Redes de Computadores e a Internet

Capítulo 2: Camada de Aplicação

Prof. Raimundo Viégas Junior
rviegas@ufpa.br

Capítulo 2: Roteiro

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 Correio Eletrônico na Internet
- 2.4 DNS: o serviço de diretório da Internet
- 2.5 Aplicações P2P
- 2.6 Fluxos (*streams*) de vídeo e Redes de Distribuição de Conteúdo (CDNs)
- 2.7 Programação de *sockets* com UDP e TCP

Capítulo 2: Camada de Aplicação

- Metas do capítulo:
- aspectos conceituais e de implementação de protocolos de aplicação em redes
  - modelos de serviço da camada de transporte
  - paradigma cliente servidor
  - paradigma *peer-to-peer* (p2p)
- aprender sobre protocolos através do estudo de protocolos populares da camada de aplicação:
  - HTTP
  - SMTP/ POP3/ IMAP
  - DNS
- Criar aplicações de rede
  - programação usando a API de *sockets*

Algumas aplicações de rede

- Correio eletrônico
- A Web
- Mensagens instantâneas
- Login em computador remoto como Telnet e SSH
- Compartilhamento de arquivos P2P
- Jogos multiusuários em rede
- *Streaming* de vídeos armazenados (YouTube, Netflix)
- Telefonia por IP (Skype)
- Videoconferência em tempo real
- Informação sob demanda (Buscador)
- E outras ...
- ...

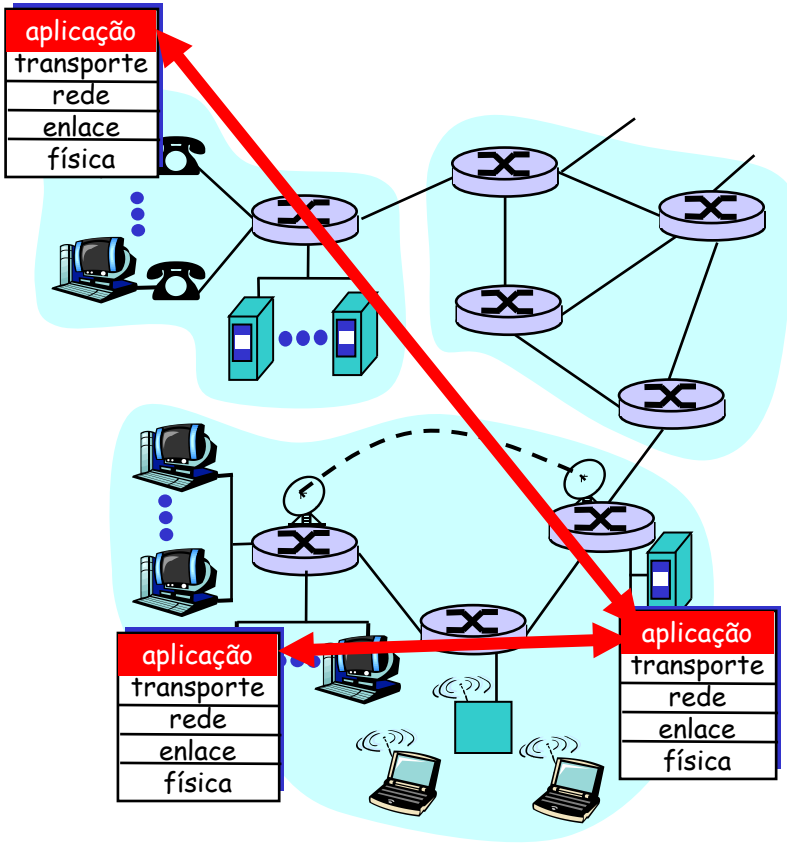
Criando uma aplicação de rede

Programas que

- Executam em (diferentes) sistemas finais (hosts)
- Comunicam-se através da rede
- p.ex., o navegador se comunica com servidor Web

Programas não relacionados ao núcleo da rede

- Dispositivos do núcleo da rede (roteadores) não executam aplicações dos usuários
- Aplicações nos sistemas finais permitem rápido desenvolvimento e disseminação



Arquiteturas das aplicações de rede

- Estruturas possíveis das aplicações:
  - Cliente-servidor
  - Peer-to-peer (P2P)

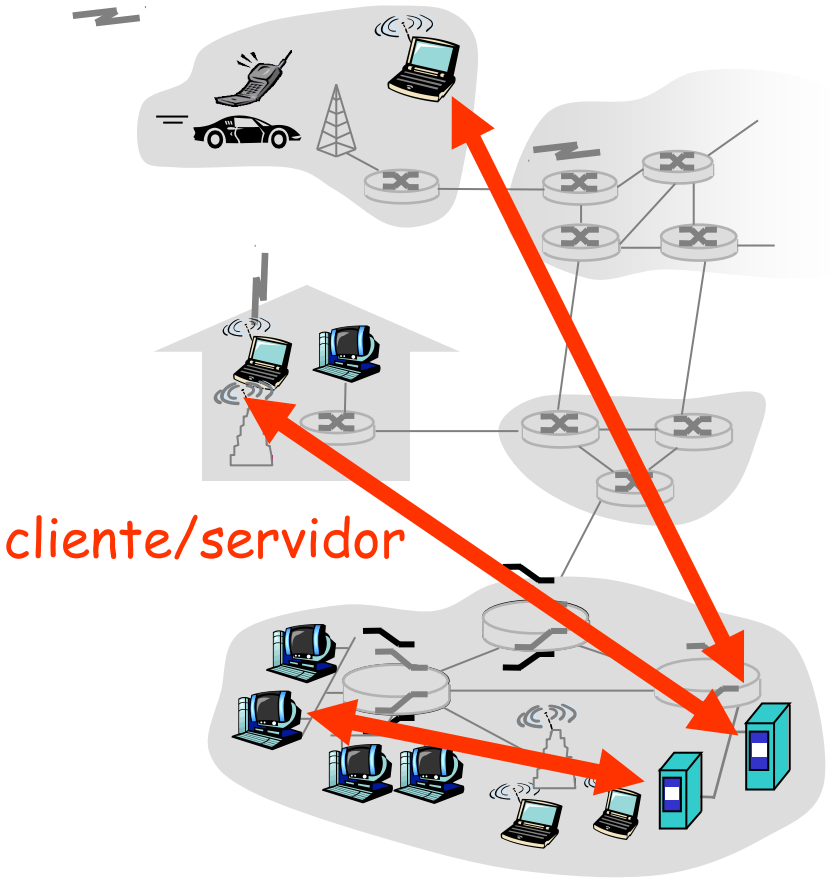
Arquitetura cliente-servidor

Servidor:

- Sempre ligado (24h X 7)
- Rodando várias aplicações de Rede
- Endereço IP permanente (Fixo)
- Escalabilidade com *data centers* (crescimento)

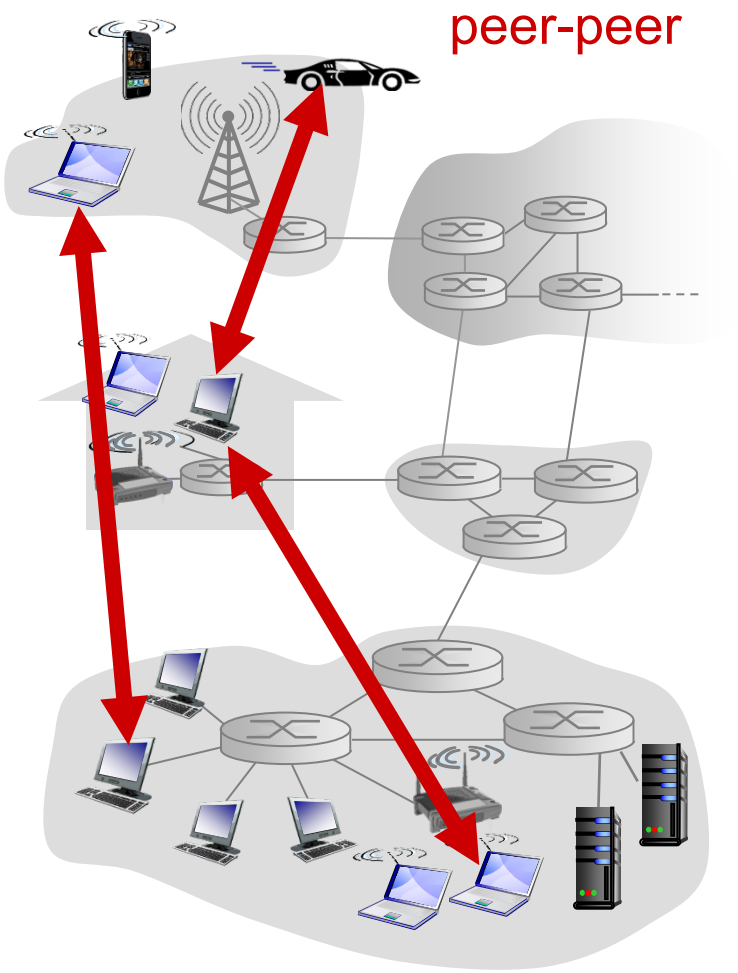
Clientes:

- Comunicam-se com o servidor
- Podem estar conectados intermitentemente (On/Off)
- Podem ter endereços IP dinâmicos/fixos
- Não se comunicam diretamente com outros clientes



Arquitetura P2P

- Não há servidor sempre ligado (host qualquer)
- Sistemas finais arbitrários se comunicam diretamente
- Pares solicitam serviços de outros pares e em troca proveem serviços para outros parceiros:
  - Auto-escalabilidade – novos pares trazem nova capacidade de serviço assim como novas demandas por serviços.
- Pares estão conectados intermitentemente e mudam endereços IP (dinâmicos)
  - Gerenciamento complexo



Comunicação entre Processos

Processo: programa que executa num sistema final

- processos no mesmo sistema final se comunicam usando comunicação entre processos (definida pelo sistema operacional)
- processos em sistemas finais distintos se comunicam trocando mensagens através da rede

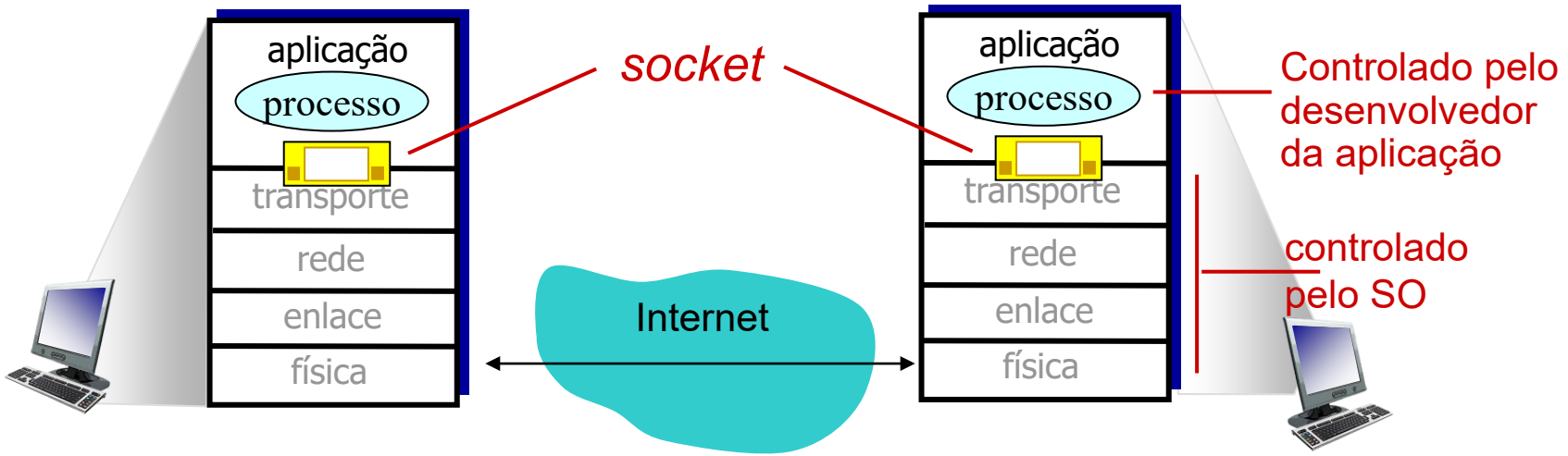
Processo cliente: processo que inicia a comunicação

Processo servidor: processo que espera ser contatado (requisição)

- Nota: aplicações com arquiteturas P2P possuem processos clientes e processos servidores no mesmo sistema final (host)

Sockets

- Os processos enviam/ recebem mensagens para/dos seus *sockets*
- *Um socket é análogo a uma porta*
  - Processo transmissor envia a mensagem através da porta
  - O processo transmissor assume a existência da infraestrutura de transporte no outro lado da porta, que faz com que a mensagem chegue ao *socket* do processo receptor



Endereçamento de processos

- Para que um processo receba mensagens, ele deve possuir um identificador lógico.
- Cada hospedeiro possui um endereço IP único de 32 bits
- P: o endereço IP do hospedeiro no qual o processo está sendo executado é suficiente para identificar o processo?
- Resposta: Não, muitos processos podem estar executando no mesmo hospedeiro
- O identificador inclui tanto o endereço IP quanto os números das portas associadas com o processo no hospedeiro .
- Exemplo de números de portas:
  - Servidor HTTP: 80
  - Servidor de Correio (SMTP): 25
- Para enviar uma msg HTTP para o servidor Web gaia.cs.umass.edu
  - Endereço IP: 128.119.245.12
  - Número da porta: 80
- Mais sobre isto posteriormente.

Os protocolos da camada de aplicação definem

- Tipos de mensagens trocadas:
  - ex. mensagens de requisição e resposta
- Sintaxe das mensagens:
  - campos presentes nas mensagens e como são identificados
- Semântica das msgs:
  - significado da informação nos campos
- Regras para quando os processos enviam e respondem às mensagens

Protocolos abertos:

- definidos em RFCs
- Permitem a interoperação
- ex, HTTP e SMTP

Protocolos proprietários:

- Ex., Skype

De que serviços uma aplicação necessita?

Integridade dos dados (sensibilidade a perdas)

- algumas apls (p.ex., transf. de arquivos, transações web) requerem uma transferência 100% confiável
- outras (p.ex. áudio) podem tolerar algumas perdas

Temporização (sensibilidade a atrasos)

- algumas apls (p.ex., telefonia Internet, jogos interativos) requerem baixo retardo para serem "viáveis"

Vazão (*throughput*)

- algumas apls (p.ex., multimídia) requerem quantia mínima de vazão para serem "viáveis"
- outras apls ("apls elásticas") conseguem usar qq quantia de banda disponível

Segurança

- Criptografia, integridade dos dados, etc ...

Requisitos de aplicações de rede selecionadas

Aplicação	Sensib. a Perdas	Vazão	Sensibilidade a atrasos
transferência de arqs	sem perdas	elástica	não
correio	sem perdas	elástica	não
documentos Web	sem perdas	elástica	não
áudio/vídeo em tempo real	tolerante	áudio: 5kbps-1Mbps vídeo:10kbps-5Mbps	sim, 100's mseg
áudio/vídeo gravado	tolerante	Igual acima	sim, alguns segs
jogos interativos	tolerante	Alguns kbps-10Mbps	sim, 100's mseg
mensagem instantânea	sem perdas	elástica	sim e não

Serviços providos pelos protocolos de transporte da Internet

Serviço TCP:

- *transporte confiável* entre processos remetente e receptor
- *controle de fluxo:* remetente não vai "afogar" receptor
- *controle de congestionamento:* conter o fluxo remetente quando a rede estiver carregada
- *não provê:* garantias temporais ou de banda mínima
- *orientado a conexão:* apresentação requerida entre cliente e servidor

Serviço UDP:

- transferência de dados não confiável entre processos remetente e receptor
- não provê: estabelecimento da conexão, confiabilidade, controle de fluxo, controle de congestionamento, garantias temporais ou de banda mínima

P: Qual é o interesse em ter um protocolo como o UDP?

Apls Internet: seus protocolos e seus protocolos de transporte

Aplicação	Protocolo da camada de apl.	Protocolo de transporte usado
correio eletrônico	SMTP [RFC 2821]	TCP (25)
acesso terminal remoto	telnet [RFC 854]	TCP (23)
Web	HTTP [RFC 2616]	TCP (80)
transferência de arquivos	FTP [RFC 959]	TCP (21)
streaming multimídia	HTTP (ex. Youtube) RTP [RFC 1889]	TCP ou UDP
telefonia Internet	SIP, RTP, proprietário (ex., Skype (81))	TCP ou UDP

SSL (Secure Sockets Layer)

- SSL utiliza um *protocolo de reconhecimento de segurança* para iniciar uma conexão segura entre o cliente e o servidor.
- Durante o protocolo de reconhecimento, o cliente e o servidor concordam sobre as chaves de segurança a serem utilizadas para a sessão e os algoritmos que a serem utilizados para criptografia.
- O cliente autentica o servidor; opcionalmente, o servidor pode solicitar o certificado do cliente.
- Após o protocolo de reconhecimento, SSL criptografa e descriptografa todas as informações do pedido HTTPS e da resposta do servidor, incluindo a URL solicitado pelo cliente

Tornando o TCP seguro

TCP & UDP

- Sem criptografia
- Senhas em texto plano enviadas aos sockets que atravessam a Internet em texto aberto

SSL (Secure Sockets Layer)

- Provê conexão TCP criptografada
- Integridade dos dados
- Autenticação do ponto terminal

SSL está na camada de aplicação

- Aplicações usam bibliotecas SSL, que "falam" com o TCP

API do socket SSL

- Senhas em texto aberto enviadas ao socket atravessam a rede criptografadas
- Vide Capítulo 7

Capítulo 2: Roteiro

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 Correio Eletrônico na Internet
- 2.4 DNS: o serviço de diretório da Internet
- 2.5 Aplicações P2P
- 2.6 Fluxos (*streams*) de vídeo e Redes de Distribuição de Conteúdo (CDNs)
- 2.7 Programação de *sockets* com UDP e TCP

A Web e o HTTP

Primeiro uma revisão...

