

# PTC 3450 - Aula 02

1.2 A periferia da Internet

1.3 O núcleo da rede

(Kurose, p. 9-23)

(Peterson, p. 15-35)

18/02/2016

# Capítulo 1: Conteúdo

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, comutação de circuitos, estrutura da rede

1.4 atraso, perdas, vazão em redes

1.5 camadas de protocolos, modelos de serviço

1.6 redes sob ataque: segurança

1.7 história

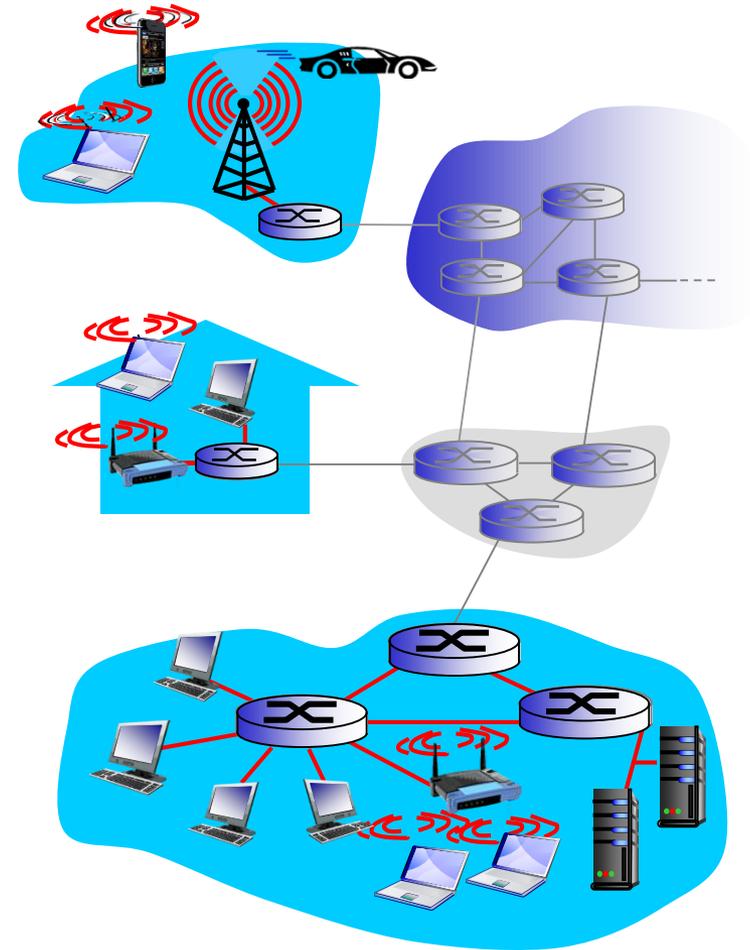
