

# Aula 5 - Camada de Enlace: Switches

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores II

# Na Última Aula...

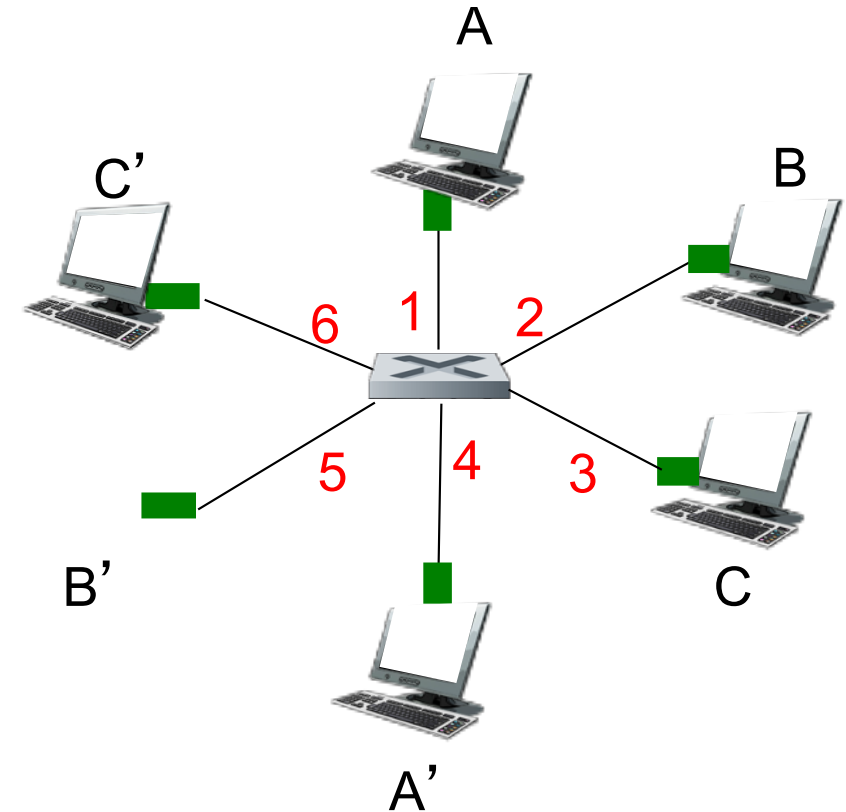
- Endereçamento e ARP:
  - Camada de enlace tem **esquema próprio** de endereçamento.
    - Diferente da camada de rede.
    - Usado na **comunicação direta** entre dispositivos.
    - Endereços **planos**.
    - Interface sai de fábrica com **endereço único**.
    - Garante unicidade ao se **trocar de rede**.
  - Há um **mapeamento** entre endereços das camadas de rede e enlace.
    - **Tradução** feita através do ARP.
- Ethernet: tecnologia padrão para LANs cabeadas.
  - **Simples e barato**.
  - Adoção **ampla**.
  - **Evoluiu** ao longo do tempo.
- Topologia originalmente em **barramento**, atualmente **estrela**.
  - Comunicação intermediada por um **switch**.
  - Enlaces **full-duplex**.
  - Garante **ausência de colisões**.
- Serviço **sem conexão, não confiável**.
- Acesso ao meio via CSMA/CD.

# Switch Ethernet

- Dispositivo **ativo** da camada de enlace.
  - Armazena e encaminha quadros Ethernet.
  - Examina endereços do quadro que chega.
    - **Seletivamente**, o encaminha para um **ou mais** enlaces de saída.
  - Utiliza CSMA/CD para acessar enlaces.
- **Transparente**: *hosts* não sabem da presença dos *switches*.
- **Plug-and-play, aprendizado automático**: não requerem configuração para executar encaminhamento.

# Switches e Transmissões Simultâneas

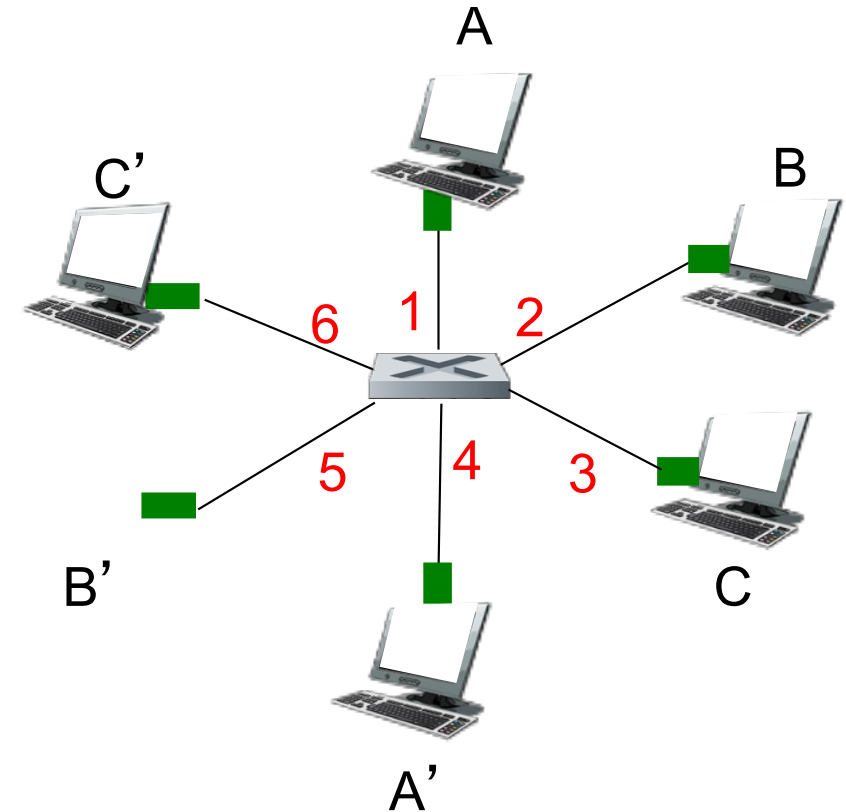
- Hosts têm enlaces dedicados, *full-duplex*, diretos com o *switch*.
- *Switches* armazenam quadros em *buffers* internos.
- Protocolo MAC do Ethernet usado em cada enlace, mas não há colisões.
  - Cada enlace é seu próprio domínio de colisão confinado.
- Transmissões entre **A** e **A'** e **B** e **B'** podem ocorrer simultaneamente.



