

Redes de Computadores e Internet

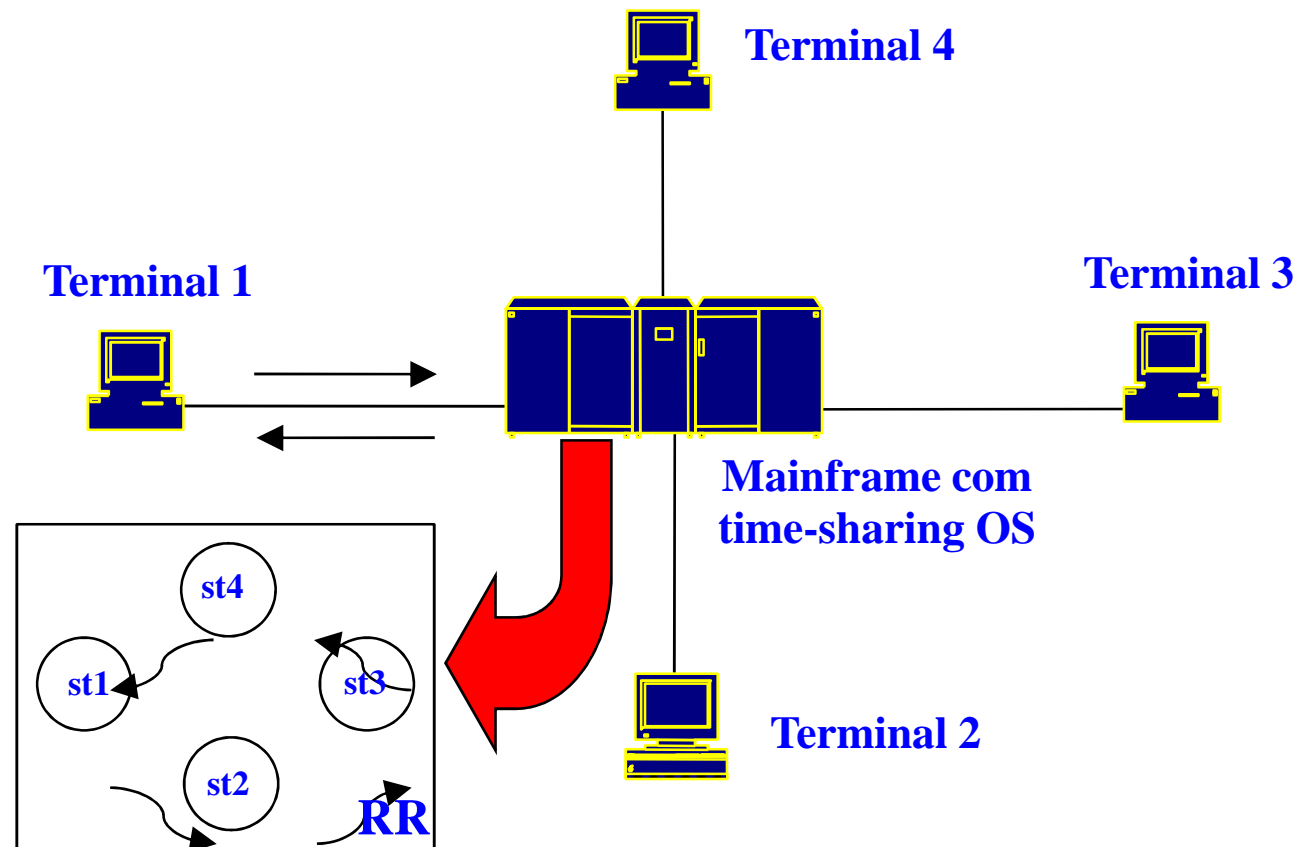
transparências baseadas no livro
"Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet"
James Kurose e Keith Ross

<http://ocawlonline.pearsoned.com/bookbind/pubbooks/kurose-ross1/>

Histórico Das Redes De Comunicação

- Primeiros computadores:
 - máquinas complexas, grandes, caras
 - ficavam em salas isoladas com ar condicionado
 - operadas apenas por especialistas
 - programas submetidos em forma de jobs sequenciais
- Anos 60:
 - primeiras tentativas de interação entre tarefas concorrentes
 - surge técnica time-sharing, sistemas multiusuários
 - usuários conectados ao computador por terminais
 - terminais necessitavam técnicas de comunicação de dados com computador central => inicio das redes

Sistemas Multiusuários



Histórico Das Redes De Comunicação

- **Anos 70:**
 - surgem microprocessadores
 - computadores muito mais baratos => difusão do uso
- **Após década de 70:**
 - computadores cada vez mais velozes, tamanho menor, preço mais acessível
 - aplicações interativas cada vez mais freqüentes
 - necessidade crescente de incremento na capacidade de cálculo e armazenamento
 - vários computadores conectados podem ter desempenho melhor do que um mainframe, além de custo menor
 - necessidade de desenvolver técnicas para interconexão de computadores => redes

Importância Das Redes De Comunicação

- Nas empresas modernas temos grande quantidade de computadores operando em diferente setores.
- Operação do conjunto mais eficiente se estes computadores forem interconectados:
 - possível compartilhar recursos
 - possível trocar dados entre máquinas de forma simples e confortável para o operador
 - vantagens gerais de sistemas distribuídos e downsizing atendidas
- Redes são muito importantes para a realização da filosofia CIM (Manufatura Integrada por Comput.)

Extensão Das Redes De Comunicação

LAN (Local Area Network) ou Rede Local Industrial: interconexão de computadores localizados em uma mesma sala ou em um mesmo prédio. Extensão típica: até aprox. 200 m.

CAN (Campus Area Network): interconexão de computadores situados em prédios diferentes em um mesmo campus ou unidade fabril. Extensão típica: até aprox. 5 Km.

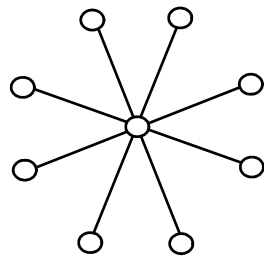
MAN (Metropolitan Area Network): interconexão de computadores em locais diferentes da mesma cidade. Pode usar rede telefônica pública ou linha dedicada. Extensão típica: até aprox. 50 Km.

WAN (Wide Area Network) ou Rede de Longa Distância: interconexão de computadores localizados em diferentes prédios em cidades distantes em qualquer ponto do mundo. Usa rede telefônica, antenas parabólicas, satélites, etc. Extensão >50 Km.

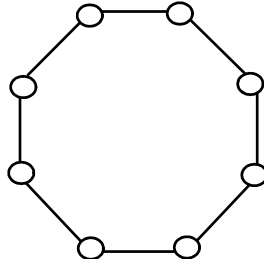
Topologia Das Redes De Comunicação

- **Topologia:** definição da maneira como as estações estão associadas
- Duas formas básicas: **ponto-a-ponto** e **difusão**
- **Canais ponto-a-ponto:** rede composta de diversas linhas de comunicação associadas a um par de estações de cada vez
 - comunicação entre estações não adjacentes feita por estações intermediárias
 - política conhecida como "comutação de pacotes"
 - topologia usada na maioria de redes WAN, MAN, CAN e algumas LAN

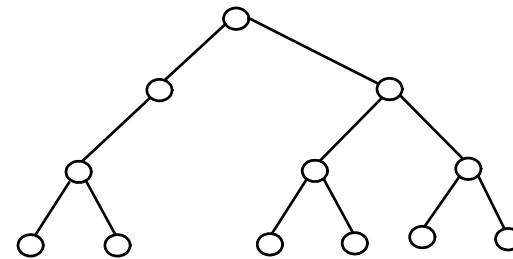
Topologias De Redes Ponto-a-ponto



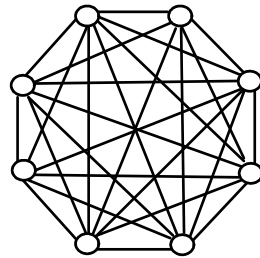
(a)



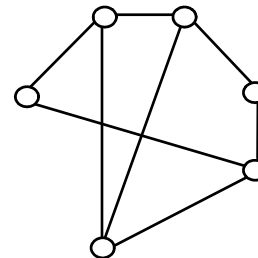
(b)



(c)



(d)



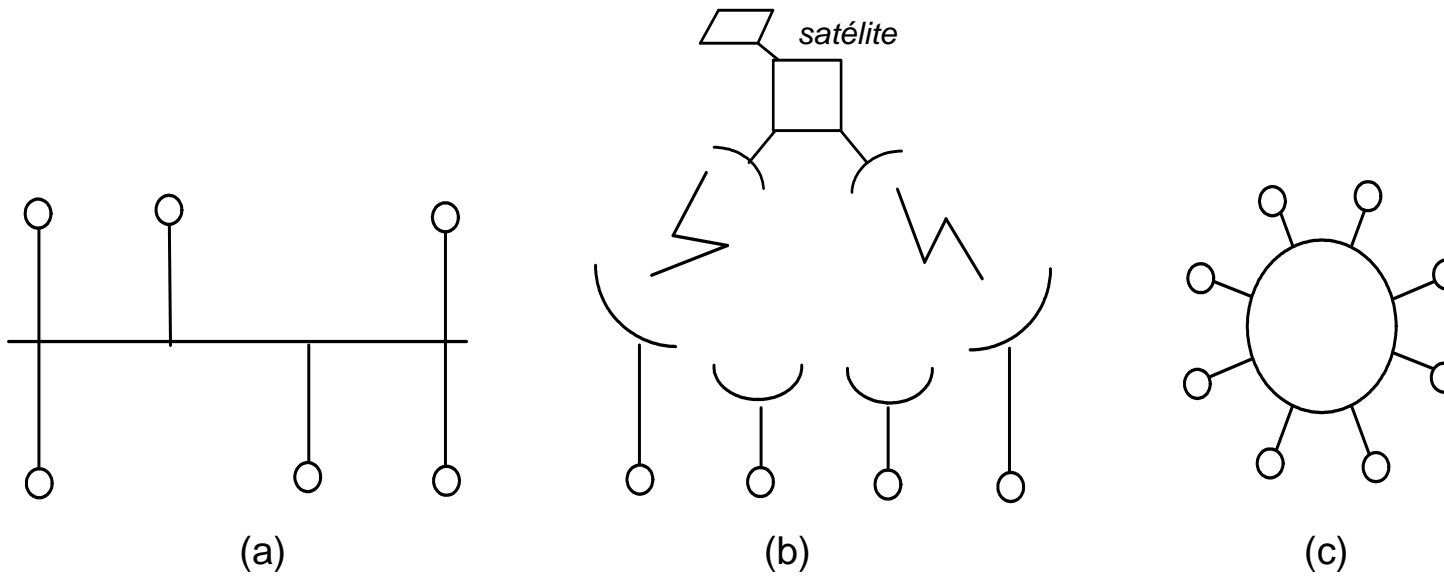
(e)

(a) estrela; (b) anel; (c) árvore; (d) malha regular;
(e) malha irregular.

Topologia Das Redes De Comunicação

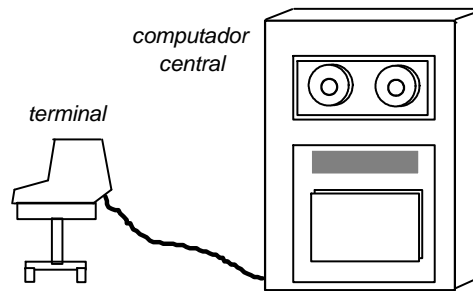
- *Canais de difusão*: rede composta por uma única linha de comunicação compartilhada por todas as estações
 - mensagens são difundidas no canal e podem ser lidas por qualquer estação
 - destinatário identificado por um endereço codificado na mensagem
 - possível enviar mensagens para todas as estações (broadcasting) ou a um conjunto delas (multicasting) usando endereços reservados para estas finalidades
 - topologia mais comum em LAN mas também possível em WAN
 - requer mecanismos de arbitragem de acesso para evitar conflitos

Topologias De Redes De Difusão



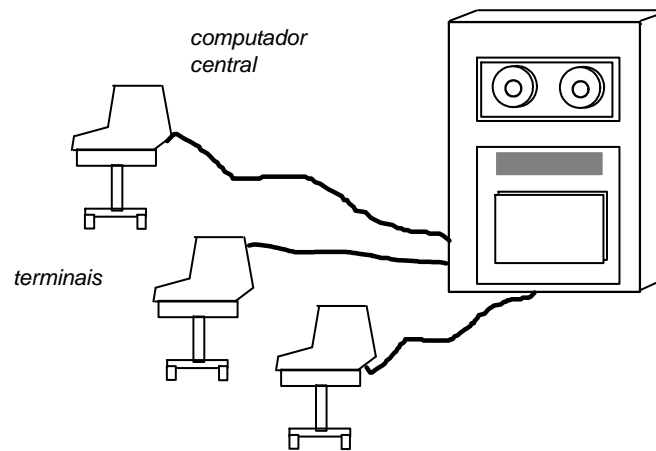
(a) barramento; (b) satélite; (c) anel.

