

Redes de Computadores

Introdução



Introdução

Nosso objetivo:

- obter contexto, visão geral, "sentimento" sobre redes
- maior profundidade e detalhes serão vistos depois no curso
- abordagem:
 - ✓ descritiva
 - ✓ usar a Internet como exemplo

Visão Geral:

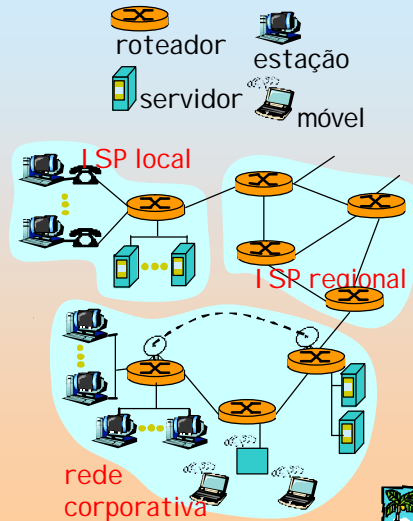
- o que é a Internet
- o que é um protocolo?
- bordas da rede
- núcleo da rede
- rede de acesso e meios físicos
- performance: perda, atraso
- camadas de protocolo, modelos de serviços
- backbones, NAPs, ISPs
- história





O que é a Internet

- milhões de elementos de computação interligados: *hosts*, *sistemas finais*
 - ✓ pc's, estações de trabalho, servidores
 - ✓ telefones digitais, torradeiras de pão, etc.executando *aplicações distribuídas*
- *enlaces de comunicação*
 - ✓ fibra, cobre, rádio, satélite
- *roteadores*: enviam pacotes (blocos) de dados através da rede



Aplicações IP "quentes"



Moldura IP para retratos
<http://www.ceiva.com/>



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



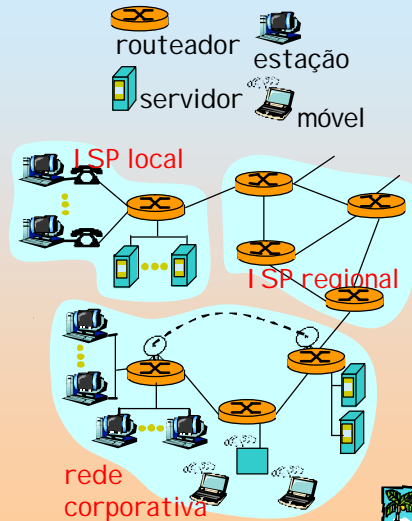
Torradeira e previsão do tempo pela Web
<http://dancing-man.com/robin/toasty/>





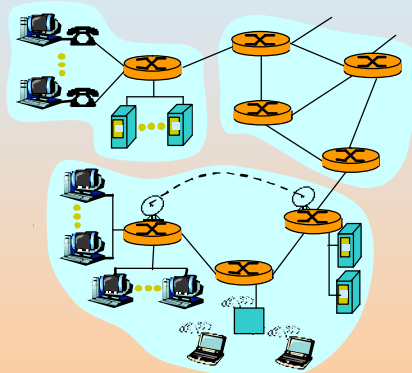
O que é a Internet

- **protocolos:** controlam o envio e a recepção de mensagens
 - ✓ p.ex., TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- **Internet: "rede de redes"**
 - ✓ fracamente hierárquica
 - ✓ Internet pública e Internets privadas (intranets)
- Internet standards
 - ✓ RFC: Request For Comments
 - ✓ IETF: Internet Engineering Task Force



Serviços da Internet

- **infraestrutura de comunicação** permite aplicações distribuídas:
 - ✓ WWW, email, games, e-commerce, database, chat,
 - ✓ mais?
- **serviços de comunicação oferecidos:**
 - ✓ sem conexão
 - ✓ orientado à conexão
- **cyberspace [Gibson]:**
"a consensual hallucination experienced daily by billions of operators, in every nation,"





O que é um protocolo?

Protocolos humanos:

- "Que horas são?"
- "Eu tenho uma pergunta"
- apresentações

... especifica msgs enviadas
... especifica ações tomadas quando msgs são recebidas ou outros eventos

protocolos de rede:

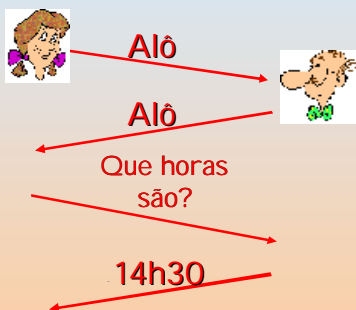
- máquinas ao invés de humanos
- toda a atividade de comunicação na Internet é governada por protocolos

protocolos definem os formatos, ordem das msgs enviadas e recebidas pelas entidades de rede e ações a serem tomadas na transmissão e recepção de mensagens

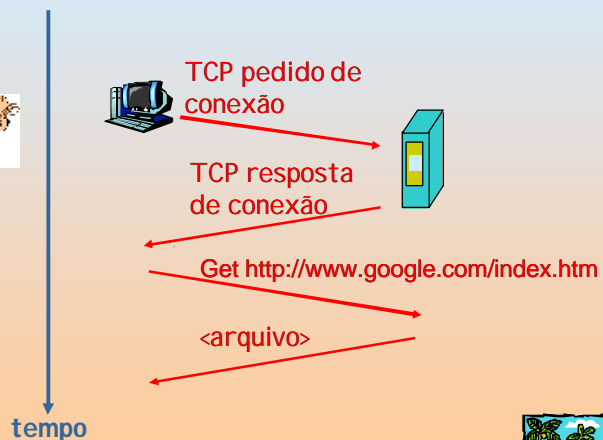


O que é um protocolo?

um protocolo humano



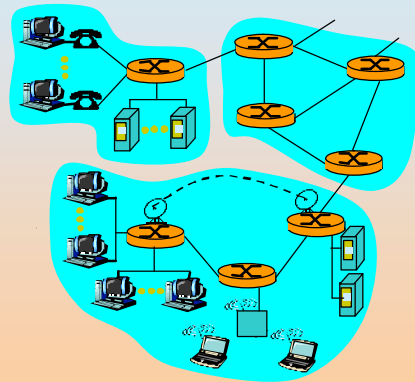
e um protocolo de rede de computadores:





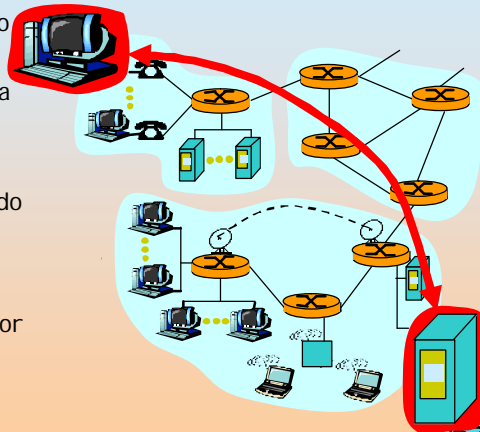
Uma visão mais de perto da estrutura da rede:

- **borda da rede:** aplicações e hosts (hospedeiros de aplicações)
- **núcleo da rede:**
 - ✓ roteadores
 - ✓ rede de redes
- **redes de acesso, meios físicos:** enlaces de comunicação



As bordas da rede

- **sistemas finais (hosts):**
 - ✓ executam programas de aplicação
 - ✓ p.ex., WWW, email
 - ✓ localizam-se nas extremidades da rede
- **modelo cliente/servidor**
 - ✓ o cliente toma a iniciativa enviando pedidos que são respondidos por servidores
 - ✓ p.ex., cliente WWW (browser)/servidor; cliente de email/servidor
- **modelo peer-to-peer:**
 - ✓ Prevê simetria de comunicação
 - ✓ p.ex.: teleconferência





Borda da rede: serviço orientado à conexão

- Meta:** transferência de dados entre sistemas finais.
- **Handshaking** (apresentação): estabelece as condições para o envio de dados antes de efetivamente enviá-los
 - ✓ Alô: protocolo humano
 - ✓ **estados de "conexão"** controlam a troca de mensagens entre dois hosts
 - **TCP - Transmission Control Protocol**
 - ✓ realiza o serviço orientado à conexão da Internet

Serviço TCP [RFC 793]

- **transferência de dados confiável e seqüencial (em ordem), orientada a cadeia de bytes**
 - ✓ perdas: reconhecimentos e retransmissões
- **controle de fluxo:**
 - ✓ evita que o transmissor afogue o receptor
- **controle de congestionamento:**
 - ✓ transmissor reduz sua taxa quando a rede fica congestionada



Borda da rede: serviço sem conexão

- Meta:** transferência de dados entre sistemas finais
- ✓ o mesmo de antes!
 - **UDP - User Datagram Protocol [RFC 768]:** Oferece o serviço sem conexão da Internet
 - ✓ transferência de dados não confiável
 - ✓ sem controle de fluxo
 - ✓ sem controle de congestionamento

Aplicações usando TCP:

- HTTP (WWW), FTP (file transfer), Telnet (remote login), SMTP (email)

Aplicações usando UDP:

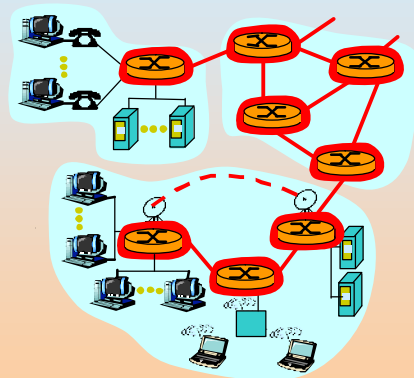
- streaming media, teleconferência, telefonia IP, SNMP





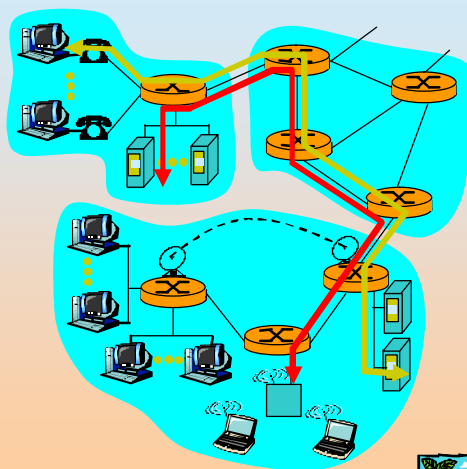
O núcleo da rede

- malha de roteadores interconectados
- **A questão fundamental:** como os dados são transferidos através da rede?
 - ✓ **comutação de circuitos:** usa um canal dedicado para cada conexão. Ex: rede telefônica
 - ✓ **comutação de pacotes:** dados são enviados em "blocos" discretos



Núcleo da rede: comutação de circuitos

- Recursos fim-a-fim são reservados por "chamada"
- taxa de transmissão, capacidade dos comutadores
 - recursos dedicados: não há compartilhamento
 - desempenho análogo aos circuitos físicos (QoS garantido)
 - exige estabelecimento de conexão





Núcleo da rede: comutação de circuitos

Recursos da rede (ex., capacidade de transmissão) **divididos em "pedaços"**


- pedaços alocados às chamadas
- pedaço do recurso desperdiçado se não for usado pelo dono da chamada (*sem compartilhamento*)
- formas de divisão da capacidade de transmissão em "pedaços"
 - ✓ divisão em frequência
 - ✓ divisão temporal

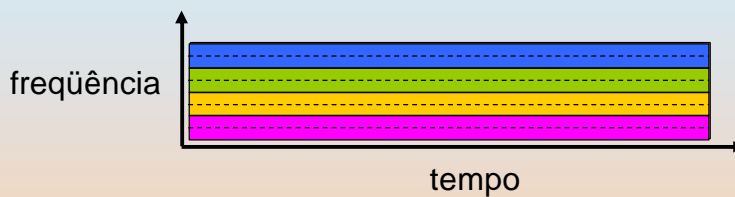


Comutação de Circuitos: FDMA e TDMA

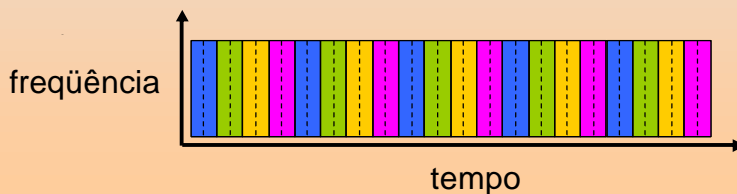
FDMA

Exemplo:

4 usuários 



TDMA





Núcleo da rede: comutação de pacotes

cada fluxo de dados fim-a-fim é dividido em pacotes

- os recursos da rede são compartilhados em bases estatísticas
- cada pacote usa toda a banda disponível ao ser transmitido
- recursos são usados na medida do necessário

