



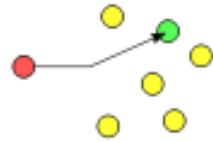
Broadcast e Multicast na Internet

Nelson L. S. da Fonseca

IC-UNICAMP

Rotamento

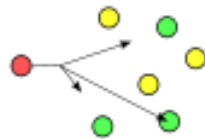
- Unicast



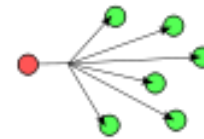
- Multicast



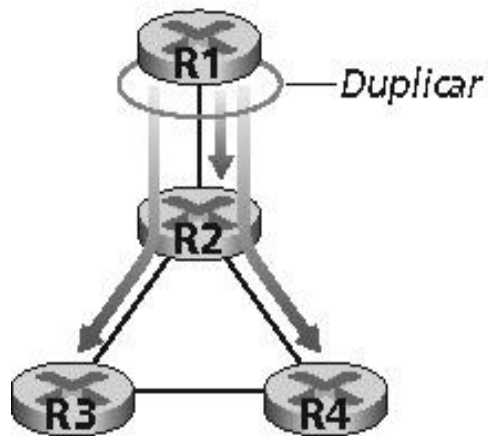
- Anycast



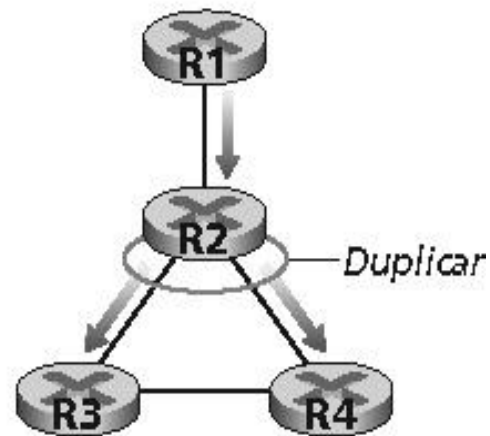
- Broadcast



Criação/transmissão de duplicatas

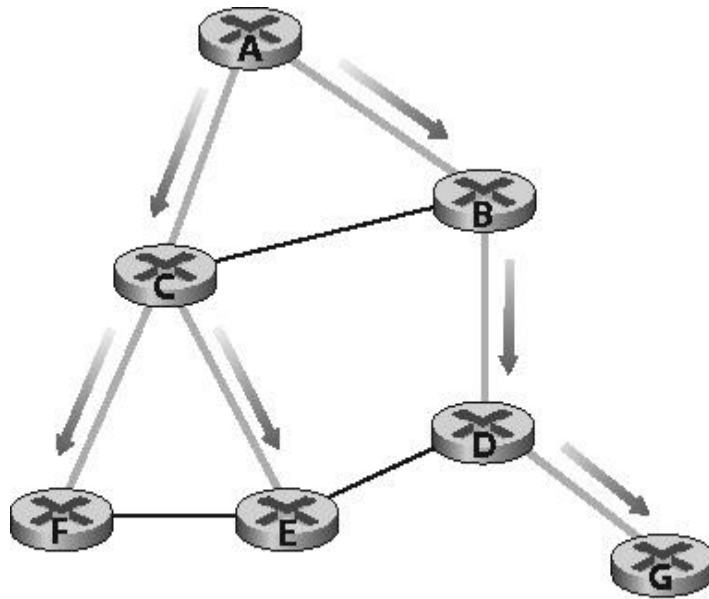


a.

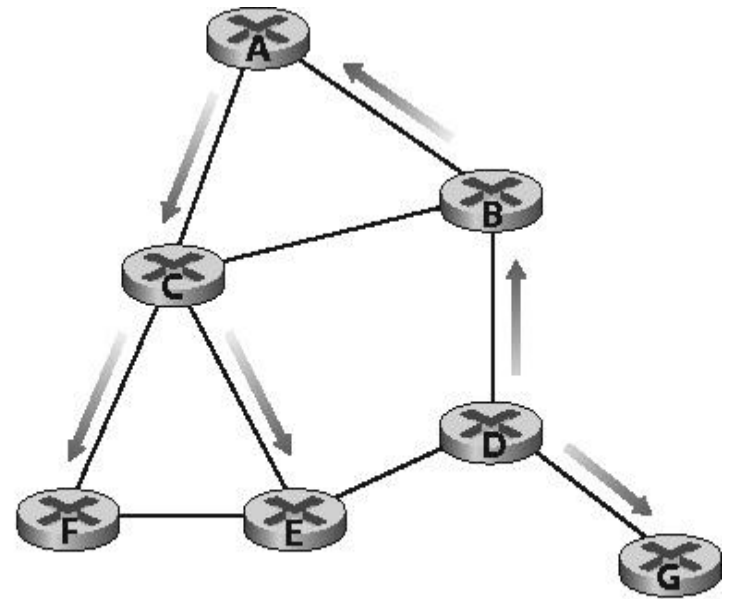


b.

Duplicação na origem versus duplicação na rede.
(a) duplicação na origem, (b) duplicação na rede



