



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Redes de Computadores

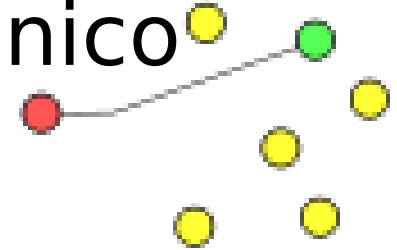
Capítulo 4.7 – Roteamento de broadcast e multicast

Profa. Cíntia B. Margi
Outubro/2009

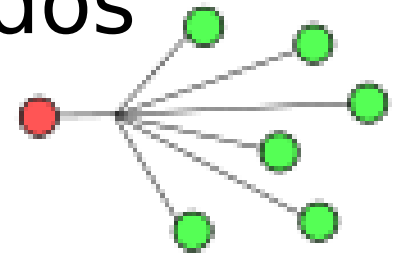


Tipos de tráfego

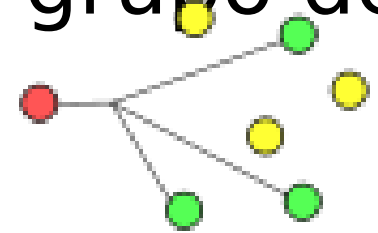
- unicast: pacote enviado a um único destino.



- broadcast: pacote enviado a todos endereços.



- multicast: pacote enviado a um grupo de endereços.





EACH

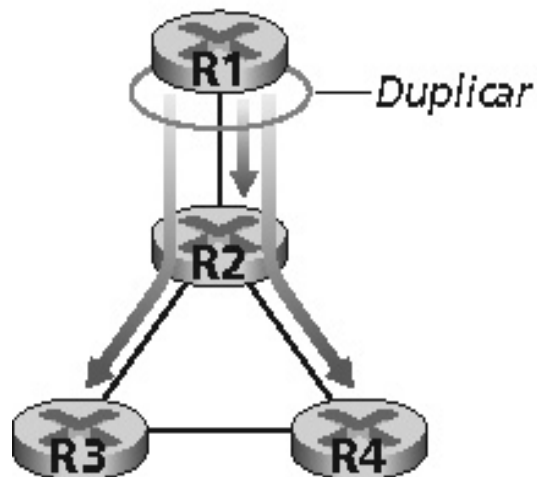
Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Broadcast

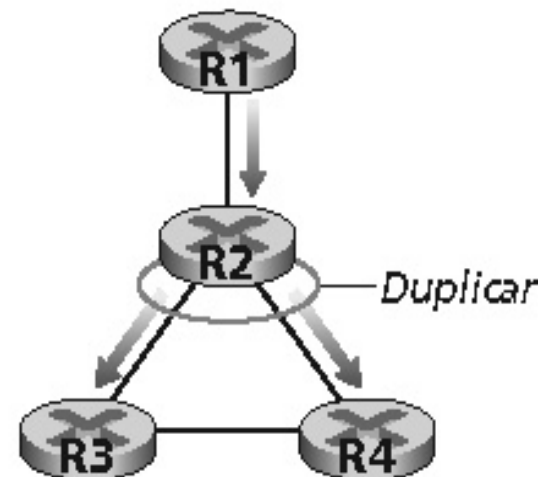


Roteamento Broadcast

Criação/transmissão de duplicatas



a.



b.

(a) duplicação na fonte (b) duplicação na rede



Inundação (não controlada)

- Cada nó envia uma cópia do pacote recebido a todos os seus vizinhos.
- Dois problemas:
 - em caso de ciclo (*loop*), pacotes são enviados repetidamente;
 - tempestade de *broadcast*: multiplicação de pacotes de *broadcast*.

