

Análisis de rendimiento y pruebas de configuración de transmisiones de datos multipunto bajo árboles Dense-Mode y Sparse-Mode

Yezid Donoso Meisel*, Adriana Ortiz**, Alvaro Herrera**

Resumen

Este artículo pretende dar a conocer el comportamiento de seis protocolos de enrutamiento multicast en la transmisión de paquetes de voz y video. Para esto nos basamos en una topología real como lo es el MBONE, con anchos de banda, tamaños de buffers, tamaños de paquetes, retardos y otras variables que son utilizadas en la Internet.

Palabras clave: Multidifusión, Mínimo Arbol de Recubrimiento, Arbol Compartido.

Abstract

This article wants to show us the six protocols multicast routing behavior in the transmission of voice and video packets. That's why we are based on a real topology such as MBONE and working with bandwidth, buffers and packets size, delays and others variables used on Internet.

Key words: Multicast, Minimum Spanning Tree, Shared Tree.

Fecha de recepción: 28 de febrero del 2002

1. INTRODUCCIÓN

El estado de desarrollo actual ha llevado al hombre a buscar nuevas tecnologías que lo ayuden a realizar todas sus tareas. El hombre es un ser comunicativo que necesita transmitir sus conocimientos e ideas a las demás personas, en busca de nuevas ideas, enseñanzas, etc. Es por esto que ha buscado la forma para transmitir sus conocimientos a todo el mundo, sin importar las fronteras del tiempo, religión, sexo, conocimiento, raza, etc.

El Internet es una de las herramientas que le han permitido al hombre llegar más allá de sus fronteras facilitando el envío de datos, video y voz a cualquier parte del

* Profesor Universidad del Norte. Magister en Ingeniería de Sistemas, Universidad de los Andes. Estudiante Ph.D., Universidad de Girona (España).

** Ingeniero de Sistemas, Universidad del Norte.

mundo, lo cual ha hecho posible aumentar la productividad de las empresas y a las personas a realizar cualquier tipo de trabajo desde cualquier parte.

Internet es una red de área extensa (WAN), la cual se apoya de dispositivos de interconexión para permitir que la información que viaja desde un origen determinado pueda llegar a su destino. En la actualidad, una de las opciones que nos da la Internet es la transmisión de datos, voz y video a múltiples destinos en la red (un grupo) desde un origen determinado; para esto nos apoyamos en los protocolos de enrutamiento multicast, los cuales les permiten a los dispositivos de interconexión, específicamente los enrutadores, determinar la mejor ruta de los paquetes desde el origen a los integrantes del grupo.

El enrutamiento es parte fundamental en la transmisión de paquetes en Internet, pues gracias a éste los paquetes pueden viajar de un lugar a otro y llegar a su destino sin necesidad de conocer la ruta exacta por la cual éstos deben viajar.

En este artículo analizaremos el rendimiento de seis protocolos de enrutamiento multicast (DVMRP, MOSPF, PIM-SM, PIM-DM, BGMP, CBT), aplicados a la topología Major MBONE, y estudiaremos, por medio de simulación, el comportamiento de variables como el tamaño de paquetes generados, la cantidad de paquetes descartados, el retardo de paquetes (máximo, mínimo y medio) y la utilización de los canales (2Mb/s y 34Mb/s), en la transmisión de paquetes de voz y video.

2. PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO MULTICAST

Los protocolos de enrutamiento estudiados los podemos clasificar según el modo de operación en dos grupos: protocolos DENSE-MODE y protocolos PARSE-MODE. Los protocolos DENSE-MODE están diseñados para trabajar sobre redes preferiblemente con un ancho de banda amplio y los miembros del grupo están densamente distribuidos a través de la red; un extremo diferente es considerar que los miembros del grupo están ampliamente dispersos a través de la red, lo cual se refiere a un protocolo de enrutamiento SPARSE-MODE.

2.1. DENSE-MODE

Este tipo de protocolo se caracteriza por utilizar inundaciones periódicas y podas para la construcción de los árboles de distribución multicast; a estos arboles se les conoce con el nombre de árboles basados en el origen, y existe uno de ellos por cada origen mediante el algoritmo de Mínimo Árbol de Expansión (*Spanning Tree*). Ver figura 1.

