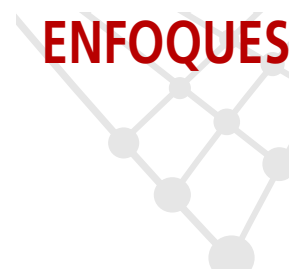


Opera Oberta, vídeo de alta calidad en RedIRIS



Opera Oberta, High Quality Video in RedIRIS

◆ Ángel Fernández y José M^a Fontanillo

Resumen

El proyecto Opera Oberta (<http://opera-oberta.liceubarcelona.com>) es pionero en la utilización de la red académica en la distribución de vídeo en alta calidad.

El principal componente del proyecto es la emisión de varias óperas en directo que son enviadas desde el Gran Teatro del Liceu de Barcelona y utilizando la red académica, van destinadas a las universidades participantes. En dichas universidades el visionado de las óperas forma parte de asignaturas curriculares y para ellos se habilitan salas donde se proyectan las óperas en las mejores condiciones posibles de imagen y sonido.

Al mismo tiempo Opera Oberta tiene el componente que más nos interesa en este artículo y es servir de plataforma de demostración de servicios avanzados en la red al permitir experimentar el despliegue e integración de los mismos.

Palabras clave: Opera Oberta, vídeo de alta calidad, Liceu, servicios avanzados

Summary

The Opera Oberta Project is pioneer in the use of an Academic Network for the distribution of high quality video.

The main purpose of the Project is the emission of several live operas broadcasted from the Great Theater Liceu of Barcelona using the Spanish Academic Network and destined to those universities that take part in the Project.

Operas are showed to students in these universities offering them image and sound quality in the best possible way. These emissions are considered as part of their curricular subjects.

This paper takes also into account another interesting purpose of the Project as being a platform of demonstration of advanced services in networks that allow these high performance requisite.

Keywords: Opera Oberta, high quality video, Liceu, advanced services

1.- Introducción

El proyecto Opera Oberta es el proyecto más emblemático y conocido del programa "Digital Opera. El Liceu en la Universidad"; programa de actividades impulsadas por el teatro de ópera barcelonés, con el objetivo de acercar el arte de la ópera al gran público, en especial a los jóvenes.

Una característica común a todos los proyectos incluidos en el programa -Opera Oberta, Opera Learning y Opera Web- es la utilización de la tecnología y en especial Internet, como pieza fundamental. Esta vocación se refleja en el patrocinio del programa por parte del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, a través de la Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y que culmina con la firma de un convenio de colaboración Ministerio-Liceu en julio de 2003. Asimismo, el programa cuenta con el patrocinio de Telefónica.

El proyecto Opera Oberta, concretamente, se inició en el curso 2001-2002 por lo que se encuentra este año en su tercera edición.

◆
El proyecto Opera Oberta es pionero en la utilización de la red académica en la distribución de vídeo en alta calidad



RedIRIS como infraestructura horizontal que da soporte a la comunidad de I+D+I española es una plataforma adecuada para ensayar nuevos servicios y tecnologías

Se pone de manifiesto en este proyecto cómo la colaboración entre instituciones generadoras de contenidos y de infraestructuras permite elaborar servicios avanzados que son demandados por la comunidad académica.

El gran aumento de capacidad de las redes de I+D+I, hacen posible la distribución en directo de video y audio con calidades equivalentes, e incluso superiores, a los medios convencionales, como radio, VHS, satélite, DVD, etc.

RedIRIS como infraestructura horizontal que da soporte a la comunidad de I+D+I española es una plataforma adecuada para ensayar nuevos servicios y tecnologías.

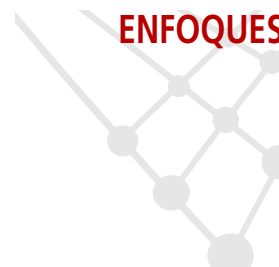
Opera Oberta se estructura como un curso académico de introducción a la ópera, con valor curricular y formado por los siguientes elementos: la transmisión en alta calidad de 5 óperas de la temporada del Liceu en directo, una clase previa de introducción a cada ópera, también transmitida desde el Liceu, un portal en Internet con materiales complementarios y profusión de contenidos multimedia y -finalmente- una evaluación final.

