

Videoconferencia y CSCW: La base tecnológica para la formación en línea y el trabajo en grupo

Víctor Castelo Gutiérrez
Pedro Miguel Ruiz Martínez

RESUMEN

Los avances tecnológicos en materia de telecomunicaciones de los últimos años y los que se están produciendo, aunque todavía no se encuentren en verdadera producción, están dando cada vez más posibilidades efectivas y por tanto la oportunidad de jugar un papel preponderante a los contenidos multimedia, como eje central de la actual Internet y de lo que será la Internet del futuro. En este artículo se hace un repaso al estado actual de las nuevas tecnologías de red así como del presente y el futuro de las aplicaciones que sirven y van a servir como base para la formación en línea y el trabajo colaborativo. Aunque el enfoque es general ciertos aspectos se observan desde la perspectiva de la red académica nacional.

ASPECTOS HISTÓRICOS

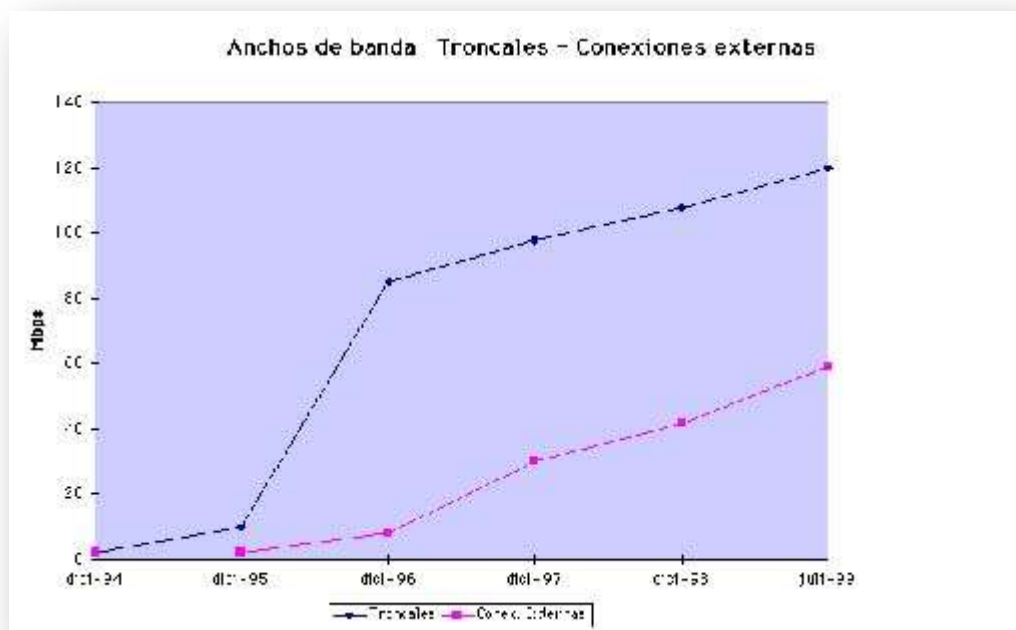
Las redes se están utilizando en nuestro país en entornos académicos y de investigación desde la década de los años 80, pero con unos comienzos donde la velocidad disponible estaba en el entorno de los 2.400 bps. Estamos hablando de una fase anterior a la implantación global de Internet y cuando ver una imagen era francamente difícil y al alcance de sólo unos privilegiados.

Cuando en el año 90 se comienzan las primeras experiencias en RedIRIS de conexión plena a Internet todavía estamos en una Internet en "blanco y negro" y modo texto con terminales, con velocidades en los troncales que no sobrepasan los 64 kbps. A finales de 1993 se dispone de una conexión internacional de 2 Mbps, pero todavía las conexiones nacionales tienen el límite de los 64 kbps, con lo que las primeras experiencias de Mbone sólo pueden realizarse en entornos locales.

El año 1994 marca el despegue de Internet, con el uso creciente del World Wide Web y aumento de los contenidos y de las personas que utilizan la red en los centros. Se comienzan a utilizar las primeras videoconferencias, aunque restringidas dentro de RedIRIS para no sobrecargar la línea internacional.

