Redes de Computadores

Sockets, FTP, Correio Eletrônico, P2P

Prof. Jó Ueyama

Março/2012

Capítulo 2.7 e 2.8 - Camada de Aplicação
Programação de sockets

Programação de Sockets

Objetivo:

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

Socket:

- 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).

API Socket

- Introduzida no BSD4.1 UNIX, 1981.

∀ Sockets são explicitamente criados, usados e liberados pelas aplicações.

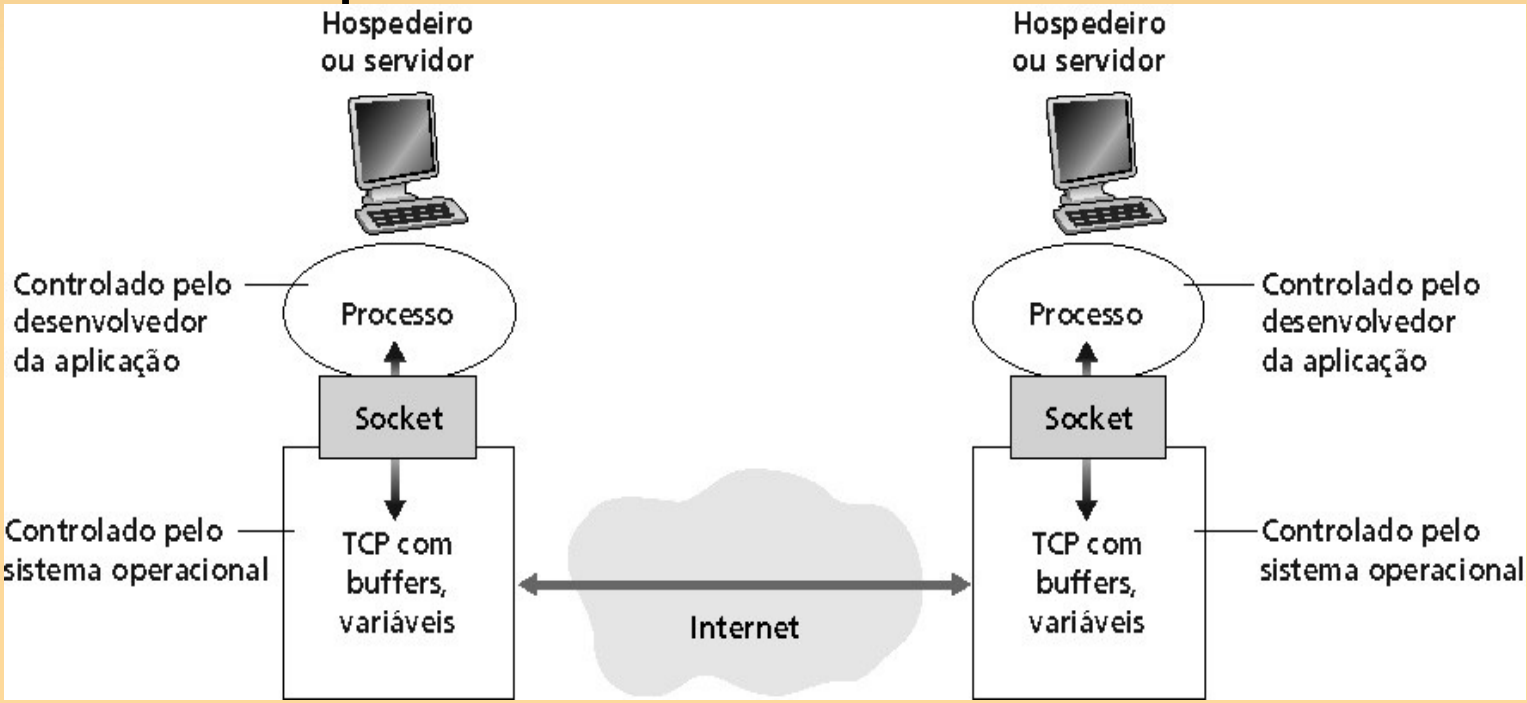
∀ Implementam paradigma cliente-servidor.

∀ Dois tipos de serviço de transporte via socket API:

  - datagrama não confiável (UDP);
  - confiável, orientado a cadeias de bytes (TCP).

Programação de sockets com TCP

- Socket: uma porta entre o processo de aplicação e o protocolo de transporte fim-a-fim.
- Serviço TCP: transferência confiável de **bytes** de um processo para outro.



Sockets TCP - Cliente

- 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.

Sockets TCP - Servidor

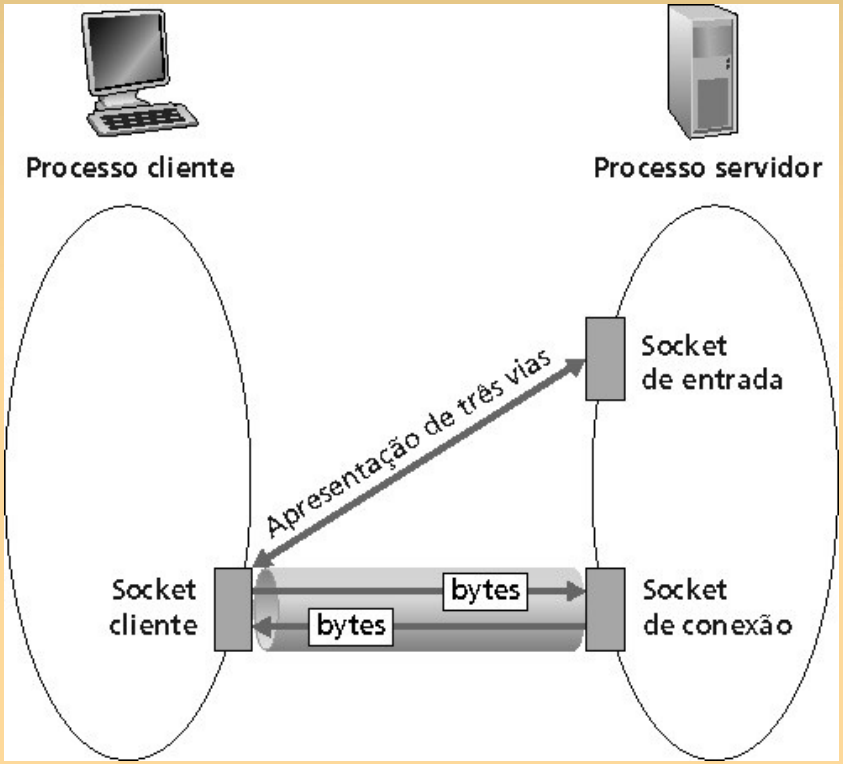
- Quando contatado pelo cliente, o servidor cria um novo socket para o processo servidor comunicar-se com o cliente.
- Permite ao servidor conversar com múltiplos clientes
- Números da porta de origem são usados para distinguir o cliente (mais no Capítulo 3).

