

Introdução

Objetivo:

- ❑ obter contexto e visão geral sobre redes
- ❑ maior profundidade e detalhes serão vistos ao longo do curso
- ❑ abordagem:
 - descritiva
 - a Internet como exemplo

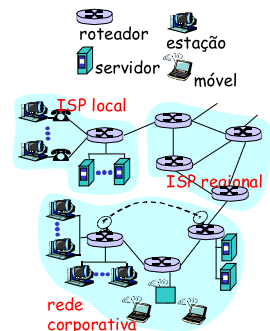
Visão Geral:

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

1

O que é a Internet

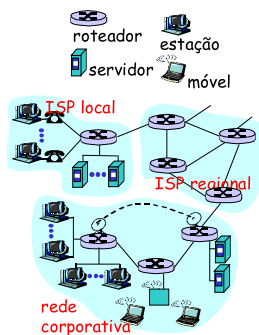
- ❑ milhões de elementos de computação interligados: *hospedeiros (hosts)*, *sistemas finais*
 - estações de trabalho, servidores
 - telefones digitais, torradeiras de pão, etc.
- executando *aplicações distribuídas*
- ❑ *enlaces de comunicação*
 - fibra, cobre, rádio, satélite
- ❑ *roteadores*: enviam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



2

O que é a Internet

- ❑ *protocolos*: controlam o envio e a recepção de mensagens
 - e.g., TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- ❑ *Internet*: "rede de redes"
 - fracamente hierárquica
 - Internet pública e internets privadas (intranets)
- ❑ Padrões da Internet
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



3

Componentes de Redes (Exemplos)

enlaces



Interfaces



Switches/roteadores



4

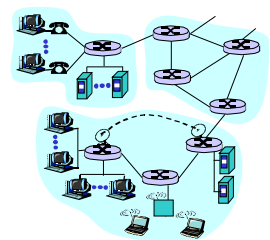
Roteadores Juniper



5

Serviços da Internet

- ❑ *infra-estrutura de comunicação* permite aplicações distribuídas:
 - WWW, email, jogos, comércio, bases de dados, chat etc.
- ❑ *serviços de comunicação oferecidos*:
 - sem conexão
 - orientado a conexão
- ❑ *ciberspaço [Gibson]*:
 - "a consensual hallucination experienced daily by billions of operators, in every nation,"



6

O que é um protocolo?

Protocolos humanos:

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

... mensagens enviadas

... ações tomadas quando msgs são recebidas ou certos outros eventos ocorrem (p.ex. timeouts)

protocolos de rede:

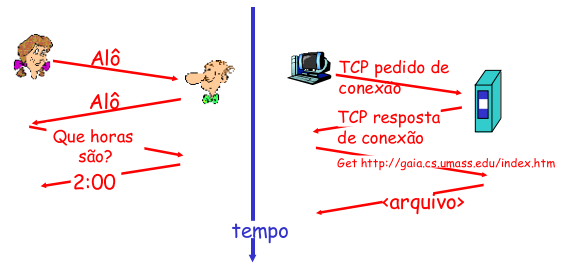
- máquinas ao invés de humanos
- toda a atividade de comunicação na Internet é governada por protocolos

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

7

O que é um protocolo?

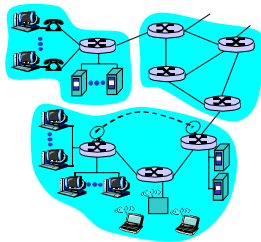
um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores:



8

Uma visão mais de perto da estrutura da rede:

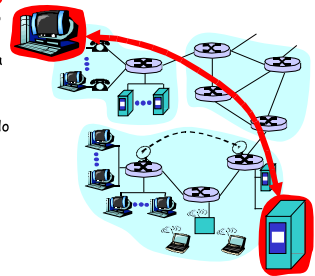
- **borda/periferia da rede:** aplicações e hospedeiros
- **núcleo da rede:**
 - roteadores
 - rede de redes
- **redes de acesso, meios físicos:** enlaces de comunicação



9

As bordas da rede

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



10

Borda da rede: serviço orientado a conexão

Meta: transferência de dados entre sistemas finais.

- **apresentação (handshaking):** preparação para o envio de dados
 - Alô: protocolo humano
 - **estado de "conexão"** em dois hospedeiros comunicantes
- **TCP - Transmission Control Protocol**
 - realiza o serviço orientado à conexão da Internet

serviço TCP [RFC 793]

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

11

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 congestão

Aplicações usando TCP:

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

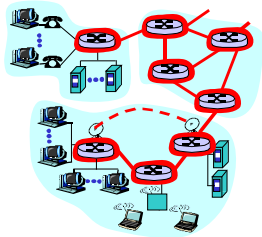
Aplicações usando UDP:

- **streaming**, teleconferência, telefonia IP, SNMP

12

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

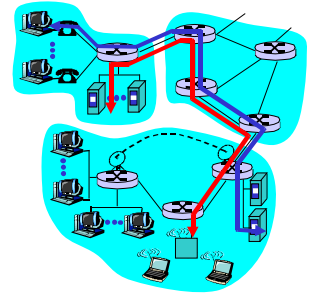


13

Núcleo da Rede: Comutação de Circuitos

Recursos fim-a-fim são reservados por "chamada"

- taxa de transmissão, capacidade dos computadores
- recursos dedicados: não há compartilhamento
- desempenho análogo ao dos circuitos físicos (QoS garantida)
- exige estabelecimento de conexão



14

Núcleo da Rede: Comutação de Circuitos

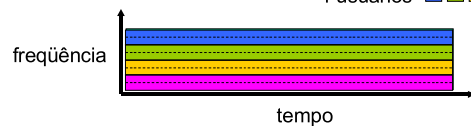
Recursos da rede (ex., capacidade de transmissão) dividida em "pedaços"

- 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

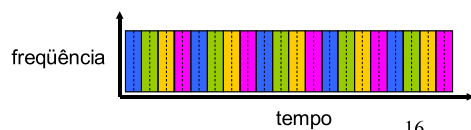
15

Comutação de Circuitos: FDMA e TDMA

FDMA



TDMA



16

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:

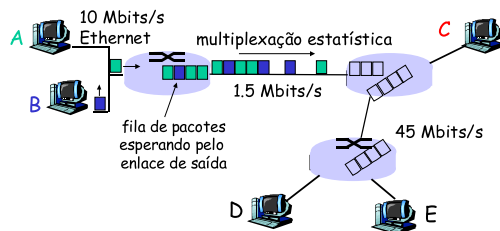
Banda passante é dividida em "slots"
Alocação fixa
Reserva de recursos

contenção por recursos:

- a demanda agregada por recursos pode exceder a capacidade disponível
- congestão: filas de pacotes, aumento do tempo de envio, perda de pacotes
- armazena-e-reenvia: pacotes movem-se um passo/salto (*hop*) de cada vez

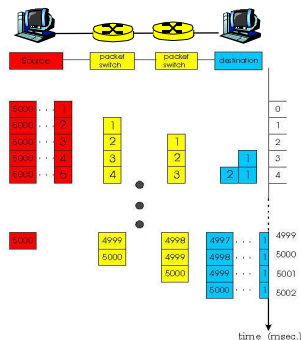
17

Núcleo da rede: comutação de pacotes



18

Núcleo da rede: Comutação de Pacotes



Comutação de Pacotes:
comportamento do tipo
armazena-e-reenvia:

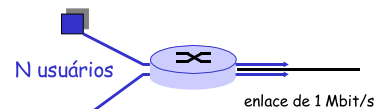
- mensagem dividida em pedaços (pacotes)
- comutador espera a chegada do pacote e depois faz o repasse (re-encaminhamento, roteamento)
- Por que não enviar a mensagem inteira?

19

Comutação de Pacotes X Comutação de Circuitos

Comutação de Pacotes permite que mais usuários usem a rede!

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



20

Comutação de Pacotes X Comutação de Circuitos

A comutação de pacotes é sempre melhor?

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

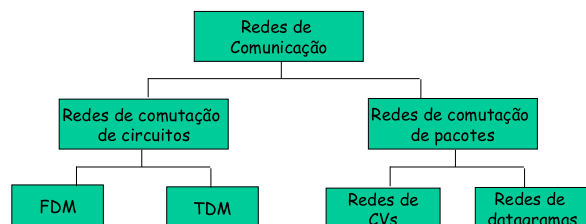
21

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)
- **rede de datagramas:**
 - o endereço de destino determina o próximo salto
 - rotas podem mudar durante uma sessão
- **rede de circuitos virtuais:**
 - cada pacote leva um número (ID de circuito virtual), o 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

22

Taxonomia de Redes



- Uma rede de datagramas pode ou não ser orientada a conexão
- A Internet oferece às aplicações tanto serviços orientados a conexão (TCP) como serviços sem conexão (UDP).

23

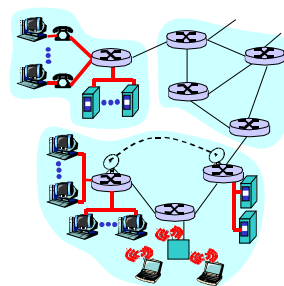
Redes de acesso e meios físicos

Como conectar sistemas finais aos roteadores de borda:

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

Observe:

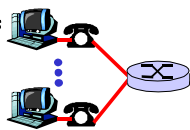
- a largura de banda (bits por segundo) da rede/canal de acesso
- compartilhado ou dedicado?



