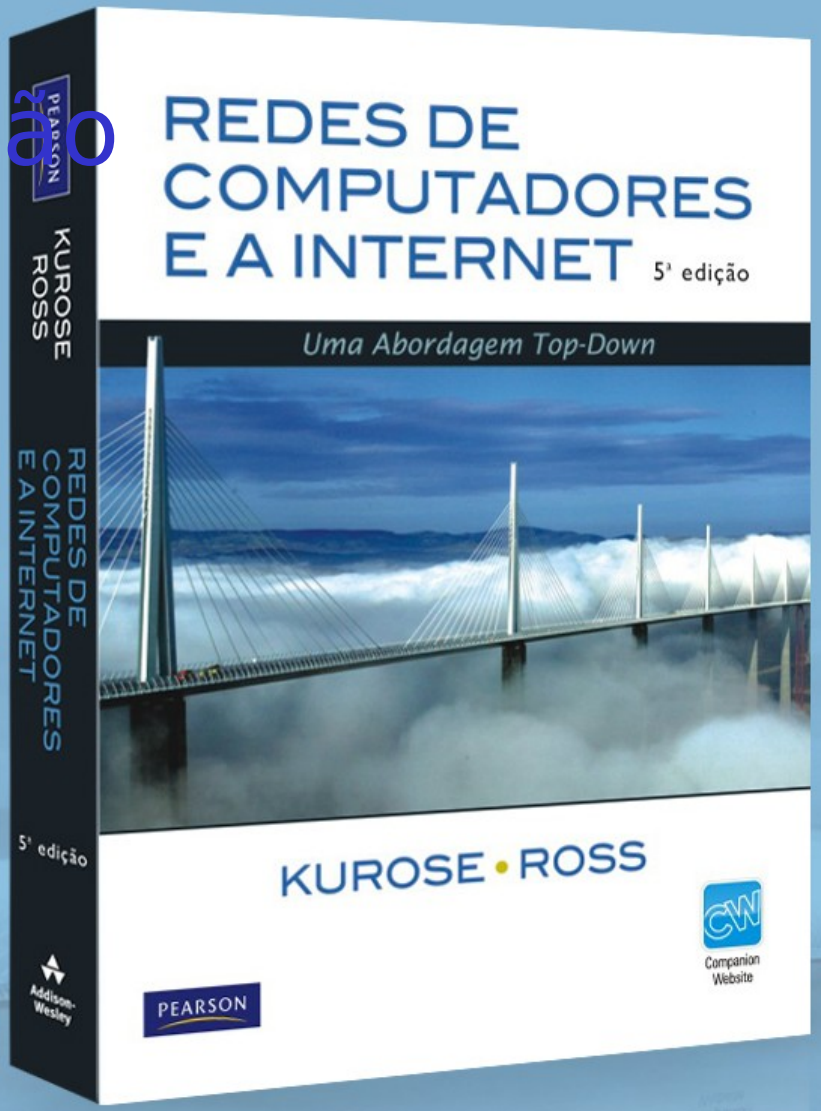
Capítulo 2
Camada de aplicação

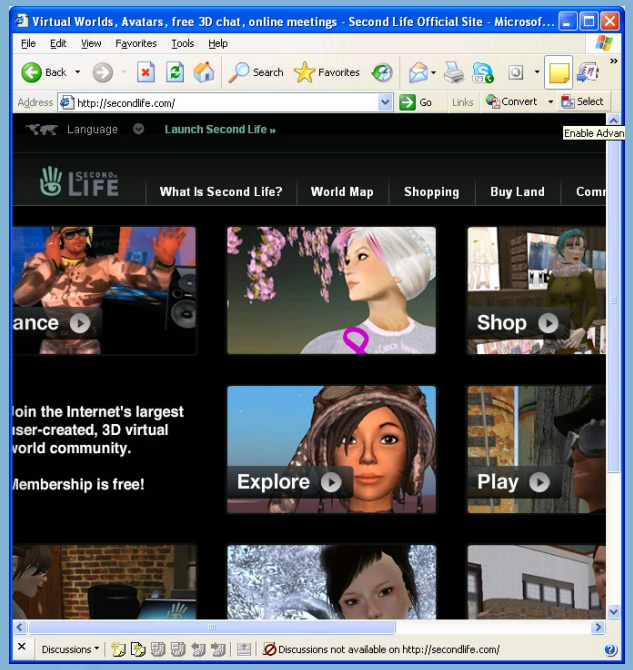


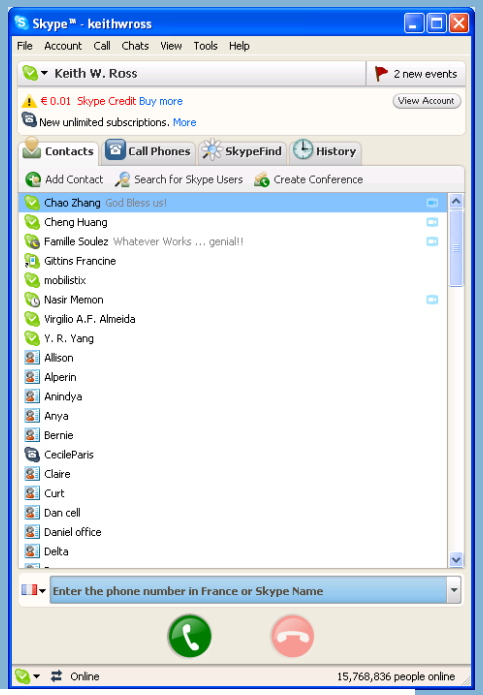
Nota sobre o uso destes slides ppt:

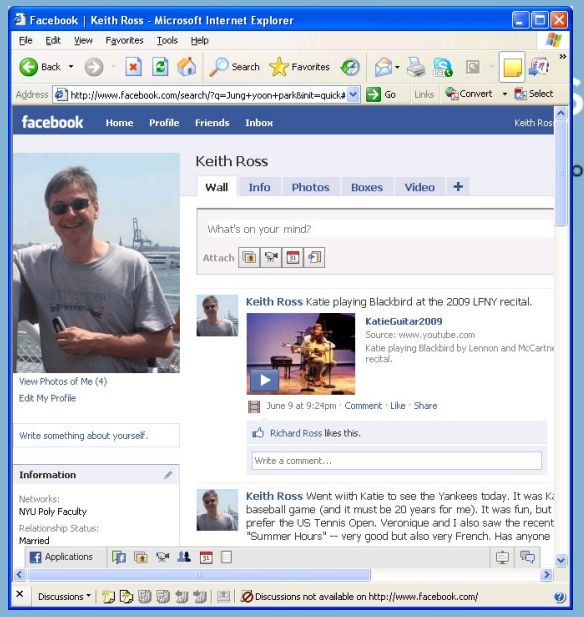
Estamos disponibilizando estes slides gratuitamente a todos (professores, alunos, leitores). Eles estão em formato do PowerPoint para que você possa incluir, modificar e excluir slides (incluindo este) e o conteúdo do slide, de acordo com suas necessidades. Eles obviamente representam *muito* trabalho da nossa parte. Em retorno pelo uso, pedimos apenas o seguinte:

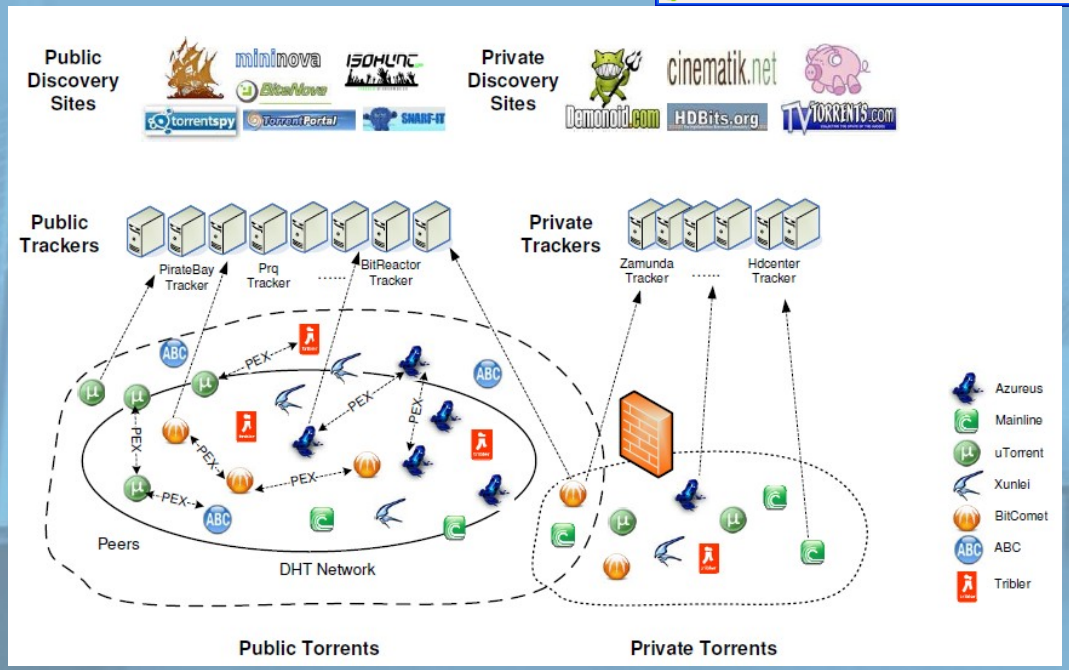
- Se você usar estes slides (por exemplo, em sala de aula) sem muita alteração, que mencione sua fonte (afinal, gostamos que as pessoas usem nosso livro!).
- Se você postar quaisquer slides sem muita alteração em um site Web, que informe que eles foram adaptados dos (ou talvez idênticos aos) nossos slides, e inclua nossa nota de direito autoral desse material.

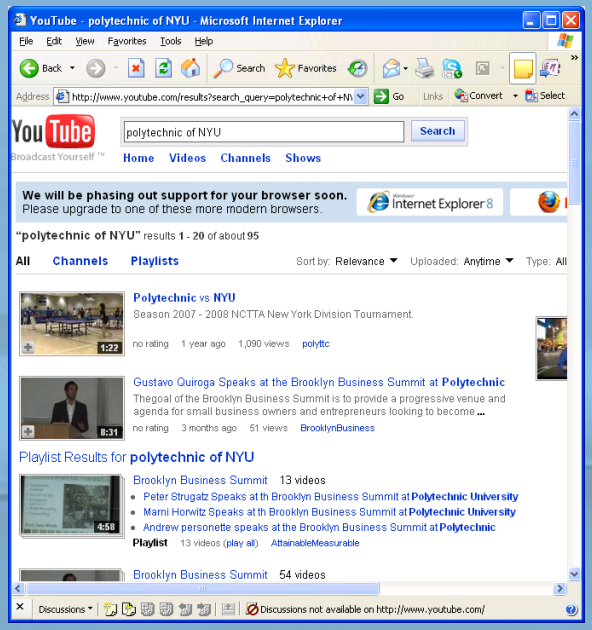
Obrigado e divirta-se! JFK/KWR











Capítulo 2: Camada de aplicação

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio eletrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Aplicações P2P
- 2.7 Programação de sockets com UDP
- 2.8 Programação de sockets com TCP

Capítulo 2: Camada de aplicação

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

Objetivos do capítulo:

- aspectos conceituais, de implementação de protocolos de aplicação de rede
  - modelos de serviço da camada de transporte
  - paradigma cliente-servidor
  - paradigma *peer-to-peer*
- aprenda sobre protocolos examinando protocolos populares em nível de aplicação
  - HTTP
  - FTP
  - SMTP/POP3/IMAP
  - DNS
- programando aplicações de rede
  - API socket

Algumas aplicações de rede

- e-mail
- web
- mensagem instantânea
- login remoto
- compartilhamento de arquivos P2P
- jogos em rede multiusuários
- clipes de vídeo armazenados em fluxo contínuo
- redes sociais
- voice over IP
- vídeoconferência em tempo real
- computação em grade

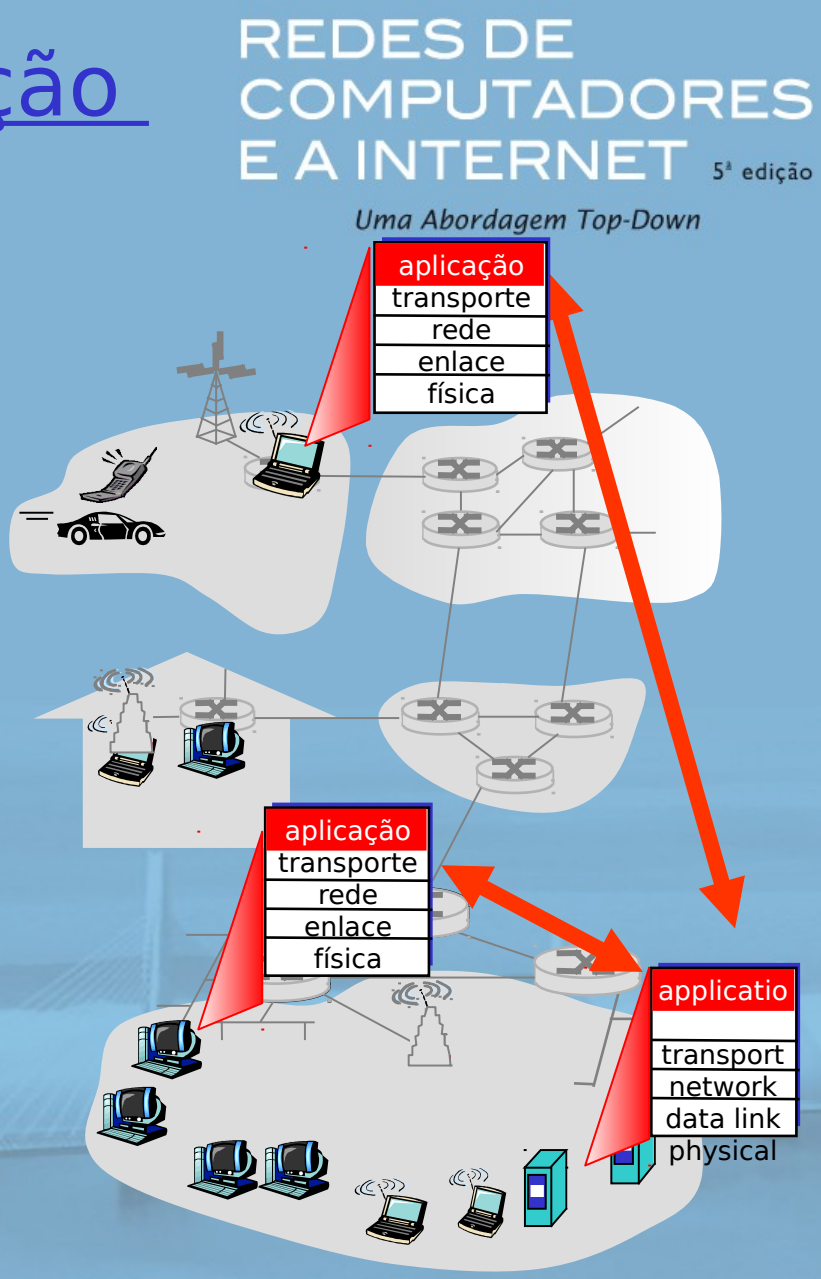
Criando uma aplicação de rede

Escreva programas que

- executem em (diferentes) *sistemas finais*
- se comuniquem pela rede
- p. e., software de servidor Web se comunica com software de navegador Web

Não é preciso escrever software para dispositivos do núcleo da rede

- dispositivos do núcleo da rede não executam aplicações do usuário
- as aplicações nos sistemas finais permitem rápido desenvolvimento e propagação



Capítulo 2: Camada de aplicação

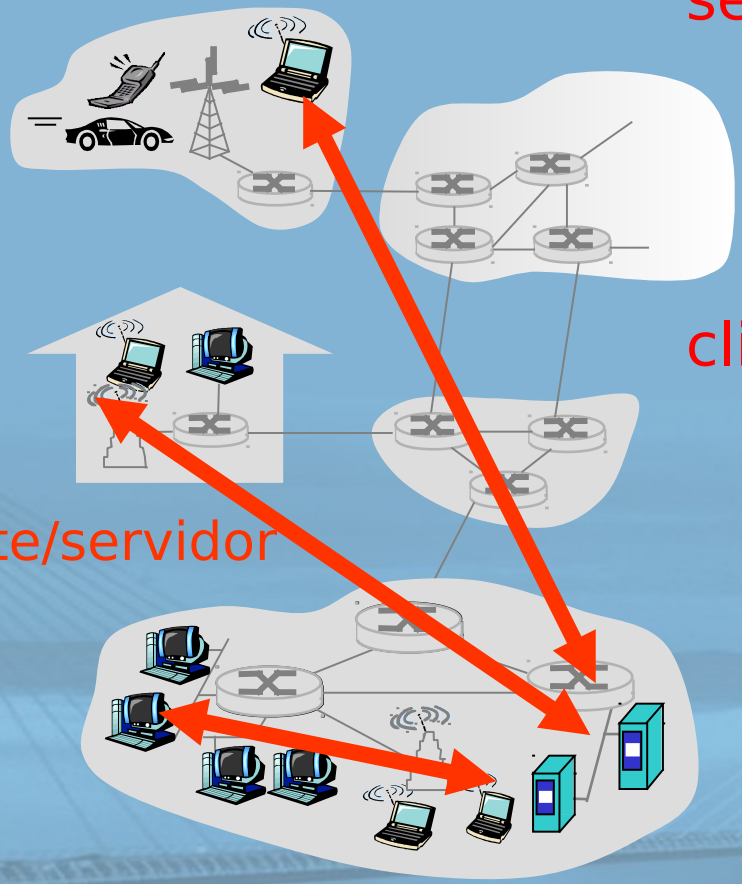
REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio eletrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Aplicações P2P
- 2.7 Programação de sockets com UDP
- 2.8 Programação de sockets com TCP

Arquiteturas de aplicação

- Cliente-servidor
  - Incluindo centros de dados/cloud computing
- Peer-to-peer (P2P)
- Híbrida de cliente-servidor e P2P

Arquitetura cliente-servidor



servidor:

- hospedeiro sempre ligado
- endereço IP permanente
- server farms por expansão

clientes:

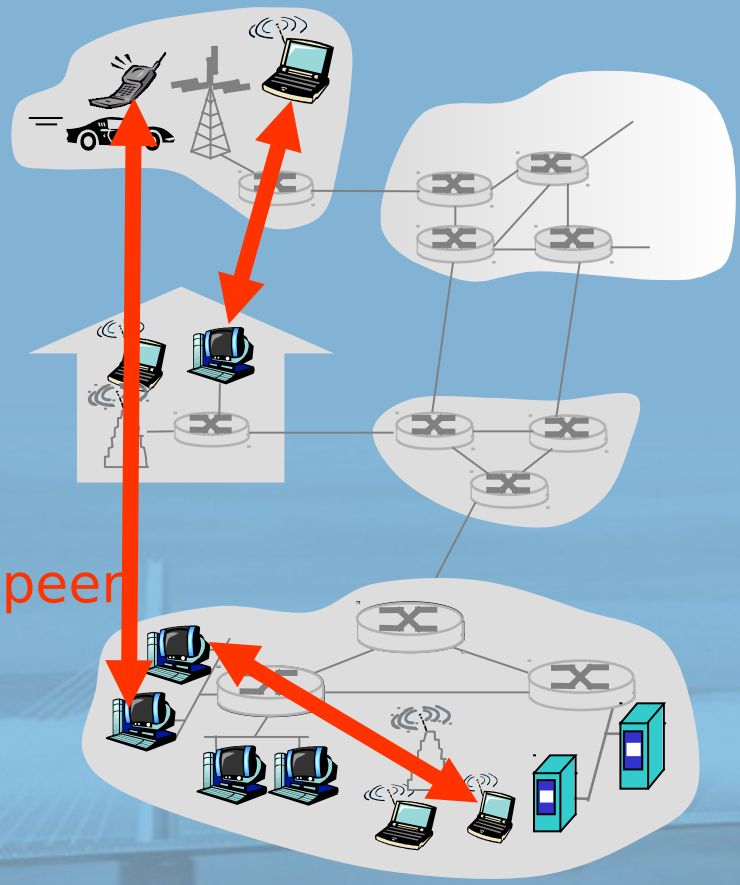
- comunicam-se com o servidor
- podem estar conectados intermitentemente
- podem ter endereços IP dinâmicos
- não se comunicam diretamente entre si

