

# INGENIERÍA DE TRÁFICO EN REDES DE CONMUTACIÓN DE ETIQUETAS

## TRAFFIC ENGINEERING LABEL SWITCHED NETWORKS

DANILO ALFONSO LÓPEZ SARMIENTO<sup>1</sup>  
NANCY YANETH GELVEZ GARCÍA<sup>2</sup>

RECIBIDO: MARZO 2009

APROBADO: JULIO 2009

### RESUMEN

El proceso de distribuir sobre toda la topología de una red el tráfico circundante de información con el fin de evitar congestiones en enlaces saturados es objeto de investigación de la ingeniería de tráfico. El presente artículo describe la aplicación de la ingeniería de tráfico en redes IP mediante la distribución de tráfico, de acuerdo con la disponibilidad de los recursos, el tráfico actual y el tráfico esperado. Se estudia y simula el comportamiento de la conmutación de etiquetas junto con RSVP-TE.

### *Palabras clave*

IP, nodos, conmutación de etiquetas multiprotocolo, PLS, ER-LSP, TE, RSVP.

### *Key words*

IP, Nodes, Multiprotocol Label Switching, PLS, ER-LSP, TE, RSVP.

### *Abstract*

The process of distributing, on the whole network topology, the traffic in information in order to avoid congestion in saturated link, is under investigation by the Traffic Engineering. This article describes the application of traffic engineering in IP networks, by distributing traffic according to the availability of resources, the existing traffic and the traffic expected. We study and simulate the conduct of MPLS with RSVP-TE for apply Traffic Engineering in network IP.

### 1. INTRODUCCIÓN

La conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS) aparece a finales de los años noventa como una tecnología capaz de optimizar el desempeño de las redes basadas en IP [2]. Sin embargo, en la actualidad se está enfocando su estudio hacia el desarrollo de aplicaciones para garantizar ingeniería de tráfico, redes privadas

---

1 M. Sc. en Teleinformática. Ing. Electrónico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. Correo: Ingeniero24@hotmail.com.

2 Ing. Electrónica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. Correo: nayagg@gmail.com

virtuales y calidad de servicio (QoS) [9]. El presente artículo busca demostrar que, aplicando ingeniería de tráfico, se puede mejorar la utilización de la red mediante la distribución de tráfico en ella, de acuerdo con la disponibilidad de recursos, el tráfico actual y el tráfico esperado. Como resultado, se garantizará la reducción de la congestión para cualquier enlace existente en la nube. Este control que ofrece el TE le permite al ISP reservar rutas (forzadas) para determinadas clases de servicio o clientes.

## 2. INGENIERÍA DE TRÁFICO

La ingeniería de tráfico se puede definir como el proceso de distribuir sobre toda la topología de la red el tráfico circundante, con el fin de evitar congestiones y enlaces saturados. La mejora de la utilización de la red no implica necesariamente que se obtenga el mejor camino para toda la red, pero sí el mejor camino para un determinado tipo de tráfico.

Según la RFC 2702 “MPLS Traffic Engineering”, la ingeniería de tráfico en MPLS debe enfocarse a la optimización de la *performance* (rendimiento) de una red e involucra tareas como medición del tráfico, evaluación del rendimiento, control del flujo en el *Backbone*. Entre los objetivos primordiales se encuentran:

- Reenrutar el tráfico del camino establecido por el IGP (Interior Gateway Protocol) a una ruta menos congestionada, en caso de estar saturada la red.
- Maximizar la utilización de los recursos existentes en la red (enlaces, nodos, colas).
- Garantizar la confiabilidad de la transmisión, en caso de fallos inesperados.

- Establecer criterios para garantizar la preferencia de ciertos caminos que puedan ser o no obligatorios.

- Garantizar los recursos impuestos por el usuario antes del envío de la información [4].

Entre de las acciones que se necesita controlar para aplicar la TE están:

- Modificación de los parámetros de gestión de tráfico.

- Cambio de los parámetros asociados al enrutamiento, es decir, optimización de la transmisión, enviando los flujos por enlaces que, entre otros beneficios, garanticen retardos mínimos en los enlaces y la calidad del servicio.

