Redes de Computadores I

Camada de Aplicação

Prof. Odilson Tadeu Valle

odilson@ifsc.edu.br

Julho de 2014

Camada de aplicação

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio electrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Compartilhamento de arquivos P2P
- 2.7 Programação de socket com TCP
- 2.8 Programação de socket com UDP
- 2.9 Construindo um servidor Web

Parte 2: Camada de aplicação

Nossos objetivos:

- Conceitual, aspectos de implementação de protocolos de aplicação de redes
  - Modelos de serviço da camada de transporte
  - Paradigma cliente-servidor
  - Paradigma **peer-to-peer**
  - Aprender sobre protocolos examinando protocolos da camada de aplicação populares:
  - HTTP
  - FTP
  - SMTP/ POP3/ IMAP
    - DNS
- Programação de aplicações de rede
    - Socket API

Algumas aplicações de rede

- E-mail
- Web
- Mensagem instantânea
- Login remoto
- P2P file sharing
- Jogos de rede multi-usuário
- Streaming stored videoclipes
- Telefonia via Internet
- Videoconferência em tempo real
- Computação paralela massiva

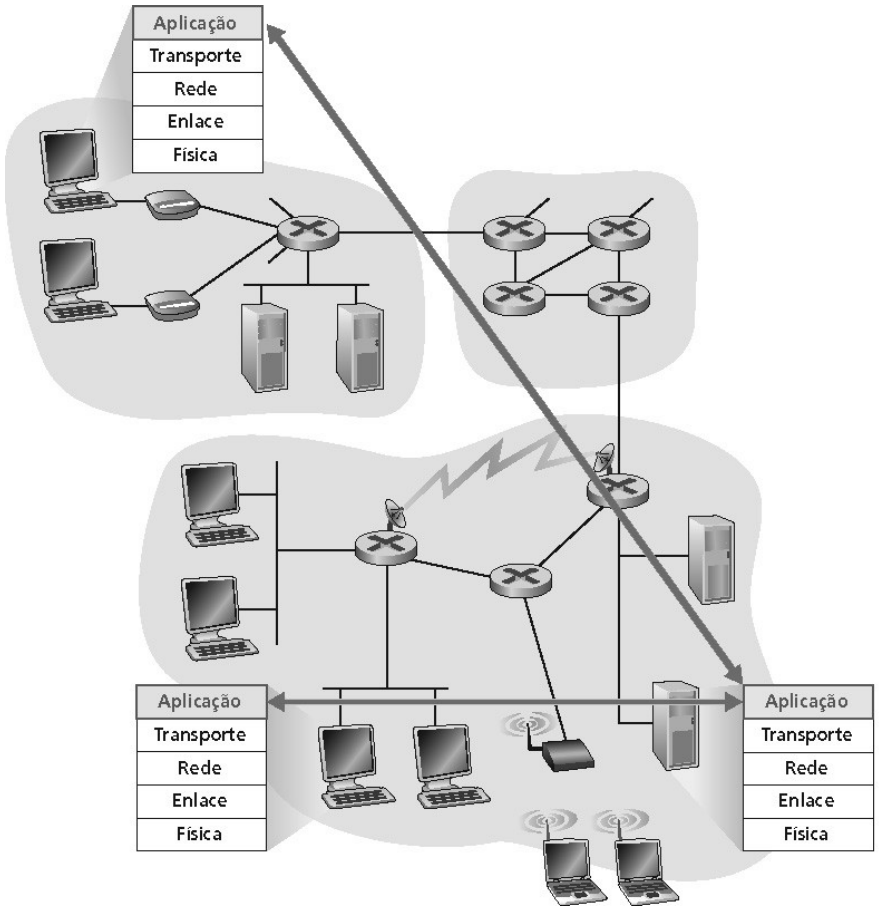
Criando uma nova aplicação de rede

Escrever programas que

- Executem sobre diferentes sistemas finais e
- Se comuniquem através de uma rede.
- Ex.: Web – software de servidor Web se comunicando com software do browser.

Nenhuma aplicação é escrita para dispositivos do núcleo da rede

- Dispositivos do núcleo da rede não trabalham na camada de aplicação
- Esta estrutura permite um rápido desenvolvimento de aplicação



Camada de aplicação

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio electrônico SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Compartilhamento de arquivos P2P
- 2.7 Programação de socket com TCP
- 2.8 Programação de socket com UDP
- 2.9 Construindo um servidor Web

Arquiteturas de aplicação

- Cliente-servidor
- **Peer-to-peer** (P2P)
- Híbrida de cliente-servidor e P2P

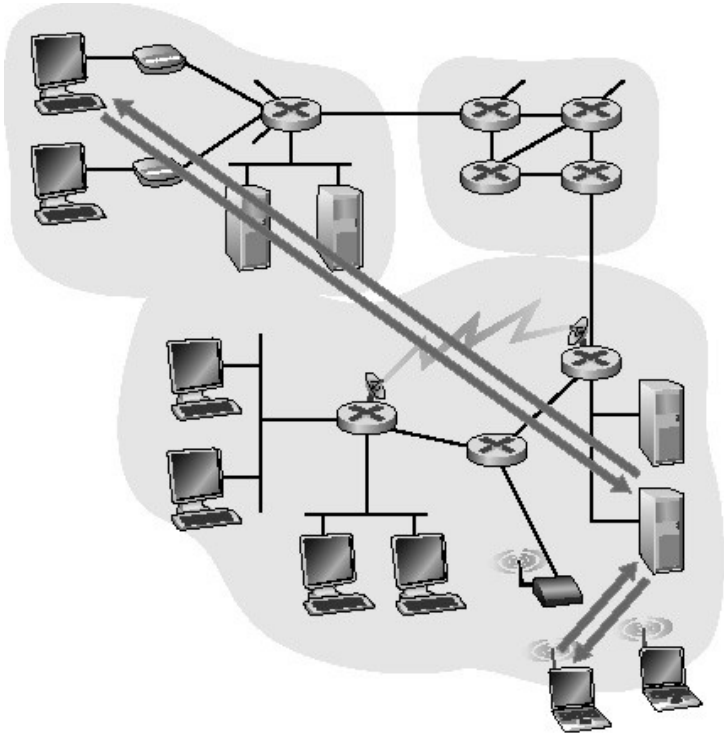
Arquitetura cliente-servidor

Servidor:

- Hospedeiro sempre ativo
- Endereço IP permanente
- Fornece serviços solicitados pelo cliente

Clientes:

- Comunicam-se com o servidor
- Pode ser conectado intermitentemente
- Pode ter endereço IP dinâmico
- Não se comunicam diretamente uns com os outros

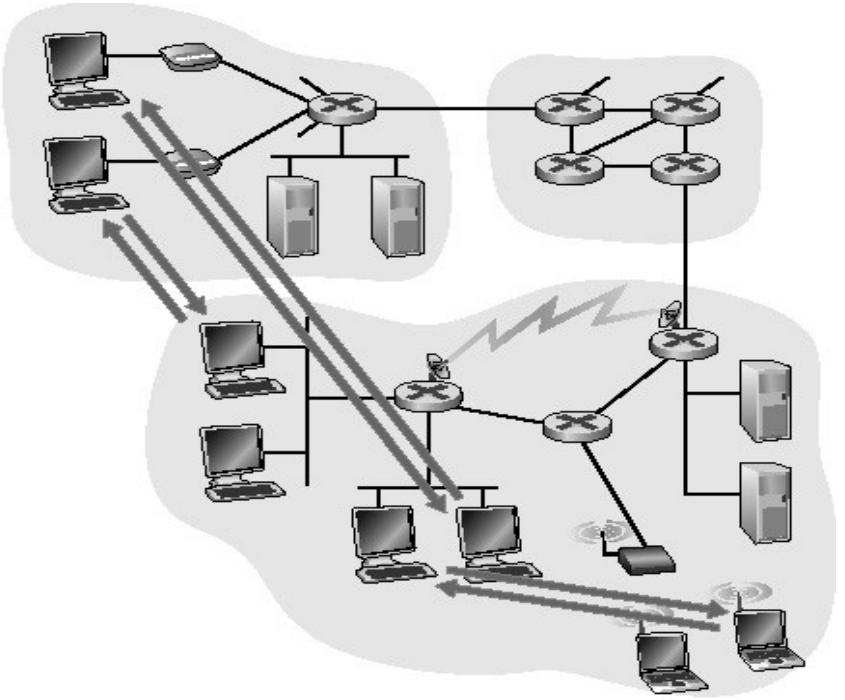


a. Aplicação cliente-servidor

Arquitetura P2P pura

- Nem sempre no servidor
- Sistemas finais arbitrários comunicam-se diretamente
- Pares são intermitentemente conectados e trocam endereços IP
- Ex.: Gnutella

Altamente escaláveis mas difíceis de gerenciar



b. Aplicação P2P

Híbrida de cliente-servidor e P2P

Napster

- Transferência de arquivo P2P
- Busca centralizada de arquivos:
  - Conteúdo de registro dos pares no servidor central
  - Consulta de pares no mesmo servidor central para localizar o conteúdo

Instant messaging

- Bate-papo entre dois usuários é P2P
- Detecção/localização centralizada de presença:
  - Usuário registra seu endereço IP com o servidor central quando fica on-line
  - Usuário contata o servidor central para encontrar endereços IP dos vizinhos

Comunicação de processos

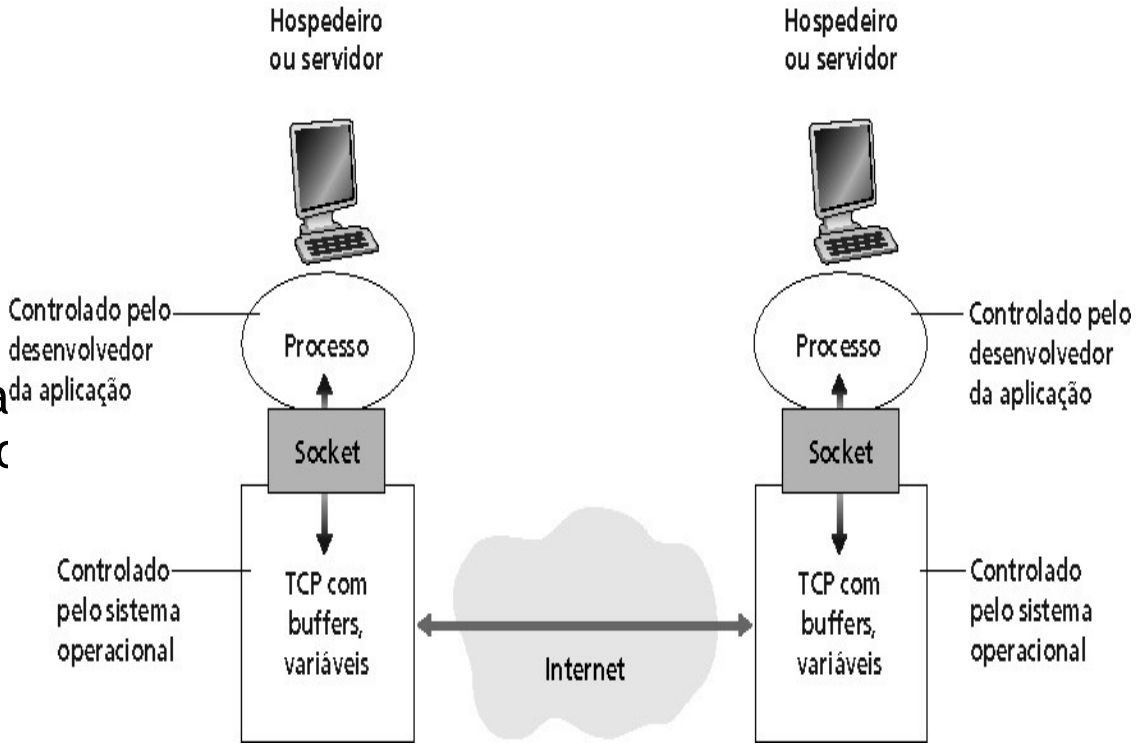
Processo: programa executando num hospedeiro

- Dentro do mesmo hospedeiro: dois processos se comunicam usando comunicação interprocesso (definido pelo OS)
- Processos em diferentes hospedeiros se comunicam por meio de troca de mensagens
- Processo cliente: processo que inicia a comunicação
- Processo servidor: processo que espera para ser contatado

Nota: aplicações com arquiteturas P2P possuem processos cliente e processos servidor

Sockets

- Um processo envia/recebe mensagens para/de seu socket
- O socket é análogo a uma porta
- O processo de envio empurra a mensagem para fora da porta
  - O processo de envio confia na infra-estrutura de transporte no outro lado da porta que leva a mensagem para o socket no processo de recepção.



- API: (1) escolha do protocolo de transporte; (2) habilidade para fixar poucos parâmetros (será explicado mais tarde)

Processos de endereçamento

- Para um processo receber mensagens, ele deve ter um identificador
- Um hospedeiro possui um único endereço IP de 32 bits
- P.: O endereço IP do hospedeiro onde o processo está executando é suficiente para identificar o processo?
- R.: Não, muitos processos podem estar em execução no mesmo hospedeiro.
- O identificador inclui o endereço IP e o número da porta associada ao processo no hospedeiro
- Exemplos de números de porta:
  - Servidor HTTP: 80
  - Servidor de Correio: 25
- (mais detalhes serão mostrados mais tarde)

Processos de endereçamento

- Tipo das mensagens trocadas, mensagens de requisição e resposta
- Sintaxe dos tipos de mensagem: os campos nas mensagens e como são delineados
- Semântica dos campos, ou seja, significado da informação nos campos
- Regras para quando e como os processos enviam e respondem às mensagens

Protocolos de domínio público:

- Definidos nas RFCs
- Recomendados para interoperabilidade
- Ex.: HTTP, SMTP

Protocolos proprietários:

- Ex.: KaZaA

De qual serviço de transporte uma aplicação necessita?

Perda de dados

- Algumas aplicações (ex.: áudio) podem tolerar alguma perda
- Outras aplicações (ex.: transferência de arquivos, telnet) exigem transferência de dados 100% confiável

Temporização

- Algumas aplicações (ex.: telefonia Internet, jogos interativos) exigem baixos atrasos para serem “efetivos

Banda passante

- Algumas aplicações (ex.: multimídia) exigem uma banda mínima para serem “efetivas”
- Outras aplicações (“aplicações elásticas”) melhoram quando a banda disponível aumenta”

Requisitos de transporte de aplicação comuns

Aplicação	Perdas	Banda	Sensível ao atraso
file transfer	sem perdas	elástica	não
e-mail	sem perdas	elástica	não
Web documents	tolerante	elástica	não
RT áudio/vídeo	tolerante	aúdio: 5 Kb-1 Mb vídeo:10 Kb-5 Mb	sim, 100’s mseg
stored áudio/video	tolerante	igual à anterior	sim, segundos
jogos interativos	tolerante	kbps	sim, 100’s mseg
e-business	sem perda	elástica	sim

Serviços dos protocolos de transporte da Internet

Serviço TCP:

- **Orientado à conexão:** conexão requerida entre processos cliente e servidor
- **Transporte confiável** entre os processor de envio e recepção
- **Controle de fluxo:** o transmissor não sobrecarrega o receptor
- **Controle de congestionamento:** protege a rede do excesso de tráfego

  Não oferece: garantias de temporização e de banda mínima

Serviço UDP:

- Transferência de dados não confiável entre os processos transmissor e receptor
- Não oferece: estabelecimento de conexão, confiabilidade, controle de fluxo e

  de congestionamento, garantia de temporização e de banda mínima.

P.: Por que ambos? Por que existe o UDP?

