

PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN CR-LDP EN LA ARQUITECTURA MPLS Y UN ANÁLISIS CON SIMULACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO Y PRIORIDAD DE RECURSOS

Ing. Rafael Bustamante Alvarez
rbustamantea@unmsm.edu.pe

*Profesor de la Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima - Perú*

RESUMEN: En este artículo se presenta la simulación del tráfico de datos en una red Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas (MPLS) en donde se toma en cuenta la Calidad de Servicio (QoS) y la Prioridad de Recursos utilizando como señalización el Protocolo de Distribución de Etiquetas con Encaminamiento Restringido (CR-LDP).

ABSTRACT: In this paper the simulation of the traffic of data is presented in a net called Multiprotocol Label Switching (MPLS), where is considered the Quality of Service (QoS) and the Priority of Resources using as signaling the Constraint Routing – Label Distribution Protocol (CR-LDP).

PALABRAS CLAVES: CR-LDP, MPLS, LDP, LSR, LSP, LER, QoS, FEC

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento permanente de la Internet y la búsqueda de una mayor calidad de servicio QoS (Quality of Service) ha permitido el desarrollo de nuevas arquitecturas. Es así como en [Rosen, 2001] se define una arquitectura denominada *Multiprotocol Label Switching* o MPLS, fundamental en la construcción de los cimientos para la Internet actual

y de la siguiente generación, donde los paquetes en lugar de ser encaminados por la capa 3 (capa de red) son conmutados por la capa 2 (capa de Enlace). Para hacer esto posible a cada paquete que ingresa a la red MPLS se le asocia una etiqueta (label) de 20 bits independiente de la capa 2, asignando de esta manera un particular FEC (Forwarding Equivalence Class) que identifica a un grupo de paquetes IP que viajan por un mismo camino y los cuales son tratados de la misma manera. Esta asignación es realizada por el nodo de ingreso LER (Label Edge Router) de la red MPLS, sólo se analiza el valor de la etiqueta de cada paquete para luego asignar el camino siguiente hacia su destino final.

Esto significa que cada etiqueta tiene sólo un significado local. Es decir, cada LSR (Nodo en la Red MPLS) analiza el valor de la etiqueta y asigna un nuevo camino y un distinto valor de etiqueta. Este proceso es conocido como label swap o intercambio de etiquetas. Es decir, cada ruta o camino (conocido como LSP) está constituido por nodos MPLS (Routers) en donde se realiza el intercambio de etiquetas. Cada nodo MPLS cumplen dos funciones: control de información y envío de paquetes.

El envío de paquetes consiste en la asignación e intercambio de paquetes, de la manera como fue expuesta, que permite el establecimiento de caminos

LSP a través de la red. El control de la información tiene que ver con dos aspectos fundamentales, uno es el relativo a la manera en que se generan las tablas de envío que establecen los LSPs y el otro se refiere a la distribución de la información sobre las etiquetas de los LSRs.

El primer aspecto está asociada con la información que se tiene sobre la red; como son: topología, patrón de tráfico, característica de los enlaces, etc. Es la información típica de los algoritmos de encaminamiento. La red MPLS necesita esta información para establecer los caminos virtuales de los LSPs. En este punto se emplean la información que manejan los algoritmos de encaminamiento y los protocolos internos IGP para construir las tablas de encaminamiento. MPLS crea un camino de etiquetas a base de concatenar las entradas con las salidas en cada LSR.

El segundo aspecto se refiere a la información de señalización ya que siempre que se quiera establecer un circuito virtual se necesita de algún tipo de señalización para marcar el camino, es decir, para la distribución de etiquetas entre los nodos.

