



Transmisión HDTV/IP sobre enlace óptico gestionado con UCLP

Transmission of HDTV over IP on an Optical Connection Provisioned through UCLP

◆ S. Figuerola, E. Grasa, M. Hurtado et al.

Resumen

El artículo describe el experimento de transmisión de vídeo de alta definición por Internet (HDTV/IP) entre Europa, América y Asia mediante un enlace óptico de alta capacidad establecido con el sistema UCLP (User Controlled Lightpath Provisioning) a través de las redes i2CAT, RedIRIS, Géant, CA*net 4 y KREONet2.

Los contenidos de alta definición con calidad de estudio se comprimieron sin pérdidas en los laboratorios del MediaCAT en Barcelona, para ser posteriormente enviados a 270 Mbps a Corea a través del enlace óptico de gran ancho de banda gestionado por el software UCLP. Esta aplicación, desarrollada en código abierto por el CRC y posteriormente modificada por la UPC, permite a los usuarios finales con grandes demandas de ancho de banda crear, subdividir y eliminar enlaces ópticos sin la participación de un operador de red.

Palabras clave: UCLP, HDTV, enlace óptico, vídeo alta definición, Jini, Web Services

Summary

This paper describes the HDTV over IP video transmission through a high bandwidth optical channel established by the UCLP system (User Controlled Lightpath Provisioning) spanning Europe, America and Asia linking, i2CAT, RedIRIS, Géant, CA*net 4 and KREONet2 Optical Networks.

The high definition TV contents were compressed in the MediaCAT labs at Barcelona using an algorithm without losses before being sent at 270 Mbps to Korea through the high bandwidth optical link managed by the UCLP software. This open source application, developed by the CRC and later adapted to the i2CAT optical network by the UPC, allows end users with big bandwidth requirements to create, partition and sublease dedicated point-to-point optical links without signaling to a network operator.

Palabras clave: UCLP, HDTV, optical channel, high definition TV, Jini, Web Services

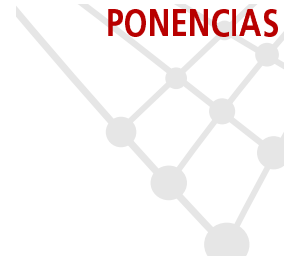
1.- Introducción

La transmisión de vídeo de alta definición por Internet está actualmente recibiendo un creciente interés en la comunidad de Internet2[1], principalmente debido al estudio de la calidad transmitida y al análisis de los requerimientos de red. La revolución en las redes de la nueva Internet óptica, por su parte, hace viable empezar a diseñar redes con capacidades de Gigabit Ethernet, capaces de ofrecer servicios de gran ancho de banda al usuario final. El concepto de redes controladas por el usuario (Customer Empowered Networks[1]), representa una apuesta por una arquitectura de red peer-to-peer[1] a diferencia de la de cliente-servidor, actualmente implantada por los operadores de red.

Fruto de la investigación aportada por la Fundación i2CAT (mediante el Grupo de Comunicaciones Ópticas de la UPC y el MediaCAT), el Communications Research Centre Canada y Research Channel, se ha realizado una demostración internacional, donde la interconexión de varias redes de investigación avanzadas, pertenecientes a dominios de gestión independientes, se ha realizado con éxito.

En esta experiencia, se estableció por primera vez un enlace tricontinental para la transmisión de contenidos de alta definición entre Europa, América y Asia, a través de un enlace dedicado entre Corea y Barcelona. El establecimiento del enlace óptico se realizó mediante el sistema User Controlled Lightpath Provisioning (UCLP). Esta tecnología pionera, permitirá interconectar las redes ópticas de investigación más rápidas del mundo. La aplicación, desarrollada en código abierto permite a los usuarios crear, subdividir y eliminar enlaces ópticos bajo demanda y en tiempo real, con el objetivo de facilitar las comunicaciones y acelerar la investigación en campos que requieran de grandes anchos de

◆
El concepto de redes controladas por el usuario, representa una apuesta por una arquitectura de red peer-to-peer a diferencia de la de cliente-servidor, actualmente implantada por los operadores de red



banda en sus conexiones, como la astrofísica, la genómica, la medicina y la transmisión de vídeo de alta definición [5]. Para la comunidad científica, es muy importante la realización de trabajos en entornos colaborativos y que dispongan de aplicaciones basadas en tecnologías GRID y con grandes capacidades de transmisión.

