

Camadas de Aplicação

Redes de Computadores

Profa. Kalinka Castelo Branco

Universidade de São Paulo

Junho de 2019

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP

FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS

P2P

1 Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP

FTP

Correio Eletrônico: SMTP, POP, IMAP

DNS

P2P

- Parte importante das aplicações, pois definem como as mensagens são trocadas:
 - Definem tipos de mensagens trocadas;
 - Definem sintaxe dos tipos das mensagens: campos presentes nas mensagens e como são identificados;
 - Definem semântica dos campos: significado da informação nos campos;
 - Definem regras para quando os processos enviam e respondem às mensagens.

Protocolos da camada de aplicação

- **Protocolos de domínio público:**
 - Definidos em RFCs;
 - Permitem interoperação;
 - Ex.: HTTP e SMTP.
- **Protocolos proprietários:**
 - Ex.: KaZaA, Skype.

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP

FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS

P2P

- **Perda de dados:**
 - Algumas aplicações (Ex.: áudio) podem tolerar algumas perdas;
 - Outras (Ex.: transferência de arquivos, Telnet) requerem transferência 100% confiável.
- **Temporização:**
 - Algumas aplicações (Ex.: jogos interativos) requerem baixo atraso para serem “viáveis”.
- **Largura de banda:**
 - Algumas aplicações (Ex.: multimídia) requerem quantia mínima de banda para serem “viáveis”;
 - Outras aplicações (“aplicações elásticas”) conseguem usar qualquer quantia de banda disponível.

Requisitos do serviço de transporte de aplicações comuns



Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP
Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

| Aplicação | Perdas | Banda | Sensibilidade temporal |
|---------------------------|------------|---|------------------------|
| Transferência de arquivos | Sem perdas | Elástica | Não |
| Correio | Sem perdas | Elástica | Não |
| Documentos WWW | Sem perdas | Elástica | Não |
| Áudio/vídeo de tempo real | Tolerante | Áudio: 5 kbps - 1 mbps Vídeo: 10 kbps - 5 mbps | Sim, 100 ms |
| Áudio/vídeo gravado | Tolerante | Como o anterior | Sim, alguns segundos |
| Jogos interativos | Tolerante | >alguns kbps | Sim, 100 ms |
| Aplicações financeiras | Sem perdas | Elástica | Sim e não |

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP
Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

| Aplicação | Protocolo de aplicação | Protocolo de transporte usado |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Correio eletrônico | SMTP [RFC 2821] | TCP |
| Acesso terminal remoto | Telnet [RFC 854] | TCP |
| WWW | HTTP [RFC 2616] | TCP |
| Transferência de arquivos | FTP [RFC 959] | TCP |
| Streaming multimídia | Proprietário (Ex.: RealNetworks) | TCP ou UDP |
| Telefonia Internet | Proprietário (Ex.: Dialpad) | Tipicamente UDP |

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

- Aplicação *World Wide Web* (WWW):
 - Permite o acesso de documentos em hipermídia que são interligados e executados na Internet;
 - Rede de alcance mundial;
 - Funcionamento por demanda;
- O HTTP é o principal protocolo de aplicações da Web;

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

- Página Web é constituída de objetos;
- Objeto pode ser um arquivo HTML, uma imagem JPEG, um arquivo de áudio, entre outros;
- Páginas Web consistem de um arquivo HTML base que inclui vários objetos referenciados;
- Cada objeto é endereçável por uma URL;
- Exemplo de URL:
 - [www.someschool.edu /someDept/pic.gif](http://www.someschool.edu/someDept/pic.gif)
 - (nome do hospedeiro) (nome do caminho)

- HTTP – *Hypertext Transfer Protocol*
 - Protocolo da camada de aplicação da Web;
 - Modelo cliente/servidor.
 - Cliente: *browser* ou navegador que pede, recebe, “visualiza” objetos Web;
 - Servidor: servidor Web envia objetos em resposta a pedidos.
 - HTTP 1.0: RFC 1945;
 - HTTP 1.1: RFC 2068.

