

Utilización de un simulador de redes OBS para evaluar servicios de tele-asistencia

Daniel Guasch, David Roca, Cristina Cervelló-Pastor
Depto. ENTEL de la UPC
{dani,droca,cristina}@entel.upc.edu

Pedro Ponsa
Depto. ESAII de la UPC
pedro.ponsa@upc.edu

Resumen

Día a día aparecen nuevas tecnologías que pueden aplicarse, directa o indirectamente, en la prestación de servicios de tele-asistencia. Las TIC, Tecnologías de la Información i Comunicaciones, no son una excepción. Disponer de herramientas que permitan evaluar el comportamiento de dichas tecnologías, previa su implantación en el entorno de explotación, supone una enorme ventaja. Las redes de transporte de conmutación óptica de ráfagas, OBS, ofrecen una alternativa en el transporte masivo de datos en entornos inteligentes. A continuación se presenta un simulador de redes OBS desarrollado por el grupo de Servicios y Redes de Banda ancha del departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Politécnica de Catalunya.

1. Introducción

A menudo es difícil identificar y establecer la viabilidad de las nuevas tecnologías en servicios que se sitúan fuera de los ámbitos nativos para los cuales fueron concebidas. Este es el caso de las redes de conmutación óptica de ráfagas [1-14]. Su utilización en redes de área local para servicios de teleasistencia o inteligencia ambiental no se ha planteado abiertamente de forma masiva en la actualidad [15-18]. No es evidente su utilización fuera de las grandes redes de transporte, a pesar de que la problemática que solventan es transportable a entornos con un alto grado de capilaridad [19].

A continuación se presenta el diseño de una herramienta que permitirá a los investigadores analizar la viabilidad de dichas redes en estos nuevos ámbitos de interés. El diseño se plantea a través de los

elementos constitutivos de la aplicación: aportando finalmente, un ejemplo a título ilustrativo.

2. Diseño del simulador

El simulador opera a partir de una serie de scripts de texto y de bases de datos de Matlab que modelan 5 tipos de elementos: elementos de configuración, de simulación, de tráfico, de análisis y de visualización. El sistema se ha desarrollado, de forma modular, con el fin de potenciar la escalabilidad de los escenarios a estudiar. De esta forma, una red OBS puede ser descompuesta, en elementos de las 5 categorías planteadas, y simulada bajo unas condiciones de trabajo fijadas por el investigador. A continuación, la figura 1 presenta los bloques de elementos constitutivos indispensables que se han incorporado en el simulador.

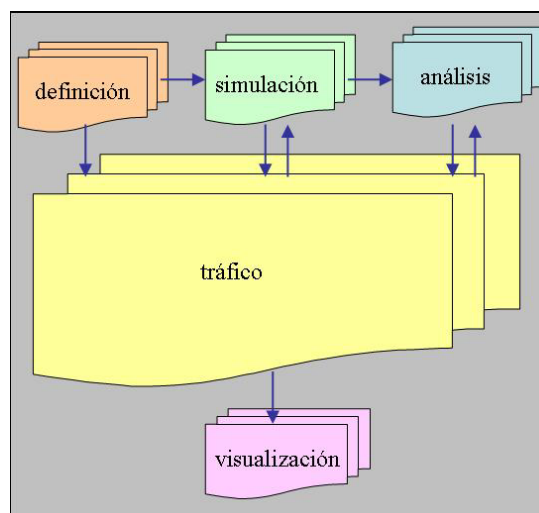


Figura 1. Esquema de los elementos del simulador

3. Elementos de configuración

Los scripts de configuración permiten parametrizar con exactitud las características de todos los componentes que intervienen en una red de conmutación óptica de ráfagas. El usuario debe editar el script correspondiente para cada uno de los componentes de la red que se desee simular. Para ello dispone de 8 posibles modelos:

- Tráfico TCP/IP. Permiten modelar el tráfico TCP/IP que se agregará en los nodos frontera a la red OBS, obteniéndose a partir de valores estadísticos. La agregación, en forma de nuevas ráfagas i paquetes de control, se realizará según los criterios detallados en el script de definición del protocolo de agregación.

