

Aula 5 - Camada de Enlace: Switches

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores II

Na Última Aula...

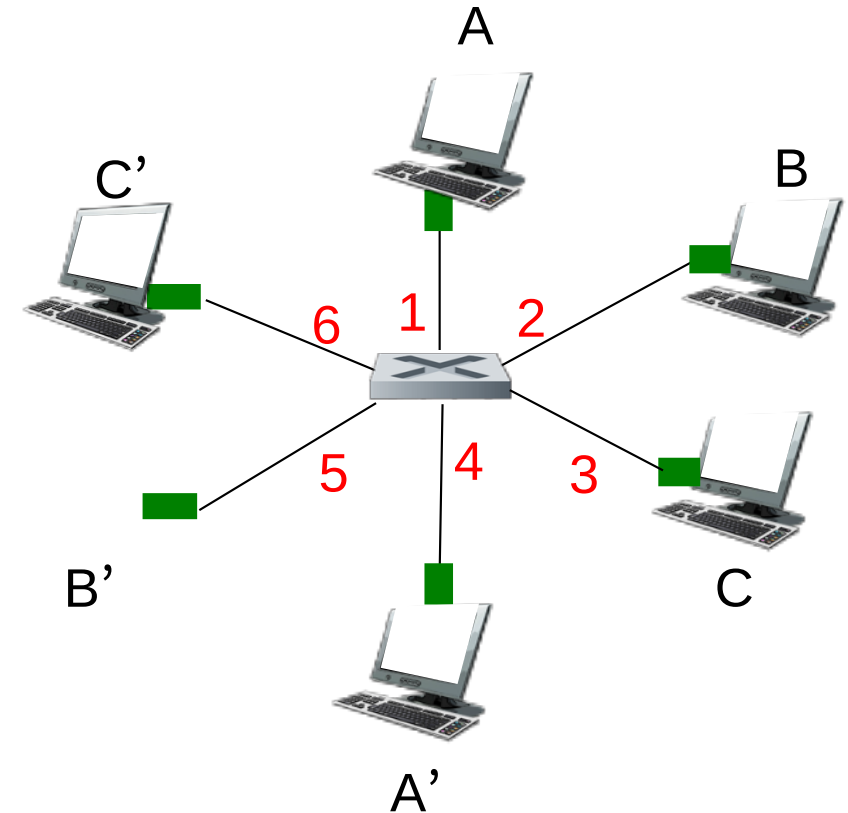
- Endereçamento e ARP:
 - Camada de enlace tem **esquema próprio** de endereçamento.
 - Diferente da camada de rede.
 - Usado na **comunicação direta** entre dispositivos.
 - Endereços **planos**.
 - Interface sai de fábrica com **endereço único**.
 - Garante unicidade ao se **trocar de rede**.
 - Há 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

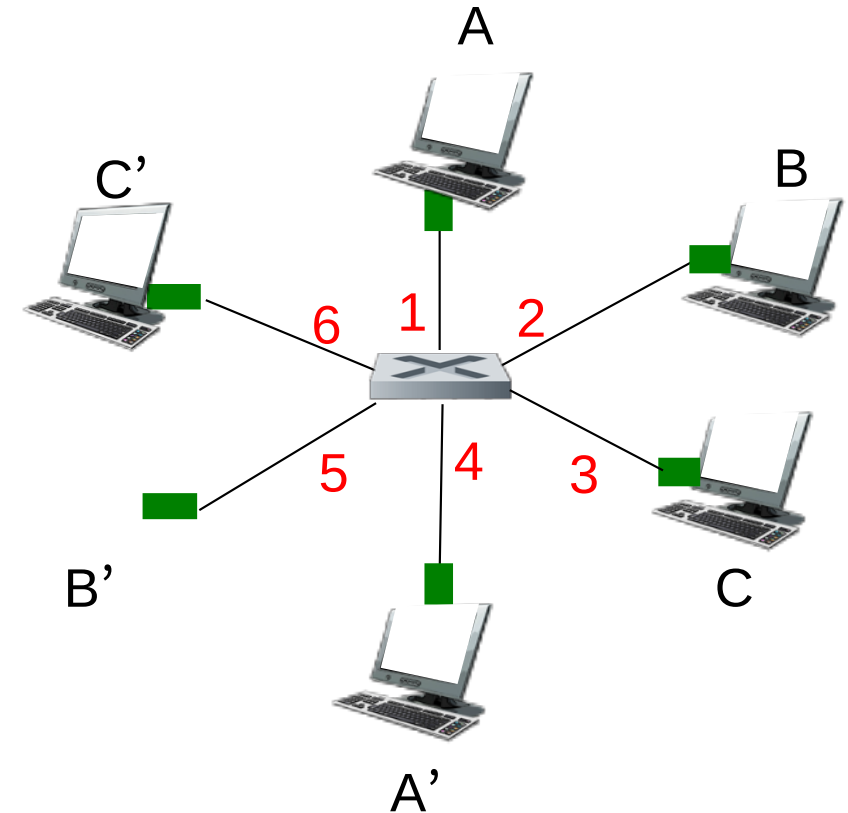
- Hosts têm enlaces dedicados, *full-duplex*, diretos com o switch.
- Switches armazenam quadros em *buffers* internos.
- Protocolo MAC do Ethernet usado em cada enlace, mas não há colisões.
 - Cada enlace é seu próprio domínio de colisão confinado.
- Transmissões entre **A** e **A'** e **B** e **B'**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