Centros de dados da Google

- custo estimado do centro de dados: $600M
- Google gastou $2,4B em 2007 em novos centros de dados
- cada centro de dados usa de 50 a 100 megawatts de potência

Arquitetura P2P pura

- *nenhum* servidor sempre ligado
- sistemas finais arbitrários se comunicam diretamente
- pares são conectados intermitentemente e mudam endereços IP



altamente escalável, mas difícil de administrar

Híbrido de cliente-servidor e P2P

Skype

- aplicação P2P voice-over-IP P2P
- servidor centralizado: achando endereço da parte remota:
- conexão cliente-cliente: direta (não através de servidor)

Mensagem instantânea

- bate-papo entre dois usuários é P2P
- serviço centralizado: detecção/localização da presença do cliente
  - usuário registra seu endereço IP com servidor central quando entra on-line
  - usuário contacta servidor central para descobrir endereços IP dos parceiros

Processos se comunicando

processo: programa rodando dentro de um hospedeiro

- no mesmo hospedeiro, dois processos se comunicam usando a comunicação entre processos (definida pelo SO).
- processos em hospedeiros diferentes se comunicam trocando mensagens

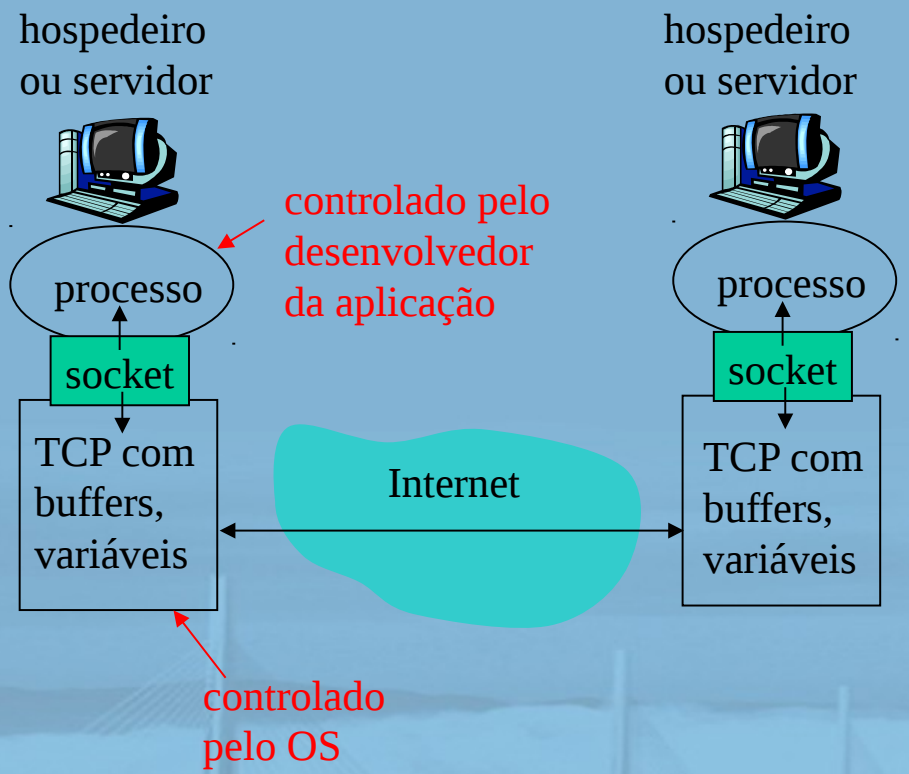
processo cliente: processo que inicia a comunicação

processo servidor: processo que espera para ser contactado

- Nota: aplicações com arquiteturas P2P têm processos clientes & processos servidores

Sockets

- processo envia/recebe mensagens de/para seu socket
- socket semelhante à porta
  - processo enviando empurra mensagem pela porta
  - processo enviando conta com infraestrutura de transporte no outro lado da porta, que leva a mensagem ao socket no processo receptor



- API: (1) escolha do protocolo de transporte; (2) capacidade de consertar alguns parâmetros (muito mais sobre isso adiante)

Endereçando processos

- para receber mensagens, processo deve ter *identificador*
- dispositivo hospedeiro tem endereço IP exclusivo de 32 bits
- exercício: use `ipconfig` do comando prompt para obter seu endereço IP (Windows)
- *P:* Basta o endereço IP do hospedeiro em que o processo é executado para identificar o processo?
  - *R:* Não, *muitos* processos podem estar rodando no mesmo hospedeiro
- *Identificador* inclui endereço IP e números de porta associados ao processo no hospedeiro.
- Exemplos de número de porta:
  - servidor HTTP: 80
  - servidor de correio: 25

Definições de protocolo da camada de aplicação

- tipos de mensagens trocadas,
  - p. e., requisição, resposta
- sintaxe da mensagem:
  - que campos nas mensagens & como os campos são delineados
- semântica da mensagem
  - significado da informação nos campos
- regras de quando e como processos enviam & respondem a mensagens

protocolos de domínio público:

- definidos em RFCs
- provê interoperabilidade
- p. e., HTTP, SMTP, BitTorrent

protocolos proprietários:

- p. e., Skype, ppstream

Que serviço de transporte uma aplicação precisa?

perda de dados

- algumas apls. (p. e., áudio) podem tolerar alguma perda
- outras apls. (p. e., transferência de arquivos, telnet) exigem transferência de dados 100% confiável

temporização

- algumas apls. (p. e., telefonia na Internet jogos interativos) exigem pouco atraso para serem “eficazes”

vazão

- algumas apls. (p. e., multimídia) exigem um mínimo de vazão para serem “eficazes”
- outras apls. (“apls. elásticas”) utilizam qualquer vazão que receberem

segurança

- criptografia, integridade de dados,...

Requisitos de serviço de transporte das aplicações comuns

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

Aplicação	Perda de dados	Vazão	Sensível ao tempo
transf. arquivos	sem perda	elástica	não
e-mail	sem perda	elástica	não
documentos Web	sem perda	elástica	não
áudio/vídeo tempo real	tolerante a perda	áudio: 5 kbps-1 Mbps vídeo:10 kbps-5 Mbps	sim, centenas de ms
áudio/vídeo armazenado	tolerante a perda	o mesmo que antes	sim, alguns seg
jogos interativos	tolerante a perda	poucos kbps ou mais	sim, centenas de ms
Mensagem instantânea	sem perda	elástica	sim e não

Serviços de protocolos de transporte da Internet

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

serviço TCP:

- *orientado a conexão:* preparação exigida entre processos cliente e servidor
- *transporte confiável* entre processo emissor e receptor
- *controle de fluxo:* emissor não sobrecarrega receptor
- *controle de congestionamento:* regula emissor quando a rede está sobrecarregada
- *não oferece:* temporização, garantias mínimas de vazão, segurança

serviço UDP:

- transferência de dados não confiável entre processo emissor e receptor
- não oferece: preparação da conexão, confiabilidade, controle de fluxo, controle de congest., temporização, garantia de vazão ou segurança

P: por que se incomodar? Por que existe um UDP?

Aplicações da Internet: aplicação, protocolos de transporte

Aplicação	Protocolo da camada de aplicação	Protocolo de transporte básico
e-mail	SMTP [RFC 2821]	TCP
acesso remoto	Telnet [RFC 854]	TCP
Web	HTTP [RFC 2616]	TCP
transf. arquivos	FTP [RFC 959]	TCP
multimídia com fluxo contínuo	HTTP (p. e., Youtube), RTP [RFC 1889]	TCP ou UDP
telefonia da Internet	SIP, RTP, proprietário (p. e., Skype)	normalmente UDP

Capítulo 2: Camada de aplicação

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio eletrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Aplicações P2P
- 2.7 Programação de sockets com UDP
- 2.8 Programação de sockets com TCP

Web e HTTP

primeiro, algum jargão

- página Web consiste em objetos
- objeto pode ser arquivo HTML, imagem JPEG, applet Java, arquivo de áudio,...
- página Web consiste em arquivo HTML básico que inclui vários objetos referenciados
- cada objeto é endereçável por um URL
- exemplo de URL:

`www.someschool.edu/someDept/pic.gif`

nome do hospedeiro

nome do caminho

Visão geral do HTTP

HTTP: HyperText Transfer Protocol

- protocolo da camada de aplicação da Web
- modelo cliente/servidor
  - *cliente:* navegador que requisita, recebe, "exibe" objetos Web
  - *servidor:* servidor Web envia objetos em resposta a requisições

usa TCP:

- cliente inicia conexão TCP (cria socket) com servidor, porta 80
- servidor aceita conexão TCP do cliente
- mensagens HTTP (do protocolo da camada de aplicação) trocadas entre navegador (cliente HTTP) e servidor Web (servidor HTTP)
- conexão TCP fechada

HTTP é “sem estado”

- servidor não guarda informações sobre requisições passadas do cliente

aparte

Protocolos que mantêm “estado” são complexos!

- história passada (estado) deve ser mantida
- se servidor/cliente falhar, suas visões do “estado” podem ser incoerentes, devem ser reconciliadas

Conexões HTTP

HTTP não persistente

- no máximo um objeto é enviado por uma conexão TCP.

HTTP persistente

- múltiplos objetos podem ser enviados por uma única conexão TCP entre cliente e servidor.

HTTP não persistente

Suponha que o usuário digite o URL `www.someSchool.edu/someDepartment/home.index`

(contém texto, referências a 10 imagens JPEG)

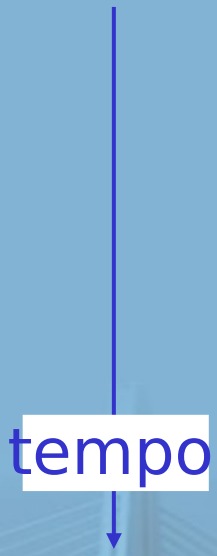
1a. Cliente HTTP inicia conexão TCP com servidor HTTP (processo) em www.someSchool.edu na porta 80.

1b. Servidor HTTP no hospedeiro www.someSchool.edu esperando conexão TCP na porta 80. "aceita" conexão, notificando cliente

2. Cliente HTTP envia *mensagem de requisição* HTTP (contendo URL) pelo socket de conexão TCP. Mensagem indica que cliente deseja o objeto someDepartment/home.index.

3. Servidor HTTP recebe mensagem de requisição, forma *mensagem de resposta* contendo objeto requisitado e envia mensagem para seu socket

temp
o



4. Servidor HTTP fecha conexão TCP.

5. Cliente HTTP recebe mensagem de resposta contendo arquivo html, exibe html. Analisando arquivo html, acha 10 objetos JPEG referenciados.

6. Etapas 1-5 repetidas para cada um dos 10 objetos JPEG.

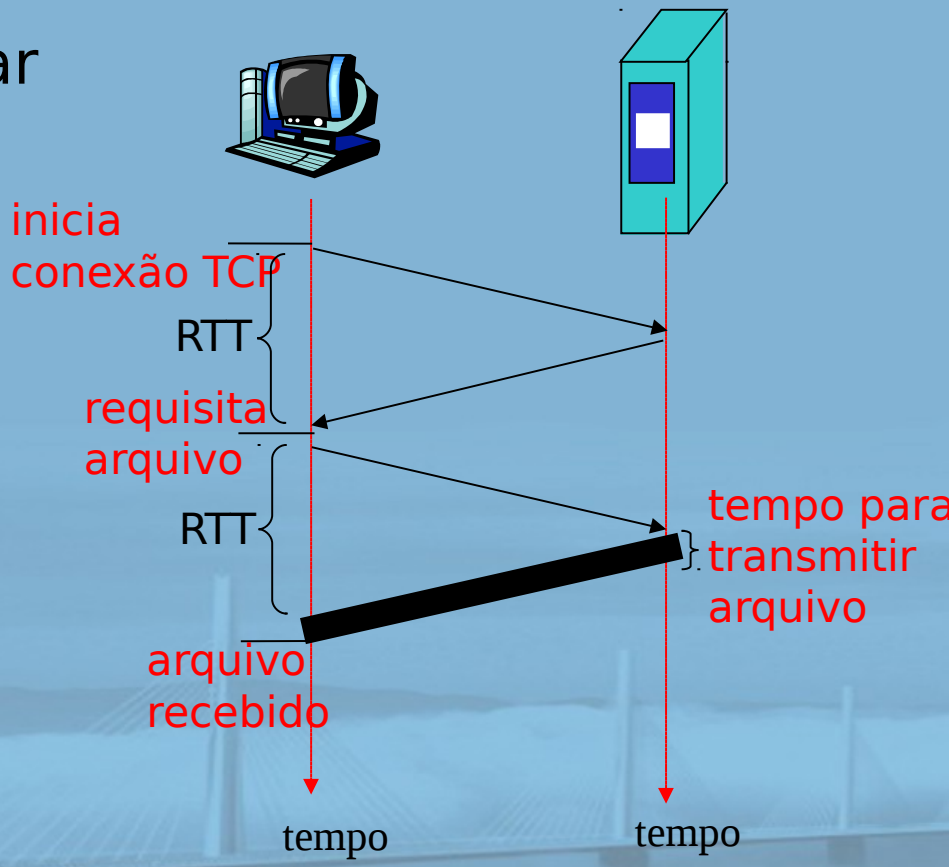
HTTP não persistente: tempo de resposta

definição de RTT: tempo para um pequeno pacote trafegar do cliente ao servidor e retornar.

tempo de resposta:

- um RTT para iniciar a conexão TCP
- um RTT para a requisição HTTP e primeiros bytes da resposta HTTP retornarem
- tempo de transmissão de arquivo

total = 2RTT + tempo de transmissão



HTTP persistente

problemas do HTTP não persistente:

- requer 2 RTTs por objeto
- overhead do SO para *cada* conexão TCP
- navegadores geralmente abrem conexões TCP paralelas para buscar objetos referenciados

HTTP persistente:

- servidor deixa a conexão aberta depois de enviar a resposta
- mensagens HTTP seguintes entre cliente/servidor enviadas pela conexão aberta
- cliente envia requisições assim que encontra um objeto referenciado
- no mínimo um RTT para todos os objetos referenciados

Mensagem de requisição HTTP

- dois tipos de mensagens HTTP: *requisição, resposta*
- mensagem de requisição HTTP:
  - ASCII (formato de texto legível)

linha de requisição (comandos GET, POST, HEAD)

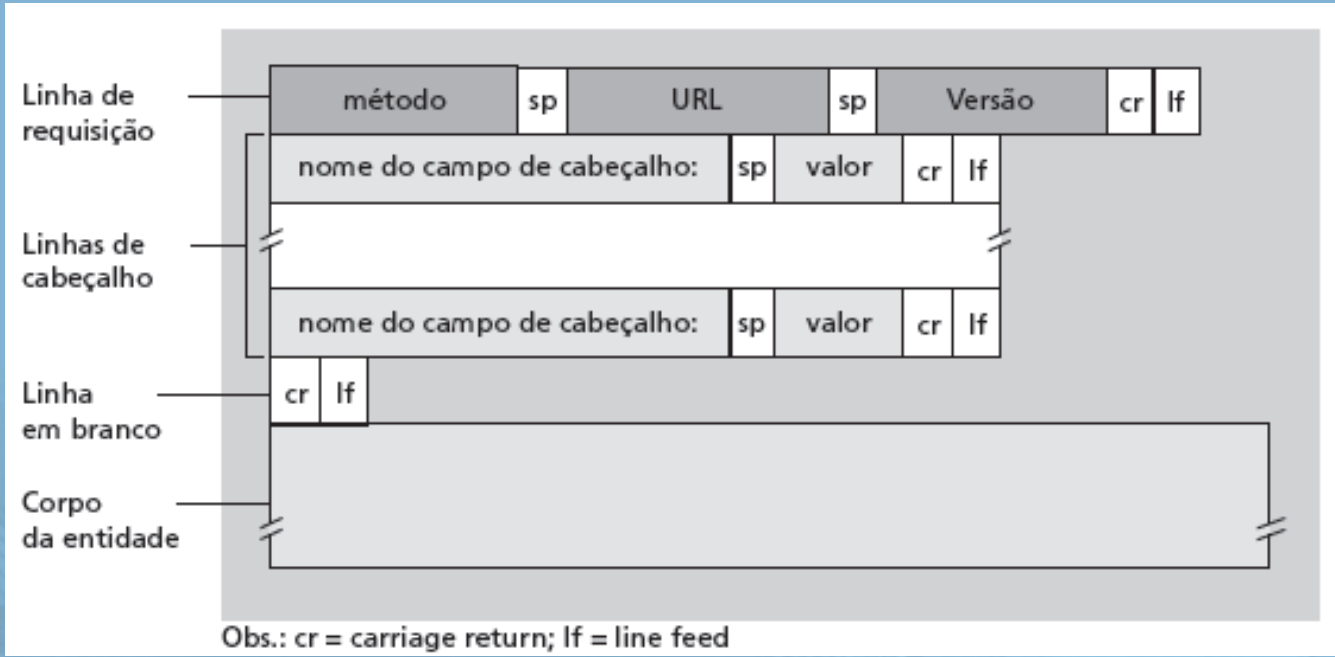
linhas de cabeçalho

```
GET /somedir/page.html HTTP/1.1
Host: www.someschool.edu
User-agent: Mozilla/4.0
Connection: close
Accept-language:fr
```

carriage return, line feed indica final da mensagem

(carriage return, line feed extras)

Mensagem de requisição HTTP: formato geral



Obs.: cr = carriage return; lf = line feed

Upload da entrada do formulário

método POST:

- página Web geralmente inclui entrada do formulário
- entrada é enviada ao servidor no corpo da entidade

método do URL:

- usa o método GET
- entrada é enviada no campo de URL da linha de requisição:

```
www.umsite.com/buscaanimal?macacos&banana
```

Tipos de método

HTTP/1.0

- GET
- POST
- HEAD
  - pede ao servidor para deixar objeto requisitado fora da resposta

HTTP/1.1

- GET, POST, HEAD
- PUT
  - envia arquivo no corpo da entidade ao caminho especificado no campo de URL
- DELETE
  - exclui arquivo especificado no campo de URL

Mensagem de resposta HTTP

linha de status (protocolo código de estado frase de estado)

linhas de cabeçalho

dados, p. e., arquivo HTML requisitado

```
HTTP/1.1 200 OK
Connection close
Date: Thu, 06 Aug 1998 12:00:15 GMT
Server: Apache/1.3.0 (Unix)
Last-Modified: Mon, 22 Jun 1998 …...
Content-Length: 6821
Content-Type: text/html

dados dados dados dados dados ...
```

Códigos de estado da resposta HTTP

primeira linha da mensagem de resposta servidor->cliente

alguns exemplos de código:

200 OK

- requisição bem-sucedida, objeto requisitado mais adiante

301 Moved Permanently

- objeto requisitado movido, novo local especificado mais adiante na mensagem (Location:)

400 Bad Request

- mensagem de requisição não entendida pelo servidor

404 Not Found

- documento requisitado não localizado neste servidor

505 HTTP Version Not Supported

Testando o HTTP (lado cliente) você mesmo

1. Use Telnet para seu servidor Web favorito:

```
telnet cis.poly.edu 80
```

Abre conexão TCP com porta 80 (porta HTTP default do servidor) em cis.poly.edu. Qualquer coisa digitada é enviada à porta 80 em cis.poly.edu

2. Digite uma requisição HTTP GET:

```
GET /~ross/ HTTP/1.1
Host: cis.poly.edu
```

Digitando isto (pressione carriage return duas vezes), você envia esta requisição GET mínima (mas comple ao servidor HTTP

