

Comutação de Pacotes versus Comutação de Circuitos

A comutação de pacotes é melhor sempre?

- Grande para dados esporádicos
 - melhor compartilhamento de recursos
 - não há estabelecimento de chamada
- **Congestão excessiva:** atraso e perda de pacotes
 - protocolos são necessários para transferência confiável, controle de congestionamento
- **Q: Como obter um comportamento semelhante ao de um circuito físico?**
 - garantias de taxa de transmissão são necessárias para aplicações de áudio/vídeo
 - problema ainda sem solução (capítulo 6)

Redes de Comutação de Pacotes: roteamento

- Objetivo: mover pacotes entre roteadores da origem ao destino
 - iremos estudar vários algoritmos de seleção de caminhos (capítulo 4)
- **redes datagrama:**
 - *o endereço de destino* determina o próximo salto
 - rotas podem mudar durante uma sessão
 - analogia: dirigir perguntando o caminho
- **rede de circuitos virtuais:**
 - cada pacote leva um número (virtual circuit ID), o número determina o próximo salto
 - o caminho é fixo e escolhido no *instante de estabelecimento da conexão*, permanece fixo durante toda a conexão
 - routers maintain per-call state

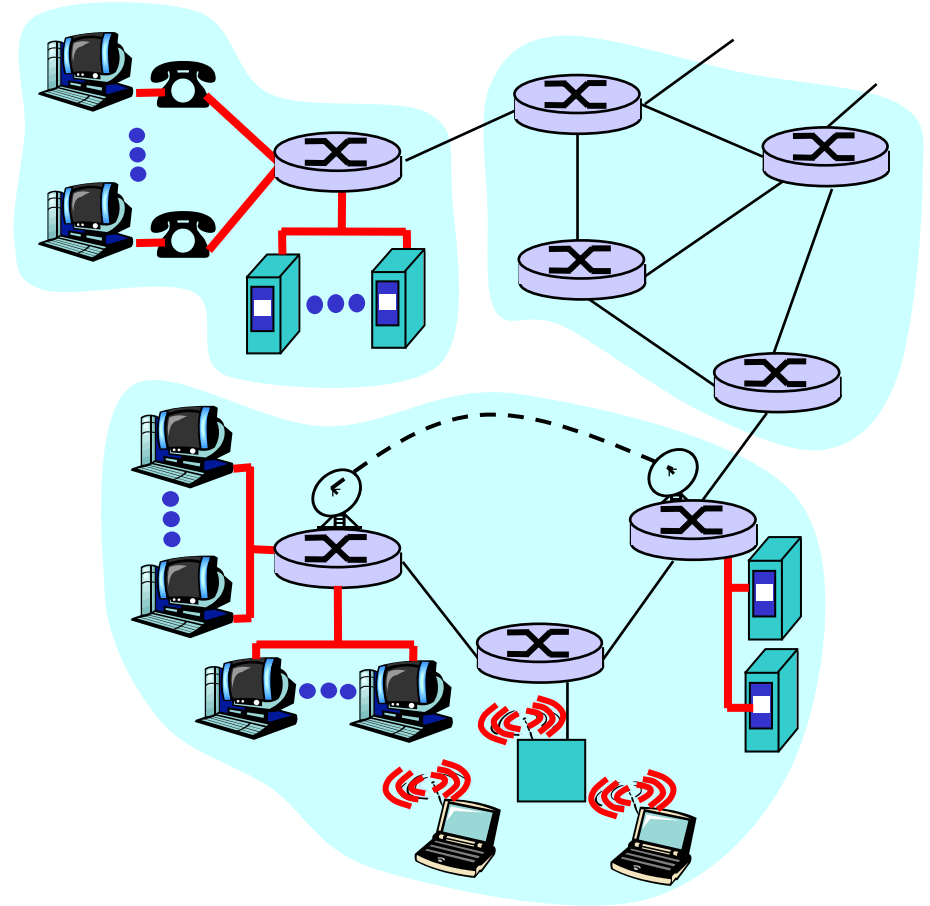
Redes de acesso e meios físicos

Q: Como conectar o sistema final ao roteador de borda?

- redes de acesso residencial
- redes de acesso institucionais (escolas, bancos, empresas)
- redes de acesso móvel

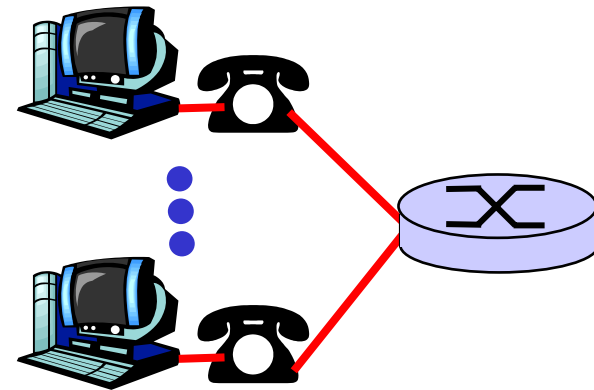
Lembre-se :

- a banda passante do canal de acesso define sua capacidade de transmissão de dados
- o compartilhamento reduz a banda disponível?



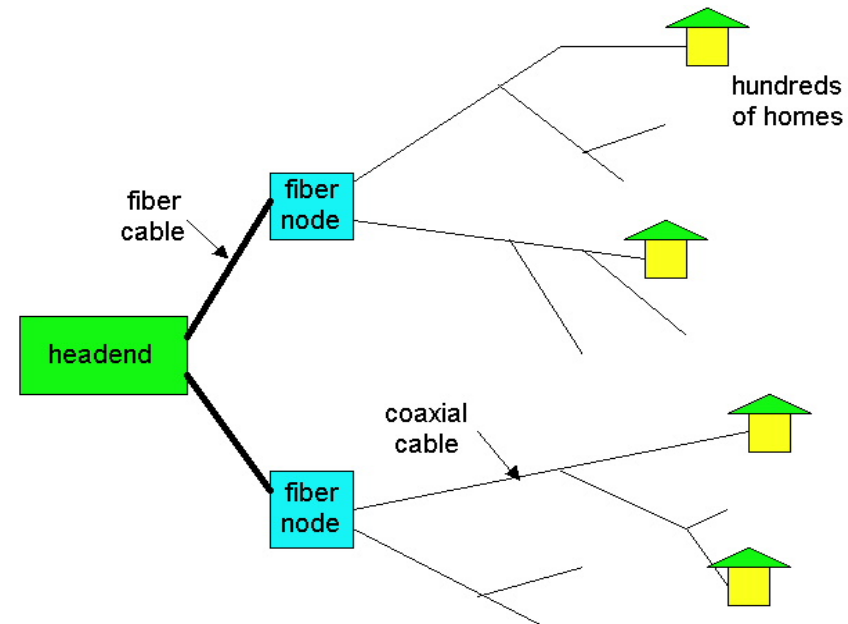
Acesso residencial: redes ponto-a-ponto

- **Modem discado**
 - até 56Kbps com acesso direto ao roteador (ao menos em tese)
- **ISDN:** rede digital de serviços integrados 128Kbps com conexão digital ao roteador passando pela rede pública de telefonia
- **ADSL:** asymmetric digital subscriber line
 - até 1 Mbps de uplink
 - até 8 Mbps de downlink
 - geralmente é comercializado em taxas mais baixas (speedy)
 - acesso ao roteador através de um backbone



Acesso residencial: cable modems

- **HFC: híbrido fibra e coaxial**
 - assimétrico: até 10Mbps upstream, 1 Mbps downstream
- **rede** de cabo e fibra liga residências ao roteador do ISP
 - acesso compartilhado das casas a um condomínio ou de um bairro
 - problemas: congestão, dimensionamento
- deployment: companhias de TV a cabo



