Aula 7 - DNS, P2P

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores I

Material adaptado a partir dos slides originais de J.F Kurose and K.W. Ross.

Revisão da Última Aula...

- **Cookies:**
  - Artifício para armazenar estado.
  - **Pequenos** pedaços de informação **pelo cliente.**
  - Servidor pede ao cliente que armazene cookie.
  - Cliente envia cookies em todas as requisições para o servidor.
  - Normalmente, cookie guarda ID do usuário.
- Web caches:
  - Cache para conteúdos web.
  - Evita requisição para fora da rede.
  - Reduz uso do enlace de acesso.
  - Reduz atraso na resposta à requisição.
  - Pode ocasionar **inconsistência dos dados**.
- **FTP:** transferência de arquivos.
- **Comunicação fora-de-banda.**
  - *i.e.*, controle separado dos dados.
- E-mail:
  - Componentes: *user agent*, servidor, SMTP.
  - SMTP: protocolo de envio de e-mail.
    - Cliente para servidor e servidor para servidor.
    - Mensagens ASCII.
    - Roda sobre TCP, porta 25.
- POP3 e IMAP.
  - Acesso, gerenciamento da caixa de entrada.
  - POP3 é mais simples, IMAP mais complexo.

DNS

DNS: *Domain Name System*

- **Pessoas:** muitos identificadores.
  - CPF, RG, # de passaporte, ...
- **Hosts e roteadores na Internet:**
  - Endereço IP (# de 32 bits) usado para endereçar datagramas.
  - "Nome", *e.g.*, `www.yahoo.com`, usado por humanos.
- **Pergunta:** como mapear nomes para seus respectivos IPs e vice-versa?

- **Domain Name System (DNS):**
  - **Base de dados distribuída:** implementada em uma hierarquia de múltiplos **servidores de nomes**.
  - **Protocolo da camada de aplicação:** *hosts* e servidores de nome se comunicam para **resolver** nomes (tradução entre nome e endereço IP).
    - Note: função fundamental da Internet implementada como protocolo de aplicação.
    - Complexidade nas bordas.

DNS: Serviços, Estrutura

- **Serviços do DNS**:
  - Tradução de nomes de *hosts* para endereços IP.
  - *Host aliasing*.
    - Atribuição de “apelidos”.
    - *Host* possui **nome canônico** e, possivelmente, vários apelidos.
  - *Aliasing* de servidores de e-mail.
  - Balanceamento de carga.
    - Servidores web replicados.
    - Cada servidor com seu IP.
    - Mas o mesmo nome associado a vários IPs.

- **Por que não um DNS centralizado?**
  - Ponto único de falha.
  - Concentração de grande volume de tráfego.
  - Base de dados centralizada distante.
  - Manutenção.

Em suma: **não escala!**

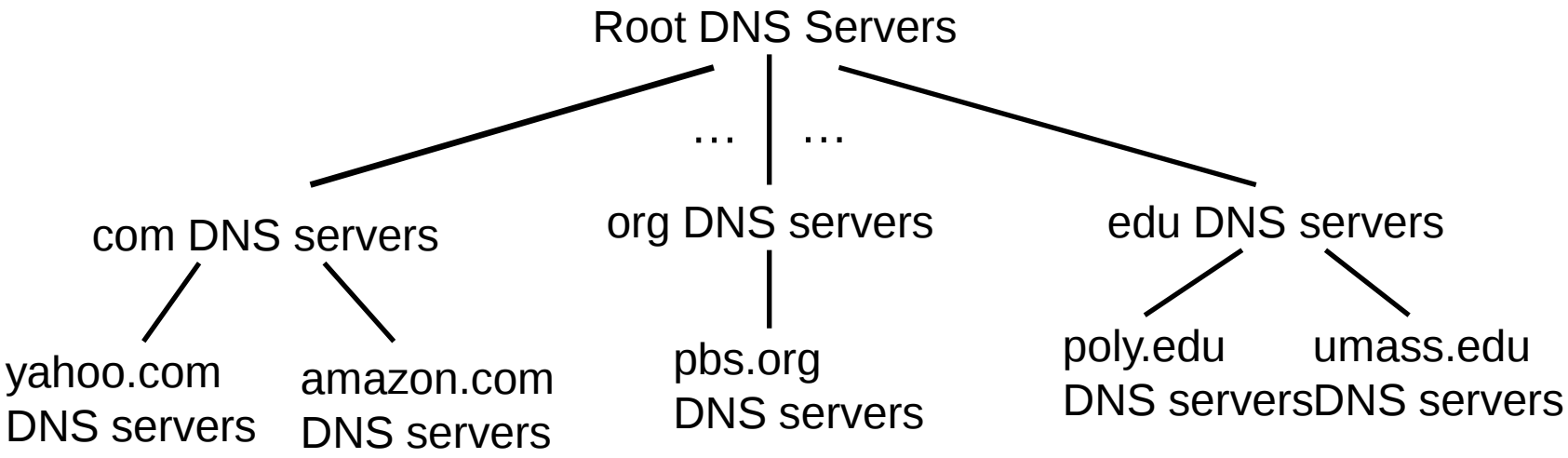
DNS: Balanceamento de Carga

- Aplicação (ping) requisita resolução de nome `www.google.com`:
  - Primeiras execuções associam nome a `216.58.222.100`.
  - Eventualmente, respostas diferentes: `216.58.222.68`.

Alias (Apelidos)

- Primeira resolução para o nome `www.midiacom.uff.br`:
  - Nome associado ao IP `200.20.10.93`.
- Segunda resolução para `mesbla.midiacom.uff.br`:
  - Associado ao mesmo IP!.