Terminologia: stream

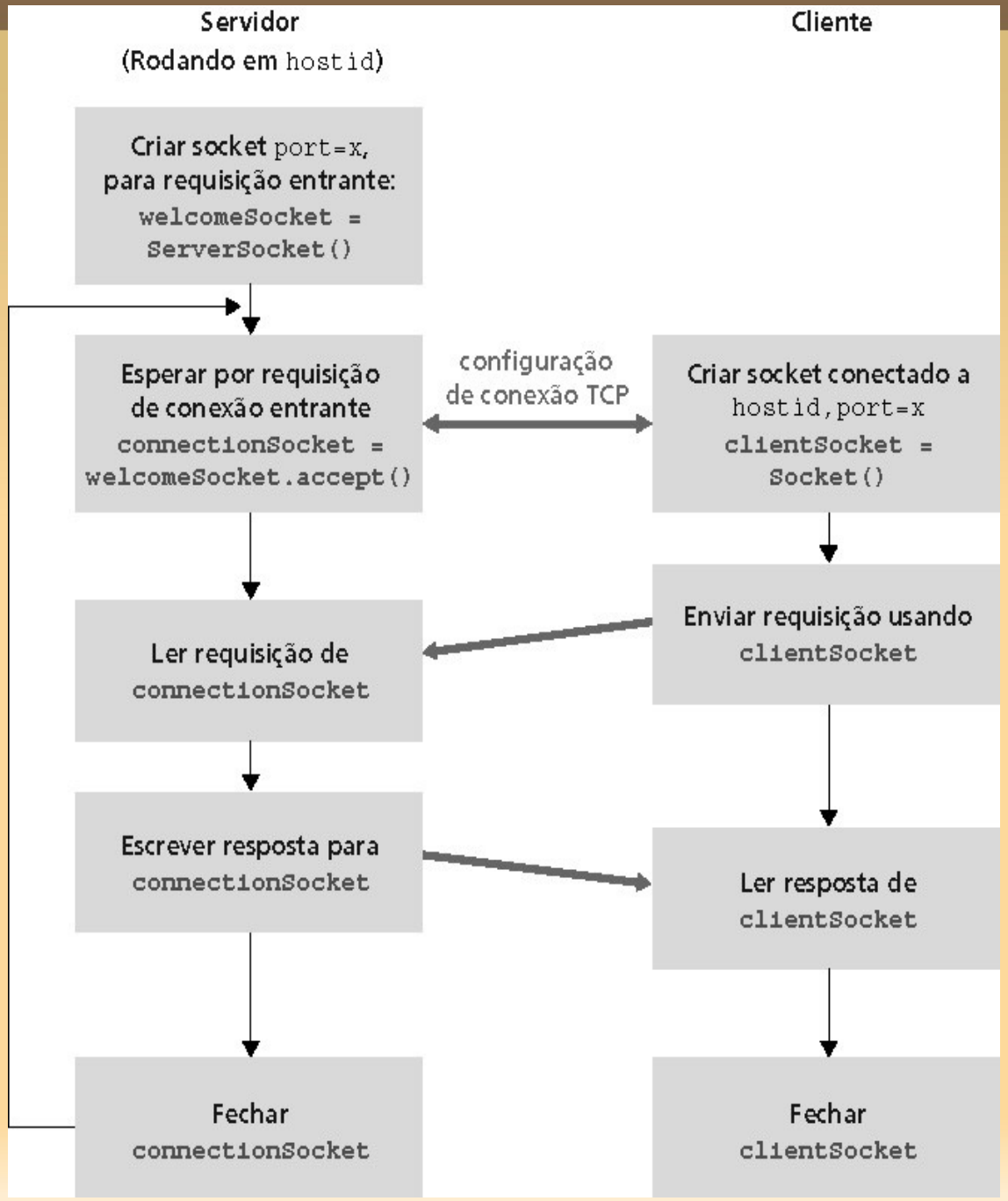
- Um stream é uma seqüência de caracteres que fluem para dentro ou para fora de um processo.
- Um stream de entrada é agregado a alguma fonte de entrada para o processo, ex.: teclado ou socket.
- Um stream de saída é agregado a uma fonte de saída, ex.: monitor ou socket.

Exemplo de aplicação cliente-servidor TCP

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).



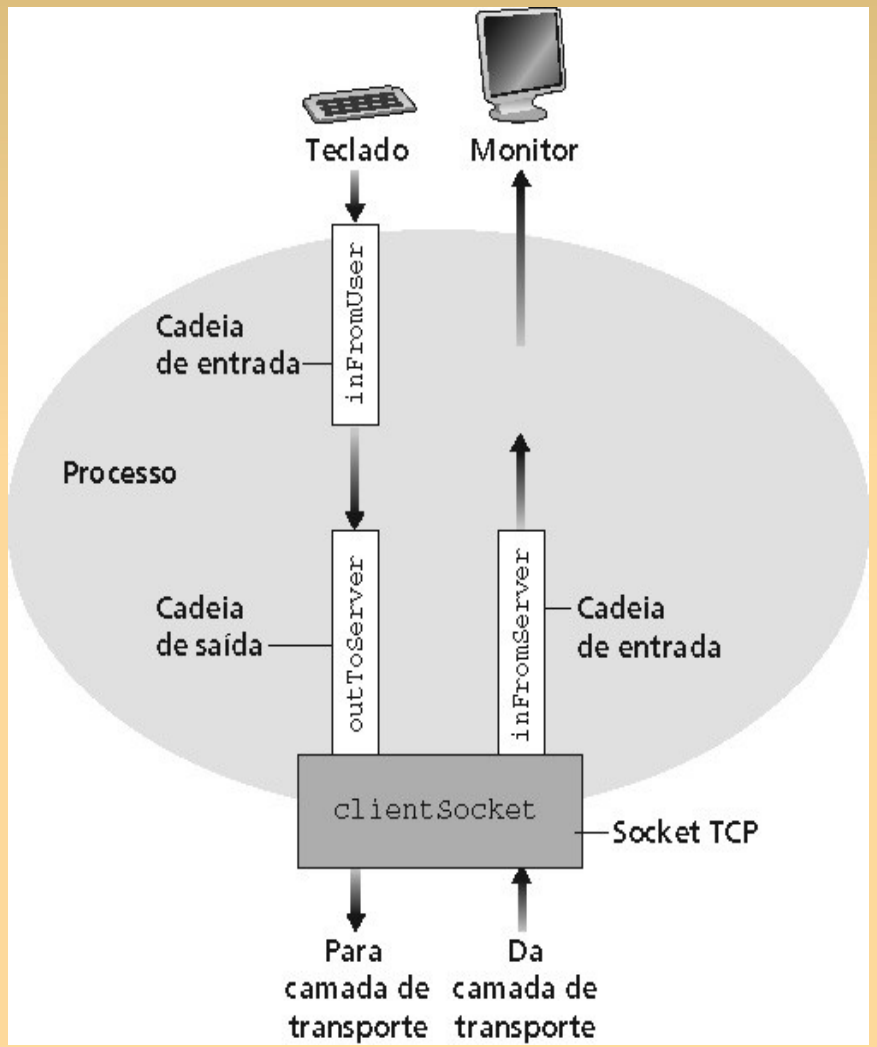
Interação cliente-servidor TCP



Programação de sockets com UDP

- Não há conexão entre o cliente e o servidor.
- 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.
- Dados transmitidos podem ser recebidos fora de ordem ou perdidos.