- Tráfico OBS. Modelan el tráfico OBS nativo que se agrega en los nodos frontera a la red interna, generándose a partir de valores estadísticos. Nótese que permite tanto complementar al script de tráfico TCP/IP, como anular la necesidad de procesar tráfico TCP/IP con el fin de simplificar la simulación.

- Topología de la red OBS. Define la conectividad de los nodos de comunicación, estableciendo la topología de la red OBS. Es el script central sobre el que se modela la red a nivel físico. Los scripts de enlace y nodos frontera y núcleo, complementan a éste en la definición de cada elemento de la red.

- Enlace de comunicación. Definen a nivel físico un enlace de comunicación. Parámetros típicos son, entre otros: número de fibras ópticas, longitudes de onda disponibles, longitud del cableado, etc.

- Nodo frontera. Establecen los parámetros y protocolos que implementará el nodo frontera. Nótese que el simulador permite trabajar tanto con una red homogénea, donde todos los nodos frontera son idénticos, como con una heterogénea, donde cada nodo frontera puede comportarse de forma independiente – debido al uso de protocolos distintos o capacidades de conmutación diversas-.

- Nodo núcleo. De forma análoga a los scripts de nodos frontera, éstos modelan los nodos núcleo de la red; pudiéndose aplicar las mismas consideraciones que en el caso anterior.

- Protocolos de encaminamiento. Mediante estos scripts se pueden implementar los protocolos de encaminamiento de tráfico usados por los nodos. Nótese la doble función de estos scripts: formalizar una interfaz única con los nodos e implementar los protocolos de encaminamiento correspondientes. En el simulador pueden coexistir tantos protocolos como nodos, con la limitación lógica de que cada nodo solo puede usar un protocolo simultáneamente.

- Protocolos de planificación. Implementan los protocolos de planificación que los nodos de

comunicación usarán para la reserva de recursos de conmutación. Las consideraciones de funcionamiento son las mismas que en los protocolos de encaminamiento.

- Protocolos de agregación. Finalmente, los scripts de agregación de tráfico permiten establecer como los nodos frontera agregarán, e inyectarán en la red interna OBS, el tráfico procedente de las redes TCP/IP. Éstos se tratan de forma análoga a los scripts de encaminamiento y planificación anteriores.

4. Elementos de simulación

Los scripts de Simulación procesan el tráfico de red en base a la caracterización de cada dispositivo realizada en los scripts de definición. El algoritmo de simulación ejecuta inicialmente scripts de generación de tráfico y seguidamente el script de red; éste, a su vez, realiza llamadas a scripts de los elementos físicos de la red: nodos frontera, núcleo y enlaces de comunicación. Finalmente, en los nodos frontera y núcleo, se realizan llamadas a scripts de protocolos específicos de agregación de tráfico TCP/IP a OBS, encaminamiento de tráfico OBS y planificación de recursos de conmutación. Nótese la estructura jerárquica usada en la utilización de las llamadas a los distintos procedimientos. Conceptualmente, se dispone de 9 categorías de scripts:

- Generadores de tráfico TCP/IP: crean tráfico TCP/IP, procedente de las redes TCP/IP teóricamente conectadas a los nodos frontera, que será procesado por los éstos y agregado a la red OBS. Nótese que el tráfico se genera en su totalidad al inicio de la simulación, no contemplándose la interacción dinámica de la red OBS con las redes de acceso TCP/IP.

- Generadores de tráfico OBS: análogamente a los generadores TCP/IP, crean tráfico OBS directamente utilizable por cualquier nodo de la red. Mediante su uso, se puede simplificar la simulación de la red OBS, omitiendo el procesamiento del tráfico TCP/IP y los algoritmos de agregación de tráfico. El tráfico se genera en su totalidad al inicio de la simulación, como en el caso anterior.

- Redes OBS: en esta categoría se encuentran los algoritmos principales de simulación. Su función es realizar llamadas a los procedimientos de cada elemento de la red, aplicar los algoritmos de cálculo numérico del simulador y almacenar los resultados de tráfico y condiciones de estado de cada elemento.