Serviços Necessários à Comunicação



- **CASO 1: Como enviar informações entre um terminal e um computador ?**
 - Enviar unidades binárias (**B**inary uni**T** = BIT) em série ou paralelo
 - Codificação dos BITS (representação para 0 e 1 e duração de cada bit)
 - Codificação dos caracteres (ex.: ASCII, EBCDIC)
 - Sincronização entre emissor e receptor
 - Tratamento de erros de transmissão
 - Controle de fluxo
 - Estabelecer regras de troca de dados (protocolo)

Serviços Necessários à Comunicação



- Múltiplos terminais
- Surge necessidade de endereçamento

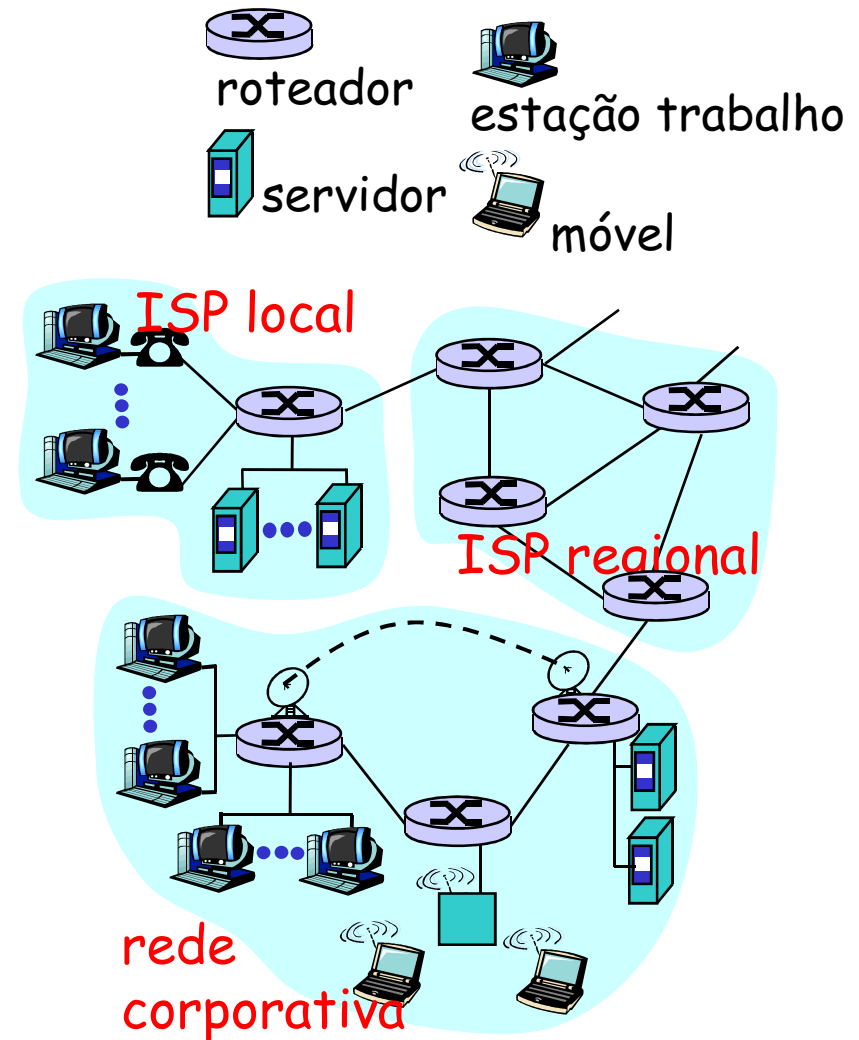
Parte I: Introdução

Visão geral:

- o que é Internet
- o que é um protocolo?
- borda da rede
- núcleo da rede
- rede de acesso, meio físico
- desempenho: perdas, atrasos
- camadas de protocolo, modelos de serviço
- backbones, NAPs, ISPs
- histórico

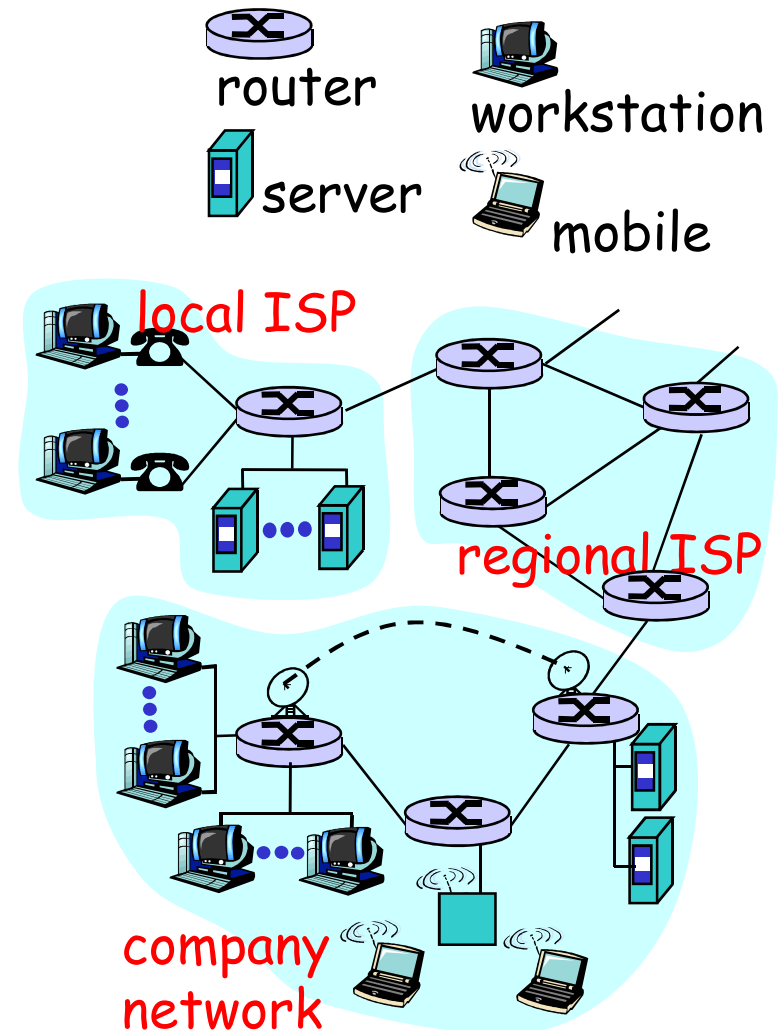
O que é Internet: visão "componentes"

- milhões de dispositivos computacionais conectados:
hosts, sistemas finais
 - workstations, servidores
 - telefones PDAs, torradeirasexecutando *aplicações de rede*
- *links de comunicação*
 - fibra, cobre, rádio, satélite
- *roteadores*: passam adiante (forward) pacotes de dados através da rede



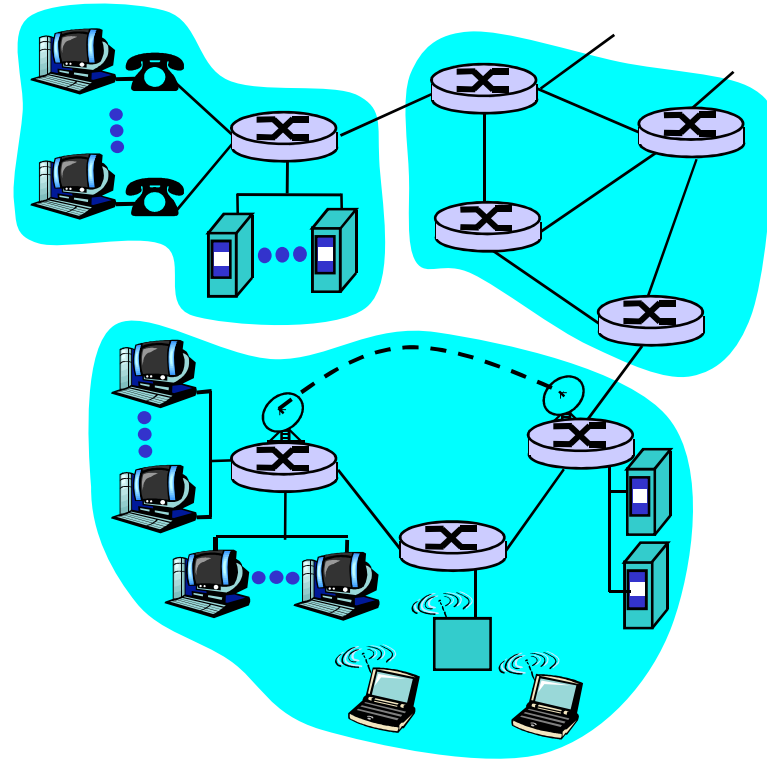
O que é Internet: visão "componentes"

- *protocolos*: envio e recepção de msgs
 - e.g., TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- *Internet*: "rede de redes"
 - aproximadamente hierárquica
- Padrões Internet
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



O que é Internet: visão "de serviços"

- **infraestrutura de comunicação** possibilita aplicações distribuídas:
 - WWW, email, jogos, e-commerce, database, votações, compartilhamento de arquivos (MP3)
- **serviços de comunicação** fornecidos:
 - sem conexão
 - orientada a conexão



O que é protocolo?

protocolos humanos:

- “que horas são?”
 - “Eu tenho uma questão”
- ... msgs específicas enviadas
- ... ações específicas tomadas quando msgs recebidas, ou outros eventos

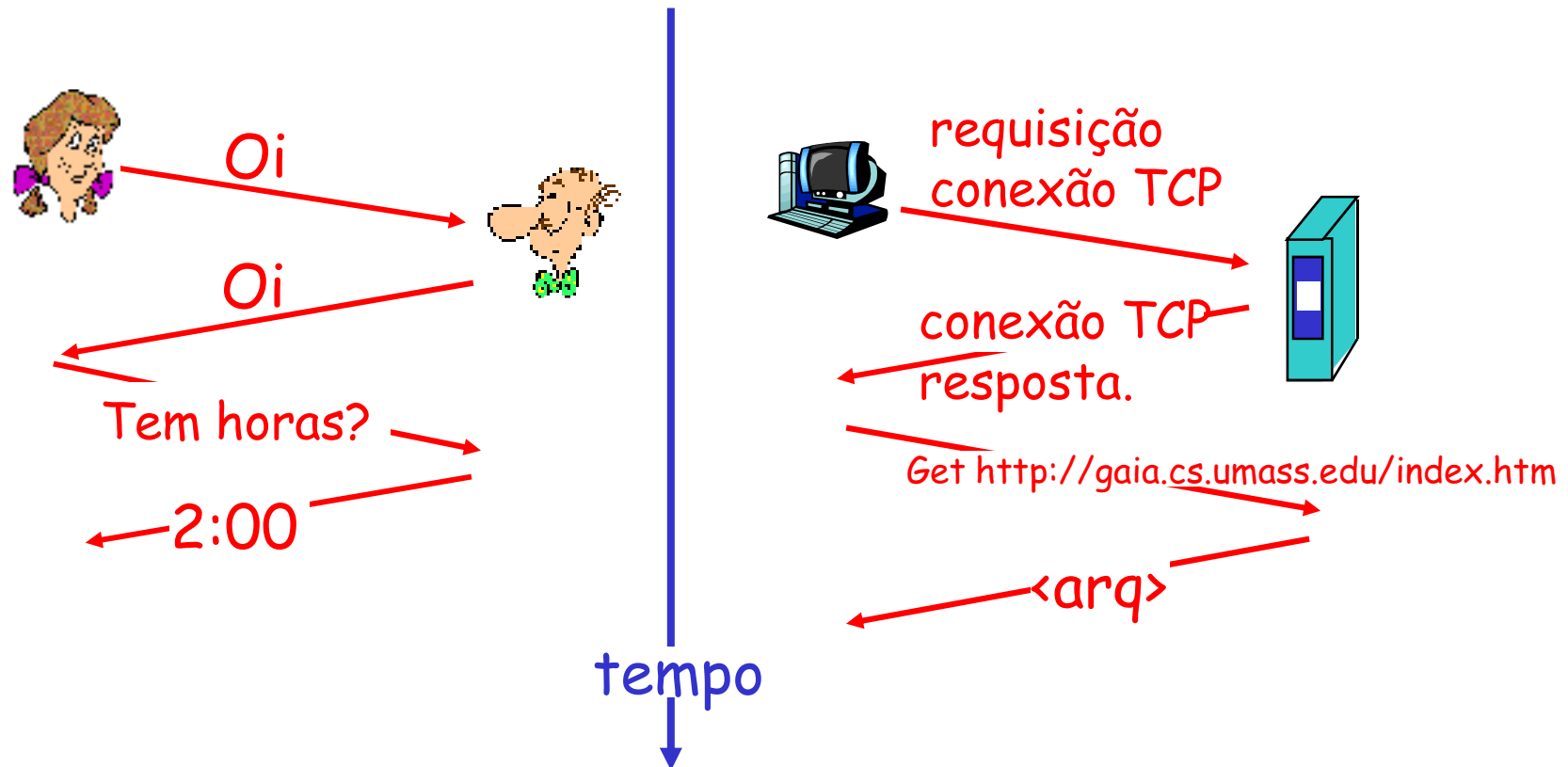
protocolos de rede:

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

protocolos definem formatos, ordens de mensagens enviadas e recebidas entre entidades de rede, e ações tomadas

O que é protocolo?