La infraestructura de RedIRIS dispone en 1995 de algunos troncales con líneas de 2 Mbps (Cataluña, Aragón, Canarias y Andalucía), pero es en 1996 cuando se produce un cambio significativo con todos los troncales a 2 Mbps.

La evolución posterior, aunque con serios problemas de saturación de la conexión USA, alcanza un punto decisivo en 1997 con la conexión a 22 Mbps dentro de la red TEN-34 con las universidades y centros de investigación europeos. También los troncales se incrementan de forma paulatina según las necesidades siempre crecientes.



En la actualidad (julio de 1999) nos encontramos en una situación en la que algunos troncales deben ser ampliados, con una conexión a la Europa de I+D de 34 Mbps en TEN-155 (<http://www.dante.net/ten-155/>), y con dos conexiones a USA (el resto de Internet), una de ellas priorizada para el uso de proxy-caché. También se dispone de una conexión con Ibbernet-Espanix de 34 Mbps aunque utilizada sólo hasta 18.5 Mbps para el intercambio de tráfico con proveedores comerciales en nuestro país.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Desde los comienzos de Internet hasta nuestros días se han producido muchos cambios, tanto en las tecnologías como en los contenidos. Hemos pasado de una red diseñada para la transmisión de ficheros y correo electrónico entre investigadores a una red que llega a cualquier rincón del planeta y en la que la transmisión de contenidos multimedia está a la orden del día.

Este cambio en la concepción de la red, provocado principalmente por la aparición del World Wide Web, ha hecho necesarios una serie de adaptaciones tanto en las topologías y tecnologías de las redes de comunicaciones como en los protocolos empleados.

Los protocolos que fueron la base de nuestra Internet, como TCP, IP, FTP, TELNET, etc., funcionan perfectamente siempre y cuando se empleen para el propósito con el que fueron diseñados. Sin embargo, cuando pedimos funcionalidad extra a nuestra red, como el envío de audio o vídeo en tiempo real, estos protocolos comienzan a mostrar sus carencias y se hace necesaria la aparición de nuevos protocolos que den soporte a las nuevas demandas de los usuarios. En los siguientes subapartados iremos viendo qué nuevas tecnologías y protocolos son los que permiten el empleo de contenidos multimedia en la red.

Tecnologías de red.

El empleo de contenidos multimedia ha obligado a que las infraestructuras de red cada vez hayan ido ofreciendo una mayor ancho de banda que facilitase la transmisión de este tipo de contenidos sin saturar los enlaces. Es por esto que cada vez han ido apareciendo tecnologías que consiguen un mayor ancho de banda tanto en entornos de red de área local como de área extensa:

- RDSI
- SDH
- Frame Relay
- ATM (Asynchronous Transfer Mode)
- Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
- Etc.

IPv6

Los protocolos de red también van a evolucionar hacia una mejor transmisión de contenidos multimedia. En concreto, el previsto como sustituto del IP actual, el IPv6, incorpora diferenciación de flujos, lo que va a permitir que cada tipo de contenido sea manejado por la red del modo que mejor convenga.

Para la experimentación de IPv6 en RedIRIS se ha creado un grupo de trabajo (IRIS-IPv6) que puede encontrarse en <http://www.rediris.es/gt/iris-ipv6/>

Calidad de Servicio (QoS)

Otro aspecto fundamental a la hora de hablar de la transmisión de contenidos multimedia es la calidad de servicio y la reserva de recursos.

Mediante la reserva de recursos se pretende que una red basada en datagramas y no orientada a conexión, como es nuestra Internet, pueda ofrecer servicios de tiempo real y diferenciación de tráfico. Lógicamente este aspecto está muy relacionado con el de diferenciación de flujos propuesto en IPv6.

Para conseguir esto existen diversas iniciativas, como RSVP (Resource reSerVation Protocol), que pone en funcionamiento una reserva de recursos para un determinado flujo a lo largo de todo el camino entre emisor y receptor o receptores, IEEE 802.1p para redes de área local, Diffserv del IETF o MPLS.