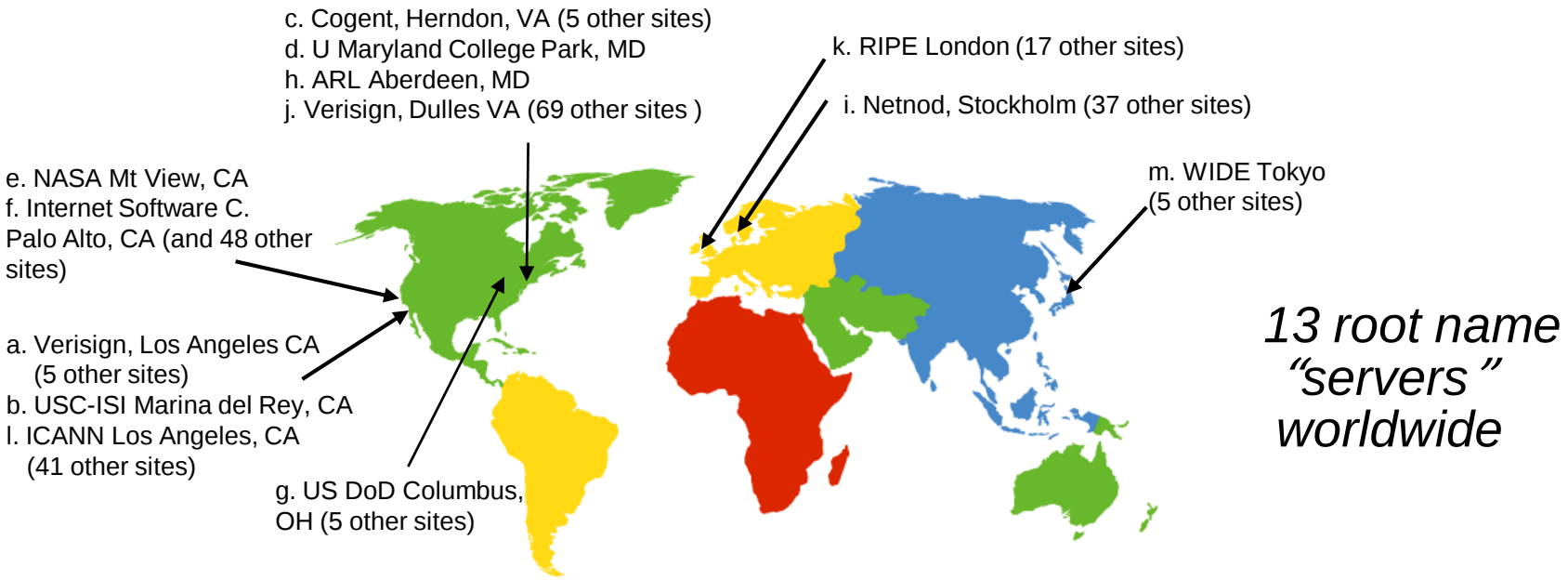
DNS: Uma Base de Dados Hierárquica e Distribuída



- **Cliente quer IP de `www.amazon.com`. Primeira abordagem:**
  - Cliente pergunta ao servidor raiz a localização do DNS do **domínio** `.com`.
  - Cliete pergunta ao servidor DNS do domínio `.com` a localização do servidor DNS do domínio `amazon.com`.
  - Cliete pergunta ao servidor DNS do domínio `amazon.com` pelo endereço IP do *host* `www.amazon.com`.

DNS: Servidores Raiz

- Conhecem os servidores TLD.
- Contactados (principalmente) quando se deseja saber o DNS de um TLD.
- Poucos “servidores” no mundo.
  - Embora cada um seja composto por vários computadores espalhados pelo mundo.



TLD, Servidores Autoritativos

- **Servidores *Top-Level Domain* (TLD):**
  - TLD: `.org, .net, .com, .edu`, ..., `.br, .uk, .jp`, ...
  - Cada TLD tem seu servidor DNS específico.
  - A Network Solutions mantém servidores DNS para o TLD `.com`.
  - A Registro.br mantém o DNS para o TLD `.br`.
- **Servidores autoritativos:**
  - Servidor de DNS de uma organização específica.
  - Provê mapeamentos para os endereços IP da organização e seus nomes de *host*.
  - Pode ser gerenciado pela própria organização ou por um provedor de serviço.

TLDs

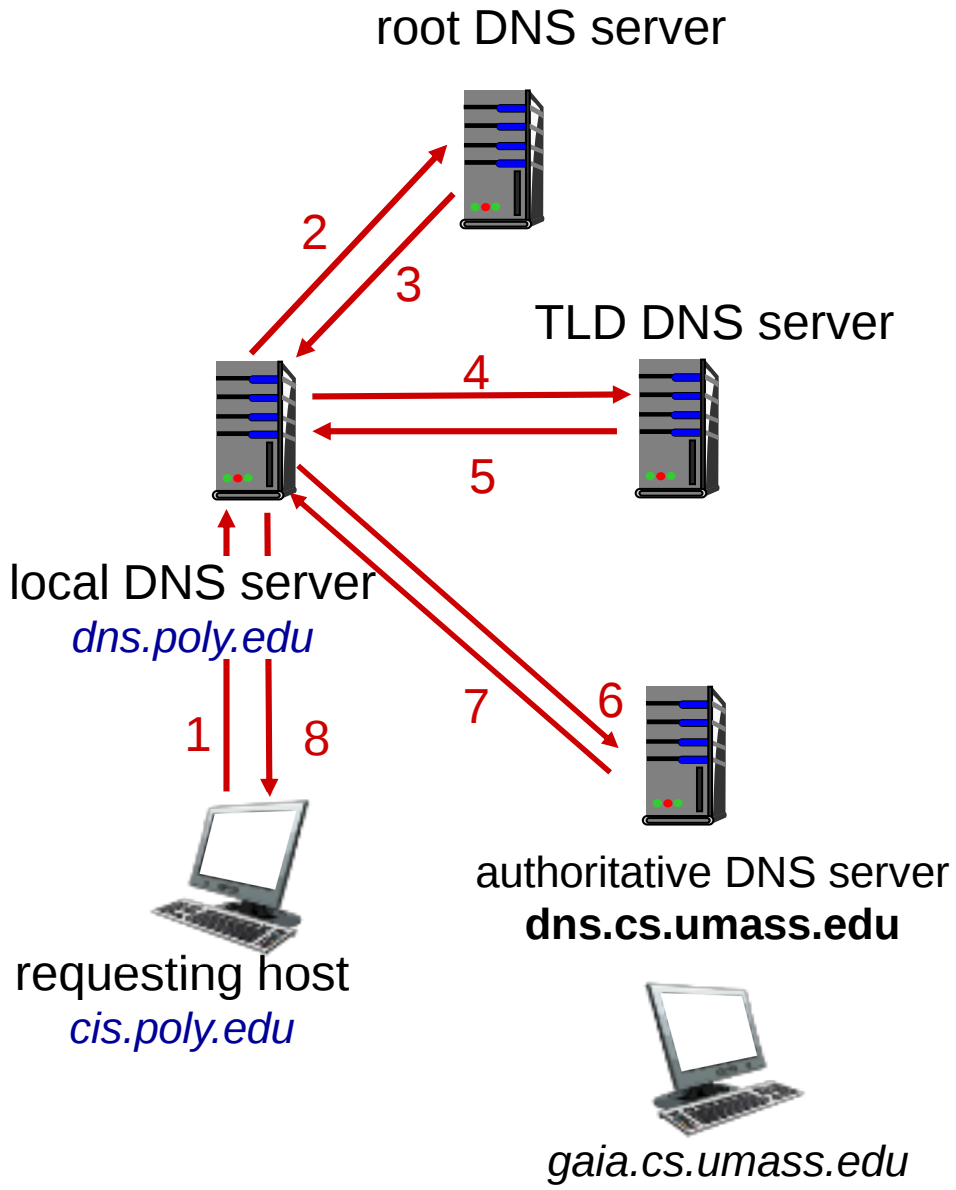
- Primeira resolução para o nome `www.google.com`:
  - Como esperado, bem sucedido.
  - TLD `.com`
- Segunda resolução para `com.google`:
  - Nome parece invertido: primeiro TLD, depois nome da organização.
  - Mas resolução é bem sucedida de qualquer forma!
  - Por que?
    - Atualmente, `.google` é um TLD.
    - Dentro deste TLD, há um *hostname* chamado `com`.

