

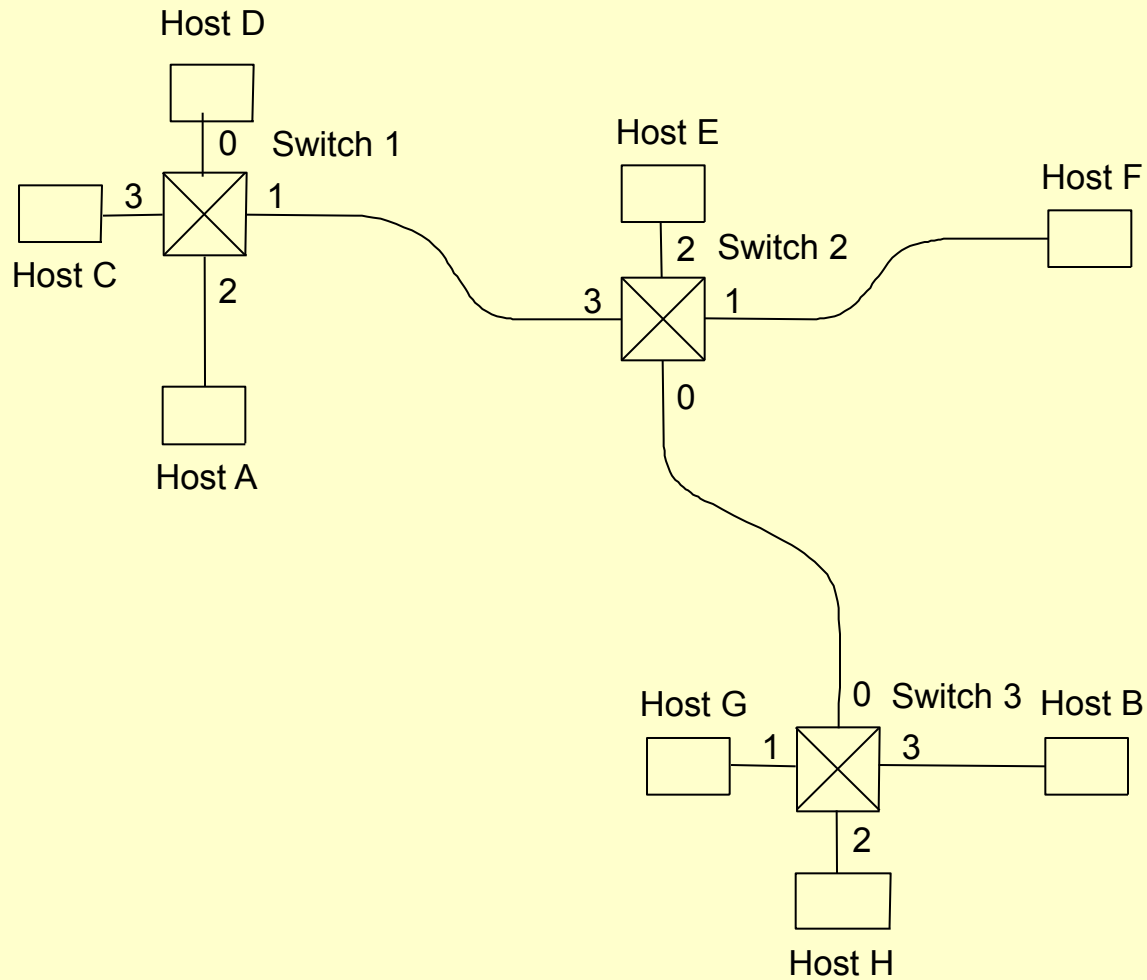
# Comutação de pacotes

Prof. Dr. S. Motoyama

# O Problema

- Como dois hosts que não estão diretamente conectados poderão se comunicar entre si?
- Algum dispositivo “inteligente” deve ser colocado entre os hosts para encaminhar (forwarding) ou comutar (switching) os pacotes .
- Dois tipos de problemas:
  - Interconexão de redes dos mesmos tipos ou muito similares. Por ex., os hosts estão em LANs Ethernet
  - Interconexão de redes heterogêneas. Por ex., um host em uma rede ATM e o outro em uma LAN Ethernet.