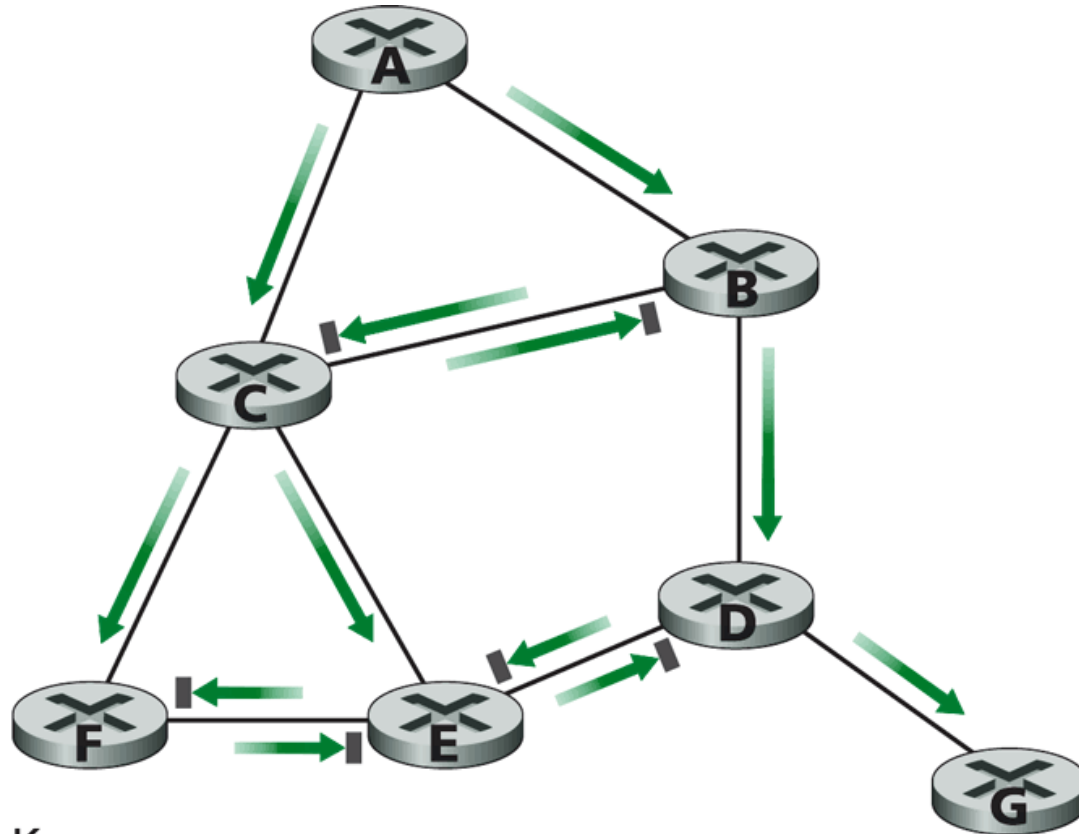


Inundação Controlada

- Nós NÃO repassam pacotes já recebidos e encaminhados.
- Implementado através de:
 - número de seqüência de *broadcast*.
 - Ex.: Gnutella.
 - RPF (*Reverse Path Forwarding*) – Repasse pelo Caminho Inverso:
 - encaminha pacote para todas as interfaces, exceto por onde recebeu, se pacote chegou pelo enlace que está no seu caminho *unicast* mais curto.



Broadcast: Repasse pelo Caminho Inverso



Key:



pkt will be forwarded



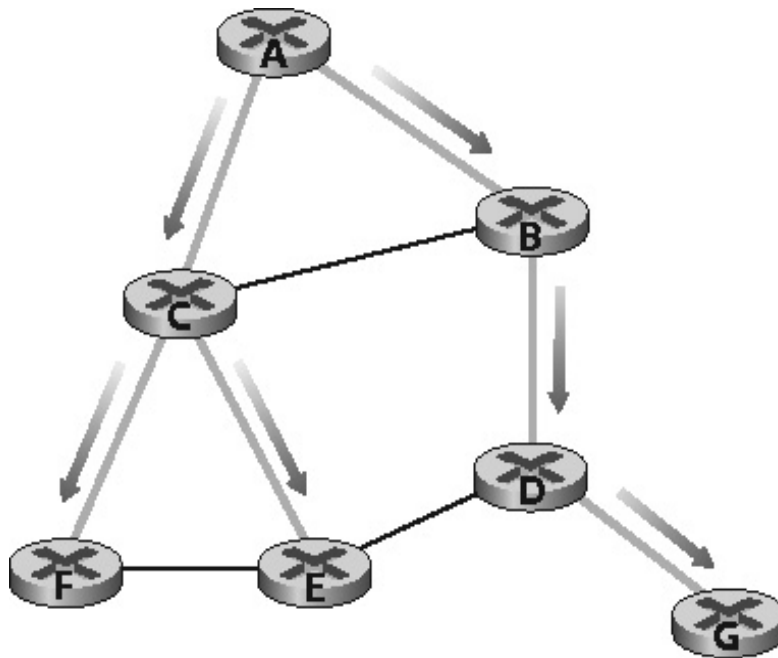
pkt not forwarded beyond receiving router