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

Switches e Tabelas de Encaminhamento

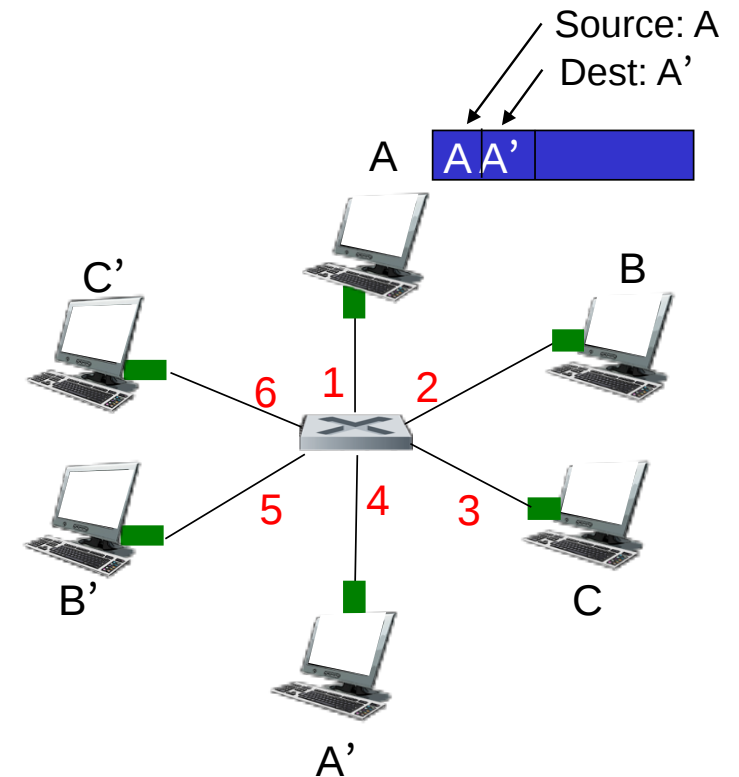
- Como o switch sabe que **A'** é alcançável pela interface 4?
- E **B'** pela interface 5?
 - **Resposta:** cada switch possui uma **tabela de encaminhamento**.
 - Cada entrada da tabela é uma tupla da forma:
 - <MAC, interface, timestamp>.
 - Similar à tabela de roteamento!
- Mas como as entradas são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