Servidores DNS Locais

- Estritamente falando, não fazem parte da hierarquia.
- Cada ISP (residencial, empresas, universidades) normalmente tem um.
  - Também chamado de "DNS padrão".
- Quando o *host* faz uma requisição DNS, esta é enviada para o seu servidor DNS local.
  - Geralmente, possui um cache para mapeamentos realizados recentemente (mas o mapeamento pode não ser mais válido!).
  - Atua como um *proxy*, encaminhando requisições para a hierarquia.

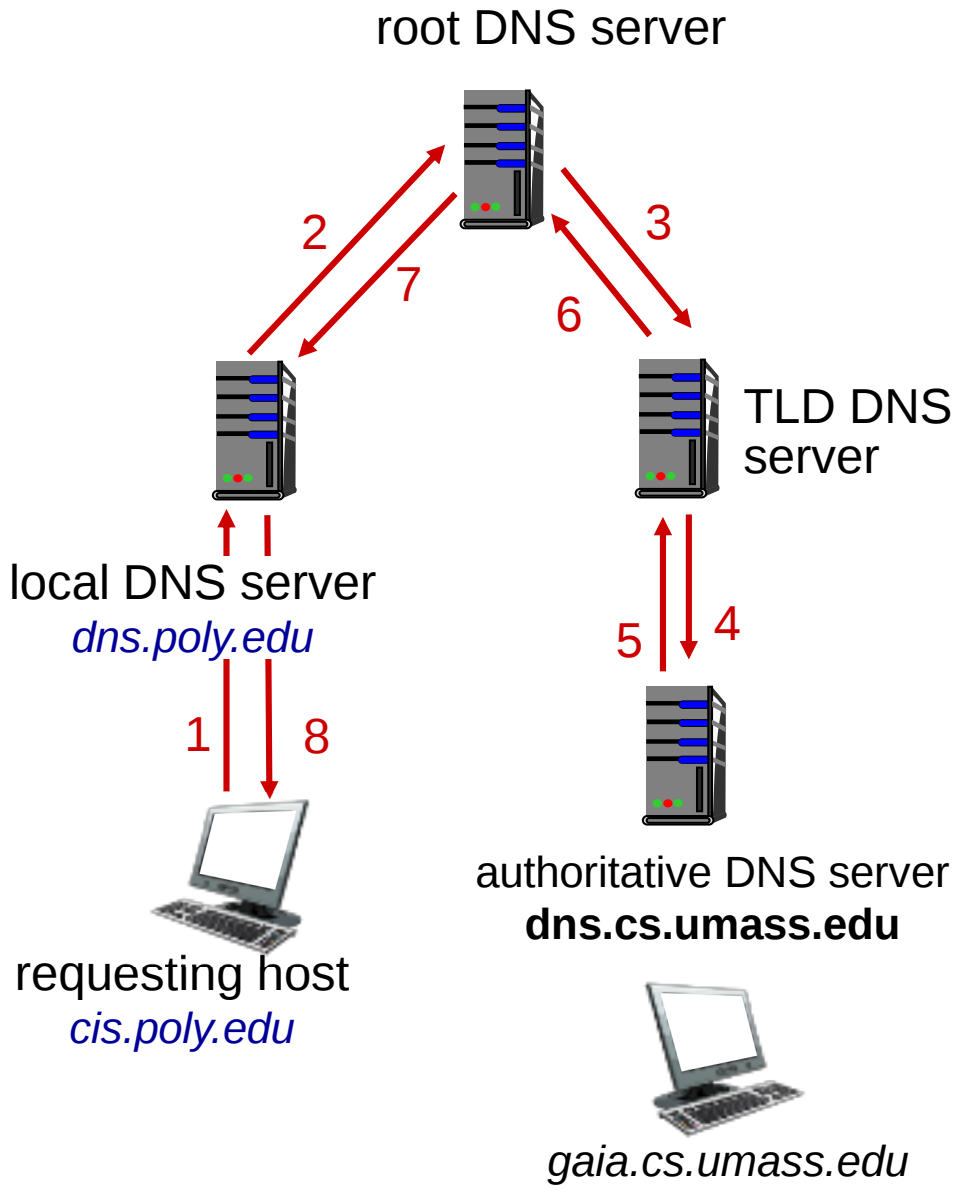
Exemplo de Resolução de Nome Usando DNS (I)

- *Host* em `cis.poly.edu` quer o IP de `gaia.cs.umass.edu`.
- **Método iterativo:**
  - Servidor contactado retorna nome de outro servidor a ser contactado.
  - "Eu não conheço este nome, mas pergunte para este outro servidor".



Exemplo de Resolução de Nome Usando DNS (II)

- **Modo recursivo:**
  - Coloca o fardo da resolução do nome no servidor contactado.
  - Alta carga nos níveis mais altos da hierarquia?



DNS: Cache, Atualização de Registros

- Uma vez aprendido um mapeamento, um servidor de nomes (qualquer) **o armazena em cache.**
  - Entradas na cache tem uma data de expiração (TTL).
    - *i.e.*, são jogadas fora depois de algum tempo.
  - Servidores TLD tipicamente presentes na cache.
    - Logo, servidores raiz raramente visitados.
- Entradas na cache podem ficar **desatualizadas**.
  - Serviço de tradução de melhor esforço!
  - Se *host* tem IP alterado, restante da Internet pode não ficar sabendo até que TTLs expirem.
- Há propostas para mecanismos de atualização/notificação.
  - *e.g.*, RFC 2136.