- Páginas Web consistem de objetos
- um objeto pode ser um arquivo HTML, uma imagem JPEG, um applet Java, um arquivo de áudio,...
- Páginas Web consistem de um arquivo base HTML que inclui vários objetos referenciados
- Cada objeto é endereçável por uma URL
- Exemplo de URL:

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

nome do hospedeiro | nome do caminho

Protocolo HTTP

HTTP: *hypertext transfer protocol*

- protocolo da camada de aplicação da Web
- modelo cliente/servidor
  - *cliente:* *browser* que requisita e recebe (usando o protocolo HTTP) e "visualiza" objetos Web
  - *servidor:* servidor Web envia (usando o protocolo HTTP) objetos em resposta a pedidos

Mais sobre o protocolo HTTP

Usa serviço de transporte TCP:

- cliente inicia conexão TCP (cria *socket*) ao servidor na porta 80
- servidor aceita conexão TCP do cliente
- mensagens HTTP (mensagens do protocolo da camada de aplicação) trocadas entre *browser* (cliente HTTP) e servidor Web (servidor HTTP)
- encerra conexão TCP

HTTP é "sem estado"

- servidor não mantém informação sobre pedidos anteriores do cliente

Nota

Protocolos que mantêm "estado" são complexos!

- história passada (estado) tem que ser guardada
- Caso caia servidor/cliente, suas visões do "estado" podem ser inconsistentes, devem ser reconciliadas

Conexões HTTP

HTTP não persistente

- No máximo um objeto é enviado numa conexão TCP
  - A conexão é então encerrada
- Baixar múltiplos objetos requer o uso de múltiplas conexões

HTTP persistente

- Múltiplos objetos podem ser enviados sobre uma única conexão TCP entre cliente e servidor

Exemplo de HTTP não persistente

Supomos que usuário digita a URL
www.algumaUniv.br/algumDepartmento/inicial.index

(contém texto, referências a 10 imagens jpeg)

1a. Cliente http inicia conexão TCP a servidor http (processo) a www.algumaUniv.br. Porta 80 é padrão para servidor http.

1b. servidor http no hospedeiro www.algumaUniv.br espera por conexão TCP na porta 80. "aceita" conexão, avisando ao cliente

2. cliente http envia *mensagem de pedido* de http (contendo URL) através do socket da conexão TCP. A mensagem indica que o cliente deseja receber o objeto algumDepartamento/inicial.index

3. servidor http recebe mensagem de pedido, formula *mensagem de resposta* contendo objeto solicitado e envia a mensagem via socket

tempo

Exemplo de HTTP não persistente (cont.)

4. servidor http encerra conexão TCP .

5. cliente http recebe mensagem de resposta contendo arquivo html, visualiza html. Analisando arquivo html, encontra 10 objetos jpeg referenciados

6. Passos 1 a 5 repetidos para cada um dos 10 objetos jpeg

tempo

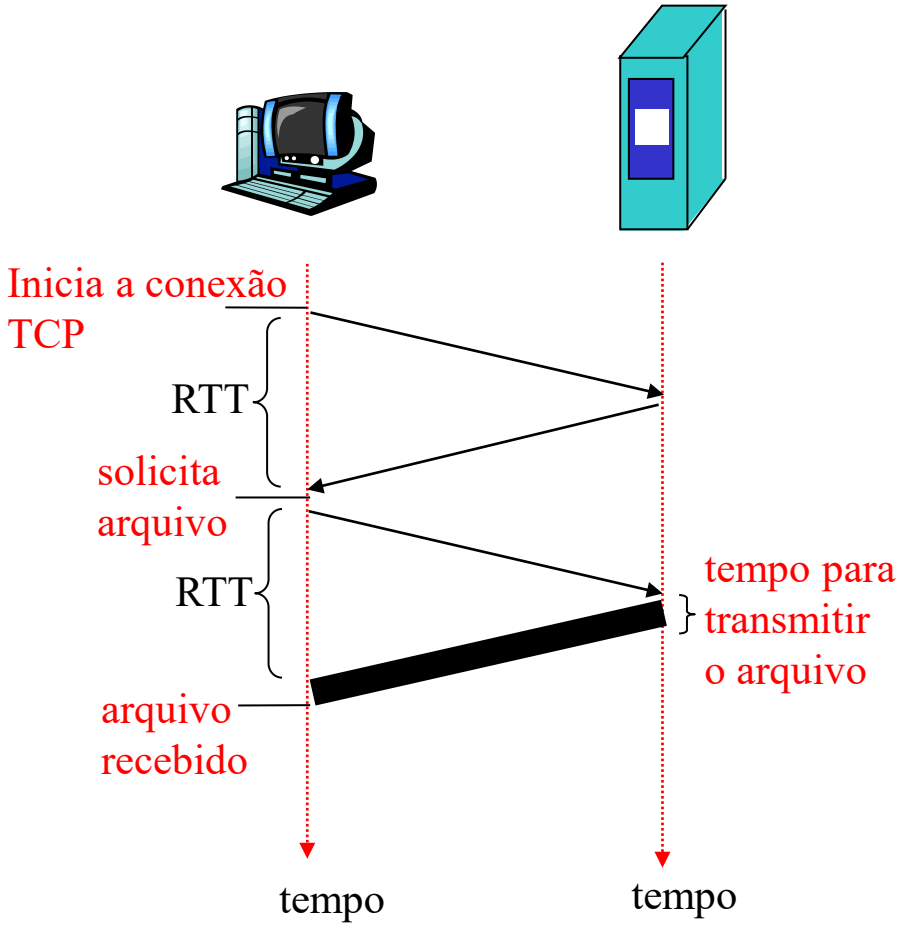
Modelagem do tempo de resposta

Definição de RTT (*Round Trip Time*): intervalo de tempo entre a ida e a volta de um pequeno pacote entre um cliente e um servidor

Tempo de resposta:

- um RTT para iniciar a conexão TCP
- um RTT para o pedido HTTP e o retorno dos primeiros bytes da resposta HTTP
- tempo de transmissão do arquivo

total = 2RTT+tempo de transmissão do arquivo (L/R)



HTTP persistente

Problemas com o HTTP não persistente:

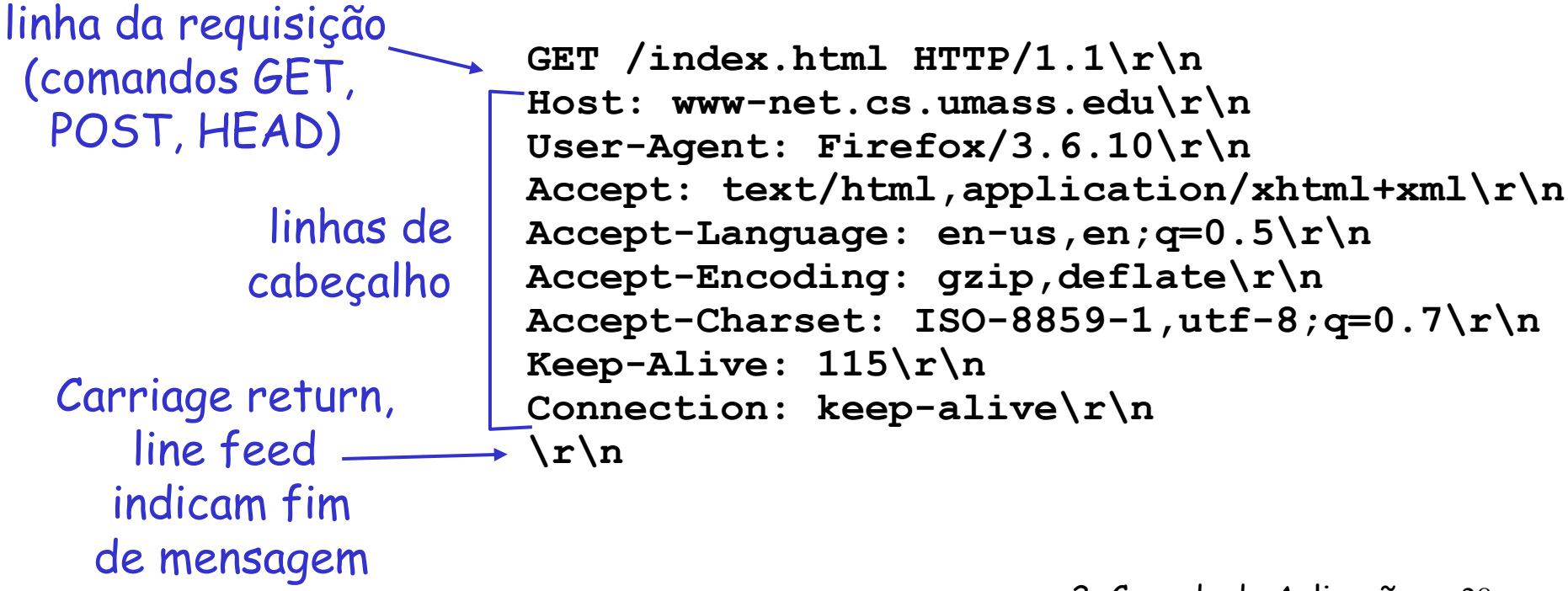
- requer 2 RTTs para cada objeto
- SO aloca recursos do hospedeiro (*overhead*) para cada conexão TCP
- os *browser* frequentemente abrem conexões TCP paralelas para recuperar os objetos referenciados

HTTP persistente

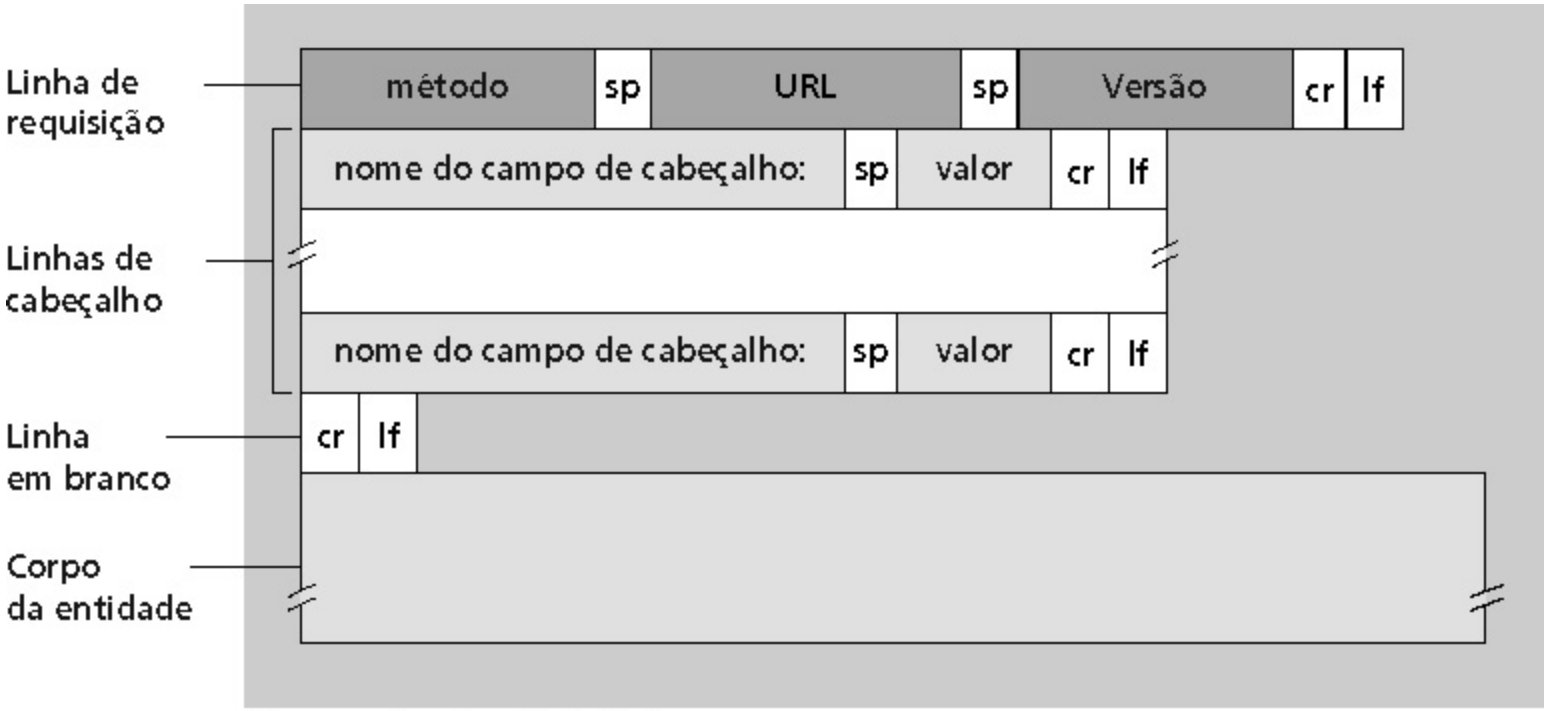
- o servidor deixa a conexão aberta após enviar a resposta
- mensagens HTTP seguintes entre o mesmo cliente/servidor são enviadas nesta conexão aberta
- o cliente envia os pedidos logo que encontra um objeto referenciado
- pode ser necessário apenas um RTT para todos os objetos referenciados

Mensagem de requisição HTTP

- Dois tipos de mensagem HTTP: *requisição, resposta*
- mensagem de requisição HTTP:
  - ASCII (formato legível por pessoas)



Mensagem de requisição HTTP: formato geral



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

Enviando conteúdo de formulário

Método POST :

- Páginas Web frequentemente contêm formulário de entrada
- Conteúdo é enviado para o servidor no corpo da mensagem

Método URL:

- Usa o método GET
- Conteúdo é enviado para o servidor no campo URL:

```
www.somesite.com/animalsearch?key=monkeys&bananas
```

Tipos de métodos

HTTP/1.0

- GET
- POST
- HEAD
  - Pede para o servidor não enviar o objeto requerido junto com a resposta

HTTP/1.1

- GET, POST, HEAD
- PUT
  - *Upload* de arquivo contido no corpo da mensagem para o caminho especificado no campo URL
- DELETE
  - Exclui arquivo especificado no campo URL

Mensagem de resposta HTTP

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

linhas de cabeçalho

dados, p.ex., arquivo html solicitado

```
HTTP/1.1 200 OK\r\n
Date: Sun, 26 Sep 2010 20:09:20 GMT\r\n
Server: Apache/2.0.52 (CentOS)\r\n
Last-Modified: Tue, 30 Oct 2007 17:00:02
   GMT\r\n
ETag: "17dc6-a5c-bf716880"\r\n
Accept-Ranges: bytes\r\n
Content-Length: 2652\r\n
Keep-Alive: timeout=10, max=100\r\n
Connection: Keep-Alive\r\n
Content-Type: text/html; charset=ISO-8859-
   1\r\n
\r\n
data data data data data ...
```

códigos de status da resposta HTTP

Na primeira linha da mensagem de resposta servidor->cliente. Alguns códigos típicos:

200 OK

- sucesso, objeto pedido segue mais adiante nesta mensagem

301 Moved Permanently

- objeto pedido mudou de lugar, nova localização especificado mais adiante nesta mensagem (Location:)

400 Bad Request

- mensagem de pedido não entendida pelo servidor

404 Not Found

- documento pedido não se encontra neste servidor

505 HTTP Version Not Supported

- versão de http do pedido não usada por este servidor

Experimente você com HTTP (do lado cliente)

1. Use cliente telnet para seu servidor WWW favorito:

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

Abre conexão TCP para a porta 80 (porta padrão do servidor http) a cis.poly.edu. Qualquer coisa digitada é enviada para a porta 80 do cis.poly.edu

2. Digite um pedido GET HTTP:

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

Digitando isto (deve teclar ENTER duas vezes), está enviando este pedido GET mínimo (porém completo) ao servidor http

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

(ou use Wireshark para ver as msgs de pedido/resposta HTTP capturadas)