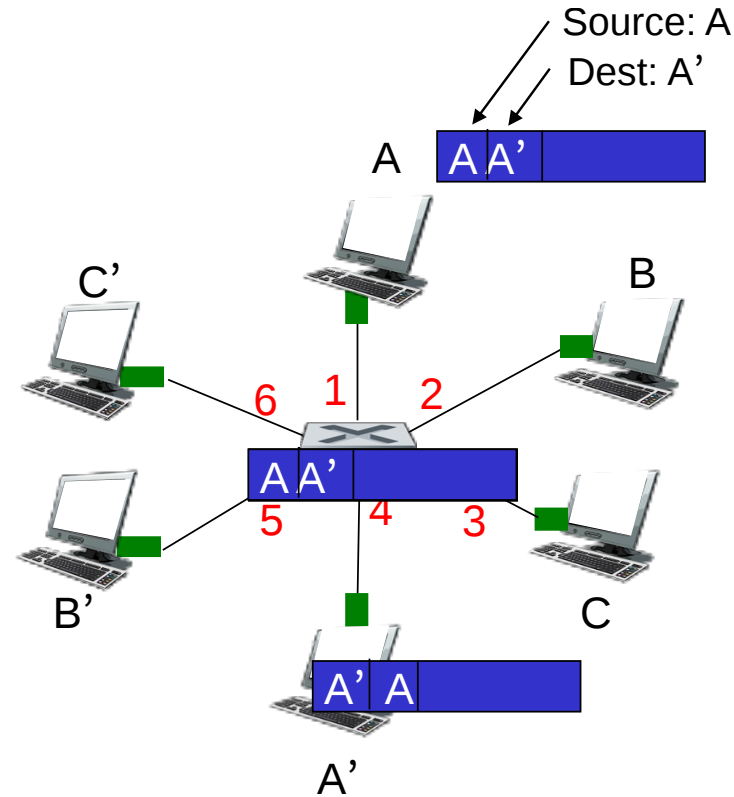
*Switch table
(initially empty)*

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**.

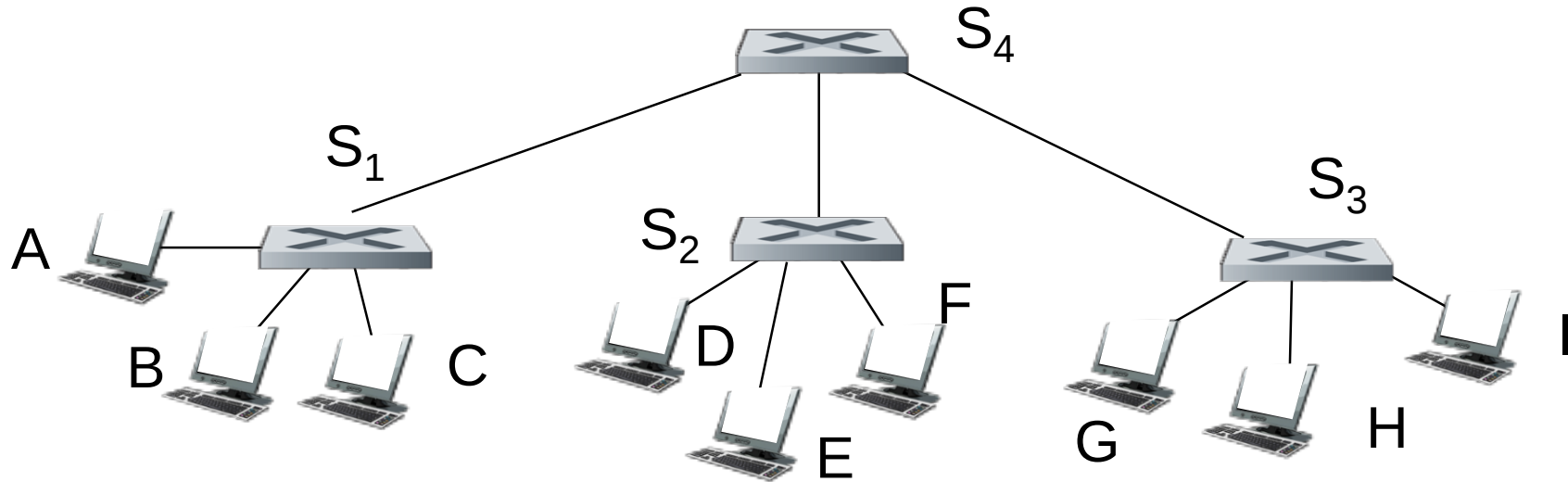


MAC addr	interface	TTL
A	1	60
A'	4	60

switch table
(initially empty)