Registros de DNS

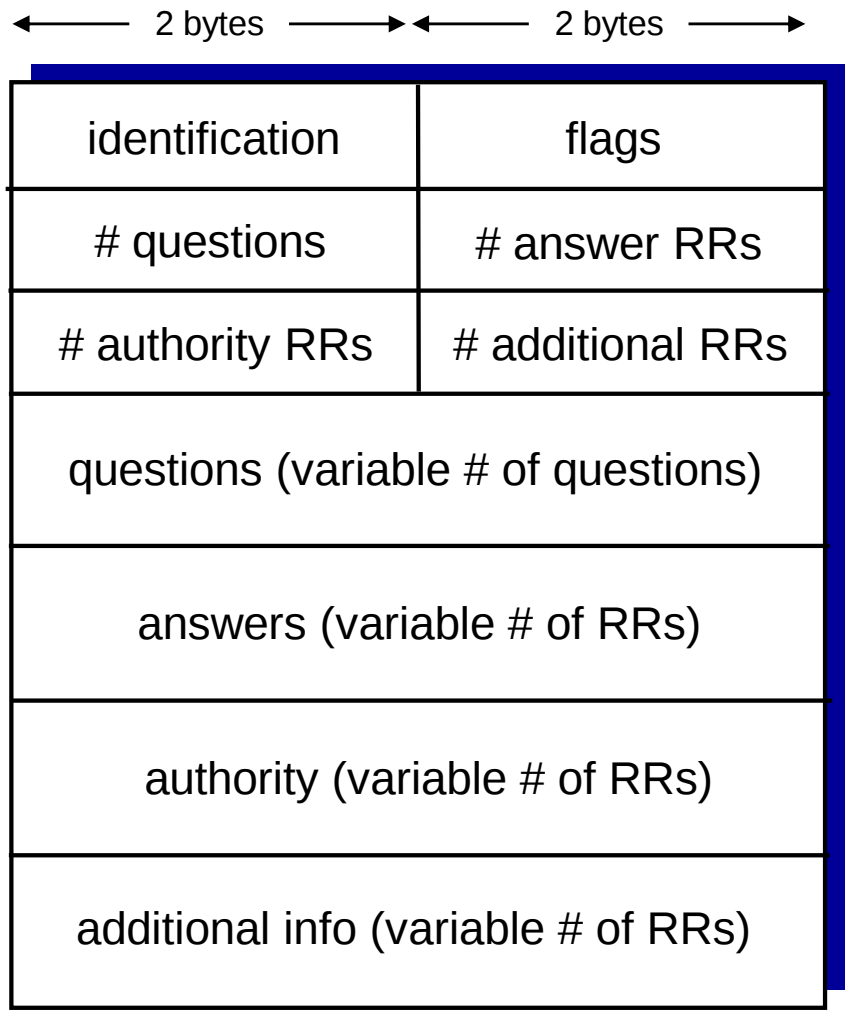
- **DNS:** base de dados distribuída que armazena *Resource Records* **(RR)**.

Formato de um RR: (nome, valor, tipo, TTL)

- **Tipo=A**
  - **nome** é um nome de um *host*.
  - **valor** é o endereço IP.
- **Tipo=NS**
  - **nome** é um domínio (*e.g.*, `foo.com`).
  - **valor** é o **nome do host** do servidor DNS autoritativo para este domínio.
- **Tipo=CNAME**
  - **nome** é um apelido para um *host*.
  - **value** é o **nome canônico**.
  - *e.g.*, `www.midiacom.uff.br` é um apelido para `mesbla.midiacom.uff.br`.
- **Tipo=MX**
  - **valor** é o **nome do host** que funciona como servidor de e-mail do domínio associado ao **nome**.

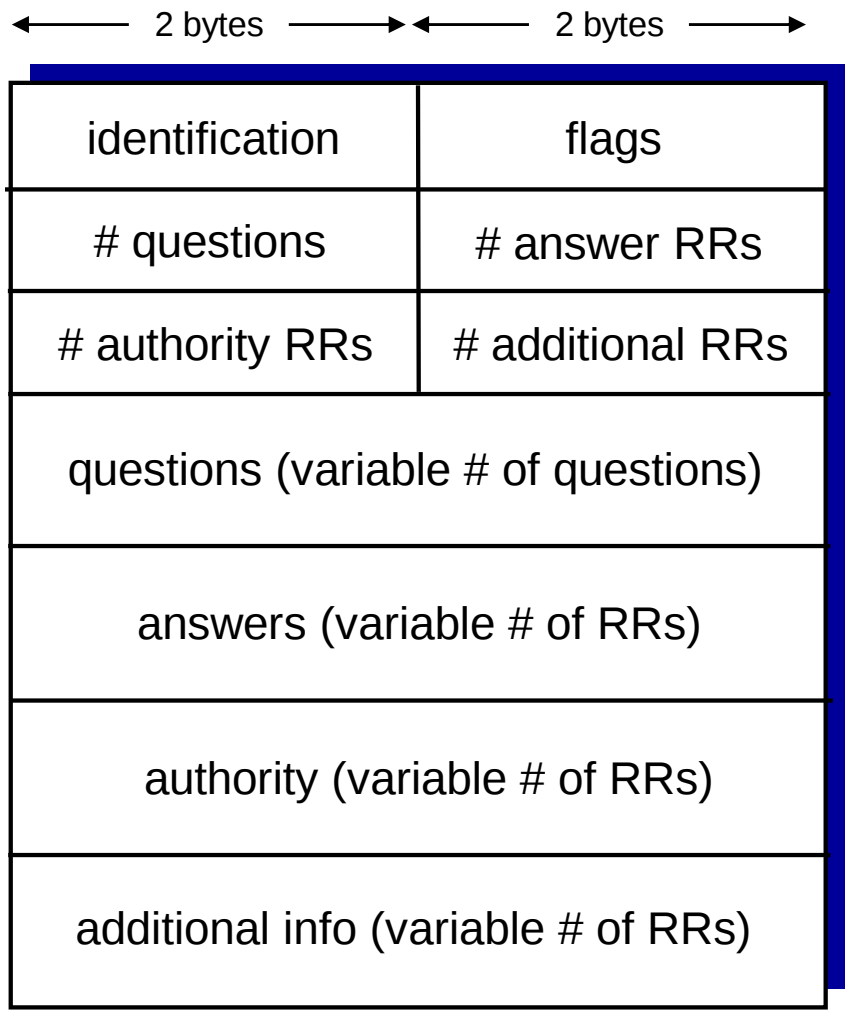
DNS: Protocolo e Mensagens (I)

- Mensagens de **requisição** e **resposta** têm o mesmo **formato**.
- Cabeçalho das mensagens:
  - **Identificação**: # de 16 bits para requisição; resposta utiliza mesmo # da requisição a que responde.
  - **Flags**:
    - Requisição ou resposta.
    - Modo recursivo é desejado.
    - Modo recursivo está disponível.
    - Resposta é autoritativa.



DNS: Protocolo e Mensagens (II)

- Campo das consultas:
  - Múltiplas consultas possíveis em uma mesma requisição.
  - Informa nomes, tipos dos campos nas requisições.
- Campo das respostas:
  - Múltiplas respostas possíveis em uma mesma mensagem.



Inserindo Registros no DNS

- Exemplo: nova empresa chamada “Network Utopia”.
- Registro do domínio networkutopia.com com a entidade de registro de nomes.
  - *e.g.*, Network Solutions.
  - Necessário prover nomes e IPs dos servidores de nome autoritativos do novo domínio (primário e secundário).
  - Entidade de registro insere dois RRs na base do servidor de DNS TLD `.com`:
    - `(networkutopia.com, dns1.networkutopia.com, NS)`.
    - `(dns1.networkutopia.com, 212.212.212.1, A)`.
- No DNS autoritativo, são criadas RRs do tipo A para `www.networkutopia.com` e do tipo MX para o domínio.

Registro de um Domínio

- Usamos a ferramenta `dig` para fazer consultas ao DNS.
- Consulta inicial do tipo NS ao domínio `uff.br`.
  - Resultado: três entradas listando servidores de DNS autoritativos.
- Segunda consulta: entrada do tipo A para `server.uff.br`.
  - Resultado: endereço IP do servidor.
- Note que respostas **não são autoritativas**.
  - Possivelmente um cache do servidor DNS local utilizado.