*switch with six interfaces*  
*(1,2,3,4,5,6)*

# Switches e Tabelas de Encaminhamento

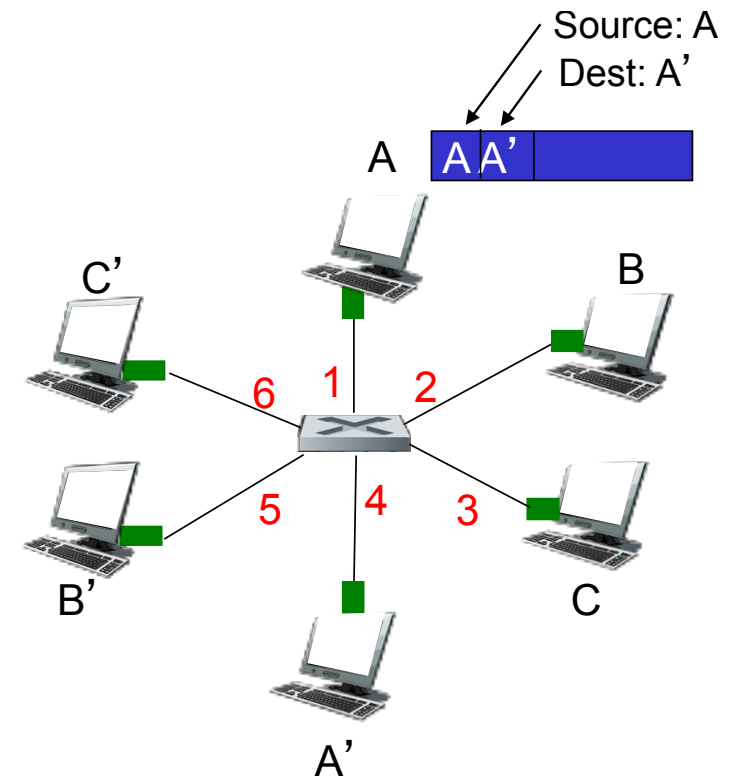
- Como o switch sabe que **A'** é alcançável pela interface 4?
- E **B'** pela interface 5?
  - **Resposta:** cada switch possui uma **tabela de encaminhamento**.
  - Cada entrada da tabela é uma tupla da forma:
    - <MAC, interface, timestamp>.
    - Similar à tabela de roteamento!
- Mas como as entradas são gerenciadas?
  - De forma parecida com um protocolo de roteamento?



*switch with six interfaces  
(1,2,3,4,5,6)*

# Switches: Auto-aprendizado

- Switch **aprende** quais *hosts* são alcançáveis por quais interfaces.
  - Quando quadro é recebido, switch aprende localização do emissor.
  - Localização é armazenada na tabela de encaminhamento do switch.



