

Multicast

Introdução

As aplicações e serviços na *Internet* geralmente visam usuários únicos ou um grupo de usuários, o que pode exigir modelos para sustentar multimídia ou entrega de dados ponto a ponto, ponto a multiponto ou multiponto a multiponto. O uso de abordagens de comunicação *multiple unicast* leva a um consumo ineficiente dos recursos, tanto processamento como transmissão. Como tal, a solução é considerar usar um modelo de entrega *multicast*, instanciado no nível da rede, mas os seus conceitos podem ser também aplicados, por exemplo, na camada aplicacional.

Motivo

Os pacotes IP são geralmente enviados de uma única fonte para um único destinatário. No entanto, alguns cenários precisam que os pacotes IP individuais sejam entregues a vários destinatários e *porque não enviar vários pacotes unicast?* Primeiramente, a fonte precisaria de manter uma lista completa dos destinatários. Seguidamente, seriam enviadas várias cópias idênticas dos mesmos dados e, finalmente, isto resultaria numa solução cara em termos de recursos. Deve-se, então, optar por usar *multicast* em vez de *multiple unicast*.

Objetivo

O objetivo é enviar uma cópia única dos dados para um grupo de destinatários, identificados pelo seu endereço *multicast*, o que traz um nível de abstração. Os *routers* devem encaminhar os pacotes de dados, armazenar uma cópia dos mesmos e, quando for necessário, duplicar esses pacotes de dados.

Quais elementos da rede estão interessados em um grupo multicast específico?

- Aplicativos ou *hosts* usam *Multicast Group Membership Discovery Protocols* (por exemplo, IGMP para IPv4) para informar a rede sobre a vontade de receber dados (por enviar uma mensagem para um roteador multicast).
- *Routers multicast* comunicam entre si usando protocolos de roteamento *multicast* (*Multicast Routing Protocols*):
 - Os protocolos de roteamento precisam construir um *multicast* numa árvore de distribuição.
 - O tráfego atinge todos os destinatários que aderiram ao grupo.
 - O número de cópias idênticas é minimizado.

Multicast Group Membership Discovery Protocols

Estes protocolos são usados por aplicativos ou *hosts* para informar os *routers* da LAN do endereço do grupo *multicast* no qual desejam ingressar, informando a rede da sua vontade de receber pacotes de dados.

Operação básica de IGMP:

1. O *host* deseja ingressar num novo grupo *multicast*, enviando uma mensagem não solicitada de *IGMP Report* para esse grupo.
2. Um *router* local capta a mensagem *IGMP Report* e usa um protocolo de roteamento *multicast* para ingressar no tal grupo *multicast*.
3. Periodicamente, um *router* de consulta (*querier router*) faz *broadcast* de mensagem *IGMP Query* para verificar em quais grupos os *hosts* locais estão inscritos.
4. Os *hosts* respondem às mensagens de consulta, enviando mensagens *IGMP Report* para indicar a sua participação num determinado grupo *multicast*.
5. Se um *router* não receber uma mensagem *IGMP Report* para um determinado grupo durante um período de tempo, ele assume que não existem mais membros inscritos nesse grupo *multicast* e remove-se do mesmo.

Sobre as *responding queries*:

Para evitar respostas simultâneas, cada *host* inicia um cronômetro aleatório para cada grupo *multicast* no qual está inscrito. Quanto o *timer* terminar, o *host* envia um *IGMP Report*.

Alternativas de design

Os *hosts* que se juntam a um grupo *multicast*:

- *Any Source Multicast* (ASM): Receber dados enviados de qualquer fonte para o grupo *multicast*, especificando apenas o grupo *multicast* no qual desejam ingressar.
- *Source-specific Multicast* (SSM): Receber apenas dados enviados de uma fonte específica, especificando não só o grupo *multicast*, como também a fonte de dados.

Multicast Routing Protocols

Um *router* conhece todos os membros dos grupos dos *hosts* aos quais está diretamente conectado, trocando informações com outros *routers*. Essas informações podem ser *join* ou *leave* da árvore de distribuição de um desses grupos *multicast*.

Como construir a árvore de distribuição de um grupo *multicast* para vários destinatários?

- *Protocolos opt-in*: os nós da rede *multicast* (por exemplo, *routers*) indicam os grupos de interesse, ou seja, quem deseja receber pacotes de dados.
- *Protocolos opt-out*: onde se assume que os nós da rede *multicast* desejam todos receber os pacotes de dados. Entretanto, poda-se a árvore.