Camadas de Aplicação

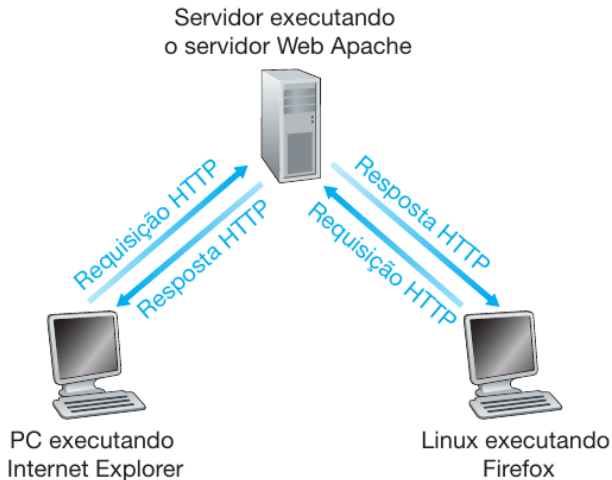
Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da
Camada de
Aplicação

HTTP

FTP

Correio
Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P



- Usa serviço de transporte TCP:
 - Cliente inicia conexão TCP (cria socket) ao servidor, porta 80;
 - Servidor aceita conexão TCP do cliente;
 - Mensagens HTTP (mensagens do protocolo da camada de aplicação) trocadas entre *browser* (cliente HTTP) e servidor Web (servidor HTTP);
 - Encerra conexão TCP.

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da
Camada de
Aplicação

HTTP
FTP

Correio
Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

- HTTP é “sem estado” :
 - Servidor não mantém informação sobre pedidos anteriores do cliente.

Protocolos que mantêm “estado” são complexos!

- História passada (estado) tem que ser guardada;
- Caso caia servidor/cliente, suas visões do “estado” podem ser inconsistentes, devem ser reconciliadas.

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da
Camada de
Aplicação

HTTP
FTP

Correio
Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

- Conexão não persistente:
 - No máximo um objeto é enviado numa conexão TCP;
- Conexão persistente:
 - Múltiplos objetos (uma página Web inteira ou múltiplas páginas inteiras) podem ser enviados sobre uma única conexão TCP entre cliente e servidor;
- HTTP atual utiliza conexões persistentes como padrão.

- Típica mensagem de requisição HTTP:

```
GET /somedir/page.html HTTP/1.1
Host: www.someschool.edu
Connection: close
User-agent: Mozilla/5.0
Accept-language: fr
```

- Típica mensagem de resposta HTTP:

```
HTTP/1.1 200 OK
Connection: close
Date: Tue, 09 Aug 2011 15:44:04 GMT
Server: Apache/2.2.3 (CentOS)
Last-Modified: Tue, 09 Aug 2011 15:11:03 GMT
Content-Length: 6821
Content-Type: text/html
(dados)
```

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP

FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS

P2P

- *Cookies* permitem que sites monitorem seus usuários e é usado atualmente pela maioria dos sites comerciais;
- Tem 4 componentes:
 - Uma linha de cabeçalho de *cookie* nas mensagens de requisição HTTP;
 - Uma linha de cabeçalho de *cookie* nas mensagens de resposta HTTP;
 - Um arquivo de *cookie* gerenciado pelos navegadores;
 - Um banco de dados no servidor.

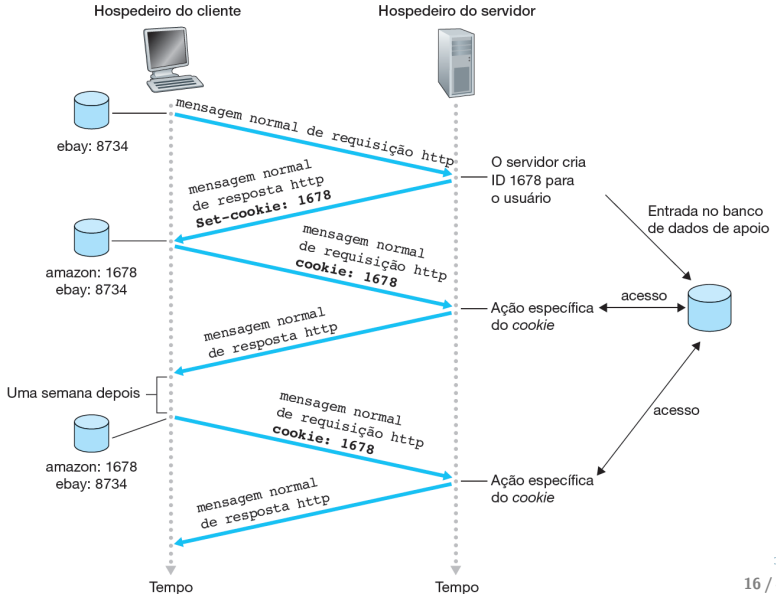
Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da
Camada de
Aplicação

