Parte 2: Camada de Aplicação

Objetivos:

- conceitual, aspectos de implementação de protocolos de aplicação para redes
  - modelos de serviço da camada de transporte
  - paradigma cliente-servidor
  - paradigma P2P
- aprender sobre protocolos examinando alguns protocolos populares da camada de aplicação
  - HTTP
  - FTP
  - SMTP / POP3 / IMAP
  - DNS

Algumas aplicações de rede

- Correio eletrônico
- Web
- Troca instantânea de mensagens
- *Remote login*
- Compartilhamento de arquivos P2P
- Jogos multiusuário em rede
- *Streaming* de vídeo armazenado
- Telefonia pela Internet
- Conferência de vídeo em tempo-real
- Computação com paralelismo massivo

Paradigma Cliente-Servidor

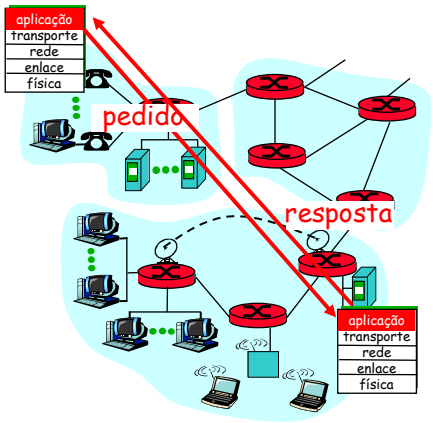
Aplicações de rede típicas têm duas partes: *cliente* e *servidor*

Cliente:

- inicia a comunicação com o servidor ("fala primeiro")
- tipicamente solicita serviços do servidor,
- Web: cliente implementado no navegador; correio-e: leitor de correio

Servidor:

- fornece os serviços solicitados ao cliente
- e.x., servidor Web envia a página Web solicitada, servidor de correio-e envia as mensagens, etc.

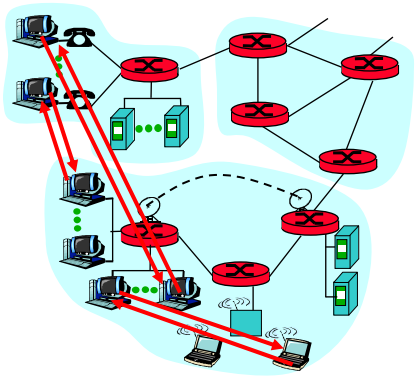


Arquitetura P2P pura

- Sistemas finais arbitrários comunicam-se diretamente
- Pares estão conectados intermitentemente e trocam endereços IP
- exemplo: Gnutella

Muito escalável

Mas difícil de gerenciar



Híbrida de cliente-servidor e P2P

Napster

- Transferência de arquivos é P2P
- Busca de arquivos centralizada:
  - Pares registram o conteúdo em servidor central
  - Pares consultam o mesmo servidor central para localizar conteúdo

Mensagens Instantâneas (*Instant messaging*)

- Convesa (*chatting*) entre dois usuários é P2P
- Detecção de presença e localização é centralizada:
  - Usuário registra seu endereço IP em um servidor central quando fica em-linha
  - Usuário contata o servidor central para encontrar o endereço IP dos parceiros

Comunicação entre processos

Processo: programa executando num hospedeiro.

- dentro do mesmo hospedeiro: comunicação interprocesso (definida pelo OS).
- processos executando em diferentes hospedeiros se comunicam através de trocas de mensagens
  - definem um protocolo de aplicação

- Processo cliente: processo que inicia a comunicação
- Processo servidor: processo que espera para ser contatado

- Nota: aplicações P2P têm processos clientes & processos servidores

Interfaces de Programação

API: *application programming interface*

- define a interface entre a camada de aplicação e de transporte
- soquete *(socket)*: API da Internet
  - dois processos se comunicam enviando dados para o soquete e lendo dados do soquete

Q: Como um processo "identifica" o outro processo com o qual ele quer se comunicar?

- Endereço IP do computador no qual roda o processo remoto
- "número de porta" - permite ao computador receptor determinar o processo local para o qual a mensagem deve ser entregue.

Aplicações e Protocolo de Aplicação

Aplicação: processos distribuídos comunicantes

- rodam nos hospedeiros da rede no "espaço do usuário"
- trocam mensagens para realização da aplicação
- e.x., email, ftp, Web

Protocolos de aplicação

- fazem parte das aplicações
- definem as mensagens trocadas e as ações tomadas
- usam serviços de comunicação das camadas inferiores (TCP, UDP)

- Protocolos de domínio público:
  - defined in RFCs
  - allows for interoperability
  - Ex., HTTP, SMTP
- Protocolos proprietários:
  - Ex., KaZaA

Serviços de Transporte

Perda de dados

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

Banda Passante

- algumas aplicações (e.x., multimídia) exigem uma banda mínima
- outras aplicações ("aplicações elásticas") utilizam toda a largura de banda oferecida

Temporização

- algumas aplicações (e.x., telefonia sobre a Internet, jogos interativos) exigem baixos atrasos

Requisitos de Transporte de Aplicações Comuns

Aplicação	Perdas	Banda	Sensível ao Atraso
transf. de arquivos	sem perdas	elástica	não
correio-e	sem perdas	elástica	não
documentos Web	tolerante	elástica	não
áudio/vídeo tempo-real	tolerante	áudio: 5Kb-1Mb vídeo:10Kb-5Mb	sim, 100's ms
áudio/vídeo armazenado	tolerante	igual à anterior	sim, segundos
jogos interativos	tolerante	Kbps	sim, 100's ms
mensagens instantâneas	sem perda	elástica	sim e não

Serviços de Transporte da Internet

serviço TCP:

- *orientado a conexão:* requerido o estabelecimento de conexão entre cliente e servidor
- *transporte confiável* de dados entre os processos emissor e receptor
- *controle de fluxo:* compatibilização de velocidade entre o transmissor e 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.