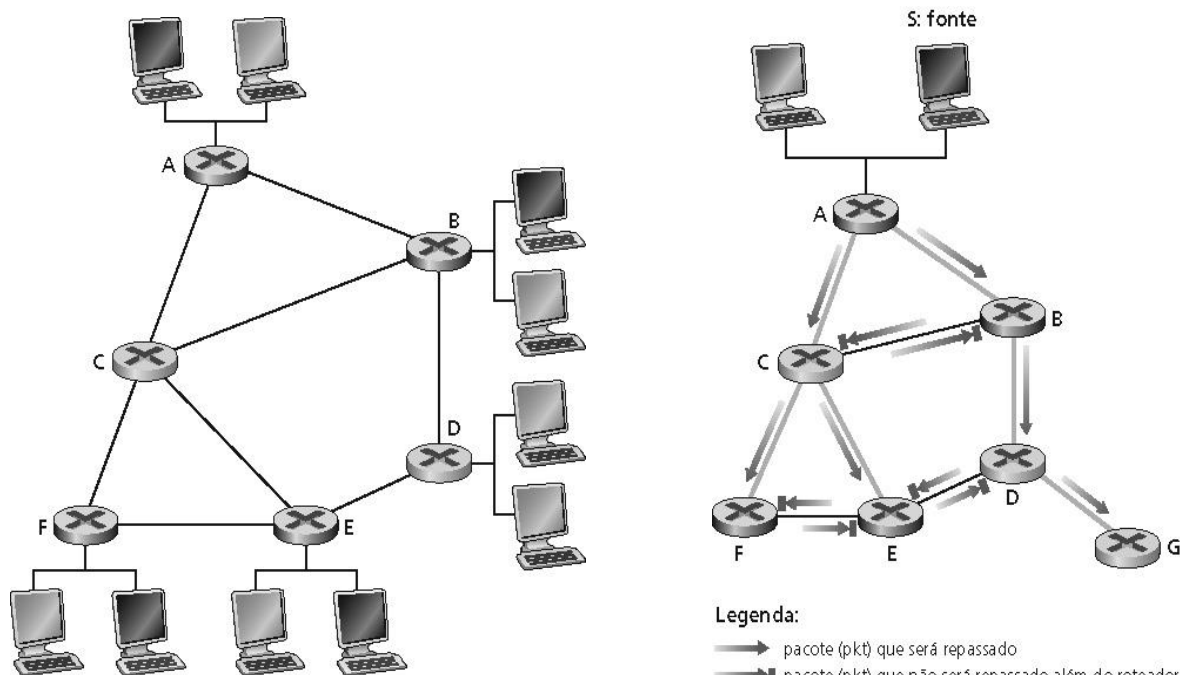
a. Broadcast iniciado em A



b. Broadcast iniciado em D

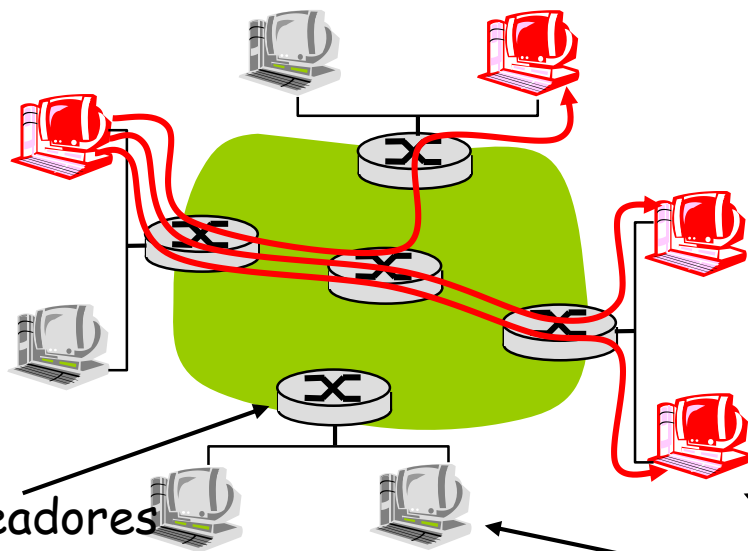
broadcast ao longo de uma **spanning tree**

- **Objetivo:** encontrar uma árvore (ou árvores) conectando roteadores que possuem membros de grupo multicast local
- **Baseada na fonte:** uma árvore diferente de cada transmissor para os receptores
- **Árvore compartilhada:** a mesma árvore é usada por todos os membros do grupo



Multicast: um emissor para vários receptores

- **Multicast:** envia datagramas para múltiplos receptores com uma **única operação de transmissão**
 - ✓ analogia: um professor para vários estudantes,
 - ✓ alimentação de dados: cotações da bolsa de valores;
 - ✓ atualização de cache WWW;
 - ✓ ambientes virtuais interativos distribuídos, etc.
- **Questão:** como garantir multicast?



Multicast via unicast

- Fonte envia N datagramas unicast, um para cada um dos N receptores

Roteadores encaminham datagramas unicast

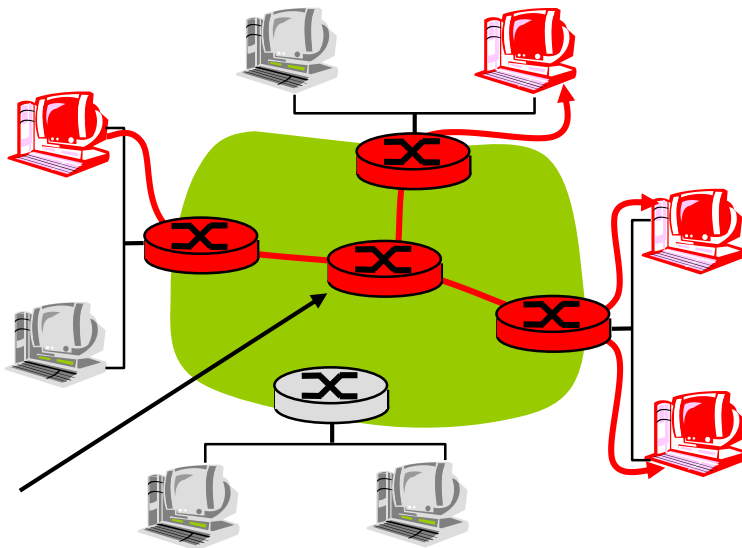
Receptores multicast (vermelho)
Não é um receptor multicast

Multicast - Aplicações

| | tempo real | não tempo real |
|--------------|---|---|
| Multimídia | <ul style="list-style-type: none">•IPTV•<i>Live Video</i>•Video-conferência•<i>Live Audio</i> | <ul style="list-style-type: none">•Replicação<ul style="list-style-type: none">- video-Servidores web•Entrega de conteúdo |
| Apenas dados | <ul style="list-style-type: none">•Cotação de ações•<i>News feeds</i>•<i>White board</i>•Jogos interativos | <ul style="list-style-type: none">•Entrega de informação•Replicação de base de dados•Distribuição de software |

Multicast: um emissor para vários receptores

- **Multicast:** envia datagramas para múltiplos receptores com uma única operação de transmissão
- **Questão:** como garantir multicast?



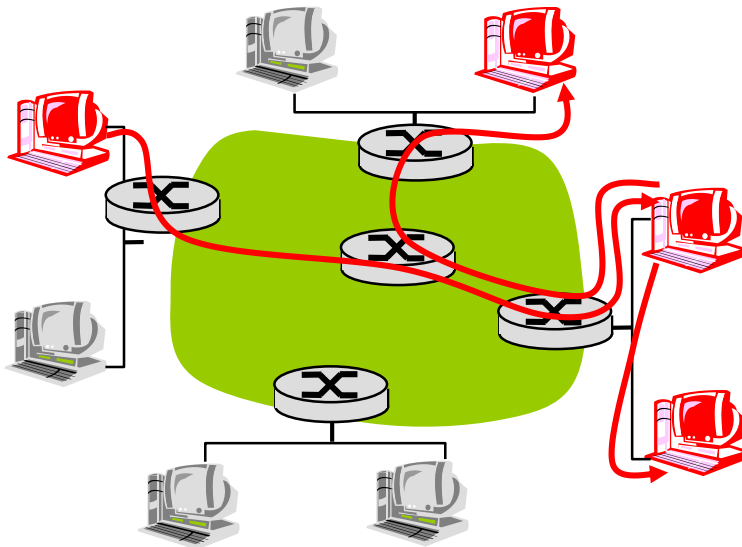
Rede multicast

- Roteadores participam ativamente do multicast, fazendo cópias dos pacotes e os encaminhando para os receptores multicast

Roteadores multicast (vermelho)
duplicam e encaminham os
datagramas multicast

Multicast: um emissor para vários receptores

- **Multicast:** envia datagramas para múltiplos receptores com uma única operação de transmissão
- **Questão:** como garantir multicast?