~~comutação de circuitos:~~

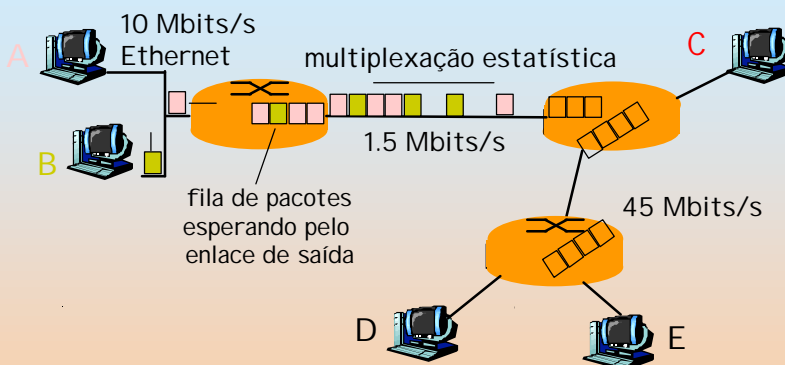
~~Banda passante é dividida em "slots"
Alocação fixa
Reserva de recursos~~

contenção de recursos:

- a demanda agregada por recursos pode exceder a capacidade disponível
- congestionamento: filas de pacotes, aumento do tempo de envio, perda de pacotes
- Armazena-e-envia (*store and forward*): pacotes se movem de um roteador para o outro (*hop-by-hop*) antes de serem retransmitidos
 - ✓ transmite no enlace
 - ✓ espera vez no enlace



Núcleo da rede: comutação de pacotes



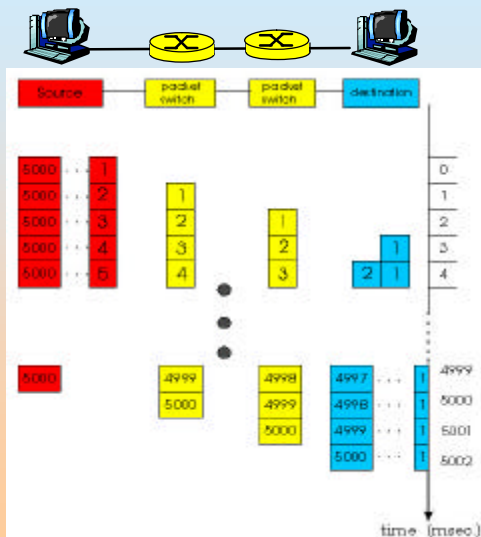
Comutação de pacotes versus comutação de circuitos: analogia com restaurante humano

- outras analogias humanas?





Núcleo da rede: comutação de pacotes



Comutação de Pacotes
(*Packet-switching*)
comportamento do tipo
armazena-e-envia
(*store and forward*)

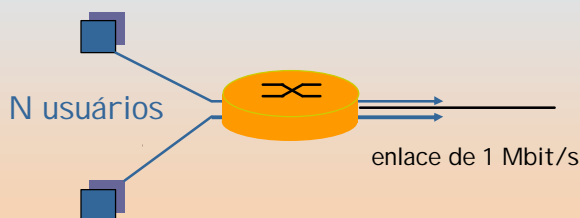
- mensagem dividida em pedaços (pacotes)
- comutador espera a chegada do pacote e depois faz reencaminhamento/roteamento
- Por que não enviar a mensagem inteira?



Comutação de Pacotes versus Comutação de Circuitos

Comutação de Pacotes permite que mais usuários usem a mesma rede!

- Enlace de 1 Mbit/s
- cada usuário:
 - ✓ 100Kbits/s quando "ativo"
 - ✓ ativo 10% do tempo
- comutação de circuitos:
 - ✓ 10 usuários
- comutação de pacotes:
 - ✓ com 35 usuários, probabilidade de mais de 10 ativos menor que 0,0004





Comutação de Pacotes versus Comutação de Circuitos

A comutação de pacotes é melhor sempre?

- Melhor para dados esporádicos
 - ✓ compartilhamento de recursos
 - ✓ não há estabelecimento de chamada
- **Congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes
 - ✓ protocolos são necessários para transferência confiável, controle de congestionamento
- **P: 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... (Ver QoS)



Redes de Comutação de Pacotes: roteamento

- **Objetivo:** mover pacotes entre roteadores da origem ao destino
 - ✓ estudaremos vários algoritmos de seleção de caminhos
- **redes de datagramas:**
 - ✓ 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 (ID de circuito virtual) - este número determina o próximo salto
 - ✓ o caminho é fixo e escolhido no instante de estabelecimento da conexão - permanece fixo durante toda a conexão
 - ✓ roteadores mantêm o estado de cada conexão





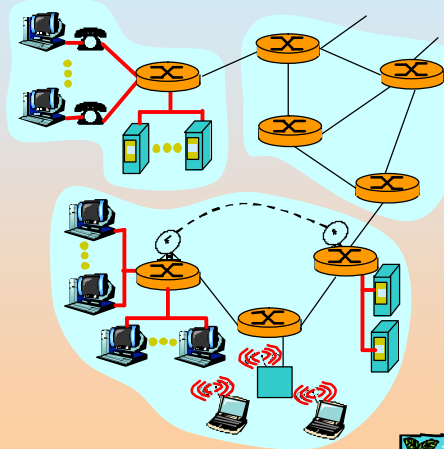
Redes de acesso e meios físicos

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

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

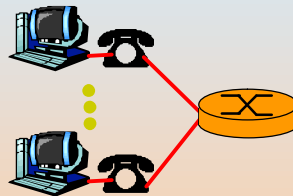
Atenção :

- a banda passante (bits por segundo) do canal de acesso define sua capacidade de transmissão de dados
- o compartilhamento reduz a banda disponível?