Exemplo de aplicação cliente-servidor UDP



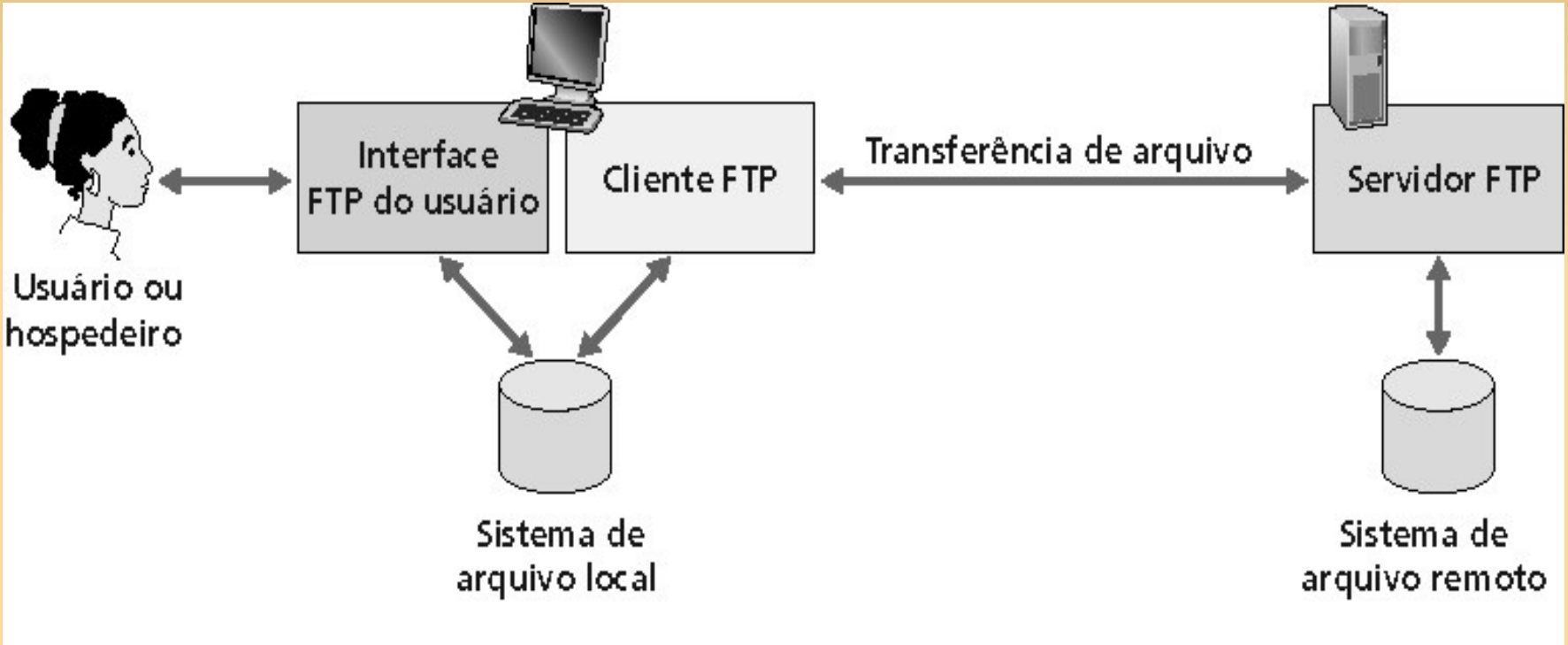
EP: Implementação de um servidor Web

Capítulo 2.3 - FTP

FTP (*File Transfer Protocol*)

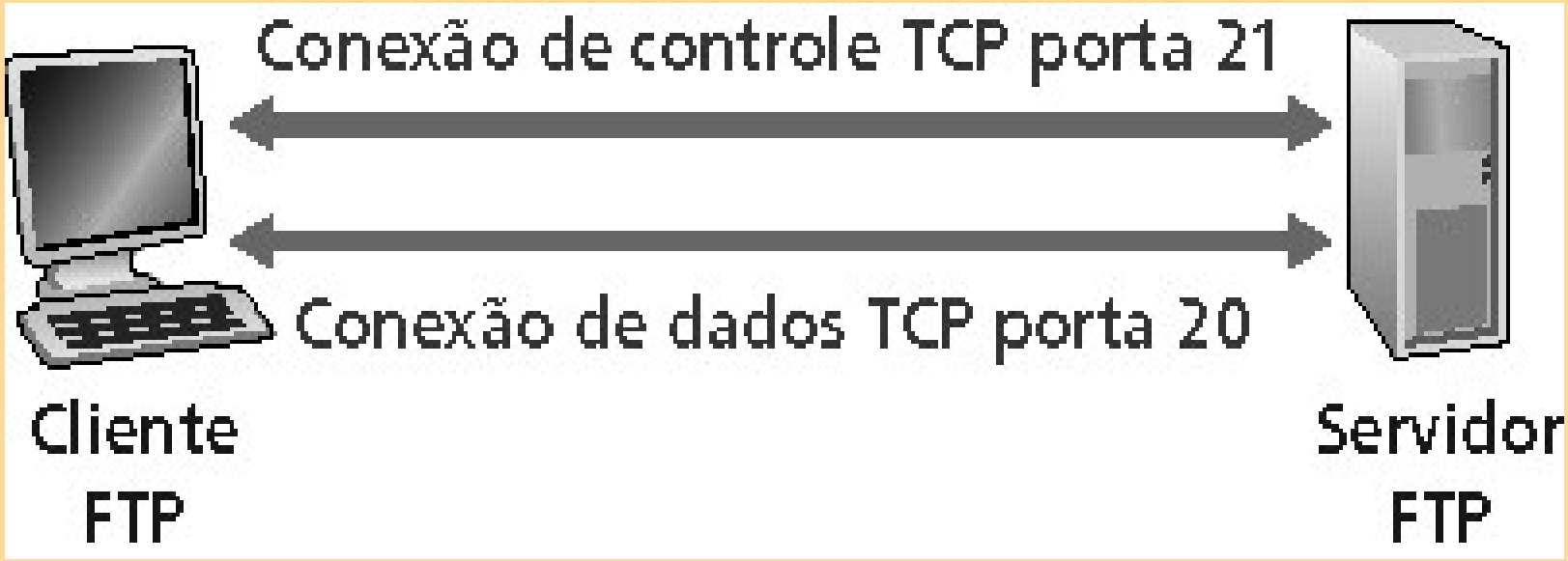
- Transferência de arquivos de e para o computador remoto.
- Modelo cliente servidor:
  - **Cliente:** lado que inicia a transferência (seja de ou para o lado remoto)
  - **Servidor:** hospedeiro remoto
- RFC 959.
- Servidor FTP: porta 21.