En el ámbito europeo, utilizando la red TEN-155, y como parte del proyecto Quantum, en el que participa RedIRIS, se está experimentando ampliamente en este tipo de tecnologías. <http://www.dante.net/quantum/qtp/>

Tiempo Real

Para que Internet pudiese dar soporte a transmisiones en tiempo real, ya no sólo de audio y videoconferencias sino de cualquier otro tipo de datos, se necesitaba algún mecanismo adicional que permitiese controlar el jitter o delay variation entre datagramas.

Para soportar este tipo de tráfico surge un nuevo protocolo llamado RTP (Real-Time Protocol). Este protocolo se sitúa a nivel de aplicación y es capaz de funcionar independientemente del protocolo de nivel de transporte que se emplee (TCP o UDP). En realidad, más que un protocolo son dos protocolos: por un lado se encuentra RTP que es el encargado de la transmisión de los datos en tiempo real mientras que el protocolo RTCP (Real-Time Control Protocol) se encarga del envío e interpretación de la información de control.

Realmente este protocolo está muy bien construido y funciona muy bien. Prueba de ello es que se ha convertido en el estándar de facto en el mundo de la transmisión multimedia. Si bien tanto la ITU como MBone proponen esquemas diferentes para videoconferencia, ambas coinciden en el empleo de RTP a la hora de transmitir los contenidos multimedia.

Algoritmos de codificación

Una vez se dispone del protocolo adecuado para la transmisión de los contenidos (RTP), sigue siendo necesario un desarrollo extra en lo referente a la codificación de estos contenidos multimedia que van a viajar como carga útil del protocolo RTP para conseguir acomodar estos contenidos dentro del ancho de banda del que se dispone en las redes de comunicaciones.

Para ello aparecen múltiples algoritmos de codificación tanto de audio como de vídeo que tratan de conseguir reducir el tamaño de los datos a enviar pero perdiendo la menor calidad posible. Algunos de estos algoritmos son:

- JPEG
- MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3, MPEG-4
- H.261, H.263
- G.711, G.723
- Etc.

Una vez se ha definido un modo de transmitir contenidos multimedia en tiempo real, sólo faltaba definir la forma en la que se podrían realizar las videoconferencias. En este sentido aparecen dos esquemas diferentes: la ITU que propone diferentes estándares, siendo el más conocido e implementado el H.323, y por otro lado el IETF que propone el ya conocido MBone basado en IP Multicast. Ambos enfoques los vamos a discutir a continuación.

H.323

H.323 es un estándar de la ITU para la transmisión de audio, vídeo y datos sobre redes basadas en IP como Internet. Inicialmente este esquema funciona muy bien en conferencias uno a uno. Cuando aumenta el número de usuarios que participa en la videoconferencia se requiere de elementos extra como las MCU's (Multipoint Control Unit) que se encargan de replicar los datagramas para los diferentes usuarios.

Cuando adicionalmente se requiere un cierto control sobre las conferencias aparece otro nuevo elemento denominado Gatekeeper que es el encargado del control de llamadas, traducción de direcciones, control del ancho de banda, etc.

El gran éxito de H.323 se ha debido a que hay bastantes aplicaciones que lo implementan y el uso de estas herramientas se ha popularizado. Sin embargo, para videoconferencias con un

gran número de usuarios H.323 acaba haciéndose ineficaz y se requieren otros mecanismos basados en IP Multicast.

IP Multicast

La otra alternativa a H.323 es el llamado MBone (IP Multicast Backbone). MBone se basa en IP Multicast, es decir, en el empleo de direcciones de grupo en el rango 224.0.0.0 - 239.255.255.255 para direccionar grupos de host en lugar de un determinado host concreto. De este modo, en videoconferencias muchos a muchos, el emisor sólo ha de enviar un único datagrama dirigido a un grupo multicast y serán los protocolos de red los que se encarguen de hacer que ese datagrama llegue a todos los receptores.

Lo cierto es que si bien la idea general detrás de MBone e IP Multicast es muy simple, los algoritmos y toda la tecnología en la que se basan son muy complejos. Algunos de estos algoritmos son:

- IGMP (Internet Group Management Protocol)
- SAP (Session Announcement Protocol)
- SDP (Session Description Protocol)
- SIP (Session Invitation Protocol)
- DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)
- PIM-SM/DM (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode / Dense Mode)
- Etc.

