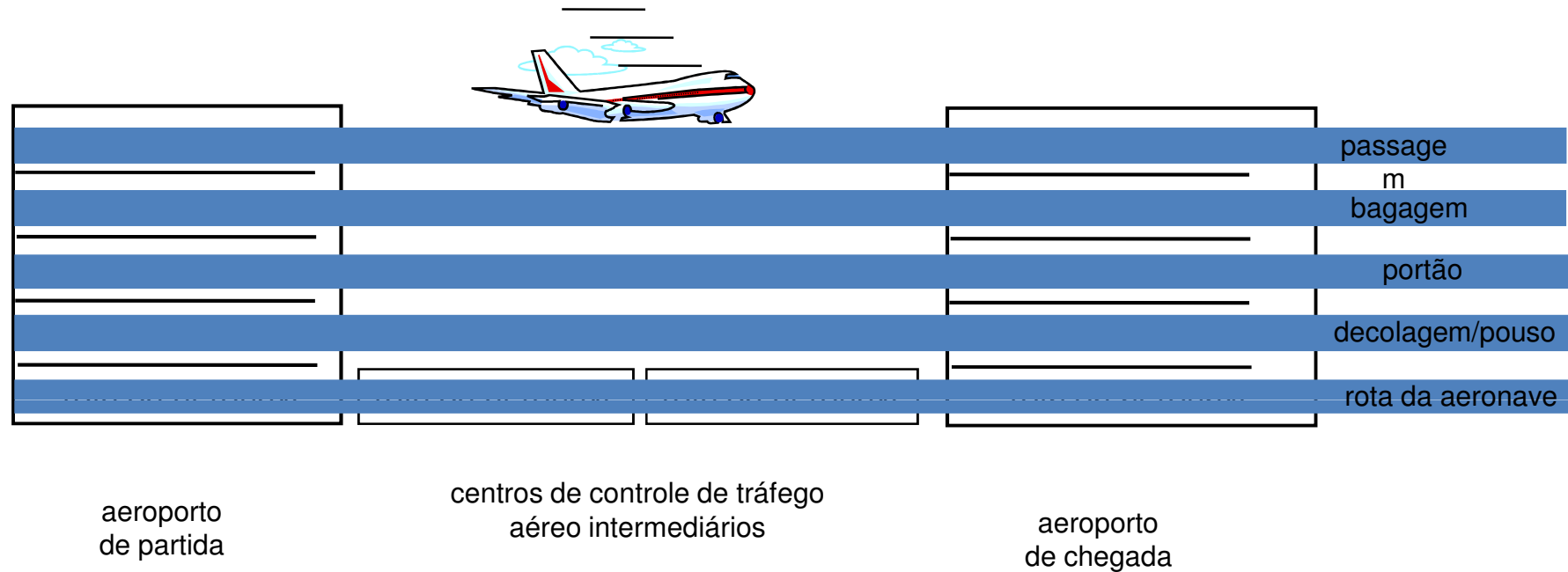
Ou, pelo menos, nossa discussão sobre redes?

Organização da viagem aérea



- uma série de passos

Camadas de funcionalidade da viagem



Camadas: cada camada implementa um serviço

- por meio de suas próprias ações da camada interna
- contando com serviços fornecidos pela camada abaixo

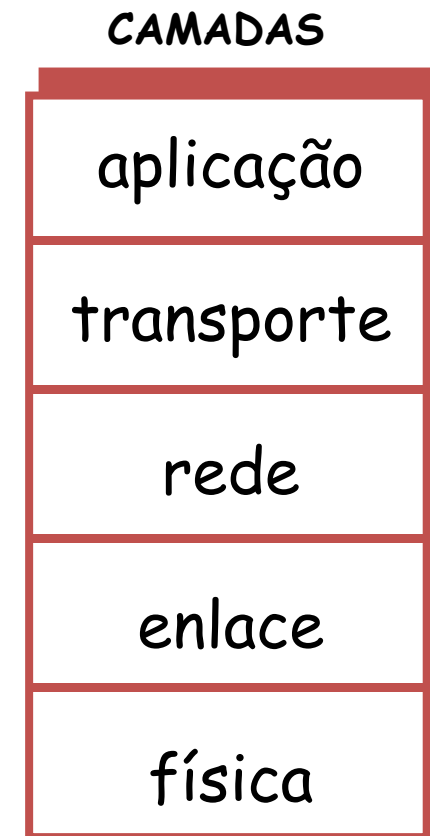
Por que usar camadas?