Aplicação e protocolos de transporte da Internet

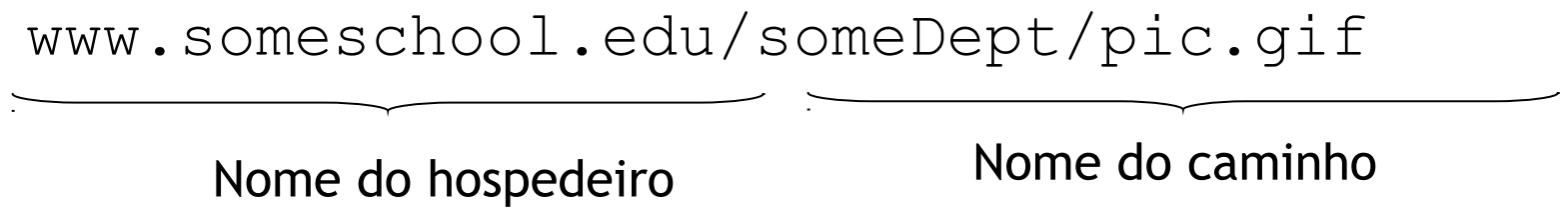
Aplicação	Protocolo de aplicação	Protocolo de transporte
e-mail	smtp [RFC 821]	TCP
acesso de terminais remotos	telnet [RFC 854]	TCP
Web	http [RFC 2068]	TCP
transferência de arquivos	ftp [RFC 959]	TCP
streaming multimídia	RTP ou proprietário (ex.: RealNetworks)	TCP ou UDP
servidor de arquivos remoto	NSF	TCP ou UDP
telefonia Internet	RTP ou proprietário (ex.: Vocaltec)	tipicamente UDP

Camada de aplicação

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio electrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Compartilhamento de arquivos P2P
- 2.7 Programação de socket com TCP
- 2.8 Programação de socket com UDP
- 2.9 Construindo um servidor Web

Primeiro alguns jargões

- Página Web consiste de objetos
- Objeto pode ser arquivo HTML, imagem JPEG, Java applet, arquivo de áudio,...
- A página Web consiste de arquivo-HTML base que inclui vários objetos referenciados
- Cada objeto é endereçado por uma URL
- Exemplo de URL:



Visão geral do HTTP

HTTP: hypertext transfer protocol

- Protocolo da camada de aplicação da Web
- Modelo cliente/servidor
  - Cliente: browser que solicita, recebe e apresenta objetos da Web
  - Servidor: envia objetos em resposta a pedidos
- HTTP 1.0: RFC 1945
- HTTP 1.1: RFC 2068

Visão geral do HTTP

Utiliza TCP:

- Cliente inicia conexão TCP (cria socket) para o servidor na porta 80
- Servidor aceita uma conexão TCP do cliente
- mensagens HTTP (mensagens do protocolo de camada de aplicação) são trocadas entre o browser (cliente HTTP) e o servidor Web (servidor HTTP)
- A conexão TCP é fechada

HTTP é “stateless”

- O servidor não mantém informação sobre os pedidos passados pelos clientes

Protocolos que mantêm informações de “estado” são complexos!

- Histórico do passado (estado) deve ser mantido
- Se o servidor/cliente quebra, suas visões de “estado” podem ser inconsistentes, devendo ser reconciliadas

Conexões HTTP

HTTP não persistente

- No máximo, um objeto é enviado sobre uma conexão TCP
- O HTTP/1.0 utiliza HTTP não persistente

HTTP persistente

- Múltiplos objetos podem ser enviados sobre uma conexão
- TCP entre o cliente e o servidor
- O HTTP/1.1 utiliza conexões persistentes em seu modo padrão

HTTP não persistente

Usuário entra com a URL: (contém texto,referências a 10 imagens jpeg)

`www.someSchool.edu/someDepartment/home.index`

1a. Cliente HTTP inicia conexão TCP ao servidor HTTP (processo) em www.someSchool.edu. Porta 80 é a default para o servidor HTTP.

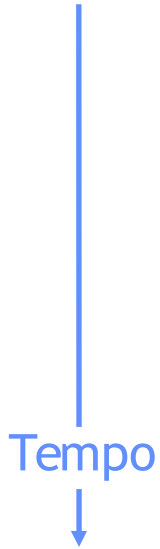
1b. Servidor HTTP no hospedeiro www.someSchool.edu esperando pela conexão TCP na porta 80. "Aceita" conexão, notificando o cliente

2. Cliente HTTP envia HTTP request message (contendo a URL) para o socket da conexão TCP

3. Servidor HTTP recebe mensagem de pedido, forma response message contendo o objeto solicitado (someDepartment/home.index), envia mensagem para o socket

Tempo

HTTP não persistente



4. Servidor HTTP fecha conexão TCP.

5. Cliente HTTP recebe mensagem de resposta contendo o arquivo html, apresenta o conteúdo html. Analisando o arquivo html, encontra 10 objetos jpeg referenciados

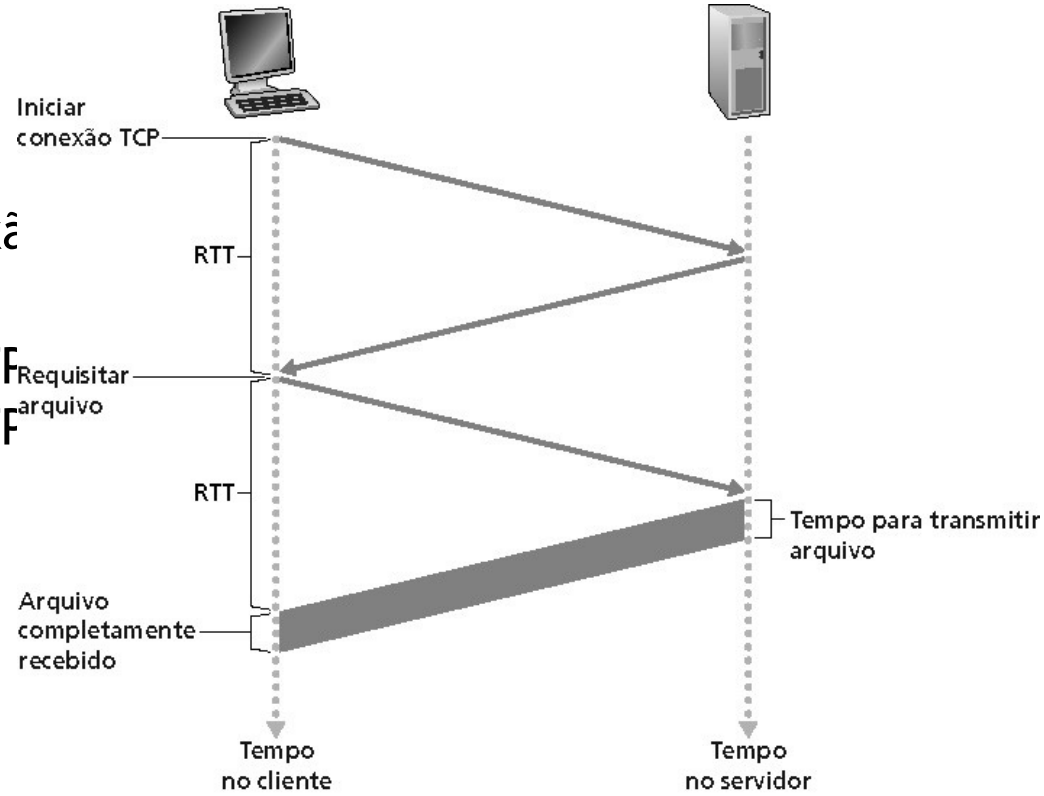
6. Passos 1-5 são repetidos para cada um dos 10 objetos jpeg.

Modelagem do tempo de resposta

Definição de RRT: tempo para enviar um pequeno pacote que vai do cliente para o servidor e retorna.

Tempo de resposta:

- Um RTT para iniciar a conenexã TCP
- Um RTT para requisição HTTF primeiros bytes da resposta HTTF para retorno
- Tempo de transmissão de arquivo



Total = 2RTT+ tempo de transmissão

HTTP persistente

Características do HTTP persistente:

- Requer 2 RTTs por objeto
- OS deve manipular e alocar recursos do hospedeiro para cada conexão TCP
  Mas os browsers freqüentemente abrem conexões TCP paralelas para buscar objetos referenciados

HTTP persistente

- Servidor deixa a conexão aberta após enviar uma resposta
- Mensagens HTTP subseqüentes entre o mesmo cliente/servidor são enviadas pela conexão

Persistente sem **pipelining**:

- O cliente emite novas requisições apenas quando a resposta anterior for recebida
- Um RTT para cada objeto referenciado

Persistente com **pipelining**:

- Padrão no HTTP/1.1
- O cliente envia requisições assim que encontra um objeto referenciado
- Tão pequeno como um RTT para todos os objetos referenciados

Mensagem HTTP request

- Dois tipos de mensagens HTTP: request, response
- HTTP request message:
  - ASCII (formato legível para humanos)

Linha de pedido (comandos GET, POST, HEAD)

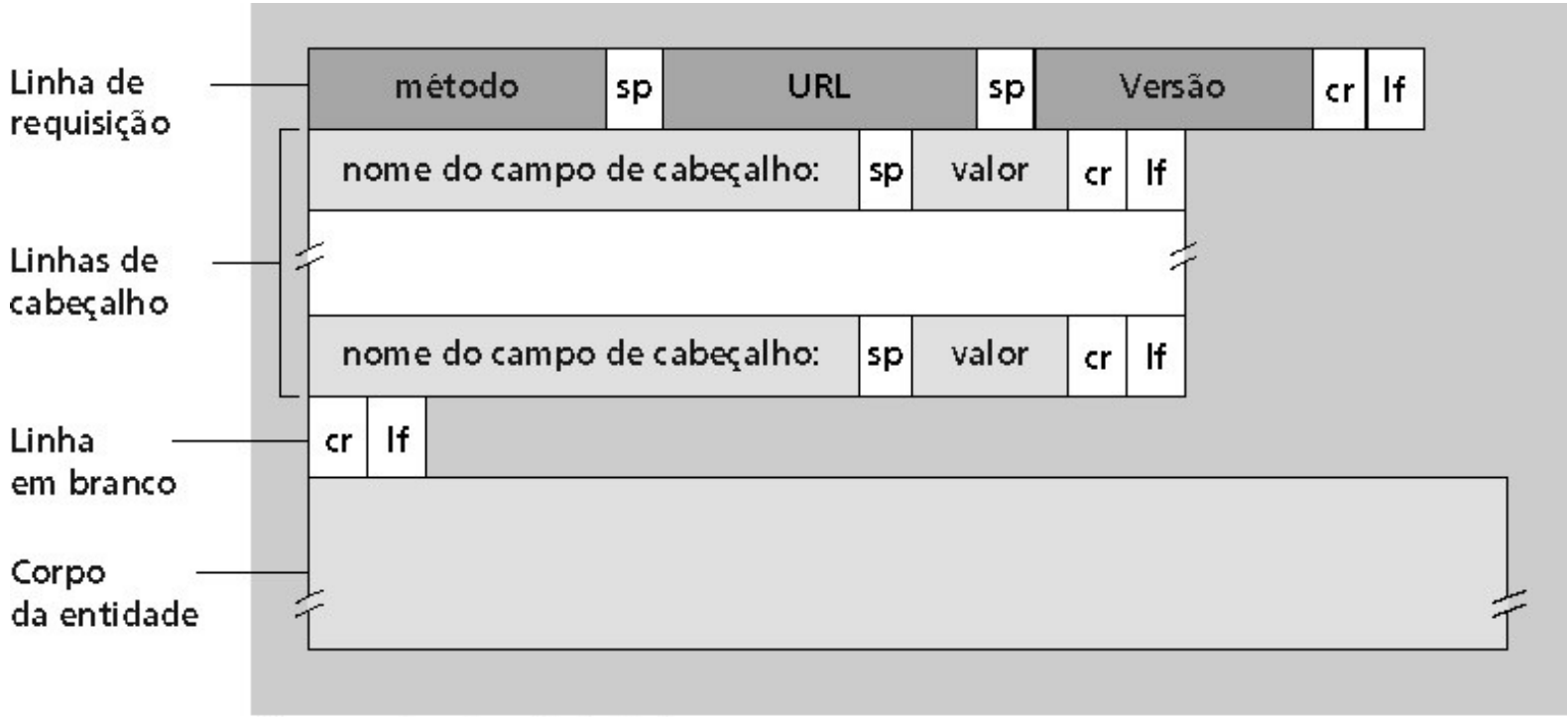
Linhas de cabeçalho

Carriage return, line feed indica fim da mensagem

```
GET /somedir/page.html HTTP/1.0
User-agent: Mozilla/4.0
Accept: text/html, image/gif,image/jpeg
Accept-language:fr

(extra carriage return, line feed)
```

Mensagem HTTP request: formato geral



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

Entrada de formulário

Método Post:

- Página Web freqüentemente inclui entrada de formulário
- A entrada é enviada para o servidor no corpo da entidade

Método URL:

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

www.somesite.com/animalsearch?monkeys&banana

Tipos de métodos

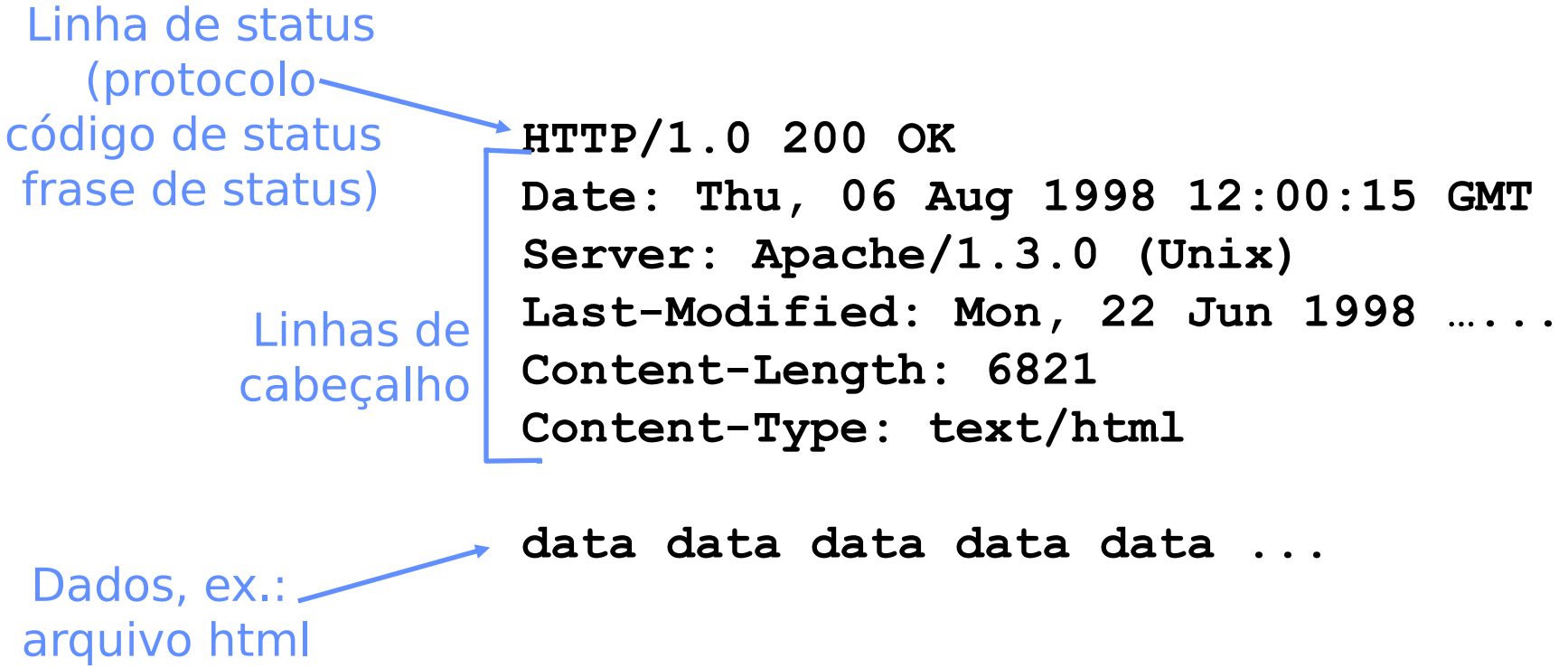
HTTP/1.0

- GET
- POST
- HEAD
  - Pede para o servidor deixar o objeto requisitado fora da resposta

HTTP/1.1

- GET, POST, HEAD
- PUT
  - Envia o arquivo no corpo da entidade para o caminho especificado no campo de URL
- DELETE
  - Apaga o arquivo especificado no campo de URL

Mensagem HTTP response



Códigos de status das respostas

Na primeira linha da mensagem de resposta servidor → cliente.
Alguns exemplos de códigos:

200 OK
- Requisição bem-sucedida, objeto requisitado a seguir nesta mensagem

301 Moved permanently
- Objeto requisitado foi movido, nova localização especificada a seguir nesta mensagem (Location:)

400 Bad request
- Mensagem de requisição não compreendida pelo servidor

404 Not Found
- Documento requisitado não encontrado neste servidor

505 HTTP version not supported

Códigos de status das respostas

1. Telnet para um servidor Web:

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

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

2. Digite um pedido GET HTTP:

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

Digitando isso (tecle carriage return duas vezes), você envia este pedido HTTP GET mínimo (mas completo) ao servidor HTTP