Para dicha experiencia, se han utilizado plataformas de red óptica basadas en tecnología WDM y SONET, con interfaces a nivel de cliente de GETH, junto con la plataforma de vídeo digital 'Mediacat' capaz de distribuir la más alta calidad audiovisual actual, HDTV, la cual requiere un ancho de banda de 1,5Gbps o 270 Mbps en formato comprimido. Ello permite transmitir cine digital directamente por Internet y abre la posibilidad de una nueva industria audiovisual digital en red, basada en la producción local pero con una distribución global [4].

La Fundación i2CAT ha sido pionera en Europa en este tipo de transmisión. En el año 2002 realizó, en colaboración con Research Channel, la primera transmisión transatlántica de HDTV sobre Internet2 entre Ámsterdam y Seattle con una producción del año Gaudí grabada en HD por el Centro de Producciones Audiovisuales de la UPC. Igualmente en el año 2003 se realizó la primera transmisión europea de HD sobre IP entre Barcelona y Bruselas dentro de las Jornadas IPv6 organizadas por la Comisión Europea y gracias a la red GÉANT.

2.- El sistema UCLP

El sistema UCLP, propone una arquitectura de red totalmente distribuida y descentralizada basada en OON (Object Oriented Networks). Así pues, presenta un nuevo paradigma en la gestión y control de redes ópticas, mediante el uso de tecnología Jini/Javaspaces, permitiendo interconectar redes pertenecientes a distintos dominios de gestión mediante una filosofía de peering y bajo el mismo plano de control.

Esta nueva arquitectura (inicialmente desarrollada por Communications Research Centre -CRC- de Canadá y la Universidad de Ottawa, ha sido adaptada al entorno de la red óptica de la Fi2CAT) ofrece el control y gestión de la red al usuario final o cliente grid, para que éste, establezca canales ópticos (lightpath) end-to-end en tiempo real y con un ancho de banda garantizado.

El establecimiento de canales ópticos se realiza a través de dominios de gestión de red independientes (llamados federaciones), sin la necesidad de disponer de un proveedor de servicio que habilite dicho canal óptico, considerándose así, una mera extensión de su red de área local. Este sistema está orientado a redes que no dispongan de un número excesivo de nodos y orientado a la comunidad científica, la administración y las universidades. Asimismo ofrece la posibilidad de crear, subdividir y eliminar subredes privadas.

La arquitectura del sistema viene definida por la jerarquía de servicios UCLP [5] existentes en cada federación (ver figura 1). Esta, está formada por un conjunto de servicios Jini, que permiten realizar una abstracción de los niveles físicos de red para que sean transparentes al usuario final, de manera que el establecimiento de un lightpath sólo requiera de las IPs origen y destino, capacidad del enlace y tecnología de red utilizada a nivel cliente. Jini proporciona muchas ventajas en el desarrollo de aplicaciones distribuidas, dado que opera sobre Java y utiliza Remote Method Invocation (RMI) para acceder a servicios remotos, una tecnología madura.

El sistema UCLP dispone de un mecanismo de localización de federaciones que permite tener todos los datos en bases de datos distribuidas, donde se guarda la información de las federaciones y recursos que componen el conjunto de las redes interconectadas. Con el objetivo de facilitar la

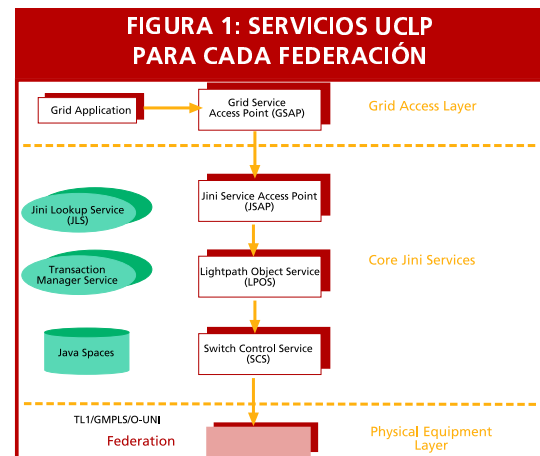
◆
Para la comunidad científica, es muy importante la realización de trabajos en entornos colaborativos, y que dispongan de aplicaciones basadas en tecnologías GRID y con grandes capacidades de transmisión