II. CR-LDP (CONSTRAINT ROUTING - LABEL DISTRIBUTION PROTOCOL)

La IETF especifica el protocolo LDP no obligatorio [Anderson, 2001], a partir de él se ha desarrollado el protocolo de señalización CR-LDP para el establecimiento de una ruta explícita con atributos de calidad de servicio (QoS) [Jamoussi, 2002]. Los parámetros de QoS, que permite que los operadores de la red definan sus servicios ajustado a sus necesidades de tráfico son los siguientes:

- Reservación de recursos, basados en ingeniería de tráfico.
- Frecuencia de servicio, que habilita el soporte de aplicaciones de tiempo real, tal como Voz sobre IP (VoIP).
- Asignación de un dominio específico de prioridades para los LSP.

- Habilidad para renegociar cada uno de los parámetros de tráfico y las prioridades de los LSP's.

En la figura 1, se puede observar los parámetros de calidad de servicio que a continuación son definidos.

2.1 Definición de Cada Término de la Trama CR LDP

A continuación se detalla los términos de la trama CR-LDP mostrada en la figura 1.

Flag.- Identifica cual de los siguientes campos están disponibles como parámetros de negociación:

- *Peak Data Rate* (PDR)
- *Peak Burst Size* (PBS)
- *Committed Data Rate* (CDR)
- *Committed Burst Size* (CBS)
- *Excess Burst Size* (EBS)
- *Weight.*

Un nodo puede sobrescribir sobre los valores de los parámetros antes de enviar los mensajes al siguiente nodo y puede cambiar su nivel de reservación, basado en los nuevos parámetros.

Frequency.- Expresado en términos de granularidad, especifica con que frecuencia el CDR debe ser dado al CR-LSP. Así, se tiene los siguientes valores:

- *Very frequent.*- Indica la cantidad de retardos (*delay*) que son requeridos por el servicio. Así por ejemplo, en aplicaciones de video conferencia, los servicios son incapaces de tolerar un *delay* muy grande.
- *Frequent.*- Indica que se puede tolerar variaciones en el *delay*. Util para, por ejemplo, e-mail.
- *Unspecific.*- Indica que aplicaciones pueden ser proveídas con alguna granularidad. En este caso, se tiene aplicaciones como *Best-effort* y paginas web.

Weight.- Es un parámetro de dominio específico que determina la relativa prioridad de múltiples LSP (CR-LSPs), cuando hay un exceso de ancho de banda o

congestión. Esto puede ser verificado en la simulación de QoS y Recursos de Prioridad.

Peak Data Rate (PDR).- Identifica la máxima tasa de trafico dirigida al CR-LSP; se define por un *token bucket* con los parámetros PDR y PBS.

Peak Burst Size (PBS).- Identifica el máximo tamaño de *burst* permitido en el *Peak Data Rate (PDR)*.

Committed Data Rate (CDR).- Especifica la tasa de datos que el dominio MPLS entrega para disponibilidad del CR-LSP. El *token bucket* con los parámetros de CDR y CBS definen el ancho de banda que debe ser reservado por el CR-LSP.

Committed Burst Rate (CBS).- Especifica el máximo tamaño de *burst* permitido en el CDR. Cuando el CBS *bucket* está lleno hay un desbordamiento dentro del EBS *bucket*.

Excess Burst Rate (EBS).- Mide el límite del tráfico que es enviado sobre el ER-LSP que excede el *Committed Data Rate (CDR)*; definido como un límite adicional en el CDR's *token bucket*.

Los servicios que presta CR-LDP son consistentes con la arquitectura de los Servicios diferenciados, que separa los servicios *Edge Rules* de los *Local Behaviors* dados en los siguientes bloques.