# Redes de acesso e meio físico

*Q: Como conectar sistemas finais aos roteadores da borda?*

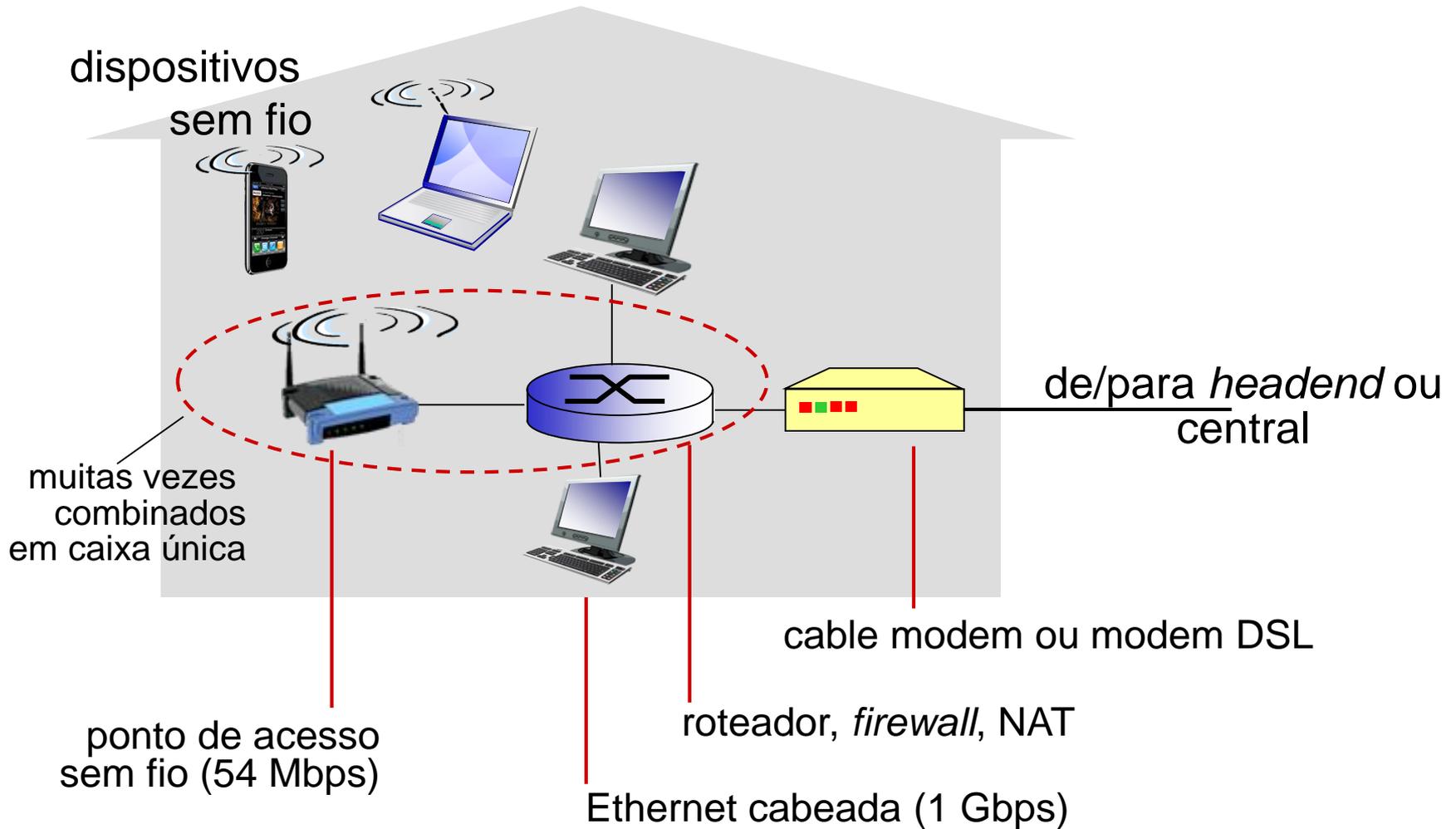
- ❖ redes de acesso residencial (mais comuns: DSL e cabo; FTTH avançando)
- ❖ redes de acesso insitucionais (universidades, empresas)
- ❖ redes acesso móveis

*Propriedades:*

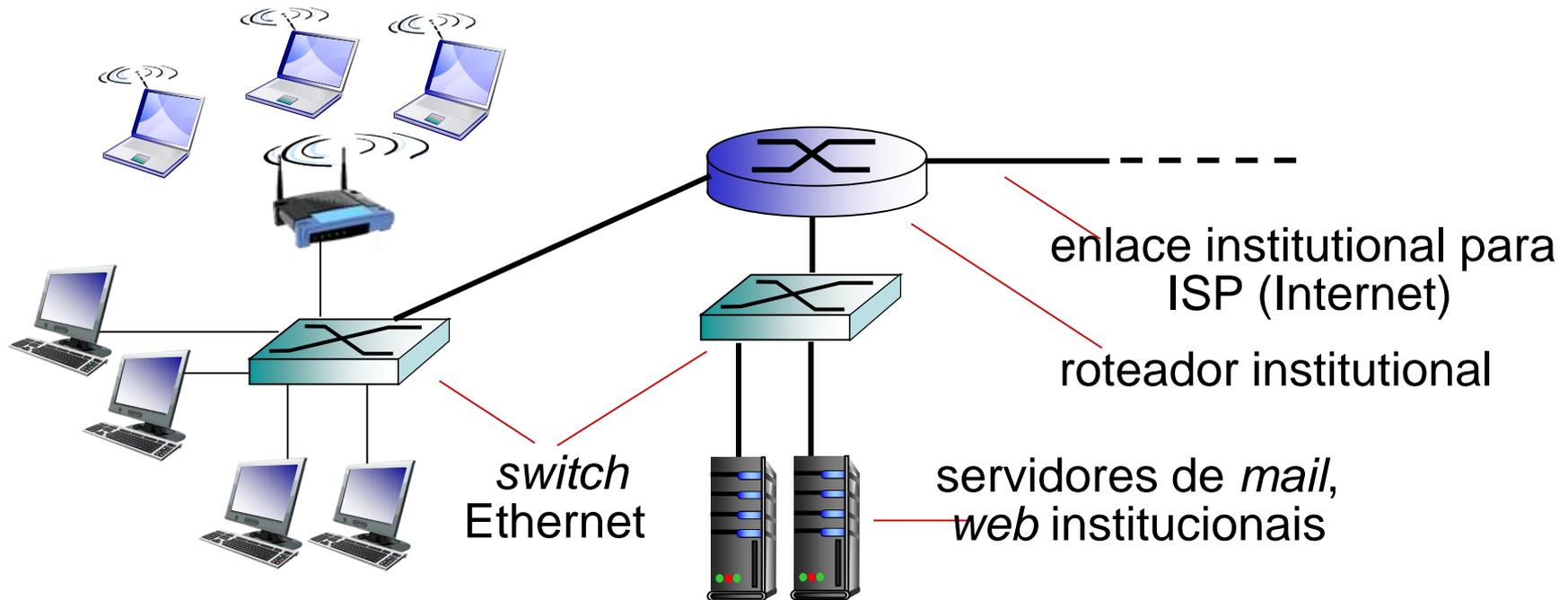
- ❖ taxa de transmissão (bits por segundo) do acesso à rede
- ❖ compartilhado ou dedicado?



