Aula 5 - Introdução à Camada de Aplicação, HTTP (I)

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...

- Medidas de desempenho em redes:
  - Perda de pacotes.
  - Atraso.
  - Vazão.
- Perda de pacotes ocorre por:
  - Erros na transmissão por enlaces (menos comum na Internet).
  - **Descartes por *buffers* cheios** (mais comum).
- Atraso é acumulado a cada salto:
  - Processamento.
  - Enfileiramento.
  - Transmissão.
  - Propagação.
- Vazão é diferente da taxa de transmissão do fluxo.
  - Depende da capacidade da rede.
  - Limitada pelo **enlace de gargalo**.
  - Também afetada por competição entre fluxos.
    item
- Pilha de Protocolos TCP/IP.
  - Modelo em camadas.
  - Organiza protocolos na Internet.
  - Define **responsabilidades**.
  - Alternativa: modelo OSI.
  - **Encapsulamento:** camadas/protocolos adicionam cabeçalhos.
- Segurança:
  - Ataque de negação de serviço.
- Modelo de serviço de **melhor esforço**.

Agenda do Capítulo II

- Princípios de Aplicações de Rede.
- Web e HTTP.
- FTP.
- E-mail.
  - SMTP, POP3, IMAP.
- DNS.
- Aplicações P2P.
- Programação com Sockets.

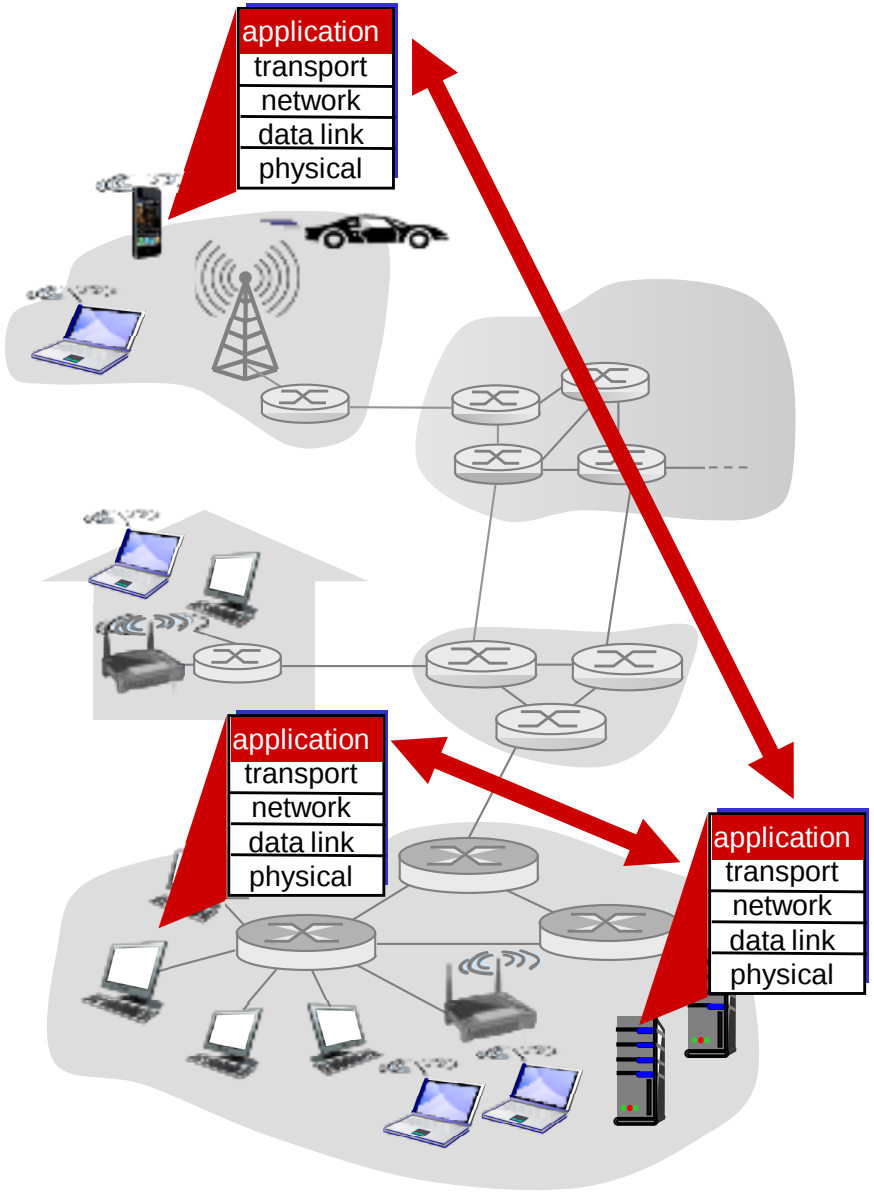
Princípios de Aplicações de Redes

Algumas Aplicações de Redes

- E-mail.
- Web.
- Mensagem de texto.
- Login remoto.
- Troca de arquivos via P2P.
- Jogos multi-usuários.
- *Streaming de vídeo armazenado.*
  - *Youtube*, *Hulu*, *Netflix*, ...
- Voz sobre IP (*e.g.*, *Skype*).
- Vídeo conferência em tempo real.
- Redes sociais.
- Busca.
- ...
- ...