Cookies: manutenção do "estado" da conexão

Muitos dos principais sítios Web usam *cookies*

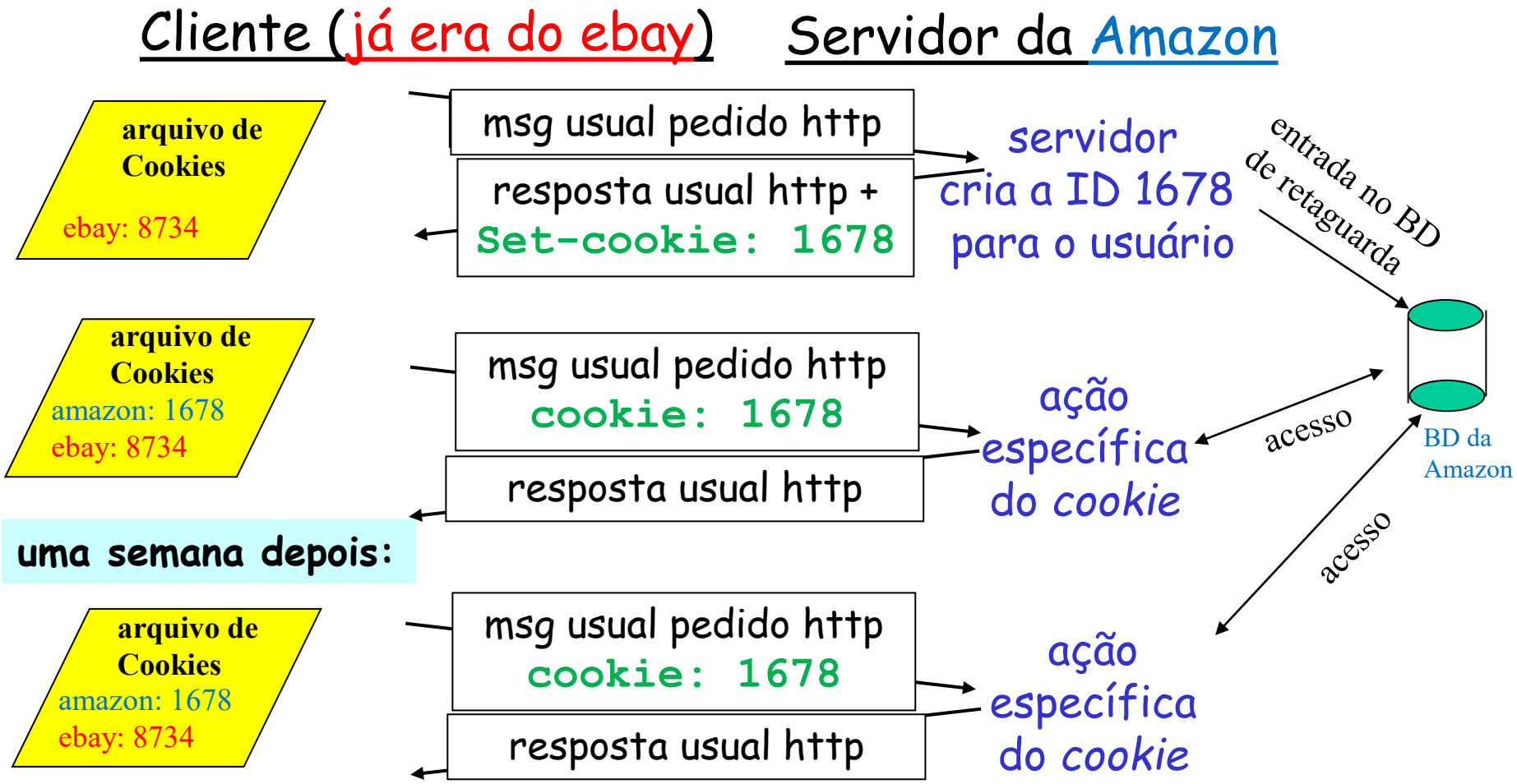
Quatro componentes:

1) linha de cabeçalho do *cookie* na mensagem de resposta HTTP
2) linha de cabeçalho do *cookie* na mensagem de requisição HTTP
3) arquivo do *cookie* mantido no host do usuário e gerenciado pelo browser do usuário
4) BD de retaguarda (apoio) no sítio Web

Exemplo:

- Suzana acessa a Internet sempre do mesmo PC e navegador.
- Ela visita um sítio específico de comércio eletrônico pela primeira vez
- Quando os pedidos iniciais HTTP chegam no sítio, o sítio cria
  - uma ID única
  - uma entrada para a ID no BD de retaguarda (apoio)

Cookies: manutenção do "estado" (cont.)



Cookies (continuação)

O que os *cookies* podem obter:

- Autorização do usuário
- Montar carrinhos de compra
- Recomendações para novas compras
- estado da sessão do usuário (*Webmail*)

nota

Cookies e privacidade:

- cookies permitem que os sítios aprendam muito sobre você
- você pode fornecer nome e e-mail e o número do cartão de crédito para os sítios

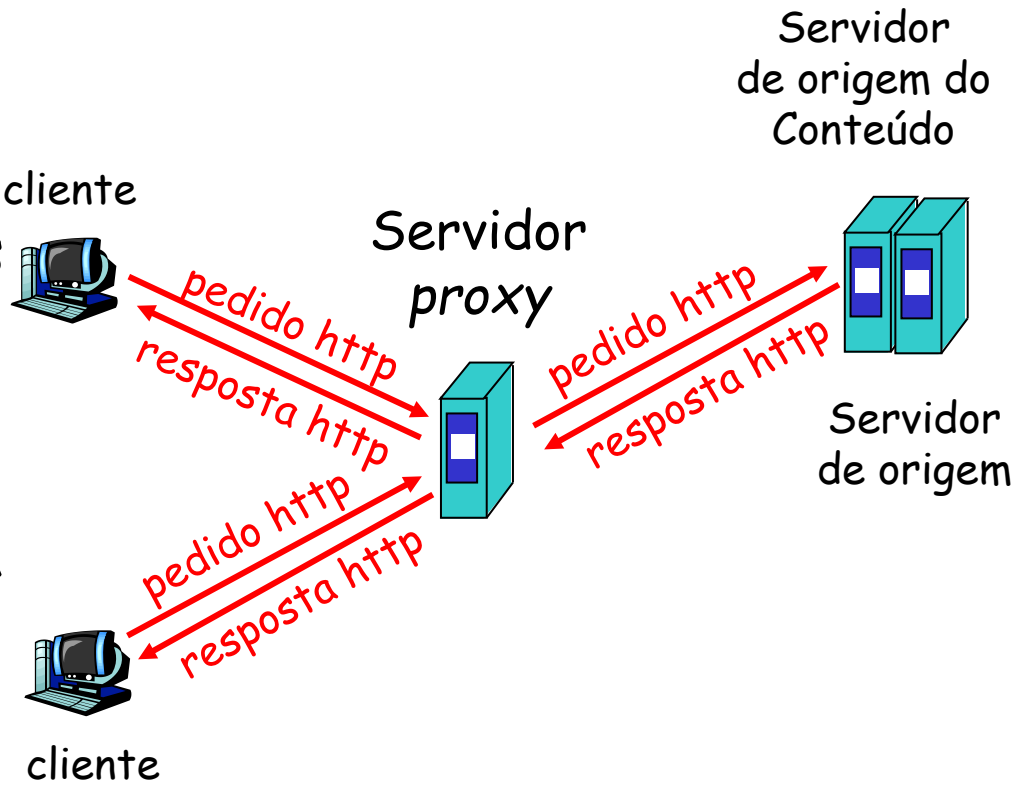
Como manter o "estado":

- extremidades do protocolo: mantêm o estado no transmissor/receptor por múltiplas transações vigentes.
- *Cookies:* seguem em mensagens http e transportam o estado para a aplicação.

Cache Web (servidor proxy)

Meta: atender pedido do cliente sem envolver o servidor de origem de forma direta utilizando um Cache Web (Proxy).

- usuário configura o *browser*: para acessos Web via proxy
- Aplicação cliente envia todos pedidos HTTP ao *proxy*
  - se objeto estiver no cache do *proxy*, este o devolve imediatamente na resposta HTTP
  - senão, solicita objeto do servidor Web de origem, depois devolve resposta HTTP ao cliente



Mais sobre Caches Web

- Cache atua tanto como cliente quanto como servidor
- Tipicamente o cache é instalado por um ISP (universidade, empresa, ISP residencial)

Porque fazer cache Web?

- Redução do tempo de resposta para os pedidos do cliente
- Redução do tráfego no canal de acesso de uma instituição fornecedora de conteúdo.
- A Internet cheia de caches permitem que provedores de conteúdo "pobres" efetivamente forneçam conteúdo (mas o compartilhamento de arquivos P2P também faz a mesma coisa!)

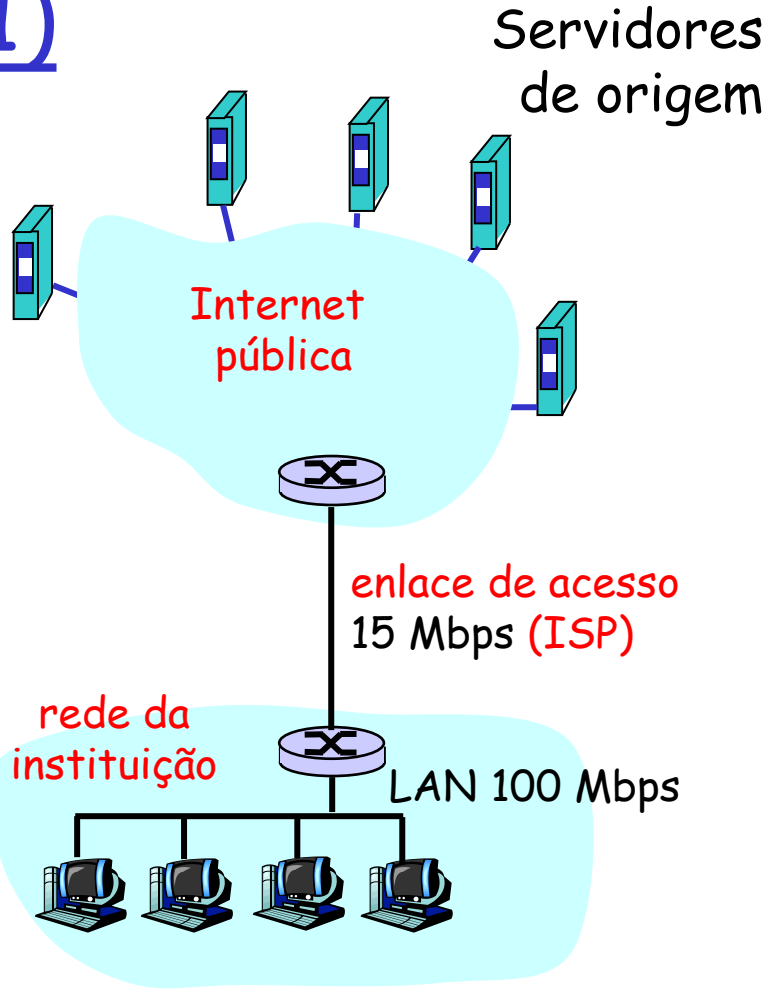
Exemplo de cache (1)

Hipóteses

- Tamanho médio de um objeto = 1 Mbits
- Taxa média de solicitações dos *browsers* de uma instituição para os servidores originais = 15 req/seg
- Tamanho da requisição HTTP é muito pequeno e não gera tráfego.
- Atraso do roteador institucional para qualquer servidor origem e de volta ao roteador = 2seg

Consequências

- Utilização da LAN = 15% (15 Mbits/s)
- Utilização do canal de acesso = 100% *problema!*
- Atraso total = atraso da Internet (2seg) + atraso de acesso (minutos) + atraso na LAN (microssegundos)



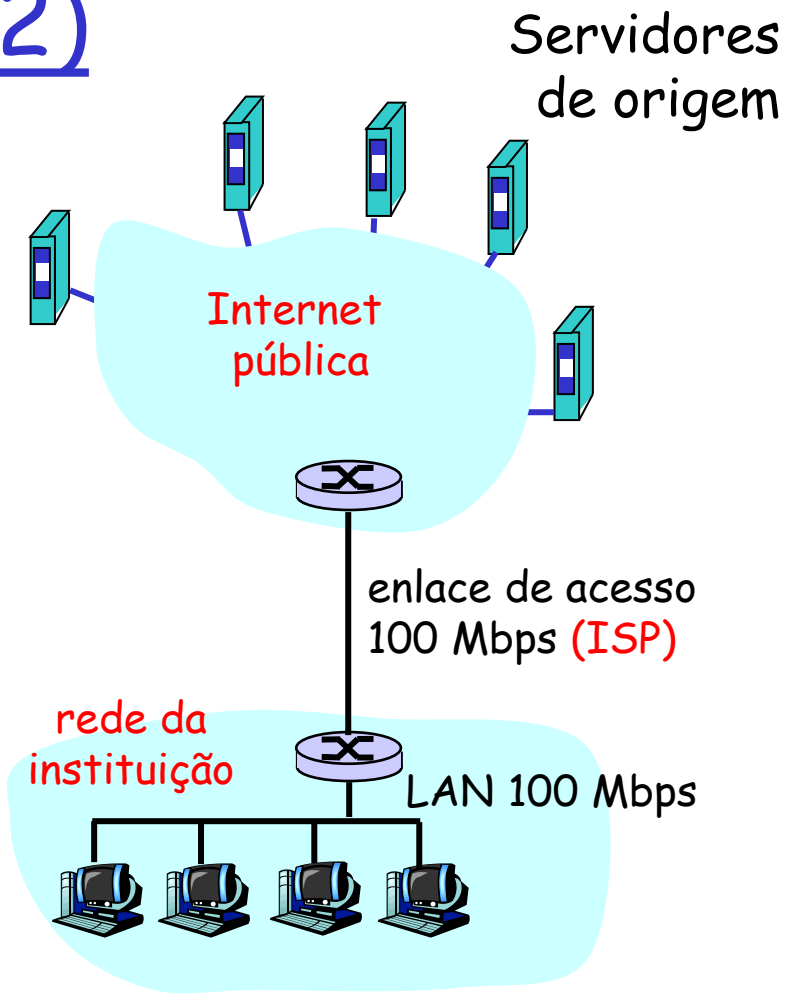
Exemplo de cache (2)

Solução em potencial

- Aumento da largura de banda do canal de acesso para, por exemplo, 100 Mbps

Consequências

- Utilização da LAN = 15%
- Utilização do canal de acesso = 15%
- Atraso total = atraso da Internet + atraso de acesso + atraso na LAN = 2 seg + msegs + microssegundos
- Frequentemente este é uma solução de alto custo.



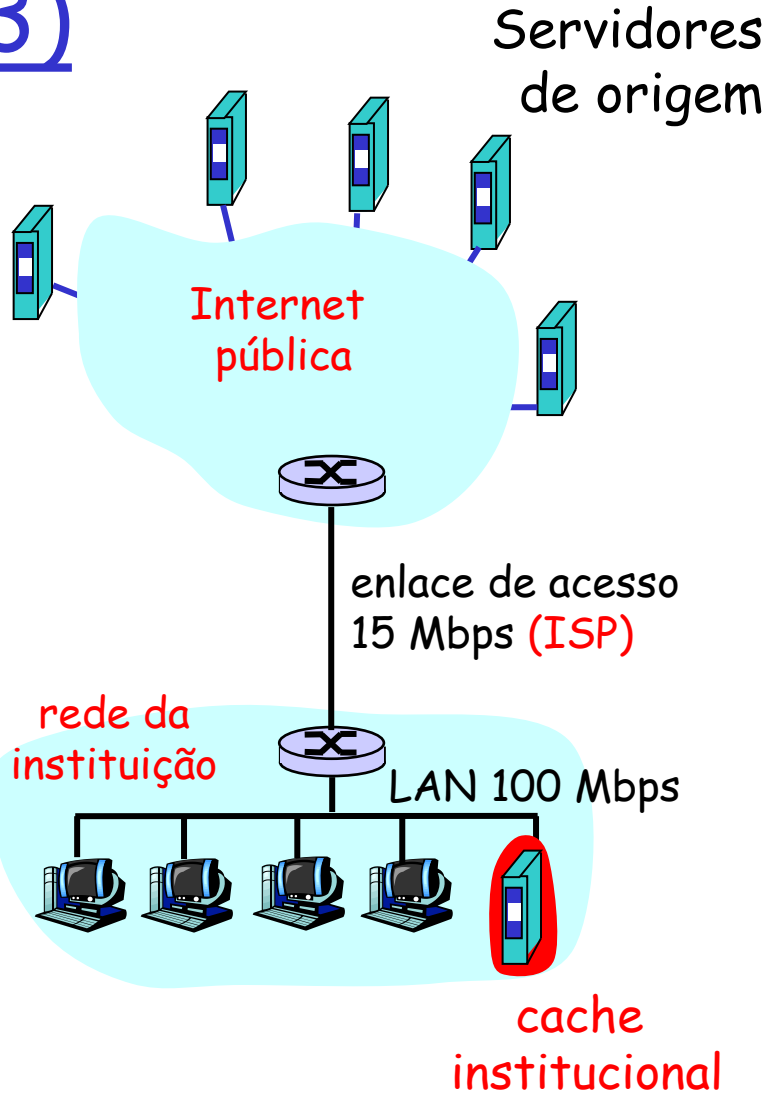
Exemplo de cache (3)