Figure 4.41 ♦ Reverse path forwarding

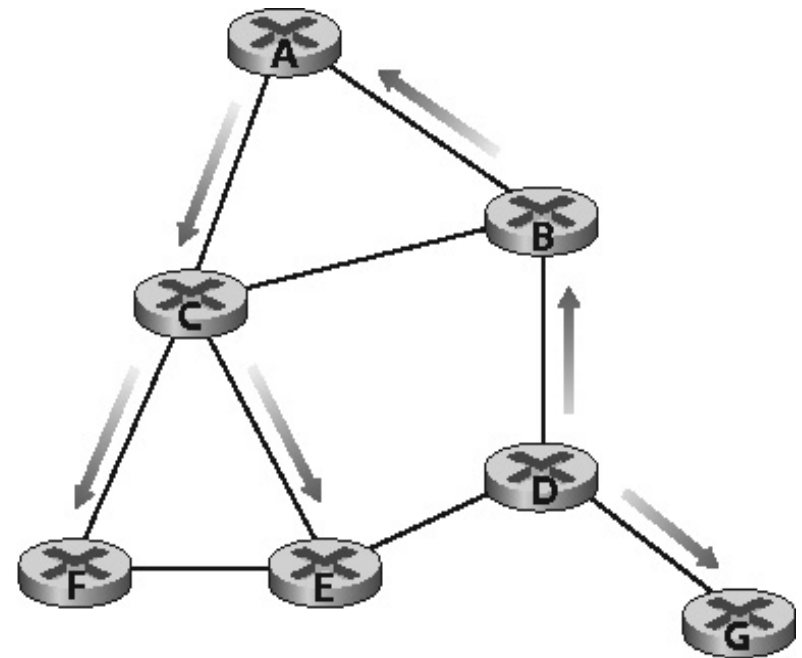


Broadcast por Spanning Tree

- Spanning Tree: árvore que contém todos os nós de um grafo.