Aplicações e Protocolos de Transporte da Internet

Aplicação	Protocolo de Aplicação	Protocolo de Transporte
e-mail	smtp [RFC 821]	TCP
acesso a terminal remotos	telnet [RFC 854]	TCP
Web	http [RFC 2068]	TCP
transferência de arquivos	ftp [RFC 959]	TCP
streaming multimídia	RTP ou proprietário (e.g. RealNetworks)	TCP ou UDP
servidor de arquivos remoto	NFS	TCP ou UDP
telefonia Internet	RTP ou proprietário (e.g., Vocaltec)	tipicamente UDP

A Web e o HTTP

- Página consiste de objetos
- Objetos: arquivo HTML, imagem JPEG, applet Java , arquivo de audio,...
- Página Web consiste de um arquivo-base-HTML que incluí vários objetos referenciados
- Cada objeto é endereçável por uma URL
- Exemplo de URL:

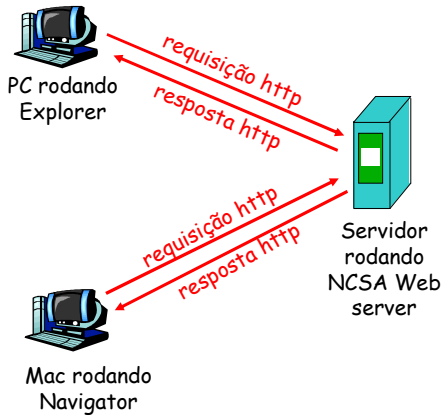
`www.someschool.edu/someDept/pic.gif`

nome do hospedeiro — caminho

A Web: o protocolo HTTP

http: *hypertext transfer protocol*

- protocolo da camada de aplicação da Web
- modelo cliente/servidor
  - *cliente:* navegador que solicita, recebe e apresenta objetos da Web
  - *servidor:* envia objetos em resposta a pedidos
- http1.0: RFC 1945
- http1.1: RFC 2068



O protocolo HTTP

http: serviço de transporte TCP:

- cliente inicia uma conexão TCP (cria soquete) com o servidor na porta 80
- o servidor aceita a conexão TCP do cliente
- mensagens http (mensagens do protocolo de camada de aplicação) são trocadas entre o navegador (cliente http) e o servidor Web (servidor http)
- A conexão TCP é fechada

O http é um protocolo "sem estado"(*stateless)*

- o servidor não mantém informação sobre requisições passadas do cliente

Protocolos que mantém informações de estado são complexos!

- a história passada (estado) deve ser mantida
- 'quedas' do cliente/servidor podem tornar as visões do 'estado' inconsistentes

Conexões HTTP

Não-persistente

- http/1.0: servidor analisa pedido, envia resposta e fecha a conexão TCP
- 2 RTTs para obter um objeto
  - conexão TCP
  - solicitação e transferência do objeto
- cada transferência sofre com a taxa de envio inicialmente lenta do TCP (*slow-start)*
- muitos navegadores abrem várias conexões paralelas

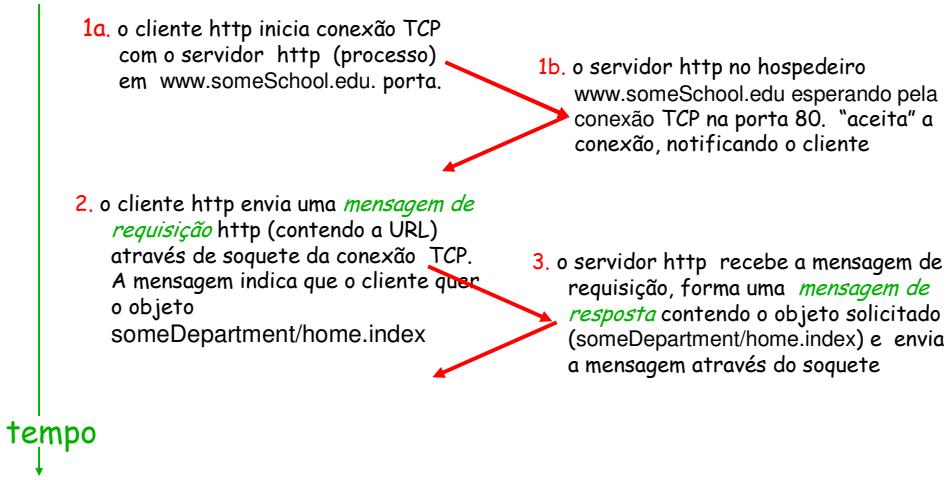
Persistente

- modo *default* para htp/1.1
- podem ser enviados vários objetos na mesma conexão TCP
- o cliente envia pedido para todos os objetos referenciados tão logo ele recebe a página HTML básica .
- poucos RTTs, menos partidas lentas (*slow start)*.

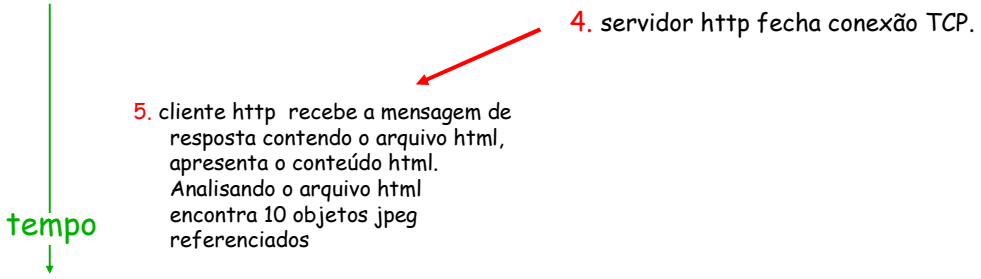
HTTP não persistente

Usuário entra com a URL:
www.someSchool.edu/someDepartment/home.index

(contém referência a 10 imagens jpeg)



HTTP não persistente (cont.)