24

Acesso residencial: redes ponto-a-ponto

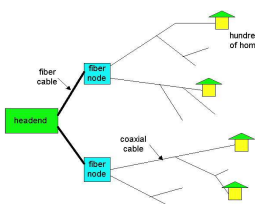
- **Modem discado**
 - o até 56Kbps com acesso direto ao roteador (ao menos em tese)
- **ISDN**: rede digital de serviços integrados 128Kbps com conexão digital ao roteador passando pela rede pública de telefonia
- **ADSL: asymmetric digital subscriber line**
 - o multiplexação de frequência
 - o até 1 Mbps casa-roteador (enlace de subida)
 - o até 8 Mbps roteador-casa (enlace de descida)
 - o acesso ao roteador através de um backbone



25

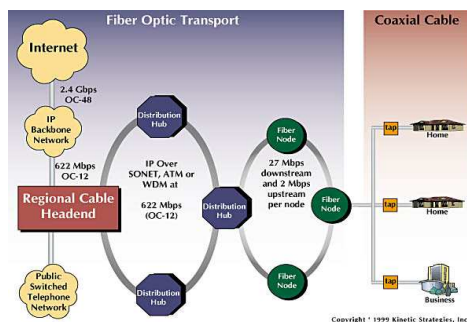
Acesso residencial: cable modems

- **HFC: hybrid fiber coax**
 - o Modems de cabo (*cable modems*)
 - o assimétrico: até 2Mbps upstream, 30 Mbps downstream
- **rede de cabo e fibra** liga residências ao roteador do ISP
 - o acesso compartilhado das casas de um condomínio ou de um bairro
 - o aspectos: congestão, dimensionamento
- **implantação**: companhias de TV a cabo



26

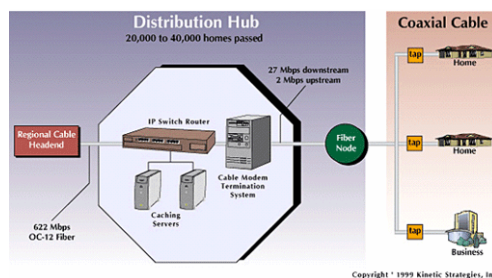
Acesso residencial: cable modems



Cable Modem Technology & Services NOVEMBER 01, 2006.
http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=109449&site=cdn

27

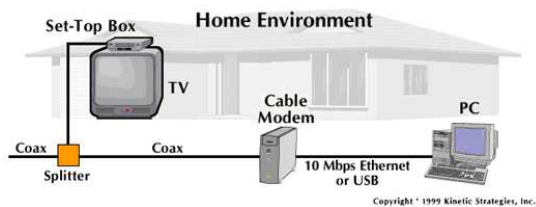
Acesso residencial: cable modems



http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=109449&site=cdn

28

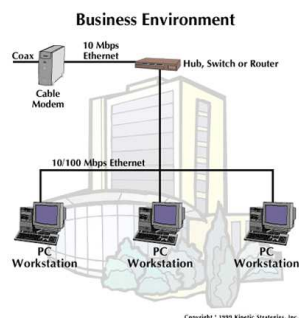
Acesso residencial: cable modems



http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=109449&site=cdn

29

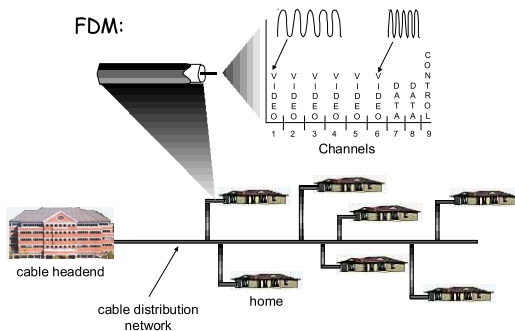
Acesso residencial: cable modems



http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=109449&site=cdn

30

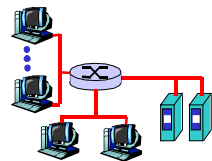
Acesso residencial: *cable modems*



31

Acesso institucional: redes locais

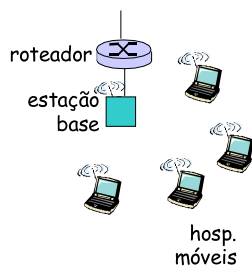
- Redes locais (LANs) de companhias/univ. (LAN) conectam os sistemas finais ao roteador de acesso
- **Ethernet:**
 - cabo compartilhado ou dedicado conecta sistemas finais e o roteador
 - 10 Mbs, 100Mbps, Gigabit Ethernet, 10Gb
- **implantação:** em instituições; LANs residências
- LANs: cap. 5



32

Redes de Acesso Sem fio

- Rede de acesso *sem fio* compartilhada conecta sistemas finais ao roteador de acesso
- **wireless LAN:**
 - utiliza ondas de rádio
 - 802.11b (WiFi): 11 Mbps, 802.11g: 54 Mbps
- **wide-area wireless access**
 - Oferecida por operadoras de telecomunicações
 - 3G ~ 384 kbps
 - WAP/GPRS