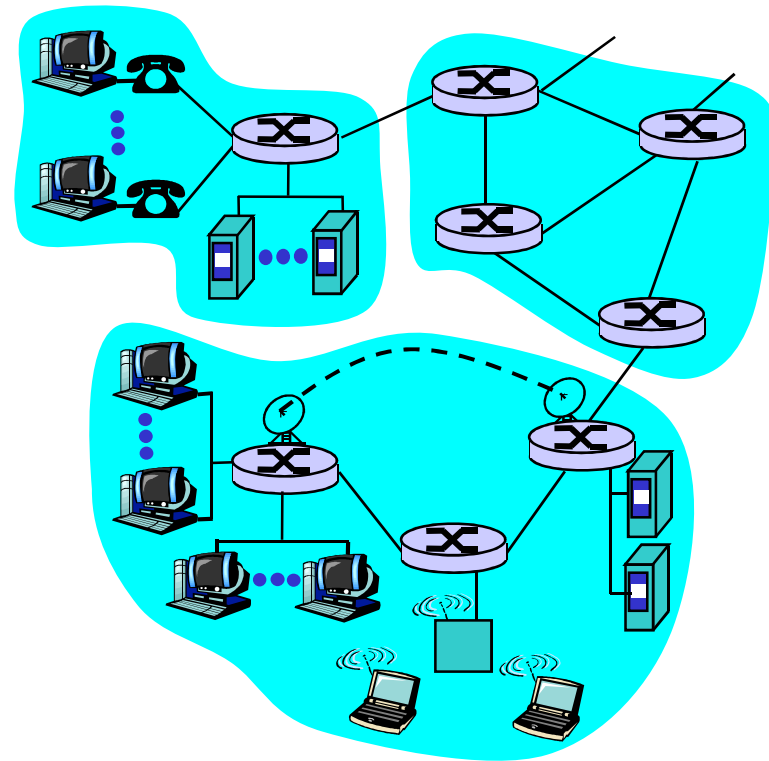
um protocolo humano e um protocolo computacional de rede:



Q: Outro protocolo humano?

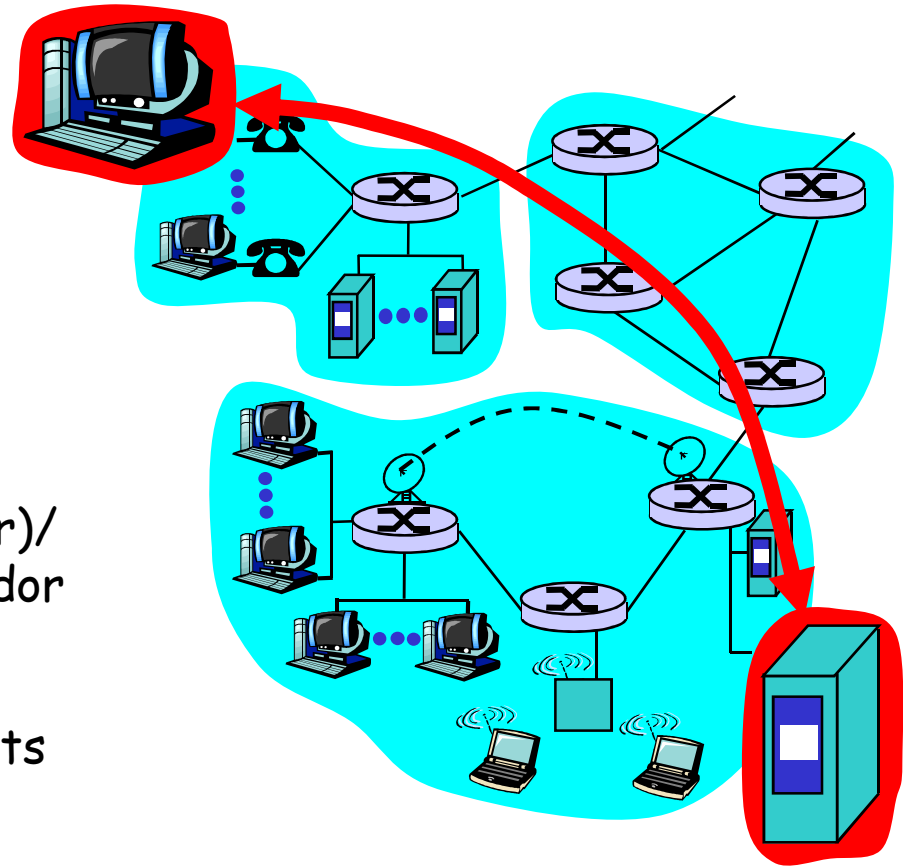
Estrutura de rede:

- **borda da rede:** aplicações e hosts
- **núcleo da rede:**
 - roteadores
 - rede de redes
- **redes de acesso, meios físicos:** links de comunicação



A borda da rede:

- **sistemas finais (hosts):**
 - executam programas de aplicação
 - e.g., WWW, e-mail
 - situam-se na "borda da rede"
- **modelo cliente/servidor**
 - cliente host faz requisições, recebem serviços do servidor
 - e.g., WWW cliente (navegador)/servidor; e-mail cliente/servidor
- **modelo par-a-par:**
 - interação simétrica entre hosts
 - e.g.: Gnutella, KaZaA



Borda da rede: serviço orientado a conexão

Objetivo: transferência de dados entre sistemas.

- *handshaking*: setup (prepara para) transferência de dados
 - Alô, alô protocolo humano de telefone
 - *setup "estado"* em dois hosts se comunicando
- TCP - Transmission Control Protocol
 - Serviço orientado a conexões da Internet

serviço TCP [RFC 793]

- *confiável*, transferência de dados ordenada byte-stream
 - perdas: acknowledgements (reconhecimentos) e retransmissões
- *controle de fluxo*:
 - emissor não pode "oprimir" o receptor
- *controle de congestão*
 - emissores "reduzem a taxa de envio" qdo a rede está congestionada

Borda da rede: serviço sem conexão

- Objetivo: transferência de dados entre sistemas finais
- o mesmo que o anterior!
 - **UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]: serviço sem conexão da Internet
 - o transferência de dados não-confiável
 - o sem controle de fluxo
 - o sem controle de congestão

Aplics usando TCP:

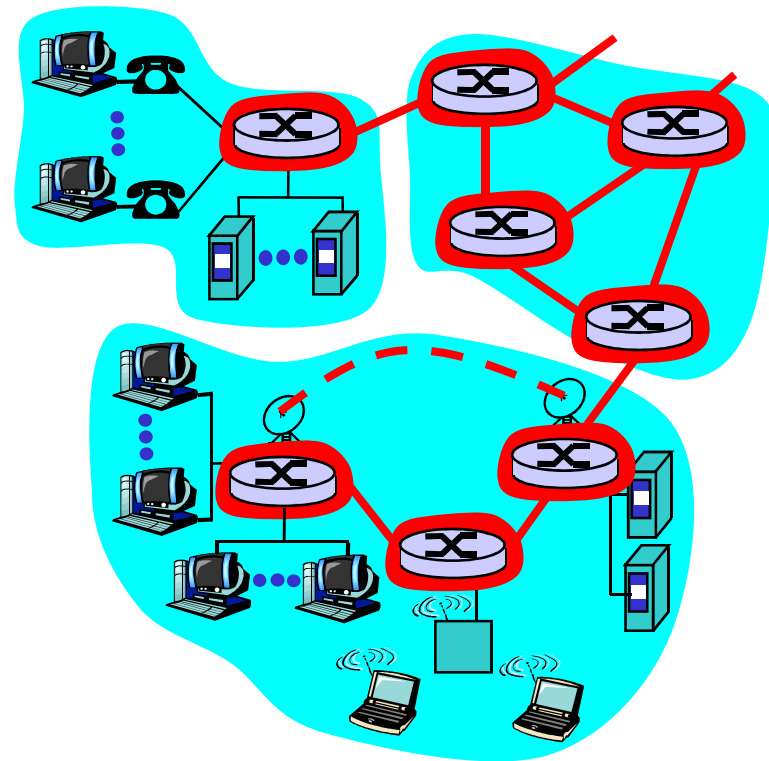
- HTTP (WWW), FTP (transf. arq.), Telnet (login remoto), SMTP (email)

Aplics usando UDP:

- streaming media, teleconferencing, Internet telephony

O núcleo da rede

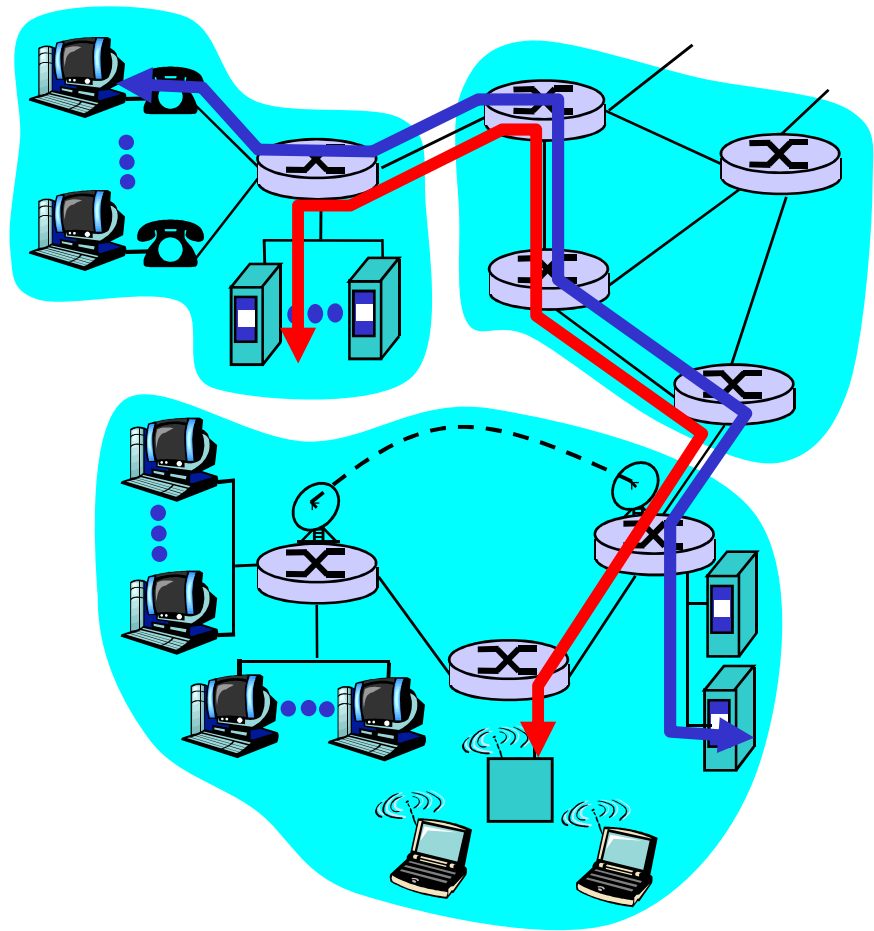
- malha de roteadores interconectados
- **questão fundamental:** como os dados são transferidos através da rede?
 - **chaveamento (comutação) de circuitos:** circuito dedicado por chamada: rede telefônica
 - **chaveamento de pacotes:** dados enviados através da rede em "pedaços"



Núcleo da rede: comutação de circuitos

Recursos fim a fim reservados por chamada

- largura de banda no enlace (link), capacidade no switch
- recursos dedicados: sem compartilhamento
- desempenho garantido
- requer setup na chamada