MAC addr	interface	TTL
A	1	60

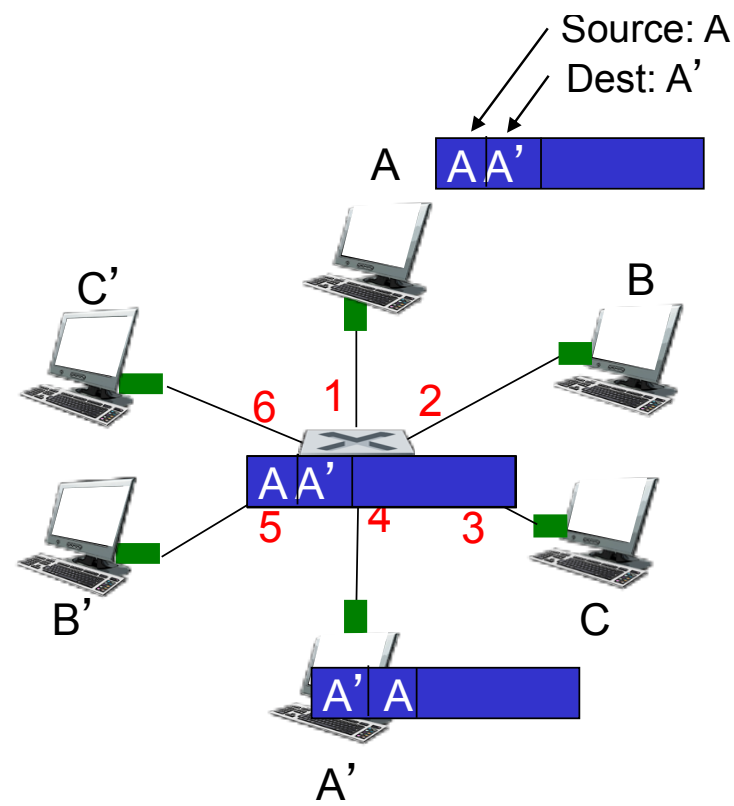
*Switch table  
(initially empty)*

# Switch: Filtragem/Encaminhamento de Quadros

- Quando um quadro chega a uma dada porta do switch:
  1. Armazena número de porta, MAC de origem na tabela de encaminhamento.
  2. Utiliza MAC de destino como índice da tabela de encaminhamento.
  3. Se há uma entrada:
    1. Se destino está na mesma porta pela qual quadro chegou, descarte o quadro (**Por quê?**).
    2. Caso contrário, encaminhe o quadro para a porta.
  4. Caso contrário, inundação (i.e., replique quadro por todas as portas, exceto pela qual ele chegou).

# Auto-aprendizado e Encaminhamento: Exemplo

- **A** envia quadro destinado a **A'**.
  - Switch recebe pela porta 1.
    - Armazena mapeamento (**A**, 1) na tabela de encaminhamento.
  - Não conhece localização de **A'**.
    - Inunda todas as portas (exceto a 1).
- **A'** envia quadro destinado a **A**.
  - Switch recebe pela porta 4.
    - Armazena mapeamento (**A'**, 4) na tabela de encaminhamento.
  - Sabe que **A** está na porta 1.
    - Envio **seletivo**.



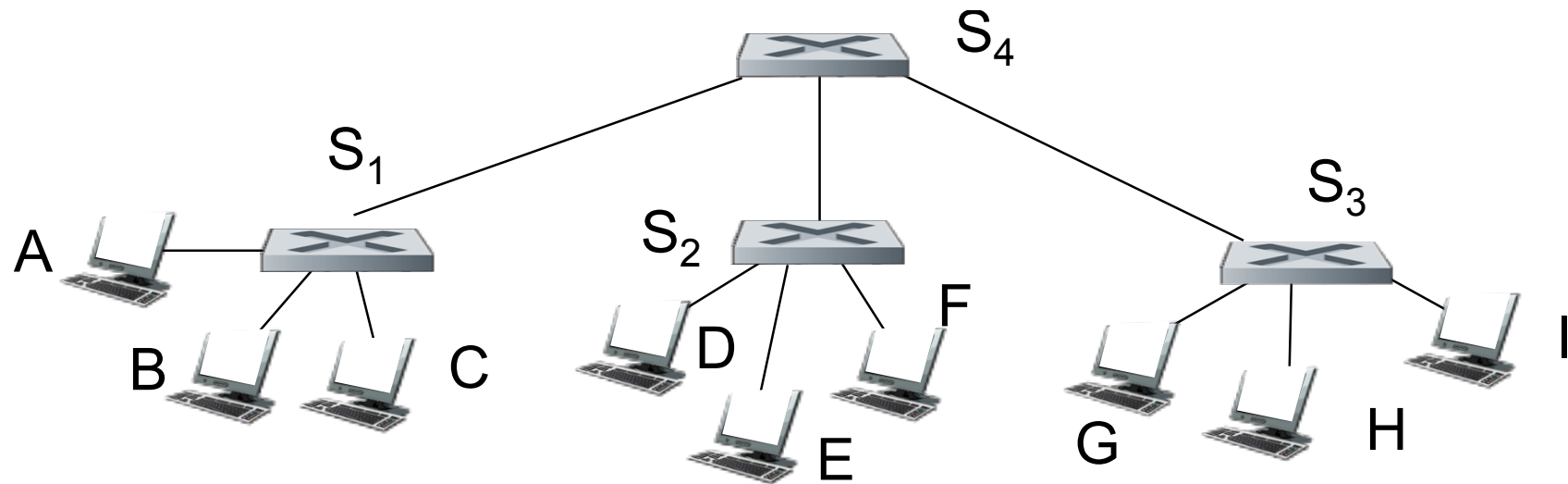
MAC addr	interface	TTL
A	1	60
A'	4	60

switch table  
(initially empty)



# Interconectando Switches

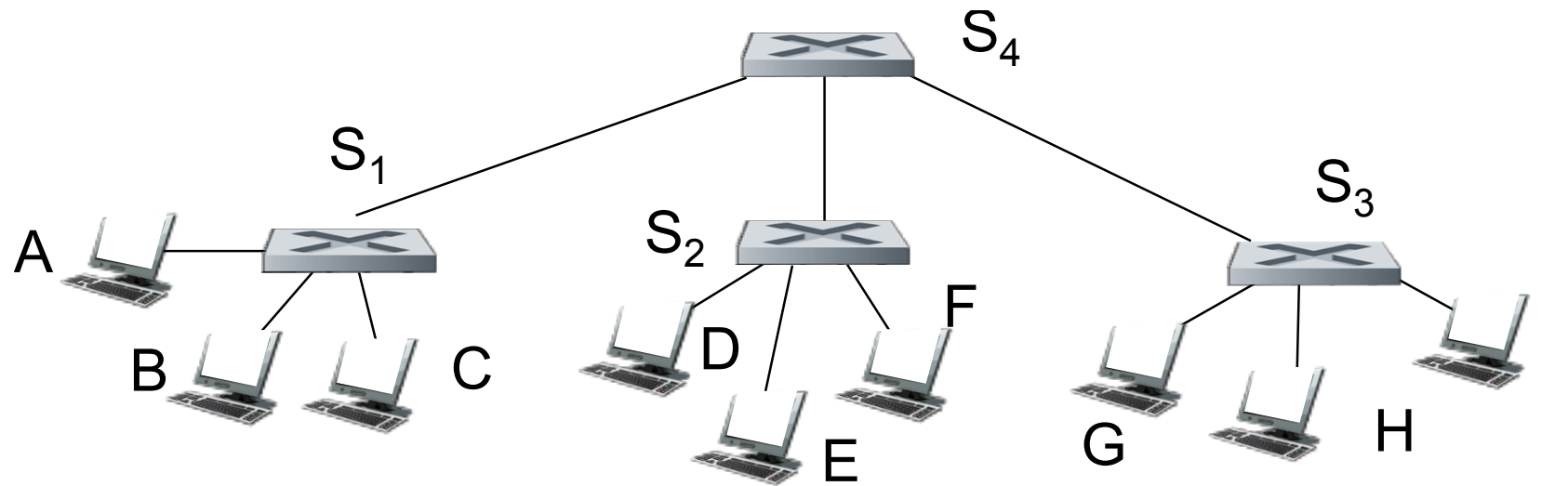
- Switches podem ser interconectados.