lidando com sistemas complexos:

- estrutura explícita permite identificação e relação entre partes complexas do sistema
 - **modelo de referência** em camadas para discussão
- modularização facilita manutenção e atualização do sistema
 - mudança de implementação do serviço da camada transparente ao restante do sistema
 - p. e., mudanças no procedimento de porta não afeta o restante do sistema
- uso de camadas considerado prejudicial?

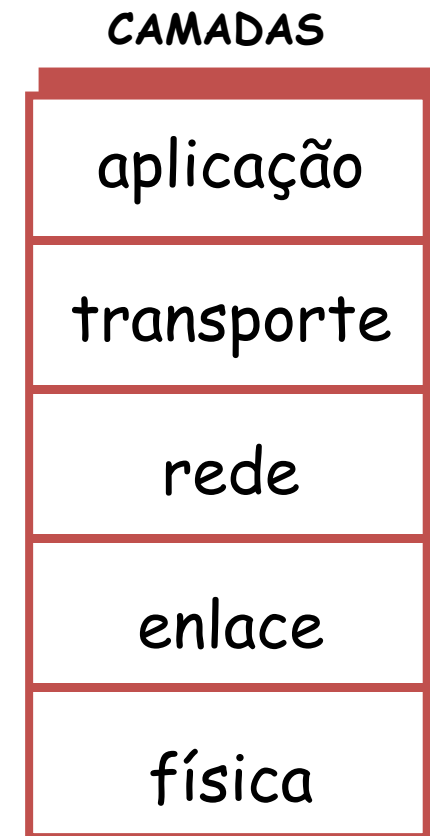
Pilha de protocolos da Internet

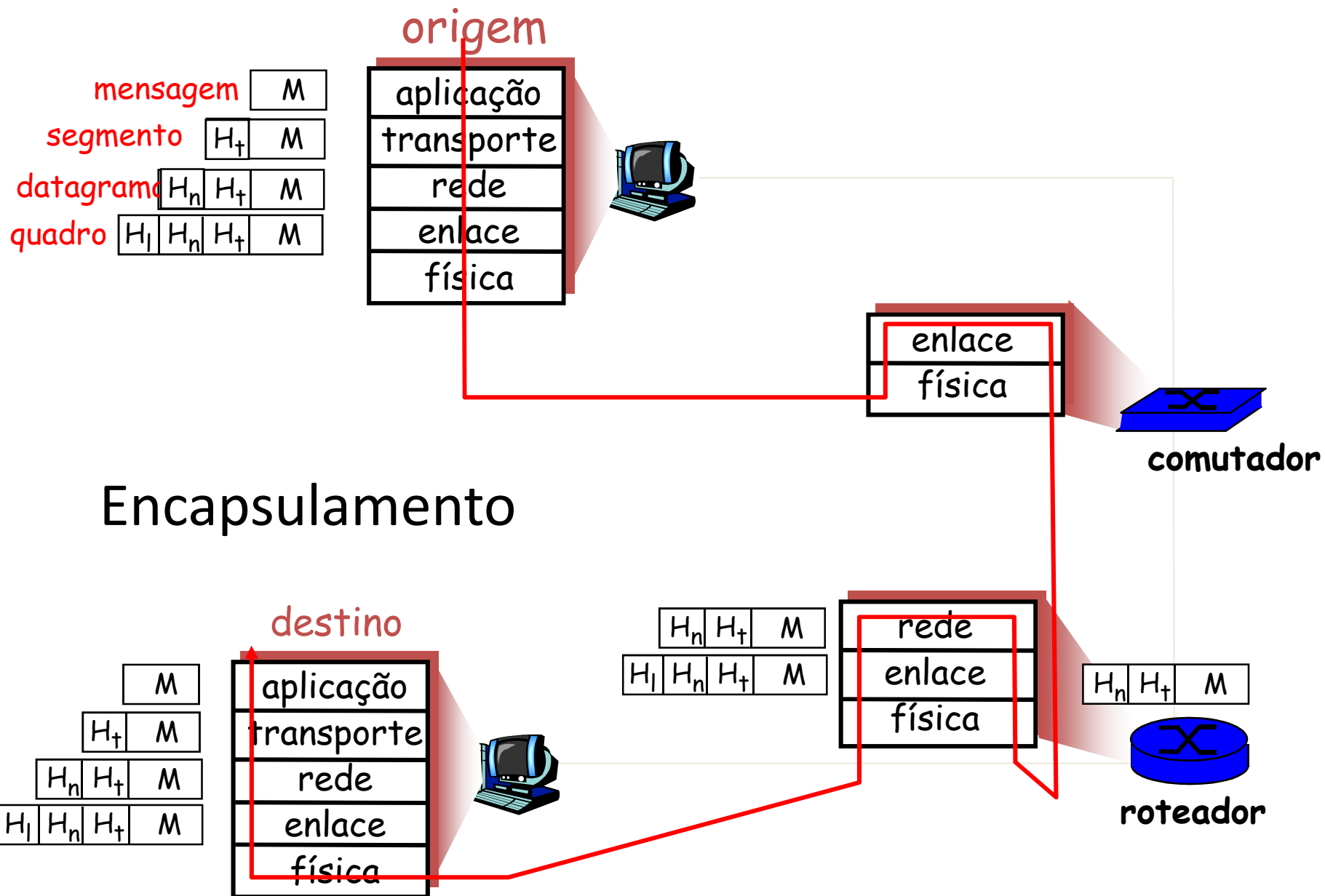
- **aplicação:** suporte a aplicações de rede
 - FTP, SMTP, HTTP
- **transporte:** transferência de dados processo-processo
 - TCP, UDP
- **rede:** roteamento de datagramas da origem ao destino
 - IP, protocolos de roteamento
- **enlace:** transferência de dados entre elementos vizinhos da rede
 - PPP, Ethernet
- **física:** bits “nos fios”