Existem dois tipos de árvores de distribuição:

Árvores construídas com fonte ativa

No modelo por fonte ativa, a fonte é responsável por estabelecer a árvore de distribuição e, portanto, é considerada a entidade central. A fonte envia os pacotes de dados para os

recetores através da árvore *multicast*, que é construída dinamicamente através do estabelecimento das ligações entre os nós. Neste modelo, a fonte tem o controlo total sobre a distribuição dos dados e garante que todos os recetores recebem os pacotes enviados.

As árvores de distribuição construídas por fonte ativa são criadas e geridas pela fonte de dados *multicast*. Neste modelo, a fonte ativa é responsável por estabelecer e manter a estrutura da árvore de distribuição, adicionando e removendo nós de acordo com as necessidades. Isto implica que a fonte tenha conhecimento de todos os recetores existentes e dos seus endereços e que, por sua vez, esses recetores se registem junto à fonte ativa para poderem receber dados. Os *routers* que desejam ingressar num grupo *multicast* precisam de especificar a fonte de dados e o grupo em questão. Como tal, precisam de enviar uma mensagem (*Source, Group*) para o próximo *router upstream*.

Em termos de desempenho, as árvores de distribuição construídas por fonte ativa tendem a ser mais eficientes na distribuição dos dados já que a fonte pode controlar o fluxo de dados e garantir a entrega dos dados de forma otimizada. Contudo, este modelo é menos escalável e mais suscetível a falhas porque a fonte de dados é um ponto único de falha.

Árvores partilhadas

No modelo de árvores partilhadas, as ligações entre os membros do grupo são estabelecidas através de um mecanismo de auto-organização. Os recetores estabelecem ligações uns com os outros e com a fonte, não precisando da intervenção da fonte na construção da árvore. Neste modelo, a fonte não tem o controlo total sobre a distribuição dos dados e não garante que todos os recetores recebem os pacotes enviados.

As árvores partilhadas são criadas e geridas por um intermediário, denominado por RP (*Rendezvous Point*). Os recetores precisam de se registar junto ao RP, responsável por estabelecer e manter a estrutura da árvore de distribuição. Neste modelo, a fonte não precisa de ter conhecimento sobre os recetores existentes nem das suas localizações, assim como os recetores não precisam de se registar junto à fonte para receber dados. Os *routers* que desejam ingressar num grupo *multicast* não precisam de especificar a fonte, bastando enviar uma mensagem (**, Group*) ao próximo *router upstream*.

Comparativamente com as árvores construídas por fonte ativa, as árvores partilhadas são mais escaláveis e menos suscetíveis a falhas já que não dependem de uma entidade central para funcionar. No entanto, podem ser menos eficientes na distribuição dos dados, pois os recetores são responsáveis apenas pela distribuição de dados entre si, recorrendo a caminhos de dados ineficientes. Além disso, as árvores partilhadas necessitam de um mecanismo para seleccionar a raiz da árvore, neste caso o RP.

Protocolos de encaminhamento para ambientes esparsos e densos

Protocolo PIM-SM (*PIM Sparse Mode*)

O protocolo PIM-SM é um protocolo *opt-in*, que usa principalmente árvores partilhadas, mas também árvores construídas por fonte ativa. Por padrão, ele utiliza árvores partilhadas

enraizadas num router (RP), mas também suporta árvores construídas por fonte ativa para evitar o encapsulamento, otimizar os caminhos de dados e possibilitar o *multicast* específico da fonte (SSM).

O PIM-SM é um protocolo *soft-state* porque o estado de uma sessão *multicast* é mantido pelos participantes na sessão e é atualizado periodicamente através de mensagens de controlo entre os participantes. Se um participante não enviar ou receber mensagens de controlo por um período de tempo, o estado da sessão é expirado e é descartado. Isto permite ao PIM-SM adaptar-se dinamicamente às mudanças na topologia da rede e no interesse dos participantes na sessão *multicast*.