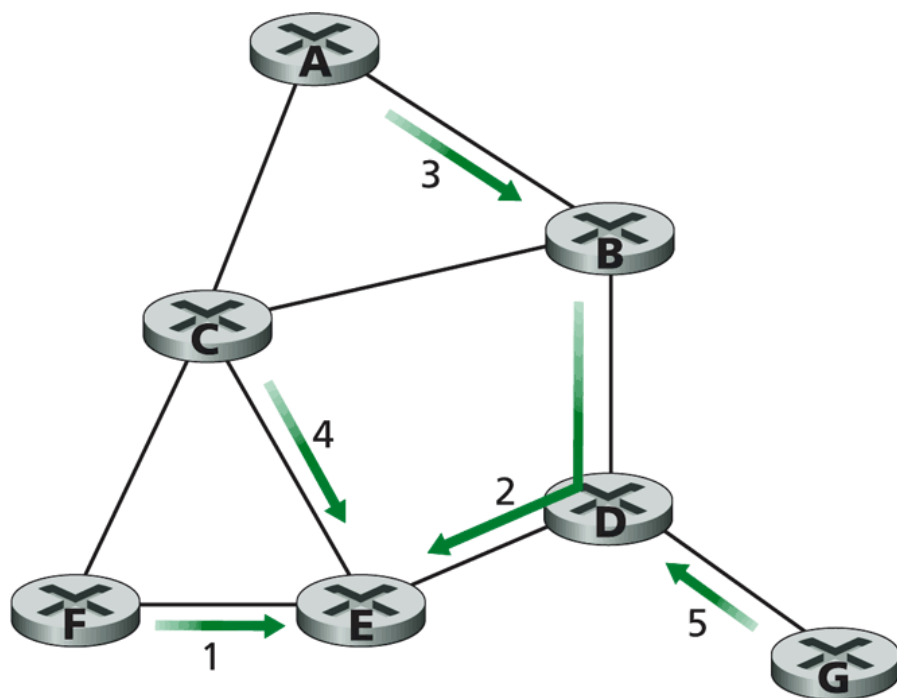
a. Broadcast iniciado em A



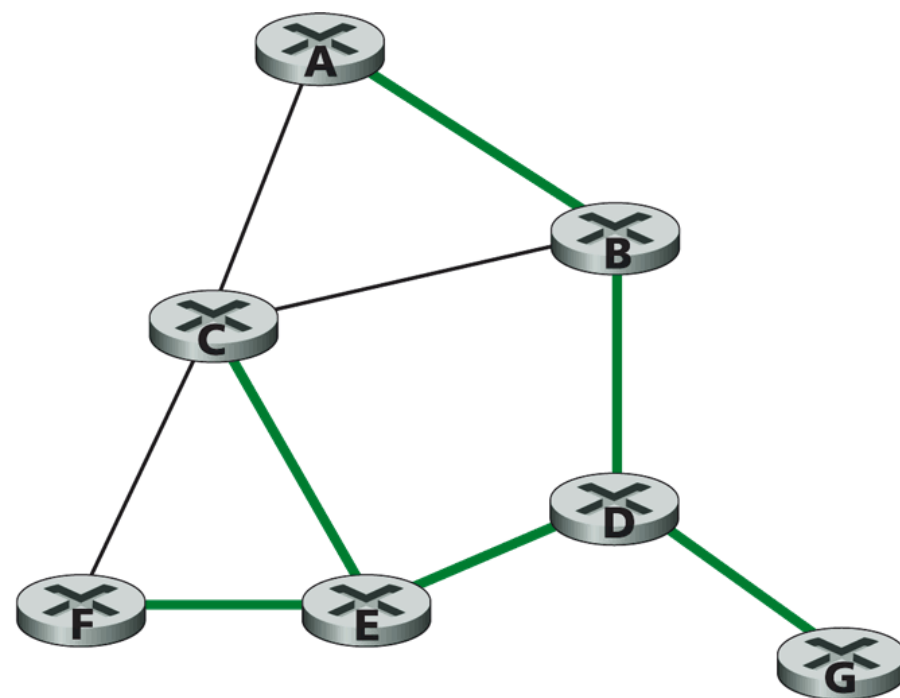
b. Broadcast iniciado em D



ST: abordagem do nó central



a. Stepwise construction of spanning tree



b. Constructed spanning tree

Figure 4.43 ♦ Center-based construction of a spanning tree

O centro é o roteador E.



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Multicast



Aplicações Multicast

- Transferência de grandes volumes de dados: atualização de software.
- Taxa constante: áudio, vídeo e texto de uma palestra *online*.
- Dados compartilhados: vídeo-conferência.
- Alimentação de dados: cotação de ações.
- Jogos multiusuários (ex. Quake).
- ...