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

Estado usuário-servidor: cookies

A maioria dos grandes Web sites utilizam cookies

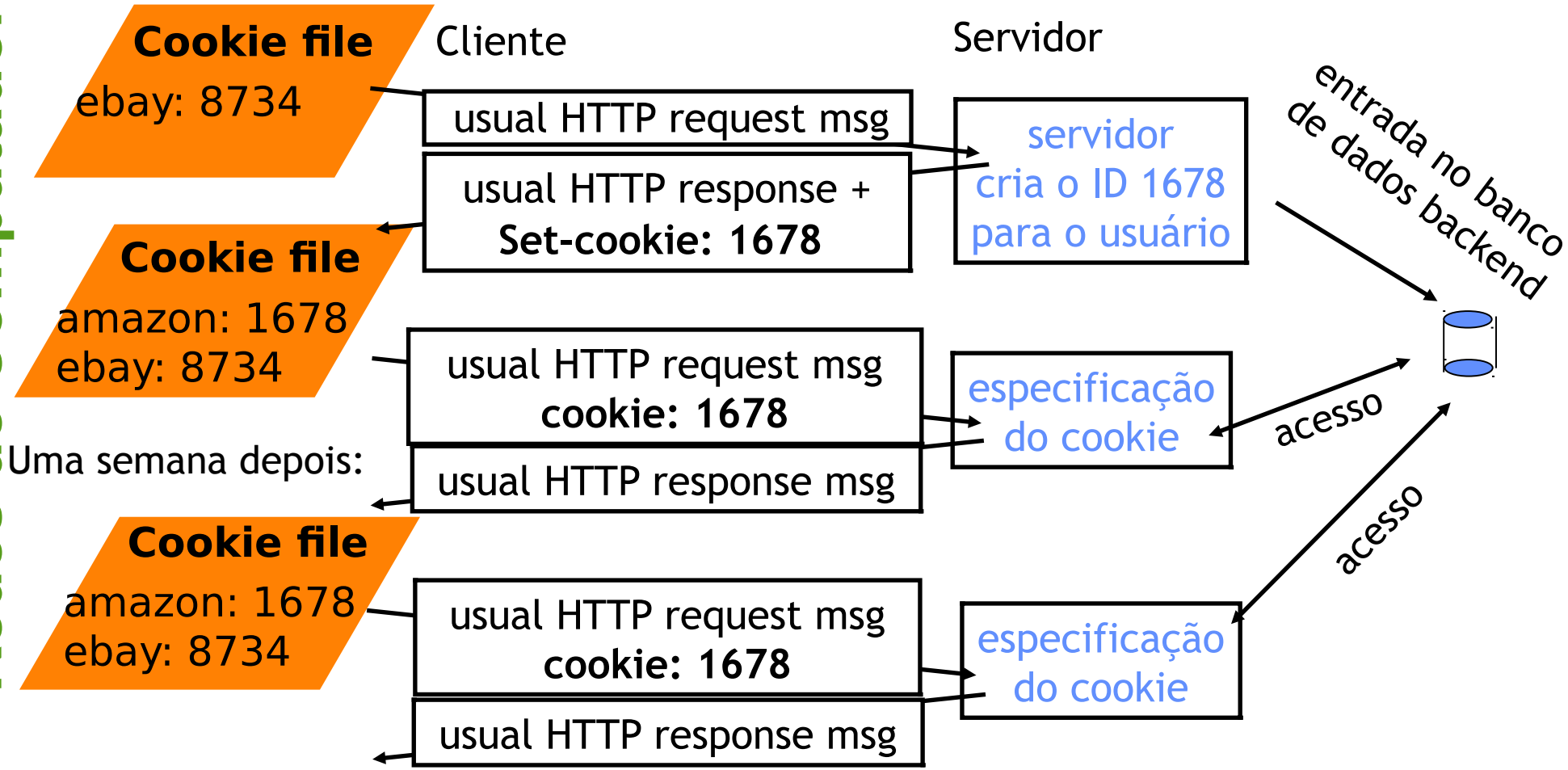
Quatro componentes:

1) Linha de cabeçalho do cookie na mensagem HTTP response
2) Linha de cabeçalho de cookie na mensagem HTTP request
3) Arquivo de cookie mantido no hospedeiro do usuário e manipulado pelo browser do usuário
4) Banco de dados **backend** no Web site

Exemplo:

- Susan acessa a Internet sempre do mesmo PC
- Ela visita um site específico de e-commerce pela primeira vez
- Quando a requisição HTTP inicial chega ao site, este cria um ID único e uma entrada no banco de dados **backend** para este ID

Cookies: mantendo "estado"



Cookies

O que os cookies podem trazer:

- Autorização
- Cartões de compra
- Recomendações
- Estado de sessão do usuário (Web e-mail)

EM CONTRAPARTIDA...

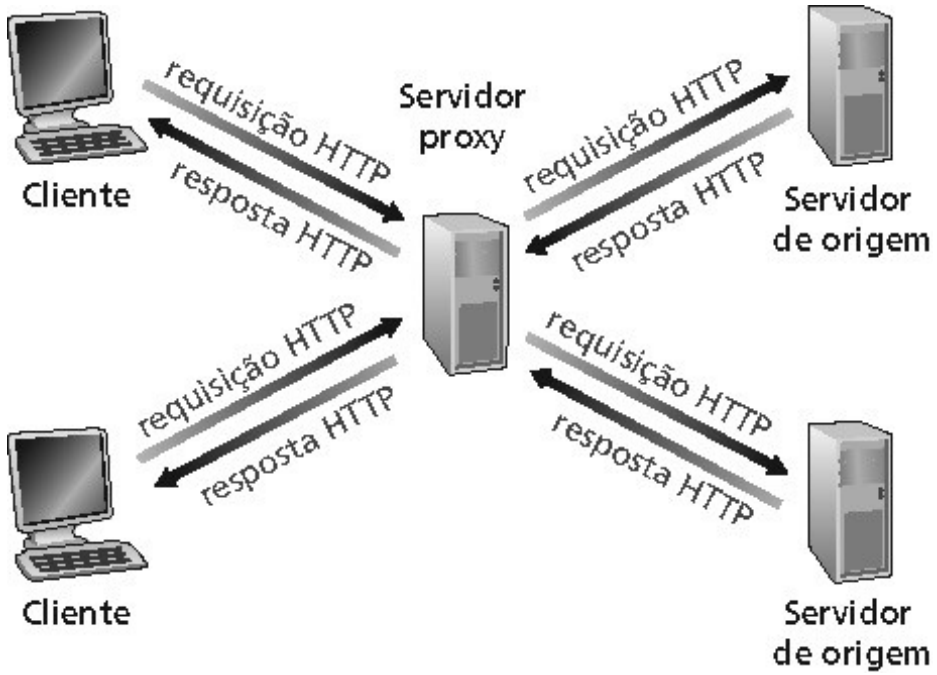
Cookies e privacidade:

- Cookies permitem que sites saibam muito sobre você
- Você pode fornecer nome e e-mail para os sites
- Mecanismos de busca usam redirecionamento e cookies para saberem mais sobre você
- Companhias de propaganda obtêm informações por meio dos sites

Web caches (proxy server)

Objetivo: **atender o cliente sem envolver o servidor Web originador da informação**

- Usuário configura o browser: acesso Web é feito por meio de um proxy
- Cliente envia todos os pedidos HTTP para o Web cache
  - Se o objeto existe no Web cache: Web cache retorna o objeto
  - Ou o Web cache solicita objeto do servidor original e então envia o objeto ao cliente



Mais sobre Web caching

- O cache atua tanto no servidor como no cliente
- Tipicamente, o cache é instalado pelo ISP (universidade, companhia, ISP residencial)

Por que Web caching?

- Reduz o tempo de resposta para a requisição do cliente.
- Reduz o tráfego num enlace de acesso de uma instituição.
- A densidade de caches na Internet habilita os “fracos” provedores de conteúdo a efetivamente entregarem o conteúdo (mas fazendo P2P file sharing)

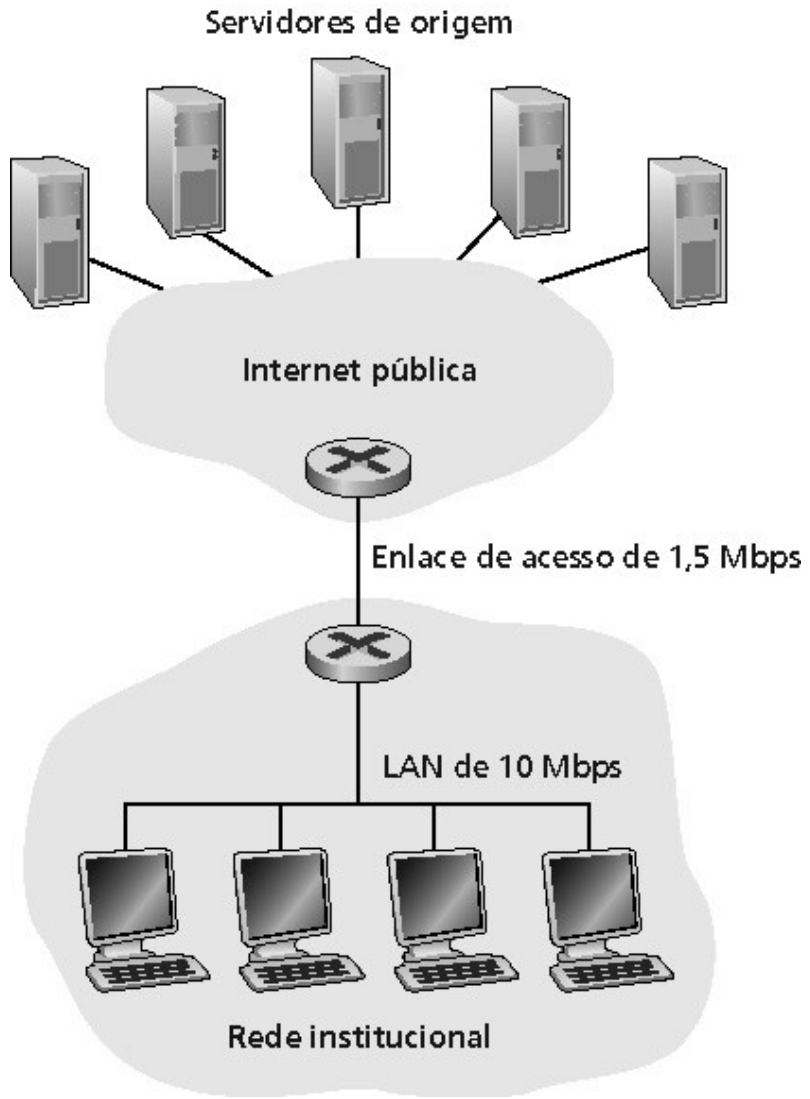
Exemplo de caching

Suponha:

- Tamanho médio objeto = 100.000 bits
- Taxa média de requisições dos browsers da instituição para os servidores de origem = 15/s
- Atraso do roteador institucional para ir a qualquer servidor de origem e retornar ao roteador = 2 s

Conseqüências:

- Utilização da LAN = 15%
- Utilização do link de acesso = 100%
- Atraso total = atraso da Internet + atraso de acesso + atraso da LAN = 2 segundos + minutos + milissegundos



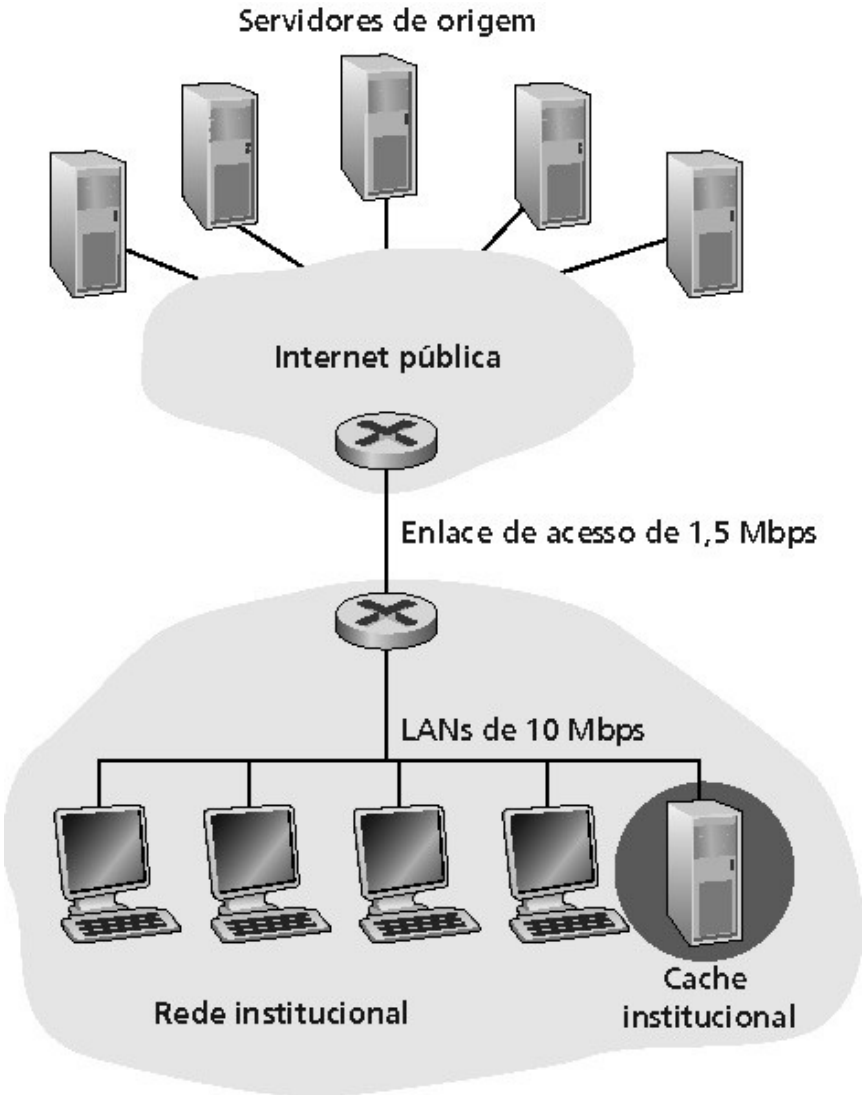
Exemplo de caching

Solução possível

- Aumentar a largura de banda do enlace de acesso, como, 10 Mbps

Conseqüências

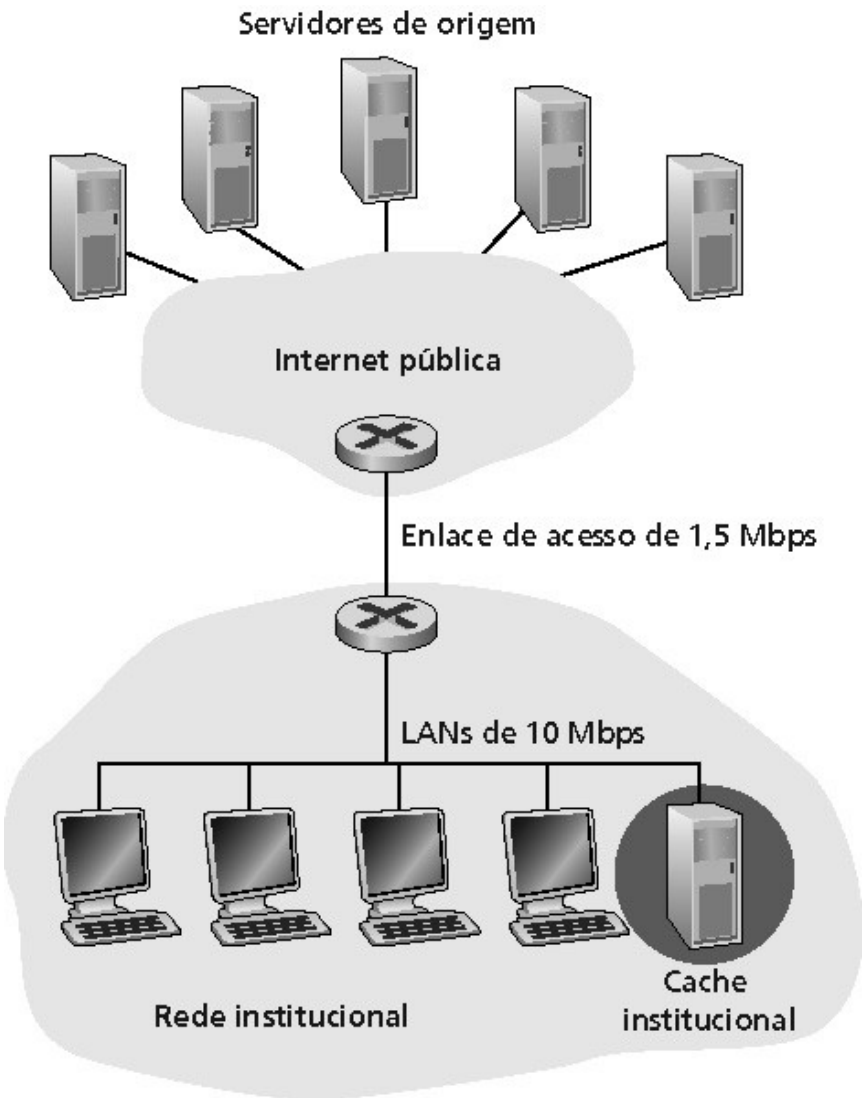
- Utilização da LAN = 15%
- Utilização do enlace de acesso = 15%
- Atraso total = atraso da Internet + atraso de acesso + atraso da LAN = 2 segundos + msegs + msegs
- Freqüentemente é um **upgrade** caro



