

Garantía de Servicio sobre MPLS

ENTREGA GARANTIZADA

Open SimMPLS permite comprobar el comportamiento de escenarios basados en tecnologías de redes con calidad de servicio, como ATM e IP, con la ventaja añadida de la Garantía de Servicio sobre MPLS mediante técnicas activas.

POR LUCAS J. GONZÁLEZ

Son muchos ya los proveedores de servicios que han adoptado MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) con el fin de aunar las diferentes tecnologías de redes con calidad de servicio (*Quality of Service, QoS*). Mediante ésta y otras tecnologías es posible dar respuesta a muchos de los retos impuestos por la demanda de la sociedad actual.

La estandarización de la tecnología MPLS en 2001 por parte de la IETF (*Internet Engineering Task Force*), tras incluir las propuestas de varios fabricantes que ya habían realizado avances en esta dirección, ha permitido que se incluya en nuevas implementaciones. Un ejemplo de ello es el uso combinado de GMPLS (*Generalized Multiprotocol Label Switching*) y DWDM (*Dense Wavelegh Division Multiplexing, o en otras palabras, multiplexación por división de longitud de onda*), que ha mejorado notablemente las capacidades de las redes ópticas de alta velocidad.

ATM e IP

Las redes IP siempre se utilizaron para transferir datos de un lugar a otro. Dicha

transferencia se ha venido llevando a cabo siguiendo una política denominada *best effort* (que viene a ser algo así como “sin garantías”). Según ésta, los paquetes de datos deben llegar íntegramente, sin importar cómo, cuándo, por dónde o en qué orden; y sin garantizarse su entrega, que de eso se encarga TCP. En la época en la que surgieron las redes IP, la infraestructura de redes existente era de muy mala calidad, pero con la llegada de los contenidos multimedia bajo demanda y las comunicaciones a tiempo real, se ponen de manifiesto limitaciones que estos protocolos no pueden resolver. El gran tamaño de los paquetes de información, la variabilidad de dicho tamaño, o la forma desordenada en que llegan los paquetes a su destino, impiden que se pueda ofrecer un nivel de Calidad de Servicio suficiente para la transmisión de flujos multimedia.

Las redes ATM fueron diseñadas con la transmisión de flujos multimedia en mente. Pretendían suplir las carencias de las redes IP. La finalidad de la tecnología ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) consiste en la capacidad para transportar vídeo y sonido, así como otros tipos de datos digitales, “en tiempo real”.

En la transmisión de flujos de datos multimedia, la integridad no es lo que prima, sino la sincronía del flujo de datos. En una transmisión de estas características no se tolera que un paquete perdido retrase la transmisión del resto de paquetes que le siguen. Es mucho más preferible que la comunicación sea fluida, además de lo más rápida y simultánea posible. Una de las características de la tecnología ATM que posibilita dicha fluidez es el uso de un tamaño fijo en las celdas de información, reduciéndose de este modo la variabilidad de los retardos (*jitter*) y produciéndose además un aumento de la velocidad de la comunicación.

Tamaños Medios

Según los estudios de la Red Abilene, estos son los tamaños medios de paquete en el tráfico global:

Menos de 100 octetos	47%
Entre 100 y 1400 octetos	24%
Entre 1401 y 1500 octetos	28%
Entre 1501 y 65535 octetos	1%

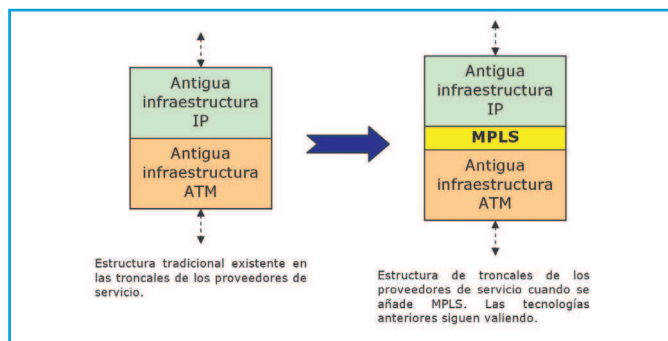


Figura 1: Integración de ATM e IP.

MPLS

MPLS no es una mera encapsulación, sino un protocolo completo. Además de su poder para encapsular otros protocolos, hace uso de conceptos tales como FEC, LSR, LDP o dominios MPLS (véase el cuadro titulado “Terminología sobre MPLS”). De acuerdo al modelo OSI, el trabajo de MPLS tiene lugar entre las capas del nivel de red y el nivel de enlace. Está considerado, por tanto, como un protocolo de nivel 2+.