- Variación de los atributos asociados con los recursos existentes en la red (asignación de acuerdo con la prioridad del tráfico) [8].

## 3. RUTEO EXPLÍCITO

MPLS permite aplicar ingeniería de tráfico a través del ruteo explícito. Una ruta explícita consiste en una secuencia de nodos (LSR) entre un enrutador LER de entrada a una red y un LER de salida que se definen y establecen desde un nodo frontera [6]. Si el LER de ingreso quiere establecer una ruta que no sigue el camino que toma por defecto el protocolo de ruteo IP, debe utilizar un protocolo de distribución de etiquetas que soporte la definición de rutas explícitas como RSVP. Esto lleva al concepto de CBR (ruteo basado en restricciones), donde la ruta LSP puede ser restringida por la capacidad de los recursos y por la capacidad de los nodos de cumplir con los requerimientos de calidad de servicio.

Para el cálculo de las rutas se puede utilizar uno de los siguientes métodos:

- Calcular en el LER de ingreso la ruta extremo a extremo, basándose en información sobre el estado actual de la red.
- Calcular la ruta salto a salto a través de los LSR, teniendo en cuenta la información suministrada por las tablas de enrutamiento sobre la disponibilidad existente.

En MPLS la transmisión ocurre a través de caminos (LSP), que son establecidos de extremo a extremo según los requerimientos del tráfico. Existen dos formas de establecer estas rutas:

- Antes de la transmisión de datos (*Control Driven*).
- Una vez detectado un cierto flujo de datos (*Data Driven*).

Además de encontrar el camino más adecuado, es necesario hacer la reserva de los recursos para satisfacer el servicio requerido. Esto se logra haciendo uso del ruteo explícito a través de la utilización del protocolo de señalización TE-RSVP (protocolo de reservación de recursos con ingeniería de tráfico) que utiliza datagramas IP para la comunicación entre los LSR.

#### 4. SIMULACIONES Y ANÁLISIS DE EVENTOS

La conmutación de etiquetas multiprotocolo, junto con el protocolo de señalización de reservación de recursos, permiten aplicar ingeniería de tráfico. Enseguida se demostrará la validez de MPLS y RSVP-TE para aplicar ingeniería de tráfico.

Para el desarrollo de las diferentes simulaciones se ha hecho uso del simulador de eventos discretos NS\_2 [3]. La Figura 1 muestra un posi-

ble escenario compuesto por cuatro generadores de tráfico (0, 14, 15, 16), once LSR (1-8, 11-13) y cuatro receptores (10, 9, 17, 18), en el que se demuestra el establecimiento de caminos con restricciones.

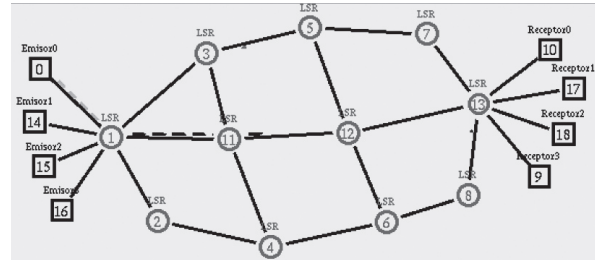


Figura 1. Topología a simular.

Inicialmente, cada una de las fuentes genera datos a una tasa de 700 Kbps. El tipo de tráfico, la relación existente entre cada transmisor y receptor aparecen en la Tabla 1.

Tipo de tráfico	Color de distinción	Emisor	Receptor
Video	Naranja	Nodo 0	Nodo 10
Datos	Morado	Nodo 14	Nodo 17
Audio	Azul	Nodo 15	Nodo 18
Exponencial	Negro	Nodo 16	Nodo 9

Tabla 1. Relación entrenados emisores y receptores.