Acesso residencial: redes ponto-a-ponto

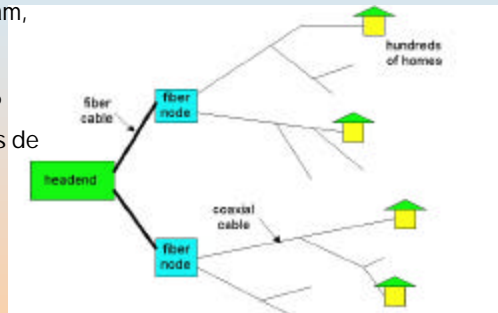
- Modem discado
 - ✓ até 56Kbps com acesso direto ao roteador (ao menos em tese)
- ISDN: rede digital de serviços integrados 128Kbps com conexão digital ao roteador passando pela rede pública de telefonia
- ADSL: *asymmetric digital subscriber line*
 - ✓ multiplexação de frequência
 - ✓ até 1 Mbps de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



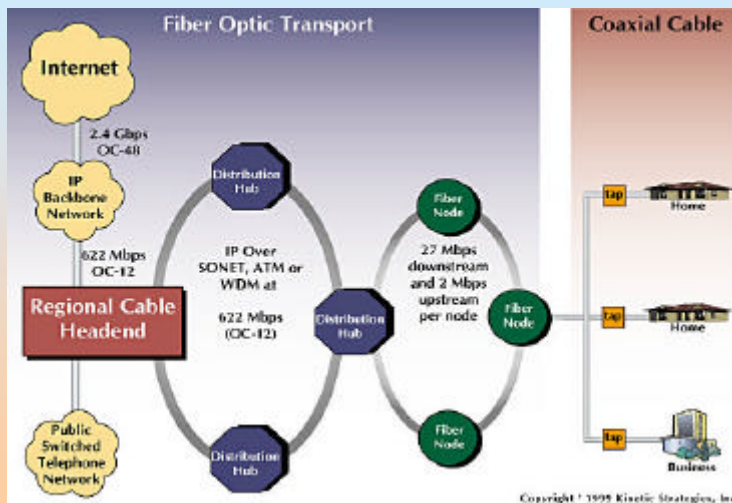


Acesso residencial: cable modems

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



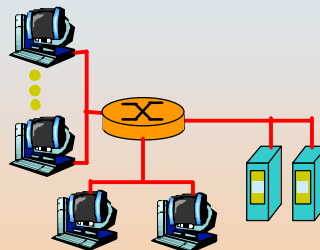
Acesso residencial: cable modems





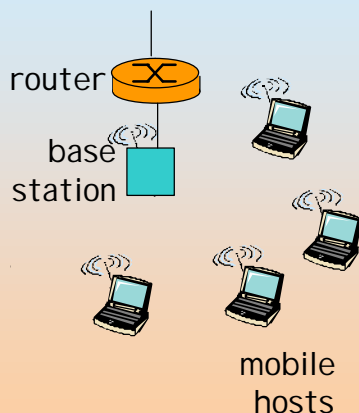
Acesso institucional: redes de área local

- Redes Locais (LANs) de companhias/univ conectam os sistemas finais ao roteador de acesso
- **Ethernet:**
 - ✓ cabo compartilhado ou dedicado conecta sistemas finais e o roteador
 - ✓ 10 Mbs, 100Mbps, Gigabit Ethernet
- **deployment** (implantação): em instituições e residências (no início)



Redes de Acesso Sem Fio (Wireless)

- Rede de acesso sem fio compartilhada conecta sistemas finais ao roteador de acesso
- **wireless LANs:**
 - ✓ utiliza ondas de rádio
 - ✓ padrão IEEE 802.11
 - ✓ p. ex., Lucent Wavelan 10 Mbps
- **wide-area wireless access**
 - ✓ CDPD (*Cellular Digital Packet Data*): acesso sem fio ao roteador do ISP via telefonia celular

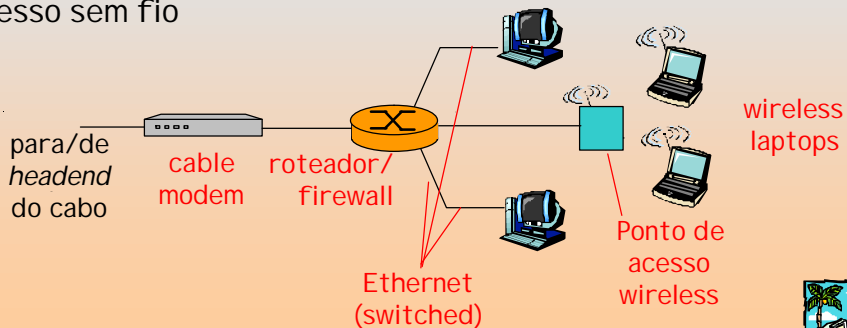




Redes Residenciais

Componentes típicos de uma rede residencial:

- ADSL ou cable modem
- roteador/ *firewall*
- Ethernet
- acesso sem fio



Meios Físicos

- **Enlace físico:**
 - ✓ meio de transmissão de sinais físicos que representam a informação
- **Meios guiados:**
 - ✓ os sinais se propagam em meios sólidos com caminho fixo: cobre, fibra
- **Meios não guiados:**
 - ✓ propagação livre: ex. rádio

Twisted Pair (TP) – Par trançado

- ✓ dois fios de cobre isolados
- ✓ Categoria 3: taxas de transmissão até 10 Mbps
- ✓ Categoria 5 : 100Mbps ethernet

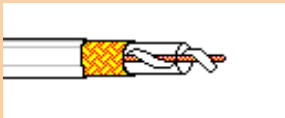




Meio Físico: coaxial, fibra

Cabo Coaxial:

- núcleo de fio (portador de sinal) dentro de uma blindagem de fio (shield)
 - ✓ banda base: um único canal (sinal) presente no cabo
 - ✓ banda larga (*broadband*): múltiplos canais (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 (p.ex., 5 Gps)
- baixa taxa de erros e imunidade a ruídos



Meio Físico: rádio

- sinal transportado dentro do espectro eletromagnético
- não há fios físicos
- bidirecional
- o ambiente afeta a propagação:
 - ✓ reflexão
 - ✓ obstrução por objetos
 - ✓ interferência

Tipos de canais de rádio:

- **microondas**
 - ✓ canais de até 155 Mbps
- **LAN** (p.ex., waveLAN)
 - ✓ 2Mbps, 11Mbps
- **wide-area** (p.ex., celular)
 - ✓ p.ex., CDPD, 10's Kbps
- **satélite**
 - ✓ Geoestacionários:
 - 36.000 Km
 - 100s Mbps
 - ~250 ms de atraso fim-a-fim
 - ✓ LEOS (baixa altitude)





Atraso em Redes de Pacotes

pacotes sofrem atrasos durante a transmissão fim-a-fim

➤ **quatro** fontes de atraso em cada nó da rede (*hop*)

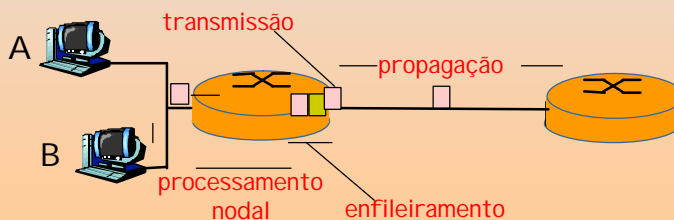
- ✓ *Processamento nodal*
- ✓ *Enfileiramento*
- ✓ *Transmissão*
- ✓ *Propagação*