Con MPLS se pueden integrar en una única red de transporte tecnologías tan dispares como IP, ATM, o *Frame Relay*. Puede usarse cualquier protocolo por encima de MPLS, pero también es posible utilizar cualquier tecnología de nivel de enlace (o de nivel físico) por debajo de él. MPLS es una tecnología increíblemente potente a la hora de integrar y aunar otras tecnologías y protocolos.

Normalmente se utiliza para la creación de redes IP virtuales (VPN), la integración de ATM e IP, la aplicación de ingeniería del tráfico y la dotación de funcionalidades tales como clases de servicio y calidad de servicio.

GoS

La ausencia de un control de errores en MPLS, así como de una política de peticiones de retransmisión en caso de que estos ocurran, permiten que el tráfico fluya incluso un poco más rápido todavía, a la vez que garantiza una mejor entrega. Así, los canales se aprovechan para enviar más datos y menos información de control destinada a la resolución de errores. Pero si un LER, un LSR o un simple enlace fallasen, gran parte del tráfico se perdería. Los protocolos de los niveles superiores tendrían que encargarse de solicitar la retransmisión de los datos perdidos, provocando una gran latencia. Otro problema en este sentido

es que tampoco responde de forma adecuada cuando, en vez de fallar un camino físico completamente, se produce

congestión en algún nodo y se descartan paquetes pertenecientes a tráfico prioritario.

Para solventar este problema nace el Soporte de GoS (*Garantía de Servicio*) sobre MPLS mediante técnicas activas. En este Proyecto se implementan una serie de mecanismos (ver cuadro titulado “Técnicas y Protocolos para GoS sobre MPLS”) que permiten, entre otras cosas, seleccionar tráfico proveniente de fuentes privilegiadas para distinguirlo del resto y dotarlo de GoS durante el tiempo que pase dentro del ámbito del dominio MPLS.

Una vez marcados los paquetes como privilegiados, en el caso de que sean descartados, el mismo protocolo se encarga de retransmitirlos, antes de que llegue a tomar cartas en el asunto la aplicación del nivel superior. De igual modo, como respuesta a la caída accidental de uno o varios enlaces pertenecientes a una ruta (LSP) por la que viaja un flujo de datos privilegiado, el protocolo restaura un camino alternativo y de propiedades

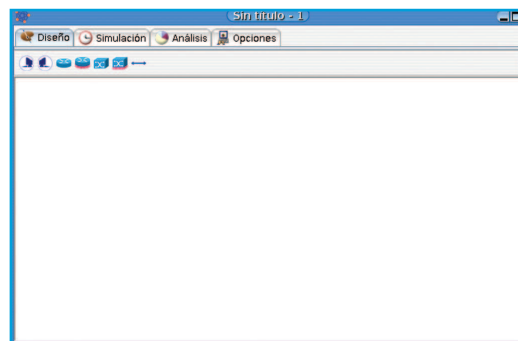


Figura 2: La ventana de diseño es la primera que aparece al crear un nuevo escenario.

similares a fin de que el tráfico privilegiado pueda alcanzar su destino.

En otras palabras: GoS garantiza que el flujo marcado será tratado como privilegiado siempre que sea posible.

Open SimMPLS

Open SimMPLS [1] es una aplicación cuya finalidad es la simulación de escenarios completos basados en redes MPLS con soporte para GoS mediante técnicas activas con la que podemos recrear dichos escenarios y comprobar su comportamiento.

Los desarrolladores de nuevos algoritmos de encaminamiento o protocolos destinados a residir sobre MPLS encontrarán en Open SimMPLS la herramienta ideal con la que probar sus soluciones antes de trasladarlas al terreno físico.

Al estar escrita en Java, es una herramienta muy portable. Desde la sección de descargas de la web del proyecto [2] se distribuye su código fuente completo,

Tabla 1: Terminología MPLS

LER o <i>Layer End Router</i>	Introduce cabeceras MPLS en los paquetes entrantes, en medio de las cabeceras de red y de enlace. También las extrae cuando el paquete abandona la zona MPLS.
LSR o <i>Label Switch Router</i>	Conmutador, dentro de la zona MPLS, que interpreta y modifica las cabeceras MPLS.
FEC o <i>Forward Equivalence Class</i>	Cuando se aplica esta clase a un grupo de paquetes, éstos se consideran de la misma clase en cuanto al tratamiento que se les dará, independientemente de que sean paquetes provenientes de distintos tipos de tráfico.
LSP o <i>Label Switched Path</i>	Camino formado por LERs y LSRs que siguen todos los paquetes de un mismo FEC. Es decir, todos los paquetes definidos como pertenecientes a una misma clase harán el mismo recorrido (LSP) dentro del dominio MPLS.
Etiqueta o <i>Label</i>	Información añadida a un paquete al entrar en la zona MPLS. Normalmente, según las etiquetas que posea un paquete, se añadirá éste a un FEC u otro.
LS o <i>Label stack</i>	Pila de etiquetas, de tamaño variable. El tamaño puede variar porque pueden existir zonas MPLS dentro de otras zonas MPLS.