Acesso residencial: cable modems

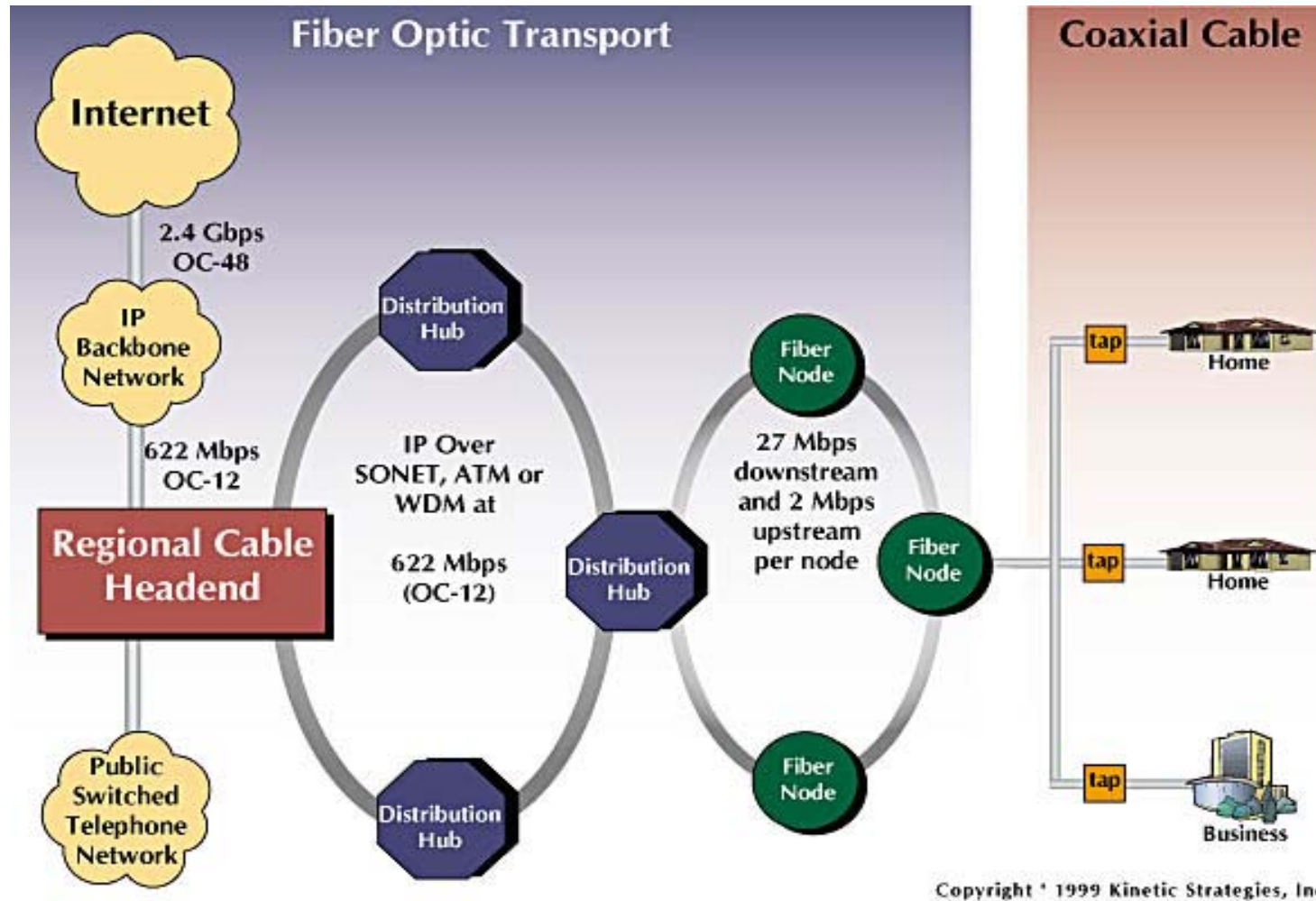
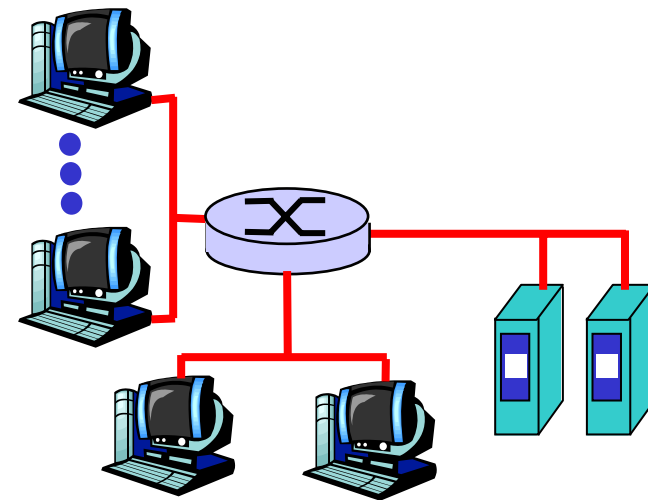


Diagrama: <http://www.cabledatacomnews.com/cmhc/diagram.html>

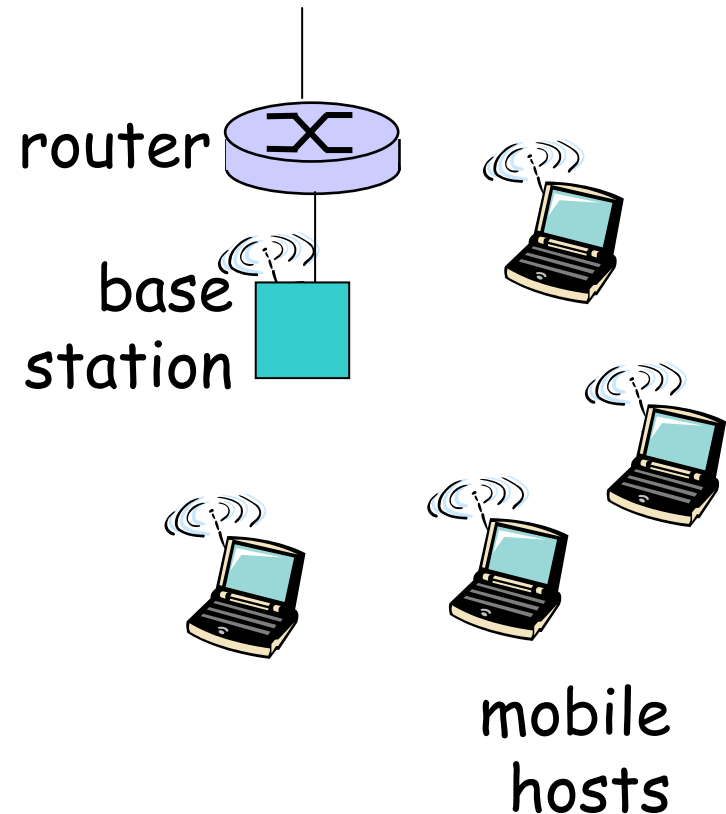
Acesso institucional: redes de área local

- companhias/univ **local area network** (LAN) conecta sistemas finais ao roteador de acesso
- **Ethernet:**
 - cabo compartilhado ou dedicado conecta sistemas finais e o roteador
 - 10 Mbs, 100Mbps, Gigabit Ethernet
- **deployment:** instituições e residências em breve