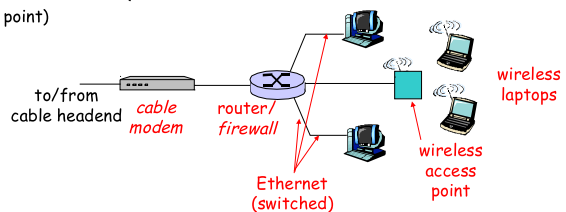


33

Redes Residenciais

Componentes típicos de uma rede residencial:

- ADSL ou *cable modem*
- roteador/ *firewall*
- Ethernet
- acesso sem fio (wireless access point)



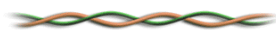
34

Meios Físicos

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

Par trançado (Twisted Pair - TP)

- dois fios de cobre isolados
 - Categoria 3: fios telefônicos tradicionais, Ethernet 10 Mbps
 - Categoria 5: Ethernet 100Mbps



35

Meio Físico: coaxial, fibra

Cabo Coaxial:

- núcleo de fio (portador de sinal) dentro de uma blindagem (*shield*)
 - banda base: um único canal presente no cabo
 - banda larga: vários canais no cabo
- bidirecional



Cabo de fibra óptica:

- fibra de vidro transportando pulsos de luz
- alta velocidade de operação:
 - 100 Mbps Ethernet
 - alta velocidade com transmissão ponto-a-ponto (Gbps)
- baixa atenuação, grande imunidade a ruídos



36

Meio Físico: radio

- ❑ sinal transportado no espectro eletromagnético
- ❑ não há fios físicos
- ❑ bidirecional
- ❑ o ambiente afeta a propagação:
 - o reflexão
 - o obstrução por objetos
 - o interferência

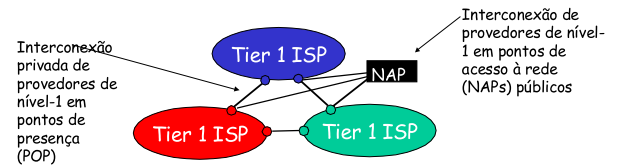
Tipos de canais de rádio:

- ❑ microondas
 - o canais de até 155 Mbps
- ❑ LAN
 - o 2Mbps, 11Mbps, 54Mbps, 108Mbps
- ❑ wide-area (e.g., celular)
 - o e.g. 3G, 100's Kbps
- ❑ Satélite
 - o Geostacionários: 100s de Mbps; a 36.000km; 270 ms de retardo fim-a-fim
 - o LEOs (baixa altitude)

37

Estrutura da Internet : rede de redes

- ❑ Grosseiramente hierárquica
- ❑ No centro: ISPs de Nível-1 (tier-1) cobertura nacional / internacional



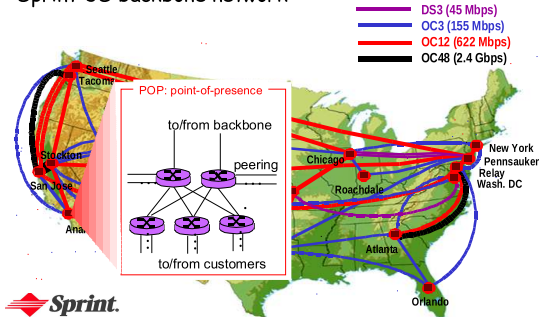
POP: Um ou mais roteadores na rede do ISP, aos quais roteadores de outros ISP ou de clientes podem se conectar.

NAP: Redes de comutação de alta velocidade através das quais ISPs de vários níveis podem se interconectar.

38

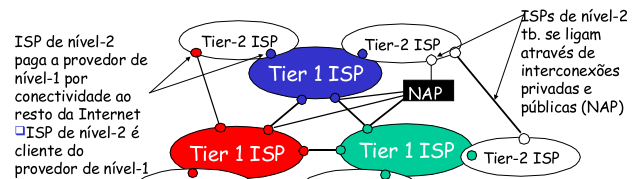
Tier-1 ISP: e.g., Sprint

Sprint US backbone network



Estrutura da Internet : rede de redes

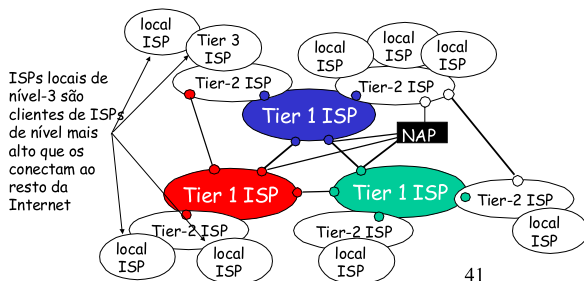
- ❑ ISPs de nível-2: ISPs menores (geralmente regionais)