aunque también se distribuye en forma de aplicación *standalone* en un archivo JAR listo para su uso. En la sección de requisitos [3] de dicha web podemos encontrar un listado con varios sistemas operativos soportados por la aplicación.

Si se cumplen todos los requisitos, basta con descargar la aplicación y ejecutarla desde una terminal de comandos dentro de una sesión gráfica:

```
java -jar openSimMPLS.jar &
```

Creando un Escenario

Para crear un nuevo escenario de simulación por primera vez seleccionamos la opción *Nuevo* de la entrada *Escenario*, desde el menú principal. Aparece entonces una ventana *Sin título - 1* en el área de trabajo con varias pestañas desde las que configurar y visualizar los diferentes elementos constituyentes de la simulación. Desde la pestaña de *Diseño* (ver Figura 2), que es la predeterminada al crear un nuevo escenario, editamos el aspecto y la configuración de la red que vamos a simular. Podemos insertar emisores de tráfico, receptores, LERs, LERs activos, LSRs, LSRs activos y enlaces.

Siempre hay que crear un receptor antes de poder insertar un nuevo emisor. Para crear un nuevo receptor, pulsamos sobre el segundo icono de la ventana de diseño (el equipo más a la derecha), apareciendo la pantalla de configuración del elemento. Desde la pestaña *General* podemos especificar el *Nombre del Receptor* e incluso la posición en que se ubicará el receptor en el escenario de simulación. Tras *Aceptar* la nueva configuración, podemos proceder a crear el nuevo emisor.

La pantalla de configuración del emisor es similar a la del receptor, excepto

por la existencia de un menú desplegable desde el que se ha de seleccionar obligatoriamente el receptor al que va dirigido su tráfico. Desde la pestaña *Avanzada* de la pantalla de configuración del emisor se pueden definir las peculiaridades del tráfico generado, tales como la *Tasa de Tráfico*, especificada en una unidad de Megabits por segundo; el *Tipo de Tráfico*, que puede ser *constante*, por el cual el emisor genera paquetes de tamaño fijo y siguiendo un período de tiempo también fijo, o de tipo *variable*, en cuyo caso el emisor genera paquetes de tamaño variable entre 0 y 65535 octetos siguiendo el modelo estadístico ofrecido por la red Abilene (ver cuadro titulado “Tamaños Medios”); el *Tamaño de la carga útil*, que sólo se puede configurar en caso de haber elegido un tráfico de tipo constante; *Encapsular tráfico sobre MPLS*, que si se activa, en vez de generar tráfico IPv4, el emisor genera tráfico MPLS etiquetado; *Nivel de GoS*, por el que se especifica el nivel de prioridad del tráfico del 1 al 3, siendo el 3 el de mayor prioridad; *Crear LSP de respaldo*, una casilla de verificación que nos permite especificar si deseamos que se nos procure un LSP alternativo; y por último, *Generar estadísticas para este emisor*, algo que no se recomienda utilizar a menos que haya que depurar un nodo en particular, ya que su uso genera una enorme carga sobre el simulador.

Un LER es un nodo encargado de tratar los paquetes IPv4 o MPLS para clasificarlos, establecer un camino hacia su destino a través del dominio MPLS, y permitir la

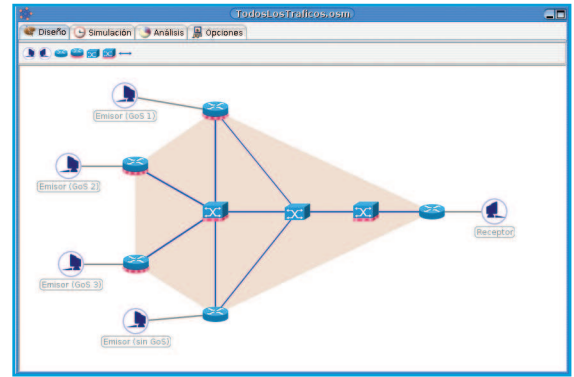


Figura 3: Escenario de ejemplo TodosLosTraficos.osm.

entrada de dichos paquetes, una vez etiquetados, en el dominio. Al crear un nuevo LER se nos presenta la correspondiente pantalla de configuración. Desde la pestaña de configuración *Avanzada* podemos especificar parámetros como la *Potencia de conmutación* o el *Tamaño de buffer de entrada*.