- Enlaces de comunicaciones: simulan el comportamiento de un enlace de fibra óptica. Además de implementar el comportamiento del enlace, como aplicar un retardo de propagación, son usados para

almacenar el tráfico de red, en estructuras complejas de datos, a nivel de simulación.

- **Nodos frontera:** implementan un nodo frontera a partir de los parámetros establecidos en los scripts de configuración. Obtienen el tráfico OBS de los enlaces de comunicaciones de entrada correspondientes; realizan llamadas a los procedimientos de protocolos de agregación, encaminamiento y planificación; y generan/conmutan el tráfico resultante en los enlaces de comunicaciones de salida.

- **Nodos núcleo:** implementan los nodos núcleo de una red OBS, la gran diferencia respecto los nodos OBS es que no contemplan los algoritmos de agregación de tráfico; manteniendo el resto de funcionalidades que un nodo frontera.

- **Protocolos de encaminamiento:** modelan el comportamiento de algoritmos de encaminamiento de tráfico. Éstos pueden ser tanto dinámicos como estáticos. La principal característica es la definición de una interfaz única hacia los nodos de comunicaciones. De esta forma, se independiza el funcionamiento interno del protocolo del elemento al que se aplique, permitiéndole ser transportable y escalable.

- **Protocolos de planificación:** implementan algoritmos de reserva de recursos de conmutación en los nodos, de forma análoga a los protocolos de encaminamiento.

- **Protocolos de agregación:** permiten aplicar protocolos de agregación de tráfico TCP/IP a redes OBS. Su comportamiento es también análogo a los anteriores.

5. Elementos de tráfico

Fruto de la aplicación de los elementos anteriores, se obtiene el primer resultado parcial de la simulación: el tráfico de la red. A pesar de que inicialmente pueda suponerse que éste es el objetivo final del simulador, debe resaltarse que se trata de información basta, sin procesar. Aporta una gran utilidad en el estudio del comportamiento de elementos de la red en situaciones muy concretas y acotadas: resolución de la congestión, validación de diseño, etc. El tráfico es almacenado en dos tipos de estructuras: una primera estructura temporal y una segunda estructura de paquetes. Mientras que la primera permite realizar un seguimiento exhaustivo del comportamiento de la red, ya que en cada unidad de tiempo se almacena toda la información de tráfico, la segunda sintetiza la información de tráfico en estructuras de paquetes, eliminando la información redundante y generando

estructuras mucho más manejables. Este proceso se aplica tanto a los paquetes OBS, como a los TCP/IP, si éstos son utilizados, y almacena los resultados en bases de datos de Matlab.

6. Elementos de análisis

Una vez obtenido el tráfico de la red, debe extraerse la mayor cantidad de información posible de las estructuras de tráfico. Para ello se recurre a procedimientos de análisis estadístico. El análisis no se limita al recuento de los paquetes OBS o TCP/IP en los nodos de la red. Se realiza un seguimiento individual, por cada paquete de datos, que permite extraer toda su historia a lo largo del camino realizado: saltos en la red, paquetes de control involucrados, fragmentación, latencia, retransmisiones, etc.

Una vez sintetizada esta información, a partir las estructuras temporales y de paquetes de tráfico, se procesa de nuevo con el fin de obtener valores estadísticos para cada campo analizado; obteniéndose el segundo resultado parcial: las estadísticas del tráfico de red.

7. Elementos de visualización

Finalmente, se han desarrollado un conjunto de procedimientos que permiten visualizar los resultados de las simulaciones. Éstos pueden catalogarse en dos tipos de scripts: visualización temporal y estadística:

- **Visualización temporal gráfica de resultados:** en el caso de la visualización del tráfico temporal se ha optado por realizar un conjunto de cronogramas que permiten plasmar en figuras los paquetes de los enlaces en intervalos de tiempo definidos por el usuario. Los procedimientos permiten una clasificación visual de los paquetes en función de cualquiera de los campos de las cabeceras de los paquetes de tráfico. Esta visualización permite una interacción muy intuitiva con el investigador, facilitando el análisis de situaciones puntuales.

