

# Aula 8 - Camada de Enlace: Conclusão

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores II

# Na Última Aula...

- Protocolo de camada 2.5:
  - Entre camada de rede e camada de enlace.
- Motivação original: agilizar encaminhamento.
  - Tabela de encaminhamento indexável.
  - Consultas mais rápidas.
- Funcionamento:
  - Roteadores MPLS de borda adicionam *label* a cada pacote de acordo com destino, outros critérios.
  - Tabelas de encaminhamento em cada nó associam *labels* a portas de saída.
  - Protocolos de sinalização configuram *labels* nas tabelas de encaminhamento dos roteadores.
- Outros detalhes:
  - *Labels* podem ser empilhados: roteamento hierárquico.
  - Classes de tráfego podem ser definidas.
  - Proposto com IP em mente, mas pode ser utilizado com outras combinações de protocolos das camadas 2 e 3.

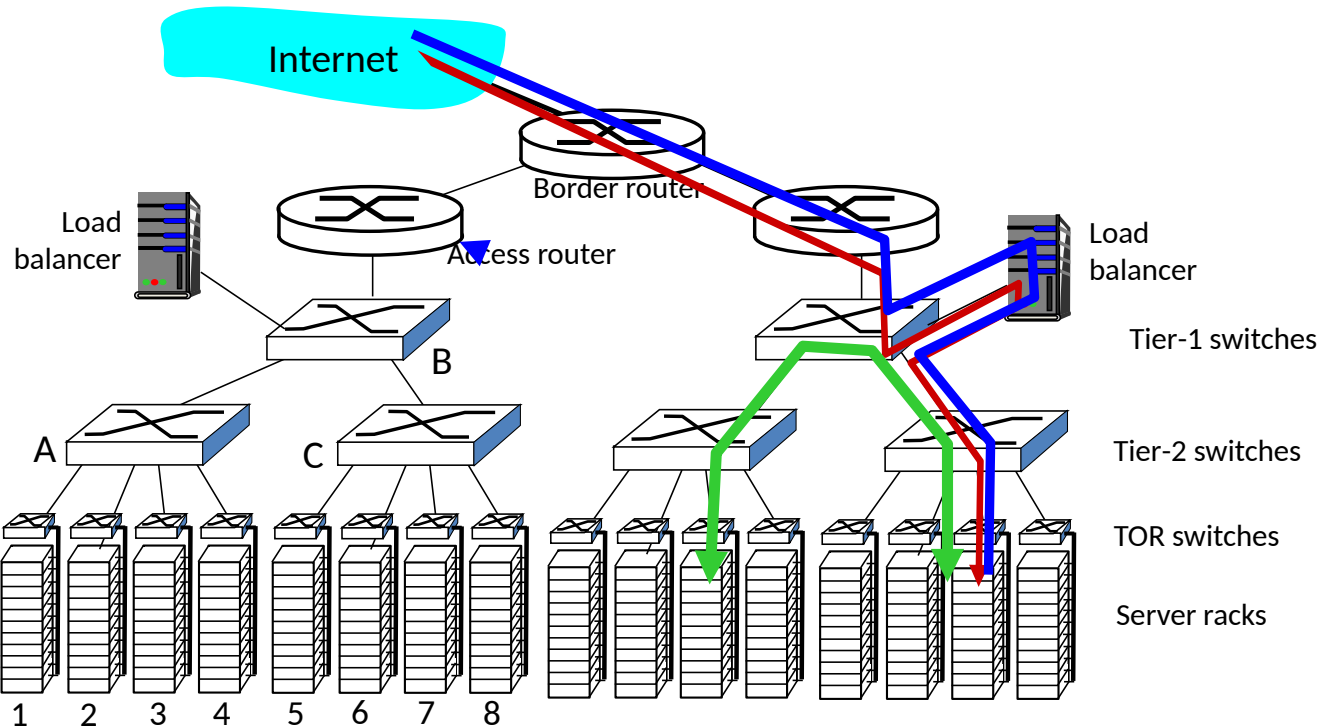
## Estudo de Caso: Redes de *Data Centers*.

# Redes de Data Centers (I)

- Dezenas (ou centenas) de **milhares** de hosts, geralmente fortemente acoplados, próximos.
  - E-business (e.g., amazon).
  - Servidores de conteúdo (e.g., youtube, Akamai, Apple, Microsoft).
  - Ferramentas de busca (e.g., google, yahoo).
- Desafios:
  - Múltiplas aplicações, cada uma servindo quantidades enormes de usuários.
  - Gerenciamento/balanceamento de carga, evitar gargalos de processamento, rede e dados.