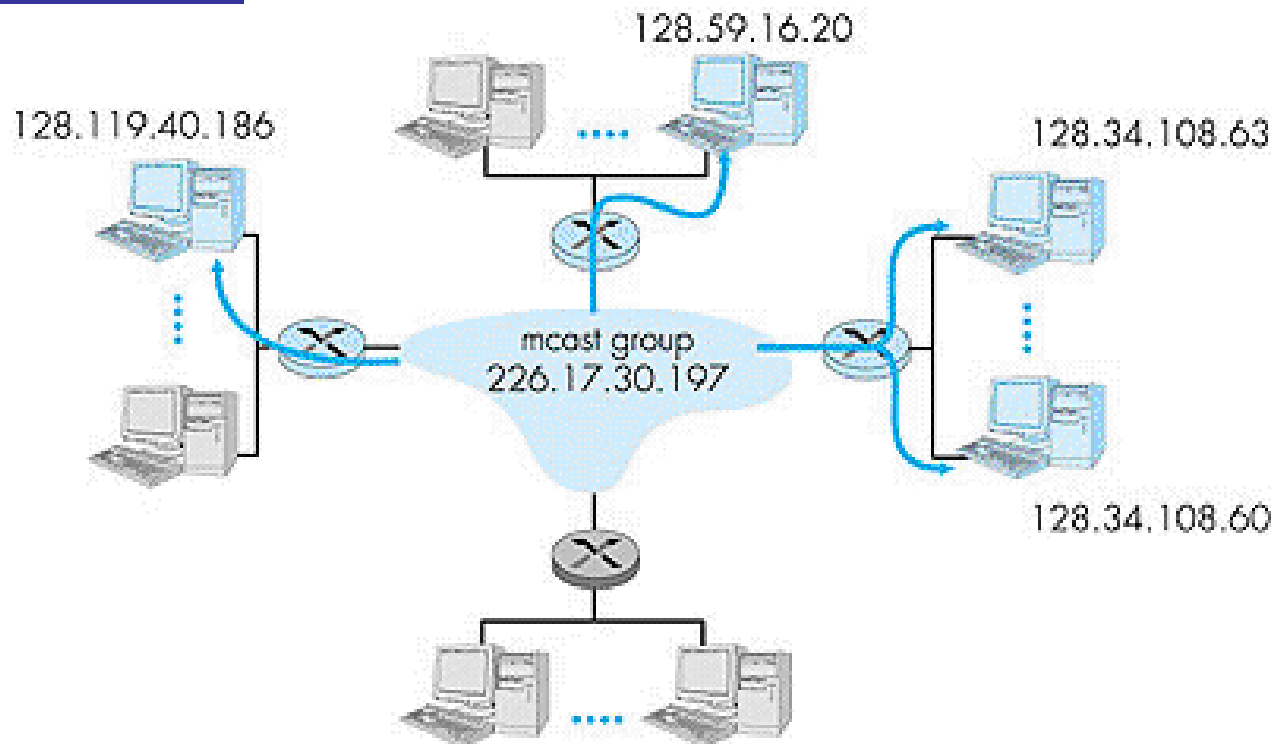
Multicast na camada de Aplicação

- Sistemas finais envolvidos no multicast copiam e encaminham datagramas unicast entre eles

Desafios do Suporte a Multicast na Camada de Rede

- Como identificar os receptores de um datagrama multicast?
- Como endereçar um datagrama a ser enviado para estes receptores.
- Não dá para incluir o endereço IP de cada um dos destinos no cabeçalho do datagrama!
 - ✓ Não funciona para um grande número de receptores;
 - ✓ requer que o transmissor conheça a identidade e endereços de cada um dos destinatários.
- **Endereço indireto**: é usado um identificador único para um grupo de usuários.
- **Grupo Multicast** associado a um endereço classe D.

Modelo de Serviço Multicast da Internet



Conceito de grupo Multicast: uso de *indireção*

- ✓ Hosts endereçam os datagramas IP para o grupo multicast
- ✓ Roteadores encaminham os datagramas multicast para os hosts que se "juntaram" ao grupo multicast

Grupos Multicast

- Endereços classe D na Internet são reservados para multicast:



← 28 bits →

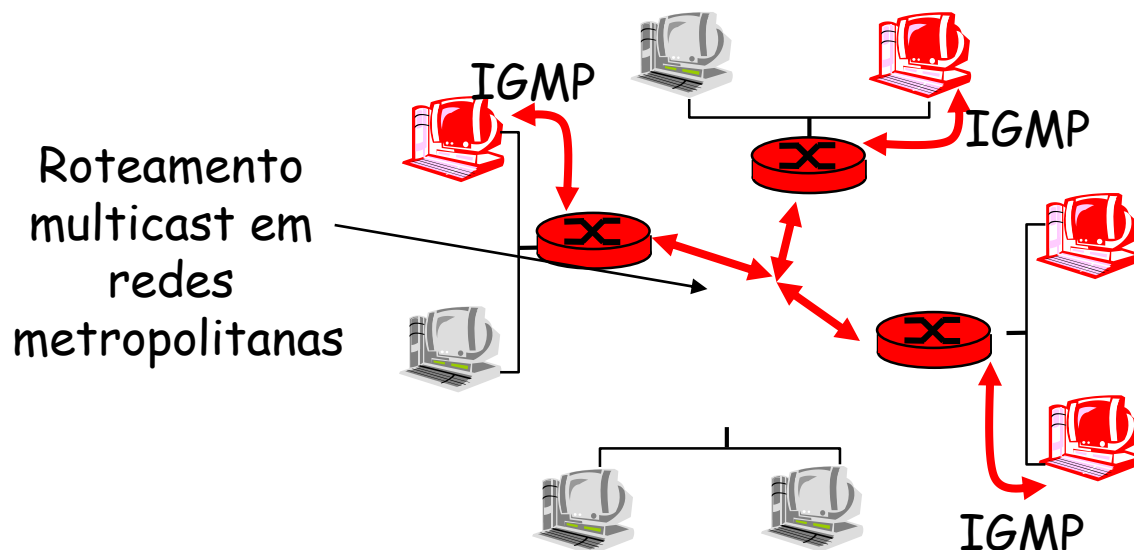
- Semântica de grupo de hosts:
 - ✓ qualquer um pode se "juntar" (receber) a um grupo multicast
 - ✓ qualquer um pode enviar para um grupo multicast
 - ✓ nenhuma identificação na camada de rede para os hosts membros
- necessário: infraestrutura para enviar datagramas multicast para todos os hosts que se juntaram ao grupo

Grupos Multicast: questões

- Como um grupo é iniciado e como ele é encerrado?
- Como é escolhido o endereço do grupo?
- Como são adicionados novos *hosts* ao grupo?
- Qualquer um pode fazer parte (ativa) do grupo ou a participação é restrita?
- Caso seja restrita, quem determina a restrição?
- Os membros do grupo têm conhecimento das identidades dos demais membros do grupo na camada de rede?
- Como os roteadores interoperam para entregar um datagrama multicast a todos os membros do grupo?

Juntando-se a um grupo Multicast: processo em dois passos

- Rede local: host informa ao roteador multicast local que deseja fazer parte do grupo: IGMP (Internet Group Management Protocol)
- Rede metropolitana: roteador local interage com outros roteadores para receber os fluxos multicast
 - ✓ Vários protocolos (e.g., DVMRP, MOSPF, PIM)

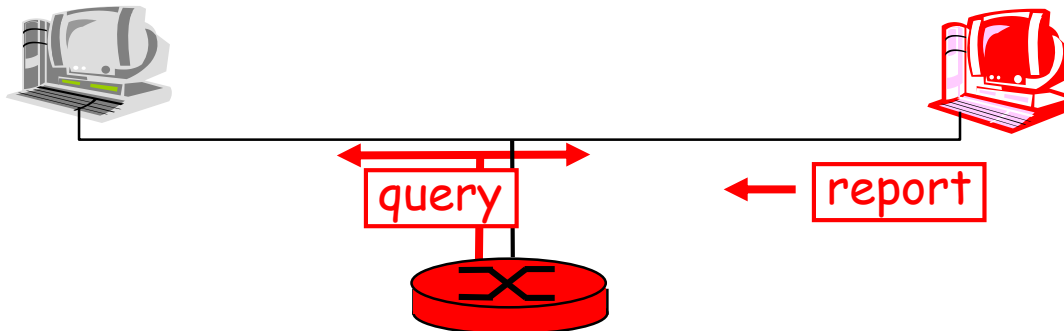


Multicast: aspectos da camada de rede

- Algoritmos de roteamento
- Multicast na Internet **não** é um serviço sem informação de estado:
 - devem ser mantidas informações de estado das fluxos multicast em cada roteador participante da mesma.
 - Necessita de uma combinação de protocolos de sinalização e de roteamento.