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

HTTP Persistente

HTTP não persistente:

- Requer 2 RTTs por objeto
- SO deve trabalhar e alocar recursos para cada conexão TCP
- Mas, o navegador geralmente abre conexões TCP paralelas para buscar os objetos referenciados

HTTP Persistente

- O servidor deixa a conexão aberta após enviar a resposta
- Mensagens HTTP subseqüentes entre o cliente e o servidor são enviadas pela conexão

Persistente sem *pipelining*:

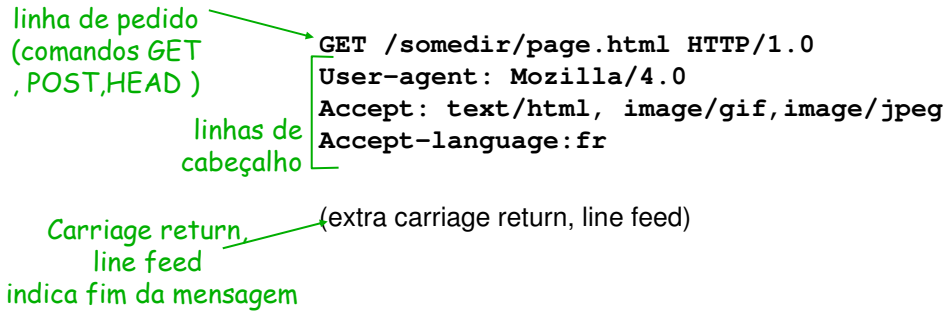
- Cliente faz uma nova requisição apenas quando a resposta anterior for recebida
- Um RTT para cada objeto referenciado

Persistente com *pipelining*:

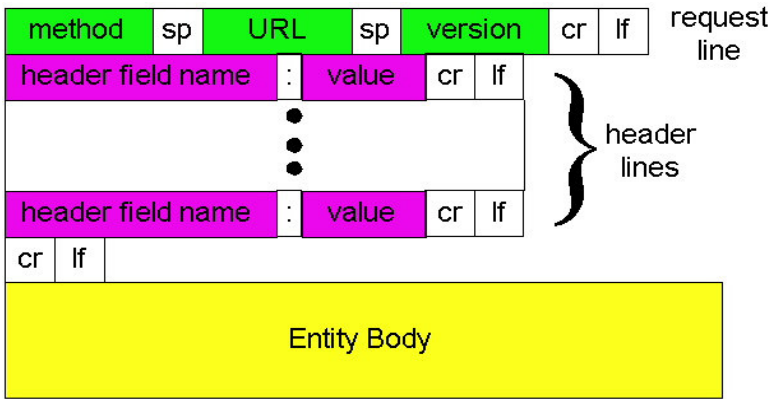
- *default* no HTTP/1.1
- Cliente envia requisições assim que encontra um objeto referenciado
- pode chegar a um RTT para todos os objetos referenciados

Formato das Mensagens

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



Requisição HTTP: formato geral



Carregando entrada de formulários

Método Post :

- Paginas Web geralmente incluem entradas para formulários
- Entrada é carregada para o servidor no corpo da entidade

URL :

- Usa o método GET
- Entrada é carregada em campo da URL da linha de requisição:

```
www.somesite.com/animalsearch?monkeys&banana
```

Métodos

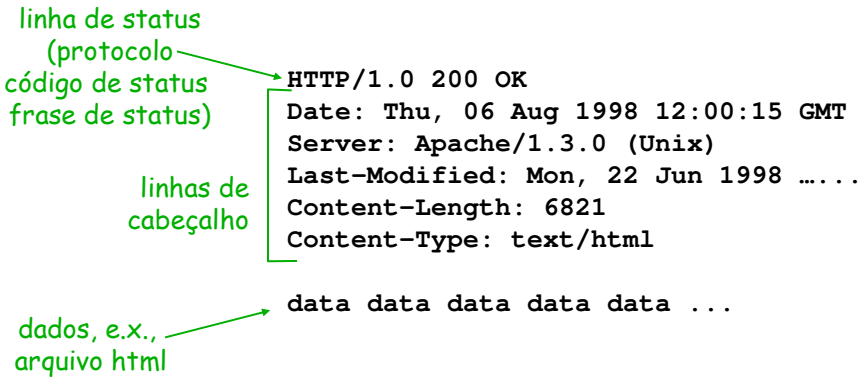
HTTP/1.0

- GET
- POST
- HEAD
  - Pede ao servidor para não incluir o objeto solicitado na resposta

HTTP/1.1

- GET, POST, HEAD
- PUT
  - Carrega arquivo no corpo da entidade para o caminho especificado na URL
- DELETE
  - Apaga o arquivo especificado na URL

Resposta HTTP



Códigos de status das respostas

200 OK
- o request succeeded, requested object later in this message

301 Moved Permanently
- o requested object moved, new location specified later in this message (Location:)

400 Bad Request
- o request message not understood by server

404 Not Found
- o requested document not found on this server

505 HTTP Version Not Supported

HTTP Cliente: faça você mesmo!

1. Telnet para um servidor Web:

```
telnet www.eurecom.fr 80
```

Abre conexão TCP para a porta 80 (porta default do servidor http) em www.eurecom.fr. Qualquer coisa digitada é enviada para a porta 80 em www.eurecom.fr