Modelo de referência ISO/OSI

- **apresentação:** permite que as aplicações interpretem significado de dados, p. e., criptografia, compactação, convenções específicas da máquina
- **session:** sincronização, verificação, recuperação de troca de dados
- Pilha da Internet “faltando” essas camadas!
 - estes serviços, *se necessários*, devem ser implementados na aplicação
 - necessários?





Capítulo 1: Roteiro

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 circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

Segurança de rede

- o campo da segurança de rede trata de:
 - como defender as redes contra ataques
 - como maus sujeitos atacam redes de computadores
 - como projetar arquiteturas imunes a ataques
- Internet não criada originalmente com (muita) segurança em mente
 - *visão original*: “um grupo de usuários mutuamente confiáveis conectados a uma rede transparente”
 - projetistas de protocolos da Internet brincando de “contar novidades”
 - considerações de segurança em todas as camadas!

Maus sujeitos podem colocar malware em hospedeiros via Internet

- malware pode entrar em um hospedeiro por **vírus**, **worm** ou **cavalo de Troia**.
- **malware do tipo spyware** pode registrar toques de teclas, sites visitados na Web, enviar informações para sites de coleta.
- hospedeiro infectado pode ser alistado em um **botnet**, usado para spam e ataques de DDoS.
- malware normalmente é **autorreplicável**: de um hospedeiro infectado, busca entrada em outros hospedeiros

- **cavalo de Troia**

- parte oculta de algum software útil
- hoje, normalmente em uma página Web (Active-X, plug-in)

- **vírus**

- infecção ao receber objeto (p. e., anexo de e-mail), executando ativamente
- autorreplicável: propaga-se para outros hospedeiros, usuários