3. Veja a mensagem de resposta enviada pelo servidor HTTP!

Estado usuário-servidor: cookies

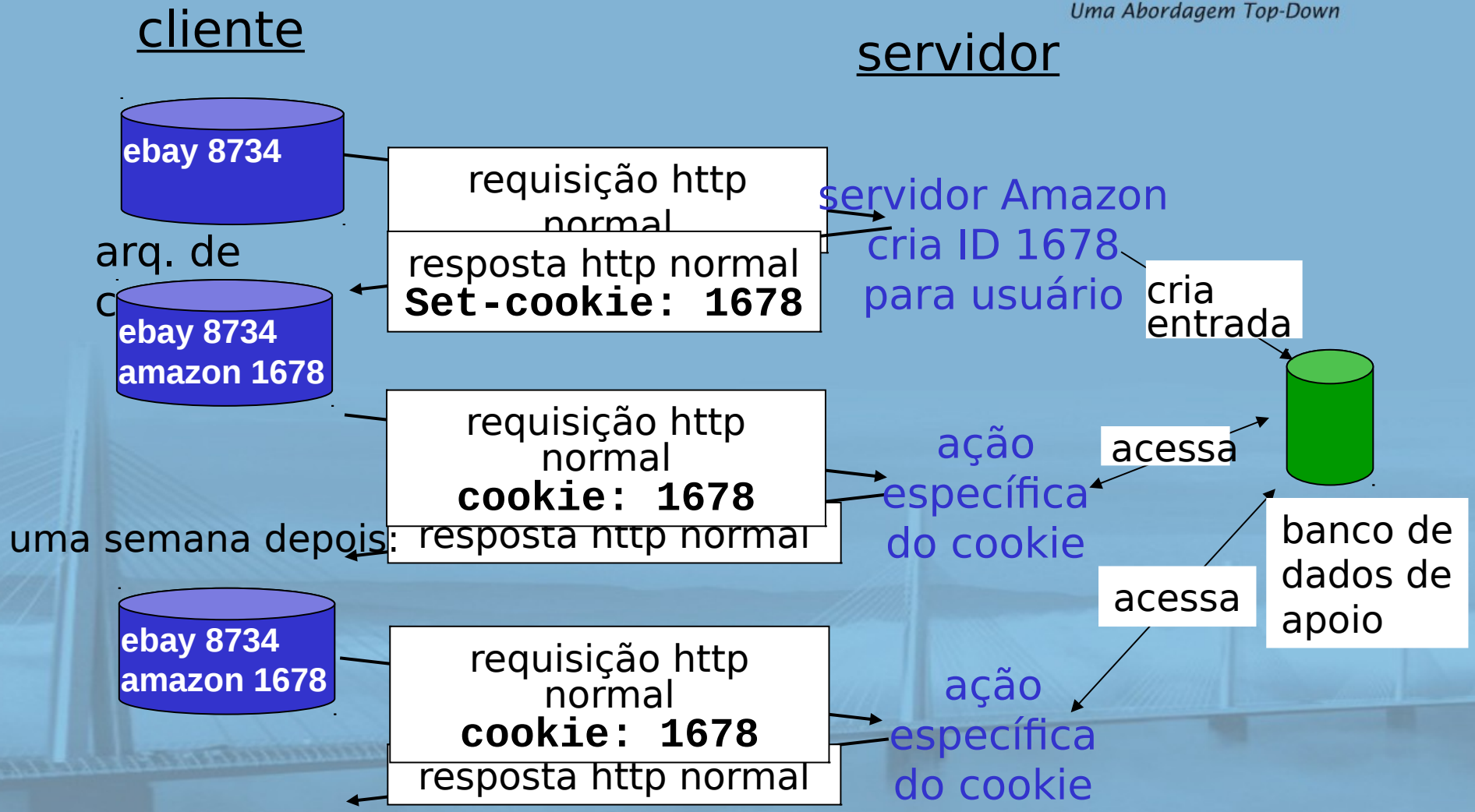
Muitos sites importantes usam cookies

Quatro componentes:

1) linha de cabeçalho de cookie da mensagem de *resposta* HTTP
2) linha de cabeçalho de cookie na mensagem de *requisição* HTTP
3) arquivo de cookie na máquina do usuário, controlado pelo navegador do usuário
4) banco de dados de apoio no site Web

Exemplo:

- Susana sempre acessa a Internet pelo PC
- visita um site de comércio eletrônico pela primeira vez
- quando as primeiras requisições HTTP chegam ao site, este cria:
  - ID exclusivo
  - entrada no banco de dados de apoio para o ID



O que os cookies podem ter:

- autorização
- carrinhos de compras
- recomendações
- estado da sessão do usuário (e-mail da Web)

Como manter o “estado”:

- extremidades do protocolo: mantêm estado no emissor/receptor por múltiplas transações
- cookies: mensagens HTTP transportam estado

aparte

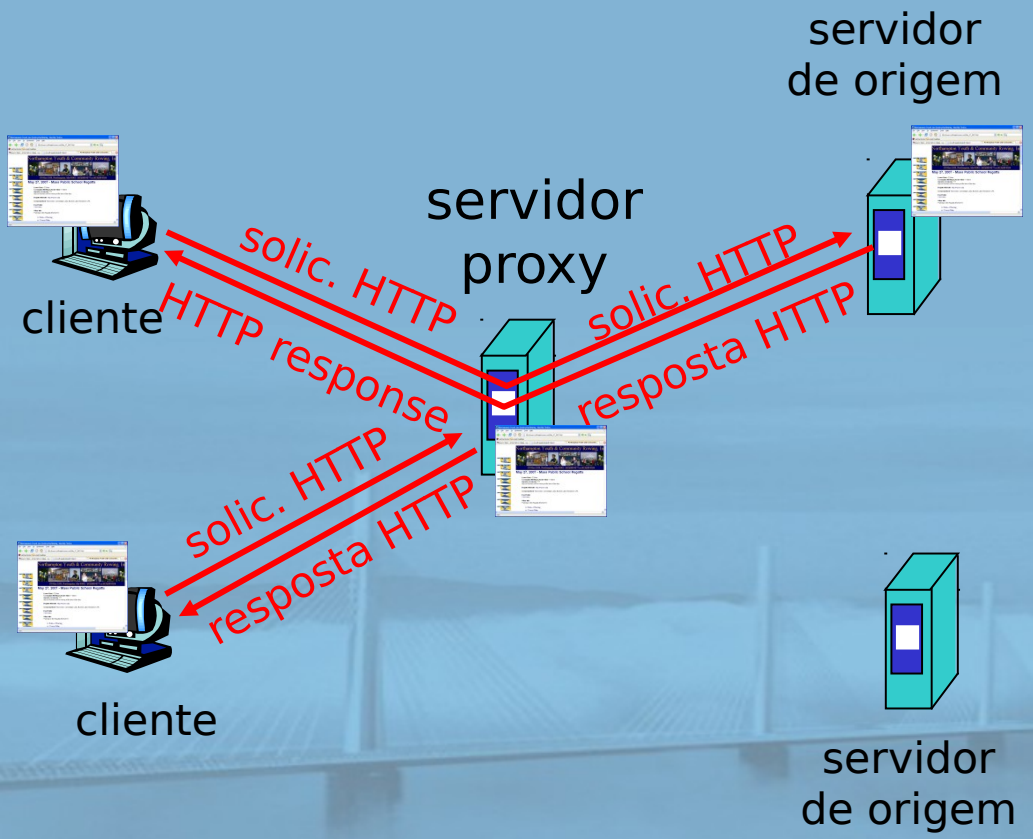
Cookies e privacidade:

- cookies permitem que os sites descubram muito sobre você
- você pode fornecer nome e e-mail aos sites

Caches Web (servidor proxy)

objetivo: satisfazer a requisição do cliente sem envolver servidor de origem

- usuário prepara navegador: acessos à Web via cache
- navegador envia todas as requisições HTTP ao cache
  - objeto no cache: cache retorna objeto
  - ou cache requisita objeto do servidor de origem, depois retorna objeto ao cliente



Mais sobre caching Web

- cache atua como cliente e servidor
- normalmente, cache é instalado por ISP (da universidade, empresa, residencial)

Por que caching Web?

- reduz tempo de resposta à requisição do cliente
- reduz tráfego no enlace de acesso de uma instituição
- Internet densa com caches: permite que provedores de conteúdo “fracos” remetam conteúdo efetivamente (mas o mesmo ocorre com compartilhamento de arquivos P2P)

Exemplo de caching

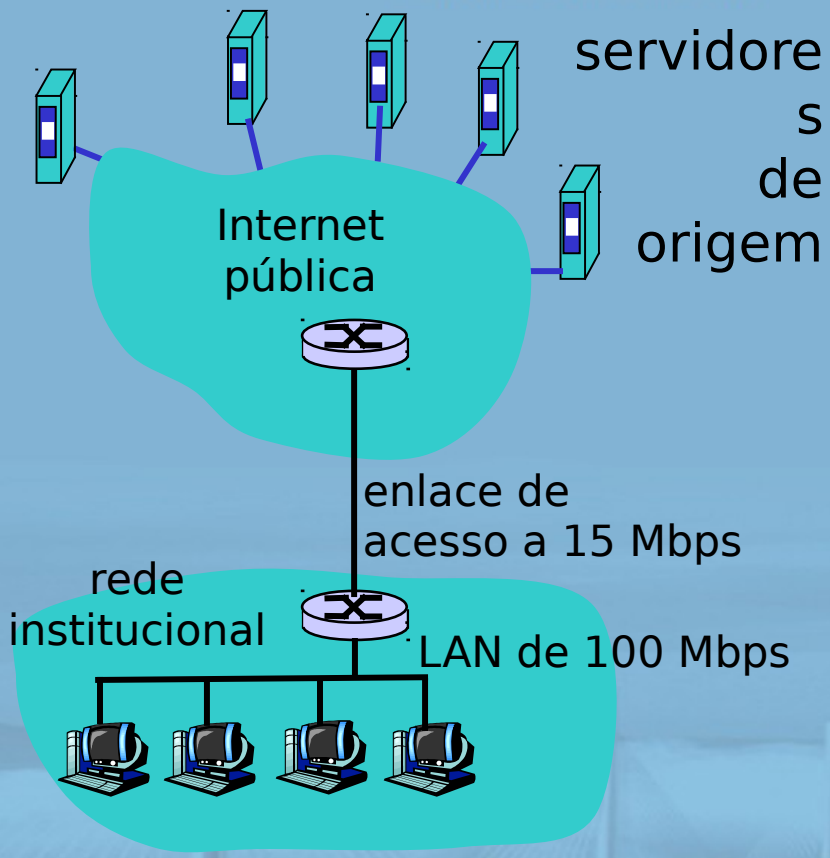
REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

suposições

- tamanho médio do objeto = 1.000.000 bits
- taxa de requisição média dos navegadores da instituição aos servidores de origem = 15/s
- atraso do roteador institucional a qualquer servidor de origem e de volta ao roteador = 2 s

consequências

- utilização na LAN = 15%
- utilização no enlace de acesso = 100%
- atraso total = atraso da Internet + atraso do acesso + atraso da LAN
  = 2 s + x minutos + y milissegundos

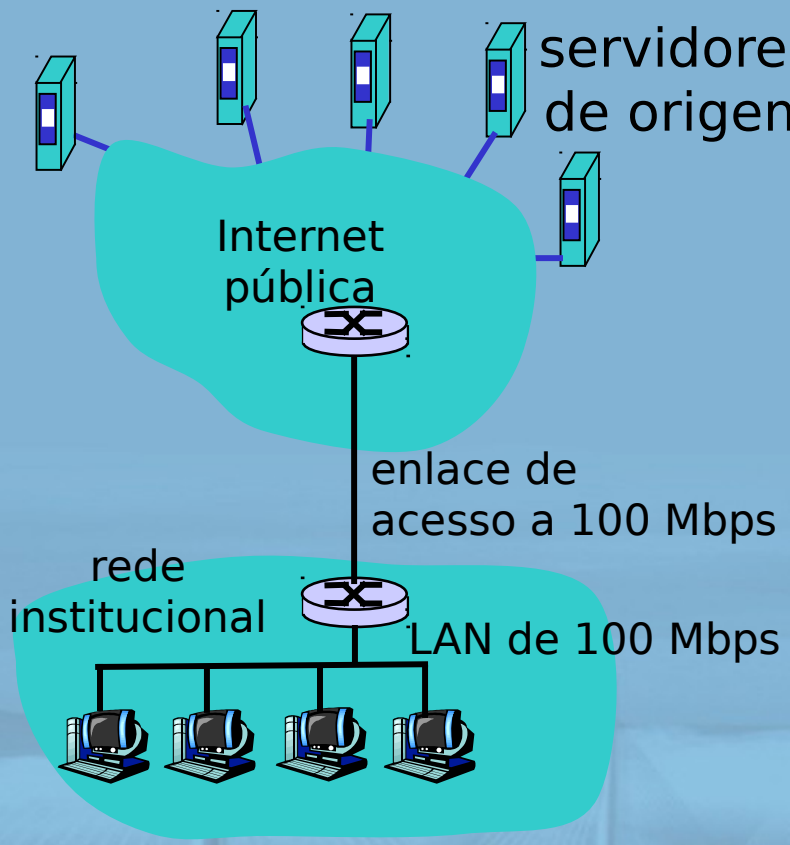


solução possível

- aumentar largura de banda do enlace de acesso para, digamos, 100 Mbps

consequência

- utilização na LAN = 15%
- utilização no enlace de acesso = 15%
- atraso total = atraso da Internet + atraso do acesso + atraso da LAN = 2 s + x ms + y ms
- normalmente, uma atualização dispendiosa



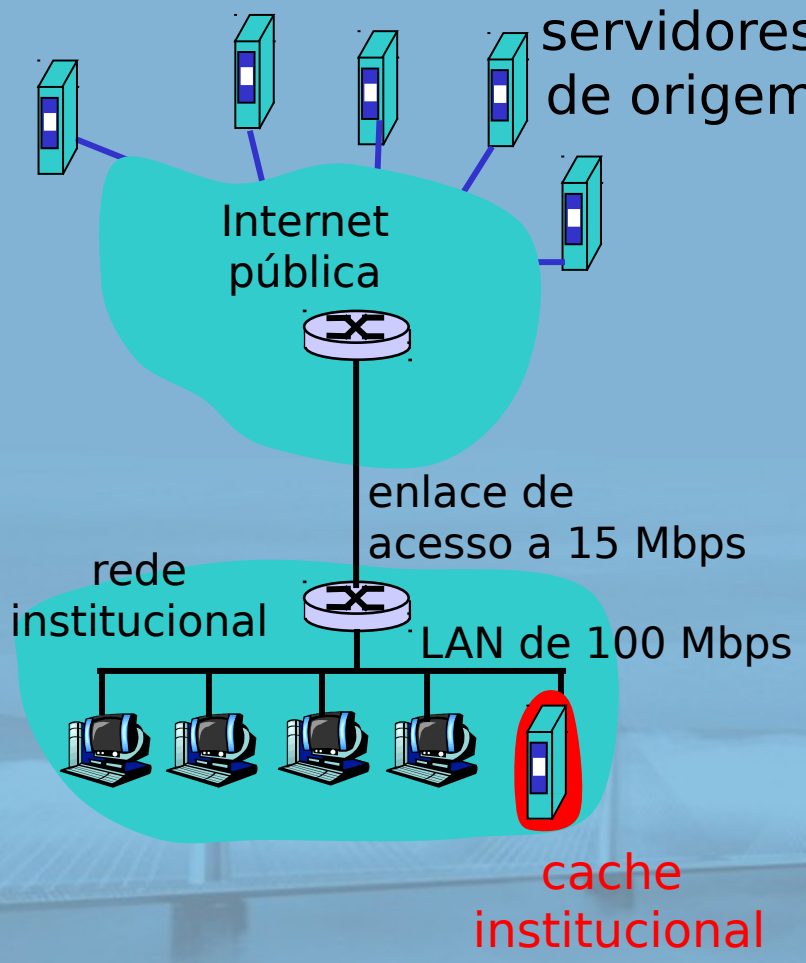
cache institucional

possível solução: instalar cache

- suponha que índice de acerto é 0,4

consequência

- 40% de requisições serão satisfeitas imediatamente
- 60% de requisições satisfeitas pelo servidor de origem
- utilização do enlace de acesso reduzida para 60%, resultando em atrasos insignificantes (digamos, 10 ms)
- atraso médio total = atraso da Internet + atraso de acesso + atraso da LAN = 0,6*(2,01) s + 0,4*milissegundos < 1,4 s

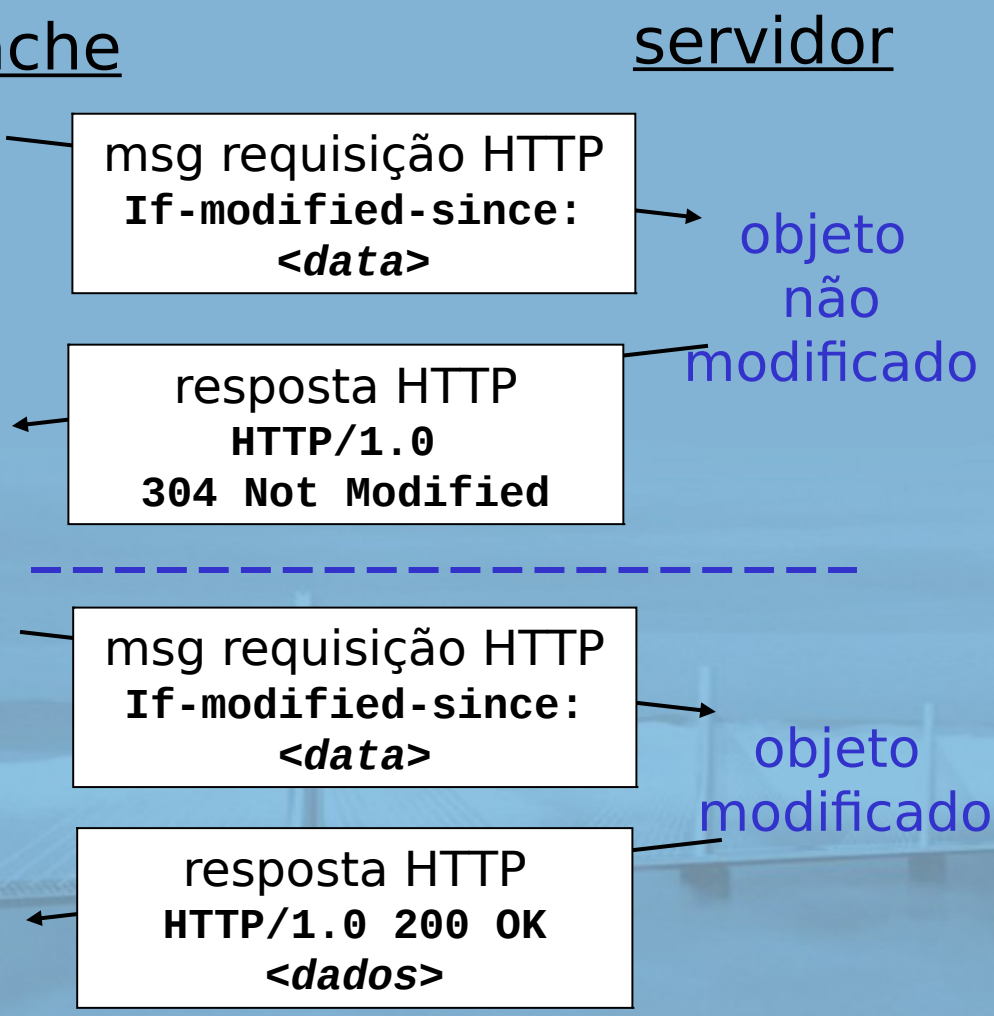


GET condicional

- objetivo: não enviar objeto se o cache tiver versão atualizada
- cache: especifica data da cópia em cache na requisição HTTP

  `If-modified-since: <data>`
- servidor: resposta não contém objeto se a cópia em cache estiver atualizada:

  `HTTP/1.0 304 Not Modified`

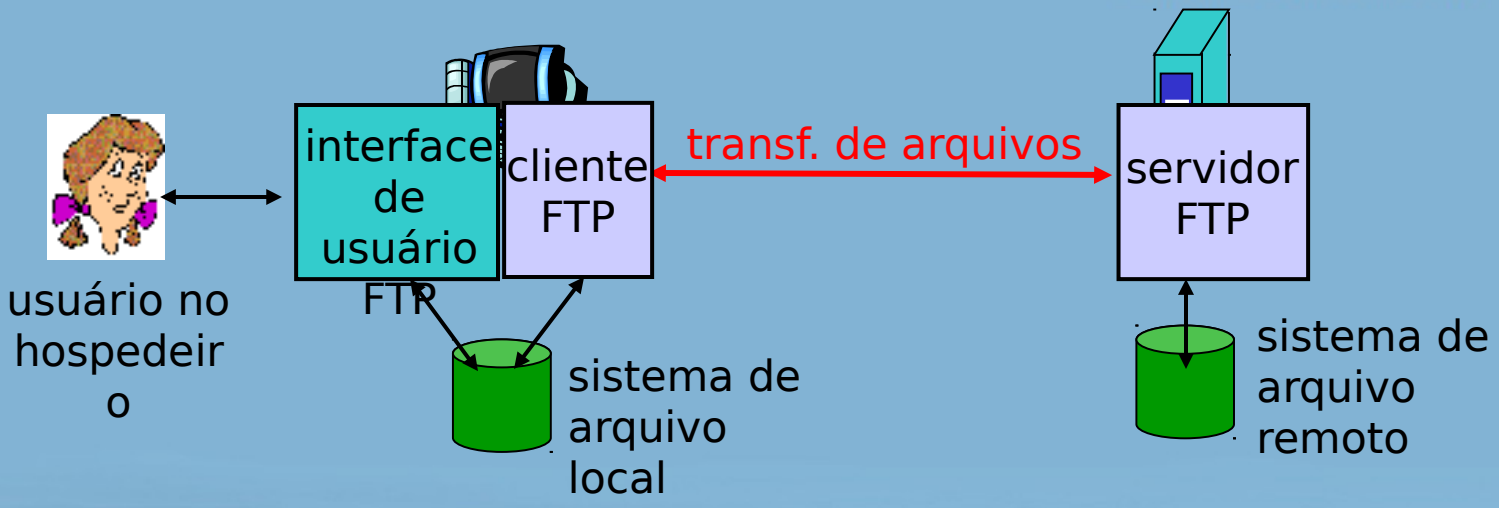


Capítulo 2: Camada de aplicação

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio eletrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Aplicações P2P
- 2.7 Programação de sockets com UDP
- 2.8 Programação de sockets com TCP

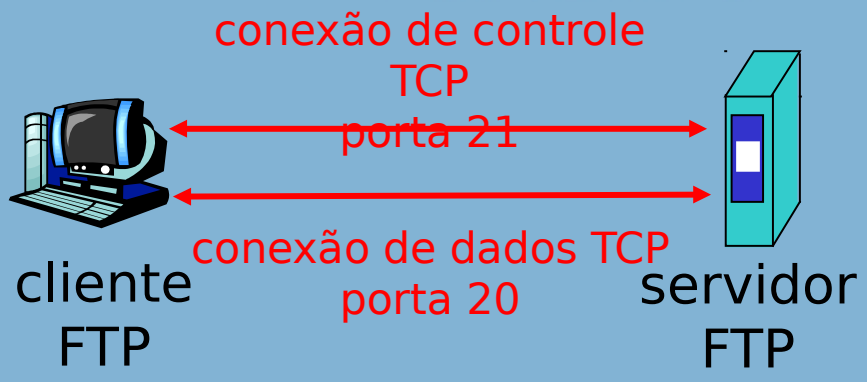
FTP: o protocolo de transferência de arquivos



- transfere arquivo de/para hospedeiro remoto
- modelo cliente/servidor
  - *cliente:* lado que inicia transferência (de/para remoto)
  - *servidor:* hospedeiro remoto
- ftp: RFC 959
- servidor ftp: porta 21

FTP: conexões separadas para controle e dados

- cliente FTP contacta servidor FTP na porta 21, TCP é protocolo de transporte
- cliente autorizado por conexão de controle
- cliente navega por diretório remoto enviando comandos por conexão de controle
- quando servidor recebe comando de transferência de arquivo, abre 2ª conexão TCP (para arquivo) com cliente
- após transferir um arquivo, servidor fecha conexão de dados



- servidor abre outra conexão de dados TCP para transferir outro arquivo
- conexão de controle: "fora da banda"
- servidor FTP mantém "estado": diretório atual, autenticação anterior

Comandos e respostas FTP

exemplos de comandos:

- enviado como texto ASCII pelo canal de controle
- **USER** ***nome-usuário***
- **PASS** ***senha***
- **LIST** retorna lista de arquivos no diretório atual
- **RETR** ***nome-arquivo*** recupera (apanha) arquivo
- **STOR** ***nome-arquivo*** armazena (coloca) arquivo no hospedeiro remoto

exemplos de códigos de retorno

- código e frase de estado (como no HTTP)
- **331 Username OK, password required**
- **125 data connection already open; transfer starting**
- **425 Can’t open data connection**
- **452 Error writing file**

Capítulo 2: Camada de aplicação

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio eletrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Aplicações P2P
- 2.7 Programação de sockets com UDP
- 2.8 Programação de sockets com TCP

Correio eletrônico

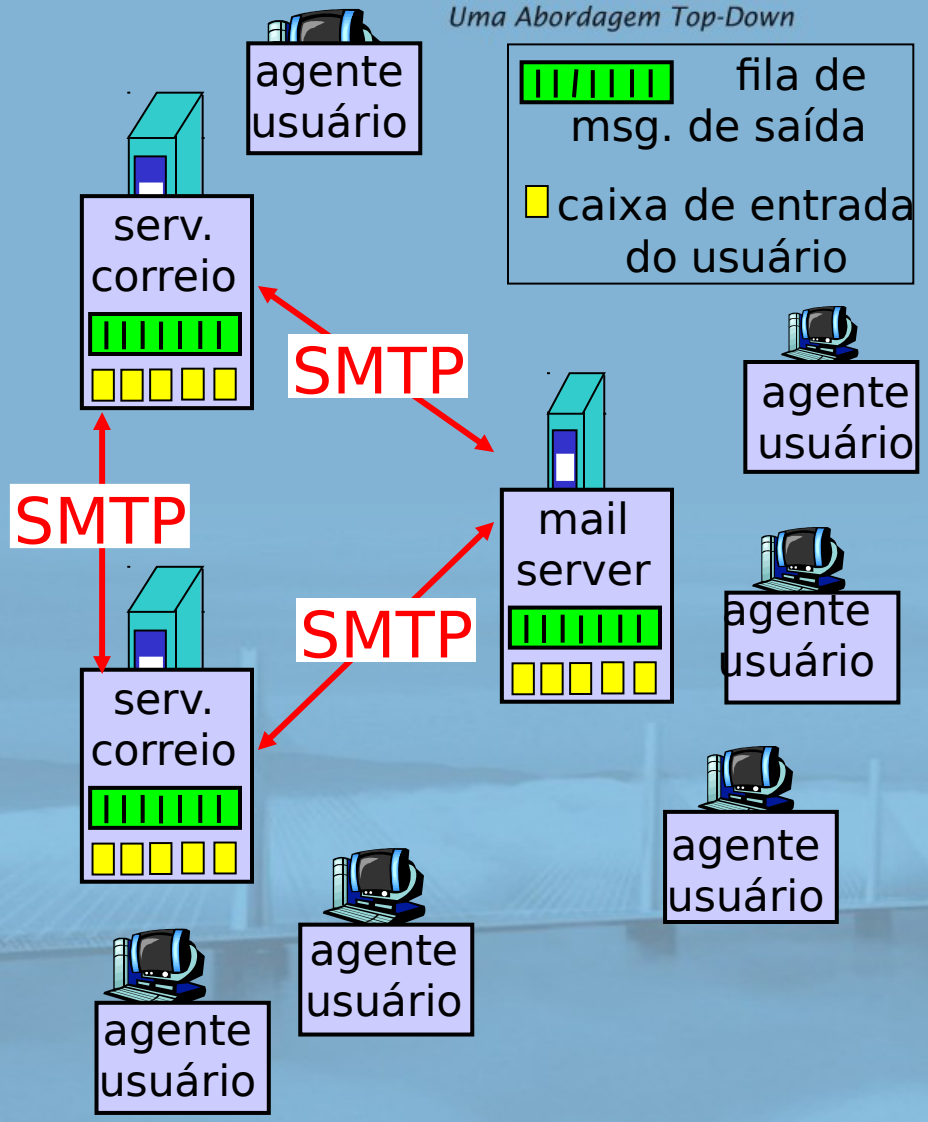
REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

Três componentes principais:

- agentes do usuário
- servidores de correio
- Simple Mail Transfer Protocol: SMTP

Agente do usuário

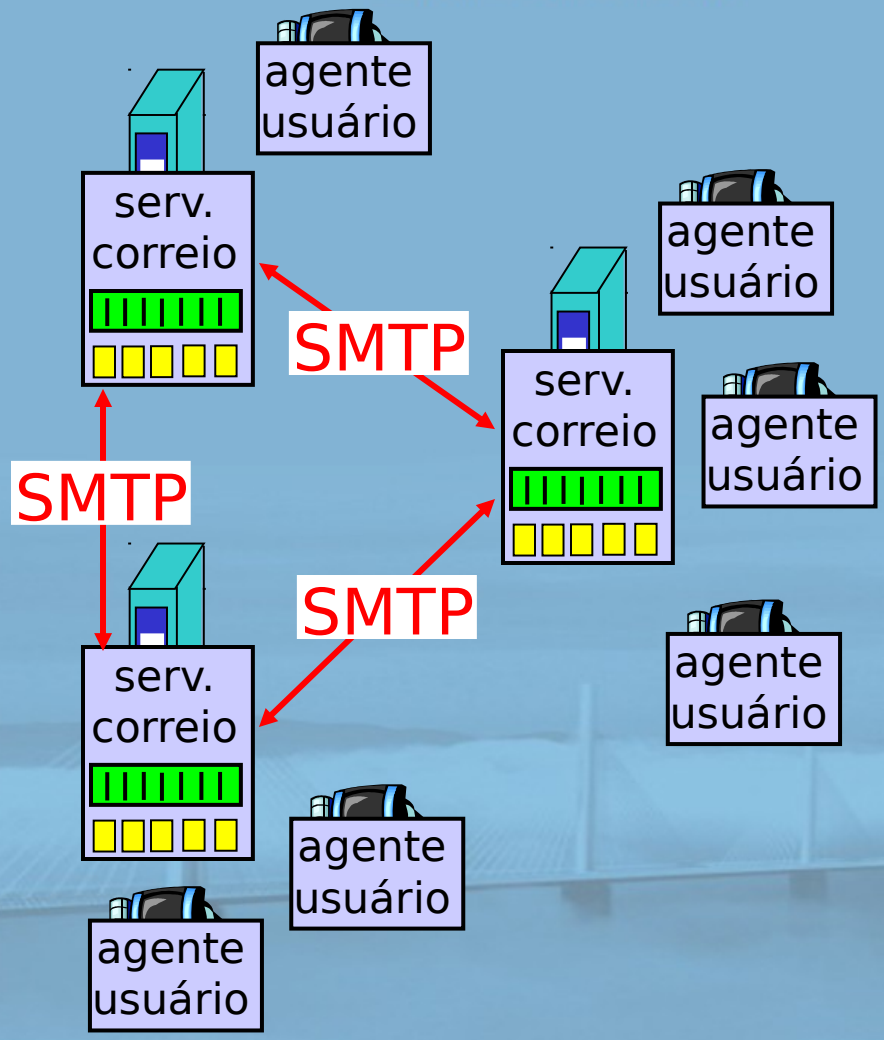
- também chamado “leitor de correio”
- redigir, editar, ler mensagens de correio eletrônico
- p. e., Eudora, Outlook, elm, Mozilla Thunderbird
- mensagens entrando e saindo armazenadas no servidor



Correio eletrônico: servidores de correio

servidores de correio

- caixa de correio contém mensagens que chegam para o usuário
- fila de mensagens com mensagens de correio a serem enviadas
- protocolo SMTP entre servidores de correio para enviar mensagens de e-mail
  - cliente: servidor de envio de correio
  - "servidor": servidor de recepção de correio

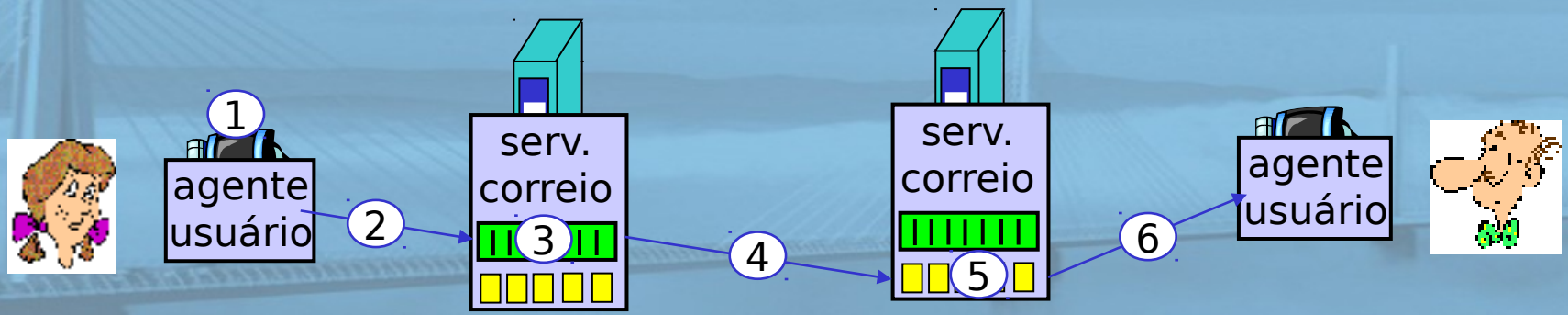


Correio eletrônico: SMTP [RFC 2821]

- usa TCP para transferir de modo confiável a mensagem de e-mail do cliente ao servidor, porta 25
- transferência direta: servidor de envio ao servidor de recepção
- três fases da transferência
  - handshaking (saudação)
  - transferência de mensagens
  - fechamento
- interação comando/resposta
  - comandos: texto ASCII
  - resposta: código e frase de estado
- mensagens devem estar em ASCII de 7 bits

Cenário: Alice envia mensagem a Bob

1) Alice usa AU para redigir mensagem “para” `bob@algumaescola.edu`
2) O AU de Alice envia mensagem ao seu servidor de correio, que é colocada na fila de mensagens
3) Lado cliente do SMTP abre conexão TCP com servidor de correio de Bob
4) Cliente SMTP envia mensagem de Alice pela conexão TCP
5) Servidor de correio de Bob coloca mensagem na caixa de correio de Bob
6) Bob chama seu agente do usuário para ler mensagem



Exemplo de interação SMTP


```
S: 220 hamburger.edu
C: HELO crepes.fr
S: 250  Hello crepes.fr, pleased to meet you
C: MAIL FROM: <alice@crepes.fr>
S: 250 alice@crepes.fr... Sender ok
C: RCPT TO: <bob@hamburger.edu>
S: 250 bob@hamburger.edu ... Recipient ok
C: DATA
S: 354 Enter mail, end with "." on a line by itself
C: Você gosta de ketchup?
C: Que tal picles?
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 hamburger.edu closing connection
```

Teste a interação SMTP você mesmo:

- **`telnet` *`nome-servidor`* `25`**
- veja resposta 220 do servidor
- digite comandos HELO, MAIL FROM, RCPT TO, DATA, QUIT

isso permite que você envie e-mail sem usar o cliente de e-mail (leitor)

SMTP: palavras finais

- SMTP usa conexões persistentes
- SMTP requer que a mensagem (cabeçalho e corpo) esteja em ASCII de 7 bits
- servidor SMTP usa `CRLF.CRLF` para determinar fim da mensagem

Comparação com HTTP:

- HTTP: puxa
- SMTP: empurra
- ambos têm interação de comando/resposta em ASCII, códigos de estado
- HTTP: cada objeto encapsulado em sua própria mensagem de resposta
- SMTP: múltiplos objetos enviados na mensagem multiparte

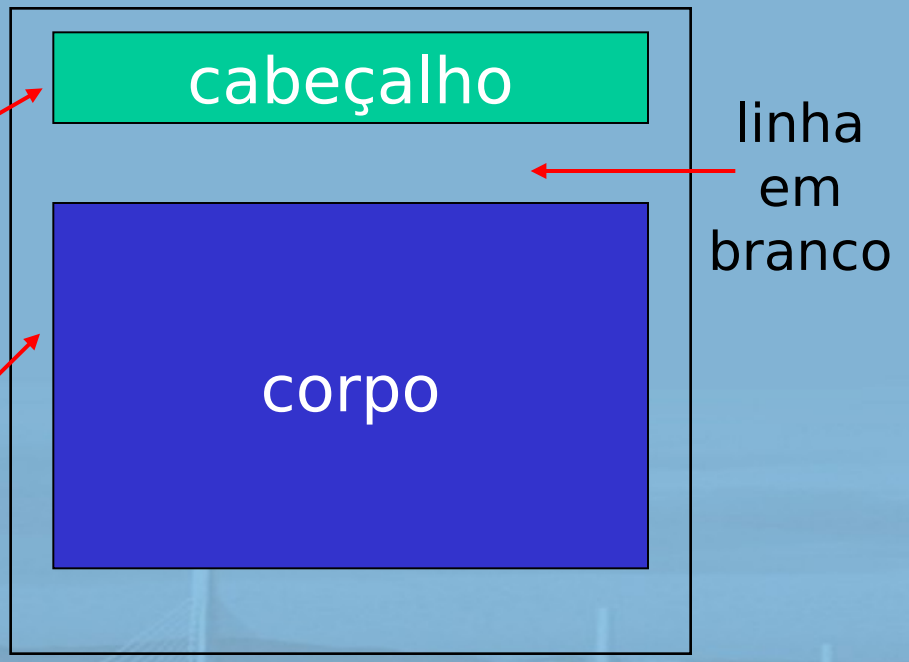
Formato da mensagem de correio

SMTP: protocolo para trocar mensagens de e-mail

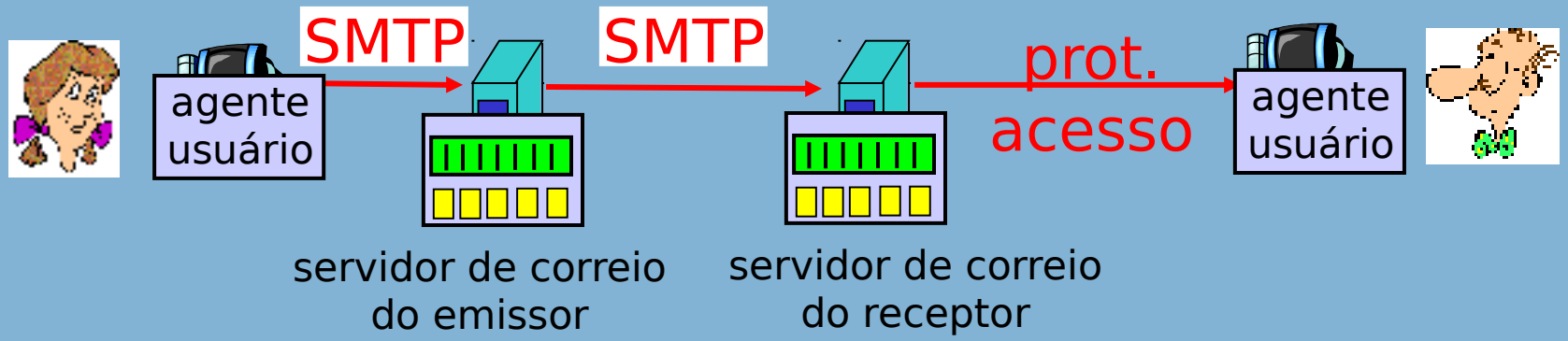
RFC 822: padrão para formato de mensagem de texto:

- linhas de cabeçalho, p. e.,
  - Para:
  - De:
  - Assunto:

  diferente dos comandos SMTP!
- corpo
  - a “mensagem”, apenas em caracteres ASCII



Protocolos de acesso de correio



- SMTP: remessa/armazenamento no servidor do receptor
- protocolo de acesso ao correio: recuperação do servidor
  - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
    - autorização (agente <--> servidor) e download
  - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
    - mais recursos (mais complexo)
    - manipulação de msgs armazenadas no servidor
  - HTTP: gmail, Hotmail, Yahoo! Mail etc.