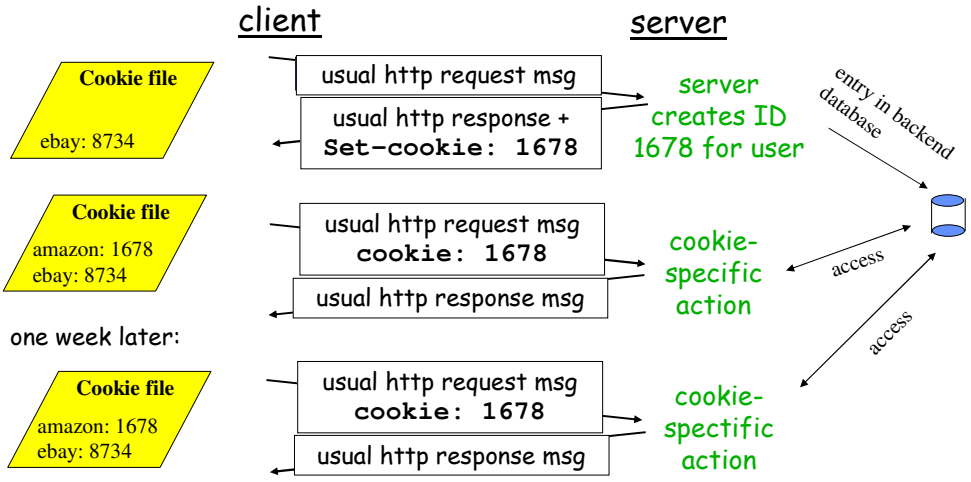
2. Digite um pedido GET http:

```
GET /~ross/index.html HTTP/1.0
```

Digitando isto (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!

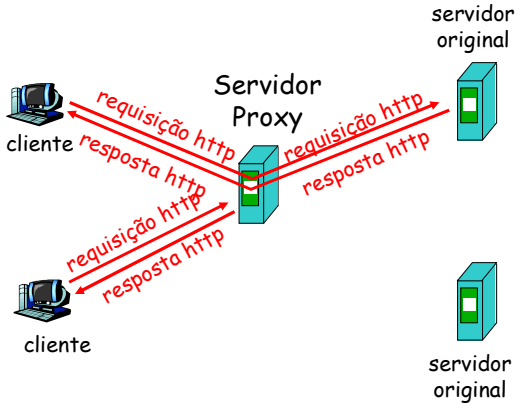
Cookies: Mantendo "estado"



Web Caches (servidores *proxy*)

Objetivo: satisfazer a uma requisição do cliente sem envolver o servidor Web originador da informação

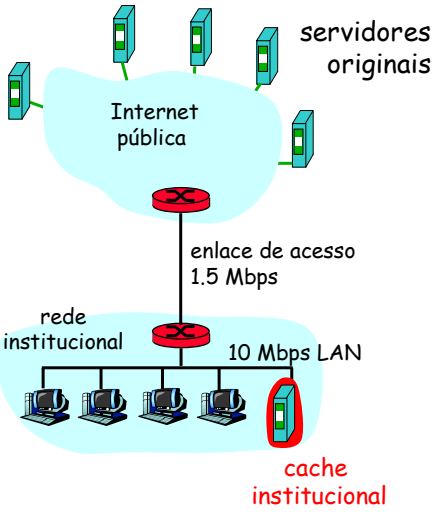
- o usuário configura o navegador: acesso à Web é feito através de um *proxy*
- o cliente envia todos os pedidos http para o *web cache*
  - se o objeto existe no *web cache*: *web cache* retorna o objeto
  - senão *web cache* solicita o objeto do servidor original, então envia o objeto ao cliente.



Porque *Web Caching*?

Assuma: *cache* "perto" do cliente (ex., na mesma rede)

- menor tempo de resposta
- reduz o tráfego para servidores distantes
  - links externos podem ser caros e facilmente congestionáveis

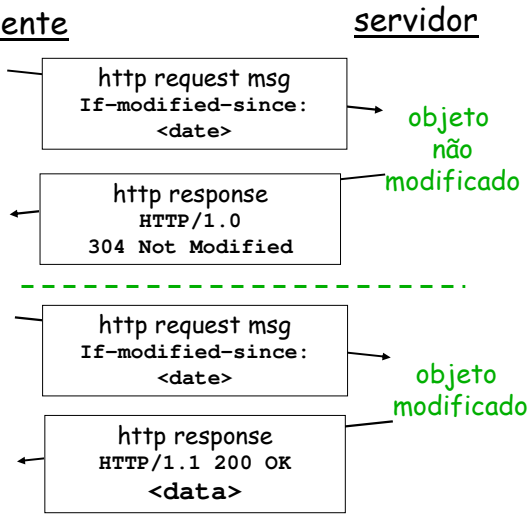


GET Condicional: *cache* do lado cliente

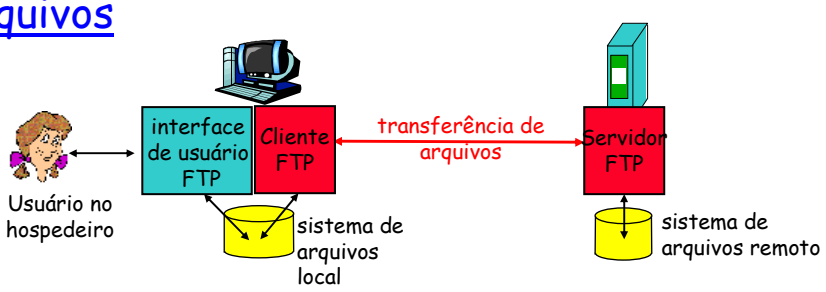
- Razão: não enviar objeto se o cliente já possui armazenada uma versão atualizada.
- cliente: especifica a data da versão armazenada no pedido HTTP

  `If-modified-since: <date>`
- servidor: resposta não contém objeto se a cópia é atualizada:

  `HTTP/1.0 304 Not Modified`



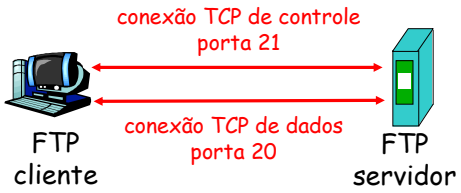
ftp: o protocolo de transferência de arquivos



- 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
- servidor ftp: porta 21

ftp: conexões de controle e dados separadas

- cliente ftp contata o servidor ftp na porta 21, especificando o TCP como o protocolo de transporte
- duas conexões TCP paralelas são abertas:
  - controle: troca de comandos e respostas entre cliente e servidor.
    "controle fora da banda"
  - dados: dados do arquivo do/para o servidor
- servidor ftp mantém o "estado": diretório corrente, autenticação anterior



comandos e respostas ftp

Exemplos de comandos:

- envie um texto ASCII sobre canal de controle
- **`USER`** ***`username`***
- **`PASS`** ***`password`***
- **`LIST`** retorna listagem de arquivos 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`**

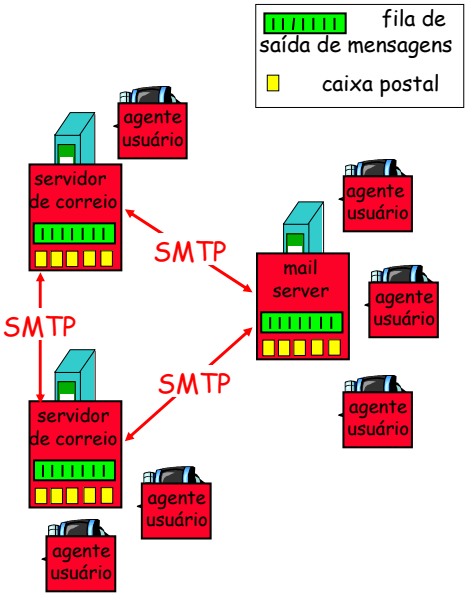
Correio Eletrônico

Três componentes principais:

- agentes de usuário
- servidores de correio
- *simple mail transfer protocol*: smtp

Agente de usuário

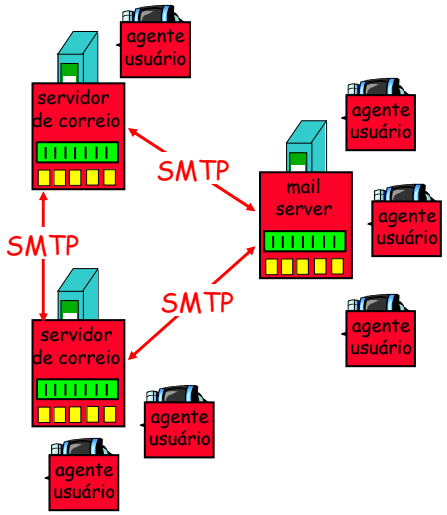
- "leitor de correio"
- composição, edição, leitura de mensagens de correio
- ex., Eudora, Outlook, elm, Netscape Messenger
- mensagens de entrada e de saída são armazenadas no servidor



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 eles
  - 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 trasnferência
  - *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

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
- algumas seqüências de caracteres não são permitidas nas mensagens (ex., `CRLF.CRLF`). Assim mensagens genéricas têm que ser codificadas (usualmente em "base-64" ou "quoted printable")
- Servidor SMTP usa `CRLF.CRLF` para indicar o final da mensagem

Comparação com http:

- http: pull
- email: 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

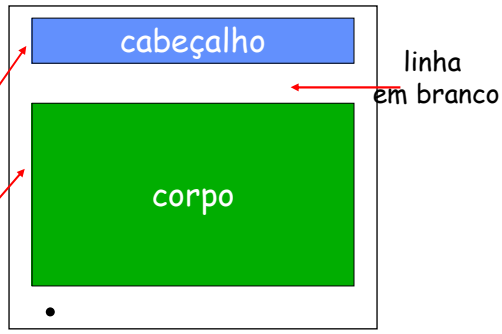
Formato das Mensagens

smtp: protocolo para trocar mensagens de e-mail

RFC 822: padrão para mensagens do tipo texto:

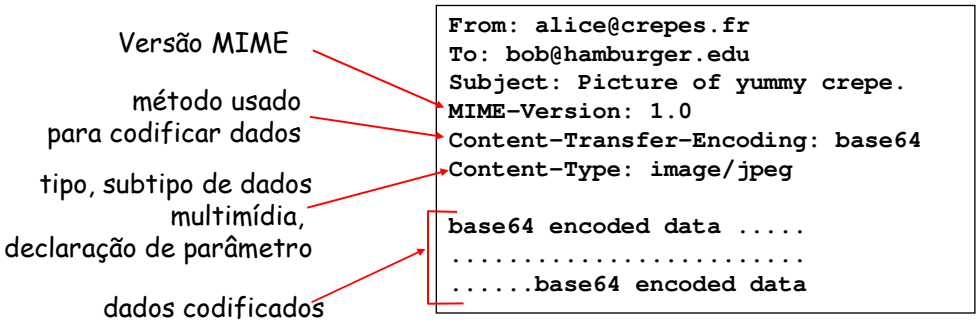
- linhas de cabeçalho, e.g.,
  - To:
  - From:
  - Subject:

  diferente dos comandos SMTP!
- 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



Tipos MIME

Content-Type: tipo/subtipo; parâmetros

Text

- exemplo de subtipos: **plain, html**

Image

- exemplo de subtipos: **jpeg, gif**

Audio

- exemplo de subtipos: **basic** (codificado 8-bit μ-law), **32kadpcm** (codificação 32 kbps)

Video

- exemplo de subtipos: **mpeg, quicktime**

Application

- outros dados que devem ser processados pelo leitor antes de serem apresentados "visualmente"
- exemplo de subtipos: **msword, octet-stream**

Tipo Multiparte

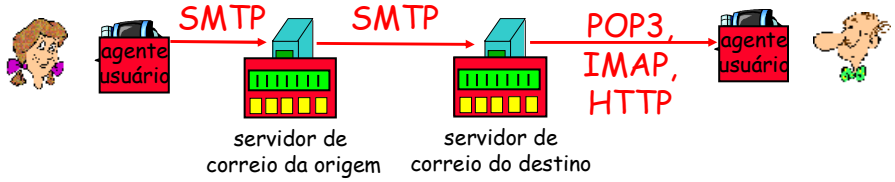
```
From: alice@crepes.fr
To: bob@hamburger.edu
Subject: Picture of yummy crepe.
MIME-Version: 1.0
Content-Type: multipart/mixed; boundary=98766789

--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 e armazenamento no servidor do destino
- Protocolo de acesso: recuperação de mensagens do servidor
  - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
    - autorização (agente <-->servidor) e descarga (*download)*
  - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
    - mais recursos (mais complexo)
    - manipulação de mensagens armazenadas no servidor
  - HTTP: Hotmail , Yahoo! Mail, etc.

rotocolo 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 2 contents>
S: .
C: dele 2
C: quit
S: +OK POP3 server signing off
```

DNS: *Domain Name System*

Pessoas: muitos identificadores:

- RG, nome, passporte

hospedeiros, roteadores Internet :

- endereços IP (32 bit) - usados para endereçar datagramas
- "nome", ex., gaia.cs.umass.edu - usados por humanos

Q: relacionar endereços IP com nomes?