Redes de Acesso Wireless

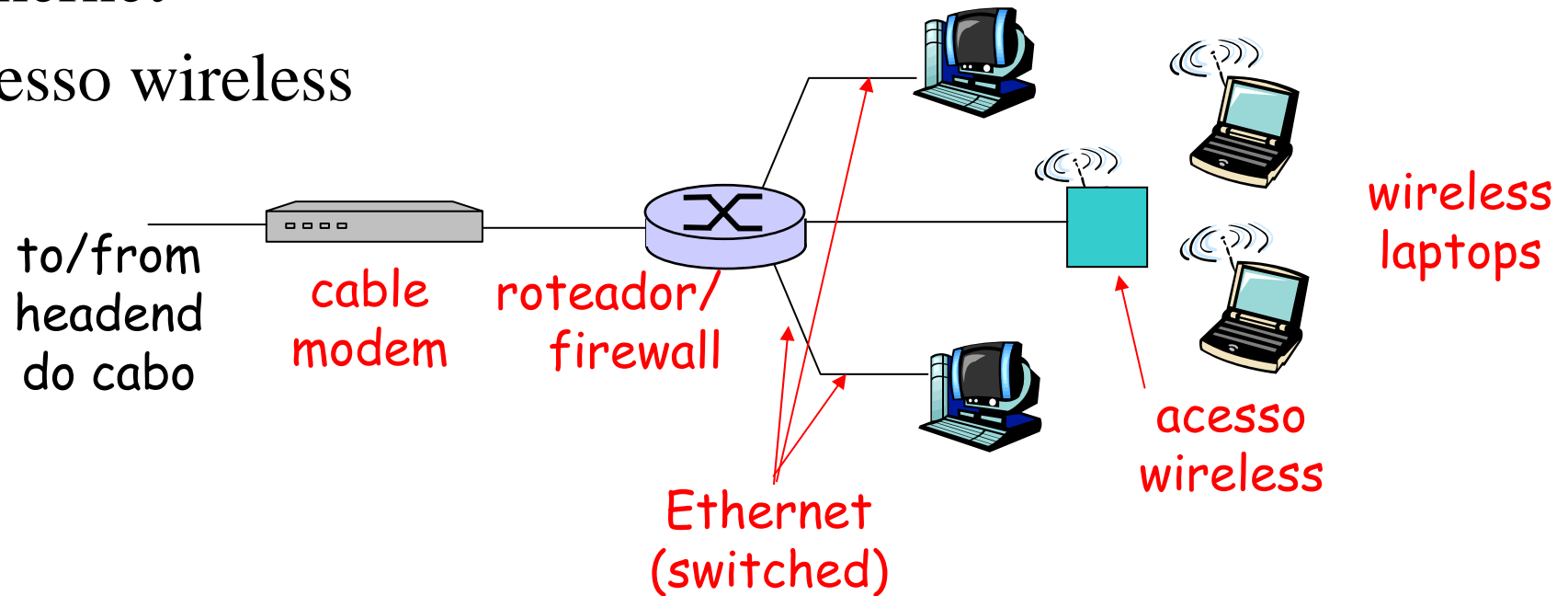
- acesso *wireless* compartilhado conecta sistemas finais ao roteador de acesso
- **wireless LANs:**
 - utiliza ondas de rádio
 - padrão IEEE 802.11
 - e.g., Lucent Wavelan 10 Mbps
- **wide-area wireless access**
 - CDPD: acesso wireless ao roteador do ISP via telefonia celular



Redes Residenciais

Componentes típicos de uma rede residencial:

- ADSL ou cable modem
- roteador/firewall
- Ethernet
- acesso wireless



Meios Físicos

Twisted Pair (TP)

- **enlace físico:** meio de transmissão de sinais físicos que representam a informação
 - **meios guiados:**
 - os sinais se propagam me meios sólidos com caminho fixo: cobre, fibra
 - **meios não guiados:**
 - propagação livre: ex. rádio
- dois fios de cobre isolados
 - Categoria 3: taxas de transmissão até 10 Mbps
 - Categoria 5 : 100Mbps ethernet



Meio Físico: coaxial, fibra

Cabo Coaxial:

- núcleo de fio (portador de sinal) dentro de uma blindagem de fio (shield)
 - bandabase: um único sinal presente no cabo
 - broadband: múltiplos sinais no cabo
- bidirecional
- uso comum em redes de 10Mbps Ethernet



Cabo de fibra óptica:

- fibra de vidro transportando pulsos de luz
- alta velocidade de operação:
 - 100Mbps Ethernet
 - alta velocidade com transmissão ponto-a-ponto (e.g., 5 Gps)
- baixa taxa de erros e imunidade a ruídos



Meio Físico: radio

- sinal transportado como campo eletromagnético
- não há fios físicos
- bidirecional
- o ambiente afeta a propagação:
 - reflexão
 - obstrução por objetos
 - interferência

Tipos de canais de rádio:

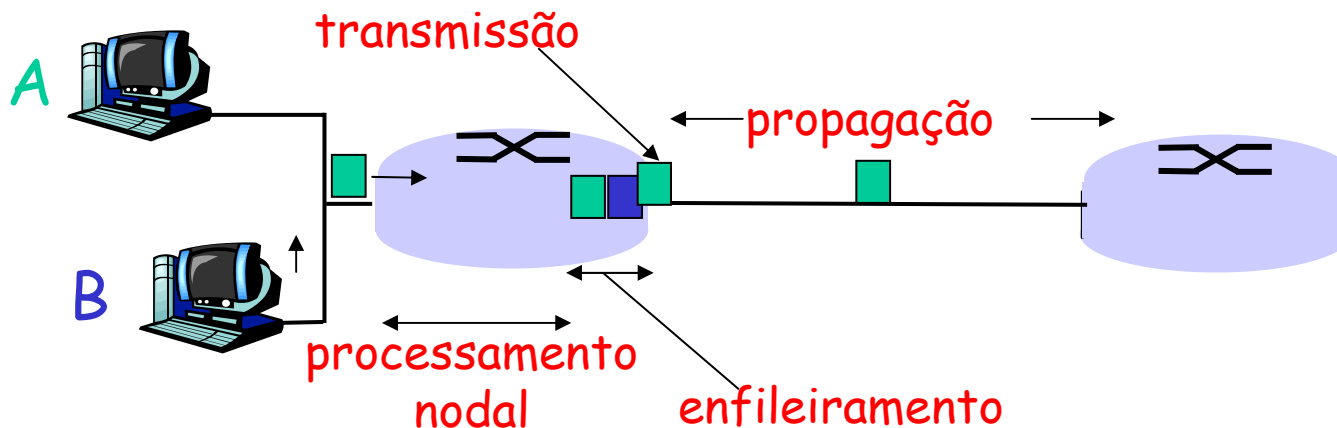
- **microwave**
 - canais de até 155 Mbps
- **LAN** (e.g., waveLAN)
 - 2Mbps, 11Mbps
- **wide-area** (e.g., celular)
 - e.g. CDPD, 10's Kbps
- **satélite**
 - até 50Mbps por canal (ou vários canais menores)
 - 270 ms de atraso fim-a-fim
 - geosynchronous versus LEOS

Atraso em Redes de Pacotes

pacotes sofrem atrasos durante a transmissão fim-a-fim

- **quatro** fontes de atraso em cada nó da rede

- processamento nodal :
 - examina erros de bits
 - escolhe enlace de saída
- enfileiramento
 - tempo esperando para transmissão no enlace de saída
 - depende do nível de congestão do roteador