Núcleo da rede: chaveamento de circuitos

recursos de rede (e.g.,
largura de banda)

dividida em
"pedaços"

- pedaços alocados para chamadas
- pedaço do recurso *idle* (disponível) se não usado pelo próprio chamador (*sem compartilhamento*)

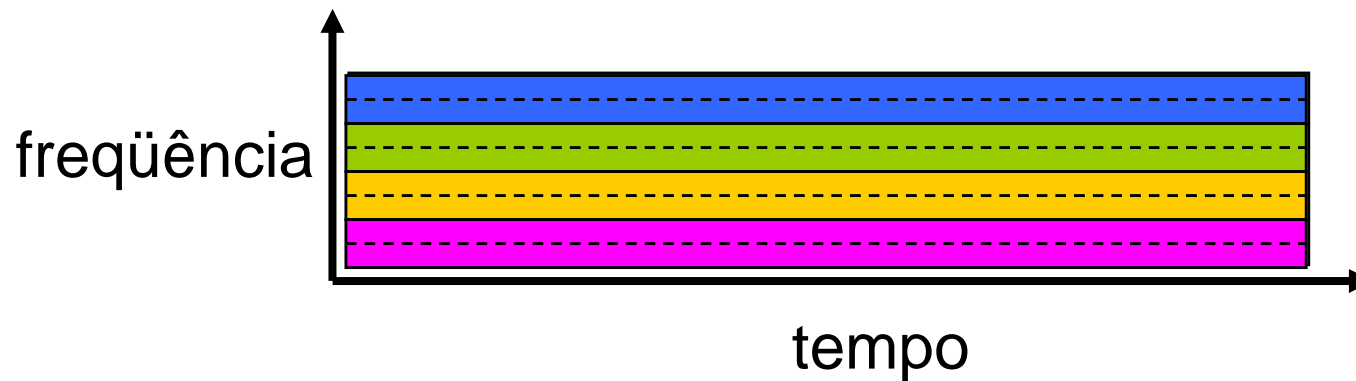
- dividindo largura de banda:
 - divisão de frequências
 - divisão de tempos

Chaveamento de circuitos: FDMA e TDMA

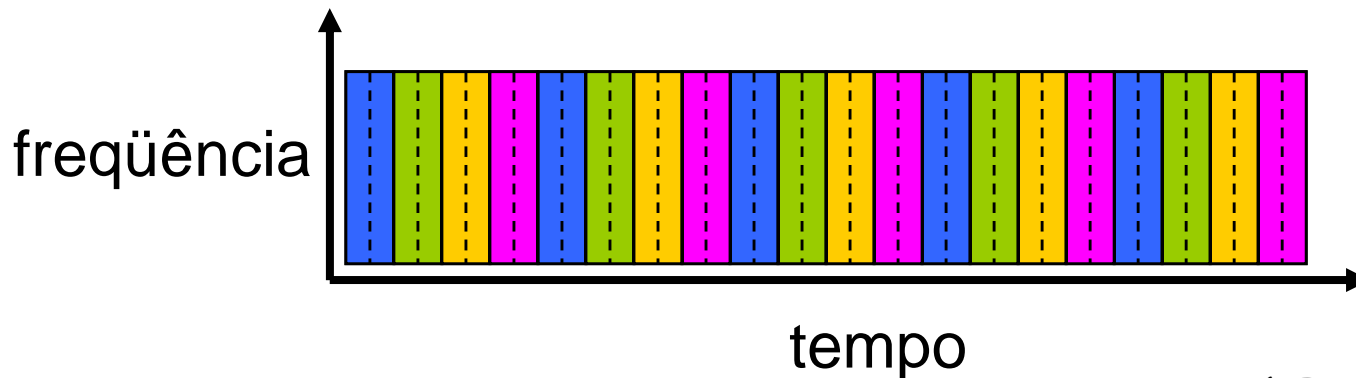
Exemplo:

4 usuários    

FDMA



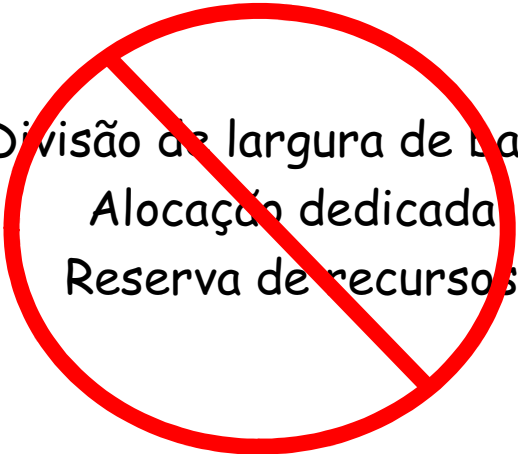
TDMA



Núcleo da rede: chaveamento de pacotes

cada stream de dados fim-a-fim
dividido em *pacotes*

- pacotes de usuários A, B
compartilham recursos de redes
- cada pacote usa toda largura de banda do link
- recursos usados quando *necessário*

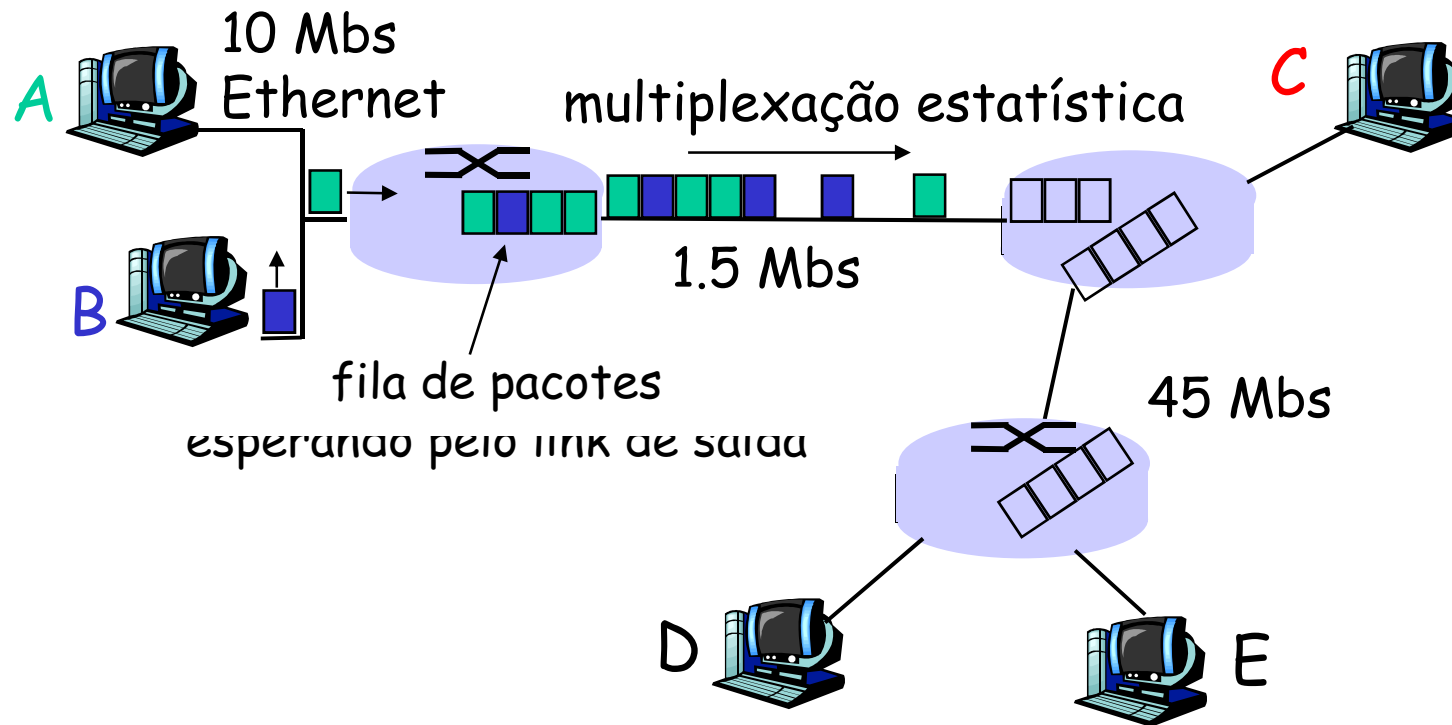


Divisão de largura de banda
Alocação dedicada
Reserva de recursos

competição por recurso:

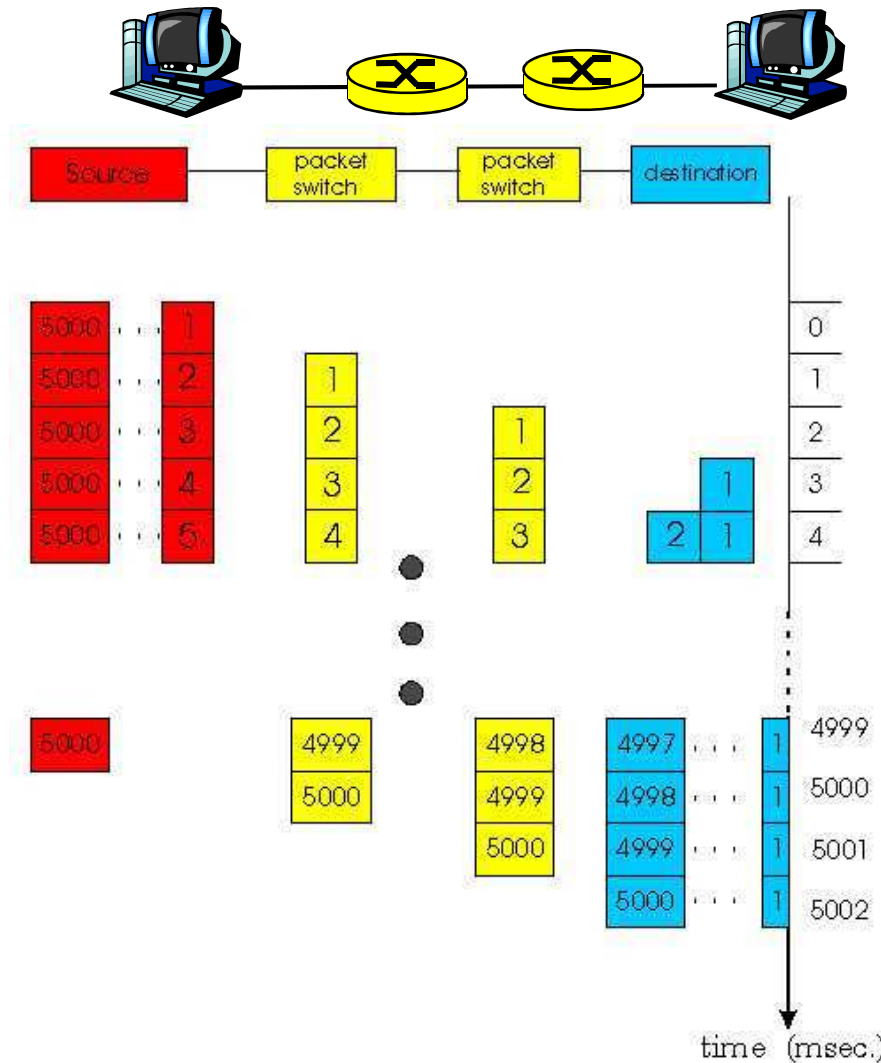
- demanda por recurso agregada pode exceder a capacidade disponível
- congestionamento: fila de pacotes, espera pelo uso do link
- armazena e repassa: pacotes se movem um hop vez
 - transmitidos sobre link
 - espera a vez no próximo link

Núcleo da rede: chaveamento de pacotes



Chaveamento de pacotes *versus* chaveamento de circuito: analogia com restaurante

Núcleo da rede: chaveamento de pacotes



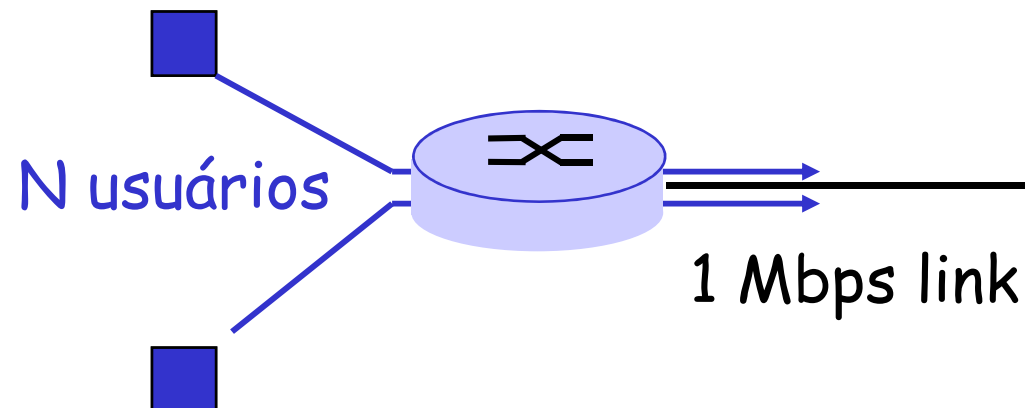
Chaveamento de pacotes:
comportamento armazena e repassa

- quebra mensagens em pequenos pedaços: "pacotes"
- Armazena-e-repassa: switch aguarda até pedaço chegar completamente, então repassa/roteia

Chaveamento de pacotes vs de circuitos

Chaveamento de pacotes permite mais usuários usarem a rede!