Criação de uma Aplicação de Rede

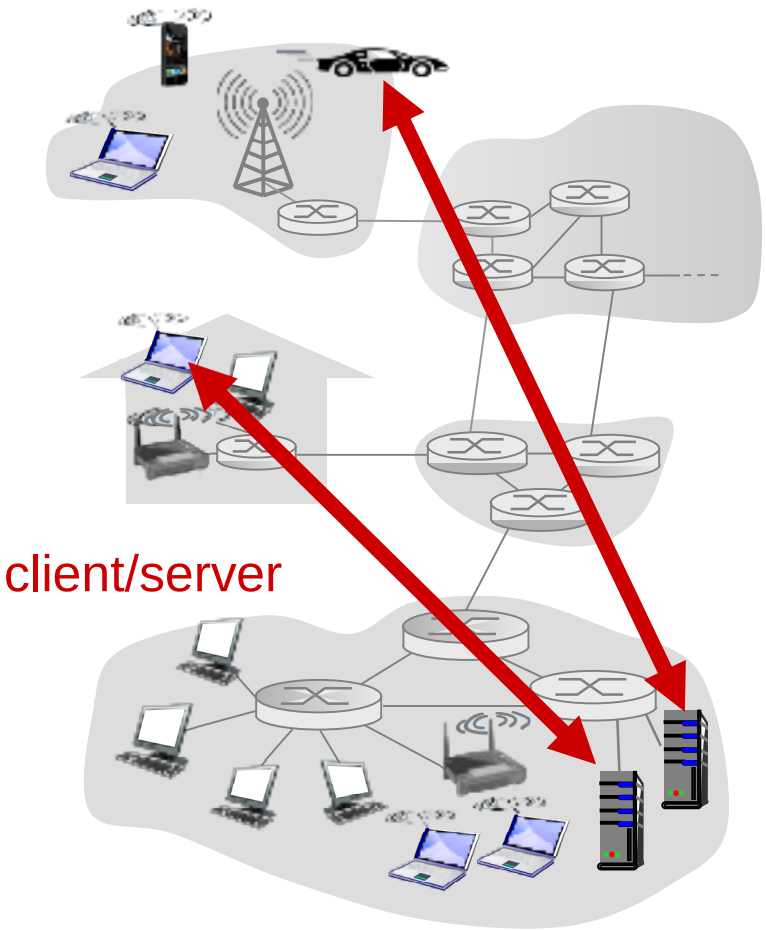
- **Escrever programas que:**
  - Rodem em (diferentes) sistemas finais.
  - Se comuniquem via rede.
  - *e.g.*, *software* de um servidor web que se comunica com o *software* de um *browser*.
- **Não é necessário se preocupar com a escrita de *software* para dispositivos do núcleo.**
  - Dispositivos do núcleo não rodam aplicações.
    - **Idealmente**.
  - Implantação apenas nos *hosts* permite **rápido desenvolvimento, popularização das aplicações**.



Arquiteturas de Aplicações de Rede

- Aplicações podem ser estruturadas em duas arquiteturas básicas:
  - Cliente-servidor.
  - Par-a-par (P2P, do inglês *peer-to-peer*).

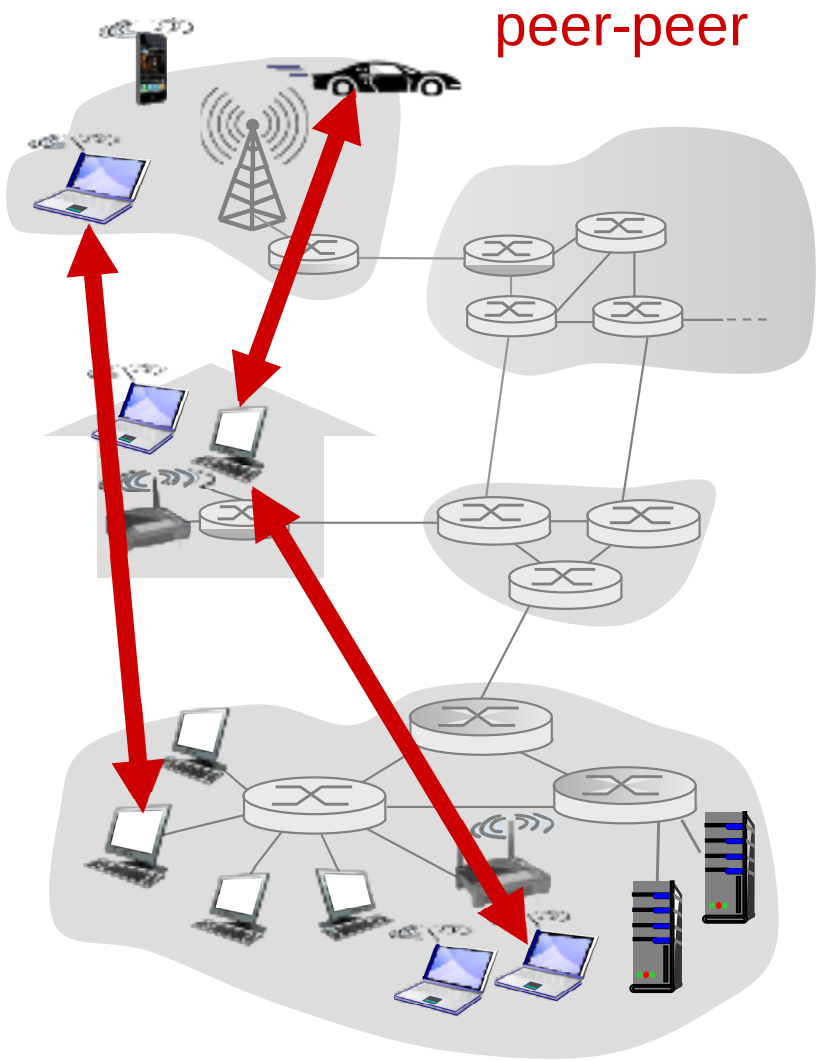
Arquitetura Cliente-Servidor



- **Servidor:**
  - *Host* sempre ligado.
  - Endereço IP permanente.
  - *Data Centers* podem ser usados para escalabilidade.
- **Cliente:**
  - Se comunica com o servidor.
    - Geralmente, inicia comunicação.
  - Pode estar conectado de forma intermitente.
  - Pode utilizar endereços dinâmicos.
  - **Dois ou mais clientes não se comunicam diretamente**.
    - Servidor atua como **refletor**.

Arquitetura P2P

- Não há servidor sempre ligado.
- Comunicação direta entre sistemas finais quaisquer.
- **Pares** requisitam serviços de outros pares, proveem serviços em retorno.
- Pares se conectam de forma intermitente, podem mudar seu endereço IP.
  - Gerenciamento **mais complexo**.
- Por outro lado...
  - **Auto-escalabilidade:** mais pares trazem mais demanda, mas também agregam capacidade ao serviço.