FTP


Interface
FTP do usuário
Cliente FTP
Transferência de arquivo
Servidor FTP
Usuário ou
hospedeiro
Sistema de
arquivo local
Sistema de
arquivo remoto

FTP: conexão de controle e de dados

- Duas conexões:
  - controle;
  - dados.
- Conexão de controle: “fora da banda”.



FTP: conexão de controle e de dados

- Cliente FTP contata o servidor FTP na porta 21.
  - TCP como protocolo de transporte;
  - estabelece conexão de controle.
- Conexão de Controle:
  - cliente obtém autorização;
  - cliente procura o diretório remoto;
  - cliente envia comando para transferência de arquivo.

FTP: conexão de controle e de dados

- Conexão de Dados:
  - servidor abre essa conexão TCP quando recebe um comando para transferência de arquivo;
  - após a transferência de um arquivo, o servidor fecha a conexão.
  - servidor abre uma segunda conexão de dados TCP para transferir outro arquivo;
- Servidor FTP mantém “estado”: diretório atual, autenticação anterior.

FTP: Comandos

- 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.

FTP: 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**

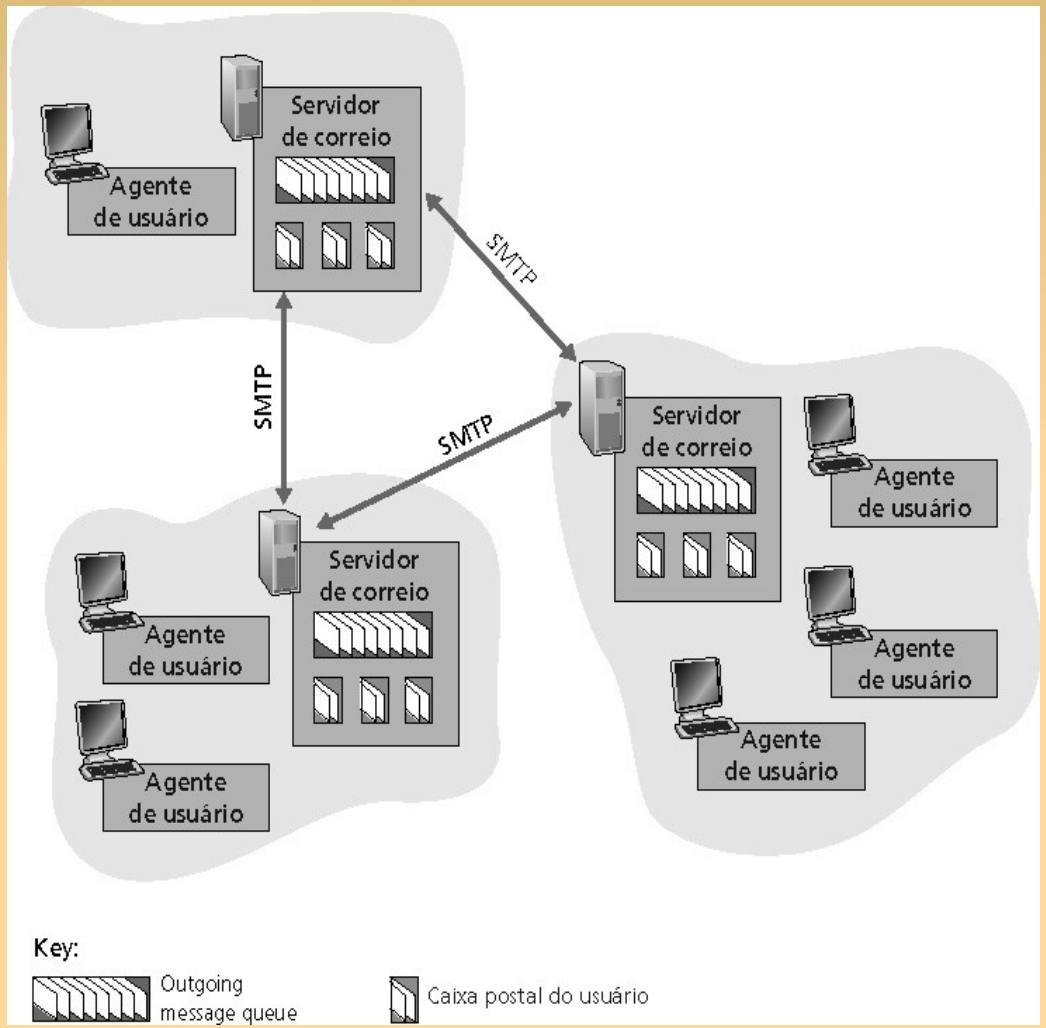
Mas hoje....

- FTP não é mais tão usado...
  - senhas passam em aberto na rede!
- SCP:
  - somente transferência de arquivos.
- SFTP (SSH File Transfer Protocol):
  - permite transferência e manipulação de arquivos;
  - normalmente usa SSH-2;
  - autenticação e segurança provida pelo protocolo abaixo (SSH).

Capítulo 2.4 - Correio Eletrônico

Correio Eletrônico

- Três componentes principais:
  - Agentes de usuário
  - Servidores de correio
  - SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)



Correio eletrônico: agentes de usuário

- Composição, edição, leitura de mensagens de correio.
- Ex.: Outlook, Thunderbird, Eudora, pine.
- Mensagens de entrada e de saída são armazenadas no servidor.
  - alguns programas copiam as mensagens recebidas para o disco local (configuração).

Correio eletrônico: 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.

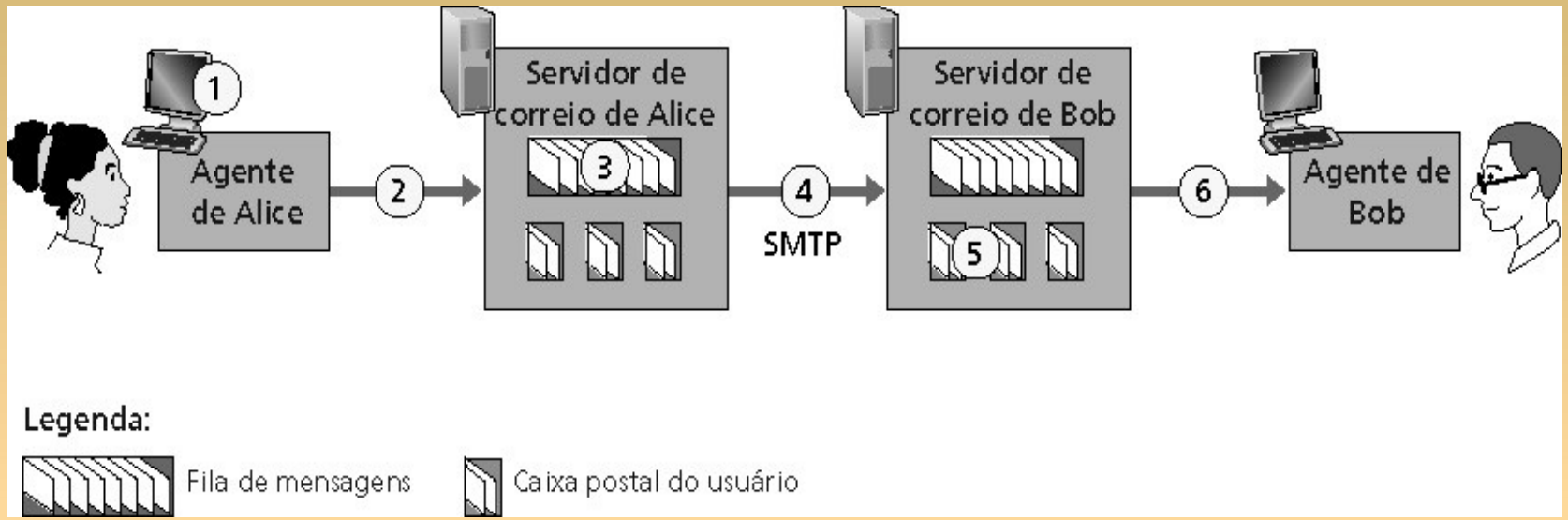
SMTP [RFC 821]