Para ver una información más detallada de sobre esta tecnología se puede consultar el número anterior de esta publicación en <http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/cuad6-7/castelo.htm> o la página de coordinación del servicio IRIS-MBONE a nivel nacional en <http://www.rediris.es/mbone/>

Aunque al comienzo esta tecnología era muy atractiva no se terminaba de imponer debido a que era aún demasiado experimental y no muy estable, hoy día los algoritmos de enrutamiento han llegado a un estado bastante estable y las aplicaciones son lo suficientemente sencillas como para llegar directamente al usuario final. Lo único que hace falta ahora es conseguir mecanismos escalables de autenticación y control de accesos que puedan hacer que los ISP's (Internet Service Provider) ofrezcan IP Multicast como un servicio más a sus clientes. Para ver una discusión detallada sobre este aspecto de MBone se puede consultar <http://ants.dif.um.es/staff/pedrom/pfc/pfc.ps>

SITUACIÓN ACTUAL Y HERRAMIENTAS

La situación actual en cuanto al soporte de contenidos multimedia así como audio y videoconferencias que permitan la formación en línea y la teleenseñanza es muy prometedora. En este apartado haremos un repaso del estado actual de las diferentes tecnologías así como de las aplicaciones que nos permiten llevar a cabo este tipo de actividades y los grandes retos que se plantean.

Los dos enfoques actualmente existentes: H.323 y MBone (IP Multicast) tienen sus ventajas y sus inconvenientes, sin embargo, el gran reto está en ser capaces de unir lo mejor de los dos mundos en un mecanismo común y estable. Muchos de los esfuerzos que se realizan

actualmente en el tema de videoconferencia van encaminados al desarrollo de pasarelas (gateways) que permitan precisamente esto.

Lo que sí ha de quedar claro es que tanto con un enfoque como con el otro se dispone de una serie de herramientas que permiten hoy por hoy y de un modo cada vez más estable la transmisión de eventos, teleseminarios, teleconferencias, cursos a distancia, etc. Es por esto que de aquí en adelante vamos a tratar de ir mostrando las diferentes herramientas así como su posible aplicación al mundo de la formación en línea.

Tratando de agrupar experiencias pronto comenzarán a desarrollarse dos proyectos, bajo el apoyo de Terena, la asociación de redes de investigación europeas, uno sobre la distribución de información en un CD-ROM relativa a videoconferencia <http://www.terena.nl/projects/approved/proposal11.htm>, y otro para el análisis de productos de transmisión de flujos multimedia de uno a muchos: <http://www.terena.nl/projects/approved/proposal4.htm>

Herramientas basadas en H.323

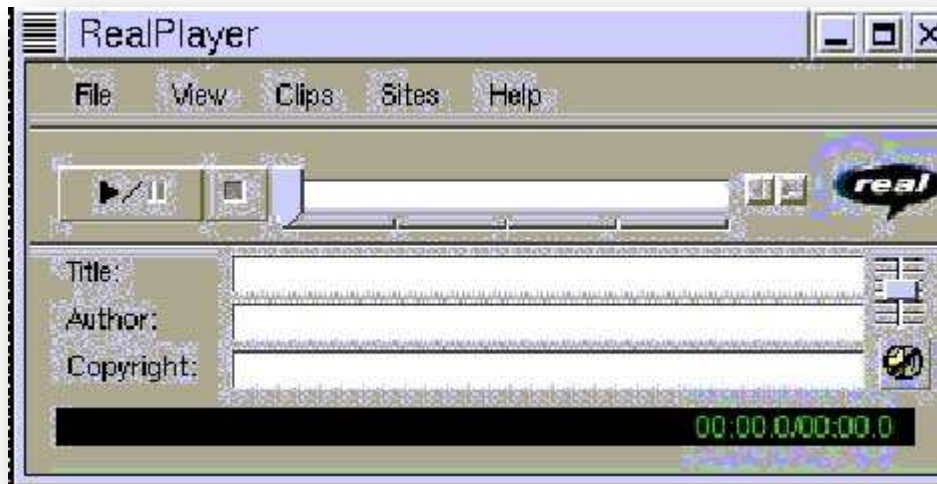
Si bien hay multitud de herramientas basadas en H.323 las vamos a agrupar todas en este apartado porque en realidad las diferencias entre unas y otras son mínimas. Casi todas estas herramientas son comerciales y ofrecen tanto audio como videoconferencia y en algunos casos compartición de datos.