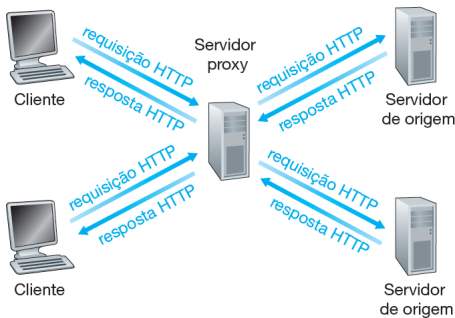
HTTP
FTP

Correio
Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P



- Quando um usuário acessa um site pela primeira vez, o servidor cria um ID para esse usuário, que é enviado ao navegador pela mensagem de resposta e guardado no arquivo de *cookie*;
- Sempre que um usuário realiza novas requisições ao site, seu ID de *cookie* é enviado ao servidor, que pode armazenar informações sobre os acessos do usuário para oferecer serviços:
 - Carrinho de compra;
 - Recomendação de produtos baseado em histórico de buscas e compras;
 - Um arquivo de *cookie* gerenciado pelos navegadores;
 - Associar com informações pessoais caso o usuário faça um registro no site;
- Existem controvérsias sobre o uso de *cookies* por conta da privacidade dos usuários.

- Um *cache Web* armazena objetos HTTP e atende requisições HTTP em nome de um servidor Web:
 - Pode ser implementado no próprio navegador, dentro da rede de uma instituição ou no ISP;
 - Diminui o tempo de resposta das requisições e minimiza o tráfego na rede;
 - Age como cliente e servidor.



Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

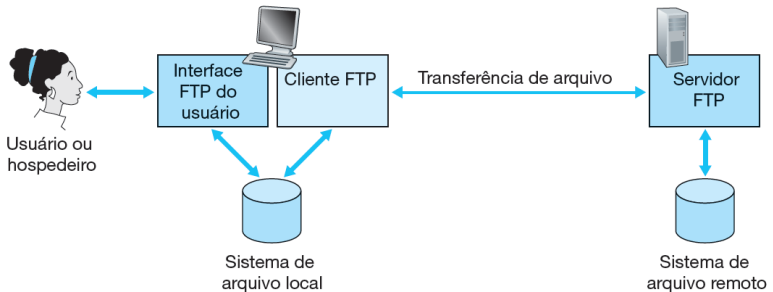
HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

- Vamos testar o HTTP?
 - Abra um terminal de comandos e digite o seguinte comando¹: `telnet www.google.com.br 80`;
 - Aguarde a conexão TCP ser estabelecida pelo telnet e digite: `GET /index.html`;
 - Dê dois enters para enviar duas sequências de quebra de linha;
 - Qual foi a resposta?
 - Agora tente enviar o seguinte comando pelo telnet: `GET /test.html`;
 - Qual foi a resposta?

[1] Se você estiver no Windows, irá precisar ir em Programas e Recursos, Ativar ou desativar recursos e habilitar o Cliente Telnet.

- Protocolo de Transferência de Arquivo;
- Modelo cliente/servidor:
 - Cliente: lado que inicia transferência (pode ser de ou para o *host* remoto);
 - Servidor: *host* remoto.
- FTP: RFC 959;
- Servidor FTP: porta 21.



Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP

FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS

P2P

- Cliente FTP contata servidor FTP na porta 21, especificando o TCP como protocolo de transporte;
- O cliente obtém autorização através da conexão de controle;
- O cliente consulta o diretório remoto enviando comandos através da conexão de controle;
- Quando o servidor recebe um comando para a transferência de um arquivo, ele abre uma conexão de dados TCP para o cliente;
- Após a transmissão de um arquivo o servidor fecha a conexão.