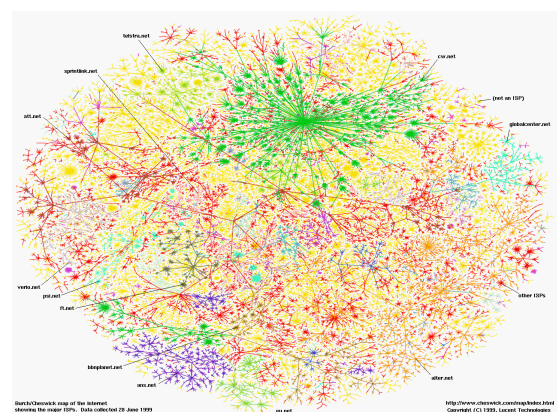
40

Estrutura da Internet : rede de redes

- ❑ ISPs de nível-3 e ISP locais



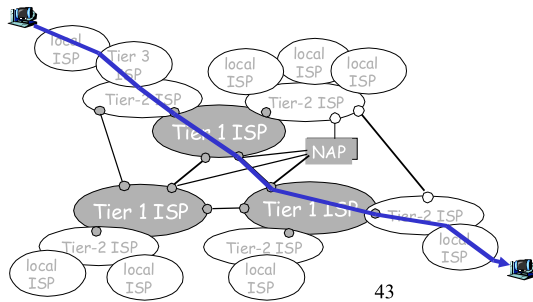
41



42

Estrutura da Internet : rede de redes

- Um pacote passa por muitas redes!



43

Retardo em Redes de Pacotes

fontes de retardo em cada passo (hop):

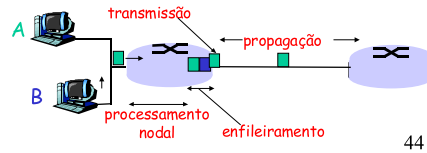
- processamento nodal
- enfileiramento
- transmissão
- propagação

- processamento nodal** :

- examina erros de bits
- escolhe enlace de saída

- enfileiramento**

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



44

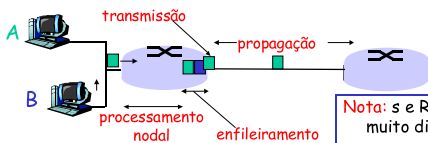
Retardo em Redes de Pacotes

Retardo de transmissão:

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

Retardo de propagação:

- d = comprimento do enlace físico
- s = velocidade de propagação no meio (de 2×10^8 a 3×10^8 m/s)
- retardo de propagação = d/s



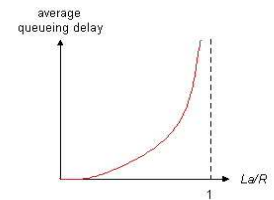
Nota: s e R são quantidades muito diferentes!

45

Retardo em fila

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

intensidade de tráfego = La/R



- $La/R \sim 0$: retardo médio de fila pequeno
- $La/R \rightarrow 1$: importante a natureza das chegadas:
 - periódica, pacote a pacote: não há retardo
 - periódica, em rajadas: retardos significativos
 - esporádica (aleatória): retardo tende a crescer muito (v. fig.)
- $La/R > 1$: chega mais trabalho do que é possível atender, retardo médio infinito!

46

Medidas de Desempenho ...

- Largura de Banda (Bandwidth)**
 - Hz X bps
 - número de bits que podem ser transmitidos por segundo
- Vazão (throughput)**
 - desempenho (medido) de um sistema
 - bits efetivamente transferidos por segundo (enlace X fim-a-fim)
 - Vazão = Quantidade de Dados / Tempo de Transferência
 - notação
 - Memória: KB, MB, GB = 2^{10} bytes, 2^{20} bytes, 2^{30} bytes
 - Comunicação: kbps, Mbps, Gbps = 10^3 , 10^6 , 10^9 bits/segundo
- Largura de banda e vazão às vezes são usados como sinônimos
- enlace X fim-a-fim

47

Medidas de Desempenho ...

- Latência, atraso ou retardo:** Tempo que uma mensagem leva para ir de um ponto A para um ponto B
 - Também pode ser calculada num enlace ou num canal fim a fim
- Latência = Transmissão + Propagação + Fila**
 - Transmissão = Quantidade de Dados / Largura de Banda
 - Propagação = Distância / Velocidade de Propagação
 - Velocidade de propagação (em m/s)
 - 3.0×10^8 no vácuo (c)
 - 2.3×10^8 num cabo
 - 2.0×10^8 numa fibra óptica
 - Fila - tempo gasto em filas de comutadores da rede
- Às vezes interessa o RTT (round-trip time)

48

Rotas e retardos na Internet "real"

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

Três medidas de retardo 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 r312-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-vallbonne.r312.fr.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 transoceânico

* Indica falta de resposta

49

Camadas de Protocolos

Redes são complexas

□ muitos componentes:

- o hospedeiros
- o roteadores
- o enlaces de vários tipos
- o aplicações
- o protocolos
- o hardware, software

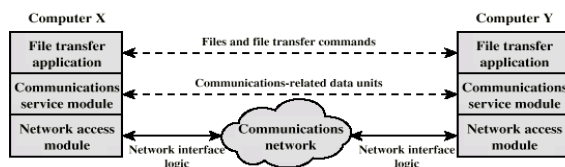
Questão:

É possível *organizar* a arquitetura de uma rede?

