

# **El acceso de usuario a Internet de banda ancha**

Jordi Domingo i Pascual  
Universitat Politècnica de Catalunya.  
Profesor del Departament d'Arquitectura de Computadors.  
Grupo de Comunicaciones Integradas de Banda Ancha.  
Campus Nord. Mòdul D6. Jordi Girona 1-3. 08034 Barcelona.  
Jordi.Domingo@ac.upc.es

## **Resumen**

El papel de Internet como la red de redes de comunicación en la denominada Sociedad de la Información depende en gran medida de las tecnologías que dan o darán soporte a los servicios de red y de la capilaridad con que se desarrolle e impulse el acceso de usuario.

La popularización de Internet a raíz de la introducción del WWW (“World Wide Web”) ha provocado un aumento espectacular del tráfico que circula por la red y un crecimiento por encima de cualquier previsión del número de servidores y de usuarios. Mientras que la red troncal y los servicios de red están evolucionando para dar soporte no sólo a esta gran cantidad de tráfico en la red sino para dar soporte a aplicaciones multimedia interactivas en tiempo real, es decir, dar soporte a calidad de servicio en la red, nos encontramos ante la situación en la que el acceso de usuario es la asignatura pendiente: varias tecnologías pugnan por situarse en este nuevo mercado pero ninguna es claramente satisfactoria a largo plazo.

## **Introducción**

La aparición de Mosaic (ideado en el CERN en Suiza el año 1992) marca un cambio radical en el papel de Internet en la sociedad. La aceptación de esta nueva herramienta es incondicional; en poco tiempo aparecen las versiones comerciales como Netscape y Explorer.

Las repercusiones de este éxito no se hacen esperar: el número de usuarios crece a un ritmo desbordante, el número de servidores de información también, el volumen de tráfico por la red sobrepasa frecuentemente la capacidad de los enlaces y de los nodos (“routers”), florecen rápidamente nuevos servicios en la red, etc. Internet deja de ser una herramienta usada durante muchos años solamente por la comunidad científica (universidades y centros de investigación) y llega al gran público como una nueva herramienta de comunicación (ya sea para obtener información o como entretenimiento) y al entorno empresarial como herramienta para la obtención y difusión de información (incluyendo la publicidad).

El rápido crecimiento del número de usuarios plantea numerosos problemas: la capacidad del acceso de usuario es insuficiente, las redes de acceso no tienen capacidad suficiente y se han de poner al día, el espacio de direcciones de Internet se agota (prácticamente todas las direcciones IP están asignadas) y la red troncal sufre problemas importantes de congestión debido al incremento de tráfico. La proliferación de aplicaciones con voz y vídeo en la red impone una serie de requisitos en la infraestructura de red y en los servicios de comunicación que Internet no puede satisfacer (Internet está diseñada como una red de datos sin ningún tipo de calidad de servicio). Las nuevas aplicaciones de trabajo en grupo (interactivas y con soporte “multicast”) constituyen un nuevo reto para la red, mucho más si estas aplicaciones incorporan flujos de vídeo.

Hoy día existe un consenso general en el papel de ATM en la red troncal de banda ancha [1] y en el papel decisivo de los nuevos protocolos de Internet IPv6, RSVP, RTP, RTCP, TCP6, etc. en la futura Internet de banda ancha [2], [3].

Para el acceso de usuario particular, la posibilidad de disponer de módems de alta velocidad (33600 bits/s) a un precio razonable alivia un poco la transferencia de ficheros y el acceso al servidor de correo electrónico. Pero es el acceso RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) la solución más adecuada mientras no se disponga de las infraestructuras de acceso a alta velocidad. El acceso RDSI proporciona dos canales de 64 Kbits/s, que pueden llegar a utilizarse conjuntamente dando una capacidad de acceso de 128 Kbits/s.

En este artículo se presenta en primer lugar una breve descripción de los requisitos de ancho de banda necesarios en el acceso de usuario para soportar satisfactoriamente aplicaciones multimedia distribuidas. A continuación, se hace un repaso de las tecnologías de acceso de usuario disponibles en un futuro inmediato.

### Aplicaciones multimedia distribuidas

En este apartado se presenta un resumen de las características de las aplicaciones multimedia y de los requisitos que imponen a la red, a los servicios de comunicación, a las redes de acceso y, finalmente, al acceso de usuario.