Protocolo POP3

fase de autorização

- comandos do cliente:
  - **user:** declare “username”
  - **pass:** senha
- respostas do servidor
  - **+OK**
  - **-ERR**

fase de transação, cliente:

- **list:** lista números de msg.
- **retr:** recupera mensagem por número
- **dele:** exclui
- **quit**

```
S: +OK POP3 server ready
C: user bob
S: +OK
C: pass hungry
S: +OK usuário logado com sucesso
```

```
C: list
  S: 1 498
  S: 2 912
  S: .
  C: retr 1
  S: <message 1 contents>
  S: .
  C: dele 1
  C: retr 2
  S: <message 1 contents>
  S: .
  C: dele 2
  C: quit
  S: +OK serv. POP3 desconectando
```

POP3 (mais) e IMAP

Mais sobre POP3

- Exemplo anterior usa modo “download e excluir”
- Bob não pode reler e-mail se mudar o cliente
- “Download-e-manter”: cópias de mensagens em clientes diferentes
- POP3 é sem estado entre as sessões

IMAP

- Mantém todas as mensagens em um local: o servidor
- Permite que o usuário organize msgs em pastas
- IMAP mantém estado do usuário entre sessões:
  - nomes de pastas e mapeamento entre IDs de mensagem e nome de pasta

Capítulo 2: Camada de aplicação

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio eletrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Aplicações P2P
- 2.7 Programação de sockets com UDP
- 2.8 Programação de sockets com TCP

DNS: Domain Name System

pessoas: muitos identificadores:
- CPF, nome, passaporte

hospedeiros da Internet, roteadores:
- endereço IP (32 bits) – usado para endereçar datagramas
- "nome", p. e., ww.yahoo.com – usado pelos humanos

P: Como mapear entre endereço IP e nome?

Domain Name System:
- *banco de dados distribuído* implementado na hierarquia de muitos *servidores de nomes*
- *protocolo em nível de aplicação* hospedeiro, roteadores, servidores de nomes se comunicam para *resolver* nomes (tradução endereço/nome)
  - Nota: função básica da Internet, implementada como protocolo em nível de aplicação
  - complexidade na "borda" da rede

DNS

Serviços de DNS

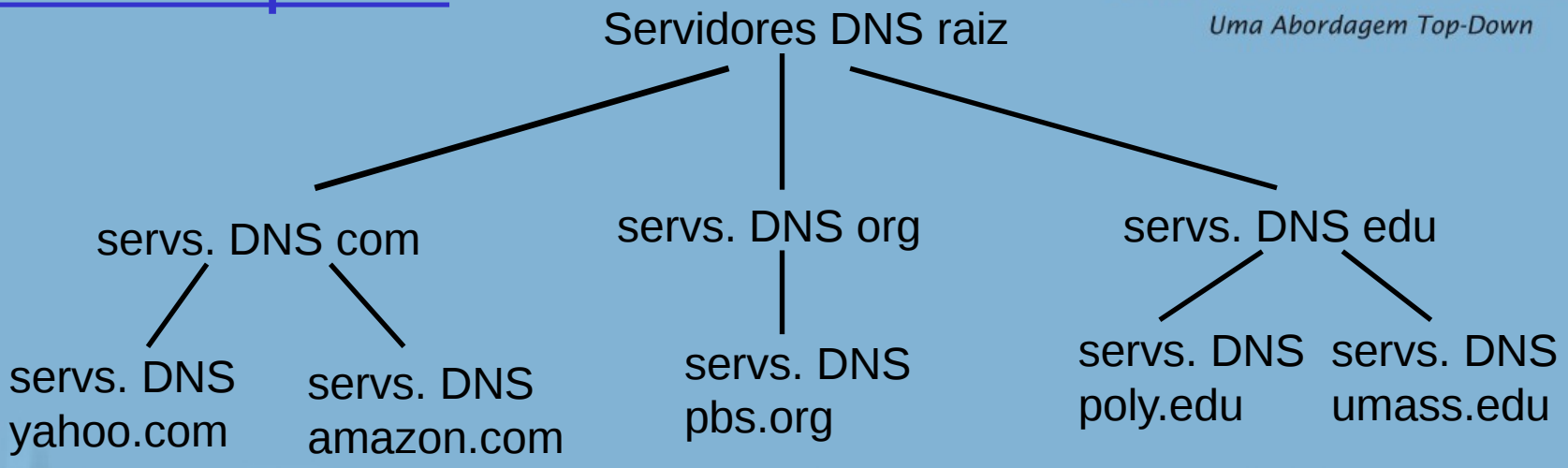
- tradução nome de hospedeiro -> endereço IP
- apelidos de hospedeiro
  - nomes canônicos
- apelidos de servidor de correio
- distribuição de carga
  - servidores Web replicados: conjunto de endereços IP para um nome canônico

Por que não centralizar o DNS?

- único ponto de falha
- volume de tráfego
- banco de dados centralizado distante
- manutenção

Não é *escalável!*

Banco de dados distribuído, hierárquico



Cliente quer IP para www.amazon.com; 1ª aprox:

- cliente consulta serv. raiz para achar servidor DNS com
- cliente consulta serv. DNS com para obter serv. DNS amazon.com
- cliente consulta serv. DNS amazon.com para obter endereço IP para www.amazon.com

DNS: Servidores de nomes raiz

- contactados por servidores de nomes locais que não conseguem traduzir nome
- servidores de nomes raiz:
  - contacta servidor de nomes com autoridade se o mapeamento não for conhecido
  - obtém mapeamento
  - retorna mapeamento ao servidor de nomes local

13 servidores de nomes raiz no mundo

TLD e servidores com autoridade

- servidores de domínio de alto nível (TLD) :
  - responsáveis por com, org, net, edu etc. e todos os domínios de país de alto nível: br, uk, fr, ca, jp.
  - A Network Solutions mantém servidores para TLD com
  - Educause para TLD edu
- servidores DNS com autoridade:
  - servidores DNS da organização, provendo nome de hospedeiro com autoridade a mapeamentos IP para os servidores da organização (p. e., Web, correio).
  - podem ser mantidos pela organização ou provedor de serviços

Servidor de nomes local

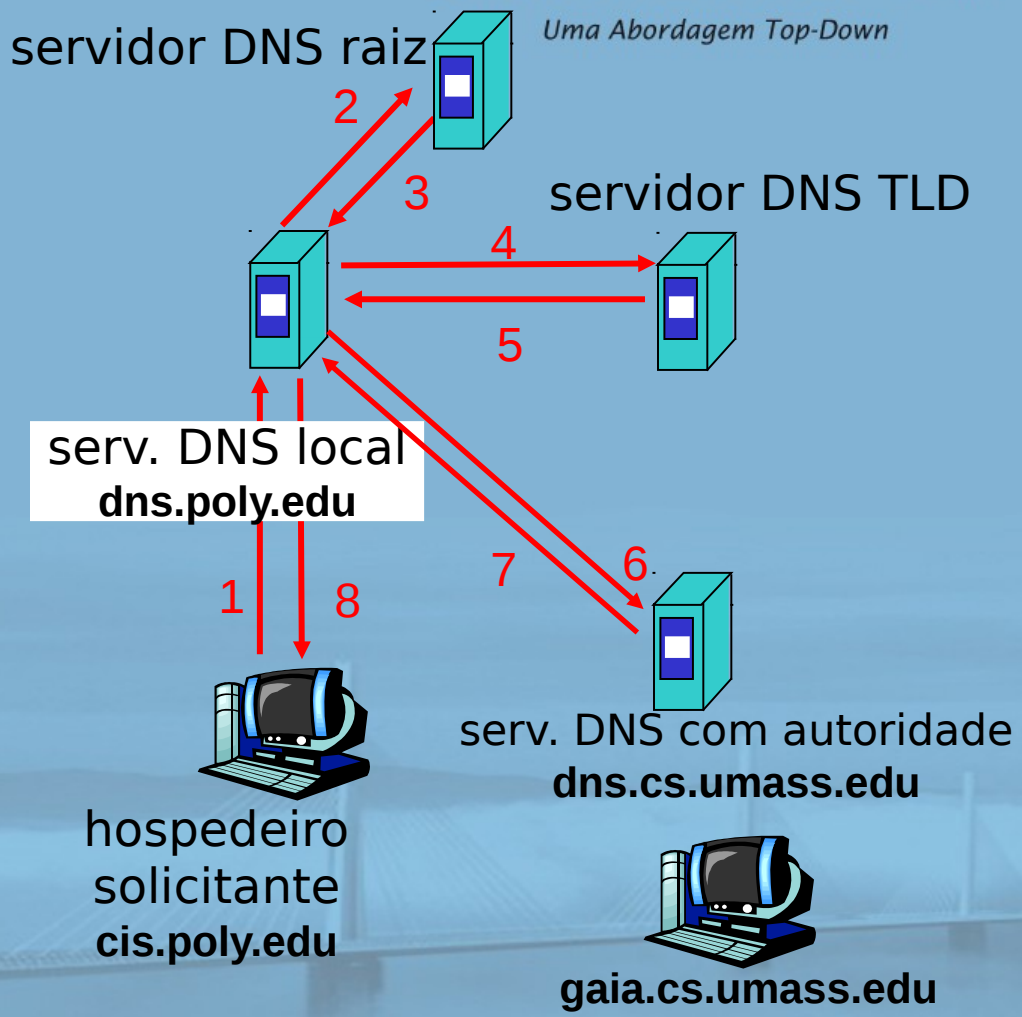
- não pertence estritamente à hierarquia
- cada ISP (ISP residencial, empresa, universidade) tem um.
  - também chamado “servidor de nomes default”
- quando hospedeiro faz consulta ao DNS, consulta é enviada ao seu servidor DNS local
  - atua como proxy, encaminha consulta para hierarquia

Exemplo de resolução de nome DNS

- hospedeiro em cis.poly.edu quer endereço IP para gaia.cs.umass.edu

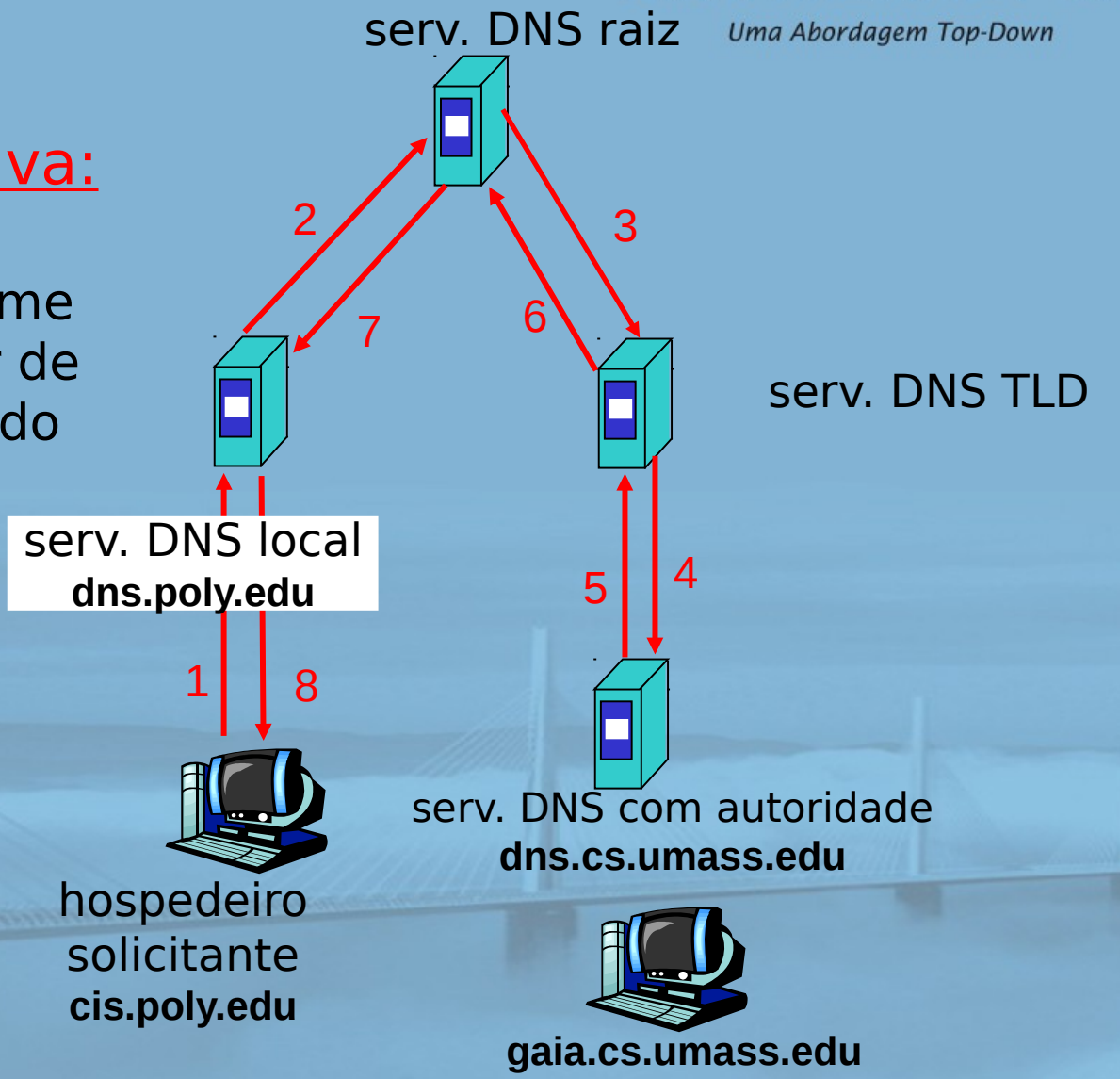
consulta repetida:

- servidor contactado responde com nome do servidor a contactar
- "não conheço esse nome, mas pergunte a este servidor"



consulta recursiva:

- coloca peso da resolução de nome sobre o servidor de nomes contactado
- carga pesada?



DNS: caching e atualização de registros

- quando (qualquer) servidores de nomes descobre o mapeamento, ele o mantém em *cache*
  - entradas de cache esgotam um tempo limite (desaparecem) após algum tempo
  - servidores TLD normalmente são mantidos em caches nos servidores de nomes locais
    - Assim, os servidores de nomes raiz não são consultados com frequência
- mecanismos de atualização/notificação em projeto na IETF
  - RFC 2136
  - http://www.ietf.org/html.charters/dnsext-charter.html

Registros de DNS

DNS: b.d. distribuído contendo registros de recursos (RR)

formato do RR: **(nome, valor, tipo, ttl)**

- Tipo = A
  - **nome** é o "hostname"
  - **valor** é o endereço IP
- Tipo = NS
  - **nome** é o domínio (p. e. foo.com)
  - **valor** é o "hostname" do servidor de nomes com autoridade para este domínio
- Tipo = CNAME
  - **nome** é apelido para algum nome "canônico" (real)

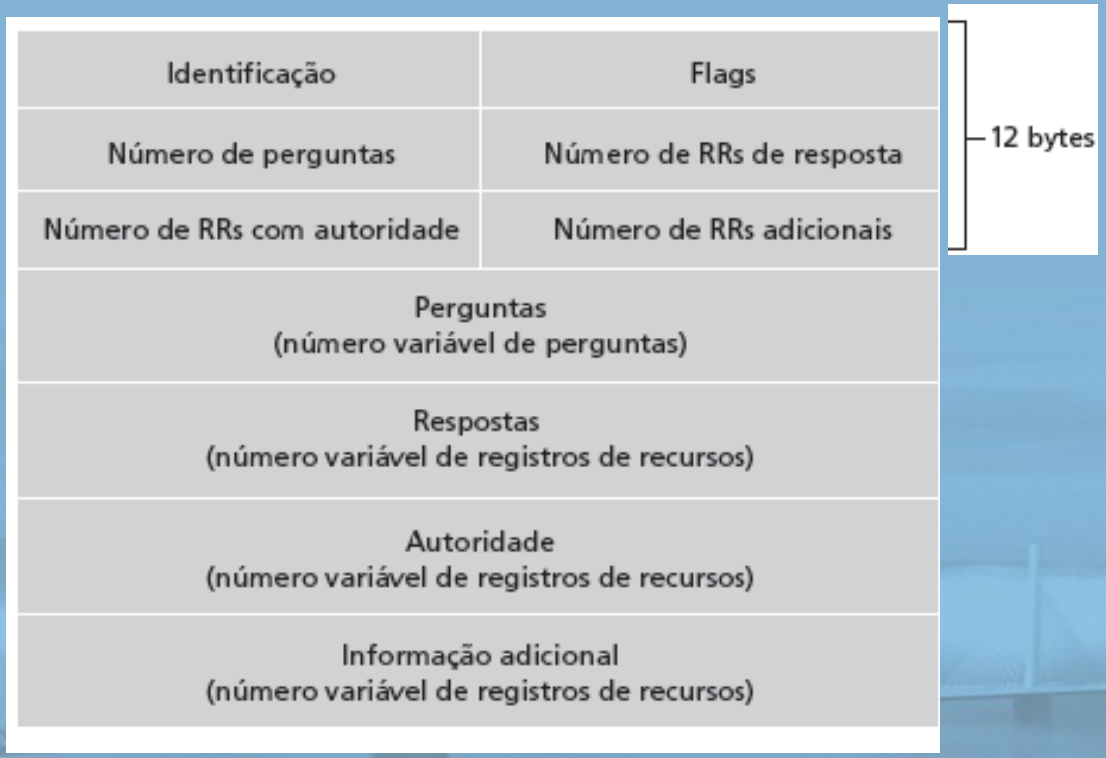
    `www.ibm.com` é na realidade `servereast.backup2.ibm.com`
  - **valor** é o nome canônico
- Tipo = MX
  - **valor** é o nome do servidor de correio associado ao **nome**

Protocolo DNS, mensagens

protocolo DNS: mensagens de *consulta* e *resposta*, ambas com algum *formato de mensagem*

cabeçalho da mensagem

- identificação: # de 16 bits para consulta; resposta usa mesmo #
- flags:
  - consulta ou resposta
  - recursão desejada
  - recursão disponível
  - resposta é com



Protocolo DNS, mensagens

campos de nome e tipo para uma consulta

RRs na resposta à consulta

registros para servidores com autoridade

informação adicional útil" que pode ser usada

Inserindo registros no DNS

- exemplo: nova empresa “Network Utopia”
- registre o nome networkuptopia.com na *entidade registradora de DNS* (p. e., Network Solutions)
  - oferece nomes, endereços IP do servidor de nomes com autoridade (primário e secundário)
  - entidade insere dois RRs no servidor TLD com:

```
(networkutopia.com, dns1.networkutopia.com, NS)
(dns1.networkutopia.com, 212.212.212.1, A)
```

- crie registro Tipo A do servidor com autoridade para www.networkuptopia.com; registro Tipo MX para networkutopia.com
- Como as pessoas obtêm o endereço IP do seu site?