- **Pergunta:** quadro de A para G – como S<sub>1</sub> sabe que deve encaminhar através de S<sub>4</sub> e S<sub>3</sub>?
  - **Resposta:** auto-aprendizado! (exatamente da mesma forma que no caso com único switch!)

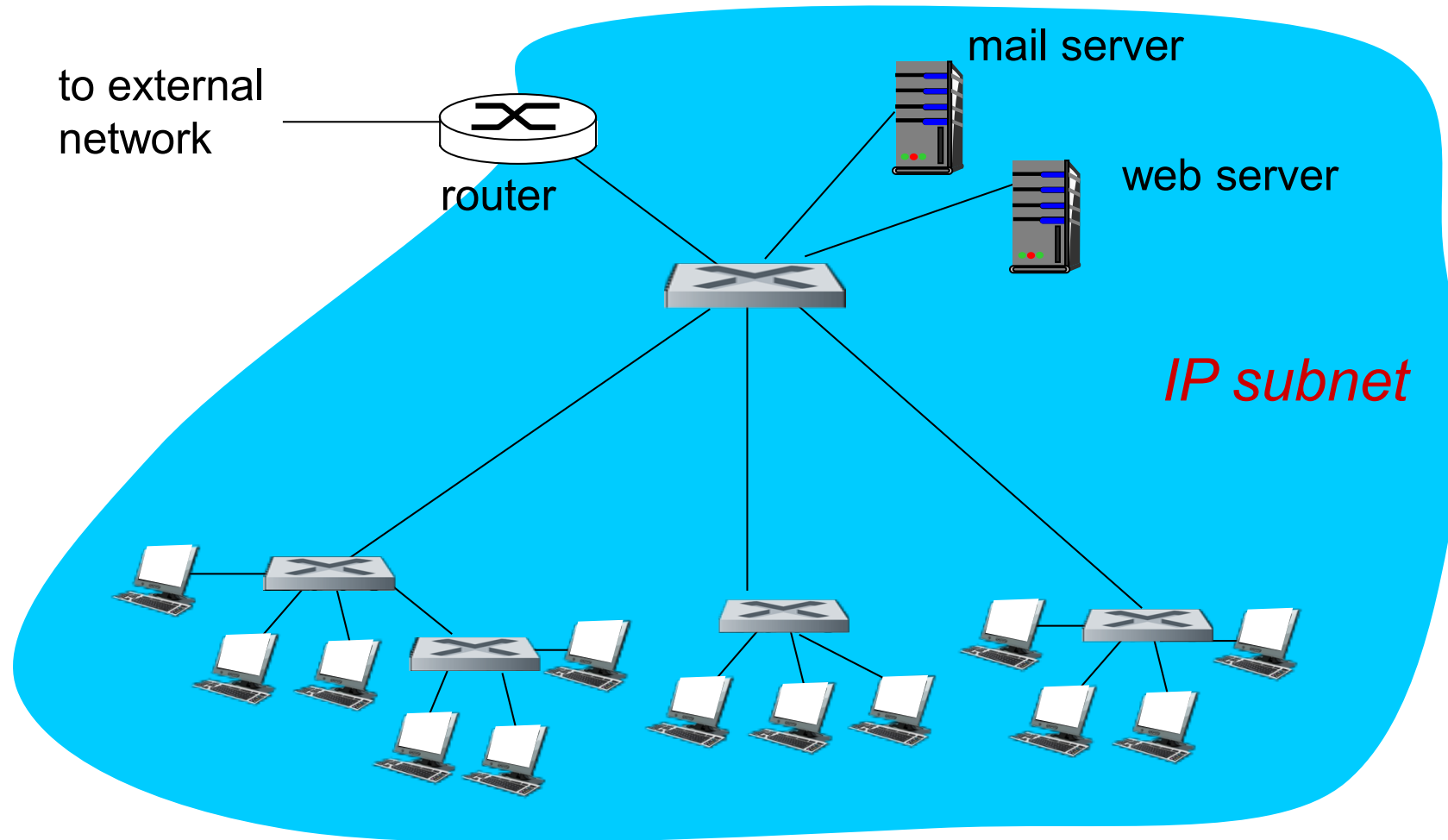
# Interconectando Switches: Exemplo de Auto-aprendizado

- Assuma que **C** envia quadro para **I** e **I** envia resposta para **C**.