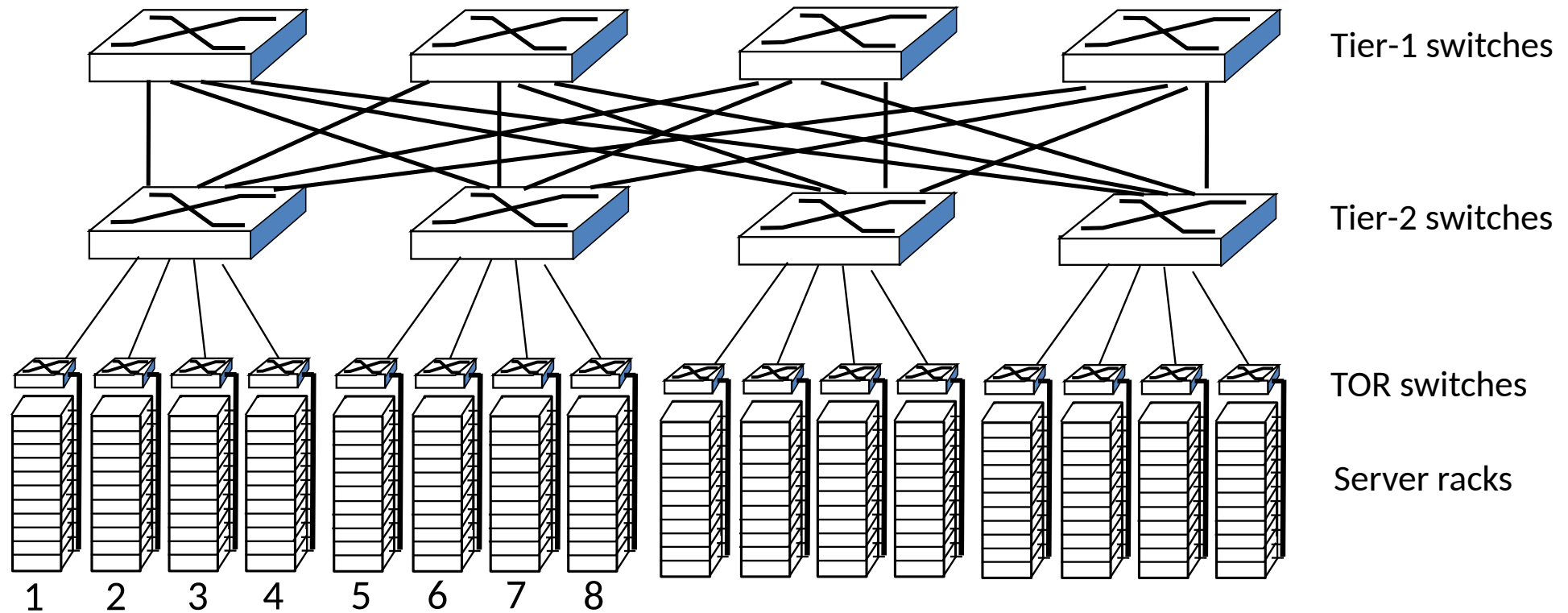
# Redes de Data Centers (II)



- **Balanceador de carga:** roteamento na camada de aplicação.
  - Recebe requisições de clientes externos.
  - Direciona carga dentro do Data Center.
  - Retorna resultado para o cliente.
    - Esconde funcionamento interno do cliente.

# Redes de Data Centers (III)

- Alto grau de interconexão entre switches e racks.
  - Aumento de vazão entre racks (múltiplos caminhos possíveis).
  - Aumento no grau de confiança (redundância).