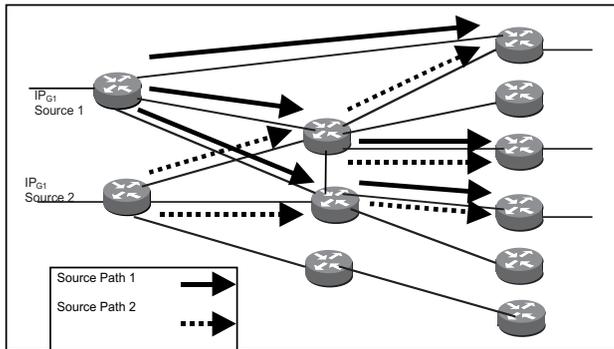


Figura 1. Funcionamiento Dense-Mode

La figura 1 muestra dos árboles TBT (*Truncated Broadcast Tree*), cada uno de ellos para un origen específico, en los cuales se observa que la ruta para llegar al destino varía según el origen de los paquetes.

Además de lo anterior, los protocolos densos muestran un mejor retardo porque existe un árbol por cada origen, pero tienen el inconveniente de consumir mayor memoria en los *routers* porque tienen que registrar en sus tablas todas las rutas existentes a los destinos.

2.2. SPARSE-MODE

Este tipo de protocolo se caracteriza por usar árboles compartidos (llamados puntos de reunión o *Rendezvous point*, RPs), donde los receptores escuchan al *router* origen y mantienen el estado del árbol multicast. Por cada grupo multicast existe un árbol compartido (ver figura 2).

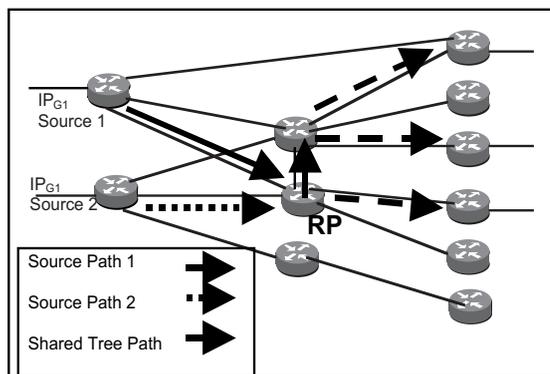


Figura 2. Funcionamiento Sparse-Mode

La figura 2 muestra dos árboles SPT (*Spanning Tree*), cada uno de ellos para un origen específico, donde se observa que la ruta para llegar al destino varía según el grupo multicast.

Además de lo anterior, los protocolos esparcidos muestran un peor retardo, debido a que la existencia de un árbol compartido no nos garantiza la mejor ruta a los destinos, pero presentan una ventaja en el uso de memoria en los *routers*, puesto que sólo tienen que registrar el RP por cada árbol compartido.

Los protocolos de enrutamiento multicast DVMRP (*Distance vector multicast routing protocol*), MOSPF (*Multicast extensions to open shortest path first*) y PIM-DM (*Protocol Independent multicast-Dense-Mode*) se consideran protocolos DENSE-MODE y los protocolos PIM-SM (*Protocol Independent multicast-Sparse-Mode*) y CBT (*Core based trees*) se consideran protocolos SPARSE-MODE.

El protocolo BGMP (*Multicast border gateway protocol*) es un caso especial porque se utiliza para la interconexión de sistemas autónomos.

3. ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO (SIMULACIÓN)

Para realizar el análisis de funcionamiento de los protocolos se realizó una simulación en Arena 5.0, en la cual se simuló la transferencia de paquetes de voz y video en cada uno de los árboles obtenidos aplicando los protocolos estudiados.

Nos basamos en una topología real como lo es el MBONE, con anchos de banda, tamaños de *buffers*, tamaños de paquetes, retardos y otras variables que son utilizadas en la Internet Multicast.

