

Protocolos em Redes de Dados

Aula 10 IP Multicast

Luís Rodrigues

FCUL

2005-2006



Modelo de difusão

- ▶ Generalização do suporte que existe em LANs.
- ▶ Utilização dos endereços de grupo.
- ▶ IP Multicast
 - ▶ Utiliza IGMP.
 - ▶ Utiliza o RTP (ou outros) como transporte.
 - ▶ Existem alguns endereços multicast já reservados.



Sumário

- ▶ Introdução ao encaminhamento em difusão.
- ▶ Protocolos densos e protocolos esparsos.



IGMP

- ▶ Internet Group Management Protocol.
- ▶ IGMP Host Membership Reports para filiação.
- ▶ IGMP Host Membership Query para verificar membros activos.



- ▶ Um dos encaminhadores é eleito pelo IGMP para realizar inquéritos periódicos.
- ▶ A resposta ao inquérito é atrasada aleatoriamente.
 - ▶ Só a primeira passa na rede, outros membros cancelam.
 - ▶ É necessária emulação de LANs em redes ATM.

Projeção de endereços Nível 3 em Nível 2

- ▶ Um endereço em difusão possui 4 dígitos fixos e 28 dígitos variáveis.
- ▶ Os endereços MAC reservados para difusão (segundo consta, adquiridos pelo Steve Deering) só possuem 23 dígitos livres.
- ▶ Projectam-se directamente nos dígitos menos significativos.
 - ▶ As colisões de endereços são descartadas por software, na pilha IP.

IGMP (continuação)

- ▶ IGMPv2
 - ▶ Acrescenta um “leave packet” para detectar saídas mais rapidamente.
 - ▶ Eleição do responsável pelos inquéritos através do endereço IP.
- ▶ IGMPv3
 - ▶ Suporta filtragem de fontes: Só pacotes de certas fontes ou excluindo fontes.

IGMP em redes com comutadores

- ▶ Alguns comutadores (switches) possuem a capacidade de memorizar quais os nós interessados em receber pacotes em difusão.
 - ▶ (por análise do tráfego IGMP).
- ▶ Isto evita a disseminação das mensagens para as máquinas não interessadas na difusão.

- ▶ Originalmente, os protocolos de difusão foram concebidos para o modelo “Any-Source Multicast (ASM)”.
- ▶ Hoje em dia, é também suportado o modelo “Source-Specific Multicast (SSM)”.
 - ▶ Mais simples de suportar, pois os receptores conhecem a identificação da fonte.
- ▶ “Embedded-RP”
 - ▶ Solução para o IPv6 que pretende conciliar as vantagens do ASM e do SSM.
 - ▶ A identificação do rendezvous é embebido no endereço de difusão.

Session Directory Tool

- ▶ Aplicação que permite fazer a reserva dinâmica de endereços livres no intervalo 224.2.0.0/16.
- ▶ Consiste num conjunto de servidores que usa um endereço de difusão pré-definido (224.2.127.254) para anunciar informação acerca das sessões de difusão:
 - ▶ Endereço da fonte, contacto do responsável, tipo de sessão, etc.

Endereçamento em difusão

- ▶ **224.0.0.0/24**: Difusão local na rede.
- ▶ **224.2.0.0/16**: Reservados dinamicamente.
- ▶ **232.0.0.0/8**: Reservados para Source-Specific Multicast.
- ▶ **233.0.0.0/8**: Codificados estaticamente em função para cada sistema autónomo.
- ▶ **239.0.0.0/8**: Administratively scoped multicast (equivalente aos endereços privados).

Encaminhamento para difusão

- ▶ Noção de “reverse-path-forwarding”:
 - ▶ Um pacote recebido da interface para a qual seria encaminhado é descartado.

Processamento de pacotes em difusão

- ▶ 1. Fonte envia o pacote.
- ▶ 2. Encaminhador recebe todos os pacotes em difusão.
- ▶ 3. Se o pacote tem erros é descartado sem ICMP.
- ▶ 4. Decrementa o TTL e verifica se existe entrada.
- ▶ 5. Se o encaminhador fizer parte da árvore, reencaminha o pacote.
- ▶ 6. Se o pacote vem do elo “errado” é descartado.
- ▶ 7. Se o TTL exceder o limite para uma dada interface é descartado (usado para concretizar políticas de limitação de âmbito).