➤ **processamento nodal** :

- ✓ examina erros de bits
- ✓ escolhe enlace de saída

➤ **enfileiramento**

- ✓ tempo esperando para transmissão no enlace de saída
- ✓ depende do nível de congestionamento do roteador



Atraso em Redes de Pacotes

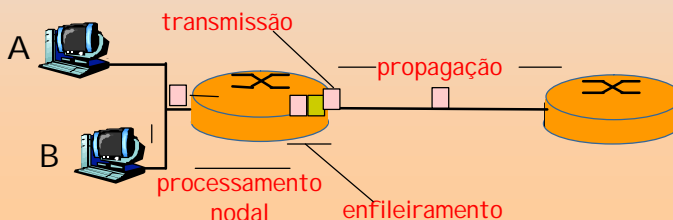
Atraso de transmissão:

- 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 (~ de 2×10^8 a 3×10^8 m/s)
- atraso de propagação = d/s

Nota: s e R são quantidades muito diferentes!

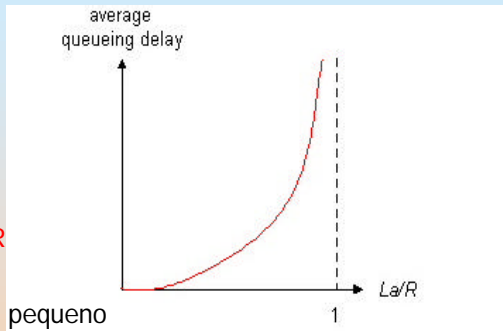




Atraso de filas

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

intensidade de tráfego = La/R



- $La/R \sim 0$: atraso médio de fila pequeno
- $La/R \rightarrow 1$: importante a natureza das chegadas:
 - ✓ Periódica, pacote a pacote: não há atraso
 - ✓ Periódica, em rajadas: atrasos significativos
 - ✓ Esporádica (aleatória): atraso tende a crescer muito
- $La/R > 1$: chega mais trabalho do que a capacidade de transmissão. O atraso médio cresce indefinidamente!



Rotas e atrasos na Internet "real"

traceroute: roteadores e retardos de ida e volta num caminho fonte-destino (também: pingplotter, vários programas windows, www.traceroute.org)

Rastreamento a rota para www.google.akadns.net [64.233.171.104]:

```

1  <1 ms  <1 ms  <1 ms  10.0.16.1
2  18 ms  22 ms  14 ms  172.19.13.2
3  17 ms  27 ms  14 ms  cisco-gw.sigmanet.com.br [200.245.19.1]
4  27 ms  20 ms  37 ms  embratel-s2-1-3-acc03.cas.embratel.net.br [200.231.19.209]
5  23 ms  24 ms  28 ms  200.230.159.21
6  43 ms  38 ms  32 ms  ebt-A10-0-3-core03.spo.embratel.net.br [200.230.1.170]
7  31 ms  25 ms  18 ms  ebt-P6-0-intl01.spo.embratel.net.br [200.230.1.153]
8  149 ms  147 ms  144 ms  ebt-so-2-0-0-intl01.mia6.embratel.net.br [200.230.3.14]
9  138 ms  142 ms  140 ms  peer-so-2-1-0-intl01.mia6.embratel.net.br [200.167.0.10]
10 133 ms  144 ms  138 ms  0.so-1-1-0.XR2.MIA4.ALTER.NET [152.63.85.6]
11 138 ms  136 ms  145 ms  0.so-4-2-0.XL2.MIA4.ALTER.NET [152.63.101.46]
12 170 ms  164 ms  164 ms  0.so-4-2-0.XL2.ATL5.ALTER.NET [152.63.81.81]
13 151 ms  164 ms  157 ms  0.so-7-0-0.BR3.ATL5.ALTER.NET [152.63.87.93]
14 154 ms  149 ms  164 ms  so-1-1-0.gar2.atlanta1.level3.net [4.68.127.177]
15 153 ms  157 ms  159 ms  so-3-3-0.bbr1.atlanta1.level3.net [4.68.96.13]
16 157 ms  179 ms  160 ms  ge-10-2.hsa1.atlanta1.level3.net [64.159.3.70]
17 146 ms  149 ms  148 ms  unknown.level3.net [63.211.121.30]
18 181 ms  180 ms  178 ms  216.239.46.146
19 174 ms  176 ms  168 ms  216.239.46.78
20 174 ms  182 ms  176 ms  64.233.171.104

```

Rastreamento concluído.





Camadas de Protocolos

Redes são complexas

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

Questão:

É possível se *organizar* a arquitetura de uma rede?

Ou pelo menos nossa discussão sobre redes?



Organização de uma viagem aérea

passagem (compra)

bagagem (verificação)

portões (carga)

decolagem

navegação aérea

passagem (reclamação)

bagagem (receber)

portões (descarga)

aterrisagem

navegação aérea

roteamento da aeronave

- 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

Aeroporto de partida

- passagem (compra)
- bagagem (verificação)
- portões (carga)
- decolagem
- navegação aérea

- passagem (reclamação)
- bagagem (receber)
- portões (descarga)
- aterisagem
- navegação aérea

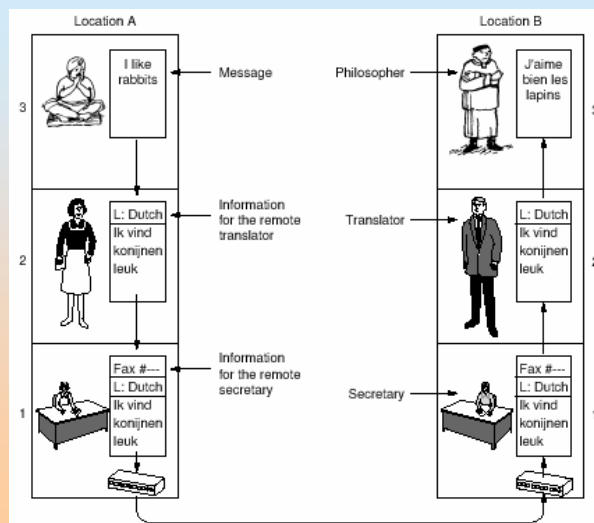
aeroporto de chegada

sites de tráfego aéreo intermediários

- roteamento do avião
- roteamento do avião
- roteamento do avião



Outro exemplo: A arquitetura Filósofo-Tradutor-Secretária





Por que camadas?