# Rede de acesso: rede doméstica



# Redes de acesso institucional (Ethernet)



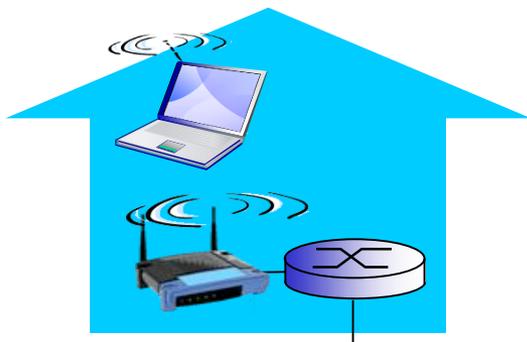
- ❖ tipicamente usadas em empresas, universidades, etc
- ❖ taxas de transmissão de 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps
- ❖ atualmente, sistemas finais tipicamente conectam-se em *switch* Ethernet

# Redes de acesso sem fio

- ❖ rede de acesso *sem fio* compartilhado conecta sistema final a roteador
  - via estação base também chamada de “ponto de acesso”

## *LANs sem fio:*

- dentro de edificação (30 m)
- 802.11b/g/n (WiFi): taxa de transmissão de 11, 54, 450 Mbps



*para a Internet*

## *acesso sem fio em grandes áreas*

- fornecida por operadora de telecom (celular), 10' s km
- entre 1 e mais de 50 Mbps
- 3G, 4G: LTE



*para a Internet*

# Meio físico

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

## *par trançado (TP)*

- ❖ dois fios de cobre isolados
  - Categoria 5: 100 Mbps, 1 Gbps Ethernet
  - Categoria 6: 10 Gbps
- ❖ LANs, DSL



# Meio físico: coaxial, fibra

## *cabo coaxial:*

- ❖ dois condutores de cobre concêntricos
- ❖ bidirecional
- ❖ banda larga:
  - múltiplos canais no mesmo cabo
  - HFC - Cabo



## *cabo de fibra ótica:*

- ❖ fibra de vidro carregando pulsos de luz, cada pulso um bit
- ❖ operação de alta velocidade 😊
  - transmissão ponto a ponto em alta velocidade (e.g., taxas de transmissão de 10' s-100' s Gpbs)
- ❖ baixas taxas de erro 😊
  - repetidores podem estar bem afastados; imunidade a ruído
- ❖ Equipamentos são caros 😞
  - usados no núcleo da rede principalmente



# Meio físico: rádio

- ❖ sinal transportado no espectro eletromagnético
- ❖ sem “fio” físico
- ❖ bidirecional
- ❖ efeitos do ambiente na propagação:
  - reflexão
  - obstrução por objetos
  - interferência

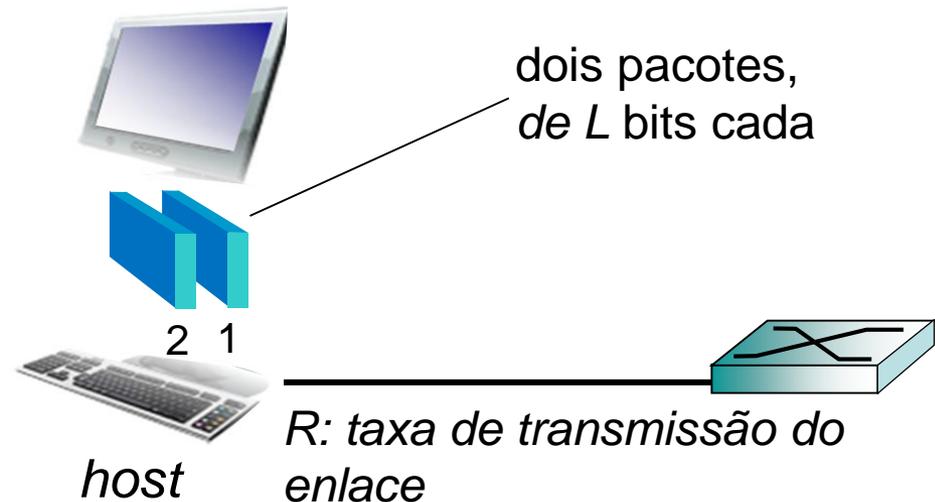
## *tipos de enlace de rádio:*

- ❖ **micro-ondas terrestre**
  - e.g. canais de até 45 Mbps
- ❖ **LAN (e.g., WiFi)**
  - 11 Mbps, 54 Mbps
- ❖ **área ampla (e.g., celular)**
  - celular 4G: ~ 10 Mbps
- ❖ **satélite**
  - canais de Kbps até 45 Mbps (ou múltiplos canais menores)
  - 270 ms de atraso fim a fim
  - geossíncronos versus baixa altitude