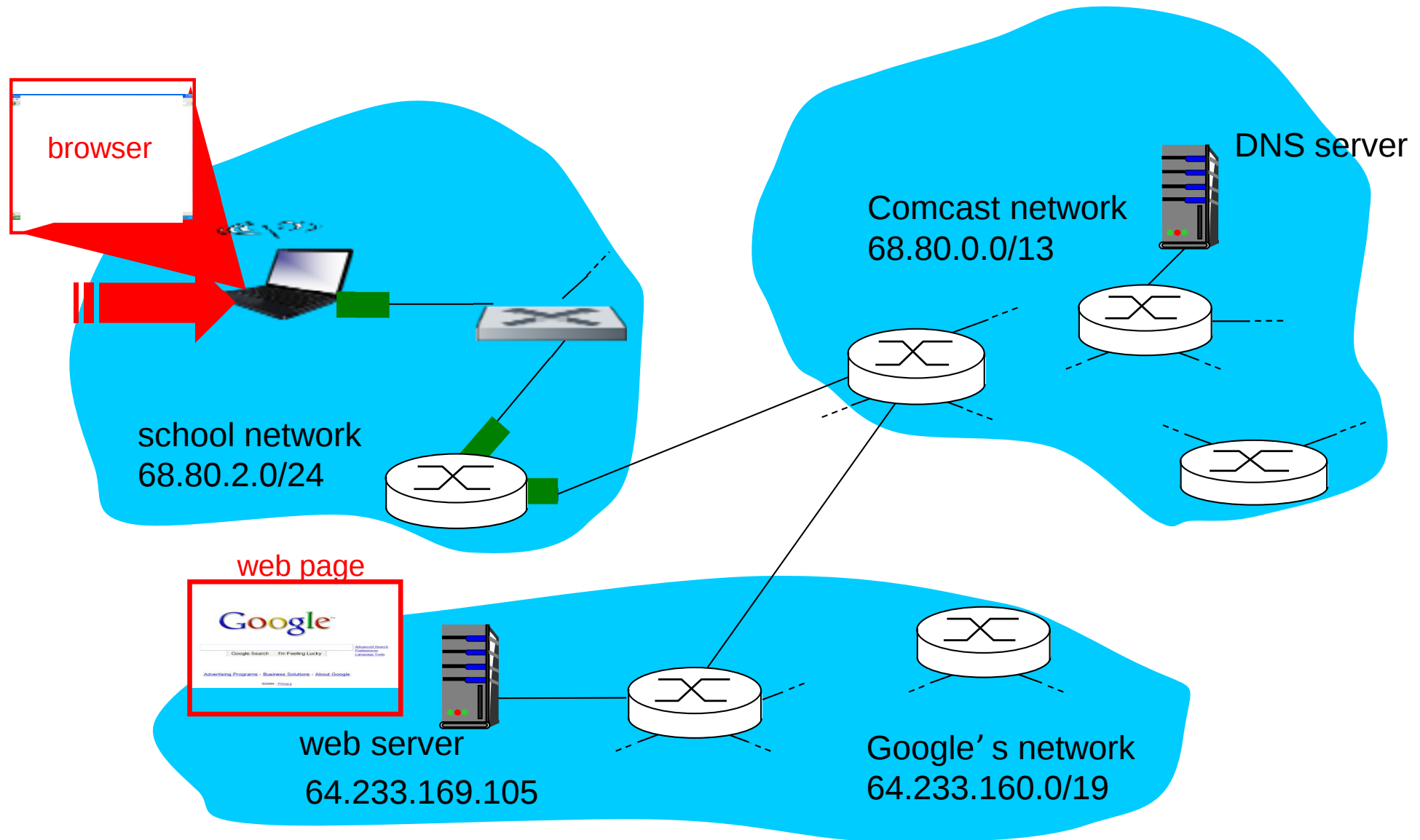
# Um Dia na Vida de uma Requisição Web

# Síntese: Um Dia na Vida de uma Requisição Web

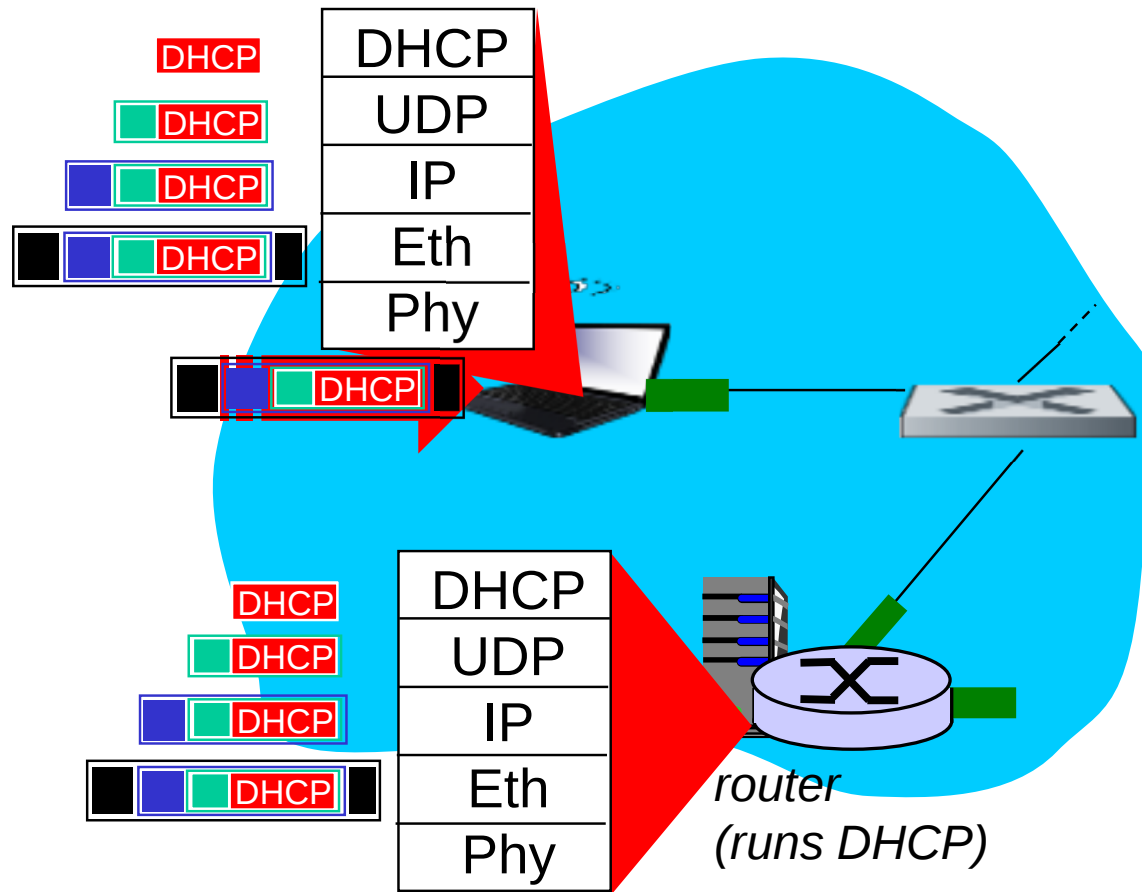
- Jornada pela pilha de protocolos finalmente completa.
  - Aplicação, transporte, rede e enlace.
- Juntando tudo: síntese.
  - **Objetivo:** identificar, revisar, entender protocolos (de todas as camadas) envolvidos em um cenário aparentemente simples: a requisição de uma página web.
  - **Cenário:** estudante conecta laptop à rede do *campus*, acessa `www.google.com`.