En primer lugar se consideran flujos de datos con interactividad (tiempo de respuesta acotado). En la siguiente tabla se muestran las características de aplicaciones de datos interactivas. La segunda columna indica el tiempo máximo de respuesta para que el usuario perciba la aplicación como realmente interactiva [4].

Aplicaciones	retardo máximo	longitud media	capacidad mínima
Web (típico)	100 ms.	3 Kbytes	240 Kbits/s
Web (objetos grandes)	100 ms.	20 Kbytes	1'6 Mbits/s
Transferencia ficheros	1 min.	10 Mbytes	1'3 Mbits/s
Juegos	50 ms.	500 bytes	80 Kbits/s
Chat	1 s.	100 bytes	0'8 Kbits/s

Tabla 1. Ejemplos de las características de las aplicaciones de datos interactivas

La capacidad mínima que se presenta en la tercera columna de la tabla implica no sólo una capacidad de acceso de usuario superior a la velocidad de transmisión indicada sino también una capacidad de proceso de los nodos de la red ("routers") suficiente para despachar los paquetes por segundo correspondientes.

Las aplicaciones de videoconferencia son las que habitualmente se toman como referencia al hablar de aplicaciones multimedia distribuidas e interactivas. Se ha realizado un importante esfuerzo para estandarizar los distintos formatos y protocolos de videoconferencia. La tabla 2 resume las recomendaciones relacionadas [5]. El flujo de datos multimedia está definido en la Recomendación T.120, los protocolos de transporte en la T.123, el control de la conferencia en la T.124 y la T.130, la función de transferencia de ficheros en la T.127, y el control de la pizarra compartida en la T.126.

A continuación se resumen los requisitos de ancho de banda en el acceso de usuario para algunas aplicaciones típicas de audio y de vídeo. Un punto a tener en cuenta es la naturaleza asimétrica del tráfico en muchas de las aplicaciones; es decir, el ancho de banda necesario para suministrar la información al usuario es mucho mayor que el ancho de banda necesario en sentido contrario. En las tablas 3 y 4 se resumen los requisitos de ancho de banda para audio y vídeo [4].

	<b>H.320</b>	<b>H.321</b>	<b>H.322</b>	<b>H.323</b>	<b>H.324</b>	<b>H.310</b>
<b>red</b>	RDSI p * 64	BISDN	CP con QoS	CP sin QoS	RTC POTS PSTN	BISDN ATM
<b>vídeo</b>	H.261 H.262 H.263	H.261 H.262 H.263	H.261 H.262 H.263	H.261 H.262 H.263	H.261 H.263	H.261 H.262 MPEG2
<b>audio</b>	G.711 G.722 G.728	(G.711 G.722 G.728)	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728 G.723	G.711 G.723	MPEG2 (G.711 G.722 G.728)
<b>trama transp.</b>	H.221	H.222.0	H.221	(H.225.0)	H.223	H.220.0 H.222.1 (MPEG)
<b>control</b>	H.320 H.242	H.242	H.242 H.230	H.245	H.245	H.245

Tabla 2. Recomendaciones de la UIT para conferencias multimedia

<b>Aplicación</b>	<b>Servidor a Usuario</b>	<b>Usuario a Servidor</b>
CD estéreo 10-20KHz.	256 Kbits/s	
Calidad radio	64-56-48 Kbits/s	
Teléfono (PCM,G.711)	64 Kbits/s	64 Kbits/s
Teléfono baja calidad	6'4-5'3 Kbits/s	6'4-5'3 Kbits/s

Tabla 3. Requisitos de ancho de banda para aplicaciones de audio interactivas

<b>Aplicación</b>	<b>Servidor a Usuario</b>	<b>Usuario a Servidor</b>
HDTV	aprox. 20 Mbits/s	
VoD MPEG2	aprox. 4 - 5 Mbits/s	
VoD MPEG1	1 - 2 Mbits/s	
Videoconferencia ISDN p x 64 (H.261)	64 Kbits/s a 2 Mbits/s	64 Kbits/s a 2 Mbits/s
Videoconferencia lenta H.263	28'8 Kbits/s 64 - 128 Kbits/s	28'8 Kbits/s 64 - 128 Kbits/s
VoD MPEG4	64 - 128 Kbits/s	

Tabla 4. Requisitos de ancho de banda para aplicaciones de vídeo interactivas

### **Tecnologías para la red de acceso y el acceso de usuario**

Precisamente en los dos últimos años las tecnologías alternativas para dar soporte a la red de acceso y al acceso de usuario han evolucionado mucho. Actualmente las redes de acceso de usuarios siguen basándose en la red telefónica y en la RDSI (para los usuarios particulares). Ello ha provocado un aumento notable de demanda de nuevas líneas de teléfono, altas de una segunda línea de teléfono, y demanda de líneas RDSI.