# Host: enviando pacotes de dados

função de envio do *host*:

- ❖ pega mensagem de aplicação
- ❖ quebra em pedaços menores, conhecidos como *pacotes*, de comprimento  $L$  bits
- ❖ transmite os pacotes para a rede de acesso com *taxa de transmissão*  $R$  (bits/s)
  - taxa de transmissão do enlace, também chamada de *capacidade do enlace*, ou *largura de banda do enlace*



$$\begin{array}{l} \text{atraso} \\ \text{de transmissão} \\ \text{do pacote} \end{array} = \begin{array}{l} \text{tempo necessário} \\ \text{para transmitir} \\ \text{pacote de } L \text{ bits} \\ \text{no enlace} \end{array} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/s)}}$$

# Capítulo 1: Conteúdo

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, comutação de circuitos, estrutura da rede

1.4 atraso, perdas, vazão em redes

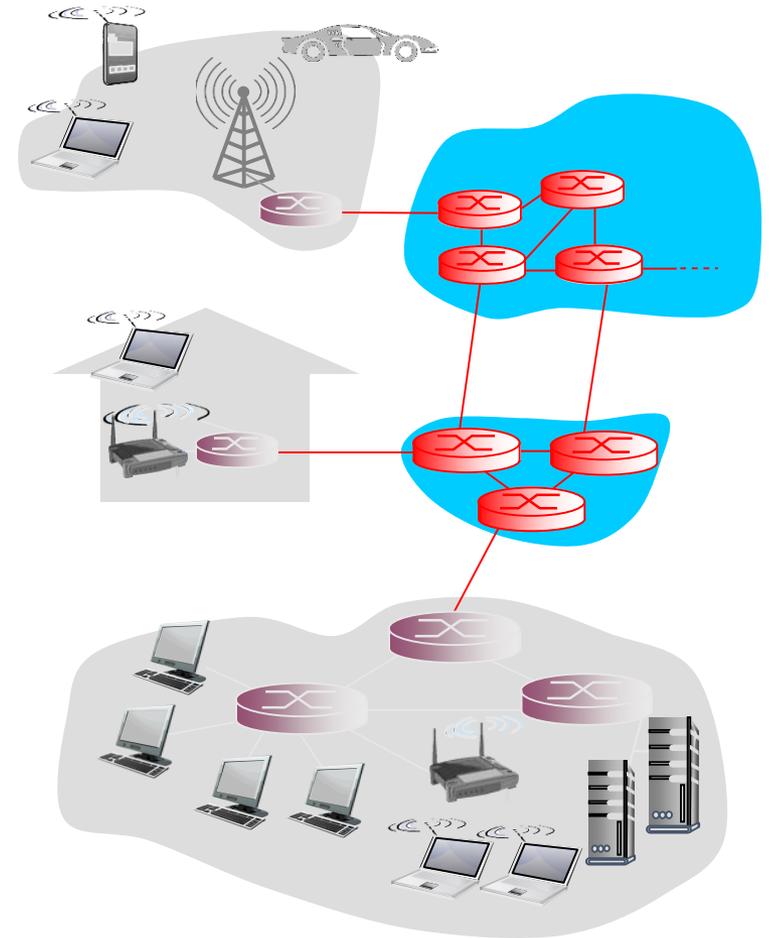
1.5 camadas de protocolos, modelos de serviço

1.6 redes sob ataque: segurança

1.7 história

# O núcleo da rede

- ❖ malha de roteadores interconectados
- ❖ **comutação de pacotes:**
  - pacotes enviados de um roteador ao próximo, através de enlaces no caminho entre fonte e destino
  - cada pacote transmitido usando a capacidade total do enlace