El establecimiento de un ER\_LSP usando RSVP-TE, también se ve en la Figura 1. El LER de entrada (LSR 1) determina la necesidad de establecer un nuevo camino hacia el LER de salida (LSR 13), y los parámetros de tráfico para la sesión habilitan al LSR 1 para que determine la mejor ruta, así que el LSR 1 genera y envía un mensaje PATH con la ruta restringida (1, 11-13) y los parámetros de tráfico que requiere la sesión hacia el LSR 13 sobre una sesión, con el protocolo UDP. LSR 11 recibe el mensaje PATH, determi-

na que no es el LSR de salida para el LSP y envía el pedido hacia el siguiente LSR, hasta llegar al LSR de salida. El LSR 13 se constituye como enrutador de salida para el nuevo LSP, ejecuta una negociación final sobre los recursos, hace la respectiva reservación para el LSP, asigna una nueva etiqueta para el nuevo LSP y devuelve un mensaje RESV, que distribuirá la etiqueta que ha elegido, el cual contiene detalles de los parámetros del tráfico final reservados para el LSP. El LSR 12 recibe el mensaje RESV y lo une al pedido original (mensaje PATH), reserva los recursos que indica el RESV, asigna una etiqueta para el LSP, actualiza la tabla de enrutamiento y envía la etiqueta hacia el enrutador 11 en otro mensaje RESV. Esta rutina se repite hasta que llega al LSR de ingreso. Cuando el LSR 1 recibe la etiqueta envía un mensaje de confirmación RESVConf para indicar que se ha establecido el camino y comienza la transmisión.

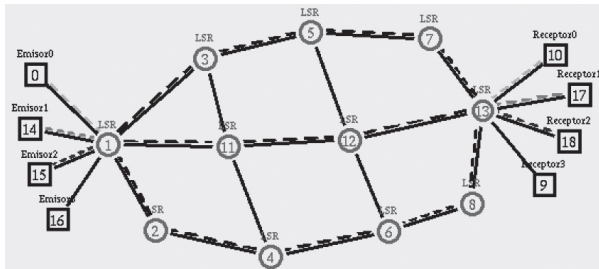


Figura 2. Tráfico circundante en la red.

De la anterior figura se puede concluir que solo tres de los cuatro flujos están transmitiendo, debido a que al cuarto no se le pudo garantizar la petición. Para la visualización de lo que sucede en la red, se utilizan herramientas como NAM, y si se requiere un análisis más estricto de lo que sucede en cada instante de tiempo, se hace uso del XGRAPH, donde se aprecian los anchos de banda utilizados por el tráfico de video, datos y audio, el cual es relativamente constante.

## 5. CONCLUSIONES

En ausencia de ingeniería de tráfico, el flujo IP sigue el camino más corto, ignorando rutas alternativas con mejores prestaciones a través de la red. Esto conduce al congestionamiento en enlaces fuertemente cargados, mientras que otros enlaces permanecen subutilizados. Una red con ingeniería de tráfico basada en MPLS tendrá los enlaces igualmente cargados, lo que da como resultado una red con mayor robustez contra los picos de tráfico y unas mayores prestaciones globales.

## REFERENCIAS

- [1] A. Behrouz. *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*, 2 ed. McGraw-Hill, 2002.
- [2] B. Jamoussi, et ál. "Multiprotocolo Label Switching Architecture". *IETF RFC*, 3031 (enero de 2001).
- [3] NS-2, "The Network Simulator". Disponible en: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [4] E. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon. "Multiprotocol Label Switching Architecture". *RFC*, 3031 (enero de 2001).
- [5] Manual MNS, version 2. Disponible en: <http://flower.ce.cnu.ac.kr/~fog1/mns/mns2.0/manual.htm>
- [6] Ash J., et ál.. "LSP Modification Using CR-LDP". *RFC* 3214 (enero de 2002).
- [7] I. Pepelnjak, and J. Guichard. *MPLS and VPN Architectures*, vol. 1. Cisco Systems, 2001.

- [8] Black Uyles. *MPLS and Label Switching Networks*, 2 ed. Prentice Hall, 2002.
- [9] Stephen A. Thomas . *IP Switching and Routing Essentials: Understanding RIP, OSPF, BGP, MPLS, CR-LDP and RSVP-TC*. Wiley, 2001.