El JLS es un registro de servicios Jini distribuidos, que permite encontrar servicios sin saber de antemano su localización

comunicación mediante un cliente basado en Web Services y el sistema UCLP, se ha definido el servicio GSAP, el cual acepta peticiones de usuarios mediante Simple Object Access Protocol (SOAP). El GSAP anuncia sus servicios mediante una base de datos Universal Description, Discovery and Integration (UDDI). La comunicación con los clientes grid cumple con la Open Grid Service Architecture (OGSA).

La interacción entre la capa de acceso grid y los servicios Jini se realiza mediante el servicio JSAP, el cual decide qué federaciones deben ser utilizadas para establecer una conexión e2e entre dos puntos finales. Los servicios Jini de la federación, operan en la misma subred, y se registran con el JLS de las federaciones mediante descubrimiento multicast.



Los servicios representados en azul en la figura 1 son servicios de soporte estándar:

- El JLS es un registro de servicios Jini distribuidos, que permite encontrar servicios sin saber de antemano su localización.
- El Javaspaces es una base de datos persistente para mantener los estados de los links existentes entre las federaciones.
- EL transaction manager, agrupa invocaciones distribuidas de servicios en una sola transacción.

El servicio SCS es el responsable de crear y eliminar conexiones en el switch (mediante TL1, SNMP, CLI) o a través de una federación mediante GMPLS o la interfase O-UNI.

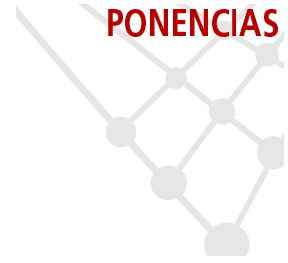
3.- Establecimiento de una conexión

Cuando una federación origen realiza una petición de conexión e2e, basada en la información de routing del JSAP, el LPOS de dicha federación realizará invocaciones de servicios a los Javaspaces y SCS de todas las federaciones existentes a lo largo de la ruta establecida. Para que se pueda establecer un descubrimiento a nivel inter-federacional, y sin tener que estar ligado a un rango multicast, se introduce el concepto de Federation Manager, que consiste en un cluster de servicios JLS. Este servicio, fruto de una extensión del servicio estándar de Jini JLS, permite que una federación JLS se registre con él vía un descubrimiento Jini unicast, y automáticamente sea registrada con todo el conjunto de federaciones JLS de forma dinámica.

4.- Configuración del enlace España-Corea

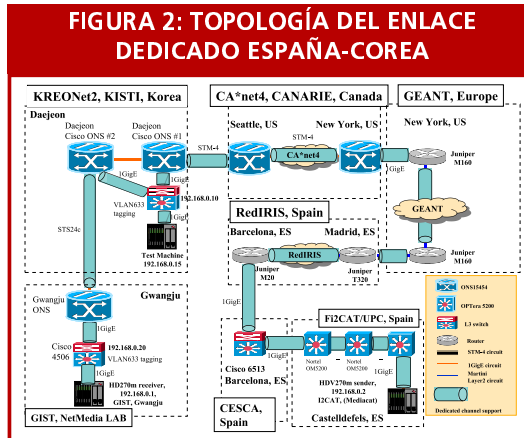
La realización del Test-bed, consistió en el establecimiento de una canal óptico entre Gwangju-Daejeon-Seattle-NewYork-Barcelona, mediante una conexión server-to-peer/peer-to-server entre i2CAT-Géant y Géant-KREONet2.