Un LERA (*Label Edge Router Activo*) es similar a un LER, sólo que además de realizar las funciones de un LER regular, analiza además las cabeceras IPv4 de los paquetes para determinar el nivel de GoS de los mismos y codificarlo dentro de la cabecera MPLS. Si un tráfico con requerimientos de GoS accede a través de un LER regular, perderá sus atributos dentro del dominio MPLS. Desde la configuración *Avanzada*, a los parámetros del LER ordinario se suma el *Tamaño de la DMGP*, que es directamente proporcional a la probabilidad de que el paquete pueda servir a una petición de retransmisión de un paquete descargado en otro nodo de la red.

El LSR no es más que un conmutador de tráfico MPLS dentro del dominio, y los parámetros de la configuración *Avanzada* son similares a los del LER.

El LSRA (*Label Switch Router Activo*) cumple las mismas funciones que el LSR, excepto que además es capaz de almacenar temporalmente y recuperar paquetes activos, así como de reestructurar caminos en un entorno local. Los parámetros de la configuración *Avanzada* son similares a los de un LERA.

Para crear un enlace hay que especificar en la configuración *General* los elementos que se situarán en sendos extremos, siguiendo la lógica de la topología de la red. Por ejemplo, sería absurdo tratar de conectar directamente un *Emisor* a un *Receptor*, por el contrario, hay que conectar siempre un *Emisor* a un LER o

Tabla 2: Técnicas y Protocolos GoS sobre MPLS

DMGP o Dynamic Memory for GoS PDU	Almacena los paquetes marcados con GoS
GPSRP o GoS PDU Store and Retransmit protocol	Realiza una recuperación local que sea más rápida que la retransmisión extremo a extremo realizada por los protocolos de niveles superiores.
EPCD o Early Packet Catch and Discard	Permite recuperar parte de la cabecera del paquete original, para poder acometer una posible solicitud de retransmisión.
RABAN o Routing Algorithm for Balanced Active Networks	Protocolo de encaminamiento constituido por un algoritmo Floyd por el cual se definen unos caminos asociados a unos pesos.
RLPRP o Resilient Local Path Recovery Protocol	Se trata de un conjunto de reglas y procedimientos para la creación y mantenimiento de LSP de respaldo.

GMPLS

GMPLS está basado en las extensiones TE (*Traffic Engineering*) para MPLS (MPLS-TE). El mayor aporte de la suite del protocolo GMPLS es un nuevo protocolo de señalización, LMP (*Link Management Protocol*), para establecer, liberar y gestionar conexiones entre dos nodos adyacentes con soporte para DMPLS. MPLS no permite controlar el tráfico, ni aplicar técnicas de ingeniería del tráfico, en redes de conmutación basadas en DWDM o TDM (multiplexación por división de longitud de onda y por división de tiempo, respectivamente), ya que la explotación masiva de las redes ópticas ha repercutido enormemente en el desarrollo de los protocolos de comunicaciones.

Las redes ópticas no están diseñadas para que se pueda observar ni analizar el contenido de la información transportada, por lo que no se puede utilizar ésta para decidir su encaminamiento. Con GMPLS se define un superdominio que integra una serie de interfaces capaces de conmutar la información transportada y que puede estar compuesto por subredes basadas en distintas

tecnologías. Una serie de convertidores posibilitan la adaptación del tráfico, haciendo uso de las mencionadas interfaces:

- **PSC o Packet Switching Capable:** La red PSC es aquella que contiene dispositivos que conmutan en el dominio de los paquetes o las celdas (encaminadores IP, conmutadores ATM, etc).
- **TSC o TDM Switching Capable:** Capaz de conmutar en el dominio del tiempo (por ejemplo, los sistemas digitales de interconexión o *Digital Crossconnect Systems*).
- **LSC o Lambda Switching Capable:** Capaz de trabajar en el dominio de las longitudes de onda (dispositivos DWDM). La diferenciación entre unas longitudes de onda y otras se realiza por lo que se conoce como etiquetamiento implícito basado en las landas.
- **FSC o Fiber Switching Capable:** Al menor de los niveles, trabajan directamente sobre el medio físico. Conmutan líneas de comunicación completas (por ejemplo, los OCX).

un LERA. Otro parámetro configurable de los elementos de tipo enlace es el *Retardo*, que se puede especificar desde la pestaña de configuración *Avanzada* del elemento.