Instale uma cache

- Assuma que a taxa de acerto seja de 0,4

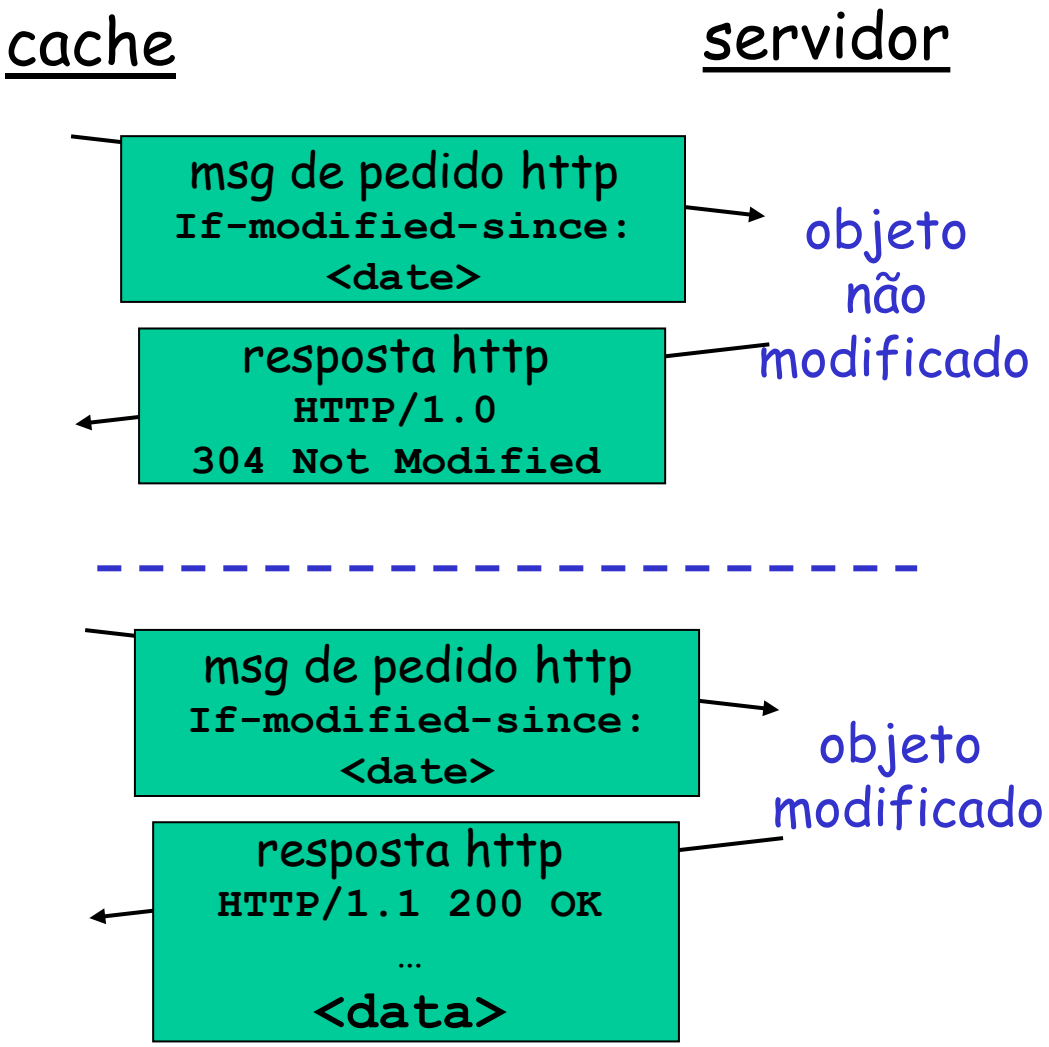
Consequências

- 40% dos pedidos serão atendidos quase que imediatamente
- 60% dos pedidos serão servidos pelos servidores de origem
- Utilização efetiva do canal de acesso é reduzido para 60% ou 9 Mbits/s, resultando em atrasos desprezíveis (ex. 10 mseg)
- Atraso total = atraso da Internet + atraso de acesso + atraso na LAN = 0,6*2 seg + 0,6*0,01 segs + msegs = < 1,3 segs



GET condicional

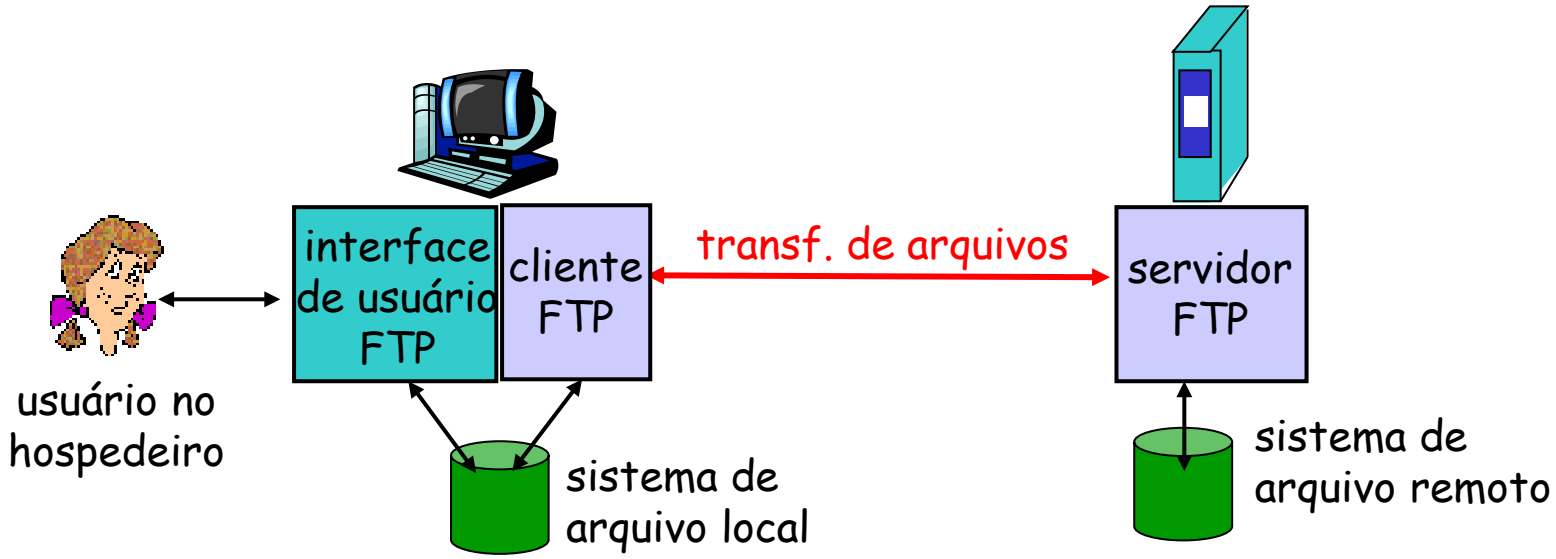
- Meta: não enviar objeto se cliente já tem (no cache) versão atual
  - Sem atraso para transmissão do objeto
  - Diminui a utilização do enlace
- cache: especifica data da cópia no cache no pedido HTTP
  - `If-modified-since: <date>`
- servidor: resposta não contém objeto, então se copia no cache para atual:
  - `HTTP/1.0 304 Not Modified`



Capítulo 2: Roteiro

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- Correio Eletrônico na Internet
- 2.4 DNS: o serviço de diretório da Internet
- 2.5 Aplicações P2P
- 2.6 Fluxos (*streams*) de vídeo e Redes de Distribuição de Conteúdo (CDNs)
- 2.7 Programação de *sockets* com UDP e TCP

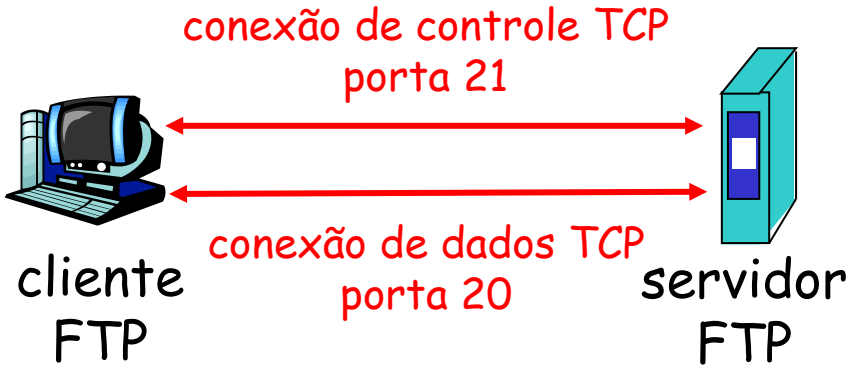
FTP: o protocolo de transferência de arquivos



- transfere arquivo (de/para) hospedeiro remoto
- modelo cliente/servidor
  - *cliente:* lado que inicia transferência (de/para) host remoto
  - *servidor:* hospedeiro (host) remoto
- ftp: RFC 959
- servidor ftp: porta 21 (Conexão de controle)
- servidor ftp: porta 20 (Conexão de dados)

FTP: conexões separadas para controle e dados

- cliente FTP conecta servidor FTP na porta 21, TCP é protocolo de transporte
- cliente é 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 e se necessário o servidor abre uma outra conexão para outra transferência de outros arquivos.



- conexão de controle: "fora da banda"
- servidor FTP mantém "estado": diretório atual, autenticação anterior, enquanto o HTTP é um protocolo "sem estado".

Comandos e respostas do Protocolo FTP

- exemplos de comandos:
- enviado como texto ASCII de 7 bits pelo canal de controle
- **USER username:** ***nome-usuário***
- **PASS password:** ***senha***
- **LIST:** retorna lista de arquivos no diretório atual
- **RETR *filename*:** recupera (obtem) arquivo
- **STOR *filename*:** 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: Roteiro

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio Eletrônico na Internet
- 2.5 DNS: o serviço de diretório da Internet
- 2.6 Aplicações P2P
- 2.7 Fluxos (*streams*) de vídeo e Redes de Distribuição de Conteúdo (CDNs)
- 2.8 Programação de *sockets* com UDP e TCP

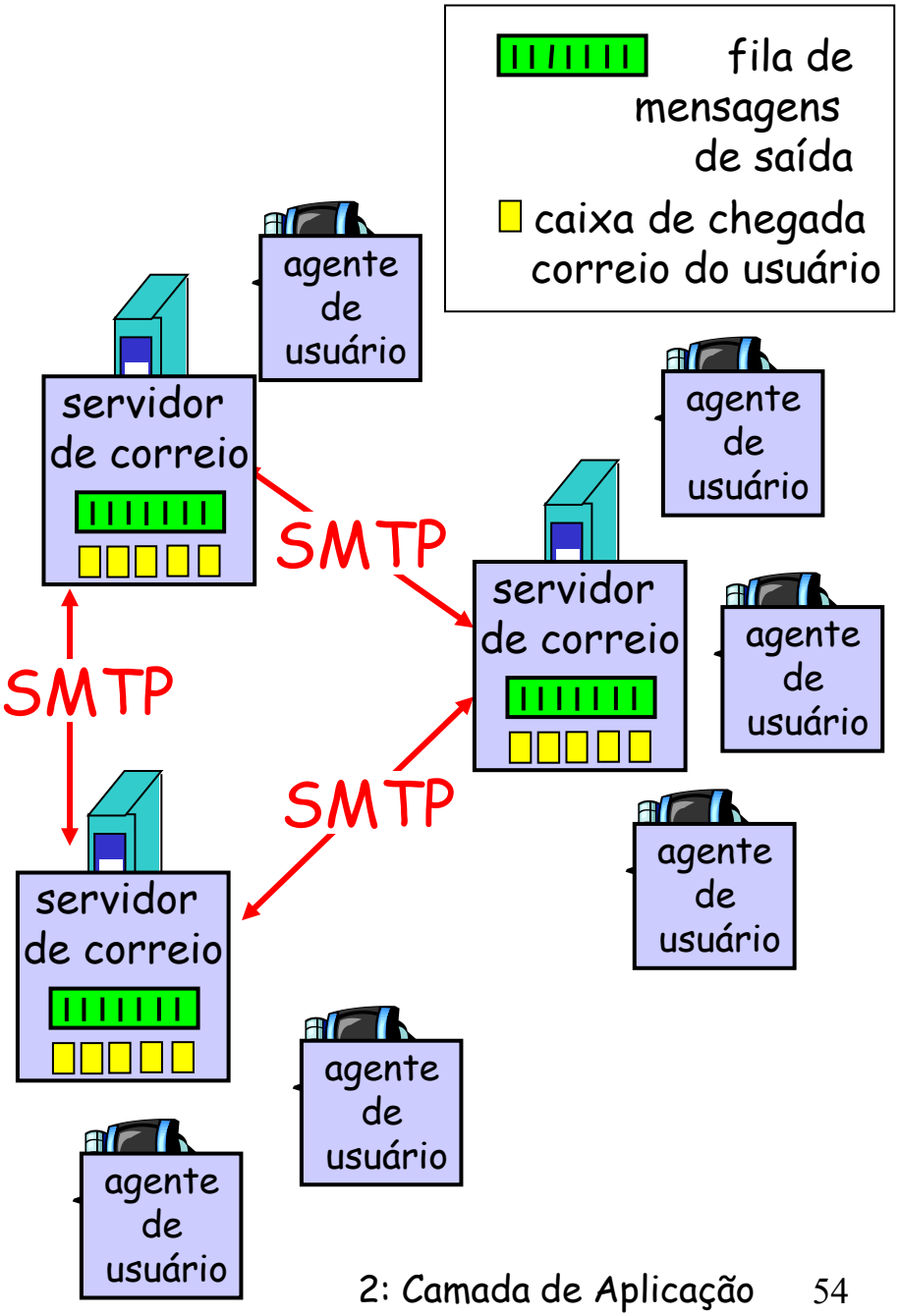
Correio Eletrônico

Três grandes componentes:

- agentes de usuário (UA)
- servidores de correio
- *Simple Mail Transfer Protocol* : (SMTP)

Agente de Usuário

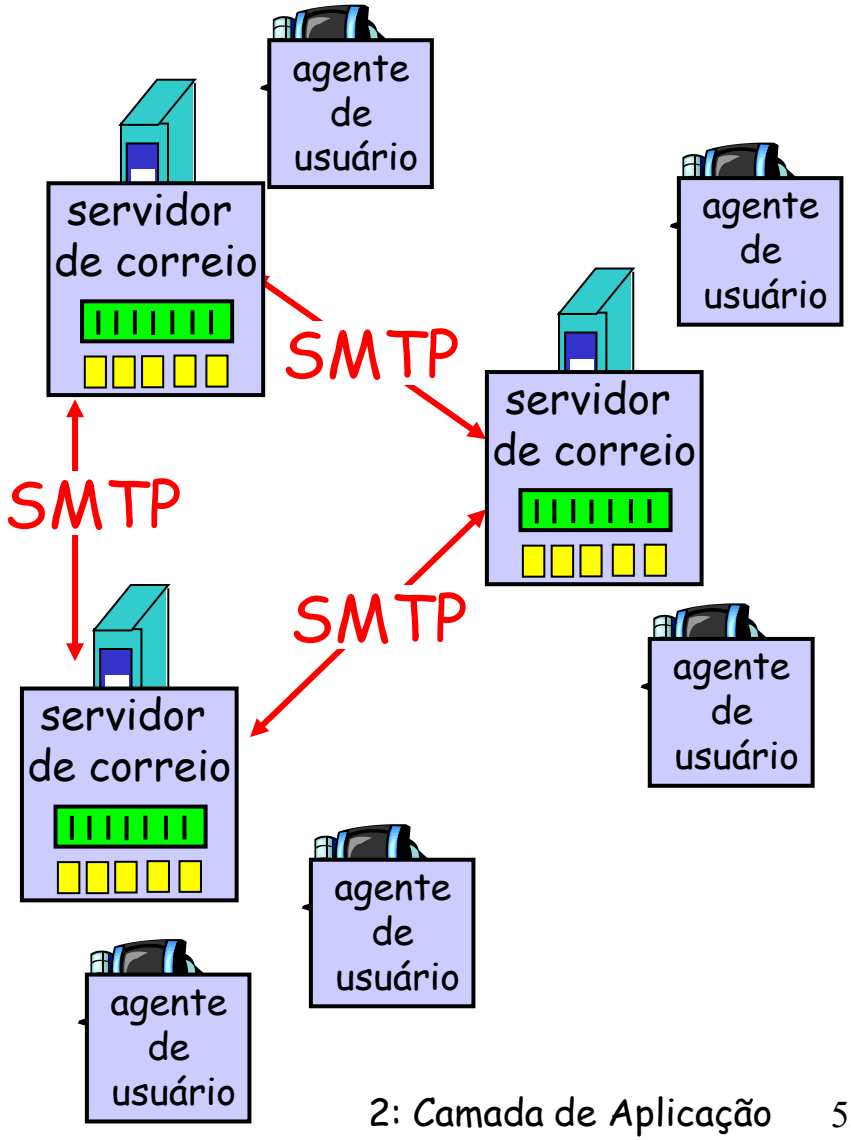
- Aplicativo "escritor/leitor de correio"
- compor, editar, ler mensagens de correio
- p.ex., Outlook, Thunderbird, cliente de mail do iPhone
- mensagens de saída e de chegada são armazenadas no servidor de correio eletrônico



Correio Eletrônico: servidores de correio

Servidores de correio

- caixa de correio contém mensagens de chegada (ainda não lidas) p/ usuário
- fila de mensagens contém mensagens de saída (a serem enviadas)
- protocolo SMTP entre servidores de correio para transferir mensagens de correio
  - cliente: servidor de correio que envia msg.
  - "servidor": servidor de correio que recebe msg.