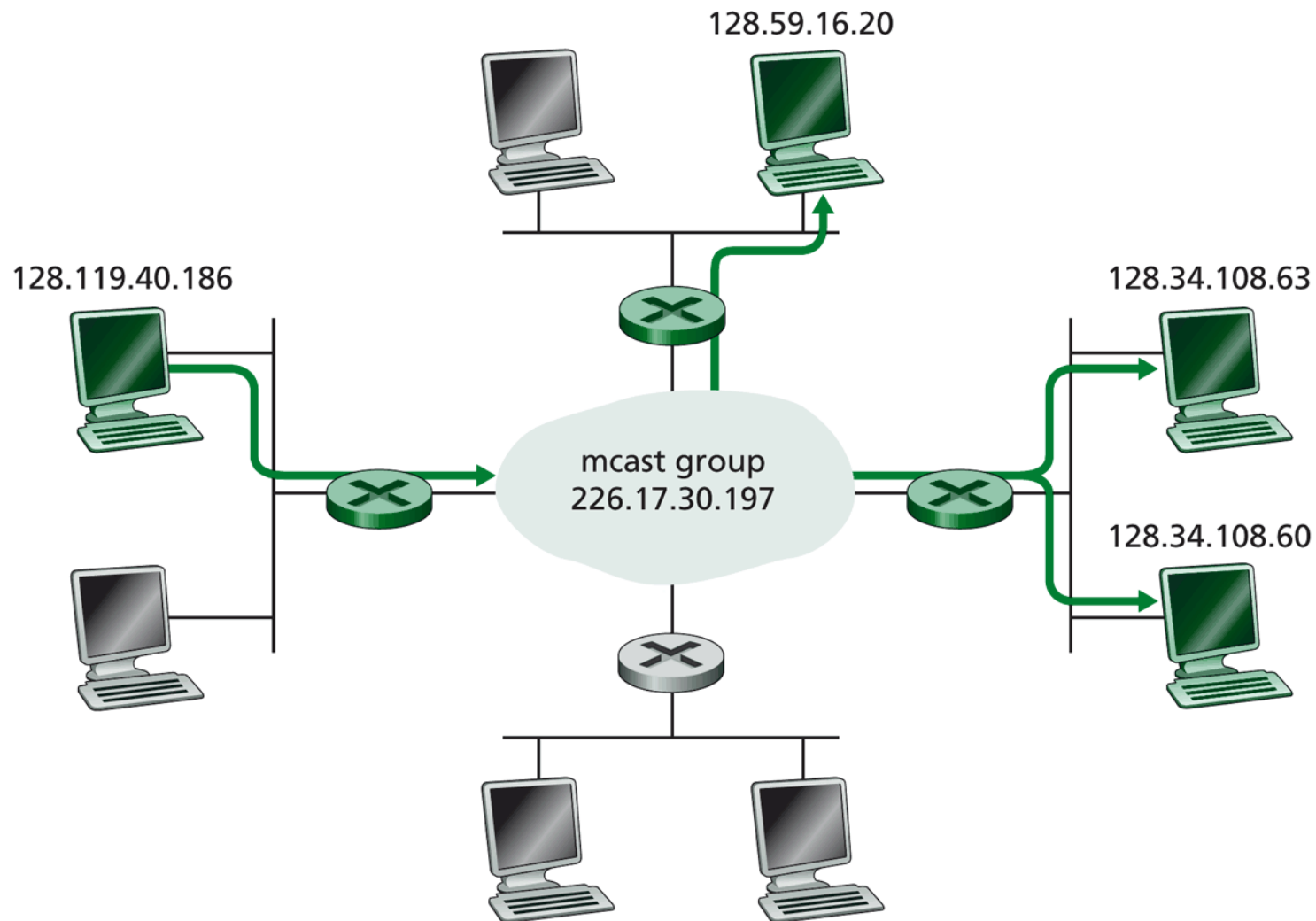
Multicast: funcionamento

- Endereçamento indireto: pacotes são entregues a quem possui um endereço multicast (classe D).
- Todos os elementos de um mesmo grupo possuem mesmo endereço IP.
- Lembre-se: cada elemento do grupo multicast possui um endereço IP unicast exclusivo e um endereço IP multicast que identifica o grupo.



EA

Escola
da Un



Key:



Router with attached
group member



Router with no attached
group member

Figure 4.44 ♦ The multicast group: A datagram addressed to the group is delivered to all members of the multicast group.



Como são alocados os endereços Classe D?

- 224.0.0.0 a 224.0.0.255: destinada a multicasting somente em redes locais.
 - 224.0.0.22: IGMP.
- Faixa 233.0.0.0/8: endereçamento público [RFC 2770], alinhado ao números de sistema autônomo:
 - cada byte do número de AS corresponde ao segundo e terceiro octetos do endereço de multicast.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Multicast_addr



Componentes Multicast

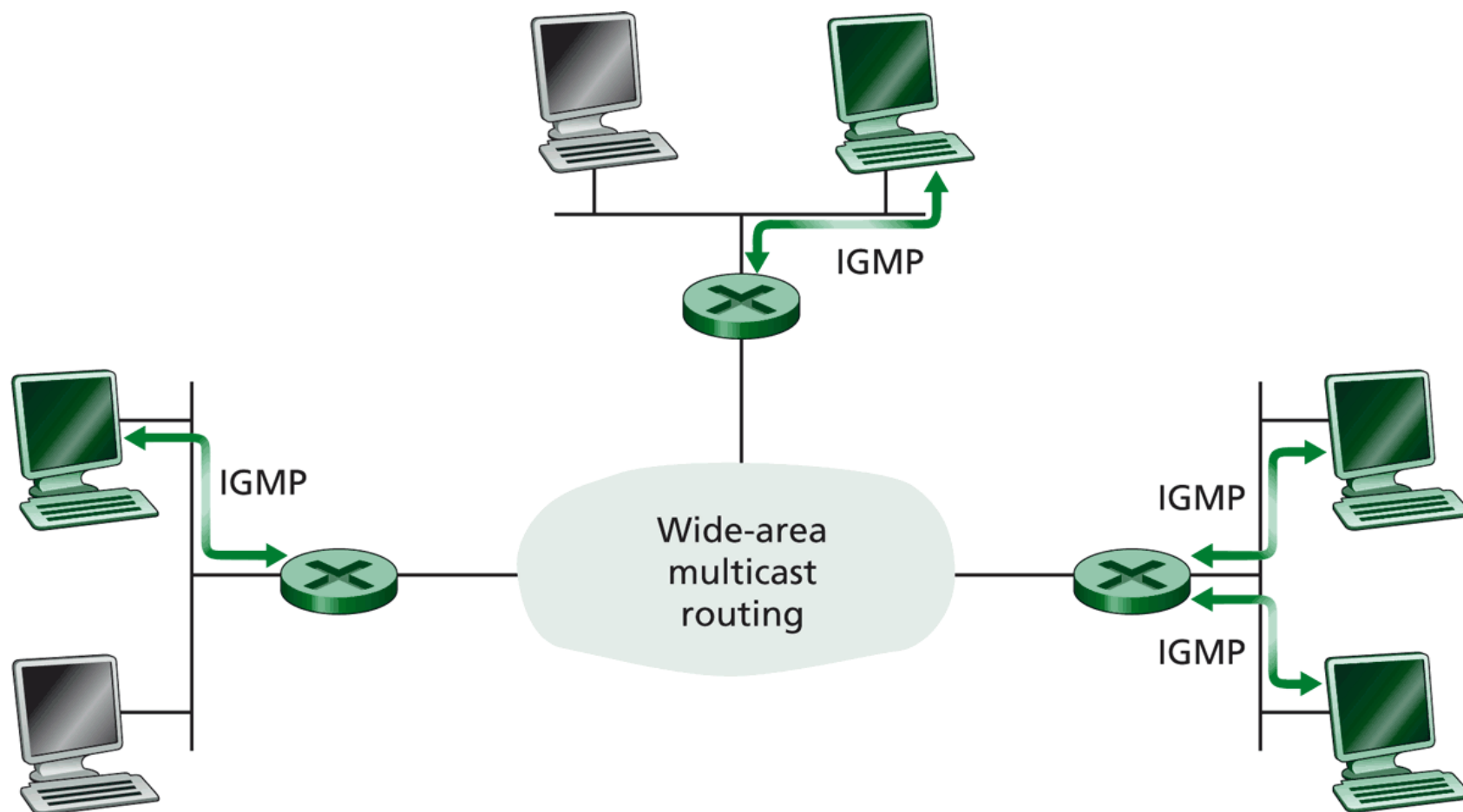


Figure 4.45 ♦ The two components of network-layer multicast: IGMP and multicast routing protocols