Respostas Autoritativas *vs.* Não-autoritativas

- Mesma consulta repetida duas vezes:
  - Do tipo A para nome `www.midiacom.uff.br`.
- Inicialmente, usamos um servidor local qualquer.
  - Resultado: resposta **não-autoritativa**.
  - Possivelmente cache (pode estar desatualizada!).
- Segunda tentativa: usamos um dos servidores de DNS de `uff.br` como "servidor local"
  - Resultado: **resposta autoritativa**.

DNS e E-mail

- Como servidor de e-mail do remetente sabe qual o servidor de e-mail do destinatário?
  - Endereço de e-mail associado a um domínio.
  - *e.g.* `user@exemplo.com`.
  - Servidor do remetente faz consulta do tipo MX a domínio do destinatário.
- Consulta do tipo MX retorna um **nome**
  - Ainda precisa de uma nova resolução.
  - Consulta do tipo A.

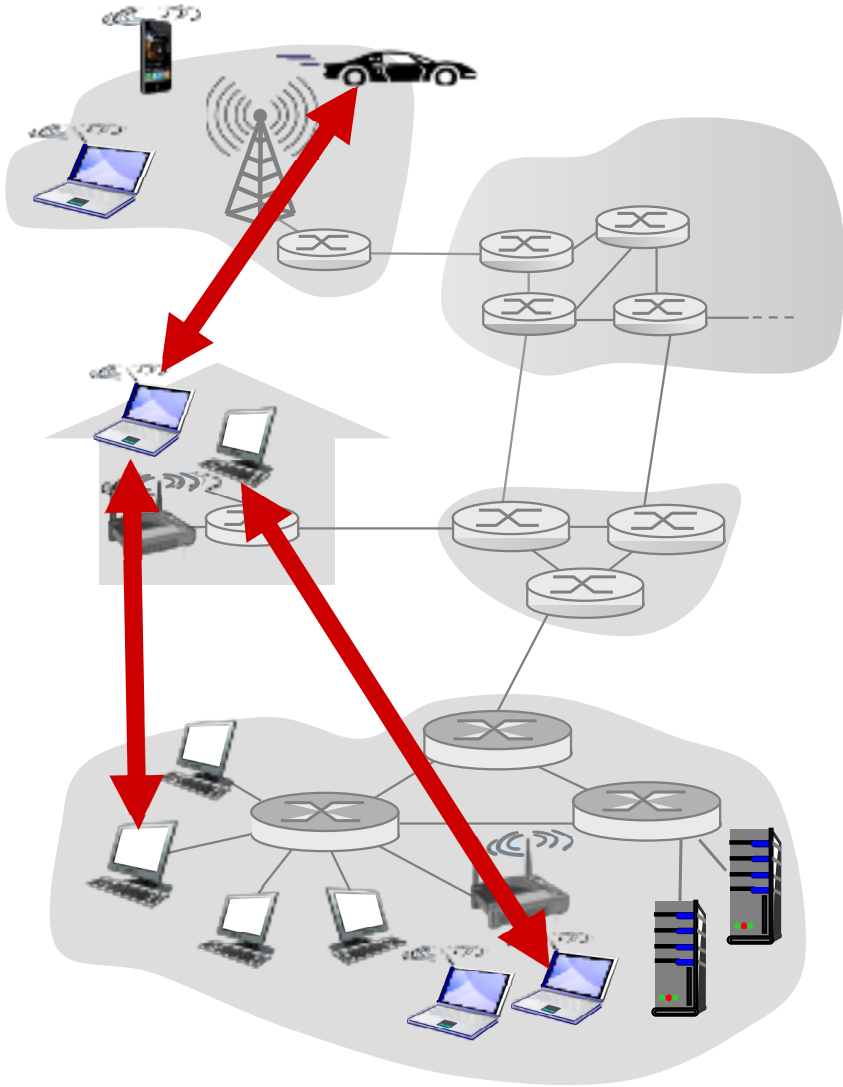
Atacando o DNS

- **Ataques de DDoS:**
  - Bombardear servidores raiz com tráfego.
    - Até hoje, não foi bem sucedido.
    - Técnicas de filtro de tráfego.
    - Servidores de DNS locais fazem cache dos IPs dos servidores TLD, evitam acessos ao servidores raiz.
  - Bombardear servidores TLD.
    - Potencialmente mais perigoso.
- **Ataques de redirecionamento:**
  - Homem-no-meio.
    - Intercepta requisições.
  - Envenenamento do DNS.
    - Envia respostas adulteradas para servidor de DNS, que faz cache das informações.
- **Exploração do DNS para DDoS:**
  - Envia requisições com IP de origem forjado (IP da vítima).
  - Requer amplificação.