Convivendo com sistemas complexos:

- estrutura explícita permite identificação e o relacionamento das partes de um sistema complexo
 - ✓ um **modelo de referência** 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
- Pode haver problemas com a divisão em camadas?



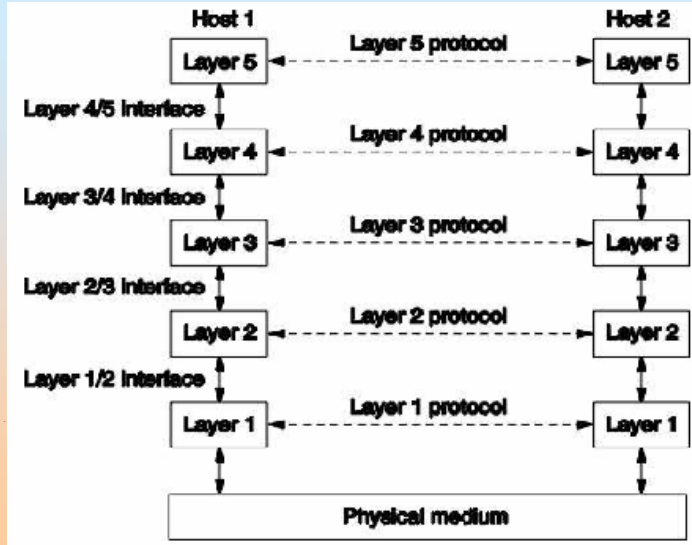
Hierarquias de protocolos

- Redes são estruturadas em camadas ou níveis
- Uma camada oferece serviços à camada superior
- A camada n de uma máquina estabelece um diálogo com a camada n de outra máquina.
 - ✓ as regras e convenções usadas no diálogo são conhecidas como o protocolo do nível n.
 - ✓ as entidades que constituem os níveis correspondentes em máquinas diferentes são denominadas pares.
 - ✓ entidades pares comunicam-se usando um protocolo.
- Arquitetura de rede: conjunto de camadas e protocolos





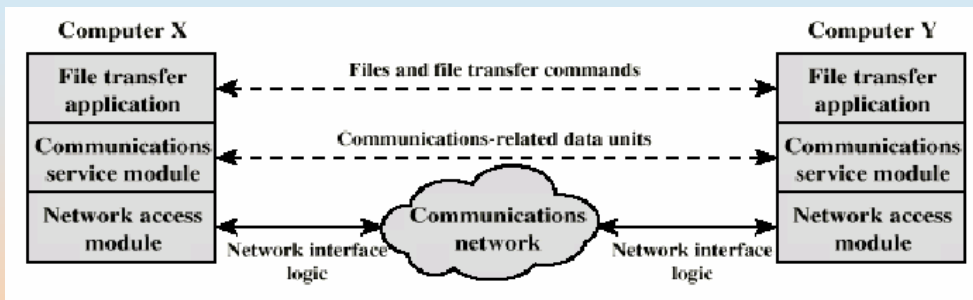
Camadas, protocolos e interfaces



TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice- Hall, 2003.



Exemplo de Sistema em Camadas

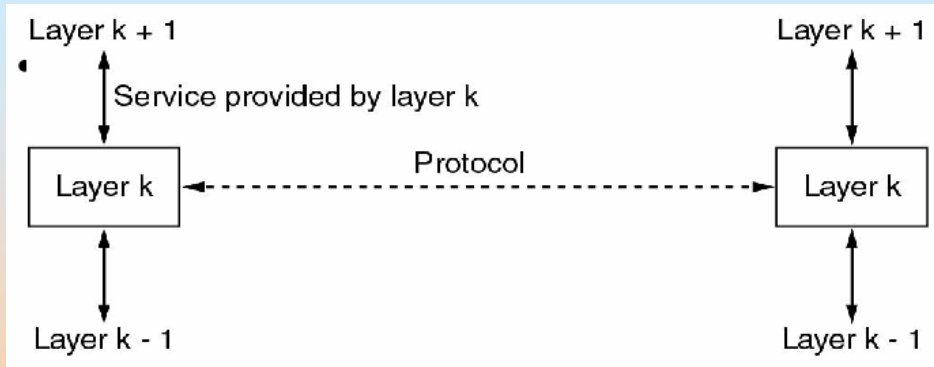


STALLINGS, W. Data and Computer Communications. 7th ed. Prentice- Hall, 2003





Relação entre serviço e protocolo



TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice- Hall, 2003.



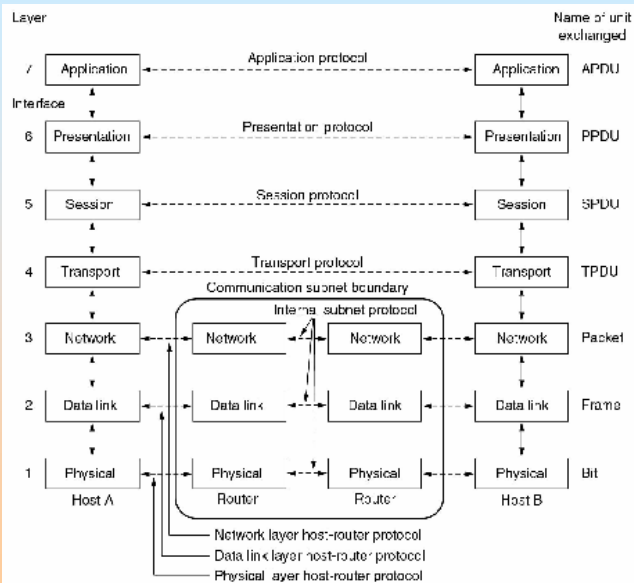
A Relação entre Serviços e Protocolos

- Um serviço é um conjunto de primitivas (operações) que um nível (camada) fornece ao nível acima dele.
 - ✓ Um serviço não especifica como as operações são implementadas.
- Um protocolo é um conjunto de regras governando o formato e o significado dos quadros, pacotes ou mensagens trocados por entidades pares de uma camada.
- Entidades usam protocolos a fim de implementar as suas definições de serviços.
 - ✓ Entidades podem mudar seus protocolos à vontade, desde que não mudem os serviços oferecidos.





Modelo de Referência OSI / ISO



Livro Texto: Kurose
Eduardo Nicola F. Zagari

TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice- Hall, 2003.