Interconectando Switches

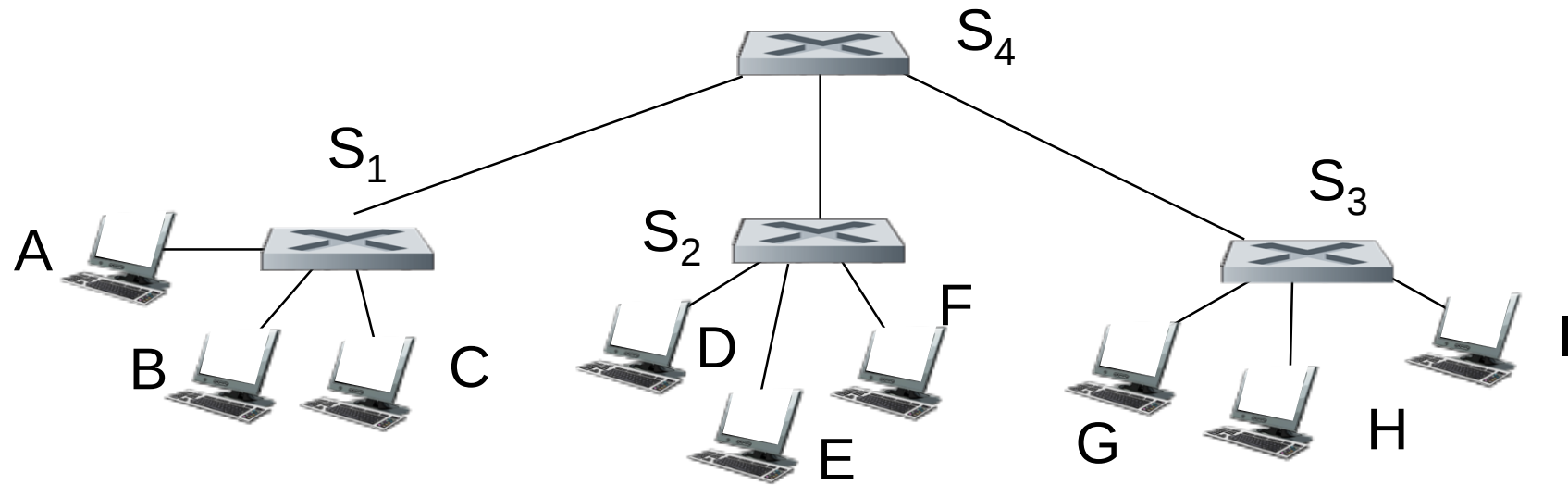
- Switches podem ser interconectados.



- Pergunta:** quadro de A para G — como S₁ sabe que deve encaminhar através de S₄ e S₃?
 - Resposta:** auto-aprendizado! (exatamente da mesma forma que no caso com único switch!)