Comunicação entre Processos

- Aplicações são compostas por **processos**.
  - Executados dentro de um *host*.
- Dentre de um mesmo *host*, processos de comunicam utilizando mecanismos de **comunicação inter-processos**.
  - Definidos pelo SO.
  - *e.g.*, leitura/escrita de arquivos.
  - *e.g.*, memória compartilhada.
- Em *hosts* diferentes, processos se comunicam através de **troca de mensagens**.

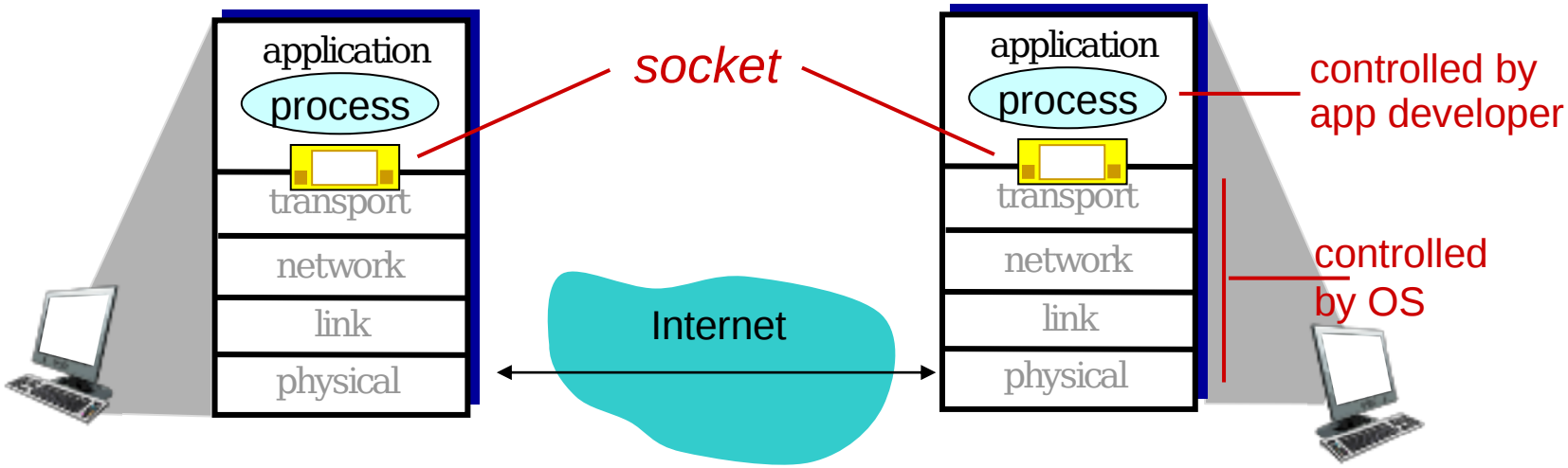
Clientes, Servidores

- **Processo cliente:** inicia a comunicação.
- **Processo servidor:** aguarda pedidos de comunicação.

- Nota: aplicações P2P possuem tanto processos servidores, quanto processos clientes.

Sockets

- Processos enviam/recebem mensagens utilizando um **socket**.
- Socket é análogo a uma janela.
  - Processo transmissor passa dados pela janela.
  - Do outro lado, implementação da camada de transporte se encarrega em entregar mensagem.
  - Na recepção, procedimento é análogo: processo espera que transporte entregue dados pelo *socket*.



Endereçando Processos

- Para receber mensagens, processos devem ser **endereçados**.
  - *i.e.*, devem possuir algum **identificador**.
- *Hosts* possuem endereços únicos.
  - Endereço IP (mais detalhes no Cap. 4).
- **Pergunta:** endereço IP do *host* é suficiente para identificar o processo?
  - **Resposta:** não, vários processos de rede podem ser executados simultaneamente no mesmo *host*.
- Solução: identificação de um processo usa tanto IP do *host*, quanto **números de porta**.
- Exemplos de números de porta:
  - Servidor HTTP: 80.
  - Servidor de e-mail (SMTP): 25.
- Para enviar mensagem HTTP para servidor web do IC:
  - Endereço IP: 200.20.15.48.
  - Porta: 80.
- Mais sobre isso em breve...

O que um Protocolo de Camada de Aplicação Define?

- **Tipos de mensagens trocadas.**
  - *e.g.*, requisição, resposta.
- **Sintaxe das mensagens.**
  - Quais os **campos** da mensagem, como dados são representados nestes campos.
- **Semântica das mensagens.**
  - Significado dos valores nos campos.
- **Regras** para como e quando gerar e responder a mensagens.

- **Protocolos abertos:**
  - Definidos em RFCs.
  - Permitem interoperabilidade.
  - *e.g.*, HTTP, SMTP.
- **Protocolos proprietários:**
  - *e.g.*, Skype.

De que Serviço de Transporte a Aplicação Precisa?

- **Integridade de dados:**
  - Algumas aplicações precisam de 100% de confiança na transmissão de dados.
    - *e.g.*, transferência de arquivos.
    - Dados precisam chegar **completos e corretos**.
  - Outras toleram algumas perdas, corrupções.
    - *e.g.*, áudio.
- **Temporização:**
  - Algumas aplicações precisam de baixo atraso para serem "efetivas".
    - *e.g.*, telefonia, jogos interativos.
- **Vazão:**
  - Algumas aplicações requerem uma vazão mínima para funcionar.
    - *e.g.*, multimídia.
  - Outras se adaptam a qualquer vazão disponível.
    - São **"elásticas"**.
    - *e.g.*, transmissão de arquivos.
- **Segurança:**
  - Criptografia, autenticidade, ...