La más famosa es NetMeeting, sin embargo hay otras muchas desarrolladas por otras empresas que ofrecen una funcionalidad similar.

El problema que presentan este tipo de herramientas para la formación en línea proviene del hecho de que requieren de un número muy reducido de participantes debido a sus problemas de escalabilidad.

Real Server/Player

Esta herramienta también se basa en el empleo de RTP y tiene la ventaja de que puede arrancarse vía Web. Sin embargo, su principal problema reside en el hecho de que no permite interacción. Los receptores deben limitarse a atender a las sesiones sin poder en ningún momento interaccionar con el interlocutor. Otra ventaja adicional es el hecho de que permite que los contenidos estén almacenados en el servidor y se puedan emitir cuando se considere oportuno.



Herramientas de trabajo cooperativo

Aparece actualmente un nuevo tipo de herramientas llamadas de trabajo cooperativo o CSCW (Computer Support for Collaborative Work). Este tipo de herramientas son muy interesantes a la hora de coordinar a diferentes personas situadas en diferentes localizaciones para trabajar en equipo. De todo este tipo de herramientas, una de las destacadas es BSCW desarrollada en el GMD (<http://www.gmd.de/>).

Esta herramienta, tiene la ventaja de que se maneja totalmente vía WEB y permite la integración con herramientas síncronas de audio y videoconferencia.



BSCW es la herramienta que en RedIRIS se está utilizando para integrar las aplicaciones de videoconferencia ofrecidas por Mbone y favorecer la formación de CVU's (Comunidades Virtuales de Usuarios) en la comunidad académica y científica nacional. (<http://www.rediris.es/cvu>).

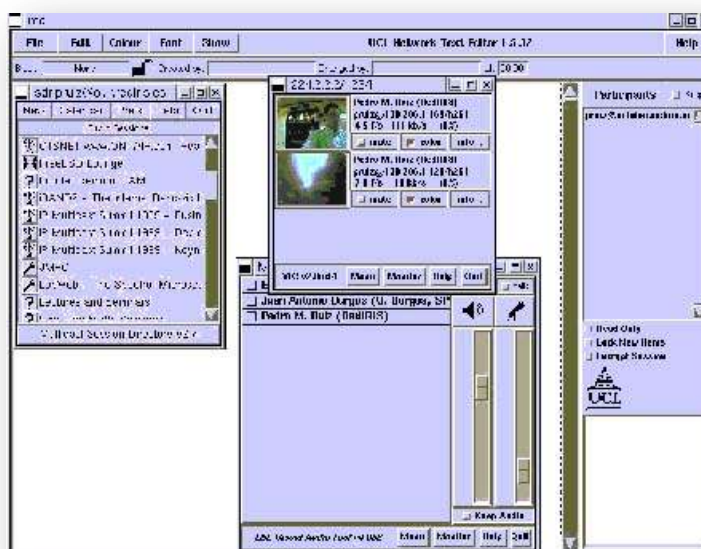
Mbone y la formación en línea

Otra alternativa a la hora de ofrecer todo este tipo de servicios es Mbone. Con las herramientas disponibles actualmente para emplear con Mbone (que además son de libre distribución y gratuitas) se permite tanto la transferencia de audio, vídeo, compartición de pizarra electrónica, edición compartida de texto, textoconferencias, etc.