Las variables analizadas en la simulación fueron: tamaño de paquetes generados, número de paquetes descartados, tiempo de retardo (mínimo, medio y máximo), la utilización de los canales, la utilización del *buffer*. Los datos obtenidos para las variables fueron graficados para lograr estudiar su comportamiento.

3.1. Escenario de prueba

Para realizar la simulación de los protocolos se utilizó la topología MBONE o Internet Multicast, la cual comenzó como un servicio experimental del Internet para multicasting. Es una red virtual diseñada para crear una capa de red multicast semi-permanente sobre la Internet (ver figura 3).

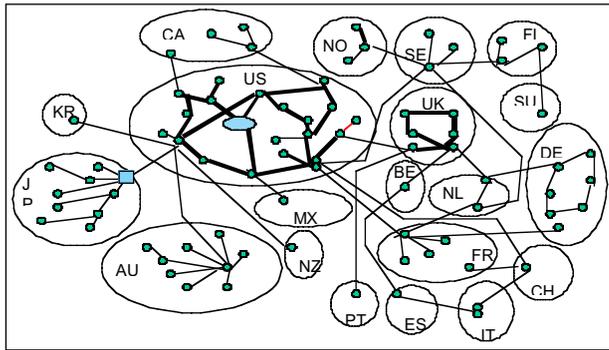


Figura 3. Topología MBONE (*Multicast Backbone*)

3.2. Condiciones de Prueba

Para escoger los valores de prueba nos basamos en datos reales, como es el caso del tamaño de los canales, el *delay* en los enrutadores, el tamaño del *buffer*, etc. Los valores de prueba seleccionados son los siguientes:

- *El tamaño de paquetes generados* está entre **64 bytes** y **1.500 bytes** con una moda de **256 bytes**; el valor de la moda se debe al hecho de que la mayoría de los paquetes transmitidos para Vídeo y Voz tratan de ser de tamaño pequeño, con un valor cercano a los 256 bytes. Para esto se utilizó una distribución de probabilidad triangular, porque desconocemos la distribución real para asignar el tamaño de los paquetes deseados. Se utilizó una moda de 256, porque este valor es el valor promedio de los paquetes de voz y video comprobado de forma teórica y por medio de *sniffers*.
- *Delay en los routers*: es el tiempo que demora un paquete en router cuando es procesado; el valor utilizado fue **0.002 seg**.
- *Tamaño de buffer en los routers*: es el espacio en memoria utilizado para almacenar los paquetes que llegan a él y no pueden ser atendidos de forma inmediata; el valor utilizado fue de **1MB**.
- *Tamaño de los canales*: es la capacidad que tiene el canal para soportar un número de paquetes determinado, que en tamaño equivalgan a su capacidad; los valores seleccionados fueron **2 Mb**, **34Mb** y **100 Mb**.
- *Número de paquetes generados en la unidad de tiempo*: es de **200 paquetes/seg**.

3.3. Resultados

Los resultados que se presentan a continuación muestran el comportamiento de tres de las variables estudiadas: Tamaño de paquetes generados, Delay Medio y Número de paquetes descartados.

3.3.1. *Tamaño de paquetes generados*

La figura 4 muestra los paquete generados, los cuales siguen una distribución triangular con un tamaño mínimo de paquetes de 64 bytes, un tamaño máximo de paquetes de 1.500 bytes y una moda de 256 bytes, que fue lo indicado en el modelo realizado.

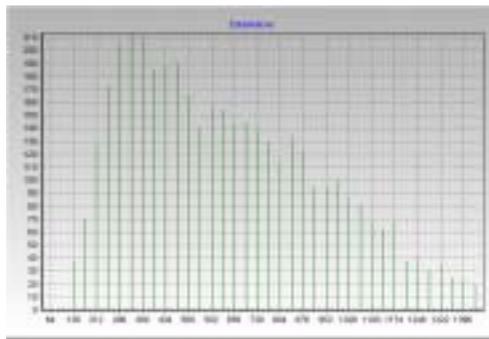


Figura 4. Paquetes generados

3.3.2. *Retardo medio de paquetes*

La figura 5 muestra el comportamiento de la variable Retardo medio de paquetes para los seis protocolos analizados. De la figura podemos sacar la siguiente tabla, la cual muestra las medias obtenidas de las simulaciones ejecutadas.