Exemplo de caching

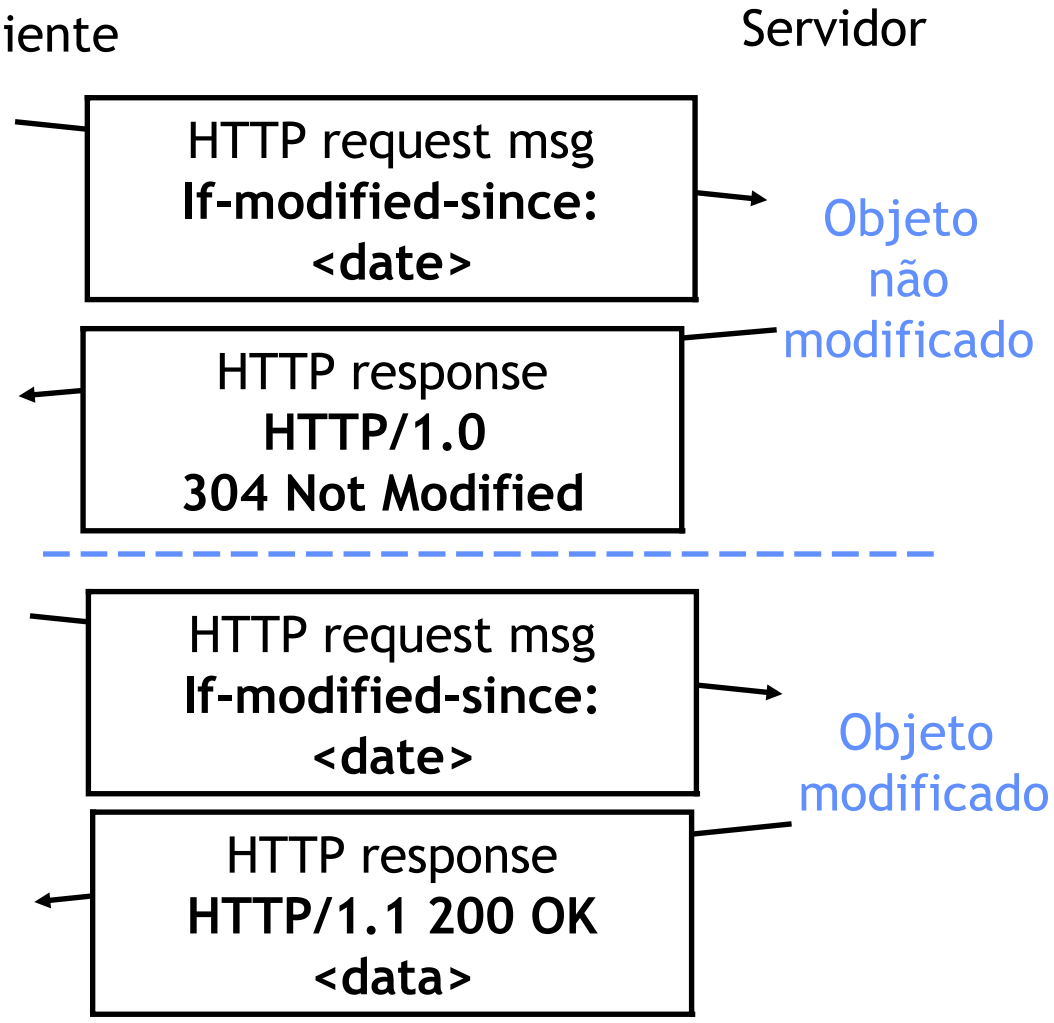
Instalação do cache
- Suponha que a taxa de acertos seja .4

Conseqüência
- 40% das requisições serão satisfeitas quase que imediatamente
- 60% das requisições serão satisfeitas pelo servidor de origem
- Utilização do enlace de acesso reduzida para 60%, resultando em atrasos insignificantes (como 10 mseg)
- Média de atraso total = atraso da Internet + atraso de acesso + atraso da LAN = .6*(2.01) segundos + milissegundos < 1,4 segundos



GET condicional

- Razão: não enviar objeto se a versão que o cliente já possui está atualizada.
- Cliente: especifica data da versão armazenada no pedido HTTP
  - **If-modified-since: <date>**
- Servidor: resposta não contém objeto se a cópia é atualizada:
  HTTP/1.0 304 Not Modified

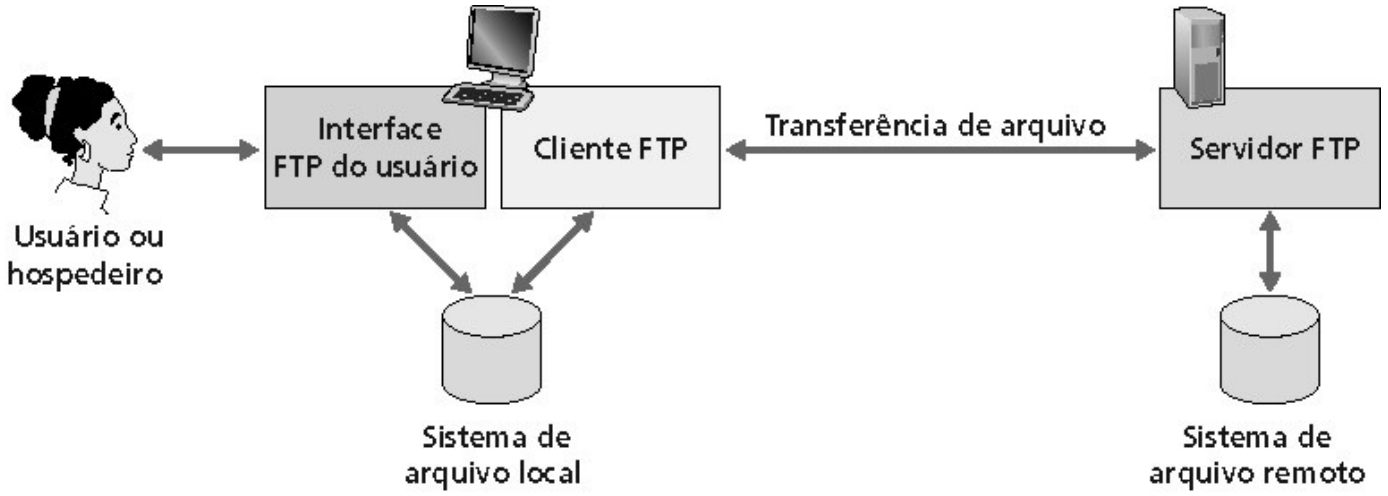


Camada de aplicação

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio electrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Compartilhamento de arquivos P2P
- 2.7 Programação de socket com TCP
- 2.8 Programação de socket com UDP
- 2.9 Construindo um servidor Web

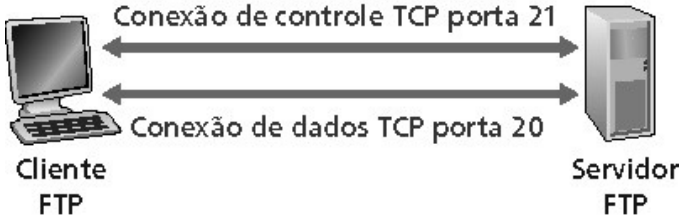
FTP: o protocolo de transferência de arquivos

- Transferência de arquivos de e para o computador remoto
- Modelo cliente servidor
  - **Cliente:** lado que inicia a transferência (seja de ou para o lado remoto)
  - **Servidor:** hospedeiro remoto
- FTP: RFC 959
- FTP servidor: porta 21



FTP: controle separado, conexões de dados

- Cliente FTP contata o servidor FTP na porta 21 especificando o TCP como protocolo de transporte
- Cliente obtém autorização pela conexão de controle
- Cliente procura o diretório remoto enviando comandos pela conexão de controle
- Quando o servidor recebe um comando para uma transferência de arquivo, ele abre uma conexão de dados TCP para o cliente
- Após a transferência de um arquivo, o servidor fecha a conexão
- Servidor abre uma segunda conexão de dados TCP para transferir outro arquivo
- Conexão de controle: "fora da banda"
- Servidor FTP mantém "estado": diretório atual, autenticação anterior



FTP comandos, respostas

Exemplos de comandos:

- Envie um texto ASCII sobre canal de controle
- **USER *username***
- **PASS *password***
- **LIST** retorna listagem do arquivo no diretório atual
- **RETR filename** recupera (obtém) o arquivo
- **STOR filename** armazena o arquivo no hospedeiro remoto

Exemplos de códigos de retorno

- Código de status e frase (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**

Camada de aplicação

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio electrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Compartilhamento de arquivos P2P
- 2.7 Programação de socket com TCP
- 2.8 Programação de socket com UDP
- 2.9 Construindo um servidor Web

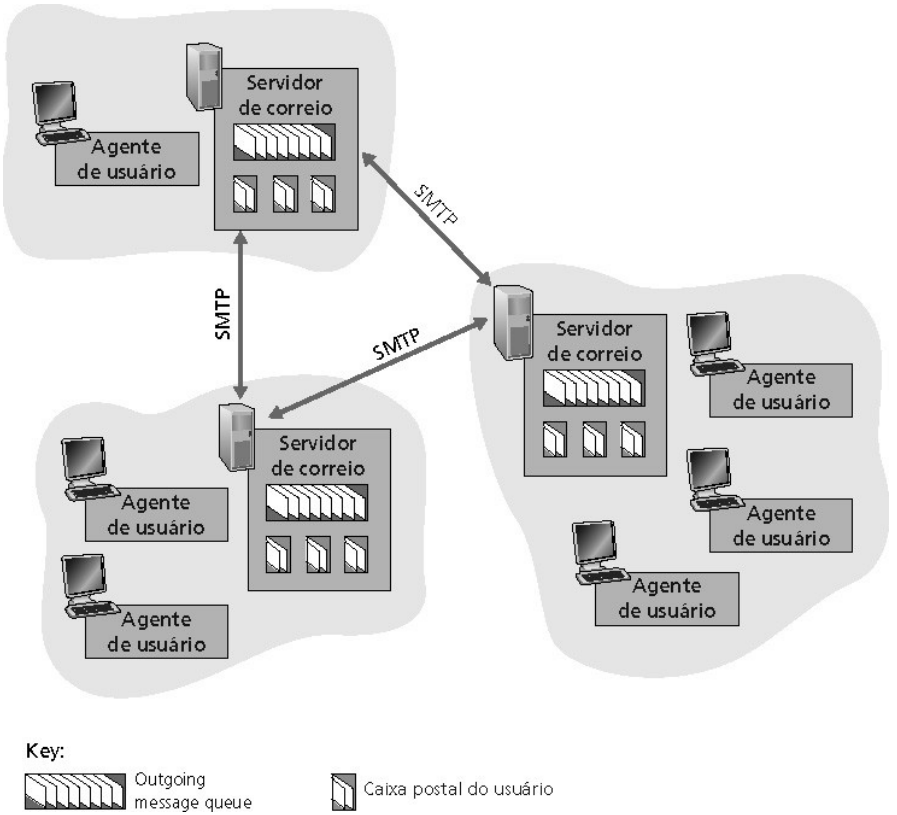
Correio eletrônico

Três componentes principais:

- Agentes de usuário
- Servidores de correio
- Simple mail transfer protocol: SMTP

Agente de usuário

- "leitor de correio"
- Composição, edição, leitura de mensagens de correio
- Ex.: Eudora, Outlook, elm, Netscape Messenger
- Mensagens de entrada e de saída são armazenadas no servidor

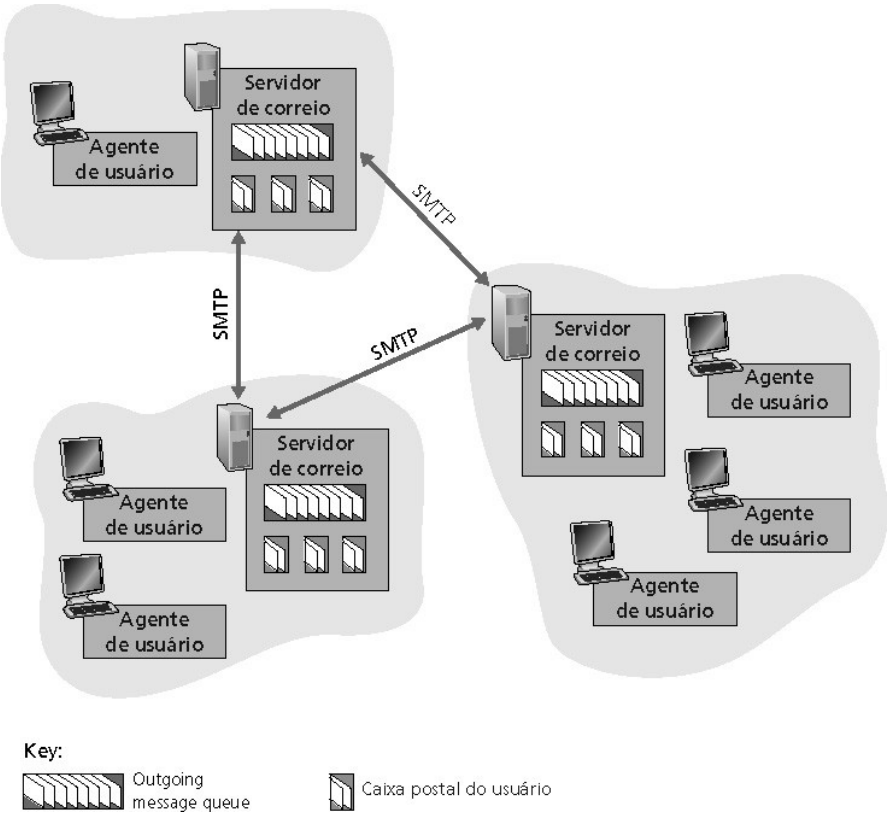


Correio eletrônico: servidores de correio

Servidores de correio

- Caixa postal contém mensagens que chegaram (ainda não lidas) para o usuário
- Fila de mensagens contém as mensagens de correio a serem enviadas

Protocolo SMTP permite aos servidores de correio trocarem mensagens entre si
- Cliente: servidor de correio que envia
- "servidor": servidor de correio que recebe

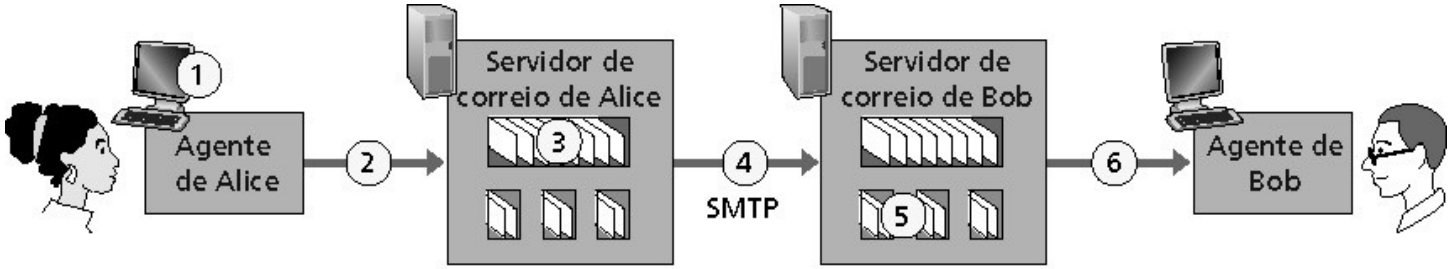


Correio eletrônico: SMTP [RFC 821]