La información sobre este tipo de herramientas puede encontrarse en <http://www.rediris.es/mbone/Mbonesoft.es.html>

Las principales herramientas son las que se detallan a continuación:

- VIC. Esta herramienta es la utilizada para la transmisión de vídeo y soporta gran variedad de formatos. La versión más reciente es vic2.8ucl4. Se encuentra disponible para diferentes plataformas y además en sus últimas versiones es compatible con el estándar vídeo4linux lo que permite que un simple PC pueda emitir vídeo sin ningún problema.
- VAT y RAT. Estas herramientas son las más empleadas para la transmisión de audio. Al igual que VIC se encuentran disponibles para varias plataformas y soportan diferentes codificaciones.
- WB. Esta herramienta ofrece una pizarra compartida por todos los usuarios que puede emplearse como una pizarra usual de las hay en las aulas pero de un modo distribuido.
- NTE. Esta herramienta llamada (Network Text Editor) ofrece la posibilidad de editar textos de un modo descentralizado y distribuido. Soporta tokens para pedir el turno y es bastante completa.

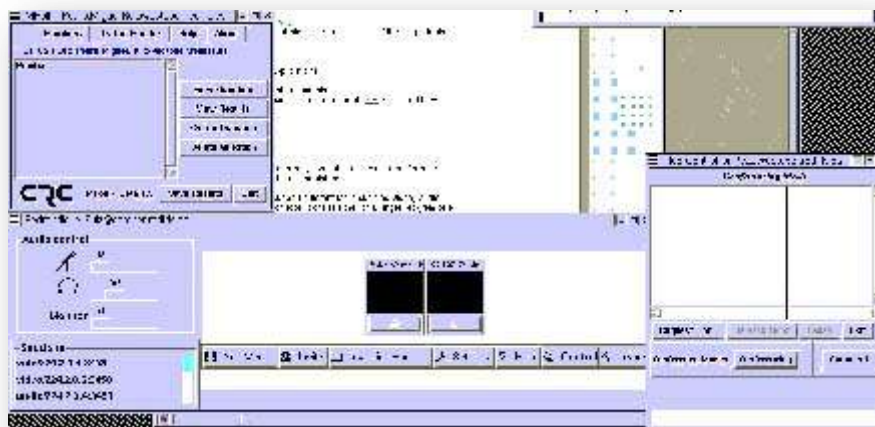


Pues bien, con estas herramientas se pueden ofrecer servicios de formación en línea sin ningún problema. Sin embargo, Mbone sigue evolucionando y va más allá ofreciendo cada vez herramientas más potentes.

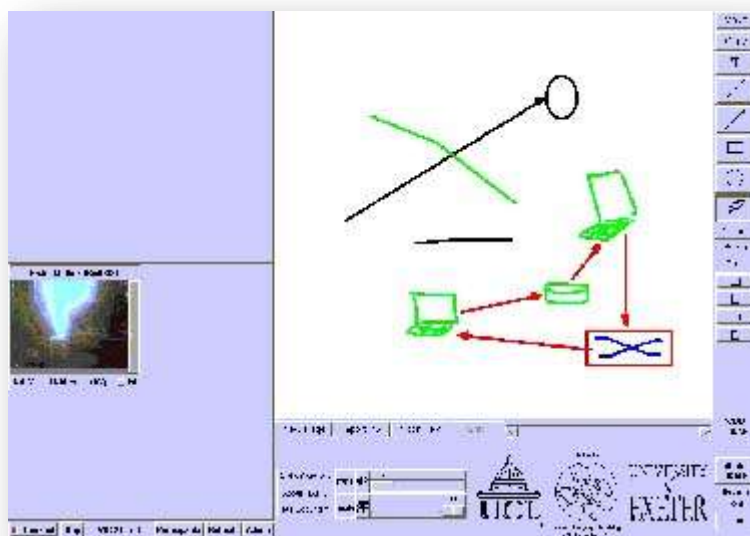
El reto ahora es tratar de integrar todo este tipo de aplicaciones de audio, vídeo y pizarra que funcionan de un modo separado en una sola aplicación que lo integre todo y que a ser posible se integre en WEB. De hecho, algunos grandes proyectos actuales como el proyecto MASH (<http://www-mash.cs.berkeley.edu/mash/>) van encaminados a lograr este objetivo.