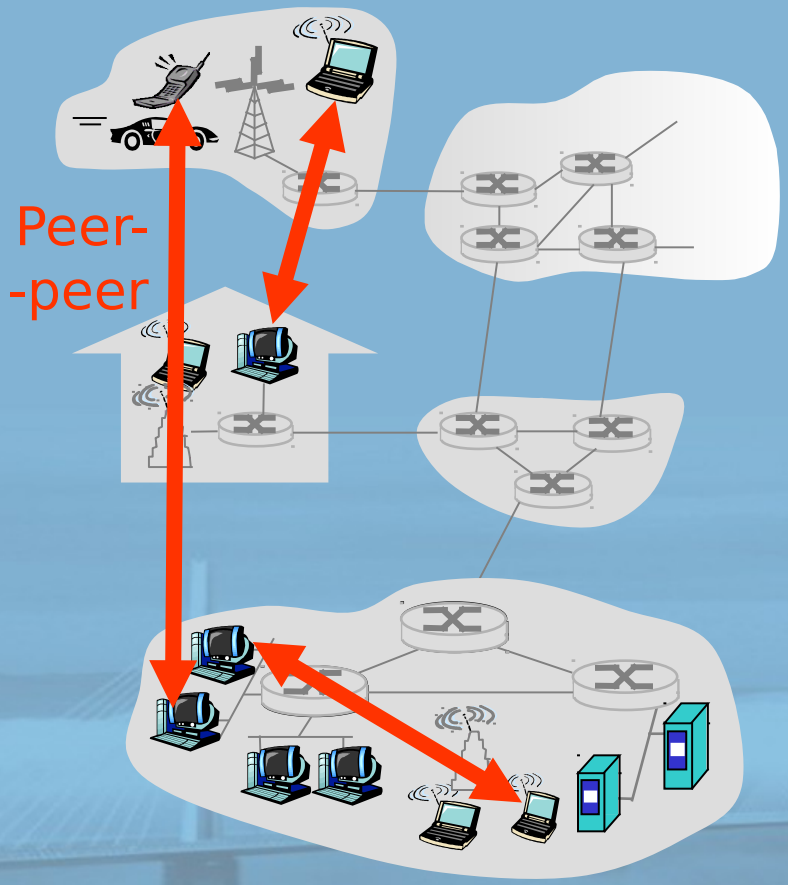
Capítulo 2: Camada de aplicação

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio eletrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Aplicações P2P
- 2.7 Programação de sockets com UDP
- 2.8 Programação de sockets com TCP

Arquitetura P2P pura

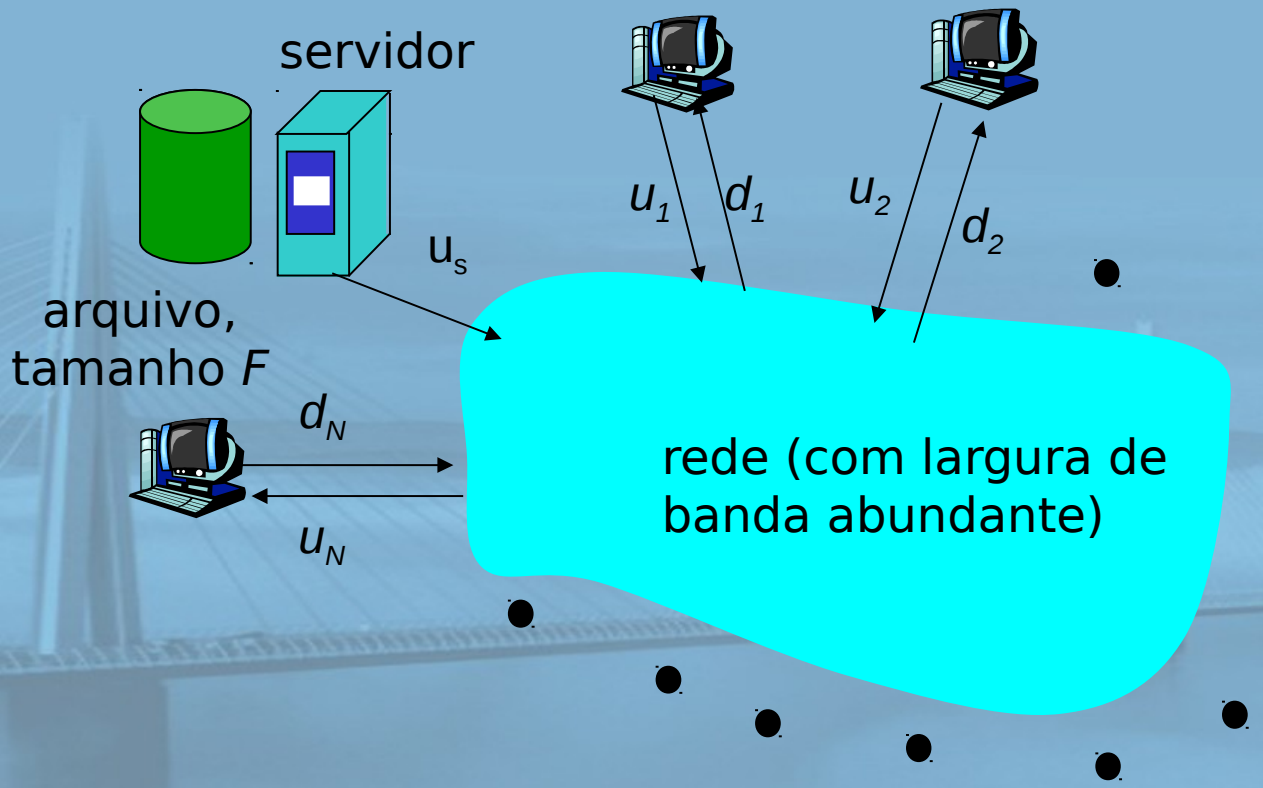
- *sem* servidor sempre ligado
- sistemas finais arbitrários se comunicam diretamente
- pares estão conectados intermitentemente e mudam de endereços IP



- Três tópicos:
  - distribuição de arquivos
  - procura de informações
  - estudo de caso: Skype

Distribuição de arquivo: cliente-servidor *versus* P2P

Pergunta: Quanto tempo para distribuir arquivo de um servidor para *N pares*?



u_s: largura de banda de upload do servidor

u_i: largura de banda de upload do par i

d_i: largura de banda de download do par i

Tempo de distribuição de arquivo: cliente-servidor

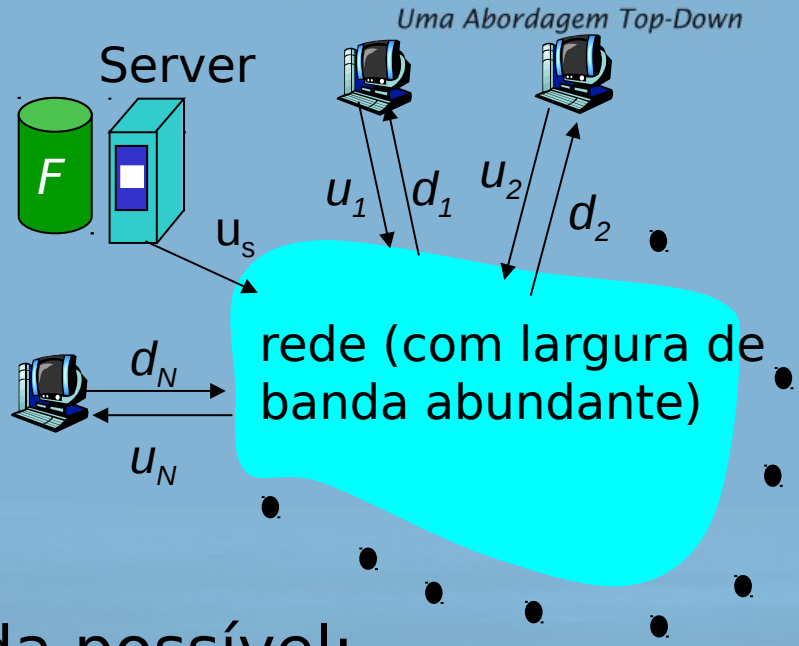
- servidor envia N cópias sequencialmente:
  - tempo NF/u_s
- cliente i leva um tempo F/d_i para o download

tempo para distribuir *F* a *N* clientes usando técnica cliente/servidor $= d_{cs} = \max \{ NF/u_s, \max_i F/d_i \}$

aumenta linearmente em N (para N grande)

Tempo de distribuição de arquivo: P2P

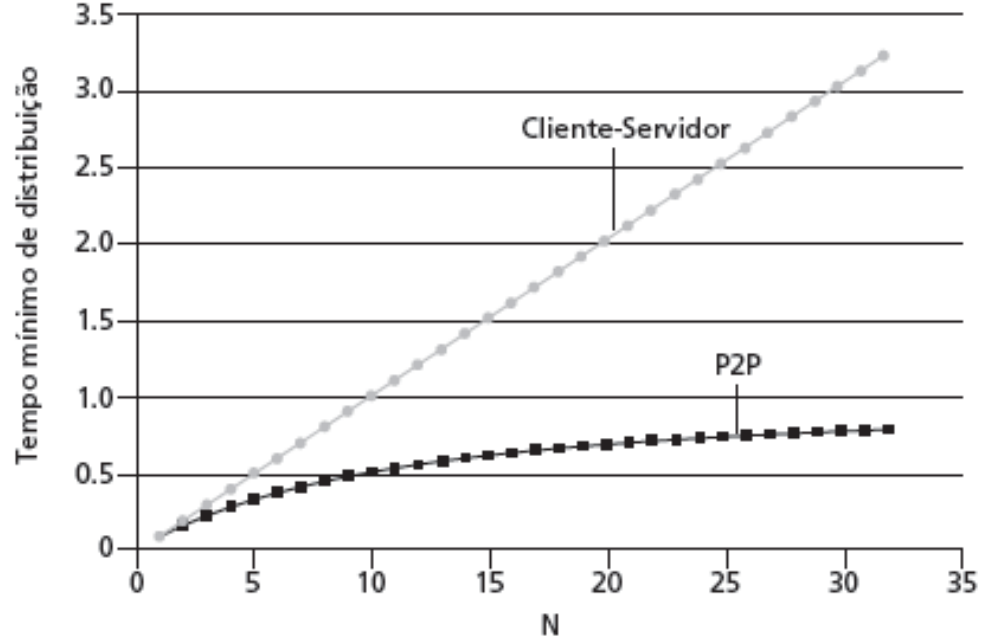
- servidor deve enviar uma cópia: tempo F/u_s
- cliente i leva tempo F/d_i para o download
- NF bits devem ser baixados (agregados)
- taxa de upload mais rápida possível: $u_s + \Sigma u_i$



$$d_{P2P} = \max \{ F/u_s, F/\min_i(d_i) , NF/(u_s + \Sigma u_i) \}$$

Cliente-servidor *versus* P2P: exemplo

Taxa de upload cliente = u, F/u = 1 hora, $u_s = 10u$, $d_{min} \geq u_s$

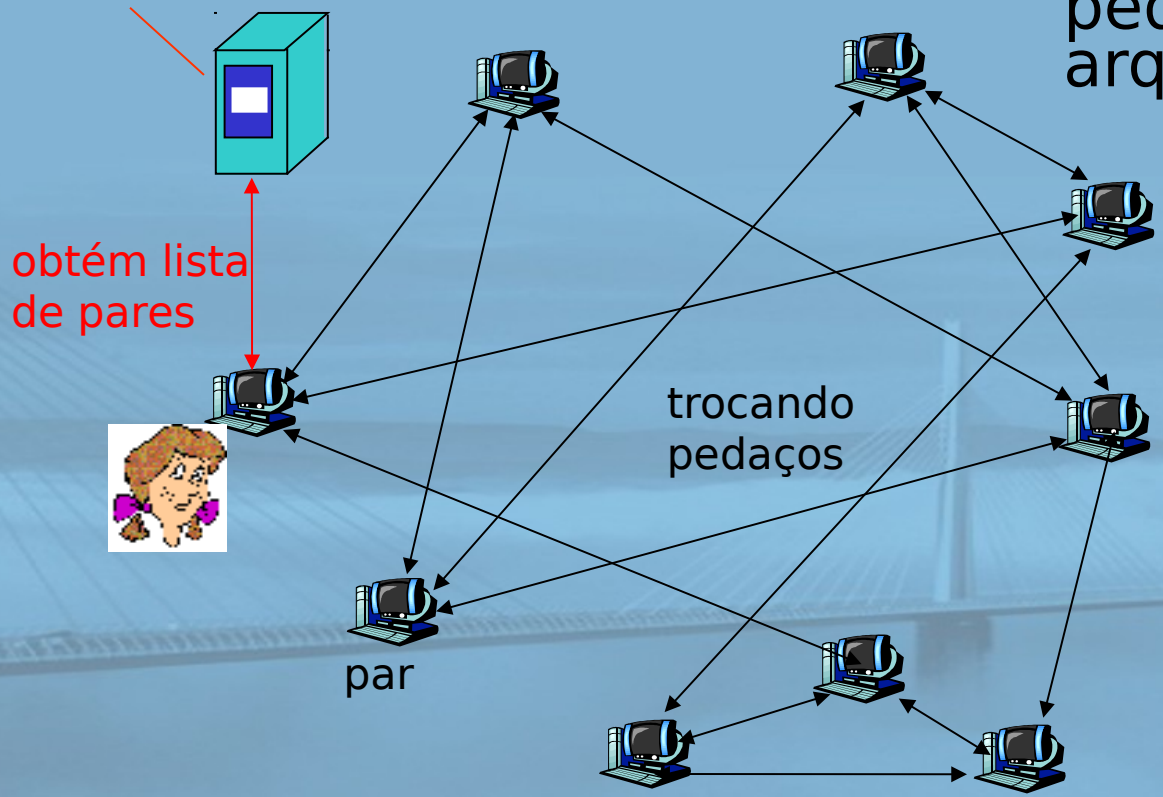


Distribuição de arquivos: BitTorrent

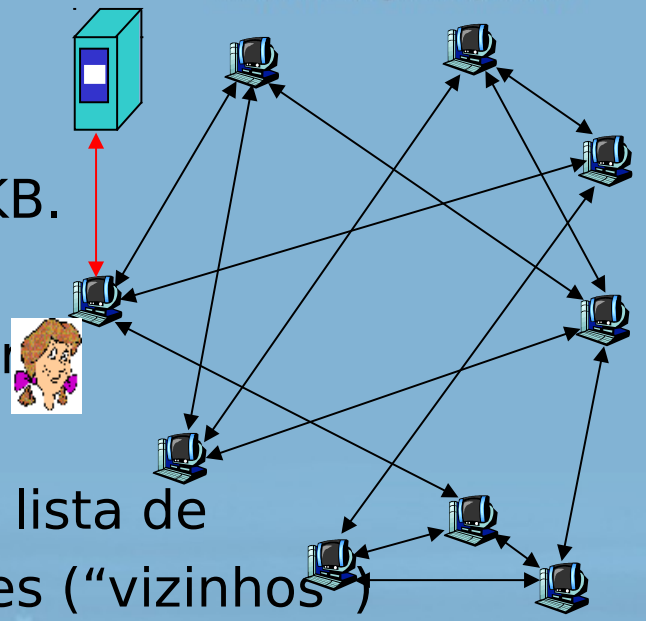
- distribuição de arquivos P2P

rastreador: verifica pares que participam do torrent

torrent: grupo de pares trocando pedaços de um arquivo



BitTorrent



- arquivo dividido em *pedaços* de 256 KB.
- torrent de ajuntamento de pares:
  - não tem pedaços, mas os acumulará com o tempo
  - registra com rastreador para obter lista de pares, conecta a subconjunto de pares (“vizinhos”)
- ao fazer download, par faz upload de pedaços para outros pares
- pares podem ir e vir
- quando par tem arquivo inteiro, ele pode (de forma egoísta) sair ou (de forma altruísta) permanecer

Empurrando pedaços

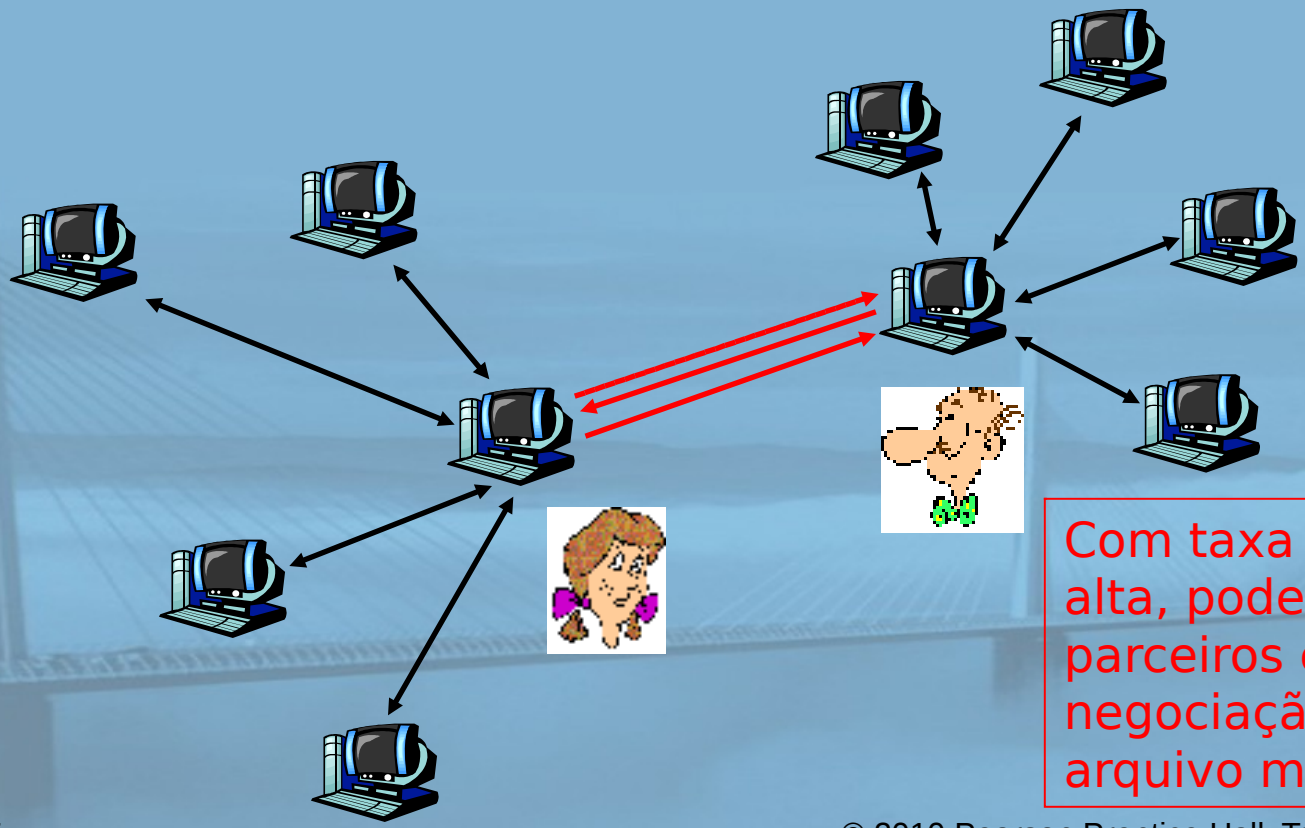
- a qualquer momento, diferentes pares têm diferentes subconjuntos de pedaços de arquivo
- periodicamente, um par (Alice) pede a cada vizinho a lista de pedaços que eles têm
- Alice envia requisições para seus pedaços que faltam
  - mais raros primeiro

Enviando pedaços: olho por olho

- Alice envia pedaços a quatro vizinhos atualmente enviando seus pedaços na *velocidade mais alta*
  - reavalia 4 maiores a cada 10 s
- a cada 30 s: seleciona outro par aleatoriamente, começa a enviar pedaços
  - par recém-escolhido pode se juntar aos 4 maiores
  - "desafoga" de forma

BitTorrent: Olho por olho

(1) Alice "desafoga" Bob de forma otimista
(2) Alice um dos quatro maiores provedores de Bob; Bob recíproc
(3) Bob torna-se um dos quatro maiores provedores de Alice



Com taxa de upload mais alta, pode achar parceiros com melhor negociação & obter arquivo mais rápido!

Distributed Hash Table (DHT)

- DHT = banco de dados P2P distribuído
- banco de dados tem duplas (chave, valor);
  - chave: número ss; valor: nome humano
  - chave: tipo conteúdo; valor: endereço IP
- pares consultam BD com chave
  - BD retorna valores que combinam com a chave
- pares também podem inserir duplas (chave, valor)

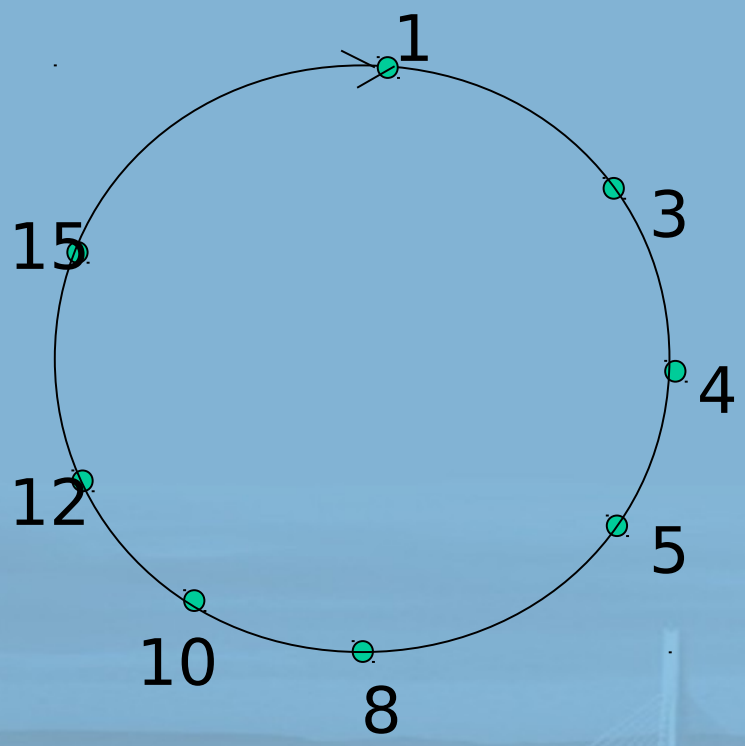
Identificadores DHT

- atribuem identificador inteiro a cada par no intervalo $[0,2^n - 1]$.
  - cada identificador pode ser representado por n bits.
- exigem que cada chave seja um inteiro no mesmo intervalo.
- para obter chaves inteiras, misture chave original.
  - p. e., chave = h(“Led Zeppelin IV”)
  - É por isso que a chamamos de tabela “hash” distribuída

Como atribuir chaves aos pares?