- Usa TCP para transferência confiável de mensagens de correio do cliente ao servidor, porta 25
- Transferência direta: servidor que envia para o servidor que recebe
- Três fases de transferência
  - Handshaking (apresentação)
  - Transferência de mensagens
  - Fechamento
- Interação comando/resposta
  - Comandos: texto ASCII
  - Resposta: código de status e frase
- Mensagens devem ser formatadas em código ASCII de 7 bits

Alice envia mensagem para Bob

1) Alice usa o agente de usuário (UA) para compor a mensagem e “para” bob@someschool.edu
2) O agente de usuário dela envia a mensagem para o seu servidor de correio; a mensagem é colocada na fila de mensagens.
3) O lado cliente do SMTP abre uma conexão TCP com o servidor de correio do Bob.
4) O cliente SMTP envia a mensagem de Alice pela conexão TCP.
5) O servidor de correio de Bob coloca a mensagem na caixa de correio de Bob.
6) Bob invoca seu agente de usuário para ler a 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: Do you like ketchup?
C: How about pickles?
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 hamburger.edu closing connection
```

Tente o SMTP você mesmo

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

  a seqüência acima permite enviar um comando sem usar o agente de usuário do remetente

SMTP: palavras finais

- SMTP usa conexões persistentes
- SMTP exige que as mensagens (cabeçalho e corpo) estejam em ASCII de 7 bits
- Servidor SMTP usa CRLF.CRLF para indicar o final da mensagem

Comparação com HTTP:

- HTTP: pull
- E-mail: push
- Ambos usam comandos e respostas em ASCII, interação comando/resposta e códigos de status
- HTTP: cada objeto encapsulado na sua própria mensagem de resposta
- SMTP: múltiplos objetos são enviados numa mensagem multiparte

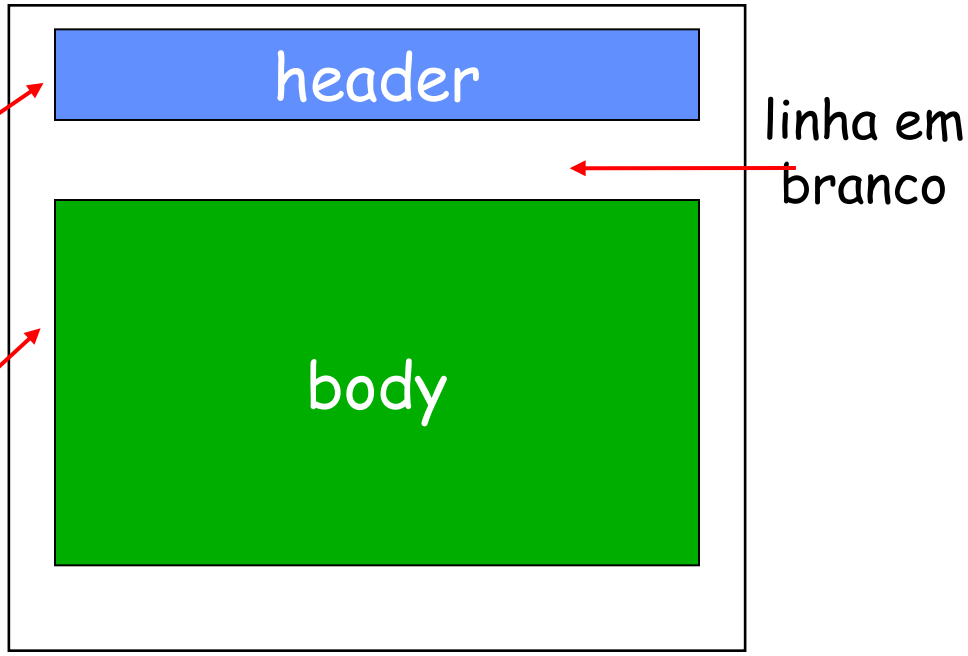
Formato da mensagem de correio

SMTP: protocolo para trocar mensagens de e-mail

RFC 822: padrão para mensagens do tipo texto:

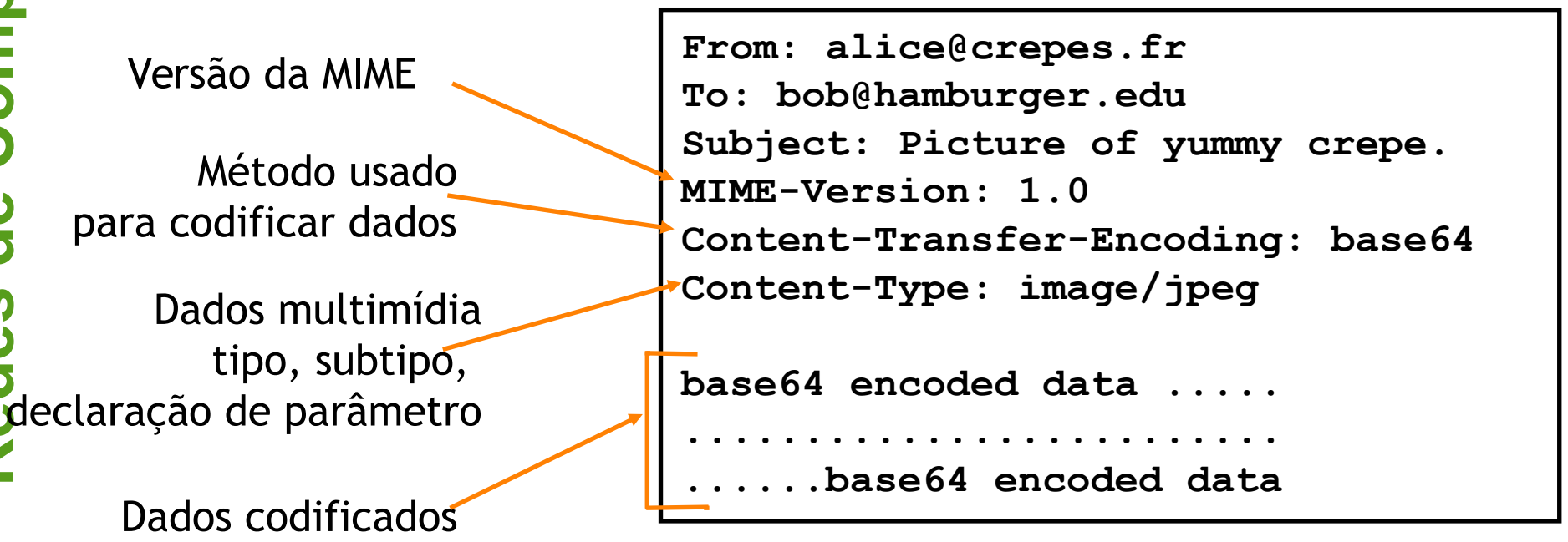
- linhas de cabeçalho, ex.:
  - To:
  - From:
  - Subject:

  diferente *dos comandos HTTP*
- corpo
  - a "mensagem", ASCII somente com caracteres



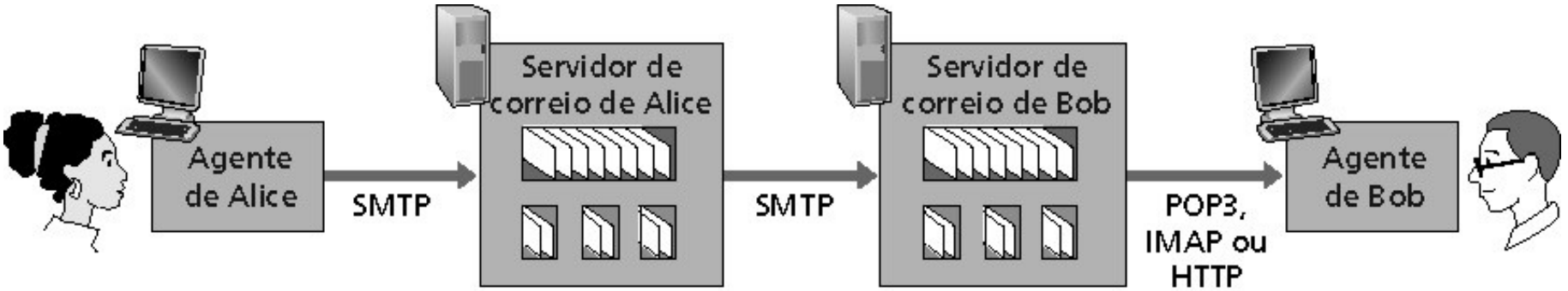
Formato das mensagens: extensões multimídia

- MIME: multimedia mail extension, RFC 2045, 2056
- Linhas adicionais no cabeçalho declaram o tipo de conteúdo MIME



Protocolos de acesso ao correio

- SMTP: entrega e armazena no servidor do destino
- Protocolo de acesso: recupera mensagens do servidor
  - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
    - Autorização (agente <-->servidor) e download
  - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
    - Maiores recursos (mais complexo)
    - Manipulação de mensagens armazenadas no servidor
  - HTTP: Hotmail , Yahoo! Mail etc.
    - São agentes de email implementados como aplicação web



Protocolo POP3

Fase de autorização
- comandos do cliente:
  - **user:** declara nome do usuário
  - **pass:** password

respostas do servidor
  - **+OK**
  - **-ERR**

Fase de transação, cliente:
- **list:** lista mensagens e tamanhos
- **retr:** recupera mensagem pelo número
- **dele:** apaga
- **quit**

```
S: +OK POP3 server ready
C: user alice
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 POP3

- O exemplo anterior usa o modo “download-and-delete”
- Bob não pode reler o e-mail se ele trocar o cliente
- “download-and-keep”: cópias das mensagens em clientes diferentes (sem mensagens **dele**)
- POP3 é *stateless* entre as sessões

IMAP

- Mantém todas as mensagens em um lugar: o servidor
- Permite que o usuário organize as mensagens em pastas
- IMAP mantém o estado do usuário através das sessões:
  - Nomes das pastas e mapeamentos entre os IDs da mensagem e o nome da pasta

Camada de aplicação

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio electrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Compartilhamento de arquivos P2P
- 2.7 Programação de socket com TCP
- 2.8 Programação de socket com UDP
- 2.9 Construindo um servidor Web

DNS: Dominain Name System

Pessoas: muitos identificadores:
- RG, nome, passaporte

Internet hospedeiros, roteadores:
- Endereços IP (32 bits) - usados para endereçar datagramas
- "nome", ex.: gaia.cs.umass.edu - usados por humanos

P.: Como relacionar nomes com endereços IP?

Domain Name System:
- Base de dados distribuída implementada numa hierarquia de muitos servidores de nomes
- Protocolo de camada de aplicação hospedeiro, roteadores se comunicam com servidores de nomes para resolver nomes (translação nome/endereço)
  - Nota: função interna da Internet, implementada como protocolo da camada de aplicação
  - Complexidade na "borda" da rede

DNS

Serviços do DNS

- Nome do hospedeiro para tradução de endereço IP
- *Host aliasing*
  - Nomes canônicos e *aliases* (apelidos)
  - Mail server aliasing
  - Distribuição de carga
  - Servidores Web replicados: estabelecem o endereço IP para um nome canônico

Por que não centralizar o DNS?

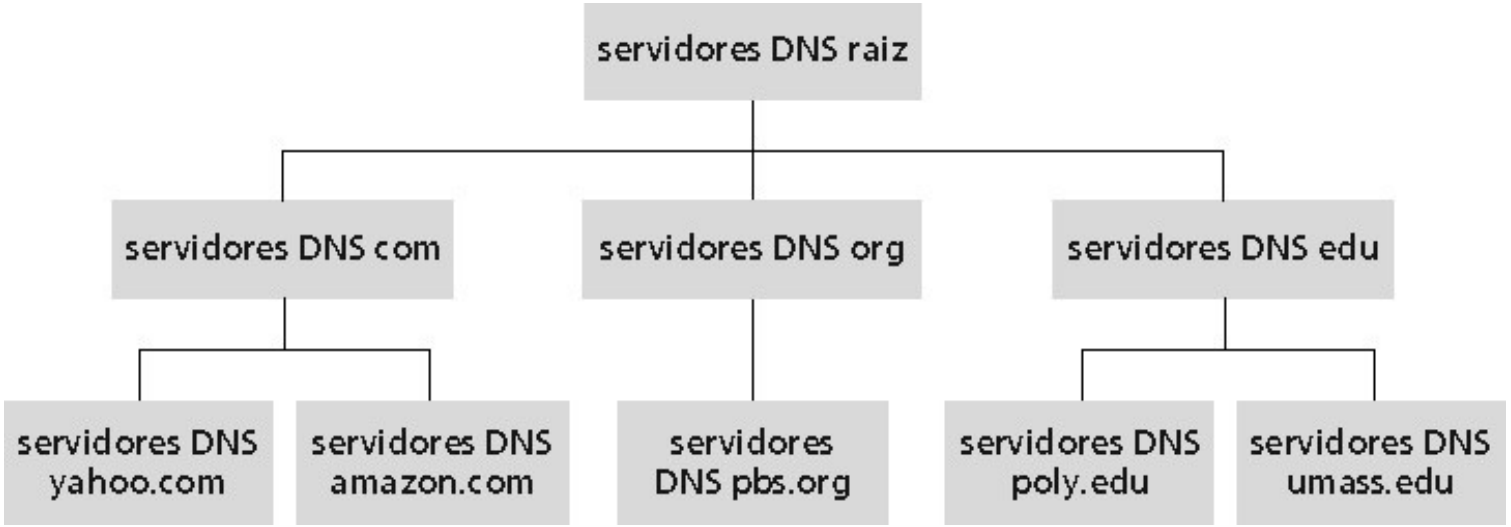
- Ponto único de falha
- Volume de tráfego
- Base centralizada de dados distante (e muito grande)
- Manutenção

Não é escalável!

Base de dados distribuída

Browser precisa de um IP para acessar www.amazon.com:

- O cliente DNS consulta o servidor DNS, enviando o nome do hospedeiro sendo procurado
- O cliente recebe a resposta, que inclui o endereço IP do nome enviado ou uma falha (se servidor não conhece o nome)
- Cliente consulta o servidor DNS secundário para obter o endereço IP para www.amazon.com



DNS: servidores de nomes raiz

- São contatados pelos servidores de nomes locais que não podem resolver um nome
- Servidores de nomes raiz:
  - Buscam servidores de nomes autorizados se o mapeamento do nome não for conhecido
    - Conseguem o mapeamento
    - Retornam o mapeamento para o servidor de nomes local

Existem 13 servidores de nomes raiz no mundo

Servidores TLD e autoritários

Servidores top-level domain (TLD): responsáveis pelos domínios *com*, *org*, *net*, *edu* e todos os domínios **top-level** nacionais *uk*, *fr*, *ca*, *jp*.

- Network Solutions mantém servidores para o TLD "*com*"
- Educause para o TLD "*edu*"

Servidores DNS autorizados: servidores DNS de organizações provêm mapeiam nome de hospedeiros e endereços IP de seus servidores (ex.: Web e mail).