Además de las aplicaciones comentadas en el apartado anterior, existen otra serie de aplicaciones que también resultan muy interesantes y que pasaremos a comentar a continuación:

- DLB. Es una herramienta de pizarra electrónica bastante mejorada que permite trabajar en dos modos bien diferenciados on-line y off-line. De este modo se permite la preparación de contenidos en modo off-line para posteriormente presentarlos on-line.
- MiNT. Esta es otra aplicación del GMD que es realmente muy completa. Soporta parcialmente el protocolo SIP (Session Initiation Protocol), incorpora un agente de reservas RSVP, un agente para control de sesiones e incluso una interfaz común para las herramientas de audio y vídeo.



- MASH. Este es un proyecto muy ambicioso iniciado en Berkeley que además de intentar agrupar todas las herramientas típicas de videoconferencia Mbone en una interfaz común, ofrece la posibilidad de grabar sesiones y reproducirlas así como integrarlo todo en WEB de forma que los usuarios puedan acceder directamente a los contenidos desde el browser.
- RELATE (REmote LAnguage TEaching). Esta aplicación de la UCL también resulta muy interesante para la enseñanza en línea. Aunque inicialmente está pensada para la enseñanza de otros lenguajes, puede emplearse también para enseñanza en general y tiene la ventaja de que agrupa en una misma interfaz tanto la herramienta de audio, vídeo como la de pizarra electrónica y edición de texto.



Desde RedIRIS se están realizando grandes esfuerzos para experimentar con estas herramientas y ofrecerlas al resto de la comunidad científica, para que entre todos se pueda sacar partido a esta tecnología tan importante y prometedora y hacer que realmente se beneficie de ella quien debe hacerlo: el usuario final.

VISTA AL FUTURO: INTERNET 2

La necesidad crea el órgano, en efecto, el uso de Internet a gran escala hace que se desarrollen nuevas tecnologías y nuevos productos y cuando lo que existe no puede satisfacer las necesidades hay que inventar algo nuevo. Algo así sucede con las necesidades de las universidades norteamericanas, que viendo que la Internet "normal" comercial no satisfacía sus necesidades comenzaron una búsqueda de nuevas tecnologías, nuevas infraestructuras y nuevas aplicaciones, que permitan el desarrollo de las misiones educativas y de investigación que tienen encomendadas. Se trata del proyecto Internet2 (<http://www.internet2.edu/>), algo que a nivel mundial ha tenido su paralelismo, o contagio, y que ha incitado a la puesta en marcha de una nueva Internet, donde es posible que en primer lugar las aplicaciones y los servicios se utilicen en las universidades y centros de investigación, pero que evidentemente, pasado un cierto tiempo, tendrá una clara implantación en todos los sectores.

Precisamente muchas son las necesidades de tipo multimedia: bibliotecas digitales, teleinmersión, teleeducación, trabajo cooperativo, las que aparecen de forma inmediata y para lo que se necesita en primer lugar alta velocidad y por otro lado aplicaciones adecuadas. La velocidad es algo que la tecnología está facilitando con la puesta en funcionamiento de WDM (Wavelength Division Multiplexing) y su versión ampliada DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), sistema que utiliza las fibras ópticas de forma simultánea con varios canales de distinta longitud de onda y por tanto permite multiplicar por n la velocidad base de la fibra, incluso de las actualmente instaladas.

Es cierto que el equipamiento para DWDM por el momento es algo costoso, pero el aumento de su utilización y la entrada en funcionamiento de la competencia augura un futuro prometedor. Si partimos de una velocidad base de 2.5 o 10 Gbps podemos llegar a sistemas

que actualmente se encuentran sobre los 240 Gbps (2,5 x 96) o incluso los 1000 Gbps, un Terabit por segundo. Para hacernos una idea de lo que esto representa, con 240 Gbps estamos ante una capacidad que permitiría transmitir 3.600 películas de 3 horas cada una, en un segundo.

WDM y DWDM están disponibles y se comienzan a utilizar en redes experimentales y de producción, es más, la tendencia es minimalista, hacia una mayor simplificación, eliminando prácticamente cualquier aditamento entre el IP y la "pura luz".