- **Visualización estadística tabulada de resultados:** este procedimiento proporciona al investigador las tablas con los resultados del análisis estadístico del tráfico de la red. Nótese que ofrece una perspectiva complementaria a la visualización temporal, pues proporciona indicadores del comportamiento global de la red.

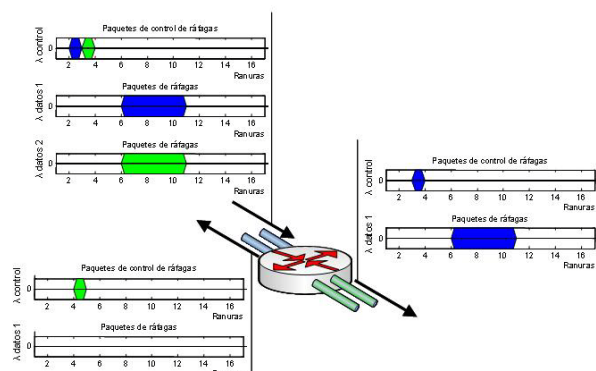


figura 2. Representación visual del tráfico

8. Resultados

Situaciones críticas típicas a analizar son las que se dan lugar cuando aparece congestión en la red. Cada nodo de comunicaciones debe resolver la congestión mediante el descarte, almacenamiento o redirección de paquetes. El simulador ofrece dos alternativas en el estudio de dichas situaciones: analizar el tráfico que circula por la red y analizar las tablas de estado internas de cada nodo, en todo instante de tiempo. Para las primeras aproximaciones en el estudio de estas situaciones, es suficiente con los datos, tanto gráficos como estadísticos, procedentes del tráfico; debiéndose profundizar en la evolución de los estados internos de los nodos si se desea obtener un mayor grado de profundidad. De esta forma, puede tanto predecirse el comportamiento de la red, como determinarse los motivos subyacentes de ese comportamiento.

Nodos	1
Paquetes recibidos	4
Paquetes recibidos control	2
Paquetes recibidos datos	2
Paquetes transmitidos	3
Paquetes transmitidos control	2
Paquetes transmitidos datos	1
Ráfagas aceptadas	1
Ráfagas descartadas	1
Ráfagas truncadas	0
Retransmisiones	0
BCP (Reservas) aceptados	0
BCP (Reservas) descartados	0
BCP (Reservas) anulados	0
Reservas sustituidas	0
BCP (Cancelaciones) aceptadas	0
BCP (Cancelaciones) generadas	0
BCP (Cancelaciones) propagadas	0

Tabla 1. Tabla de estadísticas del tráfico simulado

El simulador ofrece dos tipos de vistas: gráfica y numérica. La figura 2 ofrece una vista de la representación gráfica temporal del tráfico que circula por un nodo. El juego de colores se ha escogido con el fin de identificar los paquetes de control asociados a las ráfagas de datos. Puede observarse como, en este ejemplo simple, ante un conflicto entre dos paquetes que deberían transmitirse al mismo tiempo –efecto de congestión–, el paquete azul es transmitido y el verde es descartado, notificándosele al nodo anterior la pérdida de datos.

Esta misma información gráfica puede sintetizarse en una tabla resumen. En este ejemplo, la información estadística que la tabla 1 puede ofrecer es obvia.

9. Conclusiones

Se ha presentado un simulador de redes que permite el análisis y desarrollo de servicios telemáticos en redes de conmutación óptica de ráfagas. El uso de esta herramienta ofrece altas prestaciones en la evaluación de la aplicabilidad de dichas redes en nuevos servicios de teleasistencia e inteligencia ambiental.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Fundación i2CAT, por el proyecto EURO-FGI y por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT) y FEDER dentro de proyecto TSI2006-12507-C03-03.