# O Problema



# O Problema

- Comutadores de camada dois ou camada três
  - Comutação baseada na informação (cabeçalho) da camada dois ou camada três.
- Os comutadores entre um host origem e um host destino trabalham juntos para entregar os pacotes entre os hosts.
- Duas abordagens para comutação de pacotes:
  - Comutação de pacotes (uma abordagem sem conexão, datagrama), por ex., LANs comutadas e IP.
  - Comutação de circuito virtual (ou célula) (há necessidade de estabelecer conexão), por ex., MPLS (MultiProtocol Label Switching)

# Comutação e encaminhamento

- Um comutador é um dispositivo de múltiplas entradas e múltiplas saídas que transfere pacotes de uma entrada para uma ou mais saídas.
  - Comutadores de LAN (camada dois), por ex., Ethernet comutada, token-ring comutada, FDDI comutada,
  - Comutadores ATM, MPLS e
  - roteadores (comutadores de camada três).
- Além da função de comutar, os comutadores necessitam protocolos de rede para fazer decisões de encaminhamento.

# Comutação de Pacote (Datagrama)

- A comutação de pacote é uma abordagem sem conexão.
  - Cada pacote (cabeçalho) contém informação suficiente para os roteadores fazerem as decisões de encaminhamento.
- Quando um pacote é recebido, o comutador consulta uma tabela de encaminhamento para decidir onde encaminhar.
- Cada entrada da tabela de encaminhamento contém
  - Endereço de destino, e
  - A interface (ou porta) onde os pacotes devem ser encaminhados.