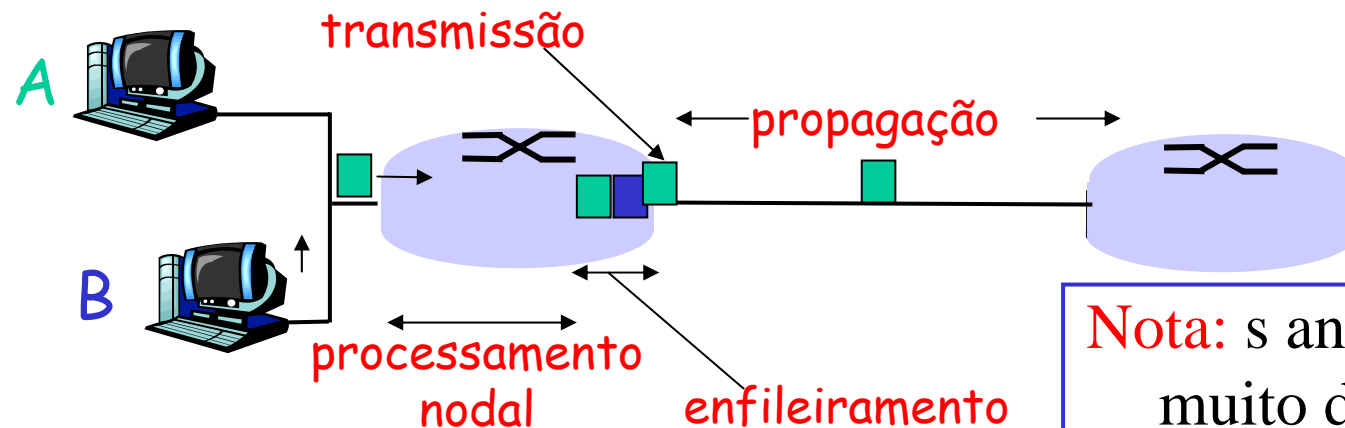
Atraso em Redes de Pacotes

Atraso de transmissão:

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

Atraso de propagação:

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

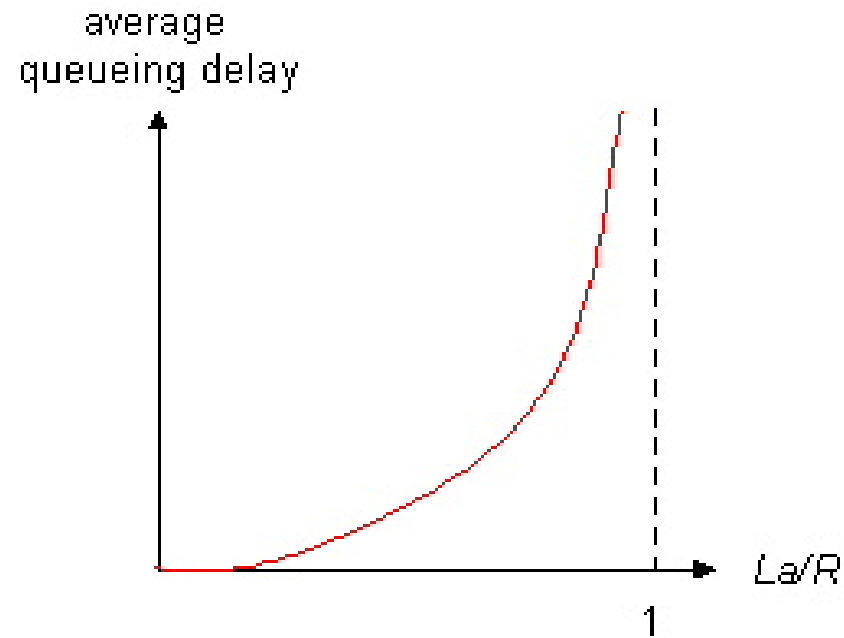


Nota: s and R são quantidades muito diferentes!

Atraso de filas

- R =capacidade do enlace (bps)
- L =tamanho do pacote (bits)
- a =taxa média de chegada de pacotes

intensidade de tráfego = $\lambda a/R$



- $\lambda a/R \sim 0$: atraso médio de fila pequeno
- $\lambda a/R \rightarrow 1$: atraso se torna grande
- $\lambda a/R > 1$: mais trabalho chega do que a capacidade de transmissão. O atraso médio cresce indefinidamente!

Rotas e atrasos na Internet “real”

traceroute: roteadores, rt delays on source-dest path
também: pingplotter, vários programas windows

```
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
```


Camadas de Protocolos

Redes são complexas

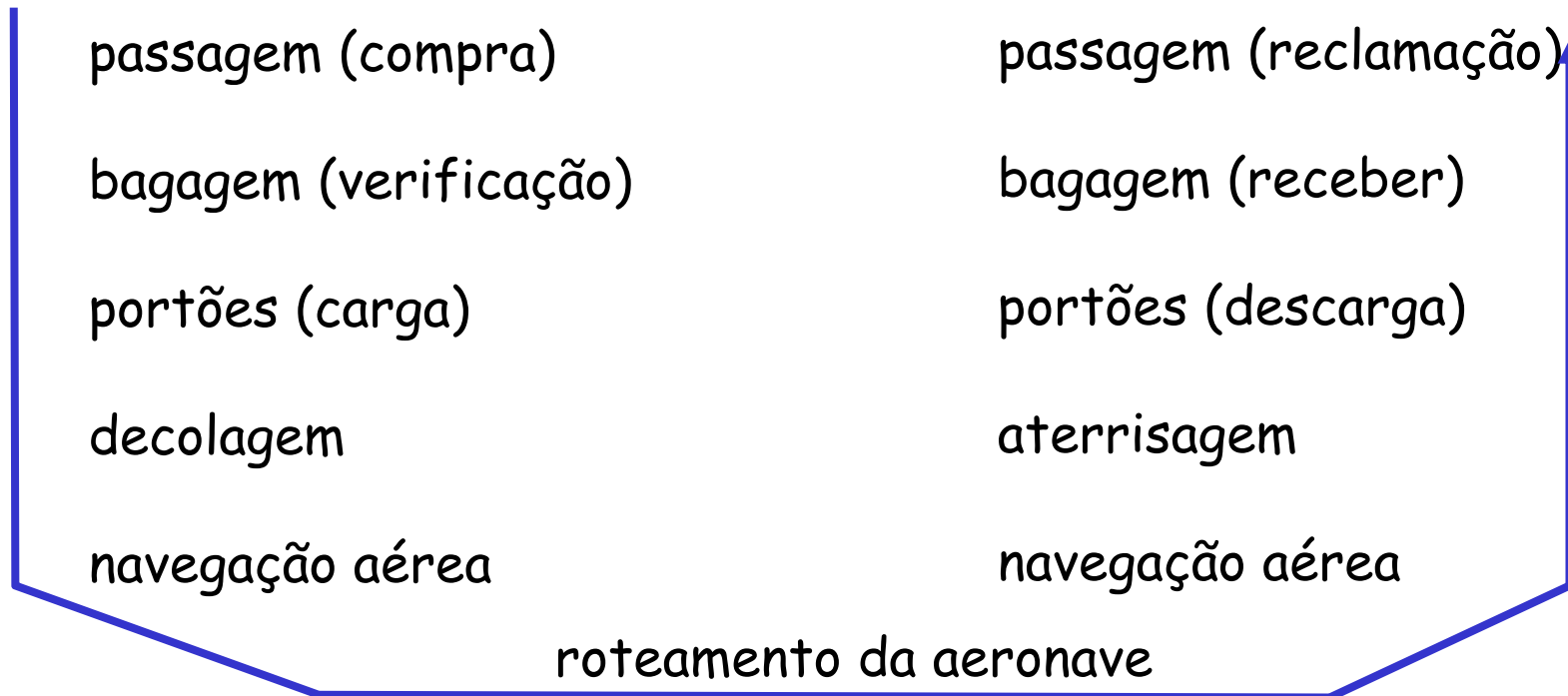
- muitos componentes:
 - hosts
 - roteadores
 - enlaces de vários tipos
 - aplicações
 - protocolos
 - hardware, software

Questão:

Há alguma esperança de
organizar a arquitetura de
uma rede?