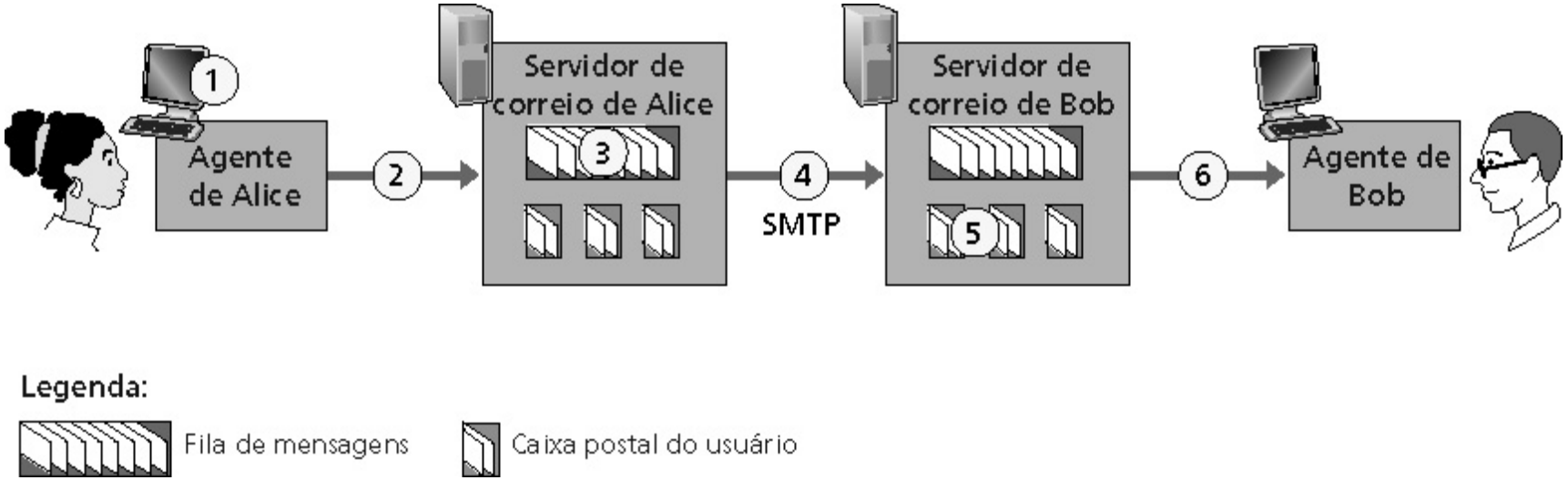


Correio Eletrônico: SMTP [RFC 5321]

- usa TCP para a transferência confiável de msgs do correio do cliente ao servidor, porta 25
- transferência direta: servidor remetente ao servidor receptor (Não utiliza servidores intermediários)
- três fases da transferência
  - *handshaking* (saudação de cliente/servidor de Email)
  - transferência das mensagens (integridade)
  - Encerramento de conexão
- interação comando/resposta (como o HTTP e o FTP)
  - comandos: texto ASCII
  - resposta: código e frase de status
- mensagens precisam ser em ASCII de 7-bits (Utilizado até para dados multimídia)

Cenário: Alice envia uma msg para Bob

1) Alice usa o UserAgent (UA) para compor uma mensagem "para" bob@someschool.edu
2) O UA de Alice envia a mensagem para o seu servidor de correio; a mensagem é colocada na fila de mensagens (Tx)
3) O lado cliente do SMTP abre uma conexão TCP com o servidor de correio de Bob
4) O cliente SMTP envia a mensagem de Alice através da conexão TCP
5) O servidor de correio de Bob coloca a mensagem na caixa postal de entrada de Bob
6) Bob chama o seu UA para ler a mensagem.



Interação SMTP típica

S: Sever ; C: Client

```
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: Do you like ketchup?
C: How about pickles?
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 hamburger.edu closing connection
```

Experimente uma interação SMTP:

- `telnet serverName 25`
- veja resposta 220 do servidor
- entre comandos: HELO, MAIL FROM, RCPT TO, DATA, QUIT

Estes comandos permitem que você envie uma msg de correio sem usar um aplicativo cliente (Agente do usuário)

SMTP: últimas palavras

- SMTP usa conexões persistentes
- SMTP requer que a mensagem (cabeçalho e corpo) sejam codificados em ASCII de 7-bits
- servidor SMTP usa `CRLF.CRLF` para reconhecer o final da mensagem

Comparação com HTTP

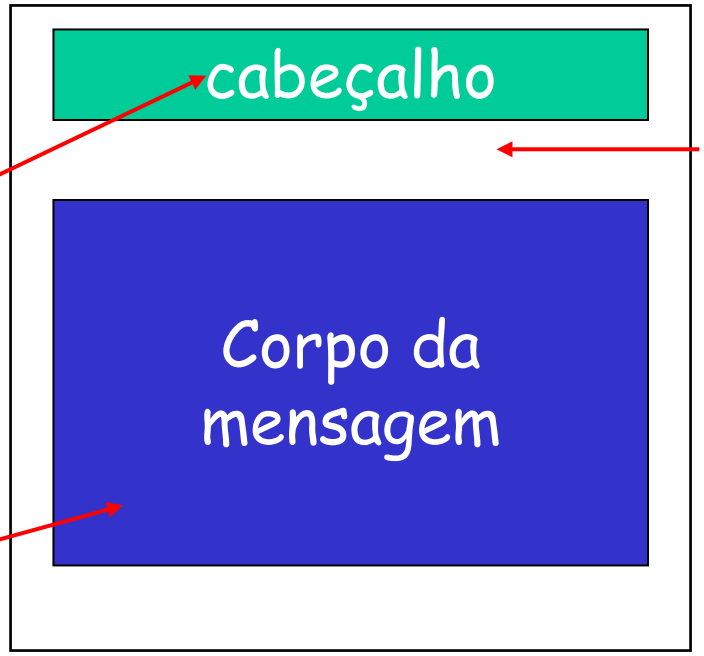
- HTTP: *pull* (protocolo recuperação)
- SMTP: *push* (protocolo envio)
- ambos têm interação comando/resposta, códigos de status em ASCII
- HTTP: cada objeto é encapsulado em sua própria mensagem de resposta
- SMTP: múltiplos objetos enviados numa única mensagem de múltiplas partes na mesma conexão.

Formato de uma mensagem

SMTP: protocolo para trocar msgs de correio

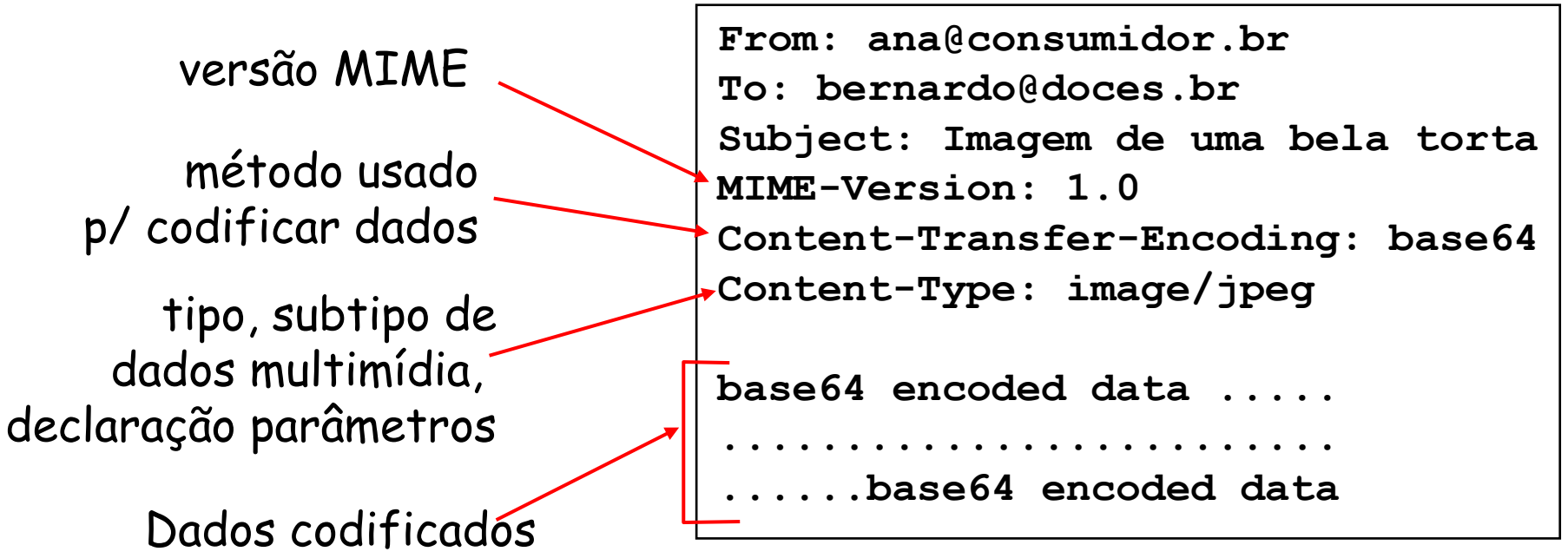
RFC 5322: padrão para as linhas de cabeçalho da msg:

- Linhas de cabeçalho (diferentes de comandos SMTP), p.ex.,
  - To: alice@crepes.fr
  - From: bob@hamburger.edu
  - Subject: the meaning of life
  - *diferentes dos comandos de smtp* FROM, RCPT TO fazem parte da própria mensagem.
- Corpo
  - a "mensagem", contém somente informação codificada em caracteres ASCII de 7 bits



Formato de uma mensagem: extensões para multimídia

- MIME: *multimídia mail extension*, RFC 2045, 2056
- linhas adicionais no cabeçalho da msg declaram tipo do conteúdo MIME



Tipos MIME (*multimídia mail extension*)

`Content-Type: tipo/subtipo; parâmetros`

Text

- subtipos exemplos: **`plain, html`**
- **`charset="iso-8859-1", ascii`**

Image

- subtipos exemplos : **`jpeg, gif`**

Video

- subtipos exemplos : **`mpeg, quicktime`**

Audio

- subtipos exemplos : **`basic`** (8-bit codificado μ-law), **`32kadpcm`** (Adaptive Differential Pulse Code Modulation de 32 kbps)

Application

- outros dados que precisam ser processados por um leitor para serem "visualizados"
- subtipos exemplos : **`msword`**

Tipo Multipart

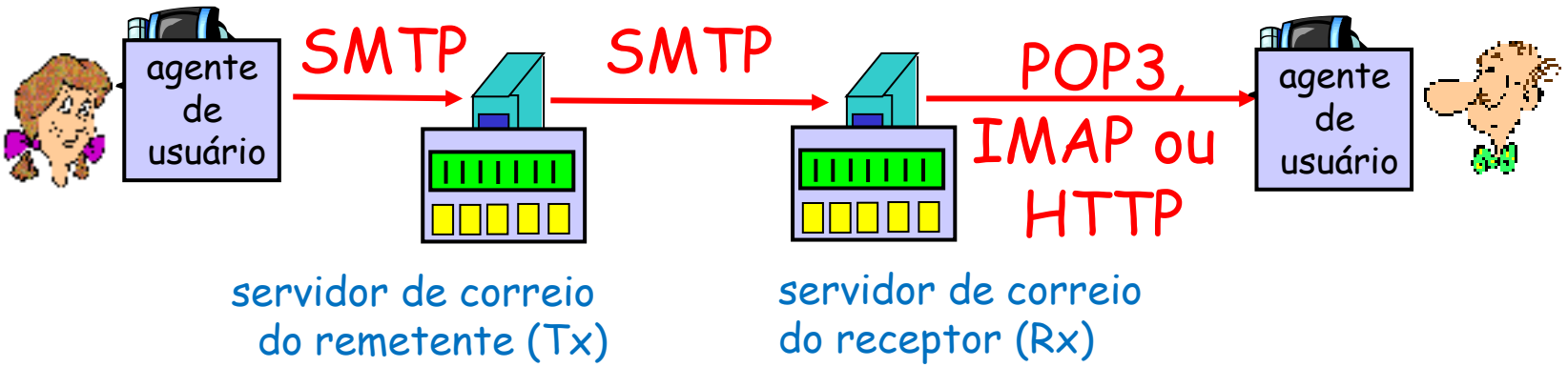
```
From: alice@crepes.fr
To: bob@hamburger.edu
Subject: Picture of yummy crepe.
MIME-Version: 1.0
Content-Type: multipart/mixed; boundary=98766789

--98766789
Content-Transfer-Encoding: quoted-printable
Content-Type: text/plain

Dear Bob,
Please find a picture of a crepe.
--98766789
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Type: image/jpeg

base64 encoded data .....
.........................
......base64 encoded data
--98766789--
```

Protocolos de acesso ao correio



- SMTP: entrega/armazena no servidor do receptor
- protocolo de acesso ao correio: recupera do servidor
  - POP3: Post Office Protocol Ver: 3 [RFC 1939] [Port: 110]
    - autorização (agente <-->servidor) e transferência
  - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 3501] [Port: 143]
    - mais comandos (mais complexo)
    - manuseio de msgs armazenadas no servidor
  - HTTP: Gmail, Hotmail , Yahoo! Mail, etc. [Port: 80]

Protocolo POP3

fase de autorização

- comandos do cliente:
  - `user`: declara nome
  - `pass`: senha
- servidor responde
  - `+OK`
  - `-ERR`

fase de transação, cliente:

- `list`: lista números das msgs
- `retr`: recupera msg por número
- `dele`: apaga msg
- `Quit`

Fase de atualização

- Ocorre após o `Quit` que encerra a sessão e deleta as msgs 1 e 2 marcadas.

```
S: +OK POP3 server ready
C: user bob
S: +OK
C: pass hungry
S: +OK user successfully logged on

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 POP3 server signing off
```

POP3 (mais) e IMAP

Mais sobre o POP3

- O exemplo anterior usa o modo "*download e delete*".
- Bob não pode reler as mensagens se mudar de cliente
- "*Download-e-mantenha*": copia as mensagens em clientes diferentes
- POP3 não mantém estado entre conexões

IMAP

- Mantém todas as mensagens num único lugar: o servidor
- Permite ao usuário organizar as mensagens em pastas
- O IMAP mantém o estado do usuário entre sessões:
  - nomes das pastas e mapeamentos entre as IDs das mensagens e o nome das pastas.

E-mail pela Web

- Hoje, muitos usuários estão enviando e acessando e-mails por meio de seus navegadores Web. (Hotmail, 1990), Google, Yahoo!.
- O agente de usuário é um navegador Web comum e o usuário se comunica com sua caixa postal remota via HTTP.
- Quando um destinatário quer acessar uma mensagem em sua caixa postal.
  - Um Email msg é enviada do servidor de correio para o navegador do usuário usando o protocolo HTTP, (não utiliza POP3 ou IMAP).
- Quando um remetente quer enviar uma mensagem de e-mail, esta é enviada do navegador do usuário para seu servidor de correio por HTTP, e não por SMTP.
- O servidor de correio, contudo, ainda envia mensagens para outros servidores de correio e recebe mensagens de outros servidores de correio usando o SMTP.

Capítulo 2: Roteiro

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 Correio Eletrônico na Internet
- 2.4 DNS: o serviço de diretório da Internet
- 2.5 Aplicações P2P
- 2.6 Fluxos (*streams*) de vídeo e Redes de Distribuição de Conteúdo (CDNs)
- 2.7 Programação de *sockets* com UDP e TCP

DNS: *Domain Name System* *(RFC 1034/1035)*

Pessoas: tem muitos identificadores:

- CPF, nome, no. da Identidade

hospedeiros, roteadores Internet :

- endereço IP v4/v6 (32/128bits) - usado p/ endereçar datagramas.
- "nome", ex., www.yahoo.com - usado por gente

P: como mapear entre nome e endereço IP?

Domain Name System:

- *base de dados distribuída* implementada na hierarquia de muitos *servidores de nomes*
- *protocolo de camada de aplicação* permite que hospedeiros, roteadores, servidores de nomes se comuniquem para *resolver* nomes (tradução nome/endereço)
  - nota: função imprescindível da Internet implementada como protocolo de camada de aplicação
  - complexidade na borda da rede

DNS: Sistema de nomes de domínio (cont.)

- O DNS é utilizado por HTTP, SMTP e FTP — para traduzir nomes de hospedeiros fornecidos por usuários para endereços IP.
- Como exemplo, temos a URL www.someschool.edu/index.html. Para que o navegador possa enviar uma mensagem de requisição HTTP ao servidor Web www.someschool.edu, ele precisa primeiro obter o endereço IP.
- Procedimento:
  - 1. A maquina do usuário executa o lado cliente da aplicação DNS.
  - 2. O navegador extrai o nome de hospedeiro, www.someschool.edu, do URL e passa o nome para o lado cliente da aplicação DNS.
  - 3. O cliente DNS envia uma consulta contendo o nome do hospedeiro para um servidor DNS.
  - 4. O cliente DNS por fim recebe uma resposta, que inclui o endereço IP correspondente ao nome de hospedeiro.
  - 5. O navegador recebe o endereço do DNS, e abre uma conexão TCP com o processo servidor HTTP localizado na porta 80 naquele endereço IP.

DNS: Sistema de nomes de domínio (cont.2)

Serviços DNS (Software BIND)

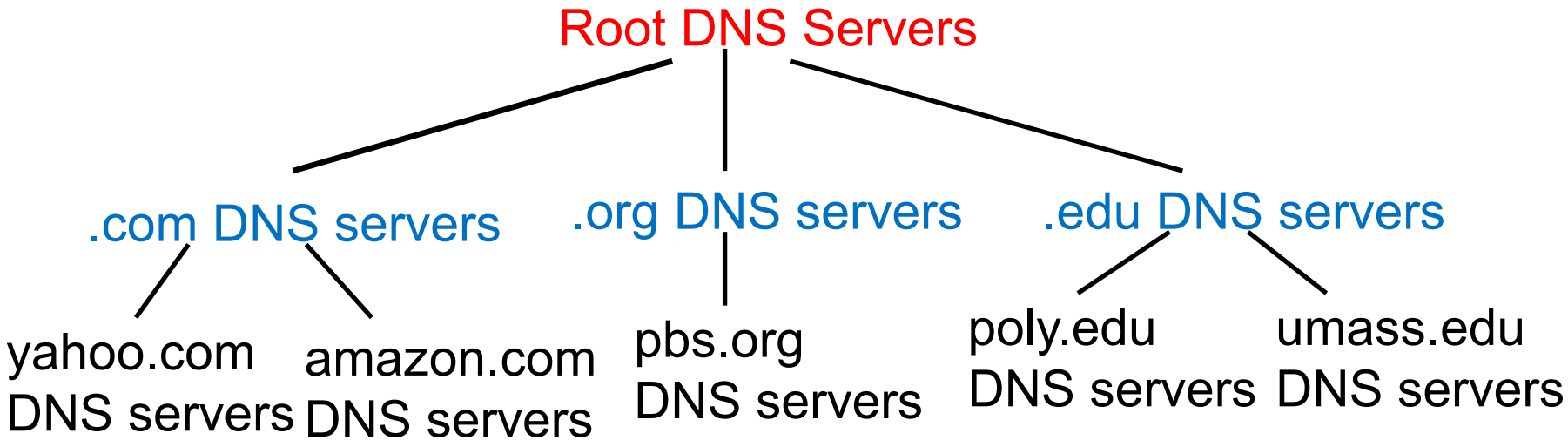
- Serviço de diretório que traduz de nome de hospedeiro para IP (UDP:53)
- Apelidos (*aliasing*) para hospedeiros
  - Nomes canônicos (verdadeiro) e apelidos
- Apelidos para servidores de e-mail (ex: bob@hotmail.com)
- Distribuição de carga
  - Servidores Web replicados: conjunto de endereços IP (rodízio) para um mesmo nome.