# Comutação de Pacote (Datagrama)

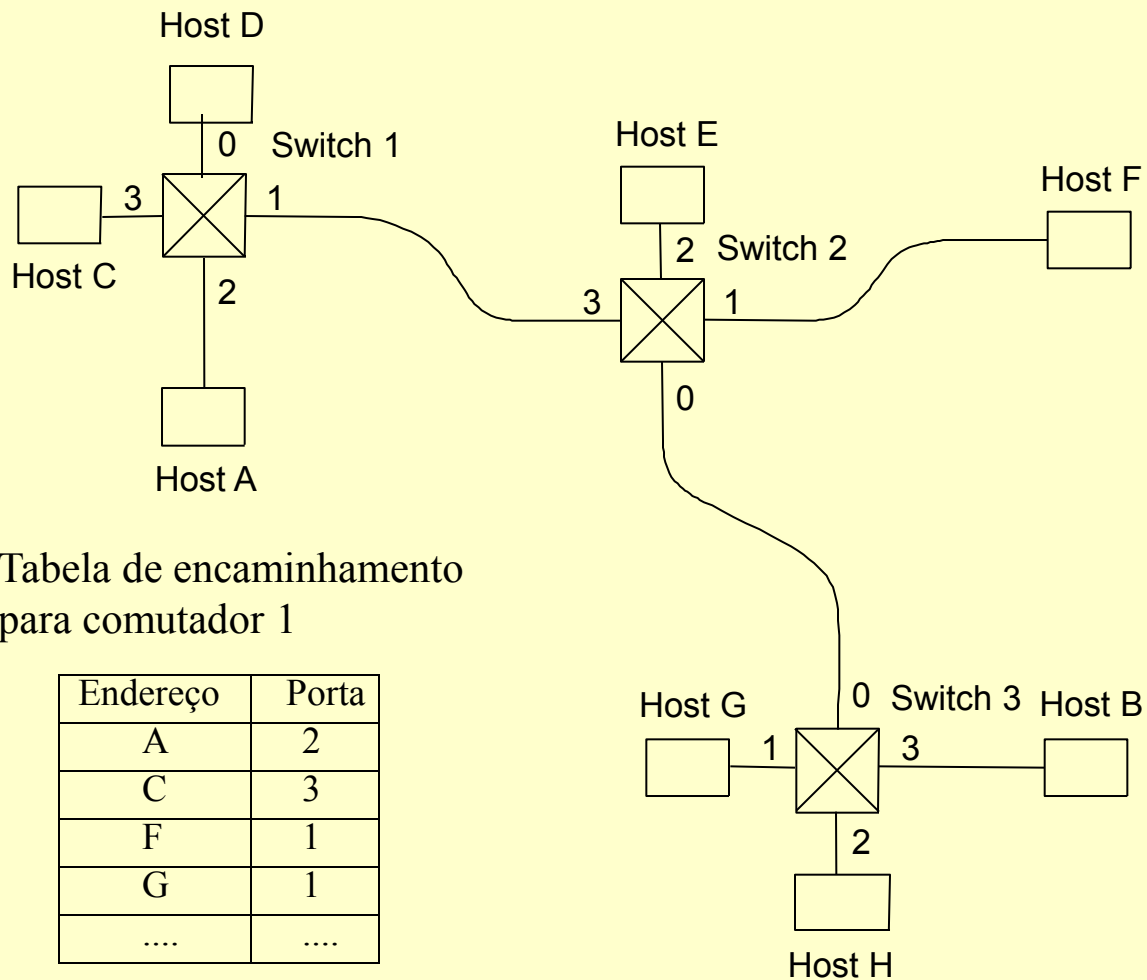


Tabela de encaminhamento para comutador 1

Endereço	Porta
A	2
C	3
F	1
G	1
....	....

Tabela de encaminhamento para comutador 2

Endereço	Porta
A	3
C	3
F	1
G	0
....	....

# Propriedades do Datagrama

- A decisão de encaminhamento é feita pacote a pacote, mesmo quando vários pacotes pertencem ao mesmo “fluxo”.
  - Cada pacote deve conter informação suficiente para fins de encaminhamento.
- Não é requerido estabelecimento de conexão antes do envio de pacotes.
  - O projeto da fonte (origem) é muito simples.
  - A inteligência fica nos comutadores.
  - Comutadores intermediários não mantêm qualquer estado para uma dada conexão.



# Problema de roteamento em comutação de pacote

- Problema de roteamento: Como os comutadores constroem a suas tabelas de encaminhamento?
- Por exemplo,
  - Os comutadores de LAN Ethernet devem relembrar dos quadros que eles viram e rodar o protocolo de spanning tree entre eles.
  - Os roteadores IP devem rodar um protocolo de roteamento distribuído entre eles.
    - As tabelas de encaminhamento são chamadas, às vezes, de tabelas de roteamento.