Ou pelo menos nossa
discussão sobre redes?

Organização de uma viagem aérea



- uma série de passos

Organização de uma viagem aérea: uma visão diferente

| | |
|------------------------|-----------------------|
| passagem (compra) | passagem (reclamação) |
| bagagem (verificação) | bagagem (receber) |
| portões (carga) | portões (descarga) |
| decolagem | aterrisagem |
| navegação aérea | navegação aérea |
| roteamento da aeronave | |

Camadas: cada camada implementa um serviço

- através de suas próprias ações internas da camada
- confiando em serviços fornecidos pela camada inferior

Viagem aérea em camadas: serviços

Transporte de pessoas e bagagem de balcão a balcão

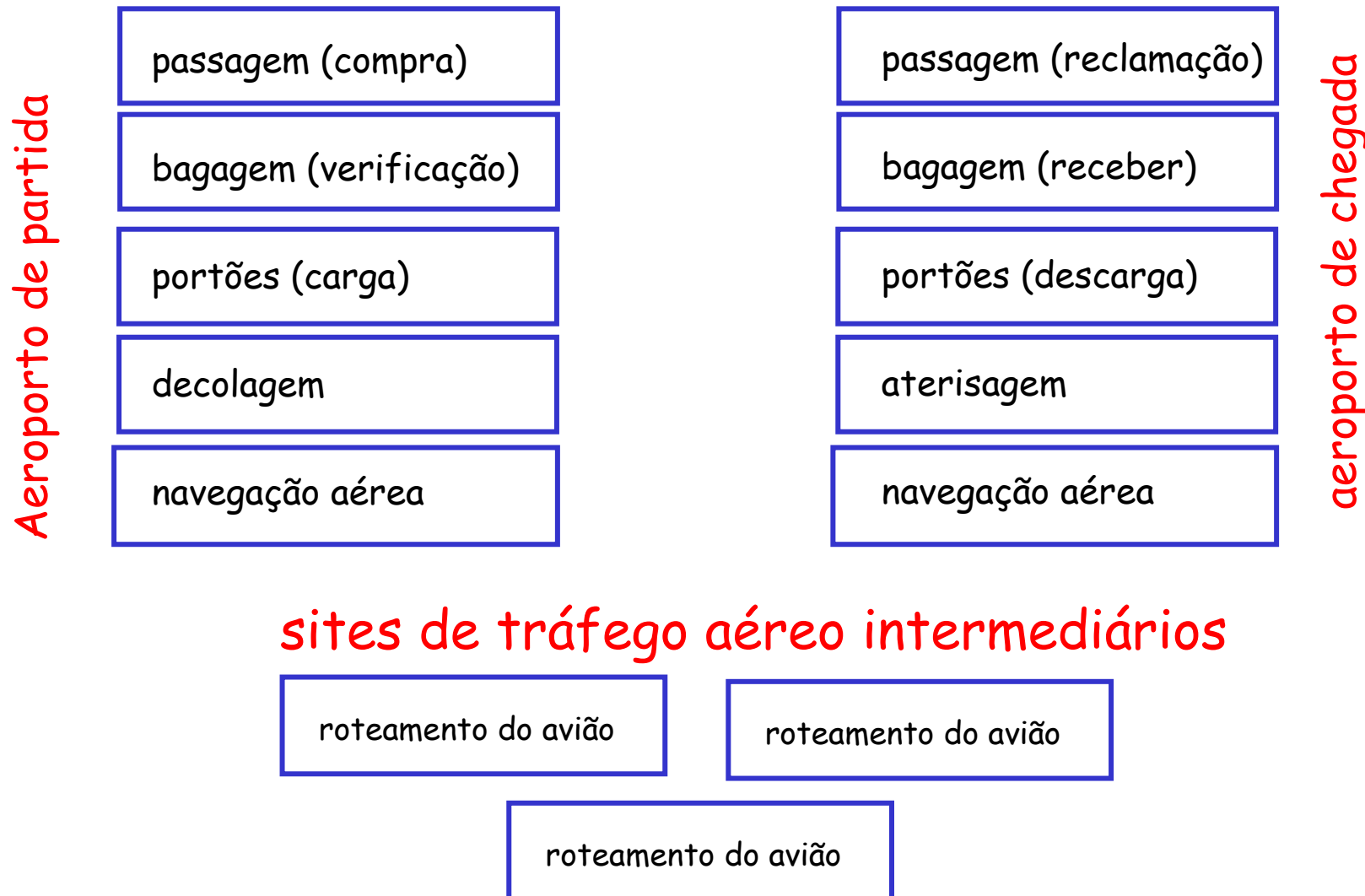
entrega entre centros de despacho de bagagem

transporte de pessoas entre portões de embarque

encaminhamento do avião de aeroporto a aeroporto

roteamento da aeronave da origem ao destino

Implementação **Distribuída** da funcionalidade das camadas



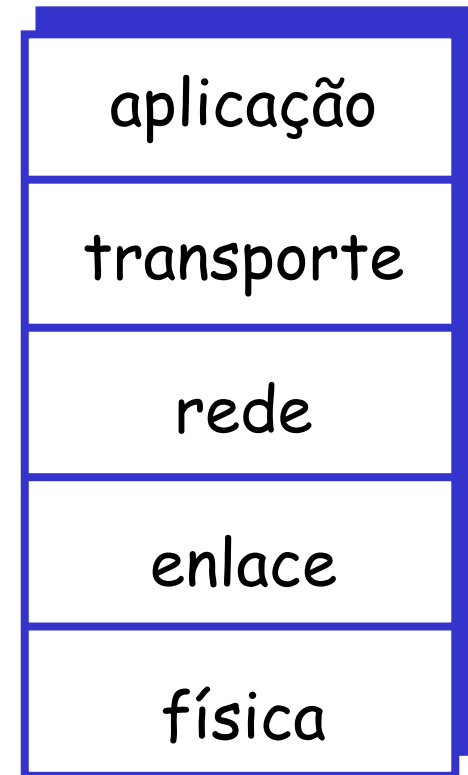
Porque camadas?

Convivendo com sistemas complexos:

- a estrutura explícita permite identificação, o relacionamento das partes de um sistema complexo
 - um **modelo de referencia** em camadas permite a discussão da arquitetura
- modularização facilita a manutenção, atualização do sistema
 - as mudanças na implementação de uma camada são transparentes para o resto do sistema
 - ex., novas regras para embarque de passageiros não afetam os procedimentos de decolagem
- a divisão em camadas é considerada perigosa?