- RFC é de 1982.
- Usa TCP.
- Servidor ouve na porta 25.
- Conexões persistentes.
- Transferência direta:
  - servidor que envia para o servidor que recebe.
- Agentes de usuário usam o SMTP para enviar mensagens para o seu servidor.

SMTP [RFC 821]

- Três fases de transferência:
  - handshaking (apresentação);
  - transferência de mensagens;
  - fechamento.
- Interação comando/resposta:
  - Comandos: texto ASCII;
  - Resposta: código de *status* e frase.
- Mensagens (cabeçalho e corpo) devem ser formatadas em código ASCII de 7 bits.

Alice envia email para Bob



1) Alice usa o agente de usuário para compor a mensagem 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 iteração 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 você...

telnet nome-do-servidor 25

- Veja resposta 220 do servidor.
- Envie comandos HELO, MAIL FROM, RCPT TO, DATA, QUIT.
- A sequência acima permite enviar um comando sem usar o agente de usuário do remetente.

SMTP: comparação com HTTP

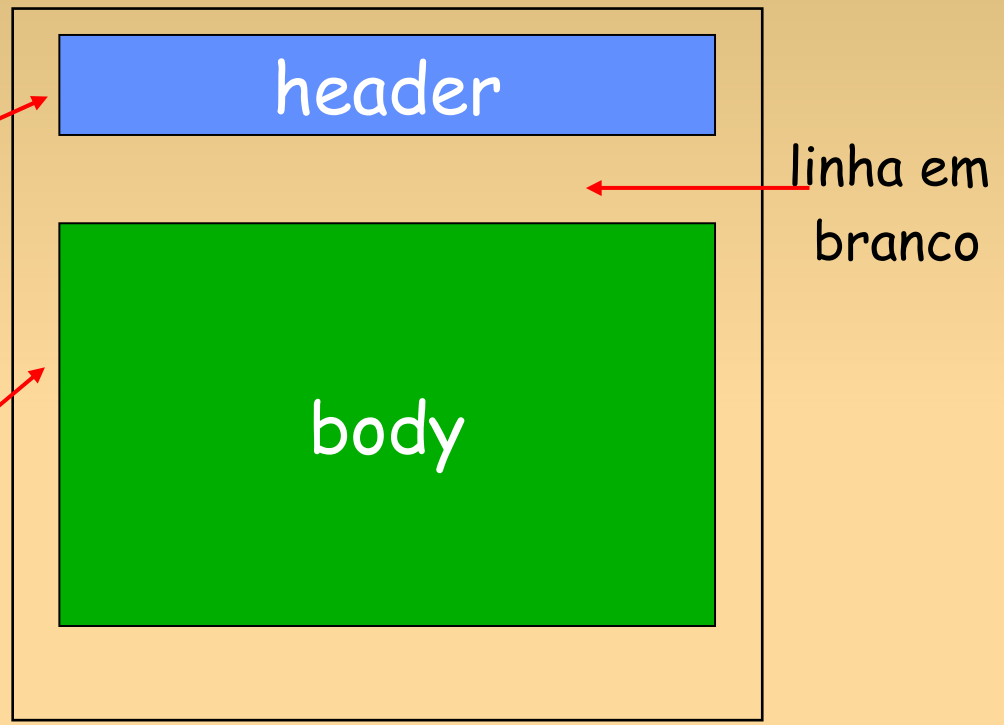
- HTTP: protocolo de recuperação de informações (*pull protocol*).
- SMTP: protocolo de envio de informações (*push protocol*).
- Ambos usam comandos e respostas em ASCII, interação comando/resposta e códigos de *status.*
- HTTP: cada objeto encapsulado na sua própria mensagem de resposta.
- SMTP: múltiplos objetos são enviados numa única mensagem.

Formato da Mensagem

RFC 822: padrão para mensagens do tipo texto:

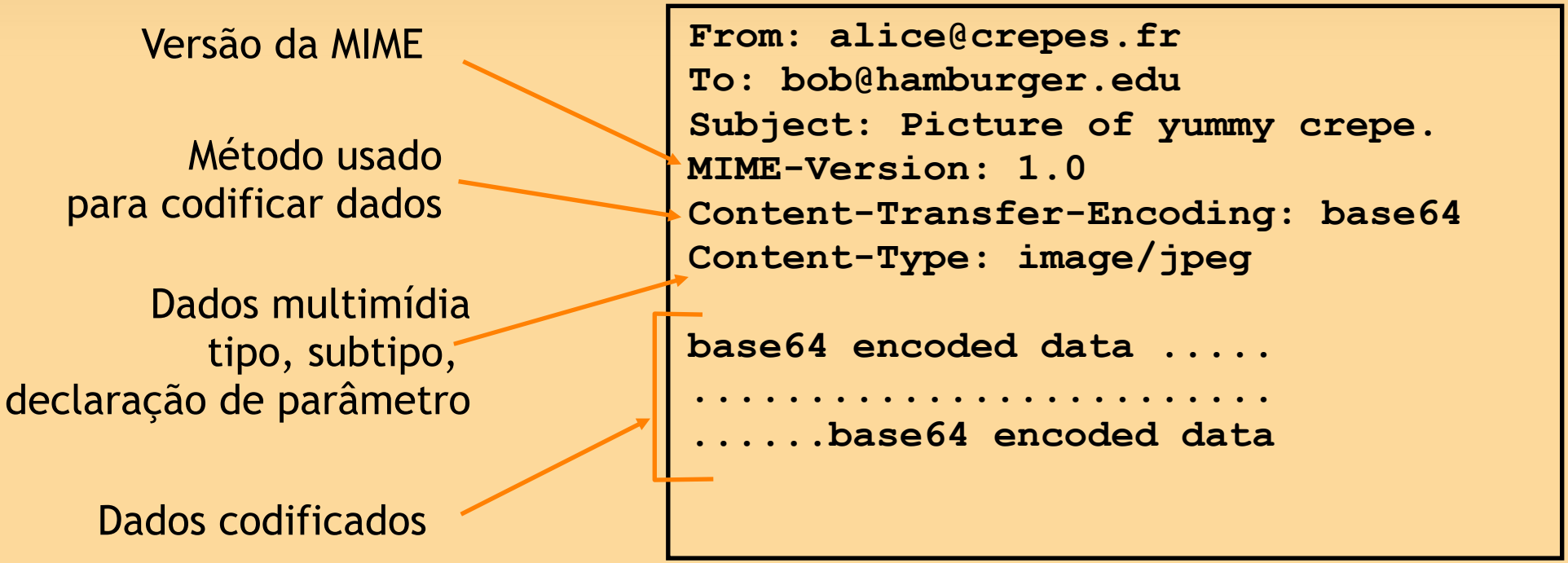
- linhas de cabeçalho:
  - To:
  - From:
  - Subject:

  diferente *dos comandos SMTP!*
- corpo:
  - a “mensagem”, ASCII somente com caracteres.