# Um Dia na Vida de uma Requisição Web: Cenário

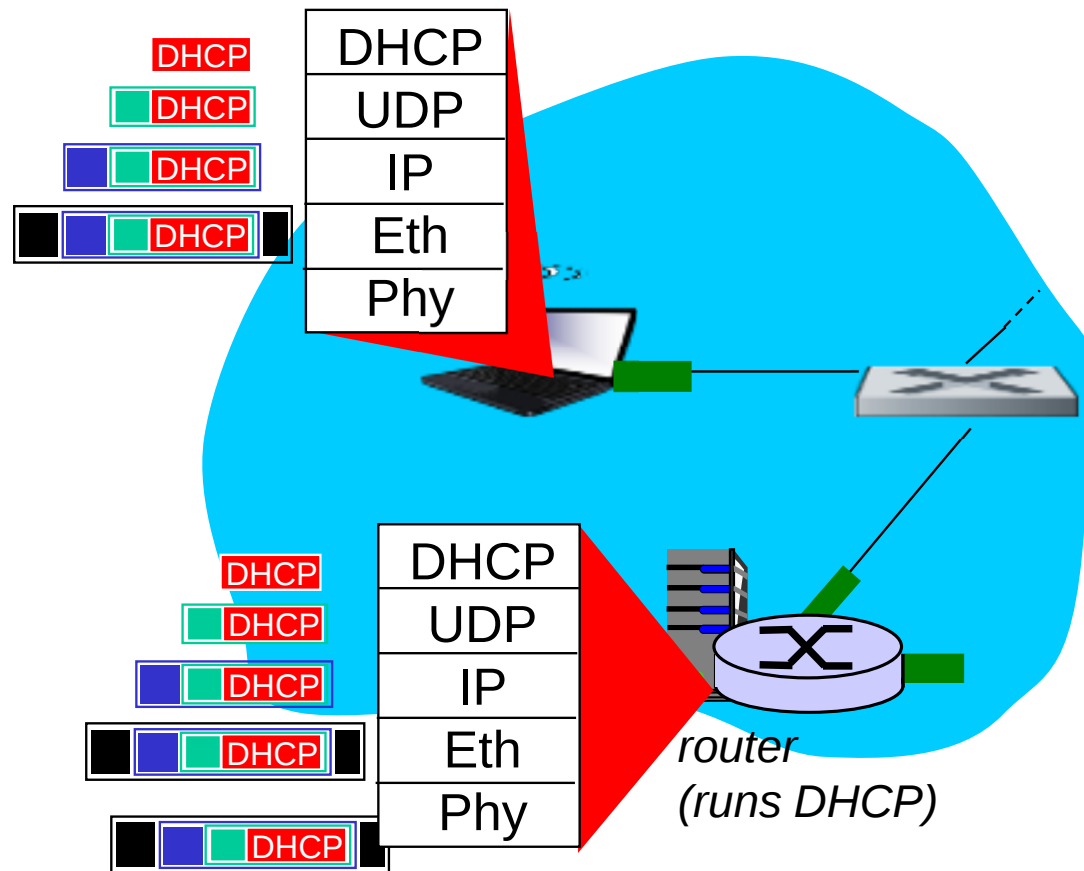


# Um Dia na Vida... Conectando-se à Internet (I)



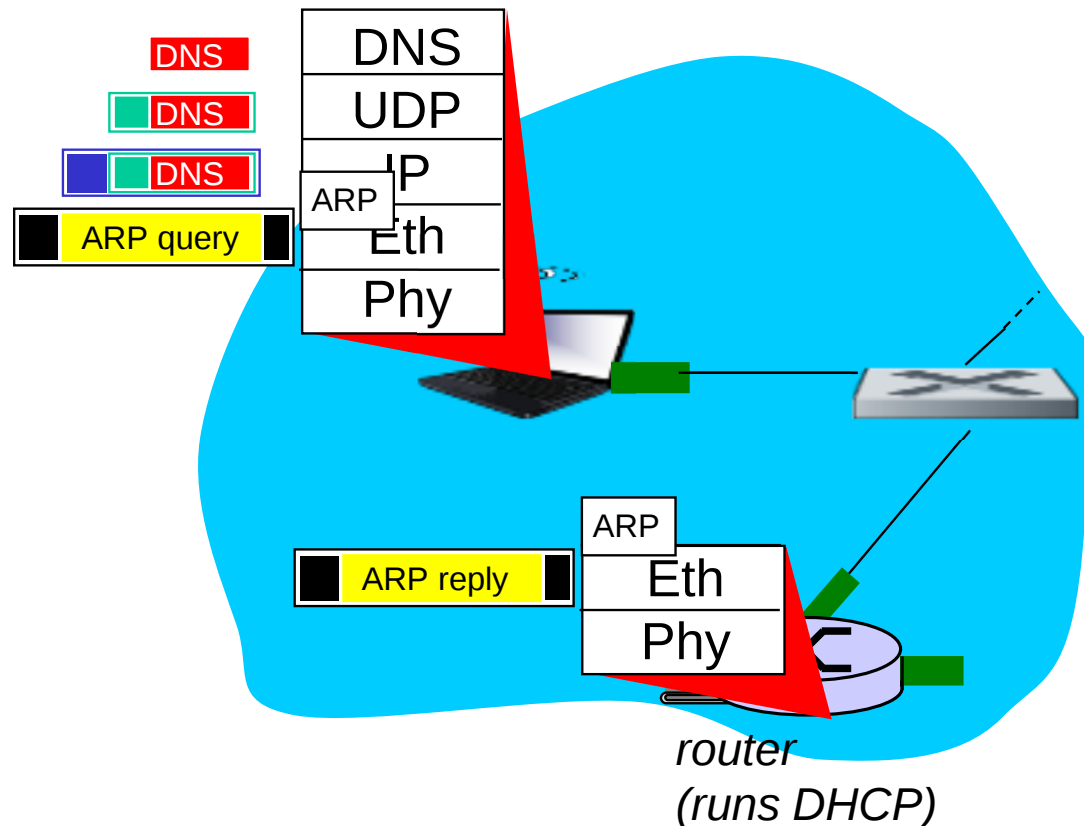
- Laptop precisa de um endereço IP, do endereço IP do roteador de primeiro salto, e do servidor de DNS: usar DHCP.
- DHCP Request encapsulado em UDP, encapsulado em IP, encapsulado em 802.3 (Ethernet).
- Quadro Ethernet enviado em *broadcast* (dest. FF:FF:FF:FF:FF:FF) na LAN, receptor executando servidor DHCP.
- Ethernet demultiplexado para IP, demultiplexado para UDP, demultiplexado para DHCP.