Durante el curso 2002-2003 participaron en el proyecto las siguientes universidades:

- Universitat Pompeu Fabra
- Universitat Autònoma de Barcelona
- Universitat Politècnica de Catalunya (Campus Terrassa y Barcelona)
- Universitat Rovira i Virgili de Tarragona
- Universitat de València
- Universitat de les Illes Balears (Campus Mallorca, Menorca e Ibiza)
- Universidad Pablo de Olavide de Sevilla
- Universidad de Salamanca
- Universidad de Vigo
- Universidad de Oviedo
- Universidad del País Vasco (Campus Bilbao, San Sebastián y Vitoria)
- Universidad Carlos III de Madrid
- Universidad Politécnica de Madrid

El interés creciente de las universidades y la favorable acogida por parte de los alumnos, ha permitido que en el curso 2003-2004, todas las universidades repitan y se hayan incorporado, además, los siguientes centros:

- Universitat de Barcelona
- Universitat de Girona
- Universidad de Valladolid
- Universidad de Alcalá de Henares
- Universidad de Cantabria
- Universitat d'Alacant
- Universidad de Santiago de Compostela (Campus Santiago y Lugo)
- Universidad de Murcia
- Universidad de León
- Universidad de La Laguna
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- Universitat d'Andorra
- Universidad de Castilla-La Mancha (Campus Ciudad Real, Toledo, Albacete y Cuenca)
- Universidad de Zaragoza (Paraninfo Plaza Aragón, Campus CPS y San Francisco)



En total 27 universidades y 39 campus, con una media superior a los 2.500 alumnos de asistencia a cada retransmisión, cifra que se verá incrementada durante el próximo curso, con los siguientes centros que ya han confirmado su interés en participar:

- Universidad Pública de Navarra
- Universidad de Extremadura
- Universidad Nacional de Educación a Distancia
- Universitat Oberta de Catalunya
- Universidad de Sevilla
- Universidad de Córdoba
- Universidad de Deusto
- Universidad de Granada
- Universidad de Almería
- Universidad de Cádiz
- Universidad de La Rioja
- Universidad de Huelva
- Universidad de Jaén
- Universidad de La Coruña



Se ha iniciado también la expansión a Europa con una primera presencia, con finalidades de experimentación, en los organismos gestores de la red académica y de investigación de Portugal (FCCN), Francia (Renateur), Alemania (DFN), Suecia (SUNET) e Italia (GARR). Finalmente, se está desarrollando una primera prueba piloto para Latino América en México, con la colaboración de CUDI, organismo de gestión de la red académica mejicana. Esta expansión ha permitido concretar ya en este momento la participación en el proyecto el próximo curso de los siguientes centros:

- Universidad Autónoma de Nuevo León
- Instituto Tecnológico de Monterrey
- Université Paristech

Gracias al proyecto ALICE (*América Latina Interconectada Con Europa*), a partir del 1 de agosto del 2004 se creará una nueva red troncal en América Latina que contará con un enlace directo a Europa mejorándose sustancialmente la comunicación con América Latina y facilitándose el crecimiento en estas áreas del proyecto.

2.- Requisitos del proyecto

Durante la fase de diseño se detectaron los siguientes:

- Obtener la más alta calidad posible de video.
- Audio 5.1 envolvente y estéreo para las salas que no estén acondicionadas para el 5.1
- Subtítulos seleccionables en varios idiomas.
- Clase previa con audio en múltiples idiomas seleccionables.
- Escalabilidad: debe poder incrementarse el número de centros participantes.
- Cifrado de la señal para preservar los derechos sobre los contenidos.

En total 27 universidades y 39 campus, con una media superior a los 2.500 alumnos de asistencia a cada retransmisión



La necesidad de subtitar las operas en distintos idiomas simultáneamente y en tiempo real, representa una dificultad técnica importante y requiere contar con un equipamiento específico

Además, para la coordinación durante las pruebas y emisiones se estimó conveniente la utilización de algún sistema de comunicación que permitiera el intercambio de informaciones entre los técnicos de todos los centros.

3.- Descripción

Toda la arquitectura se ha basado en el estándar europeo de distribución de video DVB (Digital Video Broadcasting). Éste permite incluir distintas pistas de audio, subtítulos, etcétera, dentro de las tramas en las que se multiplexa el vídeo MPEG-2, de forma que finalmente un único MPEG-2 *transport stream* es el que viaja por la red.

DVB es un estándar que describe tecnologías para televisión digital, que se utiliza para satélite, televisión digital terrestre, cable y para el que en este proyecto se ha realizado una aplicación pionera sobre Internet.