Aplicações P2P

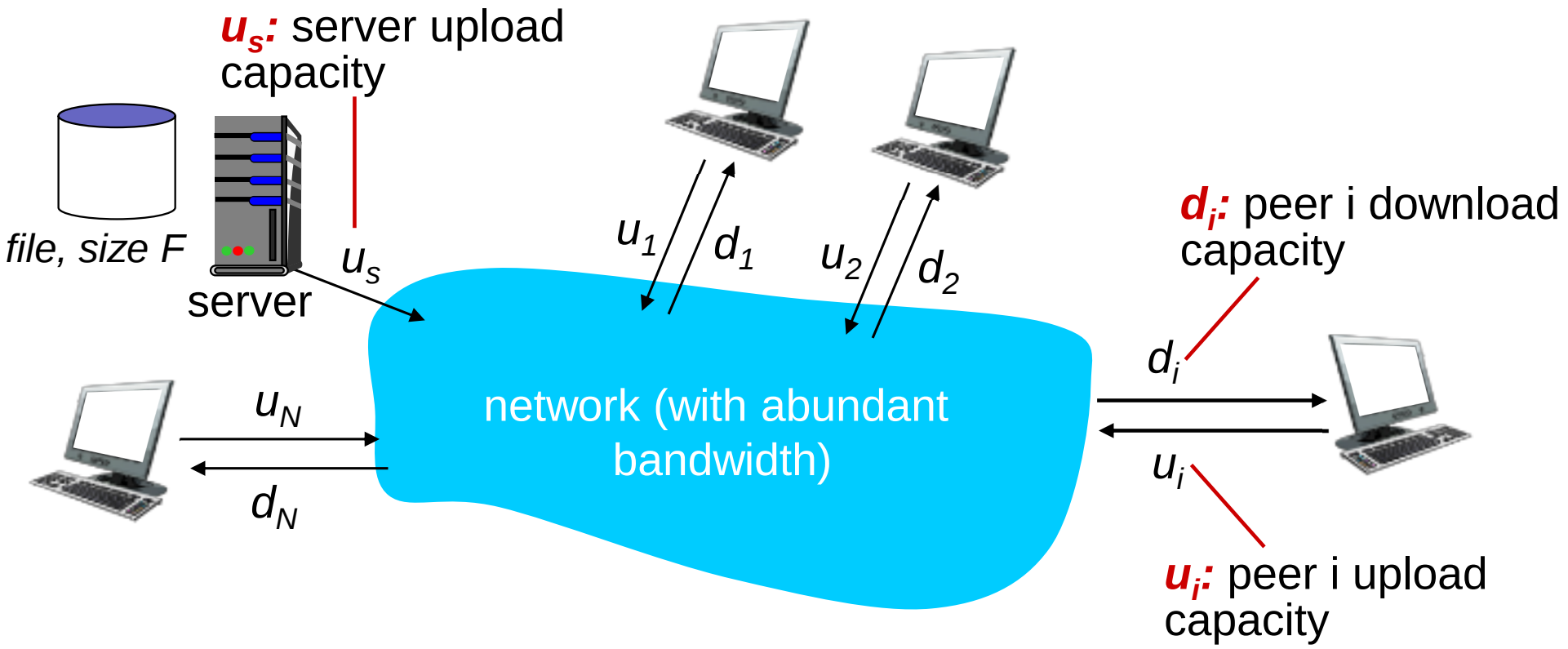
Arquitetura P2P Pura

- Não há servidor sempre ligado.
- Sistemas finais arbitrários se comunicam diretamente.
- Pares se conectam à rede P2P de forma intermitente, podem trocar de endereço IP.
- **Exemplos:**
  - Distribuição de arquivos (*e.g.*, BitTorrent).
  - *Streaming* (*e.g.*, KanKan).
  - VoIP (*e.g.*, Skype).

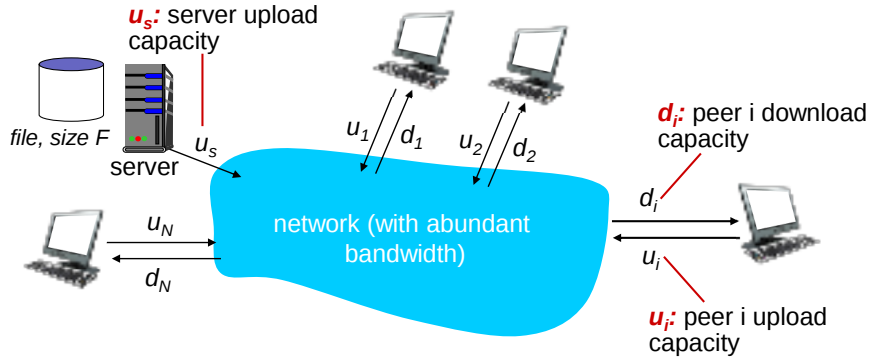


Distribuição de Arquivos: Cliente–Servidor *vs.* P2P

- **Pergunta:** quanto tempo é necessário para distribuir um arquivo (tamanho F) de um servidor para N clientes?
  - Capacidades de *download/upload* dos clientes é um recurso limitado.



Distribuição de Arquivos: Cliente–Servidor



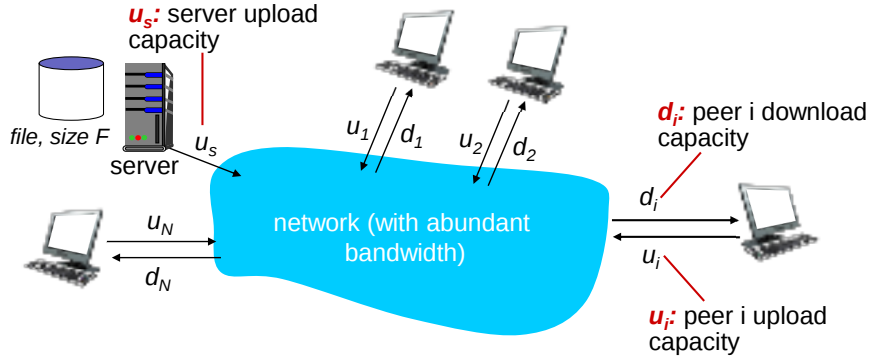
- **Transmissão pelo servidor:** precisa enviar (*upload*) **sequencialmente** N cópias do arquivo.
  - Tempo para enviar uma cópia: $\frac{F}{u_s}$.
  - Tempo para enviar N cópias: $\frac{N \cdot F}{u_s}$.
- **Cliente:** cada cliente precisa receber (*download*) sua cópia do arquivo.
  - d_{min} = capacidade de *download* mínima entre todos os clientes.
  - Tempo máximo de *download* entre os clientes: $\frac{F}{d_{min}}$.

Tempo para distribuir arquivo de tamanho F para N clientes utilizando abordagem Cliente–Servidor

$$D_{C-S} = max\left\{\frac{N \cdot F}{us}, \frac{F}{d_{min}}\right\}$$

Distribuição de Arquivos: P2P

- **Transmissão pelo servidor:** precisa enviar (*upload*) **ao menos uma cópia**.
  - Tempo para enviar uma cópia: $\frac{F}{u_s}$.
- **Cliente:** cada cliente precisa receber (*download*) sua cópia do arquivo.
  - Tempo máximo de *download* entre os clientes: $\frac{F}{d_{min}}$.



- **Clientes:** em conjunto, clientes farão *download* de $N \cdot F$ bits.
  - Taxa máxima de *upload* (que limita taxa de *download*) é $u_s + \sum u_i$.

Tempo para distribuir arquivo de tamanho F para N clientes utilizando abordagem P2P

$$D_{P2P} = max\left\{\frac{F}{us}, \frac{F}{d_{min}}, \frac{N \cdot F}{u_s + \sum u_i}\right\}$$

Distribuição de Arquivos: Comparação (I)

- Caso Cliente–Servidor:

$$D_{C-S} = max\left\{\frac{N \cdot F}{us}, \frac{F}{d_{min}}\right\}$$

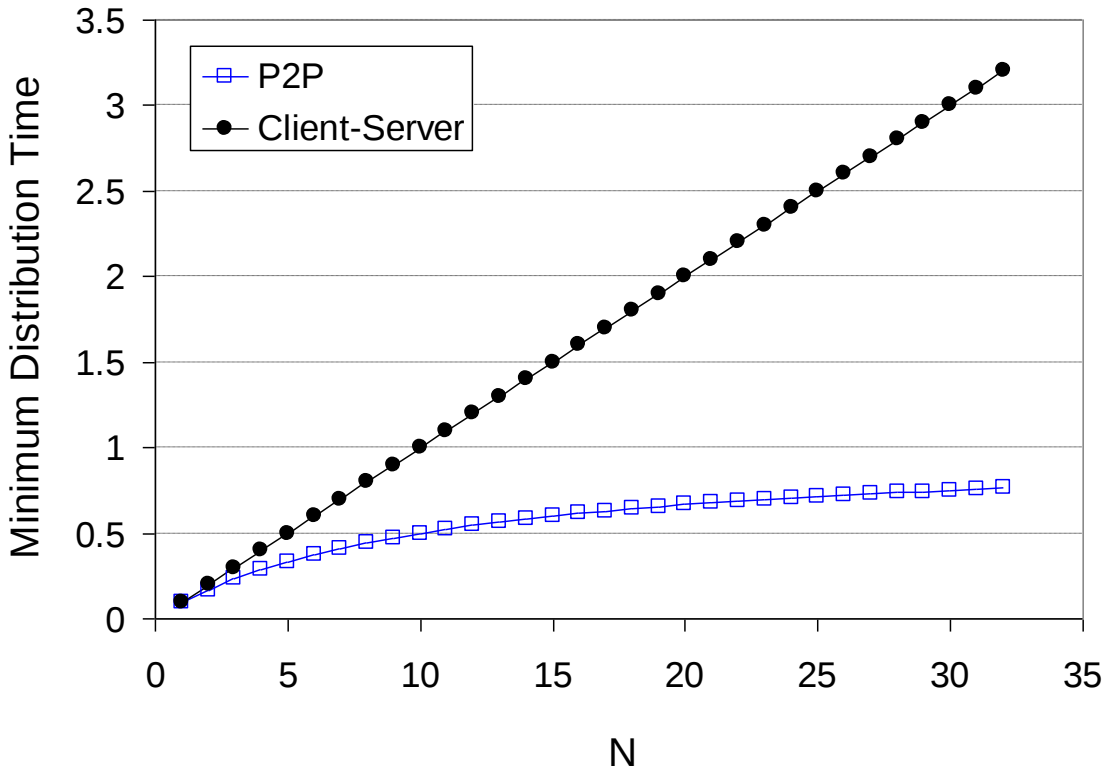
  - Demanda cresce linearmente com N.
  - Capacidade do servidor é fixa.
- Caso P2P:

$$D_{P2P} = max\left\{\frac{F}{us}, \frac{F}{d_{min}}, \frac{N \cdot F}{u_s + \sum u_i}\right\}$$

  - Demanda aumenta linearmente com N.
  - Mas também a capacidade de *upload*.
  - Resultado: **tempo de distribuição cresce, mas de forma mais escalável.**

Distribuição de Arquivos: Comparação (II)

- Exemplo numérico:
  - $\frac{F}{u}$ = 1 hora.
  - Capacidade de *upload* do servidor 10x maior que dos clientes.
  - $d_{min} \geq us$.

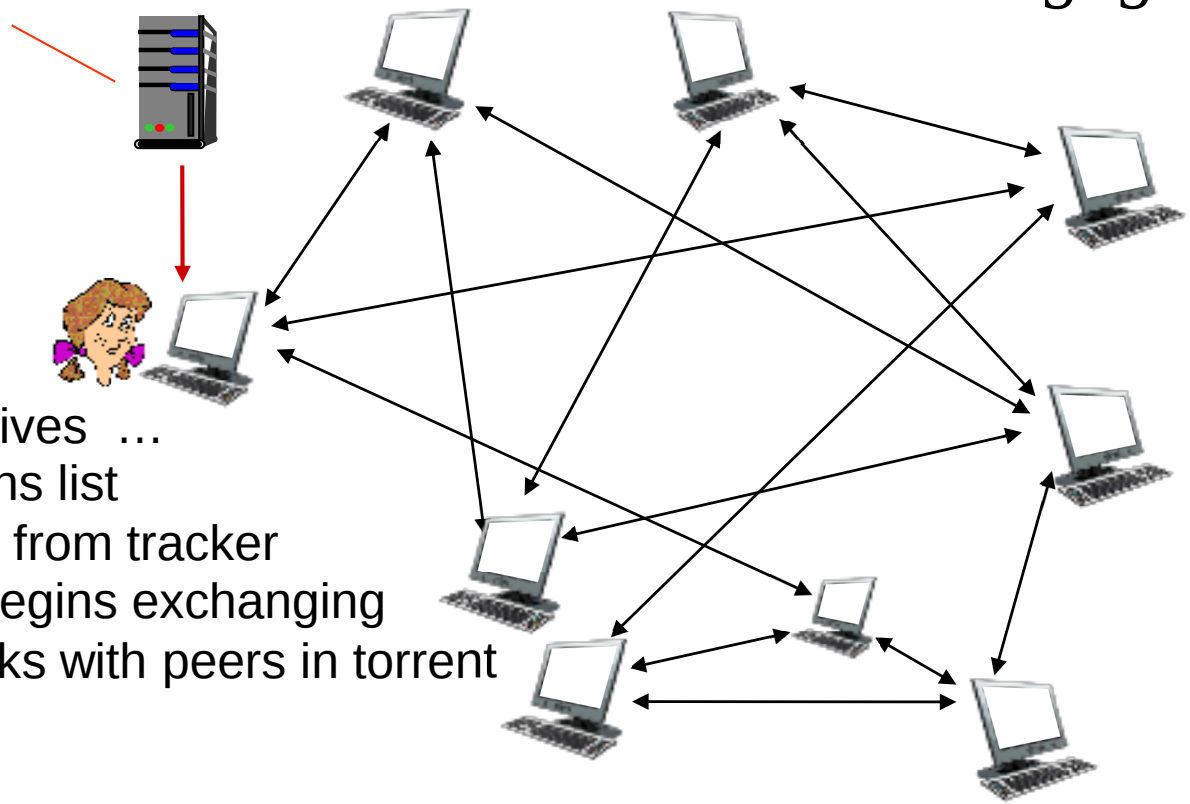


Distribuição de Arquivos P2P: Exemplo do BitTorrent (I)

- Arquivo dividio em pedaços de (normalmente) 256KB.
- Pares no torrent enviam/recebem pedaços do arquivo.

tracker: tracks peers participating in torrent

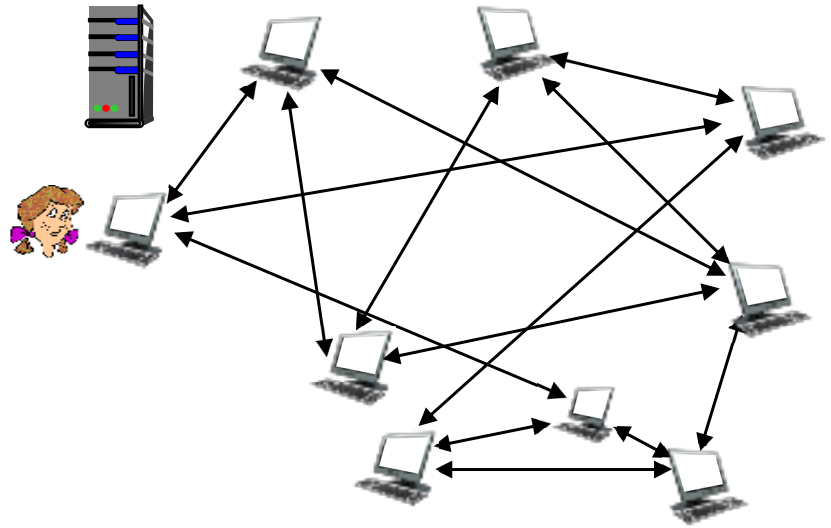
torrent: group of peers exchanging chunks of a file



Alice arrives …
… obtains list
of peers from tracker
… and begins exchanging
file chunks with peers in torrent

Distribuição de Arquivos P2P: Exemplo do BitTorrent (II)

- Par se junta ao torrent:
  - Não possui nenhum pedaço, mas os acumulará com o tempo de outros pares.
  - Se registra com o *tracker* para obter uma lista de pares, se conecta a um subconjunto dos pares (“vizinhos”).