49

Introdução a Redes de Computadores



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"



Livro Texto: Kurose
Eduardo Nicola F. Zagari

50

Introdução a Redes de Computadores

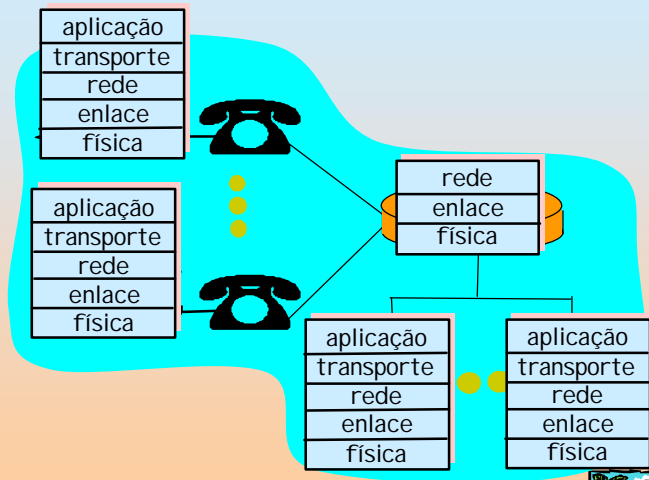




Divisão em camadas: comunicação lógica

Cada camada:

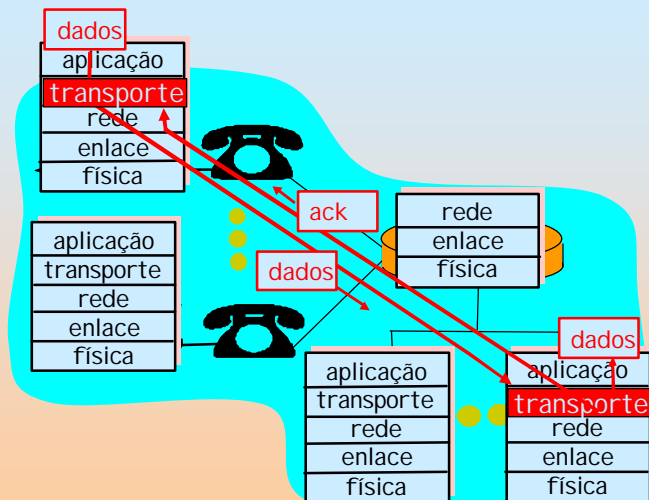
- distribuída
- “entidades” implementam as funções da camada em cada nó
- entidades realizam ações, trocam mensagens com as pares