IGMP: Internet Group Management Protocol - RFC 2236

- Opera entre o host e o roteador ao qual ele está conectado diretamente:
- host: envia notificação IGMP quando a aplicação se junta a um grupo multicast
 - ✓ IP_ADD_MEMBERSHIP opção de socket
 - ✓ host não necessita fazer uma notificação quando sai de um grupo
- roteador: envia requisição IGMP a intervalos regulares
 - ✓ host pertencente a um grupo multicast deve responder a requisição



O Protocolo IGMP

- O **IGMP** fornece meios para que o host informe ao roteador ao qual está conectado que uma aplicação deseja ser incluída em um grupo multicast.
- Apesar do nome ele **não** é um protocolo que opera entre todos os *hosts* que tenham formado um grupo multicast.
- É necessário um outro protocolo para coordenar os roteadores multicast, de modo que os datagramas multicast sejam roteados até seus destinos:
algoritmos de roteamento multicast da camada de rede.
 - Ex: PIM, DVMRP e MOSPF.

Tipos de Mensagens IGMP v2

| Tipos das Mensagens IGMP | Enviada por | Finalidade |
|--|--------------------|---|
| Consulta sobre participação em grupos:geral | Roteador | Consultar quais os grupos multicast em que os hosts associados estão incluídos. |
| Consulta sobre participação em grupos:específica | Roteador | Consultar se os hosts associados estão incluídos em um grupos multicast específico. |
| Relato de participação | Host | Relatar que o host quer ser ou já está incluído num dado grupo multicast. |
| Saída de grupo | Host | Relata que está saindo de um determinado grupo multicast. |

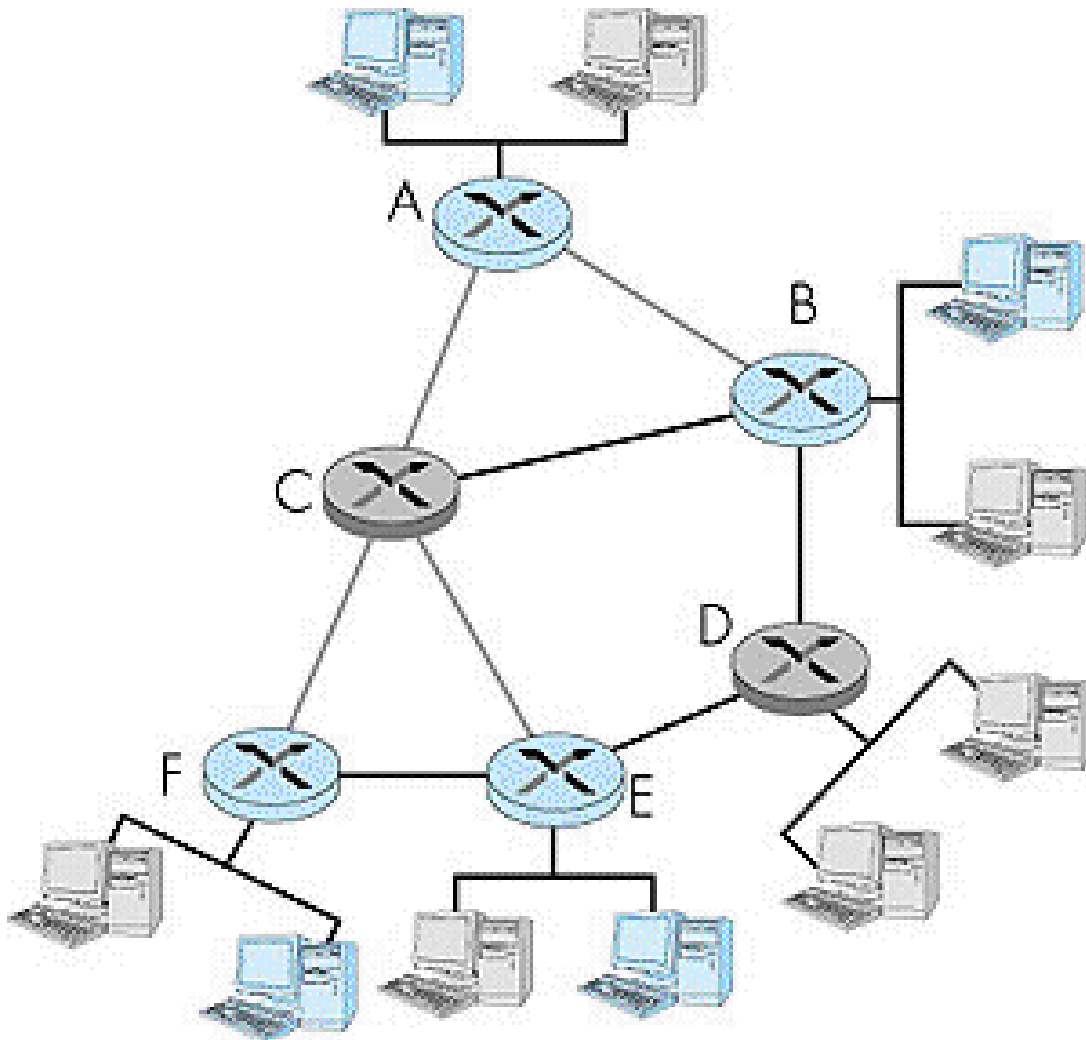
Modelo do Serviço Multicast da Internet

- Qualquer host pode ser incluído no grupo multicast na camada de rede.
 - O host simplesmente envia uma mensagem IGMP de relato de participação para o roteador ao qual está conectado.
- Em pouco tempo o roteador agindo em conjunto com os demais roteadores começará a entregar datagramas multicast para este host.
- Portanto, a adesão a um grupo é uma **iniciativa do receptor**.

Modelo do Serviço Multicast da Internet

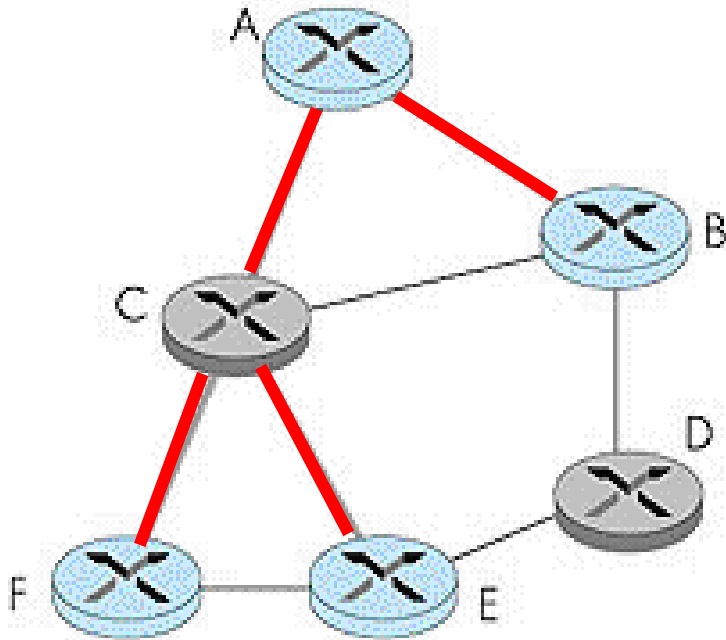
- O transmissor não precisa se preocupar em adicionar receptores e nem controla quem é incluído no grupo.
- Também não há nenhum controle de coordenação a respeito de quem e quando pode transmitir para o grupo multicast.
- Não há nem mesmo uma coordenação na camada de rede sobre a escolha de endereços multicast: dois grupos podem escolher o mesmo endereço!
- Todos estes controles podem ser implementados na camada de aplicação. Alguns deles podem vir a ser incluídos na camada de rede.

