

Estudio de los protocolos de enrutamiento multicast soportados por el IOS de Cisco sobre MPLS aplicado a la provisión del servicio de IPTV

Miguel Angel Barriga Yumiguano
Facultad de Informática y Electrónica
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Riobamba, Ecuador.
mbarriga@espech.edu.ec

Juan José Viscaíno Gavilanes
Facultad de Informática y Electrónica
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Riobamba, Ecuador.
jviscaino@espech.edu.ec

Abstract— Nowadays the use of multicast in wide area networks is essential for the development of multimedia applications such as IPTV. In this research, it performed an analysis and evaluation of the operation and performance of IP multicasting routing protocols supported by Cisco IOS C2800NM-ADVIPSERVICESK9-M, Version 12.4(15)T1, where it is determined which protocol provides the best conditions for multicasting, based on a study case, which consist on the implementation of IPTV service over MPLS Core platform. Soon, this service will be implemented by first time in Ecuador on the MPLS network of “Telecommunication National Corporation (CNT)” so this research will contribute with a solid study, which will facilitate the multicasting delivery on their network, in specific the IPTV service.

Keywords— *Multicast, MPLS, IPTV, Cisco.*

Resumen— Hoy en día el uso de multidifusión en redes de área amplia es esencial para el desarrollo de aplicaciones multimedia como lo es IPTV. En esta investigación, se realizó el análisis y evaluación del funcionamiento y rendimiento de los protocolos de enrutamiento IP multicast soportados por el IOS de Cisco C2800NM-ADVIPSERVICESK9-M, Versión 12.4(15)T1, donde se determinó cual provee las mejores condiciones para la multidifusión basado en un caso de estudio enfocándose en la implementación del servicio de IPTV sobre una plataforma con un core MPLS, tomando en cuenta que en un futuro cercano este servicio será implementado por primera vez en Ecuador en la red de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, contribuyendo de esta manera con un estudio solido que facilitará la implementación de multidifusión en su red, específicamente para la provisión del servicio de IPTV.

Palabras Clave— *Multicast, MPLS, IPTV, Cisco.*

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día algunas aplicaciones requieren datos para ser entregados desde un emisor a múltiples receptores. Ejemplos de tales aplicaciones incluyen transmisiones de audio y video, entrega en tiempo real de cotizaciones de bolsa, y aplicaciones de teleconferencia. Un servicio en el que se entregan los datos desde un emisor a varios receptores se llama comunicación

multipunto o de multidifusión, y las aplicaciones que implican un servicio de entrega de multidifusión se denominan aplicaciones de multidifusión.

En un estudio acerca del “Control de admisión multicast” realizado en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de la ciudad de Bogotá [1], se dice que a nivel de Latinoamérica no se han dado muchos cambios en el ámbito de IP multicast en estos últimos años, pero existe un gran interés en esta tecnología debido al deseo de las compañías telefónicas tradicionales para ofrecer entretenimiento mediante servicios de video sobre sus redes, usando infraestructuras de siguiente generación, como es en el caso de Ecuador que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones tiene pensado implementar en su infraestructura MPLS IP el servicio de IPTV, además las empresas de telefonía celular aprovechan esta tecnología para ofrecer streaming de vídeo a los teléfonos portátiles y asistentes digitales personales (PDA).

Recientemente, se ha incrementado el interés en los protocolos de enrutamiento multicast debido a las nuevas aplicaciones punto a multipunto en redes de datos, como transmisiones de radio y TV, video bajo demanda, teleconferencias y aprendizaje a distancia, etc.

Se encontró que los medios y las empresas de telecomunicaciones se están enfocando en la necesidad de maximizar la transmisión de la información, dando énfasis en las técnicas y procedimientos para transmitirla en el menor tiempo posible, con el menor uso de recursos y que esté al alcance de la población en tiempo real. Sin embargo no se han lanzado a la implementación estrictamente de la tecnología de IPTV multicasting [2].