Ou pelo menos nossa discussão sobre redes?

50

Exemplo de Sistema em Camadas



51

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

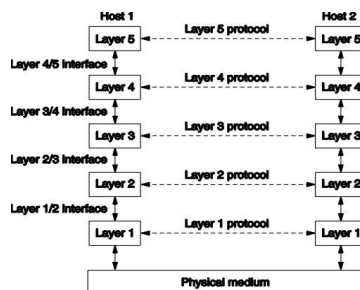
Por que camadas?

Lidando com sistemas complexos:

- estrutura explícita permite a identificação e o relacionamento das partes de um sistema complexo
 - o um **modelo de referência** em camadas permite a discussão da arquitetura
- modularização facilita a manutenção e atualização do sistema
 - o as mudanças na implementação de uma camada são transparentes para o resto do sistema

52

Camadas, protocolos e interfaces



53

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

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.
 - o as regras e convenções usadas no diálogo são conhecidas como o protocolo do nível n .
 - o as entidades que constituem os níveis correspondentes em máquinas diferentes são denominadas pares.
 - o entidades pares comunicam-se usando um protocolo.
- Arquitetura de rede: conjunto de camadas e protocolos

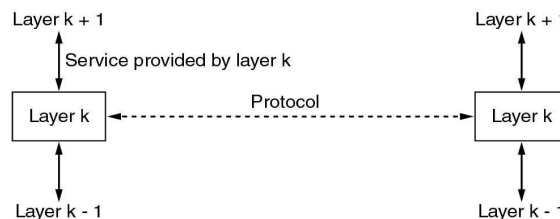
54

Aspectos de Projeto das Camadas

- Endereçamento de destinatários
- Regras para transferência de dados
 - comunicação *simplex*, *half-duplex* e *full-duplex*;
 - número de canais lógicos por conexão e prioridades
- Controle de erros
- Sequenciamento de mensagens.
- Controle de fluxo
- Mensagens muito longas ou muito curtas.
- Multiplexação e demultiplexação.
- Roteamento de mensagens/pacotes.

55

Relação entre serviço e protocolo



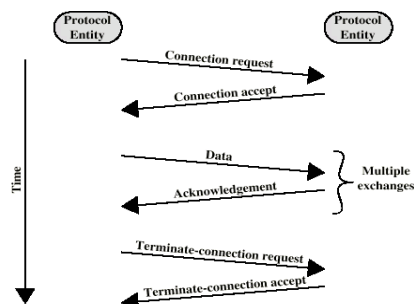
56
TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice-Hall, 2003.

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.

57

Serviços Orientados a Conexão



58
STALLINGS, W. Data and Computer Communications. 7th ed. Prentice-Hall, 2003

Serviços Orientados a Conexão

- Modelo do sistema telefônico
- Para usar um serviço o usuário (entidade)
 - (1) estabelece uma conexão,
 - (2) usa a conexão e
 - (3) libera a conexão.
- A conexão funciona como um tubo:
O emissor coloca os objetos (bits) num extremo e o receptor retira-os no outro extremo, na mesma ordem.

59

Serviços sem conexão

- Modelo do sistema postal;
- Cada mensagem carrega o endereço de destino;
- Cada mensagem é roteada independentemente das outras (podem chegar fora de ordem);

60

Qualidade de Serviço (QoS)

- ❑ Serviços confiáveis (*reliable*)
- ❑ Serviços não confiáveis.
- ❑ Parâmetros de QoS:
 - o retardo fim-a-fim,
 - o variação do retardo (*jitter*),
 - o vazão (*throughput*),
 - o etc.

61

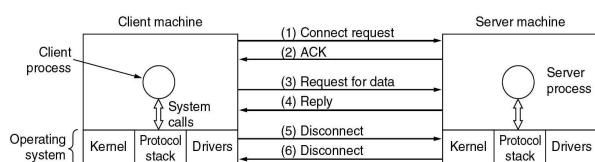
Primitivas de Serviço

Primitive	Meaning
LISTEN	Block waiting for an incoming connection
CONNECT	Establish a connection with a waiting peer
RECEIVE	Block waiting for an incoming message
SEND	Send a message to the peer
DISCONNECT	Terminate a connection