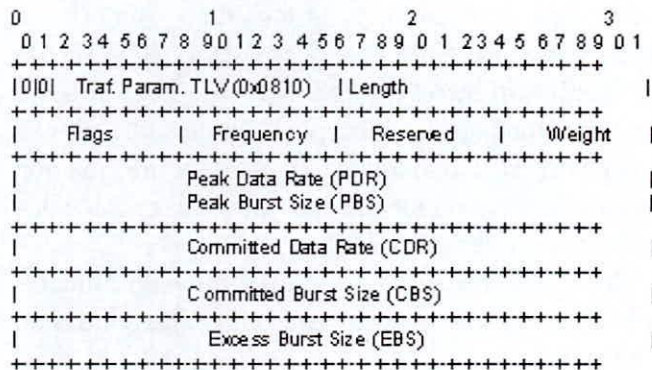
Edge Rules.- Son las reglas instaladas en los extremos de los LSP (LERs), incluyen las políticas de control y conformación de los paquetes, los cuales no están señalados en la definición del modelo CR-LDP, pero forman parte del contrato entre el proveedor del servicio de la red y los usuarios. Los proveedores de servicio pueden configurar las reglas de los extremos usando un sistema nodal de gestión o bajando las normas de los extremos de un servidor de políticas de administración.

Local Behavior.- Implementado en varios nodos en la red caracteriza a los servidores locales en términos de envío de paquetes. Los parámetros del tráfico, tales como *Peak Data Rate (PDR)* y *Peak Burst Size (PBS)*, habilita al usuario para establecer la

asignación de niveles para un particular CR-LSP. Establecer una asignación de niveles provee un control adicional sobre el LSP en MPLS.

TRAMA CR-LDP

Figure 1 - Distribución de los parámetros de CR-LDP QoS



2.2 Ventajas de los Servicios del Protocolo de Señalización CR-LDP

Las ventajas de los accesos a los servicios de CR-LDP son los siguientes:

- El operador de la red define los servicios que se ajustan a sus aplicaciones.
- Es fácil cambiar los servicios con sólo variar los parámetros.
- Facilidades de servicio entre diferentes tecnologías tales como las categorías de servicio ATM.
- No se requieren cambios en el modelo básico de CR-LDP cada vez que se necesitan nuevos servicios.
- No obliga el uso de un servicio particular que no sean útiles ni adecuados para los requerimientos del usuario.

Puesto que el acceso a los servicios del CR-LDP es flexible, se puede fácilmente trabajar con otras tecnologías, incluyendo las siguientes:

- Architecture Diffserv.
- ATM QoS.
- Frame Relay.
- RSV Traffic engineering.

El protocolo LDP/CR-LDP ofrece un protocolo de señalización unificado que provee a los operadores de red un completo sistema de distribución de etiquetas y establecimiento de caminos que la red MPLS necesita.

III. FUNCIONAMIENTO DEL PROTOCOLO CR-LDP

El protocolo CR-LDP usa el protocolo TCP para la sesión entre cada par de LSR y envía los mensajes de distribución de etiquetas durante las sesiones. Esto permite mayor fiabilidad en la distribución de control de mensajes. El establecimiento de un LSP usando CR-LDP es mostrado en la figura 2.

LER LSR A, determina la necesidad de establecer un nuevo LSP hacia LSR.C. Los parámetros de tráfico para la sesión ó políticas administrativas de la red, habilita al LSR A para que determine la ruta del nuevo LSP que debería ir a través del LSR B, el cual no podría ser el mismo como la ruta *hop-by-hop* a LSRC. LSRA genera un mensaje LABEL_REQUEST con la ruta explícita de (B,C) y detalles de los parámetros del tráfico para una nueva ruta. LSR A reserva los recursos necesarios para la nueva LSP, y entonces envía el LABEL_REQUEST al LSR B sobre una sesión con el protocolo TCP.

LSR B recibe el mensaje LABEL_REQUEST, determina que no es el LSR de salida para el LSP, y envía el pedido a lo largo de la ruta especificada en el mensaje. Reserva los recursos requeridos para la nueva LSP, modifica la ruta explícita en el mensaje LABEL_REQUEST, y pasa el mensaje a LSR C. Si es necesario, LSR B puede reducir la reservación y colocar los parámetros apropiados que fueron marcados como negociable por el LABEL_REQUEST.

LSR C determina el LSR de salida para el nuevo LSP. Ejecuta una negociación final sobre los recursos, y hace la reservación para el LSP. Asigna una etiqueta al nuevo LSP y distribuye la etiqueta a LSR B en un mensaje LABEL_MAPPING, el cual contiene deta-

lles de los parámetros del tráfico final reservados para el LSP.