Domain Name System:

- *base de dados distribuída* implementada numa hierarquia de muitos *servidores de nomes*
- *protocolo de camada de aplicação* hospedeiro e roteadores se comunicam com servidores de nomes para *resolver* nomes (tradução nome/endereço)
  - nota: função interna da Internet, implementada como protocolo da camada de aplicação
  - complexidade na "borda" da rede

DNS: *Domain Name System*

Serviços do DNS

- Tradução de nome de hospedeiro para endereço IP
- Apelidos (*aliasing*) de hospedeiros
  - Nomes canônicos e apelidos
- Apelido de servidor de correio eletrônico
- Distribuição de carga
  - Servidores Web replicados: conjunto de endereços IP para um nome canônico

Servidores de Nomes DNS

Porque não centralizar o DNS?

- ponto único de falha
- volume de tráfego
- base de dados distante
- manutenção

Não cresce junto com a rede! (não é "escalável")

- nenhum servidor tem todos os mapeamentos de nomes para endereços IP

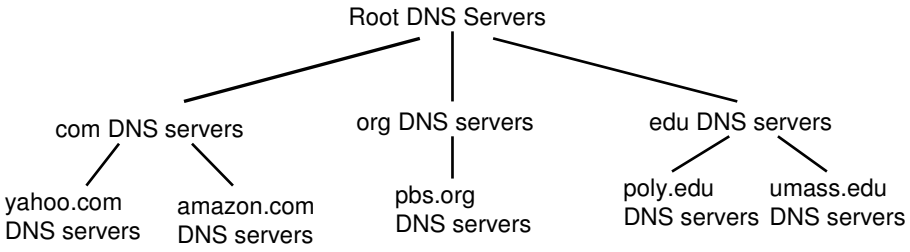
servidores de nomes locais:

- cada ISP ou empresa tem um *servidor de nomes local (default)*
- Consultas dos computadores locais ao DNS vão primeiro para o servidor de nomes local

servidor de nomes com autoridade:

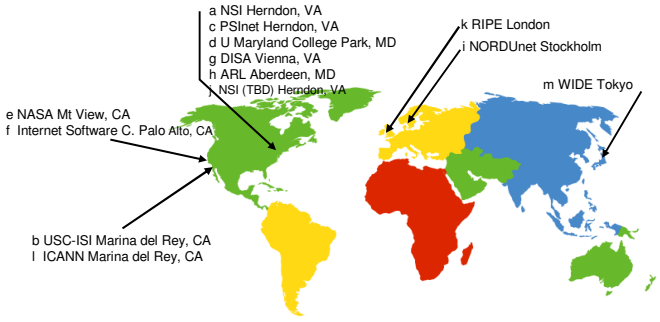
- para um computador: armazena o nome e o endereço IP daquele computador
- pode mapear nomes para endereços para aquele nome de computador

Base de dados distribuída e hierárquica



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 com autoridade 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 servidores com autoridade

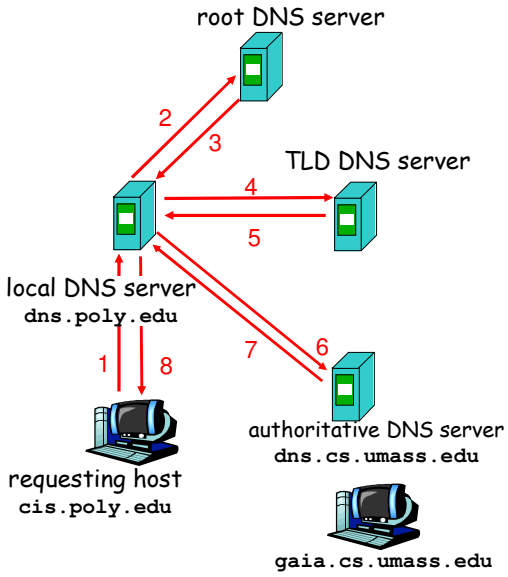
- *Top-level domain (TLD) servers*: responsáveis pelos domínios com, org, net, edu, etc, e todos os domínios de alto nível de domínios de países (br,uk, fr, ca, jp).
- Servidores DNS com autoridade (*Authoritative DNS servers*): servidores DNS das organizações. Fazem o mapeamento de nomes de hospedeiros para para endereços IP para servidores das organizações (ex., Web and *mail*).
  - Podem ser mantidos pela organização ou por um provedor de serviços

Servidor de Nomes Local

- A rigor não pertence à hierarquia
- Cada ISP (ISP residencial, companhia, universidade) tem um.
  - Também chamado de "servidor de nomes *default*"
- Quando um hospedeiro faz uma consulta ao DNS, ela é enviada para o seu servidor local de DNS
  - Funciona como um *proxy*, re-encaminha a consulta na hierarquia