MBONE

- ▶ Criado em Março de 1992.
- ▶ Estações UNIX usando o programa mrouter (DVMRP).
- ▶ Utilizam-se túneis para ligar estes encaminhadores.
- ▶ MOSPF e PIM usados nas fronteiras (o MBONE usa só DVMRP).
 - ▶ Hoje substituído por soluções para suportar difusão entre-domínios que serão abordadas na próxima aula.
- ▶ TTL thresholds usados para filtrar aplicações:
 - ▶ Convenções para colocar o TTL inicial.



Encaminhamento para difusão em grupo

- ▶ Protocolos de difusão baseados na origem:
 - ▶ DVMRP, MOSPF, PIM Dense.
 - ▶ Uma árvore para cada emissor/grupo.
- ▶ Protocolos de árvore partilhada:
 - ▶ PIM Sparse, CBT.
 - ▶ Uma única árvore para todo o grupo.



DVMRP

- ▶ Quando um encaminhador recebe um pacote para um grupo que não conhece, distribui o pacote por todas as interfaces.
 - ▶ Mas só aceita o pacote se vier pelo caminho esperado para chegar à fonte.
- ▶ Encaminhadores nas folhas que não tenham membros enviam mensagens de “desbastar” (*prune*).



DVMRP - “Poison reverse”

- ▶ Um encaminhador a jusante que depende de um encaminhador a montante para chegar à raiz, avisa esse encaminhador.
- ▶ Deste modo, um encaminhador sabe quais os que estão a jusante e qual o que está a montante.
- ▶ Se um encaminhador receber de todos os encaminhadores a jusante mensagens de desbaste, re-encaminha esse pedido a montante.



DVMRP

- ▶ Os encaminhadores trocam tabelas de encaminhamento para garantirem que todos usam rotas coerentes no acesso à fonte.
- ▶ Por outro lado isto permite usar uma topologia diferente para difusão daquela que é usada na comunicação ponto-a-ponto.



DVMRP - Pacotes de “Graft”

- ▶ Se um novo receptor se junta, é enviado um pacote até à raiz (ou raízes).
- ▶ Estes pacotes são confirmados, uma vez que a fonte pode estar inactiva no momento em que são recebidos.



DVMRP - Mensagens sondas

- ▶ Os encaminhadores DVMRP trocam periodicamente mensagens do tipo “sonda”.
- ▶ Estas mensagens permitem que os encaminhadores se conheçam mutuamente.
- ▶ Servem também como mecanismo de detecção de falhas.



- ▶ Problemas do DVMRP:
 - ▶ Pressupõe que existem muitos receptores de cada mensagem.
 - ▶ Primeiro difunde e só depois elimina excessos.
 - ▶ Não é eficiente se existem poucos receptores.

Optimização na procura por difusão

- ▶ A difusão pode ser usada para procurar servidores:
 - ▶ Procurar o membro mais próximo de um grupo em difusão.
- ▶ Ir realizando pedidos em difusão, usando um TTL sucessivamente maior até obter uma resposta.
 - ▶ MOSPF otimiza esta procura, só encaminhando os pacotes se o TTL permitir chegar ao destino.

MOSPF

- ▶ Extensões difusão para o OSPF.
- ▶ Usado internamente a organizações.
 - ▶ Não escala para soluções inter-domínio.
 - ▶ Hoje praticamente não utilizado, pois a solução intra-domínio é sobretudo baseada em PIM.
- ▶ Potencialmente mais estável por ser baseado no “estado-dos-elos” e não em vectores de distância.
- ▶ Baseia-se no cálculo de árvores com raiz na fonte.
- ▶ Utiliza um novo anúncio, o `group-membership-LSA`.