El LSR B recibe el LABEL_MAPPING y une al pedido original, usando el LSP ID contenido en ambos, el LABEL_REQUEST. Finaliza la reservación asignando una etiqueta para el LSP, establece la tabla de envío y pasa la nueva etiqueta al LSR A en un mensaje LABEL_MAPPING.

El procedimiento en el LSR A es similar, pero no tiene que asignar una etiqueta y enviarlo a un LSR porque se trata de un LSR de ingreso para el nuevo LSP.

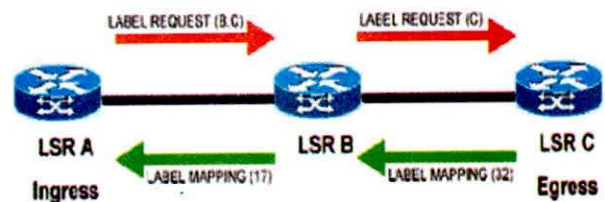


Figura 2 - Establecimiento de un LSP usando CR-LDP

IV. SIMULACIÓN DE TRÁFICO CON CALIDAD DE SERVICIO USANDO CR-LDP EN MPLS

En las simulaciones que se presentan a continuación se ha empleado el *Network Simulator NS 2.1b6* y el MNS 2.0 que permite ver el comportamiento de la red bajo el protocolo de señalización CR-LDP, la red es MPLS con los nodos, tal como aparece en la figura 3.

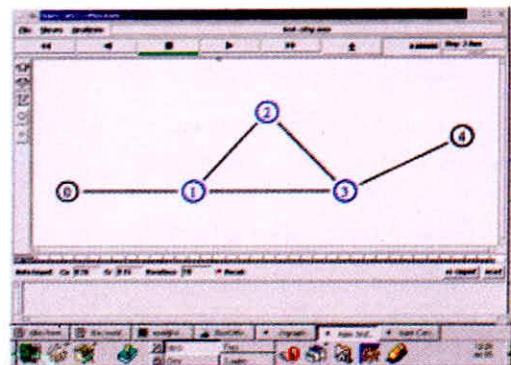


Figura 3 - Red MPLS para la simulación planteada.

Para la simulación se plantea cinco nodos de los cuales tres son MPLS formando un triángulo en la figura 3, así mismo se considera los siguientes tipos de tráfico:

SBT: Simple Best Effort Traffic.
 HBT: High Priority Best-effort Traffic.
 RT1: Real-Time Traffic.
 RT2: Real-Time Traffic.

Los cuatro tipos de flujos ingresan a través del nodo 0 (nodo IP), el ancho de banda entre cada enlace es de 1Mbit/s excepto entre el Nodo 0 y el LSR 1.

SBT y HBT generan un tráfico CBR (Constant Bit Rate) de 250 Kbit/s, respectivamente. RT1 y RT2 generan un tráfico de 350 Kbit/s y 450 Kbit/s, respectivamente. Como se puede observar el total del flujo es mayor que el ancho del banda de un enlace MPLS.

```

$ns at 0.1 «$LSR1 setup-erlsp 3 1_2_3 1000»
$ns at 0.1 «$LSR1 setup-erlsp 3 1_2_3 1100»
# Nodo MPLS instproc setup-crslsp {fec er lspid TRate BSize PSize SPrio HPrio}
$ns at 0.1 «$LSR1 setup-crslsp 3 1_2_3 1200 350K 400B 200B 7 3»
$ns at 1.0 «$SBT start»
$ns at 1.0 «$HBT start»
$ns at 1.0 «$RT1 start»
MPLS instproc setup-crslsp {fec er lspid TRate BSize PSize SPrio HPrio}
$ns at 10.0 «$LSR1 setup-crslsp 3 1_2_3 1300 450K 400B 200B 7 3»
$ns at 11.0 «$RT2 start»
$ns at 30.0 «$RT2 stop»
$ns at 31.0 «$LSR1 send-crldp-release-msg 1300»

$ns at 40.0 «$SBT stop»
$ns at 40.0 «$HBT stop»
$ns at 40.0 «$RT1 stop»

```

Figura 4 - Código del programa para la planificación de los eventos en el entorno NS.