Puesto que RedIRIS y las redes autonómicas operadas por CESCO, CESA y CICA –en Catalunya, Galicia y Andalucía respectivamente–, con su red de segunda generación interconectan a las Universidades, se dispone del medio de transmisión adecuado para llevar la señal a éstas. Contándose, a través de RedIRIS, con la salida a la red europea GÉANT y, por consiguiente, a cualquier otra red de segunda generación del mundo.

El requisito de escalabilidad hacía necesario que el tráfico no creciera innecesariamente –con un número de centros receptores en constante crecimiento– más que en los segmentos que fuera necesario y para ello la solución fue utilizar IP multicast como medio de distribución.

3.1.- Codificación de vídeo y audio

La codificación elegida fue MPEG-2 que permite llegar a bitrates superiores a 10 Mbps, proporcionando una calidad de imagen superior a un DVD convencional. MPEG-2 es el estándar de codificación de vídeo profesional ampliamente utilizado en la industria: DVD, DVB, TDT, S-VCD, etc.

A partir de una señal SDI (Serial Digital Interface) de 275 Mbps proveniente de las 8 cámaras digitales robotizadas del Teatro y tras la realización, la señal llega al codificador DVB-MPEG2

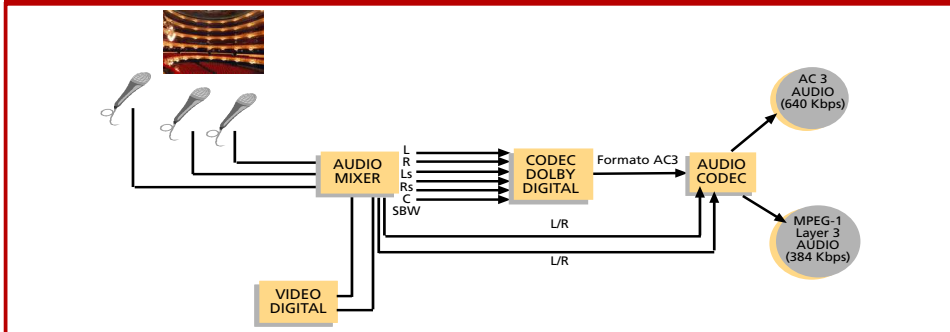
El audio es transmitido con distintas mezclas en estéreo, codificada en MPEG-1 layer 3 a 384 kbps, por la que se envían las distintas lenguas para la clase previa –castellano y catalán durante este último curso– y una mezcla 5.1 (sonido envolvente) a 640 kbps, codificada en Dolby Digital durante la transmisión de las óperas, mezcla que se reduce a un estéreo en los centros sin reproducción Dolby Digital.



3.2.- Subtitulación

La necesidad de subtitar las operas en distintos idiomas simultáneamente y en tiempo real, representa una dificultad técnica importante y requiere contar con un equipamiento específico.

FIGURA 2: CODIFICACIÓN DE AUDIO



Dado que la escalabilidad era uno de los requisitos, se descartó desde el comienzo la emisión de un flujo con los subtítulos incrustados en cada uno de los idiomas. Además, es previsible que se vayan incorporando nuevos idiomas en el futuro a medida que se vayan incorporando universidades europeas y del resto del mundo, lo que no sería viable utilizando sistemas de incrustación sobre video.

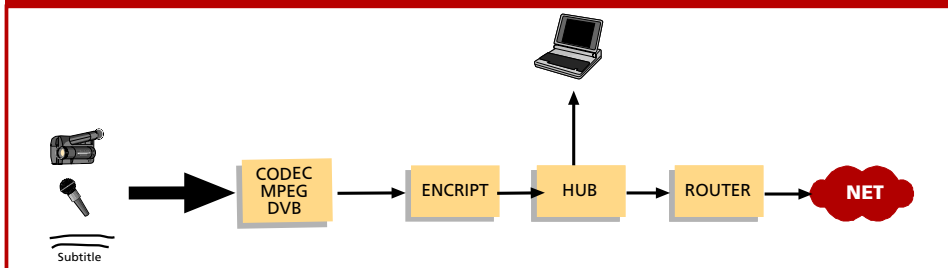
El sistema utilizado, el modelo ST931 de la casa CAVENA, para la subtitulación permite:

- Introducir subtítulos en el origen.
- Inserción simultánea de los subtítulos –marcada por el operador del sistema de subtitulación existente en el Teatro– en tiempo real y sincronizada con la representación operística.
- La utilización de DVB permite la inclusión de flujos de subtítulos en un flujo MPEG-2 transport stream (TS), que contiene a la vez los flujos de audio y vídeo, con las señales sincronizadas. De esta forma los clientes receptores pueden optar por elegir el idioma en el que desean los subtítulos y son los propios receptores los que realizan la composición del texto superpuesto sobre el vídeo. Existiendo, por lo tanto, un único flujo de video y audio para cualquier subtitulación.