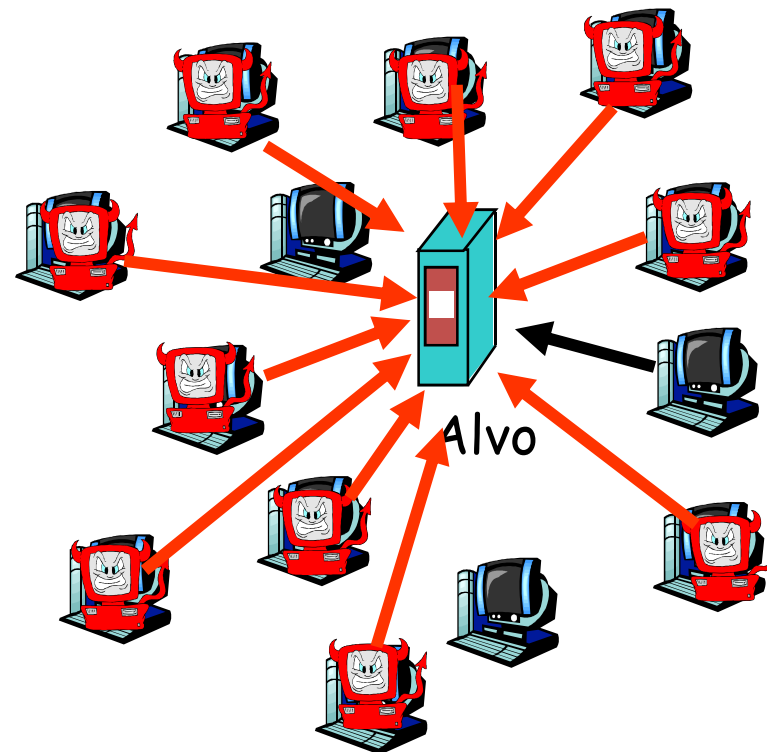
- **worm:**

- ❖ infecção recebendo passivamente objeto a ser executado
- ❖ autorreplicável: propaga-se para outros hospedeiros, usuários

Maus sujeitos podem atacar servidores e infraestrutura de rede

- Denial of Service (DoS): atacantes deixam recursos (servidor, largura de banda) indisponíveis ao tráfego legítimo, sobrecarregando recurso com tráfego

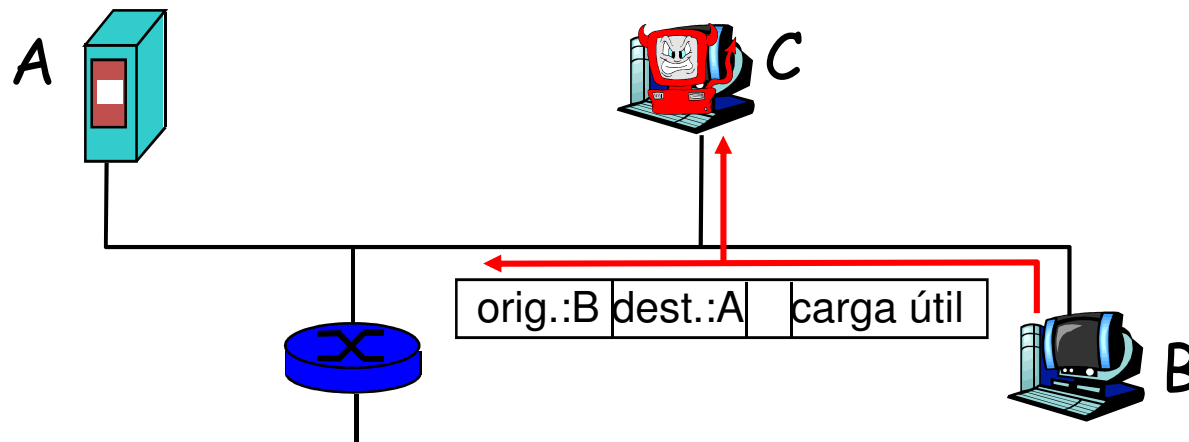
1. selecionar alvo
2. invadir hospedeiros na rede (ver botnet)
3. enviar pacotes para o alvo a partir dos hospedeiros comprometidos



Maus sujeitos podem farejar pacotes

Farejamento de pacotes:

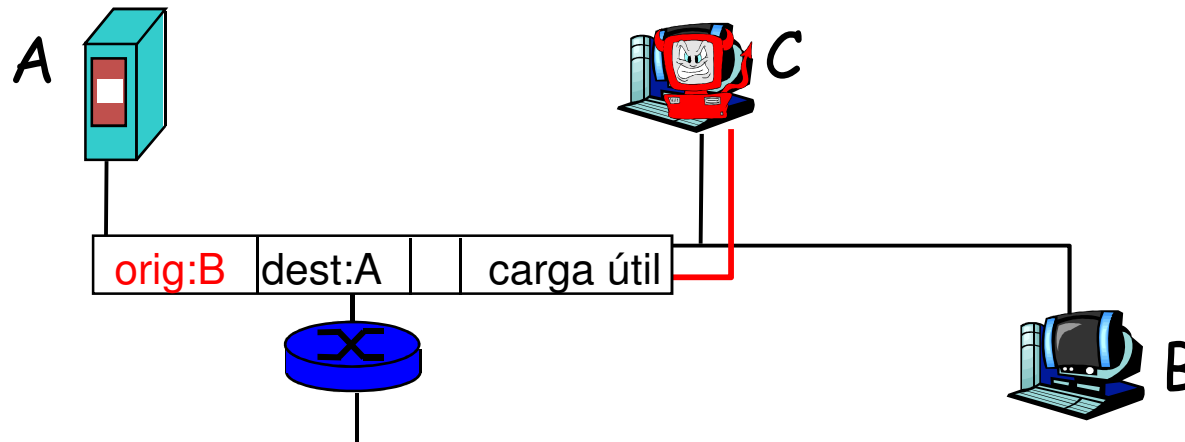
- meio de broadcast (Ethernet compartilhada, sem fio)
- interface de rede promíscua lê/registra todos os pacotes (p. e., incluindo senhas!) passando por



- ❖ software Wireshark usado para laboratório do farejador de pacotes do final do capítulo (gratuito)

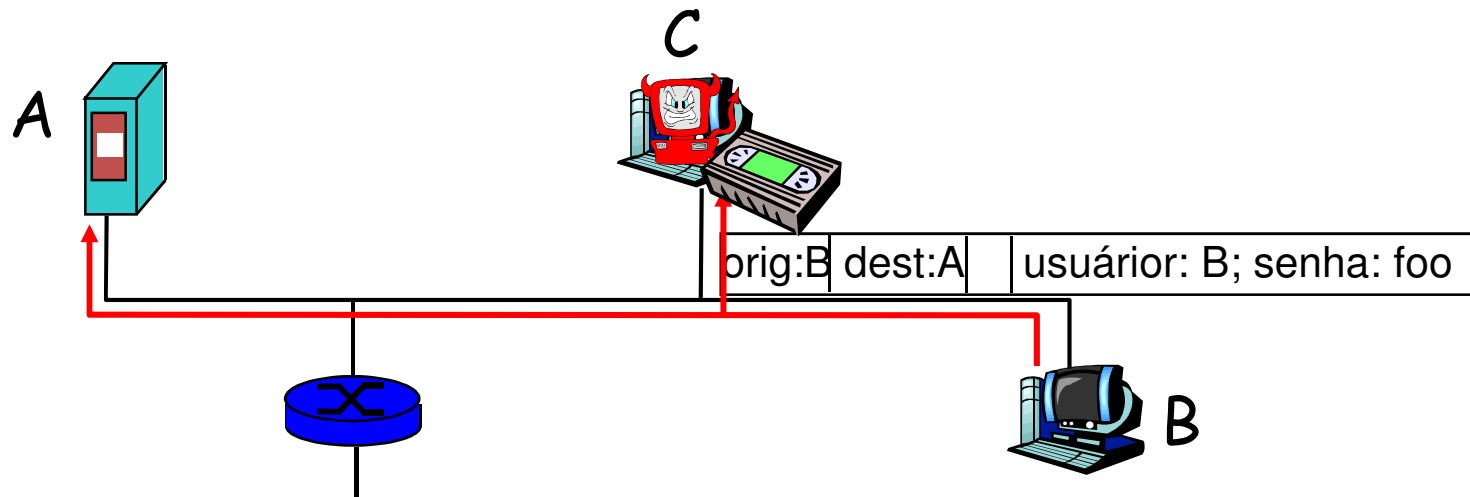
Maus sujeitos podem usar endereços de origem falsos