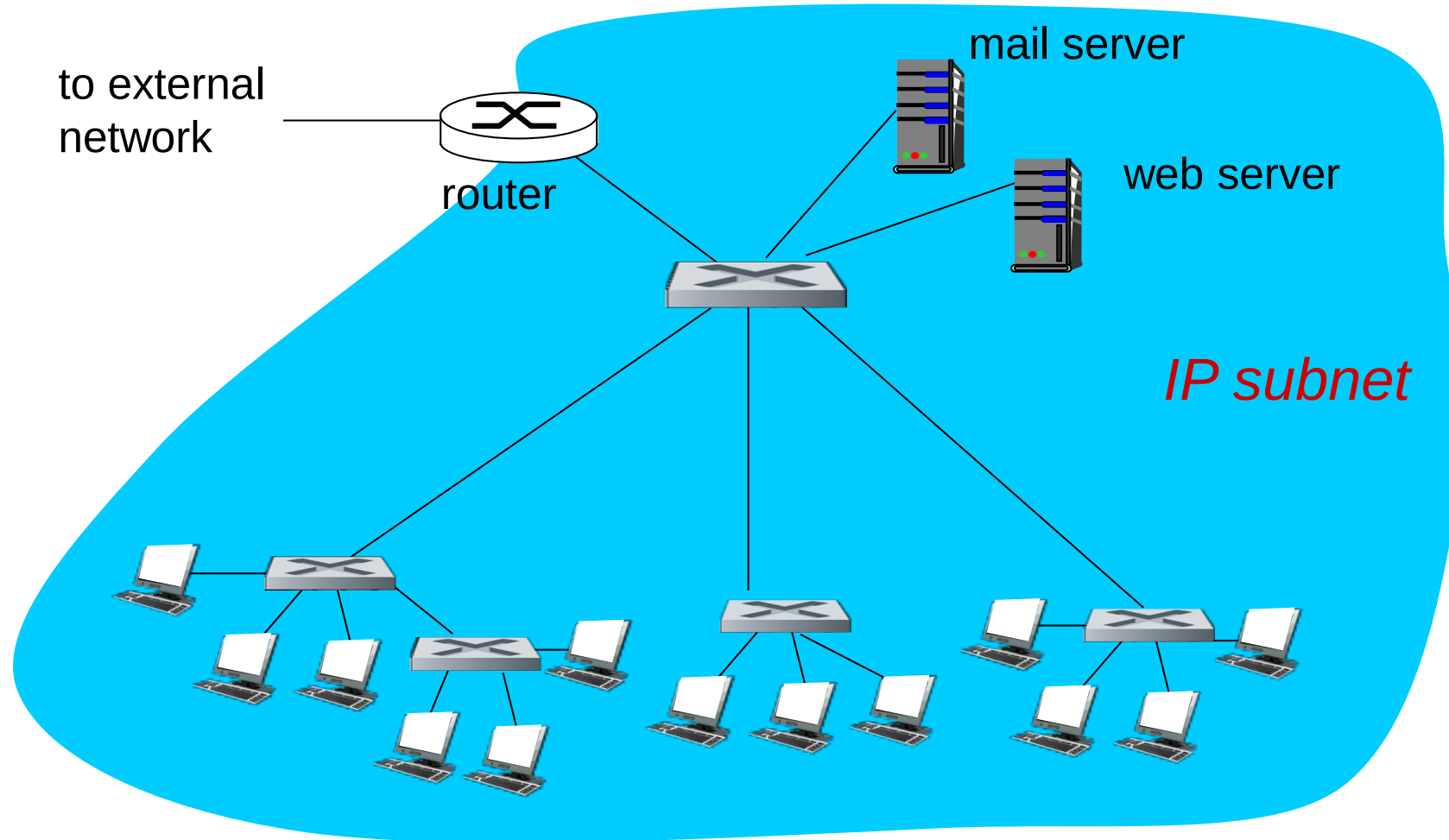
Interconectando Switches: Exemplo de Auto-aprendizado

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



- Após estes envios, mostre as tabelas de encaminhamento em **S₁**, **S₂**, **S₃**, **S₄**.