Roteamento Multicast: Exemplo

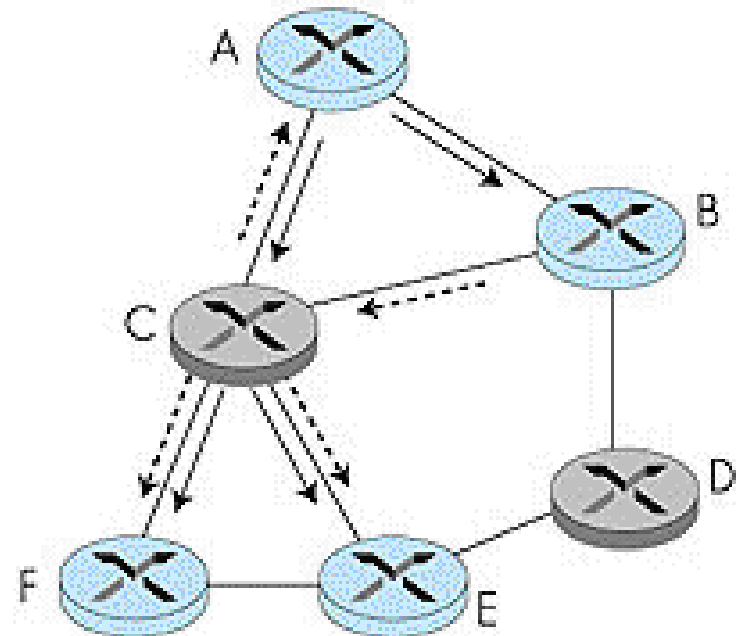


- Um único grupo multicast.
- Estão coloridos os hosts que pertencem ao grupo e os roteadores aos quais eles estão conectados.
- Apenas estes roteadores (A, B, E e F) necessitam receber este tráfego multicast.

Árvores de Roteamento Multicast

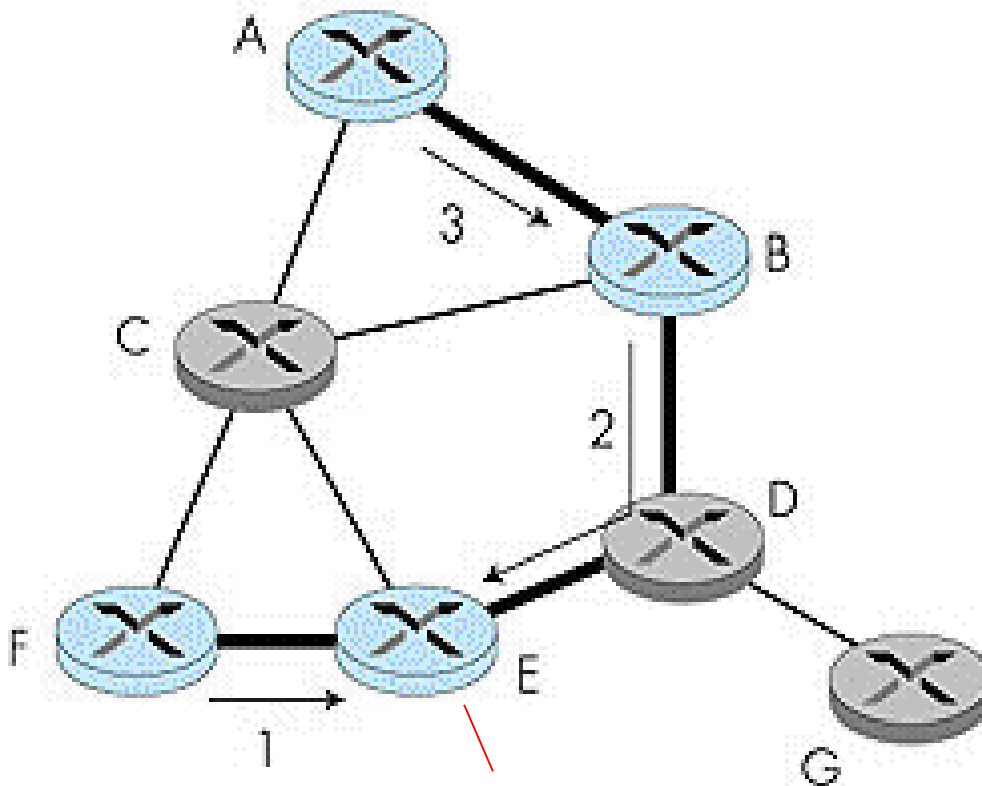


Árvore única compartilhada pelo grupo.



Árvores baseadas nas origens.

Construindo uma árvore baseada no centro



Centro da árvore

Como escolher o centro?

Legenda



roteador sem conexão com nenhum membro do grupo



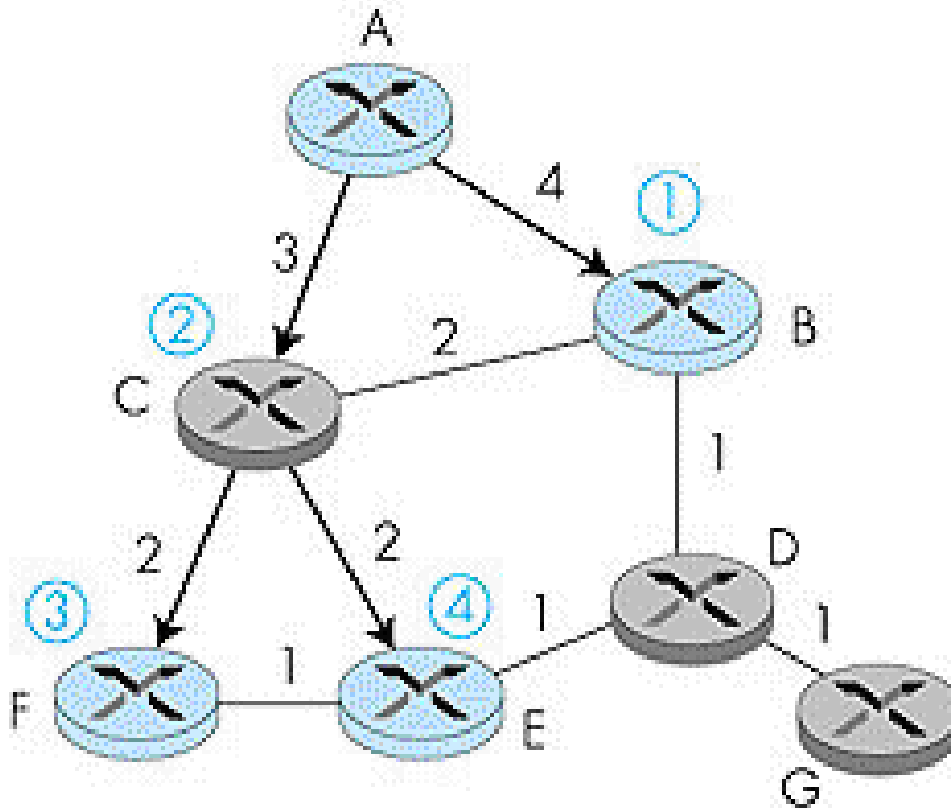
roteador com conexão a algum membro do grupo



Caminho/ordem na qual são geradas as mensagens de adesão.