3.3.-Cifrado

La reserva de los derechos adquiridos sobre las producciones a retransmitir así como el cumplimiento de las obligaciones legales, hace imprescindible proceder al cifrado de la señal transmitida.

FIGURA 3: CIFRADO



Para ello, se utilizan técnicas de VPMN (Virtual Private Multicast Network), basadas en la creación de la red privada en los extremos, es decir, se cifra antes del router de salida y se descifra después del router de llegada, de forma que se puede atravesar sin problemas los firewall de las universidades

Tanto la reserva de los derechos adquiridos sobre las producciones a retransmitir como el cumplimiento de las obligaciones legales, hace imprescindible proceder al cifrado de la señal transmitida



Las emisiones utilizando tecnología multicast comenzaron en RedIRIS en el año 1996, con el piloto IRIS-MBONE

destinatarias. Se descartaron soluciones basadas en VPN (Virtual Private Network) entre los router, dadas las diferentes marcas existentes de este tipo de equipamientos en el entorno universitario y las enormes dificultades de compatibilizar su funcionamiento.

El sistema elegido, de la marca IRDETO ACCESS, es muy similar a los utilizados por las plataformas digitales de TV y funciona a partir de unas claves introducidas en una tarjeta con chip, que se lee desde un PC mediante un lector USB y al intercambio periódico y automático de la clave de cifrado utilizada.

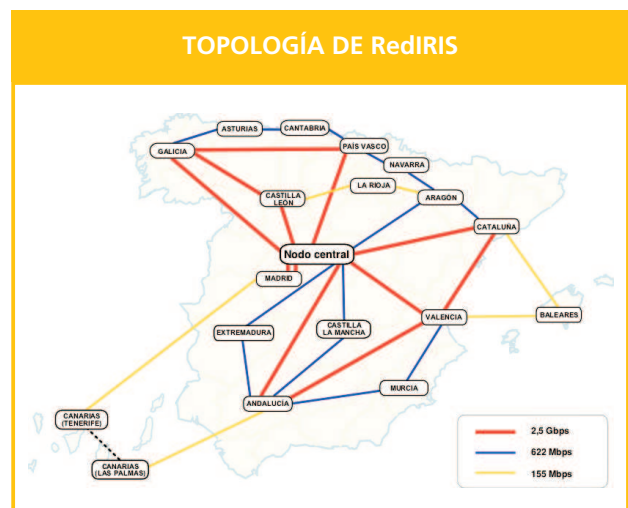
4.- Transmisión

Como ya se ha explicado se creyó conveniente utilizar IP multicast, la razón fundamental es ser la única tecnología que escala para la distribución de vídeo a altas tasas. La otra alternativa al uso de multicast nativo es implementar uno a nivel de aplicación mediante reflectores distribuidos por la red, pero es más complejo de gestionar y no es óptimo desde el punto de vista de la topología de red.

4.1.- Multicast

Las emisiones utilizando tecnología multicast comenzaron en RedIRIS en el año 1996, con el piloto IRIS-MBONE, en esta época el multicast se implementaba mediante túneles. Posteriormente en el año 2000 se pasó a tener soporte nativo multicast, sin embargo ha sido escasa su utilización; por diversos factores el soporte multicast en muchos casos no ha llegado al gran público quedándose en los centros de operación de red (NOC) de los centros.

Existen tres formas de comunicación: unicast (1 a 1), multicast (1 a varios) y broadcast (1 a todos). De forma sencilla y breve podemos explicar el modelo IP Multicast como una forma de hacer que una red IP se comporte como un medio de difusión, como por ejemplo la transmisión al espacio vía radio, donde el emisor emite en un determinado grupo ("frecuencia") y los receptores se unen a ese grupo ("sintonizan") para recibir ese tráfico sin que el emisor tenga conocimiento ni cambie su estado por ello. Dicho de otra forma, es la red la que se encarga de duplicar los paquetes en aquellos nodos en los que es necesario, garantizando que por un enlace no va a pasar dos veces paquetes con los mismos datos. De esta manera ni el sistema emisor soporta más carga por tener más receptores, ni el enlace de acceso al emisor soporta un tráfico proporcional al número de receptores, es el mismo siempre que exista algún receptor.