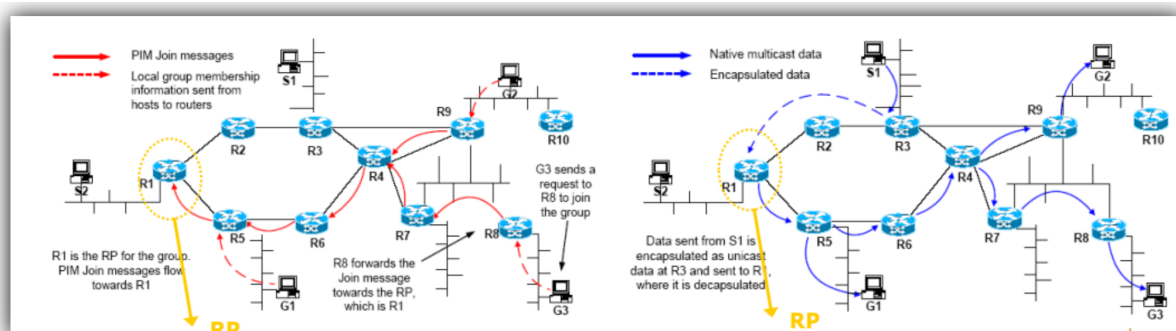
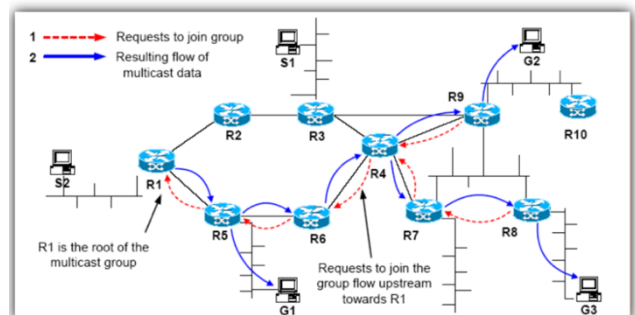
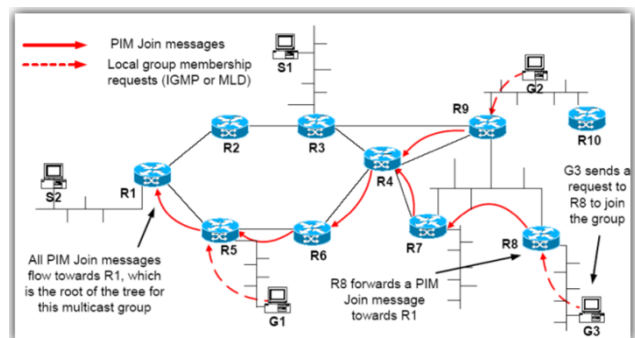
Os *hosts* indicam o seu interesse em ingressar no grupo *multicast* usando IGMP ou MLD. Um dos *routers* da LAN é eleito como *designated router* (DR), sendo responsável por ingressar no tal grupo *multicast* e fazer o encaminhamento do tráfego. Os *routers* devem enviar mensagens PIM (*,G) Join para ingressarem num grupo *multicast*. O estado é, então, encaminhado pelos *routers* até chegar ao RP.

As vantagens do PIM-SM são:

- É um protocolo independente do protocolo *unicast* operado na rede.
- Escala bem.
- Suporta as alternativas de *design* SSM e ASM.
- Suporta árvores partilhadas, bem como árvores construídas por fonte ativa.

No entanto, também algumas desvantagens como a necessidade de encapsulamento e desencapsulamento entre a fonte e o RP.

Um exemplo prático onde é justificável utilizar o PIM-SM é num ambiente de transmissão ao vivo. Neste caso, como são ambientes esparsos, é mais eficiente utilizar o PIM-SM para “puxar” o fluxo de tráfego para as regiões onde existem espectadores.



Protocolo PIM-DM (PIM Dense Mode)

O protocolo PIM-DM é um protocolo *opt-out*, usado em árvores construídas por fonte ativa. Aqui, assume-se que a maioria das redes no domínio estão interessadas em receber dados *multicast*, acabando por não escalar bem em grandes domínios e daí ser mais eficiente utilizá-lo em domínios pequenos. Os dados são enviados para todas as redes, mas primeiramente o *router* verifica se os pacotes de dados chegam da interface mais próxima da origem. Caso contrário, os pacotes são descartados.

Se um router não estiver interessado em receber dados, deve enviar uma mensagem (S,G) Prune para que o router *upstream* deixe de lhe enviar os dados.

As vantagens deste protocolo são as seguintes:

- É eficiente se os recetores estiverem densamente distribuídos pela rede.
- Evita a complexidade na configuração do RP.

Como desvantagens, apresenta os seguintes pontos:

- Não escala bem se a maioria dos recetores no domínio não estiverem interessados em receber dados.
- Todos os recetores precisam de armazenar o estado por fonte para cada fonte no domínio.

Um exemplo prático onde é justificável o uso do PIM-DM é num ambiente de distribuição de *software*, onde existem muitos membros em muitos grupos *multicast*. Além disso, é importante garantir que todos os membros recebem o *software* atualizado o mais rapidamente possível. Neste caso, é mais eficiente utilizar o PIM-DM para “empurrar” o fluxo de tráfego para todos os routers *multicast* na rede, assegurando que todos os recetores recebem as atualizações.