En el presente artículo se detalla en primera instancia aspectos principales de IP Multicast, conceptos básicos de los protocolos de enrutamiento multicast PIM SM, PIM DM, PIM SM-DM y la arquitectura fundamental de IPTV. Finalmente se desarrolla una evaluación experimental de donde se concluye cual es el protocolo de enrutamiento multicast más adecuado para la provisión de un servicio óptimo de IPTV.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

En los laboratorios de la academia Cisco de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se implementó un prototipo de pruebas que ayudó a determinar cuál es el protocolo multicast soportado por el IOS de Cisco más adecuado para la provisión de un servicio óptimo de IPTV, este contó con los siguientes elementos:

- 5 Routers Cisco Catalyst 2811. (IOS C2800NM-ADVIPSERVICESK9-M, versión 12.4(15)T1)
- 4 Switches Cisco Catalyst 2960 (C2960-LANBASE-M, versión 12.2(25)FX)
- 1 Servidor de Streaming VLC. (VLC 2.0.7)
- 5 PC clientes.
- 1 Set-top Box MAG 250
- 1 TV
- Version demo del software feStream IPTV Expert Analyzer. (v.2012)

La elección del software para el análisis de las variables de calidad de IPTV se lo realizó luego de una comparación técnica de datasheets de diferentes softwares especializados en las mediciones de variables de IPTV. El programa feStream es el que brindaba estadísticas más completas para el transporte de video stream, por lo que fue el seleccionado para realizar las diversas mediciones.

La figura 1 muestra el escenario usado para realizar las pruebas de los protocolos de enrutamiento multicast soportados por el IOS de Cisco C2800NM-ADVIPSERVICESK9-M, versión 12.4(15)T1, el diseño de la misma se estableció de manera que permita apreciar los beneficios del uso de la tecnología multicast para la provisión del servicio de IPTV.

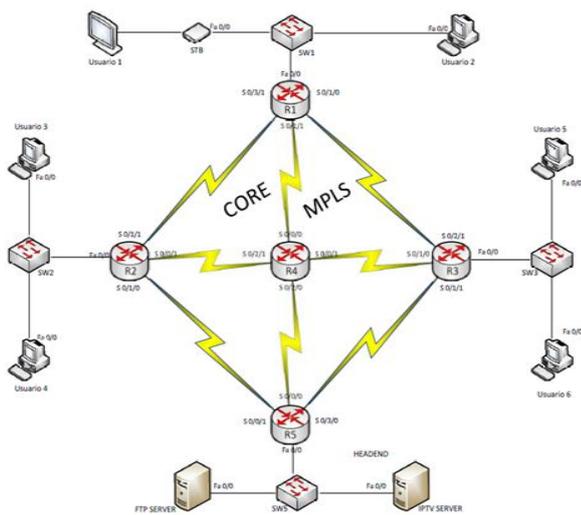


Fig. 1 Escenario de Pruebas.

Las conexiones del CORE MPLS se las realizaron mediante enlaces full-dúplex seriales síncronos V.32, por lo que el ancho de banda en estas interfaces fue de máximo de 8 Mbps, permitiendo la transmisión simultánea de hasta dos canales con definición estándar.

Las pruebas se las realizaron con equipos Cisco, marca escogida mediante estudios previos por la CNT para la implementación de su CORE MPLS. El análisis de estos estudios se encuentran detallados en documentos de trabajo internos de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Para la ejecución de las pruebas se usaron dos videos que simulaban canales de televisión, en la tabla 1 se puede observar sus características.

Tabla 1 Características videos IPTV.

N	Video	Duración	Resolución	Tamaño del video
1	BBC News	0:13:34	720x576	310 MB
2	Película	1:32:12	640x480	859 MB

La investigación se la realizó mediante el método inductivo, primeramente se basó en la observación del funcionamiento de cada protocolo y el registro de las mediciones que mostró el probador, luego se hizo el análisis y clasificación de los datos obtenidos para finalmente llegar a una conclusión del estudio.

Las especificaciones de las pruebas realizadas por cada protocolo son las siguientes:

Primero – Transmisión de dos canales simultáneos por la dirección 224.2.2.2 con el puerto 5001 y 5004, usando el video de 13 minutos.

Segundo – Transmisión de dos canales simultáneos por la dirección 224.2.2.2 con el puerto 5001 y 5004, usando el video de 13 minutos, además se cuenta con la transferencia de un archivo de 2GB mediante FTP por la red, para simular el tráfico de datos.

Tercero – Transmisión de dos canales simultáneos por la dirección 224.2.2.2 con el puerto 5001 y 5004, usando el video de 1 hora 32 minutos

Cuarto – Transmisión de dos canales simultáneos por la dirección 224.2.2.2 con el puerto 5001 y 5004, usando el video de 13 minutos, además se cuenta con la transferencia de un archivo de 2GB mediante FTP por la red, para simular el tráfico de datos.

Las variables que se analizaron en cada escenario son las comúnmente usadas para la medición de la calidad en la industria de IPTV [3] y estas son:

Video/Audio MOS – métrica que mide la calidad perceptual del streaming de video, donde 1 es una calidad pobre y 5 una excelente calidad.

Max PCR jitter – la variación del retardo presente en la transmisión de los streams de IPTV, medida en milisegundos.