Pilha de protocolos da Internet

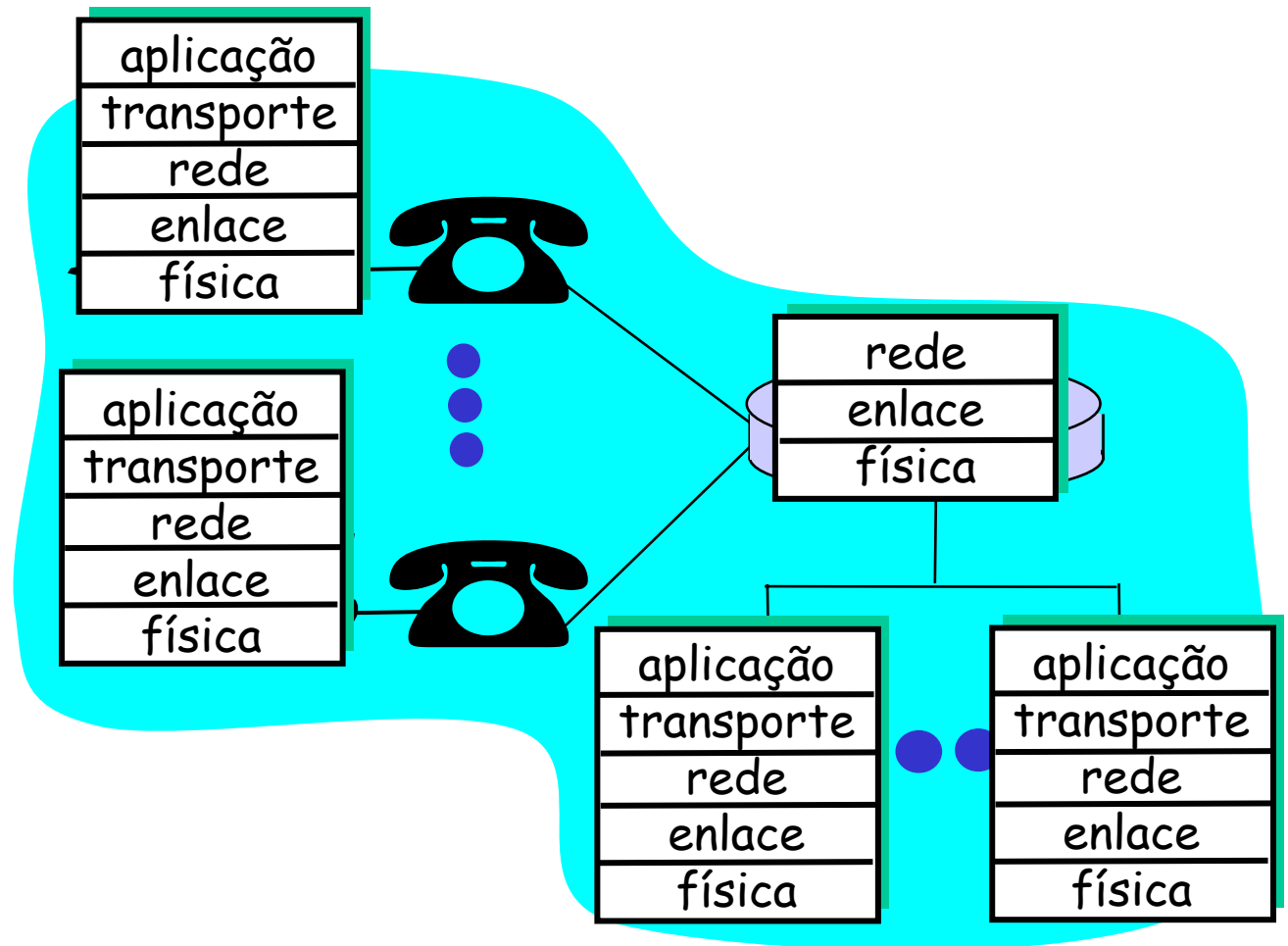
- **aplicação:** suporta as aplicações de rede
 - ftp, smtp, http
- **transporte:** transferência de dados host-host
 - tcp, udp
- **rede:** roteamento de datagramas da origem ao destino
 - ip, protocolos de roteamento
- **enlace:** transferência de dados entre elementos vizinhos da rede
 - ppp, ethernet
- **física:** bits “nos fios dos canais”



Divisão em camadas: comunicação lógica

Cada camada:

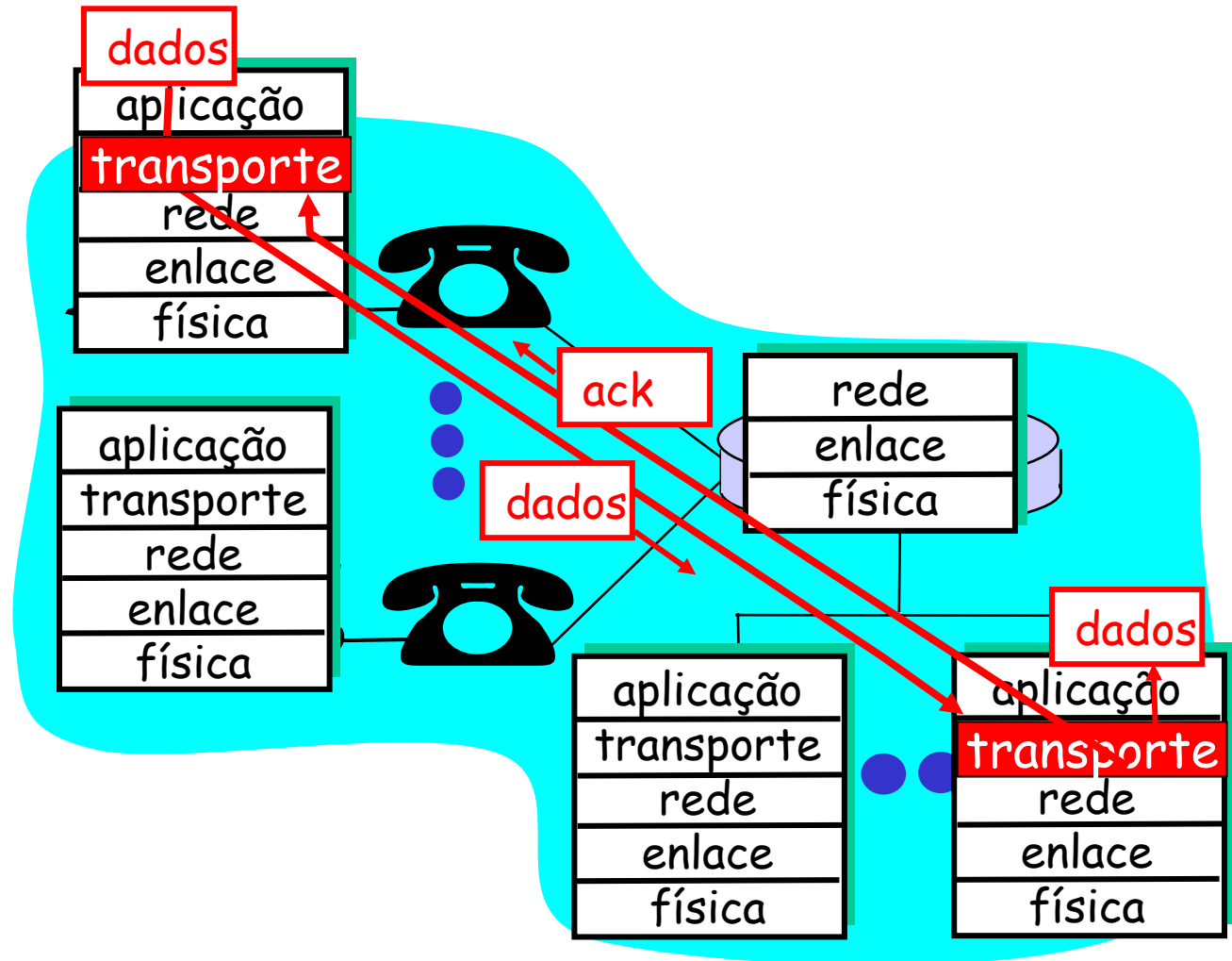
- distribuída
- “entidades” implementam as funções da camada em cada nó
- entidades realizam ações, trocam mensagens entre pares