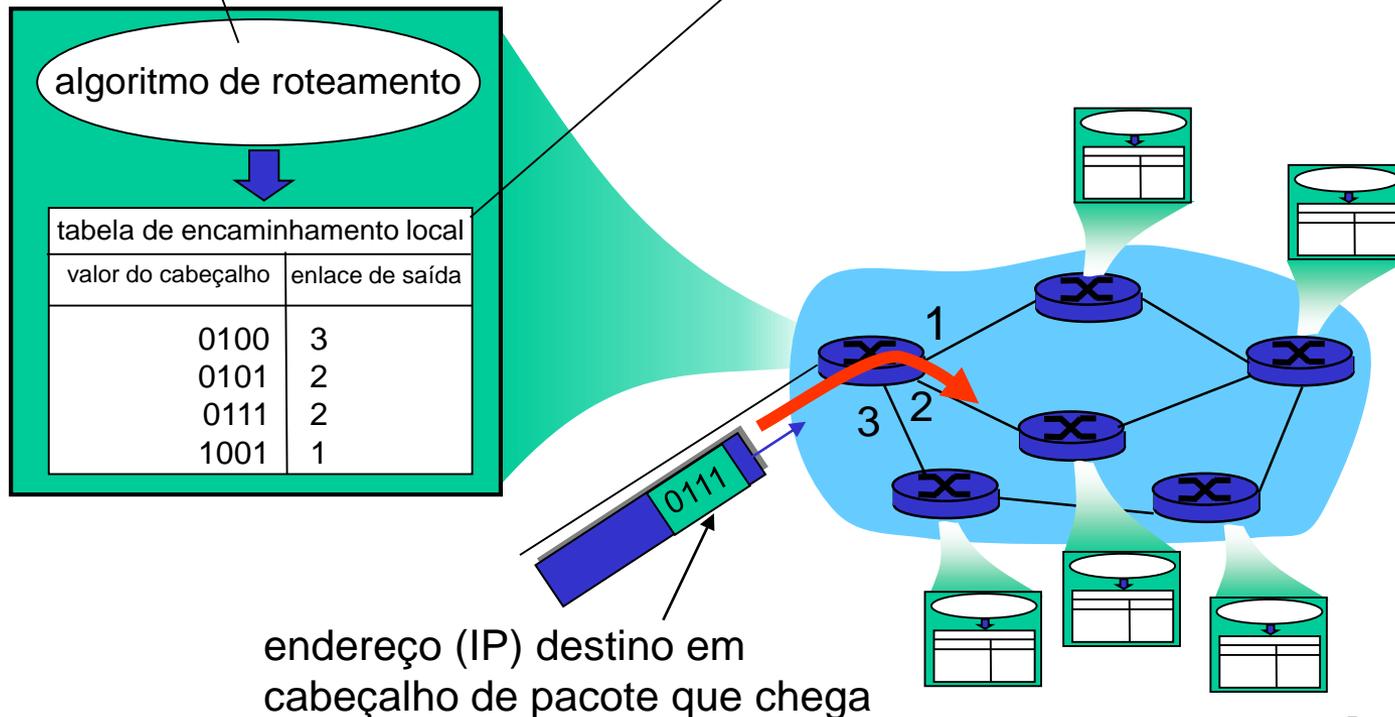


# Duas funções chaves do núcleo da rede

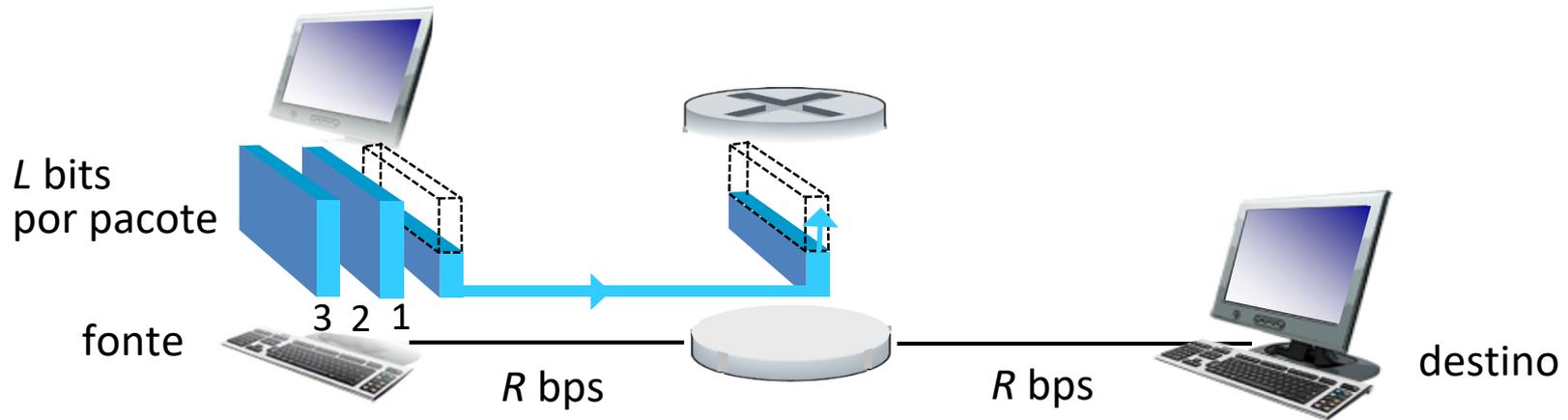
**roteamento:** determina a rota fonte-destino tomada pelos pacotes