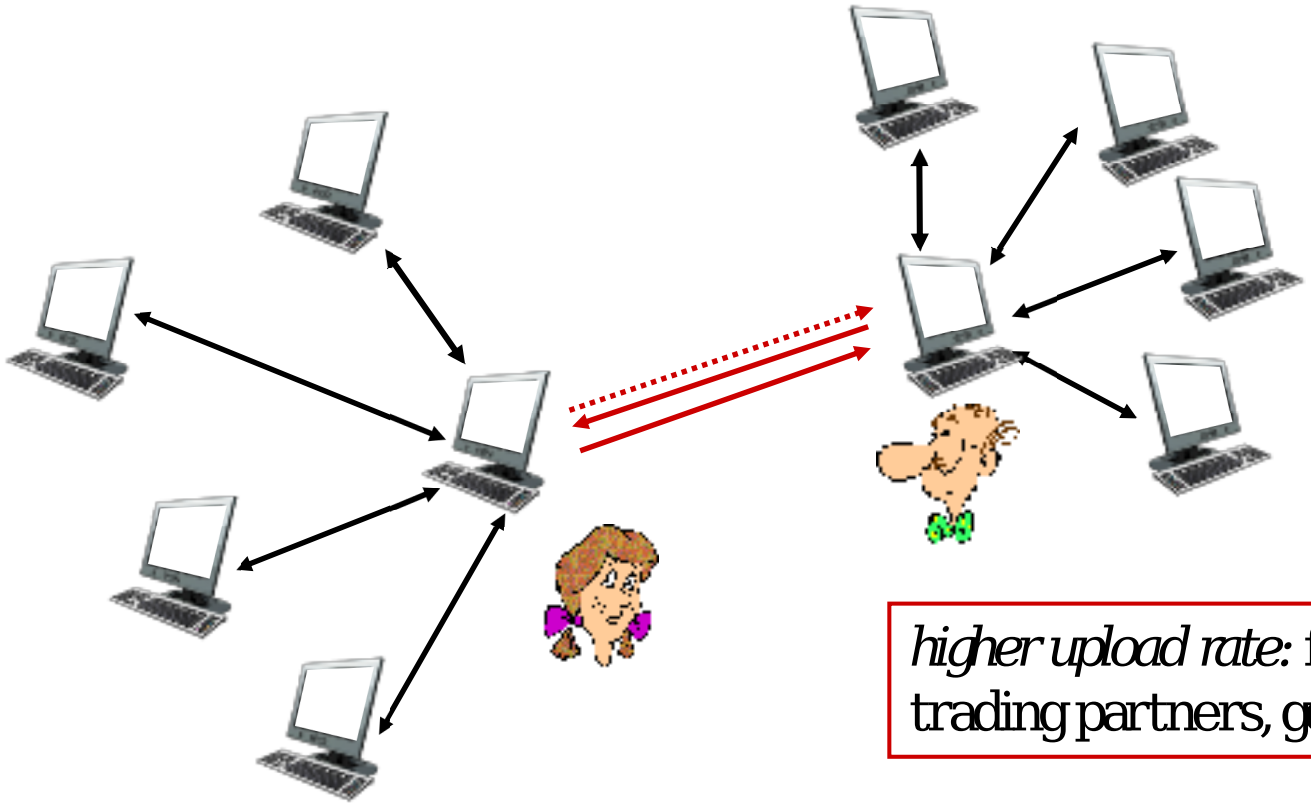
- Enquanto baixa, pares fazem *upload* para outros pares.
- Par pode alterar os pares com que troca pedaços.
- **Churn:** pares vem e vão.
- Quando um par tem o arquivo inteiro (todos os pedaços), ele pode (de forma egoísta) sair ou (de forma autruísta) ficar no torrent.

BitTorrent: Requisitando, Enviando Pedaços do Arquivo

- **Requisitando pedaços**:
  - Em um dado momento, diferentes pares possuem diferentes subconjuntos dos pedaços do arquivo.
  - Periodicamente, um par pede aos outros pares uma lista dos pedaços que possuem.
  - Par então requisita pedaços que não possui aos pares, começando pelos mais raros.
- **Enviando pedaços: *tit-for-tat***.
  - Par envia pedaços aos 4 pares que atualmente o enviam pedaços na taxa mais alta.
    - Outros pares sofrem *choking* (*i.e.*, não recebem pedaços).
    - Uma nova avaliação dos 4 melhores pares é feita a cada 10 segundos.
  - A cada 30 segundos: par seleciona aleatoriamente outro par, começa a enviar pedaços.
    - *Optimistically unchoke*.
    - Dá oportunidade de pares demonstrarem que são bons *uploaders*.
    - Par escolhido de forma aleatória pode se tornar um dos 4 melhores.

BitTorrent: Tit-For-Tat

(1) Alice "optimistically unchokes" Bob
(2) Alice becomes one of Bob's top-four providers; Bob reciprocates
(3) Bob becomes one of Alice's top-four providers



higher upload rate: find better trading partners, get file faster !

Resumo da Aula...

- **DNS: objetivo.**
  - Sistema que mapeia IPs a nomes.
  - Simplifica identificação de *hosts*.
- **DNS: características.**
  - Base de dados distribuída.
  - Nomeação hierárquica.
    - Domínios, subdomínios, ...
  - **Evita ponto único de falha**.
  - Evita concentração do tráfego.
  - Evita distância excessiva de certos clientes.
- **DNS: tipos de servidores.**
  - Raiz, TLD, autoritativo, local.
- **DNS: métodos de resolução.**
  - **Iterativo**: servidor responde com próximo servidor a ser consultado.
  - **Recursivo**: servidor assume responsabilidade de achar o mapeamento.
- **DNS: resgistros.**
  - Tipo=A: definição de **nome canônico**.
  - Tipo=NS: definição de servidor autoritativo para o domínio.
  - Tipo=CNAME: definição de apelidos para *hosts*.
  - Tipo=MX: definição de servidor de e-mail para o domínio.
- **P2P: escalabilidade.**
  - Mais demanda, mais oferta.
  - Desde que pares contribuam.
    - *i.e.*, evitar ***free-riders***.
    - Bit-torrent: *tit-for-tat*.

Próxima Aula...

- Encerraremos a discussão sobre camada de aplicação.
- Falaremos sobre a API de sockets.
  - Funções disponíveis.
  - Organização tradicional de um programa com sockets.
  - Sockets TCP *vs.* sockets TCP.
  - Alguns exemplos.