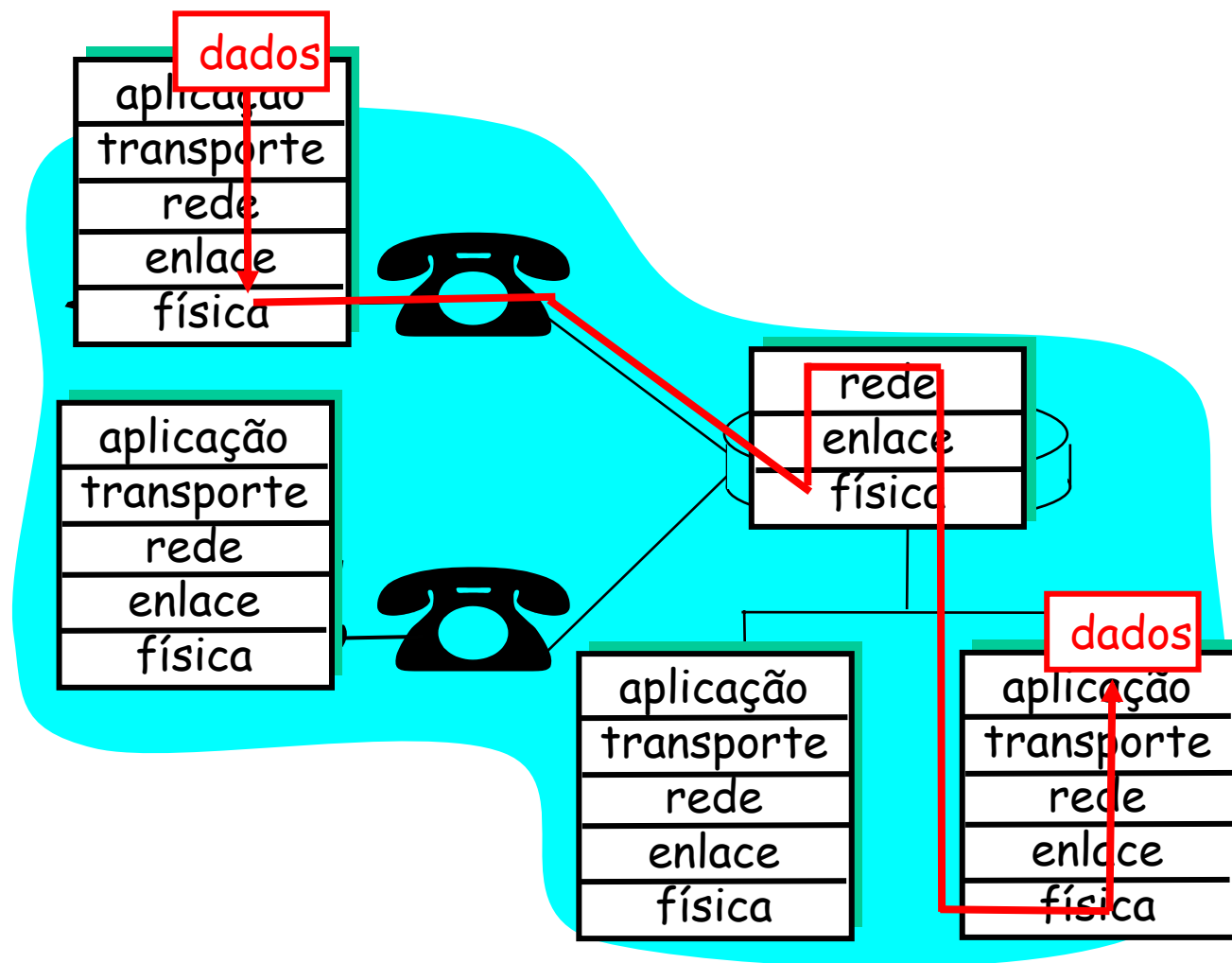
Divisão em camadas: comunicação lógica

Ex.: transporte

- apanha dados da aplicação
- acrescenta endereço, verificação de erros e outras informações para montar um “datagrama”
- envia datagrama ao parceiro
- espera pelo reconhecimento do parceiro
- analogia: correio

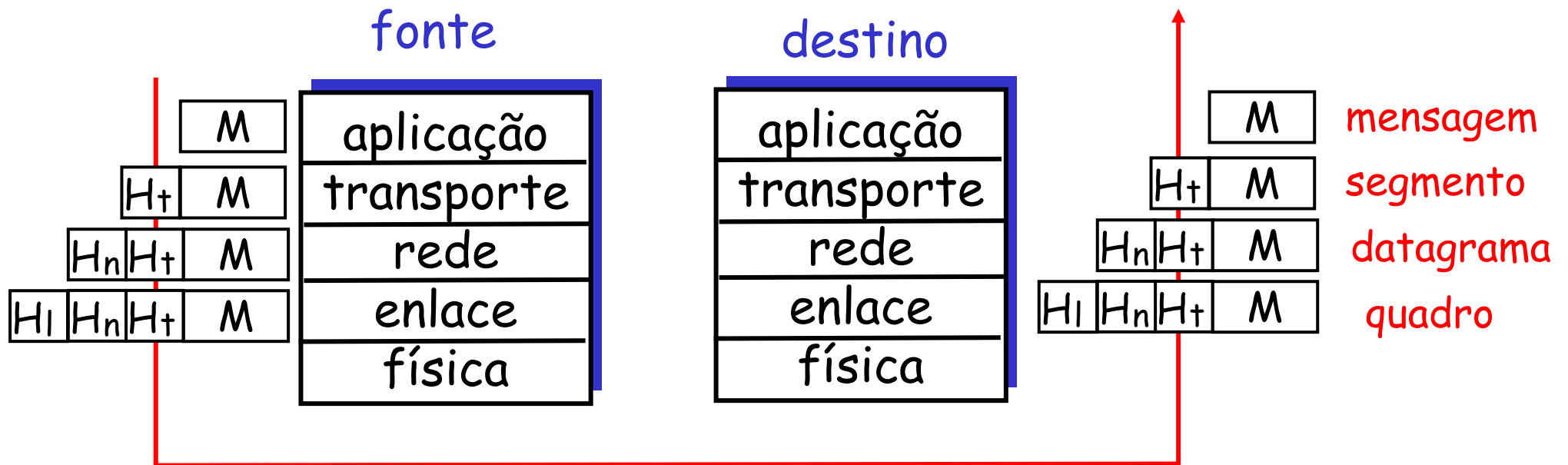


Divisão em camadas: comunicação física



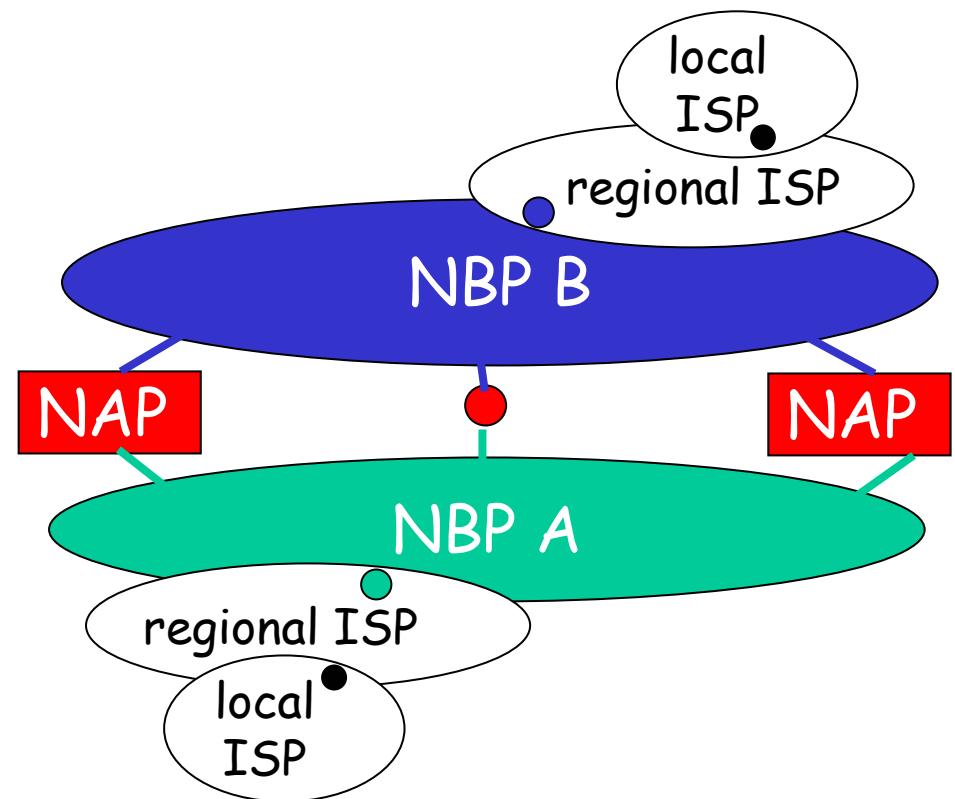
Camadas de Protocolos e dados

- Cada camada recebe dados de cima
- acrescenta um cabeçalho de informação para criar uma nova unidade de dados
- passa a nova unidade de dados para a camada abaixo