- Após estes envios**, mostre as tabelas de encaminhamento em **S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>**.

# Rede Institucional (Possível Arquitetura)



# Switches: Vantagens em Relação à Hubs/Repetidores/Barramentos

- **Eliminação de colisões:**

- Colisões são **impossíveis**.
- Banda não é desperdiçada.
- Ganho de eficiência.

- **Possibilidade de enlaces heterogêneos:**

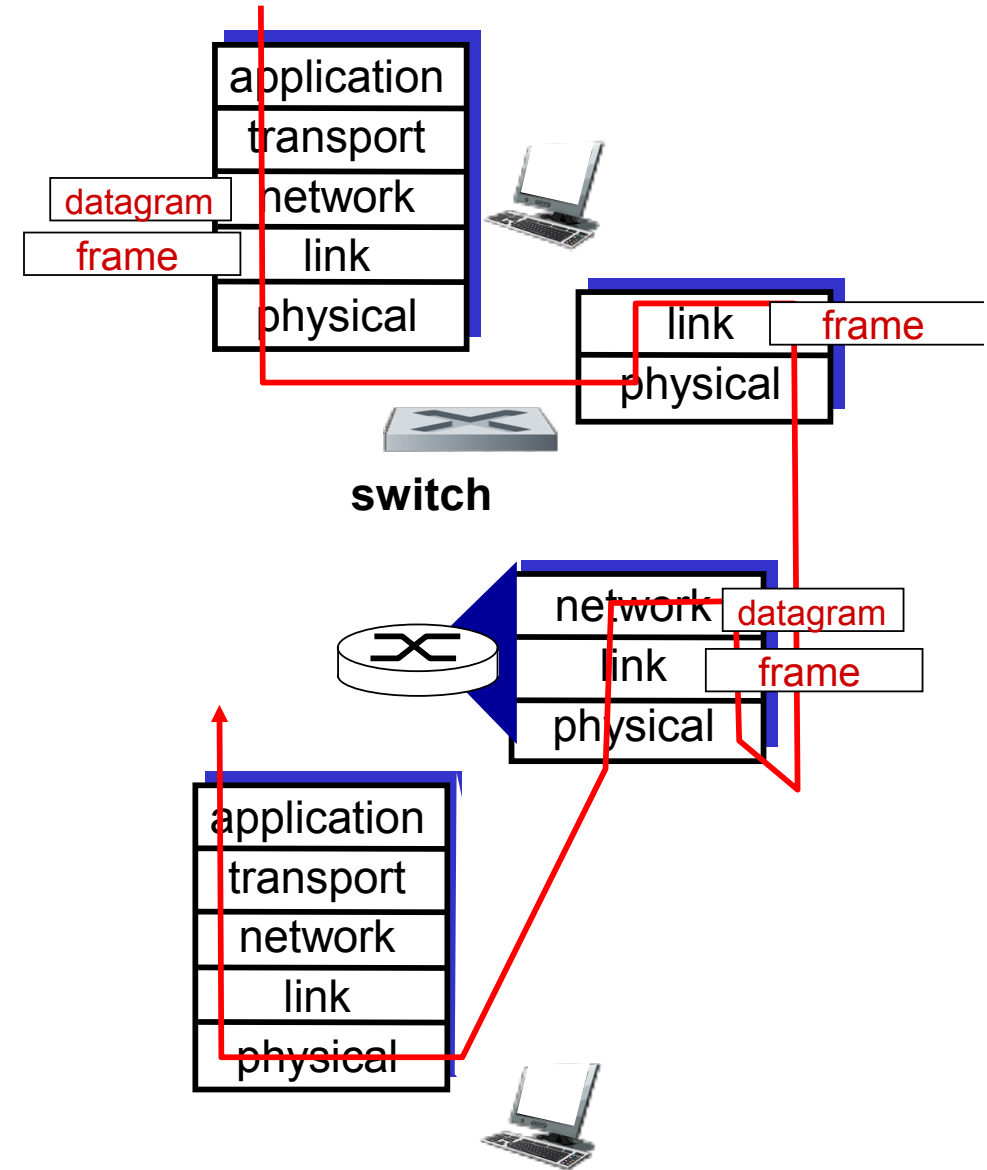
- Como cada porta do switch corresponde a um enlace isolado, portas diferentes podem operar em taxas diferentes.
- Garante interoperabilidade entre dispositivos modernos e legados.
- Graças também a grande retro-compatibilidade do Ethernet.

- **Facilidade de gerenciamento:**

- Como portas são isoladas, é possível desativar portas individualmente.
  - *e.g.*, por conta do mau-funcionamento de um dispositivo.
- Switches modernos também reportam estatísticas sobre cada porta (detalhes no Cap. 9).

# Switches vs. Roteadores

- Ambos utilizam o *store-and-forward*.
  - **Roteadores:** dispositivos da camada de rede (examinam cabeçalhos de nível 3).
  - **Switches:** dispositivos da camada de enlace (examinam cabeçalhos de nível 2).
- Ambos possuem tabelas de encaminhamento/roteamento.
  - **Roteadores:** computam tabelas usando algoritmos de roteamento, endereços IP.
  - **Switches:** montam tabelas de encaminhamento utilizando inundação, auto-aprendizagem, endereços MAC.