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:**

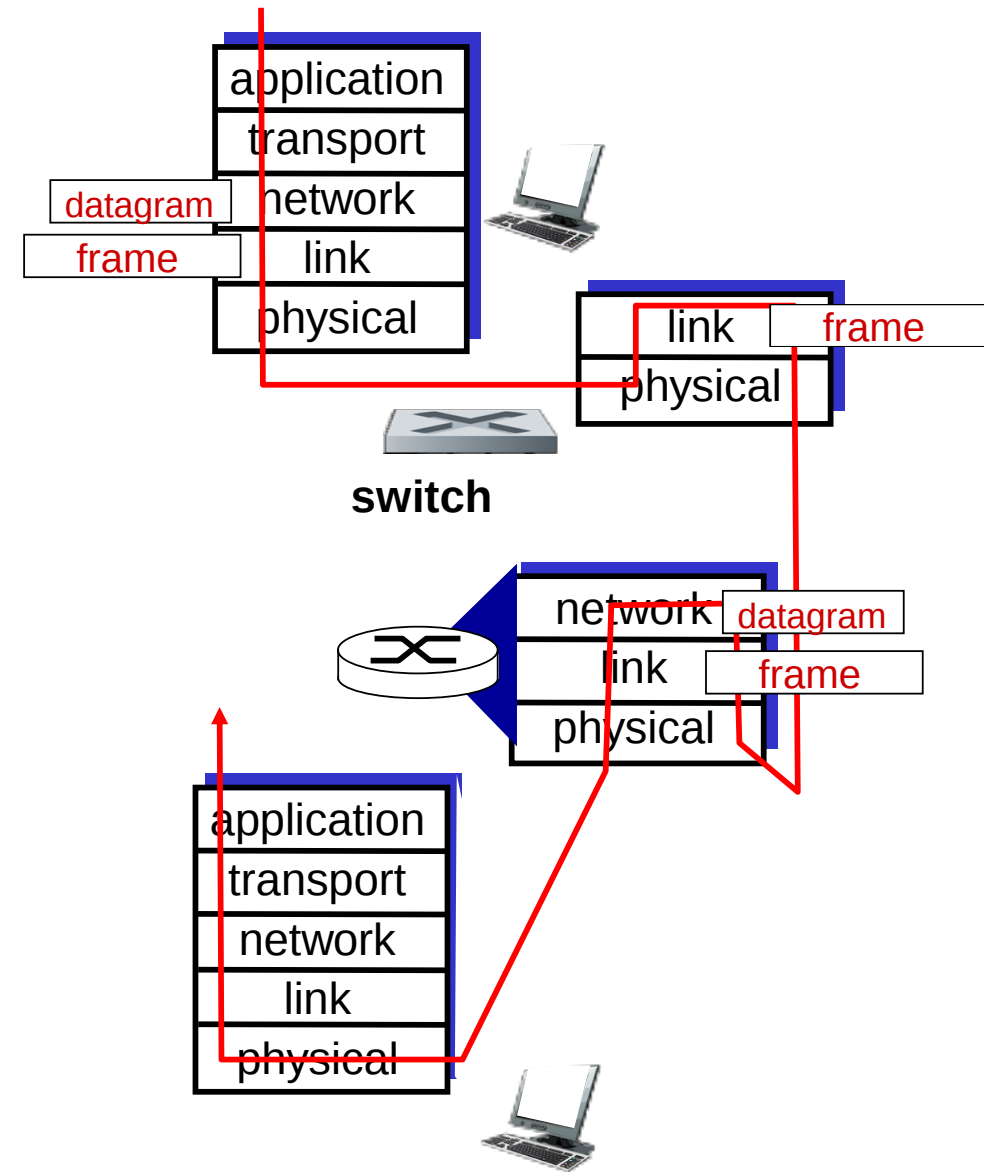
- Como cada porta do switch corresponde a um enlace isolado, portas diferentes podem operar em taxas diferentes.
- Garante interoperabilidade entre dispositivos modernos e legados.
- Graças também a grande retro-compatibilidade do Ethernet.

- **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.