Para solventar la no existencia de un enlace óptico entre NY y BCN, Dante, con la colaboración de RedIRIS y CESCA proporcionaron un túnel MPLS, de manera que se ofreció un punto de virtual



peering entre las plataformas CA*net 4 e i2CAT. Estas plataformas, no sólo disponen de equipamiento óptico distinto (OpteraMetro 5200 y ONS 15454) sino que también trabajan con tecnologías de red distintas basadas en WDM y SONET.

El enlace dedicado para esta transmisión fue establecido mediante el sistema UCLP desde la red óptica de i2CAT, la red CA*net 4 y KREONet2, pasando por Cesca, RedIRIS, Géant, Internet2, para así llegar a hasta BEXCO Busan Korea, como se ilustra en la Figura 2.



Una vez establecida la conexión entre España y Corea se realizó un conjunto de pruebas de red para verificar la calidad del enlace tri-continental, observando principalmente el jitter y la pérdida de paquetes en transmisiones UDP, mediante el software Iperf [6], véase Tabla 1. El comportamiento de estos parámetros es crítico para la transmisión de vídeo de alta definición, con calidad estudio a 270 Mbps, ya que este sistema no está orientado a la recuperación de errores, por el contrario, se presupone un servicio de red fiable.

Una vez establecida la conexión entre España y Corea se realizó un conjunto de pruebas de red para verificar la calidad del enlace tri-continental

Ancho de Banda	Jitter	Pérdida paquetes
100 Mbits/sec	1,150 ms	0,077%
300 Mbits/sec	1,011 ms	0,213%
500 Mbits/sec	0,997 ms	0,498%
560 Mbits/sec	0,994 ms	9,32%

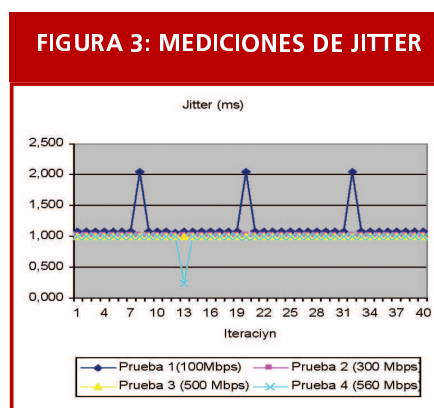
Tabla 1: Resultados pruebas de red

Como se observa en la Tabla 1, las pruebas se realizaron incrementando el ancho de banda a transmitir con el fin de estresar el enlace. Los valores pro-medio de jitter y pérdida de paquetes son bastante aceptables en transmisiones entre 100 y 500 Mbps y ofrecen suficiente fiabilidad para la transmisión de alta definición a 270

Mbps. El máximo ancho de banda soportado en las pruebas fue de 560 Mbps, sin embargo la limitación en este caso está dada por el sistema operativo WindowsNT4 instalado en el equipo emisor más que por el rendimiento del enlace de red.

Puesto que la tabla anterior solamente refleja valores promedio, es interesante observar en detalle el comportamiento del jitter y pérdida de paquetes que se ilustran en la Figura 3 y Figura 4.

Como se observa en la Figura 3, el jitter no presenta una variabilidad importante, pese al incremento del ancho de banda en cada prueba, prácticamente los valores oscilan entre 1 ms, los valores promedio descritos anteriormente fueron afectados por valores atípicos. Un fenómeno similar se produjo al observar la pérdida de paquetes, que se incrementó levemente a medida que se transmitió mayor ancho de banda, manteniéndose

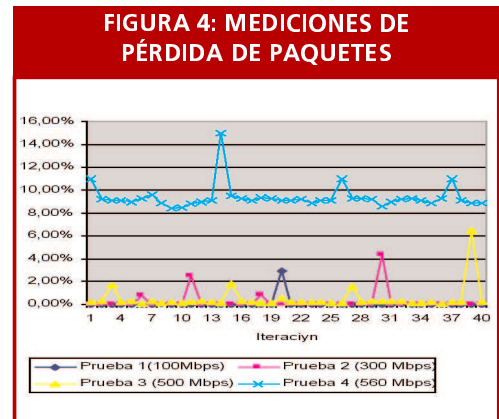




entre 0.07% y 0.4%, llegando a alcanzar el 9.32% en el momento de transmitir el máximo ancho de banda tolerado por el emisor.