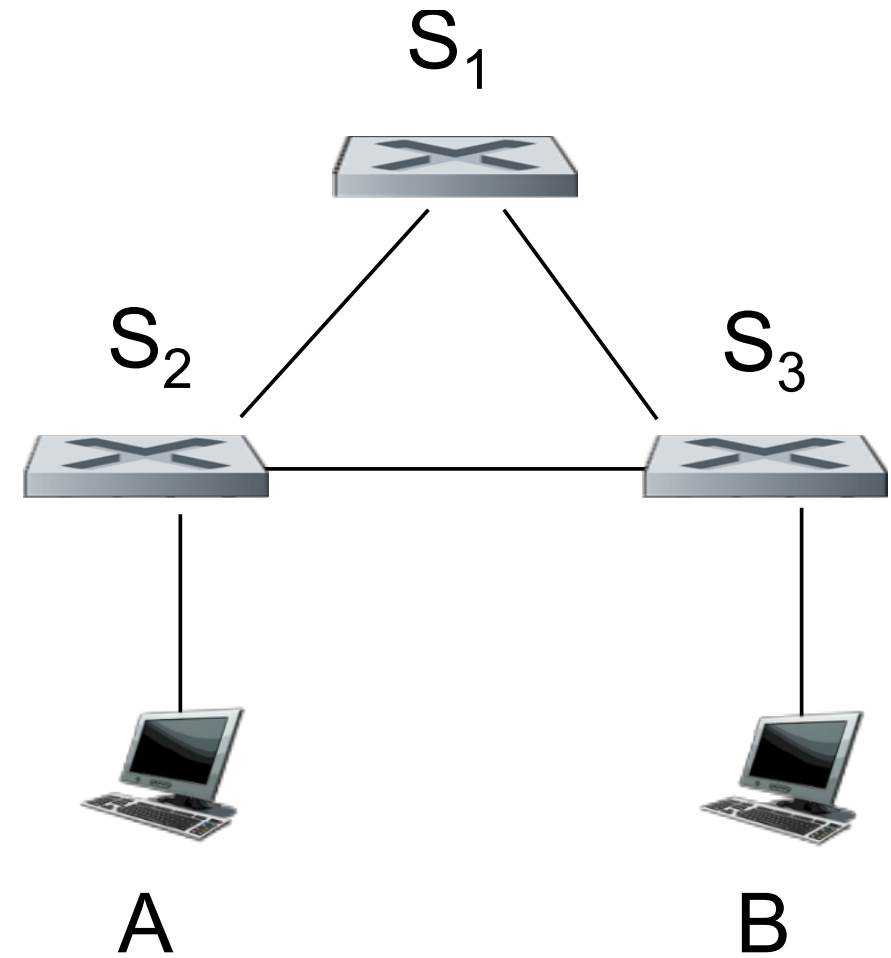


# Switches: Domínio de *Broadcast*

- A menos que haja VLANs (próxima aula), todas as portas de um switch constituem um único **domínio de *broadcast***.
- Significa que:
  - Quadro enviado em *broadcast* a partir de uma porta é replicado para todas as portas.
- O mesmo ocorre com múltiplos switches interconectados: quadros *broadcast* enviados para todas as portas de todos os switches.
- Em muitos casos, comportamento é desejável.
  - e.g., tráfego *broadcast* de um protocolo de roteamento.
- Em outros casos, não.
  - e.g., requisição ARP para o endereço do nó A é entregue aos nós B, C, D, ...
- **Tempestade de *broadcast***: excesso de tráfego *broadcast*, consumindo quantidade considerável de recursos da rede.

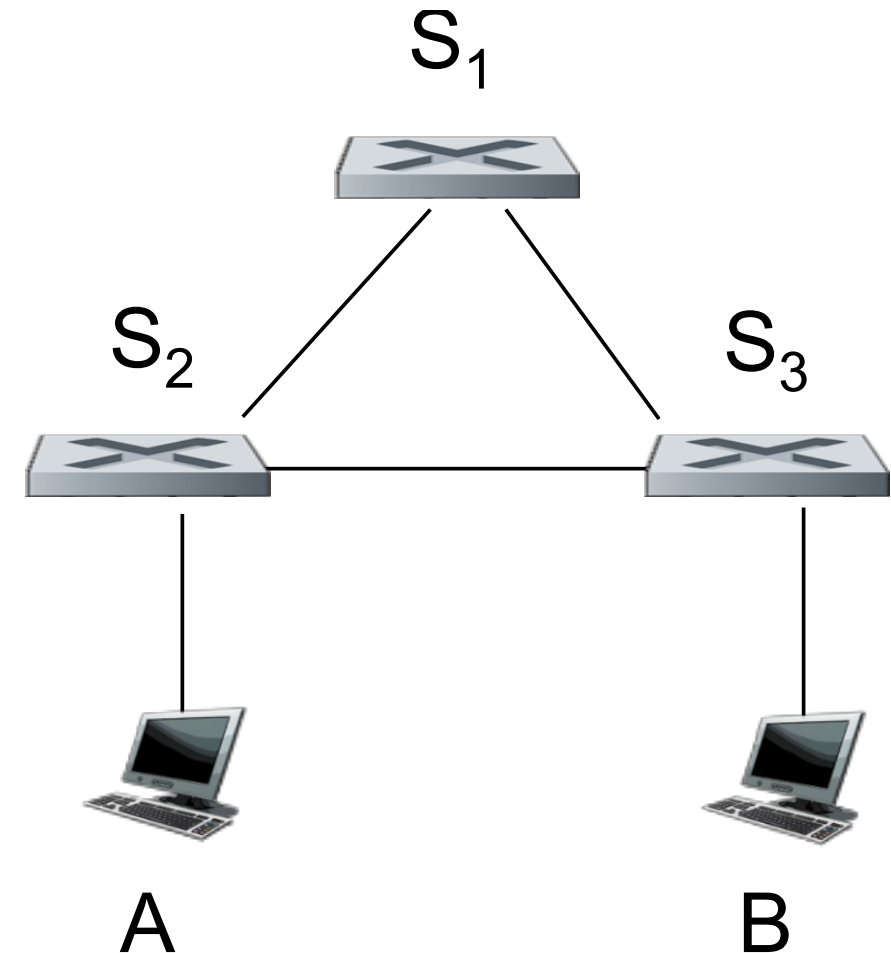
# Switches: *loops* (I)