- 1 Mbit link
- cada usuário:
 - 100Kbps qdo "ativo"
 - ativo 10% do tempo
- chaveamento de circuito:
 - 10 usuários
- chaveamento de pacotes:
 - com 35 usuários, probabilidade > 10 ativos menos que .0004



Chaveamento de pacotes vs de circuitos

Será chaveamento de pacotes o "grande vencedor da disputa?"

- Excelente para dados em rajadas
 - compartilhamento de recursos
 - sem setup na chamada
- Qdo congestionamento excessivo: atrasos e perdas de pacotes
 - protocolos necessários para transferência de dados confiável, controle de congestão
- Q: Como fornecer comportamento "de circuito"?
 - apps de áudio/vídeo necessitam de garantias de largura de banda
 - esse ainda é um problema não resolvido!

Redes chaveamento de pacotes: roteamento

- Objetivo: mover pacotes entre roteadores da origem para destino
 - iremos estudar algoritmos de roteamento
- **rede datagrama:**
 - *endereço de destino* determina próximo hop
 - rota pode mudar durante sessão
 - analogia: dirigir perguntando direção
- **rede de circuito virtual:**
 - cada pacote carrega um tag (virtual circuit ID), que determina o próximo hop
 - caminho fixo determinado em *tempo de setup de chamada*, permanece fixo durante chamada
 - roteadores mantêm estado por chamada

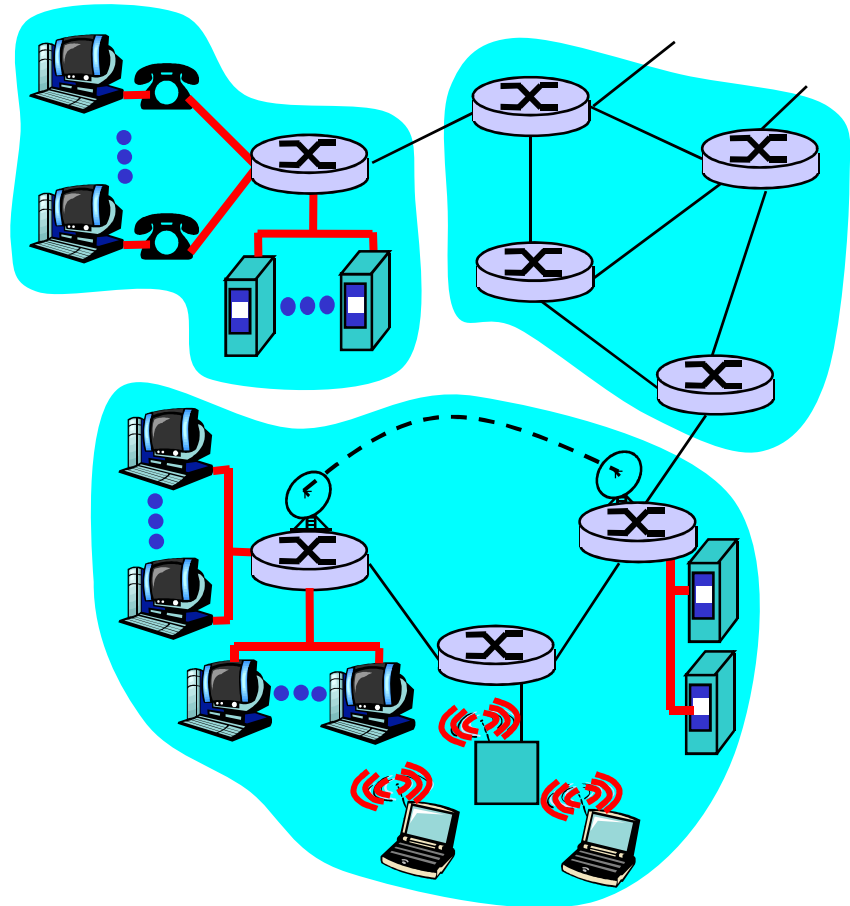
Redes de acesso e meios físicos

Q: Como conectar sistemas finais aos roteadores de borda?

- redes de acesso residencial
- redes de acesso institucional (escola, companhia)
- redes de acesso móveis

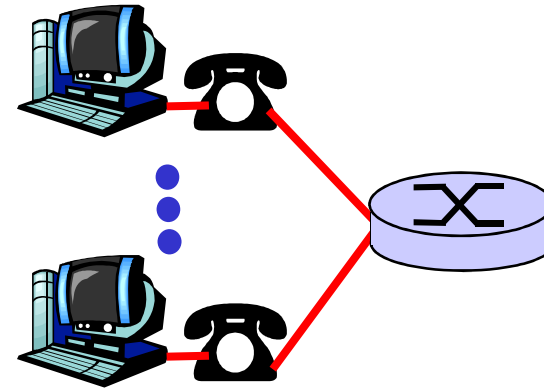
Tenha em mente:

- bandwidth (bits por segundo) da rede de acesso?
- compartilhados ou dedicados?



Acesso residencial: acesso ponto a ponto

- **Discagem via modem**
 - até 56Kbps acesso direto ao roteador (conceitualmente)
- **ISDN**: integrated services digital network: 128Kbps conectados ao roteador
- **ADSL**: asymmetric digital subscriber line
 - até 1 Mbps casa-roteador
 - até 8 Mbps roteador-casa
 - ADSL ainda em desenvolvimento

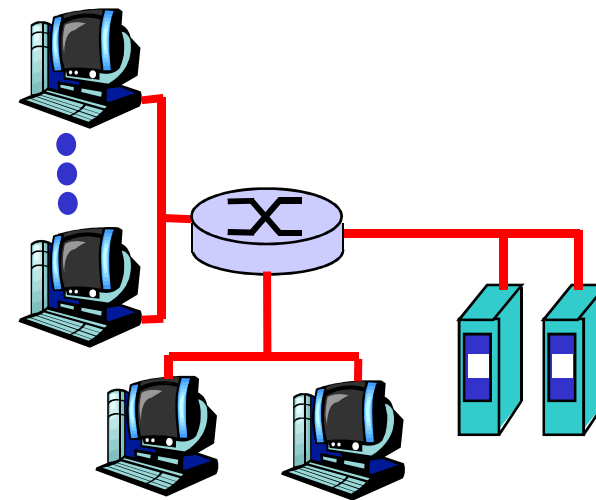


Acesso residencial: modens a cabo

- HFC: hybrid fiber coax
 - assimétrico: até 10Mbps downstream, 1 Mbps upstream
- rede de cabo e fibra interliga casas ao roteador ISP
 - acesso compartilhado ao roteador
 - questões: congestionamento, dimensionamento
- disponíveis através de companhias de cabo

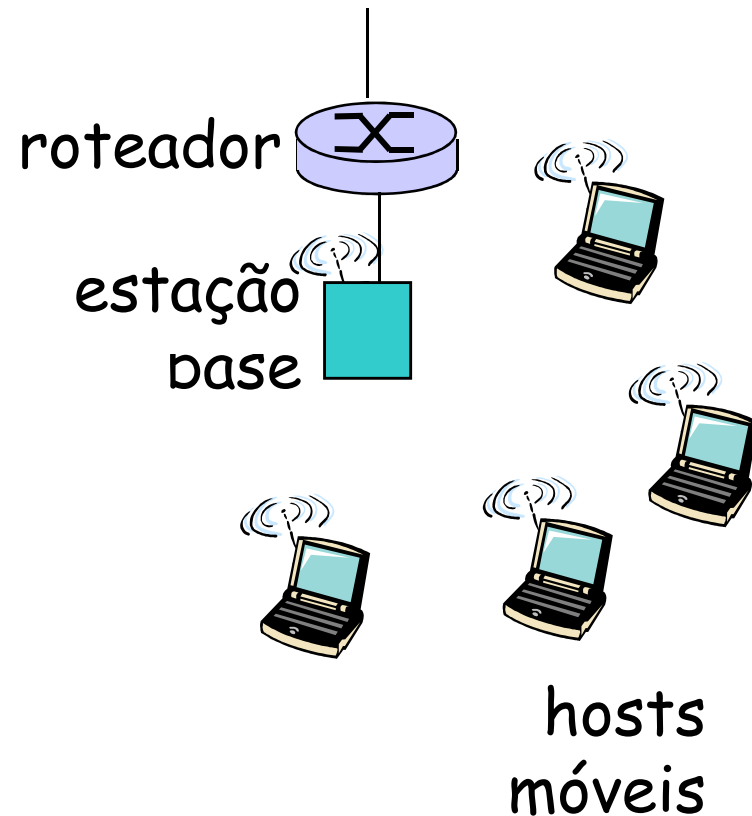
Acesso institucional: redes locais

- **local area network (LAN)**
conectam sistemas finais a roteador de borda
- **Ethernet:**
 - cabo compartilhado ou dedicado conecta sistema final e roteador
 - 10 Mbs, 100Mbps, Gigabit Ethernet



Redes de acesso sem fio

- rede de acesso *sem fio* e compartilhada conecta sistema final ao roteador
- **wireless LANs:**
 - espectro de rádio substitui fio
 - e.g., Lucent Wavelan 11 Mbps
- **wider-area wireless access**
 - CDPD: acesso sem fio ao roteador ISP via rede celular



Meio físico

- **link físico:**
 - bit de dado transmitido propaga através de um link
- **meio guiado:**
 - sinais propagam em meio sólido: cobre, fibra
- **meio não guiado:**
 - sinais propagam livremente, e.g., rádio

Par trançado (TP)

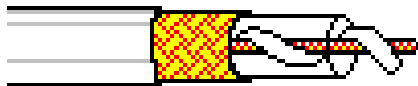
- dois fios de cobsres
 - Categoria 3: fio de telefone tradicional, 10 Mbps Ethernet
 - Categoria 5 TP: 100Mbps Ethernet



Meio físico: coaxial, fibra

Cabo coaxial:

- fio (condutor de sinal) dentro de fio (protetor)
 - baseband: canal único no cabo
 - broadband: múltiplos canais no cabo
- bidirecional
- uso comum em Ethernet 10Mbps



Cabo de fibra ótica:

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



Meio físico: rádio

- sinal conduzido no espectro eletromagnético
- sem "fio" físico
- bidirecional
- efeitos de propagação do ambiente:
 - reflexão
 - obstrução por objetos
 - interferência

Tipos de link de Rádio:

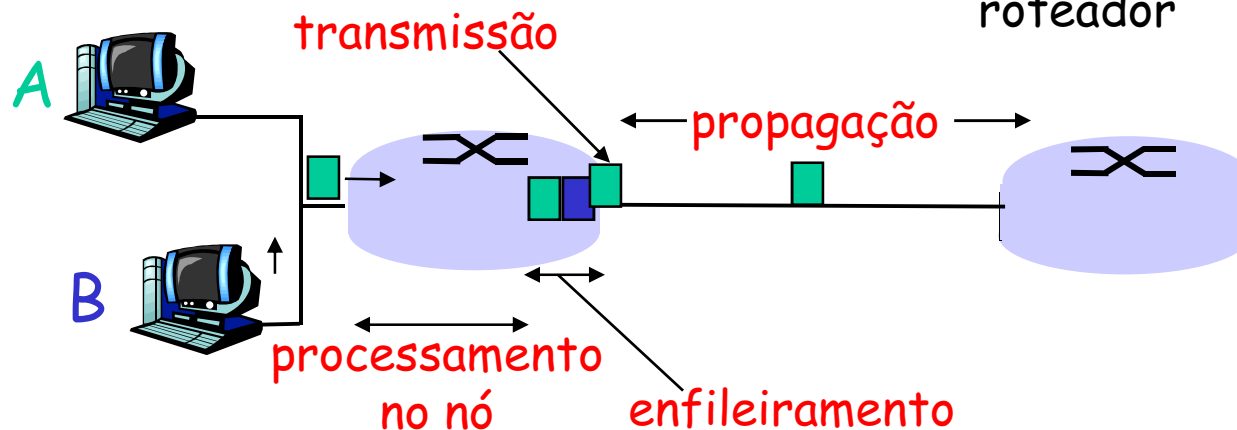
- **microondas**
 - e.g. canais até 45 Mbps
- **LAN** (e.g., WaveLAN)
 - 2Mbps, 11Mbps
- **wide-area** (e.g., celular)
 - e.g. CDPD, 10's Kbps
- **satélite**
 - canal até 50Mbps (ou vários canais menores)
 - atraso fim-a-fim 270 Msec