Internet Group Management Protocol

- IGMP - versão 3: RFC 3376.
- Opera entre o *host* e o roteador diretamente conectado a ele.
 - escopo de operação: local!
- Provê meios para *host* informar ao roteador que uma aplicação deseja juntar-se a um grupo multicast.
- Também é utilizado por roteadores para juntarem-se a grupos *multicast*.



Mensagens IGMP

- membership_query
- membership_report
- leave_group

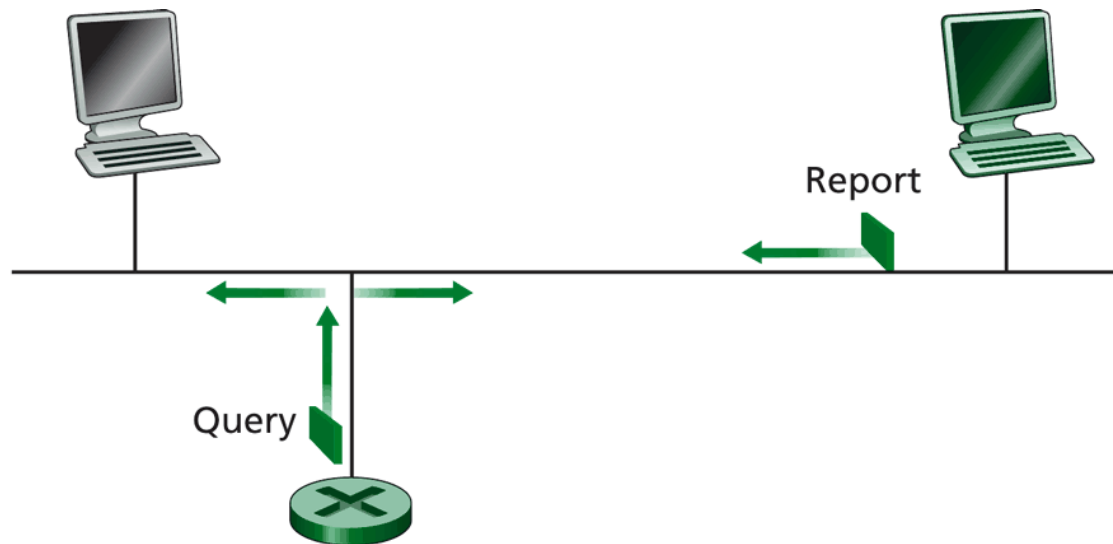


Figure 4.47 ♦ IGMP member query and membership report



Protocolos de Roteamento Multicast

- Exemplos:
 - PIM (Protocol Independent Multicast);
 - DVMRP (Distance Vector Routing Protocol);
 - MOSPF (OSPF multicast).



O problema do roteamento multicast

- Objetivo: encontrar uma árvore (ou árvores) conectando roteadores que possuem membros do grupo multicast.
- Árvore: enlaces necessários para conectar todos os roteadores, mas não inclui todos os caminhos!



Como construir árvores multicast?

- ∇ **Árvore baseada na fonte:**
 - uma árvore por origem;
 - utiliza algoritmo RPF (Repasse pelo Caminho Inverso) para construir árvore para cada fonte;
 - ex.: DVMRP.
- ∇ **Árvore compartilhada pelo grupo:**
 - grupo usa uma única árvore;
 - árvore construída baseada no nó central;
 - ex.: PIM.