- *algoritmos de roteamento*

**encaminhamento:** move pacotes de entrada do roteador para a saída apropriada



# Comutação de pacotes: *store-and-forward*



- ❖ leva  $L/R$  segundos para transmitir (inserir) pacote de  $L$  bits em um enlace a  $R$  bps
- ❖ *store and forward*: pacote inteiro precisa chegar no roteador antes que possa ser transmitido ao próximo enlace
- ❖ atraso fim-fim =  $2L/R$  (assumindo zero atraso de propagação)

Q. Qual o atraso para transmitir os 3 pacotes?

$4L/R$

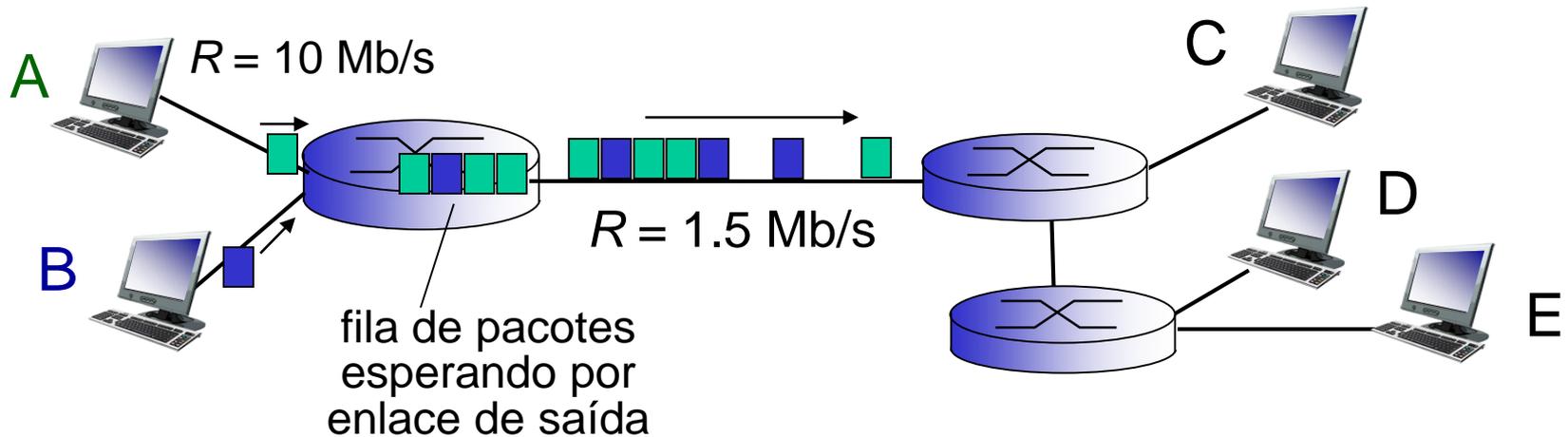
Q. Qual o atraso para transmitir 1 pacote em uma rota com  $N$  enlaces todas com taxa  $R$ ?

$NL/R$

Q. Qual o atraso para transmitir  $P$  pacotes?

$(P+N-1)L/R$

# Comutação de pacotes: atraso de fila, perdas



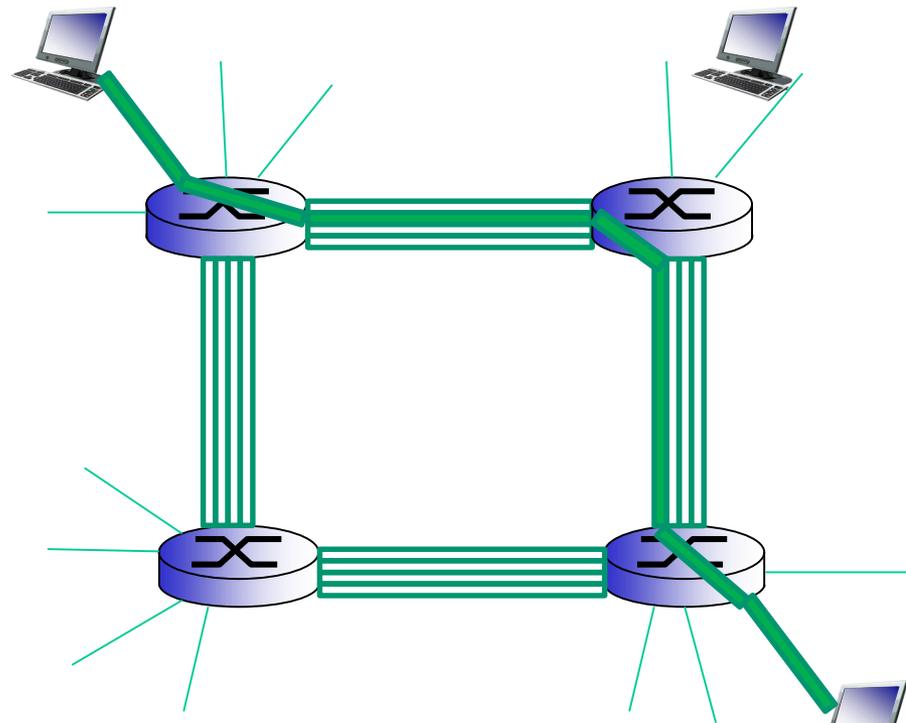
## filas e perdas:

- ❖ Se a taxa de chegada (em bits) no enlace exceder a taxa de transmissão por um período de tempo:
  - pacotes farão fila, esperando para ser transmitidos no enlace (**atraso de fila**)
  - pacotes podem ser descartados (**perda**) se a memória (*buffer*) lotar

# Núcleo alternativo: comutação de circuitos

recursos fim-fim alocados ou reservados para “chamada” entre fonte e destino

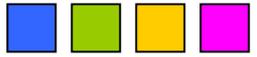
- ❖ No diagrama, cada enlace tem 4 circuitos.
  - chamada ocupa 2º circuito no enlace superior e 1º circuito no enlace da direita.
- ❖ recursos dedicados: sem partilhamento
  - desempenho garantido
- ❖ segmento de circuito inativo se não usado para chamada (*sem partilhamento*)
- ❖ Comumente usada em redes telefônicas tradicionais

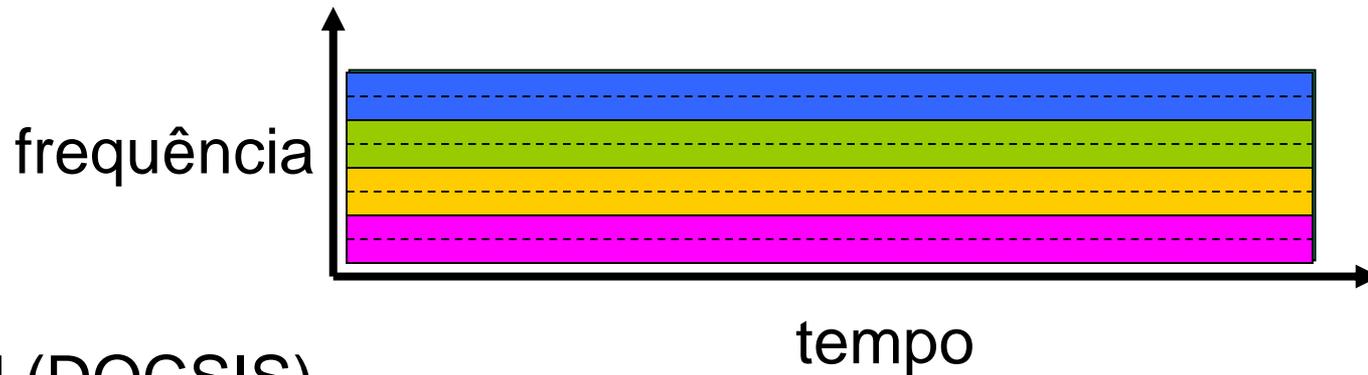


# Comutação de circuito: FDM versus TDM

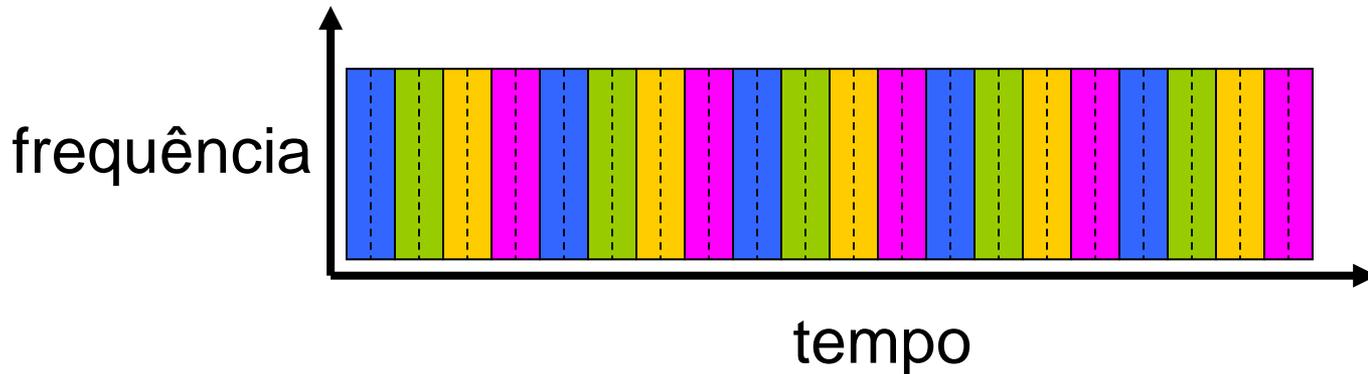
FDM (Telefonia, rádio, TV)