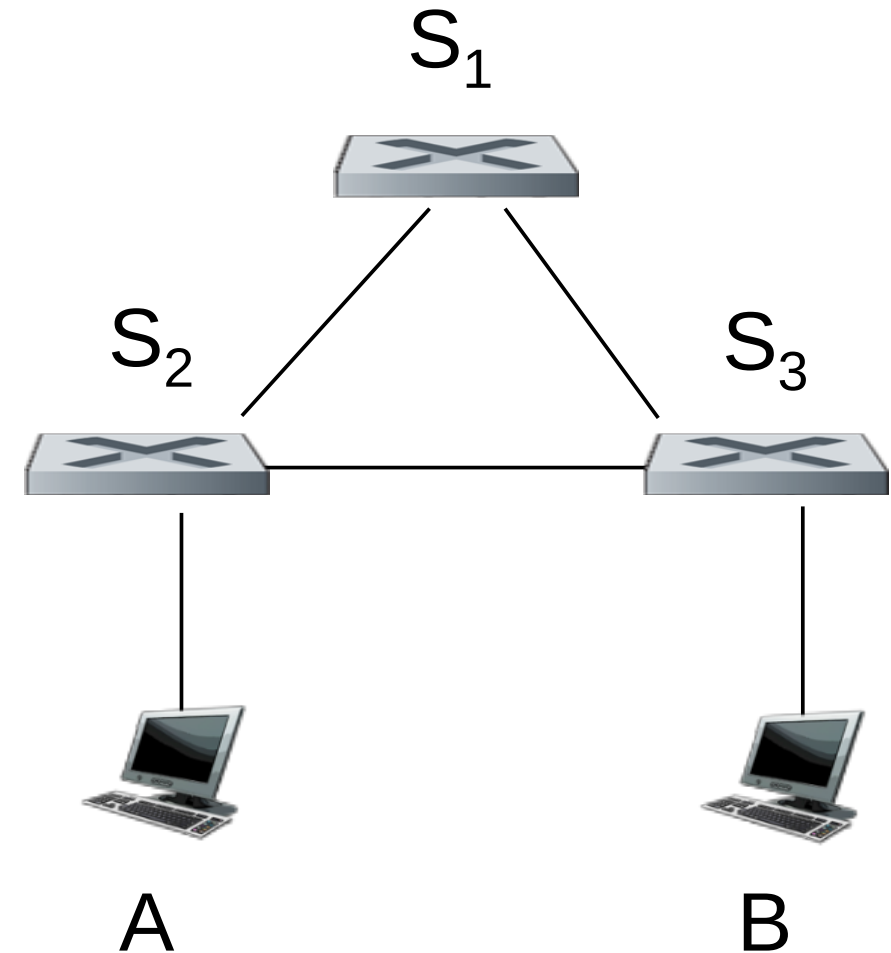


Switches: Domínio de *Broadcast*

- 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.

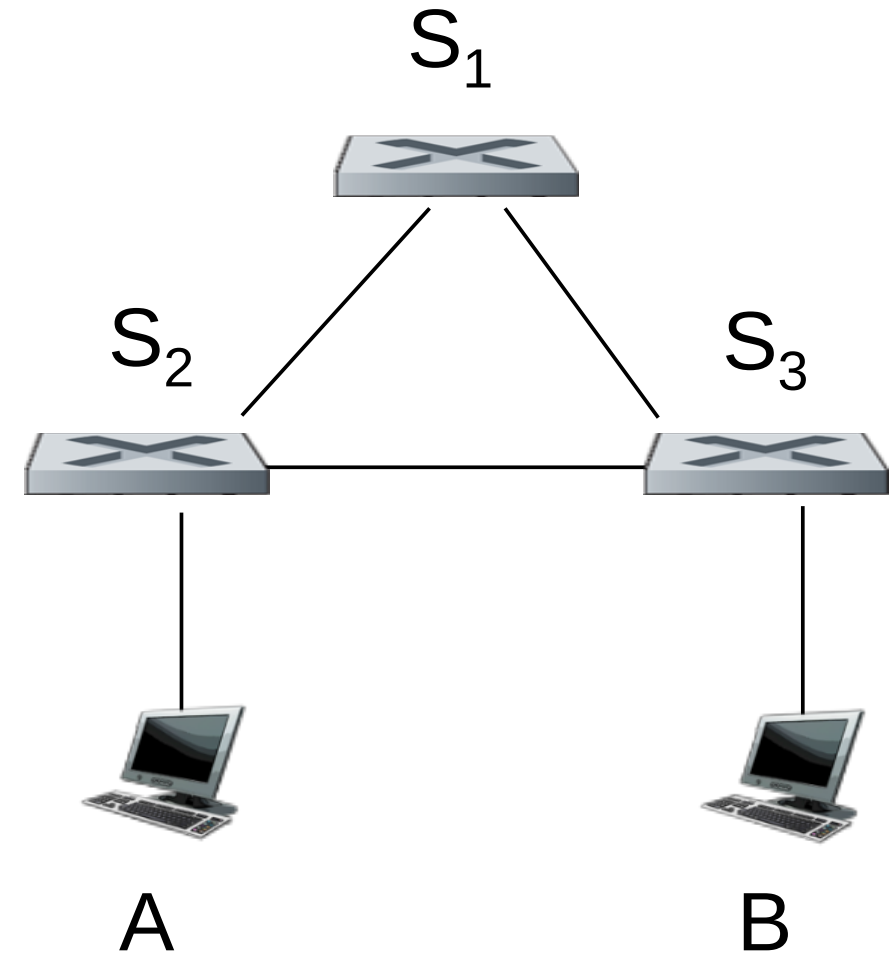
Switches: *loops* (I)