Atrasos em redes de chap. de pacotes

pacotes experimentam **atrasos** no caminho fim-a-fim

- **quatro** fontes de atraso em cada hop

- processamento no nó:
 - checagem de bits de erros
 - escolha do link de saída
- enfileiramento
 - tempo de espera no link de saída para transmissão
 - depende do nível de congestionamento do roteador



Atrasos em redes de chap. de pacotes

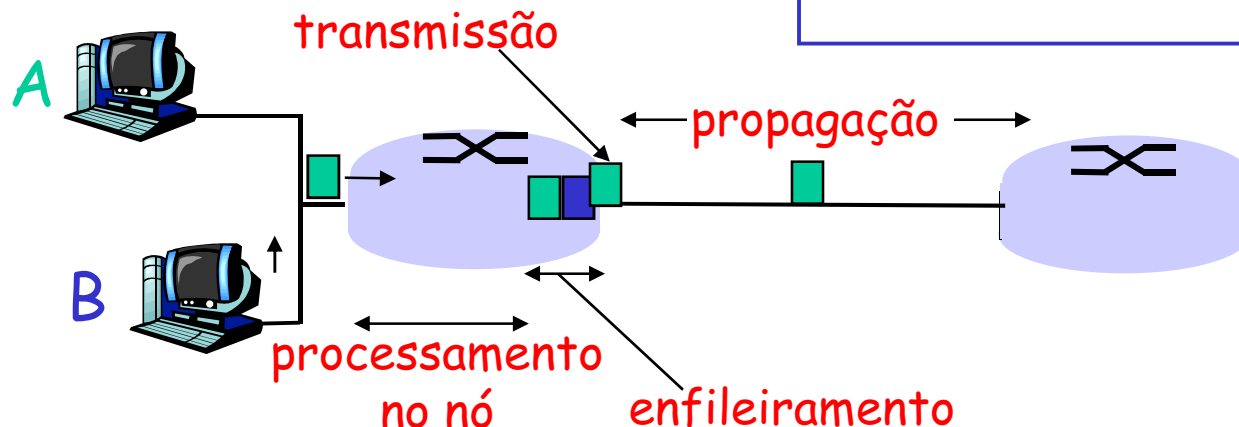
Atraso de transmissão:

- R = link bandwidth (bps)
- L = tam. pacote (bits)
- tempo de envio de bits no link = L/R

Atraso de propagação:

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

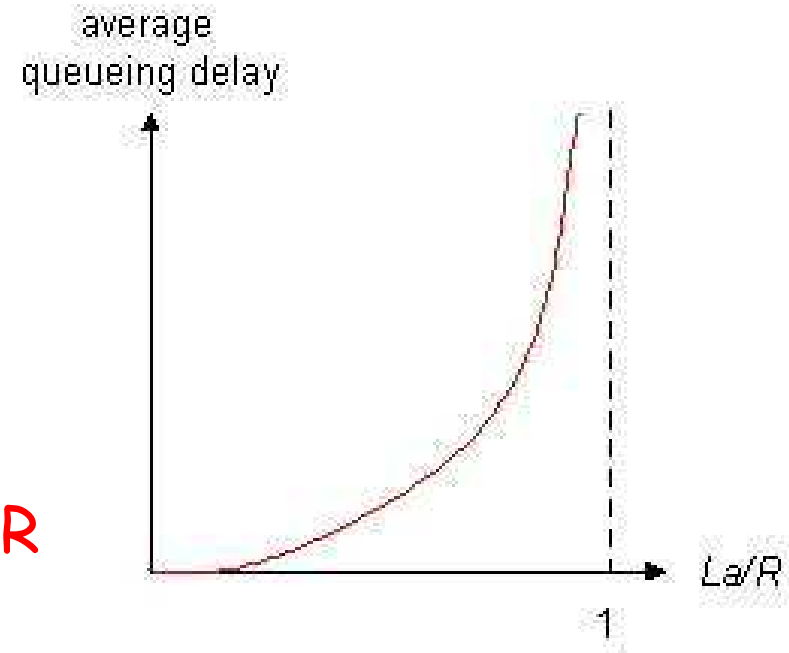
Obs: s e R são quantidades *muito* diferentes!



Atraso na fila (revisitado)

- R =link bandwidth (bps)
- L =tam. pacote (bits)
- a =taxa média de chegada de pacotes

intensidade de tráfego = $\lambda a/R$



- $\lambda a/R \sim 0$: pequeno atraso médio na fila
- $\lambda a/R \rightarrow 1$: atrasos se tornam grandes
- $\lambda a/R > 1$: mais "trabalho" chegando do que pode ser servido, atraso médio infinito!

"Camadas" de protocolos

Redes são complexas!

- muitas "peças":
 - hosts
 - roteadores
 - vários tipos de links
 - aplicações
 - protocolos
 - hardware, software

Questão:

Existe alguma esperança em organizar a estrutura de rede?

Ou pelo menos a discussão sobre redes?

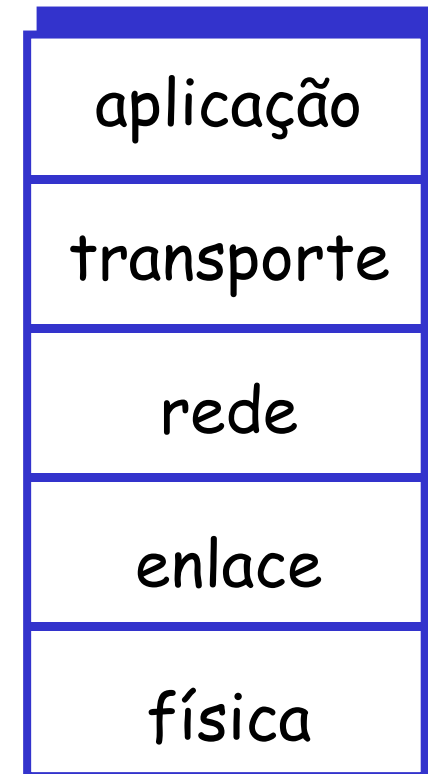
Por que usar camadas?

Para lidar com sistemas complexos:

- estrutura explícita permite identificar o relacionamento entre peças do sistema complexo
 - **modelo de referência** em camadas facilita discussão
- modularização facilita manutenção e atualização do sistema
 - mudança na implementação de serviços de camadas transparentes para o resto do sistema
- uso de camadas pode ser prejudicial?

Pilha de protocolos da Internet

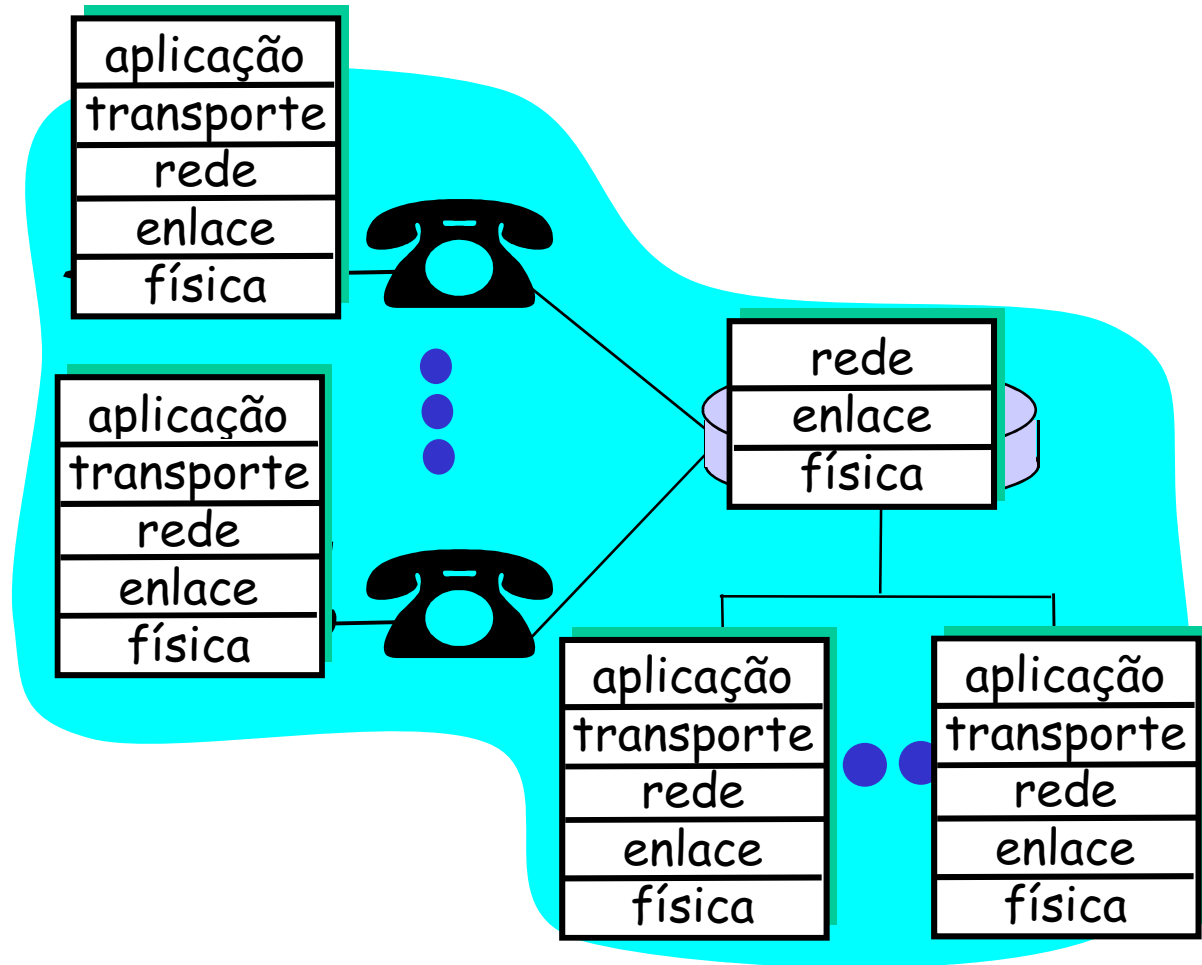
- **aplicação:** suporta aplicações de rede
 - ftp, smtp, http
- **transporte:** transferência de dados entre hosts
 - tcp, udp
- **rede:** roteamento de datagramas da origem para destino
 - ip, protocolos de roteamento
- **enlace:** transferência de dados entre elementos de rede "vizinhos"
 - ppp, ethernet
- **física:** bits "no fio"



Camadas: comunicação lógica

Cada camada:

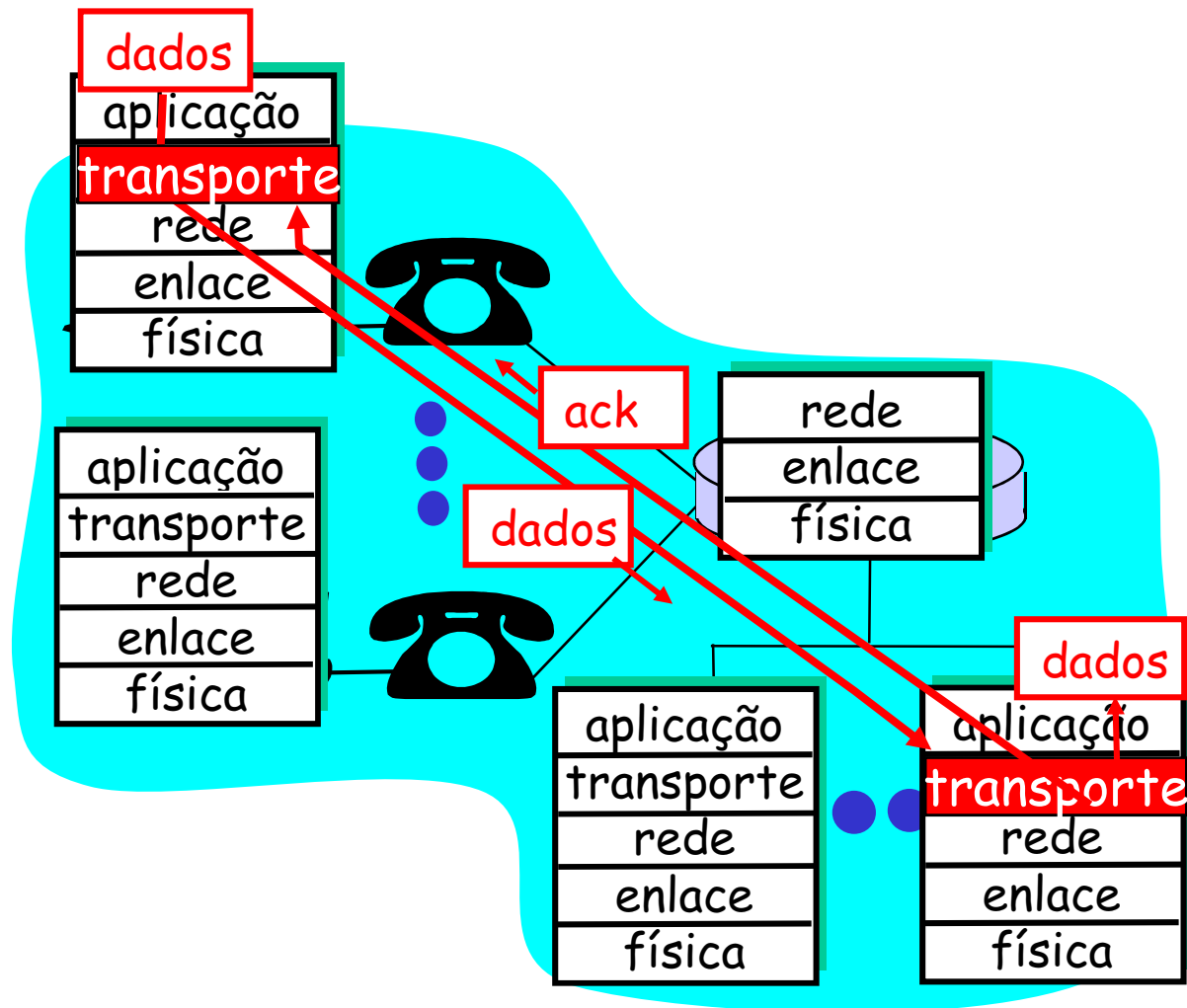
- distribuída
- "entidades" implementam funções de camadas em cada nó
- entidades executam ações, trocam mensagens com seus pares



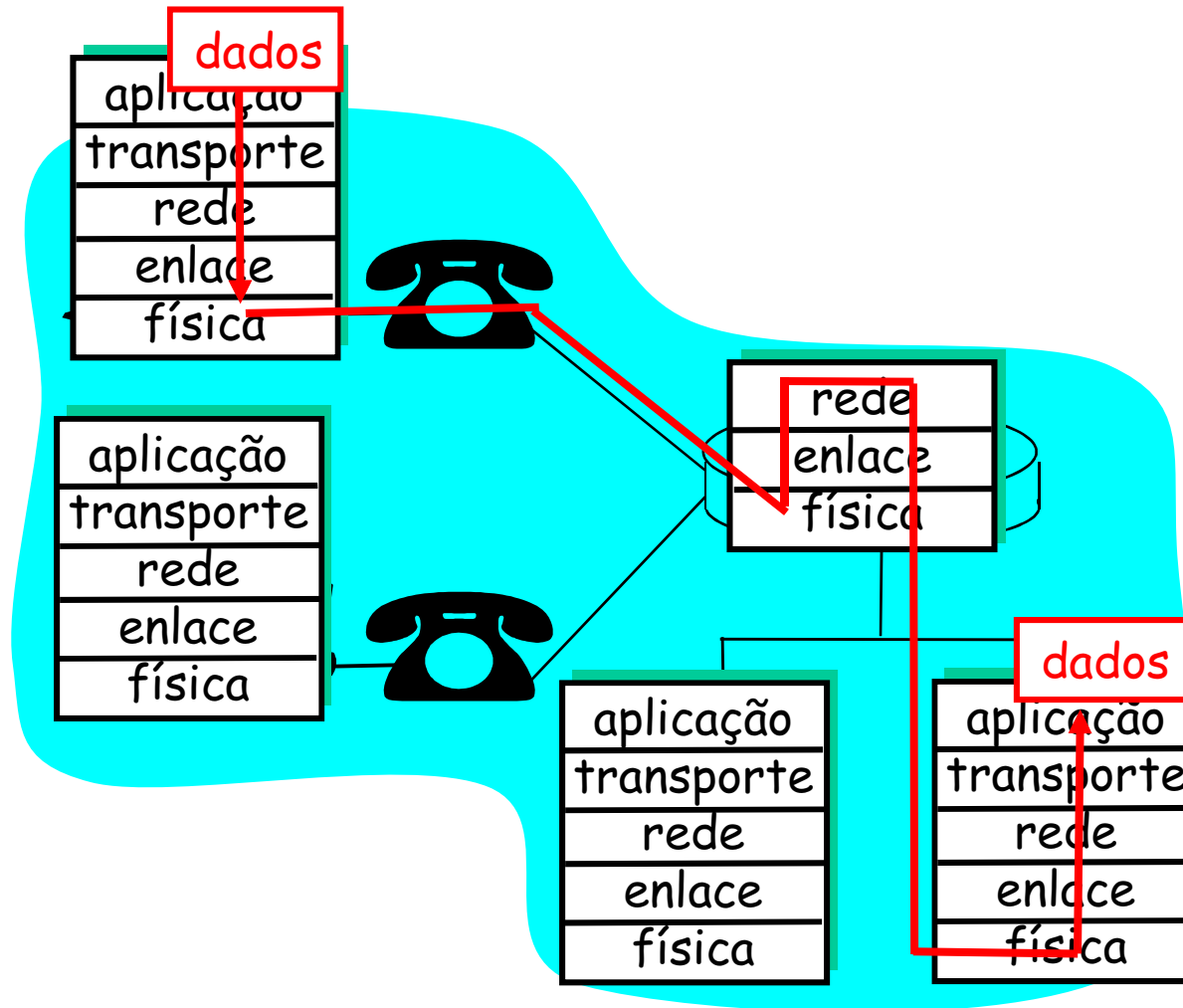
Camadas: comunicação *logica*

E.g.: transporte

- pega dados da aplic.
- adiciona endereço, informação de confiabilidade p/ formar "datagrama"
- envia datagrama para seu par
- espera confirmação de recepção de seu par
- analogia: correio



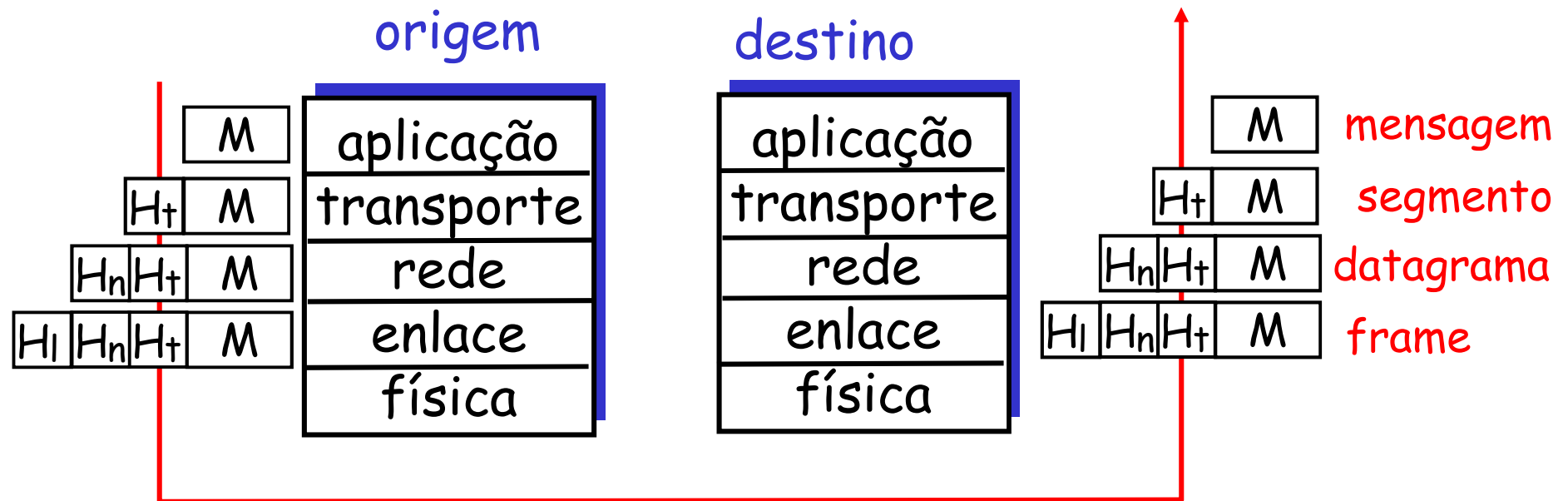
Camadas: comunicação física



Protocolo em camadas e dados

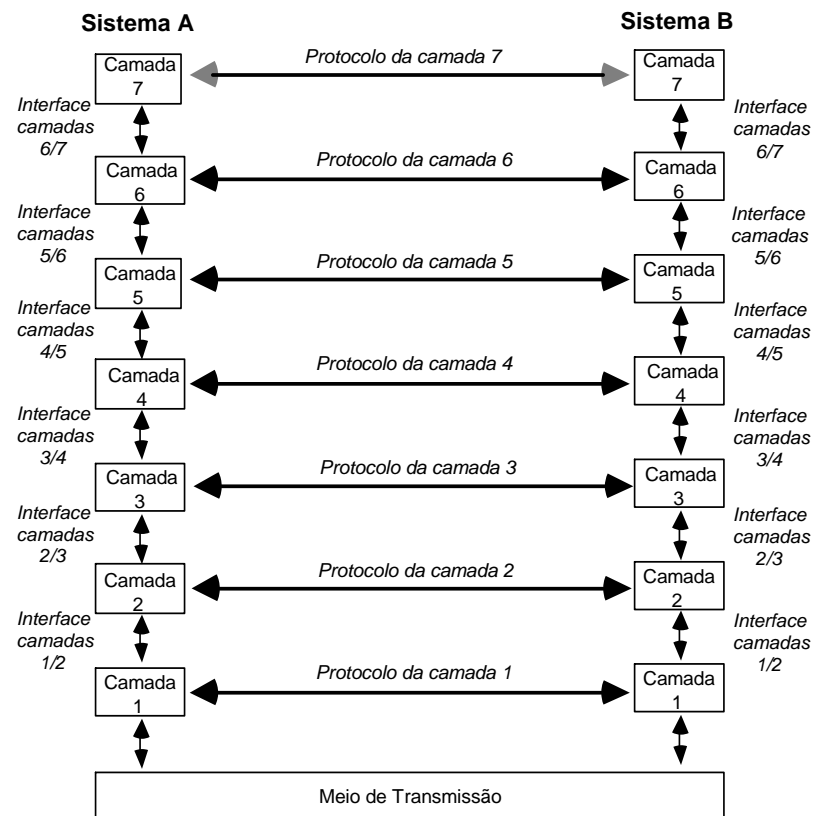
Cada camada recebe dados da camada acima

- adiciona cabeçalho de informação para criar nova unidade de dados
- passa nova unidade de dados para camada abaixo