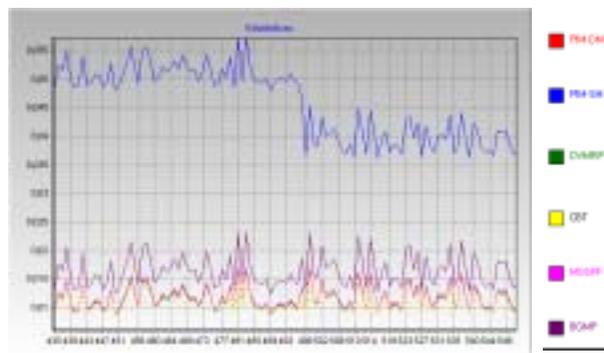


Figura 5. Retardo medio en los paquetes por protocolos

DELAY MEDIO	
Protocolo	Tiempo (seg)
CBT	0.017
PIM-DM	0.018
DVMRP	0.0183
MOSPF	0.019
BGMP	0.023
PIM-SM	0.055

3.3.3. Número de paquetes descartados

La siguiente tabla muestra cómo fue el comportamiento de los seis protocolos para la variable Número de paquetes descartados; en ésta podemos observar los protocolos organizados de mejor a peor comportamiento.

El protocolo BGMP para este tiempo de simulación no descarta paquetes aún, pues necesita aproximadamente de 40 segundos de simulación para que éste comience a descartar paquetes; esto se debe a que el BGMP funciona para sistemas autónomos y esto provoca que el núcleo del árbol sea casi vacío, lo que hace que el enrutamiento en éste sea mínimo, ya que el enrutamiento sólo se hace entre sistemas autónomos.

3.3.4. Pruebas con diferentes tamaños de buffer

También se realizaron pruebas con diferentes tamaños de *buffer*: 250Kb, 500Kb, 750Kb, 1Mb, 1.5Mb y 2Mb. El comportamiento presentado fue el siguiente:

En cuanto al delay medio (se muestran en la siguiente tabla), en sus filas se encuentran los distintos protocolos de enrutamiento multidifusión y en las columnas los distintos valores de *buffer* para los *routers*.

DELAY MEDIO						
	250Kb	500Kb	750Kb	1Mb	1,5Mb	2Mb
BGMP	16,59	16,78	16,73	16,78	16,78	16,78
CBT	11,27	11,48	11,20	11,42	11,31	11,53
PIM-DM	11,49	11,62	11,62	11,62	11,62	11,62
DVMRP	12,06	12,16	12,16	12,16	12,16	12,16
MOSPF	11,83	11,75	12,01	12,03	12,39	12,29
PIM-SM	48,31	48,43	48,43	48,43	48,43	48,43

NÚMERO DE PAQUETES DESCARTADOS	
Protocolo	Nº Paquetes
BGMP	0
CBT	135
MOSPF	135
DVMRP	140
PIM-DM	140

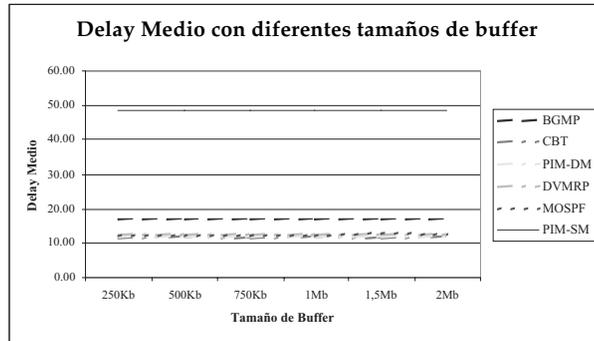


Figura 6. Análisis de Retardo con diferentes tamaños de buffer

En cuanto a los paquetes descartados, el comportamiento fue el siguiente:

PAQUETES DESCARTADOS						
	250Kb	500Kb	750Kb	1Mb	1,5Mb	2Mb
BGMP	0	1	0	0	480	0
CBT	1819	810	487	136	0	560
PIM-DM	1831	833	500	140	0	0
DVMRP	1511	833	500	140	0	0
MOSPF	1819	810	167	136	0	136
PIM-SM	2663	2229	1845	1440	672	0

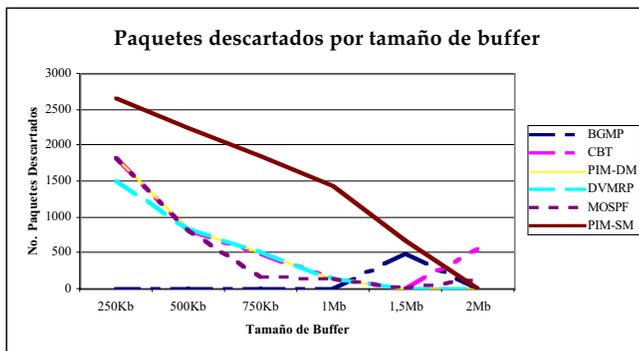


Figura 7. Análisis de Paquetes descartados con diferentes tamaños de buffer

En cuanto a protocolos, el que mostró el mejor comportamiento fue el BGMP; aun así, este protocolo es diferente de los demás debido a que su objetivo consiste en trabajar en la interconexión de distintos sistemas autónomos, y por lo tanto no formaría parte de una solución en la parte interna de un sistema autónomo.

Analizando el resto de los protocolos que sí formarían parte de un sistema autónomo, se tiene que los protocolos que en las variables Retardo medio y Número de paquetes descartados presentan un mejor comportamiento son el CBT y el PIM-DM. Esto se debe a que el CBT crea un árbol compartido bidireccional en forma óptima; pero el problema de este protocolo consiste en que únicamente se encuentra definido en forma teórica y no ha sido implementado debido a su complejidad; en cambio, el PIDM es un protocolo que mostró un buen rendimiento y el cual funciona a través de mínimos árboles de recubrimiento pero de mejor forma que el DVMRP, ya que el PIM-DM utiliza otras métricas como retardo, ancho de banda, entre otras, en vez de número de saltos que realiza el DVMRP. En el caso de MOSPF, este protocolo muestra un buen retardo en la transmisión de paquetes, pero es menos eficiente que el CBT y el PIM-DM.