Exemplo

- Hospedeiro em cis.poly.edu quer o IP de gaia.cs.umass.edu



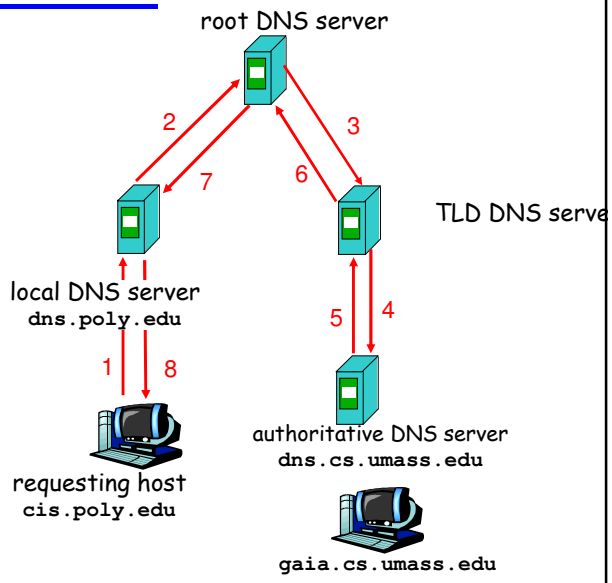
Consultas Recursivas

consulta recursiva :

- deixa o servidor de nomes contatado com a responsabilidade de resolver o nome
- carga elevada?

consulta iterativa:

- Servidor contatado responde com o nome do servidor a contatar
- "Eu não conheço este nome, mas pergunte a este servidor"



DNS: armazenando e atualizando registros

- quando um servidor de nomes aprende um mapeamento, ele o armazena o em um registro to tipo *cache*
  - registros do cache tornam-se obsoletos (desaparecem) depois de um certo tempo
- 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: BD distribuída que armazena registros de recursos (RR)

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

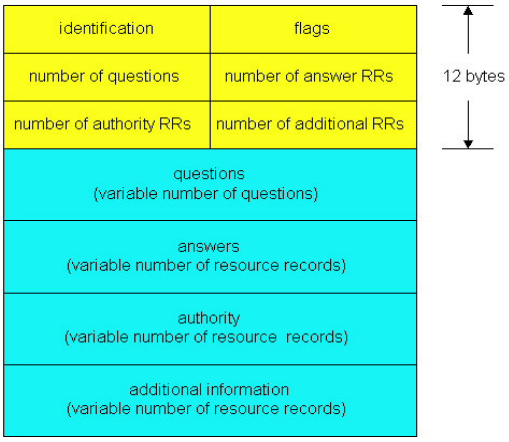
- Type=A
  - **name** é o nome do hospedeiro
  - **value** é o endereço IP
- Type=NS
  - **name** é um domínio (ex. foo.com)
  - **value** é o nome do servidor de nomes com autoridade para este domínio
- Type=CNAME
  - **name** é um "apelido" para algum nome "canônico" (o nome real)
    `www.ibm.com` é realmente `servereast.backup2.ibm.com`
  - **value** é o nome canônico
- Type=MX
  - **value** é o nome canônico do servidor de correio associado com **name**

DNS: protocolo e mensagens

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

cabeçalho da msg

- identificação: número de 16 bit para consulta, resposta usa esse mesmo número
- flags:
  - consulta ou resposta
  - recursão desejada
  - recursão disponível
  - resposta com autoridade



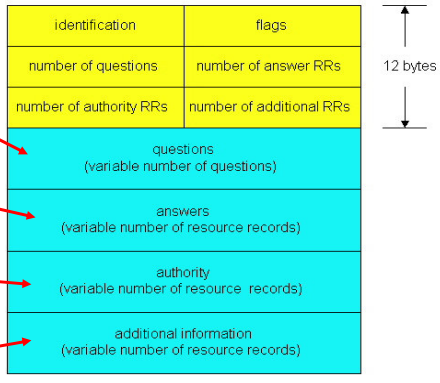
DNS: protocolo e mensagens

Campos de nome e tipo para uma consulta

RRs de resposta a uma consulta

registros para servidores com autoridades

informação adicional que pode ser útil



Inserção de registros no DNS

- Exemplo: criada a empresa "Network Utopia"
- Registro do nome networkuptopia.com em um registro (e.g., Network Solutions)
  - Deve-se fornecer ao registro os nomes e endereços IP dos servidores de nomes com autoridade (primários e secundarios)
  - O registro insere dois RRs no servidor TLD com:

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

- Colocar no servidor com autoridade um registro Tipo A para www.networkuptopia.com e um Tipo MX para networkutopia.com

Compartilhamento de arquivos P2P

Exemplo

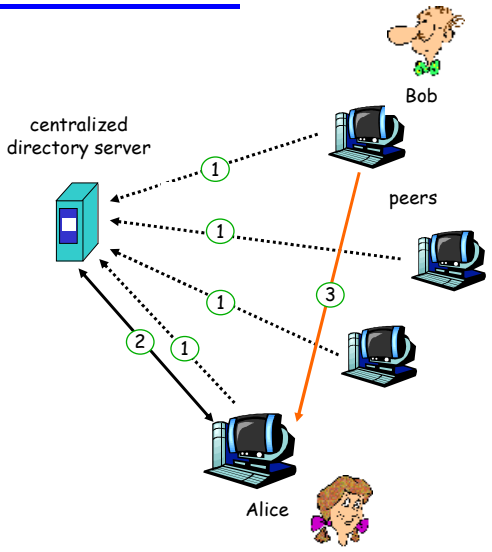
- Alice roda uma aplicação cliente P2P no seu *notebook*
- Intermitentemente conecta-se à Internet; recebe um novo endereço IP para cada conexão
- Procura por "Hey Jude"
- A aplicação mostra outros pares que têm um cópia de "Hey Jude".
- Alice escolhe um dos pares, Bob.
- Arquivo é copiado do PC de Bob PC para o *notebook* de Alice: HTTP
- Enquanto Alice descarrega (*download*), outros usuários carregam (*upload*) a partir do micro de Alice.
- O par de Alice é tanto um cliente Web como um servidor Web transiente.

Todos os pares são servidores = muito escalável!