DVMRP

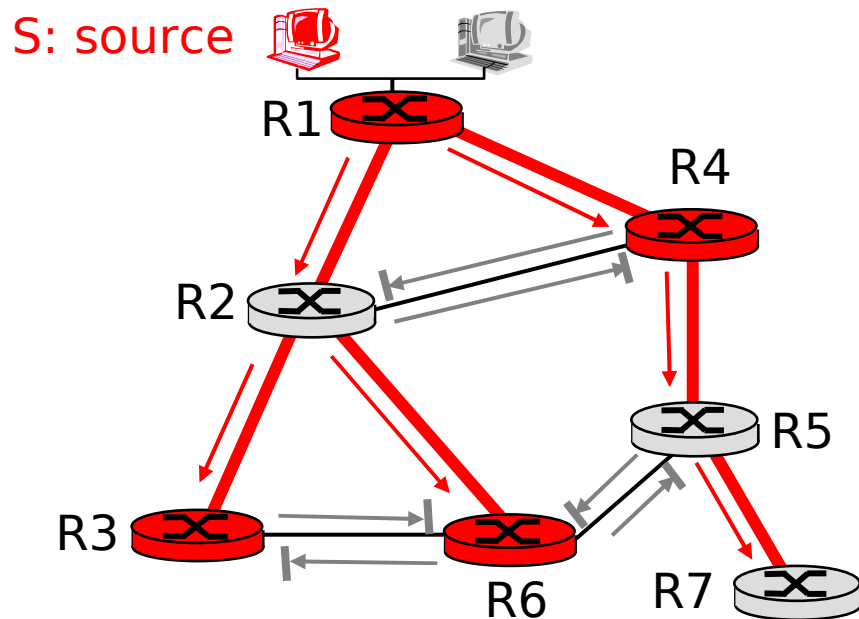
- ∇ Distance Vector Multicast Routing Protocol [RFC1075].
- ∇ Baseado em vetor de distância!
- ∇ Implementa árvores específicas de fonte com repasse de caminho inverso e poda.
- ∇ Árvore RPF baseada em tabelas de roteamento do DVMRP construídas pelos roteadores de comunicação do DVMRP.
- ∇ Comumente implementado em roteadores comerciais;
 - roteamento Mbone é feito usando DVMRP.

Repasse de Caminho Inverso





- Baseia-se no conhecimento dos roteadores sobre caminhos de unicast mais curtos dele até o transmissor.
- Cada roteador possui comportamento de encaminhamento simples:
 - se datagrama multicast recebido na interface de entrada no menor caminho retorna ao centro, então envia datagramas para todas as interfaces de saída;
 - caso contrário, ignora datagrama.



RFP: Exemplo



LEGENDA

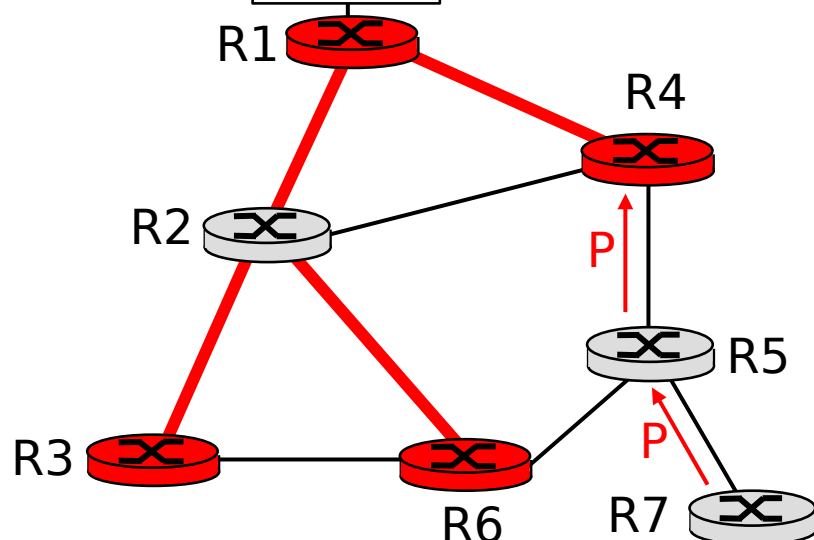
-  roteador com membro de grupo anexado
-  roteador sem nenhum membro de grupo anexado
-  datagrama será encaminhado
-  datagrama não será encaminhado



RFP: poda

- Árvores de encaminhamento contêm subárvores com membros de grupo sem multicast:
 - não necessita encaminhar datagramas por subárvores abaixo.
 - mensagens “prune” são enviadas por upstream pelo roteador com membros de grupo sem nenhum downstream.

S: source



LEGENDA



roteador com membro de grupo anexado



roteador sem nenhum membro de grupo anexado



mensagem prune



links com encaminhamento multicast



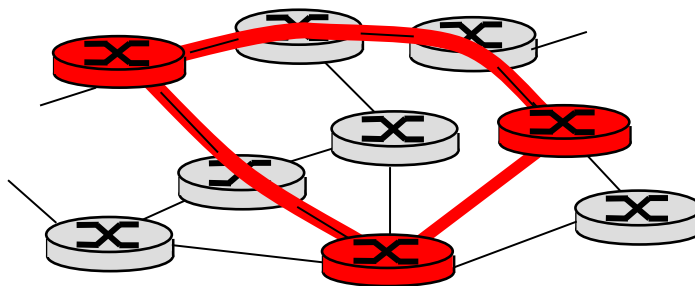
DVMRP - Funcionamento

- ∇ Datagrama inicial para grupo de multicast disparado para todos os lados via RPF.
- ∇ Soft State: periodicamente (1 min) “esquece” os ramos que estão podados:
 - dados multicast fluem novamente por ramos não podados;
 - roteador de downstream: poda novamente ou senão continua a receber dados.
- ∇ Roteadores podem rapidamente se reintegrar à árvore: IGMP seguinte se junta na folha.