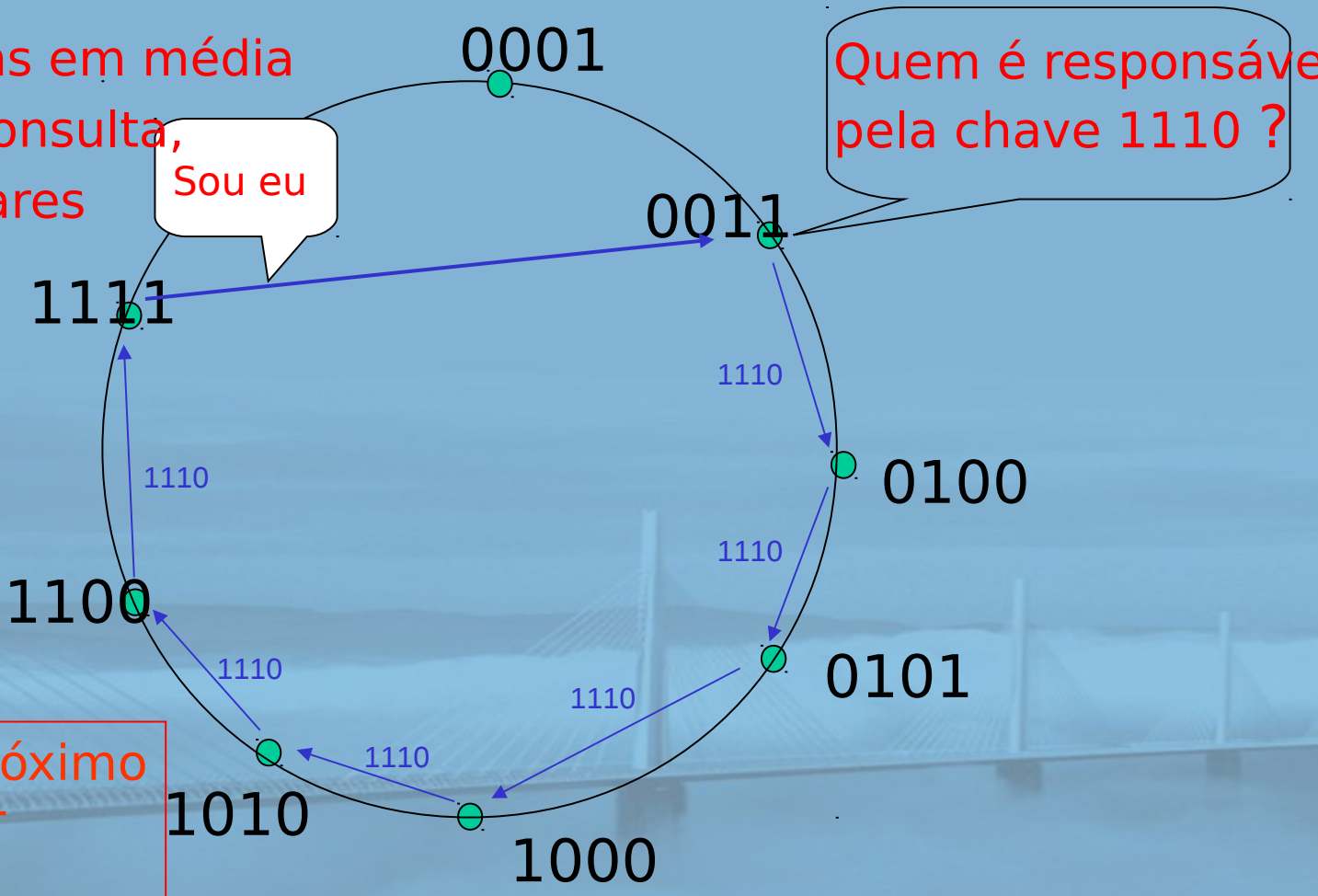
- questão central:
  - atribuir duplas (chave, valor) aos pares.
- regra: atribuir chave ao par que tem o ID mais próximo.
- convenção na aula: mais próximo é o sucessor imediato da chave.
- ex.: n = 4; pares: 1,3,4,5,8,10,12,14;
  - chave = 13, então par sucessor = 14
  - chave = 15, então par sucessor = 1

DHT circular



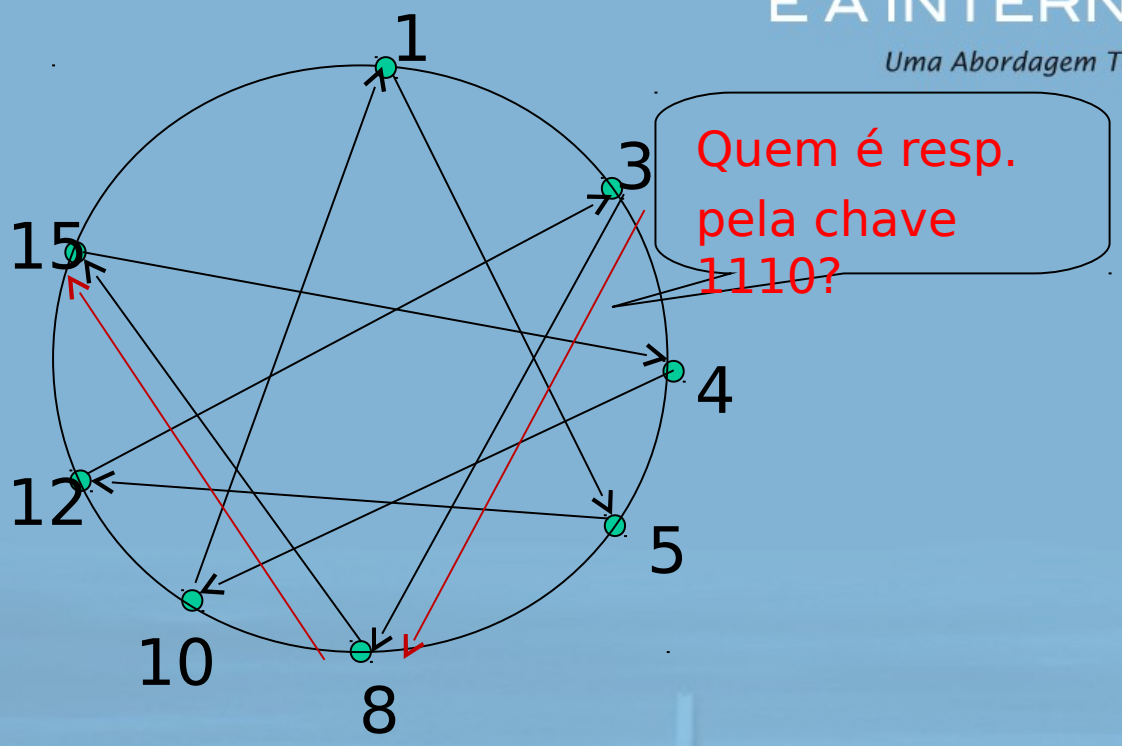
- cada par *só* conhece sucessor e predecessor imediato.
- “rede de sobreposição”

O(N) mensagens em média para resolver consulta, quando há N pares



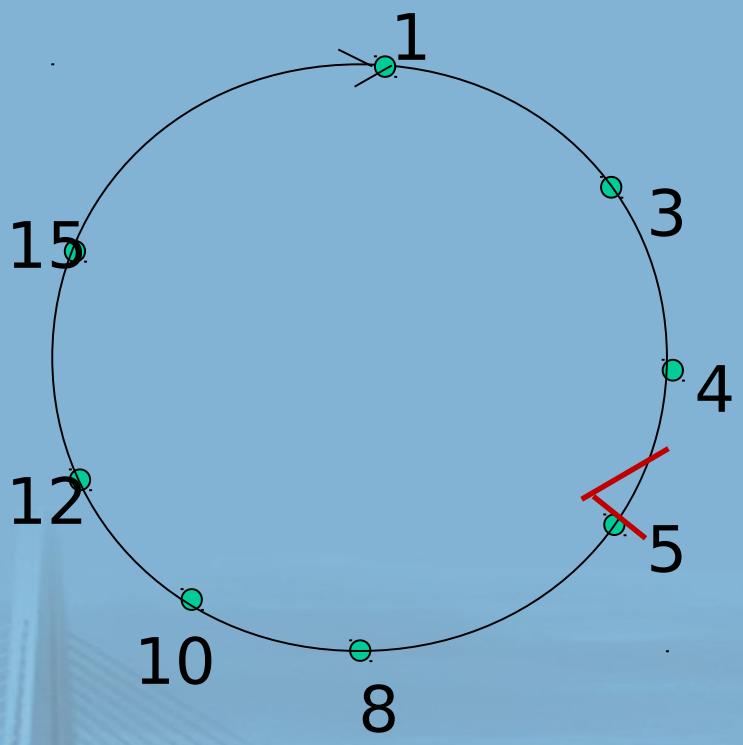
Define mais próximo como sucessor mais próximo

DHT circular com atalhos



- cada par registra endereços IP do predecessor, sucessor, atalhos
- reduzido de 6 para 2 mensagens
- possível criar atalhos de modo que O(log N) vizinhos, O(log N) mensagens na consulta

Peer Churn

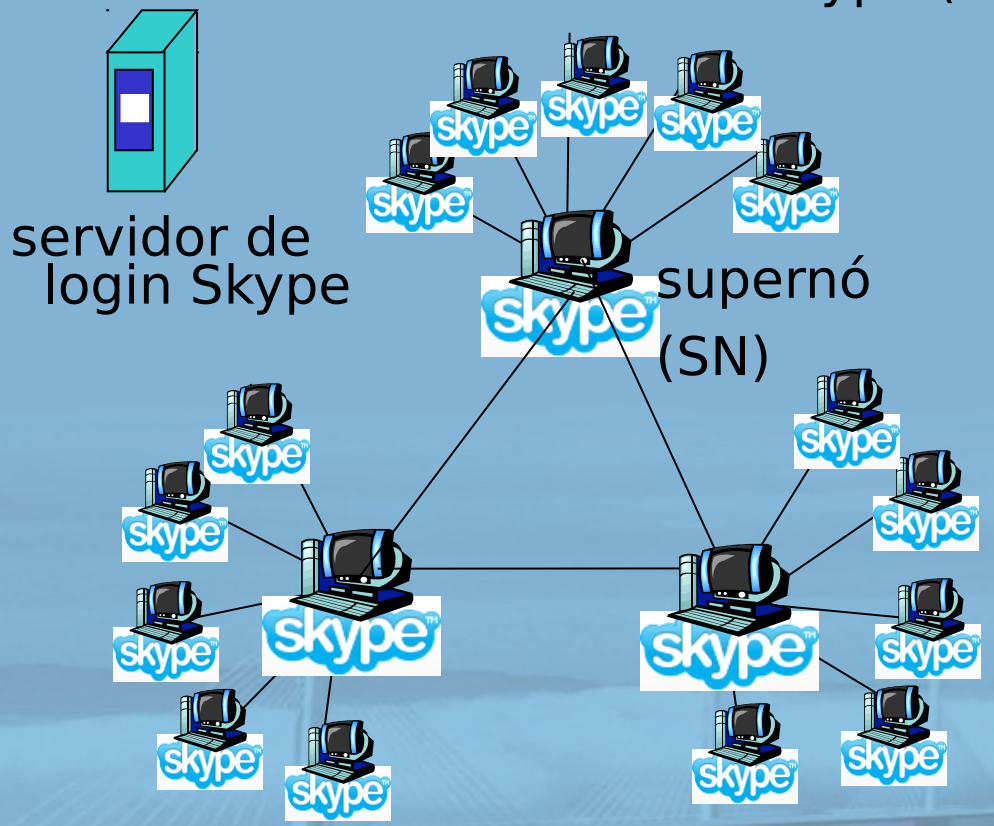


- para manejar o peer churn, é precis
que cada par conheça o endereço IP
de seus dois sucessores.
- cada par periodicamente envia ‘pi
aos seus dois sucessores para ver s
eles ainda estão vivos.

- par 5 sai abruptamente
- par 4 detecta; torna 8 seu sucessor imediato; pergunta a 8 quem é seu sucessor imediato; torna o sucessor imediato de 8 seu segundo sucessor.
- e se o par 13 quiser se juntar?

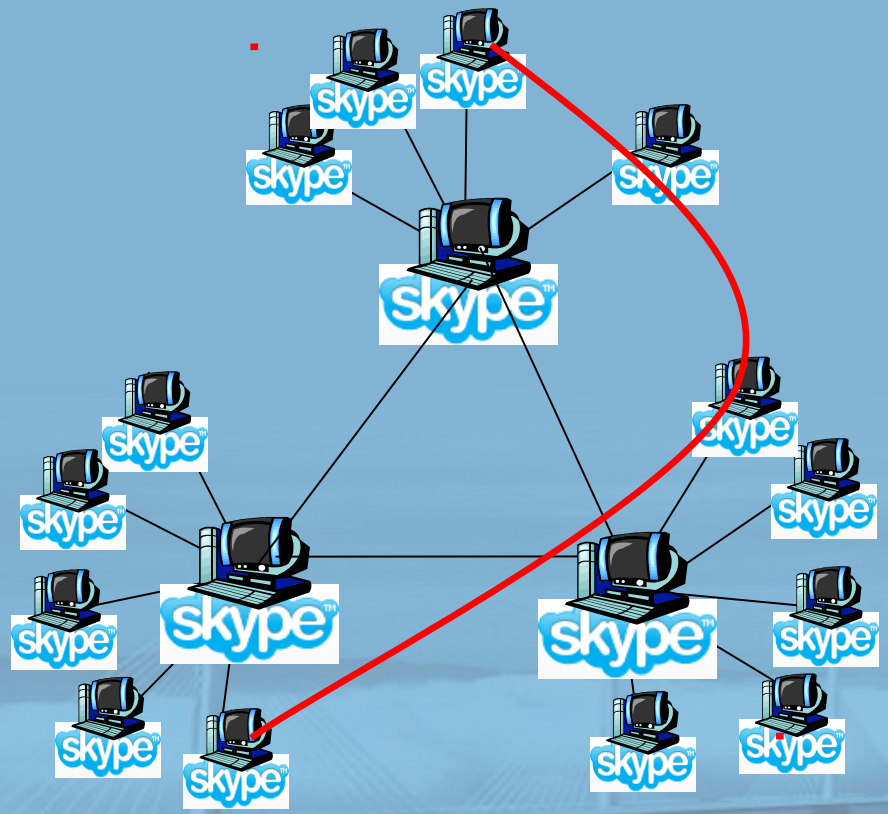
Estudo de caso do P2P: Skype

- inerentemente P2P: pares de usuários se comunicam.
- protocolo próprio da camada de aplicação (deduzido por engenharia reversa)
- sobreposição hierárquica com SNs
- índice compara usernames com endereços IP; distribuído por SNs



Pares como retransmissores

- problema quando Alice e Bob estão atrás de "NATs"
  - NAT impede que um par de fora inicie uma chamada para um par de dentro da rede
- solução:
  - usando os SNs de Alice e de Bob, o retransmissor é escolhido
  - cada par inicia a sessão com retransmissão.
  - pares agora podem se comunicar através de NATs com retransmissão



Capítulo 2: Camada de aplicação

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio eletrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Aplicações P2P
- 2.7 Programação de sockets com UDP
- 2.8 Programação de sockets com TCP

Programação de sockets

Objetivo: aprender a criar aplicação cliente-servidor que se comunica usando sockets

API socket

- introduzida no BSD4.1 UNIX em 1981
- criada, usada e liberada explicitamente pelas apls.
- paradigma cliente-servidor
- dois tipos de serviços de transporte por meio da API socket:
  - UDP
  - TCP

socket

Uma interface *criada pela aplicação e controlada pelo SO* (uma "porta") na qual o processo da aplicação pode enviar e receber mensagens para/de outro processo da aplicação

Fundamentos de programação de socket

- servidor deve estar rodando antes que o cliente possa lhe enviar algo
- servidor deve ter um socket (porta) pelo qual recebe e envia segmentos
- da mesma forma, o cliente precisa de um socket

- socket é identificado localmente com um número de porta
  - semelhante ao número de apartamento de um prédio
- cliente precisa saber o endereço IP do servidor e o número de porta do socket

Programação de socket *com UDP*

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

UDP: sem "conexão" entre cliente e servidor

- sem "handshaking"
- emissor conecta de forma explícita endereço IP e porta do destino a cada segmento
- SO conecta endereço IP e porta do socket emissor a cada segmento
- Servidor pode extrair endereço IP, porta do emissor a partir do segmento recebido

ponto de vista da aplicação

UDP oferece transferência não confiável de grupos de bytes ("datagramas") entre cliente e servidor

Nota: A terminologia oficial para ur pacote UDP é "datagrama". Nesta aula, usamos "segmento UDP" em seu lugar.

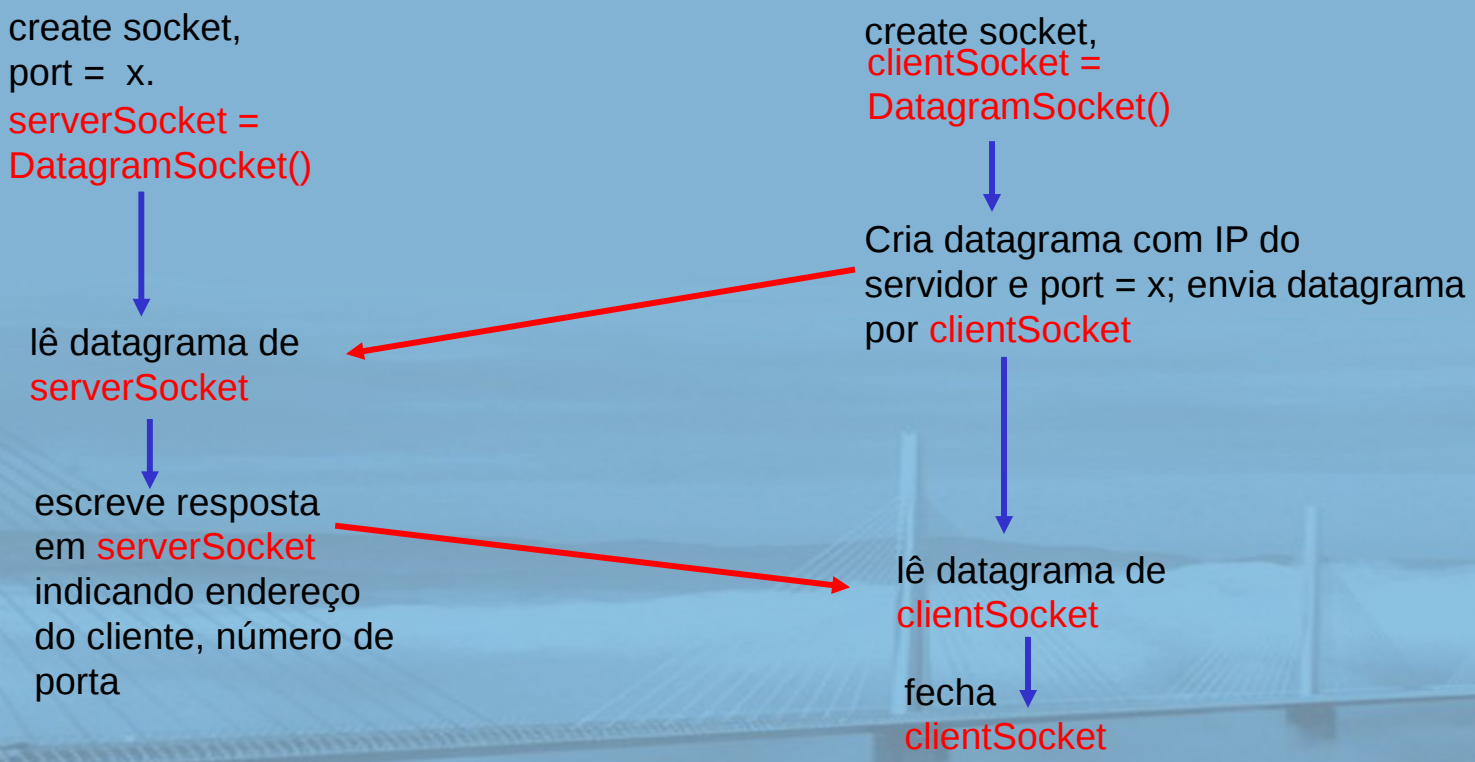
Exemplo em curso

- cliente:
  - usuário digita linha de texto
  - programa cliente envia linha ao servidor
- servidor:
  - servidor recebe linha de texto
  - coloca todas as letras em maiúsculas
  - envia linha modificada ao cliente
- cliente:
  - recebe linha de texto
  - apresenta