- Considere a topologia ao lado.
  - **Problemas?**



# Switches: *loops* (II)

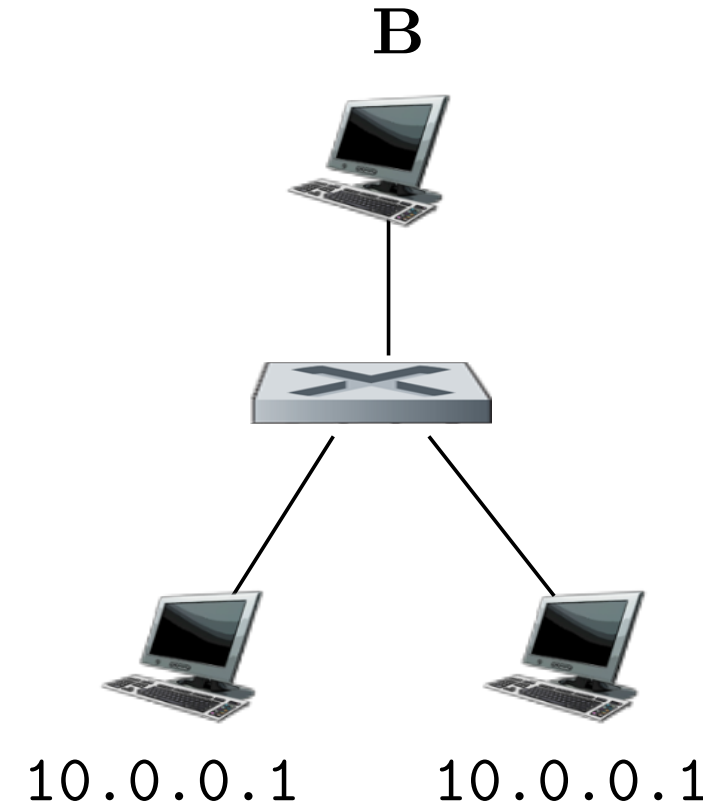
- Considere a topologia ao lado.
  - **Problemas?**
- Tráfego *broadcast*.
  - A envia quadro *broadcast* para S<sub>2</sub>.
  - S<sub>2</sub> replica para S<sub>1</sub> e S<sub>3</sub>.
  - S<sub>3</sub> replica para S<sub>1</sub> e B.
  - S<sub>1</sub> replica para S<sub>3</sub>.
  - S<sub>3</sub> replica para S<sub>2</sub> e B.
  - S<sub>2</sub> replica para S<sub>1</sub> e A.
  - S<sub>1</sub> replica para S<sub>3</sub>.
  - S<sub>3</sub> replica para S<sub>2</sub> e B.
  - S<sub>2</sub> replica para S<sub>1</sub> e A.
  - ...





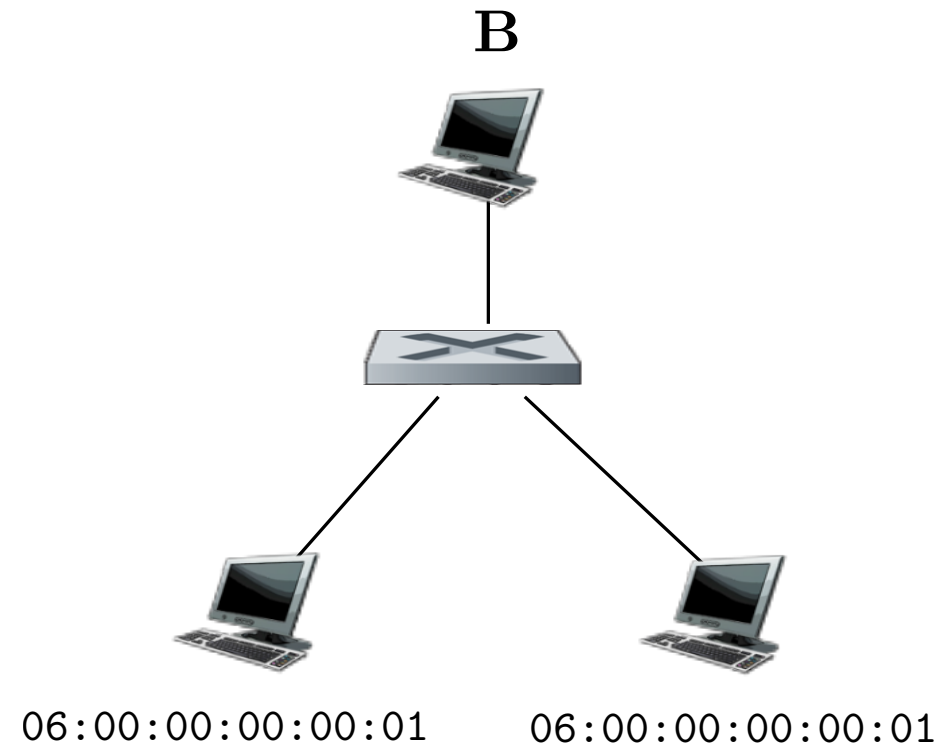
# Conflitos de Endereços (I)