# Um Dia na Vida... Conectando-se à Internet (II)



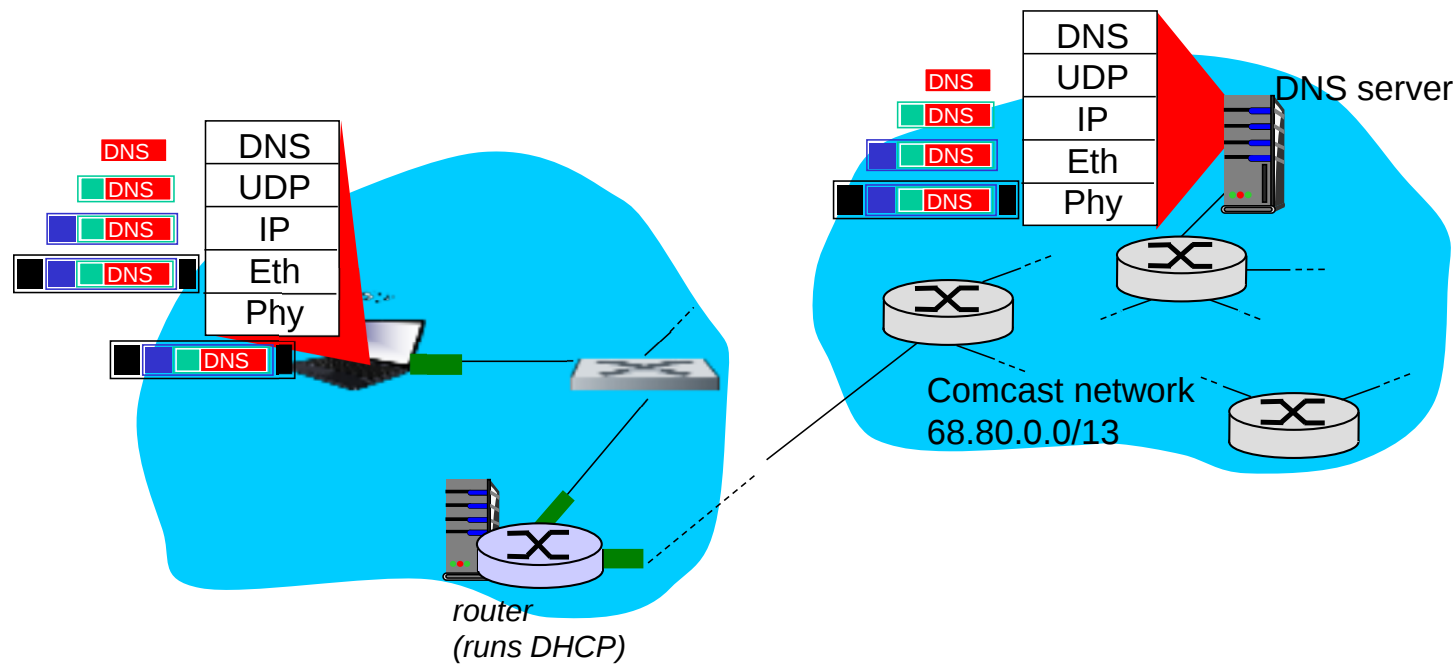
- Servidor DHCP formata um DHCP ACK, contendo IP do cliente, endereço do roteador de primeiro salto e do servidor de DNS.
- Encapsulamento no servidor DHCP, encaminhamento do quadro (**auto-aprendizado nos switches**) pela LAN, demultiplexações no cliente.
- Cliente DHCP recebe DHCP ACK.
- Agora, cliente possui IP e sabe IP do roteador de primeiro salto e servidor de DNS.

# Um Dia na Vida... ARP (antes de DNS e HTTP)



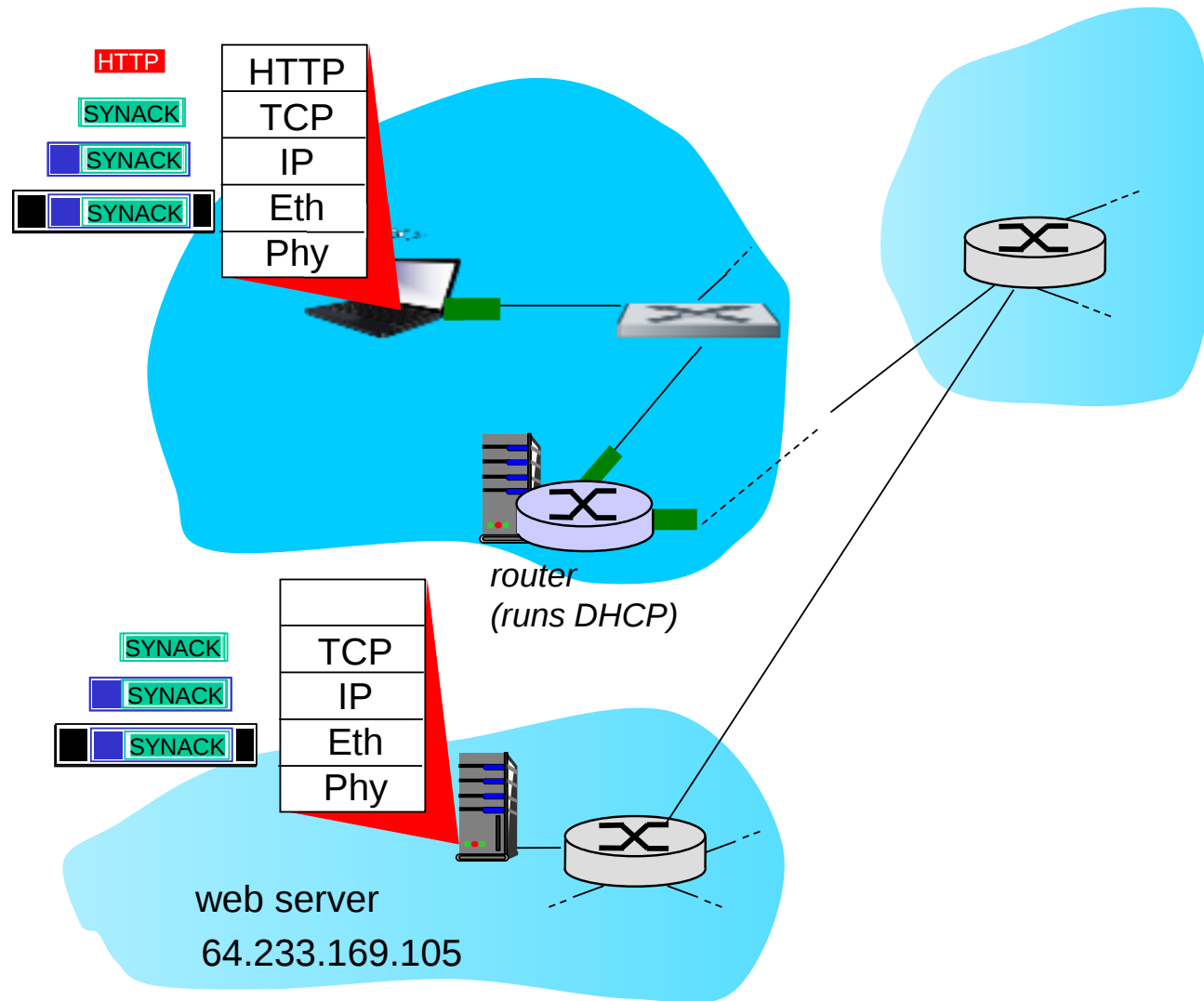
- Antes de enviar requisição HTTP, cliente precisa resolver IP de `www.google.com`: **DNS**.
- Cria requisição DNS, encapsulada em UDP, encapsulada em IP, encapsulada em 802.3. Mas qual o MAC de destino?
  - MAC da interface do roteador de primeiro salto: **ARP**.
- ARP query enviado em *broadcast*, recebido pelo roteador, que responde com ARP reply, contendo MAC da sua interface.
- Cliente agora conhece endereço MAC do primeiro salto. Pode enviar quadro contendo a query DNS.