Cinco primitivas de serviço para implementar um serviço orientado a conexão

TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice-Hall, 2003. ⁶²

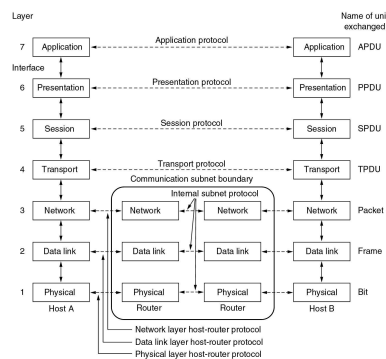
... Primitivas de Serviço



- ❑ Pacotes enviados uma interação cliente-servidor simples, numa rede orientada a conexão

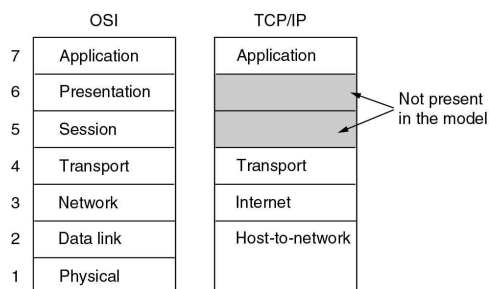
TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice-Hall, 2003. ⁶³

Modelo de Referência OSI/ISO



TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice-Hall, 2003. ⁶⁴

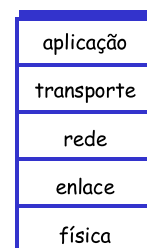
O "Modelo de Referência" TCP/IP



TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice-Hall, 2003. ⁶⁵

Pilha de protocolos da Internet

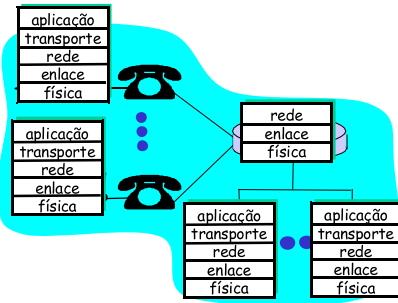
- ❑ **aplicação**: suporta as aplicações de rede
 - o ftp, smtp, http
- ❑ **transporte**: transferência de dados hospedeiro-hospedeiro
 - o tcp, udp
- ❑ **rede**: roteamento de datagramas da origem ao destino
 - o ip, protocolos de roteamento
- ❑ **enlace**: transferência de dados entre elementos vizinhos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



66

Divisão em camadas: comunicação lógica

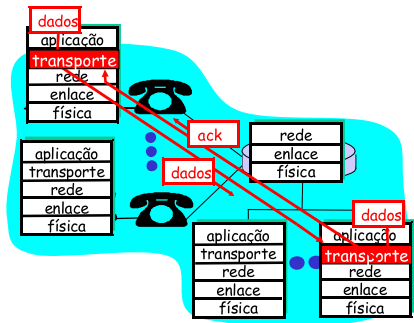
- Cada camada:
- distribuída
 - "entidades" implementam as funções da camada em cada nó
 - entidades realizam ações, trocam mensagens com os pares



67

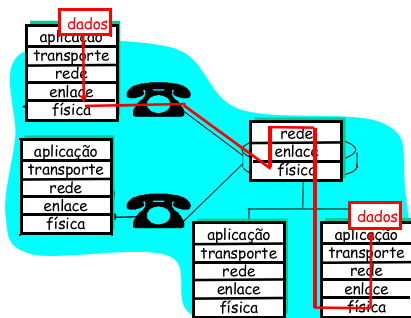
Divisão em camadas: comunicação lógica

- Ex.: transporte
- recebe dados da aplicação
 - acrescenta endereço e informação de verificação de erros para montar um "datagrama"
 - envia o datagrama ao par
 - espera por confirmação de recebimento do par



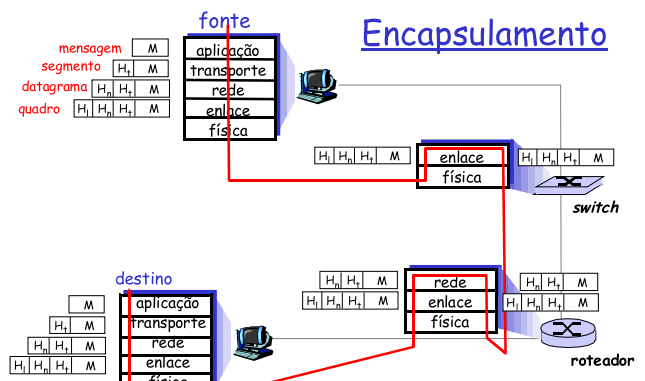
68

Divisão em camadas: comunicação física



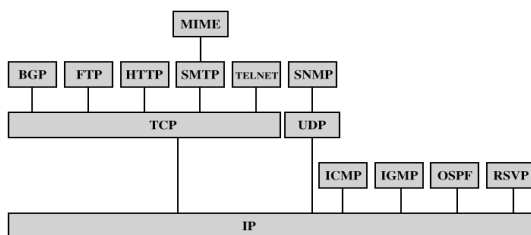
69

Encapsulamento



70

Alguns Protocolos da Arquitetura TCP/IP



BGP = Border Gateway Protocol
 FTP = File Transfer Protocol
 HTTP = Hypertext Transfer Protocol
 ICMP = Internet Control Message Protocol
 IGMP = Internet Group Management Protocol
 IP = Internet Protocol
 MIME = Multi-Purpose Internet Mail Extension
 OSPF = Open Shortest Path First
 RSVP = Resource ReSerVation Protocol
 SMTP = Simple Mail Transfer Protocol
 SNMP = Simple Network Management Protocol
 TCP = Transmission Control Protocol
 UDP = User Datagram Protocol