Por que não centralizar o DNS?

- ponto único de falha
- volume de tráfego
- base de dados centralizada e distante
- manutenção (do BD)

Porque simplesmente não é escalável !

Base de Dados Hierárquica e Distribuída

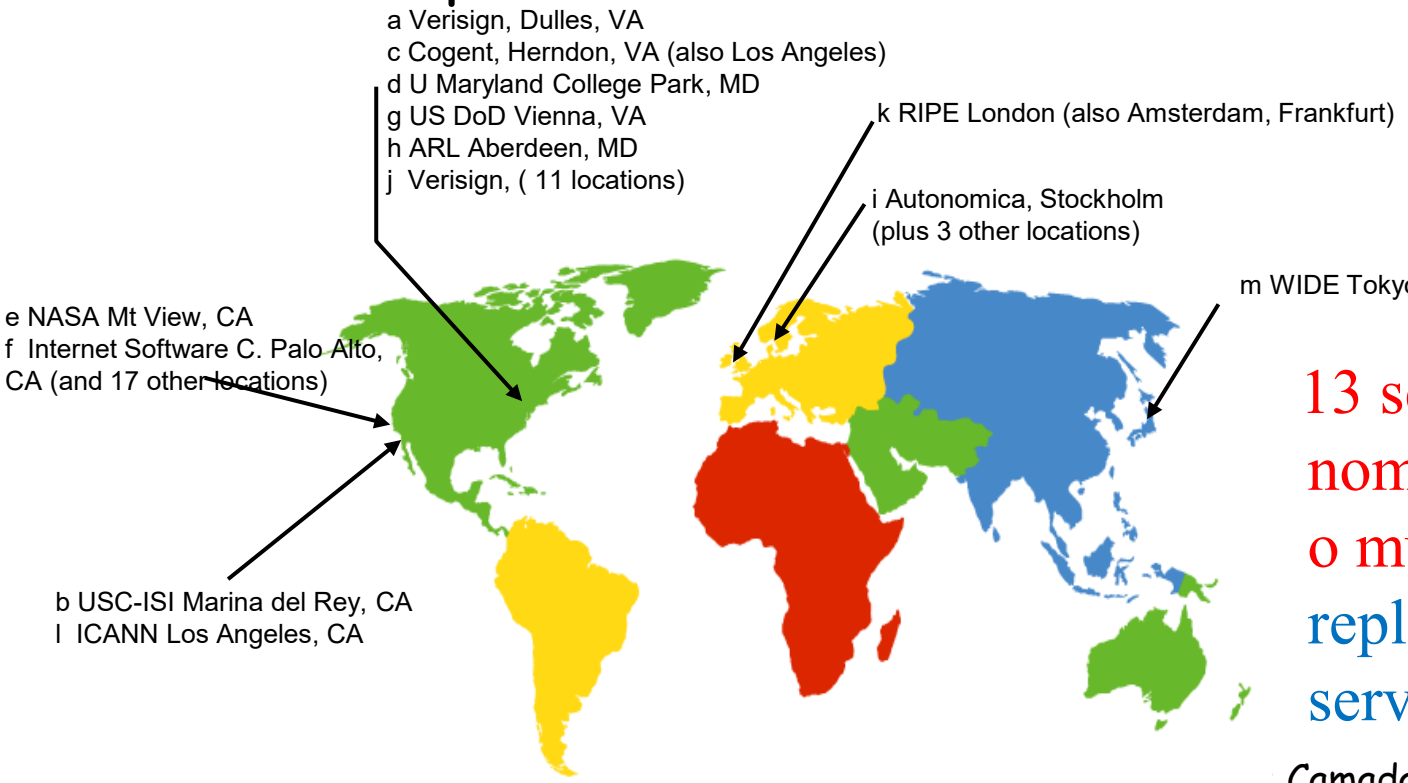


Cliente quer IP para www.amazon.com; 1ª aprox:

- Cliente consulta um servidor raiz (13 entidades) para encontrar um servidor DNS .com
- Cliente consulta servidor DNS .com (top-level domain -TLD) para obter o servidor DNS para o domínio amazon.com
- Cliente consulta servidor DNS do domínio (autoritativo) amazon.com para obter endereço IP do server www.amazon.com

DNS: Servidores raiz

- procurado por servidor local que não consegue resolver o nome
- servidor raiz:
  - procura servidor oficial se mapeamento desconhecido
  - obtém tradução
  - devolve mapeamento ao servidor local



13 servidores de nome raiz em todo o mundo (A –M) replicados 247 servers (2011)

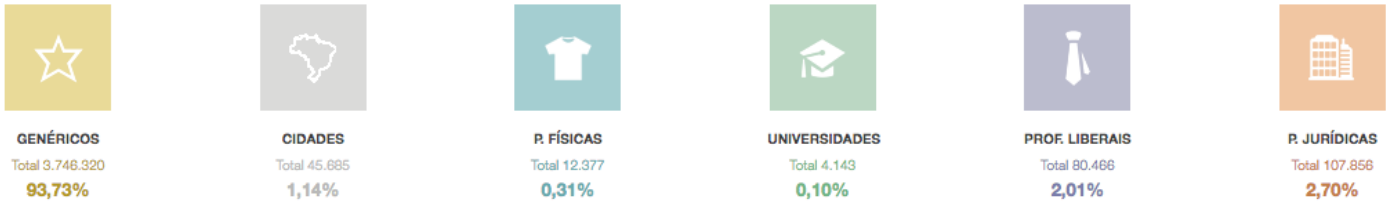
DNS: Servidores raiz

Hostname	IP Addresses	Manager
a.root-servers.net	198.41.0.4, 2001:503:ba3e::2:30	VeriSign, Inc.
b.root-servers.net	192.228.79.201, 2001:500:84::b	University of Southern California (ISI)
c.root-servers.net	192.33.4.12, 2001:500:2::c	Cogent Communications
d.root-servers.net	199.7.91.13, 2001:500:2d::d	University of Maryland
e.root-servers.net	192.203.230.10, 2001:500:a8::e	NASA (Ames Research Center)
f.root-servers.net	192.5.5.241, 2001:500:2f::f	Internet Systems Consortium, Inc.
g.root-servers.net	192.112.36.4	US Department of Defense (NIC)
h.root-servers.net	198.97.190.53, 2001:500:1::53	US Army (Research Lab)
i.root-servers.net	192.36.148.17, 2001:7fe::53	Netnod
j.root-servers.net	192.58.128.30, 2001:503:c27::2:30	VeriSign, Inc.
k.root-servers.net	193.0.14.129, 2001:7fd::1	RIPE NCC
l.root-servers.net	199.7.83.42, 2001:500:9f::42	ICANN
m.root-servers.net	202.12.27.33, 2001:dc3::35	WIDE Project

Servidores TLD e Oficiais

- Servidores de nomes de Domínio de Alto Nível (TLD):
  - servidores DNS responsáveis por domínios .com, .org, .net, .edu, etc, e todos os domínios de países como .br, .uk, .fr, .ca, .jp .
  - Domínios genéricos: book, globo, rio
  - Lista completa em: (https://www.iana.org/domains/root/db)
  - NIC.br (Registro .br) para domínio .br (https://registro.br/)
- Servidores de nomes com Autoridade:
  - servidores DNS das organizações, provendo mapeamentos oficiais entre nomes de hospedeiros e endereços IP para todos os servidores da organização (e.x., Web e correio).
  - Podem ser mantidos pelas organizações ou pelo provedor de acesso

Domínios registrados por categorias



21/09/2018

Genéricos

CATEGORIAS	QUANTIDADE	%
ART.BR	9.125	0,23
COM.BR	3.643.031	91,15
ECO.BR	9.485	0,24
EMP.BR	1.559	0,04
NET.BR	82.891	2,07
ONG.BR	229	0,01

» Ver evolução - total genéricos

Universidades

CATEGORIAS	QUANTIDADE	%
BR	1.207	0,03
EDU.BR	2.936	0,07

Cidades

CATEGORIAS	QUANTIDADE	%
9GUACU.BR	29	0,00
ABC.BR	1.331	0,03
AJU.BR	491	0,01
ANANI.BR	64	0,00
APARECIDA.BR	253	0,01
BARUERI.BR	118	0,00
BELEM.BR	554	0,01
BHZ.BR	1.830	0,05
BOAVISTA.BR	192	0,00
BSB.BR	2.704	0,07
CAMPINAGRANDE.BR	40	0,00
CAMPINAS.BR	2.060	0,05

VER TODOS

Pessoas Físicas

CATEGORIAS	QUANTIDADE	%
BLOG.BR	8.579	0,21
FLOG.BR	123	0,00
NOM.BR	1.309	0,03
VLOG.BR	1.081	0,03
WIKI.BR	1.285	0,03

» Ver evolução - total de pessoas físicas

21/09/2018

Profissionais liberais

CATEGORIAS	QUANTIDADE	%
ADM.BR	2.631	0,07
ADV.BR	34.591	0,87
ARQ.BR	5.703	0,14
ATO.BR	69	0,00
BIO.BR	480	0,01
BMD.BR	42	0,00
CIM.BR	610	0,02
CNG.BR	13	0,00
CNT.BR	2.882	0,07
ECN.BR	131	0,00

Pessoas Jurídicas

CATEGORIAS	QUANTIDADE	%
SEM RESTRIÇÃO		
AGR.BR	2.526	0,06
ESP.BR	1.161	0,03
ETC.BR	1.115	0,03
FAR.BR	482	0,01
IMB.BR	2.618	0,07
VER TODOS		
COM RESTRIÇÃO		
AM.BR	149	0,00
COOP.BR	1.050	0,03
FM.BR	368	0,01
G12.BR	591	0,01
GOV.BR	1.590	0,04
VER TODOS		
DNSSEC OBRIGATÓRIO		
B.BR	262	0,01
DEF.BR	25	0,00
JUS.BR	210	0,01
LEG.BR	59	0,00
MP.BR	34	0,00

Servidor DNS Local

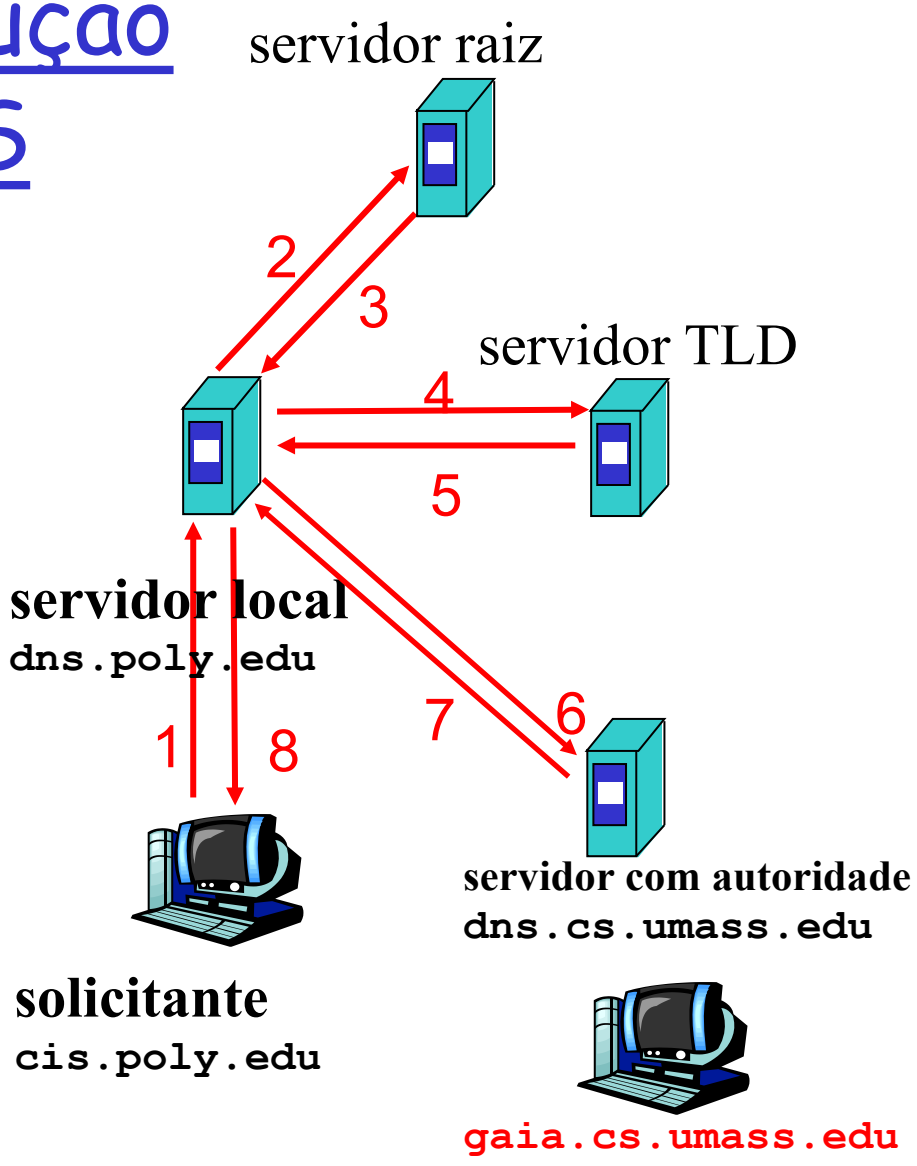
- Não pertence necessariamente à hierarquia
- Cada ISP (ISP residencial, companhia, universidade) possui um.
  - Também chamada do "servidor de nomes default"
- Quanto um hospedeiro faz uma consulta DNS, a requisição é primeiro enviada para o seu servidor DNS local
  - Possui uma cache local com pares de tradução nome/endereço recentes (mas podem estar desatualizados!)
  - Atua como um intermediário (proxy), enviando consultas para a hierarquia.

Exemplo de resolução de nome pelo DNS

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

Consulta Interativa:

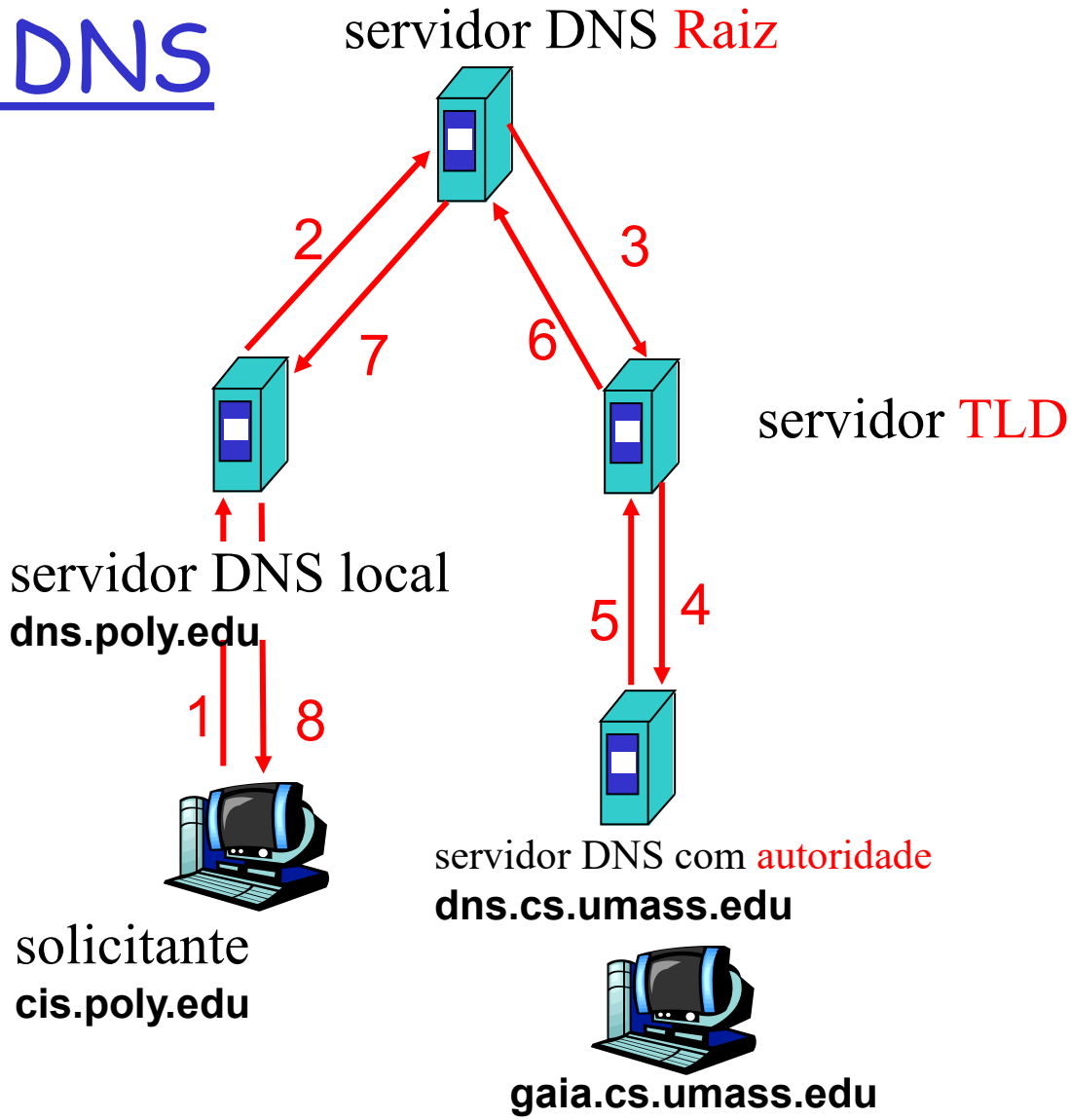
- servidor consultado responde com o nome de um servidor de contato
- "Não conheço este nome, mas pergunte para esse servidor"