# Um Dia na Vida... usando DNS



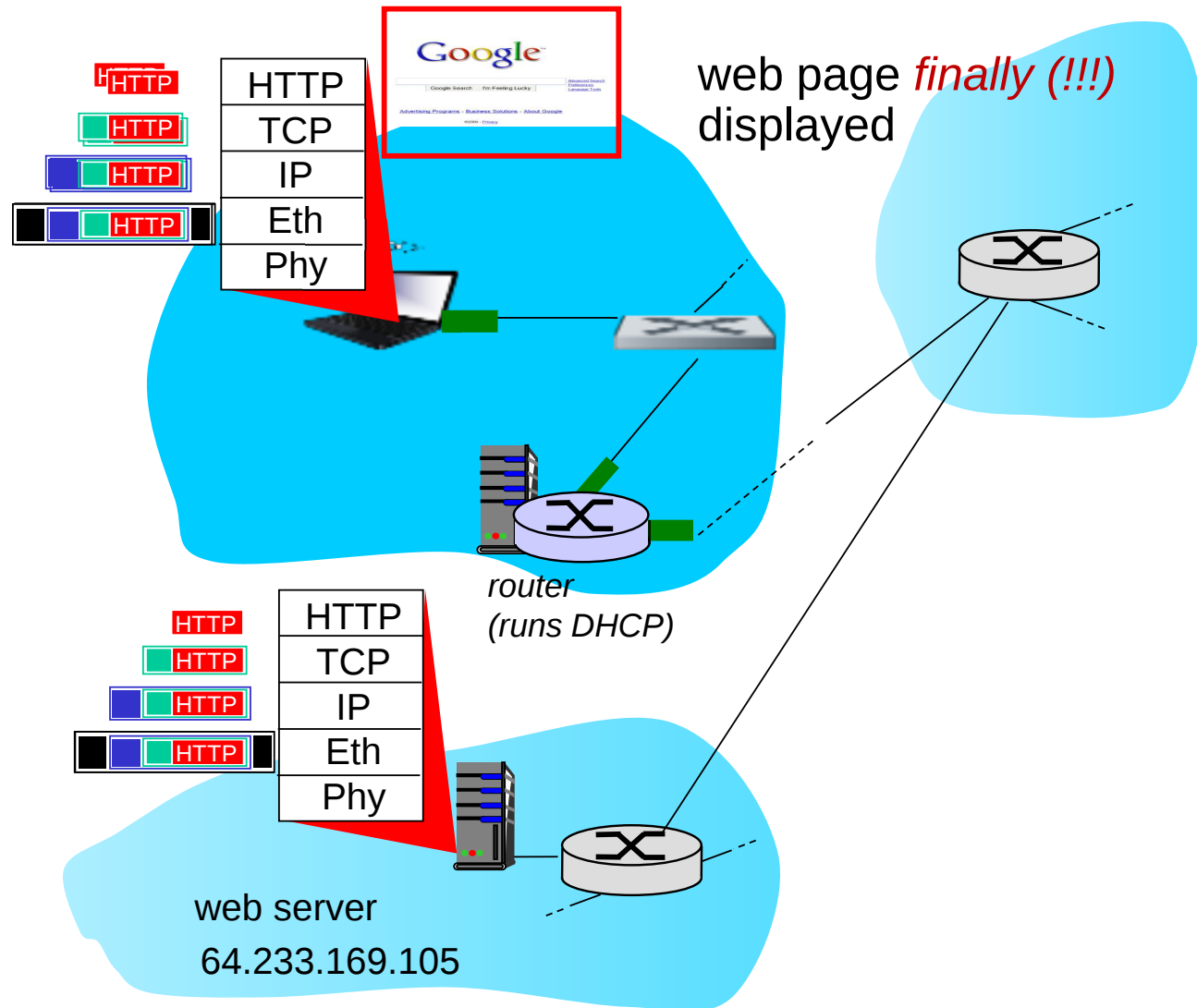
- Datagrama IP contendo query DNS encaminhado pelo switch da LAN do cliente para o roteador de primeiro salto.
- Datagrama IP encaminhado da rede do *campus* para rede do ISP, roteado (tabelas criadas pelo protocolos **RIP**, **OSPF**, **IS-IS** e/ou **BGP**) até o servidor DNS.
- Demultiplexado até o serviço de DNS.
- Servidor DNS responde ao cliente com endereço IP de `www.google.com`.