Requisitos de Serviço de Transporte: Algumas Aplicações Comuns

Aplicação	Perda de Pacotes	Vazão	Requisitos Temporais
Transferência de Arquivos	Não Tolera	Elástica	Não
E-mail	Não Tolera	Elástica	Não
Navegação Web	Não Tolera	Elástica	Não
Vídeo/Áudio Ao-Vivo	Tolera	Áudio: 5 kb/s – 1 Mb/s Vídeo: 10 kb/s – 5 Mb/s	Centenas de ms
Vídeo/Áudio Armazenado	Tolera	Áudio: 5 kb/s – 1 Mb/s Vídeo: 10 kb/s – 5 Mb/s	Alguns Segundos
Jogos Interativos	Tolera	Alguns kb/s	Centenas de ms
Mensagens de Texto	Não Tolera	Elástica	Alguns Segundos

Serviços dos Protocolos de Transporte da Internet

- **Serviço do TCP:**
  - Transporte confiável de dados.
  - Controle de fluxo: transmissor não sobrecarregará receptor.
  - Controle de congestionamento: reduzir taxa de transmissão quando a rede está congestionada.
  - **Mas não provê:** garantias temporais, vazão mínima garantida, segurança.
  - Serviço orientado a conexão: *setup* inicial é necessário entre cliente e servidor.
- **Serviço do UDP:**
  - Transmissão **não confiável** de dados.
  - Não provê: confiabilidade, controle de fluxo, controle de congestionamento, garantias temporais, vazão mínima, segurança, *setup* de conexão.
  - **Pergunta:** para que existe um UDP?

Aplicações na Internet: Protocolos de Transporte Utilizados

Aplicação	Protocolo de Aplicação	Protocolo de Transporte
E-mail	SMTP [RFC 2821]	TCP
Login Remoto	Telnet [RFC 854]	TCP
Web	HTTP [RFC 2616]	TCP
Transferência de Arquivos	FTP [RFC 959]	TCP
Streaming Multimídia	HTTP (*e.g.*, Youtube), RTP [RFC 1889]	TCP ou UDP
Telefonia via Internet	SIP, RTP, proprietários (*e.g.*, Skype)	TCP ou UDP

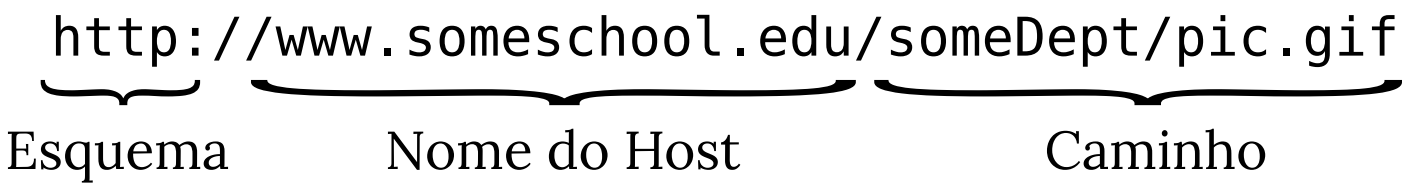
Adicionando Segurança ao TCP

- **TCP e UDP.**
  - Não inclem criptografia.
  - Senhas em texto plano enviadas pelo socket atravessam a Internet em texto plano.
- **SSL.**
  - Provê conexão TCP criptografada.
  - Integridade de dados.
  - Autenticação das pontas.
- **SSL está na camada de aplicação.**
  - Aplicações usam bibliotecas SSL para "conversar" com o TCP.
- **API de sockets com SSL.**
  - Senhas em texto plano enviadas pelo socket atravessam a Internet criptografadas.
  - Mais detalhes em outras disciplinas (Cap. 7).

Web e HTTP

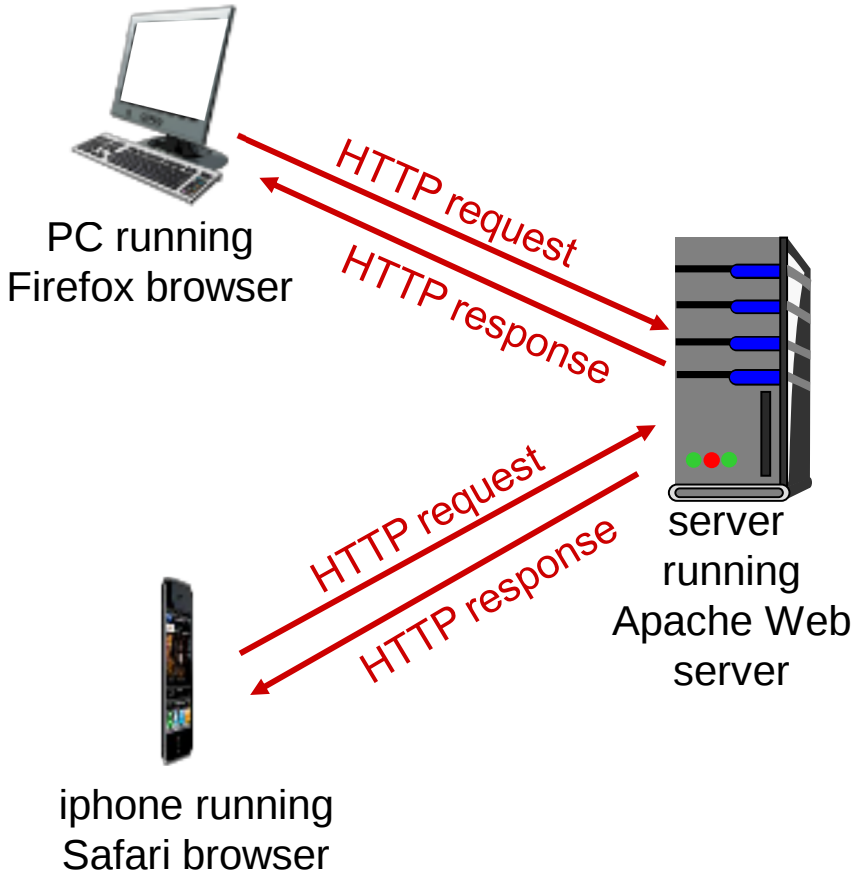
Web e HTTP

- Uma **página web** é formada por **objetos**.
  - Arquivos HTML, imagens *jpg*, *png*, vídeos, áudios, ...
- Arquivo HTML base da página faz **referência** a diversos objetos.
- Cada objeto é **endereçável através de uma URL**. Exemplo:



Visão Geral do HTTP (I)

- **HTTP: *HyperText Transfer Protocol*.**
  - Protocolo de camada de aplicação da Web.
  - Arquitetura cliente – servidor.
    - **Cliente:** *browser* que requisita, recebe (usando protocolo HTTP) e "exibe" objetos Web.
    - **Servidor:** servidor Web envia (usando protocolo HTTP) objetos em resposta a requisições.