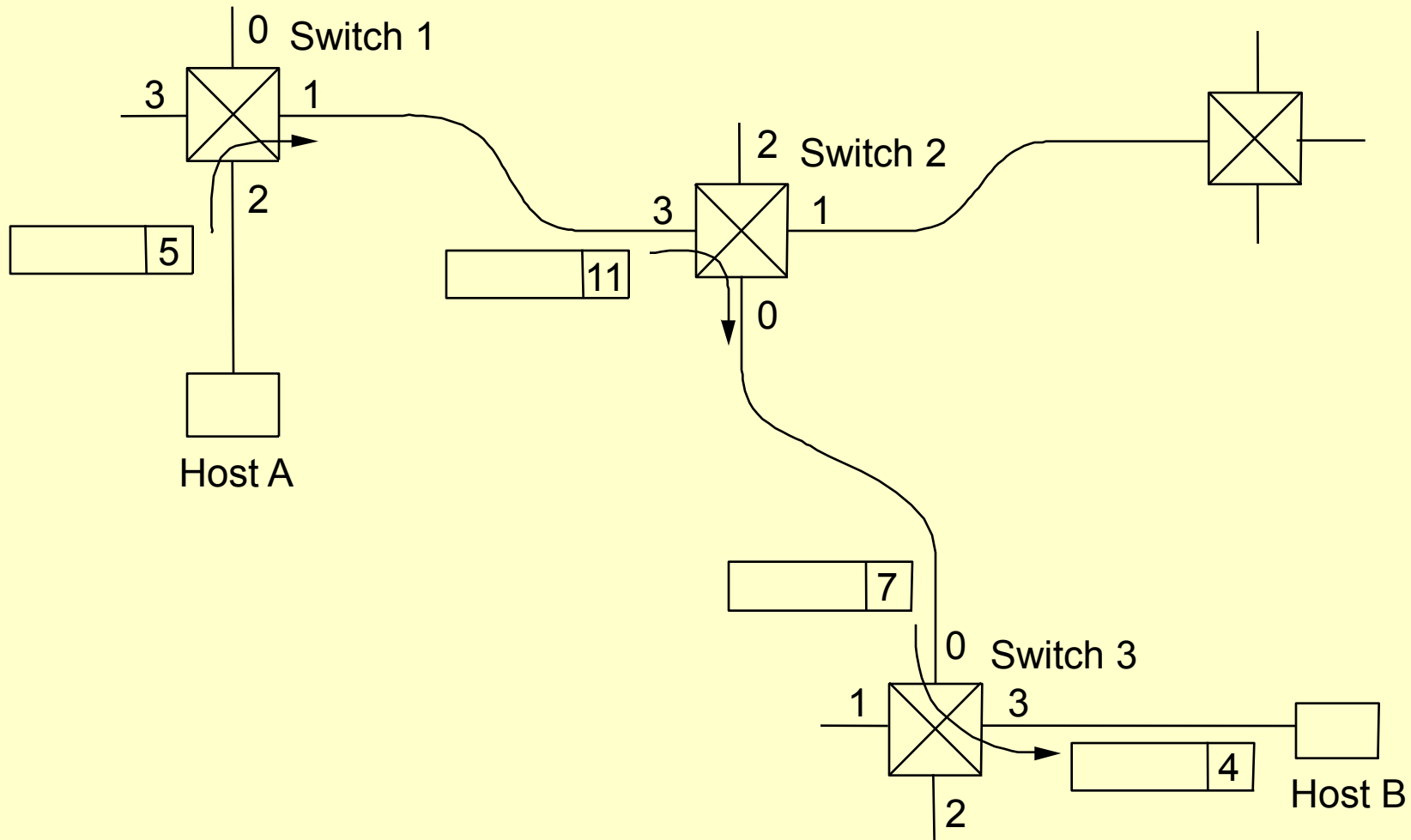
# Comutação de Circuito Virtual

- Antes de enviar pacotes, uma fonte (origem) necessita estabelecer uma conexão com o destino.
  - Estados (condições) de uma conexão são armazenados nos comutadores que estão no caminho entre a origem e o destino.
  - São requeridos um estabelecimento explícito e uma desconexão explícita.
- Diferente de comutação de circuito (telefonia), os pacotes de diferentes conexões são estatisticamente multiplexados em um enlace.
  - Necessita identificadores (Identificador de circuito virtual, VCI) para distinguir diferentes conexões.

# Comutação de Circuito Virtual

- Uma entrada na tabela de encaminhamento contém
  - O VCI de um pacote entrante,
  - A interface de onde o pacote é recebido,
  - A interface onde o pacote deve ser encaminhado, e
  - O VCI do pacote saindo.
- Em um dado enlace, os pacotes pertencentes a uma dada conexão devem ser identificados por um único VCI.

# Comutação de Circuito Virtual



# Problema de roteamento em comutação de circuito virtual

- Dois tipos de circuitos virtuais:
  - Circuitos virtuais permanentes (Permanent Virtual Circuits, PVCs): Um VC de longa duração, normalmente pré-configurado por administrador de rede.
  - Circuitos virtuais comutados (Switched Virtual Circuits, SVCs): Um VC sob demanda, estabelecido por uma fonte através de sinalização.
- Problema de roteamento: Como os comutadores sabem como encaminhar uma mensagem de “estabelecer conexão” ao destino?
  - Os comutadores necessitam rodar um protocolo de roteamento distribuído, por ex., P-NNI em ATM.