5.- Transmisión de alta definición

En calidad difusión se ha transmitido alta definición a 19.2 Mbps MPEG2 mp@hl (main profile high level) en formato 720p 60 Hz. Los contenidos fueron capturados directamente desde una cámara JVC hacia un PC, desde donde se visualizaron y transmitieron mediante el software Videolan hacia Corea [7][8].



Se ha conseguido transmitir contenidos de alta definición a través de un enlace óptico tricontinental de altas prestaciones

Los contenidos de alta definición con calidad estudio se transmitieron a 270 Mbps en formato comprimido, a través de la plataforma HDTV de i2CAT. El sistema de transmisión se compone de un equipo emisor el cual mediante una tarjeta de vídeo y un software especializado empaqueta los contenidos de alta definición en formato comprimido (SDTI) para que puedan transmitirse sobre IP, este flujo se transmitió desde i2CAT hacia KREONet2.

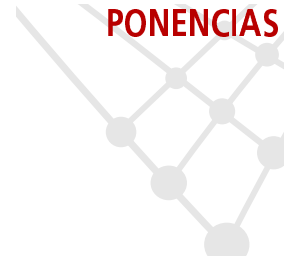
En recepción un equipo similar al emisor desempaqueta los frames SDTI enviándolos a un Codec de descompresión, el cual se encarga de recibir la señal SDTI a 270 Mbps y pasarla a 1.5 Gbps, el proceso de compresión-descompresión se realiza sin pérdida. Finalmente la señal a 1.5 Gbps se puede visualizar en los laboratorios de ANF Korea. En recepción se percibió una muy buena calidad de los contenidos transmitidos desde i2CAT tanto de alta definición a 19,2 Mbps como de alta definición con calidad estudio.

6.- Conclusiones

Podemos concluir que se ha conseguido transmitir contenidos de alta definición a través de un enlace óptico tricontinental de altas prestaciones. Asimismo el enlace óptico proporcionó las prestaciones necesarias para que los contenidos de alta definición sean visualizados en Corea con la calidad suficiente, mediante una gestión del enlace óptico realizada por los propios usuarios de forma totalmente distribuida.

Agradecimientos

Esta experiencia fue realizada gracias a la colaboración entre la Fundación i2CAT, CRC, ANF Korea, CESCA, RedIRIS, CANARIE, Dante-GÉANT, KISTly Research Channel.



Referencias

- [1] University of Washington. Internet HDTV. <http://www.washington.edu/hdtv/>
- [2] Jing Wu, et al "User Managed End-to-End Lightpath Provisioning over CA*net 4" NFOEC Tech. Proceedings 2003
- [3] Jing Wu, J. Michel Savoie, Bill St. Arnaud. "Peer-to-Peer Optical Networking Architecture, Functional Requirements and Applications. World Scientific April 2002
- [4] I2CAT. HDTV sobre IP. http://www.i2cat.net/i2cat/servlet/I2CAT.MainServlet?seccio=21_12
- [5] H. Zhang, J. Wu, S. Campbell, M. Savoie, G. Bochmann, B. St. Arnaud. "A Distributed Testbed for a UCLP System using Jini/javaspaces Technologies. ECOC 2004
- [6] Iperf. <http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>
- [7] ANF Advance Network Forum. Korea <http://www.anf.ne.kr/>
- [8] ANF HDTV <http://hdtv.nm.gist.ac.kr/ANF>

Sergi Figuerola, Eduard Grasa,
(sergi.figueroles@i2cat.net), (eduard.grasa@tsc.upc.edu)
Marisol Hurtado, Jesús Alcober,
(marisol.hurtado@i2cat.net), (alcober@iee.org)
Joaquim Recio, G. Junyent,
(joaquin.recio@tsc.upc.edu), (junyent@tsc.upc.edu)
Fundació i2CAT Internet i innovació a Catalunya
Michel Savoie, Scott Campbell,
(michel.savoie@crc.ca), (scott.campbell@crc.ca)
Hanxi Zhang, Jing Wu
(hanxy.zhang@crc.ca), (jing.wu@crc.ca)
Communications Research Centre Canada