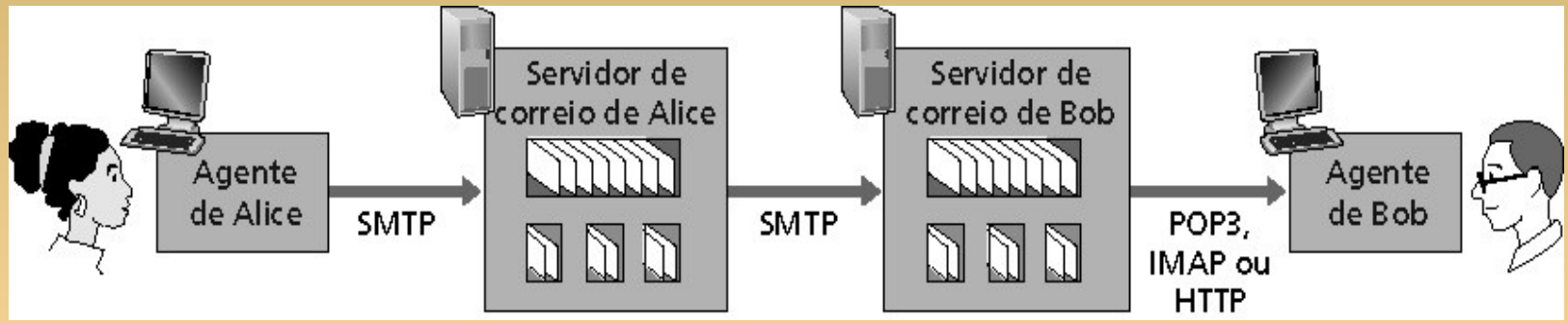


Formato da Mensagem: extensões multimídia

- MIME: multimedia mail extension, RFC 2045, 2056.
- Linhas adicionais no cabeçalho declaram o tipo de conteúdo MIME.
- Dados multimídia: codificados em ASCII de 7bits!



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 Message Access Protocol [RFC 2060]
  - mais recursos (mais complexo);
  - manipulação de mensagens armazenadas no servidor.
- HTTP: Hotmail, Yahoo! Gmail etc.

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

- O exemplo anterior usa o modo “ler e apagar” (*download-and-delete*).
- O usuário não pode reler o e-mail se trocar o cliente.
- “ler e guardar” (*download-and-keep*):
  - mantém a mensagem no servidor;
  - cópias das mensagens em clientes diferentes.
- POP3 não mantém estado através das sessões.

IMAP

- Mantém todas as mensagens em um lugar: o servidor.
- Permite que o usuário:
  - crie pastas;
  - mova as mensagens do Inbox para 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.

Webmail

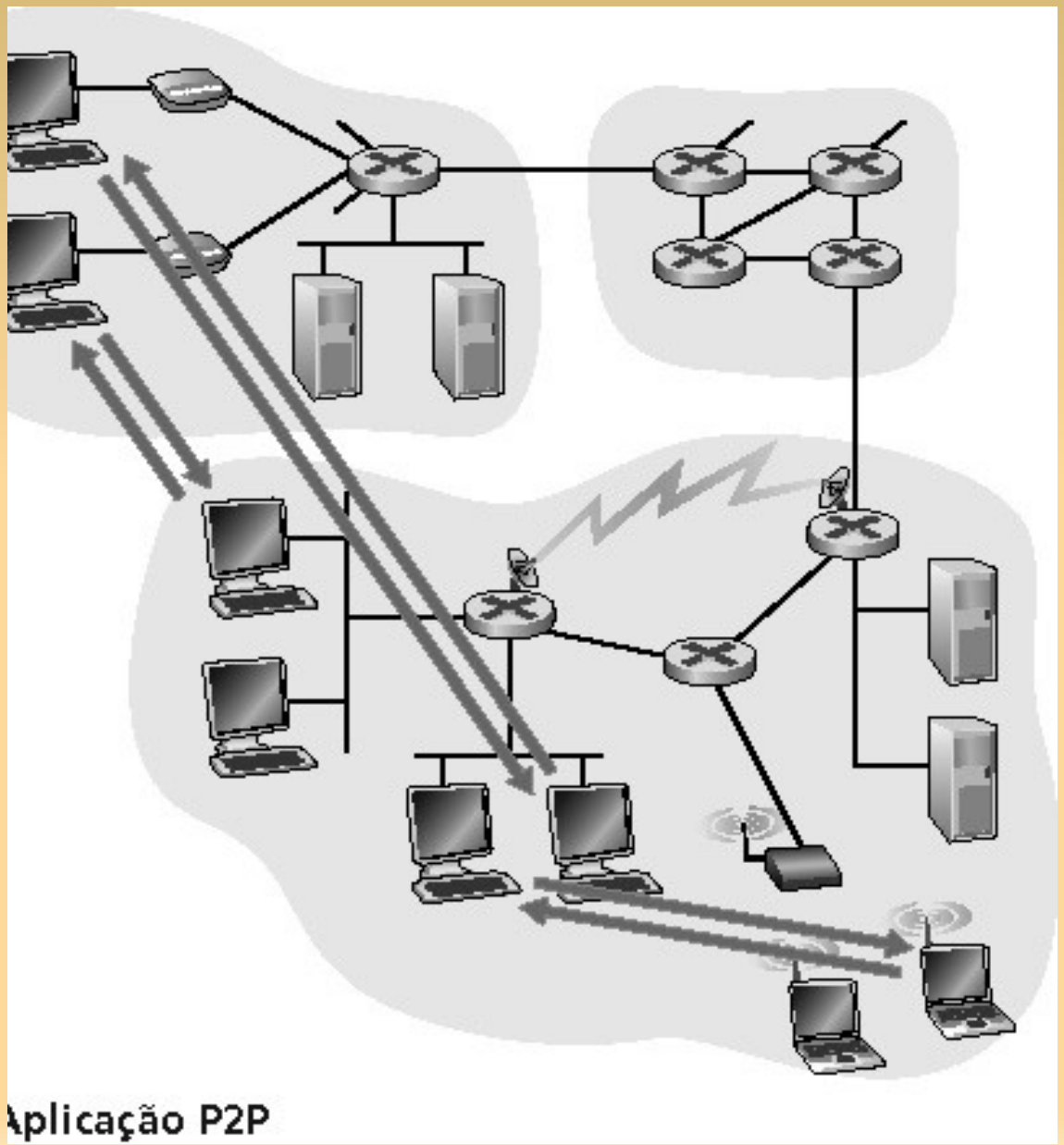
- Agente de usuário: *browser.*
- Protocolo entre agente de usuário e servidor: HTTP.
- Algumas implementações utilizam um servidor IMAP:
  - scripts no servidor HTTP usam o protocolo IMAP para se comunicar com servidor IMAP;
  - vantagem: funcionalidades do IMAP.