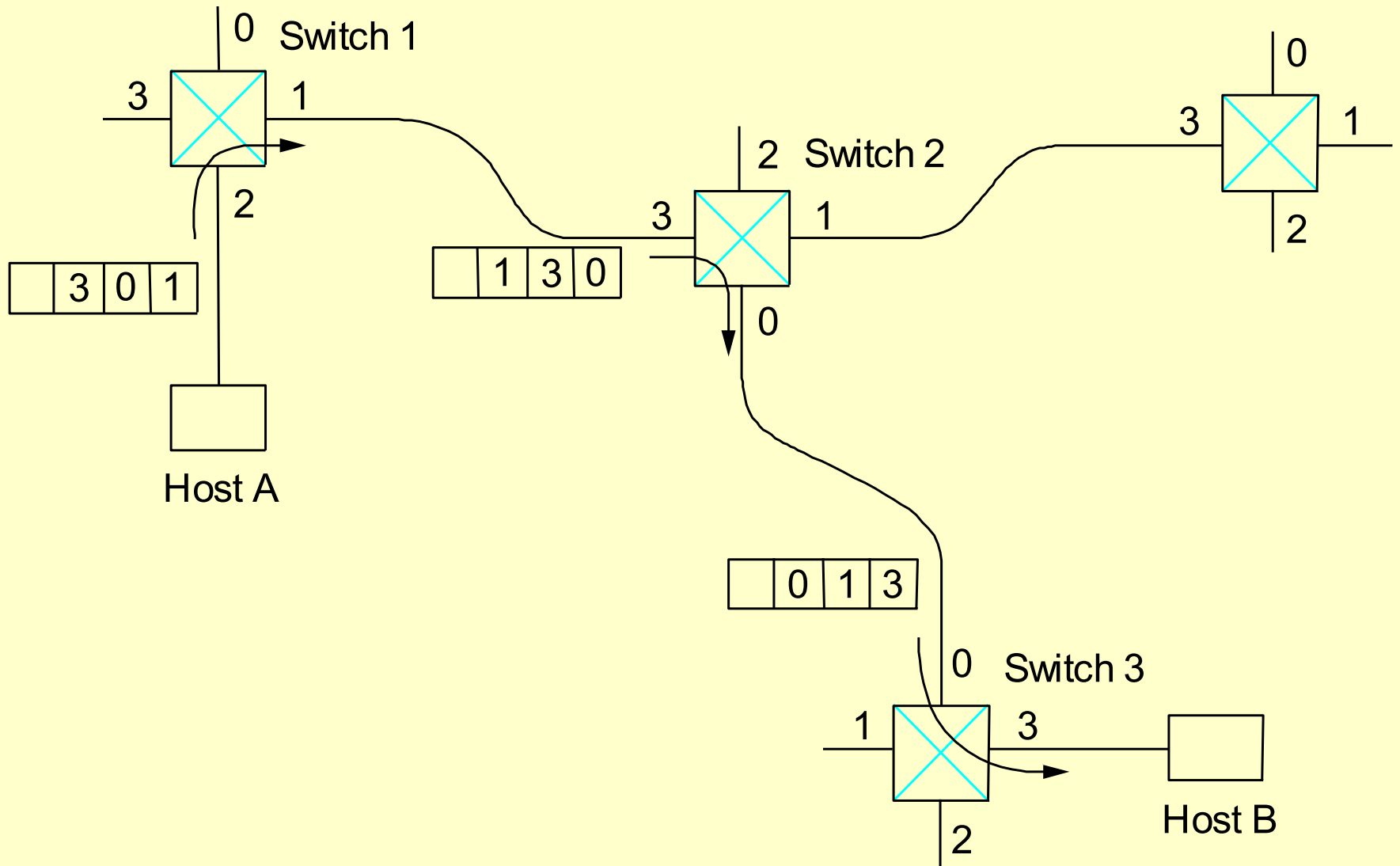
# Propriedades da comutação de circuito virtual

- Uma fonte necessita esperar pelo menos um RTT antes de enviar pacotes (fase de conexão).
- Como no caso da comutação de pacote, a comutação de circuito virtual necessita também de um protocolo de roteamento para estabelecer conexão.
- Diferente do endereço de destino da comutação de pacote, o VCI tem significado apenas local.
  - O comprimento de um VCI é, em geral, bem menor do que um endereço completo do destino.
- Uma nova conexão precisa ser feita no caso de falhas de enlaces e/ou nós.

# Roteamento de origem

- Roteamento de origem é uma abordagem geral para o problema de comutação.
  - O roteamento de origem pode ser implementado em LANs comutadas e redes IPs.
  - O roteamento de origem pode ser visto como alguma coisa entre a comutação de pacote e comutação de circuito virtual.
- Antes de enviar pacotes, a origem necessita encontrar um caminho até o destino.
  - Diferente da comutação de circuito virtual, toda a informação do caminho a percorrer é colocada no cabeçalho do pacote.

# Roteamento de origem

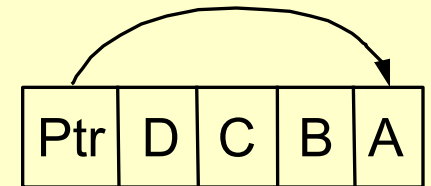
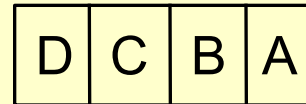
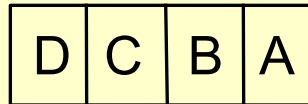




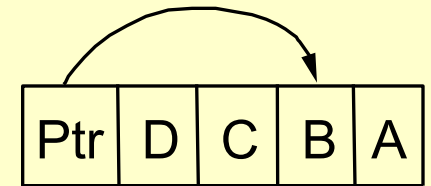
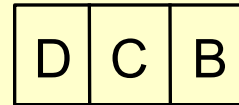
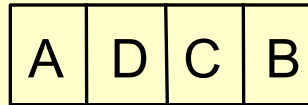
# Roteamento de origem