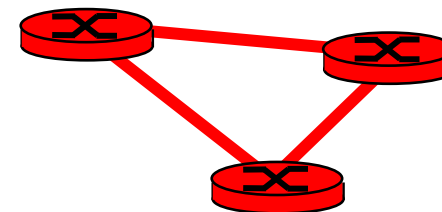


Tunelamento

- ❑ Como conectar “ilhas” de roteadores multicast num “mar” de roteadores unicast?
 - datagrama multicast encapsulado dentro de um datagrama “normal” (sem endereço multicast);
 - datagrama IP normal é enviado pelo “túnel” via unicast IP regular para o roteador multicast receptor;
 - roteador multicast receptor desencapsula para obter o datagrama multicast.



topologia física



topologia lógica



- ∇ Protocol Independent Multicast [RFC2362].
- ∇ Não depende de nenhum algoritmo de roteamento unicast específico (trabalha com todos).



PIM: Modos

∇ Denso:

- membros de grupo densamente empacotados, em proximidade;
- largura de banda mais abundante;
- construção da árvore multicast: dirigida ao dado (ex., RPF).



PIM: Modos

▽ Esperso:

- número de redes com membros de grupo pequeno com relação ao número de redes interconectadas;
- membros “extremamente dispersos”;
- largura de banda não abundante;
- construção da árvore multicast: dirigida ao receptor (ex., center-based).



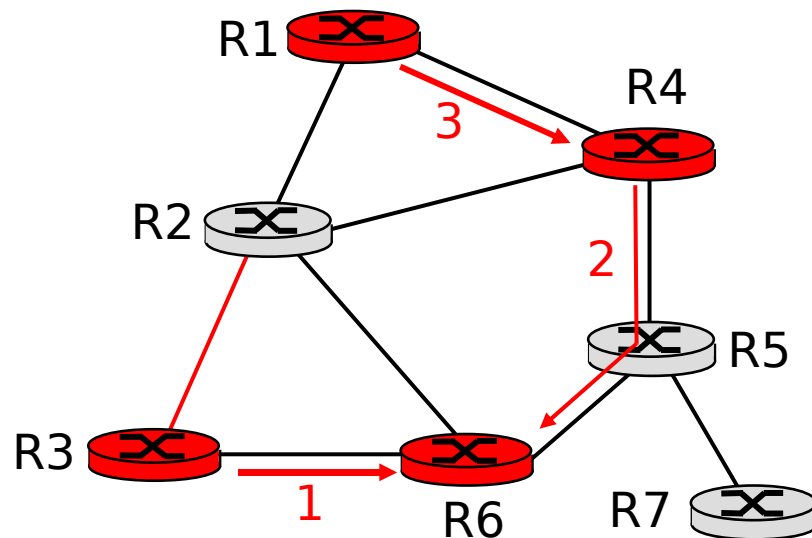
Árvore baseada na fonte

- ∇ Um roteador é identificado como “**centro**” da árvore.
- ∇ Para se juntar:
 - Roteador de borda envia uma **join-msg** unicast endereçada ao roteador de centro;
 - **join-msg** “processada” pelos roteadores intermediários e encaminhada ao centro;
 - **join-msg** ou encontra um ramo da árvore para seu centro, ou chega até o centro;
 - caminho tomado pela **join-msg** torna-se um novo ramo da árvore para esse roteador.






Árvore baseada na fonte: Exemplo

Suponha que R6 escolheu como centro:



LEGENDA

-  roteador com membro de grupo anexado
-  roteador sem nenhum membro de grupo anexado
-  ordem de caminho onde são geradas mensagens join



Cap. 4 - Resumo

- ∇ Serviços da camada de rede
- ∇ IPv4 e IPv6
- ∇ O que há dentro de um roteador?
- ∇ Princípios de roteamento: link state e distance vector
- ∇ Roteamento hierárquico
- ∇ Protocolos de roteamento da Internet: RIP, OSPF, BGP
- ∇ Roteamento broadcast e multicast



Então....

- Dia 26/out: ponto facultativo → mudanças no sílabo...
- Lab 4 (roteamento) adiado para final do semestre.
- Texto sobre endereçamento IP na xerox (Cap. 18 do livro do Comer).
- Leiam Capítulo 4!
- Próxima etapa: Camada de Enlace (Capítulo 5).