Exemplo:

4 usuários 



TDM (DOCSIS)

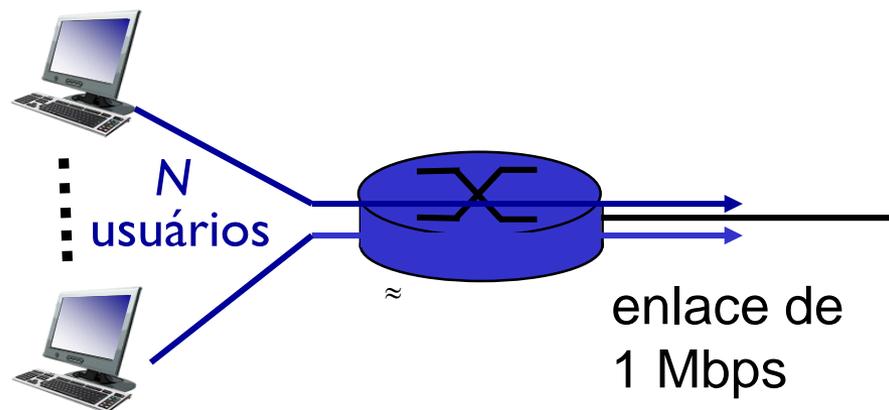


# Comutação de pacotes x comutação de circuitos

*comutação de pacotes permite mais usuários na rede!*

exemplo:

- enlace de 1 Mb/s
- cada usuário:
  - 100 kb/s quando “ativo”
  - ativo 10% do tempo



❖ *comutação de circuitos:*

- 10 usuários

❖ *comutação de pacotes:*

- com 35 usuários, probabilidade  $> 10$  ativos ao mesmo tempo é  $\approx .0004$

Q: Como chegar ao valor 0.0004?

```
for i = 0:10,  
    p(i+1) = nchoosek(35,i)*(.10)^i*(.9)^(35-i);  
end  
prob = 1-sum(p)
```

Q: O que acontece se  $> 10$  usuários ativos ?

Veja exercício interativo [aqui](#) !

# Comutação de pacotes x comutação de circuitos

---

## Comutação de pacotes é o vencedor?

- ❖ muito bom para dados em rajadas
  - partilhamento de recursos
  - mais simples, não necessita configurar chamada
- ❖ possível congestionamento excessivo: atraso e perda de pacotes
  - protocolos necessários para transferência de dados confiável, controle de congestionamentos
- ❖ Q: Como prover comportamento de circuito?
  - garantias de taxas necessárias para apps de áudio/vídeo
  - ainda um problema não completamente resolvido...

Analogia humana: reserva em restaurantes...

**(Exercício)** Suponha que usuários partilhem um enlace de 2 Mbps e que cada usuário transmita continuamente a 1 Mbps, mas que cada um deles transmite apenas 20% do tempo.

(a) Quando a comutação de circuitos é utilizada, quantos usuários podem usar o enlace?

2

(b) Para o restante do problema, suponha que seja utilizada a comutação de pacotes. Por que essencialmente não haverá atraso de fila antes do enlace se dois ou menos usuários transmitirem ao mesmo tempo? Haverá atraso de fila se 3 usuários transmitirem ao mesmo tempo?

Sim.

(c) Encontre a probabilidade de um usuário estar transmitindo.

0.2

(d) Suponha agora que existam três usuários. Encontre a probabilidade de que em um dado instante, todos os três usuários estejam transmitindo simultaneamente. Encontre a fração do tempo durante a qual a fila aumenta.

0.008

# Exercício da Lista I

(Kurose2013, p. 57)

Considere o envio de um arquivo grande de  $F$  bits do hospedeiro  $A$  para o hospedeiro  $B$ .

Há três enlaces (e dois comutadores) entre  $A$  e  $B$ , e os enlaces não estão congestionados (isto é, não há atrasos de fila).

O hospedeiro  $A$  fragmenta o arquivo em segmentos de  $S$  bits cada e adiciona 80 bits de cabeçalho a cada segmento, formando pacotes de  $L=80+S$  bits.

Cada enlace tem uma taxa de transmissão de  $R$  bits/s.

Qual o valor de  $S$  que minimiza o atraso para levar o arquivo de  $A$  para  $B$ ? Desconsidere o atraso de propagação e considere que  $F$  é um múltiplo inteiro de  $S$ .

# Exercício da Lista 1 – Gráfico do Resultado para $F = 10^5$