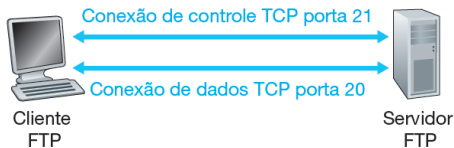
Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P



- A conexão de controle é usada para o envio da identificação e senha do usuário e para mudar o diretório remoto;
- Quando o servidor recebe um comando para a transferência de arquivo, ele abre uma conexão pela conexão de dados e em seguida já a fecha (não persistente);
- Servidor FTP mantém o “estado”: diretório atual, autenticação anterior.

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

- Vamos testar o FTP?
 - Abra um terminal de comandos e digite o seguinte comando: `telnet ftp.ietf.org 21`;
 - Aguarde a conexão TCP ser estabelecida pelo telnet e especifique o usuário: `USER anonymous`;
 - Especifique a senha: `PASS blogger@webdigi.co.uk`;
 - Veja o caminho atual do diretório na máquina remota: `PWD`;
 - Entre em um novo diretório: `CWD ietf`;
 - Veja novamente o caminho atual do diretório na máquina remota: `PWD`;
 - Finalize a comunicação: `QUIT`.

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS
P2P

- Três grandes componentes:
 - ① Agentes de usuário (UA);
 - ② Servidores de correio;
 - ③ *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP).

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

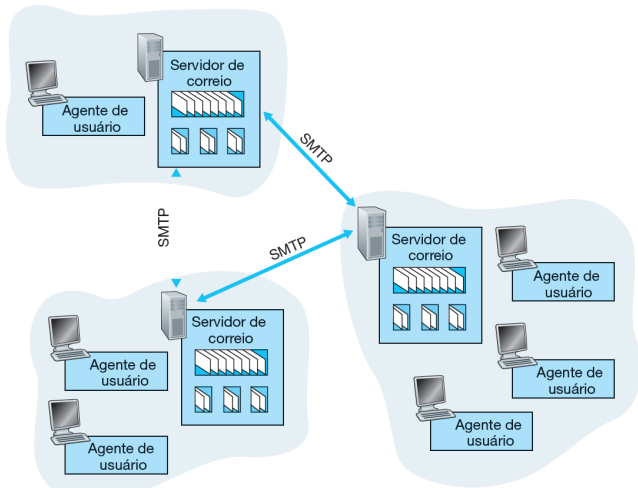
HTTP

FTP

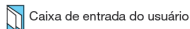
Correio Eletrônico:
SMTP, POP, IMAP

DNS

P2P



Legenda:



Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS
P2P

- 1 – Agente de Usuário:
 - Também conhecido como “leitor de correio”;
 - Compor, editar, ler mensagens de correio;
 - Ex.: Outlook, Thunderbird;
 - Mensagens de saída e entrada são armazenadas no servidor.
- 2 – Servidores de correio:
 - Caixa de correio contém mensagens de chegada (ainda não lidas) p/ usuário;
 - Fila de mensagens contém mensagens de saída (a serem enviadas).
- 3 – Protocolo SMTP entre servidores de correio para transferir mensagens de correio:
 - Quando envia, servidor de correio age como um cliente SMTP;
 - Quando recebe, servidor de correio age como um Servidor SMTP.

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP

FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS

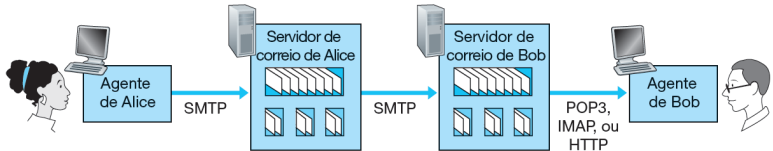
P2P

- Usa TCP para a transferência confiável de mensagens do correio do cliente ao servidor, porta 25;
- Transferência direta: servidor remetente ao servidor receptor;
- Três fases da transferência:
 - *Handshaking*;
 - Transferência das mensagens;
 - Encerramento.
- Interação comando/resposta:
 - Comandos: texto ASCII;
 - Resposta: código e frase de status.