Video packet loss rate – el porcentaje de paquetes de IPTV perdidos o descartados.

Todas las pruebas se realizaron por 20 veces con cada protocolo ya que es el número mínimo de muestras que el método estadístico “diseño factorial mixto 2x3” establece para realizar un análisis con un alto nivel de confiabilidad. [4]

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de haber realizado las pruebas por 20 veces con cada protocolo, con el probador feStream IPTV Expert Analyzer, se pueden observar los resultados promedio para el protocolo PIM SM en la tabla 2.

Tabla 2 Resultado PIM SM

N° Exp.	PIM SM		
	Métricas		
	MOS Audio/Video	PCR Jitter [ms]	Video Packet Loss [%]
1	4,10	3,96	0,00
2	4,04	4,44	1,81
3	3,72	27,38	0,99
4	3,67	25,13	3,55
Promedios	3,883	15,228	1,588

Los resultados promedio para el protocolo PIM DM se observan en la tabla 3.

Tabla 3 Resultado PIM DM

No Exp.	PIM DM		
	Métricas		
	MOS Audio/Video	PCR Jitter [ms]	Video Packet Loss [%]
1	4,09	3,56	0,00
2	4,07	3,75	1,64
3	3,64	27,00	0,74
4	3,97	24,13	5,14
Promedios	3,943	14,61	1,88

Los resultados promedio para el protocolo PIM SM-DM se observan en la tabla 4.

Tabla 4 Resultado PIM SM-DM

N° Exp.	PIM SM-DM		
	Métricas		
	MOS Audio/Video	PCR Jitter [ms]	Video Packet Loss [%]
1	4,09	3,63	0,00
2	4,07	3,50	1,80
3	3,72	27,06	0,86
4	3,97	25,44	5,05
Promedios	3,963	14,91	1,928

Para el análisis estadístico de los resultados se diseñaron tres experimentos, uno por cada protocolo. Las características del experimento fueron las siguientes:

Descripción del Experimento – Conocer si el realizar una transmisión de IPTV junto con carga adicional como tráfico FTP y el tipo de protocolo de enrutamiento multicast, influye en las métricas de estudio.

Factores – Para los experimentos se consideró dos factores que son:

- Protocolos
PIM DM
PIM SM
PIM SM-DM

- Cantidad De Tráfico En La Red (Carga)

Solo IPTV

IPTV y FTP

Variable Respuesta – Métrica del Experimento**Individuo** – Streaming de IPTV.**Unidad Experimental** – Depende de la métrica del experimento.**Hipótesis** – las hipótesis que se plantearon son las siguientes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_1: \text{No todas las } \mu_1 \text{ son iguales.}$$

$$H_0: \text{Hipótesis Nula}$$

$$\mu: \text{Media de la variable en estudio.}$$

$$H_1: \text{Hipótesis Alternativa}$$

Debido a que se dispone de dos factores, el uno con tres niveles y el otro con dos, el método estadístico que se implementó fue el “Diseño factorial mixto 2x3” [4].

Al ser un proyecto de investigación el análisis fue realizado a un nivel de significancia de 0,05 con el software estadístico Minitab v.16 en donde la matriz de datos fue ingresada para obtener los resultados de los tres experimentos.

Experimento 1

Este experimento fue enfocado al estudio de la variable “Calidad de Audio y Video MOS” que es una métrica perceptual que nos permite saber con exactitud lo que se espera que el suscriptor pueda ver.

Luego de haber analizado la tabla anova obtenida en este experimento se concluye que:

- Existe un efecto de los protocolos de enrutamiento multicast sobre la calidad de audio y video MOS.
- Existe un efecto de la cantidad de tráfico que se maneje en la red sobre la calidad de audio y video MOS.
- Existe un efecto de interacción entre el tipo de protocolo de enrutamiento multicast y la cantidad de tráfico que existe en la red.

El método de comparación de medias LSD arrojó a los protocolos PIM DM y PIM SM-DM como los ganadores estadísticamente en el experimento 1, pero se determinó que el protocolo PIM SM-DM es el ganador en términos estadísticos al brindar una mejor calidad que PIM DM en el escenario sin tráfico adicional.

Experimento 2

Este experimento fue enfocado al estudio de la variable “Max PCR jitter (ms)” que es una métrica que nos mostrará un valor en milisegundos, representando el tiempo de la variación del retardo en la que se recibe la señal de sincronización PCR

desde el encoder, para una correcta reproducción del audio y video.