Cap. 2.6 - Compartilhamento de Arquivos P2P

Foco

- Protocolos de compartilhamento de arquivos em redes *peer-to-peer*.
- Outros aspectos não discutidos aqui, mas importantes:
  - segurança;
  - privacidade;
  - anonimato;
  - violação de direitos autorais e propriedade intelectual.

Arquitetura P2P (pura)



Compartilhamento de Arquivos P2P

- Alice executa aplicação P2P:
  - utiliza ADSL e obtém novos endereços IP para cada conexão.
  - procura música “Hey Jude” (arquivo MP3);
  - a aplicação exibe outros pares que possuem uma cópia de “Hey Jude”;
  - Alice escolhe um dos pares, Bob;
  - o arquivo é copiado de Bob para Alice.
- Enquanto Alice faz o download, é possível fazer upload de arquivos em Alice.

Compartilhamento de Arquivos P2P

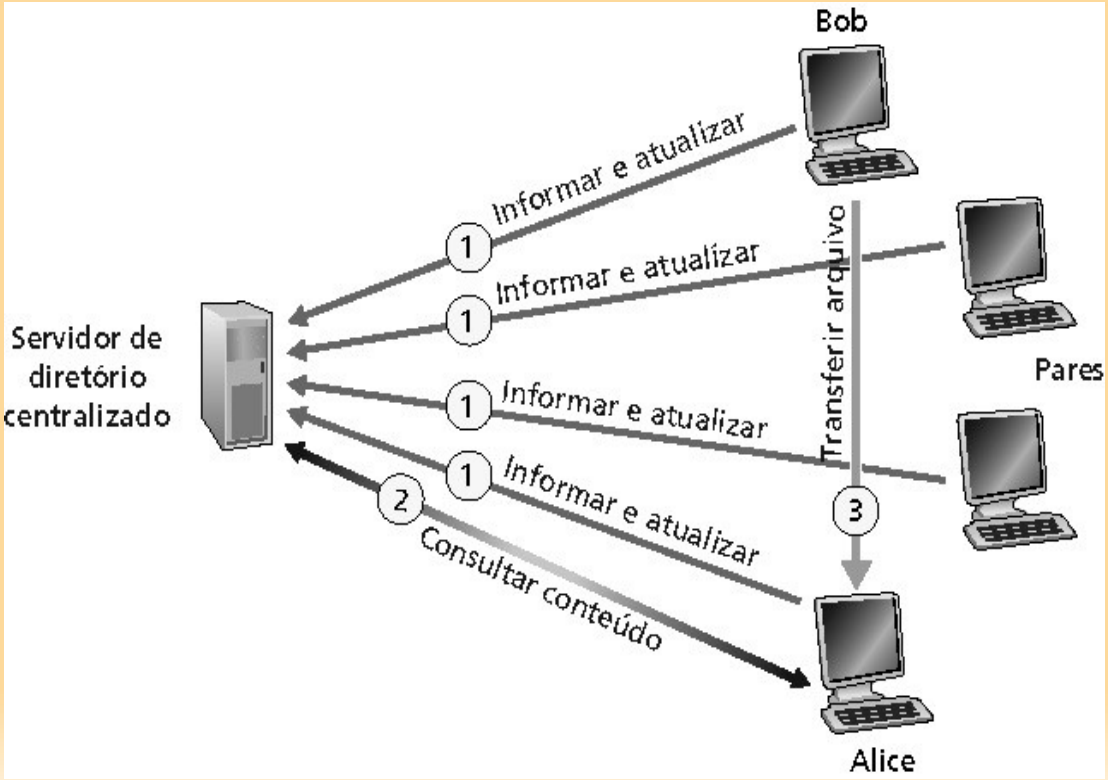
- Transferência de arquivos entre pares usa HTTP!
- Par que possui o arquivo é um **servidor web transitório**!
- Problema chave:
  - localização de arquivos!

P2P: Diretório centralizado

- Localização de conteúdo através de diretório central.
- Ex.: “Napster”
  - http://pt.wikipedia.org/wiki/Napster
- Solução híbrida:
  - cliente/servidor: localização de conteúdo;
  - P2P: transferência de arquivos.

P2P: Diretório centralizado

- Quando um par se conecta, ele informa ao servidor central: endereço IP e conteúdo.
- Usuário procura arquivo no servidor.
- Usuário requisita o arquivo do par que o contém.
- Servidor precisa verificar se usuários estão conectados.



P2P: Diretório centralizado - Problemas

- Ponto único de falhas.
- Gargalo de desempenho.
- Violação de direitos autorais:
  - sanções judiciais podem levar ao desligamento dos servidores de diretório.

Transferência de arquivo é descentralizada, mas a localização de conteúdo é altamente centralizada.

P2P: Inundação de consultas - Gnutella

- Totalmente distribuído:
  - Sem servidor central.
- Protocolo de domínio público:
  - http://rfc-gnutella.sourceforge.net/developer/stable/index.html
- Muitos clientes Gnutella implementam o protocolo.