Simulando

Una vez creado el escenario de simulación, vamos a la pestaña *Simulación* que aparece junto a un icono en forma de reloj en la ventana del nuevo escenario, y pulsamos sobre el único icono que aparece habilitado en un primer momento (con forma de engranaje). Se podrá ver entonces cómo los nodos emisores generan el tráfico, que fluye hacia los nodos receptores correspondientes siguiendo la configuración especificada.

En la web oficial del proyecto se pone a disposición del usuario un paquete comprimido [4] con varios archivos de simulación pre-elaborados, en los que se recrean varias situaciones que podrían darse en una red MPLS real y

para las que nos gustaría estar preparados.

Tras descargar y descomprimir los archivos

```
wget -c http://downloads.
sourceforge.net/project/
opensimimpls/opensimimpls-1.0/
opensimimpls-1.0-examples/
packdeejemplo1_0.zip
unzip packdeejemplo1_0.zip
```

se crea un directorio *packdeejemplo1_0*, que contiene los archivos de escenario de ejemplo, de extensión *.osm*.

Para cargar uno de estos escenarios, seleccionamos *Abrir* desde la opción *Escenario* del menú principal y elegimos el archivo *.osm* desde el navegador de archivos que se abre. Si, por ejemplo, seleccionamos el archivo *TodosLosTraficos.osm*, la aplicación abrirá en el área de simulaciones el correspondiente escenario (ver Figura 3). En él hay definidos inicialmente tres emisores con requerimientos de GoS, con niveles de prioridad que van desde el uno hasta el tres, un emisor sin requerimientos de GoS, tres LERAs que hacen de puntos de entrada para los emisores con requerimientos de GoS, un LER para el emisor sin requerimientos de GoS, dos LSRs activos, un LSR ordinario, otro LER para conectar el receptor, y una serie de enlaces. Al iniciar la simulación se puede ver cómo se organiza el tráfico para llegar en orden de prioridad al receptor (Figura 4). Si

pulsamos sobre el enlace que une el primer LSRA al primer LSR ordinario, provocamos la simulación de una eventual caída del enlace y vemos cómo todo el tráfico se reenvía a través del LER de entrada del emisor que no tiene requerimientos de GoS, demostrándose así la eficacia del protocolo y el funcionamiento del soporte de GoS incluso con enlaces caídos y usando caminos alternativos.

Conclusiones

MPLS puede proporcionar los mecanismos necesarios para la resolución de la mayoría de los problemas de red más apremiantes. El soporte de GoS sobre MPLS mediante técnicas activas es una de las posibles soluciones a los requerimientos de garantía de servicio de clientes de ISPs y de grandes redes privadas o corporativas, así como para la transmisión de flujos de datos multimedia o comunicaciones “en tiempo real”. Open SimMPLS ha demostrado también ser una herramienta de simulación muy útil y de fácil uso.

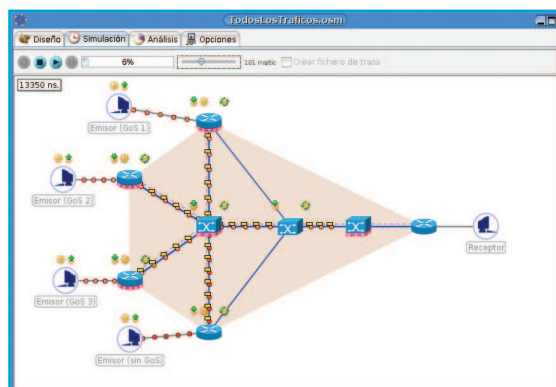


Figura 4: Simulación del escenario *TodosLosTraficos.osm* en acción, en la que se pueden apreciar los paquetes moviéndose hacia su destino final en el orden y prioridad en que lo harían en un escenario real.

RECURSOS

- [1] Web Oficial de Open SimMPLS: <http://patanegra.unex.es/opensimimpls/>
- [2] Descarga de Open SimMPLS: <http://patanegra.unex.es/opensimimpls/web/es/indiceES.html>
- [3] Requisitos de OpenSimMPLS: <http://patanegra.unex.es/opensimimpls/web/es/indiceES.html>
- [4] http://downloads.sourceforge.net/project/opensimimpls/opensimimpls-1.0/opensimimpls-1.0-examples/packdeejemplo1_0.zip