Exemplo de resolução de nome pelo DNS

Consulta Recursiva:

- transfere a responsabilidade de resolução do nome para o servidor de nomes contatado



DNS: uso de cache, atualização de dados

- uma vez que um servidor qualquer aprende um mapeamento, ele o coloca numa *cache* local
  - entradas na cache são sujeitas a temporização (desaparecem) depois de um certo tempo (TTL)
- Entradas na cache podem estar desatualizadas (tradução nome/endereço do tipo melhor esforço!)
  - Se o endereço IP de um nome de host for alterado, pode não ser conhecido em toda a Internet até que todos os TTLs expirem
- mecanismos de atualização/notificação propostos na RFC 2136

Registros DNS

DNS: Servidores tem BD distribuído contendo *registros de recursos* (RR) que é uma tupla de quatro elementos para mapear "nomes" para "IP". (TTL -> vida útil do RR)

formato RR: **(Nome, Valor, Tipo, TTl)**

- Tipo=A / AAAA
- Tipo=NS
- Tipo=CNAME
- Tipo=MX

Registros DNS

formato RR: **(Nome, Valor, Tipo, TTl)**

- Se (Tipo=A)
  - **nome** é nome canônico de hospedeiro
  - **valor** é o seu endereço IPv4 ou Tipo=**AAAA** para IPv6
  - Fornece um mapeamento padrão (Nomes e IP)
  - Ex: (relay1.bar.foo.com, 145.37.93.126, A, TTL)

- Se (Tipo=NS)
  - **nome** é domínio (p.ex. foo.com)
  - **valor** é um nome de servidor DNS autoritativo de nomes para este domínio
  - Usado para encaminhar consultas DNS ao longo de cadeia de consultas
  - Ex: (foo.com, dns.foo.com, NS, TTL)

Registros DNS

formato RR: **(Nome, Valor, Tipo, TTl)**

- Se Tipo=CNAME
  - **nome** é nome alternativo (alias) para algum nome "canônico" (verdadeiro)
  - * www.ibm.com é na verdade servereast.backup2.ibm.com
  - **valor** é o nome canônico do servidor
  - Ex: (foo.com, relay1.bar.foo.com, CNAME, TTL)

- Se Tipo=MX
  - **valor** é nome canônico do servidor de correio associado ao "**apelido**" está contido em **Nome**.
  - Ex: (foo.com, mail.bar.foo.com, MX, TTL)
  - Registros MX permitem que nomes de servidores de correio sejam simples.

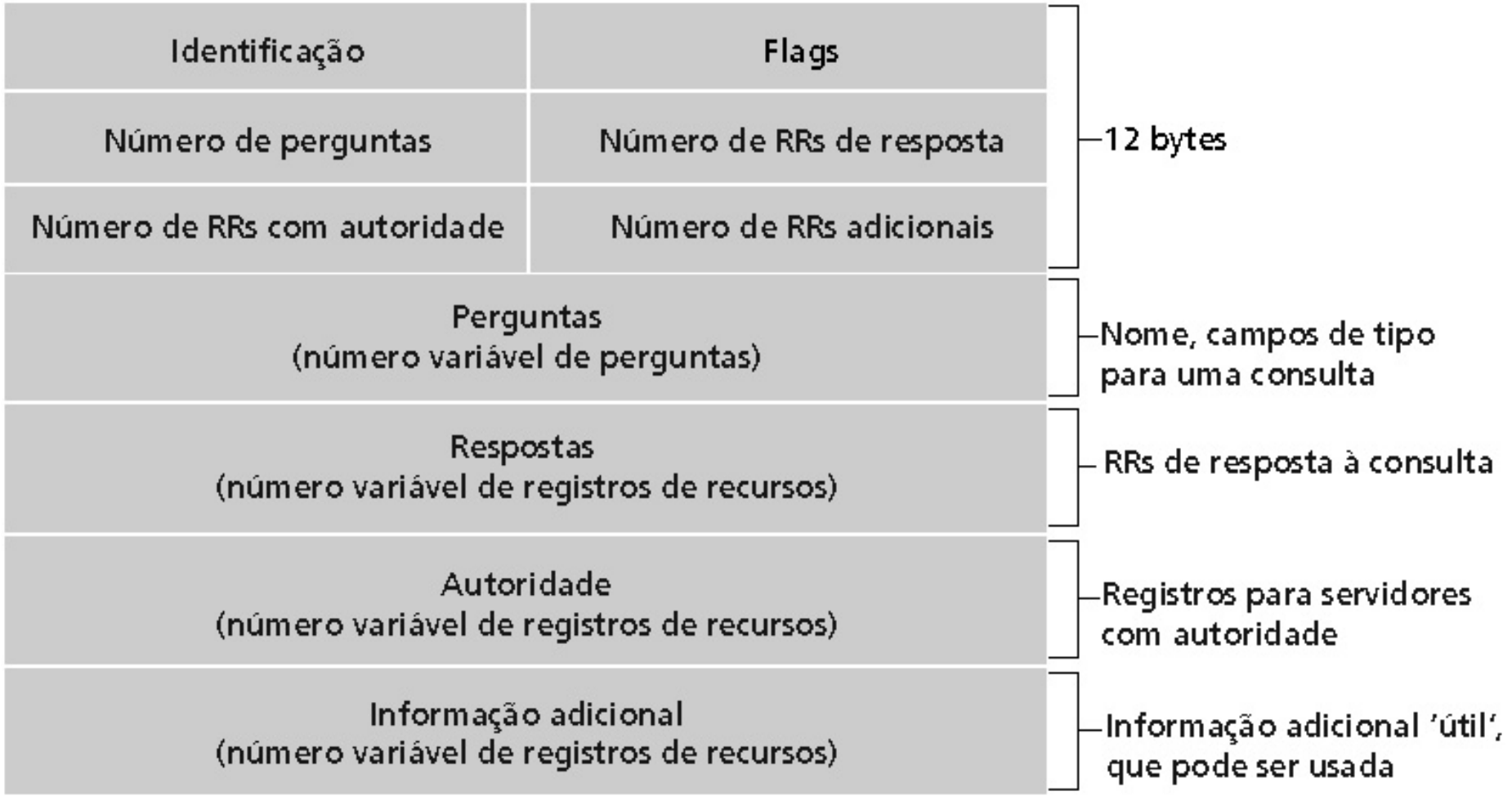
DNS: protocolo e mensagens

protocolo DNS: mensagens de *pedido* e *resposta*, ambas com o mesmo *formato de mensagem*

cabeçalho de msg

- identificação: ID de 16 bits para pedido, resposta ao pedido usa mesmo ID
- flags:
  - pedido ou resposta
  - recursão desejada
  - recursão permitida
  - resposta é oficial

DNS: protocolo e mensagens



- **Enviar uma mensagem de consulta DNS direto do seu PC para um servidor de DNS, utilize o programa "nslookup" disponível para Windows e Linux**

Inserindo registros no DNS

- Exemplo: acabou de criar a empresa "Network Utopia"
- Registra o nome netutopia.com.br em uma entidade registradora (e.x., Registro.br)
  - Tem de prover para a registradora os nomes e endereços IP dos servidores DNS com Autoridade (primário e secundário)
  - Registradora insere quatro RRs no servidor TLD .br:
  - `(netutopia.com.br, dns1.netutopia.com.br, NS, TTl)`
  - `(dns1.netutopia.com.br, 212.212.212.1, A, TTl)`
  - `(netutopia.com.br, dns2.netutopia.com.br, NS, TTl)`
  - `(dns2.netutopia.com.br, 212.212.212.2, A, TTL)`

- Põe também no servidor oficial um registro do tipo A para www.netutopia.com.br e um registro do tipo MX para seu servidor de correio mail.netutopia.com.br.
- Atualmente o conteúdo de cada servidor DNS é configurado dinamicamente via opção de protocolo DNS (UPDATE)

Ataques ao DNS

Ataques DDoS

- Bombardeia os servidores raiz com tráfego
  - Até o momento não tiveram sucesso
  - Filtragem do tráfego
  - Servidores DNS locais cacheiam os IPs dos servidores TLD, permitindo que os servidores raízes não sejam consultados
- Bombardeio aos servidores TLD
  - Potencialmente mais perigoso

Ataques de redirecionamento

- Pessoa no meio
  - Intercepta as consultas
- Envenenamento do DNS
  - Envia respostas falsas de TLDs para o servidor DNS local que as coloca em cache, logo os servidores raízes não serão mais consultados.
  - Então quando solicitados os servidores TLDs "falsos", enviam o endereço de um **application server** "Pirata" que falsifica a pagina original para tentar roubar credenciais de acesso.

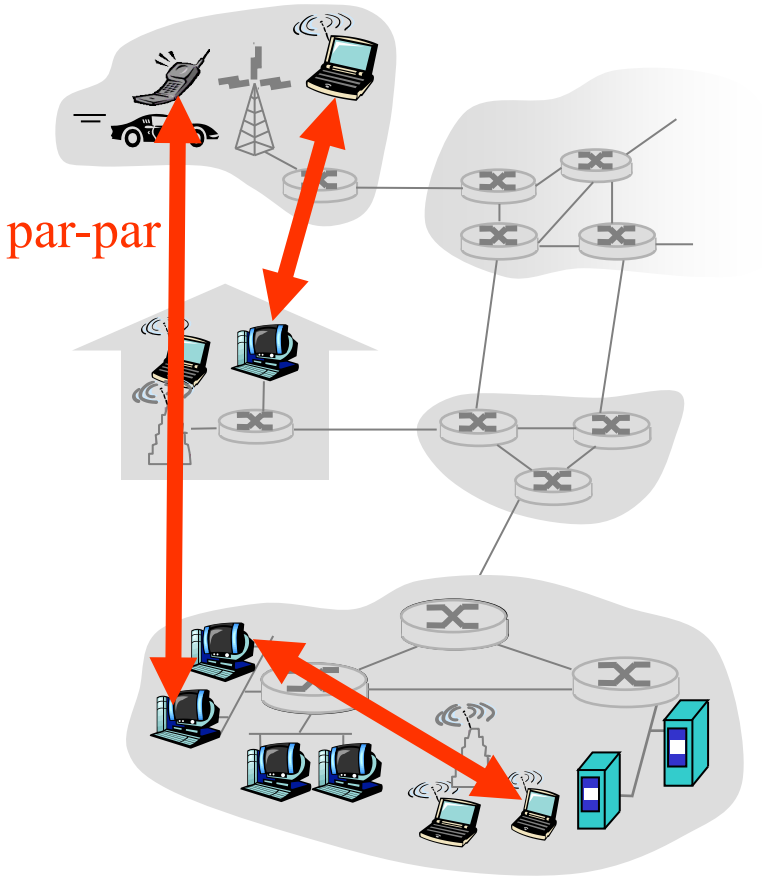
Capítulo 2: Roteiro

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 A Web e o HTTP
- 2.3 Correio Eletrônico na Internet
- 2.4 DNS: o serviço de diretório da Internet
- 2.5 Aplicações P2P
- 2.6 Fluxos (*streams*) de vídeo e Redes de Distribuição de Conteúdo (CDNs)
- 2.7 Programação de *sockets* com UDP e TCP

Arquitetura P2P pura

- *Sem servidor sempre ligado*
- Sistemas finais arbitrários se comunicam diretamente (Pares) Para distribuição de um arquivo.
- Pares estão conectados de forma intermitente e mudam seus endereços IP periodicamente.

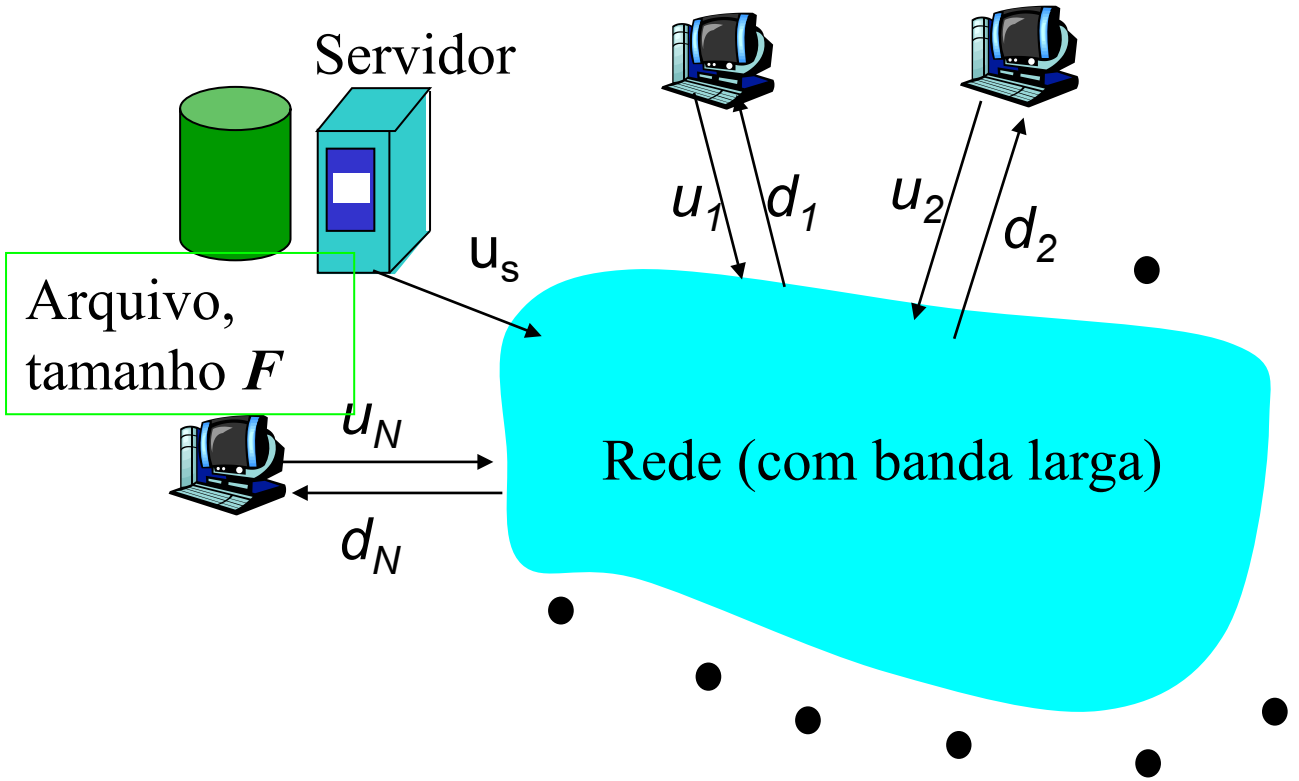
- Exemplos:
  - Distribuição de arquivos (BitTorrent)
  - *Streaming* (Popcorn Time)
  - VoIP (Skype)



Distribuição de Arquivo: C/S x P2P

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

- Capacidade de *upload/download* de um par é um recurso limitado



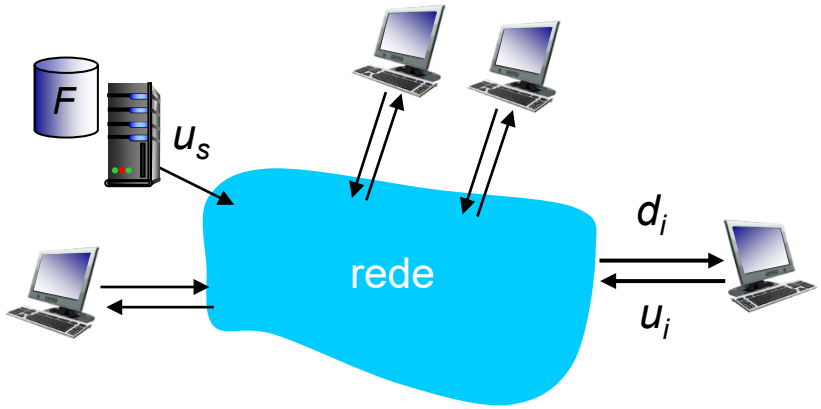
u_s: banda de upload do servidor

u_i: banda de upload do par *i*

d_i: banda de download do par *i*

Tempo de distribuição do arquivo: Client/Server

- transmissão do servidor: deve enviar sequencialmente N cópias do arquivo:
  - Tempo para enviar uma cópia = F/u_s
  - Tempo para enviar N cópias = NF/u_s
- cliente: cada cliente deve fazer o *download* de uma cópia do arquivo
  - d_{min} = taxa mínima de *download*
  - Tempo de *download* para usuário com menor taxa: F/d_{min}