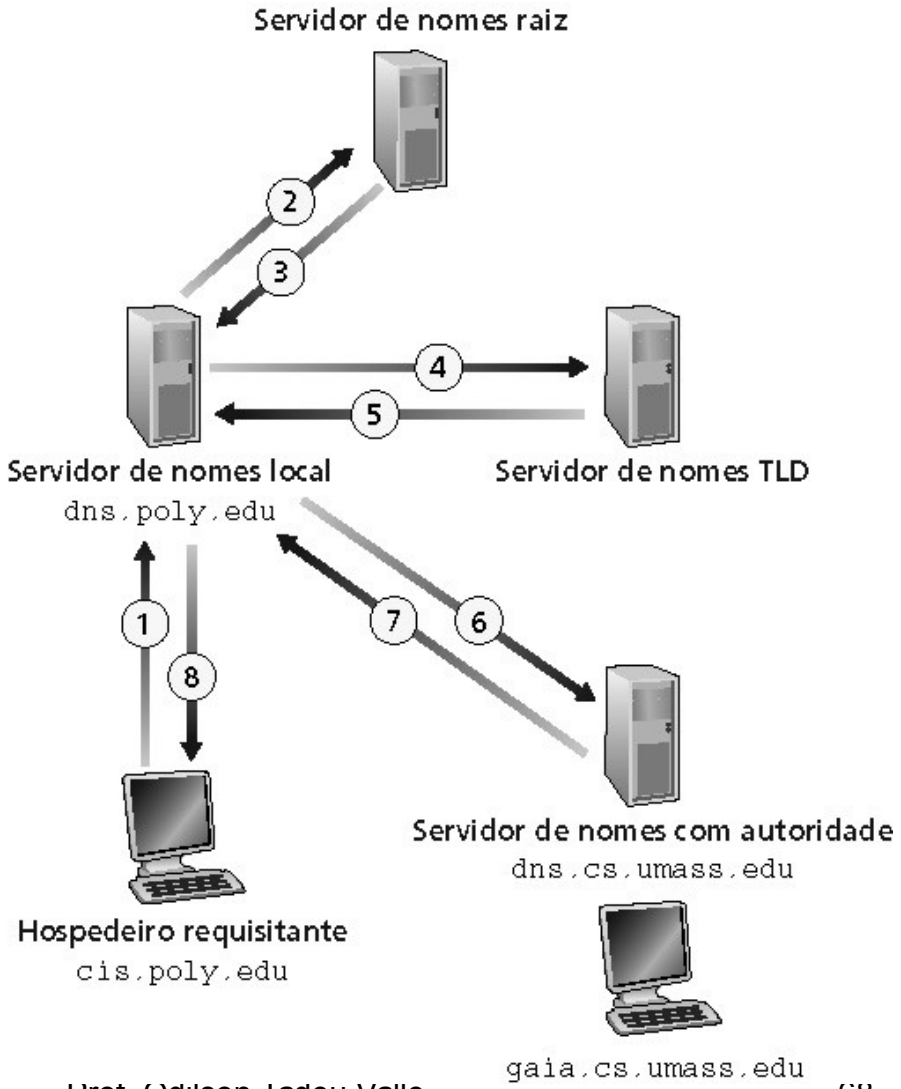
- Podem ser mantidos por uma organização ou provedor de serviços

Servidor de nomes local

- Não pertence estritamente a uma hierarquia
- Cada ISP (ISP residencial, companhia, universidade) possui um
  - Também chamado de “servidor de nomes padrão”
- Quando um hospedeiro faz uma pergunta a um DNS, a pergunta é enviada para seu servidor DNS local
  - Age como um proxy, encaminhando as perguntas para dentro da hierarquia

Exemplo

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



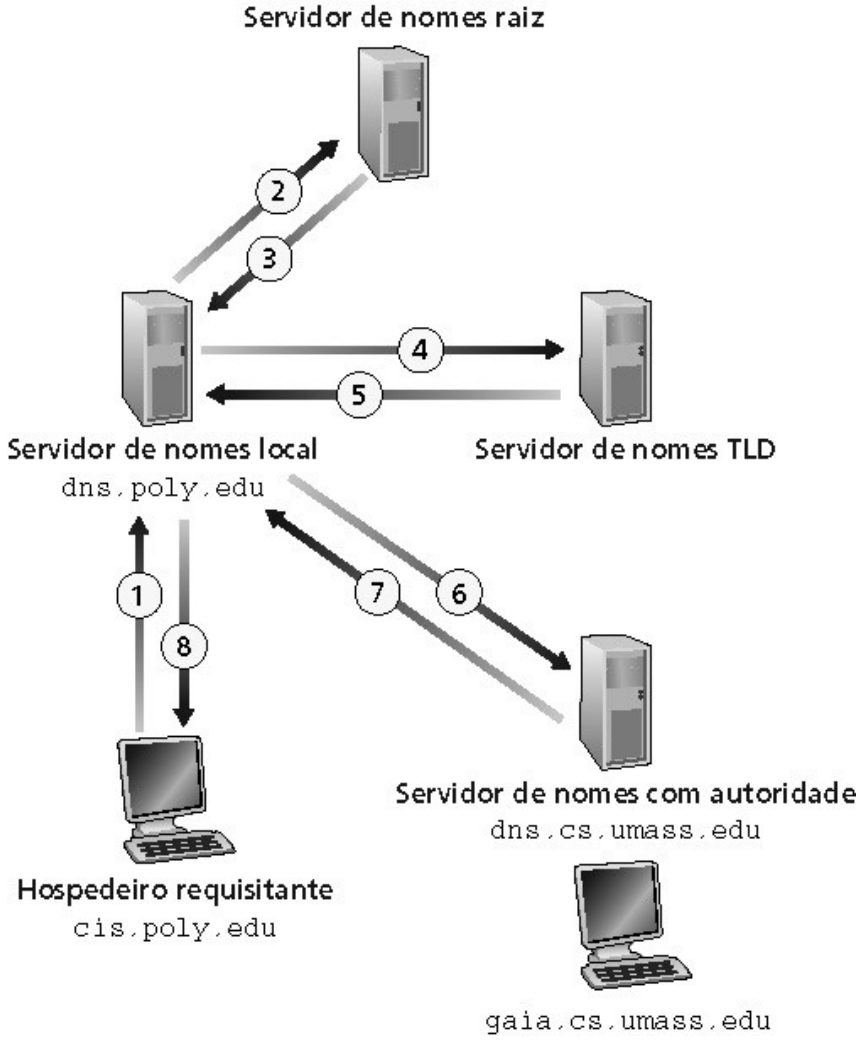
Consultas recursivas

Consulta recursiva:

- Transfere a tarefa de resolução do nome para o servidor de nomes consultado
- Carga pesada?

Consulta encadeada:

- Servidor contatado responde com o nome de outro servidor de nomes para contato
- "eu não sei isto, mas pergunte a este servidor"



DNS: armazenando e atualizando registros

Uma vez que um servidor de nomes apreende um mapeamento, ele armazena o mapeamento num registro do tipo cache

- Registro do cache tornam-se obsoletos (desaparecem) depois de um certo tempo
- Servidores TLD são tipicamente armazenados em cache nos servidores de nome locais

Mecanismos de atualização e notificação estão sendo projetados pelo IETF

- RFC 2136
- http://www.ietf.org/html.charters/dnsind-charter.html

Registros do DNS

DNS: base de dados distribuída que armazena registros de recursos (RR)

formato dos RR: **(name, value, type,ttl)**

- Type = A
  - **name** é o nome do computador
  - **value** é o endereço IP

- Type = NS
  - **name** é um domínio (ex.: foo.com)
  - **value** é o endereço IP do servidor de nomes autorizados para este domínio

- Type = CNAME
  - **name** é um "apelido" para algum nome "canônico" (o nome real) www.ibm.com é realmente servereast.backup2.ibm.com
  - **value** é o nome canônico

- Type = MX
- identifica servidor de email do domínio
- **value** é usado para priorizar a entrega de emails se houver mais de um servidor no domínio

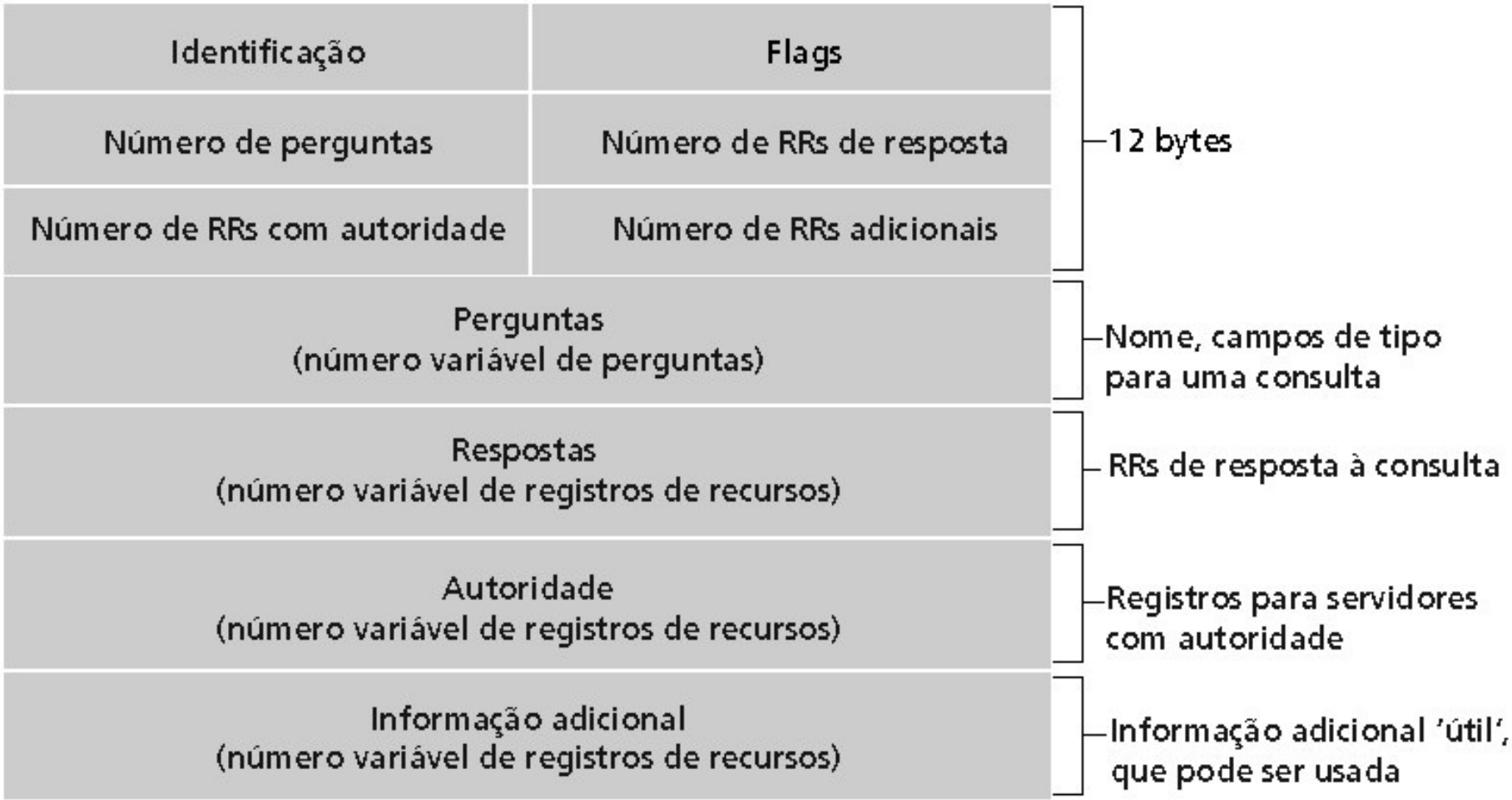
DNS: protocolo e mensagem

Protocolo DNS: mensagem de **consulta** e **resposta** , ambas com o mesmo **formato de mensagem**

Cabeçalho da msg

- **Identificação:** número de 16 bits para consulta, resposta usa o mesmo número
- **Flags:**
  - Consulta ou resposta
  - Recursão desejada
  - Recursão disponível
  - Resposta é autorizada

Camada de aplicação



Camada de aplicação

- Exemplo: empresa recém-criada “Network Utopia”
- Registrar o nome networkuptopia.com num “registrar” (ex.: Network Solutions)
  - É necessário fornecer ao registrar os nomes e endereços IP do seu servidor nomes autorizados (primário e secundário)
  - Registrar insere dois RRs no servidor TLD do domínio com:

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

- No servidor autorizado, inserir um registro Tipo A para www.networkuptopia.com e um registro Tipo MX para networkutopia.com
- Como as pessoas obtêm o endereço IP do seu Web site?

Camada de aplicação

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio electrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Compartilhamento de arquivos P2P
- 2.7 Programação de socket com TCP
- 2.8 Programação de socket com UDP
- 2.9 Construindo um servidor Web

Compartilhamento de arquivos P2P

Exemplo

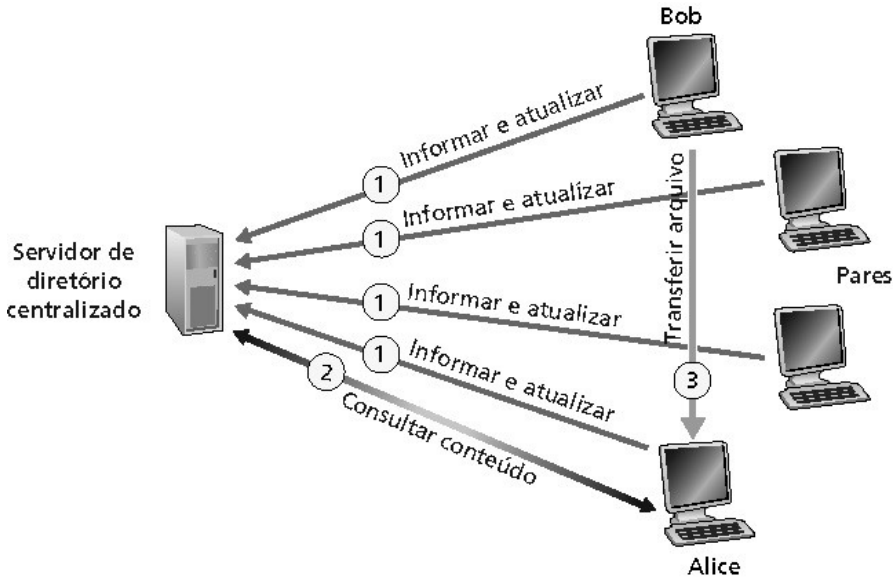
- Alice executa a aplicação cliente P2P em seu notebook
- Intermitentemente, conecta-se à Internet; obtém novos endereços IP para cada conexão
- pede por “Hey Jude”
- a aplicação exibe outros pares que possuem uma cópia de Hey Jude.
- Alice escolhe um dos pares, Bob.
- o arquivo é copiado do PC de Bob para o notebook de Alice: HTTP
- enquanto Alice faz o download, outros usuários fazem upload de Alice.
- o par de Alice é tanto um cliente Web como um servidor Web transiente.

Todos os pares são servidores = altamente escaláveis!