Visão Geral do HTTP (II)

- **Usa TCP.**
  - Cliente inicia conexão TCP (cria socket) com o servidor, porta 80.
  - Servidor aceita conexão TCP do cliente.
  - Mensagens HTTP (mensagens do protocolo de aplicação) trocadas entre *browser* (cliente HTTP) e servidor Web (servidor HTTP).
  - Conexão TCP é fechada.
- **HTTP é "stateless".**
  - Servidor não mantém informação sobre requisições passadas do cliente.

Nota

- **Protocolos que mantêm estado são complexos!**
  - Histórico do passado (estado) precisa ser armazenado.
  - Se servidor/cliente cai, suas visões do estado podem ser inconsistentes, devem ser sincronizadas.

Conexões HTTP

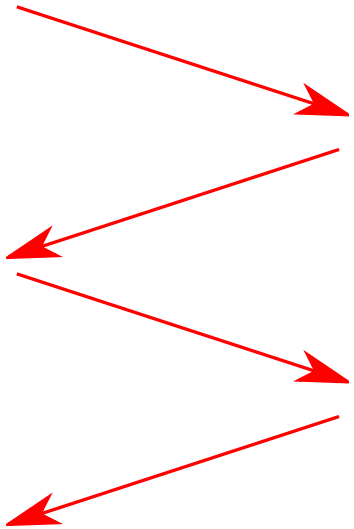
- **HTTP não-persistente**.
  - Um único objeto enviado pela conexão TCP.
    - Conexão é fechada em seguida.
  - Baixar múltiplos objetos requer múltiplas conexões.
- **HTTP persistente**.
  - Múltiplos objetos podem ser enviados por uma única conexão TCP entre cliente e servidor.

HTTP Não-persistente: Exemplo

- Suponha que usuário digita a URL: `www.someschool.edu/someDepartment/home.index`.
  - Contém referências para 10 imagens *jpg*.

Tempo

- **1a.** Cliente HTTP inicia conexão TCP com servidor na porta 80.
- **2.** Cliente HTTP envia **requisição HTTP** pelo socket. Mensagem informa que cliente deseja objeto `someDepartment/home.index`.
- **5.** Cliente HTTP recebe resposta, interpreta arquivo HTML, encontra as 10 imagens referenciadas.
- **6.** Passos 1 a 5 são repetidos para cada um dos 10 objetos.



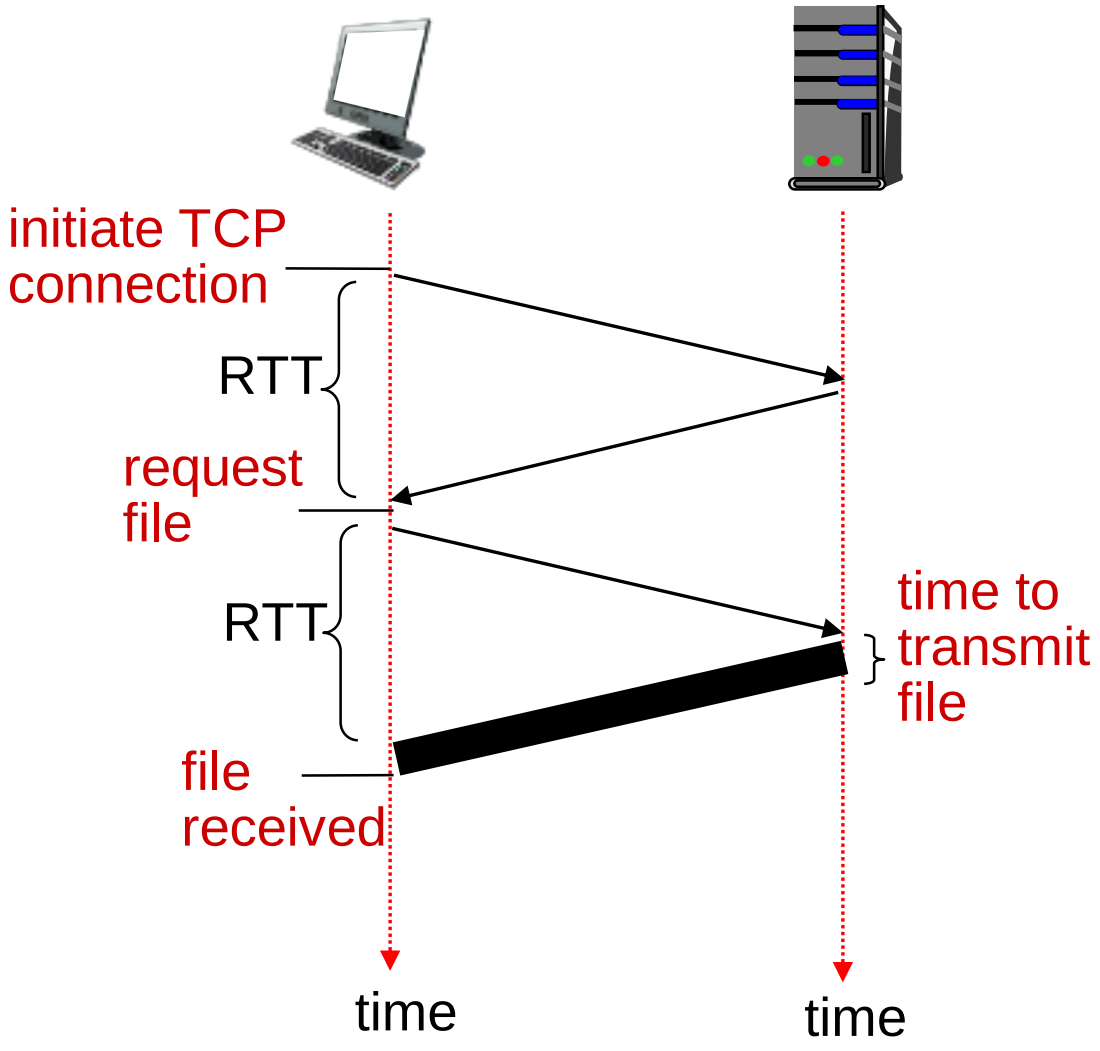
- **1b.** Servidor HTTP, aguardando por conexões, "aceita" conexão, notificando cliente.
- **3.** Servidor HTTP recebe requisição, formata **resposta** contendo objeto requisitado, envia mensagem pelo socket.
- **4.** Servidor HTTP fecha conexão TCP.