Para que las aplicaciones multimedia lleguen hasta al usuario final hacen falta también infraestructuras de acceso, para ello estamos en un buen momento de despliegue de nuevos sistemas: ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop), utilizando el par de cobre de forma asimétrica; la distribución por cable, con posibilidades interactivas; y posiblemente en algunos entornos, para una instalación rápida y de bajo coste: LMDS (Local Multipoint Distribution Systems), con transmisiones en banda ancha bidireccionales. En cualquier caso estos sistemas de acceso pueden prometer velocidades de incluso decenas de megabits por segundo, pero no nos engañemos esa velocidad se tiene en principio hasta el nodo de acceso, el que las aplicaciones tengan el éxito adecuado implica que los sistemas intermedios o la conexión global tengan un coste asequible y permitan que esa alta velocidad se mantenga extremo a extremo.

Pero por encima de esto están las aplicaciones, las infraestructuras de alta velocidad están ahí, pero son las aplicaciones las que nos permitirán realmente establecer nuevos servicios. Aquí estriba la mayor dificultad, al menos su desarrollo parece que es lo que más va a tardar, pero en definitiva, como dice Terry Rogers, director de Abilene, las tres cosas más importantes de cara al establecimiento de Internet2 son: aplicaciones, aplicaciones, aplicaciones.

En nuestro país, y como parte de lo que será el nuevo Plan Nacional de Investigación y Desarrollo, para el periodo 2000-2003, existirá un área sectorial denominada Sociedad de la Información que entre otras acciones estratégicas tendrá una de Educación y patrimonio cultural, donde la experimentación en temas multimedia será muy importante. Para el desarrollo de la experimentación se desplegará una nueva red de altas prestaciones, tal vez denominada RedIRIS-2, que permitirá el desarrollo y la demostración de aplicaciones y servicios avanzados.

CONCLUSIONES

Como hemos visto a lo largo de este artículo, la Internet de nuestros días ha sufrido un profundo cambio desde su creación hasta momento actual y ha pasado a ofrecer a los usuarios posibilidades que en su día eran impensables incluso para sus creadores. Han surgido nuevos protocolos para dar soporte al tiempo real, a las videoconferencias, a la simulación distribuida y aún quedan otras muchas posibilidades por explotar entre ellas la tan famosa teleenseñanza o teleformación por la que tanto están apostando cada vez más y más empresas.

La clave de todas estas tecnologías está en que realmente consigan llegar al usuario final y hacer que sean útiles. Que el usuario pueda utilizar las aplicaciones como lo hace con su televisor. No sirve de nada poder transmitir audio y vídeo sin un fin concreto. No sirve de nada tener una red que ofrezca todo el ancho de banda del mundo si realmente no hay por encima unas aplicaciones que den utilidad a esa red cara al usuario. Todavía queda mucho camino por recorrer.

Desde RedIRIS seguiremos esforzándonos y experimentando con todo este tipo de tecnologías para ofrecerlas a los miembros de la comunidad RedIRIS y conseguir así que se aprovechen todas las ventajas que aportan.

REFERENCIAS

Experiencias con RSVP, Mbone e IPv6 (<http://aries.dif.um.es/rsvp>)

Comunidades virtuales en RedIRIS (<http://www.rediris.es/cvu>)

Páginas del grupo de trabajo IRIS-Mbone en RedIRIS (<http://www.rediris.es/mbone/>)

Proyectos multimedia en la UCL (<http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/projects/>)

Proyecto mStar del CDT (<http://www.cdt.luth.se/mstar>)

Información sobre RSVP en la ISI (<http://www.isi.edu/rsvp>)

Recopilación interesante de videoconferencia (<http://nysernet.org/ViDe/index.html>)

Página principal del proyecto MASH de Berkeley (<http://www-mash.cs.berkeley.edu/mash>)

Información sobre la aplicación MiNT
(<http://www.focus.gmd.de/research/cc/gclone/products/mint/>)

Página de Mbone en RIPE (<http://www.ripe.net/wg/mbone/home.html>)

Página de la aplicación BSCW (<http://bscw.gmd.de/index.html>)

Software de videoconferencia en RedIRIS
(<http://www.rediris.es/mbone/MboneSoft.es.html>)