Gerenciamento do cabeçalho: três tipos

Cabeçalho na entrada  
do switch



Cabeçalho na saída  
do switch



(a)

(b)

(c)

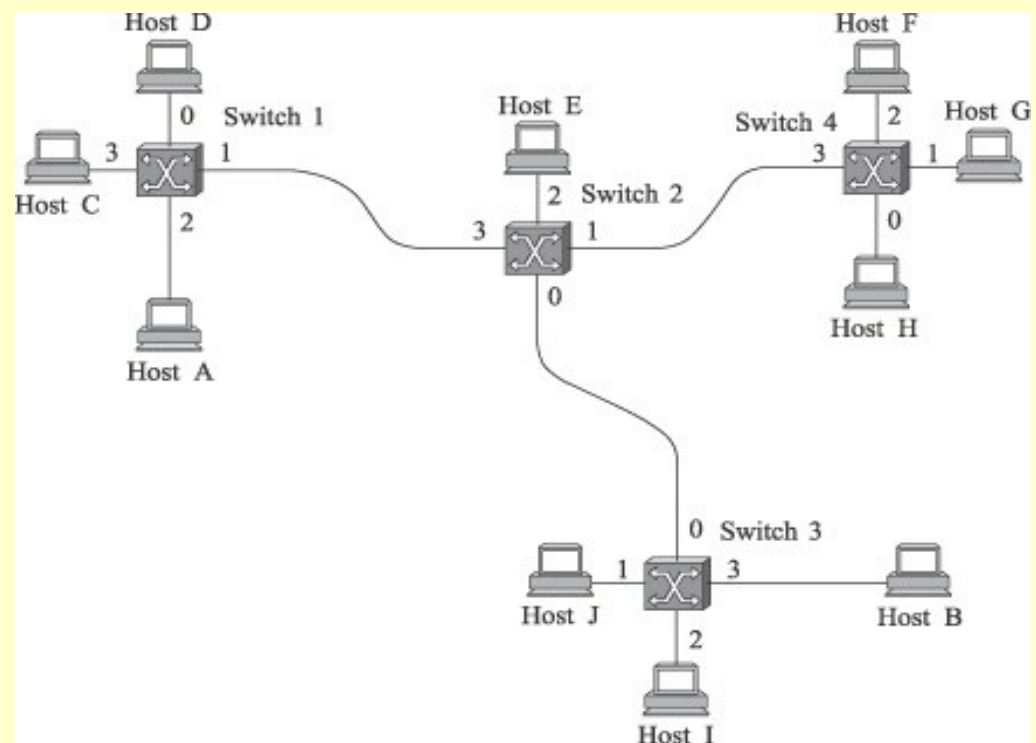
# Propriedades do roteamento de origem

- Uma origem necessita implementar um mecanismo para guardar todas as rotas completas para cada um dos destinos.
- Para encontrar um caminho até o destino, há um limite no número de comutadores a serem percorridos.
- A origem supõe que o caminho obtido antes de enviar os pacotes não muda durante a fase de entrega dos pacotes.
  - Quando há falhas nos enlace e/ou nós, os pacotes podem não chegar ao destino.

# Exercício (1 do Cap. 3)

11.1 Para a rede da figura abaixo, dê a tabela de circuito virtual para todos os switches depois que cada uma das seguintes conexões estiver estabelecida. Considere que a seqüência de conexões é cumulativa; ou seja, a primeira conexão ainda está ativa quando a segunda conexão é estabelecida, e assim por diante. Considere também que a atribuição do VCI sempre segue o VCI mais baixo não utilizado em cada enlace, começando com 0.

- a) Host A conecta-se ao host B.
- b) Host C conecta-se ao host G.
- c) Host E conecta-se host I.
- d) Host D conecta-se ao host B.
- e) Host F conecta-se ao host J.
- f) Host H conecta-se ao host A



## Exercício (3 do Cap. 3)

11.2 Para a rede da figura abaixo, dê a tabela de encaminhamento de datagrama para cada nó. Os enlaces são rotulados com custos relativos. Suas tabelas deverão encaminhar cada pacote por meio do caminho de menor custo até seu destino.