Luego de haber analizado la tabla anova obtenida en este experimento se concluye que:

- No existe un efecto de los protocolos de enrutamiento multicast sobre el Max PCR jitter.
- No existe un efecto de la cantidad de tráfico que se maneje en la red sobre el Max PCR jitter.
- No existe un efecto de interacción entre el tipo de protocolo de enrutamiento multicast y la cantidad de tráfico que existe en la red en el Max PCR jitter.

En este experimento no se puede determinar un protocolo multicast ganador en términos estadísticos ya que como resultado se obtuvo que este factor no incide en el Max PCR jitter. Así que si se considera este aspecto se puede implementar ya sea PIM SM, PIM DM o PIM SM-DM.

Experimento 3

Este experimento fue enfocado al estudio de la variable "Porcentaje de paquetes perdidos" que es una métrica que nos permite saber cuánto del streaming se está recibiendo en el cliente de IPTV.

Luego de haber analizado la tabla anova obtenida en este experimento se concluye que:

- No existe un efecto de los protocolos de enrutamiento multicast sobre el porcentaje de paquetes perdidos.
- No existe un efecto de la cantidad de tráfico que se maneje en la red sobre el porcentaje de paquetes perdidos.
- No existe un efecto de interacción entre el tipo de protocolo de enrutamiento multicast y la cantidad de tráfico que existe en la red en los Paquetes Perdidos.

El método de comparación de medias LSD nos arroja a los protocolos PIM DM y PIM SM-DM como los ganadores estadísticamente en el experimento 3, pero esto se refiere a que los dos protocolos son los que más pérdidas de paquetes presentan en una red con carga adicional por lo que podemos determinar que el protocolo PIM SM es el que menos pérdidas de paquetes tendría en la transmisión, aunque cabe recalcar que en entornos sin carga los tres protocolos tienen un comportamiento similar.

Luego de haber evaluado los tres experimentos realizados se pudo determinar que cuando se desee implementar multicast en un core MPLS:

- Si se tiene como prioridad la calidad de audio y video MOS, como por ejemplo en entornos de transmisión de streams de audio y video, IPTV o videoconferencias el protocolo que se recomendaría implementar es el PIM SM-DM.
- Si se tienen como prioridad el Max PCR jitter, como por ejemplo en casos que se requiera el uso de multicast con VoIP, se puede implementar cualquiera de los tres protocolos.

- Si se tiene como prioridad la pérdida de paquetes, como por ejemplo en entornos de entrega de datos bancarios a un grupo multicast, el protocolo que se recomendaría implementar es el PIM SM.

En una red de IPTV lo que el proveedor tiene como prioridad es que la calidad del streaming a la vista del usuario sea la mejor, por lo que comprobando la hipótesis de esta investigación se dice que: "El estudio de los protocolos de enrutamiento multicast soportado por el IOS de Cisco sobre MPLS permitió determinar que el protocolo más adecuado para la provisión del servicio de IPTV es el protocolo PIM SM-DM."

IV. CONCLUSIONES

Después de haber realizado el presente estudio y con la comprobación positiva de la hipótesis se llega a la conclusión de que mediante la implementación de un prototipo de pruebas de un core MPLS multicast que provee el servicio de IPTV en la Academia Local de Redes Cisco-ESPOCH, se pudo determinar que el protocolo más adecuado para la prestación de este servicio es el PIM SM-DM.

Gracias al uso de protocolos de enrutamiento Multicast el consumo de ancho de banda en una red es equivalente al de un único usuario, independientemente de si se conectan a la transmisión cinco, mil o el número que sea de receptores simultáneamente. Esta eficiencia se consigue con instrucciones de la capa 3 del modelo OSI que convierte a cada computadora de un grupo determinado en destinataria de los paquetes de datos Multicast que viajan a lo largo de la red.

En una red de IPTV se tiene como prioridad la calidad de audio y video MOS, por lo que el protocolo que se debería implementar es el PIM SM-DM. Si la prioridad en la transmisión multicast es el Max PCR jitter se puede implementar cualquiera de los tres protocolos, o si lo esencial es tener la menor pérdida de paquetes, el protocolo que se recomendaría implementar es el PIM SM.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos por el apoyo brindado en el transcurso de esta investigación a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Academia Local de Redes Cisco-ESPOCH y sus docentes.

REFERENCIAS

- [1] González J, Hernández C, López D. (2011) Control de admisión multicast.
- [2] Minoli D, (2008) IP Multicast with Applications to IPTV and Mobile DVB-H. EEUU.
- [3] Alliance for Telecommunications Industry Solutions. (2007) QoS Metrics For Linear Broadcast IPTV.
- [4] Gutiérrez Pulido H. (2012) Análisis y diseño de experimentos. 2 ed. México.