P2P: diretório centralizado

Projeto original “Napster”

1) Quando um par se conecta, ele informa ao servidor central:
   - Endereço IP
   - Conteúdo
2) Alice procura por “Hey Jude”
3) Alice requisita o arquivo de Bob



P2P: problemas com diretório centralizado

- Ponto único de falhas
- Gargalo de desempenho
- Infração de copyright

Transferência de arquivo é descentralizada, mas a localização de conteúdo é altamente centralizado

Query flooding: Gnutella

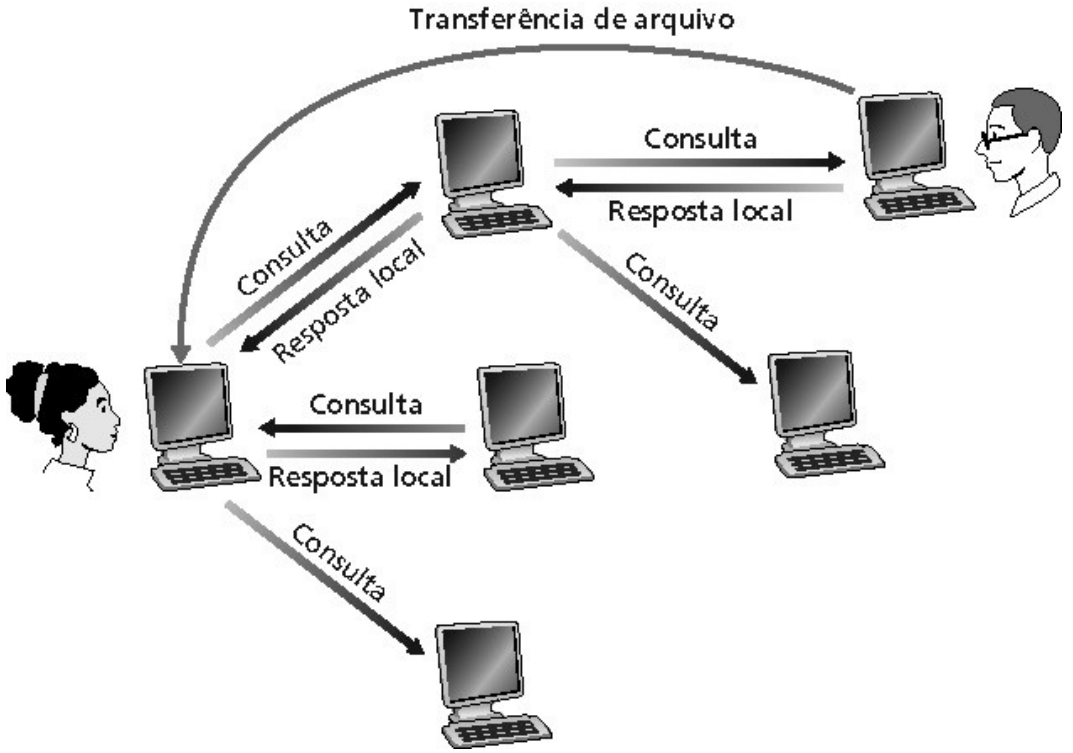
- Totalmente distribuído
  - Sem servidor central
- Protocolo de domínio público
- Muitos clientes Gnutella implementando o protocolo

Rede de cobertura: gráfico

- Aresta entre o par X e o Y se não há uma conexão TCP
- Todos os pares ativos e arestas estão na rede de sobreposição
- aresta não é um enlace físico
- Um determinado par será tipicamente conectado a <10 vizinhos na rede de sobreposição

Gnutella: protocolo

- Mensagem de consulta (query) é enviada pelas conexões TCP existentes
- Os pares encaminham a mensagem de consulta
- QueryHit (encontro) é enviado pelo caminho reverso



Escalabilidade: flooding de alcance limitado

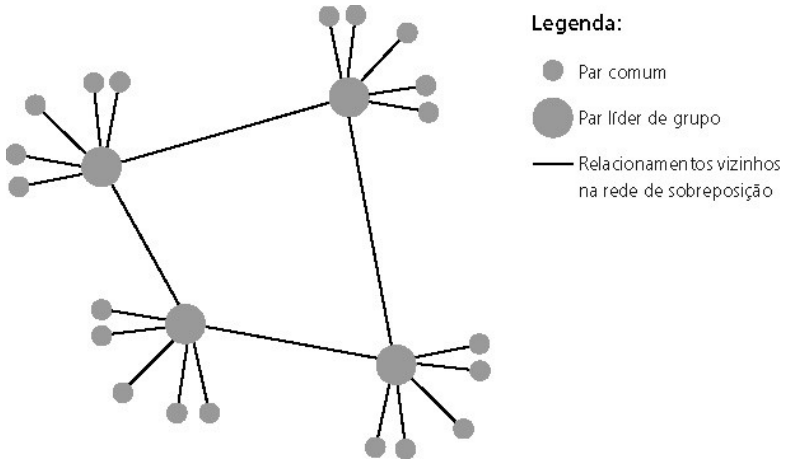
Gnutella: conectando pares

1. Para conectar o par X, ele precisa encontrar algum outro par na rede Gnutella: utiliza a lista de pares candidatos
2. X seqüencialmente, tenta fazer conexão TCP com os pares da lista até estabelecer conexão com Y
3. X envia mensagem de Ping para Y; Y encaminha a mensagem de Ping.
4. Todos os pares que recebem a mensagem de Ping respondem com mensagens de Pong.
5. X recebe várias mensagens de Pong. Ele pode então estabelecer conexões TCP adicionais.

Desconectando pares: veja o problema para trabalho de casa!

Explorando heterogeneidade: KaZaA

- Cada par é ou um líder de grupo ou está atribuído a um líder de grupo
  - Conexão TCP entre o par e seu líder de grupo
  - Conexões TCP entre alguns pares de líderes de grupo
- O líder de grupo acompanha o conteúdo em todos os seus "discípulos"



KaZaA

- Cada arquivo possui um hash e um descritor
- O cliente envia a consulta de palavra-chave para o seu líder de grupo
- O líder de grupo responde com os encontros:
  - Para cada encontro: metadata, hash, endereço IP
- Se o líder de grupo encaminha a consulta para outros líderes de grupo, eles respondem com os encontros
- O cliente então seleciona os arquivos para download
  - Requisições HTTP usando hash como identificador são enviadas aos pares que contêm o arquivo desejado

Artifícios do KaZaA

- Limitações em uploads simultâneos
- Requisita enfileiramento
- Incentiva prioridades
- Realiza downloads em paralelo

Camada de aplicação

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio electrônico

  SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Compartilhamento de arquivos P2P
- 2.7 Programação de socket com TCP
- 2.8 Programação de socket com UDP
- 2.9 Construindo um servidor Web

Programação de sockets

Objetivo: aprender a construir aplicações cliente-servidor que se comunicam usando sockets

Socket API

- Introduzida no BSD4.1 UNIX, 1981
- Explicitamente criados, usados e liberados pelas aplicações
- Paradigma cliente-servidor
- Dois tipos de serviço de transporte via socket API:
  - Datagrama não confiável
  - Confiável, orientado a cadeias de bytes

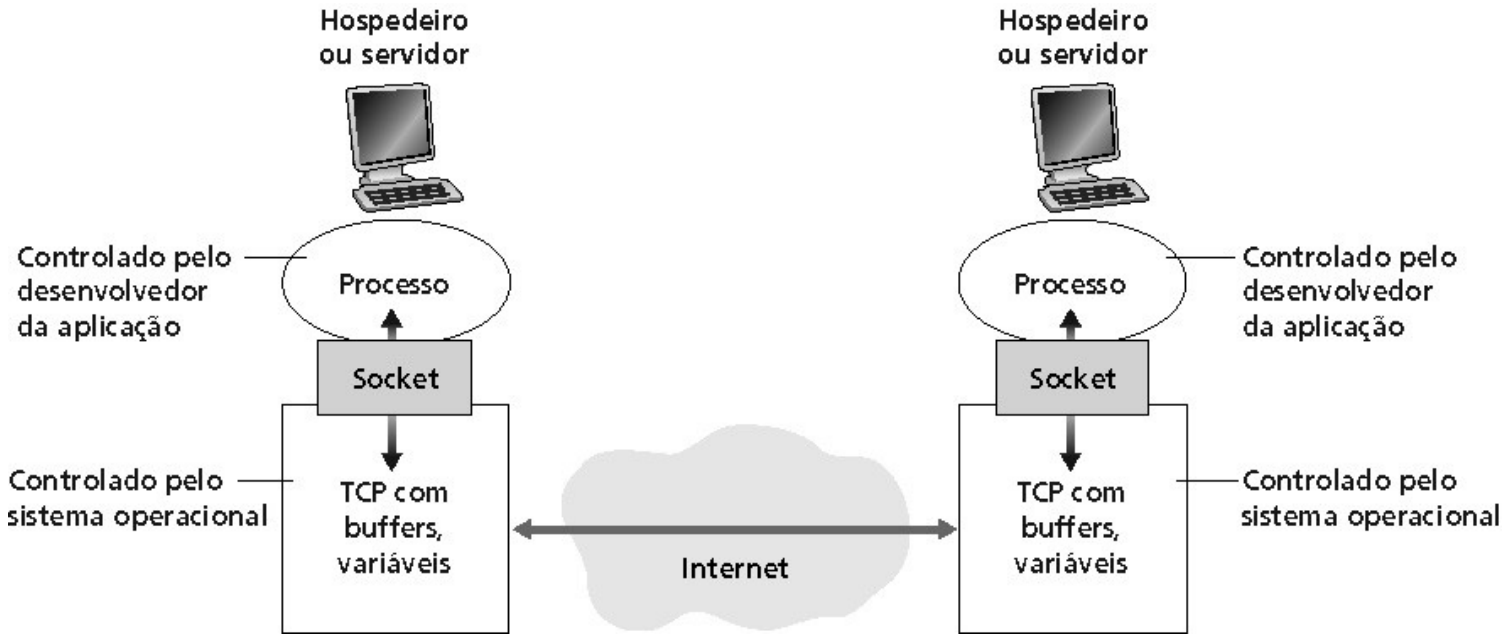
SOCKET

Uma interface **local**, criada por aplicações,
controlada pelo OS (uma "porta") na qual os processos de aplicação podem tanto enviar quanto receber mensagens de e para outro processo de aplicação (local ou remoto)

Programação de sockets com TCP

Socket: uma porta entre o processo de aplicação e o protocolo de transporte fim-a-fim (UCP or TCP)

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



Programação de sockets com TCP

Cliente deve contatar o servidor
- Processo servidor já deve estar em execução
- Servidor deve ter criado socket (porta) que aceita o contato do cliente

Cliente contata o servidor
- Criando um socket TCP local
- Especificando endereço IP e número da porta do processo servidor
- Quando o cliente cria o socket: cliente TCP estabelece conexão com o TCP do servidor

Quando contatado pelo cliente, o TCP do servidor cria um novo socket para o processo servidor comunicar-se com o cliente
- Permite ao servidor conversar com múltiplos clientes
- Números da porta de origem são usados para distinguir o cliente

Ponto de vista da aplicação
TCP fornece a transferência confiável, em ordem de bytes ("pipe") entre o cliente e o servidor

Jargão stream

- Um stream é uma seqüência de caracteres que fluem para dentro ou para fora de um processo
- Um stream de entrada é agregado a alguma fonte de entrada para o processo, ex.: teclado ou socket
- Um stream de saída é agregado a uma fonte de saída, ex.: monitor ou socket

Programação de sockets com TCP

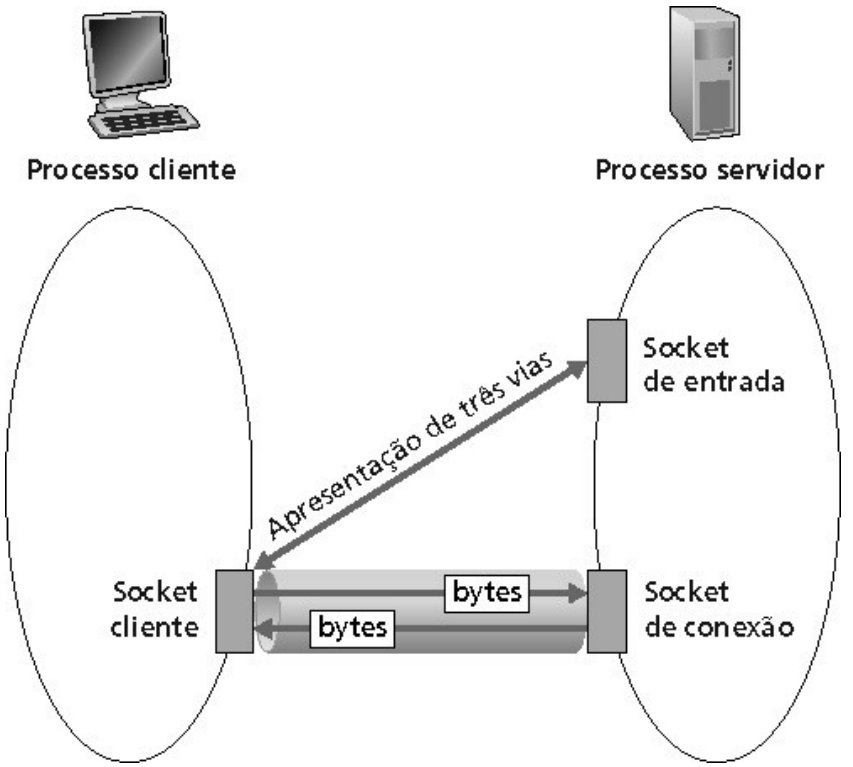
Exemplo de aplicação cliente-servidor:

1) Cliente lê linha da entrada-padrão do sistema (**inFromUser** stream), envia para o servidor via socket (**outToServer** stream)

2) Servidor lê linha do socket

3) Servidor converte linha para letras maiúsculas e envia de volta ao cliente

4) Cliente lê a linha modificada através do (**inFromServer** stream)



Como identificar uma conexão?

Uma conexão é formada por um par de processos finais (*endpoints*)

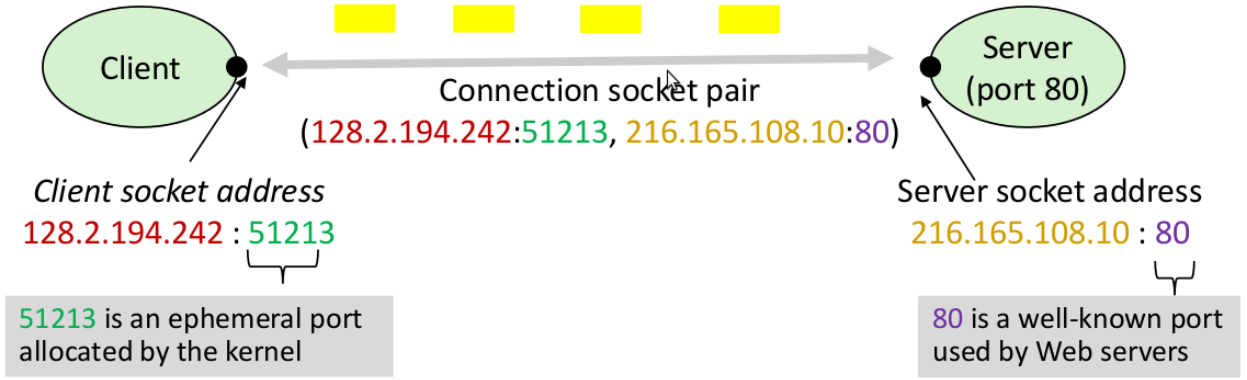
Como se identifica um *endpoint*?

Endereço IP?

Endereço IP : porta , ex: 216.165.108.10:80

Uma conexão é identificada pelo par de processos, ou seja, dois pares de IP:porta

(client_ip:port, server_ip:port)