Os caminhos são enxertados na árvore existente.

Roteamento Multicast usando árvores baseadas nas origens



① i-ésimo caminho
→ a ser adicionado

- Árvores de caminho mais curto a partir de cada origem.
- Este é um algoritmo de EE (cada roteador deve conhecer o estado de cada enlace na rede).
- Mais simples: envio pelo caminho reverso (RPF - *Reverse Path Forwarding*)

Envio pelo Caminho Reverso

- Idéia simples, mas elegante.
- Quando um roteador recebe um pacote multicast, ele transmite o pacote em todos os seus enlaces de saída (exceto por aquele em que recebeu o pacote) apenas se o pacote tiver sido recebido através do enlace que está no seu caminho mais curto até o transmissor (origem).
- Note que o roteador não precisa conhecer o caminho mais curto até a origem, mas apenas o próximo roteador no seu caminho mais curto unicast até a origem.

Poda da árvore de envio pelo caminho reverso

- Um roteador multicast que receba pacotes multicast e não possua conectado a ele nenhum *host* participante daquele grupo, enviará uma mensagem de poda para o roteador que estiver anterior a ele na árvore até a origem.
- Se um roteador receber mensagens de poda de todos os roteadores que estão abaixo dele, ele poderá enviar uma mensagem de poda para o roteador anterior a ele.

Poda: questões sutis

- Requer que o roteador conheça quais roteadores abaixo dele dependem dele para receber pacotes multicast.
- Após o envio de uma mensagem de poda o que acontece se ele necessitar fazer parte do grupo?
 - Pode ser inserida uma mensagem de **enxerto** que permitiria desfazer a poda.
 - Os galhos podados seriam reincorporados à árvore após o estouro de um temporizador. O roteador poderia refazer a poda caso ainda não tivesse interesse no tráfego multicast.

Protocolos de Roteamento Multicast na Internet

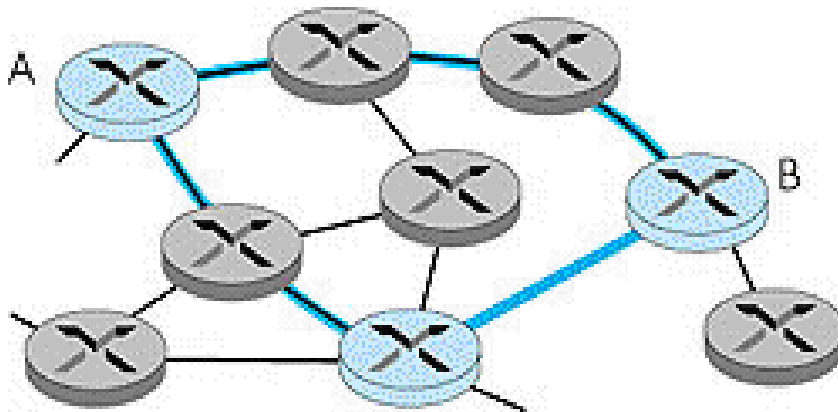
- **DVMRP:** *Distance Vector Multicast Routing Protocol*
- **MOSPF:** *Multicast Open Shortest Path First*
- **PIM:** *Protocol Independent Multicast*

DVMRP – *Distance Vector Multicast Routing Protocol*

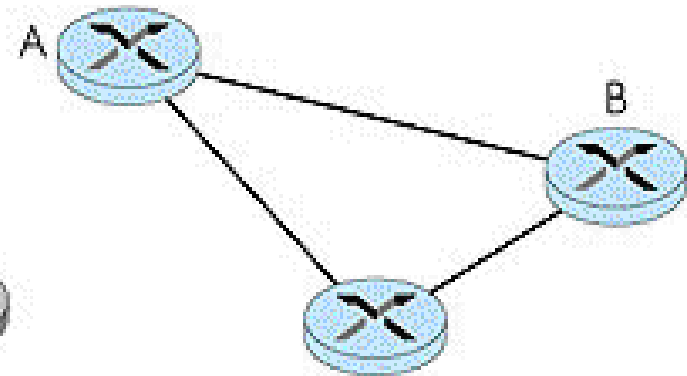
- Primeiro e o mais difundido.
- Implementa árvores baseadas nas origens com envio pelo caminho reverso, poda e enxerto.
- Utiliza o algoritmo de vetor de distância para permitir que o roteador calcule o enlace de saída que se encontra no caminho mais curto até cada uma das origens possíveis.
- Também calcula a lista dos roteadores que estão abaixo dele para questões de poda.
- A mensagem de poda contém a duração da poda (com valor default de 2 horas) após o qual o ramo é automaticamente enxertado na árvore.
- Uma mensagem de enxerto força a reinclusão de um ramo que tenha sido podado anteriormente da árvore multicast.

Implantação de roteamento Multicast na Internet

- O ponto crucial é que apenas uma pequena fração dos roteadores estão aptos ao Multicast.
- Tunelamento pode ser usado para criar uma rede virtual de roteadores com multicast.
 - Esta abordagem foi utilizada no Mbone