Reconfiguração

1. S1 começa a emitir:
 - ▶ O encaminhador tenta calcular uma árvore.
 - ▶ Como não encontra membros descarta o pacote.
2. Aparece um receptor:
 - ▶ “*GMP Host Membership report*”; “designated router” envia `group-membership LSA`; todos ficam a saber que há um membro; próximo pacote já encontra membros; uma árvore é calculada.
 - ▶ Se um encaminhador fizer interface com um “stub network” faz um anúncio agregado.

- ▶ 3. Quando um elo falha as árvores são re-calculadas quando se encaminha de um novo pacote.
- ▶ 4. Alguém sai:
 - ▶ Descoberto com um “leave” ou ausência de resposta a um inquérito.
 - ▶ Novo anúncio group-membership-LSA.

Cálculo de árvores de encaminhamento

- ▶ 1. Quantas árvores existem?
 - ▶ Uma para cada grupo/fonte.
- ▶ 2. Quando são calculadas?
 - ▶ A pedido, quando chega um pacote e a rota não existe.
- ▶ 3. O que é guardado em cada router?
- ▶ 4. Qual a diferença para o ponto-a-ponto?

Anúncios “group-membership-LSA”

LSA AGE	
Opcoes	Tipo=6
Link State ID	
Encaminhador que faz o anuncio	
Numero de sequencia do anuncio	
Comprimento	
Referenced LS Type	
Anuncio de rede associado	

group-membership LSA

endereço multicast

Tipo de anuncio associado

Por exemplo, anuncio feito pelo designated router

A “cache” de encaminhamento para difusão

- ▶ Cada entrada guarda:
 - ▶ O encaminhador de onde os pacotes devem vir.
 - ▶ As interfaces para as quais o pacote é re-encaminhado.
- ▶ Manutenção da cache:
 - ▶ Quando há alterações, a entrada é apagada.
- ▶ Cálculo das árvores:
 - ▶ Enquanto no ponto-a-ponto a raiz é o próprio encaminhador na difusão a raiz é sempre a fonte.
 - ▶ Regras para desempate em caminhos de custo semelhante.

Encaminhamento hierárquico em difusão

- ▶ Os anúncios de filiação são recebidos pela “área espinha” (backbone) mas não são propagados para as restantes áreas.
- ▶ Os encaminhadores fronteira de uma área não necessitam de saber se existem membros noutras áreas:
 - ▶ Simplesmente recebem todos os pacotes em difusão e enviam-nos para a “área espinha” (backbone).
- ▶ Por sua vez, os encaminhadores da espinha enviam os pacotes para as áreas onde existem membros.
- ▶ Dentro de cada área seguem a árvore.



PIM-SM

- ▶ Protocol Independent Multicast - Sparse Mode.
- ▶ Protocolo que suporta árvores partilhadas assim com árvores com raiz no emissor.
- ▶ Permite comutar de uma árvore para outra.
- ▶ Concebido para usar as tabelas de encaminhamento ponto-a-ponto, independentemente do modo como estas são calculadas (daí o nome).
 - ▶ Na prática, esta hipótese só faz sentido intra-domínio.
 - ▶ Como se verá, inter-domínios é necessário trocar rotas distintas do unicast, pois nem todos os domínios suportam difusão.



CBT

- ▶ Core Based Tree:
 - ▶ Tentativa de evitar o problema anterior gerindo uma única árvore partilhada de difusão com raiz num nó eleito para o efeito.
- ▶ Problemas:
 - ▶ Elevada concentração de carga no nó raiz.
 - ▶ As mensagens são obrigadas a percorrer caminhos não óptimos (no pior caso, o dobro do caminho).
- ▶ Nunca chegou a ser muito implantado.



PIM-SM

- ▶ Cada grupo elege um encaminhador com ponto de *Rendezvous* (RP).
 - ▶ Fontes anunciam-se no *Rendezvous*.
 - ▶ Receptores contactam o *Rendezvous* para conhecerem as fontes activas.



- ▶ Cada encaminhador necessita de manter a seguinte informação para cada grupo/fonte:
 - ▶ Fonte, endereço difusão, interfaces para disseminação, interface de entrada.
 - ▶ Em árvores partilhadas, uma única entrada é usada para diversas fontes ('*' no local da fonte).