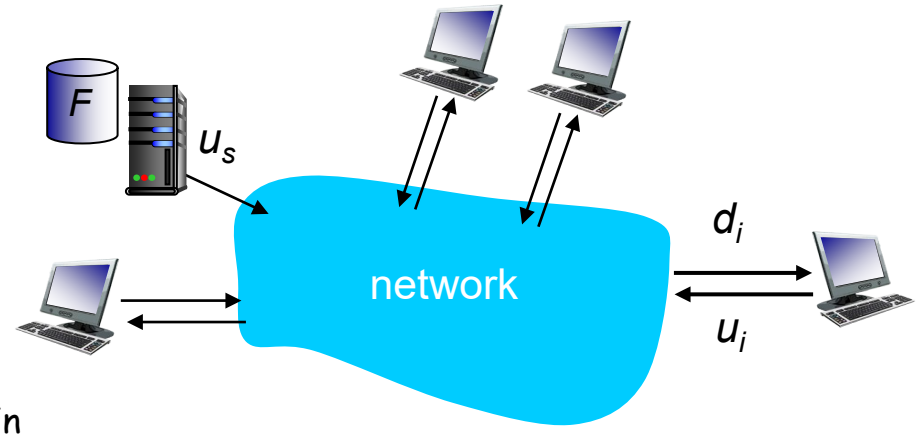
Tempo para distribuir F para N clientes usando abordagem cliente/servidor

$$D_{cs} \geq \max \{ NF/u_s, F/d_{min} \}$$

cresce linearmente com N

Tempo de distribuição do arquivo: P2P

- transmissão do servidor: deve enviar pelo menos uma cópia:
  - tempo para enviar uma cópia: F/u_s
- cliente: cada cliente deve baixar uma cópia do arquivo
  - Tempo de *download* para usuário com menor taxa: F/d_{min}
- clientes: no total devem baixar NF bits
  - Taxa máxima de *upload* : $u_s + \Sigma u_i$



tempo para distribuir F para N clientes usando abordagem P2P

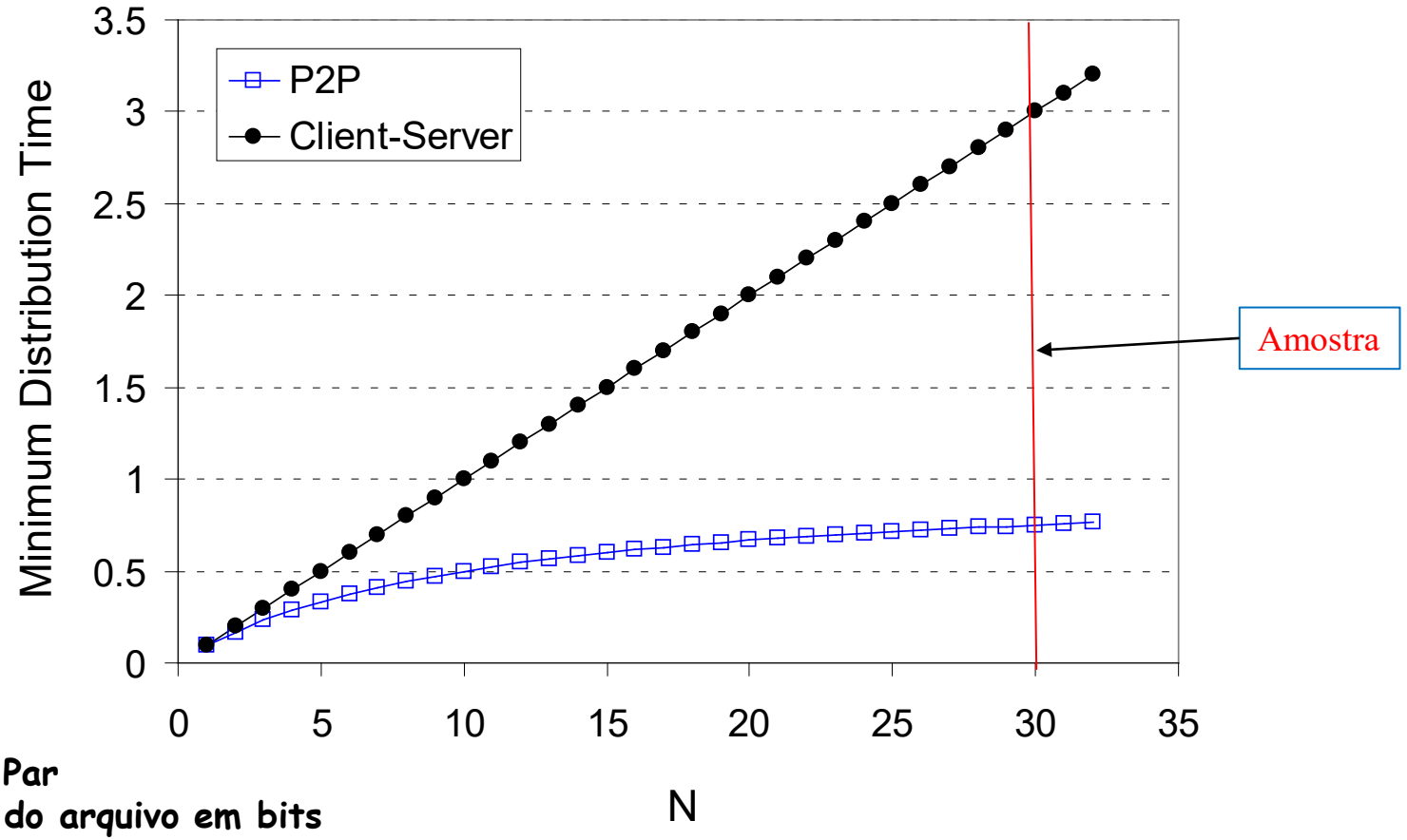
$$D_{P2P} > max\{F/u_s, F/d_{min}, NF/(u_s + \Sigma u_i)\}$$

cresce linearmente com *N* …

… assim como este, cada par traz capacidade de serviço

Cliente-servidor x P2P: Exemplo

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



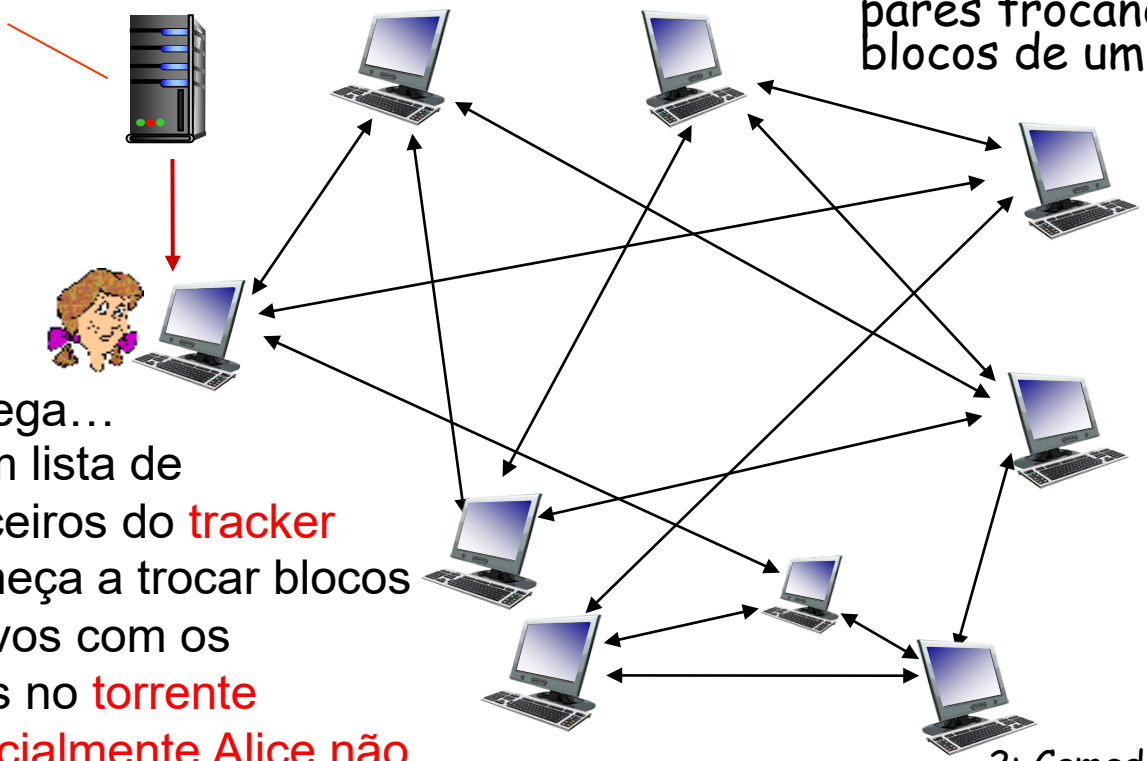
U_c - Upload do Par
F -> Tamanho do arquivo em bits
U_s -> Upload do Servidor
d_{min} -> Download do mínimo do Par

Distribuição de arquivo P2P: BitTorrent

- Protocolo popular P2P para distribuição de arquivos
- torrent é o grupo de pares que participam da distribuição de um determinado arquivo
- Pares num torrent enviam/recebem blocos do arquivo
- arquivos são divididos em blocos de 256KB

Rastreador (tracker): registra pares participantes de um torrente (é um nó de infraestrutura)

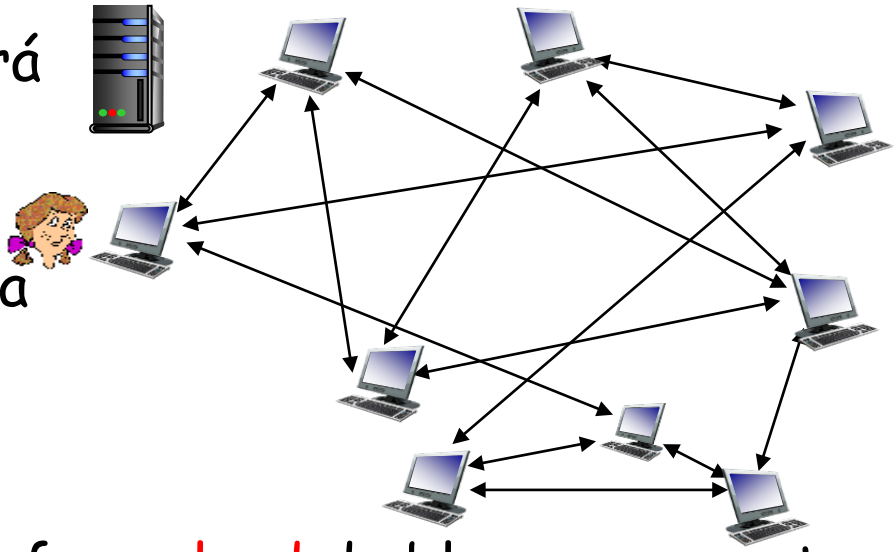
torrent: grupo de pares trocando blocos de um arquivo



Alice chega…
… obtém lista de
Um parceiros do tracker
… e começa a trocar blocos de arquivos com os parceiros no torrente
(Obs: Inicialmente Alice não tinha nenhum bloco)

Distribuição de arquivo P2P: BitTorrent

- par que se une à torrente:
  - não tem nenhum bloco, mas irá acumulá-los com o tempo
  - registra com o *tracker* para obter lista dos pares, conecta a um subconjunto de pares ("vizinhos") e envia msg periódica que está "vivo"



- enquanto faz o download, o par faz upload de blocos para outros pares
- o par pode mudar os parceiros com os quais troca os blocos
- pares podem entrar e sair do torrente a qualquer momento
- quando o par obtiver todo o arquivo, ele pode (de forma egoísta) sair ou permanecer (de forma altruísta) no torrent para ajudar o compartilhamento de blocos de um arquivo.

BitTorrent: pedindo, enviando blocos de arquivos

- obtendo blocos:
- o tracker seleciona aleatoriamente um subconjunto de pares e envia o endereço IP desses pares para Alice
- Um par (Alice) tenta estabelecer conexão TCP com todos esses pares do subconjunto. (pares vizinhos)
- num determinado instante, pares distintos possuem diferentes subconjuntos de blocos do arquivo
- periodicamente, um par (Alice) pede a cada vizinho a lista de blocos que eles possuem
- Alice envia pedidos para os pedaços que ainda não tem
  - Primeiro os mais raros
- Enviando blocos: toma lá, dá cá!
- Alice envia blocos para os quatro vizinhos que estejam lhe enviando blocos *na taxa mais elevada*
  - outros pares foram sufocados (choked) por Alice
  - Reavalia os 4 mais a cada 10 segs
    - Pares não sufocados "*unchoked*"
- a cada 30 segs: seleciona aleatoriamente outro par, começa a enviar blocos
  - Otimisticamente não sufocado ("optimistically unchoked")
  - o par recém escolhido pode se unir aos 4 mais.

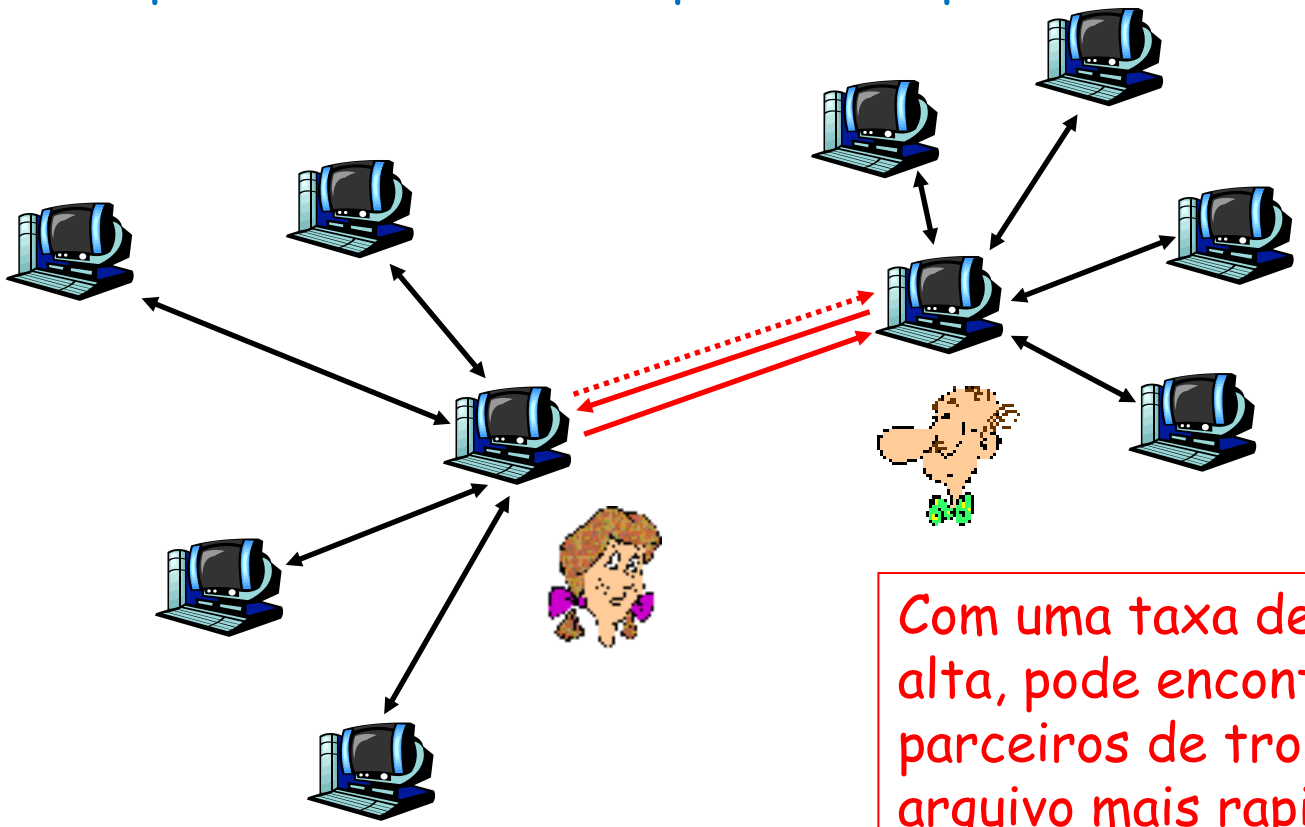
BitTorrent: toma lá, dá cá!

(1) Alice "optimistically unchokes" Bob

(2) Alice se torna um dos quatro melhores provedores de Bob; Bob age da mesma forma

(3) Bob se torna um dos quatro melhores provedores de Alice

Obs: pares com taxas de uploads compatíveis tendem a se encontrar



Com uma taxa de *upload* mais alta, pode encontrar melhores parceiros de troca e obter o arquivo mais rapidamente!

Capítulo 2: Resumo

Nosso estudo sobre aplicações de rede está agora completo!

- Arquiteturas de aplicações
  - cliente-servidor
  - P2P
- Requisitos de serviço das aplicações:
  - confiabilidade, banda, atraso
- Modelos de serviço de transporte da Internet
  - orientado à conexão, confiável: TCP
  - Não orientado à conexão, não confiável, UDP e datagramas IP
- Protocolos específicos:
  - HTTP
  - SMTP, POP, IMAP
  - DNS
  - P2P: BitTorrent
- fluxos de vídeo, CDNs
- programação de sockets: sockets UDP e TCP

Capítulo 2: Resumo

Mais importante: aprendemos sobre *protocolos*

- troca típica de mensagens pedido/resposta
  - cliente solicita informação ou serviço
  - servidor responde com dados, código de *status*
- formatos de mensagens:
  - cabeçalhos: campos com informação sobre dados (metadados)
  - dados: informa (carga) sendo comunicada

- *Temas importantes:*
- msgs de controle vs. dados
  - na banda, fora da banda
- centralizado vs. descentralizado
- s/ estado vs. c/ estado
- transferência de mensagens confiável vs. não confiável
- "complexidade na borda da rede"