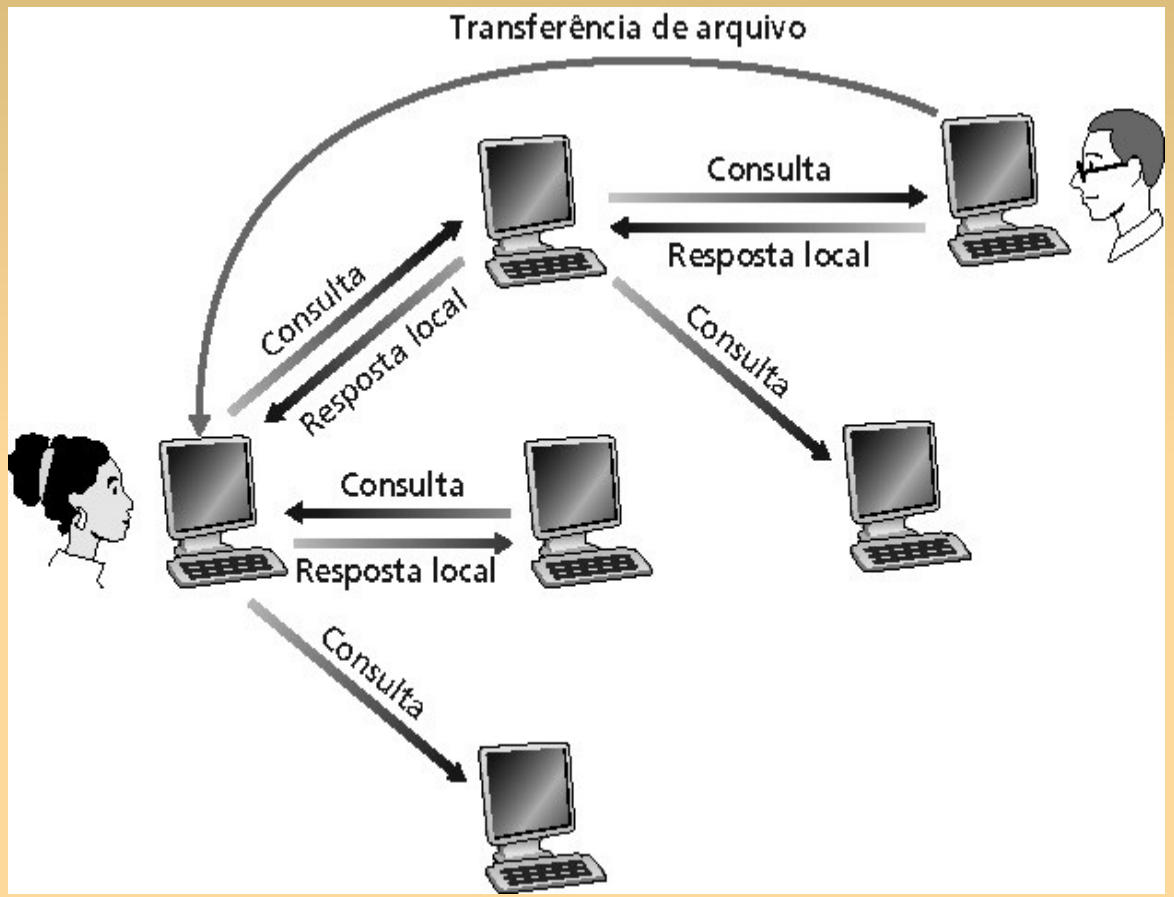
Gnutella: Rede de sobreposição

- Aresta entre X e o Y se há uma conexão TCP entre X e Y.
  - aresta é diferente de enlace!
- **Rede de sobreposição**: grafo que contém todos os pares ativos e arestas.
- Um determinado par (*peer*) está tipicamente conectado a <10 vizinhos na rede de sobreposição.

Gnutella: Protocolo

- O par já pertence a rede de sobreposição.
- Mensagem de consulta (query) é enviada pelas conexões TCP existentes.
- Os pares encaminham a mensagem de consulta através de suas arestas (inundação de consultas!).
- Quando par possui arquivo contendo palavra chave, envia uma mensagem QueryHit (encontro) pelo caminho reverso.

Gnutella: funcionamento



Transferência de arquivo não usa rede de sobreposição!
Comandos HTTP (GET e reposta) diretamente entre pares.

Gnutella: otimizações

- Inundação de consultas gera tráfego na Internet! -> não é escalável!
- Solução: inundação de consultas de escopo limitado:
  - mensagem de consulta tem contador de pares máximo;
  - porém limita busca a pares próximos.
- *QueryHit*: enviado via UDP.
- *Push request*: para clientes bloqueados por firewall.

Gnutella: conectando pares

1. X precisa encontrar algum outro par na rede Gnutella:
   - cliente Gnutella possui uma lista de pares frequentemente ativos;
   - contata cache Gnutella que tenha lista.
2. X tenta estabelecer conexão TCP com os pares da lista:
   - atualiza lista quando não consegue estabelecer conexão.

Gnutella: conectando pares (cont.)

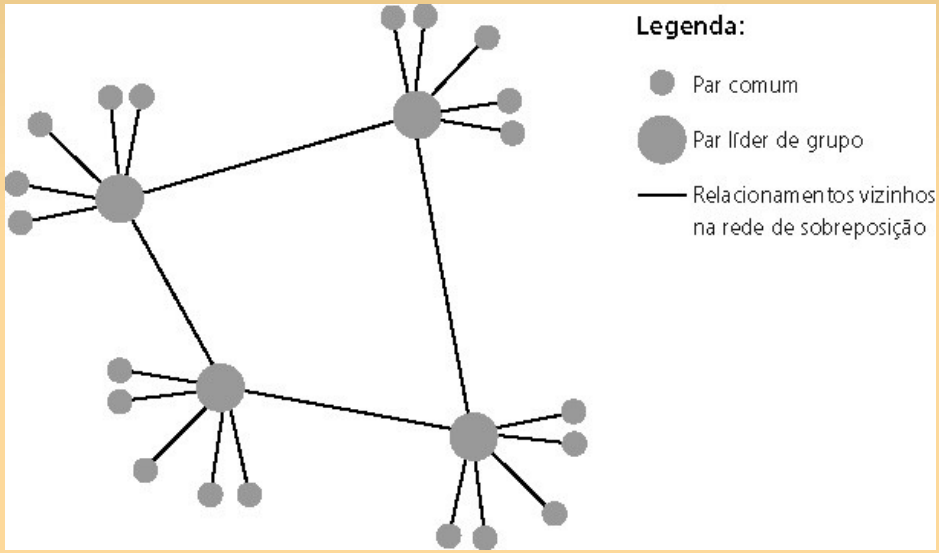
3. Quando estabelece conexão com Y, X envia mensagem de Ping.
   - Y encaminha a mensagem de Ping.
4. Pares que recebem a mensagem de Ping respondem com mensagens de Pong.
5. X recebe várias mensagens de Pong, e estabelece conexões TCP adicionais.

P2P: Napster & Gnutella

- Abordagens opostas:
  - Napster: centralizado;
  - Gnutella: totalmente distribuído.
- Como tirar vantagem de ambos?
  - KaZaA:
    - utiliza o protocolo FastTrack (proprietário);
    - criptografa o tráfego de controle;
    - não utiliza servidor (como o Napster);
    - nem todos os pares são iguais!

KaZaA: explorando a heterogeneidade

- Cada par é 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 (similar Gnutella).
- O líder de grupo acompanha o conteúdo em todos os seus “discípulos”.



KaZaA: melhorando o desempenho

- Enfileiramento de requisições:
  - limita número de transferências simultâneas.
- Prioridades de incentivo:
  - usuários que carregaram mais arquivos do que baixaram tem prioridade.
- Transferência paralela:
  - diferentes partes do mesmo arquivo obtidas de diferentes pares.

BitTorrent

- Torrent: coleção de todos os pares que participarão na distribuição de um arquivo
- Cada par distribui “pedaços” de arquivos.
- *Tracker*:
  - coordena distribuição de arquivos;
  - Um por Torrent; cada par avisa periodicamente que ainda encontra-se no Torrent
  - Pode ter 10 a 1K pares em um Torrent
- **Exercício:** como BitTorrent se compara as outras soluções P2P?

Perguntas???