4. CONFIGURACIÓN DE PROTOCOLOS PIM-DM Y PIM-SM EN ENRUTADORES CISCO

4.1. Topología utilizada

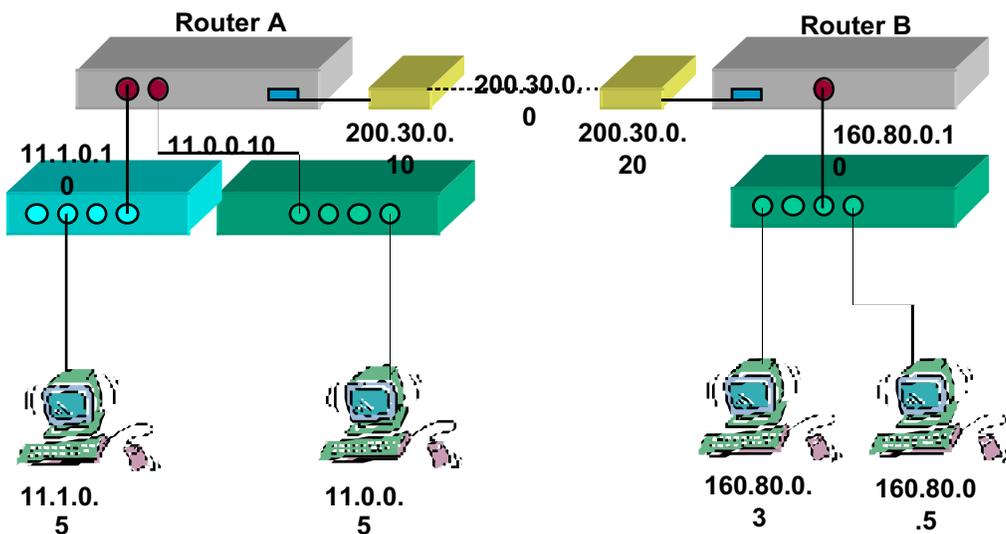


Figura 8. Configuración prueba PIM-DM y PIM-SM

4.2. Configuración PIM-DM

ROUTER A	ROUTER B
Ip multicasting-routing	Ip multicasting-routing
Interface ethernet 0/0	Interface ethernet 0/0
Ip address 11.0.0.10 255.255.0.0	Ip address 160.80.0.10 255.255.0.0
Ip pim dense mode	Ip pim dense mode
Interface ethernet 0/1	Interface serial 0/0
Ip address 11.1.0.10 255.255.0.0	Ip address 200.30.0.20 255.255.255.0
Ip pim dense mode	Ip pim dense mode
Interface serial 0/0	
Ip address 200.30.0.10 255.255.255.0	
Ip pim dense mode	

4.3. Configuración PIM-SM

ROUTER A	ROUTER B
Ip multicasting-routing	Ip multicasting-routing
Interface ethernet 0/0	Ip pim rp-address 200.30.0.10
Ip address 11.0.0.10 255.255.0.0	Interface ethernet 0/0
Ip pim sparse mode	Ip address 160.80.0.10 255.255.0.0
Interface ethernet 0/1	Ip pim dense mode
Ip address 11.1.0.10 255.255.0.0	Interface serial 0/0
Ip pim sparse mode	Ip address 200.30.0.20 255.255.255.0
	Ip pim dense mode
Interface serial 0/0	
Ip address 200.30.0.10 255.255.255.0	
Ip pim sparse mode	

CONCLUSIONES

Del análisis anterior podemos concluir que el protocolo que presentó un mejor rendimiento en las variables analizadas fue el CBT. Cabe anotar que este protocolo no es de uso comercial; sólo se encuentra especificado teóricamente en la actualidad.

Se pudo observar que los protocolos DVMRP y PIM-DM presentan un comportamiento muy similar. Esto se debe a que usan los mismos mecanismos para llegar al árbol de camino, es decir, se basan en una inundación inicial y luego en la poda del árbol.

También se observó que el PIM-SM presentó un mal rendimiento frente a los demás protocolos. Consideramos que esto se debe a que utilizar un árbol compartido no nos garantiza la mejor ruta para llegar a los destinos.

Cabe reafirmar que los protocolos que trabajan en modo denso, los enrutadores consumen mucha más memoria que los que trabajan en modo esparcido. Esto se debe a que cada enrutador registra una ruta para llegar a cada *router* vecino, lo que no sucede en los esparcidos, ya que éstos sólo registran el RP del grupo multicast.

Referencias

- KOSIUR, Dave. *IP Multicasting: The Complete Guide to Interactive Corporate Networks*. Wiley Computer Publishing. April 21, 1998. 368 p.
- BALLARDIE, A. «Core Based Trees (CBT) Multicast Routing Architecture», RFC 2201. Septiembre, 1997.
- PUSATERI, T. «Distance Vector Multicast Routing Protocol», RFC 1075. Agosto, 2000.
- MOY. «Multicast Extensions to OSPF», RFC 1584. Marzo, 1994.
- THALER, D., ESTRIN, D. y MEYER, D. «Border Gateway Multicast Protocol (BGMP)», RFC 2026. Marzo, 2000.
- <http://www.cisco.com>: DVMRP. Módulo 8. Cisco Systems Inc. Octubre, 2001.
- <http://www.cisco.com>: MOSPF. Módulo 1. Cisco Systems Inc. Noviembre, 2001.
- <http://www.cisco.com>: PIM Multicast Routing. Session 2215. Cisco Systems, Inc. Noviembre, 2001.
- <http://www.cse.iitk.ac.in/research/mtech1997/9711105/node15.html>: Core Based Trees (CBT). Diciembre, 2001.
- <http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/jon/mmbook/book/node78.html>: Core-Based Trees. Diciembre, 2001.