P2P: diretório centralizado

projeto original do Napster

1) quando um par se conecta, ele informa ao servidor central:
   - IP
   - conteúdo
2) Alice consulta por "Hey Jude"
3) Alice requisita o arquivo de Bob



P2P: problemas com diretórios centralizados

- ❑ Ponto único de falha
- ❑ Gargalo de desempenho
- ❑ Violação dos direitos de cópia (Copyright)

transferência de arquivos é descentralizada, mas a localização de conteúdo é muito centralizada

Inundação de consultas: Gnutella

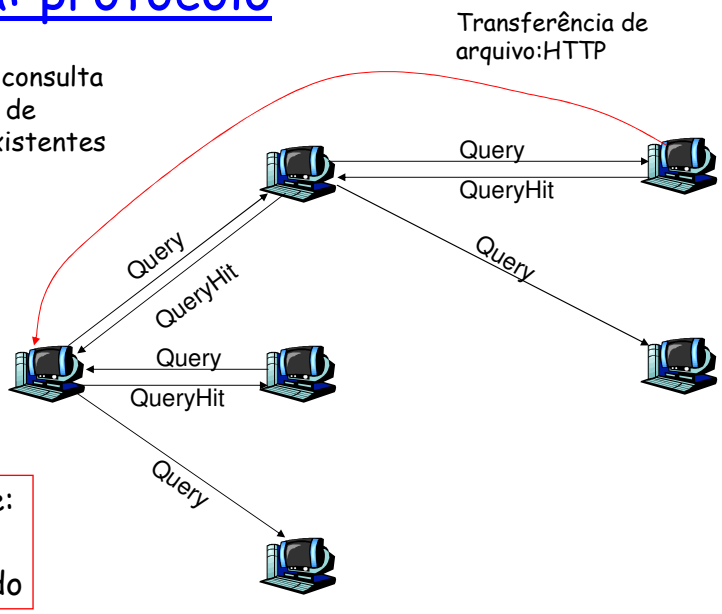
- totalmente distribuída
  - não há servidor central
- protocolo de domínio público
- muitos clientes Gnutella implementam o protocolo

rede de sobreposição (overlay network): grafo

- vértice entre os pares X e Y se houver uma conexão TCP
- todos os pares ativos e vértices formam a rede de sobreposição (*overlay net*)
- vértice não é um enlace físico
- um dado par estará geralmente conectado a < 10 vizinhos de *overlay*

Gnutella: protocolo

- mensagem de consulta enviada através de conexões TCP existentes
- pares re-encaminham mensagens de consulta
- resposta à consulta enviada pelo caminho reverso



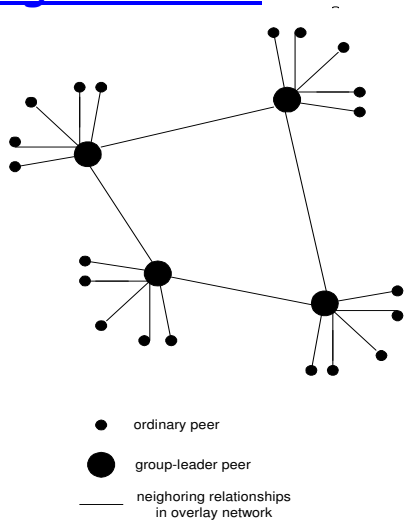
Escalabilidade:
Inundação de escopo limitado

Gnutella: Par juntando-se à rede

1. Um par X juntando-se à rede X deve encontrar outro par na rede in Gnutella : use lista de pares candidatos
2. X seqüencialmente tenta estabelecer uma conexão TCP com pares na lista até conseguir com algum Y
3. X envia uma mensagem Ping a Y; Y re-encaminha essa mensagem.
4. Todos os pares que receberem a mensagem Ping respondem com uma mensagem Pong
5. X recebe várias mensagens Pong. Ele podem então estabelecer conexões TCP adicionais

Explorando a heterogeneidade: KaZaA

- Cada par ou é um líder de grupo ou é associado a um grupo de líder.
  - conexão TCP entre o par e o líder do grupo.
  - conexões TCP entre alguns lideres de grupos.
- O líder de um grupo acompanha o conteúdo de todos os seus filhos.



KaZaA: Consulta

- Cada arquivo tem um código de *hash* e um descritor
- Cliente envia consulta ao seu lider de grupo
- Líder de grupo responde com "casamentos" (*matches*):
  - Para cada casamento: metadados, *hash*, IP
- Se o líder do grupo reencaminhar consultas para outros líderes, eles respondam com os casamentos
- O cliente seleciona então os arquivos para descarregar
  - requisições HTTP usando o identificador de *hash* enviado pelos pares que têm o arquivo desejado

Kazaa: truques

- Limitações no número de cargas (*uploads*) simultâneas.
- Fila de requisições
- Prioridades de incentivo
- Descarga paralela

Capítulo 2: Sumário

- Arquiteturas de aplicações
  - Cliente-servidor
  - P2P
  - híbrida
- Requisitos de serviços de aplicação:
  - confiabilidade, largura de banda, retardo
- Modelo de serviços de transporte da Internet
  - Orientado a conexões, confiável: TCP
  - Não confiável, datagramas: UDP
- Protocolos específicos:
  - HTTP
  - FTP
  - SMTP, POP, IMAP
  - DNS

Capítulo 2: Sumário

Mais importante: aprendizado sobre *protocolos*

- Troca típica de mensagens do tipo requisição /resposta:
  - cliente requisita informação ou serviço
  - Servidor responde com dados ou código de status
- Formatos de mensagens:
  - cabeçalhos: campos contendo informação sobre os dados
  - dados: informação sendo comunicada
- Mensagens de controle vs. mensagens de dados
  - dentro / fora da banda (*in-band, out-of-band*)
- centralizado vs. descentralizado
- com estado vs. sem estado (*stateless vs. stateful*)
- Transferência de mensagens confiável vs. não confiável
- "complexidade nas bordas da rede"