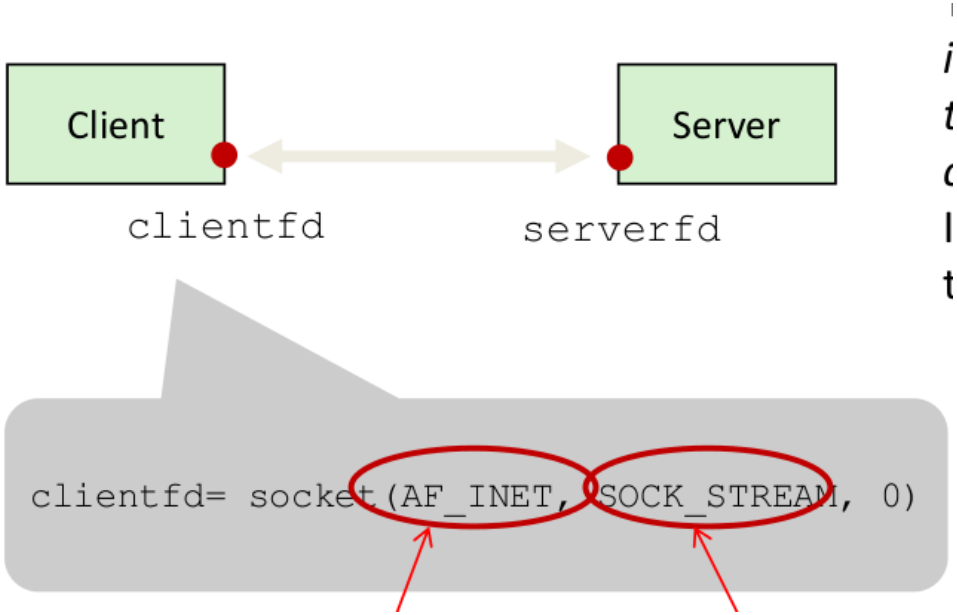


API para programação de sockets

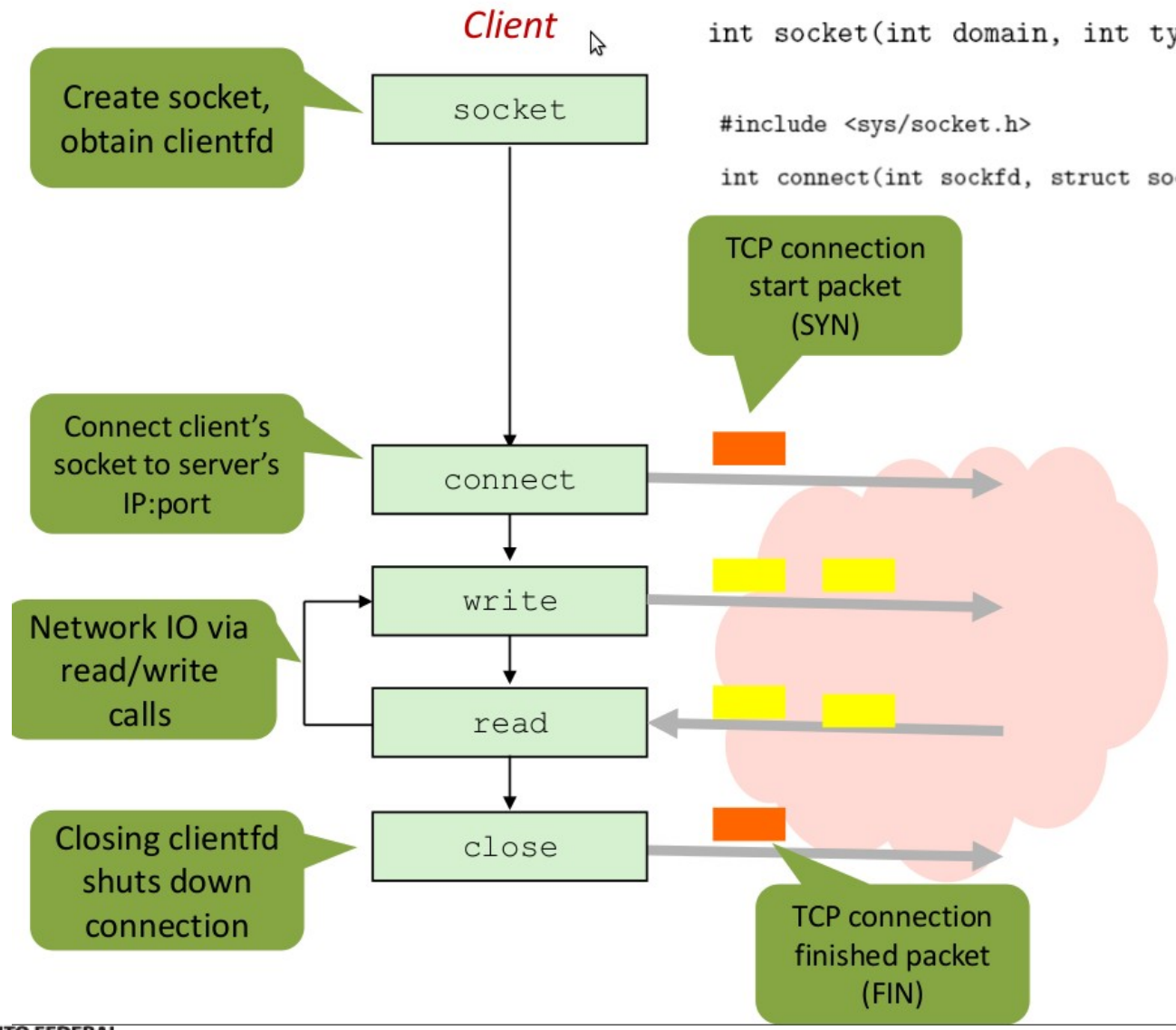
Sockets UNIX são modelados seguindo o modelo de arquivos

Para o kernel, um socket é um *endpoint* de comunicação

Para a aplicação, um socket é um descritor de arquivo através do qual é possível ler e escrever “na rede”



Visão geral da API de sockets

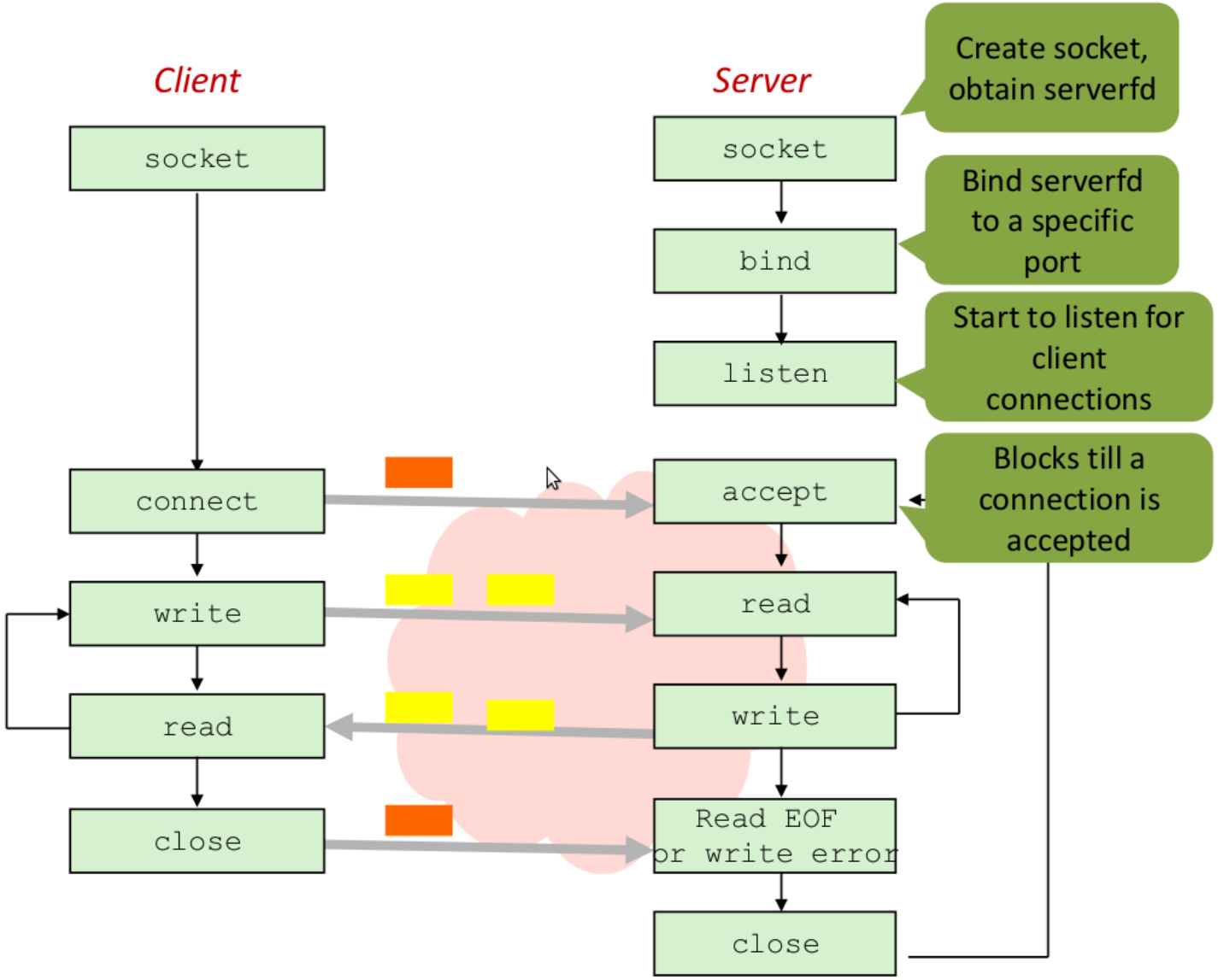



```
int socket(int domain, int type, int protocol);

#include <sys/socket.h>

int connect(int sockfd, struct sockaddr *serv_addr, int addrlen);
```

Visão geral da API de sockets



Importante

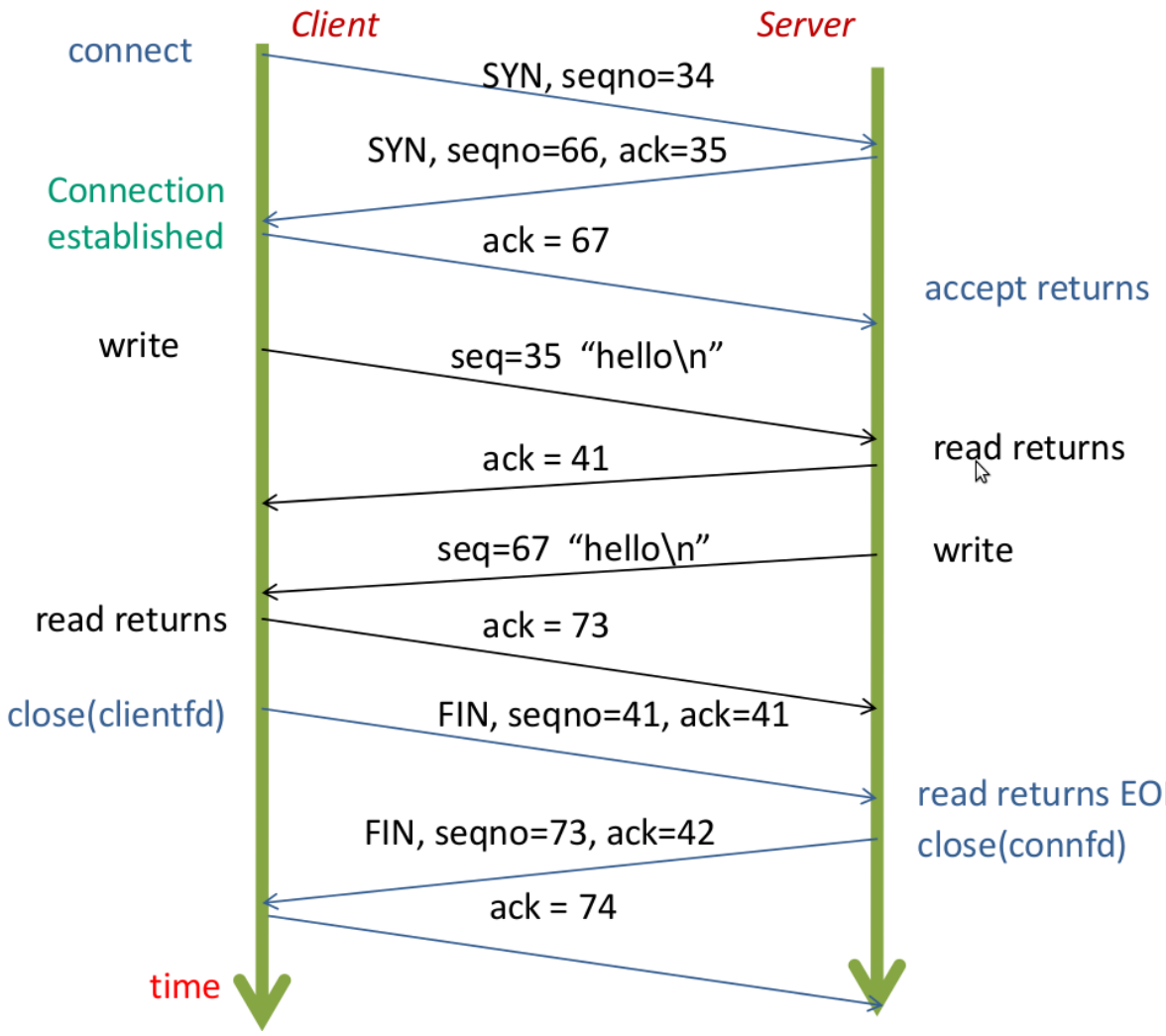
Clientes são entidades ativas que iniciam requisições de conexão

Servidores são entidades passivas que aguardam por requisições de conexão

Por padrão, o *kernel* (SO) assume que um descritor criado pela função *socket* corresponde a um socket ativo, ou seja, que será utilizado por um cliente

Um servidor precisa chamar a função *listen* para informar o kernel que o descritor do socket é para um servidor ao invés de um cliente

Exemplo



Código na wiki

Camadas de aplicação

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio electrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Compartilhamento de arquivos P2P
- 2.7 Programação de socket com TCP
- 2.8 Programação de socket com UDP
- 2.9 Construindo um servidor Web

Programação de sockets com UDP

UDP: não há conexão entre o cliente e o servidor

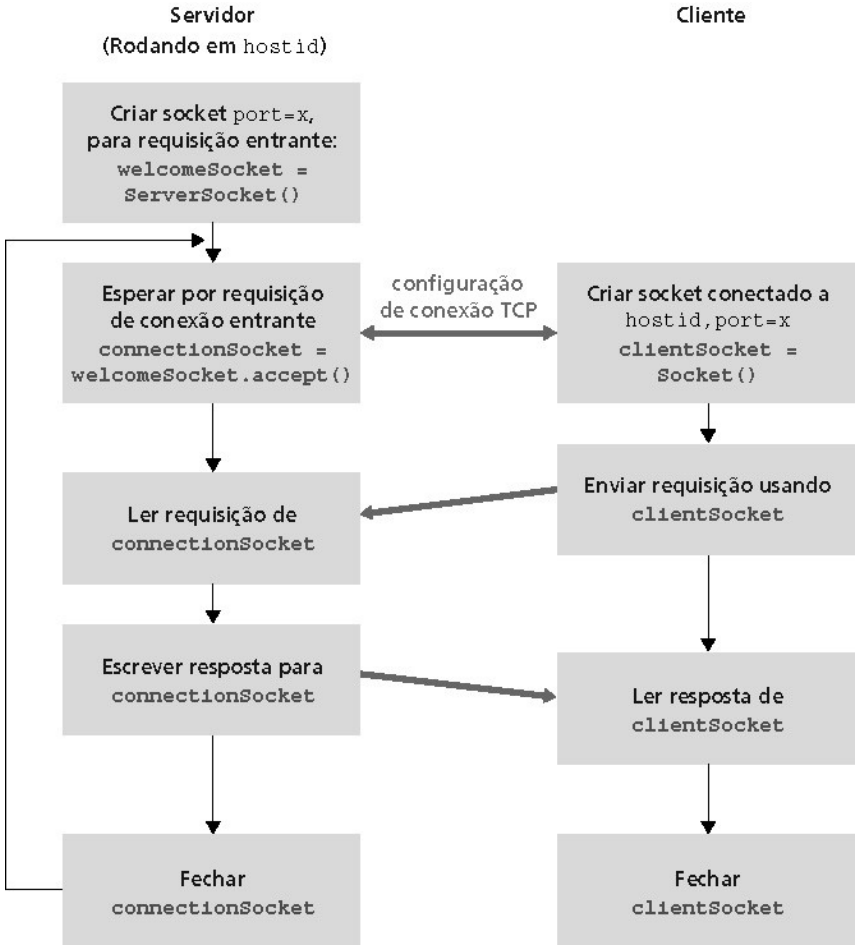
- Não existe apresentação
- Transmissor envia explicitamente endereço IP e porta de destino em cada mensagem
- Servidor deve extrair o endereço IP e porta do transmissor de cada datagrama recebido

UDP: dados transmitidos podem ser recebidos fora de ordem ou perdidos

Ponto de vista da aplicação

UDP fornece a transferência não confiável de grupos de bytes (datagramas) entre o cliente e oservidor

Interação cliente-servidor: UDP



Camada de aplicação

- 2.1 Princípios de aplicações de rede
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Correio electrônico
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Compartilhamento de arquivos P2P
- 2.7 Programação de socket com TCP
- 2.8 Programação de socket com UDP
- 2.9 Construindo um servidor Web

Construindo um servidor Web simples

- Manipule uma requisição HTTP
- Aceite a requisição
- Analise o cabeçalho
- Obtenha um arquivo requisitado do sistema de arquivo do servidor
- Crie uma mensagem de resposta HTTP:
  - Linhas de cabeçalho + arquivo
- Envie a resposta para o cliente
- Após criar o servidor, você pode requisitar um arquivo usando um browser (ex.: IE explorer, Firefox)

Resumo

Nosso estudo de aplicações está completo agora!

- Arquiteturas de aplicação
  - Cliente-servidor
  - P2P
  - Híbrida
- Exigências dos serviços de aplicação:
  - Confiabilidade, banda passante, atraso
- Modelo do serviço de transporte da Internet l
  - Orientado à conexão, confiável: TCP
  - Não confiável, datagramas: UDP
- Protocolos específicos:
  - HTTP
  - FTP
  - SMTP, POP, IMAP
  - DNS
- Programação de sockets

Resumo

Mais importante: características dos **protocolos**

- Típica troca de mensagens comando/resposta:
  - Cliente solicita informação ou serviço
  - Servidor responde com dados e código de status
- Formatos das mensagens:
  - Cabeçalhos: campos que dão informações sobre os dados
  - Dados: informação sendo comunicada
- Controle *vs*. dados
  - In-band, out-of-band
- Centralizado *vs*. descentralizado
- Stateless *vs*. stateful
- Transferência de mensagens confiável *vs*. não confiável
- "complexidade na borda da rede"