10. Referencias

- [1] Y. Chen, C. Qiao, X. Yu, "Optical Burst Switching: a New Area in Optical Networking Research," *IEEE Network*, Vol. 18, Issue 3, pp.16 – 23, May-June 2004.
- [2] M. Yoo, C. Qiao and S. Dixit, "QoS Performance of Optical Burst Switching in IP-Over-WDM Networks," *INFOCOM 2003*, Proceedings, vol. 3 pp. 2268-2278.
- [3] M. Yoo and C. Qiao, "Just-Enough-Time (JET): A High Speed Protocol for Bursty Traffic in Optical Networks," *IEEE/LEOS Conf. on Technologies for a Global Information Infrastructure*, August 1997, pp. 26–27.
- [4] J.J.P.C. Rodrigues, M.M. Freire and P. Lorenz, "One-way Resource Reservation Protocols for IP over Optical Burst Switched Mesh Networks," *Systems Communications 2005*. Proceedings, pp. 14-17 Aug. 2005.
- [5] K. Dolzer, C. Gauger, J. Sph and S. Bodamer, "Evaluation of Reservation Mechanisms for Optical Burst Switching," *International Journal of Electronics and Communications (AE)*. Vol. 55, No. 1, 2001.
- [6] H. L. Vu and M. Zukerman, "On the deflection routing in QoS supported optical burst-switched networks," *IEEE Communications Letters*, 6(5), pp. 214-216, May 2002.
- [7] V. Vokkarane, J. P. Jue and S. Sitaraman, "Burst Segmentation: an Approach for Reducing Packet Loss in Optical Burst Switched Networks," *IEEE ICC (IEEE, New York, 2002)*, Vol. 5, pp. 2673–2677.
- [8] V. Vokkarane and J. P. Jue, "Segmentation-Based Nonpreemptive Channel Scheduling Algorithms for Optical Burst-Switched Networks," *Journal of Lightwave Technology*, Vol. 3, No. 10, October 2005.
- [9] S.Y. Lee, I-Y. Hwang and H-S. Park, "A New Paradigm of Optical Burst Switching System for Lossless Transmission," *ICNICONSMCL 2006*.

- [10] S. Jung and M. Knag, "A New Collision-free Media Access Protocol for Metro OBS Ring Networks," *ICTACT*, pp. 790-792, February 2006.
- [11] H. Zang, P. Jue and B. Mukherjee, "A Review of Routing and Wavelength Assignment Approaches for Wavelength-Routed Optical WDM Networks," *Optical Networks Magazine*, Jan. 2000, pp.47-60.
- [12] J. Xu, C. Qiao, J. Li and G. Xu, "Efficient Channel Scheduling Algorithms in Optical-Burst-Switched Networks," *IEEE INFOCOM*, New York, 2003.
- [13] J. Li, C. Qiao and Yang Chen, "Recent Progress in the Scheduling Algorithms in Optical-Burst-switched Networks [Invited]," *Journal of Optical Networking*, Volume 3, Issue 4, pp. 229-241, April 2004.
- [14] V.M. Vokkarane, G. P. V. Thodime, V. U. B. Challagulla, and J. P. Jue, "Channel Scheduling Algorithms Using Burst Segmentation and FDLs for Optical Burst-Switched Networks," *IEEE ICC* (IEEE, New York, 2003), Vol. 2, pp. 1443–1447.
- [15] D. Guasch, C. Cervelló y D. Roca, "Sistema, implantado por ordenador, para simular routers ópticos OBS", Patente nº P200502790, 2005.
- [16] D. Guasch, C. Cervelló y D. Roca, "Sistema, implantado por ordenador, para el testeo y validación automática de implementaciones de routers OBS, " Patente nº P200502791, 2005.
- [17] D. Guasch, C. Cervelló, A. Agustí y D. Roca, "Entorno de Validación y Medida para la Construcción de Routers de Conmutación Óptica de Ráfagas", *TELECOM I+D*, pp. 1-7, 2006.
- [18] D. Guasch, C. Cervelló, A. Agustí y D. Roca, "Construcción de un Entorno de Simulación para Redes Ópticas de Conmutación de Ráfagas", *TELECOM I+D*, pp. 1-9, 2006.
- [19] D. Guasch, C. Cervelló, D. Roca y A. Agustí, "Aplicación de las Redes Ópticas de Conmutación de Ráfagas en Sistemas de Tele-asistencia", *TELECOM I+D*, pp. 161-173, 2006.