HTTP Não-persistente: Tempo de Resposta

RTT

- *Round-Trip-Time*, ou tempo de ida e volta.
- Tempo para que um pequeno pacote chegue até o servidor e volte para o cliente.

- **Tempo de resposta do HTTP**.
  - Um RTT para iniciar a conexão TCP.
  - Um RTT para requisição HTTP e volta dos primeiros bytes da resposta.
  - Tempo de transmissão do arquivo.
  - Em suma: 2RTT + transmissão do arquivo.



HTTP Persistente

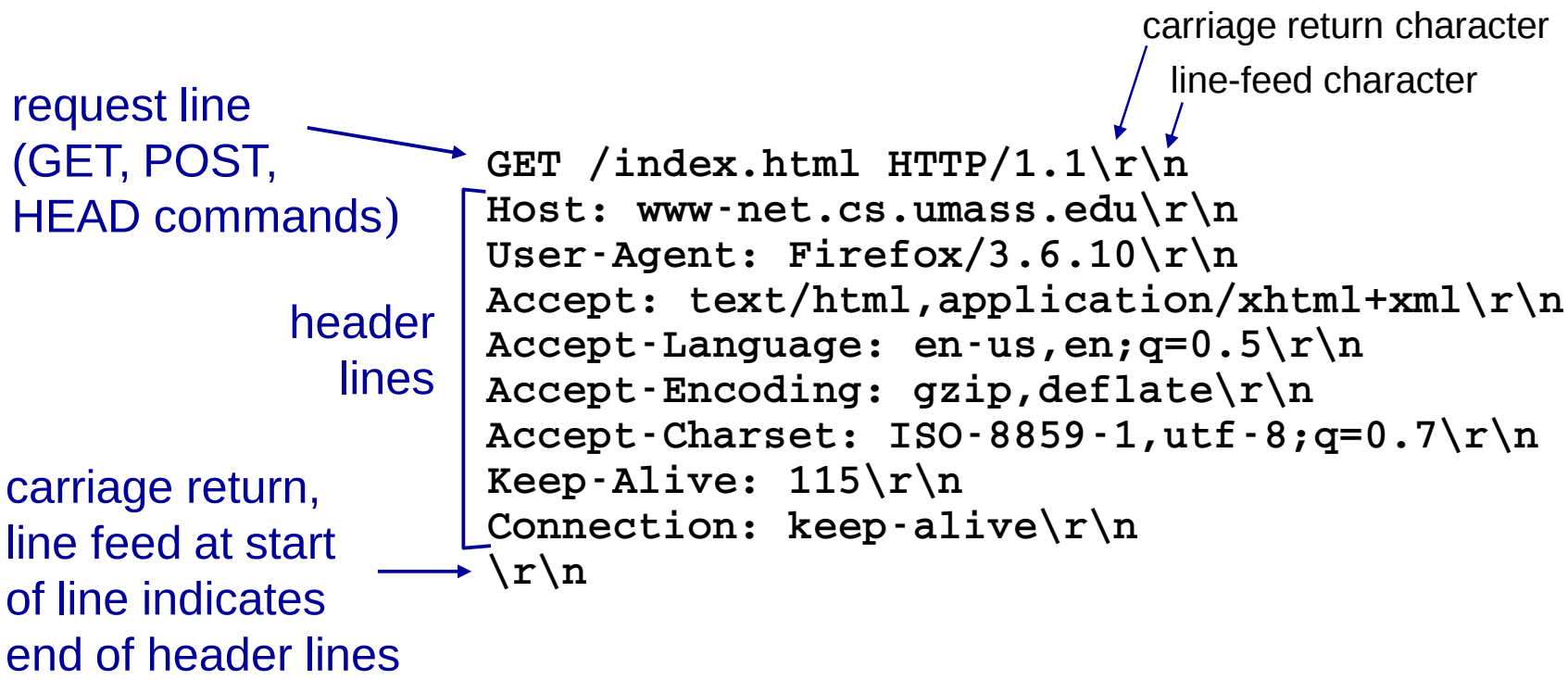
- **Problemas do HTTP não persistente:**
  - Requer 2 RTTs por objeto.
  - ***Overhead*** do SO para cada conexão TCP.
  - *Browser* geralmente abre múltiplas conexões parelalas para obter objetos.
- **HTTP Persistente:**
  - Servidor deixa conexão aberta após enviar resposta.
  - Mensagens HTTP subsequentes entre mesmos cliente e servidor utilizam conexão aberta.
  - Cliente requisita objeto tão logo encontre referência a ele.
  - Um único RTT pode ser necessário para todos os objetos referenciados.