Topologia física



Topologia lógica

MOSPF - *Multicast Open Shortest Path*

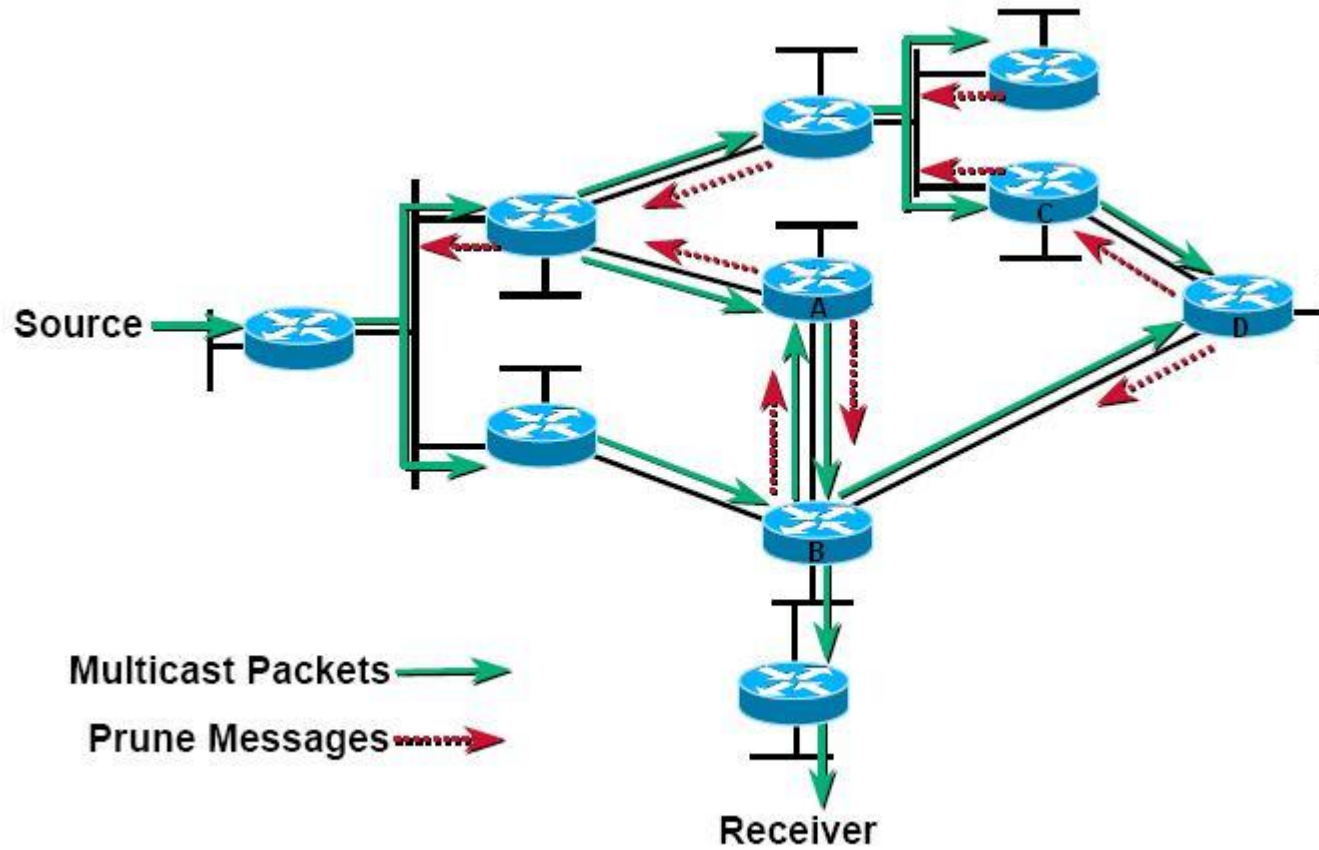
First

- É utilizado num Sistema Autônomo que utiliza o protocolo OSPF para o roteamento unicast.
- Os roteadores adicionam a informação dos grupos que devem atender junto com os anúncios dos estados dos enlaces.
- Com base nestas informações cada roteador do AS pode construir árvores de caminho mais curto, específicas para cada origem, já podadas para cada grupo multicast.

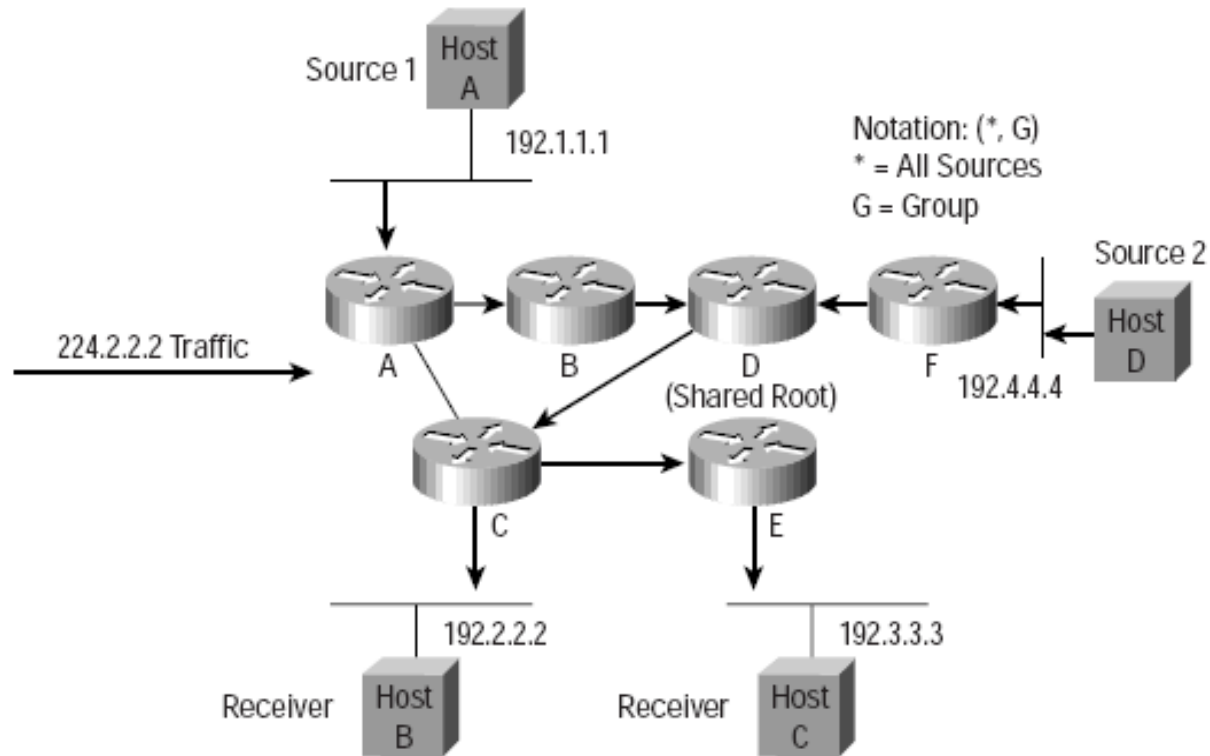
PIM - *Protocol Independent* *Multicast*

- Considera dois tipos de cenários:
 - **Modo denso**: os membros de um grupo estão concentrados numa dada região. A maior parte dos roteadores devem se envolver com o roteamento dos datagramas de multicast.
 - **Modo esparso**: os membros de um grupo estão muito dispersos geograficamente.
- Conseqüências:
 - No **modo denso**: todos os roteadores devem ser envolvidos com o multicast. Uma abordagem como a de encaminhamento pelo caminho reverso é adequada.
 - No **modo esparso**: o default é que o roteador não se envolva com multicast. Os roteadores devem enviar mensagens explícitas solicitando a sua inclusão.

PIM - Dense Mode (PIM-DS)



PIM Sparse Mode (PIM-SM)



Multicat IPv6

- Endereços especiais:
 - All-node multicast group - FFF02:0:0:0:0:0:0:1
 - Solicited-node multicast group - FF02:0:0:0:1 FF00:0000
- IPv6 não há broadcast - all-node multicast group
- ARP - envio para grupo multicast
- (S, G) - source, group