Divisão em camadas: comunicação lógica

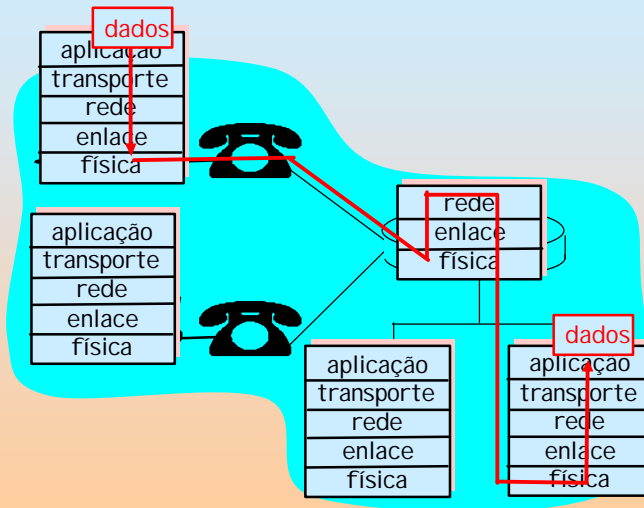
Ex.: transporte

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



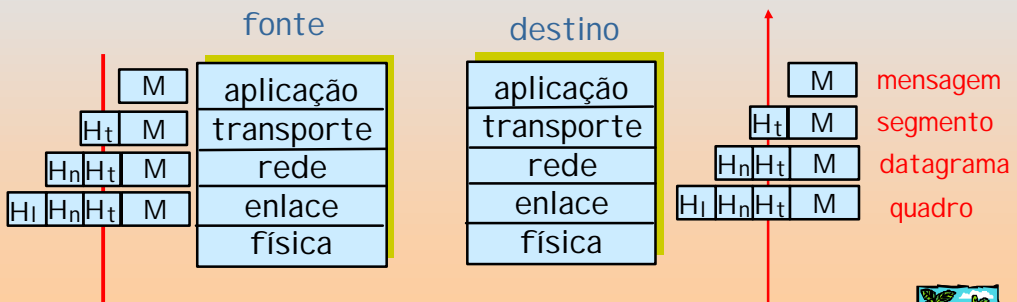


Divisão em camadas: comunicação física



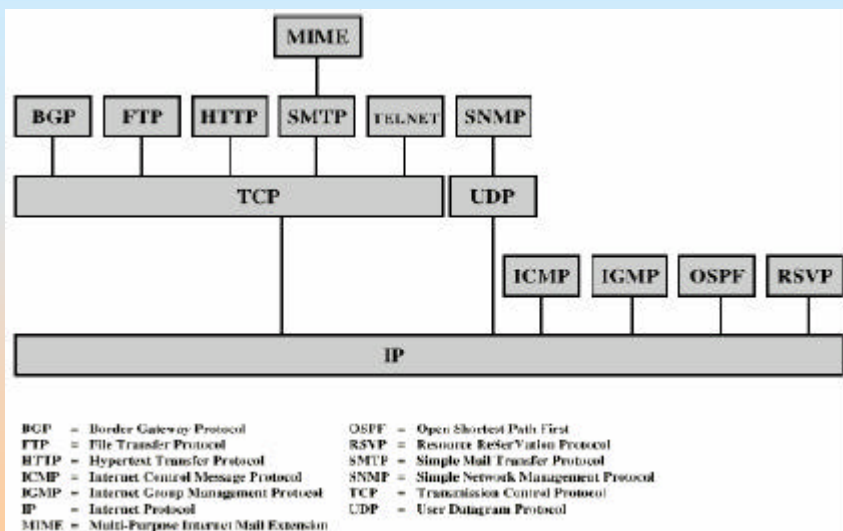
Camadas de Protocolos e dados

- 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





Alguns Protocolos da Arquitetura TCP/ IP

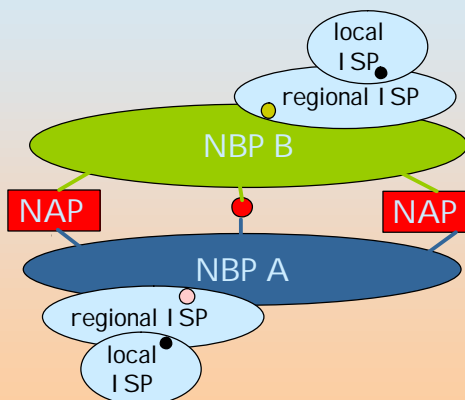


STALLINGS, W. Data and Computer Communications. 7th ed. Prentice- Hall, 2003



Estrutura da Internet: rede de redes

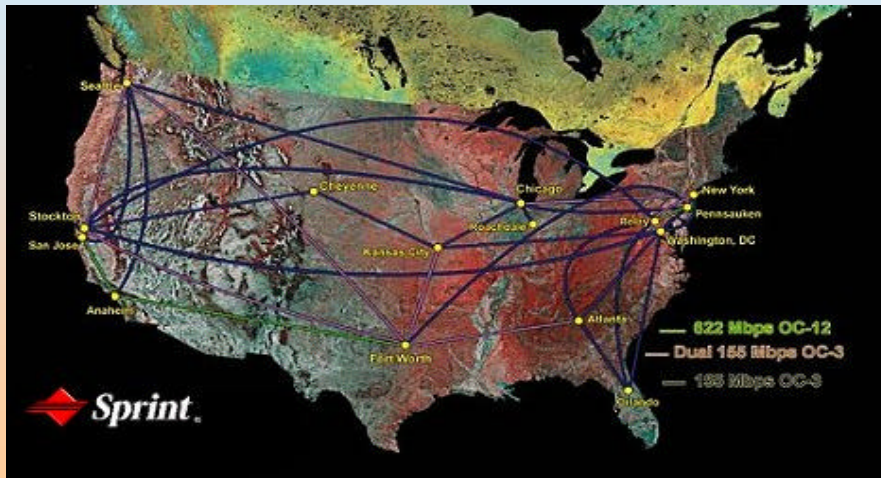
- grosseiramente hierárquica
- provedores de *backbones* nacionais e internacionais (NBPs)
 - ✓ ex. BBN/GTE, Sprint, AT&T, IBM, UUNet
 - ✓ interconectam-se (peer) entre si privadamente ou em um Network Access Point (NAPs) público
- ISPs regionais
 - ✓ conectam-se nos NBPs
- ISPs locais
 - ✓ conectam-se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



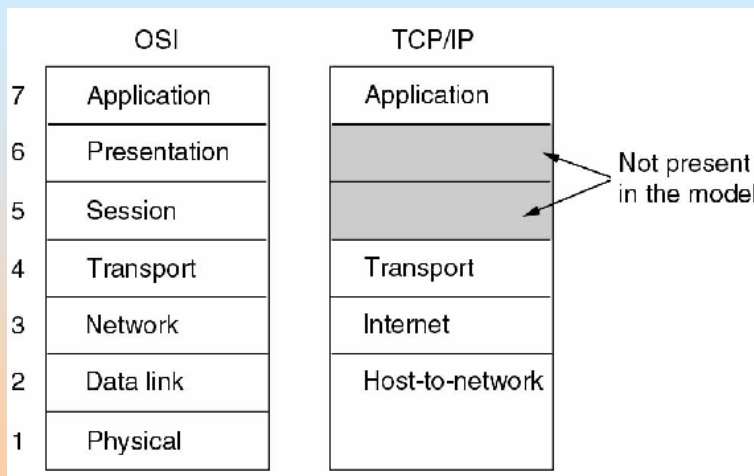


Exemplo de Provedor de Backbone Nacional

ex. Sprint US backbone network



OSI / ISO versus TCP/IP



TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice- Hall, 2003.





Comparação dos MR OSI e TCP/ IP

- Os protocolos estão melhor encapsulados no OSI que no TCP/ IP
- O OSI / RM foi concebido antes dos protocolos
 - ✓ tornou- o bastante geral
 - ✓ não era evidente que funcionalidade colocar em cada camada
- TCP/ IP: os protocolos vieram antes do modelo
 - ✓ os protocolos aderem perfeitamente ao modelo;
 - ✓ o modelo não casa com outras pilhas de protocolos;
 - ✓ não é muito útil para descrever redes que não usam o TCP/ IP.



Crítica ao Modelo e Protocolos OSI

- No final da década de 80 acreditava- se que o modelo OSI e seus protocolos iriam se impor. Isto não ocorreu.
- Motivos:
 - ✓ Momento inadequado
 - ✓ Tecnologia inadequada
 - ✓ Implementações deficientes





Crítica ao Modelo TCP/ IP

- Não distingue claramente os conceitos de serviço, interface e protocolo
- Não é um modelo geral: pouco adequado para qualquer outra pilha de protocolos
- A camada hospedeiro-rede, não é de fato uma camada, ela é na verdade uma interface
- Não distingue (ou mesmo menciona) as camadas física e de enlace de dados



Padrões

- Vantagens
 - ✓ Garantem um grande mercado para equipamentos e *software*
 - ✓ Permitem que produtos de diferentes vendedores se comuniquem
- Desvantagens
 - ✓ "Congelam" a tecnologia
 - ✓ Pode haver vários padrões para a mesma coisa, duplicação de funções em camadas





Organizações de Padronização

- *Internet Society* (IETF, ..)
- IEEE
- W3C
- ISO
- ITU- T (antiga CCITT)
- Fórum ATM
- ...



Exemplos de Redes

- A Internet
- Redes orientadas a conexão:
 - ✓ X. 25, Frame Relay, ATM
- Ethernet
- LANs sem fio : 802: 11





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 satélite no Hawaí
- 1973: tese de PhD de Metcalfe 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 (precursor do ATM)
- 1979: ARPANet cresce para 200 nós

Princípios de Cerf e Kahn de para interconexão de redes:

- ✓ minimalismo, autonomia - não se exigem mudanças internas para interconexão de redes
- ✓ modelo de serviço: melhor esforço
- ✓ roteadores sem estado ("stateless")
- ✓ controle descentralizado

Define a arquitetura da Internet de hoje





História da Internet

1980-1990: novos protocolos, 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: Cnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 hosts conectados à confederação de redes



História da Internet

anos 90: explosão da Internet e a WWW

- Início dos anos 90: ARPAnet desativada
- 1991: NSF retira restrições sobre o uso comercial da NSFnet (desativada 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:
 - est. 50 milhões de computadores na Internet
 - est. 100 milhões de usuários
 - enlaces de *backbone* operando a 1 Gbits/s
 - comercialização da WWW
 - Novas aplicações





Introdução: Sumário

Cobriu uma "tonelada" de material!

- Visão Geral da Internet
- 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