De los cuatro LSP definidos para el establecimiento del tráfico; dos son ER-LSPs (ruteo establecido) para SBT y HBT, y dos CR-LSPs (ruteo restringido de acuerdo a prioridades) para RT1 y RT2. En 0.1 segundos, los dos ER-LSPs son establecidos tanto para SBT y HBT, también un CR-LSP en este caso es

para RT1. En 1.0 segundo, SBT, HBT, RT1 generan su tráfico. En 10.0 segundos un CR-LSP es establecido para RT2, y en 11.0 segundos RT2 genera tráfico. En 30 segundos, RT2 detiene su generación de tráfico y el CR-LSP para RT2 es liberado en 31 segundos. Finalmente, SBT, HBT, y RT1 detienen la generación de tráfico en 40 segundos.

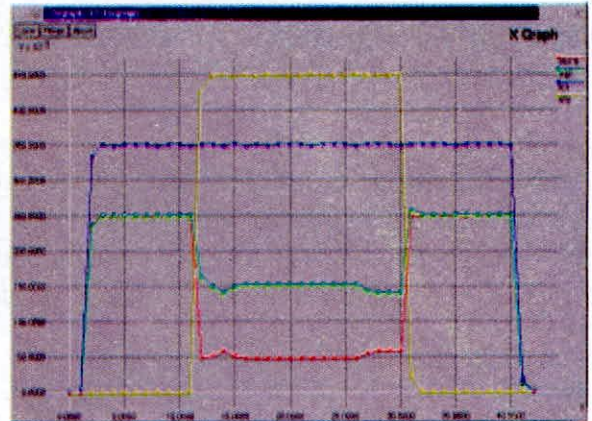


Figura 5 - Resultado de la simulación.

El código del programa de la simulación se muestra en la figura 4, mientras en la figura 5 se muestra el resultado para diferentes calidades de servicio (QoS). En este caso, el ancho de banda, entre el intervalo de tiempo de 11 y 30 segundos, es aproximadamente de 1 Mbit/segundo, este valor corresponde al de un enlace para la red MPLS. En tanto, que RT1 y RT2 obtienen el ancho de banda requerido (mientras que SBT y HBT utilizan el resto disponible) de estas dos LSPs, HBT es mejor atendido que SBT. De esta manera, se puede observar que se da prioridad de tráfico a las aplicaciones de tiempo real y luego a los tráficos de mayor ancho de banda como es HBT. Además, se observa claramente que en el intervalo de tiempo 11 y 30 segundos de tráfico se produce congestión.