- O que ocorre se dois *hosts* com o mesmo IP se conectam a um switch?
  - Resposta: **conflito de IP**.
- Se B envia uma requisição ARP para 10.0.0.1, duas respostas são recebidas.
- Suponha que B aceite apenas a primeira resposta:
  - Seus datagramas IP, dali para frente, serão enviados ao *host* que respondeu mais rapidamente.
  - Mas **este é o destinatário correto?**
- Note que B é capaz de **detectar** conflito de IP através da resposta duplicada.



# Conflitos de Endereços (II)

- O que ocorre se dois *hosts* com o mesmo **endereço MAC** se conectam a um switch?
  - Resposta: **conflito de MAC**.
- Suponha que B envie um quadro unicast com endereço de destino 06:00:00:00:00:01.
  - Para qual dos dois *hosts* o switch encaminha?
- Depende:
  - Se já houver entrada na tabela de encaminhamento, para a porta associada.
  - Se não houver, para ambas.
- Novamente, comunicação pode se dar com dispositivo errado.
- Mas agora, B **pode não ser capaz de identificar o conflito**.



# Switches ou Roteadores? (I)

- Você foi contratado para projetar a infraestrutura de rede interna de uma instituição.
- Qual a melhor opção?
  - Interconectar **todos** os dispositivos em nível 2 (i.e., usando apenas *switches*)?
  - Ou dividir a rede em sub-redes, interconectadas por roteadores?

# Switches ou Roteadores? (II)

- Você foi contratado para projetar a infraestrutura de rede interna de uma instituição.
- Qual a melhor opção?
  - Interconectar **todos** os dispositivos em nível 2 (i.e., usando apenas *switches*)?
  - Ou dividir a rede em sub-redes, interconectadas por roteadores?
- Resposta: **depende**.
- Cada solução tem seus prós e contras. Exemplos:
  - Roteadores requerem configurações mais complexas, e tempo de processamento é maior.
  - Switches são *plug-and-play*, e processam apenas até a camada 2.
  - Por outro lado, roteadores proveem melhor isolamento de tráfego.
  - Switches interligados constituem (a princípio) um **único grande domínio de broadcast**.
    - Possibilidade de tempestade de *broadcast*.
    - Além disso, problemas como *loops* são mais difíceis de diagnosticar.
    - Por fim, muitos switches em cascata sobrecarregam tabelas de encaminhamento.

# Switches ou Roteadores? (III)

- Em geral, para redes “pequenas” (i.e., com poucos nós), topologias apenas com *switches* são razoáveis.
- À medida que a rede cresce, o domínio de broadcast único se torna problemático.
  - Em termos de desempenho: quadros em *broadcast* enviados para a rede toda.
  - Em termos de gerência: difícil descobrir fontes de problemas, como endereços duplicados.
  - Em termos de segurança: difícil impedir uso/acesso não autorizado a recursos da rede.

# Resumo da Aula (I)...

- **Switch**: dispositivo ativo, nível 2, intermediário.
  - **Enlaces dedicados** para cada dispositivo conectado.
  - Paradigma *store-and-forward*.
  - **Examina** quadros recebidos, **seleciona** porta de saída.
  - **Transparente** para os dispositivos.
  - Permite **transmissões simultâneas**.
- **Aprendizado automático**: descobre sozinho onde estão os dispositivos.
  - Monta uma **tabela de encaminhamento**.
  - Se não há entrada na tabela: **inundação**.
- **Switches em cascata**: podem ser interconectados para estender a rede.
  - Auto-aprendizado continua funcionando.
  - Potencialmente, **mais de um MAC associado a cada porta**.
  - Pode **esgotar a capacidade** da tabela de encaminhamento.
    - Mais inundações, pior desempenho.
- **Várias diferenças** em relação aos roteadores.
  - **Camada**.
  - Encaminhamento baseado em **endereços diferentes**.
  - Métodos de **construção** das tabelas.

# Resumo da Aula (II)...

- Vários potenciais problemas decorrentes de má configuração.
  - Erros de configuração física: *loops*.
    - Quadros em *broadcast* circulam pelos switches indefinidamente.
  - Erros de configuração lógica: conflitos de endereço.
    - Conflito de IP.
    - Conflito de MAC.
- Tempestade de *broadcast*.
  - Transmissões em *broadcast* (custosas) consomem muitos recursos da rede.
  - Muitas vezes decorrente de *loops*.

# Leitura e Exercícios Sugeridos

- Páginas 351 a 355 do Kurose (Seção 5.6 até Subseção 5.6.4, inclusive).
- Exercício de fixação 15 do capítulo 5 do Kurose.
- Problemas 27, 28, 32, 34 do capítulo 5 do Kurose.



# Próxima Aula...

- Continuaremos falando sobre switches Ethernet.
- Discutiremos como um único switch pode ser usado para múltiplas redes locais “separadas”.
- VLANs:
  - O que são.
  - Para que servem.
  - Como são implementadas.
  - Comunicação entre VLANs distintas.