En la actualidad RedIRIS usa el protocolo PIM-SM. En este protocolo existen unos puntos llamados Rendezvous Points (RP) que son los únicos que tienen conocimiento dentro de RedIRIS de qué fuentes están emitiendo y en qué grupos. El intercambio de estos datos con otras redes se realiza mediante MSDP y MBGP.

Por ser RedIRIS una red mallada, la caída de cualquiera de sus enlaces es transparente y sólo produciría un pequeño corte hasta que el tráfico se reencamine de forma automática por otros enlaces, esto es así tanto para tráfico unicast como multicast, ya que el tráfico multicast basa su funcionamiento en el conocimiento de las tablas de encaminamiento usadas para unicast.

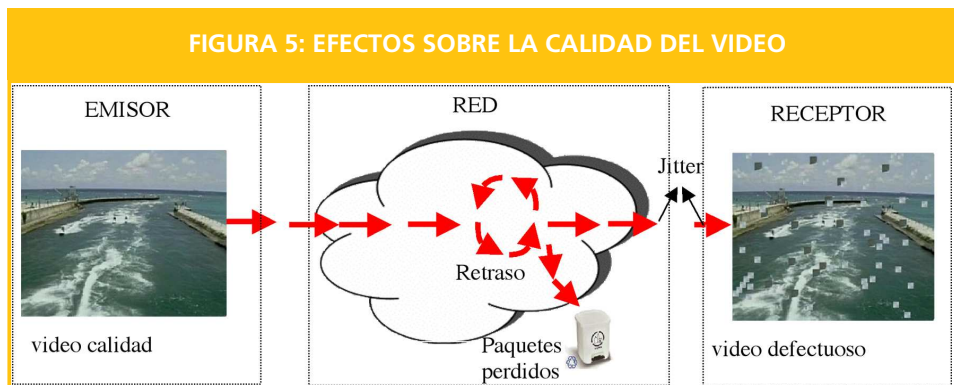
4.2.- Características de transmisión de vídeo

Podemos modelizar la calidad de una transmisión en tiempo real con tan sólo tres parámetros:

- Porcentaje de paquetes perdidos. Paquetes que no llegan/paquetes totales.
- Retraso en los paquetes. Tiempo desde que el emisor pone un paquete en la red hasta que éste llega al interface del receptor.
- Jitter o variación en el retardo. La diferencia de retraso entre los que llegan en menos y más tiempo.

En el caso de la transmisión de vídeo streaming (unidireccional) el parámetro más importante es el primero que debe ser prácticamente 0, puesto que un flujo en MPEG-2 en el que se pierde un 1% de paquetes es recibido como vídeo de **mala calidad** con cuadros, cortes y chasquidos en el sonido.

Por ser RedIRIS una red mallada, la caída de cualquiera de sus enlaces es transparente y sólo produciría un pequeño corte hasta que el tráfico se reencamine de forma automática por otros enlaces



El retraso de los paquetes no es demasiado importante para la aplicación que nos ocupa, puesto que no hay interacción.

El jitter se puede corregir en el cliente haciendo que éste aumente los buffer en los que recibe los paquetes antes de visualizarse. El jitter puede ser debido a cargas momentáneas en distintos tramos de la red que hacen que los paquetes se encolen en los routers momentáneamente.

5.- Recepción

La transmisión de Opera Oberta utiliza 2 grupos multicast. El primero contiene un transport stream (TS) MPEG-2 donde van los contenidos (audio, vídeo, subtítulos, tablas de control) y en el segundo viajan los códigos necesarios para que el receptor –con ayuda de una tarjeta smartcard y un software de control– descifre los contenidos que le llegan por el anterior grupo.

El software Cyphercast hace transparente al receptor el que la señal esté cifrada entregando al reproductor de vídeo el tráfico sin cifrar.