- ▶ Modo de operar:
 - ▶ Um receptor liga-se ao ponto de *rendezvous*.
 - ▶ O emissor regista-se no ponto de *rendezvous*.
 - ▶ O *rendezvous* liga-se ao emissor.
 - ▶ Esta transição pode ser feita só quando um dado limiar de tráfego é atingido.
 - ▶ Na prática, muitas concretizações fazem esta comutação de imediato.

- ▶ Ligação do receptor ao *rendezvous point* (RP).
 - ▶ São enviadas mensagens de “Join/Prune” do receptor para o RP que estabelecem uma árvore com raiz no RP.

- ▶ Registo do emissor no RP.
 - ▶ O pacote em difusão é encapsulado num pacote unicast que é enviado para o RP.
- ▶ Ligação do RP ao emissor.
 - ▶ O RP envia mensagens de “Join/Prune” para o emissor.
 - ▶ Quando começar a receber pacotes em modo nativo, envia um “RegisterStop” para o emissor, de modo a que este termine com o envio de pacotes encapsulados.

- ▶ Comutação para árvore com raiz no emissor:
 - ▶ O receptor liga-se ao emissor.
 - ▶ Assim que começar a receber pacotes directamente do emissor, “desliga-se” do *rendezvous*.
 - ▶ Note-se que parte da árvore pode ser partilhada, pelo que o pacote de desbaste só tem efeito a partir do ponto em que as duas árvores se separam.

rendezvous e grupos

- ▶ Projecção estática:
 - ▶ Configurado manualmente em cada encaminhador qual o *rendezvous* para cada grupo.
- ▶ Auto-RP (proprietário da CISCO).
 - ▶ Os encaminhadores estão configurados para funcionarem em modo denso na disseminação de informação de controlo.
 - ▶ Cada router pode ser configurado para operar como *rendezvous* para um conjunto de grupos.
 - ▶ Esta informação é distribuída por difusão por todos os encaminhadores.
 - ▶ Pouco usado hoje em dia, substituído por uma extensão semelhante ao PIM.

Mensagens de Hello e Assert

- ▶ Os encaminhadores PIM fazem anúncios periódicos de pacotes “Hello”.
- ▶ Numa rede multi-acesso, se existir mais que um encaminhador PIM, apenas um será eleito como responsável por encaminhar o tráfego multicast.
- ▶ Se existir uma rede de difusão num ramo interior da árvore, é também realizada uma eleição para escolher quais dos encaminhadores participa na difusão.

PIM Bootstrap router

- ▶ É eleito um coordenador, designado por *bootstrap router*.
- ▶ Routers configurados para operar como *rendezvous* enviam mensagens para o *bootstrap router*.
- ▶ O *bootstrap router* envia esta informação para todos os encaminhadores.

Anycast rendezvous

- ▶ O endereço do rendezvous é configurado estaticamente.
- ▶ Os nós que servem de rendezvous configuram o endereço de rendezvous como interface de loopback.
- ▶ Isto permite ter vários routers a servir de rendezvous usando o mesmo endereço.
- ▶ O encaminhamento interno encaminha os pacotes para o rendezvous mais próximo.
- ▶ Necesita de um mecanismo para coordenar os vários encaminhadores que operam como rendezvous.



Bi-directional PIM

- ▶ Solução simplificada do PIM que usa uma árvore partilhada, não obrigando a manter estado específico para cada fonte.
- ▶ Usado sobretudo em difusão intra-domínio quando existem múltiplas fontes.



PIM-SM

- ▶ Comparações com os protocolos “densos”:
 - ▶ Protocolo denso troca e memoriza mensagens de desbaste, o protocolo esparso troca mensagens explícitas para ligação.
 - ▶ O protocolo esparso mantém estado nos encaminhadores mesmo sem tráfego, o denso não necessita (inundação).
 - ▶ O protocolo denso não necessita de pontos de rendezvous.



Resumo

- ▶ IGMP.
- ▶ DVMRP.
- ▶ MOSPF.
- ▶ PIM-SM.
- ▶ “Bi-directional” PIM