Esquemáticamente se distinguen cinco tecnologías distintas para la red de distribución y acceso de usuario: la red telefónica convencional, la RDSI, la red de distribución por cable, distribución vía satélite, y red móvil (acceso sin hilos).

La red telefónica convencional está soportada por pares de cobre; desde el punto de vista económico no es viable llevar fibra óptica a todas partes. Una solución de compromiso está en poner fibra hasta el nodo más cercano al usuario y mantener el par de cobre desde el nodo al domicilio del usuario. Esta alternativa se conoce con el nombre de “Fibre To The Curb” (FTTC). La distancia entre el nodo distribuidor y el acceso de usuario oscila entre 10 y 200 metros, y las velocidades de transmisión que se pueden alcanzar por ahora están alrededor de 51 Mbits/s hacia el usuario y 19 Mbits/s hacia el nodo distribuidor.

Otra tecnología muy prometedora es ADSL (“Asymmetric Digital Subscriber Line”) ya que utiliza por completo el par de cobre del bucle de abonado. La información digital se transmite en frecuencias superiores a las de la voz por lo que coexiste con el teléfono. ADSL-4 llega hasta 9 Mbits/s hacia el usuario y 640 Kbits/s en sentido contrario.

La tecnología HDSL (“High-speed Digital Subscriber Line”) proporciona una capacidad de acceso simétrica (hacia y desde el usuario) a costa de no poder coexistir con el servicio de telefonía convencional. HDSL proporciona 1.5 Mbits/s sobre 2 líneas de par trenzado y 2 Mbits/s sobre tres líneas de par trenzado.

Por último, VDSL (“Very high data rate DSL”) está pensada para TV de alta definición (HDTV) y proporciona velocidades de 13 a 52 Mbits/s hacia el usuario y de 1.5 a 2.3 Mbits/s hacia la cabecera de distribución. También puede proporcionar un acceso simétrico sobre líneas mucho más cortas.

El papel de la RDSI como acceso de usuario viene dado por la disponibilidad del servicio en cualquier punto. Las demás tecnologías, excepto el acceso telefónico convencional, no están todavía en fase de comercialización. Un acceso básico RDSI proporciona dos canales de 64 Kbits/s los cuales pueden emplearse conjuntamente dando una velocidad de acceso de 128 Kbits/s. Para videoconferencia de baja resolución es suficiente pero no para vídeo a la carta, por ejemplo. En cambio para aplicaciones de datos (correo electrónico, acceso a www, transferencia de ficheros) puede ser más que suficiente hoy día. En un futuro próximo con la comercialización de nuevos servicios con más capacidad, probablemente RDSI quedará desplazado. Un acceso primario (30 canales de 64 Kbits/s) da una capacidad de acceso conjunta de 2 Mbits/s aunque el coste de la conexión es prohibitivo para un usuario particular.

La tercera alternativa es la red de distribución por cable (CATV). La tecnología se denomina HFC (“Hybrid Fibre Coax”). Es la forma natural por la que las empresas de TV por cable pueden entrar a dar servicios de acceso a Internet aunque el problema principal es que la red de distribución es unidireccional (sólo envía señales hacia el usuario). Para conseguir un acceso bidireccional se emplean los denominados módems de cable (“cable modems”). La fibra óptica llega hasta un nodo de distribución donde se realiza la conversión electro-óptica. A partir de allí cables coaxiales (cables de TV) distribuyen la señal a cada usuario. La topología de la red de cable coaxial es en estructura de árbol. Típicamente, cada nodo da servicio a unos 500 usuarios. El nodo de distribución debe combinar los flujos de información que van desde el usuario a la cabecera de distribución; este acceso funciona como un canal compartido entre los usuarios activos (como el caso de una red local). Se pueden encontrar módems de cable de la primera generación que proporcionan unos 42 Mbits/s hacia el usuario y entre 256 Kbits/s y 2 Mbits/s en sentido contrario.