Desde el comienzo del proyecto se vió como un requisito fundamental que los técnicos de los centros tuvieran herramientas que permitieran su coordinación y comunicación

El reproductor de vídeo elegido en la última temporada ha sido VLC de Videolan (www.videolan.org), que tiene sus orígenes en un proyecto estudiantil de la École Centrale Paris (<http://www.ecp.fr/>). Se trata de un reproductor multiplataforma bajo licencia GPL para varios formatos de audio y vídeo (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, DivX, mp3, ogg, ...) además de reproducir DVDs, VCDs y soportar múltiples protocolos de streaming. Está ideado para redes de altas prestaciones. Puede ser utilizado además como un servidor para volcar a la red vídeo tanto en unicast como multicast sobre IPv4 e IPv6, aunque esta característica no es, por el momento, utilizada por el proyecto. Es la herramienta elegida por ser versátil, de gran calidad, extensible, de libre distribución y con el código abierto para soportar nuevas características. Un ejemplo de esto último fue la adición del soporte de subtítulos DVB que se realizó por el equipo desarrollador a petición del Liceu.

6.- Visionado

En las salas de visionado de las universidades se recomienda utilizar el siguiente equipamiento:

- PC PIV 2.5 Ghz, 512 Mbytes RAM con W2000 WS con:
 - Tarjeta de vídeo ATI RADEON 8500 o superior, con salida VGA, vídeo compuesto y DVI.
 - Tarjeta de sonido tipo Sound Blaster Audigy 5.1 digital.
 - Lector de tarjetas Smartcard USB donde se coloca la tarjeta que el Liceu envía a los centros receptores.
- Proyector con resolución XGA (1024x768) con lúmenes adecuados al tamaño de la pantalla y distancia de proyección.
- Sala acondicionada con sonido 5.1 o en su defecto estéreo.
- Pantalla desde 4x3 a 6x4 metros.

7.- Seguimiento del proyecto

Ya desde el comienzo del proyecto se detectó como un requisito importante para su desarrollo que los técnicos de los centros tuvieran herramientas que permitieran su coordinación y comunicación.

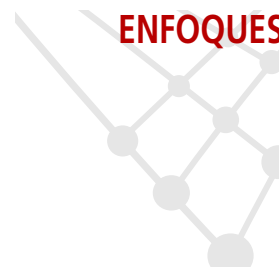
Por otro lado parece que es buena idea el que la participación en el proyecto de los distintos centros universitarios sea una oportunidad para que los responsables técnicos participantes puedan intercambiar opiniones y establecer nuevas relaciones que permitan enriquecer sus conocimientos.

Con estos objetivos se han utilizado dos herramientas:

- Una asíncrona, consistente en una lista de distribución albergada en el Liceu, por la cual se comunican los planes, horarios, recomendaciones, experiencias, preguntas, comentarios, etc.
- Otra síncrona, un servicio de mensajería instantánea albergado en RedIRIS basado en Jabber. Mediante esta herramienta los participantes entran en una sala de texto-conferencia que es usada en los ensayos y directos para comunicar incidencias, problemas, realimentación de lo que sucede en las salas como una idea del número de asistentes, etc.

8.- Dificultades

Por tratarse de un proyecto pionero dados los requisitos existentes y por utilizarse una red en producción por la que se cursa todo tipo de tráfico se han tenido que salvar algunas dificultades.



A pesar de llevar años disponible el servicio IP multicast en RedIRIS, para muchos de los centros ha sido la primera vez que lo han configurado en sus accesos.

Ha existido en algunos casos dificultad para identificar los elementos causantes de problemas. Para una recepción perfecta se necesita tener perfectamente configurados y afinados cada uno de los equipos por donde pasa la señal incluido el PC de decodificación. Algunos problemas encontrados son fallos en la autonegociación de los interfaces receptores con sus conmutadores, la carga de CPU en algunos routers con características limitadas, problemas con los PCs receptores como falta de CPU, memoria, configuración incorrecta, etc. No obstante la calidad ha sido generalmente buena.

9.- Futuro

Opera Oberta debe ser un proyecto en constante evolución tecnológica que sirva como plataforma de demostración de servicios avanzados, permitiendo experimentar con el despliegue e integración de los mismos.

En este sentido, se están evaluando algunas líneas futuras de evolución:

- Mejorar la calidad de emisión pasando a utilizar otros codec como por ejemplo DV (Digital Video), MPEG-4 u otros.
- Estudiar que herramientas de monitorización permitirían tener mejor información para solucionar problemas.
- IPv6 multicast.
- IGMP v3.
- Estudiar posibilidades y evaluar necesidad de QoS.



Opera Oberta debe ser un proyecto en constante evolución tecnológica que sirva como plataforma de demostración de servicios avanzados

Ángel Fernández

Gran Teatro del Liceu de Barcelona
(angel.fernandez@liceubarcelona.com)

José M^a Fontanillo

Red.es/RedIRIS
(jmaria.fontanillo@rediris.es)