- *IP spoofing*: enviar pacote com endereço de origem falso



Maus sujeitos podem gravar e reproduzir

- *gravar-e-reproduzir*: informação confidencial (p. e., senha), é usada mais tarde
 - quem tem a senha é esse usuário, do ponto de vista do sistema



Segurança de rede

- mais no decorrer deste curso
- Capítulo 8: focaliza segurança
- técnicas criptográficas: usos óbvios e não tão óbvios

Pesquisa de Malware na Internet

- Pesquisa na Internet por
 - três tipos de vírus
 - Três tipos de worms
 - Três tipos de cavalos de tróia
 - Três tipos de ataque DoS/DDoS
- Em um relatório, explique como cada um deles funcionam
- Enviar pelo Moodle

Capítulo 1: Roteiro

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 circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

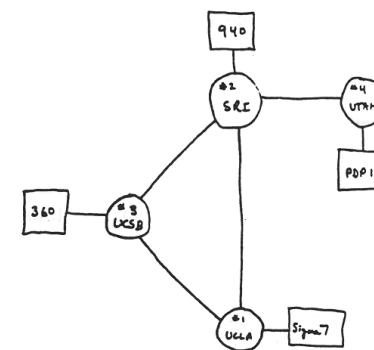
1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

História da Internet

1961-1972: Princípios da comutação de pacotes

- **1961:** Kleinrock – teoria do enfileiramento mostra eficácia da comutação de pacotes
- **1964:** Baran – comutação de pacotes em redes militares
- **1967:** ARPAnet concebida pela ARPA (Advanced Research Projects Agency)
- **1969:** primeiro nó ARPAnet operacional
- **1972:**
 - demonstração pública da ARPAnet
 - NCP (Network Control Protocol) primeiro protocolo hospedeiro-hospedeiro
 - primeiro programa de e-mail
 - ARPAnet tem 15 nós



THE ARPA NETWORK

1972-1980: Inter-rede, redes novas e proprietárias

- 1970: rede por satélite ALOHAnet no Havaí
- 1974: Cerf e Kahn – arquitetura para interconexão de redes
- 1976: Ethernet na Xerox PARC
- final dos anos 70: arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- final dos anos 70 : comutação de pacotes de tamanho fixo (precursor da ATM)
- 1979: ARPAnet tem 200 nós

princípios de inter-rede de Cerf e Kahn:

- minimalismo, autonomia – sem mudanças internas exigidas para interconexão de redes
- modelo de serviço pelo melhor esforço
- roteadores sem estado
- controle descentralizado

definem arquitetura atual da Internet

1980-1990: novos protocolos, proliferação de redes

- 1983: implantação do TCP/IP
- 1982: protocolo de e-mail smtp definido
- 1983: DNS definido para tradução entre nome-endereço IP
- 1985: protocolo ftp definido
- 1988: controle de congestionamento TCP
- novas redes nacionais: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 hospedeiros conectados à confederação de redes

1990, 2000's: comercialização, a Web, novas aplicações

- início dos anos 90: ARPAnet retirada de serviço
- 1991: NSF aumenta restrições para uso comercial da NSFnet (retirada em 1995)
- início dos anos 90: Web
 - hipertexto [Bush 1945, Nelson anos 60]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, depois Netscape
 - final dos anos 90: comercialização da Web

Final dos anos 90 – após ano 2000:

- mais aplicações formidáveis: mensagens instantâneas, compartilhamento de arquivos P2P
- segurança de rede ao primeiro plano
- est. 50 milhões de hospedeiros, mais de 100 milhões de usuários
- enlaces de backbone rodando em Gbps

2007:

- ~500 milhões de hospedeiros
- voz, vídeo por IP
- aplicações P2P: BitTorrent
(compartilhamento de arquivos)
Skype (VoIP), PPLive (vídeo)
- mais aplicações: YouTube, jogos
- redes sem fio, mobilidade

Introdução: resumo

Vimos muito material!

- visão geral da Internet
- O que é um protocolo?
- borda da rede, núcleo, rede de acesso
 - comutação de pacotes e circuitos
 - estrutura da Internet
- desempenho: perda, atraso e vazão
- camadas, modelos de serviço
- segurança
- história

Agora você tem:

- contexto, visão geral, “sentido” de rede
- mais detalhes a seguir!