- Exemplo de troca de mensagens entre um cliente (C) e servidor (S) 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
    
```



- **SMTP:** faz entrega/armazenamento no servidor do receptor;
- **Protocolo de acesso ao correio:** recupera do servidor:
 - **POP:** *Post Office Protocol* [RFC 1939]
 - Autorização (agente – servidor) e transferência.
 - **IMAP:** *Internet Mail Access Protocol* [RFC 1730]
 - Mais comandos (mais complexo);
 - Manuseio de mensagens armazenadas no servidor.
 - **HTTP:** *Hypertext Transfer Protocol*
 - Gmail, Hotmail, Yahoo! Mail, Webmail, etc.

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP

FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS

P2P

- SMTP também pode usar uma comunicação segura com o TLS (SMTPS):
 - Porta 587 especificado pelo RFC;
 - Porta 465 usada anteriormente pelo IANA mas já revogada.

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

- Pessoas possuem muitos identificadores:
 - CPF, nome, RG.
- Hospedeiros, roteadores:
 - Endereço IP (32 bits) – usado p/ endereçar pacotes;
 - “nome”, ex.: `www.cs.vu.nl/~ast/` – usado por pessoas.
- **Pergunta:** como mapear entre nome e endereço IP?

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS
P2P

- *Domain Name System (DNS):*
 - Base de dados distribuída implementada na hierarquia de muitos servidores de nomes;
 - Protocolo de camada de aplicação permite que hospedeiros, roteadores, servidores de nomes se comuniquem para resolver nomes (tradução endereço/nome);
 - Função imprescindível da Internet implementada como protocolo de camada de aplicação (complexidade na borda da rede);
 - Roda sobre UDP e usa a porta 53;
 - Especificado nas RFCs 1034 e 1035.

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP

FTP

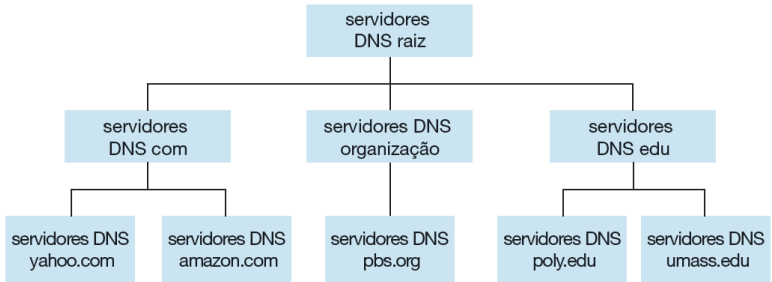
Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS

P2P

- Servidor de nomes DNS:
 - Por que não centralizar o DNS?
 - Ponto único de falha;
 - Volume de tráfego;
 - Base de dados centralizada e distante;
 - Manutenção da base de dados;
 - Não é escalável;
 - Nenhum servidor mantém todos os mapeamentos nome-para-endereço IP.

- Hierarquia de servidores DNS:



Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrónico:
SMTP, POP,
IMAP

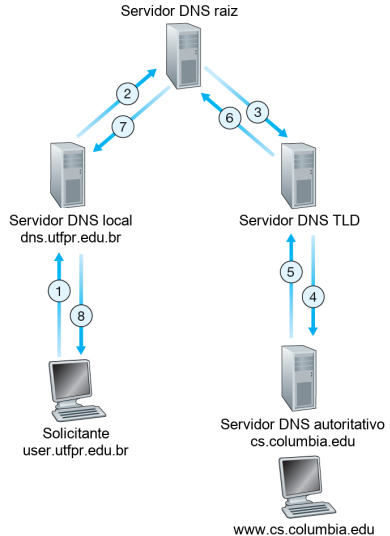
DNS

P2P

- Servidor de nomes DNS:
 - Servidor de nomes local:
 - Cada provedor, empresa tem servidor de nomes local (*default*);
 - Pedido DNS de hospedeiro vai primeiro ao servidor de nomes local;
 - Quando não consegue resolver o nome, procura um servidor raiz.
 - Servidor raiz:
 - Procura outros servidores da hierarquia se mapeamento for desconhecido;
 - Obtém tradução;
 - Devolve mapeamento ao servidor local.

- Exemplo de DNS: **usuario.utfpr.edu.br** requer o endereço IP de **www.cs.columbia.edu**

- Contata servidor DNS local, **dns.utfpr.edu.br**;
- dns.utfpr.edu.br** contata servidor raiz, se necessário;
- Servidor raiz contata servidor oficial, **cs.columbia.edu**, se necessário.



Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP

FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP

DNS

P2P

- Vamos testar o DNS?
 - Abra um terminal de comandos e digite o seguinte comando: `nslookup utfpr.edu.br;`
 - Por que temos uma resposta *non-authoritative*?
 - Faça a busca agora especificando o servidor DNS: `nslookup utfpr.edu.br dns.utfpr.edu.br;`
 - O que mudou?
 - Faça essa nova busca: `nslookup www.google.com dns.utfpr.edu.br;`
 - Faça a busca agora especificando outro servidor DNS: `nslookup www.google.com ns1.google.com;`

Vamos analisar um exemplo:

- ① Alice executa a aplicação cliente P2P em seu computador;
- ② Conecta-se à Internet, obtém um novo endereço IP para cada conexão;
- ③ Procura por uma música;
- ④ A aplicação exhibe outros pares que possuem uma cópia da música;
- ⑤ Alice escolhe um dos pares, Bob;
- ⑥ O arquivo é copiado do PC de Bob para o PC de Alice por HTTP;
- ⑦ Enquanto Alice faz o download, outros usuários copiam o arquivo a partir do PC de Alice;
- ⑧ O par de Alice pode ser classificado tanto como um cliente Web, quanto como um servidor Web transiente;
- ⑨ Todos os pares são servidores = altamente escaláveis!

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

- O BitTorrent é um protocolo P2P para a distribuição de arquivos;
- *Torrent*: coleção de pares que participam da distribuição de um determinado arquivo;
- Pares em um *torrent* fazem o download de blocos de um arquivo (geralmente 256 KB) ao mesmo tempo que fazem *upload* dos blocos já baixados para outros pares;
- Quanto termina o download de um arquivo, o par pode escolher continuar servindo os blocos, se tornando um *seeder*.

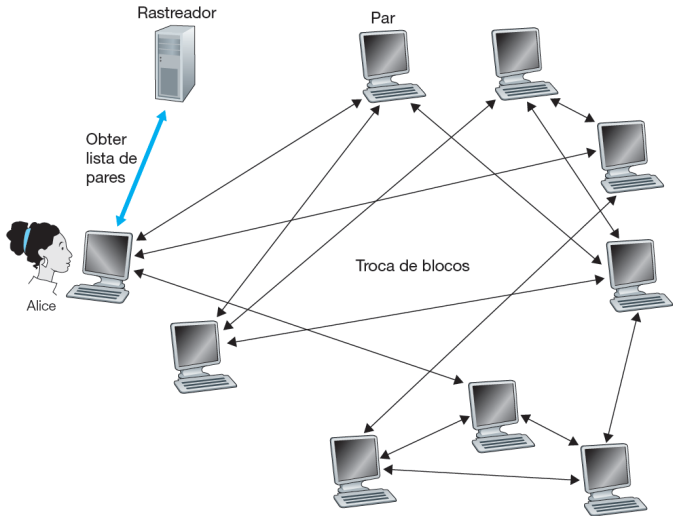
Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP, IMAP
DNS
P2P



- Funcionamento das conexões entre pares:
 - Um novo par primeiramente se registra no rastreador, um nó de infraestrutura, para começar a fazer parte de um *torrent*;
 - O rastreador seleciona aleatoriamente um subconjunto de pares ativos e envia os seus endereços IP para o novo par;
 - O novo par estabelece conexões TCP com o subconjunto de pares ativos, formando seus pares vizinhos;
 - Outros pares podem também estabelecer conexões com o novo par, já que agora ele faz parte da rede. Logo, o número de pares vizinhos flutua (alguns se conectam e outros se desconectam);
 - Periodicamente, o par informa ao rastreador se ainda está ativo;

Camadas de Aplicação

Profa.
Kalinka
Branco

Protocolos da Camada de Aplicação

HTTP
FTP

Correio Eletrônico:
SMTP, POP,
IMAP
DNS
P2P

- Funcionamento das trocas de blocos:
 - Cada par tem um subconjunto de blocos do arquivo;
 - De tempos em tempos, o novo par pede aos seus pares vizinhos as suas listas de blocos;
 - O novo par utiliza a técnica **rarest first**, requisitando primeiro o bloco mais raro;
 - Já para o upload, o novo par dá prioridade aos vizinhos que estejam fornecendo seus dados com a maior taxa (conjunto geralmente de 4 pares);
 - A cada 30 segundos, o novo par também seleciona um vizinho aleatório e envia blocos a ele, dando uma chance de se tornar uma boa opção para a troca de blocos;