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



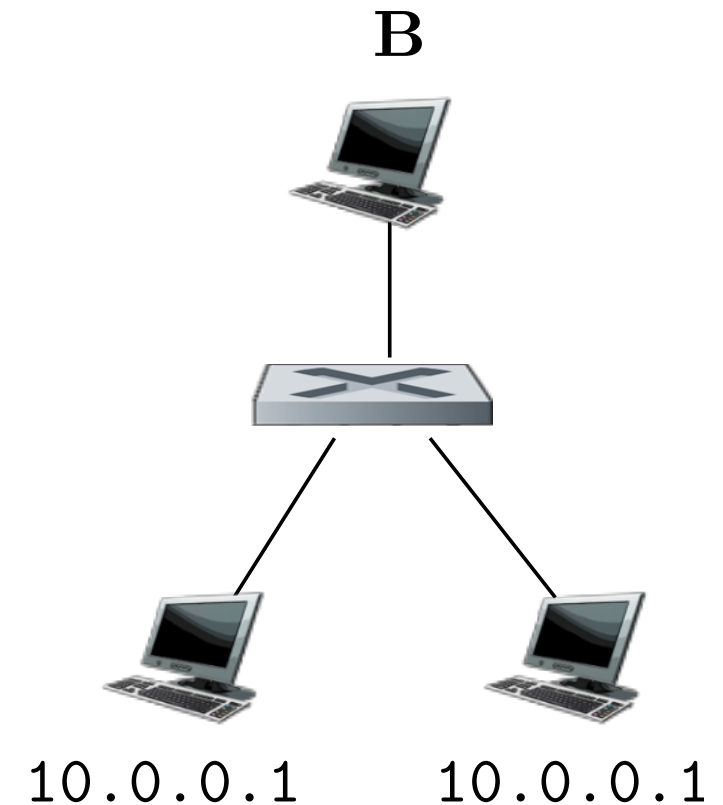
Switches: *loops* (II)

- Considere a topologia ao lado.
 - **Problemas?**
- Tráfego *broadcast*.
 - A envia quadro *broadcast* para S₂.
 - S₂ replica para S₁ e S₃.
 - S₃ replica para S₁ e B.
 - S₁ replica para S₃.
 - S₃ replica para S₂ e B.
 - S₂ replica para S₁ e A.
 - S₁ replica para S₃.
 - S₃ replica para S₂ e B.
 - S₂ replica para S₁ e A.
 - ...



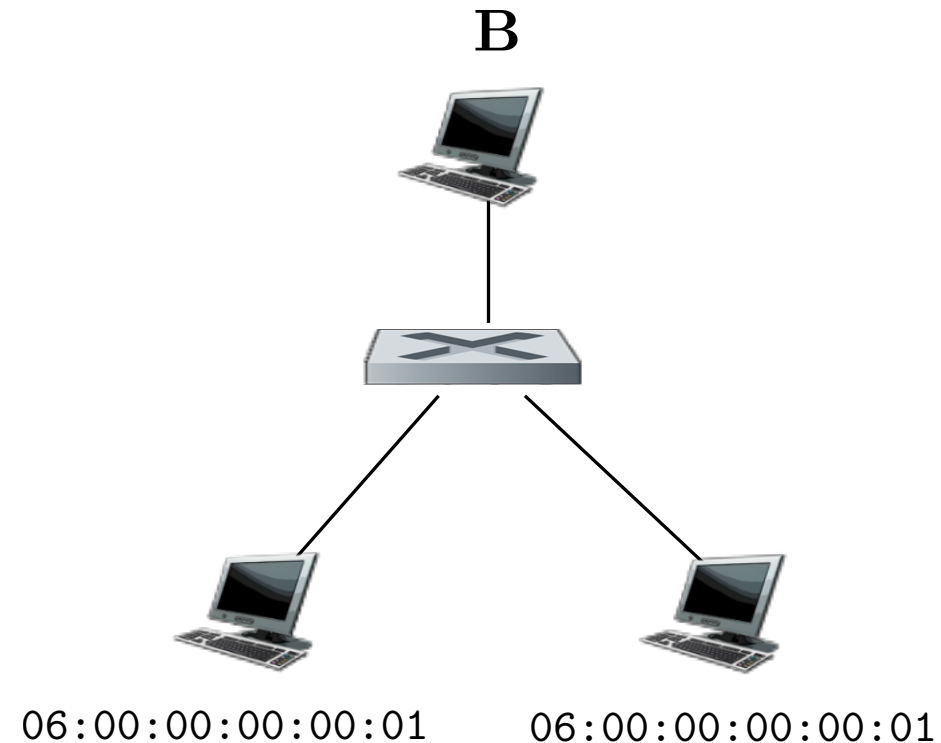
Conflitos de Endereços (I)

- 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.