# Um Dia na Vida... Conexão TCP Transportando HTTP



- Para enviar requisição HTTP, cliente abre socket **TCP** para servidor Web.
- Segmento SYN do TCP (passo 1 do 3-way handshake) enviado usando roteamento inter-domínio para o servidor web.
- Servidor web responde com SYNACK (passo 2).
- Conexão TCP estabelecida!

# Um Dia na Vida... Requisição/Resposta HTTP



- Requisição **HTTP** enviada pelo socket TCP.
- Datagrama IP contendo requisição roteado até `www.google.com`.
- Servidor web envia resposta HTTP (contendo a página web).
- Datagrama IP contendo a resposta é roteado de volta ao cliente.

# Resumo da Aula...

- Redes de *Data Centers*:
  - **Alto grau de interconectividade** entre *switches*.
    - Loops físicos **propositais**.
    - **Múltiplos caminhos** alternativos entre elementos da rede.
    - **Redundância, confiabilidade**.
    - Problemas são evitados com configurações corretas.
- Pilha de protocolos (quase) completa:
  - TCP/IP é bastante **complexo**.
  - Da conexão física do dispositivo, ao recebimento de dados, há **muitos passos**.
    - Obtenção de endereço IP (DHCP).
    - Traduções de endereços via ARP.
    - Roteamento.
    - Encapsulamentos, desencapsulamentos.
    - Estabelecimento de conexões, *handshakes*.
    - ...



# Sumário do Capítulo 5

- Princípios dos serviços da camada de enlace.
  - Detecção e correção de erros.
  - Compartilhamento de um canal físico: acesso múltiplo.
  - Endereçamento na camada de enlace.
- Implementações de várias tecnologias da camada de enlace.
  - Ethernet.
  - LANs baseadas em switches, VLANs, STP.
  - MPLS.
- Síntese: um dia na vida de uma requisição web.

# Conceitos Importantes

- Objetivos da camada de enlace.
- Quadro.
- Detecção e correção de erros.
  - Paridade, CRC, Checksum, FEC.
- Enlaces.
  - Full-duplex *vs.* half-duplex.
  - Ponto-a-ponto *vs.* difusão.
- Protocolos de acesso múltiplo.
  - Acesso aleatório *vs.* particionamento de canal *vs.* acesso alternado.
  - TDMA, FDMA, CSMA, passagem de token, polling.
- Endereço MAC.
- Protocolo ARP.
- Ethernet: 802.3.
  - Switches *vs.* hubs.
  - Auto-aprendizagem, tabela de encaminhamento, inundação.
  - VLANs.
  - STP.
- MPLS.

# Leitura e Exercícios Sugeridos

- Um dia...
  - Páginas 363 a 367 do Kurose (Seção 5.9).
  - Problema 37 do capítulo 5 do Kurose.
- Resumo do capítulo:
  - Páginas 367 e 368 do Kurose (Seção 5.10).
  - Exercício sugerido: instale o Wireshark em um computador na sua casa e refaça a demonstração do “Um dia...”

# Vamos Respirar um Pouco

- Jornada pelas várias camadas da pilha de protocolos está completa.
  - Exceto pela camada física.
- Compreensão sólida dos princípios e prática de redes.
- O assunto de redes está completo? **Não**, há vários tópicos de interesse ainda.
  - Redes sem fio.
  - Mobilidade.
  - Multimídia.
  - Segurança.
  - Gerência de redes.

# Próxima Aula...

- Começaremos um novo capítulo.
  - Capítulo 6: Redes Sem Fio e Mobilidade.
- Na próxima aula, cobriremos:
  - Alguns conceitos iniciais sobre redes sem fio e mobilidade.
  - Algumas ideias básicas sobre como ocorrem transmissões na camada física.
    - E quais são as consequências disso.