Multicast Listener Discovery Protocol

- Substitui o IGMP
- Três mensagens:
 - Query
 - Report
 - Done

Roteamento Multicast entre Sistemas Autônomos

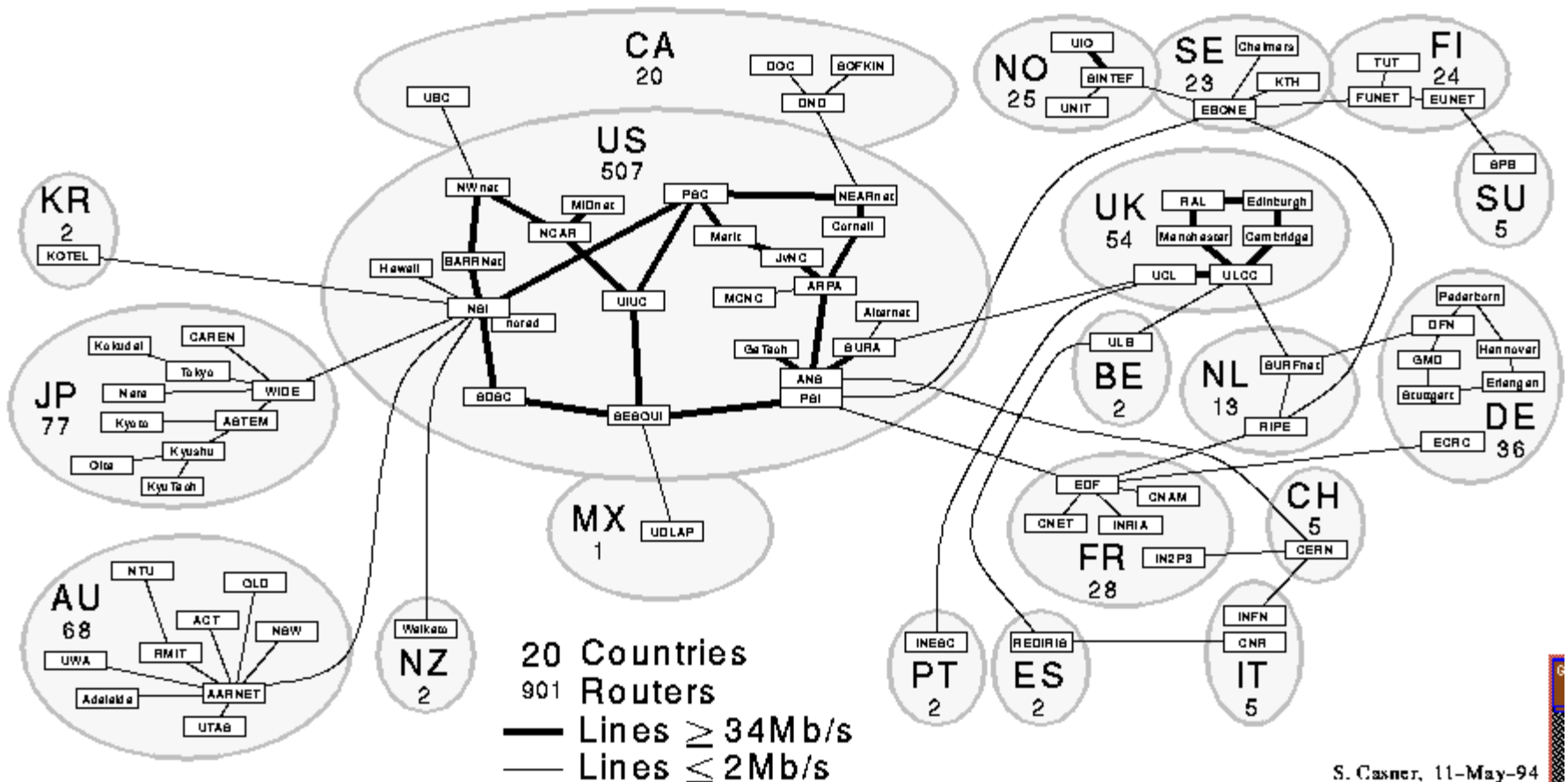
- Cada SA pode utilizar um protocolo de roteamento multicast diferente.
- Ainda não existe um padrão para o roteamento multicast inter-SA.
- O padrão *de fato* tem sido o DVMRP que não é adequado por ser um protocolo do tipo modo denso, enquanto que os roteadores multicast atuais estão espalhados.

MBONE

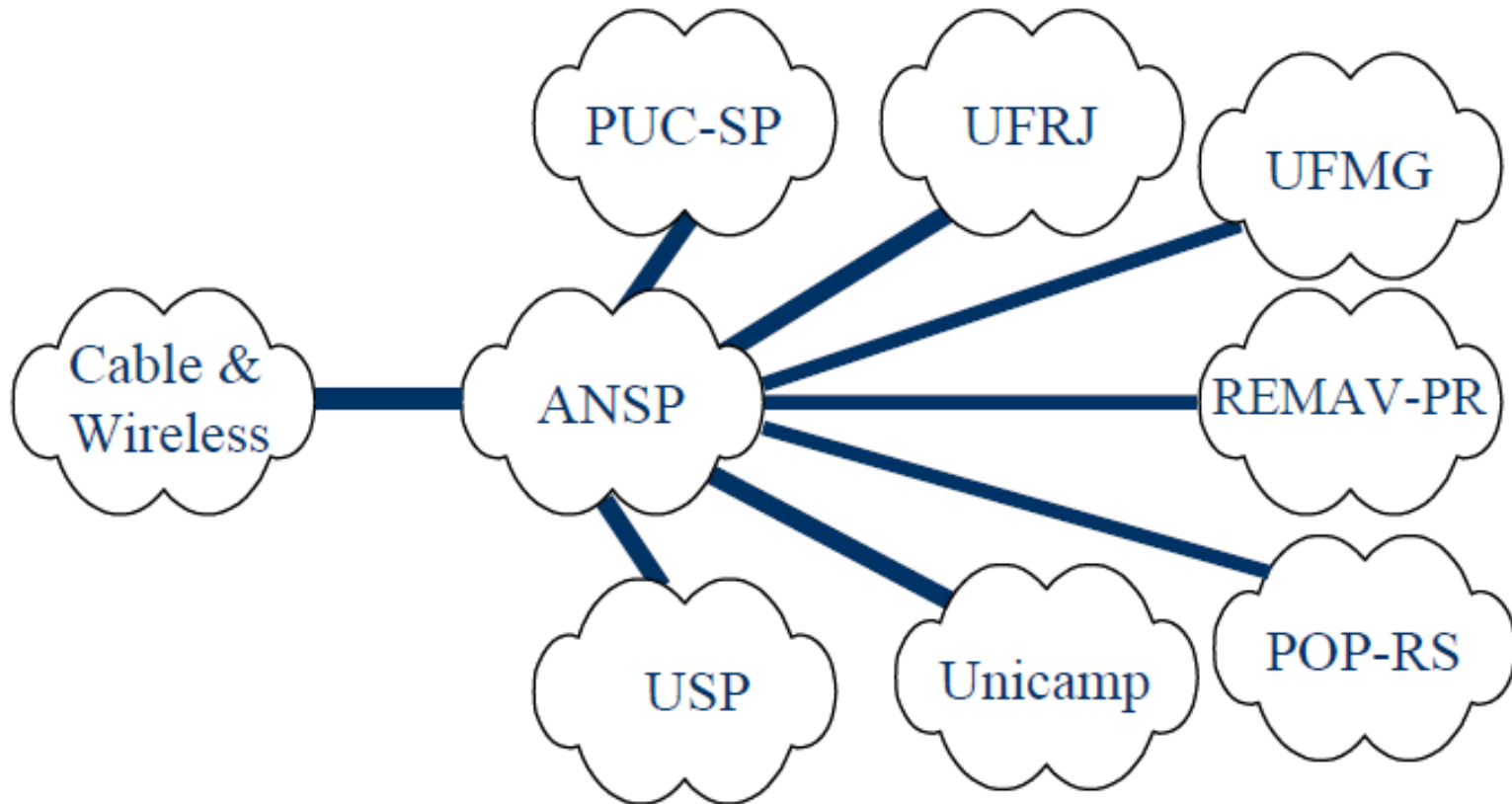
- *Multicast Backbone*
- Rede virtual construída sobre a Internet que utiliza *multicast* IP para as transmissões de dados.
- Composta por sub-redes que possuem roteadores que suportam *multicast* IP (*mrouters*)
- A comunicação entre os roteadores é realizada utilizando o conceito de túneis - enlaces virtuais criados entre os roteadores.

MBONE - Principais enlaces mundiais

Major MBONE Routers and Links



MBONE-BR - Principais enlaces no Brasil



M6Bone

- Rede overlay para multicast utilizando o IPv6