V. SIMULACIÓN DE PRIORIDAD DE

RECURSOS

En la figura 6, se muestra el código del programa de simulación para la planificación de los eventos teniendo en cuenta la prioridad de recursos. En este caso, el tráfico de RT1 y RT2 es cambiado a 600 y 700 Kbit/s respectivamente. De tal manera, que cuando se genera al mismo tiempo el tráfico RT1 y RT2, el total del tráfico es mayor que el ancho de banda de un enlace de la red MPLS. En el gráfico de la figura 7, se observa que durante el intervalo de tiempo entre 11 y 30 segundos de simulación, el tráfico de RT2 tiene mayor prioridad que los demás. En la simulación se ha tomado en cuenta los recursos de prioridad que se definen en el protocolo de enrutamiento CR-LDP. Esto puede verificarse al observar en la misma figura que RT2 es atendida con todo su requerimiento de ancho de banda y los demás tráficos comparten el resto del disponible teniendo en cuenta las prioridades, como se observa en el caso del tráfico de HBT, el cual tiene mayor prioridad que SBT.

```

$ns at 0.1 «$LSR1 setup-erlsp 3 1_2_3 1000»
$ns at 0.1 «$LSR1 setup-erlsp 3 1_2_3 1100»
# setup-priority=7, holding priority= 4 para el trafico RT1
$ns at 0.1 «$LSR1 setup-crlsp 3 1_2_3 1200 600K 400B 200B
7 4»
$ns at 1.0 «$SBT start»
$ns at 1.0 «$HBT start»
$ns at 1.0 «$RT1 start»
# setup-priority=7, holding priority= 4 para el trafico RT1
$ns at 10.0 «$LSR1 setup-crlsp 3 1_2_3 1300 700K 400B
200B 3 2»
$ns at 11.0 «$RT2 start»
$ns at 30.0 «$RT2 stop»
$ns at 31.0 «$LSR1 send-crlsp-release-msg 1300»
$ns at 40.0 «$SBT stop»
$ns at 40.0 «$RT1 stop»
$ns at 40.0 «$HBT stop»

```

Figura 6 - Código del programa para la planificación de los eventos con prioridad de recursos.

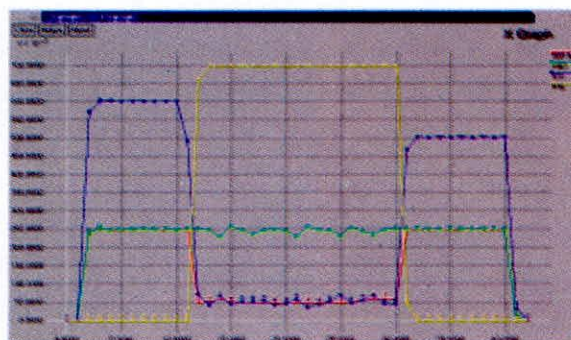


Figura 7 - Resultado de la simulación para Diferentes Prioridades

VI. CONCLUSIONES

El CR-LDP facilita la integración de IP y QoS en el núcleo de la red, debido a que la señalización CR-LDP permite la especificación de parámetros de tráfico de los paquetes en cada nodo más conocido como *Per - Hop - Behaviors* (PHB), para poder brindar un servicio diferenciado como se observa en las simulaciones. Los mayores beneficios que provee CR-LDP son:

- Fácilmente se puede adecuar a los requerimientos de la red.
- Promueve la interoperabilidad.
- Provee a la red, simplicidad, consistencia e integración de IP y QoS.

VII. ACRÓNIMOS

CR-LDP.- Protocolo de distribución de etiquetas con ruteo restringido.

MPLS.- Multiprotocolo de Conmutación de etiquetas.

LDP.- Protocolo de distribución de etiquetas.

LSP.- Ruta para distribución de etiquetas.

LSR.- Router o Nodo MPLS para conmutación de etiquetas.

LER.- Nodo de entrada a la Red MPLS

QoS.- Calidad de servicio.

FEC.- Grupo de paquetes IP que viajan por un mismo camino.

IETF.- Grupo de Trabajo de la Ingeniería de Internet (más información: www.ietf.org/overview.html)

RFC.- Documentos emitidos por la IETF para ser publicados y comentados.

Switching Architecture; RFC 3031 enero 2001, www.ietf.org; acceso: mayo 2002.

Jamoussi AL; Constraint-Based-LSP Setup using LDP; RFC 3212 enero 2002.

Network Simulator; NS Notes and Documentation; <http://www.mash.cs.berkeley.edu/ns>; acceso: mayo 2002.

NS Manual; <http://mash.cs.berkeley.edu/ns-man.html>; acceso: mayo 2002.

MNSver2.0 Manual; <http://flower.ce.cnu.ac.kr/~fog1/mns/mns2.0/manual/manual.htm>; acceso mayo 2002.

VIII. REFERENCIAS

Anderson et al; LDP Specification; RFC 3036 Enero 2001.

Rosen, E.C. A, Viswanathan, R, Callon; Multiprotocol label.