71

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

Comparação dos MR OSI e TCP/IP

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

72

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

73

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

74

Modelo Híbrido

5	Application layer
4	Transport layer
3	Network layer
2	Data link layer
1	Physical layer

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

75

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

76

Organizações de Padronização

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

77

Exemplos de Redes

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

78

História da Internet

1961-1972: 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 atinge 15 nós

79

História da Internet

1972-1980: Inter-redes, e redes proprietárias

- 1970: ALOHAnet rede via satélite no Hawaii
- 1973: tese de PhD de Metcalfe propõe 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 interconexão de redes de Cerf e Kahn :

- minimalismo, autonomia - mudanças internas não são requeridas para interconectar redes
- modelo de serviço: melhor esforço
- roteadores sem estado
- controle descentralizado

define a arquitetura da Internet de hoje

80

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: Csnnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 hospedeiros conectados à confederação de redes

81

História da Internet

1990,2000s: comercialização, a WWW, novas aplicações

- 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 1960s]
 - HTML, http: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, depois Netscape

Final dos anos 90 →

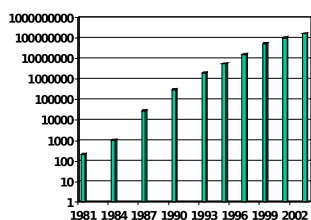
- Novas aplicações: troca instantânea de mensagens, compartilhamento de arquivos P2P
- segurança na linha de frente
- dezenas de milhões de hospedeiros; centenas de 100 milhões de usuários
- enlaces de *backbone* operando a Gbps

82

Crescimento da Internet

□ Número de Hospedeiros na Internet:

Aug. 1981	213
Oct. 1984	1.024
Dec. 1987	28.174
Oct. 1990	313.000
Oct. 1993	2.056.000
Apr. 1995	5.706.000
Jan. 1997	16.146.000
Jan. 1999	56.218.000
Jan. 2001	109.374.000
Jan 2003	171.638.297



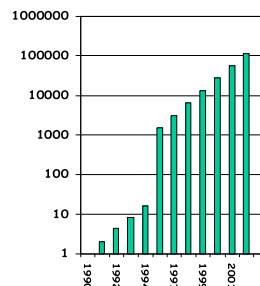
Dados disponíveis em : <http://www.isc.org/>

83

Crescimento da Internet

□ Tráfego na Internet (TB/mês)

1990	1,0
1991	2,0
1992	4,4
1993	8,3
1994	16,3
1996	1.500
1997	2.500 - 4.000
1998	5.000 - 8.000
1999	10.000 - 16.000
2000	20.000 - 35.000
2001	40.000 - 70.000
2002	80.000 - 140.000



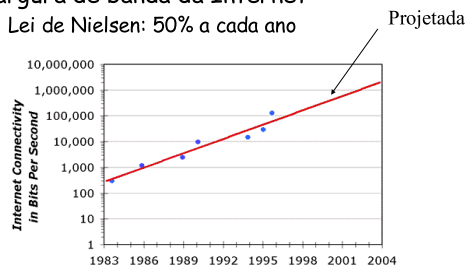
Andrew Odlyzko, "Internet traffic growth: Sources and implications"

84

Crescimento da Internet

□ Largura de banda da Internet

- Lei de Nielsen: 50% a cada ano



85

Introdução: Sumário

- Visão geral da Internet
- o que é um protocolo?
- borda da rede, núcleo, rede de acesso
 - comutação de pacotes versus comutação de circuitos
- Estrutura da Internet / ISPs
- performance: perda, retardo
- camadas e modelos de serviços
- história

Agora você tem:

- contexto, visão geral, sentimento das redes
- mais profundidade e detalhes virão ao longo do curso

86

Bibliografia

- KUROSE, J. F.; ROSS, K. W.; Redes de Computadores e a Internet. 3ª. ed. Pearson Education, 2005.
- TANENBAUM, A. S., Computer Networks, 4rd. Ed., Prentice-Hall, 2003.
- STALLINGS, W. Data and Computer Communications. 7th ed. Prentice-Hall, 2003
- PETERSON, L. L. & DAVIE, B. S. Computer Networks: a systems approach. 2nd. ed. Morgan Kaufmann, 2000.

87