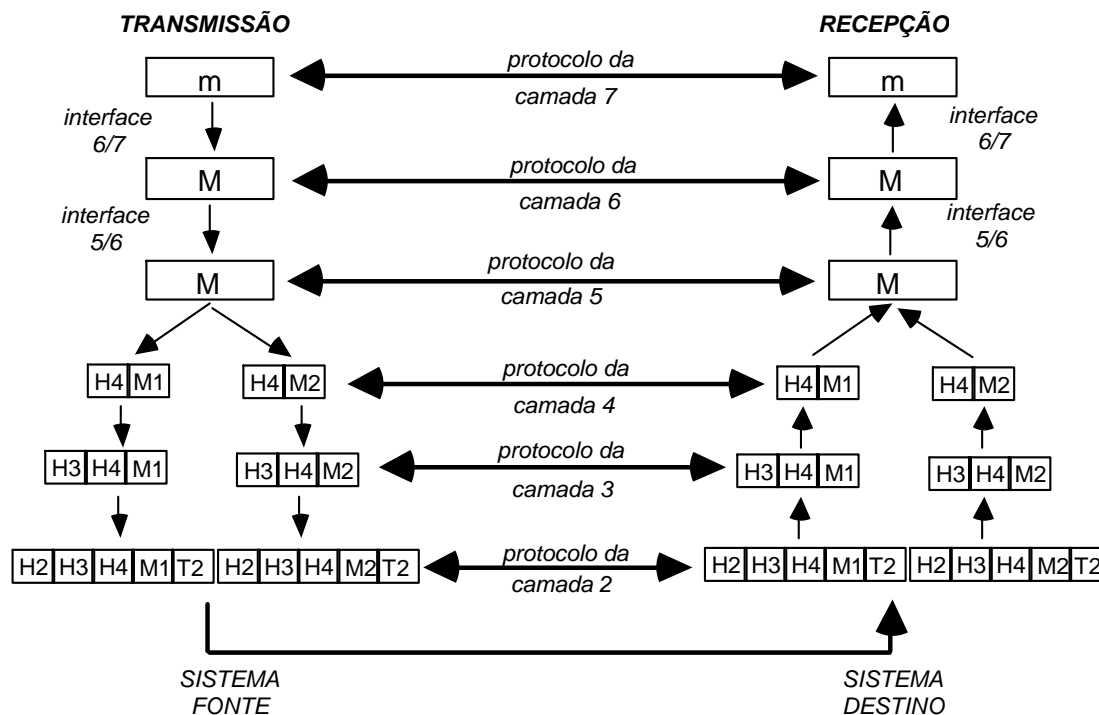
Aspectos Arquiteturais

- Estruturação em camadas: modelo baseado em hierarquização e descentralização



Aspectos Arquiteturais

- Estruturação em camadas: processo de comunicação



Arquitetura a Sete Camadas Do RM-OSI

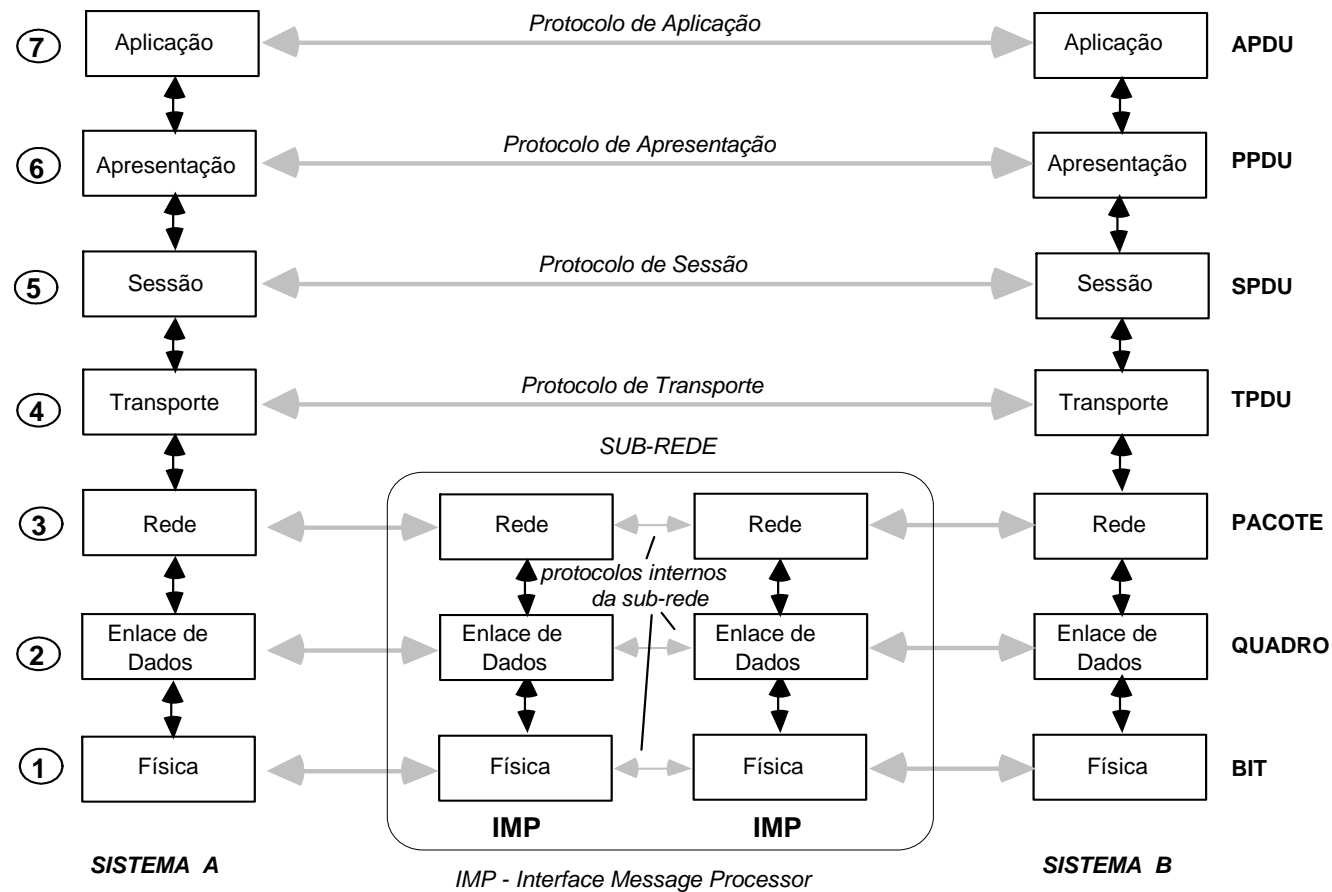
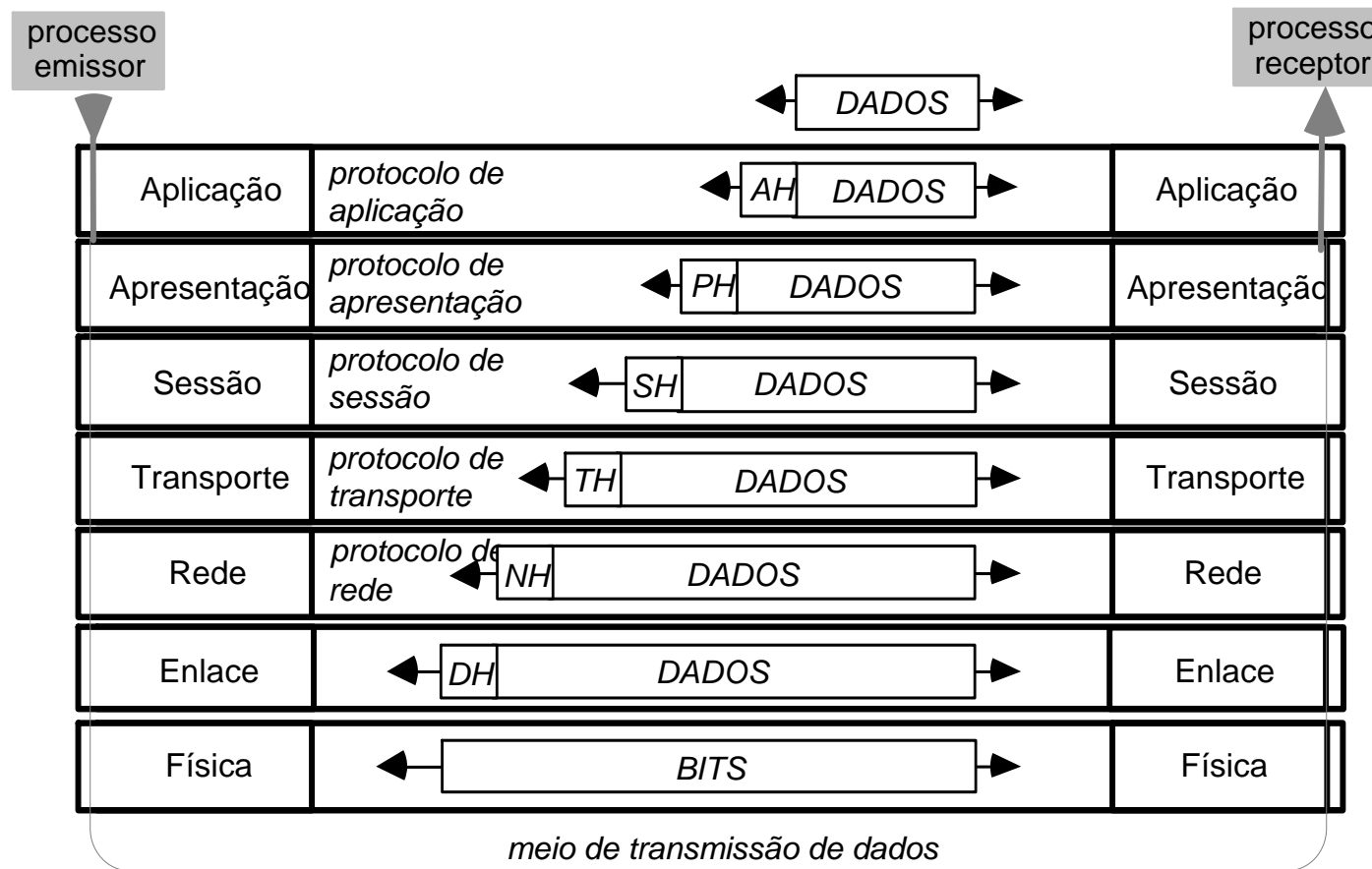
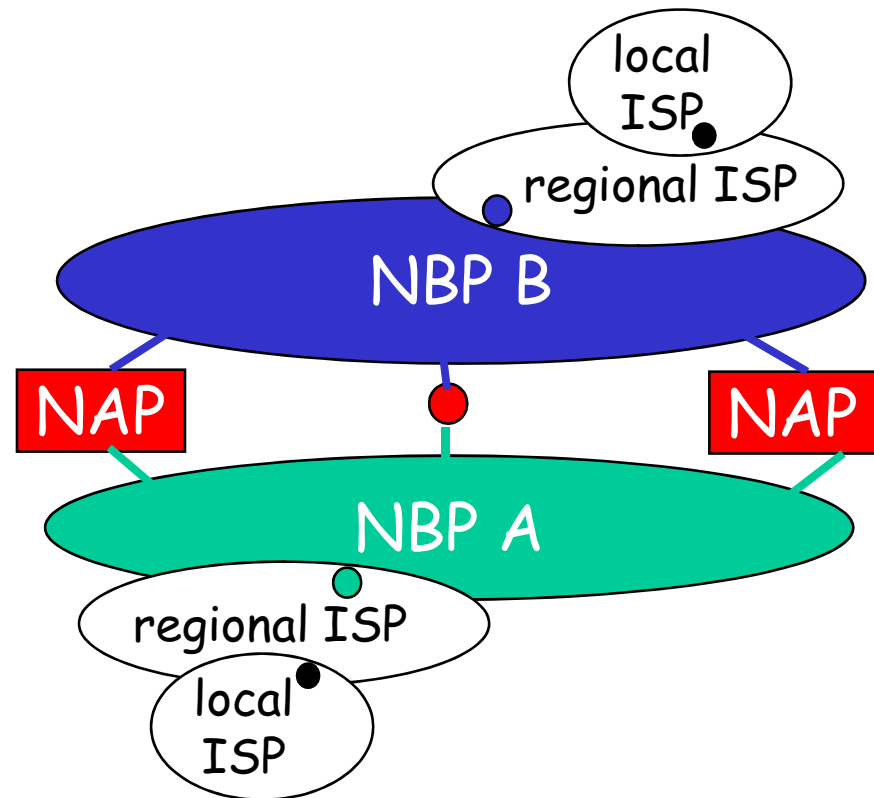


Ilustração Da Comunicação No Modelo OSI



Estrutura da Internet: rede de redes

- mais ou menos hierárquica
- **national/international backbone providers (NBPs)**
 - e.g. Embratel, BBN/GTE, Sprint, AT&T, IBM, UUNet
 - interconecta cada par com outro privativamente, ou em um Network Access Point (NAP) público
- **ISPs regionais**
 - conecta em NBPs (ex. Telesc)
- **ISP local**, companhia
 - conecta em ISP regional (ex. UOL, UFSC)



Histórico da Internet

1961-1972: Primeiros princípios de chaveamento de pacotes

1980-1990: Novos protocolos, proliferação de redes

- 1983: TCP/IP
- 1983: DNS (tradução nome-endereçoIP)
- 1985: protocolo ftp
- 1988: controle de congestão TCP

1990's: comercialização, o WWW

- 1994: Mosaic, depois Netscape
- final de 1990: comercialização do WWW

Final de 1990:

- 50 milhões computadores na Internet
- 100 milhões+ usuários
- links no backbone executando a 1 Gbps