La cuarta alternativa mencionada es la red de distribución de señales digitales vía satélite (“Digital Broadcast Satellites”, DBS). Para los servicios unidireccionales presenta una fuerte competencia a las redes de cable. El problema que queda pendiente por resolver es el canal de retorno para poder dar soporte a aplicaciones multimedia interactivas. Habitualmente se emplea la red telefónica como canal de retorno.

Finalmente, las redes de acceso sin hilos (“Wireless Local Loop”) es la tecnología más novedosa. Se distinguen dos tendencias: las basadas en redes locales inalámbricas (“Wireless Local Area Networks”) y las basadas en radiotelefonía celular. La primera va dirigida a sustituir las redes locales convencionales por WLANs (“Wireless Local Area Networks”). En realidad no se puede considerar como una red de acceso de usuario sino más bien una distribución interna de este acceso dentro de un mismo local.

Los sistemas móviles tipo GSM (“Global System for Mobile Communications”) pueden proporcionar una cobertura mucho mayor y se pueden interconectar con la red fija. La comunicación es bidireccional pero a baja velocidad ya que actualmente el servicio está diseñado para telefonía y datos a baja velocidad. Sin duda la evolución de esta tecnología hacia la banda ancha será el próximo paso.

### **Consideraciones finales**

A modo de resumen: la red telefónica conmutada y la RDSI no son capaces de dar soporte a aplicaciones de vídeo ni a las aplicaciones multimedia que se prevén para un futuro inmediato. La generación actual de GSM tampoco. Las tecnologías HFC, ADSL y DBS, si bien son adecuadas para la distribución de vídeo, difícilmente podrán dar soporte a aplicaciones multimedia distribuidas donde el tráfico entrante y saliente sea casi simétrico. De hecho, las tres alternativas responden a la necesidad de ganar usuarios de cara al futuro; una poniendo cable, la otra aprovechando el par de cobre, y la tercera instalando también cable desde la antena. Son, por lo tanto, soluciones transitorias que duraran unos cuantos años, aunque es difícil de precisar cuantos ya que todo depende de la evolución de las tecnologías y de la respuesta del mercado.

En cuanto al futuro de la red de acceso y el acceso de usuario, si bien no está claro cuál de las alternativas comentadas va a tener un papel predominante, dos tendencias comunes se perfilan: ATM y movilidad. ATM se está considerando para el acceso porque es una tecnología basada en la conmutación de paquetes y de forma natural puede mantener distintas comunicaciones sobre el mismo acceso físico, puede integrar de forma natural todo tipo de flujos de información, y, además, puede dar garantías de calidad de servicio. De hecho se está trabajando en la tecnología de “Cells in Frame” para transportar ATM en tramas Frame Relay o tramas de redes locales de alta velocidad (tipo Fast Ethernet). También se está trabajando en “Wireless ATM” y en ATM en redes de cable. La movilidad se refiere a la posibilidad de conectar un terminal de usuario en cualquier punto. En un futuro más o menos próximo será considerada como una característica imprescindible, como lo es hoy la telefonía móvil. El terminal de usuario puede ser un PC, un Network Computer, o lo que sea. La idea de fondo es lo que se ha denominado “Nomadic Computing”. De momento Mobile IP es el punto de partida para dar soporte a esta movilidad. Todavía quedan problemas por resolver.

### **Referencias**

- [1] “ATM i Internet”. Jordi Domingo i Pascual. INET CAT’96. Barcelona, 28 de noviembre - 2 de diciembre, 1996.
- [2] “Comunicaciones y servicios en Internet de banda ancha”. Jordi Domingo i Pascual. EXPO@INTERNET. Jornadas Profesionales sobre Internet, Intranet e InfoVía. Libro de Ponencias, pág. 80-90. Asociación de Usuarios de Internet. Barcelona, 1 - 4 de Octubre, 1997.
- [3] “Internet2 o la próxima generación de Internet”. Novática números: 127 (Mayo-Junio 1997) y 128 (Julio-Agosto 1997).
- [4] “Residential Broadband Internet Services and Applications Requirements”. Tomothy C. Kwok. IEEE Communications. June 1997. Vol.35. No.6, pp. 76-83.
- [5] “Putting Data into the Picture”. Phil Keenan. Telecommunications, pp. 55-56, June 1996.