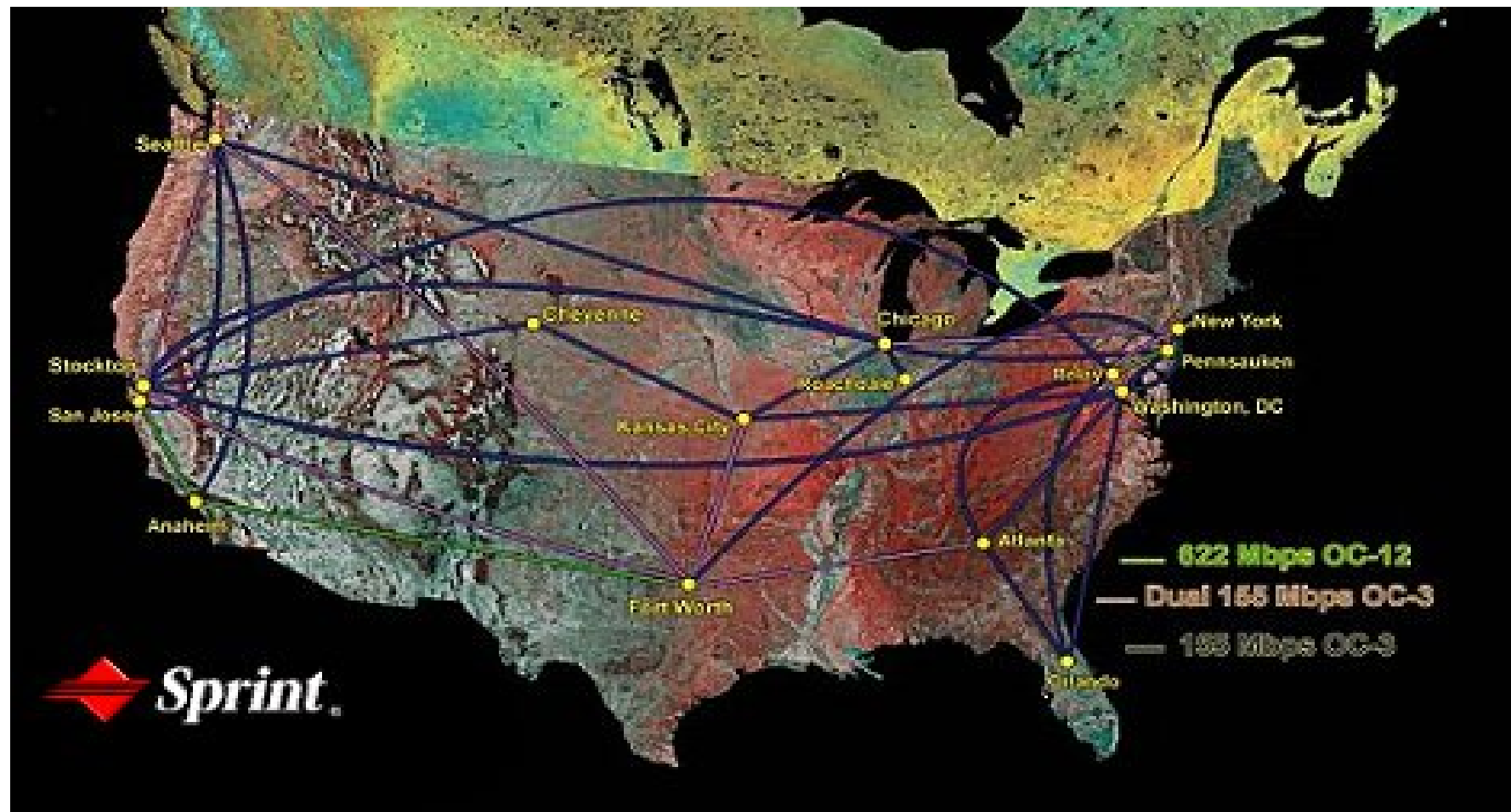
Estrutura da Internet: rede de redes

- grosseiramente hierárquica
- provedores de backbone nacionais e internacionais (NBPs)
 - ex. BBN/GTE, Sprint, AT&T, IBM, UUNet
 - interconectam-se (peer) entre si provavelmente, ou em um Network Access Point (NAPs) público
- ISPs regionais
 - conectam-se nos NBPs
- ISPs locais
 - conectam-se nos ISPs regionais



Proveedor de Backbone Nacional

ex. Sprint US backbone network



História da Internet

1961-1972: primeiros princípios da comutação de pacotes

- 1961: Kleinrock - teoria das 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: primeiro nó da ARPAnet operacional
- 1972:
 - ARPAnet é demonstrada publicamente
 - NCP (Network Control Protocol) primeiro protocolo host-host
 - primeiro programa de e-mail
 - ARPAnet cresce para 15 nós

História da Internet

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

- **1970:** ALOHAnet rede via satellite no Hawai
- **1973:** tese de PhD de Metcalfe s propõem a rede Ethernet
- **1974:** Cerf and Kahn - arquitetura para interconexão de redes
- **final dos anos 70:** arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- **final dos anos 70:** comutação com pacotes de tamanho fixo (precursores do ATM)
- **1979:** ARPAnet cresce para 200 nós

Cerf and Kahn's princípios de interconexão de redes:

- minimalismo, autonomies - não se exigem mudanças internas para interconexão de redes
- modelo de serviço: melhor esforço
- roteadores “stateless”
- controle descentralizado

define a arquitetura da Internet de hoje

História da Internet

1980-1990: novos protocolos, uma proliferação de redes

- 1983: desenvolvimento do TCP/IP
- 1982: smtp é definido
- 1983: DNS definido para tradução de nomes em endereços IP
- 1985: ftp é definido
- 1988: Controle de congestionamento do TCP
- novas redes nacionais: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 hosts conectados à confederação de redes

História da Internet

anos 90: comercialização, a WWW

- **Início dos anos 90:** ARPAnet descomissionada
- **1991:** NSF retira restrições sobre o uso comercial da NSFnet (descomissionada em 1995)
- **Início dos anos 90:** WWW
 - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, http: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, depois Netscape
- **Final dos anos 90:** comercialização da WWW

Final dos anos 90:

- est. 50 milhões de computadores na Internet
- est. 100 milhões de usuários
- enlaces de backbone operando a 1 Gbits/s

Introdução: Sumário

Cobriu uma “tonelada” de material!

- Internet overview
- o que é um protocolo?
- borda da rede, núcleo, rede de acesso
 - comutação de pacotes versus comutação de circuitos
- performance: perda, atraso
- camadas e modelos de serviços
- backbones, NAPs, ISPs
- história

Você agora tem:

- contexto, visão geral, sentimento das redes
- mais profundidade e detalhes virão mais tarde no curso