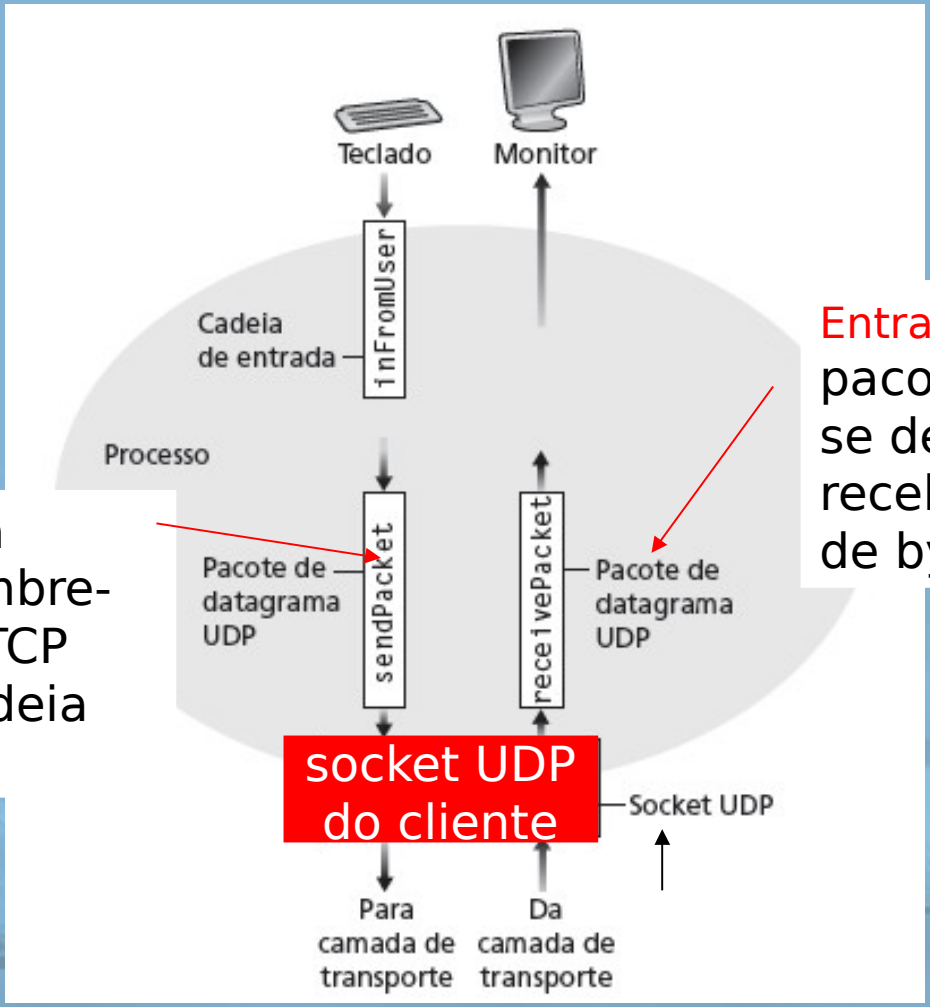
Interação de socket cliente/servidor: UDP

servidor (rodando em **`hostid`**)

cliente



Exemplo: cliente Java (UDP)



Saída: envia pacote (lembre-se de que TCP enviou "cadeia de bytes")

Entrada: recebe pacote (lembre-se de que TCP recebeu "cadeia de bytes")

```
import java.io.*;
import java.net.*;

class UDPClient {
   public static void main(String args[]) throws Exception
   {

     BufferedReader inFromUser =
       new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));

     DatagramSocket clientSocket = new DatagramSocket();

     InetAddress IPAddress = InetAddress.getByName("hostname");

     byte[ ] sendData = new byte[1024];
     byte[ ] receiveData = new byte[1024];

     String sentence = inFromUser.readLine();

     sendData = sentence.getBytes();
```

cria cadeia de entrada

cria socket do cliente

traduz hostname para endereço IP usando DNS

cria datagrama com dados a enviar, tamanho, end. IP, porta

envia datagrama ao servidor

lê datagrama do servidor

```
DatagramPacket sendPacket =
   new DatagramPacket(sendData, sendData.length, IPAddress, 9876);

clientSocket.send(sendPacket);

DatagramPacket receivePacket =
     new DatagramPacket(receiveData, receiveData.length);

clientSocket.receive(receivePacket);

String modifiedSentence =
      new String(receivePacket.getData());

System.out.println("FROM SERVER:" + modifiedSentence);
clientSocket.close();
}
}
```

Exemplo: servidor Java (UDP)


```
import java.io.*;
import java.net.*;

class UDPServer {
  public static void main(String args[]) throws Exception
   {

      DatagramSocket serverSocket = new DatagramSocket(9876);

      byte[ ] receiveData = new byte[1024];
      byte[ ] sendData  = new byte[1024];

      while(true)
       {

        DatagramPacket receivePacket =
          new DatagramPacket(receiveData, receiveData.length);

        serverSocket.receive(receivePacket);
```

cria socket de datagrama na porta 9876

cria espaço para datagrama recebido

recebe datagrama

```
String sentence = new String(receivePacket.getData());

InetAddress IPAddress = receivePacket.getAddress();

int port = receivePacket.getPort();

                String capitalizedSentence = sentence.toUpperCase();

sendData = capitalizedSentence.getBytes();

DatagramPacket sendPacket =
   new DatagramPacket(sendData, sendData.length, IPAddress,
                      port);

serverSocket.send(sendPacket);
        }
    }

}
```

obtém end. IP # porta do emissor

cria datagrama p/ enviar ao cliente

escreve datagrama no socket

fim do loop while, retorna e espera outro datagrama

Observações e perguntas sobre UDP

- cliente e servidor usam DatagramSocket
- IP e porta de destino são explicitamente conectados ao segmento.
- O que acontece se mudarmos clientSocket e serverSocket para “mySocket”?
- O cliente pode enviar um segmento ao servidor sem saber o endereço IP e/ou número de porta do servidor?
- Múltiplos clientes podem usar o servidor?

Capítulo 2: Camada de aplicação

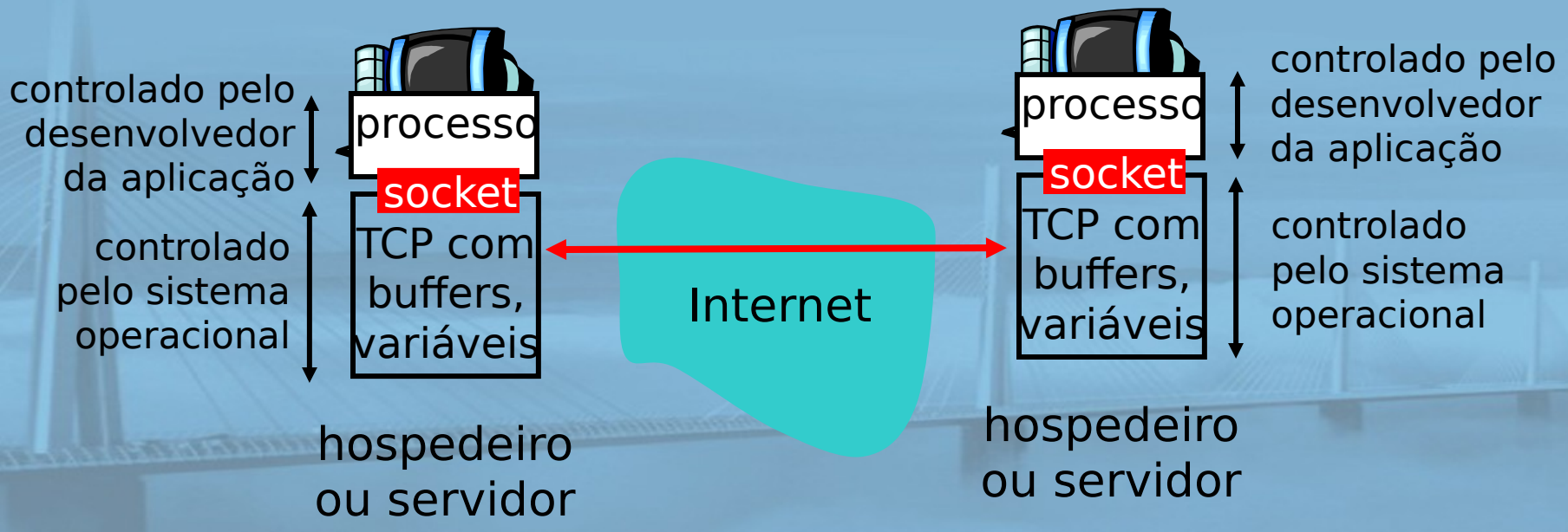
REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio eletrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Aplicações P2P
- 2.7 Programação de sockets com UDP
- 2.8 Programação de sockets com TCP

Programação de socket usando TCP

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5ª edição
Uma Abordagem Top-Down

Serviço TCP: transferência confiável de **bytes** de um processo para outro



Programação de socket com TCP

cliente deve contactar servidor

- processo servidor primeiro deve estar rodando
- servidor deve ter criado socket (porta) que aceita contato do cliente

cliente contacta servidor:

- criando socket TCP local ao cliente
- especificando endereço IP, # porta do processo servidor
- quando cliente cria socket: cliente TCP estabelece conexão com servidor TCP

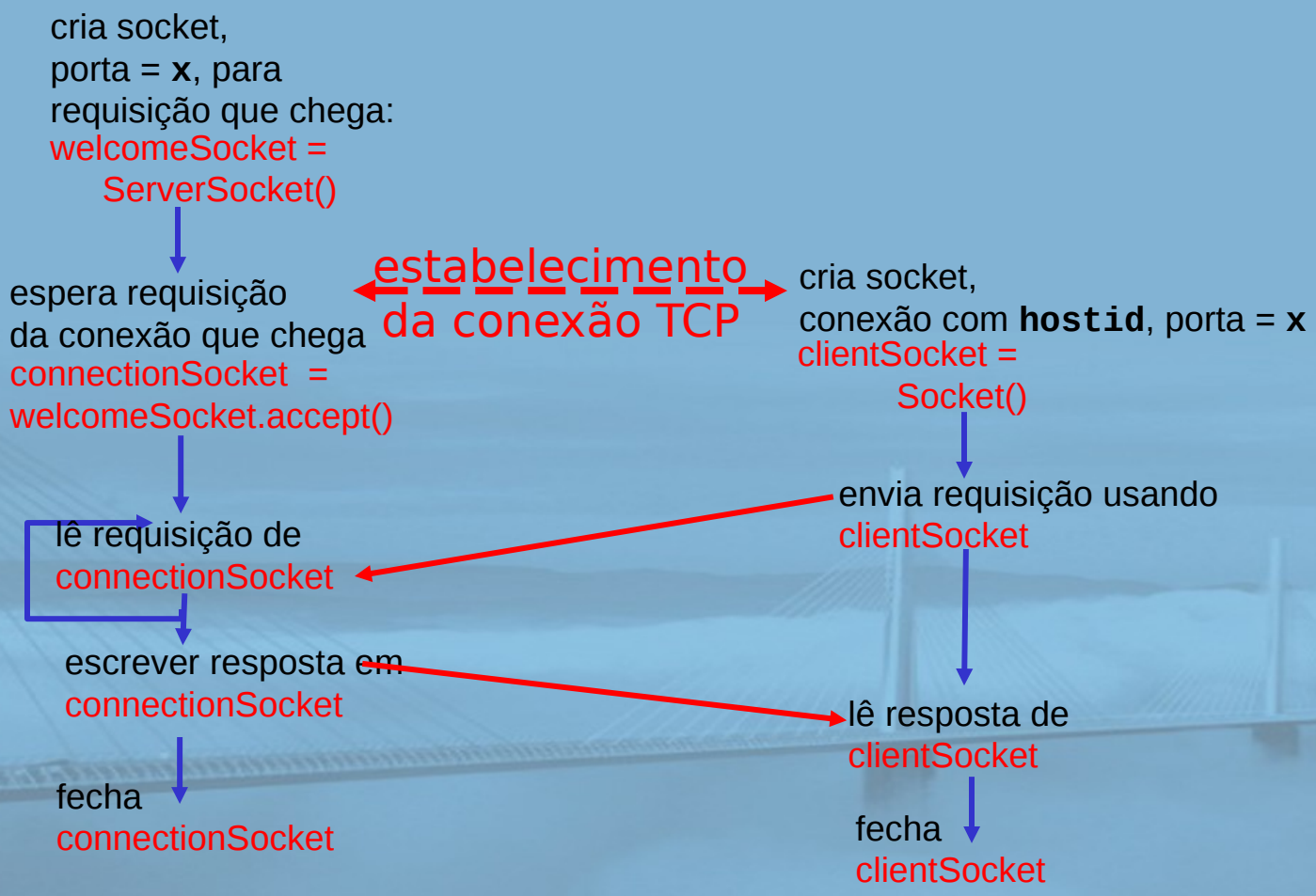
- quando contactado pelo cliente, servidor TCP cria novo socket para processo servidor se comunicar com cliente
  - permite que servidor fale com múltiplos clientes
  - números de porta de origem usados para distinguir clientes (mais no Cap. 3)

ponto de vista da aplicação

TCP oferece transferência de bytes confiável, em ordem ("pipe") entre cliente e servidor

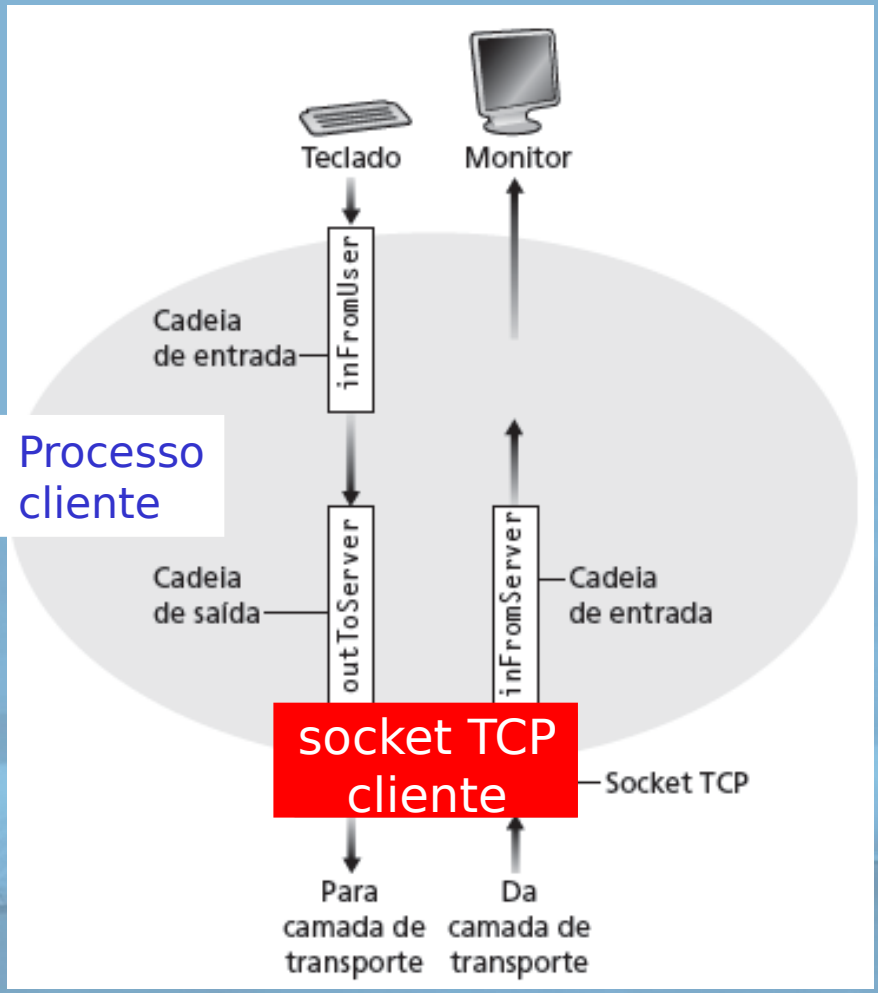
Interação de socket cliente/servidor: TCP

servidor (rodando em **`hostid`**) Cliente



Jargão de cadeia

- uma cadeia é uma sequência de caracteres que flui para dentro ou fora de um processo.
- uma cadeia de entrada está conectada a uma fonte de entrada para o processo, p. e., teclado ou socket.
- uma cadeia de saída está conectada a uma fonte de saída, p. e., monitor ou socket.



Programação de socket com TCP

Exemplo de apl. cliente-servidor:

1) cliente lê linha da entrada padrão (cadeia **`inFromUser`**), envia ao servidor via socket (cadeia **`outToServer`**)
2) servidor lê linha do socket
3) servidor converte linha para maiúsculas, envia de volta ao cliente
4) cliente lê, imprime linha modificada do socket (cadeia **`inFromServer`**)

Exemplo: cliente Java (TCP)


```
import java.io.*;
import java.net.*;
class TCPClient {

    public static void main(String argv[ ]) throws Exception
    {
        String sentence;
        String modifiedSentence;

        BufferedReader inFromUser =
          new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));

        Socket clientSocket = new Socket("hostname", 6789);

        DataOutputStream outToServer =
          new DataOutputStream(clientSocket.getOutputStream());
```

cria cadeia de entrada

cria socket cliente, conexão com servidor

cria cadeia de saída conectada ao socket

cria cadeia de entrada conectada ao socket

```
BufferedReader inFromServer =
  new BufferedReader(new
  InputStreamReader(clientSocket.getInputStream()));

sentence = inFromUser.readLine();

outToServer.writeBytes(sentence + '\n');

modifiedSentence = inFromServer.readLine();

System.out.println("FROM SERVER: " + modifiedSentence);

clientSocket.close();

    }
}
```

envia linha ao servidor

lê linha do servidor

Exemplo: servidor Java (TCP)


```
import java.io.*;
import java.net.*;

class TCPServer {

  public static void main(String argv[]) throws Exception
   {
     String clientSentence;
     String capitalizedSentence;

     ServerSocket welcomeSocket = new ServerSocket(6789);

     while(true) {

       Socket connectionSocket = welcomeSocket.accept();

       BufferedReader inFromClient =
         new BufferedReader(new
         InputStreamReader(connectionSocket.getInputStream()));
```

cria socket de apresentação na porta 6789

espera no socket e apresentação pelo contato do cliente

cria cadeia de entrada, conectada ao socket

cria cadeia de saída, conectada ao socket

lê linha do socket

escreve linha no socket

```
DataOutputStream  outToClient =
  new DataOutputStream(connectionSocket.getOutputStream());

clientSentence = inFromClient.readLine();

capitalizedSentence = clientSentence.toUpperCase() + '\n';

outToClient.writeBytes(capitalizedSentence);
            }
        }
    }
```

fim do loop while, retorna e espera outra conexão do cliente

TCP – observações e perguntas

- servidor tem dois tipos de sockets:
  - ServerSocket e Socket
- quando o cliente bate na “porta” de serverSocket, servidor cria connectionSocket e completa conexão TCP.
- IP de destino e porta não são explicitamente conectados ao segmento.
- Múltiplos clientes podem usar o servidor?

Capítulo 2: Resumo

terminamos nosso estudo das aplicações de rede!

- arquiteturas de aplicação
  - cliente-servidor
  - P2P
  - híbrido
- requisitos do servidor de aplicação:
  - confiabilidade, largura de banda, atraso
- modelo de serviço de transporte da Internet
  - orientado a conexão, confiável: TCP
  - não confiável, datagramas: UDP

- protocolos específicos:
  - HTTP
  - FTP
  - SMTP, POP, IMAP
  - DNS
  - P2P: BitTorrent, Skype
- programação de socket

Mais importante: aprendemos sobre *protocolos*

- troca de mensagem típica de requisição/resposta:
  - cliente solicita informação ou serviço
  - servidor responde com dados, código de estado
- formatos de mensagem:
  - cabeçalhos: campos dando informações sobre dados
  - dados: informações sendo comunicadas

Temas importantes:

- msgs de controle e dados
  - na banda, fora da banda
- centralizado *versus* descentralizado
- sem estado *versus* com estado
- transf. de msg confiável *versus* não confiável
- "complexidade na borda da rede"