HTTP Persistente *vs.* *Pipelining*

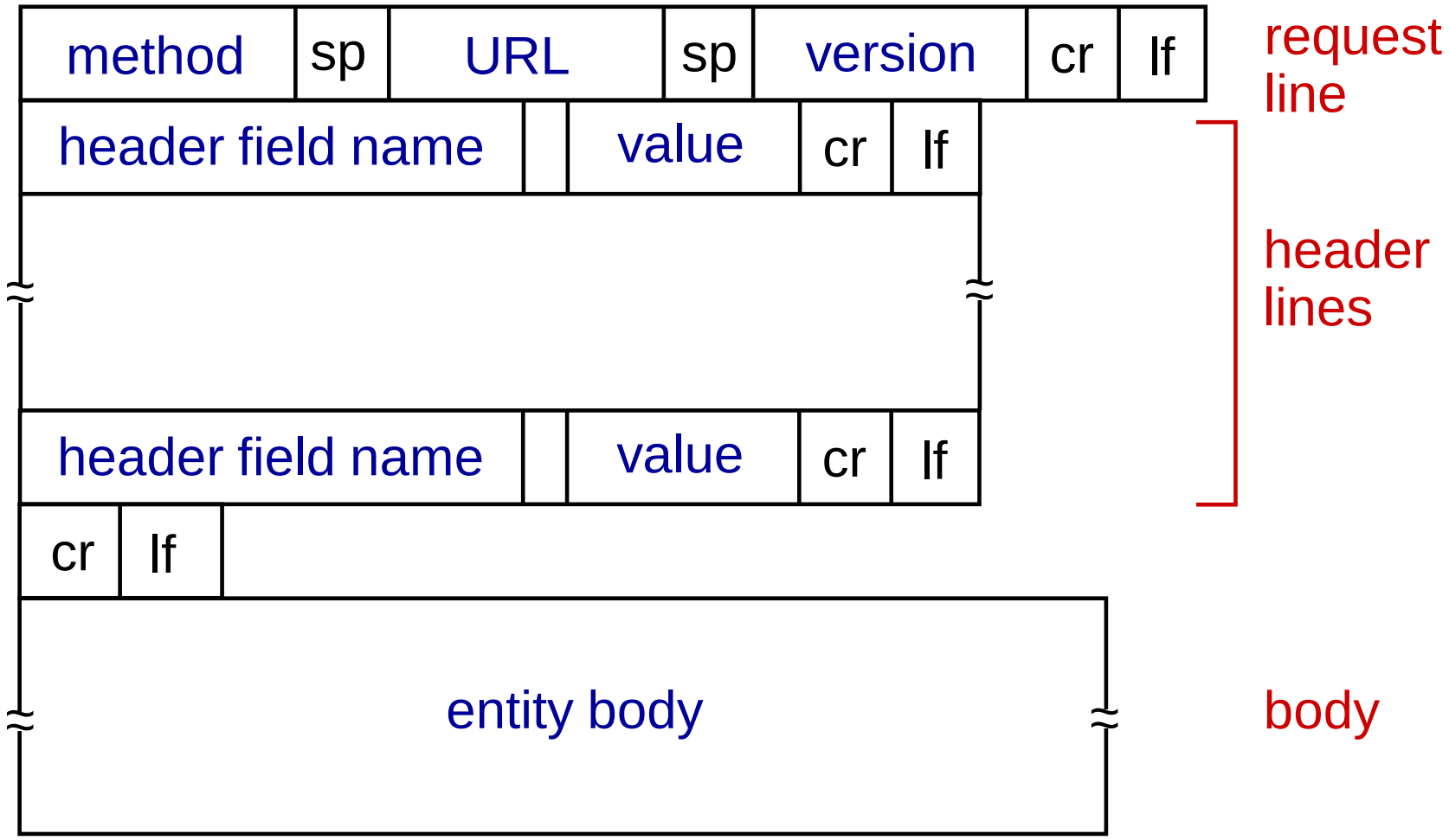
- **HTTP Persistente:** servidor não fecha conexão imediatamente após término do objeto.
  - Dá oportunidade ao cliente de enviar novas requisições, reaproveitar conexão aberta.
  - Evita atraso inicial de abertura da conexão TCP.
- ***Pipelining*:** cliente pode enviar várias requisições em sequência, sem esperar respostas chegarem.
  - Enquanto primeira resposta começa a voltar, novas requisições chegam ao servidor.
  - Cria paralelismo entre requisições e respostas.
  - Tende a melhorar o desempenho.
- Em suma: dois mecanismos distintos, embora **comumente utilizados em conjunto**.

Mensagem de Requisição HTTP

- HTTP tem dois tipos de mensagem: **requisição e resposta**.
- Requisição HTTP: codificada em ASCII (*i.e.*, formato legível por humanos).
  - ***human-readable***.



Mensagem de Requisição HTTP: Formato Geral



Upload de Informações de Formulário

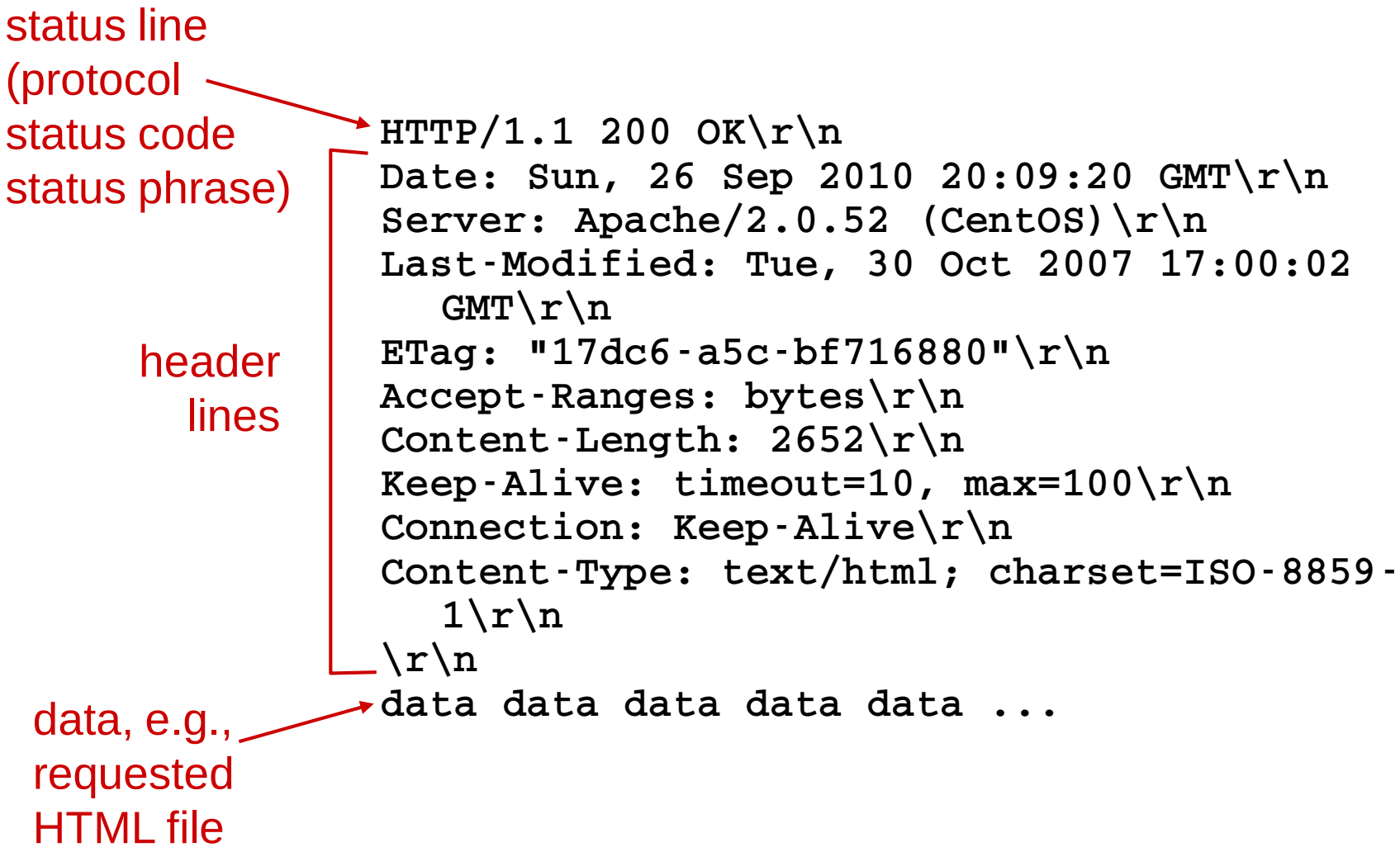
- **Método POST**.
  - Páginas web comumente incluem formulários.
  - Valores dos campos são enviados no corpo da requisição HTTP.
- ***Upload* através da URL**.
  - Utiliza o método HTTP `GET`.
  - Valores dos campos são preenchidos na própria URL requisitada:

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

Tipos de Métodos HTTP

- **HTTP/1.0:**
  - `GET`.
  - `POST`.
  - `HEAD`.
    - Pede que servidor não envia objeto na resposta.
- **HTTP/1.1:**
  - `GET, POST, HEAD`.
  - `PUT`.
    - Faz upload de objeto para a URL especificada.
  - `DELETE`.
    - Apaga objeto da URL especificada.

Mensagem de Resposta do HTTP



Mensagem de Resposta do HTTP: Códigos de Status

- Aparece na primeira linha da resposta enviada pelo servidor.
- Alguns exemplos de códigos:
  - `200 OK`
    - Requisição bem sucedida, objeto se encontra no corpo da mensagem.
  - `301 Moved Permanently`
    - Objeto requistado foi movido, nova localização se encontra no corpo da mensagem.
  - `400 Bad Request`
    - Servidor não entendeu a requisição.
  - `404 Not Found`
    - Objeto requisitado não foi encontrado no servidor.
  - `505 HTTP Version Not Supported`

Experimente o HTTP Você Mesmo

1. Faça um Telnet para o seu servidor web favorito:

```
telnet www.midiacom.uff.br 80
```

Abre uma conexão TCP para a porta 80 (porta padrão para servidores HTTP) no servidor `www.midiacom.uff.br`. Tudo que é digitado no terminal é enviado pela conexão.

2. Digite uma requisição HTTP do tipo `GET`:

```
GET /~diego/ HTTP/1.1
Host: www.midiacom.uff.br
```

Ao digitar isso (e duas vezes `enter` ao final), você envia esta requisição `GET` mínima (mas completa) para o servidor.

3. Veja a resposta enviada pelo servidor.
   - Ou use o Wireshark para olhar requisições/respostas HTTP capturadas.

Alguns Experimentos com HTTP (I)

- HTTP 1.0: conexão não-persistente.
- Conexão fechada assim que objeto é enviado.

Alguns Experimentos com HTTP (II)

- HTTP 1.1: por padrão, conexão persistente.
- Servidor mantém conexão aberta .
  - Durante algum tempo.

Alguns Experimentos com HTTP (III)

- HTTP 1.1: **pode** operar em modo não-persistente.
- Exige configuração explícita no cabeçalho:

```
Connection: close
```

Resumo da Aula (I)...

- Aplicações de rede: programas **distribuídos**.
  - "Partes" rodam em computadores diferentes.
  - Processos se comunicam através de trocas de mensagens.
  - Executadas apenas nos *hosts*.
- Arquitetura **Cliente-servidor**:
  - Servidor dedicado, sempre ligado.
  - Endereço permanente.
  - **Cliente se comunica apenas com servidor**.
- Arquitetura ***peer-to-peer***:
  - **Clientes podem se comunicar diretamente**.
  - Conteúdos, serviços requisitados de outros pares.
  - Mais complexo, mas com melhor **escalabilidade**.
- Sockets:
  - "Janela" entre aplicação e transporte.
  - Processos identificados por números de porta.
- Protocolos de aplicação:
  - Tipos de mensagens.
  - Sintaxe, semântica.
  - Regras sobre como reagir a eventos.
- Aplicações diferentes têm necessidades diferentes.
  - Dão origem a **modelos de serviço** diferentes.
  - UDP e TCP.
- Web:
  - Acesso a objetos hipermídia.
  - Referenciam outros objetos.

Resumo da Aula (II)...

- HTTP:
  - Cliente-servidor.
  - Requisição e resposta.
  - Roda sobre TCP.
  - *Stateless*.
  - Baseado em texto.
- HTTP: persistente *vs*. não-persistente.
  - Um objeto por conexão *vs*. múltiplos objetos em uma única conexão.
- HTTP: tipos de requisição.
  - `GET, HEAD, POST`.

Próxima Aula...

- Continuamos discutindo o HTTP e a Web.
  - Cookies: como aplicações complexas salvam estado sobre o HTTP *stateless*.
  - Web Caches.
- Também discutiremos outro protocolo clássico: FTP.